



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

Τμήμα Μηχανικών
Περιβάλλοντος,
Πολυτεχνική Σχολή

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΓΕΩΧΗΜΕΙΑ

ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ

Αγγελική Απ. Γαλάνη
Χημικός PhD
Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό (ΕΔΙΠ)

Οργανικές ενώσεις στο περιβάλλον

Οι οργανικές ενώσεις που απαντώνται στο περιβάλλον είναι πάρα πολλές και ο ρόλος ο οποίος διαδραματίζουν στη βιόσφαιρα πολυδιάστατος.

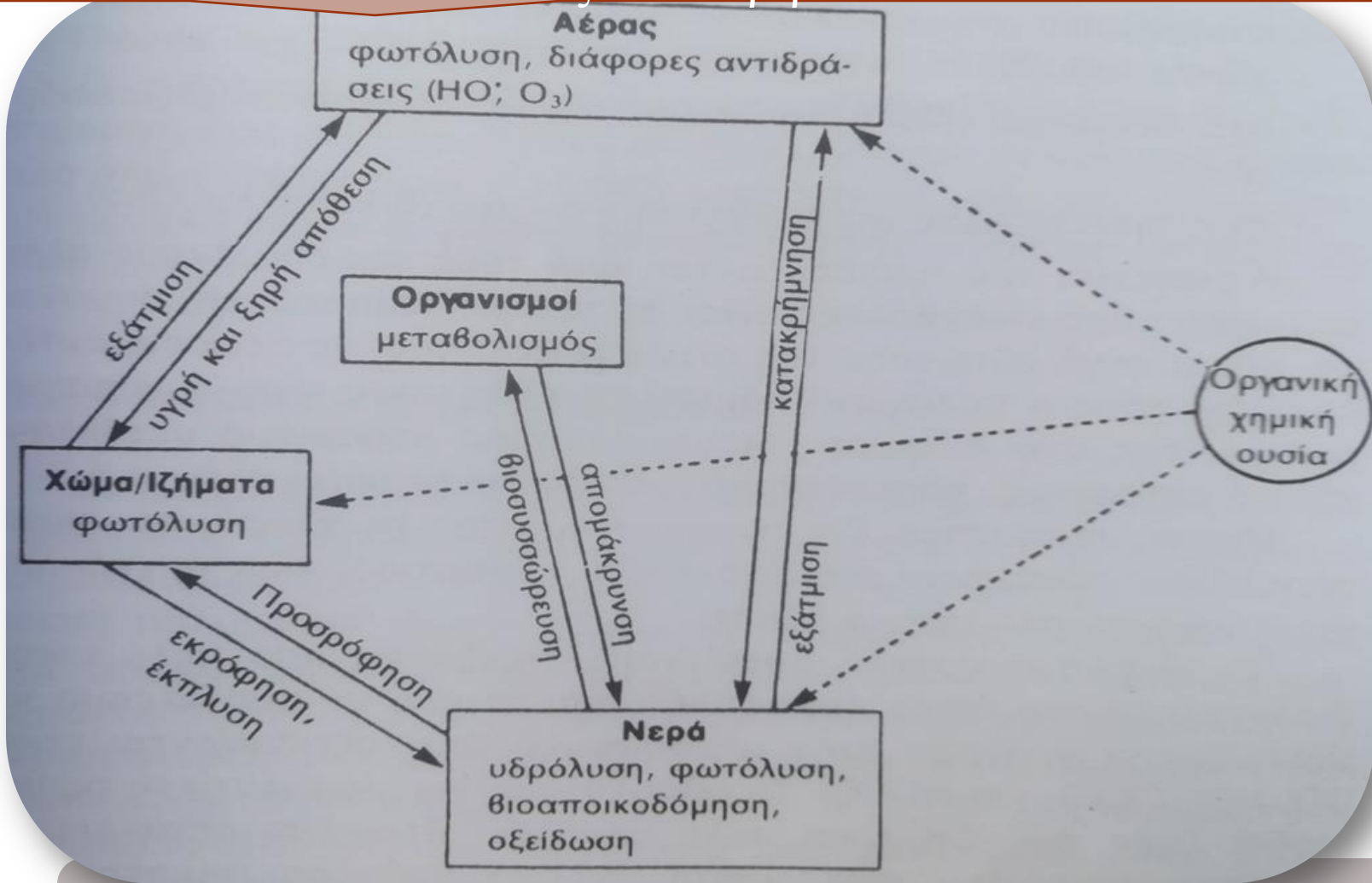
Τα περιβαλλοντικά προβλήματα εξαιτίας των οργανικών ενώσεων παρατηρήθηκαν όταν μεγάλες ποσότητες από αυτές άρχισαν να εκπέμπονται στο περιβάλλον και κυρίως όταν άρχισε η συνθετική παραγωγή οργανικών ενώσεων πολλές από τις οποίες δεν υπόκεινται σε επαρκείς ελέγχους τοξικότητας πριν από τη διάθεσή τους στην αγορά.

