



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

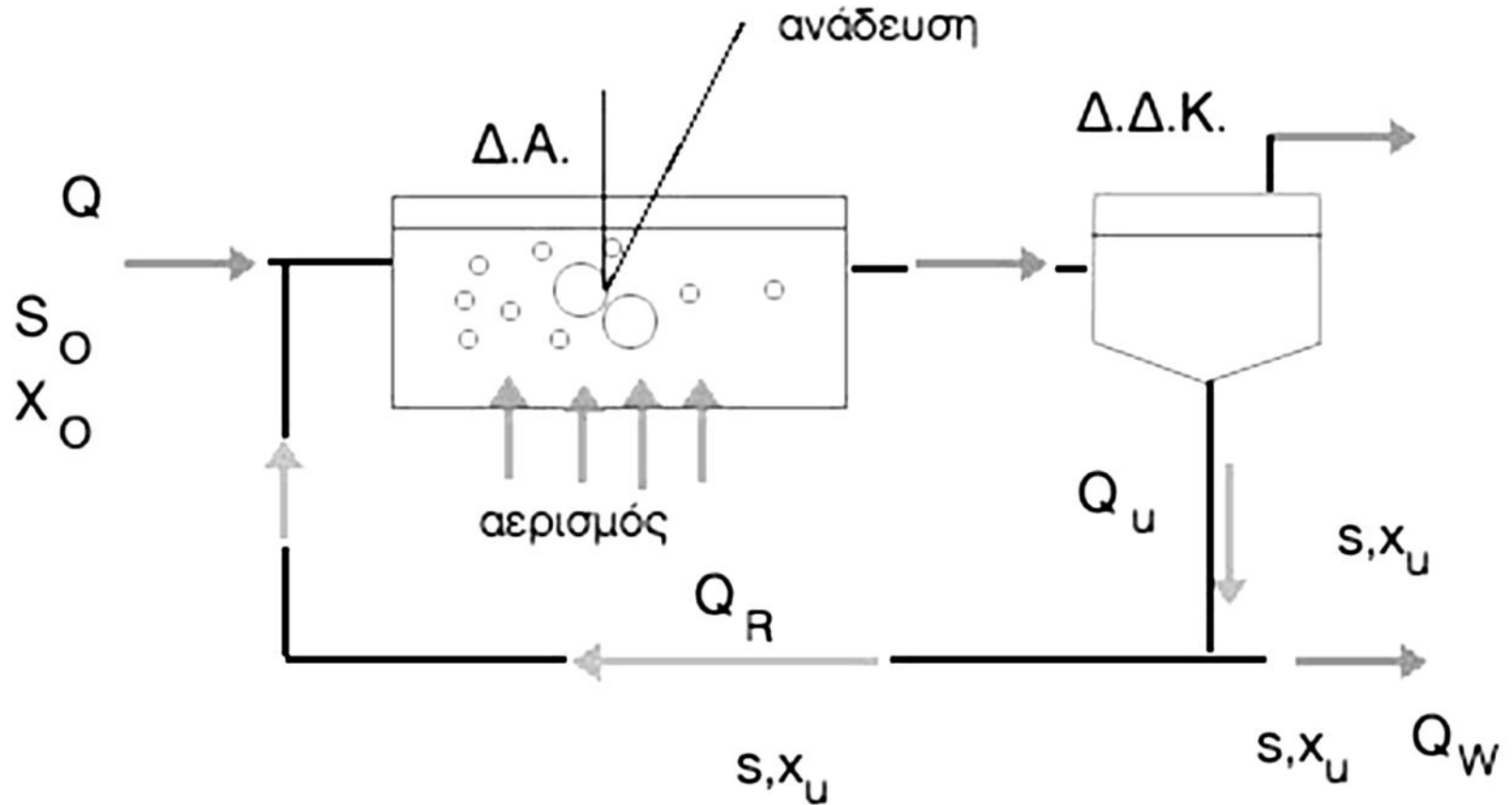
ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Τεχνολογία Περιβάλλοντος: Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων

Ενότητα 6: Δραστική Λάσπη

Κορνάρος Μιχαήλ
Πολυτεχνική Σχολή
Τμήμα Χημικών Μηχανικών

Διεργασία ενεργού ιλύος (activated sludge)



- Η παροχή αερισμού εξασφαλίζει και την ανάμιξη του ανάμικτου υγρού
- Η βιολογική οξείδωση οδηγεί σε ανάπτυξη μικροοργανισμών
- Τα κυριότερα είδη μικροοργανισμών σε μία διεργασία ενεργού ιλύος είναι βακτήρια όπως *Pseudomonas*, *Zoogloea*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Bdellovibrio*, *Mycobacterium*, *Nitrosomonas* και *Nitrobacter*, αλλά και μύκητες νηματώδους μορφής όπως οι *Sphaerotilus*, *Beggiatoa*, *Thothrix*, *Lecicothrix* και *Geotrichum*.
- Οι μικροοργανισμοί παράγουν λιποπολυσακχαρίτες και άλλες ουσίες που προκαλούν τη συσσωμάτωση τους σε κροκίδες (flocs) που αποτελούν την ενεργό ιλύ.
- Η παρουσία των μυκήτων επηρεάζει τα χαρακτηριστικά καθίζησης της ιλύος στη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης δυσμενώς
- Η ιλύς απορροφά τα διαλυμένα και αιωρούμενα οργανικά (και ανόργανα) στερεά τα οποία και οξειδώνει βιολογικά.



- για να έχει η ιλύς καλά χαρακτηριστικά καθίζησης, πρέπει να παραμένει στο σύστημα τουλάχιστον για 4 ημέρες.
- οι βιολογικές κροκίδες που περιέχουν τους παραχθέντες μικροοργανισμούς καθιζάνουν σε ΔΔΚ και εν μέρει ανακυκλώνονται, ενώ το υπόλοιπο της ιλύος απομακρύνεται (περίσσεια ιλύος), για να αποφευχθεί συσσώρευση μικροοργανισμών.
- Η ανακυκλοφορία επιτρέπει την διατήρηση μεγάλου χρόνου παραμονής των στερεών (solids retention time, SRT) σε σχέση με τον υδραυλικό χρόνο παραμονής (hydraulic retention time, HRT), μειώνοντας έτσι τον συνολικά απαιτούμενο όγκο για την επιθυμητή απομάκρυνση οργανικών.



Βασικός Σχεδιασμός Διεργασίας Ενεργού Ιλύος

- Μέσος χρόνος υδραυλικής παραμονής
(mean hydraulic retention time):

$$\theta_s = \frac{V + V_s}{Q}$$

όπου Q ο ρυθμός παροχής, V ο όγκος του υγρού στη δεξαμενή αερισμού, και V_s ο όγκος της δεξαμενής καθίζησης.

