



Τεχνική Περιβάλλοντος

Ενότητα 6: Δεξαμενές Αερισμού

Α. 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.





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Βασικές παράμετροι διαστασιολόγησης δεξαμενών αερισμού

Απαιτούμενος όγκος δεξαμενών

$$V = \frac{\varphi_{\text{εισ}}}{\Phi} \quad \text{ή} \quad V = \frac{C_o Q^{\text{ημ.μεγ}}}{\Phi_B B}$$

- $\varphi_{\text{εισ}} = C_o Q^{\text{ημ.μεγ.}}$ = ημερήσιο οργανικό φορτίο σε BOD₅ (kg/d)
- $\Phi = \Phi_B \cdot B$ = επιτρεπόμενη οργανική φόρτιση σε BOD₅ ανά μονάδα όγκου δεξαμενής και ημέρα (kgBOD/m³·d)
 - C_o = συγκέντρωση οργανικού φορτίου λυμάτων σε BOD₅ (kg/m³)
 - Φ_B = απαιτούμενη οργανική φόρτιση σε BOD₅ ανά μονάδα βάρους βιομάζας και ημέρα (kgBOD₅ /kg·d)
 - B = βιομάζα στη μονάδα όγκου των δεξαμενών αερισμού (kg/m³)



Παράμετροι διαστασιολόγησης Δ.Α.

- η = απόδοση της εγκατάστασης βιολογικής επεξεργασίας
- **Χρόνος παραμονής** λυμάτων στις δεξαμενές αερισμού
- $B_{\pi\lambda}$ = πλεονάζουσα βιομάζα (kg/kg BOD₅)
- $B_{\iota\lambda}$ = περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία της πλεονάζουσας ιλύος των δεξαμενών τελικής καθίζησης (% ή Kg/m³)



Οξυγόνο

- O_c = κατανάλωση οξυγόνου ανά μονάδα όγκου των δεξαμενών και ημέρα ($\text{kg}/\text{m}^3 \text{ d}$)
- $O_{\lambda\upsilon}$ = οξυγόνο που εισάγεται στο μείγμα λύματα-ενεργός ιλύς ($\text{kg}/\text{m}^3 \text{ d}$)
- α = συντελεστής διάλυσης οξυγόνου στο μείγμα λύματα-ενεργός ιλύς.
- $O_{\nu\epsilon}$ = οξυγόνο που είναι δυνατόν να διαλυθεί στο καθαρό νερό ($\text{kg}/\text{m}^3\text{d}$)
- O_K = τιμή κορεσμού διαλυμένου οξυγόνου στις δεξαμενές αερισμού (mg/l)
- O = συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου στις δεξαμενές αερισμού (mg/l)



Εμπειρικός κανόνας χρήσιμος για μια πρώτη διαστασιολόγηση

Απαιτούμενο O_2/kg BOD_5 που αποικοδομείται
ανάλογα με τις απαιτήσεις επεξεργασίας

Χωρίς νιτροποίηση	1,5 ως 2,0* $kg O_2/kg BOD_5$
Με νιτροποίηση	2,5 $kg O_2/kg BOD_5$
Με σταθεροποίηση της ιλύος	2,5 $kg O_2/kg BOD_5$

* Η τιμή 2,0 όταν αναμένεται μερική νιτροποίηση

ΤΟ ΒΑΘΟΣ ΤΩΝ Δ.Α. ΕΠΙΛΕΓΕΤΑΙ ΜΕΤΑΞΥ 2,5 – 5 m



Επιλογή μεθόδου βιολογικής επεξεργασίας

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

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

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

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



Βιολογική επεξεργασία

<i>Πίνακας 1</i>	ΧΩΡΙΣ ΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ	ΜΕ ΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ T≥15° C
Απαιτούμενη οργανική φόρτιση, Φ _B (kg BOD/kg·d)	0,3	0,15 <0,15 (T<10° C)
Βιομάζα, B (kg/m ³) (ΔΟΙ < 150ml/g)	3,3 2,5 (ΔΟΙ >150 ml/g)	3,3 2,5 (ΔΟΙ > 150ml/g)
Επιτρεπόμενη οργανική φόρτιση, Φ (kg BOD/m ³ ·d)	1	0,5
Οξυγόνο εμπλουτισμού (kg O ₂ /kg BOD ₅)	1,5-2	2,5
Χρόνος παραμονής (h)	≥ 2h για παροχή Ξ.Π. ≥ 1h για παροχή Π.Β.	> 1,5 h παντοροϊκό δίκτυο

Τυπικό βάθος δεξαμενής 2,5 – 5 m



Βιολογική επεξεργασία με σταθεροποίηση ιλύος

Πίνακας 2

	IMK>10000	50<IMK<10000
Απαιτούμενη οργανική φόρτιση, Φ_B (kg BOD/kg·d)	0,05	0,05
Βιομάζα, B (kg BOD/m ³)	5 ($\Delta OI < 150 \text{ ml/g}$) 4 ($\Delta OI > 150 \text{ ml/g}$)	4 ($60 < \Delta OI < 100 \text{ ml/g}$)
Επιτρεπόμενη οργανική φόρτιση, Φ (kg/m ³ ·d)	0,25	0,2
Οξυγόνο εμπλουτισμού (kg O ₂ /kg BOD ₅)	2,5	2,5
Συντελεστής εμπλουτισμού, α	---	0,8 – 0,6





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Δεξαμενές Τελικής Καθίστησης

Παράμετροι διαστασιολόγησης Δ.Τ.Κ.

- t_{θ} = χρόνος παραμονής λυμάτων σε Δ.Κ.
- u_0 = επιφανειακή φόρτιση (m/h)
- α = επανακυκλοφορία ιλύος (%)
- $B_{\text{ιλυος}}$ = συγκέντρωση βιομάζας της ιλύος επανακυκλοφορίας (kg/m^3)
- $\Delta\text{ΟΙ}$ = δείκτης όγκου ιλύος (ml/g)
- ΟΙ = όγκος ιλύος
- $\Phi\text{ΟΙ}$ = φόρτιση όγκου ιλύος ($\text{l/m}^2 \text{ h}$)
- B = βιομάζα στη μονάδα όγκου ιλύος (mg/l) μετά από ξήρανση σε 105°C
- h_1, h_2, h_3, h_4 = ζώνες καθαρού νερού, καθίζησης, αποθήκευσης και πάχυνσης ιλύος



Επανακυκλοφορία ιλύος

- Επανακυκλοφορία ιλύος

$$\alpha = \frac{B}{B_{\text{ιλύος}} - \beta}$$

– B = βιομάζα στη μονάδα όγκου των δεξαμενών αερισμού (kg/m^3)

- Συγκέντρωση βιομάζας της ιλύος επανακυκλοφορίας (kg/m^3)

$$B_{\text{ιλύος}} = \frac{1200}{\Delta\text{ΟΙ}}$$

(όπου $\Delta\text{ΟΙ}$: ο δείκτης όγκου ιλύος)

- Παροχή επανακυκλοφορίας

$$Q_{\Delta\text{T.K.}} = (1+\alpha)Q_{\Xi.\text{Π.}}$$

$Q_{\Delta\text{T.K.}}$ = παροχή Δ.Τ.Κ.

