



Τεχνική Περιβάλλοντος

Ενότητα 7: Διυλιστήρια λυμάτων

Αντιγόνη Ζαφειράκου
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.



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
- Χημική επεξεργασία λυμάτων
- Απολύμανση λυμάτων
- Επεξεργασία βοθρολυμάτων



Αερόβια βιολογική επεξεργασία λυμάτων

Αιωρούμενη βιομάζα

- **Ενεργός ιλύς** (Activated sludge).
- Ανάπτυξη αερόβιων (και ανεκτικά αναερόβιων) μικροοργανισμών.
- Οι μικροοργανισμοί βρίσκονται σε **αιώρηση** μέσα στις δεξαμενές αερισμού (ενεργού ιλύος).

Προσκολλημένη βιομάζα

- **Χαλικοδυλιστήρια** (Trickling Filters).
- **Δισκοδυλιστήρια** (Rotating Contactor Beds).
- Οι μικροοργανισμοί σχηματίζουν **βιολογικούς υμένες** επί στερεών επιφανειών οι οποίες δημιουργούνται μέσα στις δεξαμενές.



Χαλικοδιυλιστήριο



Πηγή:

<http://www.msxlabs.org/forum/cevre-bilimleri/78685-aritma-nedir-atik-su-aritma-sistemleri-hakkinda-genel-bilgiler.html>



Δισκοδυλιστήριο



Πηγή: Β. Ιωσηφίδης, 2010



Διυλιστήρια λυμάτων

- **Μηχανισμός καθαρισμού**

Το νερό καθώς διέρχεται μέσα από στρώσεις άμμου, χαλικιών ή αμμοχάλικου διυλίζεται (όπως ακριβώς και στη φύση)

- **Αποτέλεσμα**

Διαχωρισμός αιωρούμενων και διαλυμένων ουσιών από το νερό



Διεργασίες διύλισης

- **Κοσκίνισμα** αιωρούμενων στερεών
- **Καθίζηση** αιωρούμενων στερεών (στους πόρους του διυλιστηρίου)
- **Προσρόφηση** αιωρούμενων και διαλυμένων ουσιών στις στερεές επιφάνειες του διυλιστηρίου
- **Βιολογική αποικοδόμηση** οργανικών ουσιών των λυμάτων από τους μικροοργανισμούς που αναπτύσσονται στις στερεές επιφάνειες του διυλιστηρίου



Τύποι διυλιστηρίων

- Χαλικοδιυλιστήρια
- Διυλιστήρια από πλαστικές ύλες
- Δισκοδιυλιστήρια
- Εδαφοδιυλιστήρια
- Αμμοδιυλιστήρια



Τύποι διυλιστηρίων

- Παράμετροι βελτιστοποίησης των διεργασιών:
 - Μέγεθος πόρων
 - Ταχύτητα ροής



1. Χαλικοδιυλιστήρια

- Βιοαντιδραστήρες με **βιολογικούς υμένες**
- **Στερεές επιφάνειες**
 - μεγάλης έκτασης (καλή προσρόφηση)
 - με μεγάλα κενά (αποφυγή απόφραξης)
- **Ροή** λυμάτων από επάνω
- **Ράντισμα** με περιστρεφόμενο καταβρεχτήρα



1. Χαλικοδιυλιστήρια

- Καλός αερισμός με κατάλληλη διαμόρφωση του πυθμένα
- Αντιστροφές της διεύθυνσης **κυκλοφορίας** του αέρα



Χαλικοδιυλιστήρια



Πηγή:

<http://brunsumwelttechnik.de/fr/produits3.php>

Άποψη μηχανισμού διανομής των λυμάτων



Χαλικοδιυλιστήρια



Πηγή:

http://www.umwelting.ethz.ch/about/gallery/sww_gallery/index_EN

Λεπτομέρεια διάχυσης στην επιφάνεια των λυμάτων

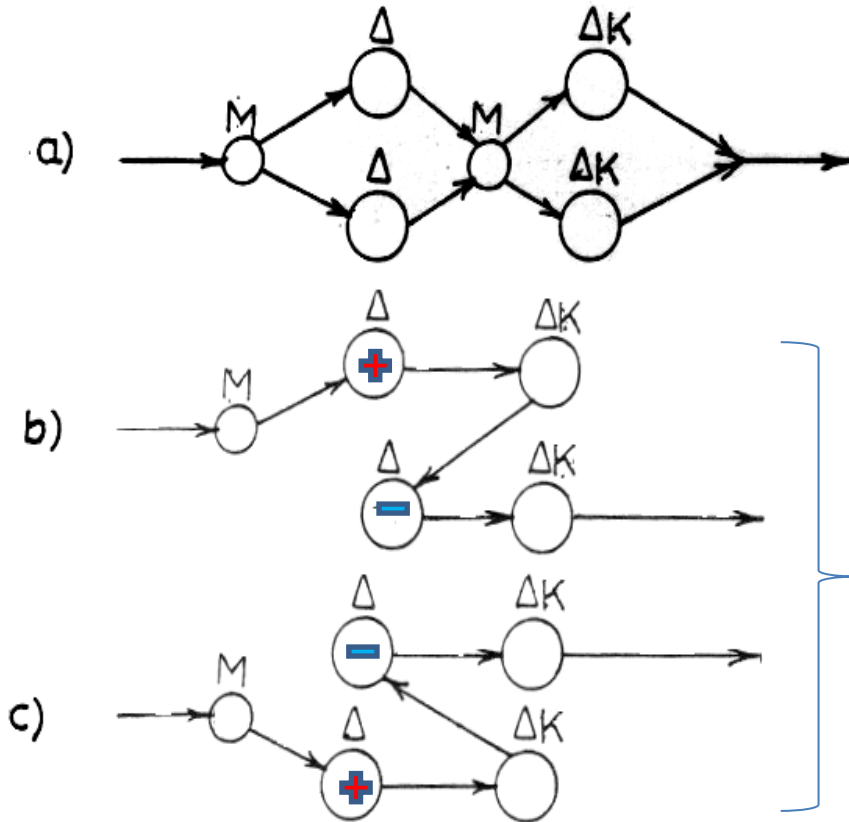


Χαλικοδιυλιστήρια και Δεξαμενές Καθίζησης

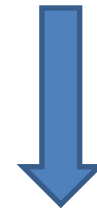
- Κατασκευάζονται πάνω από την επιφάνεια του εδάφους
- Απαιτείται άντληση λυμάτων από τις **Δ.Α.Κ.** σε επίπεδα οικόπεδα
- **Διυλιστήρια χαμηλής φόρτισης**
 - Η κατασκευή **Δ.Τ.Κ.** δεν είναι απαραίτητη
- **Διυλιστήρια υψηλής φόρτισης**
 - Απαραίτητη η κατασκευή **Δ.Τ.Κ.** για τη συγκράτηση των βιολογικών θρόμβων



Εναλλασσόμενα διυλιστήρια



Περισσότερα παράλληλα
Διαρρεόμενα διυλιστήρια



Πρόβλημα
έμφραξης

Διυλιστήρια σε σειρά
Εναλλασσόμενης φόρτισης

+ Υψηλής φόρτισης
- Χαμηλής φόρτισης

M = Μεριστής (στις περιπτώσεις b και c καταργείται)
Δ = Διυλιστήριο
ΔK = Δεξαμενή καθίζησης



Οργανική και Επιφανειακή Φόρτιση

- **Οργανική φόρτιση (Φ)**
 - Επηρεάζει τις **βιολογικές διεργασίες**
 - Παραμένει σταθερή με την αύξηση του **ύψους**, για σταθερό **όγκο**
- **Επιφανειακή φόρτιση (u_0)**
 - Επηρεάζει τη δυνατότητα των λυμάτων να συμπαρασύρουν την παραγόμενη **βιομάζα** εκτός του διωλιστηρίου, πριν φράξει τους κενούς χώρους
 - Αυξάνεται με την αύξηση του **ύψους**, για σταθερό **όγκο**



Κατασκευαστικά στοιχεία

- **Χαλίκια διαμέτρου**
 - $d = 2 - 5 \text{ cm}$ (Αγγλία)
 - $d = 4 - 8 \text{ cm}$ (Αμερική)
- **Ύψος διυλιστηρίου**
 - $h = 1,8 \text{ m}$ για $d_m = 4 \text{ cm}$ (Αγγλία)
 - $h = 2 - 3 \text{ m}$ για $d_m = 6 \text{ cm}$ (Αμερική)
 - Για την επεξεργασία λυμάτων με μεγάλο οργανικό φορτίο ενδείκνυται η κατασκευή μεγάλου ύψους διυλιστηρίων ως και $h = 8 \text{ m}$



Κατασκευαστικά στοιχεία

- **Δάπεδα διυλιστηρίων: διπλά**
 - A. Εκροή λυμάτων
 - B. Συγκέντρωση λυμάτων σε αύλακα
- **Οπές αερισμού στο περιμετρικό τοιχίο**
 - Διαστάσεις $\geq 5 \%$ της επιφάνειας του διυλιστηρίου (βέλτιστο 10%)



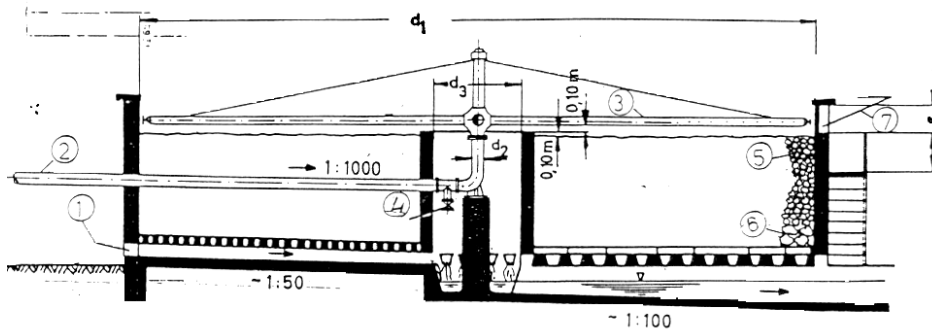
Κατασκευαστικά στοιχεία

- **Καταβρεχτήρες**

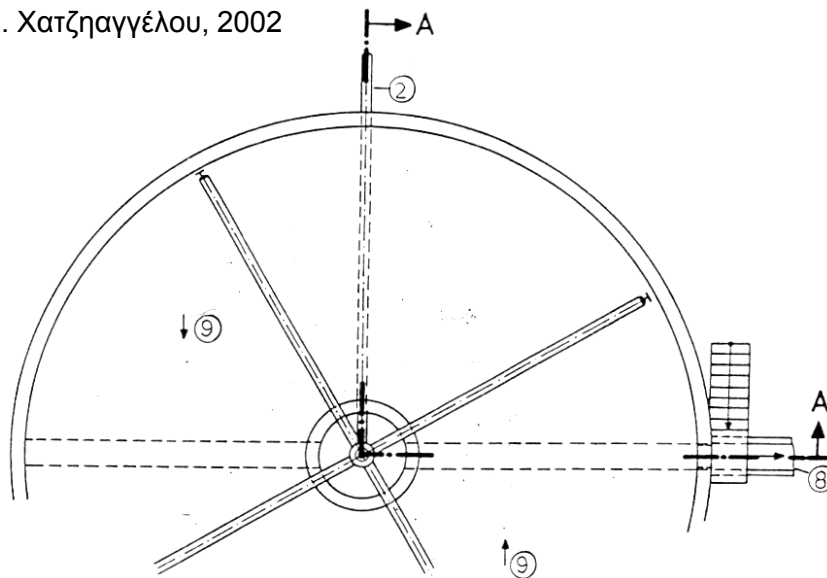
- Κινητοί: 0,3 – 5 στροφές/λεπτό
- Ακίνητοι
- Εναλλασσόμενης κατάβρεξης (διακοπές ανά 4' – 8') για διυλιστήρια υψηλής φόρτισης



Τομή και κάτοψη Χ/Δ υψηλής φόρτισης



Πηγή: Η. Χατζηαγγέλου, 2002

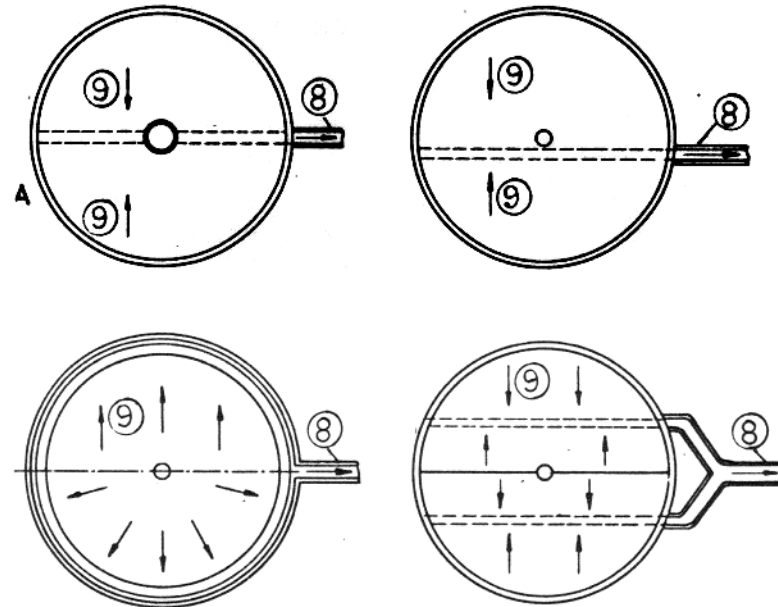


Σχήμα 1.

