

# Τεχνολογία Επεξεργασίας Αποβλήτων

*Διδάσκων: Δημήτριος Καρπούζας*

## Διάλεξη 1

**Εισαγωγικά Στοιχεία – Νομικό Πλαίσιο – Ρύποι -  
Ορισμοί**



*dkarpouzas@bio.uth.gr*



# Πρόγραμμα Μαθημάτων

1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ – ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ – ΡΥΠΟΙ – ΟΡΙΣΜΟΙ
2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ – ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ
3. ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ – **Αμμοσυλλογή, Λιποσυλλογή, Κροκύδωση, Καθίζηση**
4. ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ – **Επίπλευση, Διήθηση**
5. ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ Ή ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ – ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΡΟΚΥΔΩΝ – **Σύστημα Ενεργοποιημένης Λάσπης**
6. ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ Ή ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ – ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΡΟΚΥΔΩΝ – **Συστήματα Απομάκρυνσης Ανοργάνων, Λίμνες**



# Πρόγραμμα Μαθημάτων

7. ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ Ή ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ – ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΒΙΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ – **Συστήματα Εμβαπτισμένων Βιοστρωμάτων, Περιστρεφόμενοι Βιολογικοί Δίσκοι, Χαλικοδιυλιστήρια**
8. ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ Ή ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ – **Αναερόβια Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων**
9. ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ
10. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ
11. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ
12. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΕΡΙΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



# Κατηγορίες Αποβλήτων

- **Συμβατικά απόβλητα:** αποδομούνται κυρίως βιολογικά
- **Αδρανή απόβλητα:** όχι ιδιαίτερα επικίνδυνα όπως πχ.  
αγροτικά απόβλητα
- **Τοξικά ή επικίνδυνα απόβλητα:** δημιουργούν σημαντικό  
πραγματικό ή πιθανό κίνδυνο για την δημόσια υγεία και τους  
ζωντανούς οργανισμούς



# Συμβατικά απόβλητα

Απόβλητα σε υδάτινους φορείς κυρίως που αποδομούνται με βιολογικό τρόπο με τελικό προϊόν διάσπασης του οργανικού φορτίου CO<sub>2</sub> και H<sub>2</sub>O

CO<sub>2</sub> θεωρείται αέριο που επιτείνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Ημιτελής βιολογική διάσπαση οργανικών μορίων μπορεί να οδηγήσει σε ενδιάμεσα μεταβολικά προϊόντα με έντονη τοξική δράση (τοξικά και επικίνδυνα απόβλητα)



# Αδρανή Απόβλητα

Αγροτικά απόβλητα ή οικιακά υγρά αποχέτευσης και μη επικίνδυνα οικιακά απορρίμματα

Δεν θεωρούνται επικίνδυνα αλλά πρέπει να υποστούν επεξεργασία διότι δημιουργούν ορισμένες φορές προβλήματα



# Τοξικά και Επικίνδυνα απόβλητα

- Ανθεκτικά στην βιοαποδόμηση
- Υψηλός κίνδυνος βιο-συσσώρευσης
- Θανατηφόρα υπό προϋποθέσεις
- Ικανά να επιφέρουν μη αντιστρεπτές επιπτώσεις ύστερα από χρόνια έκθεση

*Η διαφορά μεταξύ τοξικών και αδρανών/συμβατικών αποβλήτων είναι και ποσοτική*



# Επικίνδυνα απόβλητα (με βάση χημικά χαρακτηριστικά)

- Εκρηκτικές ύλες
- Συμπιεσμένα αέρια
- Εύφλεκτα υγρά ή στερεά υλικά
- **Οξειδωτικά**
- **Διαβρωτικά**
- **Δηλητήρια**
- **Ραδιενεργά**
- **Καρκινογόνες ουσίες**
- **Endocrine Disrupting Substances**





# Οξειδωτικά Υλικά

Ουσίες και παρασκευάσματα τα οποία όταν έλθουν σε επαφή με άλλες ουσίες, ιδίως εύφλεκτες, παρουσιάζουν ισχυρή εξώθερμη αντίδραση