- Μέσος χρόνος υδραυλικής παραμονής στη ΔΑ

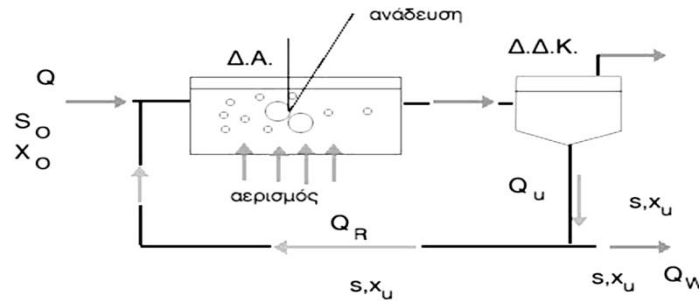
$$\theta = \frac{V}{Q}$$

- Μέσος χρόνος παραμονής στερεών [solids retention time (SRT), ονομάζεται και ηλικία ιλύος, (sludge age)]

$$\text{SRT} = \frac{Vx}{Q_w x_u + (Q - Q_w) x_e}$$



Βασικός Σχεδιασμός Διεργασίας Ενεργού Ιλύος



Κάτω από λειτουργικές συνθήκες μόνιμης κατάστασης, γράφουμε τα ισοζύγια μάζας των μεταβλητών x και S , για όλο το σύστημα, θεωρώντας κινητική Monod

$$0 = QS_0 - (Q - Q_w)S - Q_w S - \frac{1}{Y} \frac{\mu_{\max} S}{K_s + S} xV$$

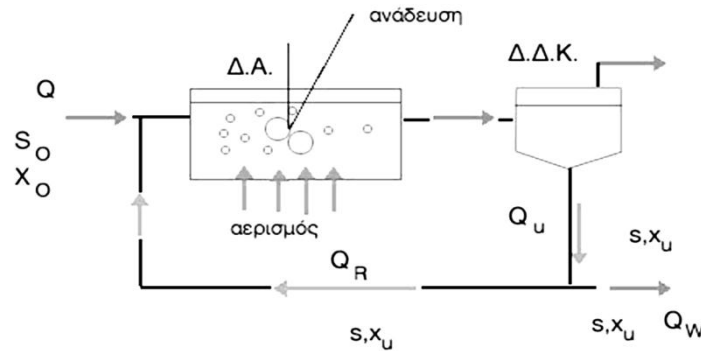
$$0 = Qx_0 - (Q - Q_w)x_e - Q_w x_u + \frac{\mu_{\max} S}{K_s + S} xV - k_d xV$$

Θεωρούμε $x_0 \sim 0$, και τέλεια διαύγαση (διαχωρισμό στερεών στη ΔΔΚ),
οπότε

$$(Q + Q_R) x = (Q_R + Q_w) x_u$$



Βασικός Σχεδιασμός Διεργασίας Ενεργού Ιλύος

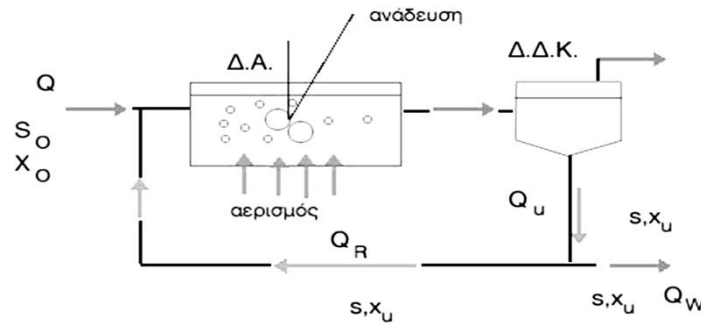


Ορίζοντας $r = \frac{Q_R}{Q}$, $\theta_c = \frac{V}{Q_w}$ (αντί του ορθού $\frac{V \cdot x}{Q_w \cdot x_u}$ για λόγους απλότητας στους υπολογισμούς) για την περίπτωση της απομάκρυνσης λάσπης από την ανακυκλοφορία:

$$S = \frac{\left(\frac{1+r}{\theta + r\theta_c} + k_d \right) K_s}{\mu_{\max} - k_d - \frac{1+r}{\theta + r\theta_c}} \quad \text{και} \quad x = \frac{Y(S_0 - S)}{\frac{1+r}{\theta + r\theta_c} + k_d} \frac{1}{\theta}$$



Βασικός Σχεδιασμός Διεργασίας Ενεργού Ιλύος

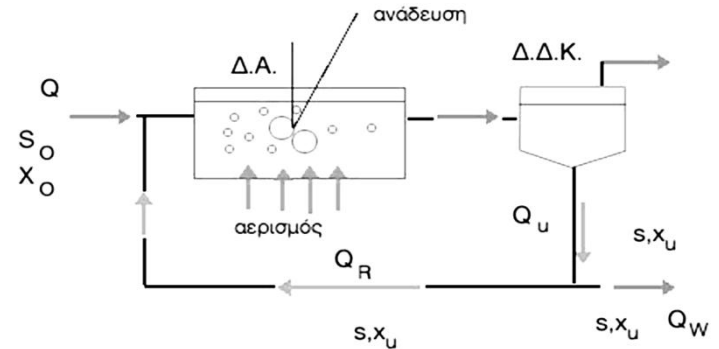


Αν η απομάκρυνση της λάσπης γίνεται από την ΔΑ, τότε :

$$S = \frac{\left(\frac{1}{\theta_c} + k_d \right) K_s}{\mu_{\max} - k_d - \frac{1}{\theta_c}} \quad \text{και} \quad X = \frac{Y (S_0 - S)}{\theta \left(\frac{1}{\theta_c} + k_d \right)}$$

Όπως βλέπουμε η απομάκρυνση είναι ανεξάρτητη του χρόνου υδραυλικής παραμονής και του ρυθμού ανακυκλοφορίας, και εξαρτάται μόνο από τον χρόνο παραμονής των στερεών (την ηλικία της ιλύος)

Βασικός Σχεδιασμός Διεργασίας Ενεργού Ιλύος



Τυπικά προσδιορίζονται:

- η παροχή
- η περιεκτικότητα σε ΒΑΟ των αποβλήτων
- η απαιτούμενη απομάκρυνση οργανικών, δηλαδή η συγκέντρωση S .

Οι βασικές σχεδιαστικές παράμετροι που πρέπει να υπολογισθούν είναι:

- (α) Ο όγκος της δεξαμενής αερισμού V
- (β) Ο ρυθμός ανακυκλοφορίας Q_R ή ο λόγος r
- (γ) Ο ρυθμός απομάκρυνσης ιλύος Q_W
(ή ισοδύναμα των παραμέτρων r , θ , και θ_c)



Βασικός Σχεδιασμός Διεργασίας Ενεργού Ιλύος

Κριτήρια σχεδιασμού

- Ο ρυθμός ανακυκλοφορίας για τον σκοπό του σχεδιασμού συνήθως λαμβάνεται $Q_R=Q$.
- $S < S_{\max}$
- $SRT > SRT_{\min}$, όπου $SRT_{\min}$ ο χρόνος στον οποίο απομακρύνονται όλα τα βακτήρια (έκπλυση)
- $SRT > 3-4$ d για εξασφάλιση καλών χαρακτηριστικών καθίζησης των κροκίδων.
- συνήθως επιλέγεται το SRT μεταξύ 4-15 d ή το F/M μεταξύ 0,05 και 1.
- Τέλος το θ ρυθμίζεται να δίνει $x \sim 2.000-3.000$ mg/L.