Οργανικές ενώσεις στο περιβάλλον

Πολλές από αυτές τις οργανικές ενώσεις παραμένουν στο περιβάλλον για μεγάλες χρονικές περιόδους και στην περίπτωση που εισέλθουν στους υδάτινους πόρους είναι δυνατόν να συσσωρευτούν και να μεταφερθούν από το ένα είδος στο επόμενο μέσω της τροφικής αλυσίδας, προκαλώντας προβλήματα στην υγεία και το περιβάλλον.

Εφόσον οι οργανικοί ρύποι μπορούν να μεταφερθούν με τον αέρα και το νερό, οι περισσότεροι από όσους παράγονται σε μια χώρα μπορούν να επηρεάσουν τους ανθρώπους και την άγρια ζωή σε απόσταση από την τοποθεσία που χρησιμοποιούνται.

Σχηματική παράσταση διεργασιών που υφίστανται οι οργανικές ενώσεις στο περιβάλλον



ΕΙΚΟΝΑ ΑΠΟ:ΧΗΜΕΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, 1997, Θεμιστοκλή Αθ. Κουϊμτζή, Καθηγητή Α.Π.Θ., Εκδόσεις ΖΗΤΗ

Εκατοντάδες οργανικές ουσίες συντίθενται ετησίως και χρησιμοποιούνται ως εντομοκτόνα, ζιζανιοκτόνα, απορρυπαντικά, μονωτικά υλικά κ.λ.π.

Αυξανόμενος προβληματισμός επικρατεί τα τελευταία χρόνια για το ότι οι παραμένοντες οργανικοί ρύποι μπορεί να δρουν ως ορμονικοί διαταράκτες.

Επίσης υπάρχει πιθανότητα οι ρύποι αυτοί να προκαλούν νευρολογικές διαταραχές, να καταστέλλουν το ανοσοποιητικό σύστημα και να αυξάνουν την πιθανότητα καρκίνου.

ΕΝΔΟΚΡΙΝΙΚΟΙ ΔΙΑΤΑΡΑΚΤΕΣ

Συνθετικές χημικές ουσίες που α) παρεμποδίζουν, β) μιμούνται, ή γ) παρεμβαίνουν με άλλο τρόπο στις φυσικά παραγόμενες ορμόνες, ΔΗΛΑΔΗ στους χημικούς αγγελιοφόρους του σώματος που ελέγχουν με ποιο τρόπο ένας οργανισμός αναπτύσσεται και λειτουργεί.

Σύμβαση της Στοκχόλμης

12 κύριοι παραμένοντες οργανικοί ρύποι- η βρώμικη δωδεκάδα

- Σε συνέδριο στη Στοκχόλμη της Σουηδίας το Μάιο του 2001, περισσότερες από 90 χώρες υπέγραψαν συνθήκη γνωστή ως η Σύμβαση της Στοκχόλμης.
- Η συνθήκη αυτή περιείχε δέσμευση για μείωση ή εξάλειψη της παραγωγής, χρήσης και απελευθέρωσης 12 κυριότερων παραμενόντων οργανικών ρύπων, γνωστών ως η «βρώμικη δωδεκάδα»

Η κύρια ώθηση για την υπογραφή της συνθήκης δόθηκε όταν διαπιστώθηκε η μόλυνση από παραμένοντες οργανικούς ρύπους σε αρκτικές περιοχές που βρίσκονταν εκατοντάδες χιλιόμετρα μακριά από τις περιοχές που παράγονταν ή χρησιμοποιούνταν οι παραμένοντες οργανικοί ρύποι .