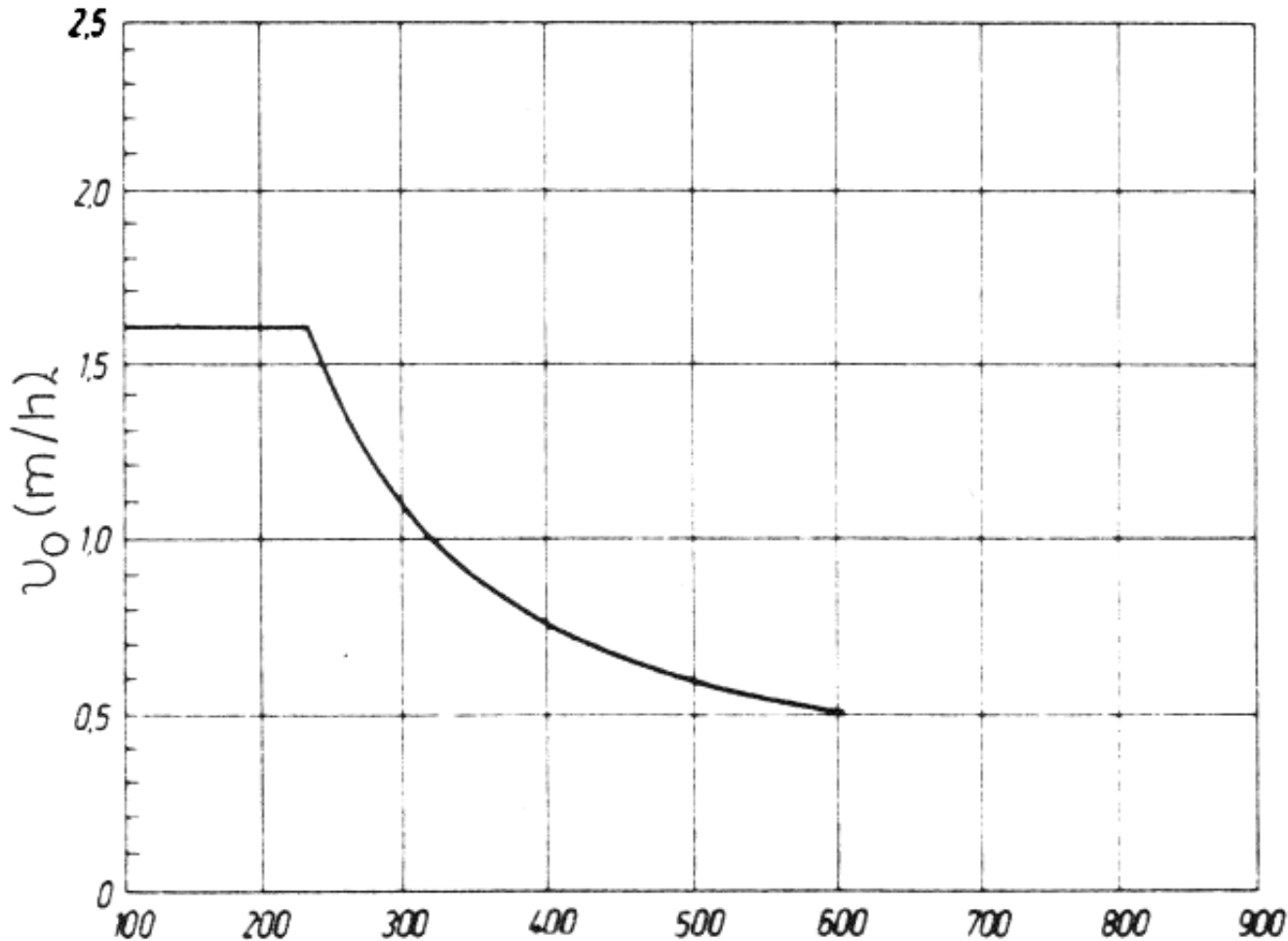
$Q_{\Xi.\text{Π.}}$ = μέγιστη παροχή Ξ.Π.

- Όγκος Δ.Τ.Κ.

$$V = Q \cdot t_{\theta}$$



Απαιτούμενη επιφανειακή φόρτιση για ΔΤΚ μετά από ΔΑ



Όσο πιο μεγάλη η περιεκτικότητα της ενεργής ιλύος σε στερεά (ΟΙ), τόσο πιο μικρή η ανά μοναδιαία επιφάνεια επιτρεπτή υδραυλική επιβάρυνση (επιφανειακή φόρτιση)

Σχήμα 1



Όγκος Ιλύος (ΟΙ)

- Είναι κατάλληλη παράμετρος (αδιάστατη) για την εκτίμηση της απαιτούμενης **επιφανειακής φόρτισης** των Δ.Κ. ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος εμποδισμένης καθίζησης

$$\text{ΟΙ} = \Delta\text{ΟΙ} \cdot \text{B}$$

- **ΔΟΙ** = δείκτης όγκου ιλύος (ml/g)
- **B** = βιομάζα στη μονάδα όγκου ιλύος (mg/l) μετά από ξήρανση σε 105⁰ C
- Στις μελέτες των δεξαμενών η τιμή **ΟΙ** υπολογίζεται με βάση την τιμή του **ΔΟΙ** που δίνεται στον επόμενο πίνακα



Δείκτης όγκου ιλύος

Πίνακας 3. Τιμές δείκτη όγκου ιλύος (ΔΟΙ)

Λύματα πόλεως	ΔΟΙ (ml/g)	
	$B > 0.05$	$B \leq 0.05$
Με μικρό ποσοστό οργανικών ουσιών βιομηχανικής προέλευσης	100 -150	75 - 100
Με μεγάλο ποσοστό οργανικών ουσιών βιομηχανικής προέλευσης	150 – 200	100 – 150



Φόρτιση Όγκου Ιλύος (ΦΟΙ)