Αφού προσδιοριστούν αυτές οι παράμετροι (r, θ, θ_c), δηλαδή ισοδύναμα (Q_R, V, Q_W), σχεδιάζεται το σύστημα αερισμού και η δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης.

Παράδειγμα

Να σχεδιαστεί μια διεργασία ενεργού ιλύος που να δέχεται $21.600 \text{ m}^3/\text{d}$ αστικών υγρών αποβλήτων με BAO_5 250 mg/l . Το μέγιστο επιτρεπόμενο BAO_5 είναι 20 mg/l .

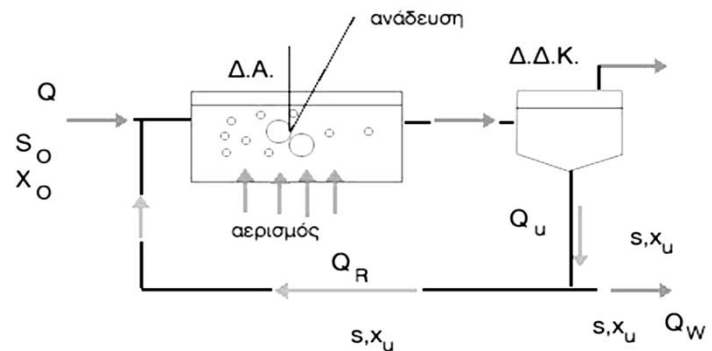
Θεωρείστε ότι ισχύουν οι εξής κινητικές παράμετροι μικροβιακής ανάπτυξης:

$$Y=0,5$$

$$k_d=0,05 \text{ d}^{-1}$$

$$\mu_{\max}=1,563 \text{ d}^{-1}$$

$$K_s=24 \text{ mg/l}$$



Λύση

Θεωρούμε ότι η απομάκρυνση λάσπης θα γίνεται από την γραμμή ανακυκλοφορίας. Θεωρούμε ότι $r=1$ ($Q_R=Q$). Τότε:

$$S = \frac{\left(\frac{2}{\theta + \theta_c} + 0,05 \right) 24}{1,563 - 0,05 - \frac{2}{\theta + \theta_c}}$$

Για $S < 20$ έχουμε $\theta + \theta_c > 2,34$.

Ας υποθέσουμε $\theta_c = 10$ d, $\theta = 0,2$ d τότε έχουμε:

$$S = \frac{\left[\frac{2}{10,2} + 0,05 \right] 24}{1,563 - 0,05 - \frac{2}{10,2}} \approx 4,5 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \quad \text{και} \quad x = \frac{0,5 (250 - 4,5)}{\frac{2}{10,2} + 0,05} \cdot \frac{1}{0,2} = 2.455 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Οι τιμές αυτές είναι ικανοποιητικές γιατί **$S=4,5 < 20$ και $2000 < x < 3000$** .

Μικρότερο θ θα μείωνε τον απαιτούμενο όγκο αλλά θα οδηγούσε σε μεγάλο x .



Λύση

Ο απαιτούμενος όγκος είναι: $V = Q \cdot \theta = 21.600 \text{ m}^3/\text{d} \times 0,2 \text{ d} = 4.320 \text{ m}^3$

Επίσης: $F/M = \frac{250 \frac{\text{mg}}{1}}{0,2\text{d} \times 2.455 \frac{\text{mg}}{1}} \approx 0,5$ μέσα στα επιτρεπτά όρια 0,05 και 1.

Ο ρυθμός παροχής ιλύος Q_W είναι: $Q_W = \frac{V}{\theta_c} = \frac{4.320 \text{ m}^3}{10 \text{ d}} = 432 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$

Τότε: $x_u = \frac{Q + Q_R}{Q_W + Q_R} x \approx 4.910 \frac{\text{mg}}{1}$

η παροχή ιλύος θα είναι: $P = Q_W \cdot x_u = 432 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \times 4.910 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \approx 2.121 \text{ kg/d}$

Η αποδοτικότητα του καθαρισμού θα

είναι: $E = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100 = \frac{245,5}{250} \times 100 = 98,2\%$



Υπολογισμός Απαιτήσεων σε Αερισμό

- Οι θεωρητικές απαιτήσεις σε οξυγόνο μπορούν να υπολογισθούν από το BAO_5 των υγρών αποβλήτων και την ποσότητα των μικροοργανισμών που απομακρύνονται ως περίσσεια ιλύος.
- Έτσι, υπολογίζοντας το τελικό BAO από το BAO_5 (το BAO_5 είναι $f \cdot \text{BAO}$ όπου $f=0,68$) έχουμε το συνολικό οξυγόνο που θα απαιτούσε η πλήρης οξείδωση των οργανικών.
- Απ' αυτό πρέπει να αφαιρεθεί η περιεκτικότητα σε τελικό BAO των απομακρυνόμενων από το σύστημα μικροοργανισμών. Αυτή λαμβάνεται ως $1,42 \text{ kg O}_2/\text{kg}$ κυττάρων.
- Έτσι η συνολική απαίτηση οξυγόνου σε kgO_2/d (R)είναι:

$$R = \frac{Q(S_0 - S) \cdot (10^3 \text{ g/kg})^{-1}}{f} - 1,42 P$$

όπου P η παροχή στερεών ιλύος σε kg/l.d.