- Διχρωμικό κάλιο
- Υπεροξειδίο καλίου



# Διαβρωτικά Υλικά

Ουσίες που προκαλούν φθορές σε υλικά και ιστούς με τους οποίους έρχονται σε επαφή, συμπεριλαμβανομένων και των ανθρώπινων ιστών και κυττάρων

- Ισχυρά οξέα και βάσεις όπως  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$



# Δηλητηριώδη Υλικά

Ουσίες και υλικά που δρουν θανάσιμα στον άνθρωπο ή επικίνδυνα στην υγεία του

Η αξιολόγηση μιας ουσίας ως δηλητήριο εξαρτάται από την ποσότητα στην οποία εκτίθεται ο κάθε οργανισμός αλλά και από τον χρόνο και τον τρόπο έκθεσης αλλά και την ευαισθησία του ίδιου οργανισμού που εκτίθεται

- Αμίαντος
- Υδράργυρος
- Μόλυβδος



# Ραδιενεργά Υλικά

Πηγές εκπομπής ραδιενεργών υλικών είναι:

- Πυρηνικές δοκιμές
- Πυρηνικοί αντιδραστήρες
- Παραγωγή και κατεργασία πυρηνικών καυσίμων
- Παραγωγή και χρήση ραδιοϊσοτόπων



# Καρκινογόνες ουσίες

Χημικές ουσίες οι οποίες με εισπνοή, κατάποση ή εισχώρηση στο δέρμα μπορούν να προκαλέσουν καρκίνο ή να αυξήσουν τη συχνότητα εμφάνισης του (**Αρσενικό, Αμίαντος, Βενζόλιο**)

**Group A.** Καρκινογόνα για τον άνθρωπο

**Group B.** Πολύ πιθανά καρκινογόνα για τον άνθρωπο

**Group C.** Πιθανά καρκινογόνα

**Group D.** Μη κατηγοριοποιήσιμα

**Group E.** Μη καρκινογόνα



# Ουσίες που προκαλούν ορμονικές διαταραχές

Κάθε ουσία που παρεμβαίνει στην ομαλή λειτουργία του ορμονικού συστήματος ενός οργανισμού ονομάζονται **Endocrine Disrupting Substances (EDS)**



# Μηχανισμοί δράσης Endocrine Disrupting Substances

- Δεσμεύονται στον υποδοχέα των φυσικών οιστρογόνων και τον ενεργοποιούν (οιστρογονική ή ανδρογονική δράση)
- Δεσμεύονται στον υποδοχέα των φυσικών οιστρογόνων και δεν τον ενεργοποιούν μπλοκάροντας την ομαλή λειτουργία (αντί-οιστρογονική)
- Παρεμβαίνουν στην βιοσύνθεση και μεταβολισμό των ορμονών
- Προκαλούν μεταβολές στον αριθμό των υποδοχέων των ορμονών στα κύτταρα
- Προκαλούν ανωμαλίες στην σπερματογένεση και στην αναπαραγωγή

# Από που παράγονται υγρά και στερεά απόβλητα;

- Βιομηχανίες επεξεργασίας αγροτικών προϊόντων
- Βιομηχανίες επεξεργασίες δερμάτων, υφαντουργίας, παραγωγής χαρτιού
- Βιομηχανίες τροφίμων
- Βιομηχανίες απορρυπαντικών
- Αγροχημικές βιομηχανίες
- Αστικά κέντρα (Υγρά και στερεά απόβλητα)





# Κατηγορίες αποβλήτων (με βάση την φυσική τους μορφή)

- **Στερεά Απόβλητα** (στερεά αστικά απόβλητα)
- **Υγρά Απόβλητα** (υγρά αστικά απόβλητα)
- **Αέρια Απόβλητα** (εκπομπές αερίων από μηχανές εσωτερικής καύσης)



# Ρύποι στα απόβλητα

Τα απόβλητα, στερεά, υγρά ή αέρια, περιέχουν διαφόρων ειδών ρύπους και το είδος τους καθορίζει το είδος της επεξεργασίας που πρέπει να υποστούν.

