

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΟ #5

ΑΣΚΗΣΗ 1

Να σχεδιαστεί διεργασία δραστικής λάσπης που να δέχεται 5000 m³/d υγρών αποβλήτων με ΒΑΟ₅ 300 mg/L. Το μέγιστο επιτρεπόμενο ΒΑΟ₅ στην απορροή είναι 20 mg/L.

Δίνονται οι κινητικές παράμετροι μικροβιακής ανάπτυξης $Y=0,5$, $\mu_{\max} =10 \text{ d}^{-1}$, $k_s=100 \text{ mg/L}$, $k_d=0,1\text{d}^{-1}$. Θεωρήστε ότι η περίσσεια λάσπης απομακρύνεται από την ανακυκλοφορία, ότι ο λόγος ανακυκλοφορίας είναι $r=1$ και η ηλικία της λάσπης είναι $\theta_c=10 \text{ d}$. Προσδιορίστε τη συνολική απαίτηση οξυγόνου καθώς και την απαιτούμενη επιφάνεια της δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης (Δ.Δ.Κ.) με δύο τρόπους, ανάλογα με τα πειραματικά δεδομένα που δίνονται κάθε φορά.

Α. Πείραμα καθίζησης δραστικής λάσπης συγκεκριμένης συγκέντρωσης :

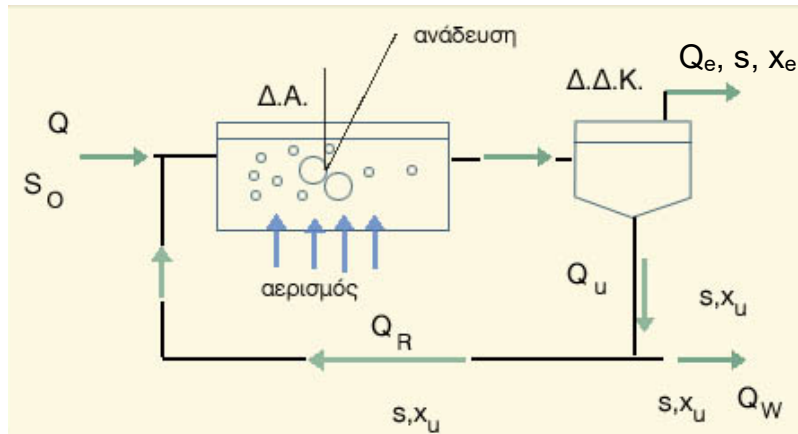
Υψος διαχωριστικής επιφάνειας (m)	t (min)
2	0
1.5	10
1.1	20
0.8	30
0.65	40
0.55	50
0.4	60

Β. Πείραμα καθίζησης δραστικής λάσπης διαφόρων συγκεντρώσεων:

Συγκέντρωση στερεών (mg/L)	Αρχική ταχύτητα καθίζησης (m/h)
500	4.20
1000	2.74
1500	2.01
2000	1.37
2500	0.63
3000	0.32
4000	0.16
5000	0.08
6000	0.04

Ποια θα είναι η επίδραση στην απόδοση της διεργασίας αν η ηλικία της λάσπης αυξηθεί από 10 d σε 15 d;

Λύση



Απαιτείται το $S \leq S_{max}$. Άρα

$$S = \frac{\left(\frac{1+r}{\theta+r\theta_c} + k_d\right) K_s}{\mu_{max} - k_d - \frac{1+r}{\theta+r\theta_c}} \leq S_{max} = 20 \text{ mg/L}$$

Αντικαθιστώντας έχουμε:

$$\frac{\left(\frac{1+1}{\theta+\theta_c} + 0.1\right) 100}{10 - 0.1 - \frac{1+1}{\theta+\theta_c}} \leq 20 \Rightarrow \theta + \theta_c \geq 1.27 \text{ d}$$