- Μια πρόσθετη παράμετρος που χρησιμοποιείται για να **μην υπάρχουν** στην εκροή **αιωρούμενες ουσίες** σε μεγαλύτερη συγκέντρωση από **≤ 30 mg/l**
- Εκφράζεται από το γινόμενο του όγκου ιλύος (ΟΙ) επί την επιφανειακή φόρτιση (u_o) κι έχει τιμές

$$\text{ΦΟΙ} = \text{ΟΙ} \cdot u_o = 300 - 400 \text{ l/m}^2 \text{ h}$$

- Για Δ.Κ. οριζόντιας ροής $\text{ΦΟΙ} \leq 450 \text{ l/m}^2 \text{ h}$
- Για Δ.Κ. κάθετης ροής $\text{ΦΟΙ} \leq 600 \text{ l/m}^2 \text{ h}$



Δεξαμενές τελικής καθίζησης (ΔΤΚ)

1. Ζώνη καθαρού νερού

- Άνω μέρος δεξαμενής
- Βάθος $h_1 \geq 0,5 \text{ m}$

2. Ζώνη καθίζησης

- Διαχωρισμός καθιζανουσών ουσιών
- Βάθος $h_2 = 1\text{m}$ (για παντοροϊκά δίκτυα $h_2 = 0,5\text{m}$)

– Γενικά:

$$h_2 = \frac{500u_0}{1000 - \beta \text{OI}} (1 + \chi) = \frac{500u_0}{1000 - u_0 \cdot \Delta \text{OI B}} (1 + \chi)$$



Δεξαμενές τελικής καθίζησης (ΔΤΚ)

3. Αποθηκευτικός χώρος

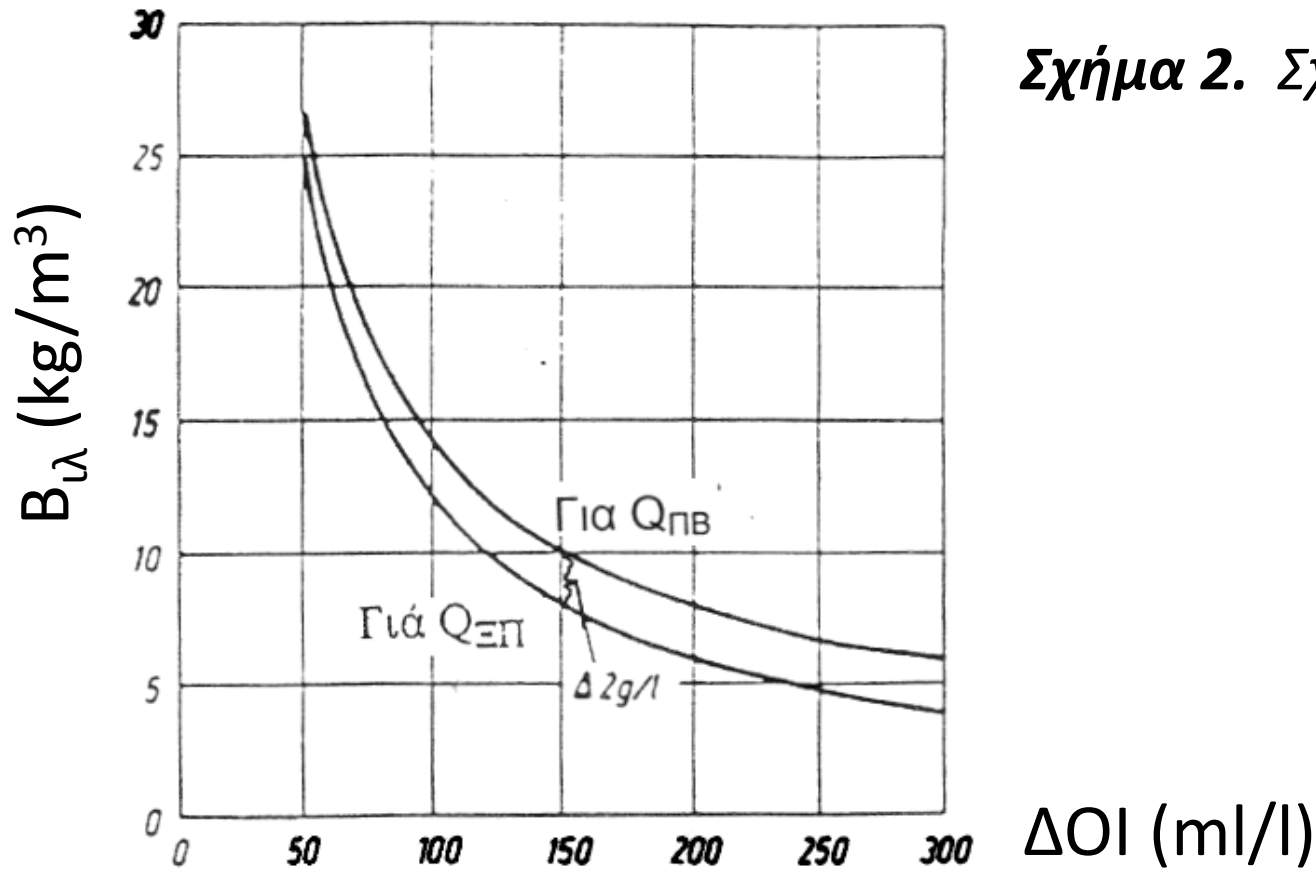
- Συγκράτηση βιομάζας από τις δεξαμενές αερισμού, λόγω αύξησης της παροχής κατά τις περιόδους βροχών (Π.Β.) στις εγκαταστάσεις παντοροϊκών δικτύων

- Ύψος ζώνης (m)
$$h_3 = \frac{\Delta B \cdot V \cdot \Delta OI}{500 \cdot E}$$

- ΔB = διαφορά βιομάζας στις δεξαμενές αερισμού σε Π.Β. και Ξ.Π. $\leq 30\%$ της βιομάζας των δεξαμενών σε Ξ.Π. (βλ.Σχ.35)
- V = όγκος δεξαμενών αερισμού
- ΔOI = δείκτης όγκου ιλύος (Πίνακας 12)
- E = επιφάνεια ζώνης = επιφάνεια Δ.Κ.



Υπολογισμός της διαφοράς βιομάζας (ΔB) στις Δ.Α. σε Π.Β. και Ξ.Π.