- **Οργανικοί Ρύποι**
- **Ανόργανοι Ρύποι**



# Οργανικοί Ρύποι

- Πολυαρωματικοί Υδρογονάνθρακες (PAHs)
- Πολυχλωριωμένα Διφαινύλια (PCBs)
- Πολυχλωριωμένες Διβενζοδιοξίνες
- Πολυχλωριωμένα Διβενζοφουράνια
- Παράγωγα Τολουόλης
- Γεωργικά Φάρμακα και προϊόντα μεταβολισμού
- Χλωροφαινόλες και ανιλίνες
- Οργανομεταλλικά



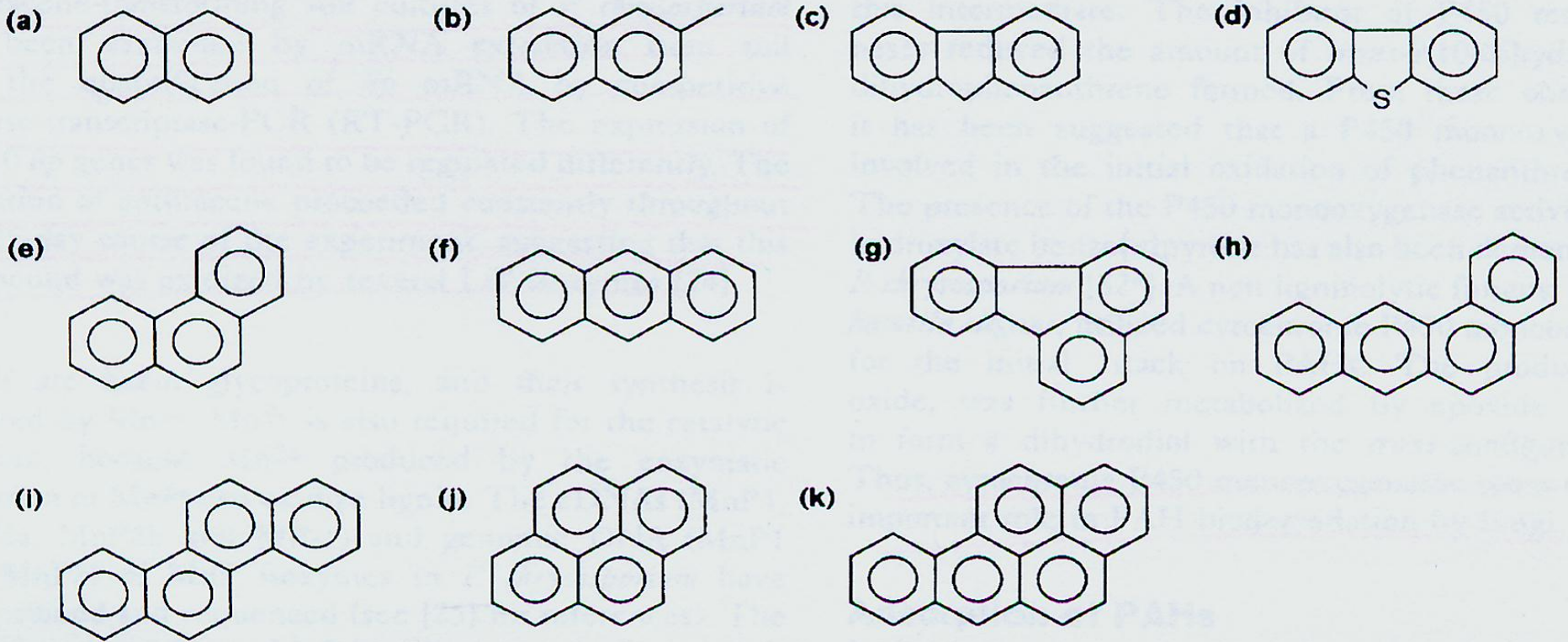
# Πολυαρωματικοί Υδρογονάνθρακες (PAHs)