Δίνεται ότι $\theta_c = 10 \text{ d}$. Επιλέγω $\theta = 1 \text{ d}$ και υπολογίζω το S :

$$S = \frac{\left(\frac{2}{1+10} + 0.1\right) 100}{9.9 - \frac{2}{1+10}} = 2.9 \frac{\text{mg}}{\text{L}} < 20 \text{ mg/L}$$

Υπολογισμός συγκέντρωσης βιομάζας (μικροοργανισμών):

$$X = \frac{Y(S_o - S)}{\left(\frac{1+r}{\theta+r\theta_c} + k_d\right) \theta} = \frac{0.5(300-2.9)}{\left(\frac{1+1}{1+10} + 0.1\right) 1} = 528 \text{ mg/L} \text{ (απορρίπτεται καθώς δεν είναι } 2000 < X < 3000 \text{ mg/L)}$$

Επιλέγω επομένως $\theta = 0.25 \text{ d}$ και υπολογίζω ξανά τα S, X :

$$S = \frac{\left(\frac{2}{0.25+10} + 0.1\right) 100}{9.9 - \frac{2}{0.25+10}} = 3 \frac{\text{mg}}{\text{L}} < 20 \text{ mg/L}$$

Υπολογισμός συγκέντρωσης βιομάζας (μικροοργανισμών):

$$X = \frac{Y(S_o - S)}{\left(\frac{1+r}{\theta+r\theta_c} + k_d\right) \theta} = \frac{0.5(300-3)}{\left(\frac{1+1}{0.25+10} + 0.1\right) 0.25} = 2012.7 \text{ mg/L} \text{ (ok } 2000 < X < 3000 \text{ mg/L)}$$

Πρέπει ο λόγος F/M να είναι : $0,05 < F/M < 1$

$$\frac{F}{M} = \frac{S_o}{\theta * X} = \frac{300}{0.25 * 2012.7} = 0.596 \text{ d}^{-1} \text{ (ok)}$$

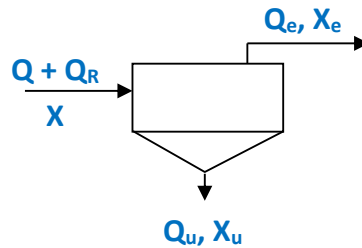
Όγκος Δεξαμενής Αερισμού :

$$V = Q * \theta = 5000 \text{ m}^3/\text{d} * 0.25 \text{ d} = 1250 \text{ m}^3$$

Παροχή ιλύος:

$$Q_w = V/\theta_c = 1250/10 = 125 \text{ m}^3/\text{d}$$

Ισοζύγιο Μάζας στη Δεξαμενή Καθίζησης:



$$(Q+Q_R)*X = Q_e*X_e + Q_u*X_u \rightarrow X_u = \frac{(Q+Q_R)*X}{Q_u} = \frac{Q+Q_R}{Q_R+Q_W} * X$$

$X_e=0$

Λόγος ανακυκλοφορίας $r = Q_R/Q = 1 \Rightarrow Q_R=Q$

Άρα

$$X_u = \frac{2 Q X}{Q + Q_w} = \frac{2 * 5000 * 2012.7}{5000 + 125} = 3927 \text{ mg/L}$$

Μαζική παροχή περίσσειας ιλύος:

$$P = Q_w * X_u = 125 \text{ m}^3/\text{d} * 3927 \text{ mg/L} * 10^{-6} \text{ kg/g} * 10^3 \text{ L/m}^3 = 491 \text{ kg/d}$$

Συνολική απαίτηση σε οξυγόνο:

$$R = \frac{Q (S^o - S) 10^{-3} \text{ kg/g}}{f} - 1.42 P = \frac{5000 * (300 - 3) * 10^{-3} \text{ kg}}{0.68} - 1.42 * 491 = 1484.5 \text{ kg O}_2/\text{d}$$

ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ

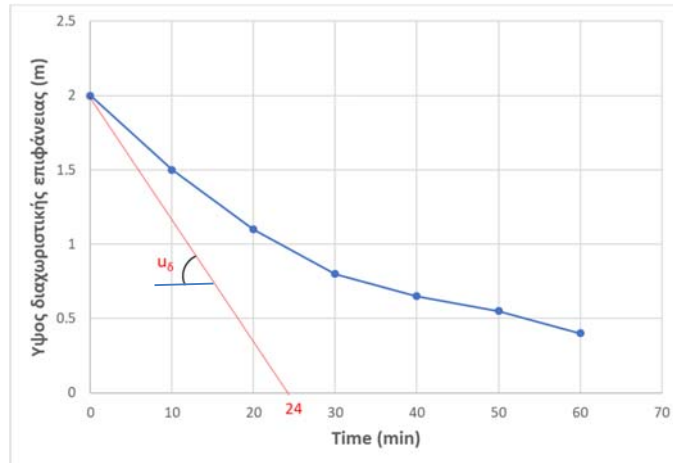
A.

Σχεδιάζουμε το διάγραμμα του **Υψος διαχωριστικής επιφάνειας** έναντι **χρόνου**.

Υπολογίζουμε την απαιτούμενη **επιφάνεια για διαύγαση**: $A_δ = Q/u_δ$

Η ταχύτητα διαύγασης υπολογίζεται από το διάγραμμα ως :

$$u_δ = \Delta H / \Delta t = \frac{(2-0) \text{ m}}{(0-24) \text{ min}} = -0.083 \text{ m/min}$$

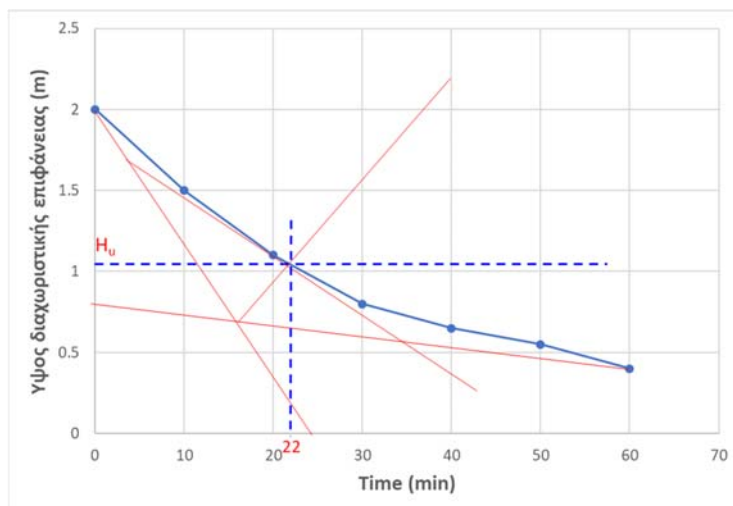


Αρα $A_δ = Q/u_δ = 5000 \text{ m}^3/\text{d} / (0.083 \text{ m/min} * 60 \text{ min/h} * 24 \text{ h/d}) = 41.8 \text{ m}^2$

Για να υπολογίσουμε την **επιφάνεια πύκνωσης** υπολογίζουμε πρώτα το βάθος της δεξαμενής για να επιτυγχάνεται η επιθυμητή συγκέντρωση πυκνωμένης λάσπης c_u .

$$H_u = H_o \cdot c_o / c_u = 2 \text{ m} * 2012.7 \text{ mg/L} / 3927 \text{ mg/L} = 1.025 \text{ m}$$