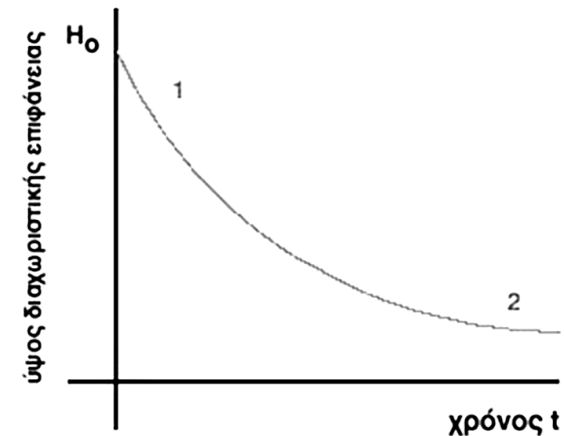
Υπολογισμός Απαιτήσεων σε Αερισμό

- ο διαχυτήρας ή αεριστήρας χαρακτηρίζεται από κάποια **αποδοτικότητα μεταφοράς οξυγόνου** τυπικά 10-30%.
- συνήθως απαιτείται η διατήρηση στη δεξαμενή αερισμού **συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου τουλάχιστον 1 με 2 mg/l**.
- για να ευρεθεί η πραγματική απαίτηση σε αέρα, το θεωρητικά απαιτούμενο οξυγόνο, διαιρείται με τον **συντελεστή αποδοτικότητας** μεταφοράς και **πολλαπλασιάζεται επί συντελεστή ασφαλείας 2**, για να μπορεί η διεργασία να αντεπεξέλθει σε πιθανές σοβαρές διακυμάνσεις στα χαρακτηριστικά του αποβλήτου



Σχεδιασμός Δευτεροβάθμιας Καθίζησης

- Ο σχεδιασμός της ΔΔΚ καλό είναι βασίζεται σε πειράματα με στήλη καθίζησης.
- Ξεκινώντας με ένα ομοιόμορφο μείγμα αρχικής συγκέντρωσης στερεών c_0 μετράται το ύψος της διαχωριστικής επιφάνειας ιλύος-υγρού συναρτήσει του χρόνου
- Η διαχωριστική επιφάνεια αρχικά κατέρχεται με σχετικά μεγάλη ταχύτητα (**διαύγαση, περιοχή 1**) ενώ μετέπειτα παρατηρείται επιβράδυνση καθώς προκαλείται πύκνωση (αντίστοιχα καθιζήσεις τύπου III και IV, περιοχή 2).
- Η ΔΔΚ πρέπει να επιτυγχάνει και **διαύγαση και πύκνωση**



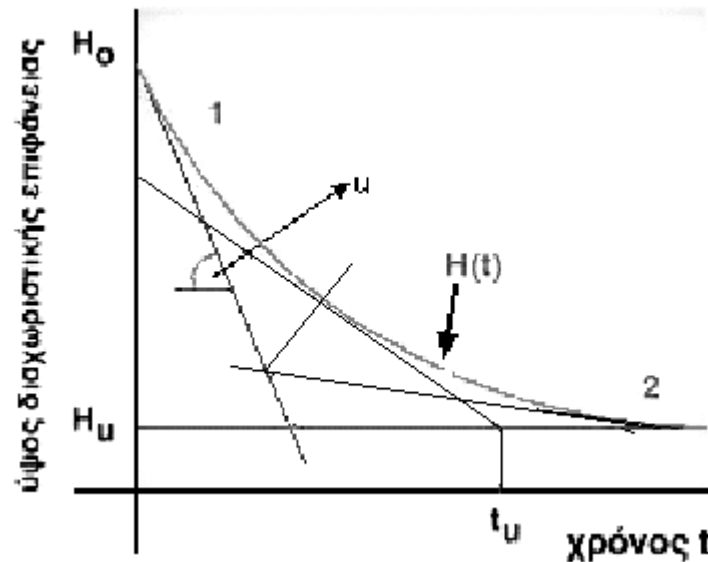
Σχεδιασμός ΔΔΚ με μια καμπύλη καθίζησης

Προσδιορίζεται πρώτα η απαιτούμενη επιφάνεια για διαύγαση:

Η αρχική ταχύτητα $-dH/dt=u$ προσδιορίζεται γραφικά

Αυτή θεωρείται και η ταχύτητα διαύγασης.

Η απαιτούμενη επιφάνεια για διαύγαση τότε είναι: $A_\delta=Q/u$



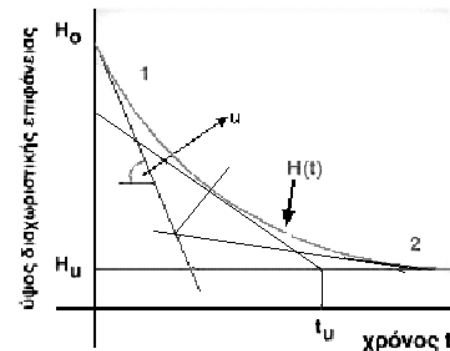
Σχεδιασμός ΔΔΚ με μια καμπύλη καθίζησης

Προσδιορίζεται έπειτα η απαιτούμενη επιφάνεια για πύκνωση:

- (α) αποφασίζουμε την επιθυμητή συγκέντρωση πυκνωμένης λάσπης c_u .
- (β) Προσδιορίζουμε το βάθος $H_u = H_o \cdot c_o / c_u$. (Αυτό που θα καταλαμβάνει πυκνωμένη λάσπη αν έχει ομοιόμορφη συγκέντρωση c_u). Φέρουμε οριζόντια γραμμή στο βάθος H_u .
- (γ) Φέρουμε εφαπτόμενες της καμπύλης $H(t)$ στις περιοχές διαύγασης και πύκνωσης και διχοτομούμε την γωνία που σχηματίζουν.
- (δ) Φέρουμε εφαπτομένη της $H(t)$ στο σημείο τομής της διχοτόμου η οποία τέμνει την οριζόντια γραμμή ($H_u = \text{σταθερά}$) στο σημείο (t_u, H_u) .

Η απαιτούμενη επιφάνεια για πύκνωση δίνεται τότε από την σχέση:

$$A_{\pi} = Q \cdot t_u / H_o$$



Σχεδιασμός ΔΔΚ με την μέθοδο εισροής στερεών

Ευρίσκονται οι αρχικές ταχύτητες διαύγασης για σειρά από συγκεντρώσεις και κατασκευάζεται η καμπύλη $u(c)$

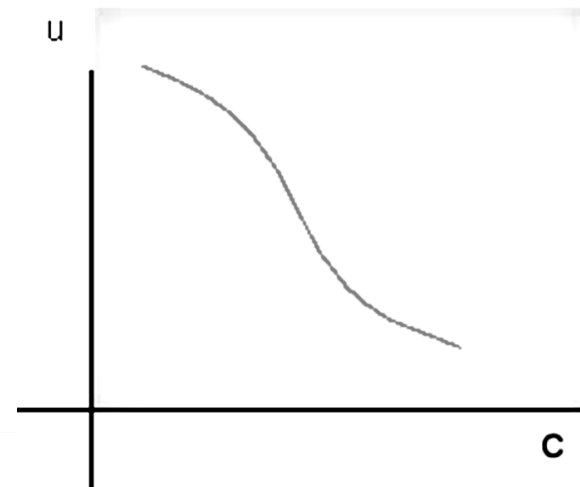
Βασική παραδοχή: η ταχύτητα καθίζησης εξαρτάται μόνο από την συγκέντρωση των στερεών, και είναι ανεξάρτητη του βάθους και του χρόνου.

