



Πανεπιστήμιο
Αιγαίου

Ανοικτά
Ακαδημαϊκά
Μαθήματα



ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

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.



ΠΗΓΕΣ ΥΓΡΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

- ✓ Οικιστική δραστηριότητα (οικίες, ιδρύματα, καταστήματα....)
- ✓ Βιομηχανική δραστηριότητα (βιοτεχνίες, βιομηχανίες)
- ✓ Εισροές όμβριων, υπόγειου υδροφόρου (συνδέσεις και τοιχώματα αγωγών)
- ✓ Όμβρια ύδατα (μικτό αποχετευτικό σύστημα)

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Παροχή Αποβλήτων
(m^3/day ή $lt/hour$ ή lt/min)

Συγκέντρωση Ρύπων - Ρυπαντικό Φορτίο
(mg/lt) ή $\mu g/lt$ ή ng/lt) - (Kg/day)

Διατομή Αγωγών

Δυναμικότητα Αντλιών

Μέγεθος Εξαμμοτών - Εσχάρων - Δεξαμενών
(φυσικοχημικές διεργασίες)

Ποσότητες απολυμαντικών - κροκιδωτικών

Μέγεθος δεξαμενών αερισμού - ανοξικών -
αναερόβιων - χωνευτών
(βιολογικές διεργασίες)

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (υδραυλικό φορτίο)

- ✓ Σημερινές ή παλιότερες μετρήσεις πεδίου (ολοκληρωμένο αποχετευτικό δίκτυο)
 - Μερική ή πλήρης απουσία αποχετευτικού δικτύου
 - Σχεδιασμός μικρών μονάδων (ξενοδοχεία, ιδρύματα....)
- ↓
- ✓ Δεδομένα κατανάλωσης νερού (συνυπολογισμός νερού άρδευσης, μεταποίησης, ύπαρξη γεωτρήσεων.....)
 - ✓ Πληθυσμιακά δεδομένα + Βιβλιογραφικά δεδομένα παραγόμενων λυμάτων (κατ' άτομο)

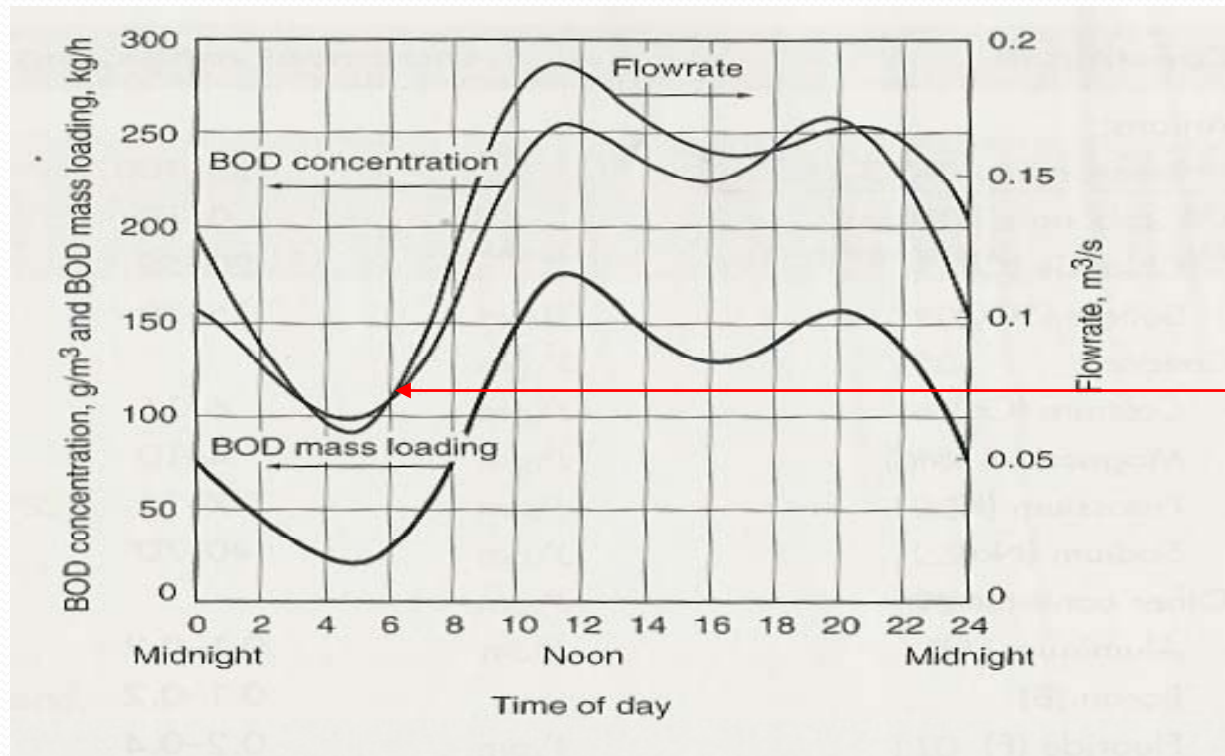
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (υδραυλικό φορτίο)

Παροχή Αποβλήτων = Πληθυσμός × Παραγόμενα λύματα ανά άτομο

$$(m^3/\eta\mu\epsilon\rho\alpha) = \frac{\text{Άτομα} \times (\text{lt λυμάτων} / \text{άτομο και ημέρα})}{1000 \text{ lt}/m^3}$$

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΡΥΠΩΝ

- ✓ Ημερήσια διακύμανση συγκέντρωσης



Χαμηλή κατανάλωση
νερού

Εισροές

Μικρότερες μονάδες => μεγαλύτερη διακύμανση (μικρότερη αποθηκευτική ικανότητα δικτύου)