Οπότε από το διάγραμμα υπολογίζουμε τον χρόνο $t_u = 22 \text{ min}$



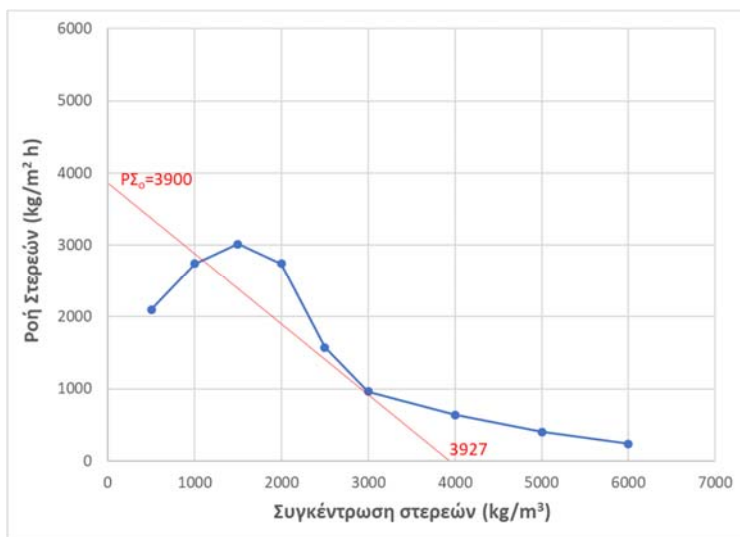
$$A_{\pi} = Q \cdot t_u / H_o = 5000 \text{ m}^3/\text{d} * (22 \text{ min} * 1 \text{ h}/60 \text{ min} * 1 \text{ d}/24 \text{ h}) / 2 \text{ m} = 38.2 \text{ m}^2$$

Αφού $A_{\delta} > A_{\pi}$

$$A = A_{\delta} = 41.8 \text{ m}^2$$

Β. Υπολογίζουμε τη Ροή Στερεών $P\Sigma = u(c)*c$

Κατασκευάζουμε το διάγραμμα ΡΣ έναντι συγκέντρωσης στερεών (c) και από την επαπτόμενη στην καμπύλη των ΡΣ που ξεκινά από το σημείο c_u (3927 mg/L) υπολογίζουμε την $P\Sigma_o = 3900 \text{ kg}/\text{m}^2 \text{ h}$.



Οπότε η **επιφάνεια πύκνωσης** είναι:

$$A_{\pi} = Q \cdot c_o / P\Sigma_o = (5000 \text{ m}^3/\text{d} * 2012.7 \text{ mg}/\text{L}) / 3900 \text{ mg}/\text{L L}/\text{h} = 107.5 \text{ m}^2$$

Υπολογίζουμε την απαιτούμενη **επιφάνεια για διαύγαση**: $A_{\delta} = Q/u_{\delta}$

Η ταχύτητα διαύγασης προκύπτει από τα δεδομένα:

Για $c=2000 \text{ mg}/\text{L}$ η αρχική ταχύτητα καθίζησης είναι $1.37 \text{ m}/\text{h}$

Για $c=2500 \text{ mg}/\text{L}$ η αρχική ταχύτητα καθίζησης είναι $0.63 \text{ m}/\text{h}$

Με γραμμική παρεμβολή έχουμε για $c = 2012.7 \text{ mg}/\text{L}$ $u_{\delta} = 1.37 - 0.74 * 12.7/500 = 1.35 \text{ m}/\text{h}$

$$A_{\delta} = Q/u_{\delta} = (5000 \text{ m}^3/\text{d} * 1 \text{ d}/24 \text{ h}) / 1.35 \text{ m}/\text{h} = 154.3 \text{ m}^2$$

Αφού $A_{\delta} > A_{\pi}$

$$A = A_{\delta} = 154.3 \text{ m}^2$$

Για $\theta_c = 10$ d υπολογίσαμε $S = 3$ mg/L.

Αρα η απόδοση της διεργασίας είναι:

$$E = (S_0 - S) / S_0 = (300 - 3) / 300 * 100 = 99\%$$

Για $\theta_c = 15$ d υπολογίζουμε το $S = 2.36$ mg/L.

