



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Διαχείριση και Τεχνολογία Περιβάλλοντος

Ενότητα 3: Επιφανειακά και υπόγεια νερά

Μιχαήλ Σκούλλος, Εμμανουήλ Δασενάκης
Σχολή Θετικών Επιστημών
Τμήμα Χημείας

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΥΜΑΤΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ - ΕΛΕΓΧΟΣ

Ως λύματα ορίζονται τα υγρά απόβλητα αστικής προέλευσης. Σύμφωνα με την οδηγία 91/271/EEC, ως οικιακά χαρακτηρίζονται τα λύματα από περιοχές κατοικίας και υπηρεσιών, ενώ ως αστικά το μίγμα των οικιακών λυμάτων, των βιομηχανικών ή/και των όμβριων υδάτων.

Ως απόβλητα ορίζονται οι υγρές βιομηχανικές απορροές. Σύμφωνα με την ίδια οδηγία, ως βιομηχανικά χαρακτηρίζονται οποιαδήποτε απόβλητα προέρχονται από βιομηχανικές ή εμπορικές δραστηριότητες και δεν είναι οικιακά λύματα ή όμβρια ύδατα.

- ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΛΥΜΑΤΩΝ
- θερμοκρασία
- Είναι μεγαλύτερη από αυτήν του πόσιμου νερού, λόγω μίξης με θερμικά απόβλητα, αλλά και από αυτήν του περιβάλλοντος, εκτός τις ζεστές μέρες του καλοκαιριού. Κυμαίνεται από 10 ως 22°C. Η αύξησή της ευνοεί την ανάπτυξη των μικροοργανισμών, τις ταχύτητες των βιολογικών διεργασιών και χημικών δράσεων, ενώ μειώνει το ποσό του διαλυμένου οξυγόνου.
- χρώμα
- Το χρώμα των φρέσκων αποβλήτων είναι γκρι, ενώ, αν έχει αρχίσει η σήψη και λόγω κατανάλωσης του O₂, αυτά χρωματίζονται μαύρα ή σκούρο καφέ. Η παρουσία χρωστικών δεν ενδείκνυται, καθώς μπορεί να οδηγήσει σε χρωματισμό του αποδέκτη.
- οσμή
- Με την πάροδο όμως του χρόνου επικρατεί η μυρωδιά του υδρόθειου.
- πυκνότητα
- Η πυκνότητα των λυμάτων είναι πρακτικά ίση με αυτή του νερού ύδρευσης, δηλαδή ~1gr/cm³. Η διαφορά της τιμής αυτής από το θαλασσινό νερό είναι καθοριστική κατά τη διάθεση των λυμάτων σε θαλάσσια συστήματα.
- μέγεθος σωματιδίων
- αιωρούμενα στερεά
- διάμετρος σωμα. >10⁻⁵ cm
- κολλοειδή στερεά
- διάμετρος σωμα. 10⁻⁷-10⁻⁵ cm
- διαλυμένα στερεά
- διάμετρος σωμα. <10⁻⁷ cm
- διάκριση στερεών
- ολικά στερεά
- υπόλειμμα εξάτμισης στους 105°C, σε mg/L, στις ιλύες και %κ.β.
- διαλυτά
- διέρχονται από ηθμό, περιλαμβάνονται και τα κολλοειδή, σε mg/L
- αιωρούμενα
- πτητικά
- απομακρύνονται με θέρμανση στους 600°C, κυρίως οργανικές ενώσεις, σε mg/L
- μη πτητικά
- είναι το αδρανές υπόλειμμα της θέρμανσης, κυρίως ανόργανες ουσίες, σε mg/L
- καθιζάνοντα
- καθιζάνουν σε κωνική διάταξη σε ηρεμία για 1h, σε mL/L
- μη καθιζάνοντα
- σε mg/L
- ώσεις

- ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
- οργανικές ενώσεις
- Κυρίως πρόκειται για πρωτεΐνες (40-60%), υδατάνθρακες (25-50%) και λιπίδια (10%). Υπάρχουν επίσης φαινόλες, επιφανειακά ενεργές ενώσεις, με μεγάλες μοριακές αλυσίδες που δημιουργούν αφρισμό και συστατικά των εντομοκτόνων και φυτοφαρμάκων. Οι οργανικές ενώσεις συνυπάρχουν με τα προϊόντα διάσπασής τους (αμινοξέα, σάκχαρα, άμυλο, αλκοόλες, ινδόλη, λιπαρά οξέα, αλλά και CO_2 , H_2 , CH_4 , S , NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-}).
- ανόργανες ενώσεις
- Περιέχονται: χλωριούχα και θειικά άλατα — από το πόσιμο νερό και τα ανθρώπινα εκκρίματα
- άζωτο — οργανικό (δεσμευμένο σε πρωτεΐνες, ουρία, αμινοξέα), αμμωνιακό ή οξειδωμένες μορφές (NO_3^- , NO_2^-), από φυτοφάρμακα
- φωσφόρος — ανόργανος, ως ορθοφωσφορικά άλατα (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} ή H_2PO_4^-) ή πολυφωσφορικά ($\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$ ή $\text{P}_3\text{O}_{10}^{5-}$) και οργανικός (σε πολύ μικρότερες ποσότητες από τον ανόργανο, κυρίως σε πρωτεΐνες), από απορρυπαντικά
- ανθρακικά άλατα — κυρίως HCO_3^- ή CO_3^{2-} με Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ , NH_4^+)
- υδρογονοκατιόντα
- διαλυμένα αέρια — N_2 , O_2 , CO_2 , H_2S , NH_3 , CH_4
- βαρέα μέταλλα — Cu , Pb , Cr , As , Bo , Ag , Ni , Mn , Cd , Zn , Fe , Hg , από βιομηχανικές χρήσεις, από απόπλυση των δρόμων ή από το πόσιμο νερό
- ΒΙΟΔΙΑΣΠΑΣΙΜΟΤΗΤΑ
- ταχέως βιοδιασπώμενες ουσίες
- ενώσεις μικρού ΜΒ (μονοσακχαρίτες, αλκοόλες, πτητικά οργανικά οξέα, αμινοξέα), κυρίως στη διαλυτή μορφή
- βραδέως βιοδιασπώμενες ουσίες
- μεγάλο ΜΒ, κυρίως σε κολλοειδή και αιωρούμενη μορφή, υδρολύονται από εξωκυτταρικά ένζυμα, διαπερνούν την κυτταρική μεμβράνη και μεταβολίζονται
- μη βιοδιασπώμενες ουσίες
- ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ
- (βακτήρια, μύκητες, πρωτόζωα, ιοί, μαλακόστρακα, τροχοφόρα)
- Ανάλογα με τις συνθήκες δράσης των μικροοργανισμών
- α. αερόβιοι
- β. αναερόβιοι
- γ. αερόβιοι/αναερόβιοι
- Ανάλογα με την πηγή C για τη σύνθεση νέας βιομάζας
- α. αυτότροφοι (CO_2)
- β. ετερότροφοι (οργανικός C)
- Ως προς την πηγή ενέργειας που απαιτούν οι μικροοργανισμοί
- α. φωτοτροφικοί – ηλιακό φως
- β. χημειολιθοτροφικοί – ανόργανες ενώσεις
- γ. χημειοοργανοτροφικοί – οργανικές εν