Σχήμα 2. Σχέση $B_{\lambda}=f(\Delta OI)$



Δεξαμενές τελικής καθίζησης (ΔΤΚ)

4. Ζώνη πάχυνσης ιλύος

- Η ζώνη πάνω από τον πυθμένα στην οποία συγκεντρώνεται η ιλύς που έχει κατακαθίσει
- Ύψος ζώνης (m)

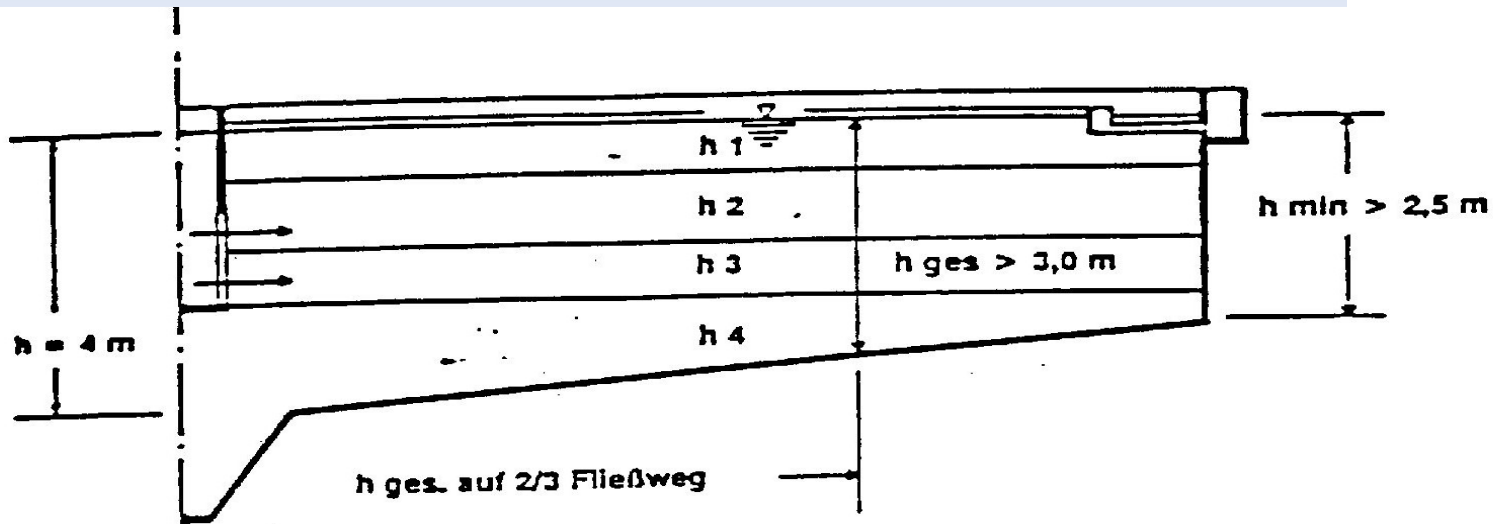
$$h_4 = \frac{OI}{1000} (1 + \alpha) = \frac{B \cdot \Delta OI}{1000} (1 + \alpha)$$

- **B** = βιομάζα στην μονάδα όγκου ιλύος (kg/m³) μετά από ξήρανση σε 105⁰ C
- **ΔΟΙ** = δείκτης όγκου ιλύος (ml/g)
- **α** = επανακυκλοφορία ιλύος



Ζώνες Δεξαμενής Τελικής Καθίωσης

- h_1 : ζώνη καθαρού νερού
- h_2 : ζώνη καθίωσης (διαχωρισμού)
- h_3 : ζώνη αποθήκευσης
- h_4 : ζώνη πάχυνσης (πύκνωσης και σάρωσης) ιλύος



Συνολικό βάθος $h_1 + h_2 + h_3 + h_4 \geq 2,5 \text{ m}$

Μετρίεται σε απόσταση $2/3L$ από το σημείο εισόδου των λυμάτων στις δεξαμενές (L =μήκος ροής)

Σχήμα 3.



Τα μέρη της ΔΤΚ διαστασιολογούνται όπως και για την ΔΑΚ

- **Προσαγωγός αγωγός και διάταξη ηρεμίας**

Στόχος : ομοιόμορφη κατανομή της παροχής και ομαλή χωρίς στροβιλισμούς ροή

- **Υπερχείλιση εκροής**

Στόχος : ομοιόμορφη απομάκρυνση των εξερχόμενων σε όλη την περιφέρεια ή σ' όλη τη διάταξη εξόδου

- **Θάλαμος συγκέντρωσης ιλύος**

Στόχος : απομάκρυνση ιλύος που καθιζάνει, προς τον κώνο συγκέντρωσης, με τη βοήθεια του ξέστρου

Κίνηση ξέστρου με μικρή ταχύτητα για αποφυγή επαναιώρησης της ιλύος.

- **Δεξαμενή συγκέντρωσης ιλύος**





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΑΣΚΗΣΗ 5. ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Εκφώνηση

Τα λύματα μιας τυπικής **κωμόπολης 5000 κατοίκων** θα καθαρισθούν σε εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων. Η εγκατάσταση θα περιλαμβάνει **μηχανική και βιολογική επεξεργασία**. Στον **αποδέκτη** στον οποίο θα διοχετευθούν τα λύματα δεν επιτρέπεται η διοχέτευση λυμάτων με **ρυπαντικό φορτίο** μεγαλύτερο των **30mg BOD₅/l** ($\phi_{\text{εκ.}} \leq 30\text{mg BOD}_5/\text{l}$)

Ζητούνται:

Ο υπολογισμός των παραμέτρων διαστασιολόγησης και λειτουργίας των **δεξαμενών αερισμού**.



Εκφώνηση

Δίνονται:

1. Διάλυση οξυγόνου σε καθαρό νερό συναρτήσει της θερμοκρασίας.

T° C	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
O _K mg/l	14,6	13,8	13,1	12,5	11,9	11,3	10,8	10,4	10,0	9,5	9,2	8,8	8,5

2. Διακύμανση θερμοκρασίας λυμάτων δεξαμενών αερισμού, **10-24°C**.

3. Συγκέντρωση βιομάζας στις δεξαμενές, **B = 2Kg/m³**.

4. Περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία της πλεονάζουσας ιλύος των δεξαμενών τελικής καθίζησης

χαμηλή φόρτιση δεξαμενών αερισμού → **B_α = 0,7% ή 7Kg/m³**

υψηλή φόρτιση δεξαμενών αερισμού → **2,5%**



Στάδια επίλυσης

A. Δεξαμενή αρχικής καθίζησης

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

B. Δεξαμενές αερισμού

- Υπολογισμός οργανικού φορτίου εισροής στις Δ.Α., $\Phi_{\text{εισ}}$
- Απόδοση εγκατάστασης βιολογικής επεξεργασίας, η
- Υπολογισμός επιτρεπόμενης οργανικής φόρτισης στις Δ.Α., Φ
- Υπολογισμός ημερήσιου οργανικού φορτίου που διοχετεύεται στις Δ.Α. από τον οικισμό



Στάδια επίλυσης

Γ. Οξυγόνο

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

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



Λύση Άσκησης

- Υπάρχουν διαθέσιμα:
 - Πίνακας 1: Σύνθεση λυμάτων (gr/m^3 λυμάτων)
 - Πίνακας 2: Παραγόμενες ακαθαρσίες ($\text{gr}/\text{κατ.}\text{d}$)
 - Οι αριθμοί ισχύουν για παραγωγή λυμάτων ίση προς **150 lt/κατ.}\text{d}**
 - **BAO_5** = Βιοχημικώς Απαιτούμενο Οξυγόνο (**BOD_5**),
παράμετρος μέτρησης της οργανικής ρύπανσης των νερών



Λύση Άσκησης

Πίνακας 1. Σύνθεση λυμάτων σε γραμμάρια ανά m^3 λυμάτων

	Ανόργ.	Όργαν.	Σύνολ.	BOD₅
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 lt/κατ.δ



Λύση Άσκησης

Πίνακας 2. Παραγόμενες ακαθαρσίες σε gr/κατ.d

	Άνοργ.	Όργαν.	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 (BAO₅=Βιοχημικώς απαιτούμενο οξυγόνο, στα γερμανικά BSB₅= Biochemische Sauerstoff Bedarf). Πρόκειται για μία παράμετρο μέτρησης της οργανικής ρύπανσης των νερών.



Δεξαμενή αρχικής καθίζησης

- Παραγωγή οργανικού φορτίου σε οικιακά λύματα (από Πίνακα 2): **54 gr BOD₅/κατ.d**
- Για μέση παραγωγή λυμάτων **150 lt/κατ.d**, το οργανικό φορτίο των λυμάτων είναι

$$\phi = (54 * 1000) / 150 = 360 \text{ mg BOD}_5 / \text{lt}$$

- Το οργανικό φορτίο των καθιζανουσών ουσιών (από Πίνακα 2): **19 gr BOD₅/κατ.d**
- Στις **Δ.Α.Κ.** είναι δυνατόν να αφαιρεθούν (δηλ. να **συγκρατηθούν**) οργανικές ουσίες σε ποσοστό $19/54 = 35,2\%$



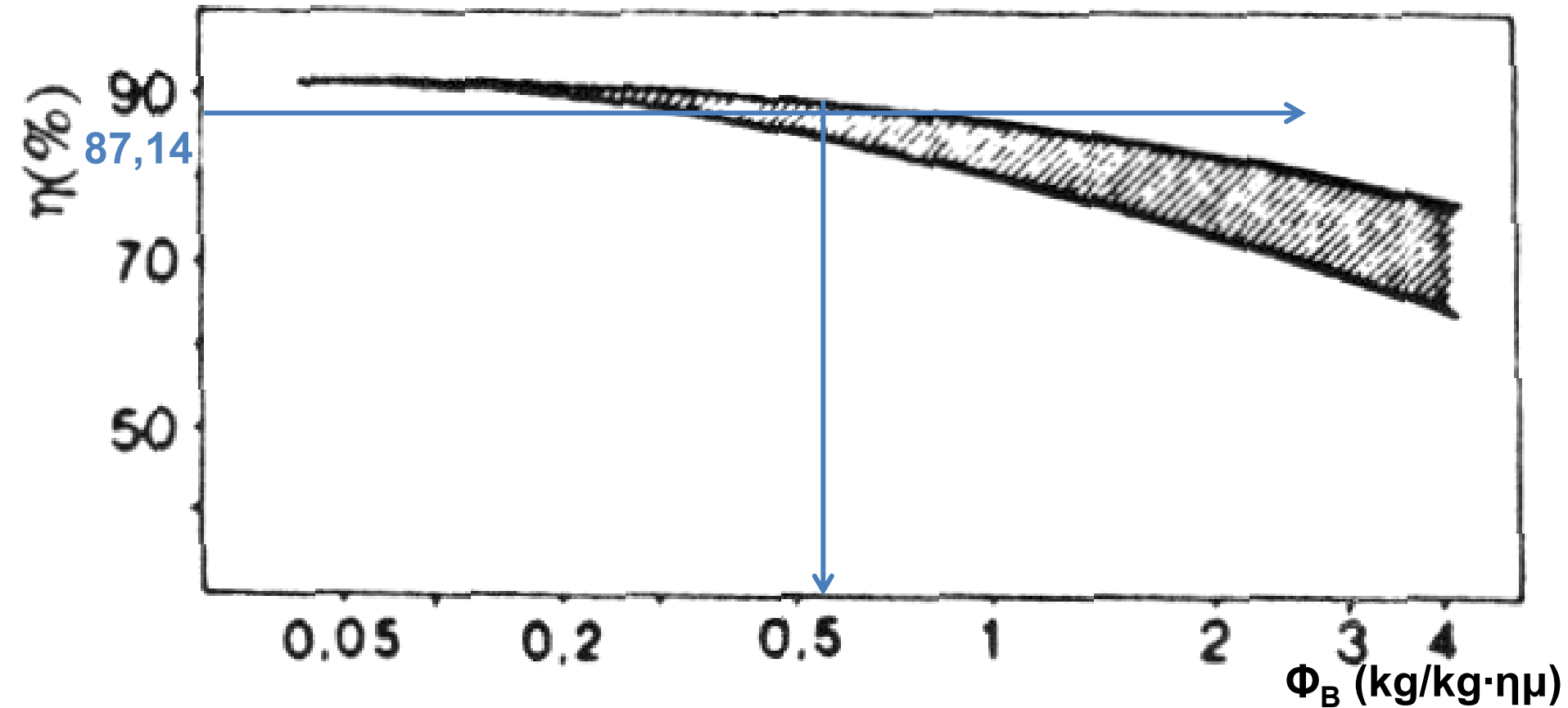
Δεξαμενή Αερισμού

- Στις δεξαμενές αερισμού θα **συνεχίσει** το $100-35,2 = 64,8 \%$ των οργανικών ουσιών
- Σύνολο $\text{BOD}_5 = 360 \text{ mg/l} = 360 \text{ gr/m}^3$ (από τον Πίνακα 1, ή από τον υπολογισμό της προηγούμενης σελίδας)
- Το οργανικό φορτίο των λυμάτων κατά την **εισροή** τους στις δεξαμενές αερισμού θα είναι: $\Phi_{\text{εισ.}} = 64,8\% \cdot 360 = 233,3 \text{ mgBOD}_5 / \text{lt}$
- **Απόδοση** της εγκατάστασης βιολογικής επεξεργασίας για $\Phi_{\text{εκ.}} = 30 \text{ mg BOD}_5 / \text{lt}$ (δεδομένο)

$$\eta = \left(\frac{\Phi_{\text{εκ.}}}{\Phi_{\text{εισ.}}} \right) 100 = \left(\frac{30}{233,3} \right) 100 = 12,86\%$$



Απαιτούμενη οργανική φόρτιση των Δ.Α.