Οι 12 κύριοι παραμένοντες οργανικοί ρύποι- η βρώμικη δωδεκάδα

Παραμενων οργανικός ρύπος	Χρήση
Aldrin	Εντομοκτόνο καλλιεργειών (καλαμπόκι, βαμβάκι)
Chlordane	Εντομοκτόνο καλλιεργειών (λαχανικά, εσπεριδοειδή, βαμβάκι, πατάτα)
DDT	Εντομοκτόνο καλλιεργειών (βαμβάκι)
Dieldrin	Εντομοκτόνο καλλιεργειών (βαμβάκι, καλαμπόκι)
Endrin	Εντομοκτόνο καλλιεργειών (βαμβάκι, σιτηρά)
Heptachlor	Εντομοκτόνο (τερμίτες και έντομα εδάφους)
Εξαχλωροβενζόλιο	Μυκητοκτόνο για κατεργασία σπόρων
Mirex	Εντομοκτόνο (τερμίτες, μυρμήγκια)
Toxaphene	Εντομοκτόνο (αγροτικά ζώα και καλλιέργειες)
Πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs)	Βιομηχανικά χημικά (ρευστό ανταλλαγής θερμότητας για ηλεκτρικούς μετασχηματιστές, πρόσθετο χρωμάτων και πλαστικών)
Διοξίνες	Παράγονται ακούσια κατά την καύση
Φουράνια	Παράγονται ακούσια κατά την καύση

Δεδομένα από: EPA, Persistent Organic Pollutants: A Global Issue, A Global Response.

Εικόνα από: Αρχές Περιβαλλοντικής Χημείας, Έκδοση 3^η /2015, James Girard, ISBN: 9789605830618 Τύπος: Εκδότης: ΠΑΡΙΣΙΑΝΟΥ ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΚΔΟΤΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΗ ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΕΤΑΙΡΙΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ

➤ Οι ρύποι της βρώμικης δωδεκάδας δεν παράγονται στις ΗΠΑ πλέον.

➤ Οι πιο πολλές αναπτυσσόμενες χώρες έλαβαν αυστηρά μέτρα έλεγχου τους όμως πολλές από αυτές μόλις πρόσφατα απαγόρευσαν τη χρήση και την απελευθέρωσή τους.

➤ 2 από τους ρύπους αυτούς, οι διοξίνες και τα φουράνια, παράγονται ακούσια από διεργασίες καύσης.

➤ Στους ρύπους αυτούς προστέθηκαν οκτώ ακόμη με συμφωνία του Μαΐου του 2009 και μία ακόμη το endosulfan, το 2011.

Νέοι παραμένοντες οργανικοί ρύποι που προστέθηκαν στη σύμβαση της Στοκχόλμης

Παραμένων οργανικός ρύπος	Χρήση
Εξαχλωροκυκλοεξάνιο	Ακούσιο παραπροϊόν της παραγωγής lindane
Chlordecone	Εντομοκτόνο (μυρμήγκια και κατσαρίδες)
Εξαβρωμοδιφαινύλιο	Χημική ουσία καταστολής φωτιάς
Εξαβρωμοδιφαινυλαιθέρας και επταβρωμοδιφαινυλαιθέρας	Επιβραδυντές φλόγας
Lindane	Εντομοκτόνο ευρέος φάσματος
Πενταχλωροβενζόλιο	Ομαδοποιείται με τα πολυχλωριομένα διφαινύλια
Υπερφθοροοκτανοσουλφονικό οξύ	Κύριο συστατικό του προστατευτικού υφασμάτων Scotchgard
Τετραβρωμοδιφαινυλαιθέρας	Επιβραδυντής φλόγας
Endosulfan	Εντομοκτόνο καλλιεργειών

Προσαρμογή από Stockholm Convention/UNEP.