Τυπική σύσταση των αστικών λυμάτων, για 160-170L/d ανά κάτοικο, είναι η ακόλουθη:

μονάδες → παράμετρος ↓	€/κατοικο- d	mg/l λυματος	€/κατοικο- d	€/κατοικο- d	mg/l λυματος		
ολικά στερεά διαλυτά:	115-170	680-1000	70-80		1200	720	350
πητικά	65-85	380-500		47-89	850	500	250
μη πητικά					225	200	105
αιωρούμενα:	35-50	200-290		60-115 [στ]	525	300	145
πητικά	25-40	150-240	49-64	42-77	350	220	100
μη πητικά					275	165	80
καθιζάνοντα				36-69	75	55	20
					20*	10*	5*
BOD ₅	50-70	290-410	60-65	60-110 [στ]	400	220	110
COD	115-125	680-730			1000	500	250
COD/BOD	2			2-2,5	2,5	2,3	2,3
ολικό N	6-17	35-100	9-13	10-18 [στ]	85	40	20
NH ₃	1-3	6-18		6-11	50	25	12
NO ₃ ⁻ και NO ₂ ⁻	<1	<5			0	0	0
οργανικό N				4-7	35	15	8
ολικός P	1-4	6-24	0,8-3,25	3-6 [στ]	15	8	4
οργανικός				0,9-1,8	5	3	1
ανόργανος				2,1-4,2	10	5	3
χλωριούχα					100	50	30
αλκαλικότητα (ως					200	100	50

CaCO ₃				150	100	50
λίπη						
ολικά κολοβακτηρί δια κοπρώδη κολοβακτηρί δια	10 ¹⁰ -10 ¹² απ./mL			λύμα φόρτισης:		
	10 ⁸ -10 ¹⁰ απ./mL			ισχυρή ς	ασθενο ύς	μέτρια ς

Τιμές BOD και COD σε διάφορα νερά και απόβλητα

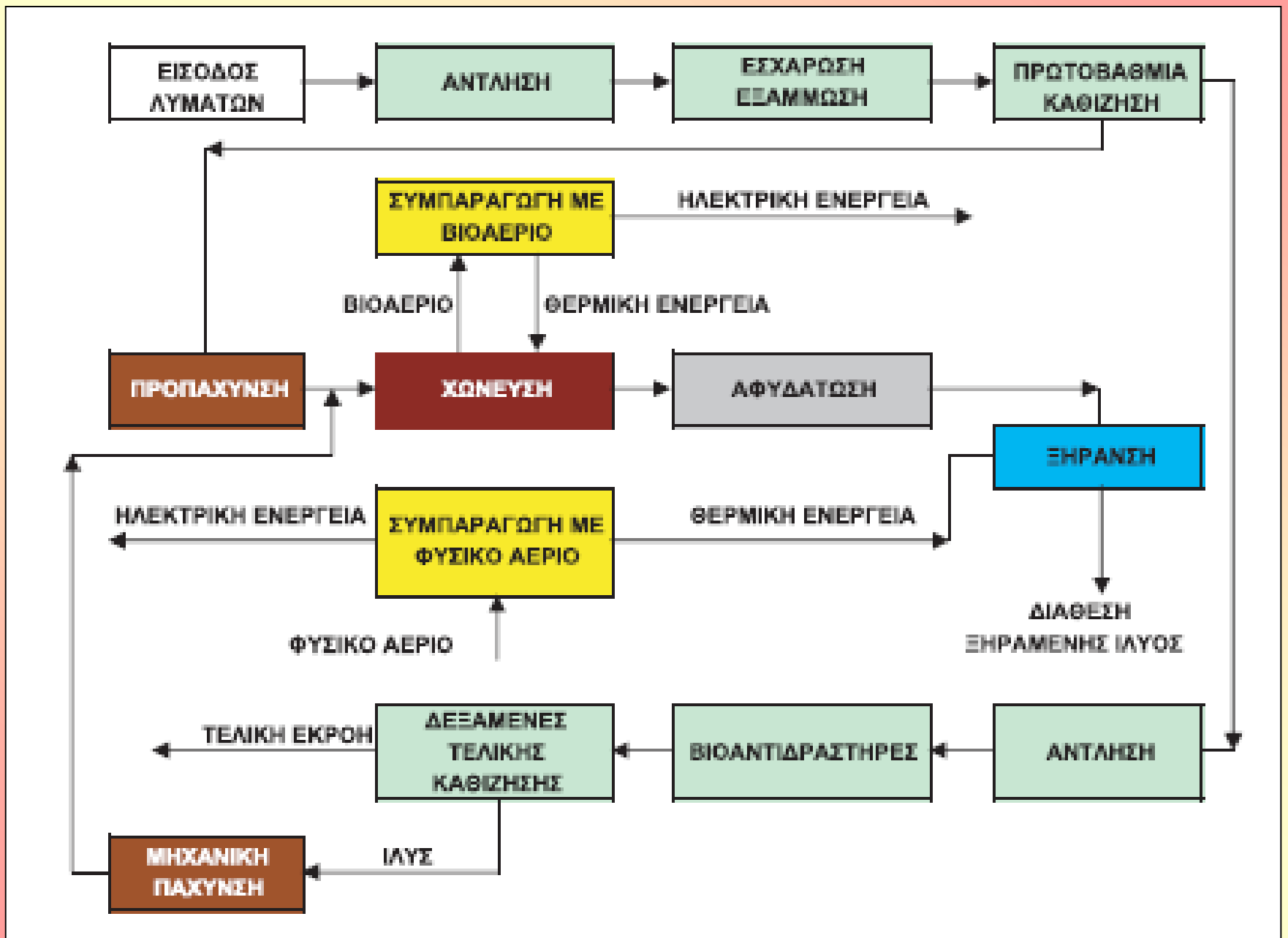
Προέλευση	COD με K ₂ Cr ₂ O ₆ (O ₂ mg/l)	BOD (O ₂ mg/l)
Νερά ποταμών χωρίς ρύπανση	—	< 1
Νερά ποταμών που έχουν ρυπανθεί	—	> 10
Νερά αποβλήτων μετά την κατεργασία	—	10–20
Νερά οικιακών ή βιομηχ. αποβλήτων	—	300–5000
Επιτρεπτά όρια στη Β. Ελλάδα (1978)	90	30
» » » » (1983)	250	80
Ακατέργαστα λύματα (οικιακά)	420	360
Βιομηχανία γάλακτος	700–5 600	500–4 200
Βιομηχανία επεξεργασίας ξύλου	2 400	780
Βιομηχανία κελλουλόζης	800	300
Βιομηχανία ζάχαρης	2 000	1 800
Βιομηχανία κονσερβ. λαχανικών	—	100–300
Βαφεία	—	300–600
Σφαγεία (αίμα μόσχου)	234 000	167 000
Οινοπνευματοποιΐα	90 000	50 000