Ομόλογα του βενζολίου που προκύπτουν από την συνένωση πολλών βενζολικών δακτυλίων

## Πηγές PAHs

- Καύση ξύλου, συμβατικών καυσίμων, αποβλήτων
- Συντηρητικά ξύλου
- Φυσικά αποθέματα πετρελαίου, φυτική αποσύνθεση





**chrysene**

**pyrene**

**benzo[a]pyrene**

Μερικά PAHs χαρακτηρίζονται ως ύποπτα για  
καρκινογένεση ιδιαίτερα τα μεγάλου μοριακού βάρους

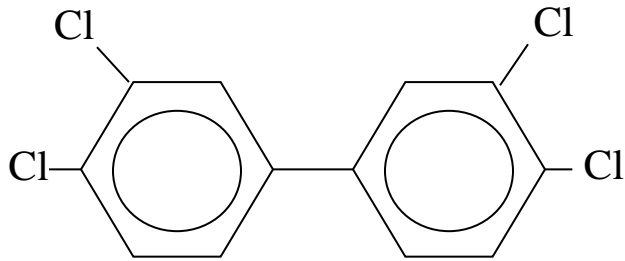
όπως το **βενζο[α]πυρένιο**



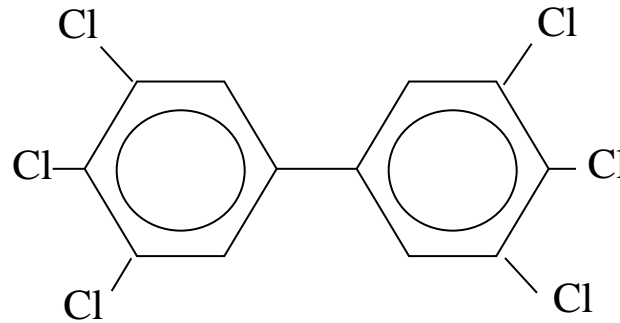
# Πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs)

Αποτελούνται από φαινολικούς δακτυλίους με Cl υποκαταστάτες

**3,3,4,4-τετραχλωροδιφαινύλιο**



**3,3,4,4,5,5-εξαχλωροδιφαινύλιο**



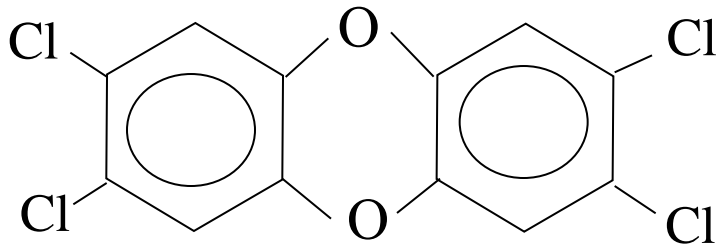
Αδρανείς ουσίες, μη-πτητικές, λιπόφιλες που χρησιμοποιούνται:

1. υδραυλικά υγρά
2. λιπαντικά
3. υγρά αντλιών κενού
4. πλαστικοποιητικά υλικά στις μπogiές



# Πολυχλωριωμένες Διβενζοδιοξίνες (PCDDs)

Το κυριότερο μέλος της ομάδας αυτής είναι το **2,3,7,8-τετραχλωρο-διβενζοδιοξίνη** ή απλά **διοξίνη**



- χημικά σταθερές ουσίες
- χαμηλή υδατοδιαλυτότητα και υψηλή λιποφιλικότητα

- Παραπροϊόντα κατά την σύνθεση άλλων ενώσεων
- Κατά την καύση PCBs
- Από αντιδράσεις μεταξύ χλωρο-φαινολών



# Παράγωγα Τολουόλης

Η τολουόλη θεωρείται από τους πιο βασικούς οργανικούς ρύπους και ένα από τα βασικότερα υποκατεστημένα παράγωγα της είναι η **εκρηκτική ύλη TNT ή 2,4,6-τρινιτροτολουόλη**

