

3. ΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ - ΑΣΚΗΣΕΙΣ

ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΑΦΑΙΡΕΣΗΣ BOD ΚΑΙ ΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ

1. ΜΕΛΕΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ

Για τον χαρακτηρισμό ενός υγρού απόβλητου είναι απαραίτητη η γνώση των **rbCOD** και **nbVSS**. Για την μείωση του BOD και τις διεργασίες νιτροποίησης η συγκέντρωση των rbCOD είναι σημαντική για τον υπολογισμό της απαίτησης σε οξυγόνο σε μονάδες εμβολικής ροής και πλήρους ανάμιξης διαλείπουσας ροής. Ο ρόλος του nbVSS στην είσοδο της επεξεργασίας διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην παραγωγή της ιλύος και στις απαιτήσεις οξυγόνωσης.

Στο επόμενο κεφάλαιο θα προσπαθήσουμε να δείξουμε τον σημαντικό ρόλο που παίζουν αυτές οι παράμετροι στον σχεδιασμό ΜΕΥΑ για την απομάκρυνση του BOD και της νιτροποίησης.

Συντελεστές κινητικών δεδομένων για την αφαίρεση ανθρακούχου φορτίου (βασιζόμενο στο bCOD) με την βοήθεια των ετερότροφων βακτηρίων παρουσιάζονται στον πίνακα 1.

Αντίστοιχα οι συντελεστές κινητικών δεδομένων για την νιτροποίηση δίδονται στον πίνακα 2.

Πίνακας 1 (8-10). Συντελεστές κινητικής συστημάτων ενεργού ιλύος για ετερότροφα βακτήρια στους 20 °C

Συντελεστής	Μονάδα	Εύρος τιμών	Τυπική τιμή
μ_m	g VSS /g VSS.d	3-13,2	6
K_s	g bCOD/m ³	5-40	20
Y	g VSS/ g bCOD	0,3-0,5	0,4
k_d	g VSS /g VSS .d	0,06-0,2	0,12
f_d	-	0,08-0,2	0,15
θ _{τιμές}			
μ_m	-	1,03-1,08	1,07
k_d	-	1,03-1,08	1,04
K_s	-	1	1

Με σχόλια [MSOffice1]:

μ_m =μέγιστος ειδικός ρυθμός ανάπτυξης μικροοργανισμών, [g new cells/g cells.d]

Με σχόλια [MSOffice2]:

K_s Σταθερά του ήμισυ της ταχύτητας ανάπτυξης, συγκέντρωση του υποστρώματος στο ήμισυ της μέγιστης ειδικής κατανάλωσης υποστρώματος, [g/m³]

Με σχόλια [MSOffice3]:

Y = πραγματικός συντελεστής απόδοσης, [g/g]

Με σχόλια [MSOffice4]:

k_d Συντελεστής ενδογενούς αποσύνθεσης, [gVSS/gVSS.d]

Με σχόλια [MSOffice5]:

f_d Τμήμα της βιομάζας που παραμένει ως υπόλοιπο διασπασμένων κυττάρων, [gVSS/gVSS]

$$r_{su} = -\frac{kXS}{K_s + S}$$

r_{su} = ρυθμός μετατροπής της συγκέντρωσης υποστρώματος λόγω της αναπνοής, $[g/m^3.d]$

$$r_{su} = -\frac{\mu_m XS}{Y(K_s + S)}$$

$$\mu_m = kY \quad \text{και} \quad k = \frac{\mu_m}{Y}$$

k = μέγιστος ειδικός ρυθμός κατανάλωσης υποστρώματος, $[g/g.d]$

r_{su} = ρυθμός κατανάλωσης υποστρώματος

Y = συντελεστής πραγματικής απόδοσης, $[g \text{ παραγόμενης βιομάζας} / g \text{ χρησιμοποιούμενου υποστρώματος}]$

Πίνακας 2 (8-10). Συντελεστές κινητικής νιτροποίησης συστημάτων ενεργού ιλύος στους 20 °C

Συντελεστής	Μονάδα	Εύρος τιμών	Τυπική τιμή
μ_m	g VSS /g VSS.d	0,2-0,9	0,75
K_n	g NH ₄ -N/m ³	0,5-1	0,74
Y_n	g VSS / g NH ₄ -N	0,1-0,15	0,12
k_{dn}	g VSS /g VSS .d	0,05-0,15	0,08
K_o	g/m ³	0,4-0,6	0,5
$\theta_{τιμέζ}$			
μ_n	-	1,06-1,123	1,07
K_n	-	1,03-1,123	1,053
K_{dn}	-	1,03-1,08	1,04

Με σχόλια [MSOffice6]:

μ_m =μέγιστος ειδικός ρυθμός ανάπτυξης μικροοργανισμών, $[1/T]$

Με σχόλια [MSOffice7]:

K_n σταθεράς ημίσειας ταχύτητας, $[g/m^3]$

Με σχόλια [MSOffice8]:

Y = πραγματικός συντελεστής απόδοσης, $[g/g]$, παραγωγή βιομάζας, μάζα κυττάρων που σχηματίζεται ανά μάζα υποστρώματος που καταναλώνεται

Με σχόλια [MSOffice9]:

k_{dn} Συντελεστής ενδογενούς διάσπασης για του νιτροποιητικούς μικροοργανισμούς, $[1/T]$

Με σχόλια [MSOffice10]:

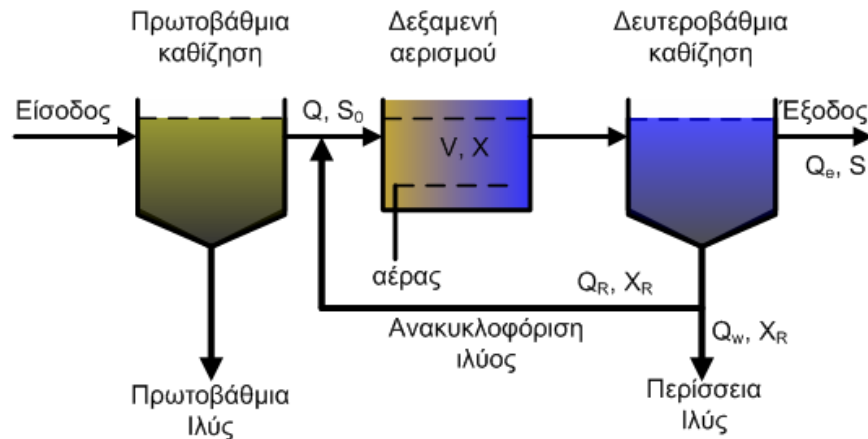
K_o Συντελεστής αναστολής οξυγόνωσης, $[m/L]$

Με σχόλια [MSOffice11]:

μ_n =ειδικός ρυθμός ανάπτυξης νιτροποιητικών μ/ο, $[1/T]$

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ ΠΛΗΡΟΥΣ ΑΝΑΜΙΞΗΣ

Σχήμα 1. Σύστημα ενεργού ιλύος πλήρους ανάμιξης (Complete Mix Activated Sludge)



Ένα τυπικό σύστημα ενεργού ιλύος πλήρους ανάμιξης (CMAS) βλέπουμε στο σχήμα 1. Η **έξοδος** της πρωτοβάθμιας καθίζησης και η **ανακυκλοφορία** της λάσπης **εισάγονται σε διαφορετικά σημεία** στο αντιδραστήρα. Εξ αιτίας του ότι το περιεχόμενο του αντιδραστήρα **αναδεύεται έντονα**, η **οργανική φόρτιση**, η **απαίτηση σε οξυγόνο** και η **συγκέντρωση του υποστρώματος** είναι **ομοιόμορφη** σε κάθε σημείο της δεξαμενής αερισμού και ο **λόγος F/M είναι μικρός**. Θα πρέπει να εξασφαλισθεί ότι στον CMAS αντιδραστήρα θα επιτυγχάνεται πλήρης ανάμιξη ώστε να αποφευχθούν εκροές λυμάτων μερικώς ή πλήρως ακατέργαστες.

Ο CMAS αντιδραστήρας σχεδιάζεται συνήθως σε ορθογώνιες, τετραγωνικές αλλά και κυκλικές μορφές. Η διάσταση των δεξαμενών εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος, τον τύπο και την μέθοδο ανάμιξης της δεξαμενής αερισμού.