Αρα η απόδοση της διεργασίας είναι:

$$E = (S_0 - S) / S_0 = (300 - 2.36) / 300 * 100 = 99.2\%$$

ΑΣΚΗΣΗ 2

Πρόκειται να κατασκευασθεί δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης που να χειρίζεται παροχή υγρών αποβλήτων $10000 \text{ m}^3/\text{d}$ και περιεκτικότητας 2000 mg/L σε στερεά. Η επιθυμητή συγκέντρωση της πυκνωμένης λάσπης είναι 6000 mg/L . Να βρεθεί η απαιτούμενη επιφάνεια της δεξαμενής αν το πείραμα καθίζησης έδωσε καμπύλη της μορφής:

$$H(t) = 2.5\exp(-0.03t) + 0.5$$

Όπου t ο χρόνος σε min και H το ύψος της διαχωριστικής επιφάνειας σε m.

Λύση

Υπολογισμός της ταχύτητας διαύγασης από την κλίση της καμπύλης:

$$dH/dt = -0.075 \exp(-0.03t)$$

στο $t = 0$,

άρα

$$u_s = -dH/dt |_{t=0} = 0.075 \text{ m/min} = 108 \text{ m/d}$$

Υπολογισμός **επιφάνειας διαύγασης** :

$$A_s = Q/u_s = 10000 \text{ m}^3/\text{d} / 108 \text{ m/d} = 92.6 \text{ m}^2$$

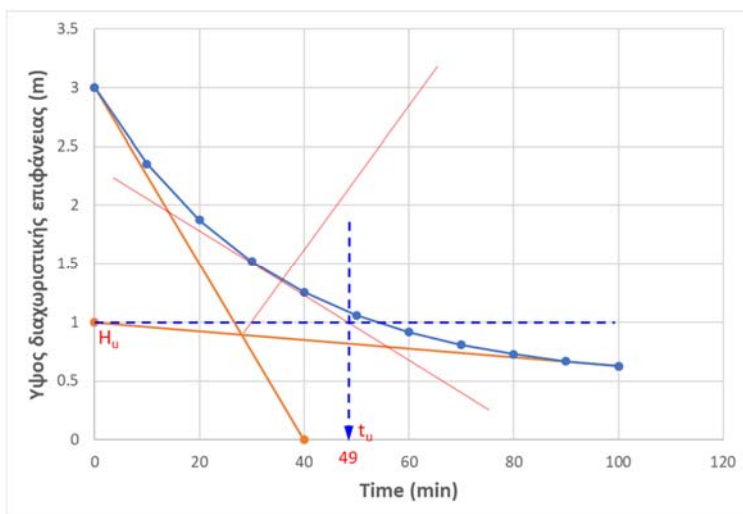
Για να υπολογίσουμε την **επιφάνεια πύκνωσης** υπολογίζουμε πρώτα το βάθος της δεξαμενής για να επιτυγχάνεται η επιθυμητή συγκέντρωση πυκνωμένης λάσπης c_u .

$$H_o = H(t=0) = 2.5\exp(-0.03 \cdot 0) + 0.5 = 3 \text{ m}$$

και

$$H_u = H_o \cdot c_o / c_u = 3 \text{ m} \cdot 2000 \text{ mg/L} / 6000 \text{ mg/L} = 1.0 \text{ m}$$

Από το διάγραμμα υπολογίζουμε το t_u



$$t_u = 49 \text{ min}$$

Επιφάνεια πύκνωσης :

$$A_{\pi} = Q \cdot t_u / H_o = 10000 \text{ m}^3/\text{d} \cdot (49 \text{ min} \cdot 1 \text{ h}/60 \text{ min} \cdot 1 \text{ d}/24 \text{ h}) / 3 \text{ m} = 113.4 \text{ m}^2$$

Αφού $A_{\pi} > A_{\delta}$

$$A = A_{\pi} = 113.4 \text{ m}^2$$