Η συνολική ροή των στερεών (ανά μονάδα επιφάνειας) από μια επιφάνεια διατομής της δεξαμενής είναι αποτέλεσμα:

(α) ροής εξαιτίας της βαρύτητας ($P\Sigma_\beta$) και

(β) εξαιτίας της άντλησης από το βυθό της δεξαμενής ($P\Sigma_\alpha$)

Έτσι $P\Sigma = P\Sigma_\alpha + P\Sigma_\beta$



Σχεδιασμός ΔΔΚ με την μέθοδο εισροής στερεών

$$P\Sigma_{\beta}=u(c).c \quad P\Sigma_{\alpha}=u_{\alpha}.c$$

όπου u_{α} η ταχύτητα εξαιτίας της άντλησης στο βάθος της δεξαμενής.

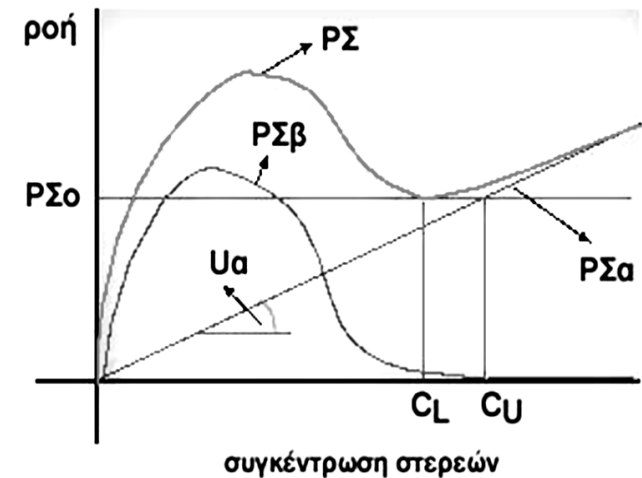
Η $P\Sigma_{\beta}$ ως συνάρτηση της συγκέντρωσης c , παρουσιάζει μέγιστο.

Το διάγραμμα της συνολικής ροής στερεών επομένως παρουσιάζει μέγιστο και ελάχιστο.

Το ελάχιστο παρουσιάζεται σε κάποια συγκέντρωση c_L και η αντίστοιχη ροή καλείται οριακή (κρίσιμη) ροή $P\Sigma_0$: η μέγιστη επιτρεπτή ροή στερεών στην εισροή της δεξαμενής.

Η απαιτούμενη επιφάνεια για πύκνωση δίνεται τότε από τη σχέση: $A_{\pi}=(Qc_0/P\Sigma_0)$

όπου c_0 η συγκέντρωση στερεών στην είσοδο της ΔΔΚ.



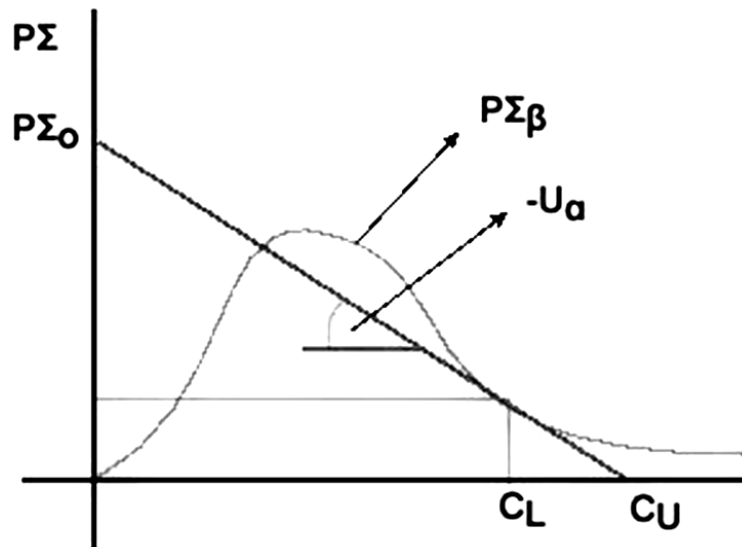
Σχεδιασμός ΔΔΚ με την μέθοδο εισροής στερεών

Εναλλακτικός τρόπος σχεδιασμού:

να αχθεί από το σημείο $(c_u, 0)$ (όπου c_u είναι η επιθυμητή συγκέντρωση πυκνωμένης ιλύος) εφαπτόμενη της $P\Sigma_\beta$.

Αυτή θα τμήσει τον άξονα των $P\Sigma$ στο σημείο $P\Sigma_0$.

Η κλίση δίνει την απαιτούμενη ταχύτητα άντλησης.



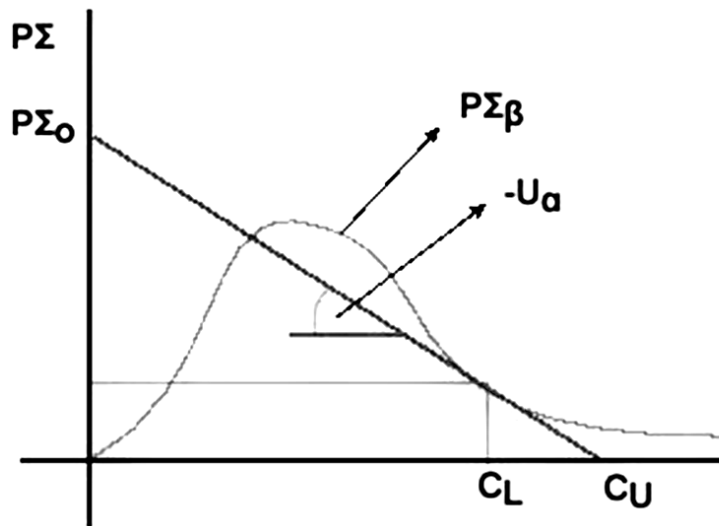
Παράδειγμα

Μια ΔΔΚ δέχεται $0,044 \text{ m}^3/\text{s}$ αιωρήματος που περιέχει 2.000 mg/l στερεών. Οι ταχύτητες αρχικής καθίζησης έχουν προσδιοριστεί πειραματικά για διάφορες συγκεντρώσεις στερεών και είναι:

Συγκέντρωση Στερεών (mg/l)	Αρχική Ταχύτητα Καθίζησης (m/h)
1000	2,74
1500	2,01
2000	1,37
2500	0,73
3000	0,42
4000	0,22
5000	0,13
6000	0,07

Να σχεδιαστεί δεξαμενή που να δίνει συγκέντρωση πυκνωμένης λάσπης 6.000 mg/l .

Λύση



Κατασκευάζουμε την καμπύλη $P\Sigma\beta$ ως προς c ($P\Sigma\beta = u \cdot c$). Φέρουμε την εφαπτομένη από το σημείο με συντεταγμένες $(6000, 0)$ η οποία τέμνει τον άξονα των $P\Sigma$ στα $60 \text{ kg/m}^2\text{d}$. Άρα $P\Sigma_0 = 60 \text{ kg/m}^2\text{h}$.

