



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Χημεία Περιβάλλοντος

Ενότητα 3: Επεξεργασία αποβλήτων. Αστικά
και βιομηχανικά απόβλητα

Χρυσή Κ. Καραπαναγιώτη
Τμήμα Χημείας

Είδη:

Αστικά – 2οβάθμια επεξεργασία

Βιομηχανικά – 3οβάθμια επεξεργασία

- Τα απόβλητα χαρακτηρίζονται από
- **BOD** – βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο
- **COD** – χημικά απαιτούμενο οξυγόνο
- **TOC** – Συνολικός οργανικός άνθρακας
- Υψηλές τιμές χαρακτηρίζουν επικίνδυνα απόβλητα



Τι σημαίνει ο λόγος BOD/COD για την επικινδυνότητα των αποβλήτων;

- Απόβλητα με λόγο BOD/COD μεγαλύτερο από 0,4 υποδηλώνει απόβλητα εύκολα επεξεργάσιμα με βιολογική επεξεργασία.
- Για τα αστικά υγρά απόβλητα $0,4 < \text{BOD}/\text{COD} < 0,8$.
- Το βέλτιστο θα ήταν $\text{BOD}/\text{COD} = 1$

Παράδειγμα υπολογισμού

Οργανική Ύλη + O₂ → CO₂ + H₂O

Π.χ. C₆H₁₂O₆ + 6O₂ → 6CO₂ + 6H₂O

MB 180 , MB 32 X 6 = 192

10 mg Glucose / L = 11 mg COD / L

Αν βιοαποδομηθεί πλήρως,
COD=BOD

COD

- Υπολογίστε το COD για μία οργανική ένωση: C_aH_bO_γ
- Υπολογίστε το TOC αυτής της οργανικής ένωσης και της γλυκόζης

Γιατί BOD5;

Σταθμός Επεξεργασίας Αποβλήτων
ΕΥΔΑΠ





Kwç



Karak - Jordan

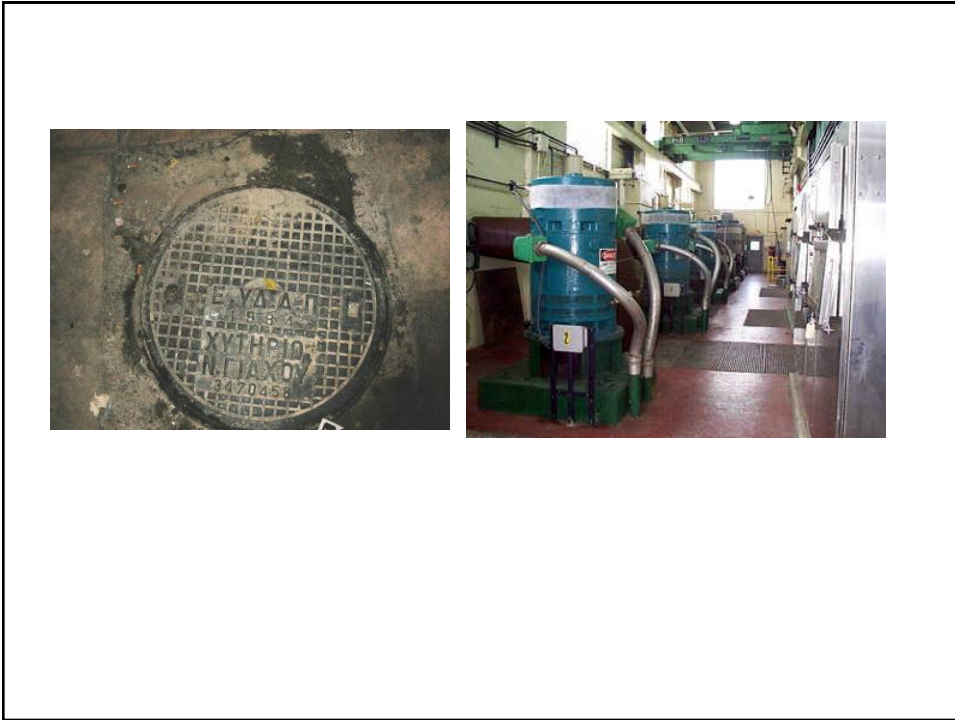


Κλειτορία



Ένωση Καλαβρύτων





Προκαταρκτική

Επεξεργασία

Μηχανική διεργασία που αφαιρεί

- μεγάλα αντικείμενα (π.χ. κλαδιά, σκουπίδια, κλπ.)
- Χαλίκια, πέτρες

Φεύγουν σε χώρους ταφής
απορριμμάτων



Πρωτογενής Επεξεργασία

Μηχανική (και χημική) διεργασία –
Δεξαμενή καθίζησης – περίπου $\frac{1}{2}$ από
τα σωματίδια κατακάθονται →
πρωτογενή ιλύς και λύματα