Επεξεργασία Υγρών Αστικών Αποβλήτων

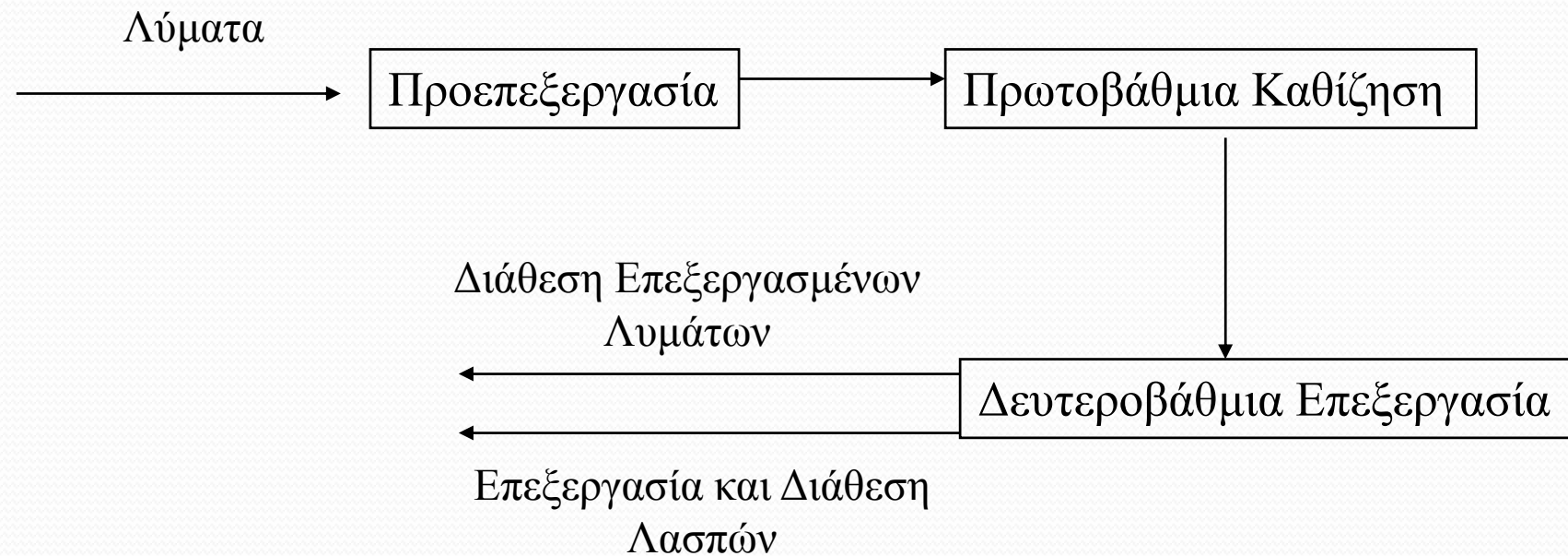
Σύνθεση Υγρών Αστικών Αποβλήτων

Χαρακτηριστικά	Συγκέντρωση
BOD ₅	100 - 300 (mg/l)
COD	250 - 1000 (mg/l)
Αιωρ. Στερεά	100 - 350 (mg/l)
Ολικό N	20 - 80 (mg/l)
Ολικός P	5 - 20 (mg/l)

Στόχος ΜΕΥΑ: Απομάκρυνση οργανικού φορτίου, αιωρούμενων στερεών, ενώσεων αζώτου και φωσφόρου

Επεξεργασία Υγρών Αστικών Αποβλήτων

Τυπικό Σύστημα Επεξεργασίας Αστικών Αποβλήτων



ΟΔΗΓΙΑ 91/271 ΕΕ

- ✓ Χρονοδιάγραμμα κατασκευής αποχετευτικών δικτύων
- ✓ Χρονοδιάγραμμα κατασκευής ΜΕΥΑ
- ✓ Καθορισμός ευαίσθητων υδάτινων αποδεκτών
- ✓ Καθορισμός συγκέντρωσης ρύπων στα επεξεργασμένα απόβλητα
- ✓ Καθορισμός μεθόδων δειγματοληψίας
- ✓ Καθορισμός μεθόδων ανάλυσης δειγμάτων

Επεξεργασία Υγρών Αστικών Αποβλήτων

Ποιότητα Εκροών Μονάδων Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων

Οδηγία 91/271/Ε.Ε

➤ Σε πόλεις 2.000 – 10.000 κατοίκων

Κατασκευή δικτύου αποχέτευσης και δευτεροβάθμιας επεξεργασίας έως 31/12/2005 αν τα λύματα καταλήγουν σε επιφανειακά νερά και εκβολές ποταμών

➤ Σε πόλεις με πληθυσμό > 10.000 κατοίκων

Υποχρεωτική κατασκευή δικτύου αποχέτευσης και εφαρμογή δευτεροβάθμιας επεξεργασίας

Επεξεργασία Υγρών Αστικών Αποβλήτων

Ποιότητα Εκροών Μονάδων Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων

Οδηγία 91/271/Ε.Ε

- Καθορισμός οριακών τιμών για τα επεξεργασμένα απόβλητα

Χαρακτηριστικά	Όρια Οδηγίας 91/271
BOD ₅	< 25 (mg/l)
COD	< 125 (mg/l)
Αιωρ. Στερεά	< 35 (mg/l)
Ολικό N	< 10 (mg/l)
Ολικός P	< 1 (mg/l)