Την υπολογιστική προσέγγιση για τον σχεδιασμό συστήματος ενεργού ιλύος βλέπουμε στον **πίνακα 3** και χρησιμοποιεί της αντιδράσεις του **κεφαλαίου 2**.

Οι βασικές παράμετροι σχεδιασμού είναι η **επιλογή του χρόνου παραμονής υποστρώματος (SRT)**, η **επιλογή της κινητικής** και των **στοιχειομετρικών συντελεστών** και η **εφαρμογή του κατάλληλου ισοζυγίου μάζας**.

Πίνακας 3. Υπολογιστική προσέγγιση για τον σχεδιασμό συστήματος ενεργού ιλύος για την απομάκρυνση BOD και νιτροποίηση

1.	Χαρακτηρισμός υγρού απόβλητου προς επεξεργασία
2.	Καθορισμός των απαιτήσεων στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του επεξεργασμένου απόβλητου όσον αφορά την συγκέντρωση του $\text{NH}_4\text{-N}$, των TSS και του BOD
3.	Επιλογή του κατάλληλου συντελεστή ασφάλειας για την νιτροποίηση με βάση την επιλεγείσα SRT τιμή, βασιζόμενη σε αναμενόμενες μέγιστες/μέσες φορτίσεις TKN. Ο συντελεστής ασφάλειας θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 1,3-2,0.
4.	Επιλογή της ελάχιστης συγκέντρωσης DO του ανάμικτου υγρού στην δεξαμενή αερισμού. Μια ελάχιστη τιμή 2,0 mg/L συστήνεται για την νιτροποίηση
5.	Προσδιορισμός του μέγιστου ειδικού ρυθμού ανάπτυξης για την νιτροποίηση (μ_n) βασιζόμενοι στην θερμοκρασία της δεξαμενής αερισμού και το διαλυμένο οξυγόνο (DO) και υπολογισμός της K_n
6.	Προσδιορισμός του καθαρού ειδικού ρυθμού ανάπτυξης μ και του Υδραυλικού χρόνου παραμονής του Υποστρώματος (SRT) σε αυτό τον ρυθμό ανάπτυξης, για να πετύχουμε την συγκέντρωση του $\text{NH}_4\text{-N}$ στην έξοδο της μονάδας.
7.	Υπολογισμός του SRT σχεδιασμού εφαρμόζοντας τον συντελεστή ασφαλείας στο βήμα 5.
8.	Προσδιορισμός της παραγωγής βιομάζας
9.	Διεξαγωγή ισοζυγίου μάζας για τον υπολογισμό των NO_x , της συγκέντρωσης του $\text{NH}_4\text{-N}$ που οξειδώνεται
10.	Υπολογισμός της μάζας των πτητικών αιωρούμενων στερεών (VSS) και των ολικών αιωρούμενων στερεών (TSS) για την δεξαμενή αερισμού
11.	Επιλογή τιμής σχεδιασμού για τα MLSS και υπολογισμός του όγκου της δεξαμενής αερισμού και του υδραυλικού χρόνου παραμονής (HRT)
12.	Προσδιορισμός της γενικής παραγωγής λάσπης και της παρατηρηθείσας παραγωγής
13.	Υπολογισμός της απαίτησης οξυγόνου
14.	Προσδιορισμός της αναγκαιότητας προσθήκης αλκαλικότητας
15.	Σχεδιασμός της δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης
16.	Σχεδιασμός του συστήματος μεταφοράς οξυγόνου
17.	Σύνοψη της τελικής ποιότητας των επεξεργασμένων αποβλήτων

Με σχόλια [MSOffice12]:

Ηλικία ιλύος, Χρόνος παραμονής στερεών, [h]]

Με σχόλια [MSOffice13]:ήμισυ σταθεράς ταχύτητας, [g/m³]

18. Δημιουργία συνοπτικού πίνακα σχεδιασμού

Παράδειγμα 3-1

Παράδειγμα σχεδιασμού συστήματος ενεργού ιλύος για την απομάκρυνση α) μόνον του BOD και β) για την απομάκρυνση του BOD μαζί με νιτροποίηση

Να σχεδιασθεί ένα σύστημα ενεργού ιλύος πλήρους ανάμιξης (CMAS) για την επεξεργασία 22.464 m³/d αποβλήτων μετά την πρωτοβάθμια καθίζηση για να επιτύχει α) μία απόδοση σε BOD εξόδου μικρότερη από 30 mg/L και β) πραγματοποιείστε την αφαίρεση BOD και της νιτροποίησης με μία συγκέντρωση εξόδου σε NH₄-N ίση με 0,5 mg/L και BOD_e και TSS_e ≤ 15 mg/L. Να συγκριθούν οι δύο προϋποθέσεις σχεδιασμού σε έναν συνοπτικό πίνακα. Η θερμοκρασία του ανάμικτου υγρού στην δεξαμενή αερισμού είναι 12 °C. Να χρησιμοποιηθούν τις ακόλουθες συνθήκες σχεδιασμού και χαρακτηριστικά του υγρού αποβλήτου

Πίνακας 4. Χαρακτηριστικά υγρού αποβλήτου

Παράμετρος	Συγκέντρωση [mg/L]
BOD _t	140
sBOD	70
COD _t	300
sCOD	132
rbCOD	80
TSS	70
VSS	60
TKN = NH ₄ -N+Norg	35
NH ₄ -N	25
TP	6
Alkalinity	171 ως HCO ₃ ⁻
bCOD/BOD ratio	1,6
bCOD	1,6*140=

Όροι και υποθέσεις σχεδιασμού

1. Κεραμικοί διαχυτές αέρα λεπτής φυσαλίδας με έναν συντελεστή μεταφοράς οξυγόνου σε καθαρό νερό = 35%
2. Βάθος υγρού στην δεξαμενή αερισμού = 4,9 m
3. Σημείο εξόδου των φυσαλίδων από τον κεραμικό διαχυτή 0,5m από τον πυθμένα
4. Διαλυμένο οξυγόνο στην δεξαμενή αερισμού = 2 mg/L
5. Ανύψωση πλευρών
6. Συντελεστής αερισμού $\alpha = 0,50$ για την απομάκρυνση μόνον του BOD και $\beta = 0,95$ και για τις δύο συνθήκες, συντελεστής ανάπτυξης βιοφίλμ των διαχυτών $F=0,90$
7. Να χρησιμοποιηθούν οι συντελεστές κινητικής του πίνακα 1 και 2
8. SRT για την απομάκρυνση BOD = 5d
9. MLSS σχεδιασμού $X_{TSS} = 3000$ mg/L. Τιμές από 2000 μέχρι 3000 mg/L μπορούν να εξεταστούν.
10. Συντελεστής ασφαλείας για μέγιστο/μέσο TKN $FS=1,5$

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

A. Απομάκρυνση BOD χωρίς νιτροποίηση

1. Ανάπτυξη των χαρακτηριστικών υγρού απόβλητου που απαιτούνται για τον σχεδιασμό

- 1.1 Προσδιορίζουμε το bCOD χρησιμοποιώντας την σχέση:

$$bCOD = \sim 1,6(BOD) \quad (3-8)$$

$$bCOD = 1,6 \times 140 \text{ mg/L} = 224 \text{ mg/L}$$

- 1.2 Προσδιορίζουμε το nbCOD χρησιμοποιώντας την σχέση:

$$COD = bCOD + nbCOD \quad (3-7)$$

$$nbCOD = COD - bCOD = (300 - 224) \text{ g/m}^3 = 76 \text{ g/m}^3$$

- 1.3 Προσδιορίζουμε το sCOD_e υποθέτοντας ότι είναι και nbsCOD:

$$sCOD_e = sCOD - 1,6sBOD = 132 \text{ g/m}^3 - 1,6 \times 70 \text{ g/m}^3 = 20 \text{ g/m}^3$$

1.4 Προσδιορίζουμε nbVSS χρησιμοποιώντας την σχέση

$$nbVSS = 1 - \frac{(bpCOD)VSS}{pCOD} \quad (3-4)$$

$$\frac{bpCOD}{pCOD} = \frac{\left(\frac{bCOD}{BOD}\right)(BOD - sBOD)}{COD - sCOD} =$$

$$\frac{bpCOD}{pCOD} = \frac{1,6(BOD - sBOD)}{COD - sCOD}$$

$$\frac{bpCOD}{pCOD} = \frac{1,6(BOD - sBOD)}{COD - sCOD} = \frac{1,6[140 - 70]mg/L}{[(300 - 132)mg/L]} = 0,67$$

$$nbVSS = (1 - 0,67)(60mgVSS/L) = 20mg/L$$

1.5 Προσδιορίζουμε το iTSS

$$iTSS = TSS - VSS = (70 - 60)mg/L = 10mg/L$$

Με σχόλια [MSOffice14]:
inert Total suspended solids

2. Σχεδιασμός του συστήματος ανάπτυξης αιωρούμενης ιλύος μόνο για την αφαίρεση του BOD.