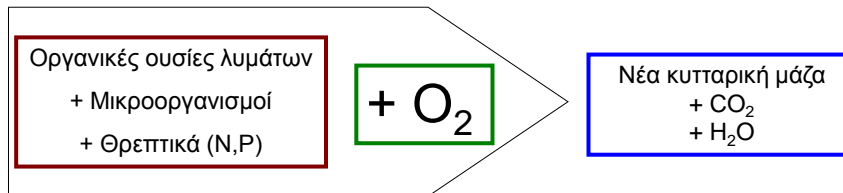


Δευτερογενής Επεξεργασία

Βιολογική διεργασία – ένα από τα παρακάτω

- Ή Ενεργή ιλύς (δεξαμενή αερισμού, αιωρούμενη λάσπη)
- Ή Βιολογικά Φίλτρα (Σταθερό πληρωτικό υλικό)
- Ή Βιολογικοί δίσκοι (Ενεργές περιστρεφόμενες επιφάνειες)
- Ή Βιομεταφορείς (Αιωρούμενα στερεά υλικά)

Σε κάθε περίπτωση

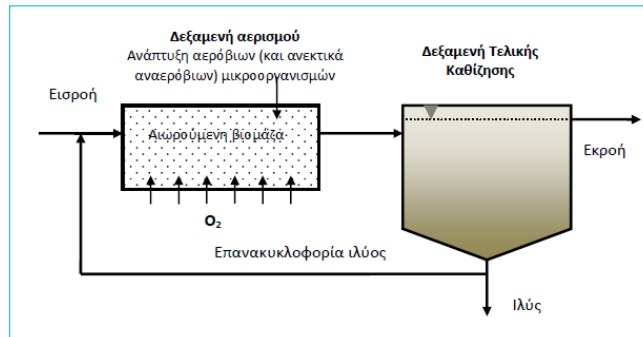


Ενεργή ιλύς

- Δεξαμενή αερισμού
- τα λύματα αναμειγνύονται ενεργά με ιλύ (λάσπη) πλούσια σε μικροοργανισμούς και ατμοσφαιρικό αέρα (πλούσιο σε οξυγόνο)



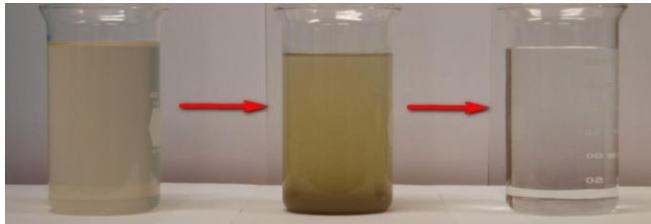
Ενεργή ιλύς



Λύματα

Μικτό υγρό
μαζί με ιλύ

Επεξεργασμένα
λύματα



Βιολογικά Φίλτρα

τα λύματα ρέουν μέσα από πορώδες υλικό στο οποίο είναι προσκολλημένοι μικροοργανισμοί. Τα λύματα ψεκάζονται από την κορυφή και έτσι υπάρχει παθητική ανάμειξη λυμάτων-μικροοργανισμών- αέρα που εξαρτάται από τον καλό σχεδιασμό

Παραδοσιακό ρηχό φίλτρο με χοντρά χαλίκια



Βιολογικοί δίσκοι

- ενεργές περιστρεφόμενες επιφάνειες με προσκολλημένους μικροοργανισμούς
- με κυκλική κίνηση εντός και εκτός δεξαμενής λυμάτων



Βιομεταφορείς (Biocarriers)



Polyvinyl Alcohol (PVA)
90% νερό



αντιδραστήρες εργαστηρίου

Ο παραπάνω συνδυασμός,...