ΕΡΓΑ ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΕΣΧΑΡΩΣΗ

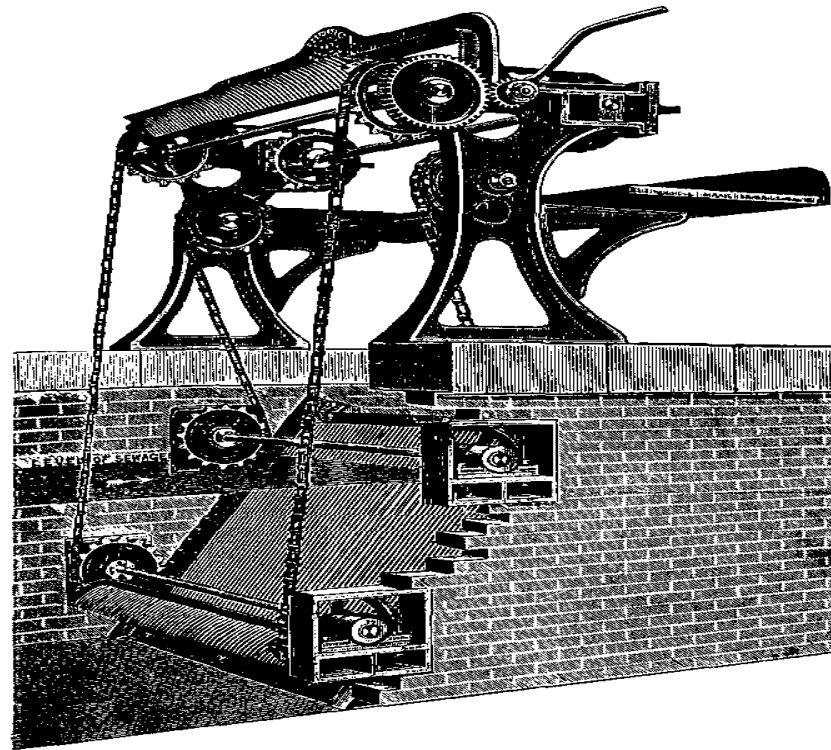
Στόχος: Απομάκρυνση ογκωδών υλικών, (χαρτιά, κουρέλια, πλαστικά, κλαδάκια..)

- ✓ Φθορά μηχανολογικού εξοπλισμού (αντλίες, βαλβίδες)
- ✓ Έμφραξη αγωγών
- ✓ Μείωση απόδοσης επόμενων διεργασιών

Διέλευση λυμάτων μέσα από σχάρες

ΕΡΓΑ ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΕΣΧΑΡΩΣΗ



Είδη εσχαρών: Χειρωνακτικά καθαριζόμενες – Μηχανικά καθαριζόμενες

ΕΡΓΑ ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΕΞΑΜΜΩΣΗ

Στόχος: Απομάκρυνση ανόργανων σωματιδίων (άμμος κ.α.)

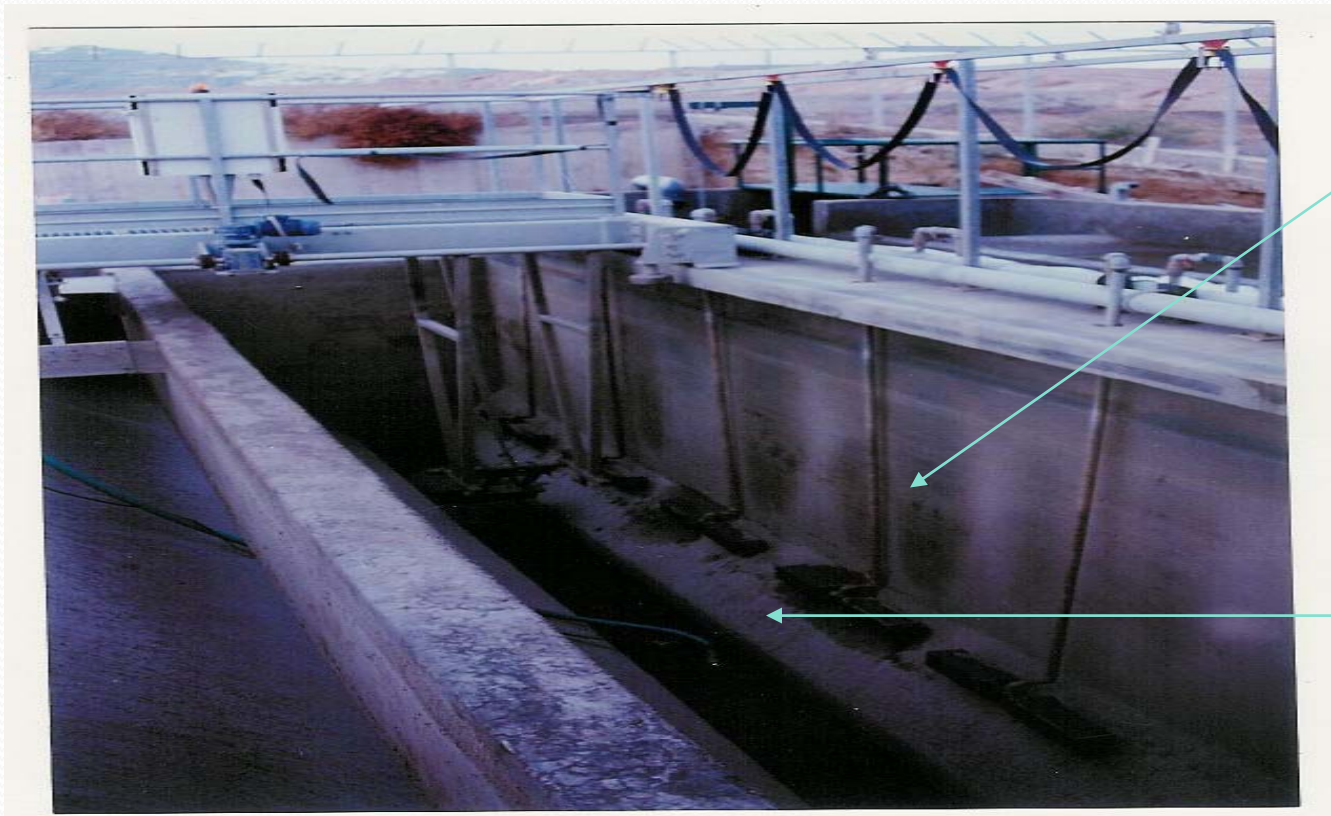
- ✓ Προστασία μηχανολογικού εξοπλισμού από φθορές λόγω τριβών
- ✓ Περιορισμός αποθέσεων στους αγωγούς
- ✓ Μείωση συχνότητας καθαρισμού αντιδραστήρων