1. Οπές αερισμού
2. Προσαγωγός λυμάτων
3. Περιστρεφόμενος καταβρεκτήρας
4. Εκκενωτής σωληνώσεων
5. Χαλίκια 60-80mm
6. Χαλίκια πρώτης στρώσης
7. Οπή καθαρισμού καταβρεκτήρων
8. Αύλαξ εκροής
9. Κλίση πυθμένα 1:50



Παραλλαγές πυθμένα χαλικοδιυλιστηρίων

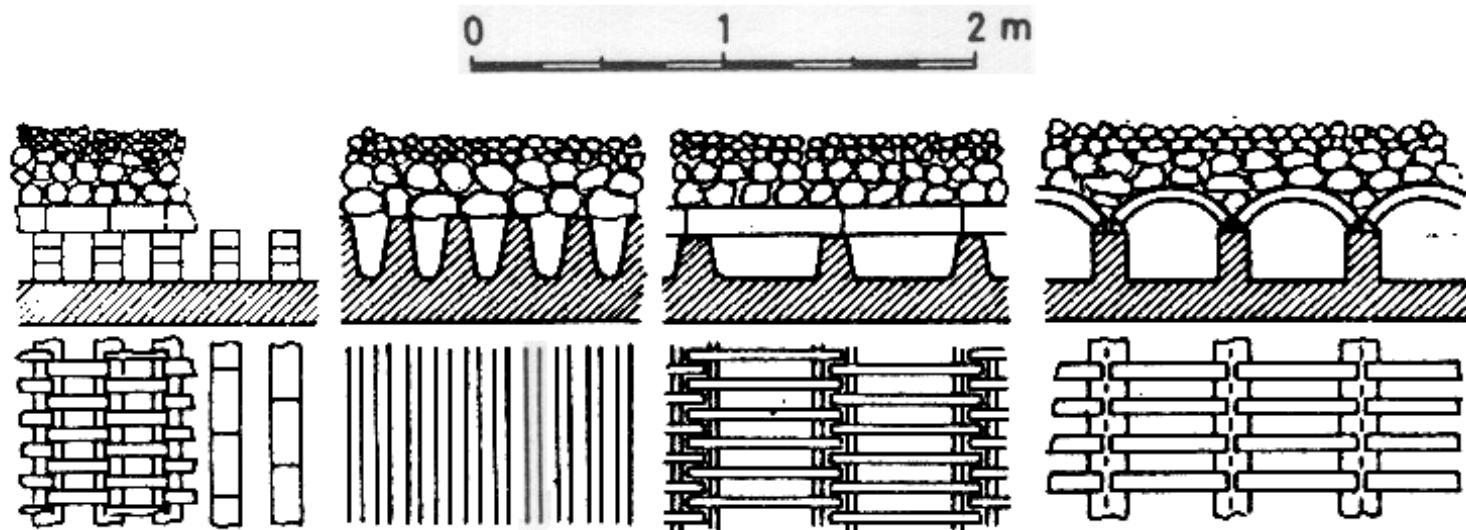


Σχήμα 2. Διάφορες παραλλαγές διαμόρφωσης του πυθμένα των χαλικοδιυλιστηρίων.

Πηγή: Η. Χατζηαγγέλου, 2002



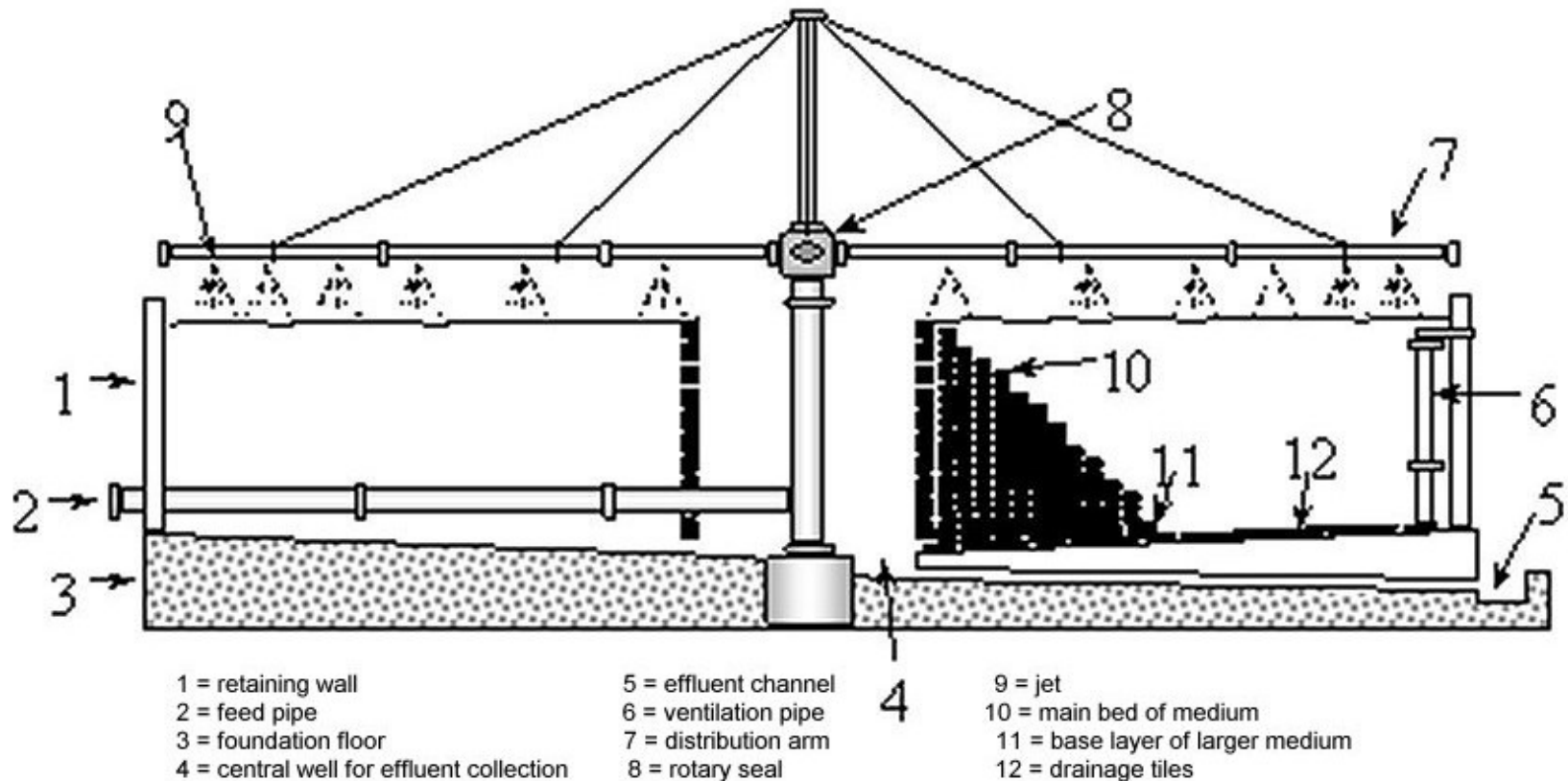
Παραλλαγές πυθμένα χαλικοδιυλιστηρίων



Σχήμα 3. Διάφορες παραλλαγές της άνω πλάκας του πυθμένα των διυλιστηρίων.

Πηγή: Η. Χατζηαγγέλου, 2002

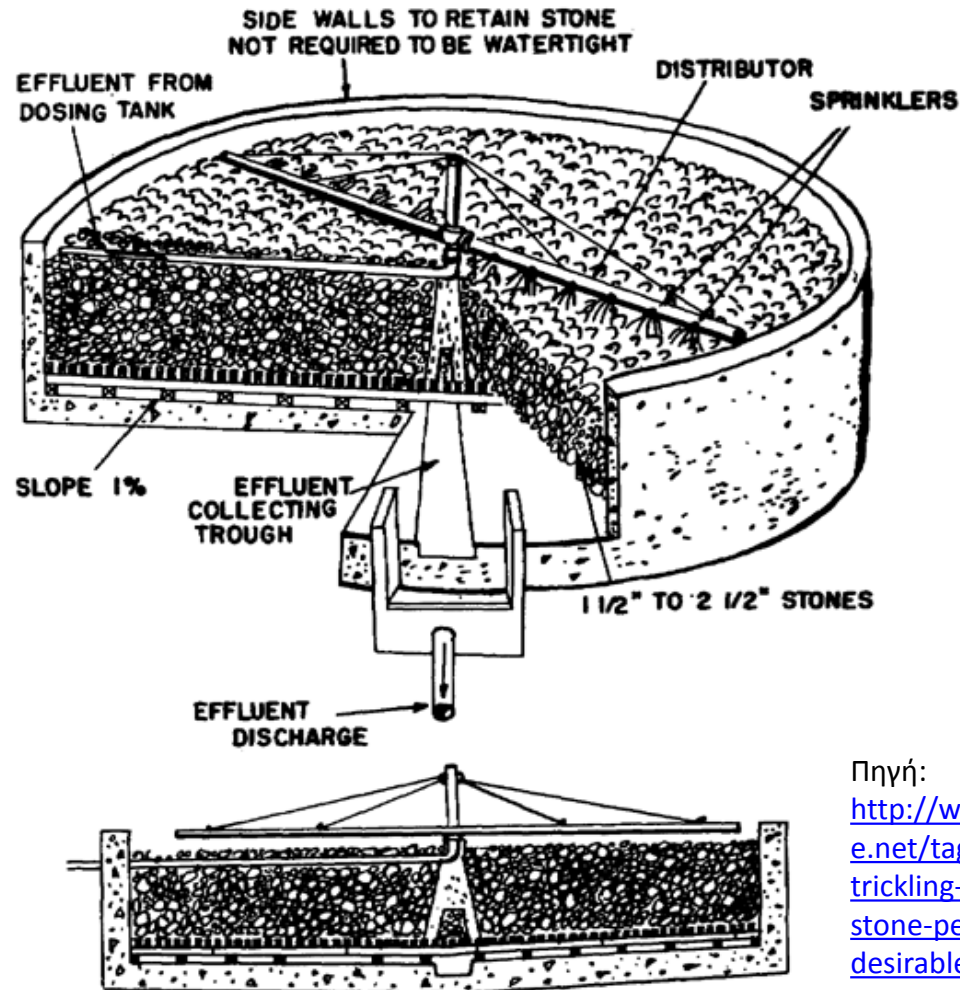
Σχηματική απεικόνιση λειτουργίας χαλικοδυλιστηρίου



Πηγή: Β. Ιωσηφίδης, 2010



Αρχή λειτουργίας του χαλικοδυλιστηρίου



Πηγή:
<http://www.apkmodgame.net/tag/types-of-trickling-filters-are-of-stone-per-capita-desirable-standard->