Εικόνα από: Αρχές Περιβαλλοντικής Χημείας, Έκδοση 3^η /2015, James Girard, ISBN: 9789605830618 Τύπος: Εκδότης: ΠΑΡΙΣΙΑΝΟΥ ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΚΛΟΤΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΗ ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΕΤΑΙΡΙΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ

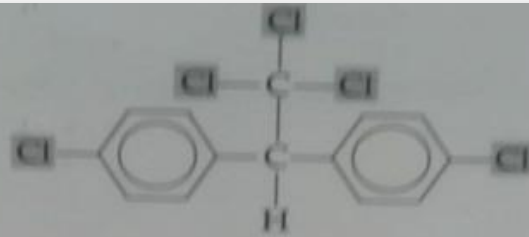
Όλες οι ενώσεις της βρώμικης δωδεκάδας είναι οργανοχλωριούχες ενώσεις γνωστές ως πολυχλωριωμένοι υδρογονάνθρακες

- Οι πολυχλωριωμένοι υδρογονάνθρακες είναι ενώσεις δυσδιάλυτες στο νερό αλλά ευδιάλυτες στα λίπη.
- Είναι σταθερές, δεν διασπώνται άμεσα σε απλούστερες λιγότερο τοξικές μορφές και μέσω των τροφικών αλυσίδων βιοσυσσωρεύονται.
- Αυτό συνεπάγεται ότι συγκεντρώνονται στους λιπώδους ιστούς των ψαριών, των πουλιών και των ανθρώπων που τρέφονται με τα παραπάνω.

ΠΟΛΥΧΛΩΡΙΩΜΕΝΟΙ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ ΜΕ
ΙΔΙΑΙΤΕΡΟ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ ΩΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΜΟΛΥΝΣΗΣ

DDT , Διοξίνη

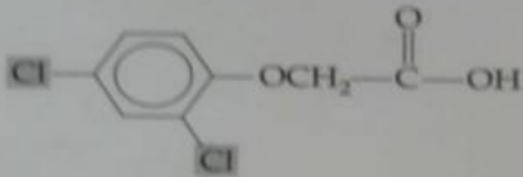
Πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB)



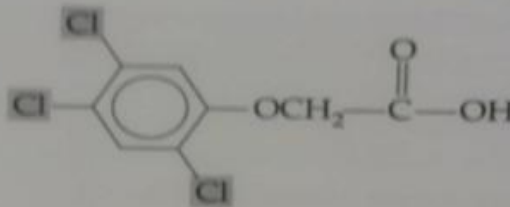
DDT
(διχλωροδιφαινυλοτριχλωροαιθάνιο)

(α)

(α) DDT



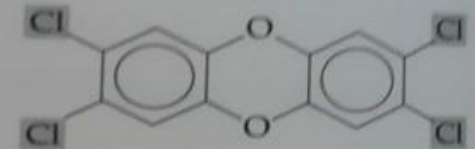
2,4-διχλωροφαινοξυοξικό οξύ
(2,4-D)



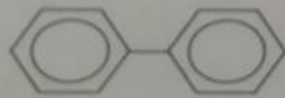
2,4,5-τριχλωροφαινοξυοξικό οξύ
(2,4,5-T)

(β)

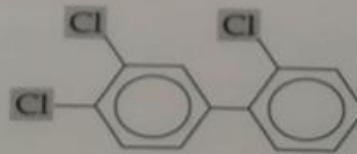
(β) TCDD και άλλες διοξίνες



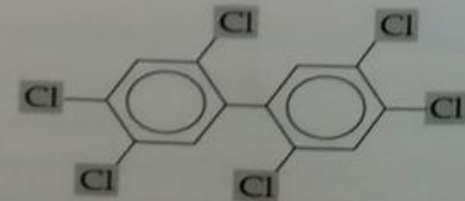
2,3,7,8-τετραχλωροδιβενζο-ρ-διοξίνη
(μία διοξίνη)