2.1 Προσδιορισμός της παραγωγής βιομάζας χρησιμοποιώντας τα τμήματα Α και Β από την εξίσωση (3-15)

$$P_{x,VSS} = \frac{QY(S_0 - S)(1kg/10^3g)}{1 + (k_d)SRT} + \frac{(f_d)(k_d)QY(S_0 - S)SRT(1kg/10^3g)}{1 + (k_d)SRT}$$

Με σχόλια [MSOffice15]: (Α) Ετερότροφη βιομάζα

Με σχόλια [MSOffice16]:
(Β) συντρίμια κυττάρων

καθορισμός των δεδομένων της εξίσωσης:

$$Q = 22.464 \text{ m}^3/\text{d}$$

Y = Απόδοση ετεροτροφικής σύνθεσης = 0,40gVSS/g bCOD (πίνακας 3-1)

$$S_0 = 224 \text{ g bCOD/m}^3 \text{ (βήμα 1)}$$

k_d = συντελεστής ενδογενούς αποσύνθεσης

Προσδιορισμός του S από την εξίσωση 7-40 στον πίνακα 8-5. Σημείωση $Yk = \mu_m$

$$S = \frac{K_s[1 + (k_d)SRT]}{SRT(Yk - k_d) - 1}$$

Χρησιμοποιώντας τις τιμές από τον πίνακα 3-1

$$K_s = 20 \text{ mg/L}$$

$$\mu_{m,T} = \mu_m \theta^{T-20}$$

$$\mu_{m,12} = \mu_m \theta^{T-20} = 6,0 \text{ g/g.d} (1,07)^{12-20} = 3,5 \text{ g/g.d}$$

$$k_{d,T} = k_{20} \theta^{(T-20)}$$

$$k_{d,12} = (0,12 \text{ g/g.d}) (1,04)^{12-20} = 0,088 \text{ g/g.d}$$

$$S = \frac{(20 \text{ g/m}^3)[1 + (0,088 \text{ g/g.d})(5 \text{ d})]}{(5 \text{ d})[3,5 - 0,088 \text{ g/g.d} - 1]} = 1,8 \text{ g bCOD/m}^3$$

2.2 Αντικατάσταση των τιμών στην εξίσωση $P_{X,VSS}$

$$P_{X,VSS} = 1478 \text{ kgVSS/d}$$

3. Προσδιορισμός της μάζας των **VSS και TSS** στην **δεξαμενή αερισμού**. Η μάζα μπορεί να υπολογισθεί χρησιμοποιώντας την εξίσωση (7-54 & 7-55 [πίν.8-5](#))

$$MLVSS = (X_{VSS})V = (P_{X,VSS})SRT$$

3.1 Προσδιορισμός των $P_{X,VSS}$ και $P_{X,TSS}$ χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις 8-15 και 8-16 περιέχοντας το τμήμα A, B και D. Το τμήμα C δεν περιλαμβάνεται διότι **δεν λαμβάνει χώρα νιτροποίηση**

Από την εξίσωση 8-15, $P_{X,VSS}$ είναι :

Με σχόλια [MSOffice17]:

Συγκέντρωση υποστρώματος που περιορίζει την ανάπτυξη των μικροοργανισμών στο διάλυμα

Με σχόλια [MSOffice18]:

Half velocity constant [kg/m³]

Με σχόλια [MSOffice19]:

Maximum specific growth rate [1/T]

Με σχόλια [MSOffice20]:

Endogenous decay coefficient [1/T]

$$\begin{aligned}
 P_{X,VSS} &= 1478 \text{ kg/d} + Q(nbVSS) \\
 &= 1478 \text{ kg/d} + (22.464 \text{ m}^3/\text{d})(20 \text{ g/m}^3)(1 \text{ kg}/10^3 \text{ g}) \\
 &= 1478 + 449,3 = 1927,3 \text{ kg/d}
 \end{aligned}$$

Με σχόλια [MSOffice21]: Υπολογίστηκε στο 1.4

Από την εξίσωση 8-16, $P_{T,VSS}$ είναι :

$$\begin{aligned}
 P_{X,TSS} &= A/0,85 + B/0,85 + C/0,85 + D + Q(TSS_o - VSS_o) \\
 &= [1478 \text{ kg/d}/0,85] + 449,3 + (22.464 \text{ m}^3/\text{d})(10 \text{ g/m}^3)(1 \text{ kg}/10^3 \text{ g}) \\
 &= 2412,7 \text{ kg/d}
 \end{aligned}$$

Με σχόλια [MSOffice22]:
Το Ποσοστό των VSS σε σχέση με την ολική βιομάζα

Με σχόλια [MSOffice23]: $C = \text{Βιομάζα νιτροποιητικών βακτηρίων} = 0$

Με σχόλια [MSOffice24]:
 $D = \text{Μη βιοδιασπάσιμο VSS στην είσοδο}$

Με σχόλια [MSOffice25]:
Συγκεντρώσεις εισόδου
Όλη η παράσταση αντιπροσωπεύει των ανόργανα TSS στην είσοδο
 $= E$

3.2 Υπολογισμός της μάζας των VSS και TSS στην δεξαμενή αερισμού

3.2.1 Η μάζα των MLVSS υπολογίζεται με βάση την σχέση
 $MLVSS = (X_{VSS})V = (P_{X,VSS})SRT = (1927,3 \text{ kg/d})(5 \text{ d}) = 9.637 \text{ kg}$

3.2.2 Η μάζα των MLSS υπολογίζεται με βάση την σχέση
 $MLSS = (X_{TSS})V = (P_{X,TSS})SRT = (2412,7 \text{ kg/d})(5 \text{ d}) = 12.064 \text{ kg}$

4. Επιλέγουμε μία μάζα σχεδιασμού για την συγκέντρωση των MLSS και υπολογίζουμε τον όγκο της δεξαμενής αερισμού και τον χρόνο παραμονής χρησιμοποιώντας την τιμή TSS που υπολογίσαμε στο βήμα 3

4.1 Προσδιορίζουμε τον όγκο της δεξαμενής χρησιμοποιώντας την σχέση από το βήμα 3.2

$$\begin{aligned}
 (X_{TSS})V &= 12.064 \text{ kg} \\
 \text{Με } X_{TSS} &= 3000 \text{ g/m}^3 \\
 V &= \frac{(12.064 \text{ kg})(10^3 \text{ g/kg})}{(3000 \text{ g/m}^3)} = 4021 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

4.2 Προσδιορισμός του χρόνου παραμονής στην δεξαμενή αερισμού

Χρησιμοποιούμε **τρεις** δεξαμενές με όγκο **1340m³** η κάθε μια, ώστε σε περίπτωση συντήρησης του αερισμού να μπορεί να τεθεί η κάθε μια εκτός λειτουργίας για μικρό χρονικό διάστημα.

$$\tau = \frac{V}{Q} = \frac{(4021m^3)(24h/d)}{(22.464m^3/d)} = 4,3h$$

4.3 Προσδιορισμός των MLVSS

$$\text{Ποσοστό παραγωγής των VSS} = \frac{9637kgVSS}{12.064kgTSS} = 0,80$$

$$MLVSS = 0,80(3000g/m^3) = 2400g/m^3$$

5. Προσδιορισμός των F/M και της ογκομετρικής φόρτισης του BOD**5.1 Προσδιορισμός του λόγου F/M**

$$\frac{F}{M} = \frac{QS_0}{XV} = \frac{kgBOD}{kgMLVSS.d} = \frac{(22.464m^3/d)(140g/m^3)}{(2400g/m^3)(4021m^3)} = 0,33g/g.d = 0,33kg/kg.d$$

5.2 Προσδιορισμός της ογκομετρικής φόρτισης BOD

$$\text{Φόρτιση BOD} = \frac{QS_0}{V} = \frac{kgBOD}{m^3.d} = \frac{(22464m^3/d)(140g/m^3)}{(4021m^3)(10^3g/kg)} = 0,78kg/m^3.d$$

