



Πανεπιστήμιο
Αιγαίου

Ανοικτά
Ακαδημαϊκά
Μαθήματα



ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Ι

Βιολογική Επεξεργασία Ι

Διδάσκων: Επίκουρος Καθηγητής Αθ. Στασινάκης



Άδειες Χρήσης

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. Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, διαγράμματα, κείμενα, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα. Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου**» 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.



ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Οικολογία

Είδη Μικροοργανισμών

- ✓ Βακτήρια (bacteria)
- ✓ Μύκητες (fungi)
- ✓ Φύκη
- ✓ Πρωτόζωα (protozoa)
- ✓ Τροχόζωα (rotifers)

ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Βακτήρια

➤ Χαρακτηριστικά

✓ Μονοκύτταροι, αερόβιοι, ετεροτροφικοί (ύπαρξη αναερόβιων, αυτοτροφικών)

✓ Μέγεθος 0,5-5 μm

➤ Δράση

✓ Αποδόμηση οργανικών ενώσεων – Κυρίαρχος μικροοργανισμός σε ΜΕΥΑ

➤ Κατηγορίες Βακτηρίων

➤ Βακτήρια που παρουσιάζουν την τάση σχηματισμού βιοκροκίδων (floc-formers)

ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Μύκητες

Χαρακτηριστικά

- ✓ αερόβιοι, ετεροτροφικοί μικροοργανισμοί
- ✓ Μήκος 300-1000 μm , διάμετρος 3-8 μm
- ✓ Ανταγωνίζονται τα βακτήρια σε $\text{pH} < 6$
- ✓ Δείκτες τοξικής φόρτισης

ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Φύκη

Χαρακτηριστικά

- ✓ Φωτοσυνθετικοί μικροοργανισμοί
- ✓ Παρατηρούνται κυρίως σε : Βιολογικά φίλτρα, λίμνες οξείδωσης

ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

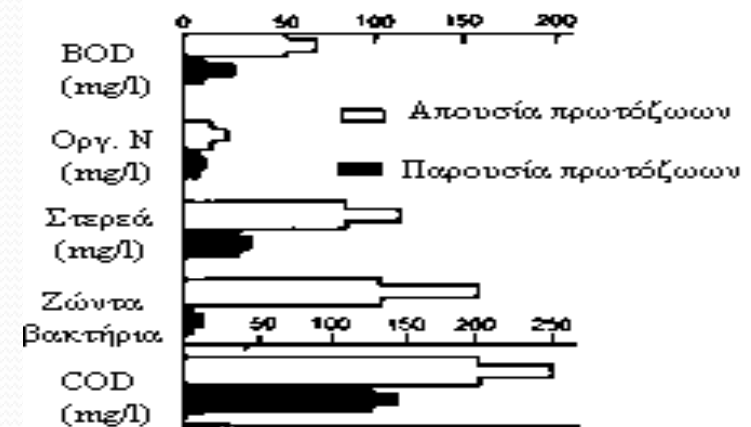
Πρωτόζωα

➤ Χαρακτηριστικά

- ✓ Μονοκύτταροι, ετεροτροφικοί, αερόβιοι μικροοργανισμοί
- ✓ Μέγεθος 5-1000 μm
- ✓ 5-12% συνολικής βιομάζας

Δράση

- ✓ Θήρευση ελεύθερων βακτηρίων και αιωρούμενου οργανικού υλικού
- ✓ Έκκριση πολυσακχαριτών που ευνοούν σχηματισμό βιοκροκίδων



ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Πρωτόζωα

Υγιές σύστημα: Ισορροπη ανάπτυξη ελεύθερων – προσκολλημένων βλεφαριδοφόρων

- Υπεραφθονία μαστιγοφόρων, αμοίβων, ελεύθερων βλεφαριδοφόρων => συνθήκες υψηλής φόρτισης
- Υπεραφθονία προσκολλημένων βλεφαριδοφόρων => συνθήκες χαμηλής φόρτισης
- Απουσία πρωτόζωων => έλλειψη DO, λειτουργία σε χαμηλό θ_c , ύπαρξη τοξικών ουσιών

ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Κατηγορίες Βακτηρίων

Κατηγοριοποίηση ανάλογα με την πηγή C

- Ετερότροφοι (χρησιμοποιούν οργανικό C για την παραγωγή βιομάζας)
- Αυτότροφοι (χρησιμοποιούν CO₂ για την παραγωγή βιομάζας)

ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Κατηγορίες Βακτηρίων

Κατηγοριοποίηση ανάλογα με την πηγή ενέργειας

- Φωτότροφοι (χρησιμοποιούν το φως ως πηγή ενέργειας)
- Χημειότροφοι (αντλούν ενέργεια από χημικές αντιδράσεις εξαιτίας της μεταφοράς e^- από το δότη e^- στον δέκτη e^-)

ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Κατηγορίες Βακτηρίων

Κατηγοριοποίηση ανάλογα με την ικανότητά τους να χρησιμοποιούν O_2 στις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις

- Απόλυτα αερόβιοι (χρησιμοποιούν DO ως τελικό δέκτη e^-)
- Απόλυτα αναερόβιοι (δεν μπορούν να επιβιώσουν παρουσία DO)
- Επαμφοτερίζοντες (αν είναι διαθέσιμο, χρησιμοποιούν DO ως δέκτη e^- , διαφορετικά χρησιμοποιούν άλλο δέκτη)
π.χ. Απονιτροποιητές (χρησιμοποιούν NO_3^- ως τελικό δέκτη e^-)

ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Κατάταξη μικροοργανισμών ανάλογα με δότη/δέκτη e^- , πηγή C

Τύπος Βακτηρίων	Αντίδραση	Πηγή C	Δότης e^-		
Δέκτης e^-	Προϊόντα				
Αερόβια Ετερότροφα	Αερόβια Οξείδωση	Οργ. Ενώσεις	Οργ. Ενώσεις	O_2	CO_2, H_2O
Αερόβια Αυτότροφα	Νιτροποίηση	CO_2	NH_3^+, NO_2^-	O_2	NO_3^-, NO_2^-
	Οξείδωση σιδήρου	CO_2	Fe(II)	O_2	Fe(III)
Ετερότροφα	Απονιτροποίηση	Οργ. Ενώσεις	Οργ. Ενώσεις	NO_3^-, NO_2^-	N_2, CO_2, H_2O
Αναερόβια Ετερότροφα	Ζύμωση	Οργ. Ενώσεις	Οργ. Ενώσεις	Οργ. Ενώσεις	Πτητικά λιπαρά οξέα
	Μεθανογένεση	Οργ. Ενώσεις	Πτητικά λιπαρά οξέα	CO_2	Μεθάνιο

ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Κατηγορίες Βακτηρίων

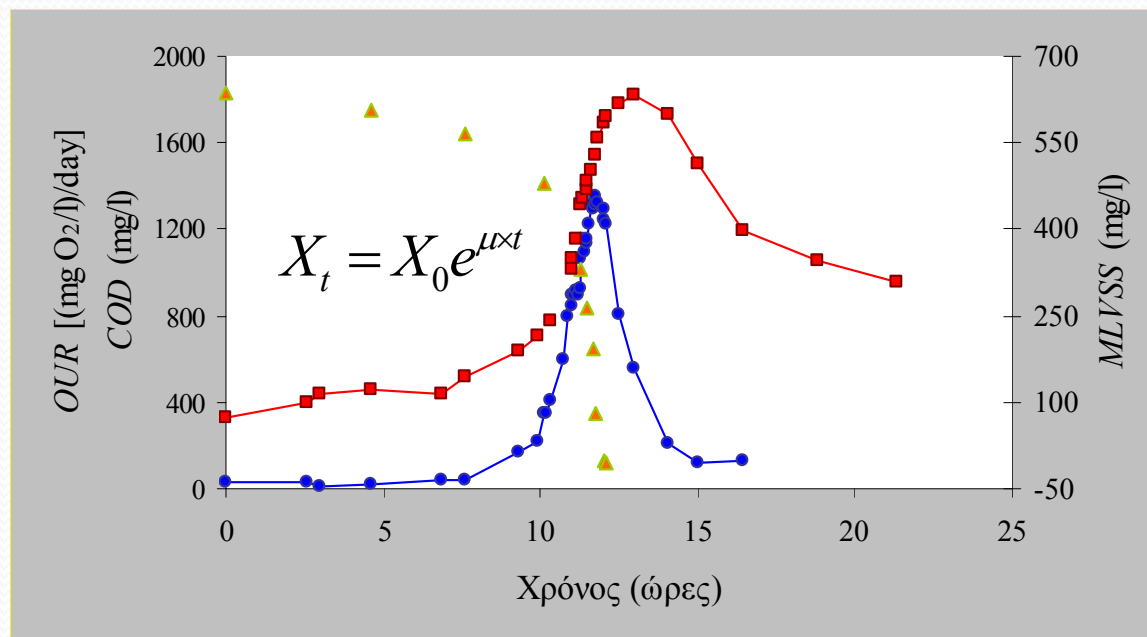
Κατηγοριοποίηση ανάλογα με την ικανότητά τους να επιβιώνουν σε συγκεκριμένες θερμοκρασίες