διφαινύλιο



PCB-1



PCB-2

(γ) διφαινύλιο

πολυχλωριωμένα διφαινύλια

Εικόνα από: Αρχές Περιβαλλοντικής Χημείας, Έκδοση 3^η /2015, James Girard, ISBN: 9789605830618 Τύπος: Εκδότης: ΠΑΡΙΣΙΑΝΟΥ ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΚΔΟΤΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΗ ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΕΤΑΙΡΙΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ

DDT

Η ανάγκη για χρήση παρασιτοκτόνων του ανθρώπου ξεκινά από πολύ παλιά.

- Αντιμετώπιση παράσιτων.
- Η πανώλη μεταδιδόταν από ψύλλους που παρασιτούσαν σε αρουραίους φορείς της βουβονικής πανώλης.
- Το 1845 ο εκτεταμένος λιμός στην Ιρλανδία, συνέπεια του οποίου ήταν η μαζική μετανάστευση στις ΗΠΑ οφείλονταν στην καταστροφή της πατάτας από περονόσπορο.
- Η ελονοσία μεταδίδεται μέσω κουνουπιών
- Τα σμήνη των ακρίδων καταστρέφουν ακόμη και σήμερα τις καλλιέργειες.
- Μύκητες, βακτήρια, ιοί και άλλοι μικροοργανισμοί απειλούν τα φυτά που σε αυτά βασίζεται για την τροφή του ο άνθρωπος.

Η μαζική χρήση φυτοφαρμάκων ξεκινά στο τέλος του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου με την παραγωγή του DDT και κλιμακώνεται με την ανάπτυξη άλλων συνθετικών φυτοφαρμάκων

- Πριν το 1940 μόνο λίγα φυτοφάρμακα διαθέσιμα
- **Μεταξύ των πρώτων εντομοκτόνων και πολλά φυσικά:**
 - ❖ Πυρεθρίνες: Ενώσεις που λαμβάνονταν από το φυτό πύρεθρο της οικογένειας του χρυσανθέμου.
 - ❖ Θεϊκή νικοτίνη από τον καπνό.
 - ❖ Ουσία rotenone από τροπικά φυτά γένους Derris,
 - ❖ Έλαιο σκόρδου.
- Επίσης χρησιμοποιούνταν ανόργανες χημικές ουσίες, κύρια ενώσεις αρσενικού και μολύβδου που όμως κρίνονται μη επιθυμητές και σπάνια σήμερα χρησιμοποιούνται εφόσον βιοσυσσωρεύονται και είναι τοξικές και για τον άνθρωπο.

Στα τέλη του 1940 το DDT φαινόταν το ιδανικό εντομοκτόνο όμως:

- Ανακαλύφθηκε αργότερα πως είχε καταστροφικές συνέπειες για πουλιά που θρέφονταν με ψάρια που διαβιούσαν σε νερά μολυσμένα από αυτών λόγω αεροψεκασμών και απορροής από εδάφη που είχε εφαρμοστεί.
- **Μεταγενέστερες έρευνες απέδειξαν πως το DDT παρεμβαίνει στο μεταβολισμό ασβεστίου στα πουλιά**
- **Το 1973 απαγορεύτηκε στις ΗΠΑ η χρήση DDT.**

Η χρήση DDT αυξάνεται από το 2006 παρόλο που με τη σύμβαση της Στοκχόλμης απαγορεύτηκε διότι δόθηκε έγκριση για την καταπολέμηση της ελονοσίας από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας και την πρωτοβουλία για την Ελονοσία του Προέδρου των ΗΠΑ Bush

➤ Σε χώρες της Αφρικής αλλά και στην Ινδία και στη Βόρεια Κορέα το DDT εφαρμόζεται με ψεκασμούς σε κατοικίες και σε κτήρια για την καταπολέμηση της ελονοσίας.