Η απαιτούμενη επιφάνεια τότε είναι:

$$A_{\pi} = \frac{Q c_0}{P\Sigma_0} = \frac{0,044 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 8,64 \times 10^4 \frac{\text{s}}{\text{d}}}{60 \text{ kg/m}^2\text{d}} = 127 \text{ m}^2$$



Λύση

Βρίσκουμε την απαιτούμενη επιφάνεια για διαύγαση.

Για $c=2.000 \text{ mg/l}$ έχουμε $u_s=1,37 \text{ m/h}$.

Επομένως:

$$A_{\delta} = \frac{Q}{u_s} = \frac{0,044 \frac{m^3}{s} \times 3.600 \text{ s/h}}{1,37 \text{ m/h}} = 116 \text{ m}^2$$

Αρα τα 127 m^2 που απαιτούνται για πύκνωση επαρκούν για διαύγαση.



Λύση

Η παροχή από τον βυθό Q_u ευρίσκεται ακολούθως:
Σε μόνιμη κατάσταση ένα συνολικό ισοζύγιο μάζας δίνει:

$$Q c_0 = Q_u \cdot c_u \Rightarrow$$

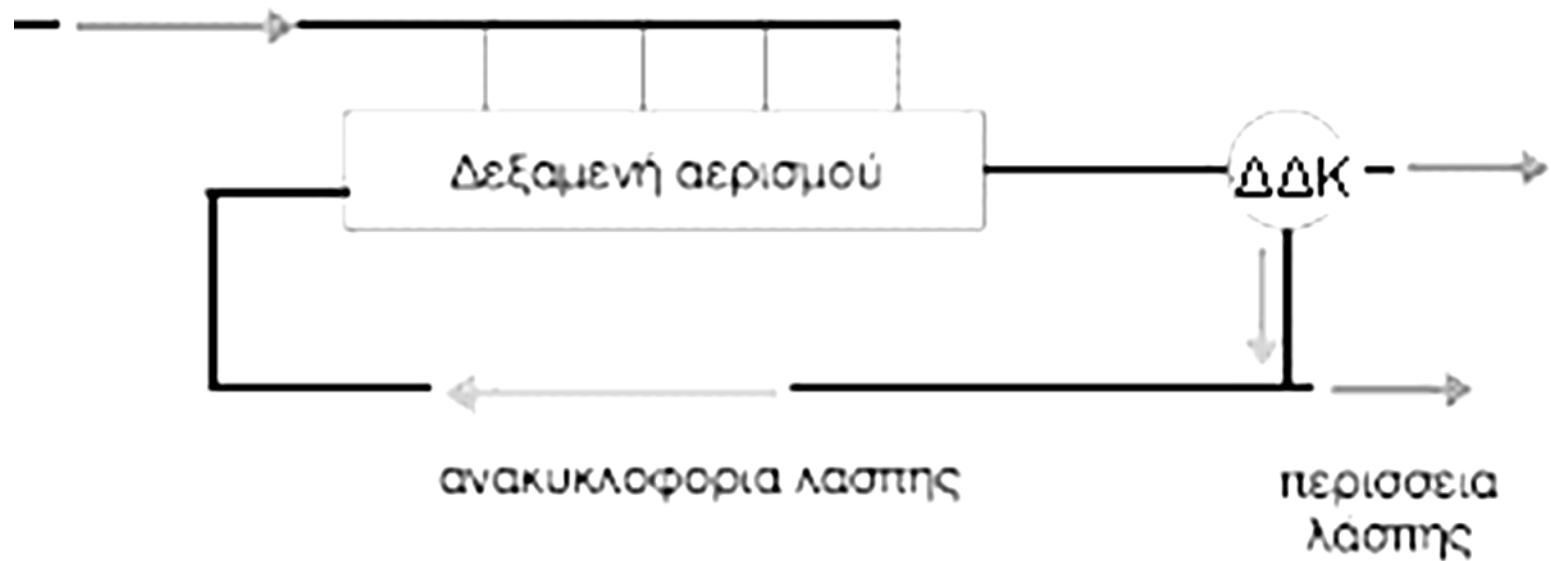
$$\Rightarrow 0,044 \times 2.000 = Q_u \times 6.000 \Rightarrow Q_u = 0,0147 \frac{m^3}{s}$$

Επομένως η παροχή διαυγασμένου νερού είναι:

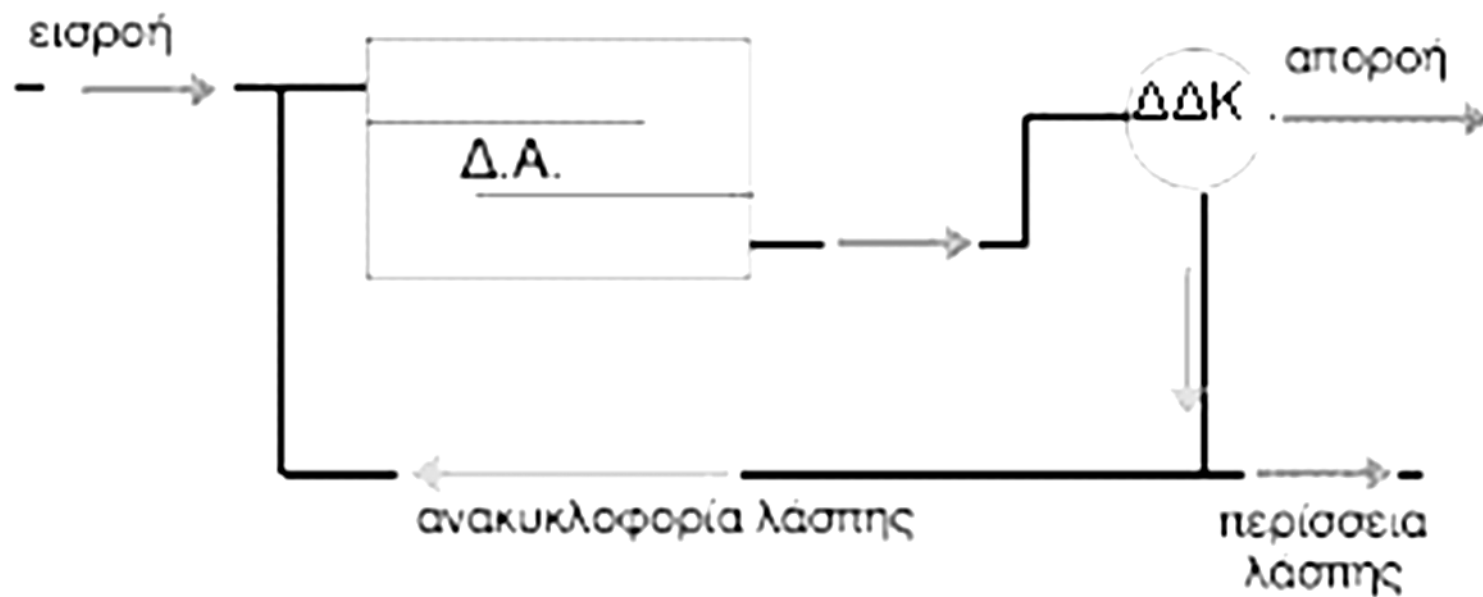
$$Q_e = Q - Q_u = 0,044 - 0,0147 = 0,0293 \frac{m^3}{s}$$