... δηλαδή βιολογική επεξεργασία και καθίζηση, είναι αρκετά αποδοτικός για τα αστικά απόβλητα

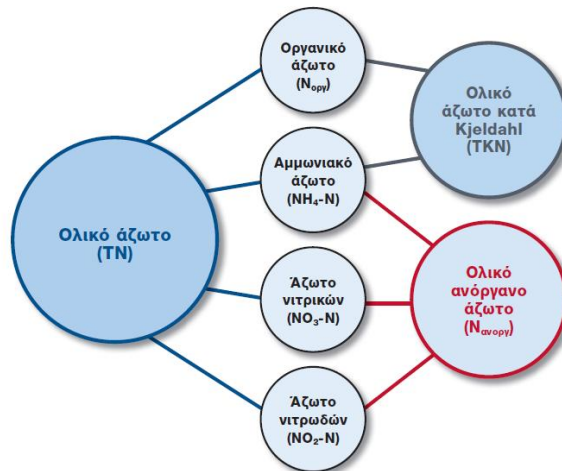
- 300 mg/L BOD → 20 mg/L
- ταυτόχρονη μείωση των παθογόνων
- χύνονται στη θάλασσα ή σε ποτάμια

Τριτογενής Επεξεργασία

- Απαραίτητη για τα αστικά απόβλητα αν το σώμα του νερού όπου γίνεται η εκφόρτωση χρησιμοποιείται και ως πηγή πόσιμου νερού
- Απαραίτητη για τα βιομηχανικά απόβλητα πολλές φορές αντί της δευτερογενούς επεξεργασίας
- Μηχανική και χημική διεργασία –
- Οξείδωση, χημική καθίζηση, ρόφηση σε ενεργό άνθρακα ή ρητίνες, διήθηση με μικροφίλτρα ή μεμβράνες, εξάτμιση, απολύμανση

Εξαρτάται από τον τελικό αποδέκτη

Άζωτο

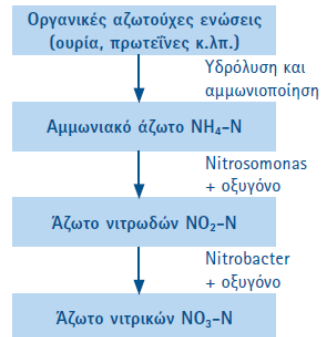


Νιτροποίηση

→ Νιτροποίηση

Κατά το στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων, με παροχή οξυγόνου, το $\text{NH}_4\text{-N}$ μετατρέπεται σε $\text{NO}_2\text{-N}$ και στη συνέχεια $\text{NO}_3\text{-N}$. Οι μικροοργανισμοί που είναι υπεύθυνοι για τη νιτροποίηση (*Nitrosomonas* και *Nitrobacter*) είναι πολύ ευαίσθητοι. Απαιτούν σταθερή θερμοκρασία (όχι μικρότερη των $12\text{ }^\circ\text{C}$), κατάλληλη αναλογία C:N:P και επαρκή παροχή οξυγόνου. Η ηλικία της λάσπης πρέπει να προσαρμόζεται στην αργή ανάπτυξη των νιτροποιητικών βακτηρίων. Εάν η αντίδραση ποιη-

Νιτροποίηση (αερόβια)



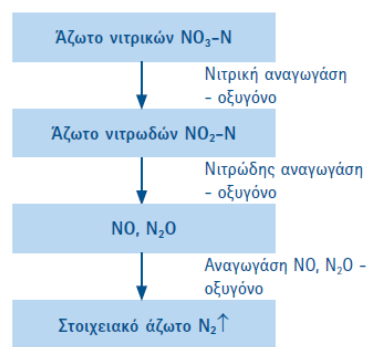
Απονιτροποίηση

→ Απονιτροποίηση

Υπό ανοξικές συνθήκες, το $\text{NO}_3\text{-N}$ μετατρέπεται σε στοιχειακό άζωτο μέσω των ενδιάμεσων προϊόντων $\text{NO}_2\text{-N}$ και $\text{NO}/\text{N}_2\text{O}$. Η απονιτροποίηση πραγματοποιείται είτε πριν (άναντη), είτε κατά τη διάρκεια (ταυτόχρονη) είτε μετά (κάτανητη – σπάνια) από τα στάδια της βιολογικής επεξεργασίας.