➤ Από το 2001 εννέα κράτη, η Αιθιοπία, η νότια Αφρική, η Ινδία, ο Μαυρίκιος, το Μιανμάρ, η Ιεμένη, η Ουγκάντα, η Μοζαμβίκη, και η Σουαζιλάνδη, ενημέρωσαν τη γραμματεία της Σύμβασης της Στοκχόλμης για τη χρήση DDT.

➤ Το Μεξικό και η Κεντρική Αμερική δεσμεύτηκαν για τον έλεγχο της ελονοσίας με άλλους τρόπους όπως:

- έλεγχος των στάσιμων νερών όπου αναπαράγονται τα κουνούπια
- κουνουπιέρες κατεργασμένες με πυρεθρινοειδή εντομοκτόνα

- **Η βιολόγος Rachel Carson** η πρώτη που μίλησε για τους κινδύνους των φυτοφαρμάκων
- Έργο αυτής το **κλασσικό «Σιωπηλή Άνοιξη» , 1962**, στο οποίο **προειδοποιεί πως η αλόγιστη χρήση συνθετικών χημικών ως εντομοκτόνα, θα οδηγήσει στην άνοιξη χωρίς το κελάηδημα πουλιών και άρα τη διατάραξη όλης της ζωής.**
- Σε αυτή αποδίδεται η έναρξη του περιβαλλοντικού κινήματος στη δεκαετία του **1970**, απόρροια του οποίου ήταν η δημιουργία της Υπηρεσίας Περιβαλλοντικής Προστασίας (ΥΠΠ) των ΗΠΑ **Environmental Protection Agency, EPA**

ΔΙΟΞΙΝΕΣ

Ομάδα χλωριωμένων υδρογονανθράκων που κατέληξε να συνδέεται με συγκεκριμένη ένωση, το TCDD η οποία παραμένει για μεγάλα χρονικά διαστήματα στο περιβάλλον και βιοσυσσωρεύεται στην τροφική αλυσίδα. Δεν παράγεται εκούσια.

ΠΗΓΕΣ ΔΙΟΞΙΝΩΝ

1. Κύρια πηγή η καύση ιατρικών και αστικών απόβλητων που περιέχουν χλώριο. Οι εκπομπές από αυτή την πηγή μειώθηκαν σημαντικά σήμερα, (χρήση αποδοτικών αποτεφρωτήρων απορριμμάτων υψηλής θερμοκρασίας στους οποίους οι διοξίνες μετατρέπονται σε αβλαβή προϊόντα.
2. Παλαιότερα κατέληγε σε υδάτινους πόρους από τις εκροές εργοστασίων χαρτιού που χρησιμοποιούσαν χλώριο για τη λεύκανσή του. Σήμερα όχι αφού τα πιο πολλά εργοστάσια χρησιμοποιούν άλλο λευκαντικό παράγοντα που δεν παράγει TCDD.
3. Παραπροϊόν της σύνθεσης τριχλωροφαινόλης ουσίας που (χρησιμοποιείται για παραγωγή ζιζανιοκτόνου ευρείας χρήσεως Silvex)

Πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB_s)

- Ενώσεις παρόμοιας δομής με αυτή του DDT
- Λιποδιαλυτά όπως το DDT και οι διοξίνες, άρα βιοσυσσωρεύονται στην τροφική αλυσίδα.
 - PCB_s αμελητέας συγκέντρωσης στο νερό, έχουν τη δυνατότητα αύξησης συγκέντρωσής τους, κατά ένα εκατομμύριο φορές στα ψάρια.
- 1977 σταματά η παραγωγή PCB_s στις ΗΠΑ, ωστόσο λόγω της σταθερότητας των μορίων και σήμερα πολλά ποτάμια και λίμνες περιέχουν σημαντικές συγκεντρώσεις.
- Η Ρωσία και πολλές αναπτυσσόμενες χώρες τα χρησιμοποιούν ακόμη

Χρήσεις PCB_s

Ανθεκτικά στη φωτιά, σταθερά σε υψηλή θερμοκρασία και με υψηλή αντίσταση στον ηλεκτρισμό

- Ευρεία χρήση ως μονωτικά υλικά σε μετασχηματιστές, ηλεκτρικούς πυκνωτές και συμπυκνωτές.
- Παλαιότερα χρησιμοποιούνταν ευρέως στη βιομηχανία πλαστικών ως πλαστικοποιητές, διότι η χρήση PCB_s κάνει ελαστικά και ανθεκτικά στη θραύση τα πλαστικά που είναι εύθραυστα.