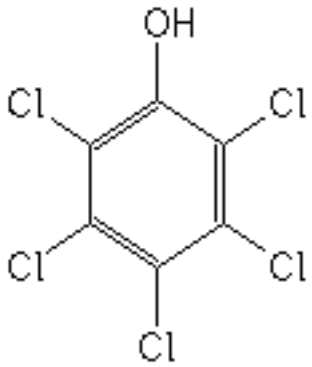
Το TNT χρησιμοποιήθηκε στον πρώτο παγκόσμιο πόλεμο και αποτελεί σήμερα σημαντικό οργανικό ρύπο σε περιοχές γύρω από εργοστάσια παραγωγής (100,000 mg/kg) του καθώς και σε περιοχές όπου δοκιμάσθηκε η χρήση.

Το TNT χαρακτηρίζεται ως υδρόφοβο και αδρανές αρωματικό μόριο που αποδομείται ελάχιστα από μικροοργανισμούς στο περιβάλλον



# Χλωροφαινόλες

Σημαντικό αριθμός **πολυχλωριωμένων φαινολών (Polychlorinated Phenols, PCPs)** έχουν αναφερθεί ως σημαντικοί περιβαλλοντικοί ρύπτοι.



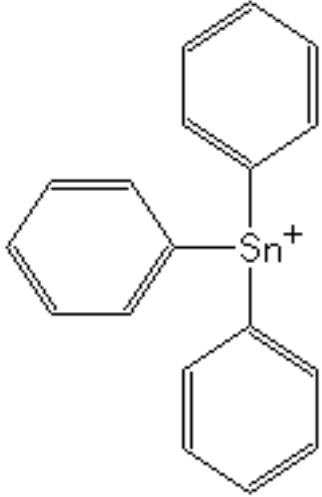
Η **πενταχλωροφαινόλη** θεωρείται ένας από τους σημαντικότερους ρύπτους αυτής της ομάδας καθώς χρησιμοποιείται για την **συντήρηση ξύλου** αλλά και ως **μυκητοκτόνο**.

Σημαντικές πηγές για την εμφάνιση PCPs στο περιβάλλον είναι:

1. Χαρτοβιομηχανία όπου χρησιμοποιούνται ως λευκαντικά
2. Αγροτική πρακτική όπου χρησιμοποιούνται στην φυτοπροστασία
3. Προκύπτουν ως προϊόντα μεταβολισμού άλλων δραστικών ουσιών όπως γεωργικά φάρμακα

# Οργανομεταλλικά

Ενώσεις στις οποίες ένα **οργανικό μόριο** σχηματίζει σύμπλοκο με κάποιο μεταλλικό ιόν όπως **Cu, Hg, Sn**



Το **fentin** αποτέλεσε ένα αποτελεσματικό οργανο-κασσιτερούχο μυκητοκτόνο χρησιμοποιηθηκε εκτεταμένα στην Ελλάδα αλλά και παγκοσμίως

Μεταλλικά ιόντα όπως Cu, Hg, Sn σχηματίζουν σύμπλοκα με οργανικές ενώσεις και με την μορφή αυτή που είναι περισσότερο διαθέσιμη στο περιβάλλον έχουν χρησιμοποιηθεί ως γεωργικά φάρμακα (έχουν αποσυρθεί πλέον)

# Γεωργικά Φάρμακα

- Εντομοκτόνα – Ακαρεοκτόνα - Νηματωδοκτόνα
- Μυκητοκτόνα
- Ζιζανιοκτόνα

Απόβλητα των αγροχημικών βιομηχανιών περιέχουν συνήθως υψηλές ποσότητες παραπροϊόντων και ισομερών που αποτελούν σοβαρούς οργανικούς ρύπους

Μη ορθολογική χρήση τους στην αγροτική πρακτική ενέχει κίνδυνο για την ρύπανση των υπογείων και επιφανειακών υδροφόρων



# Εντομοκτόνα

- Οργανοφωσφορικά
- Καρβαμιδικά
- Πυρεθροειδή
- Οργανοχλωριωμένα
- Νεονικοτινοειδή
- Λοιπές ομάδες