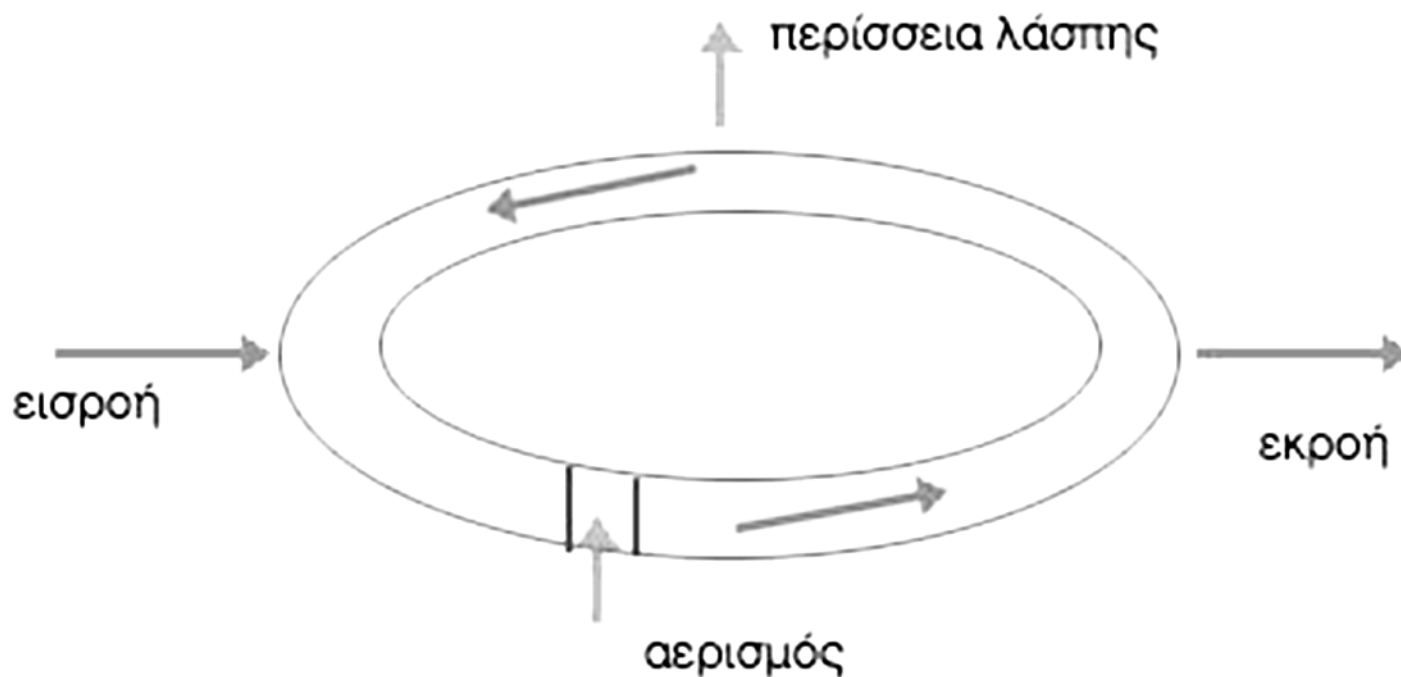
Παραλλαγές ενεργού ιλύος (Βηματικός αερισμός)



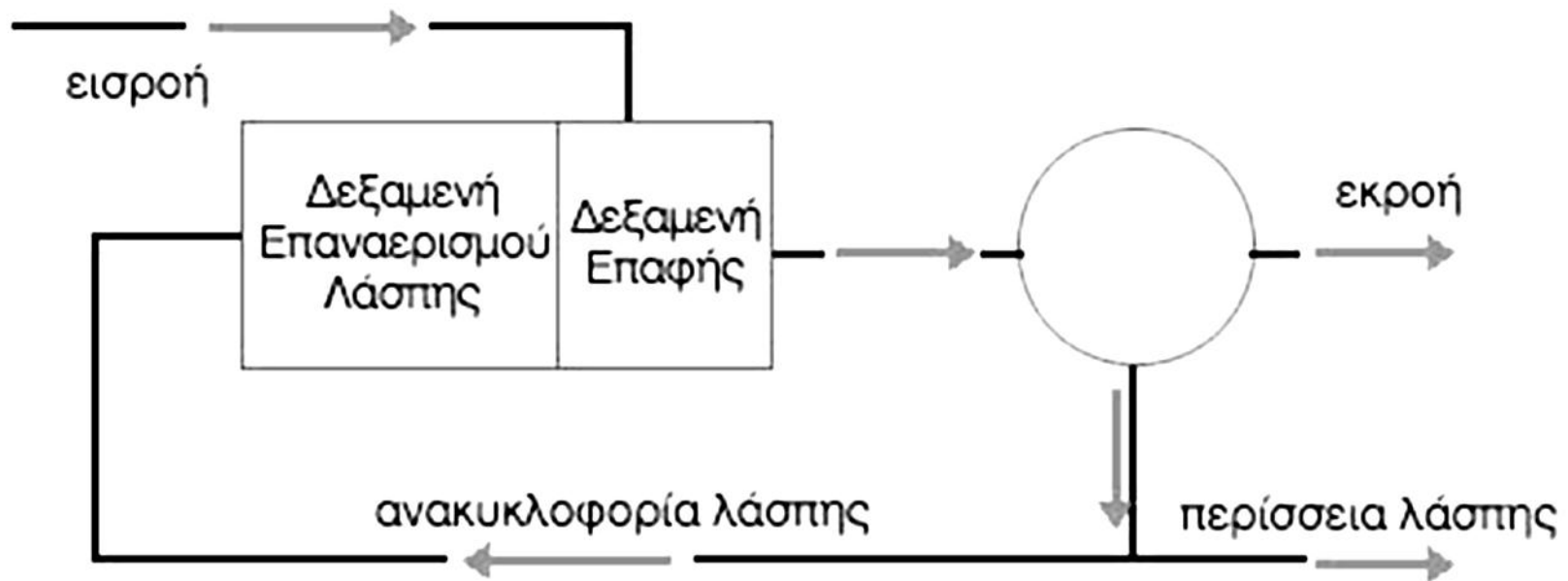
Παραλλαγές ενεργού ιλύος (συμβατικό σύστημα)



Παραλλαγές ενεργού ιλύος (Οξειδωτική τάφρος)



Παραλλαγές ενεργού ιλύος (Επαφή/ σταθεροποίηση)