- Τα PCB_s διασκορπίζονται στο περιβάλλον περνώντας στα επιφανειακά νερά μέσω βιομηχανικών απορροών και στα αιωρούμενα σωματίδια μέσω αποτεφρωτήρων.
- Με την καύση των πλαστικών απορριμμάτων και υλικών που περιέχουν PCB_s οι ατμοί των τελευταίων συμπυκνώνονται στην επιφάνεια αερομεταφερόμενων σωματιδίων που πέφτουν στο νερό ή καταλήγουν σε αυτό μέσω απορροής από την ξηρά.
- Ως συνέπεια των παραπάνω εντοπίζονται πλέον στο λιπώδη ιστό ζώων ακόμη και στην Αρκτική, (πολικές αρκούδες) και στον ειρηνικό ωκεανό, (άλμπατρος).

- Πολλοί από τους παραμένοντες οργανικούς ρύπους στο περιβάλλον σήμερα, ενδέχεται να παρεμβαίνουν στο ενδοκρινικό σύστημα ζώων και ανθρώπων και να παρεμποδίζουν την αναπαραγωγή και ανάπτυξη των εμβρύων.
- Οι χημικές αυτές ουσίες αποδείχτηκε πως προκαλούν υπογονιμότητα, μειωμένη συγκέντρωση σπερματοζωαρίων, καρκίνο και νευρολογικές διαταραχές.
- Μελέτες σε πειραματόζωα ανέδειξαν πως και σε πολύ χαμηλά επίπεδα συγκέντρωσης πολλές από αυτές τις χημικές ουσίες μιμούνται τα φυσικά οιστρογόνα και προκαλούν θηλεοποίηση στα αρσενικά και υπερανάπτυξη των θηλυκών χαρακτηριστικών στα θηλυκά άτομα.

Όπως το DDT οι διοξίνες τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια, αλλά και το methoxychlor και άλλα φυτοφάρμακα καθώς επίσης και οι φθαλικοί εστέρες, (συστατικά των πλαστικών).

Παραμένοντες, βιοσυσσωρεύσιμοι και τοξικοί ρύποι

- Η ΥΠΠ εισηγήθηκε το Πρόγραμμα Παραμενόντων Βιοσυσσωρεύσιμων και Τοξικών Ρύπων που στοχεύει:
 1. στην πρόληψη εισαγωγής στην αγορά νέων τέτοιων ρύπων,
 2. στη μείωση του κινδύνου για την ανθρώπινη υγεία καθώς και για το περιβάλλον από την έκθεση σε αυτούς,
 3. Στη διακοπή της μεταφοράς των ρύπων αυτών μέσω αέρα, νερού και ξηράς,
 4. στην εκτίμηση των μακροχρόνιων επιπτώσεών τους στο περιβάλλον.

Παραμένοντες, βιοσυσσωρεύσιμοι και τοξικοί ρύποι

- Οι κατασκευαστές χημικών προϊόντων είναι υποχρεωμένοι από το νόμο να υποβάλλουν στην ΥΠΠ προπαρασκευαστικές ενημερώσεις για νέα χημικά που είτε θέλουν να παρασκευάσουν στο εσωτερικό της χώρας είτε να εισάγουν σε βιομηχανική κλίμακα.
- **Με εξειδικευμένο λογισμικό η ΥΠΠ αξιολογεί τα προϊόντα αυτά και έχει δικαίωμα να διακόψει την παραγωγή τους** έως ότου ο παρασκευαστής αποδείξει πως δε θα αποτελέσουν μη αποδεκτό παράγοντα κινδύνου εάν ελευθερωθούν στο περιβάλλον.