6. Προσδιορισμός της παρατηρηθείσας παραγωγής βιομάζας (απόδοση) βασισμένης στα TSS και VSS**6.1 Παρατηρηθείσα παραγωγή βασισμένη στα TSS (παρατηρούμενη απόδοση)**

$$\text{Παρατηρηθήσα παραγωγή} = \frac{gTSS}{gbCOD} = \frac{kgTSS}{kgbCOD}$$

$$P_{X,TSS} = 2412,7 \text{ kg/d}$$

$$bCOD_{\text{αφαιρούμενο}} = Q(S_0 - S) = (22.454 \text{ m}^3/\text{d})[(224-1,8)\text{g/m}^3](1\text{kg}/10^3\text{g})$$

$$= 4991,5 \text{ kg/d}$$

$$Y_{obs,TSS} = \frac{(2412,7 \text{ kg/d})}{(4991,5 \text{ kg/d})} = \frac{0,48 \text{ kgTSS}}{\text{kgbCOD}} = \frac{0,48 \text{ gTSS}}{\text{gbCOD}} = \left(\frac{0,48 \text{ gTSS}}{\text{gbCOD}}\right)\left(\frac{1,6 \text{ ggbCOD}}{\text{gBOD}}\right) = 0,77 \frac{\text{gTSS}}{\text{gBOD}}$$

6.2 Παρατηρηθήσα παραγωγή βασισμένη στα VSS

$$Y_{obs,VSS} = VSS/TSS = 0,80$$

$$Y_{obs,VSS} = \frac{VSS}{TSS} = \frac{0,80 \text{ kgVSS}}{\text{kgTSS}} = \left(\frac{0,48 \text{ gTSS}}{\text{gbCOD}}\right)\left(\frac{0,80 \text{ gVSS}}{\text{gTSS}}\right) = 0,38 \frac{\text{gVSS}}{\text{gbCOD}}$$

$$= \left(\frac{0,38 \text{ gVSS}}{\text{gbCOD}}\right)\left(\frac{1,6 \text{ ggbCOD}}{\text{gBOD}}\right) = 0,61 \frac{\text{gVSS}}{\text{gBOD}}$$

7. Υπολογισμός της απαίτησης σε οξυγόνο χρησιμοποιώντας την εξίσωση

$$R_o = Q(S_o - S) - 1,42 P_{X,Bio}$$

$$= 22.464 \text{ m}^3/\text{d}[(224 - 1,8)\text{g/m}^3](1\text{kg}/10^3\text{g}) - 1,42(1478 \text{ kg/d})$$

$$= 2892,7 \text{ kg/d} = 120,5 \text{ kg/h}$$

8. Σχεδιασμός αερισμού λεπτών φυσαλίδων – Προσδιορισμός ρυθμού παροχής αέρα με βάση τον μέσο ρυθμό παροχής χρησιμοποιώντας την εξίσωση

$$AOTR = SOTR \left(\frac{\beta C_{S,T,H} - C_L}{C_{S,20}} \right) (1,024^{T-20}) (\alpha) (F)$$

Με σχόλια [MSOffice26]:

S_o = βιοδιασπάσιμο COD

Με σχόλια [MSOffice27]:

S = Ελάχιστη Συγκέντρωση υποστρώματος που περιορίζει την ανάπτυξη των μικροοργανισμών στο διάλυμα

Με σχόλια [MSOffice28]:

Υπολογίστηκε στο βήμα 4.3

Με σχόλια [MSOffice29]:

R_o = Ολικό οξυγόνο που απαιτείται, [g/d]

Με σχόλια [MSOffice30]:

Περίσσεια Βιομάζας ως VSS, [g/d]

Με σχόλια [MSOffice31]:

Ετερότροφη Βιομάζα A + διάσπαση κυττάρων B βλέπε βήμα 2.2

Όπου

AOTR = πραγματικός ρυθμός μεταφοράς οξυγόνου σε συνθήκες πεδίου, kg O₂/h

SOTR = τυποποιημένος ρυθμός μεταφοράς οξυγόνου σε νερό βρύσης στους 20 °C και με μηδενική συγκέντρωση οξυγόνου, kg O₂/h

$\beta = \frac{C_s(\text{υγρό απόβλητο})}{C(\text{καθαρό νερό})}$ Ο συντελεστής διόρθωσης β χρησιμοποιείται για να διορθώσει τις διαφορές στην διαλυτότητα του οξυγόνου λόγω

τις παρουσίας διάφορων συστατικών στο υγρό απόβλητο σε σχέση με το νερό. Οι διαφορές αυτές οφείλονται στην παρουσία αλάτων, σωματιδίων και τασιενεργών. Τυπική τιμή μεταξύ 0,95 – 0,98

Συντελεστής διόρθωσης $a = \frac{K_L a(\text{υγρό απόβλητο})}{K_L a(\text{πόσιμο νερό})}$ Τιμές του a κυμαίνονται μεταξύ 0,3 και 1,2

$K_L a$ = Ογκομετρικός συντελεστής μεταφοράς μάζας [s⁻¹] ή [h⁻¹]

$$K_L a = \left(\frac{r_M}{C_s - C} \right)$$

Όπου C = συγκέντρωση του οξυγόνου στο διάλυμα

r_M = ρυθμός κατανάλωσης του οξυγόνου από τους μικροοργανισμούς

C_s = συγκέντρωση οξυγόνου σε κατάσταση ισορροπίας με ένα αέριο,

όπως δίνεται από τον κανόνα του Henry

$C_{saverage, T, H}$ = Μέση συγκέντρωση κορεσμού διαλυμένου οξυγόνου σε καθαρό νερό στην δεξαμενή αερισμού στην θερμοκρασία T και ύψος

υγρού H, mg/L $C_{saverage, T, H} = (C_{s, T, H}) \frac{1}{2} \left(\frac{P_d}{P_{atm, H}} + \frac{O_t}{21} \right)$ for surface aerators $C_{saverage, T, H} = C_{s, T, H}$

1. Υπολογίστε την **μέση συγκέντρωση κορεσμού** του διαλυμένου οξυγόνου σε **καθαρό νερό** ($C_{saverage, T, H}$) στην δεξαμενή αερισμού σε θερμοκρασία T και βάθος H χρησιμοποιώντας την ακόλουθη σχέση

$C_{saverage, T, H} = (C_{s, T, H}) \frac{1}{2} \left(\frac{P_d}{P_{atm, H}} + \frac{O_t}{21} \right)$ (ο όρος στην παρένθεση που πολλαπλασιάζεται με 1/2 αντιπροσωπεύει την μέση πίεση σε μέσο βάθος και

λαμβάνει υπόψη την απώλεια του οξυγόνου κατά τις βιολογικές διεργασίες

P_d = πίεση στο βάθος που παρέχεται ο αέρας, kPa, O_t = ποσοστό της συγκέντρωσης οξυγόνου που χάνεται από τη δεξαμενή, συνήθως 18-20%

i: $C_{20} = 9,08 \text{ mg/L}$ και $C_{12} = 10,77 \text{ mg/L}$

ii: Υπολογισμός της **σχετικής πίεσης** με ανύψωση 500 m για την **διόρθωση της συγκέντρωσης** του διαλυμένου οξυγόνου DO ως προς το ύψος με βάση την σχέση

$$\frac{P_b}{P_a} = \exp\left[-\frac{gM(z_b - z_a)}{RT}\right] = \exp\left\{-\frac{(9,81\text{m/s}^2)(28,97\text{kg/kg} - \text{mole})[500 - 0]\text{m}}{(8341\text{kg.m}^2/\text{s}^2.\text{kg} - \text{mole.K})[273,15 + 12]\text{K}}\right\} = 0,94$$