Χαρακτηριστικά Αστικών Λυμάτων

Ποιοτικά	Ποσοτικά (ανά κάτοικο ανά ημέρα)
Αιωρούμενα στερεά	70-80 g
Οργανικό φορτίο	60 g (εκφρασμένο ως BOD_5)
Ενώσεις του αζώτου	9-12 g ή 15-20% της τιμής του BOD_5
Ενώσεις του φωσφόρου	2,4-3 g ή 4-5% της τιμής του BOD_5
Κολοβακτηρίδια	2×10^9

Προβλήματα διάθεσης λυμάτων σε υδάτινα συστήματα

Αίτια	Αποτέλεσμα
Παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων θρεπτικών συστατικών	Ευτροφισμός
Οξείδωση οργανικών υλών και αμμωνίας	Αποξυγόνωση
Μη ιονισμένη αμμωνία	Τοξικότητα σε υδρόβιους οργανισμούς
Νιτρικά άλατα	Τοξικότητα σε βρέφη (στη περίπτωση πόσιμου νερού)
Παθογόνοι μικροοργανισμοί (κολοβακτηρίδια)	Παθογένεια (στη περίπτωση χρήσης του αποδέκτη για ύδρευση, άρδευση και κολύμβηση)



- **5.1 ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ**

- Αποβλέπει στην απομάκρυνση ογκωδών αντικειμένων. Στην προεπεξεργασία περιλαμβάνονται η εσχάρωση, η εξάμμωση και η απόσμιση.
- **Εσχάρωση**
 - Σκοπός της εσχάρωσης είναι η απομάκρυνση των ογκωδών στερεών που μπορεί να φράξουν και να καταστρέψουν τις αντλίες και γενικά το μηχανολογικό εξοπλισμό, αλλά και των αιωρούμενων στερεών με τη συγκράτησή τους σε σχάρες.
- **Εξάμμωση**
 - Σκοπός της εξάμμωσης είναι η απομάκρυνση κόκκων άμμου, σωματιδίων αργίλλου ή άλλων σωματιδίων γεωλογικής ή όχι υψηλής διαμέτρου μεγαλύτερης από 200μm που δεν είναι οργανικά και έχουν ταχύτητα καθίζησης σημαντικά χαμηλότερη από εκείνες των οργανικών στερεών. Τα σωματίδια αυτά θα δημιουργούσαν προβλήματα, όπως εναπόθεση φερτών υλών στον πυθμένα αγωγό, φράξιμο σωληνώσεων, φθορά του μηχανολογικού εξοπλισμού και μείωση της απόδοσης σημαντικών μονάδων επεξεργασίας. Η διαδικασία της εξάμμωσης γίνεται σε ειδικές δεξαμενές (εξαμμωτές) με τη δημιουργία κατάλληλων συνθηκών ροής που ευνοούν την καθίζηση και απομάκρυνση της άμμου, αλλά όχι και των οργανικών στερεών. Η άμμος απομακρύνεται από της δεξαμενές εξάμμωσης με σωλήνες αναρρόφησης.