Χαλικοδιυλιστήριο – Εξωτερική όψη



Πηγή: Β. Ιωσηφίδης, 2010

Δάπεδο εκροής χαλικοδιυλιστηρίου



Πηγή: Β. Ιωσηφίδης, 2010

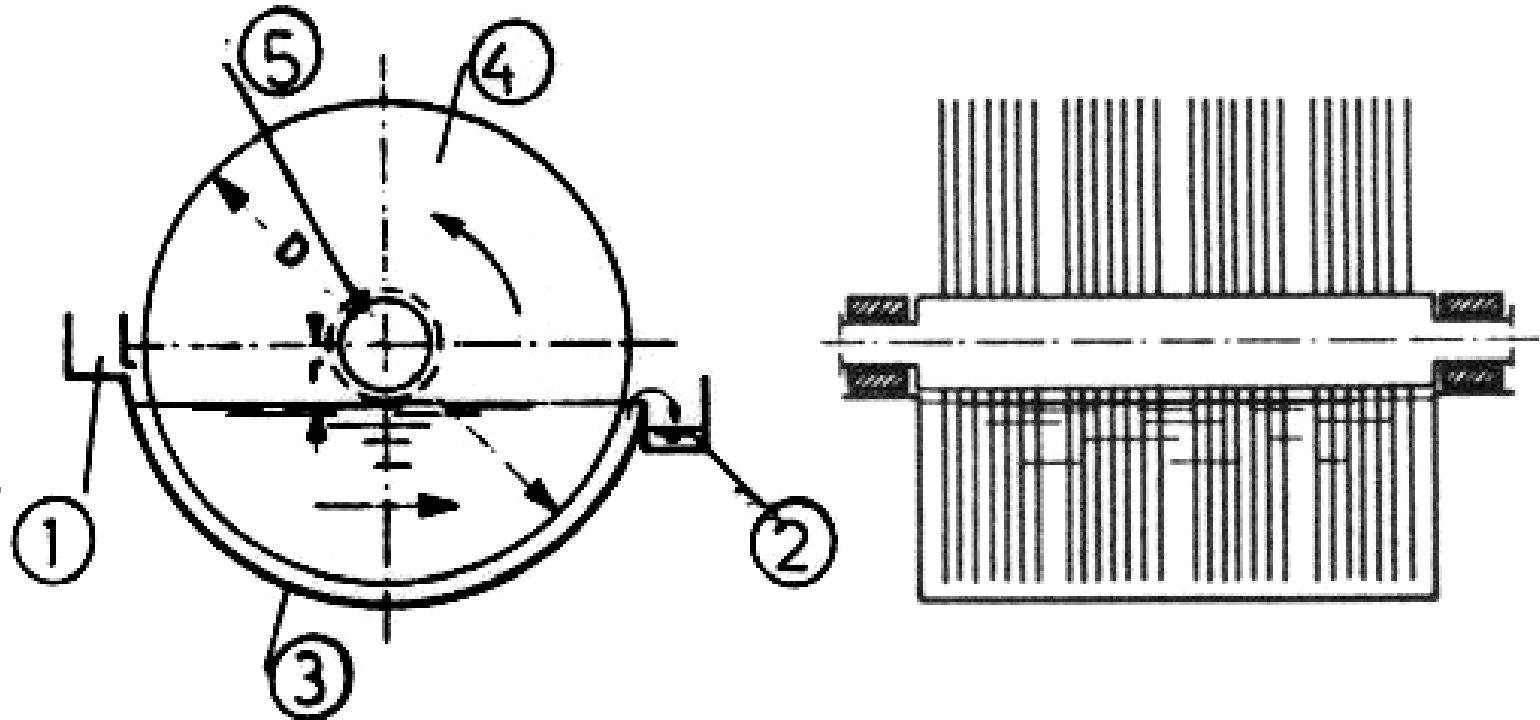


2. Δισκοδιυλιστήρια

- Αποτελούνται από μια ημικυλινδρική σκάφη μέσα στην οποία εισέρχονται τα λύματα
 - Κατά μήκος της σκάφης υπάρχει ένας **περιστρεφόμενος άξονας**
 - στον οποίο είναι στερεωμένοι **κυκλικοί δίσκοι**
 - ημιβυθισμένοι στη σκάφη
 - σε κατάλληλη απόσταση μεταξύ τους
 - επάνω στην επιφάνεια των οποίων αναπτύσσονται οι **βιολογικοί υμένες**



Δισκοδυλιστήρια



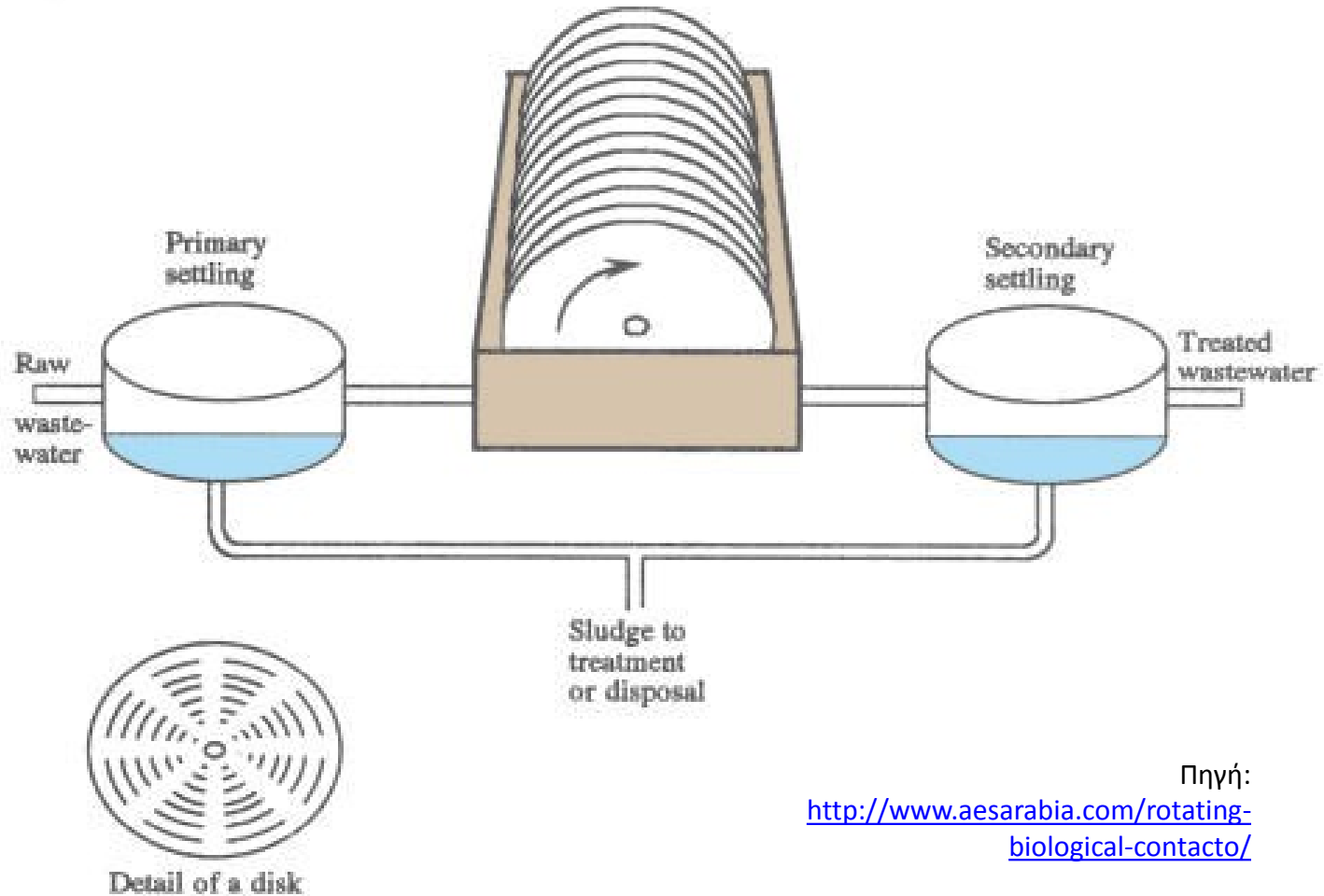
1. Εισροή 2. Εκροή 3. Σκάφη 4. Δίσκοι 5. Άξονας κίνησης

Πηγή: Η. Χατζηαγγέλου, 2002

Σχήμα 4. Σχήμα δισκοδυλιστηρίου.



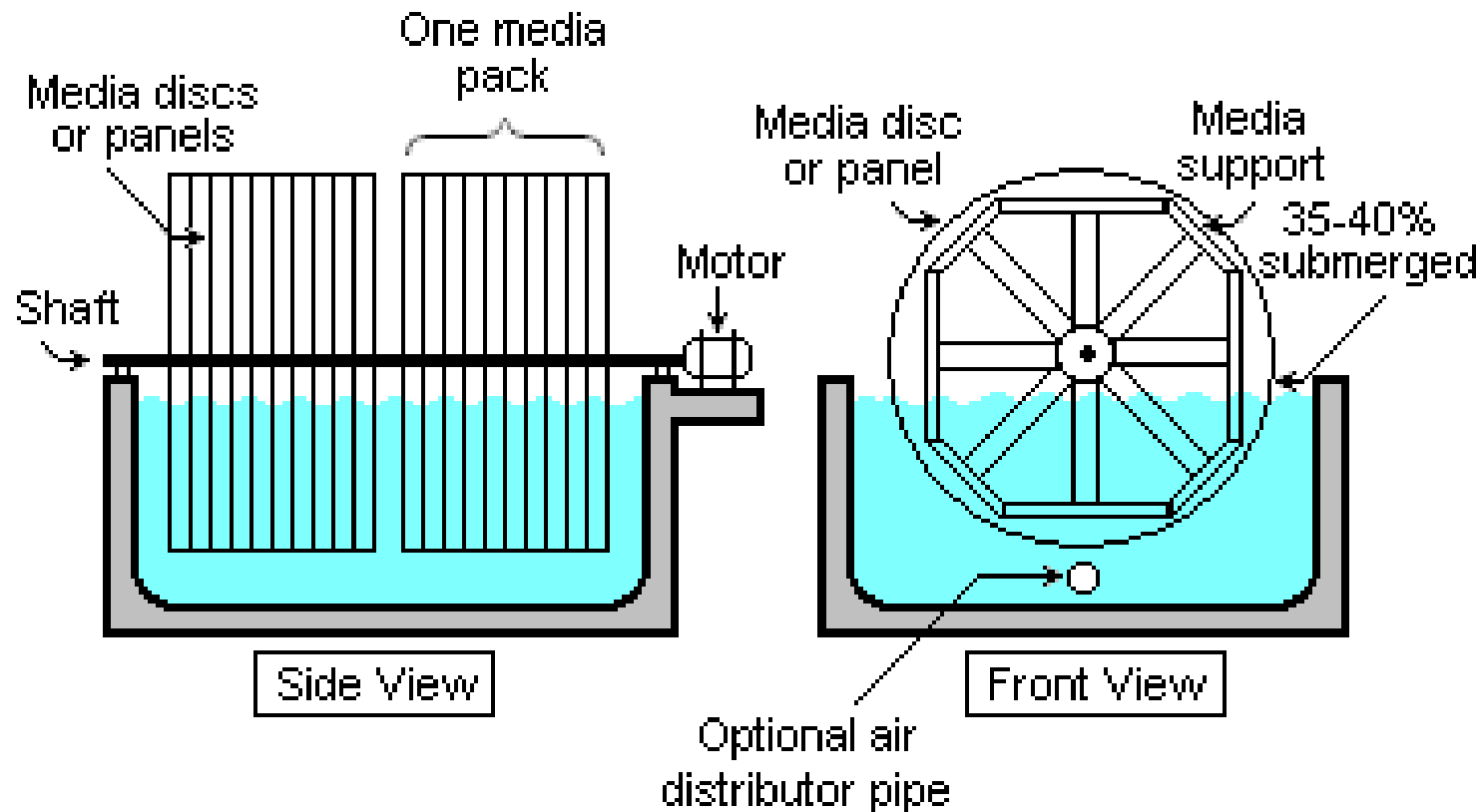
Λειτουργικό διάγραμμα βιοδίσκων



Πηγή:
<http://www.aesarabia.com/rotating-biological-contacto/>



Σχηματική διάταξη λειτουργίας βιοδίσκων



Πηγή: Β. Ιωσηφίδης, 2010



Βιοδίσκοι



Πηγή:

<http://watertreaters.com/d103.html>



Βιοδίσκοι



Πηγή: Β. Ιωσηφίδης, 2010

Βιοδίσκοι



Πηγή: Β. Ιωσηφίδης, 2010



Λειτουργία βιοδίσκων

- Όταν τα βακτηρίδια είναι **βυθισμένα** στα λύματα
 - Προσροφούν τις διαλυμένες οργανικές ουσίες
 - Και τις χρησιμοποιούν σαν τροφή
- Με την **περιστροφή του δίσκου**
 - Εξέρχονται τα βακτηρίδια από τα λύματα
 - Κι έρχονται σε επαφή με τον **ατμοσφαιρικό αέρα**
 - Από τον οποίο παίρνουν το απαιτούμενο **οξυγόνο** για την οξείδωση των ενώσεων του άνθρακα