Διέλευση λυμάτων από δεξαμενή όπου λόγω βαρύτητας επιτυγχάνεται απομάκρυνση

ΕΡΓΑ ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΕΞΑΜΜΩΣΗ

Αεριζόμενος εξαμμοτής



Διαχυτές αέρα:

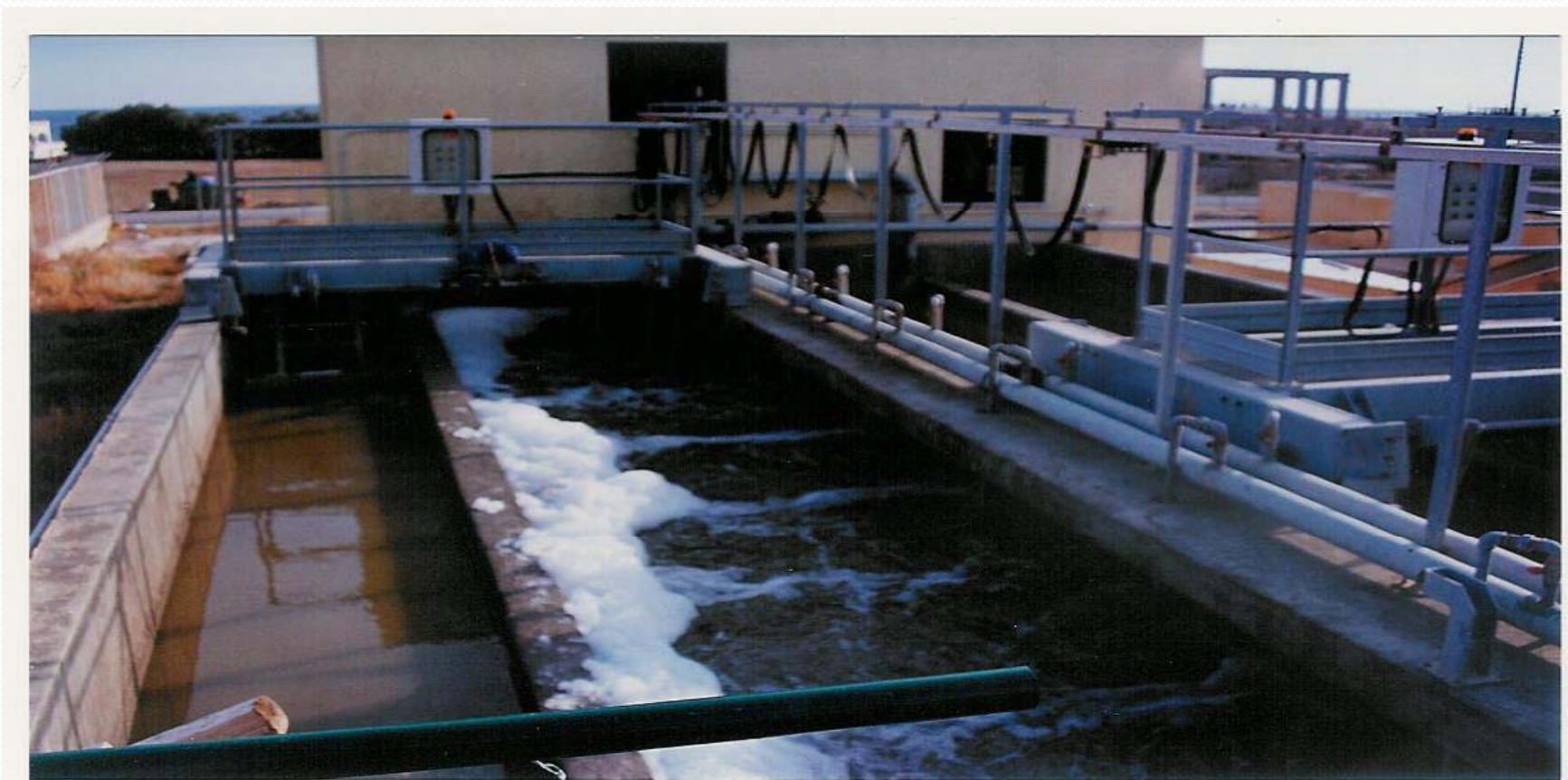
κατά μήκος μίας
πλευράς εξαμμοτή

Χοάνη συλλογής
άμμου

ΕΡΓΑ ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΕΞΑΜΜΩΣΗ

Αεριζόμενος εξαμμοτής



Επεξεργασία Υγρών Αστικών Αποβλήτων

Πρωτοβάθμια Καθίζηση

Στόχος: απομάκρυνση οργανικού υλικού των λυμάτων που βρίσκεται σε σωματιδιακή μορφή

- Παραμονή λυμάτων σε κυκλικές ή ορθογωνικές δεξαμενές
- Απομάκρυνση 50 - 60% αιωρούμενων στερεών
- Απομάκρυνση 25 - 40% BOD
- Επεξεργασμένα απόβλητα φεύγουν από την υπερχειλίση δεξαμενής
- Πρωτοβάθμια ιλύς αντλείται από τον πυθμένα δεξαμενής