- Ψυχρόφιλοι ($\theta < 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$)
- Μεσόφιλοι ($20 \text{ }^{\circ}\text{C} < \theta < 45 \text{ }^{\circ}\text{C}$)
- Θερμοφιλοι ($\theta > 45 \text{ }^{\circ}\text{C}$)

ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Καμπύλη Αύξησης Μικροοργανισμών

Αντιδραστήρας με αφθονία υποστρώματος ($S_0/X_0 > 10$)



Φάση εκθετικής αύξησης

$$\frac{dX}{dt} = \mu X \Rightarrow$$

$$X_t = X_0 e^{\mu t}$$

$$t_d = \frac{\ln 2}{\mu}$$

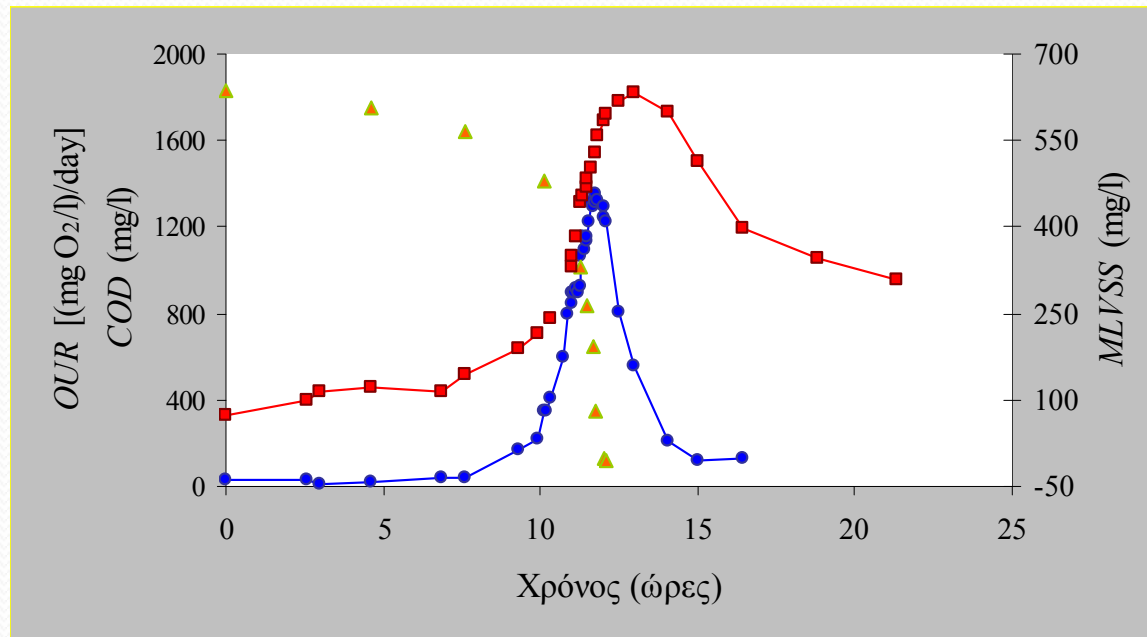
Όπου:

μ = ειδική ταχύτητα αύξησης
μικροοργανισμών (g νέων
κυττάρων g⁻¹ κυττάρων d⁻¹)

t_d = χρόνος διπλασιασμού (days)

ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Καμπύλη Αύξησης Μικροοργανισμών



$$\frac{dS}{dt} = qX$$

$$Y = \frac{dX}{dS}$$

Όπου:

q = ειδική ταχύτητα χρήσης υποστρώματος (g υποστρώματος g^{-1} κυττάρων d^{-1})

Y = συντελεστής μετατροπής υποστρώματος σε βιομάζα (mg σχηματιζόμενων κυττάρων/mg απομακρυνόμενου υποστρώματος, mg VSS/mg COD)

ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Σχεδιασμός βασισμένος σε κινητικές ανάπτυξης μικροοργανισμών:

$$\mu = \frac{dX}{dt} \cdot X$$

$$Y = \frac{dX}{dS}$$

$$q = \frac{dS}{dt} \cdot X$$

$$\mu = Yq$$

μ = ειδική ταχύτητα αύξησης μικροοργανισμών (g νέων κυττάρων g^{-1} κυττάρων d^{-1})

Y = συντελεστής μετατροπής υποστρώματος σε βιομάζα (mg σχηματιζόμενων κυττάρων/mg απομακρυνόμενου υποστρώματος, mg VSS/mg COD)