Άλλες παραλλαγές

- Σταδιακά μειούμενος αερισμός: Πρόκειται για τροποποίηση του συμβατικού συστήματος όσον αφορά τον αερισμό. Οι διαχυτήρες είναι τοποθετημένοι πιο πυκνά κοντά στην είσοδο μια και η ζήτηση οξυγόνου εκεί είναι μεγαλύτερη.
- Τροποποιημένος αερισμός: Ο αερισμός δεν είναι συνεχής αλλά διακοπτόμενος. Το σύστημα αυτό οδηγεί σε μικρά x και σε μικρότερη απομάκρυνση ΒΑΟ (για μικρές φορτίσεις).
- Παρατεταμένος αερισμός: Λειτουργεί ουσιαστικά στην περιοχή ενδογενούς αναπνοής των οργανισμών, που επιτυγχάνει έτσι και σταθεροποίηση της ιλύος.
- Ταχύρρυθμος αερισμός: Συνδυάζεται υψηλή οργανική φόρτιση με μεγάλη πυκνότητα λάσπης και αερισμό με τουρμπίνες. Οδηγεί σε πολύ ικανοποιητική απομάκρυνση ΒΑΟ (για μεγάλη φόρτιση όταν ο διαθέσιμος χώρος είναι μικρός).
- Αερισμός με οξυγόνο: Οι ΔΑ είναι καλυμμένες και παρέχεται καθαρό οξυγόνο (αντί για αέρα). Το σύστημα αυτό είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό, για μεγάλες διακυμάνσεις παροχής και οργανικής φόρτισης (για μεγάλη φόρτιση όταν ο διαθέσιμος χώρος είναι μικρός).



Αεριζόμενες Λίμνες (aerated lagoons)

Η λίμνη, αντίθετα με την διεργασία ενεργού ιλύος, δεν δέχεται ανακυκλοφορία λάσπης.

Έτσι, ο χρόνος παραμονής των στερεών (η ηλικία της ιλύος συμπίπτει με τον υδραυλικό χρόνο παραμονής θ).

Αν χρησιμοποιηθεί το μοντέλο πρώτης τάξεως για την απομάκρυνση ΒΑΟ ($\frac{dS}{dt} = -kS$),

το ΒΑΟ στην έξοδο της λίμνης δίνεται από την σχέση:

$$S = \frac{S_0}{1 + k\theta}$$

όπου $k = k_{20} \theta^{T-20}$ ($\theta \sim 1,06$).



Αεριζόμενες Λίμνες (aerated lagoons)

Επειδή οι λίμνες κατασκευάζονται συνήθως σχετικά αβαθείς (τυπικά 3 m), και έχουν μεγάλες επιφάνειες, η θερμοκρασία του νερού επηρεάζεται σημαντικά από την εποχή. Μπορεί να εκτιμηθεί από την σχέση:

$$T_i - T_w = \frac{(T_w - T_a) f A}{Q}$$

όπου T_i : θερμοκρασία νερού στην είσοδο

T_w : θερμοκρασία νερού στην λίμνη

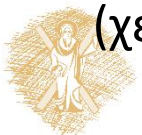
T_a : ατμοσφαιρική θερμοκρασία

f : συντελεστής ($\sim 0,5$ m/d)

A : εμβαδόν επιφανείας λίμνης

Q : παροχή υγρών αποβλήτων

Η θερμοκρασία επηρεάζει αισθητά την κινητική ανάπτυξης των βακτηρίων. Επομένως ο σχεδιασμός πρέπει να γίνεται για τις δυσμενέστερες συνθήκες (χειμώνας)



Παράδειγμα

Να σχεδιασθεί αεριζόμενη λίμνη για παροχή 3.800 m³/d.

Στοιχεία:

- $\text{BAO}_5 = 200 \text{ mg/l}$ στην είσοδο
- $k_{20} = 2,5 \text{ d}^{-1}$
- μέση θερμοκρασία: χειμώνας 10°C
καλοκαίρι 30°C
- μέγιστο επιτρεπόμενο $\text{BAO}_5 = 20 \text{ mg/l}$
- θερμοκρασία νερού στην είσοδο $= 15,6^\circ\text{C}$



Λύση

Έχουμε για τις δυσμενέστερες συνθήκες:

$$T_i - T_w = \frac{(T_w - T_a) f A}{Q} \Rightarrow 15,6 - T_w = \frac{(T_w - 10) 0,5 A}{3.800}$$

$$S = \frac{S_0}{1 + k_\theta} \Rightarrow 20 = \frac{200}{1 + 2,5 \times 1,05^{T_w - 20} \theta}$$

$$A = \frac{V}{d} = \frac{Q\theta}{d} = \frac{3.800\theta}{d}$$

Οι τρεις εξισώσεις αποτελούν ένα σύστημα ως προς A , d , θ και T_w (4 μεταβλητές).
Αρα έχουμε **μια** μονάδα ελευθερίας.

Μια πιθανή λύση είναι: βάθος $d=4,1$ m. εμβαδόν $A=4.918$ m² (περίπου 5 στρέμματα)

χρόνος παραμονής $\theta=5,3$ d, θερμοκρασία $T_w=13,4^\circ\text{C}$



Λίμνες σταθεροποίησης (stabilization ponds)

- Ρηχές χωμάτινες λίμνες (βάθος 1-5 m) που αποτελούν φθηνή εναλλακτική λύση για χειρισμό μικρών σχετικά ποσοτήτων αποβλήτων, όπου η γη είναι σχετικά φθηνή.
- Απαιτούν μεγάλους χρόνους παραμονής και ως αποτέλεσμα μεγάλες επιφάνειες.
- Πλεονεκτήματα:
 - έχουν περιορισμένη ευαισθησία στον τύπο και τις διακυμάνσεις της παροχής
 - αποφέρουν την καλύτερη δυνατή απομάκρυνση παθογόνων οργανισμών
 - η φθηνή κατασκευή τους συνεπάγεται περιορισμένη δέσμευση της γης που καταλαμβάνουν



Αερόβια/ αναερόβια (επαμφοτερίζουσα) λίμνη σταθεροποίησης

Οξυγονώνεται από την ανάπτυξη φυκών στην επιφάνεια, τα οποία κατά την φωτοσύνθεση δεσμεύουν CO_2 παράγοντας O_2 .
Προαιρετικά αερόβια βακτήρια αναπτύσσονται στη λίμνη και οξειδώνουν το οργανικό φορτίο, παράγοντας CO_2 .

Ο αερόβιος/ αναερόβιος χαρακτήρας εξαρτάται από:

- (α) το βάθος
- (β) την οργανική φόρτιση
- (γ) την θερμοκρασία (την εποχή)

το αερόβιο στρώμα μιας λίμνης σταθεροποίησης μειώνεται με την αύξηση της ισχύος του αποβλήτου, και τη μείωση της θερμοκρασίας.



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, Δραστική Λάσπη». 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.