Δισκοδιυλιστήρια και Δεξαμενές Καθίωσης

- Η παραγόμενη βιομάζα
 - Αποκολλάται από τις επιφάνειες των δίσκων
 - Και εκρέει μαζί με τα λύματα στις Δ.Τ.Κ.
- Διυλιστήρια χαμηλής φόρτισης
 - Η κατασκευή Δ.Τ.Κ. δεν είναι απαραίτητη
- Διυλιστήρια υψηλής φόρτισης
 - Απαραίτητη η κατασκευή Δ.Τ.Κ. για τη συγκράτηση των βιολογικών θρόμβων

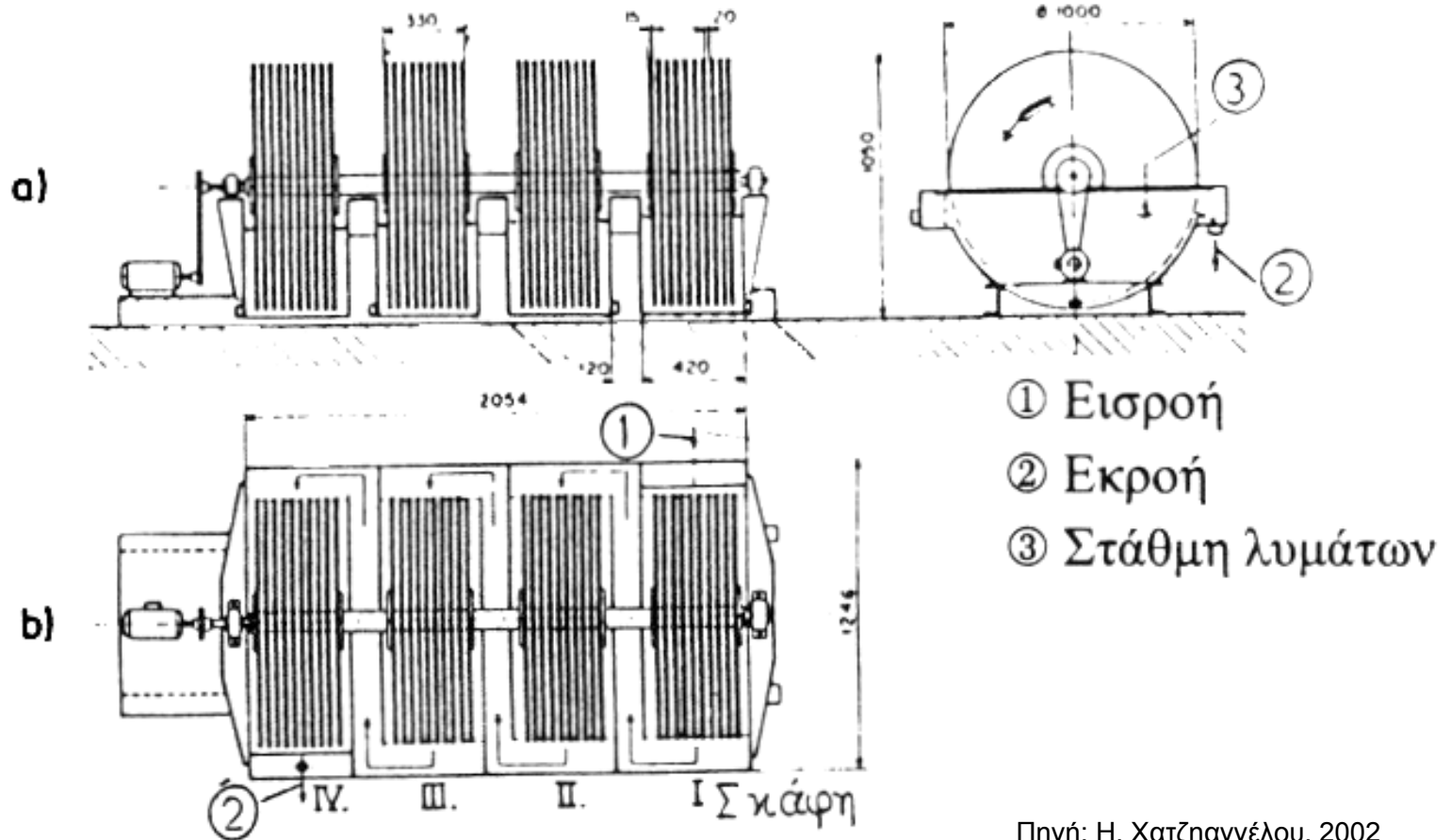


Δισκοδυλιστήρια

- Κατασκευάζονται συνήθως σαν δεξαμενές οι οποίες αποτελούνται από περισσότερες **σκάφες στη σειρά**.
- Στην περίπτωση Δ/Δ **χαμηλής φόρτισης** η **νιτροποίηση** αρχίζει στην **3^η σε σειρά σκάφη** και συνεχίζει στις επόμενες.
- **Διαφορές** από σκάφη σε σκάφη
 - Σύστασης μικροοργανισμών (βιολογικούς υμένες)
 - Ποσότητα διαλυμένου οξυγόνου (1^η σκάφη 1,5mgO₂/l, 4^η σκάφη 6mgO₂/l)



Δισκοδυλιστήρια



Σχήμα 5. Δεξαμενή δισκοδυλιστηρίου με τέσσερις σκάφες.



Επεξεργασία μικρών δήμων



Πηγή: Β. Ιωσηφίδης, 2010

Συστοιχία δεξαμενών βιοδίσκων



Πηγή:

<http://www.totalwatersolutions.co.za/downloads.html>



Σύγκριση Δ/Δ με εγκαταστάσεις ενεργού ιλύος & X/Δ

- **Δαπάνες λειτουργίας Δ/Δ**
 - 👉 Χαμηλές (για κίνηση του άξονα των δίσκων)
- **Δαπάνες συντήρησης Δ/Δ**
 - 👉 Μικρότερες από X/Δ και εγκαταστάσεις ενεργού ιλύος
- **Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια Δ/Δ**
 - 👉 20-30 % των εγκαταστάσεων ενεργού ιλύος



Κατασκευαστικά στοιχεία

- **Υλικό δίσκων:**
 - Αμιαντοτσιμέντο (παλαιότερα)
 - Πλαστικό Styropor (πολύ ελαφρύ και στερεό)
 - Πολυαιθυλένιο (Αμερική)
- **Μήκος αξόνων**
 - Έως 7 m (αν το υλικό των δίσκων είναι ελαφρύ)
- **Διάμετρος δίσκων:** έως 3,5 m
- **Ελάχιστη απόσταση μεταξύ των δίσκων:** 15-20 mm
- **Απόσταση δίσκων από τα τοιχώματα:** 6-10 cm
- **Λόγος όγκου λυμάτων στη σκάφη/συνολική επιφάνεια δίσκων:** 4-6 l/m³



Κατασκευαστικά στοιχεία

- **Υλικό δίσκων:**
 - Αμιαντοτσιμέντο (παλαιότερα)
 - Πλαστικό Styrofoam (πολύ ελαφρύ και στερεό)
 - Πολυαιθυλένιο (Αμερική)
- **Μήκος αξόνων**
 - Έως 7 m (αν το υλικό των δίσκων είναι ελαφρύ)

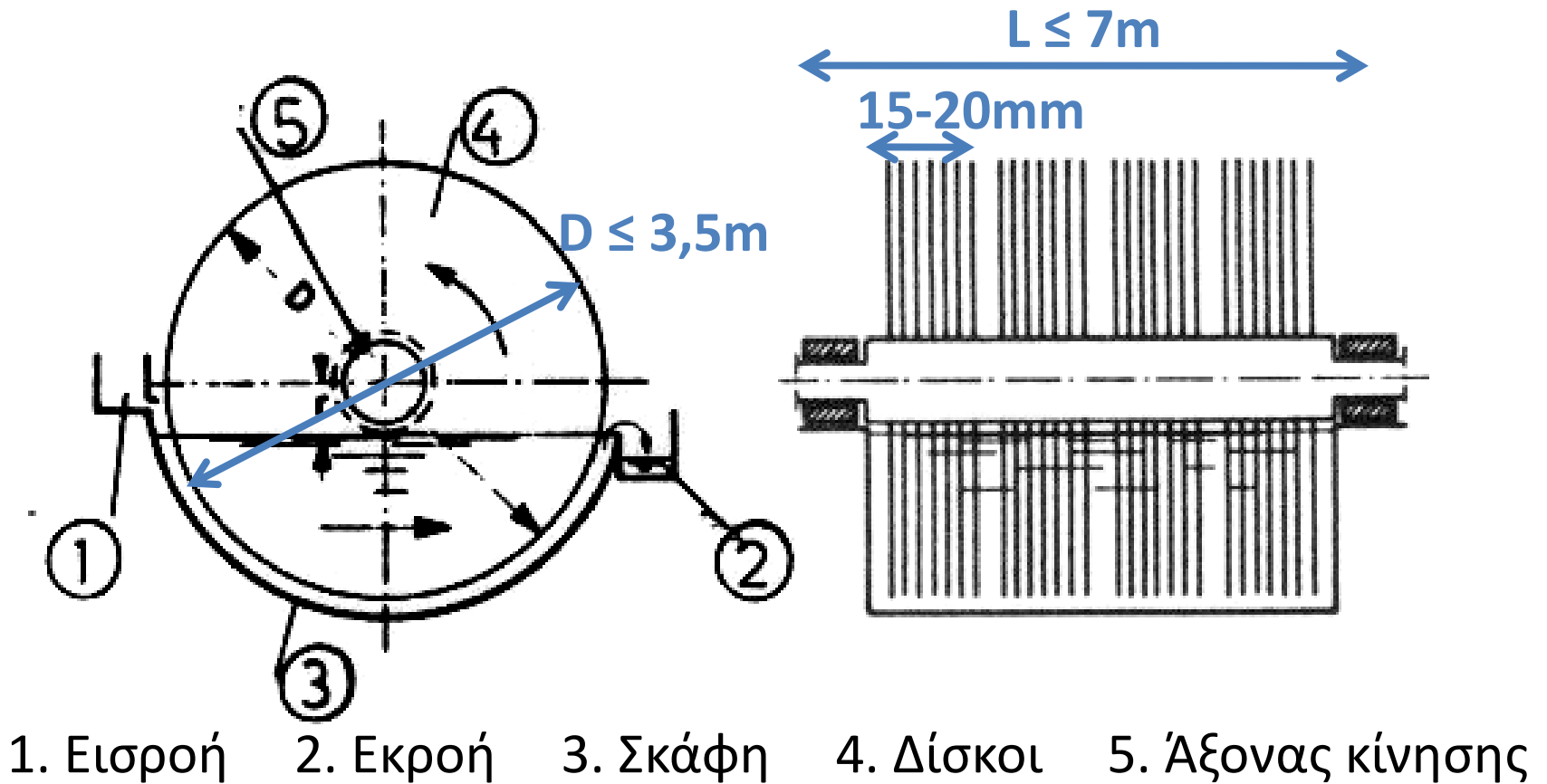


Κατασκευαστικά στοιχεία

- Διάμετρος δίσκων: έως 3,5 m
- Ελάχιστη απόσταση μεταξύ των δίσκων: 15-20 mm
- Απόσταση δίσκων από τα τοιχώματα: 6-10 cm
- Λόγος όγκου λυμάτων στη σκάφη/συνολική επιφάνεια δίσκων: 4-6 l/m³



Δισκοδυλιστήριο



Πηγή: Η. Χατζηαγγέλου, 2002

Σχήμα 6. Σχήμα δισκοδυλιστηρίου.