Η **συγκέντρωση του οξυγόνου** σε 500 m και 12 °C είναι:

$$C_{s,T,H} = 10,77 \text{ mg/L} \times 0,94 = 10,12 \text{ mg/L}$$

iii.: Υπολογισμός της **ατμοσφαιρικής πίεσης** σε **m στήλης νερού** σε ύψος 500 m και α σε θερμοκρασία 12 °C. (Appendix B, C)

$$P_{atm,H} = \frac{(P_b / P_a)(P_{atm,H} \text{ kN/m}^2)}{(g \text{ kN/m}^3)} = \frac{(0,94)(101,325 \text{ kN/m}^2)}{(9,802 \text{ kN/m}^3)} = 9,72 \text{ m}$$

iv: Υπολογισμός της **συγκέντρωσης οξυγόνου** υποθέτοντας το ποσοστό της συγκέντρωσης του οξυγόνου **που εγκαταλείπει την δεξαμενή** αερισμού σε 19%

$$C_{Saverage,T,H} = (C_{s,T,H}) \frac{1}{2} \left(\frac{P_{atm,H} + P_{w,Effdepth}}{P_{atm,H}} + \frac{O_t}{21} \right) = 10,12 \text{ mg/L} \left(\frac{1}{2} \left[\frac{9,72 \text{ m} + (4,9 - 0,5) \text{ m}}{9,72 \text{ m}} + \frac{19}{21} \right] \right) = 11,93 \text{ mg/L}$$

2. Υπολογισμός του **τυποποιημένου ρυθμού μεταφοράς οξυγόνου (SOTR)**

Χρησιμοποιώντας $\alpha = 0,50$ και $\beta = 0,95$ και συντελεστή **διάχυτου βιοφύλμ** $F = 0,9$

$$SOTR = AOTR \left[\frac{C_{s,20}}{aF(\beta C_{Saverage,T,H} - C_L)} \right] (1,024^{T-20}) = SOTR = \frac{(120,5 \text{ kg/h})(9,08 \text{ g/m}^3)(1,024)^{12-20}}{(0,5)(0,9)[(0,95)(11,93 \text{ g/m}^3) - 2,0 \text{ g/m}^3]} = 315 \text{ kg/h}$$

3. Προσδιορισμός του **ρυθμού προσφοράς αέρα**

$$\text{Airflowrate, kg/min} = \frac{(SOTR \text{ kg/h})}{[(E)(60 \text{ min/h})(\text{kgO}_2/\text{m}^3 \text{ air})]}$$

Με σχόλια [MSOffice32]:

$$a = \frac{K_L a(\text{υγρά από βλητο})}{K_L a(\text{πόσιμονερό})}$$

Με σχόλια [MSOffice33]:

$$\beta = \frac{C_s(\text{υγρά από βλητο})}{C(\text{καθαρό νερό})}$$

Χρησιμοποιώντας τα στοιχεία πινάκων (Appendix B) η **πυκνότητα του αέρα** στους 12 °C και μια **πίεση 95,2 kPa** (0,94x101,325 kPa) είναι **1,633 kg/m³**. Η αντίστοιχη ποσότητα οξυγόνου κατά βάρος είναι 0,270(0,2318x1,633kg/m³). Έτσι ο απαιτούμενος ρυθμός παροχής αέρα είναι:

$$\text{Ρυθμός παροχής αέρα} = m^3 / \text{min} = \frac{(315 \text{ kg} / \text{h})}{[(0,35)(60 \text{ min} / \text{h})(0,270 \text{ kg O}_2 / \text{m}^3 \text{air})]} = 55,5 \text{ m}^3 / \text{min}$$

Τμήμα 2, Απομάκρυνση BOD₅ και νιτροποίηση

9. Εκτελούμε τον σχεδιασμό για την νιτροποίηση ακολουθώντας τα ίδια βήματα όπως παραπάνω για την απομάκρυνση του BOD₅ με εξαίρεση ότι ο σχεδιασμός και ο υπολογισμός του SRT πρέπει να προηγηθεί.

Προσδιορίζουμε τον ειδικό ρυθμό ανάπτυξης μ_n για τους νιτροποιητικούς οργανισμούς χρησιμοποιώντας την εξίσωση

$$\mu_n = \left(\frac{\mu_{n,m} N}{K_n + N} \right) \left(\frac{DO}{K_0 + DO} \right) - k_{dn}$$

Ο **ρυθμός νιτροποίησης καθορίζει τον σχεδιασμό** διότι οι νιτροποιητικοί οργανισμοί **αναπτύσσονται πάρα πολύ αργά** από ότι οι ετερότροφοι οργανισμοί που αφομοιώνουν τον οργανικό άνθρακα.

1. Προσδιορισμός του μ_n σε θερμοκρασία $T=12$ °C

$$\mu_{n,12}^{\circ\text{C}} = (0,75 \text{ g/g.d})(1,07)^{12-20} = 0,44 \text{ g/g.d}$$

2. Προσδιορισμός του K_n στους 12 °C

$$K_{n,12}^{\circ\text{C}} = (0,74 \text{ g/m}^3)(1,053)^{12-20} = 0,49 \text{ g/m}^3$$

3. Προσδιορισμός του K_{dn} στους 12 °C

$$K_{dn,12}^{\circ\text{C}} = (0,08 \text{ g/g.d})(1,04)^{12-20} = 0,06 \text{ g/g.d}$$

4. Εγκατάσταση των παραπάνω αποτελεσμάτων στην εξίσωση

$$\mu_n = \left(\frac{\mu_{n,m} N}{K_n + N} \right) \left(\frac{DO}{K_0 + DO} \right) - k_{dn} \text{ και επίλυση ως προς } \mu_n$$

Με σχόλια [p34]: μ_m =μέγιστος ειδικός ρυθμός ανάπτυξης μικροοργανισμών, [1/T]

Με σχόλια [p35]: K_n σταθεράς ημίσειας ταχύτητας, [g/m³]

Με σχόλια [p36]: K_{dn} Συντελεστής ενδογενούς διάσπασης για του νιτροποιητικούς μικροοργανισμούς, [1/T]

Με σχόλια [p37]: K_0 Συντελεστής αναστολής οξυγόνωσης, [m/L]

$$N=0,50\text{g/m}^3, DO=2,0\text{g/m}^3, K_o=0,50\text{g/m}^3$$

$$\mu_n = \left\{ \frac{(0,44\text{g/g.d})(0,50\text{g/m}^3)}{[(0,49+0,50)\text{g/m}^3]} \right\} \left\{ \frac{(2,0\text{g/m}^3)}{[(0,50+2,0)\text{g/m}^3]} \right\} - (0,06\text{g/g.d}) = 0,12\text{g/g.d}$$

10. Προσδιορισμός του θεωρητικού και σχεδιαστικού SRT

1. Προσδιορισμός του θεωρητικού SRT χρησιμοποιώντας την εξίσωση

$$\frac{1}{SRT} = \mu \Rightarrow SRT = \frac{1}{\mu_n} = \frac{1}{(0,12\text{g/g.d})} = 8,33\text{d}$$

2. Προσδιορισμός του SRT σχεδιασμού χρησιμοποιώντας την εξίσωση

$$SRT_{\text{σχεδιασμοφ}} = (FS)(SRT_{\text{θεωρητικοφ}}) = 1,5(8,33\text{d}) = 12,5\text{d}$$

$$FS = \frac{TKN_{\text{μέγιστο}}}{TKN_{\text{μέσοφρος}}} = 1,5$$

11. Προσδιορισμός της παραγωγής βιομάζας χρησιμοποιώντας την εξίσωση

$$P_{X,bio} = \frac{QY(S_0 - S)(1\text{kg}/10^3\text{g})}{1 + (k_d)SRT} + \frac{(f_d)(k_d)QY(S_0 - S)SRT(1\text{kg}/10^3\text{g})}{1 + (k_d)SRT} + \frac{QY_n(NO_x)(1\text{kg}/10^3\text{g})}{1 + (k_{dn})SRT}$$

$$f_D = \text{κλάσμα του οργανικού αζώτου στα VSS [g N/gVSS]} \quad f_N = \frac{(TKN - sNO - NH_4 - N)}{VSS}$$