Σχήμα 4. Απόδοση των εγκαταστάσεων ενεργού ιλύος συναρτήσει της οργανικής φόρτισης των δεξαμενών αερισμού

Πηγή: Η. Χατζηαγγέλου, 2002

Επιτρεπόμενη οργανική φόρτιση των Δ.Α.

- Από το διάγραμμα του Σχ.4 προκύπτει η οργανική φόρτιση των Δ.Α.

$$\Phi_B = 0,5-0,6 \text{ kg/kg}\cdot\eta\mu. \rightarrow 0,55 \text{ kg/kg}\cdot\eta\mu$$

- Η συγκέντρωση βιομάζας στις δεξαμενές αερισμού είναι

$$B = 2 \text{ kg/m}^3 \text{ (δεδομένο)}$$

- Άρα η επιτρεπόμενη οργανική φόρτιση σε BOD₅ ανά μονάδα όγκου δεξαμενής και ημέρα θα είναι

$$\Phi = \Phi_B \cdot B = 0,55 \cdot 2 = 1,1 \text{ kg/m}^3 \cdot \eta\mu.$$



Πίνακας 3. Ουσίες που υπάρχουν στα εκρέοντα λύματα από τις εγκαταστάσεις ενεργού ιλύος

Οργανική φόρτιση	Ουσίες
$\Phi_B \geq 1$	Οργανικά υπόλοιπα, NH_3 , δύσκολα αποικοδομήσιμες ουσίες, βακτηρίδια
$0,2 \leq \Phi_B \leq 1$	NH_3 , δύσκολα αποικοδομήσιμες ουσίες, βακτηρίδια
$0,1 \leq \Phi_B \leq 0,2$	Δύσκολα αποικοδομήσιμες ουσίες, βακτηρίδια
$0,1 \geq \Phi_B$	Δύσκολα αποικοδομήσιμες ουσίες



Όγκος Δ.Α.

- Ημερήσιο οργανικό φορτίο που διοχετεύεται στις Δ.Α.
 - Από τον οικισμό των 5000 κατοίκων
 - Για παραγωγή οργανικού φορτίου σε οικιακά λύματα (από Πίνακα 2): 54 gr BOD₅/κατ.ημ.
 - Αφού το 35,2% κατακρατείται στις Δ.Α.Κ.

$$\varphi_{\eta\mu} = 64,8\% \cdot (54/1000) \cdot 5000 = \mathbf{175 \text{ kgBOD}_5 / \eta\mu.}$$



Όγκος Δ.Α.

- Απαιτούμενος όγκος Δ.Α.
 - Για την επιτρεπόμενη οργανική φόρτιση σε BOD_5 ανά μονάδα όγκου δεξαμενής και ημέρα $\Phi=1,1 \text{ kg/m}^3 \text{ ημ.}$

$$V = \frac{\varphi_{\text{BOD}_5}}{\Phi} = \frac{1,75}{1,1} = 59 \text{m}^3$$



Διαστασιολόγηση Δ.Α.

- Το τυπικό βάθος των δεξαμενών αερισμού είναι $h=2,5-5$ m
- Λόγω του μικρού όγκου που υπολογίστηκε, $V=159\text{m}^3$, επιλέγεται βάθος $h=2,5$ m
- Άρα η επιφάνεια της Δ.Α. θα είναι $F=V/h=63,3\text{m}^2$



Πλεονάζουσα βιομάζα Δ.Α.

- Στο επόμενο Σχ. 5 δίνεται η ποσότητα βιομάζας που παράγεται από κάθε γραμμάριο BOD_5 οργανικών ουσιών που αποικοδομείται, συναρτήσει της οργανικής φόρτισης των δεξαμενών αερισμού Φ_B

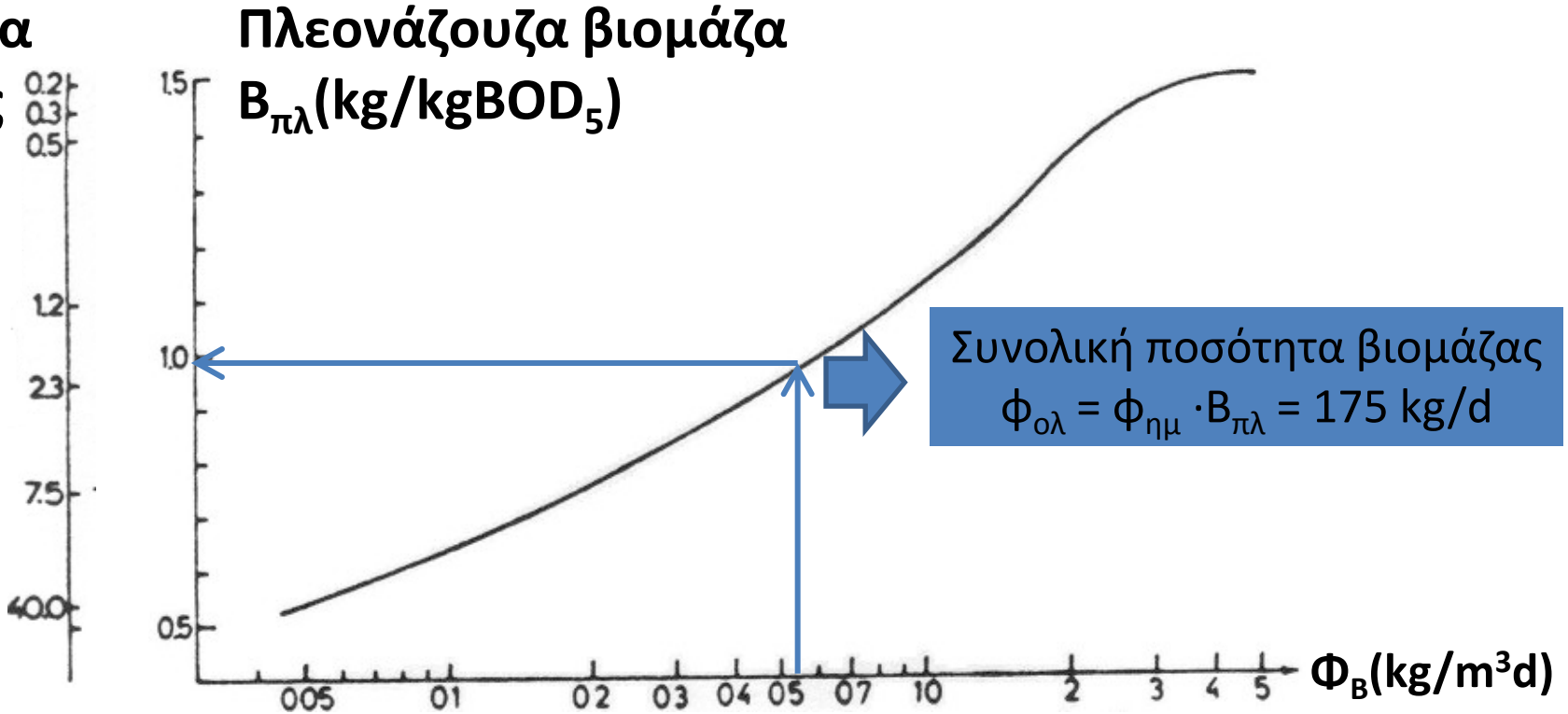
$$B_{\text{πλ}} \text{ (kg/kg } BOD_5 \text{)}$$