Διυλιστήρια λυμάτων

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ

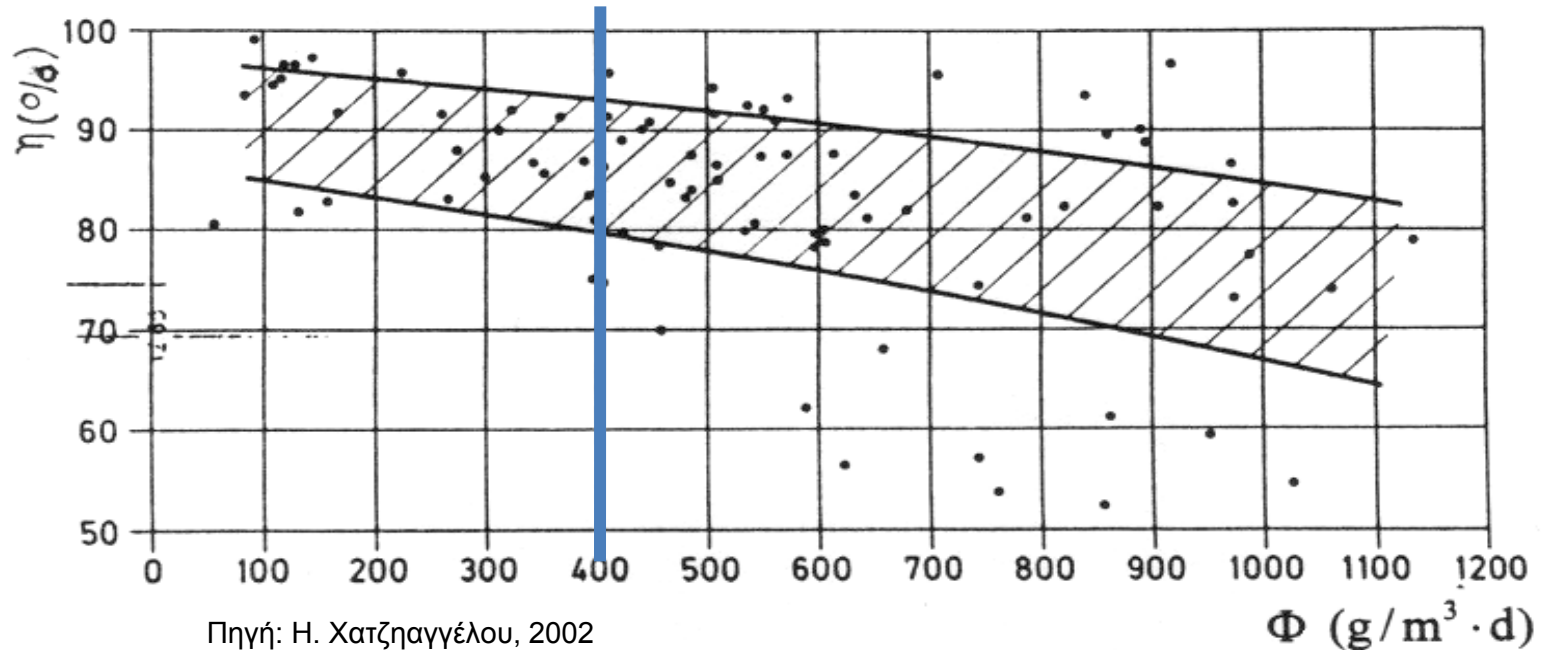
- Χαλικοδιυλιστηρίων
- Δισκοδιυλιστηρίων





Διαστασιολόγηση χαλικοδιυλιστηρίων

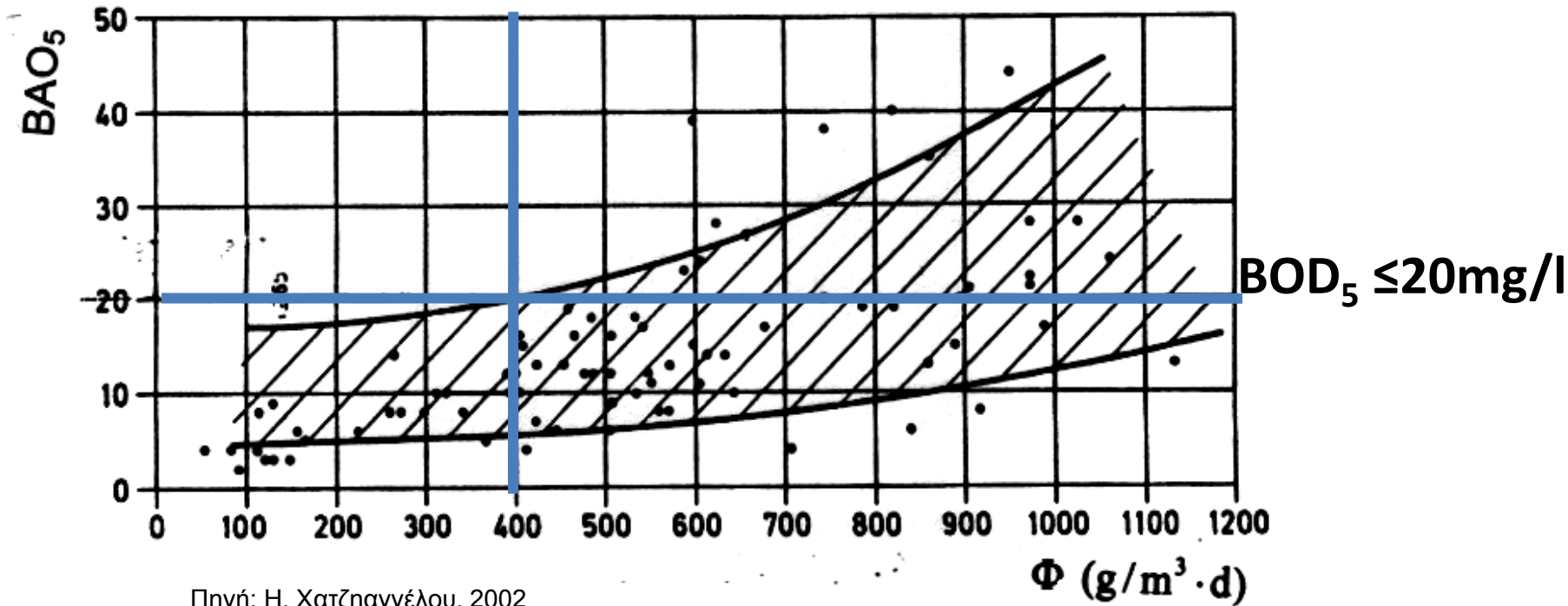
1. Απόδοση Χ/Δ



Σχήμα 1. Απόδοση χαλικοδιυλιστηρίων σε συνάρτηση με την οργανική τους φόρτιση.

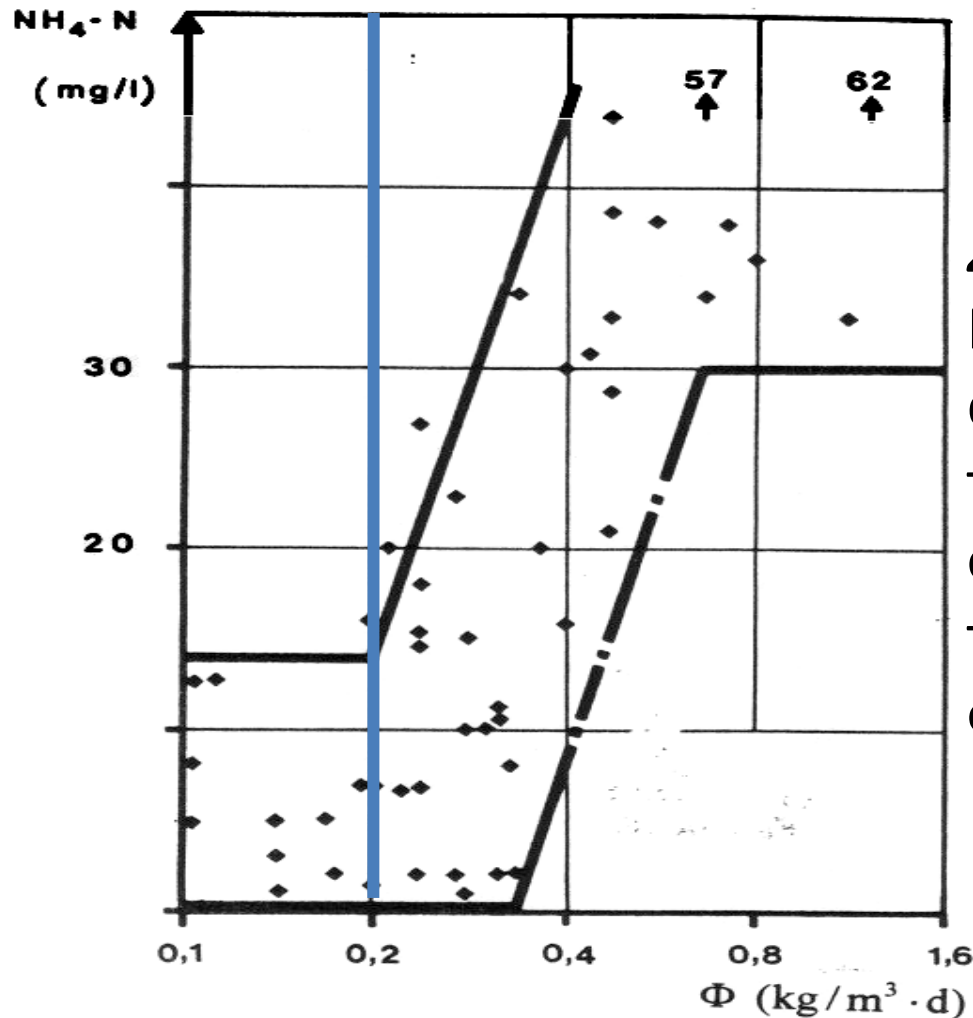


Οργανικό φορτίο Χ/Δ



Σχήμα 2. Το οργανικό φορτίο των λυμάτων εκροής χαλικοδιυλιστηρίων σε συνάρτηση με την οργανική τους φόρτιση.

Μείωση του αμμωνιακού αζώτου στα Χ/Δ



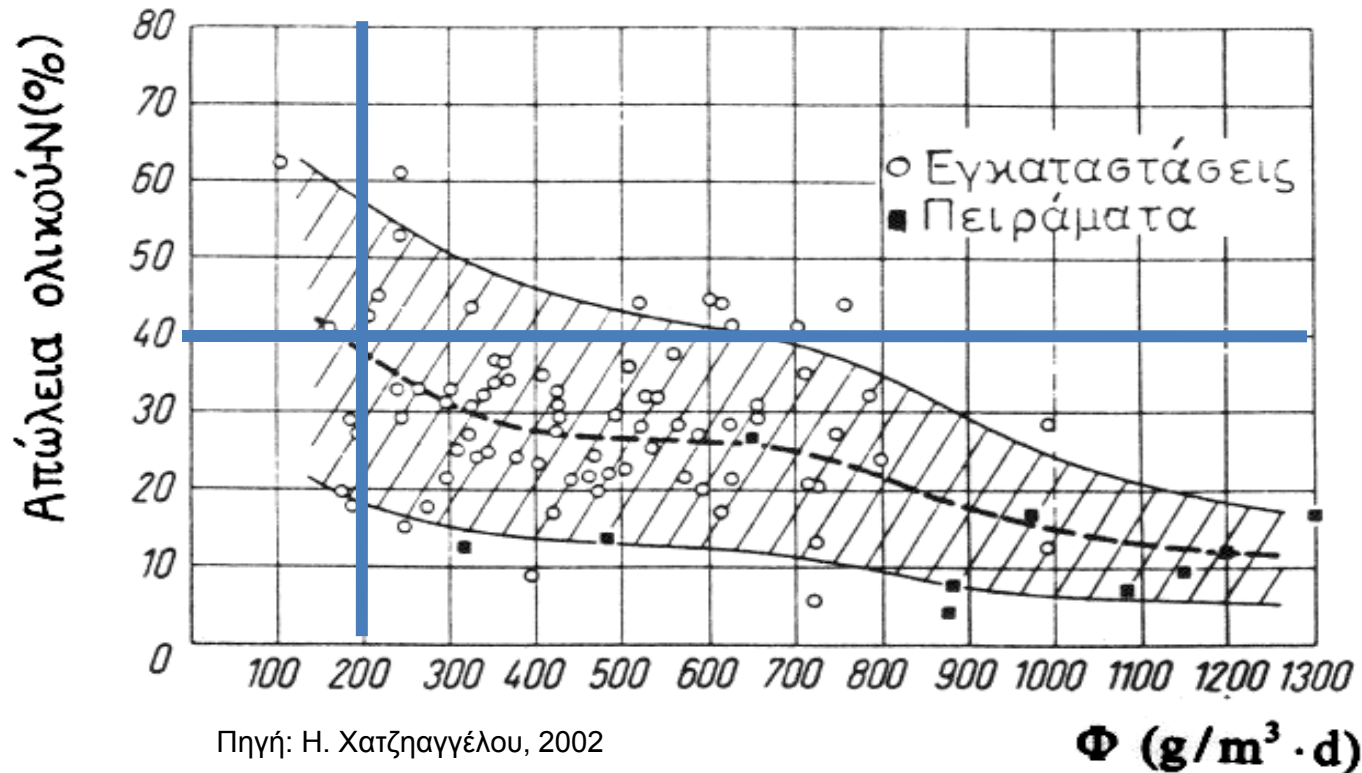
Σχήμα 3.