• Πρωτοβάθμια Καθίζηση

- Σκοπός της πρωτοβάθμιας καθίζησης είναι να απομακρύνει τα αιωρούμενα οργανικά και ανόργανα στερεά (10^{-1}mm έως 10^{-2}mm) ώστε να μειωθεί το ρυπαντικό φορτίο που οδηγείται στα επόμενα στάδια της επεξεργασίας.
- Όταν ένα υγρό που περιέχει στερεά εν αιωρήσει, τοποθετηθεί σε μια κατάσταση σχετικής αδράνειας, τα στερεά που έχουν ένα υψηλότερο ειδικό βάρος από το υγρό έχουν την τάση να καθιζάνουν και αυτά που έχουν χαμηλότερο ειδικό βάρος τείνουν να ανέλθουν στην επιφάνεια. Ο στόχος είναι να απομακρυνθούν τα στερεά που μπορούν εύκολα να καθιζάνουν και έτσι να μειωθεί το περιεχόμενο σε αιωρούμενα στερεά.
- Στη διεργασία αυτή λαμβάνει χώρα καθίζηση συσσωματωμένων σωματιδίων, όπου τα σωματίδια καθώς καθιζάνουν συνενώνονται μεταξύ τους με αποτέλεσμα να αυξάνει η διάμετρός τους και άρα η ταχύτητα καθίζησης.
- Οι απαιτήσεις για την αποτελεσματική λειτουργία των δεξαμενών καθίζησης είναι η συγκέντρωση σωματιδίων στην είσοδο να είναι ομοιόμορφη, να έχουν ίδια ταχύτητα ροής και τα σωματίδια να απομακρύνονται από τον πυθμένα αμέσως μετά την πτώση τους. Έτσι δημιουργούνται τέσσερις ζώνες στις δεξαμενές καθίζησης. Συνήθως οι δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης σχεδιάζονται για χρόνους παραμονής από 1,5 έως 2,5 ώρες, με βάση την παροχή των λυμάτων.

ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ – ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Οι οργανικές ουσίες που παραμένουν μετά την πρωτοβάθμια καθίζηση στα λύματα βρίσκονται σε λεπτό καταμερισμό ή είναι διαλυμένες. Για να διευκολυνθεί η αποδόμηση και η απομάκρυνσή τους δημιουργούνται κατάλληλες συνθήκες για την ανάπτυξη μικροοργανισμών που χρησιμοποιούν μεταξύ άλλων το οργανικό

υπόστρωμα των λυμάτων για σύνθεση νέων κυττάρων και παραγωγή της απαραίτητης ενέργειας.

Στην πράξη εφαρμόζεται κατά κανόνα η αερόβια βιοαποδόμηση, αλλά σε ειδικές περιπτώσεις χρησιμοποιείται κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες και η αναερόβια διαδικασία.

Οι βιολογικές διεργασίες γίνονται συνήθως σε κατάλληλο τεχνητό περιβάλλον με ευνοϊκές συνθήκες (τροφή, θερμοκρασία κλπ) για τη μεγιστοποίηση της απόδοσης με ελάττωση του χρόνου και μείωση της απαιτούμενης εκτάσεως σε συνδυασμό με τη θεώρηση της συνολικής οικονομίας της μονάδας επεξεργασίας. Οι πιο συνηθισμένες τεχνολογίες επεξεργασίας είναι το χαλικοδυλιστήριο, οι βιοδίσκοι, η μέθοδος δραστικής λάσπης (ενεργού ιλύος) με πολλές παραλλαγές, οι δεξαμενές σταθεροποίησης.

Η αερόβια βιολογική επεξεργασία συνίσταται βασικά στην σταθεροποίηση των οργανικών ουσιών με τη μεταβολική δράση των διαφόρων μικροοργανισμών, όπως φαίνεται:

Οργανικές ουσίες + βακτήρια + O_2 + θρεπτικά άλατα \longrightarrow σύνθεση νέων κυττάρων + H_2O + CO_2 + NH_3 + ενέργεια

ή

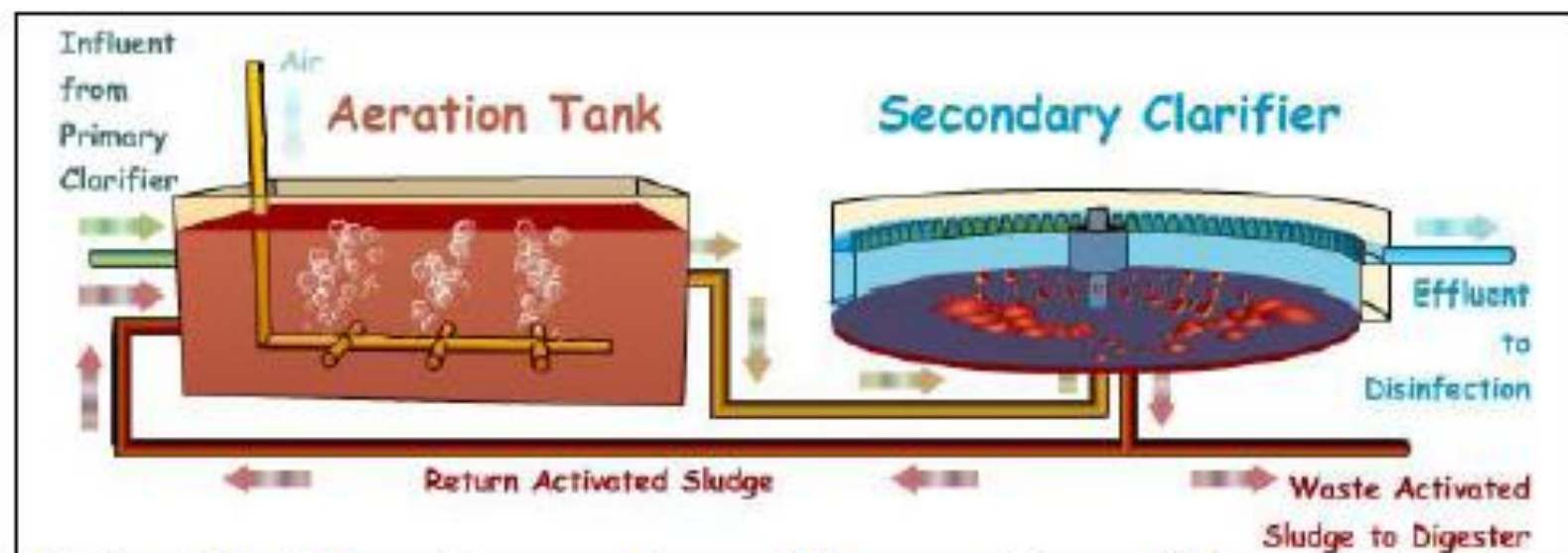
Λύματα + βιολογική ιλύς + αέρας \longrightarrow περισσεύουσα ιλύς + τελικά προϊόντα

Η μέθοδος της ενεργού ιλύος αναπτύχθηκε στην Αγγλία το 1914 από τον Arden και Lockett και ονομάστηκε έτσι λόγω της παραγωγής ενεργού μάζας (ιλύος) μικροοργανισμών που έχουν την ικανότητα της αερόβιας σταθεροποίησης των αποβλήτων. Σήμερα έχει αναπτυχθεί ένας αριθμός εναλλακτικών μορφών του βασικού συστήματος. Κατά τη μέθοδο αυτή, τα απόβλητα οδηγούνται μετά την πρωτοβάθμια καθίζηση σε αντιδραστήρα, όπου υποβάλλονται σε αερόβια σταθεροποίηση με την συνεχή παροχή αέρα.