Οι παραδοσιακές ομάδες εντομοκτόνων

**(Οργανοφωσφορικά, Καρβαμιδικά, Πυρεθροειδή)** είναι **νευροτοξικά** και αποτελούν περιβαλλοντικούς ρύπους

# Ανόργανοι Ρύπτοι

➤ Μέταλλα

➤ Ανιόντα



# Μέταλλα

Η συγκέντρωση των μετάλλων καθορίζει το εάν θα θεωρηθούν ρύποι ή όχι καθώς σε χαμηλές συγκεντρώσεις αποτελούν απαραίτητα στοιχεία για την επιβίωση οργανισμών

Hg, Cd δεν θεωρούνται απαραίτητα για την ανάπτυξη των κυττάρων και θεωρούνται ρύποι σε υψηλές συγκεντρώσεις

Ο Cu αποτελεί βασικό συστατικό ορισμένων ενζυμικών συστημάτων αλλά σε υψηλές συγκεντρώσεις θεωρείται ρύπος



# Ανιόντα

**Νιτρικά** και **φωσφορικά** που προκύπτουν από ανθρώπινες δραστηριότητες όπως η λίπανση του εδάφους και η παραγωγή απορρυπαντικών που παράγουν παραπροϊόντα με υψηλές συγκεντρώσεις φωσφορικών

Απόρριψη μη επεξεργασμένων αποβλήτων με υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών και φωσφορικών σε φυσικά υδροφόρα συστήματα οδηγεί σε προβλήματα ευτροφισμού, αναερόβωση κτλ..



# *Ποιοτικές παράμετροι των υγρών αποβλήτων*

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας





# Ποσοτικοποίηση οργανικού φορτίου υγρών αποβλήτων

## **BOD (Biological Oxygen Demand) Βιολογικά**

**Απαιτούμενο Οξυγόνο:** είναι η ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται από τους μικροοργανισμούς για την αερόβια αποδόμηση (οξειδωση) της οργανικής ουσίας που περιέχεται στα υγρά λύματα

## **COD (Chemical Oxygen Demand) Χημικά Απαιτούμενο**

**Οξυγόνο:** είναι μέτρο της συνολικής ποσότητας των χημικά διαθέσιμων προς οξειδωση ουσιών που περιέχονται στα υγρά λύματα



# Προσδιορισμός BOD

- Τα απόβλητα τοποθετούνται σε μπουκάλια μέτρησης BOD
- Η περιεκτικότητα σε οξυγόνο μετράται με την χρήση κατάλληλων ηλεκτροδίων οξυγόνου
- Τα μπουκάλια σφραγίζονται και διατηρούνται στο σκοτάδι στους 20°C για 5 ημέρες (120 ώρες περίπου) – **BOD<sub>5</sub>**
- Τα μπουκάλια απομακρύνονται από την επώαση, αποσφραγίζονται και η περιεκτικότητα σε οξυγόνο μετράται
- Η διαφορά στην περιεκτικότητα σε οξυγόνο πριν και μετά την επώαση μας δίνει την ποσότητα του οξυγόνου που καταναλώθηκε από τους μικροοργανισμούς για την αποδόμηση της οργανικής ύλης

# Προσδιορισμός COD

- Γνωστή περίσσεια διχρωμικού καλίου αερίζεται για 2 περίπου ώρες με το δείγμα του υγρού που περιέχει διαλυμένη οργανική ουσία
- Η ποσότητα διχρωμικού καλίου που δεν έχει αντιδράσει με την οργανική ουσία μετράται με τιτλοδότηση



# Συνολικά Διαλυτά Στερεά

Μία άλλη παράμετρος που χρησιμοποιείται για την μέτρηση της ποσότητας οργανικής ουσίας που είναι διαθέσιμη για βιοαποδόμηση από τους μικροοργανισμούς είναι τα **Συνολικά Διαλυτά Στερεά (Total Suspended Solids)**

Τα **συνολικά διαλυτά στερεά** μετρούνται ύστερα από αρκετό χρόνο ώστε το δείγμα να ηρεμήσει και η ποσότητα των στερεών να καθιζάνει ως ίζημα