Περιεκτικότητα σε αμμωνιακό άζωτο των λυμάτων εκροής των Χ/Δ σε συνάρτηση με την οργανική τους φόρτιση.

Πηγή: Η. Χατζηαγγέλου, 2002



Μείωση του συνολικού αζώτου στα X/Δ



Πηγή: Η. Χατζηαγγέλου, 2002

Σχήμα 4. Περιεκτικότητα σε συνολικό άζωτο των λυμάτων εκροής των χαλικοδιυλιστηρίων σε συνάρτηση με την οργανική τους φόρτιση.



Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα

- Από τα Σχ. 1 & 2 προκύπτει ότι τα Χ/Δ διαστασιολογούνται για $\Phi \leq 0,4 \text{kg/m}^3 \text{d}$
- Από τα Σχ. 3 & 4 προκύπτει ότι όταν η οργανική φόρτιση των Χ/Δ είναι $\Phi = 0,2 \text{kg/m}^3 \text{d}$
 - Τα αμμωνιακά ελαττώνονται κατά 75%
 - Το συνολικό άζωτο ελαττώνεται κατά 40%



Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα

- ❖ Τα οικιακά λύματα περιέχουν 87gr/l άζωτο,
 - Αμμωνιακό ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) 45 mg/l
 - Αζωτούχες οργανικές ενώσεις 42 mg/l



2. Διαστασιολόγηση Χ/Δ

Όγκος

Επιφάνεια

Ύψος

Ποσοστό επανακυκλοφορίας λυμάτων

$IMK > 10000$

$IMK \leq 10000$

$IMK \leq 50$

Υψηλή φόρτιση

Χαμηλή φόρτιση



Όγκος Χ/Δ

- Όπως και στις δεξαμενές αερισμού

$$V = \frac{\varphi_{\epsilon\lambda}}{\Phi} = \frac{C_{\epsilon\lambda} Q^{\eta\mu\cdot\mu\epsilon\gamma}}{\Phi}$$

- $\varphi_{\epsilon\lambda} = C_{\epsilon\lambda} Q^{\eta\mu\cdot\mu\epsilon\gamma}$ = ημερήσιο οργανικό φορτίο σε BOD₅ (g/d)
- $C_{\epsilon\lambda}$ = συγκέντρωση οργανικού φορτίου λυμάτων (μέση τιμή 24ωρου) σε BOD₅ (g/m³)
- $Q^{\eta\mu\cdot\mu\epsilon\gamma}$ = μέγιστη ημερήσια παροχή λυμάτων (m³/d)
- Φ = επιτρεπόμενη οργανική φόρτιση Χ/Δ σε BOD₅ (g/m³·d)



Επιφάνεια Χ/Δ

- Από το μέγεθος της επιφάνειας εξαρτάται
 - Η χρονική διάρκεια παραμονής των λυμάτων στο Χ/Δ
 - Η ταχύτητα ροής δια μέσου των χαλικιών, από την οποία εξαρτάται
 - Η ικανότητα των λυμάτων να αποκολλούν και να συμπαρασύρουν έξω από το Χ/Δ τη βιομάζα (αν είναι μικρή η ταχύτητα ροής, 'στουπώνουν')



Επιφάνεια Χ/Δ

$$E = \frac{Q_t^{\text{ημ.μεγ.}}}{u_o}$$

E = επιφάνεια Χ/Δ (m^2)

$Q_t^{\text{ημ.μεγ.}}$ = μέση ωριαία παροχή των ωρών ημέρας (m^3/s)

u_o = επιφανειακή φόρτιση σε $(m^3/s)(1/m^2)=m/s$



Ύψος Χ/Δ

$$H = \frac{V}{E} \Rightarrow = \frac{C_{\text{ει}} Q^{\text{ημ.ι.εγ}}}{\Phi} \frac{u_o}{Q_t^{\text{ημ.ι.εγ}}} \Rightarrow = \frac{u_o C_{\text{ει}} Q^{\text{ημ.ι.εγ}}}{\Phi \Sigma_t^{\text{ημ.ι.εγ}}}$$

- Η διακύμανση των παροχών Q και των συγκεντρώσεων C του οργανικού φορτίου των λυμάτων κατά τη διάρκεια ενός 24ωρου έχει επίπτωση στην απόδοσή τους.
- Για αυτό ο υπολογισμός της επιφάνειας E και του ύψους H του Χ/Δ γίνεται με βάση τις μέσες τιμές των Q, C που αντιστοιχούν στις ώρες ημέρας.



Ύψος Χ/Δ (με μέσες τιμές Q,C)

– Για τις μέσες τιμές των Q, C

$$Q_t^{\text{ημ.ι.εγ}} = \frac{Q^{\text{ημ.ι.εγ}}}{18}$$

$$C_t = (1,2 \div ,3) C_{\epsilon i}$$

- Το ύψος του Χ/Δ είναι

$$H = (14 \div 15) \frac{u_o C_{\epsilon i}}{\Phi}$$



Ύψος Χ/Δ (με μέσες τιμές Q,C)

- Σε περίπτωση που τα Χ/Δ λειτουργήσουν με επανακυκλοφορία λυμάτων

$$H = (14 \div 15) \frac{u_o C_{με}}{\Phi}$$



Επανακυκλοφορία λυμάτων

- Η μέση συγκέντρωση του BOD_5 των οικιακών λυμάτων κυμαίνεται μεταξύ **150 – 250 mg/l**.
- Παλαιότερα η **αραίωση** των λυμάτων πριν από την είσοδό τους στο διυλιστήριο, ακόμη και για μεγάλες συγκεντρώσεις BOD_5 , **δεν συνηθίζονταν**.
- Αντίθετα σήμερα, έχει αποδειχθεί ότι η **απόδοση των διυλιστηρίων είναι μεγαλύτερη** όταν η αρχική συγκέντρωση του οργανικού φορτίου των λυμάτων δεν υπερβαίνει τα **150 mg/l**.
- Αυτό επιτυγχάνεται με την **επανακυκλοφορία** των λυμάτων εκροής από τις δεξαμενές τελικής καθίζησης.



Επανακυκλοφορία λυμάτων

- Το απαιτούμενο ποσοστό επανακυκλοφορίας των λυμάτων είναι

$$\alpha = \frac{C_{\epsilon\iota} - C_{\mu\epsilon}}{C_{\mu\epsilon} - C_{\epsilon\kappa}} \leq 00\%$$

- $C_{\epsilon\iota}$ = συγκέντρωση οργανικού φορτίου λυμάτων εισροής στα Χ/Δ (mg/l , g/m^3) = $\varphi_{\epsilon\iota}/Q^{\eta\mu.\mu\epsilon\gamma.}$
- $C_{\mu\epsilon}$ = συγκέντρωση οργανικού φορτίου λυμάτων μετά την επανακυκλοφορία (μείγματος) (mg/l , g/m^3)
- $C_{\epsilon\kappa}$ = συγκέντρωση οργανικού φορτίου λυμάτων εκροής από τις Δ.Τ.Κ. (mg/l , g/m^3)



Επιφανειακή φόρτιση

- ❖ Όταν τα Χ/Δ λειτουργούν με επανακυκλοφορία λυμάτων
- Η απαιτούμενη ελάχιστη επιφανειακή φόρτιση του Χ/Δ υπολογίζεται

$$u_o = \frac{Q_t^{\eta\mu\ \gamma\epsilon\gamma} + Q_{\epsilon\pi}}{E} = \frac{Q_t^{\eta\mu\ \gamma\epsilon\gamma} + \alpha Q_t^{\eta\mu\ \gamma\epsilon\gamma}}{E} = \frac{(1 + \alpha) Q_t^{\eta\mu\ \gamma\epsilon\gamma}}{E}$$

$$Q_t^{\eta\mu\ \gamma\epsilon\gamma} = \frac{Q_t^{\eta\mu\ \gamma\epsilon\gamma}}{18}$$



Εμπειρικές τιμές διαστασιολόγησης X/Δ για $IMK > 10000$

Υψηλή φόρτιση

- $\Phi = 0,4 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$
- $u_o = 0,5 - 1 \text{ m/h}$ (για παροχή μετά την επανακυκλοφορία)
- $\alpha \leq 1$ (σε σχέση με την παροχή Q_t ημ.μεγ.)
Αποικοδομούνται μόνο οι ενώσεις του άνθρακα

Χαμηλή φόρτιση

- $\Phi = 0,2 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$
- $u_o = 0,4 - 0,8 \text{ m/h}$ (για παροχή μετά την επανακυκλοφορία)
- $\alpha \leq 1$ (σε σχέση με την παροχή Q_t ημ.μεγ.)
Επιτυγχάνεται και η νιτροποίηση των ενώσεων του αζώτου



Εμπειρικές τιμές διαστασιολόγησης Χ/Δ για $IMK \leq 10000$

- Εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων με Χ/Δ χρησιμοποιούνται όταν
 - $IMK = 50 - 500$ (σε ορισμένες περιπτώσεις μέχρι και 1000)
 - $IMK = 7000 - 10000$
- Τα λύματα που εισέρχονται στην εγκατάσταση πρέπει να υποστούν **μηχανικό καθαρισμό**.
- Για $IMK \leq 1000$: δεξαμενές Emscher ή λίμνες καθίζησης



Εμπειρικές τιμές διαστασιολόγησης X/Δ για $IMK \leq 10000$

- Για $IMK = 7000 - 10000$ η επεξεργασία της **ιλύος** γίνεται σε ξεχωριστές αναερόβιες εγκαταστάσεις (οικονομικά οριακά αποδεκτή λύση).
- Για $IMK = 1000 - 7000$ οικονομικές λύσεις εγκαταστάσεων με X/Δ **δεν** υπάρχουν.



Διαστασιολόγηση Χ/Δ για $IMK \leq 10000$

- Συγκέντρωση οργανικού φορτίου λυμάτων

$$C_{\mu\epsilon} \leq 150 \text{ mg/l}$$

- Αν τα λύματα βρίσκονται σε κατάσταση σήψης

$$C_{\mu\epsilon} \leq 120 \text{ mg/l}$$

- Αν είναι επιθυμητή και μερική οξείδωση των αζωτούχων ενώσεων

$$C_{\mu\epsilon} \leq 100 \text{ mg/l}$$



Εμπειρικές τιμές διαστασιολόγησης X/Δ για IMK>10000

Υψηλή φόρτιση

- $\Phi = 0,4 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$
- $u_o = 0,5 - 1 \text{ m/h}$ (για παροχή μετά την επανακυκλοφορία)
- $\alpha \leq 1$ (σε σχέση με την παροχή $Q_t^{\text{ημ.μεγ.}}$)
Αποικοδομούνται μόνο οι ενώσεις του άνθρακα

Χαμηλή φόρτιση

- $\Phi = 0,2 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$
- $u_o = 0,4 - 0,8 \text{ m/h}$ (για παροχή μετά την επανακυκλοφορία)
- $\alpha \leq 1$ (σε σχέση με την παροχή $Q_t^{\text{ημ.μεγ.}}$)
Επιτυγχάνεται και η νιτροποίηση των ενώσεων του αζώτου



Εμπειρικές τιμές διαστασιολόγησης Χ/Δ για $IMK > 10000$

- Η επανακυκλοφορία γίνεται πάντα σε αναλογία 1:1
- $\Phi = 0,6 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$ αν χρησιμοποιηθεί δεξαμενή εξίσωσης παροχών



Διαστασιολόγηση Δ.Τ.Κ για IMK<10000

Πίνακας 1. Βασικές τιμές διαστασιολόγησης δεξαμενών τελικής καθίζησης Χ/Δ (IMK<10.000)

IMK	(h)	Επιφανειακή φόρτιση (m/h)
50 – 500	$\geq 3,0$	$\leq 0,4-0,6$
7000 – 10000	$\geq 2,5$	$\leq 1,0$
7000 – 10000 (για παροχή βροχής)	=1,5	=1,5



Διαστασιολόγηση Δ.Τ.Κ για IMK<10000

- Στις περιόδους βροχών η επανακυκλοφορία σταματά και το αντλιοστάσιο επανακυκλοφορίας αντλεί την πρόσθετη παροχή των ομβρίων. Τα χαλικοδιυλιστήρια είναι δυνατόν στην περίπτωση αυτή να δεχθούν παροχή 2,5 έως 3πλάσια από αυτήν της ξηράς περιόδου χωρίς να έχουμε επιπτώσεις στην απόδοσή τους.