Σκοπός του συστήματος ενεργού ιλύος είναι η απομάκρυνση των διαλυμένων οργανικών ουσιών των αποβλήτων με βιολογικές διαδικασίες.

Ένα τυπικό σύστημα περιλαμβάνει:

- α) τη δεξαμενή αερισμού (βιοαντιδραστήρας), όπου οι μικροοργανισμοί που βρίσκονται σε αιώρηση καταναλώνουν οργανικές ουσίες καταναλώνοντας οξυγόνο
- β) τη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης, όπου καθιζάνουν και απομακρύνονται από τη μάζα των αποβλήτων οι παραπάνω μικροοργανισμοί.

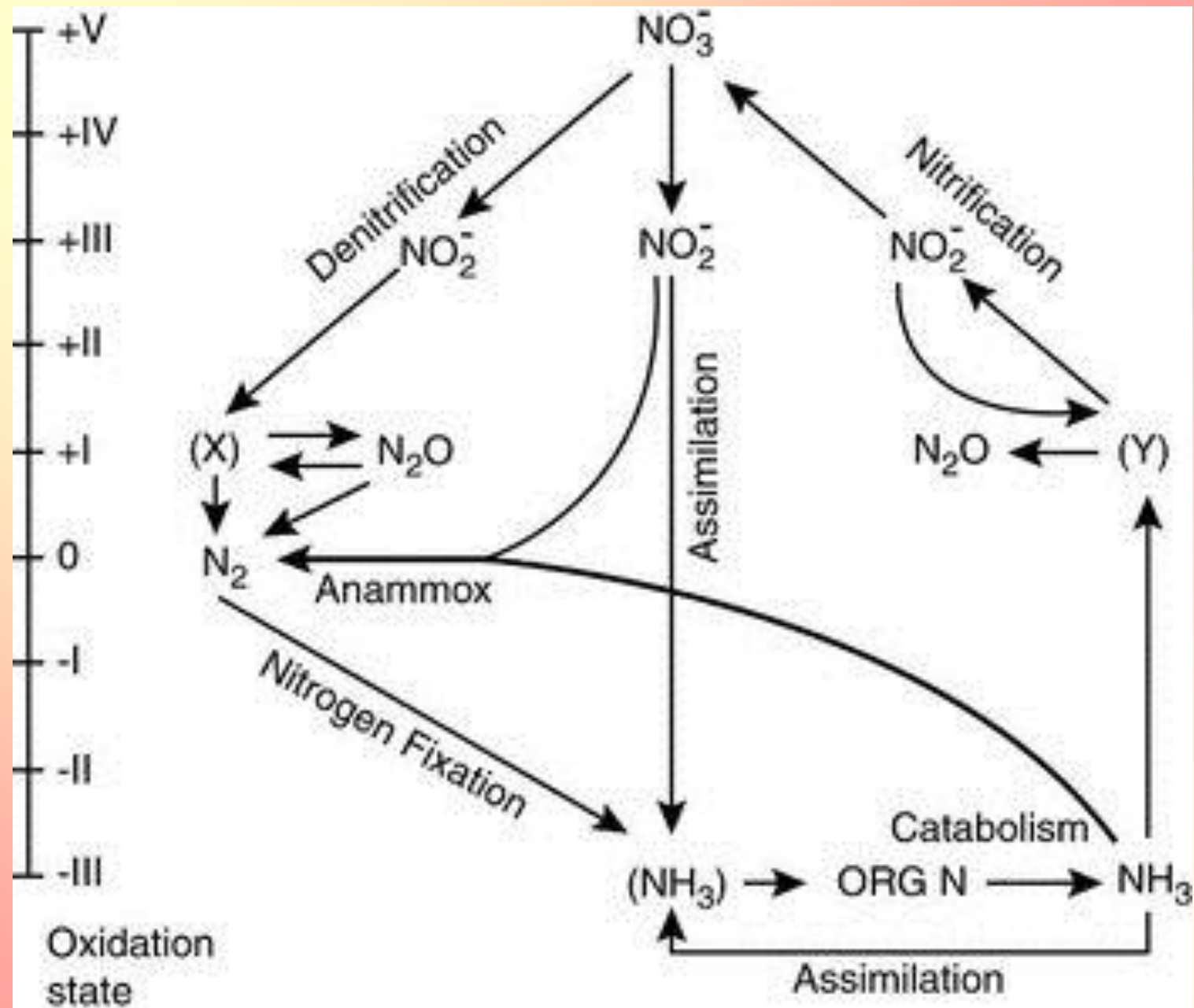


Η βασική αρχή της διεργασίας είναι ότι τα απόβλητα έρχονται σε επαφή με ένα μικτό μικροβιακό πληθυσμό με τη μορφή ενός αιωρήματος κροκίδων μέσα σε ένα αεριζόμενο και αναδευόμενο σύστημα. Το αιωρούμενο και κολλοειδές υλικό απομακρύνεται από τα απόβλητα με προσρόφηση και συσσωμάτωση στις μικροβιακές κροκίδες (ταχεία διεργασία). Στην συνέχεια το υλικό αυτό και οι διαλυμένες οργανικές θρεπτικές ύλες διασπώνται μέσω του μικροβιακού μεταβολισμού (σταθεροποίηση). Κατά την σταθεροποίηση, ένα μέρος της οργανικής ύλης οξειδώνεται προς απλούστερες ουσίες μέσω της αναπνοής (π.χ. CO₂). Το υπόλοιπο μέρος μετατρέπεται σε νέο υλικό μικροβιακών κυττάρων (βιομάζα). Αυτή η λειτουργία ονομάζεται αφομοίωση. Ένα μέρος της μικροβιακής μάζας επίσης διασπάται (ενδογενής ανάπτυξη). Οι οξειδωτικές διεργασίες παρέχουν την απαιτούμενη ενέργεια για την προσρόφηση και την αφομοίωση. Όταν αναπτυχθεί ο επιθυμητός βαθμός επεξεργασίας, η κροκιδωμένη μικροβιακή μάζα διαχωρίζεται από τα επεξεργασμένα απόβλητα με καθίζηση λόγω βαρύτητας σε μια ξεχωριστή δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης (διαύγασης ή κατακάθισης). Όπως και κατά την πρωτοβάθμια καθίζηση η προσθήκη κροκιδωτικών μέσων (άλατα ασβεστίου, αργιλίου, σιδήρου) οδηγεί σε αποτελεσματική απομάκρυνση φωσφόρου (P). Το υπερκείμενο υγρό από το στάδιο διαχωρισμού αποτελεί το επεξεργασμένο υγρό, την εκροή, και θα πρέπει ουσιαστικά να είναι ελεύθερο από μικροοργανισμούς.

Ένα μέρος της ιλύος που έχει υποστεί καθίζηση στο στάδιο διαχωρισμού, επιστρέφει στο στάδιο αερισμού για τη διατήρηση της συγκέντρωσης των μικροοργανισμών στο απαραίτητο επίπεδο στη δεξαμενή αερισμού. Το υπόλοιπο μέρος της λάσπης απομακρύνεται για απόθεση αποτελώντας το πλεόνασμα ή στερεό απόβλητο.