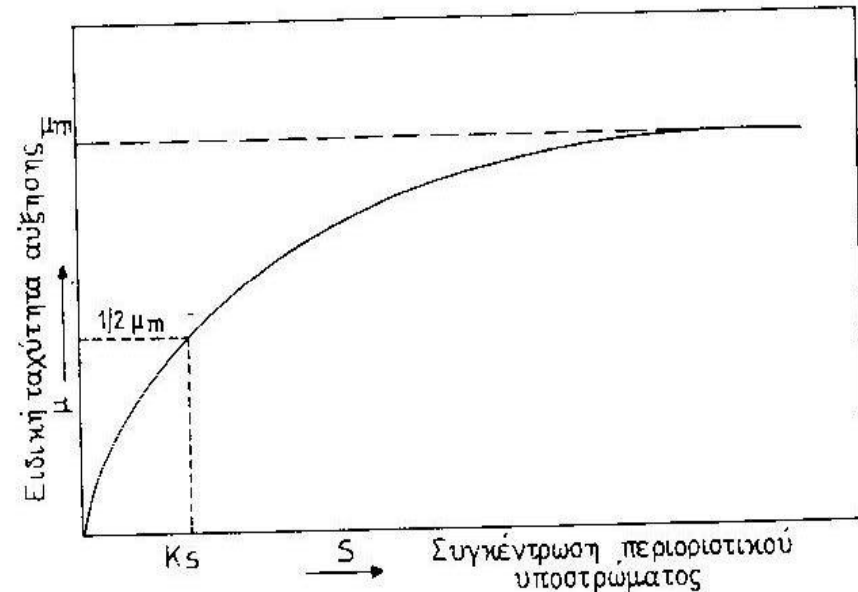
q = ειδική ταχύτητα χρήσης υποστρώματος (g υποστρώματος g^{-1} κυττάρων d^{-1})

ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Σχεδιασμός βασισμένος σε κινητικές ανάπτυξης μικροοργανισμών:

Εξίσωση Monod

$$\mu = \frac{\mu_{\max} \times S}{K_s + S}$$



μ_{\max} = μέγιστη ειδική ταχύτητα αύξησης (d^{-1})

K_s = συγκέντρωση υποστρώματος όπου $\mu = \mu_{\max}/2$ ($mg\ l^{-1}$)

ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Σχεδιασμός βασισμένος σε κινητικές ανάπτυξης μικροοργανισμών:

$$\left. \begin{aligned} q &= \frac{1}{Y} \mu \\ \mu &= \frac{\mu_{\max} \times S}{K_s + S} \end{aligned} \right\} q = \frac{1}{Y} \mu_{\max} \frac{S}{K_s + S} \Rightarrow q = q_{\max} \frac{S}{K_s + S}$$

q_{\max} = μέγιστη ειδική ταχύτητα χρήσης υποστρώματος (d^{-1})

ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Τιμές κινητικών ετερότροφων μικροοργανισμών (20 °C)

Παράμετρος	Εύρος τιμών
μ_{\max} (g VSS/g VSS d)	0,8-8
q_{\max} (g BOD/g VSS d)	2-10
K_s (mg/l BOD)	20-100
Y (mg VSS/mg BOD)	0,4-0,8
k_d (g VSS/g VSS d)	0,06-0,15

Διαφοροποίηση τιμών κινητικών ανάλογα με το είδος των μικροοργανισμών, T, είδος αποβλήτων

ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Επίδραση θερμοκρασίας σε τιμές κινητικών

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

Όπου:

k_T = ταχύτητα αντίδρασης σε θερμοκρασία T , $^{\circ}\text{C}$

K_{20} = ταχύτητα αντίδρασης σε θερμοκρασία 20 $^{\circ}\text{C}$

θ = σταθερά (1,05 για ενεργό ιλύ)

T = θερμοκρασία $^{\circ}\text{C}$

Προτεινόμενη Βιβλιογραφία

- ✓ Metcalf and Eddy (2006) *Μηχανική Αποβλήτων – Επεξεργασία και Επαναχρησιμοποίηση*, 4^η έκδοση, εκδόσεις Τζιόλα, Ελλάδα, σελ. 684-706, 718-730.
- ✓ Τσώνης Στ. (2004) *Επεξεργασία Λυμάτων*. Εκδόσεις Παπασωτηρίου (σελ. 177-196, 209-216)
- ✓ Λέκκας Θ. (2001) *Περιβαλλοντική Μηχανική II – Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων*. Εκδόσεις ΚΟΣΜΟΣ ΠΕΜΕΡ ΕΠΕ, (σελ. 111-155)
- ✓ Λυμπεράτος Γ., Βαγενάς Δ. (2012) *Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων*, εκδόσεις Τζιόλα, (σελ. 147-159)