Σημαντική για τη διαδικασία αυτή είναι η ύπαρξη επαρκούς ποσότητας εύκολα αποικοδομήσιμου άνθρακα. Στην όλη διαδικασία δεν πρέπει να υπάρχει καθόλου διαλυμένο οξυγόνο

Απονιτροποίηση (αναερόβια)



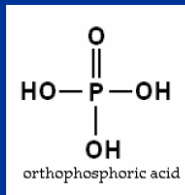
Τα τυπικά σημεία μέτρησης για τις παραμέτρους αζώτου είναι

- Είσοδος μονάδων επεξεργασίας: TN
- Είσοδος μονάδας αερισμού: TN, TKN, $\text{NH}_4\text{-N}$
- Έξοδος μονάδας απονιτροποίησης: $\text{NH}_4\text{-N}$
- Έξοδος μονάδας νιτροποίησης: $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$
- Έξοδος μονάδας επεξεργασίας: TN, $N_{\text{αποργ}}$ ($\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N}$), $\text{NH}_4\text{-N}$

Φωσφορικά

Τα φωσφορικά που παρουσιάζονται στο περιβάλλον εμφανίζονται με την μορφή ορθοφωσφορικών, συμπυκνωμένων φωσφορικών και φωσφορικών σε οργανικές ενώσεις.

Για τον ευτροφισμό τον σημαντικότερο ρόλο διαδραματίζουν τα ορθοφωσφορικά (που στηρίζονται στο ορθοφωσφορικό οξύ, H_3PO_4)



Φωσφορικά

- Η απομάκρυνσή τους απαιτεί αναερόβιες συνθήκες

Φωσφορικά

- Η απομάκρυνσή τους απαιτεί αναερόβιες συνθήκες



Φρεάτιο εξισορρόπησης πριν την απόρριψη στον αποδέκτη

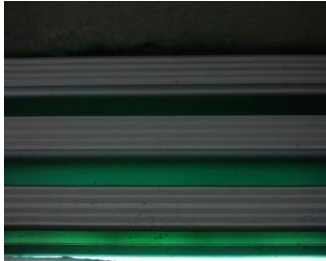


Δεξαμενή εξισορρόπησης



Δεξαμενή Χλωρίωσης για απολύμανση

UV για απολύμανση



Επεξεργασία Ιλύος

Η παραγόμενη ιλύς → μικρό όγκο και χωρίς μυρωδιά:

- Χωνεύεται σε κλειστούς θερμαινόμενους χώρους απουσία οξυγόνου → αέριο 70% μεθάνιο που χρησιμοποιείται για θέρμανση και ηλεκτρισμό
- Ξήρανση σε ανοικτούς χώρους
- Καύση ή διάθεση σε χώρους ταφής απορριμμάτων

Αναερόβια χώνευση

Πρέσα και διάθεση σε χώρους
ταφής απορριμμάτων ως αδρανές
υλικό



**Ξήρανση σε κλίνες και διάθεση σε
χώρους ταφής απορριμμάτων
ως αδρανές υλικό**



Σηπτικές Δεξαμενές

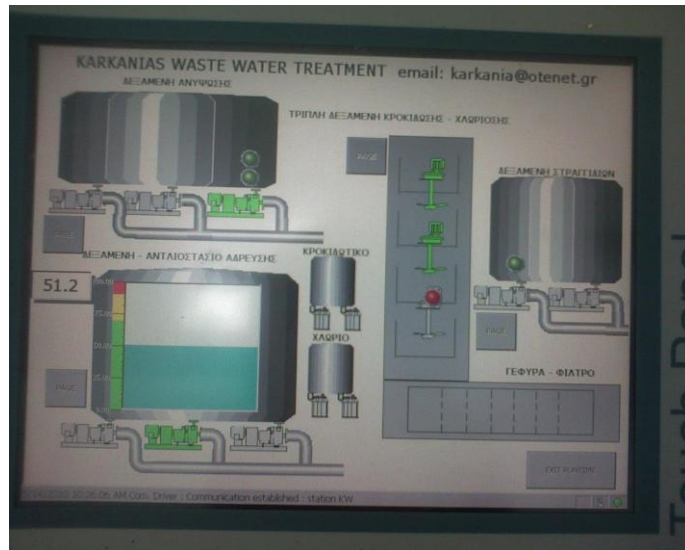
- **Ιδιωτική**
- **δεξαμενή καθίζησης και**
- **αναερόβια χώνευση ιλύος,**
- **το υγρό φιλτράρεται στο πορώδες των τοιχωμάτων,**
- **η ιλύς αφαιρείται και διατίθεται σύμφωνα με τα υπάρχοντα συστήματα**