Η απομάκρυνση της ιλύος είναι απαραίτητη για να μην εμφανιστούν δυσκολίες στην καθίζηση, περιοχές με έλλειψη οξυγόνου κλπ. Το επίπεδο στο οποίο πρέπει να διατηρείται η συγκέντρωση της ιλύος εξαρτάται από την επιθυμητή απόδοση της επεξεργασίας και από την κινητική ανάπτυξη των μικροοργανισμών.

Κατά την δευτεροβάθμια επεξεργασία, με κατάλληλη διαμόρφωση των δεξαμενών αερισμού (βιοαντιδραστήρων), μπορεί να συντελεστεί σε μεγάλο βαθμό η απομάκρυνση του αζώτου με την βοήθεια μικροοργανισμών. Το άζωτο με τη μορφή αμμωνίας απομακρύνεται μέσω των διεργασιών νιτροποίησης ενώ όταν βρίσκεται με την μορφή νιτρικών απομακρύνεται με τις διεργασίες της απονιτροποίησης.

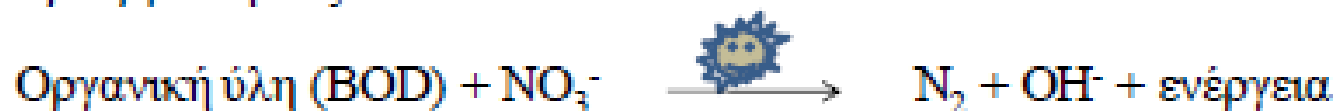


Νιτροποίηση: Στηρίζεται στη δράση αυτότροφων μικροοργανισμών, δηλ. μικροοργανισμών που στηρίζουν τις ενεργειακές τους ανάγκες σε ανόργανες μορφές άνθρακα, όπως το CO₂. Η νιτροποίηση οδηγεί στη μετατροπή των ιόντων αμμωνίας σε νιτρικά ιόντα σύμφωνα με τις χημικές αντιδράσεις που περιγράφονται παρακάτω:



Για να λάβουν χώρα οι διεργασίες της νιτροποίησης στα λύματα απαιτείται α) ρύθμιση του pH σε τιμές μεταξύ 6.8-7.5, β) επαρκής αερισμός και γ) αποφυγή πολύ χαμηλών ή πολύ υψηλών θερμοκρασιών ώστε αφενός να ευνοείται η παρουσία ιόντων αμμωνίου (NH₄⁺), και αφετέρου να μπορεί να συντηρηθεί η κοινότητα των μικροοργανισμών.

Απονιτροποίηση: Στηρίζεται στη δράση ετερόροφων μικροοργανισμών, δηλ. μικροοργανισμών που στηρίζουν τις ενεργειακές τους ανάγκες σε οργανικές μορφές άνθρακα (οργανική ύλη). Οι αντιδράσεις της απονιτροποίησης μετατρέπουν τα ιόντα NO_3^- σε αέριο άζωτο N_2 και σε καμμία περίπτωση δεν πρόκειται για διεργασία αντίστροφη της νιτροποίησης. Για να ξεκινήσουν οι αντιδράσεις της απονιτροποίησης είναι απαραίτητο να έχει ελαχιστοποιηθεί το διαλυμένο οξυγόνο στα λύματα, ώστε τα NO_3^- να λειτουργήσουν ως πηγή οξυγόνου για τους μικροοργανισμούς.



Το αέριο άζωτο που εκλύεται απομακρύνεται προς την ατμόσφαιρα δημιουργώντας φυσαλιδες στην επιφάνεια των λυμάτων.

Για να συμβεί λοιπόν απονιτροποίηση και απομάκρυνση N_2 είναι απαραίτητο να γίνεται ρύθμιση της παροχής του οξυγόνου στους βιοαντιδραστήρες.

ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Το τελευταίο στάδιο της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων μπορεί να περιλαμβάνει πολλά επιμέρους στάδια, όπως πλήρης απομάκρυνση αζώτου, φωσφόρου, απολύμανση, απομάκρυνση βαρέων μετάλλων και τελικό ραφινάρισμα των ήδη επεξεργασθέντων αποβλήτων.