- Η βιομάζα αυτή στις ΕΕΛ καλείται **πλεονάζουσα**



Ημερήσια παραγωγή βιομάζας

Ηλικία
ιλύος
 $H_{ιλ}$



Σχήμα 5. Παραγωγή βιομάζας συναρτήσει της οργανικής φόρτισης των δεξαμενών αερισμού

Πηγή: Η. Χατζηαγγέλου, 2002



Κατανάλωση Οξυγόνου

$$O_c = d \cdot \Phi_{\alpha\pi} + e \cdot B$$

- O_c = κατανάλωση οξυγόνου ανά μονάδα όγκου των δεξαμενών και ημέρα ($\text{kg}/\text{m}^3 \text{ d}$)
- $d \cdot \Phi_{\alpha\pi}$ = κατανάλωση οξυγόνου για την αδρανοποίηση των οργανικών ουσιών (για $\Phi_B \approx 0,5-2 \text{ kg}/\text{kg} \cdot \text{d}$, $d=0,5$)
- $e \cdot B$ = κατανάλωση οξυγόνου για την ενδογενή αναπνοή της βιομάζας (για $\Phi_B \approx 0,5-2 \text{ kg}/\text{kg} \cdot \text{d}$, $e=0,1$)
- B = ξηρά βιομάζα ανά μονάδα όγκου των δεξαμενών αερισμού (kg / m^3)



Κατανάλωση Οξυγόνου

$$O_c = 0,5 \cdot 0,96 + 0,1 \cdot 2 = 0,68 \text{ kg/m}^3$$

- Απόδοση εγκατάστασης βιολογικής επεξεργασίας $\eta = 87,14\% = 0,87$
- Συνολική ποσότητα βιομάζας $\varphi_{ολ} = 175 \text{ kgBOD}_5 / \eta\mu.$
- Όγκος Δ.Α. $V = 159 \text{ m}^3$
- Για $\Phi_B = 0,55 \text{ kg / kg d}$
 - $d = 0,5$
 - $e = 0,1$
- $B = 2 \text{ kg/m}^3$ (δεδομένο)

$$\varphi_{...} = \eta \frac{\varphi_{...}}{V} = 0,87 \frac{175}{159} = 0,96 \text{ kg / m}^3 \text{ d}$$



Ποσότητα διαλυμένου οξυγόνου στα λύματα

$$O_{\lambda\nu} = \alpha \cdot O_{\nu\varepsilon} = \frac{O_K}{O_K - O} \cdot O_c$$

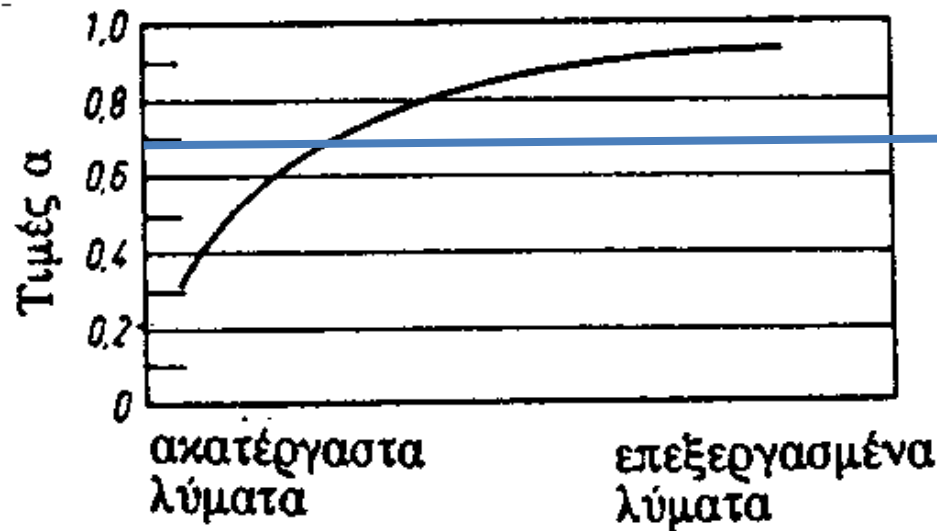
- $O_{\lambda\nu}$ = οξυγόνο που εισάγεται στο μείγμα λύματα-ενεργός ιλύς ($\text{kg}/\text{m}^3 \text{ d}$)
- α = συντελεστής διάλυσης οξυγόνου στο μείγμα λύματα-ενεργός ιλύς.
- $O_{\nu\varepsilon}$ = οξυγόνο που είναι δυνατόν να διαλυθεί στο καθαρό νερό ($\text{kg}/\text{m}^3\text{d}$)
- O_K = τιμή κορεσμού διαλυμένου οξυγόνου στις δεξαμενές αερισμού (mg/l)
- O = συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου στις δεξαμενές αερισμού (mg/l)
- O_c = κατανάλωση οξυγόνου ανά μονάδα όγκου των δεξαμενών και ημέρα ($\text{kg}/\text{m}^3 \text{ d}$)