Τι γίνεται όταν γεμίσει;

Βοθρολύματα – πηγαίνουν και αυτά
στους βιολογικούς όταν έχουν
κατάλληλη υποδομή



Ηλεκτρονικός Κεντρικός Έλεγχος



Ηλεκτρονικός Κεντρικός Έλεγχος



Ηλεκτρονικός Κεντρικός Έλεγχος



Νέες τάσεις για έλεγχο της
επεξεργασίας

Διάλεξη για το μάθημα
Χημεία Περιβάλλοντος
με θέμα
«Επεξεργασία αποβλήτων,
αστικά και βιομηχανικά
απόβλητα»

Χρυσή Κ. Καραπαναγιώτη
Τμήμα Χημείας

Βιομηχανικά απόβλητα

- Απαιτούν 3γενή επεξεργασία
- Βιομηχανίες τροφίμων
- Επικίνδυνα απόβλητα

Απόβλητα οينوπνευματοποιείων

- Χαμηλό pH (4 ή 6) από οργανικά οξέα
- Υψηλό BOD
- Βιολογικό φορτίο
- Ενδιαφέρον για αξιοποίηση (παραγωγή αιθανόλης, μεθανίου, κ.α)

Απόβλητα ελαιοτριβείων

- Υψηλό BOD (π.χ. 20000 mg/l)
- Έλλειψη θρεπτικών
- Παρουσία φαινολών → σκοτώνει μικροοργανισμούς
- Καθίζηση η μόνη επεξεργασία
- Ενδιαφέρει η απομόνωση των φαινολών

Απόβλητα τυροκομιών

- Όξινα
- Υψηλό BOD (π.χ. 10000 mg/l)
- Σημαντικός παράγοντας το τυρόγαλο → αυξάνει πολύ το BOD
- Αφαίρεση λιπαρών
- Ξήρανση
- Ενδιαφέρον για παραγωγή άλλων προϊόντων

Τυρόγαλο ή νερό



Αφαίρεση του λίπους και προσθήκη θρεπτικών



Αναερόβια επεξεργασία





Απόβλητα Ιχθυοκαλλιεργειών



- BOD
- Αμμόφιλτρα
- Αφαίρεση του επιφανειακού λεπτόκοκκου στρώματος για λίπασμα (;)
- **Τι μπορεί να έχει μέσα που να μην είναι κατάλληλο για λίπασμα;**

Απόβλητα βυρσοδεψείων

- Επεξεργασία και βαφή δερμάτων
- Μέταλλα όπως χρώμιο ή υδράργυρος
- Τα μέταλλα πρέπει να απομακρυνθούν πριν το βιολογικό
- Αλλαγή των μεθόδων επεξεργασίας
- Κλασσικό παράδειγμα ο Κόλπος της Γέρας στη Λέσβο

Απόβλητα Υφαντουργίας

- Επεξεργασία και βαφή νημάτων και υφασμάτων
- Μεγάλος αριθμός οργανικών ενώσεων (και τοξικών)
- Κολάρισμα, αποκολάρισμα, βαφή από 1000 BOD/κατεργασία
- Αποχρωματισμός με χλώριο

Απόβλητα Χαρτοβιομηχανίας

- Υδατάνθρακες, Λιγνίνη, Θειώδη
- Κολλοειδή σωματίδια
- Χλωρίνη για τη λεύκανση
- Χρωστικές, μελάνια

Απόβλητα Υφαντουργίας και
Χαρτοβιομηχανίας
Δείτε το σταθμό επεξεργασίας στο
Lenzing Pulp and Paper, Austria

Απόβλητα εργοστασίων
παραγωγής ενέργειας

- Θερμική ρύπανση (ΔΕΗ – 5°C αύξηση)
- Μείωση διαλυμένου οξυγόνου
- Αύξηση στη θερμοκρασία του νερού
- Διαταραχή του οικοσυστήματος
- Μέταλλα σε επαφή με το νερό ψύξης
- Απόβλητα από καύσεις – τέφρα, αιθάλη
- Πυρολυτικά PAH, βανάδιο, νικέλιο