Συνήθως αφορά την απολύμανση. Σκοπός της απολύμανσης είναι η καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών των αποβλήτων, ώστε να αποφευχθεί η μετάδοση ασθενειών μέσω του νερού. Γίνεται με τη χρήση χημικών ουσιών (χλώριο, όζον κλπ) ή με UV ακτινοβολία.

Το τελικό ραφινάρισμα των αποβλήτων γίνεται με τη βοήθεια κατάλληλου χημικού κροκιδωτικού (άλας της Al^{+3} κ.α.), οπότε τα διάφορα μικροσωματίδια που έχουν παραμείνει στα απόβλητα συσσωματώνονται και έτσι, λόγω αύξησης του μεγέθους τους, επιταχύνεται η απομάκρυνση τους με καθίζηση. Με αυτό τον τρόπο απομακρύνεται ο φώσφορος και μερικώς κάποια μέταλλα που θεωρούνται ιδιαίτερα τοξικά. Πάντως η πλήρης απομάκρυνση των μετάλλων απαιτεί ιδιαίτερες και πολύπλοκες φυσικοχημικές κατεργασίες. Με πλήρη, όμως, χημικό καθαρισμό τα απόβλητα είναι δυνατό να φτάσουν σε μεγάλη καθαρότητα.

Παράμετρος ρύπανσης	Ακατέργαστα λύματα	Πρωτοβάθμια κατεργασία		Δευτεροβάθμια κατεργασία		Τρτοβάθμια κατεργασία	
	<i>ppm (mg/l)</i>	<i>ppm</i>	I.K.*	<i>ppm</i>	I.K.	<i>ppm</i>	I.K.
BOD	300	195	35%	30	90%	2,5	>95%
COD	400	280	30%	80	80%	2-10	>95%
Αιωρούμενα	300	120	60%	30	90%	<0,5	>90%
Ολικό N	60	48	20%	30	50%	<6	>90%
Ολικός P	15	13	12%	10	30%	<0,15	>95%
Κολοβακτηρίδια / ml	15x10⁴	-	-	1000	-	<0,02	-

Στην συνέχεια η λάσπη υπόκειται σε κάποιες διεργασίες:

1. Πάχυνση λάσπης

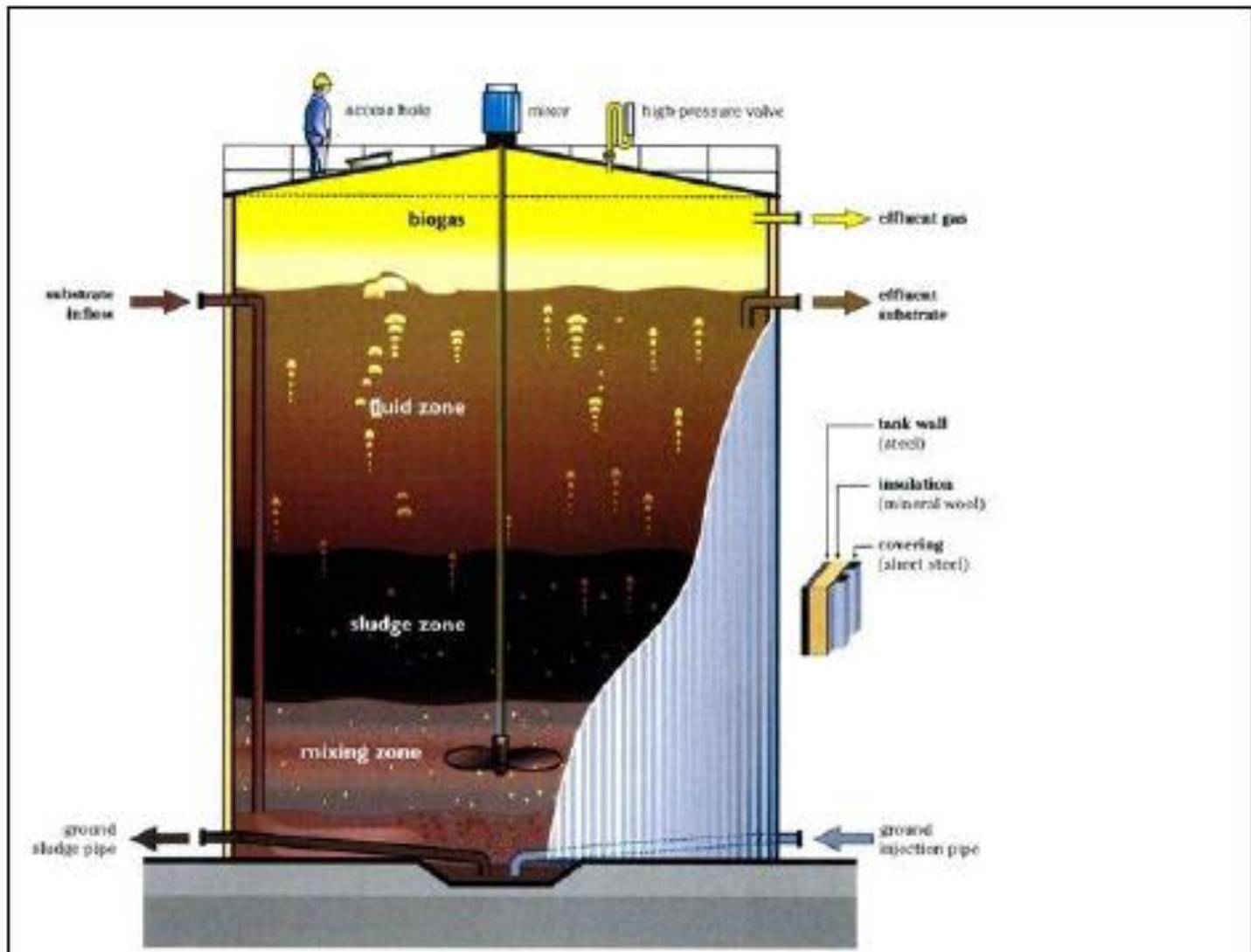
Ο πρωταρχικός στόχος της πάχυνσης της λάσπης ή βιομάζας είναι το να μειώσει τον όγκο του υλικού. Η μείωση του όγκου απαιτείται για τις μεθόδους επεξεργασίας που ακολουθούν, όπως η χώνευση, αφυδάτωση, ξήρανση, καύση ή και απόθεση στη γη.