1. Προσδιορισμός των δεδομένων για την εξίσωση

$$Q=22.464\text{ m}^3/\text{d}$$

$$Y=0,40\text{ VSS/gbCOD}$$

$$S_o=224\text{ gbCOD/m}^3 \text{ (βήμα 1)}$$

$$k_d=0,088\text{ g/g.d (βήμα 2)}$$

Με σχόλια [p38]: Ετερότροφη βιομάζα HETEROTROFIC BIOMASS

Με σχόλια [p39]: συντρίμια κυττάρων CELL DEBRIS

Με σχόλια [p40]: Βιομάζα νιτροποιητικών βακτηρίων NITRIFYING BACTERIA BIOMASS

Με σχόλια [p41]: Συντελεστής απόδοσης σύνθεσης

Με σχόλια [p42]: k_{dn} Συντελεστής ενδογενούς διάσπασης για του νιτροποιητικούς μικροοργανισμούς, [1/T]

$$\mu_m = 3,5 \text{ g/g.d (βήμα 2a)}$$

Προσδιορισμός S από την εξίσωση

$$S = \frac{K_s[1 + (k_d)SRT]}{SRT(Yk - k_d) - 1} = \frac{(20 \text{ g/m}^3)[1 + (0,088 \text{ g/g.d})(12,5 \text{ d})]}{(12,5 \text{ d})[3,5 - 0,088] \text{ g/g.d} - 1} = 1,0 \text{ g bCOD/m}^3$$

$$Y_n = 0,12 \text{ g VSS/g NO}_x$$

$$K_{dn,12^\circ\text{C}} = 0,06 \text{ g/g.d (βήμα 9e)}$$

Υποθέτουμε ότι $\text{NO}_x = 80\%$ (TKN) διότι δεν μπορούμε στην συγκεκριμένη φάση να διεξάγουμε ισοζύγιο αζώτου. Το λάθος στην υπόθεση αυτή είναι μικρό διότι η παραγωγή σε πτητικά στερεά των νιτροποιητών είναι ένα μικρό μέρος της συνολικής συγκέντρωσης MLVSS.

$$\text{NO}_x = 0,80(35 \text{ g/m}^3) = 28 \text{ g/m}^3$$

2. Χρησιμοποιώντας τις παραπάνω εκφράσεις στον τύπο **προσδιορίζουμε το $P_{x,bio}$**

$$P_{x,bio} = \frac{(22.464 \text{ m}^3/\text{d})(0,40 \text{ g/g})[(224 - 1,0) \text{ g/m}^3](1 \text{ kg}/10^3 \text{ g})}{[1 + (0,088 \text{ g/g.d})(12,5 \text{ d})]} +$$

$$+ \frac{(0,15 \text{ g/g})(0,088 \text{ g/g.d})(0,40 \text{ g/g})(22.464 \text{ m}^3/\text{d})[(224 - 1) \text{ g/m}^3](12,5 \text{ d})(1 \text{ kg}/10^3 \text{ g})}{[1 + (0,088 \text{ g/g.d})(12,5 \text{ d})]}$$

$$+ \frac{(22.464 \text{ m}^3/\text{d})(0,12 \text{ g/g})(28 \text{ g/m}^3)(1 \text{ kg}/10^3 \text{ g})}{[1 + (0,06 \text{ g/g.d})(12,5 \text{ d})]}$$

$$P_{x,bio} = 954,2 \text{ kg/d} + 157,4 \text{ kg/d} + 43,1 \text{ kg/d} = 1154,7 \text{ kg VSS/d}$$

12. Προσδιορισμός της ποσότητας αζώτου που οξειδώνεται σε νιτρικά. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή ισοζυγίου μάζας του αζώτου με την βοήθεια της εξίσωσης

$$N_{\text{oxidized}} = N_{\text{in}} - N_{\text{eff}} - N_{\text{cell tissue}}$$

$$\begin{aligned}
 Q(\text{NO}_x) &= Q(\text{TKN}_0) - Q\text{N}_e - 0,12 P_{x,\text{bio}} \\
 \text{NO}_x &= \text{TKN} - \text{Ne} - 0,12 P_{x,\text{bio}} / Q \\
 &= 35,0\text{g/m}^3 - 0,50\text{g/m}^3 - 0,12 * P_{x,\text{bio}} \\
 &= 35 - 0,5 - (0,12\text{gN/gVSS})(1154,7\text{kgVSS/d})(10^3\text{g/kg}) / (22.464\text{m}^3/\text{d}) \\
 &= (35,0 - 0,50 - 6,2)\text{g/m}^3 = 28,3\text{g/m}^3.
 \end{aligned}$$

13. Προσδιορισμός της συγκέντρωσης και της μάζας των VSS και TSS στην δεξαμενή αερισμού

$$\text{Μάζα} = P_X(\text{SRT})$$

1. Υπολογισμός της συγκέντρωσης των VSS και TSS στην δεξαμενή αερισμού

- i. $P_{X,\text{VSS}}$ χρησιμοποιώντας την εξίσωση 8-15 έχουν υπολογισθεί ως $P_{X,\text{bio}}$ Για τον υπολογισμό των $P_{X,\text{VSS}}$ θα προσθέσουμε επιπλέον το $Q(nb\text{VSS})$

$$P_{X,\text{VSS}} = 1154,7\text{kg/d} + Q(nb\text{VSS}) = 1154,7\text{kg/d} + (22.464\text{m}^3/\text{d})(20\text{g/m}^3)(1\text{kg}/10^3\text{g}) = (1154,7 + 449,3)\text{kg/d} = \mathbf{1604,0\text{ kg/d}}$$

ii. $P_{X,\text{TSS}} = [1154\text{ kg/d} \cdot 0,85] + (449,3\text{ kg/d}) + Q(\text{TSS}_0 - \text{VSS}_0)$
 $= 1358,5\text{ kg/d} + 449,3\text{kg/d} + (22.464\text{m}^3/\text{d})(10\text{g/m}^3)(1\text{kg}/10^3\text{g})$
 $= \mathbf{2032,4\text{kg/d}}$

2. Υπολογισμός της μάζας των VSS και TSS στην δεξαμενή αερισμού χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις

$$MLVSS = (X_{\text{VSS}})V = (P_{X,\text{VSS}})SRT \quad (7-54)$$

$$MLSS = (X_{\text{TSS}})V = (P_{X,\text{TSS}})SRT \quad (7-55)$$

- i. Μάζα των MLVSS

$$(X_{\text{VSS}})V = (P_{X,\text{VSS}})SRT = (1604\text{ kg/d})(12,5\text{d}) = \mathbf{20.050\text{ kg}}$$

- ii. Μάζα των MLSS

$$(X_{\text{TSS}})V = (P_{X,\text{TSS}})SRT = (2032,4\text{kg/d})(12,5\text{d}) = \mathbf{25.405\text{kg}}$$

14. Επιλογή μίας τιμής συγκέντρωσης μάζας MLSS και προσδιορισμός της δεξαμενής αερισμού, του χρόνου παραμονής με χρήση της συγκέντρωσης μάζας TSS που υπολογίστηκε στο βήμα 6

1. Προσδιορισμός της δεξαμενής αερισμού κάνοντας χρήση της σχέσης από το βήμα 6.2

$$(V)(X_{TSS}) = 25.405 \text{ kg}$$

$$\text{Με MLSS} = 3000 \text{ g/m}^3$$

$$V = \frac{(25.404 \text{ kg})(10^3 \text{ g/kg})}{(3000 \text{ g/m}^3)} = 8468 \text{ m}^3$$

2. Προσδιορισμός του χρόνου παραμονής στην δεξαμενή αερισμού

Χρησιμοποιούμε 3 δεξαμενές με όγκο η κάθε μία, έτσι ώστε το 1/3 του όγκου να μπορεί να τεθεί εκτός λειτουργίας για συντήρηση.

$$\tau = \frac{V}{Q} = \frac{(8468 \text{ m}^3)(24 \text{ h/d})}{(22.464 \text{ m}^3/\text{d})} = 9,0 \text{ h}$$

3. Προσδιορισμός των MLVSS

$$\text{Λόγος VSS} = \frac{20.050 \text{ kg VSS}}{25.405 \text{ kg TSS}} = 0,79$$

$$\text{MLVSS} = 0,79(3000 \text{ g/m}^3) = 2370 \text{ g/m}^3$$

15. Προσδιορισμός του λόγου F/M και της ογκομετρικής φόρτισης

1. Προσδιορισμός του F/M χρησιμοποιώντας την σχέση

$$\frac{F}{M} = \frac{QS_o}{XV} = \frac{gBOD}{gMLVSS} = \frac{(22464 \text{ m}^3/\text{d})(140 \text{ g/m}^3)}{(2370 \text{ g/m}^3)(8466 \text{ m}^3)} = 0,16 \text{ g/g.d}$$

2. Προσδιορισμός της ογκομετρικής φόρτισης κάνοντας χρήση την σχέση

$$L_{org} = \frac{QS_o}{V} = \frac{kgBOD}{\text{m}^3 \cdot \text{d}} = \frac{(22.464 \text{ m}^3/\text{d})(140 \text{ g/m}^3)}{(10^3 \text{ g/kg})(8466 \text{ m}^3)} = 0,37 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$$