Απόβλητα ορυχείων μετάλλων

- Υδράργυρος
- Κάδμιο
- Κυάνιο
- 1940 - 1960, στην επαρχία Toyama οι κάτοικοι δηλητηριάστηκαν από κάδμιο στο ρύζι τους. Η αρρώστια ονομάστηκε «**itai-itai disease**» και συνδέθηκε με νερό άρδευσης μολυσμένο από απόβλητα ορυχείων μετάλλων

Ρουμανία – Ιανουάριος 2000

Ατύχημα με απελευθέρωση κυανίου και βαρέων μετάλλων στον παραπόταμο Τίσα του Δούναβη από το ορυχείο χρυσού Αιμοτοξικό, εμποδίζει τη μεταφορά οξυγόνου στους ιστούς

Μέγεθος

- 100.000 κυβ.μέτρα
- 7800 mg/L κυανίου
- 100 τόνοι

Επιπτώσεις

Πρόβλημα στο
πόσιμο νερό

400 χιλμετρα
Ποταμιού
Χιλιάδες ψάρια σε
Ουγγαρία και
Σερβία

Εκτός από τα ψάρια, πουλιά, και θηλαστικά

Απόβλητα Πυρηνελαιουργείου

Υγρά απόβλητα

- Νερό ψύξης αέριου εξανίου (ανακύκλωση)
- Νερό από το διαχωρισμό νερού-εξανίου
- Νερό από την εξυδάτωση της δεξαμενής ημερήσιας παραγωγής πυρηνελαίου
- Υγρά απόβλητα από το λεβητοστάσιο

Αέρια απόβλητα: Οσμή και σκόνη

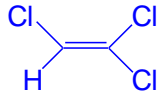
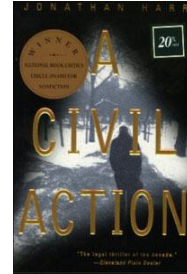
Ανακύκλωση εξανίου

Απόβλητα καθαριστηρίων

- PCE, TCE
- Συλλογή μετά τη χρήση

Οργανικοί Ρύποι

- Jonathan Harr (1995)
 - *A Civil Action*
(*Ο κατηγορος*)
 - TCE
 - Ευρεία εξάπλωση στα υπόγεια νερά
 - Υποπτο ως καρκινογόνο (λευχαιμία) Woburn, MA



Είδη επικινδύνων αποβλήτων:

- Είναι αντίστοιχα με τα επικίνδυνα χημικά



Είδη επικινδύνων

αποβλήτων:

- **Εύφλεκτα:** πιάνουν εύκολα φωτιά (π.χ. βενζίνη)
- **Διαβρωτικά:** βαθμιαία καταστρέφουν αποθηκευτικές δεξαμενές, μηχανήματα (π.χ. οξέα)
- **Ασταθή:** μπορούν να προκαλέσουν έκρηξη ή να δημιουργήσουν τοξικά αέρια όταν αναμειγνύονται με νερό (π.χ. εκρηκτικά, θειϊκό οξύ)
- **Τοξικά:** Επικίνδυνα για την υγεία μέσω κατάποσης ή αναπνοής (π.χ. χλωρίνη, αμμωνία, κλπ.)
- **Ραδιενεργά:** τα πιο επικίνδυνα από όλα

Επικίνδυνα απόβλητα στα αστικά λύματα

- Ένας βιολογικός καθαρισμός ενός δήμου έχει σχεδιαστεί για να μειώνει το BOD των αστικών λυμάτων
- Δεν έχει σχεδιαστεί για την αφαίρεση επικινδυνων ουσιών
- Έτσι ότι πέφτει «παράνομα» μέσα στις αποχετεύσεις περνάει από το βιολογικό και συνεχίζει την πορεία του

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.



Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση **1.0.0**.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών,
 Καραπαναγιώτη Χρυσή. «Χημεία Περιβάλλοντος. Επεξεργασία
 αποβλήτων. Αστικά και βιομηχανικά απόβλητα». Έκδοση: 1.0. Αθήνα
 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:
<https://eclass.upatras.gr/courses/CHEM2003/index.php>



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.