2. Χώνευση λάσπης

Στην αναερόβια χώνευση, οργανικά υλικά διασπώνται με την ενέργεια μικροοργανισμών απουσία οξυγόνου και παράγονται μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα. Στη χώνευση λάσπης, περίπου 35-40% των στερεών της λάσπης διασπώνται και για κάθε kg διασπώμενης οργανικής ύλης παράγεται περίπου $1m^3$ CH_4 . Οι αναερόβιες συνθήκες χώνευσης παρουσιάζουν πλεονεκτήματα έναντι των αερόβιων συνθηκών χώνευσης. Έτσι, στις αναερόβιες διεργασίες ο ρυθμός λειτουργίας του καθαρισμού δεν περιορίζεται από το δυνατό ρυθμό παροχής οξυγόνου. Επίσης, διασπώνται υλικά που δεν επηρεάζονται από την αερόβια διεργασία ή που προξενούν προβλήματα σε αυτή. Επίσης, στην αναερόβια επεξεργασία δεν υπάρχουν οσμές, σταγονίδια και ενοχλήσεις εντόμων. Όμως οι αναερόβιες διεργασίες είναι αργές και έχουν υψηλότερο κόστος εγκατάστασης. Επίσης είναι ευαίσθητες και παρεμποδίζονται από ουσίες (όπως βαρέα μέταλλα, χλωριωμένους υδρογονάνθρακες και ανιονικά απορρυπαντικά), ενώ μπορεί να παραχθεί υδρόθειο που είναι πολύ τοξικό και πολύ διαβρωτικό. Η χώνευση γίνεται σε τρία στάδια. Πρώτον, υψηλού μοριακού βάρους ενώσεις, όπως πρωτεΐνες και πολυσακχαρίδια διασπώνται σε διαλυτές ουσίες χαμηλότερου μοριακού βάρους, όπως αμινοξέα και σάκχαρα που μερικές φορές καλείται φάση υγροποίησης. Δεύτερον, οι οργανικές θρεπτικές ύλες μετατρέπονται σε χαμηλότερα λιπαρά οξέα, σε μια φάση που καλείται όξινη ζύμωση και μειώνεται το pH του συστήματος. Τελικά, στη φάση της μεθανογένεσης τα οργανικά οξέα μετατρέπονται σε CH_4 κατά 65-70%, σε CO_2 κατά 30-35% και μια μικρή ποσότητα σε άλλα αέρια, όπως H_2S .

3. Αφυδάτωση λάσπης

Η αφυδάτωση αποβλέπει στην απομάκρυνση μέρους της υγρασίας της λάσπης με αποτέλεσμα η συγκέντρωση των στερεών μετά την αφυδάτωση να είναι 15 έως 30% περίπου. Η αφυδατωμένη ιλύς έχει εύκολη και φθηνή μεταφορά ενώ αν διατεθεί στο έδαφος δεν προκαλεί ρύπανση. Όταν η αφυδάτωση πραγματοποιείται με φυσική εξάτμιση η ιλύς οδηγείται σε κλίνες ή σε λίμνες ξήρανσης, ενώ όταν η αφυδάτωση πραγματοποιείται με μηχανικά μέσα εφαρμόζεται φυγοκέντρωση ή διύλιση με φίλτρο κενού ή φιλτροπρέσες.



Εικόνα 5.4 Αντιδραστήρας αναερόβιας χώνευσης της λάσπης

4. Διάθεση λάσπης

Η εναπόθεση της λάσπης στο έδαφος, όπου αυτό είναι εφικτό, είναι μία εκ των εναλλακτικών λύσεων. Η λάσπη μπορεί να χρησιμοποιείται σε αγροτικά εδάφη, δάση, άλλα εδάφη με εκβλάστηση ή για αναμόρφωση εδαφών. Υπάρχουν επίσης δοσμένες περιοχές απόθεσης για λάσπες. Ρυθμιστικοί παράγοντες στο ρυθμό απόθεσης είναι ο ρυθμός χρησιμοποίησης των θρεπτικών από τις καλλιέργειες ή την εκβλάστηση, η ενδεχόμενη ύπαρξη φυτών για την αναρρόφηση τοξικών συστατικών, ειδικά μετάλλων, η συσσώρευση αλάτων και μετάλλων στο έδαφος και η αισθητική.

Επίσης η αφυδατωμένη ιλύς μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμη ύλη στη τσιμεντοβιομηχανία ή και σε μονάδες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος.



Τέλος Ενότητας

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την 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.



ΣΗΜΕΙΩΜΑΤΑ

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.

Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Μιχαήλ Σκούλλος, Εμμανουήλ Δασενάκης 2015. Μιχαήλ Σκούλλος, Εμμανουήλ Δασενάκης. «Διαχείριση και Τεχνολογία Περιβάλλοντος. Επιφανειακά και υπόγεια νερά». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/CHEM1>.

Σημείωμα Αδειοδότησης

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. 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».



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

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

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

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.

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 1: [Διαφάνεια 12] Wastewater. Copyrighted. Σύνδεσμος: <http://techalive.mtu.edu/meec/module21/WhattoRemove-WW.htm>. Πηγή: techalive.mtu.edu.

Εικόνα 2: [Διαφάνεια 15] Marine nitrogen cycle. Copyrighted, Codispoti et al., 2001. Σύνδεσμος: <http://www.eoearth.org/view/article/154479/>. Πηγή: www.eoearth.org.

Εικόνα 3: [Διαφάνεια 21] Αντιδραστήρας αναερόβιας χώνευσης της λάσπης. Copyrighted, Darling 2008. Σύνδεσμος: <http://www2.humboldt.edu/arcatamarsh/digester2.html>. Πηγή: www2.humboldt.edu.