16. Προσδιορισμός της φαινομενικής παραγωγής βιομάζας βασιζόμενη σε TSS και VSS

Φαινομενική παραγωγή βιομάζας (Observed biomass yield) =

$$Y = \frac{gTSS}{gbCOD} = \frac{kgTSS}{kgbCOD}$$

$$P_{X,TSS} = 2032,4kg/d$$

$$bCOD_{removed} = Q(S_0 - S) = (22.464m^3/d)[(224-1,0)g/m^3](1kg/10^3g) = 5009,5kg/d$$

1. Παρατηρούμενη παραγωγή βιομάζας βασιζόμενη στα TSS

$$Y_{obs,TSS} = \frac{(2032,4kg/d)}{(5009,5kg/d)} = 0,41 \frac{kgTSS}{kgbCOD} = (0,41 \frac{gTSS}{gbCOD}) (\frac{1,6gbCOD}{gBOD}) = 0,65 \frac{gTSS}{gBOD}$$

2. Παρατηρούμενη παραγωγή βιομάζας βασιζόμενη στα VSS

$$Y_{obs,VSS} = \frac{VSS}{TSS} = 0,80 = (\frac{0,41gTSS}{gbCOD}) (\frac{0,8gVSS}{gTSS}) = 0,328 \frac{gVSS}{gbCOD} = (\frac{0,32gVSS}{gCOD}) (\frac{1,6gCOD}{gBOD}) = 0,52 \frac{gVSS}{gBOD}$$

17. Υπολογισμός της απαίτησης οξυγόνου O_2 κάνοντας χρήση της εξίσωσης

$$\begin{aligned} R_o &= Q(S_o - S) - 1,42P_{X,bio} + 4,33Q(NO_x) = \\ &= (22.464m^3/d)[224-1,0)g/m^3](1kg/10^3g) - 1,42(1154,7kg/d) \\ &+ (4,33gO_2/gN)(22.464m^3/d)(28,3g/m^3)(1kg/10^3g) \\ R_o &= 5009,5kg/d - 1639,7kg/d + 2752,7kg/d = 6122,5kg/d = 255kg/h \end{aligned}$$

18. Σχεδιασμός των λεπτών φυσαλίδων-προσδιορισμός του ρυθμού παροχής αέρα με βάση τον μέσο ρυθμό παροχής αέρα (βήμα 8)

1. Προσδιορισμός του SOTR χρησιμοποιώντας τις τιμές που δίδονται από το πρόβλημα

$\alpha=0,65$ και $\beta=0,95$ και συντελεστή διάχυτου βιοφίλμ $F=0,9$

$$AOTR = SOTR \left[\frac{C_{s,20}}{aF(\beta C_{s,average,T,H} - C_L)} \right] (1,024^{20-T}) \Rightarrow AOTR = \frac{(255,1kg/h)(9,08g/m^3)(1,024)^{20-12}}{(0,65)(0,9)[(0,95)(11,93g/m^3) - 2,0g/m^3]} = 512kg/h$$

Όπου

AOTR = πραγματικός ρυθμός μεταφοράς οξυγόνου σε συνθήκες πεδίου, kg O_2 /h

SOTR = τυποποιημένος ρυθμός μεταφοράς οξυγόνου σε νερό βρύσης στους 20 °C και με μηδενική συγκέντρωση οξυγόνου, kg O₂/h

$\beta = \frac{C_s(\text{υγρό απόβλητο})}{C(\text{καθαρό νερό})}$ Ο συντελεστής διόρθωσης β χρησιμοποιείται για να διορθώσει τις διαφορές στην διαλυτότητα του οξυγόνου λόγω

τις παρουσίας διάφορων συστατικών στο υγρό απόβλητο σε σχέση με το νερό. Οι διαφορές αυτές οφείλονται στην παρουσία αλάτων, σωματιδίων και τασιενεργών. Τυπική τιμή μεταξύ 0,95 – 0,98

Συντελεστής διόρθωσης $a = \frac{K_L a(\text{υγρό απόβλητο})}{K_L a(\text{πόσιμονερό})}$ Τιμές του a κυμαίνονται μεταξύ 0,3 και 1,2

$K_L a$ = Ογκομετρικός συντελεστής μεταφοράς μάζας [s⁻¹] ή [h⁻¹]

$$K_L a = \left(\frac{r_M}{C_s - C} \right)$$

Όπου C = συγκέντρωση του οξυγόνου στο διάλυμα

r_M = ρυθμός κατανάλωσης του οξυγόνου από τους μικροοργανισμούς

C_s = συγκέντρωση οξυγόνου σε κατάσταση ισορροπίας με ένα αέριο,

όπως δίνεται από τον κανόνα του Henry

$C_{\text{saverage},T,H}$ = Μέση συγκέντρωση κορεσμού διαλυμένου οξυγόνου σε καθαρό νερό στην δεξαμενή αερισμού στην θερμοκρασία T και ύψος

υγρού H, mg/L $C_{\text{saverage},T,H} = (C_{s,T,H}) \frac{1}{2} \left(\frac{P_d}{P_{\text{atm},H}} + \frac{O_t}{21} \right)$ for surface aerators $C_{\text{saverage},T,H} = C_{s,T,H}$

2. Προσδιορισμός του ρυθμού παροχής αέρα, m³/h=

$$m^3 / h = \frac{(512,9 \text{ kg} / h)}{[(0,35)(60 \text{ min} / h)(0,27 \text{ kgO}_2 / m^3 \text{ air}]} = 90,5 m^3 / \text{min}$$

19. Έλεγχος της αλκαλικότητας

1. Σχεδιασμός ισοζυγίου αλκαλικότητας

Αλκαλικότητα για να συντηρηθεί το pH ~7 = Alk_{inf} – Alk_{used} + Alk_{to be added}

Εισερχόμενη αλκαλικότητα $Alk_{inf} = 140 \text{ g/m}^3$ ως CaCO_3

Ποσότητα αζώτου που μετατρέπεται σε νιτρικά: $\text{NO}_x = 28,3 \text{ g/m}^3$ (βήμα 12)

Αλκαλικότητα που καταναλώνεται για την νιτριποίηση = $(7,14 \text{ gCaCO}_3/\text{gNH}_4\text{-N})(28,3 \text{ g/m}^3) = 202,6 \text{ g/m}^3$ ως CaCO_3 .

2. Αντικατάσταση των τιμών και επίλυση ως προς την Alk_{needed}

Υπολειπόμενη αλκαλικότητα που απαιτείται για την συντήρηση του pH μεταξύ 6,8-7,0 = $70-80 \text{ g/m}^3$ ως CaCO_3 . Επιλέγεται 80 g/m^3

$$80 \text{ g/m}^3 = Alk_{inf} - Alk_{used} + Alk_{to \text{ be added}}$$

$$= 140 \text{ g/m}^3 - 202,6 \text{ g/m}^3 + Alk_{to \text{ be added}}$$

$$Alk_{to \text{ be added}} = 142,6 \text{ g/m}^3 \text{ ως } \text{CaCO}_3$$

$$= (22.464 \text{ m}^3/\text{d})(142,6 \text{ g/m}^3)(1 \text{ kg}/10^3 \text{ g})$$

$$= 3203 \text{ kg/d ως } \text{CaCO}_3.$$

3. Προσδιορισμός της αλκαλικότητας που απαιτείται ως όξινο ανθρακικό νάτριο, Το NaHCO_3 προτιμάται αντί της υδρασβέστου για την πρόσθεση αλκαλικότητας, διότι είναι εύκολο στην χρήση του και δημιουργεί λιγότερα προβλήματα από την υδράσβεστο. Η ποσότητα που απαιτείται υπολογίζεται ως ακολούθως:

Ισοδύναμο βάρος $\text{CaCO}_3 = 50 \text{ g/equivalent}$

Ισοδύναμο βάρος $\text{NaHCO}_3 = 84 \text{ g/equivalent}$

$$\text{NaHCO}_3 \text{ που απαιτείται} = \frac{(3203 \text{ kg} / d \text{CaCO}_3)(84 \text{ gNaHCO}_3 / eq)}{(50 \text{ gCaCO}_3 / eq)} = 5380 \text{ kg} / d \text{NaHCO}_3$$

20. Προσδιορισμός του BOD εξόδου χρησιμοποιώντας την εξίσωση

$$BOD = sBOD_e + \left(\frac{gBOD}{1,42gVSS} \right) \left(\frac{0,85gVSS}{gTSS} \right) (TSS, g / m^3)$$