Επεξεργασία Υγρών Αστικών Αποβλήτων

Πρωτοβάθμια Καθίζηση

Σχεδιαστικά Κριτήρια

- Υδραυλικός χρόνος παραμονής (1,5-2,5 ώρες)

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

V = όγκος δεξαμενής (m³)

Q = μέση ημερήσια παροχή (m³/ημέρα)

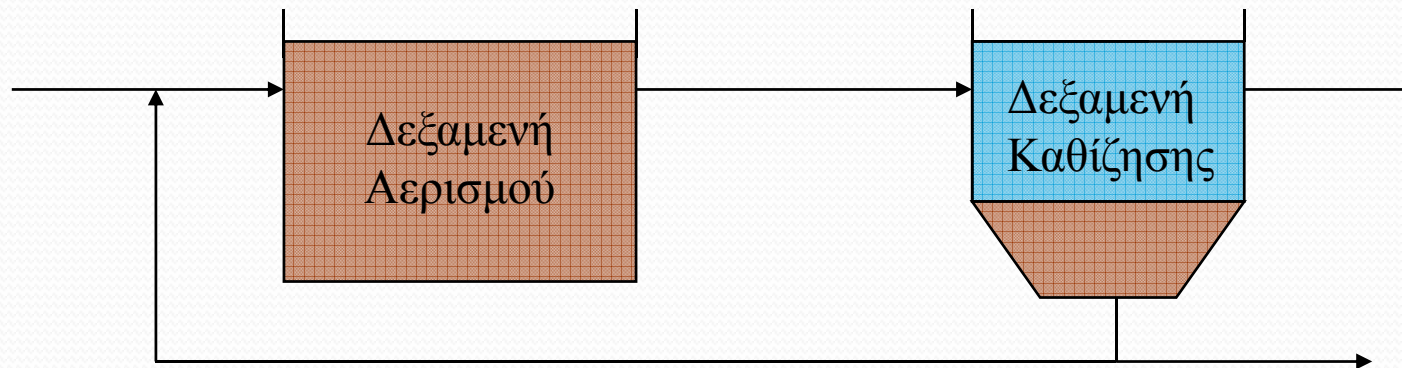
- Επιφανειακό Φορτίο (15 - 30 m³/ημέρα και m²)

$$\text{Επιφανειακό Φορτίο} = \frac{Q}{A}$$

A = επιφάνεια δεξαμενής (m²)

Παράδειγμα 3.7

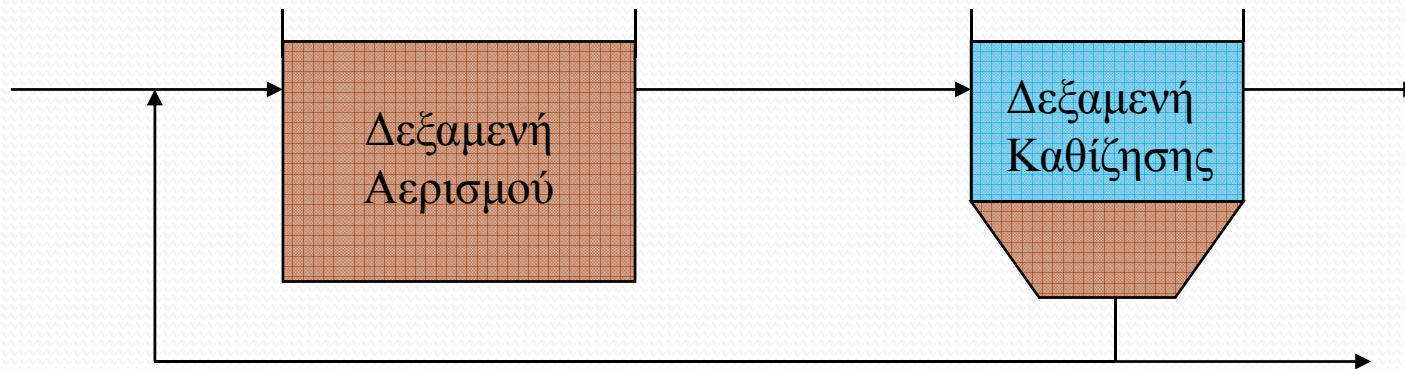
ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΛΥΣ



Δεξαμενή Αερισμού

- ✓ Επαφή λυμάτων με συσσωματώματα μικροοργανισμών (αερόβιες συνθήκες, πλήρης μίξη)
- ✓ Οξείδωση μέρους των οργανικών ενώσεων σε CO_2 , H_2O
- ✓ Μετατροπή μέρους των οργανικών ενώσεων σε νέο κυτταρικό υλικό

ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΛΥΣ

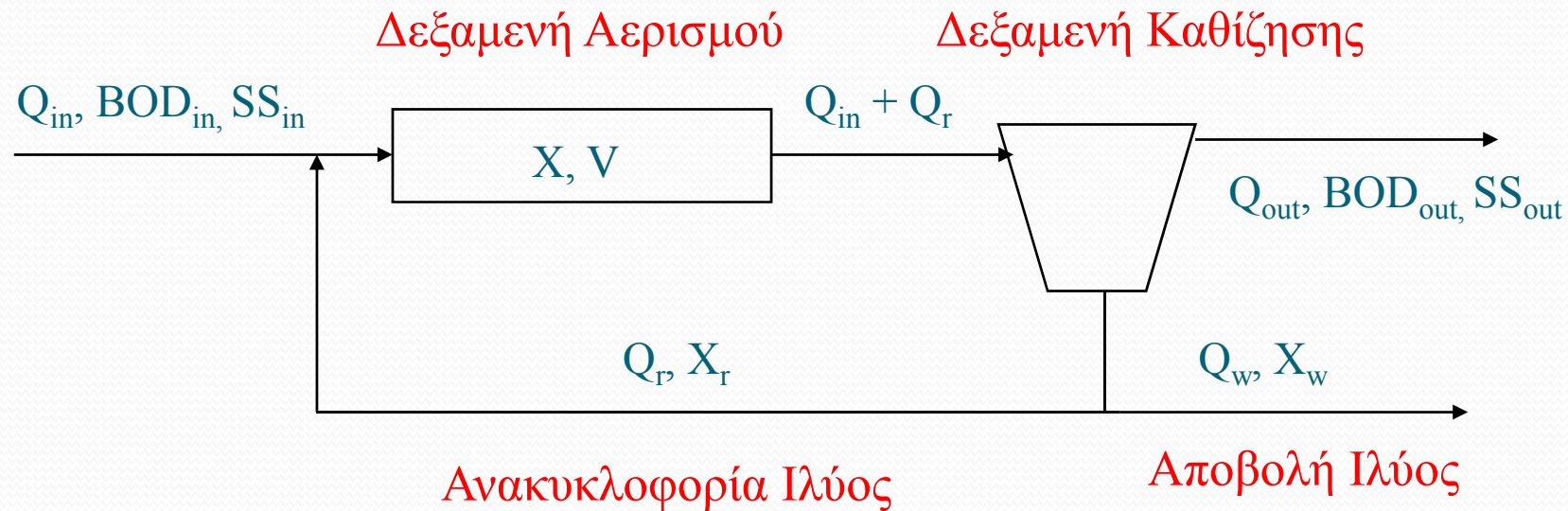


Δεξαμενή Καθίζησης

- ✓ Διαχωρισμός των βιοκροκίδων λόγω καθίζησης
- ✓ Ανακυκλοφορία μέρους της ιλύος στη Δεξαμενή Αερισμού
- ✓ Αποβολή μέρους της ιλύος

Επεξεργασία Υγρών Αστικών Αποβλήτων

Δευτεροβάθμια Επεξεργασία – Μέθοδος Ενεργού Ιλύος



Q = παροχή ($m^3/ημέρα$)

SS ή X ή $MLVSS$ = αιωρούμενα στερεά (mg/l)

BOD = οργανικό φορτίο (mg/l)

Επεξεργασία Υγρών Αστικών Αποβλήτων

Δευτεροβάθμια Επεξεργασία – Μέθοδος Ενεργού Ιλύος

➤ Ρόλος βιοκροκίδων

Απομάκρυνση οργανικού φορτίου στη δεξαμενή αερισμού μέσω προσρόφησης

Διαχωρισμός Αιωρούμενων στερεών στη δεξαμενή καθίζησης

➤ Μικροοργανισμοί που εμπλέκονται στη διεργασία

Βακτήρια, πρωτόζωα, μύκητες, τροχόζωα

➤ Κατάλληλες περιβαλλοντικές συνθήκες

DO > 1-2

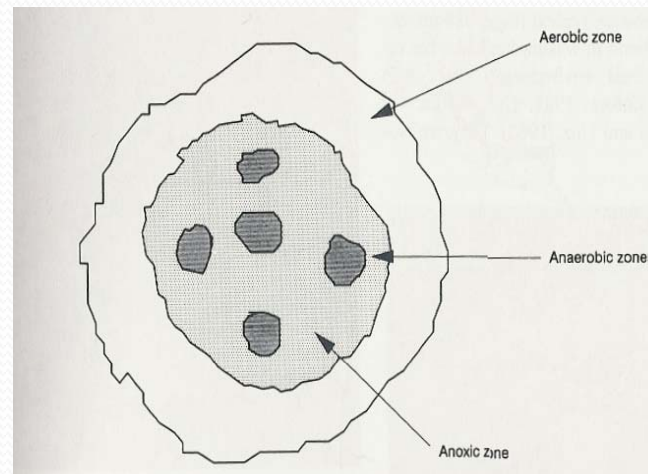
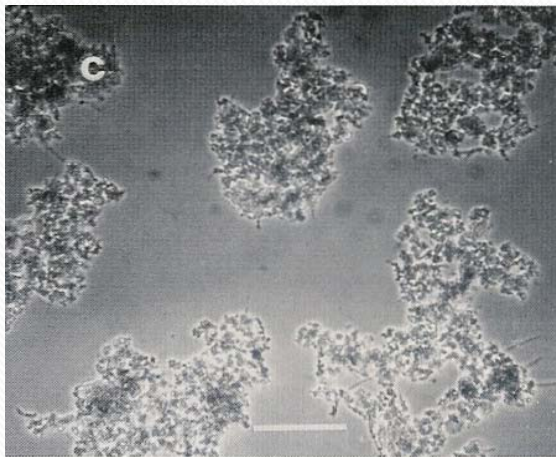
pH 6,5-8,0

BOD/N/P = 100/6/1

ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΛΥΣ

Βιοκροκίδωση

Βιοκροκίδα: συσσωμάτωμα μικροοργανισμών, κολλοειδών, οργανικών πολυμερών, κατιόντων



ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΛΥΣ

Βιοκροκίδωση

Χαρακτηριστικά:

- ✓ Μεγάλο πορώδες => ειδική επιφάνεια μεγαλύτερη από ομογενή μάζα μικροοργανισμών ίδιου μεγέθους (απομάκρυνση οργανικού φορτίου στη ΔΑ)
- ✓ Γραμμική σχέση διαμέτρου βιοκροκίδας – ταχύτητας καθίζησης (διαχωρισμός στερεών στη ΔΔΚ)