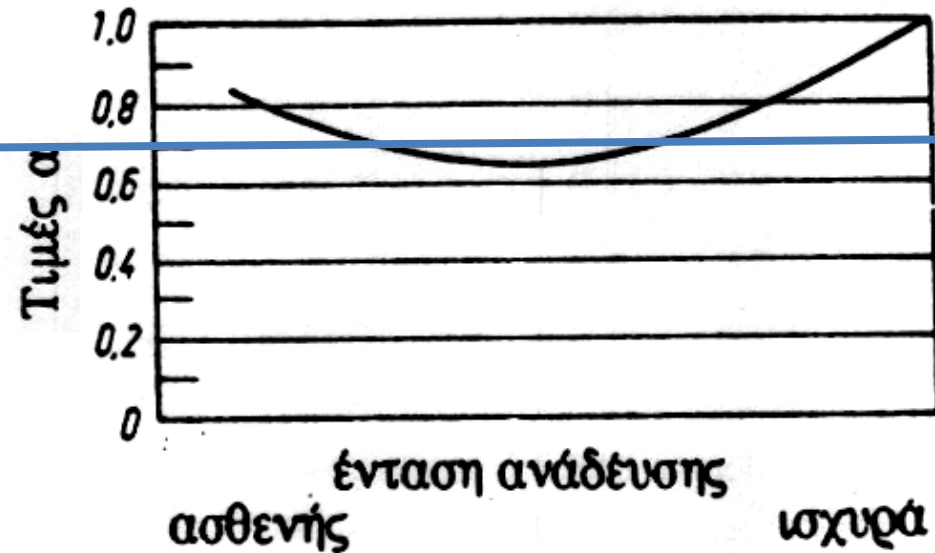
Συντελεστής διάλυσης οξυγόνου στο μείγμα λύματα-ενεργός ιλύς

$$\alpha = 0,7$$

(πραγματικές συνθήκες λυμάτων)



Σχήμα 6. Επίδραση της ρύπανσης των λυμάτων στις τιμές του συντελεστή α



Σχήμα 7. Επίδραση της έντασης της ανάδευσης στις τιμές του συντελεστή α

Πηγή: Η. Χατζηαγγέλου, 2002

Ποσότητα διαλυμένου οξυγόνου στα λύματα

- Η ελάχιστη ποσότητα διαλυμένου οξυγόνου στις Δ.Α. είναι **$O=1\text{mg/l}$**
- Η τιμή κορεσμού διαλυμένου οξυγόνου στις Δ.Α. είναι **$O_K = 8,5 \text{ mg/l}$** για **$T=24^\circ \text{C}$**
(δυσμενέστερη περίπτωση, θερινοί μήνες, από Πίνακα άσκησης)



Ποσότητα διαλυμένου οξυγόνου στα λύματα

- Η κατανάλωση οξυγόνου ανά μονάδα όγκου των δεξαμενών και ημέρα $O_c = 0,68 \text{ kg/m}^3$

$$O_{\lambda\omega} = \frac{O_K}{O_K - \gamma} \cdot \gamma = \frac{8,5}{8,5 - 0,7} \cdot 0,68 = 1,77 \text{ kg/m}^3 \text{d}$$

$$O_{\lambda\omega} = \alpha \cdot v_{\epsilon} \Rightarrow v_{\epsilon} = \frac{O_{\lambda\omega}}{\alpha} = \frac{1,77}{0,7} = 2,53 \text{ m}^3/\text{d}$$



Οξυγόνο που είναι δυνατόν να διαλυθεί στο καθαρό νερό

- Σε εγκαταστάσεις ενεργού ιλύος:
 - $\Phi_B \leq 0,6 \text{ kg/m}^3 \text{ d} \rightarrow$ χαμηλή φόρτιση Δ.Α.
 - $\Phi_B \geq 0,6 \text{ kg/m}^3 \text{ d} \rightarrow$ υψηλή φόρτιση Δ.Α.
- $\Phi_B = 0,55 \text{ kg/m}^3 \text{ d} \rightarrow$ χαμηλή φόρτιση Δ.Α. \rightarrow Πίνακας 3 $\rightarrow O_{\nu\epsilon}/\phi = 1-1,5 \text{ kg O}_2/\text{kgBOD}_5$
- Επειδή η τιμή είναι στο όριο υψηλής/χαμηλής φόρτισης εκλέγουμε $O_{\nu\epsilon}/\phi = 1,1 \text{ kg O}_2/\text{kgBOD}_5$
 $\rightarrow O_{\nu\epsilon} = 1,1 \phi_{\alpha\pi} = 1,1 \cdot 0,96 = 1,1 \text{ kg O}_2/\text{m}^3 \text{ d}$



Επανακυκλοφορία ιλύος από Δ.Τ.Κ.

Πίνακας 4. Κατανάλωση οξυγόνου στις δεξαμενές αερισμού

O_{ve}/φ (kg O_2 /kgBAO ₅)	Μέθοδος
1 - 1,2	Δεξαμενές υψηλής φόρτισης (μερική αποικοδόμηση των οργανικών ουσιών των λυμάτων)
1 -1,5	Δεξαμενές αερισμού στις οποίες γίνεται αποικοδόμηση του συνόλου των ευκόλως αποικοδομήσιμων ουσιών
2,5	Εγκαταστάσεις με νιτροποίηση
2,8	Εγκαταστάσεις με αδρανοποίηση της παραγόμενης ιλύος



Επανακυκλοφορία ιλύος από Δ.Τ.Κ.

$$\alpha = \frac{B}{B_{\text{ιλ}} - \beta}$$

- **B** = βιομάζα στη μονάδα όγκου των δεξαμενών αερισμού = 2 kg/m³ (δεδομένο)
- **B_{ιλ}** = περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία της πλεονάζουσας ιλύος των Δ.Τ.Κ. = 0,7% = 7‰ = 7kg/m³ (για χαμηλή φόρτιση – δεδομένο)



$$\alpha = \frac{2}{7 - 0} = 0,40 = 40\%$$



Σημείωμα Αναφοράς

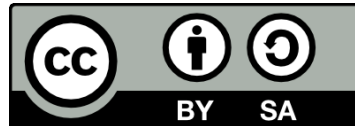
Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Αντιγόνη Ζαφειράκου.
«Τεχνική Περιβάλλοντος». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014.

Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:
<http://eclass.auth.gr/courses/OCRS460/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

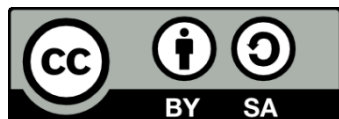
[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Ολυμπία Τασκάρη
Θεσσαλονίκη, 1/9/2014



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Σημειώματα

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