Υποθέτουμε ότι $sBOD = 3,0 \text{ g/m}^3$

$TSS = 10 \text{ g/m}^3$

$$BOD = 3,0 \text{ g/m}^3 + (0,70)(0,85)(10 \text{ g/m}^3) = 8,95 \text{ g/m}^3.$$

21. Σχεδιασμός δευτεροβάθμιας καθίζησης (και για τις δύο περιπτώσεις, αφαίρεση BOD και αφαίρεση BOD και αμμωνίας)

1. καθορισμός του ρυθμού ανακυκλοφορίας της λάσπης με βάση το σχήμα 20.1

$$Q_r X_r = (Q + Q_r) X$$

(Υποθέτουμε ότι η μάζα της περίσσειας ιλύος είναι πολύ μικρή)

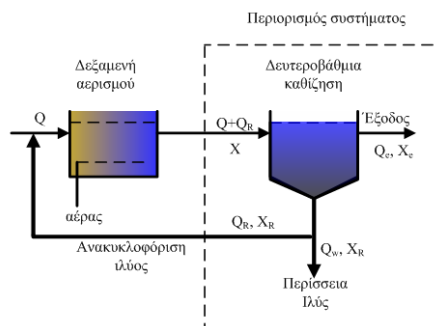
Q_r = Παροχή αιωρούμενων στερεών ανακυκλοφορίας, m^3/d

X_r = Συγκέντρωση μάζας ιλύος ανακυκλοφορίας, g/m^3

Ρυθμός Ανακυκλοφορίας ιλύος = RAS = $Q_r/Q = R$

$$RX_r = (1 + R)X$$

$$R = X/(X_r - X)$$



2. Προσδιορισμός του μεγέθους της δεξαμενής καθίζησης

Υποθέτουμε ότι $X_r = 8000 \text{ g/m}^3$

(όρια καθίζησης/πάχυνσης ιλύος από 4000 – 12000 mg/L)

$$R = \frac{(3000g / m^3)}{[(8000 - 3000)g / m^3]} = 0,60$$

Υποθέτουμε έναν ρυθμό φόρτισης 22 m³/m².d σε μία μέση παροχή για την δευτεροβάθμια καθίζηση ([πίνακας 8-7](#)). Το πεδίο είναι μεταξύ 16-28 m³/m².d

$$\text{Επιφάνεια} = \frac{(22.464m^3 / d)}{(22m^3 / m^2 .d)} = 1021m^2$$

Χρησιμοποιούμε 3 δεξαμενές καθίζησης (1 για κάθε δεξαμενή αερισμού)

$$\text{Επιφάνεια} / \text{δεξαμενές} = 312 m^2$$

Διάμετρος δεξαμενής καθίζησης = 20,8 m, επιλέγουμε 20 m.

3. Έλεγχος φόρτισης στερεών

$$\text{Φόρτιση στερεών} = \frac{kgTSS_{applied}}{m^2 clarifier area . h} = \frac{(Q + Q_r)(MLSS)}{A} = \frac{(1 + R)Q(MLSS)}{A} =$$

Όπου A = επιφάνεια της δεξ. Καθίζησης, m² = (π/4)(20m)² x 3 = 942 m²

$$\text{Φόρτιση στερεών} = \frac{(1 + 0,6)(22.646m^3 / d)(3000g / m^3)(1kg / 10^3 g)}{(942m^2)(24h / d)}$$

$$= 4,8kgMLSS / m^2 . h$$

Η τιμή αυτή βρίσκεται μέσα στα αποδεκτά όρια φόρτισης στερεών 4- 6 kg/m².d που δίνονται στον πίνακα 8-7.

22. Πίνακας τιμών σχεδιασμού

Παράμετροι σχεδιασμού	Μονάδες	Απομάκρυνση BOD	Απομάκρυνση BOD και νιτροποίηση
Μέση παροχή αποβλήτων	m ³ /d	22.464	22.464
Μέση φόρτιση BOD	kg/d	3145	3145
Μέση φόρτιση TKN	kg/d	786	786
Χρόνος παραμονής στερεών στην δεξαμενή αερισμού (SRT)	d	5,0	12,5
Δεξαμενές αερισμού	αριθμός	3	3
Όγκος δεξαμενής αερισμού	m ³	4021	8468
Υδραυλικός χρόνος παραμονής, τ	h	4,3	9,0
MLSS	g/m ³	3000	3000
MLVSS	g/m ³	2400	2370
F/M	g/g.d	0,33	0,16
Φόρτιση BOD	kgBOD/m ³ .d	0,78	0,37
Παραγωγή υλίου	kg/d	2413	2032
Παρατηρούμενη παραγωγή βιομάζας	kgTSS/kgBOD	0,77	0,65
	kgVSS/kgBOD	0,61	0,52
Απαίτηση οξυγόνου	kg/h	120,5	255,1
Παροχή αέρα σε μέση παροχή αποβλήτων	sm ³ /min	55,5	90,5
Λόγος RAS	-	0,60	0,60
Ρυθμός υδραυλικής παροχής δεξαμενής καθίζησης	m ³ / m ² /d	24	24
Αριθμός δεξαμενών καθίζησης		3	3
Διάμετρος	m	20	20
Πρόσθεση αλκαλικότητας (NaHCO ₃)	kg/d	-	5380
BOD _e εξόδου	g/m ³	<30	8,95
TSS _e εξόδου	g/m ³	<30	10
NH ₄ -N _e εξόδου	g/m ³	28,8	<0,5
Παρατηρήσεις			
Ο έλεγχος των συστατικών της παραγωγής βιομάζας για τον σχεδιασμό της νιτροποίησης μας δείχνει ότι η διάσπαση των κυττάρων και η ποσότητα των νιτροποιητικών			

βακτηρίων αντικατοπτρίζει ένα μικρό μέρος της συνολικής βιομάζας (13,6% και 3,7% αντίστοιχα). Στο βήμα 13, η συνεισφορά από τα μη βιοδιασπάσιμα πτητικά αιωρούμενα στερεά (nbVSS) είναι σημαντική, 22% από τα παραγόμενα ολικά στερεά (TSS). Στο παράδειγμα αυτό ο σχεδιασμός έγινε για μία μέση παροχή αποβλήτων. Στην πράξη θα πρέπει να υπολογισθούν και η μέγιστη υδραυλική παροχή και φόρτιση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8-7

Πίνακας 8.7 Συνήθειες πληροφορίες σχεδιασμού για τη δευτεροβάθμια καθίζηση για τη διεργασία της ενεργού ιλύος^α

Τύπος επεξεργασίας	Ρυθμός υπερχείλισης				Φορτία στερεών				Βάθος, m ^β
	Μέση	Μέγιστη	Μέση	Μέγιστη	Μέση	Μέγιστη	Μέση	Μέγιστη	
Καθίζηση που ακολουθεί τον αερισμό της ενεργού ιλύος (εξαιρείται ο παρατεταμένος αερισμός)	400-700	1 000-1 600	16-28	40-64	0.8-1.2	1.6	4-6	8	3.5-6
Φρεάτια επιλογής, βιολογική απομάκρυνση θρεπτικών	400-700	1 000-1 600	16-28	40-64	1.0-1.5	1.8	5-8	9	3.5-6
Καθίζηση που ακολουθεί την αερόβια δεξαμενή ενεργού ιλύος	400-700	1 000- 1 600	16-28	40-64	1.0-1.4	1.8	5-7	9	3.5-6
Καθίζηση που ακολουθεί τον παρατεταμένο αερισμό	200-400	600-800	8-16	24-32	0.2-1.0	1.4	1.0-5	7	3.5-6
Καθίζηση που ακολουθεί την απομάκρυνση του φωσφόρου, Συγκέντρωση εκροής, mg/ L									3.5-6
Ολικός P =2	600-800		24-32						
Ολικός P =1 ^γ	400-600		16-24						
Ολικός P =0.2- 0.5 ^δ	300-500		12-20						

^α ΠΗΓΗ: Kang (1987), WEF (1998)

^β m × 3.2808 = ft

^γ Περιστασιακή προσθήκη χημικών

^δ Συνεχής προσθήκη χημικών που απαιτείται για το φινίρισμα της εκροής

Σημείωση: Μέγιστη παράμετρος θεωρείται η μέγιστη διατηρούμενη για 2 h