Επεξεργασία Υγρών Αστικών Αποβλήτων

Δευτεροβάθμια Επεξεργασία – Μέθοδος Ενεργού Ιλύος

Σχεδιαστικά κριτήρια

- Υδραυλικός χρόνος παραμονής λυμάτων στη ΔΑ, θ (3,5 – 36 ώρες)

$$\theta = \frac{V}{Q_{ολικό}}$$

$$\text{Όπου } Q_{ολικό} = Q_{in} + Q_r$$

- Χρόνος παραμονής μικροοργανισμών στο σύστημα, θ_c (3-40 ημέρες)

$$\theta_c = \frac{(MLVSS \times V)}{(Q_{out} \times SS_{out}) + (Q_w \times X_w)}$$

Επεξεργασία Υγρών Αστικών Αποβλήτων

Δευτεροβάθμια Επεξεργασία – Μέθοδος Ενεργού Ιλύος

Σχεδιαστικά κριτήρια

- Φορτίο Ιλύος, F/M (0,05-1 Kg BOD/Kg βιομάζας και ημέρα)

$$\frac{F}{M} = \frac{(Q_{in} \times BOD_{in})}{(MLVSS \times V)}$$

- Υδραυλικό φορτίο ΔK (12-41 m³/ημέρα και m²)

$$\text{Υδραυλικό Φορτίο} = \frac{Q}{A}$$

Παραδείγματα 3.8 και 3.9

Βιολογική Απομάκρυνση Αζώτου

Επιπτώσεις σε επιφανειακούς αποδέκτες, υπόγεια νερά:

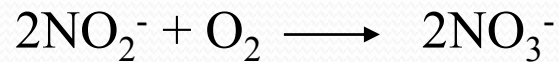
- ✓ Ευτροφισμός
- ✓ Τοξικότητα αμμωνίας σε ψάρια
- ✓ Αποξυγόνωση αποδεκτών λόγω απονιτροποίησης αμμωνίας
- ✓ Τοξικότητα από παρουσία νιτρικών σε πόσιμο νερό (κυάνωση σε βρέφη)

Επεξεργασία Υγρών Αστικών Αποβλήτων

Δευτεροβάθμια Επεξεργασία – Μέθοδος Ενεργού Ιλύος

Απομάκρυνση Ενώσεων Αζώτου

➤ Νιτροποίηση (αυτότροφα νιτροποιά βακτήρια)



Παράγοντες που επηρεάζουν τη νιτροποίηση:

DO, θ_c , pH, θερμοκρασία, ύπαρξη τοξικών ουσιών

Επεξεργασία Υγρών Αστικών Αποβλήτων

Δευτεροβάθμια Επεξεργασία – Μέθοδος Ενεργού Ιλύος

Απομάκρυνση Ενώσεων Αζώτου

➤ Απονιτροποίηση (ετερότροφα απονιτροποιά βακτήρια)



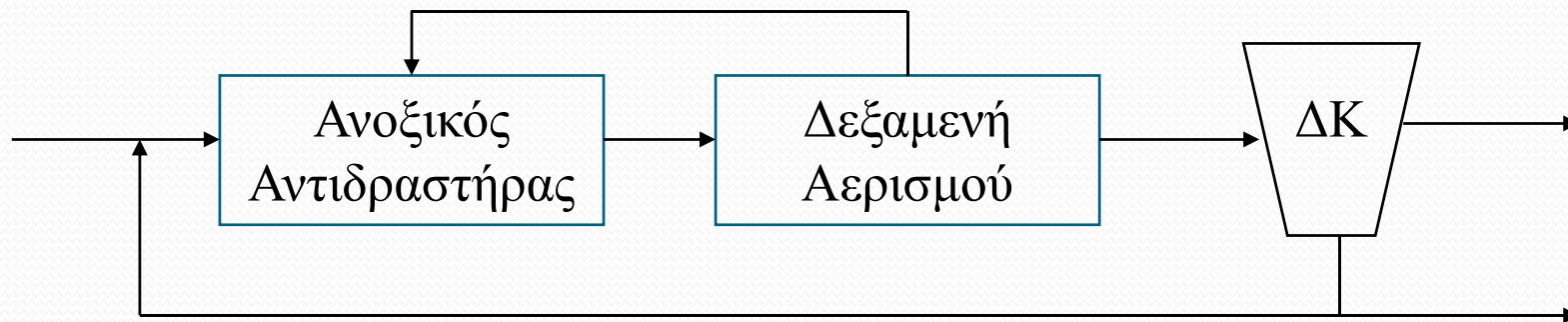
Παράγοντες που επηρεάζουν την απονιτροποίηση:

Υπαρξη ανοξικών συνθηκών στον αντιδραστήρα ($\text{DO} \rightarrow 0$)