Εμπειρικές τιμές διαστασιολόγησης Χ/Δ για $IMK \leq 50$

– Για Χ/Δ

- $\Phi = 0,15 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$
- $V \geq 4 \text{ m}^3$
- $E \geq 0,7 \text{ m}^2$

Η καθίζηση των λυμάτων γίνεται σε βόθρους σηπτικούς ή μη

• Για Δ.Τ.Κ.

- Χρόνος παραμονής $\geq 3,5 \text{ h}$
- $u_0 \leq 0,4 \text{ m/h}$
- Χώρος συγκέντρωσης ιλύος για 100 l/κατ.





Διαστασιολόγηση δισκοδυλιστηρίων

Επιφάνεια Δ/Δ

$$E = \frac{\phi_{\eta\mu}}{\Phi}$$

- E = επιφάνεια Δ/Δ (m^2)
- $\phi_{\eta\mu}$ = ημερήσιο οργανικό φορτίο (g/d)
- Φ = οργανική φόρτιση σε BAO_5 ανά τ.μ. επιφάνειας των δίσκων και ημέρα ($g/m^2 d$)



Επιφάνεια Δ/Δ

$$E_{\text{συν}} = \alpha E$$

- α = συντελεστής μείωσης, που εξαρτάται από τον αριθμό σκαφών

Αριθμός σκαφών σε σειρά	2	3	4	>4
α	1,0	0,91	0,87	0,85



Εμπειρικές τιμές διαστασιολόγησης Δ/Δ για $IMK > 10000$

Υψηλή φόρτιση με 2 σκάφες

- $\Phi = 8 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$ → κανονικά λύματα
- $\Phi = 9 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$ → λύματα με μικρή διακύμανση οργανικού φορτίου
- $\Phi = 12 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$ → στην εγκατάσταση υπάρχει δεξαμενή εξίσωσης παροχών
- $\Phi = 10 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$ → λύματα με αρχική συγκέντρωση οργανικού φορτίου $> 250 \text{ mg/l}$

Αποικοδομούνται μόνο οι ενώσεις του άνθρακα



Εμπειρικές τιμές διαστασιολόγησης Δ/Δ για $IMK > 10000$

Υψηλή φόρτιση με 3 σκάφες

$$\Phi = 10 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$$

Αποικοδομούνται μόνο οι ενώσεις του άνθρακα



Εμπειρικές τιμές διαστασιολόγησης Δ/Δ για $IMK > 10000$

Χαμηλή φόρτιση με 3 σκάφες

– $\Phi = 4 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d} \rightarrow$ κανονικά λύματα

Χαμηλή φόρτιση με ≥ 4 σκάφες

– $\Phi = 5 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$

**Επιτυγχάνεται και η νιτροποίηση των ενώσεων
του αζώτου.**



Διαστασιολόγηση Δ/Δ

Για $IMK \leq 10000$

- Τα Δ/Δ αποτελούν εναλλακτική λύση των Χ/Δ και έχουν το ίδιο πεδίο εφαρμογής.
- Οι επιτρεπόμενες φορτίσεις είναι ίδιες με $IMK > 10000$

Για $IMK \leq 50$

- $\Phi = 8 \text{ g/m}^2\text{d}$
- $E \geq 90 \text{ m}^2$
- Για Δ.Τ.Κ.
 - Χρόνος παραμονής $\geq 3,5 \text{ h}$
 - $u_0 \leq 0,4 \text{ m/h}$Χώρος συγκέντρωσης ιλύος για 100 l/κατ.



Απονιτροποίηση με Δ/Δ

- Στην περίπτωση αυτή η σκάφη απονιτροποίησης **προτάσσεται** των σκαφών της κυρίως επεξεργασίας των λυμάτων στις οποίες γίνεται η νιτροποίηση (χαμηλή φόρτιση).
- Η συνολική **επιφάνεια** της εγκατάστασης υπολογίζεται με τις τιμές της προηγούμενης παραγράφου.
- Η **επανακυκλοφορία** των λυμάτων γίνεται πριν την δεξαμενή απονιτροποίησης.
- Η σκάφη απονιτροποίησης γεμίζει με λύματα ως το ανώτατο ύψος των δίσκων.





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΑΣΚΗΣΗ 6. Διαστασιολόγηση Χαλικοδιυλιστήριου

Εκφώνηση

Να υπολογισθεί το χαλικοδιυλιστήριο (Χ/Δ) υψηλής φόρτισης της εγκατάστασης επεξεργασίας των οικιακών λυμάτων της πόλης Α.

Δίνονται:

1. Αριθμός κατοίκων ΙΜΚ = **10000** κατ.
2. Οργανικό φορτίο εκροής $BOD_5 C_{EK} = 30\text{mg/l}$



Λύση άσκησης

Περιλαμβάνει τρία στάδια:

- Οργανικό φορτίο
- Παροχές
- Διαστασιολόγηση



Λύση άσκησης

ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

- Ειδική παροχή λυμάτων $q_{\text{λυμ.}} = 150 \text{lt/κατ.d}$
- Οργανικό φορτίο οικιακών λυμάτων 54gr/κατ.ημ.
- $\rho_{\text{ημ.μεγ.}} = 1,55$
- $C_{\text{με}} = 150 \text{ mg/l}$
- Υψηλή φόρτιση



Σύνολο οργανικού φορτίου

Πίνακας 1. Σύνθεση λυμάτων σε gr/m³ λυμάτων.

	Ανόργ.	Όργαν.	Σύνολ.	BOD ₅
Καθιζάνουσες ουσίες	130	270	400	130
Μη καθιζάνουσες ουσίες	70	130	200	80
Διαλυμένες ουσίες 330	330	660	150	
Σύνολο	530	730	1260	360

Οι αριθμοί ισχύουν για παραγωγή λυμάτων ίση προς **150 l/κατ.d.**



Καθίζηση οργανικού φορτίου

Πίνακας 2. Παραγόμενες ακαθαρσίες σε γρ./κατ.ημ.

	Ανοργ.	Οργαν.	Σύνολ.	BOD₅
Καθιζάνουσες ουσίες	20	40	60	19
Μη καθιζάνουσες ουσίες	10	20	30	12
Διαλυμένες ουσίες	50	50	100	23
Σύνολο	80	110	190	54

BOD₅=Biochemical Oxygen Demand, μία παράμετρος μέτρησης της οργανικής ρύπανσης των νερών.



Αφαίρεση οργανικού φορτίου στις ΔΑΚ

- Παραγωγή οργανικού φορτίου σε οικιακά λύματα (από Πίν. 2): **54 gr BOD₅/κατ.d**
- Για μέση παραγωγή λυμάτων 150 lt/κατ.ημ., το οργανικό φορτίο των λυμάτων είναι (από Πίν.1 & 2):
$$\phi = (54 * 1000) / 150 = \mathbf{360 \text{ mg BOD}_5/\text{lt}}$$
- Το οργανικό φορτίο των καθιζανουσών ουσιών (από Πίν. 2): **19 gr BOD₅/κατ.d**
- Στις Δ.Α.Κ. είναι δυνατόν να αφαιρεθούν οργανικές ουσίες σε ποσοστό $19/54 = \mathbf{35,2\%} \rightarrow \mathbf{35,2\% 360 = 126 \text{ gr/lt}}$



ΟΡΓΑΝΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ

- Συνολικό οργανικό φορτίο **360 mg/l**
- Οργανικό φορτίο που **αφαιρείται** στις **Δ.Α.Κ.**
 $35,2\% \cdot 360 \approx 130 \text{ mg/l}$
- Οργανικό φορτίο **εισερχομένων** λυμάτων στο **Χ/Δ**
 $360 - 130 \approx 230 \text{ mg/l}$



Απόδοση της ΕΕΛ

- **Απόδοση** της εγκατάστασης βιολογικής επεξεργασίας για $\Phi_{\text{εκ.}} = 30 \text{ mg BOD}_5 / \text{lt}$ (δεδομένο)

$$\eta = \left(\frac{\varphi_{\text{εκ.}}}{\varphi_{\text{μ.5}}} \right) \cdot 100 = \left(\frac{30}{230} \right) \cdot 100 = 13,04\% \approx 13\%$$



Αρχική συγκέντρωση οργανικού φορτίου στο Χ/Δ

- Έχει αποδειχθεί ότι η **απόδοση των διυλιστηρίων είναι μεγαλύτερη** όταν η αρχική συγκέντρωση του οργανικού φορτίου των λυμάτων δεν υπερβαίνει τα **150 mg/l**
- Η συγκέντρωση του οργανικού φορτίου των εισερχομένων λυμάτων στο Χ/Δ υπολογίστηκε ως **230 mg/l > 150 mg/l**
- Άρα πρέπει να γίνει **επανακυκλοφορία** των λυμάτων



Επανακυκλοφορία λυμάτων

- Το απαιτούμενο ποσοστό επανακυκλοφορίας των λυμάτων είναι

$$\alpha = \frac{C_{\epsilon\iota} - C_{\mu\epsilon}}{C_{\mu\epsilon} - C_{\epsilon\kappa}} = \frac{230 - 50}{150 - 30} = 57\% \leq 100\%$$

- $C_{\epsilon\iota} = 230 \text{ mg/l}$ (συγκέντρωση οργανικού φορτίου λυμάτων εισροής στα Χ/Δ)
- $C_{\mu\epsilon} = 150 \text{ mg/l}$ (επιθυμητή συγκέντρωση οργανικού φορτίου λυμάτων στην είσοδο των Χ/Δ, επιδιωκόμενη μετά την επανακυκλοφορία (μείγματος))
- $C_{\epsilon\kappa} = 30 \text{ mg/l}$ (επιθυμητή συγκέντρωση οργανικού φορτίου λυμάτων εκροής από τις Δ.Τ.Κ.)



ΠΑΡΟΧΕΣ

- Η μέγιστη ημερήσια παροχή δίνεται από τον τύπο

$$Q^{\eta\mu\ \mu\epsilon\gamma} = f p^{\eta\mu\ \mu\epsilon\gamma} q_{\nu\delta\rho} E = (f \cdot q_{\nu\delta\rho}) p^{\eta\mu\ \mu\epsilon\gamma} E = \iota_{\lambda\upsilon\mu} p^{\eta\mu\ \mu\epsilon\gamma} E$$

– Παραγωγή λυμάτων $q_{\lambda\upsilon\mu} = 150 \text{ l/κατ.ημ.} = 0,150$

$\text{m}^3/\text{κατ.ημ.}$

– $p_{\eta\mu.\mu\epsilon\gamma.} = 1,55$ (βλ. Πίνακα 4)

$$Q^{\eta\mu\ \mu\epsilon\gamma} = \iota_{\lambda\upsilon\mu} p^{\eta\mu\ \mu\epsilon\gamma} E = 0,150 \cdot 1,55 \cdot 10000 = 2325 \text{m}^3 / d$$



Συντελεστές ημερήσιας αιχμής

Πίνακας 3. Τιμές του συντελεστή ημερήσιας αιχμής γερμανικής προέλευσης

$Q_{ετ} (m^3 \times 10^6)$	100	10	1	0,1	0,02
$\rho_{μεγ ημ}$	1,53	1,7	1,93	2,11	2,25



Συντελεστές ημερήσιας αιχμής

Πίνακας 4. Τιμές των συντελεστών μέγιστης και ελάχιστης ημερήσιας αιχμής

	<i>$p_{\text{μεγ ημ}}$</i>	<i>$p_{\text{ημ.ελ.}}$</i>
Κοινότητες	1,8-2,5	0,5-0,70
Μικρές πόλεις	1,7-2,4	0,5-0,70
Μεσαίες πόλεις	1,6-2,0	0,65-0,75
Μεγάλες πόλεις	1,4-1,8	0,70-0,85
Βιομηχανικές πόλεις	1,3-1,6	0,60-0,80



ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ Χ/Δ

- Εφόσον τα Χ/Δ θα λειτουργήσουν με $\alpha=67\%$ επανακυκλοφορία λυμάτων
- Το ύψος τους υπολογίζεται με

$$H = 14 \div 5) \frac{u_o C_{με}}{\Phi} = 5 \frac{0,8 \cdot 150}{400} = 1,5m$$

- Ο όγκος τους θα είναι

$$V = \frac{C_{με} Q_{ημ μεγ}}{\Phi} = \frac{150 \cdot 2325}{400} = 372m^3$$



ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ Χ/Δ

- Βάση του όγκου και του ύψους, η **επιφάνεια** τους θα είναι

$$E = \frac{V}{H} = \frac{372}{4,5} = 94m^2$$

- ❖ Εφόσον τα Χ/Δ θα λειτουργήσουν με **$\alpha=67\%$** επανακυκλοφορία λυμάτων



ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ Χ/Δ

- Η απαιτούμενη ελάχιστη επιφάνεια του Χ/Δ υπολογίζεται με τη βοήθεια της επιτρεπόμενης επιφανειακής φόρτισης

$$E = \frac{(1 + \alpha) \mathcal{Q}_t^{\eta_{\mu \text{ μεγ}}}}{u_o} = \frac{(1 + \alpha) \mathcal{Q}_t^{\eta_{\mu \text{ μεγ}}} / 18}{u_o} = \frac{(1 + 1,67) 2325 / 18}{0,8} = 169,6 m^2$$



Τελική διαστασιολόγηση

- Εκλέγεται η μεγαλύτερη τιμή για την επιφάνεια, άρα

$$E = 269,6 \text{ m}^2$$

- Τελικά ο όγκος του Χ/Δ θα είναι

$$V = E \cdot H = 269,6 \cdot 4,5 = 1213 \text{ m}^3$$



Διαστασιολόγηση Χ/Δ για ΙΜΚ=10000

Υψηλή φόρτιση

- $\Phi = 0,4 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$
- $u_o = 0,8 \text{ m/h}$ (για παροχή μετά την επανακυκλοφορία)
- $\alpha = 67\%$ (σε σχέση με την παροχή $Q_t^{\text{ημ.μεγ.}}$)

Τελικές Διαστάσεις

2 κυκλικές δεξαμενές

$$H = 4,5 \text{ m}$$

$$D = 13 \text{ m}$$

$$E = 269,6 \text{ m}^2$$

$$V = 1213 \text{ m}^3$$



Έλεγχος φόρτισης Χ/Δ

- Ημερήσιο οργανικό φορτίο που διοχετεύεται στα Χ/Δ
 - Για παραγωγή οργανικού φορτίου σε οικιακά λύματα (από Πίνακα 2): 54 gr BOD₅/d·κατ
 - Αν το 35,2 % κατακρατείται στις Δ.Α.Κ., τότε το 64,8 % περνάει στα Χ/Δ

$$\varphi_{\eta\mu} = 0,65 \cdot 0,054 \cdot \text{IMK} = 350 \text{ kgBOD}_5/\text{d}$$

- Οργανική φόρτιση

$$\Phi : \frac{\varphi_{\eta\mu}}{V} = \frac{350}{1213} = \underline{0,29} < \underline{0,4 \text{ kgBOD}_5 / \text{m}^3 \text{d}} \quad \checkmark \text{ OK}$$





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΑΣΚΗΣΗ 7.

Επέκταση Χαλικοδιυλιστήριου

Εκφώνηση

Στον οικισμό Α υπάρχει εγκατάσταση βιολογικής επεξεργασίας των λυμάτων του. Η βιολογική επεξεργασία γίνεται με **δύο** χαλικοδιυλιστήρια.

Ζητούνται:

- 1. Η οργανική και επιφανειακή φόρτιση των Χ/Δ.**
- 2. Προτάσεις βελτίωσης της απόδοσης του έργου.**



Εκφώνηση

Δίνονται:

1. Διαστάσεις διυλιστηρίων, **$D=10\text{m}$** και **$H=3\text{m}$**
2. Μέγιστη ημερήσια παροχή ξηράς περιόδου,
 $Q_{\text{ημ.μεγ.}}=1600\text{m}^3/\text{d}$
3. Μέγιστο οργανικό φορτίο των εισερχομένων λυμάτων,
 $\phi_{\text{εισ}} = 570\text{kgBOD}_5/\text{d}$
4. Απόδοση έργων μηχανικής επεξεργασίας, **30%**
5. Οργανικό φορτίο λυμάτων εκροής, **$C_{\text{εκ}} = 25 \text{ mgBOD}_5/\text{l}$**



Λύση

- Οργανική φόρτιση
- Επιφανειακή φόρτιση
- Πρόταση βελτίωσης της απόδοσης του έργου



Ημερήσια οργανική φόρτιση Χ/Δ

- Συνολικό οργανικό φορτίο $\phi_{\text{εισ}} = 570 \text{ kgBOD/d}$
- Οργανικό φορτίο που αφαιρείται στις Δ.Α.Κ.

$$30\% \cdot 570 \approx 171 \text{ kgBOD/d}$$

- Οργανικό φορτίο εισερχομένων λυμάτων στο Χ/Δ

$$\phi_{\text{ημ}} = 570 - 171 = 399 \text{ kgBOD/d}$$



Διαστάσεις Χ/Δ

- Εφόσον δίνονται οι διαστάσεις των Χ/Δ
 - Διάμετρος κυκλικής δεξαμενής **D = 10 m**
 - Ύψος δεξαμενής **H = 3 m**

- Η **επιφάνεια** κάθε Χ/Δ θα είναι

$$E = \frac{\pi \cdot 1^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 10^2}{4} = 78,5m^2$$

- Ο **όγκος** κάθε Χ/Δ θα είναι

$$V = E \cdot H = \frac{\pi \cdot 1^2}{4} H = \frac{3,14 \cdot 10^2}{4} \cdot 3 = 235,5m^3$$



Έλεγχος φόρτισης Χ/Δ

- Ημερήσιο οργανικό φορτίο που διοχετεύεται στα Χ/Δ

$$\varphi_{\eta\mu} = 399 \text{ kgBOD/d} = (C_{\epsilon\lambda} Q^{\eta\mu.\mu\epsilon\gamma.})$$

- Οργανική φόρτιση των 2 Χ/Δ είναι

$$\Phi \quad \frac{\varphi_{\eta\mu}}{V} = \frac{399 \text{ kgBOD/d}}{2 \cdot 235,5 \text{ m}^3} = 1,847 > 1,4 \text{ kgBOD}_5 / \text{m}^3 \text{ d}$$

(Υψηλή φόρτιση)



Αρχική συγκέντρωση οργανικού φορτίου στα Χ/Δ

- Έχει αποδειχθεί ότι η **απόδοση των διυλιστηρίων είναι μεγαλύτερη** όταν η αρχική συγκέντρωση του οργανικού φορτίου των λυμάτων δεν υπερβαίνει τα **150 mg/l**
- Το **οργανικό φορτίο** των εισερχομένων λυμάτων στο Χ/Δ υπολογίστηκε ως $\varphi_{\eta\mu} = 399$ **kgBOD₅ /d**



Αρχική συγκέντρωση οργανικού φορτίου στα Χ/Δ

- Άρα η συγκέντρωση του οργανικού φορτίου των λυμάτων εισροής στα Χ/Δ είναι

$$\varphi_{\text{ει}} = C_{\text{ει}} Q^{\text{ημ.μ.εγ}} \Rightarrow C_{\text{ει}} = \frac{\varphi_{\text{ει}}}{Q^{\text{ημ.μ.εγ}}} = \frac{399 \text{kgBOD} / \text{d}}{1600 \text{m}^3 / \text{d}} = 0,25 \text{kg} / \text{m}^3 = 249 \text{g} / \text{m}^3$$

>150 g/m³



Επανακυκλοφορία λυμάτων

- Το απαιτούμενο ποσοστό επανακυκλοφορίας των λυμάτων είναι

$$\alpha = \frac{C_{\epsilon\iota} - C_{\mu\epsilon}}{C_{\mu\epsilon} - C_{\epsilon\kappa}} = \frac{249 - 50}{150 - 25} = 1,792 = 179,2\%$$

- $C_{\epsilon\iota} = 249 \text{ g/m}^3$ = συγκέντρωση οργανικού φορτίου λυμάτων **εισροής** στα Χ/Δ
- $C_{\mu\epsilon} = 150 \text{ mg/l} = 150 \text{ g/m}^3$ (επιθυμητή συγκέντρωση οργανικού φορτίου λυμάτων στην **είσοδο** των Χ/Δ, επιδιωκόμενη μετά την επανακυκλοφορία (μείγματος))
- $C_{\epsilon\kappa} = 25 \text{ mg/l} = 25 \text{ g/m}^3$ (επιθυμητή συγκέντρωση οργανικού φορτίου λυμάτων **εκροής** από τις Δ.Τ.Κ. - δεδομένο)



ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ

- ❖ Εφόσον τα Χ/Δ θα λειτουργήσουν με $\alpha=79,2\%$ επανακυκλοφορία λυμάτων
- Η απαιτούμενη ελάχιστη επιφανειακή φόρτιση των 2 Χ/Δ υπολογίζεται

$$u_o = \frac{Q_t^{\eta\mu\ \mu\epsilon\gamma} + Q_{\epsilon\pi}}{E} = \frac{Q_t^{\eta\mu\ \mu\epsilon\gamma} + \alpha Q_t^{\eta\mu\ \mu\epsilon\gamma}}{E} = \frac{(1 + \alpha) Q_t^{\eta\mu\ \mu\epsilon\gamma}}{E}$$

➤ Για $Q_t^{\eta\mu\ \mu\epsilon\gamma} = \frac{Q^{\eta\mu\ \mu\epsilon\gamma}}{18}$

➤ Άρα $u_o = \frac{1,79 \cdot 1600 / 18}{2 \cdot 78,5} = 0,01 \text{ m/h} \approx \text{m/h (άνω όριο)}$



Έλεγχος επάρκειας ύψους Χ/Δ

- Εφόσον τα Χ/Δ θα λειτουργήσουν με $\alpha=79,2\%$ επανακυκλοφορία λυμάτων
- Το ύψος τους υπολογίζεται με

$$H = 14 \div 5) \frac{u_o C_{με}}{\Phi} = 4 \frac{1,01 \cdot 150}{847} = 2,5m < 3,0m$$

- Αν λειτουργούσαν με την επιτρεπόμενη φόρτιση $\Phi=0,4\text{kg}/\text{m}^3\text{d}$

$$H = 14 \div 5) \frac{u_o C_{με}}{\Phi} = 4 \frac{1,01 \cdot 150}{400} = 3,3m > 3,0m$$



Πρόταση βελτίωσης της απόδοσης των Χ/Δ

- Τα Χ/Δ δεν θα λειτουργήσουν σωστά γιατί είναι υπερφορτισμένα ($\Phi > 0,4 \text{ kg/m}^3 \text{d}$)
- Το ύψος τους όμως είναι επαρκές, όπως και η επιφάνεια τους.
- Συνεπώς πρέπει να αυξηθεί μόνο ο όγκος τους.
- Θα κατασκευαστούν **άλλα 2 Χ/Δ** που θα μοιράζονται την οργανική και την επιφανειακή φόρτιση



Μελέτη της εγκατάστασης

- Οργανική φόρτιση

$$\Phi = \frac{847}{2} = 423.5 \text{ g/m}^3 \approx 0.4235 \text{ kg/m}^3$$

- Επιφανειακή φόρτιση

$$u_o = \frac{1.01}{2} = 0.505 \text{ m/h}$$

- Ύψος Χ/Δ $H = 14 \div 5) \frac{u_o C_{\mu\epsilon}}{\Phi} = 4 \frac{0.5 \cdot 150}{423} = 2.5 \text{ m} < 3.0 \text{ m}$



Παρατήρηση

- Προκειμένου να εξοικονομηθούν δαπάνες άντλησης, είναι δυνατόν να γίνει αλλαγή των διαστάσεων των 2 νέων Χ/Δ
 - Αυξάνοντας τη διάμετρο
 - Ελαττώνοντας το ύψος
- Στην περίπτωση αυτή θα ελαττωθεί η επιφανειακή φόρτιση τους $< 0,5 \text{ m/s}$ που δεν επιτρέπεται.
- Συνεπώς, οι διαστάσεις των νέων Χ/Δ θα παραμείνουν ίδιες με αυτές των παλιών.



Σημείωμα Αναφοράς

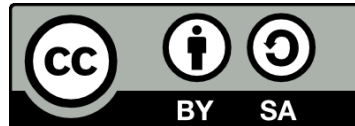
Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Αντιγόνη Ζαφειράκου.
«Τεχνική Περιβάλλοντος». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014.

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.

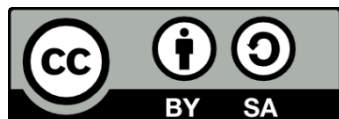
[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>





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



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.