Εναλλακτικά το διάλυμα μπορεί να διηθηθεί διαμέσου κατάλληλης διατομής φίλτρου και τα στερεά που απομακρύνονται να προσδιοριστούν



# ***Νομοθετικό Πλαίσιο Διαχείρισης Αποβλήτων***



# Νομοθετικό Πλαίσιο

- Η Ελληνική Νομοθεσία για την διαχείριση των αποβλήτων ακολουθεί και εναρμονίζεται με την Κοινοτική Νομοθεσία
- Η Ε.Ε. εξέδωσε αρχικά την βασική οδηγία 67/548 για την ταξινόμηση, συσκευασία και επισήμανση των επικίνδυνων ουσιών
- Ακολούθησαν οι οδηγίες 78/319 για την διάθεση επικίνδυνων αποβλήτων και 84/631 για τις διασυνοριακές μεταφορές επικίνδυνων αποβλήτων
- Η ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης οδήγησε σε νέες νομοθετικές παρεμβάσεις από ΟΗΕ, ΟΟΣΑ και ΕΕ με την οδηγία 259/93 ώστε να αντιμετωπιστεί η διασυνοριακή μεταφορά αποβλήτων

# Νομοθετικό Πλαίσιο

Ελλείψεις που διαπιστώθηκαν στις αρχικές οδηγίες αντιμετωπίστηκαν με την εφαρμογή νέων οδηγιών

- 87/101 για τα ορυκτέλαια
- 91/689 που περιέχει τον πρώτο κατάλογο αποβλήτων
- 94/904 που περιέχει τον κατάλογο Επικίνδυνων αποβλήτων
- 91/157 για τους συσσωρευτές και τις ηλεκτρικές στήλες που περιέχουν Cd, Hg
- 94/67 για την καύση επικίνδυνων αποβλήτων ώστε να περιοριστεί η εκπομπή επικίνδυνων αερίων όπως διοξίνες και φουράνια
- Οδηγία για υγειονομική ταφή στερεών αποβλήτων



# Νομοθετικό Πλαίσιο στην Ελλάδα

Η προσαρμογή του Ελληνικού νομοθετικού πλαισίου στο κοινοτικό γίνεται με την θέσπιση προεδρικών διαταγμάτων ή κοινών υπουργικών αποφάσεων

- ΚΥΑ για τις μπαταρίες (ΦΕΚ 781/Β/97)
- ΚΥΑ για τα ορυκτέλαια (ΦΕΚ40/Β/96)
- ΚΥΑ για τα στερεά απόβλητα (ΦΕΚ358/Β/96)
- ΚΥΑ για την διασυνοριακή μεταφορά αποβλήτων

Γενικότερα υπάρχει καθυστέρηση στην προσαρμογή της Ελλάδας στις κοινοτικές οδηγίες





# Νομοθετικό Πλαίσιο στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα δεν υπάρχει μεγάλος αριθμός βιομηχανιών που να διαθέτουν μονάδες επεξεργασίες αποβλήτων και για τον λόγο αυτό μπορούν να μεταφέρουν τα παραγόμενα απόβλητα σε μονάδες επεξεργασίας του εξωτερικού



# Προϋποθέσεις για την διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων στην Ελλάδα

- Προσαρμογή της Ελληνικής Νομοθεσίας
- Βελτίωση των μηχανισμών ελέγχου των νομοθετικών ρυθμίσεων
- Κατασκευή μονάδων επεξεργασίας αποβλήτων
- Δημιουργία φορέα που να διαχειρίζεται την επεξεργασία αποβλήτων και να ανταποκρίνεται σε ορισμένα κριτήρια αποτελεσματικότητας
- Πρόληψη παραγωγής επικίνδυνων αποβλήτων
- Εκπόνηση μελετών για την απορρύπανση υποβαθμισμένων εδαφών
- Χρηματοδότηση έργων και μονάδων επεξεργασίας αποβλήτων