Επεξεργασία Υγρών Αστικών Αποβλήτων

Δευτεροβάθμια Επεξεργασία – Μέθοδος Ενεργού Ιλύος

Απομάκρυνση Ενώσεων Αζώτου



Σύστημα ενεργού ιλύος που επιτυγχάνει βιολογική απομάκρυνση αζώτου

ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΛΥΣ

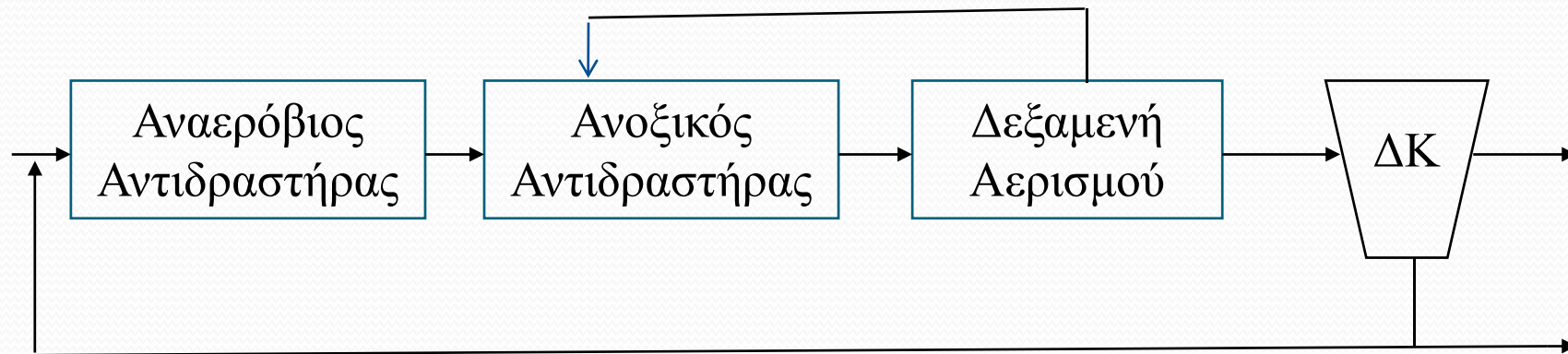
Απομάκρυνση φωσφόρου

- ✓ Παγίδευση φωσφόρου σε στερεά (χημικά ιζήματα, ενεργό ιλύ) και αφαίρεση στη ΔΚ
- ✓ Αποφυγή επαναδιάλυσης φωσφόρου κατά την καθίζηση

Επεξεργασία Υγρών Αστικών Αποβλήτων

Δευτεροβάθμια Επεξεργασία – Μέθοδος Ενεργού Ιλύος

Απομάκρυνση Ενώσεων Φωσφόρου



Απαραίτητη προϋπόθεση για βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου:

DO = 0 και Νιτρικά = 0 στον αναερόβιο αντιδραστήρα

Επεξεργασία Υγρών Αστικών Αποβλήτων

Διάθεση Επεξεργασμένων Αποβλήτων και Λασπών

➤ Επεξεργασμένα Απόβλητα

Απολύμανση

Διάθεση σε τελικό αποδέκτη (επιφανειακά ύδατα, θάλασσα, έδαφος)

➤ Λάσπες

Πάχυνση (μείωση όγκου)

Χώνευση (μείωση οργανικού φορτίου)

Διάθεση (χωματερές, εδαφοβελτιωτικό)

ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Μέθοδοι Απολύμανσης:

1. Χημικές ουσίες (Cl_2 , NaOCl , Ca(OCl)_2 , βρώμιο, ιώδιο, όζον, φαινόλες, βαρέα μέταλλα.....)
2. Φυσικοί παράγοντες (θερμοκρασία, ηλιακή ακτινοβολία, UV ακτινοβολία...)

ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ ΙΛΥΟΣ

Σύστημα υψηλής ταχύτητας – μίας βαθμίδας

Ομοιόμορφη τροφοδότηση

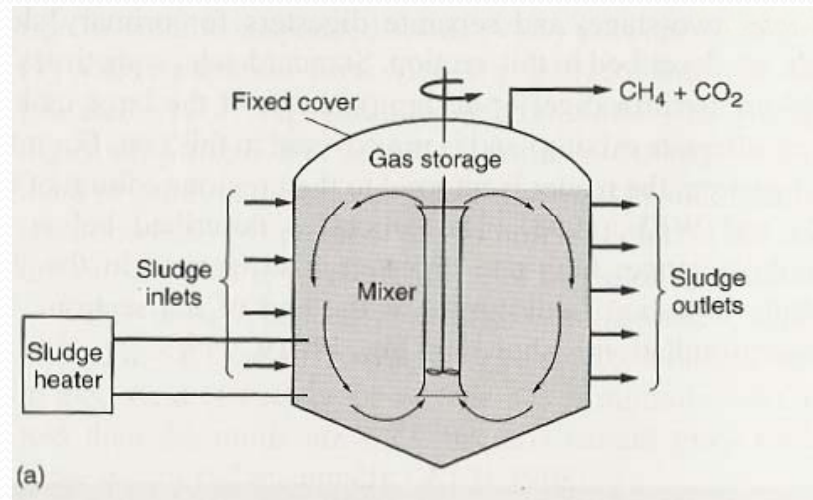
Συνεχής τροφοδότηση ή σε κύκλους 30 min

} Διατήρηση σταθερών συνθηκών

Αποθήκευση αερίου: κινητή ή ακίνητη οροφή

Ανάμιξη: παραγόμενο βιοαέριο, αναδευτήρες, άντληση και επαναεισαγωγή ιλύος

Θέρμανση: εσωτερικά, εξωτερικά



ΕΠΙΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΒΑΛΤΩΝ

Αστική Χρήση

- Πάρκα
- Εθνικοί Δρόμοι
- Περιφερειακές Ζώνες Πρασίνου
- Ιπποδρόμια – Νεκροταφεία
- Πυροπροστασία
- Καθαρισμός WC



Επαναχρησιμοποίηση Λασπών

- Αγροτική έκταση
- Δασική έκταση
- Έκταση προς αποκατάσταση
- Βιομηχανική χρήση (παραγωγή τσιμέντου, δομικών υλικών)
- Καύση για παραγωγή ενέργειας

Επαναχρησιμοποίηση Λασπών

Οδηγία 86/278/Ε.Ε.– Αγροτική Χρήση

Συγκέντρωση στο χώμα Φορτίο (mg/Kg ξηρού υλικού)	Συγκέντρωση στη λάσπη (mg/Kg ξηρού υλικού)	Ετήσιο Επιτρεπόμενο (Kg/ εκτάριο και χρόνο)
Cd 1-3	20-40	0.15
Cu 50-140	1000-1750	12
Ni 30-75	300-400	3
Pb 50-300	750-1200	15
Zn 150-300	2500-4000	30
Hg 1-1.5	16-25	30