Παραμένοντες, βιοσυσσωρεύσιμοι και τοξικοί ρύποι πρώτης προτεραιότητας για την Υπηρεσία περιβαλλοντικής Προστασίας των ΗΠΑ

Εμμένων, βιοσυσσωρεύσιμος και τοξικός ρύπος	Χρήση
Aldrin/dieldrin	εντομοκτόνο καλλιεργειών (καλαμπόκι, βαμβάκι)
Αλκυλιωμένα παράγωγα μολύβδου	ενισχυτικά οκτανίων σε βενζίνη με μολύβδο
Βενζο(α)πυρένιο	παράγεται ακούσια κατά την καύση
Toxaphene	εντομοκτόνο (αγροτικά ζώα και καλλιέργειες)
Chlordane	εντομοκτόνο καλλιεργειών (λαχανικά, εσπεριδοειδή, βαμβάκι, πατάτα)
DDT	εντομοκτόνο καλλιεργειών (βαμβάκι)
Διοξίνες/Φουράνια	παράγονται ακούσια κατά την καύση
Εξαχλωροβενζόλιο	μικητοκτόνο για κατεργασία σπόρων
Υδράργυρος και ενώσεις του υδραργύρου	αποτέφρωση ιατρικών και αστικών απορριμμάτων
Mirex	εντομοκτόνο (τερμίτες, μυρμήγκια)
Οκταχλωροστυρένιο	παράγεται από ηλεκτρόδια άνθρακα που χρησιμοποιούνται στην ηλεκτρολυτική διαδικασία για την παραγωγή χλωρίου
Πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs)	βιομηχανικά χημικά (ρευστό ανταλλαγής θερμότητας για ηλεκτρικούς μετασχηματιστές, πρόσθετο χρωμάτων και πλαστικών)

Δεδομένα από: EPA, Persistent Bioaccumulative and Toxic (PBT) Chemical Program.

Εικόνα από: Αρχές Περιβαλλοντικής Χημείας, Έκδοση 3^η /2015, James Girard, ISBN: 9789605830618 Τύπος: Εκδότης: ΠΑΡΙΣΙΑΝΟΥ ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΚΔΟΤΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΗ ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΕΤΑΙΡΙΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ

ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΑ

ΟΙ ΤΡΕΙΣ ΚΥΡΙΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΗΜΕΡΑ

ΧΛΩΡΙΩΜΕΝΟΙ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ

Εντομοκτόνα ευρέως
φάσματος

Πολλά

οργανοχλωριούχα
εντομοκτόνα

χαρακτηρίστηκαν

παραμένοντες οργανικοί
ρύποι και

ΟΡΓΑΝΟΦΩΣΦΟΡΙΚΑ

Τα περισσότερα είναι
στενού φάσματος,
(τοξικά μόνο για κάποια
είδη εντόμων).

Δε θεωρούνται
παραμένοντες ρύποι
γιατί στο περιβάλλον
διασπώνται γρήγορα

ΚΑΡΒΑΜΙΔΙΚΑ

Τα περισσότερα
είναι στενού
φάσματος.

Δε θεωρούνται
παραμένοντες
ρύποι .

Οργανοφωσφορικά

- Φθηνά και αποτελεσματικά για πολλά είδη εντόμων.
- Νευροτοξίνες, δηλαδή δηλητήρια των νεύρων. Η δράση τους βασίζεται στην απενεργοποίηση της χολινεστεράσης, ενζύμου με βασικό ρόλο στη μετάδοση των νευρικών ερεθισμάτων μεταξύ των νευρώνων.
- Σε περίπτωση κατάποσης προκαλούν στον άνθρωπο ταχυκαρδία, συσπάσεις, ακόμη και θάνατο. Απαραίτητη η μάσκα και τα ρούχα προστασίας στους αγρότες που τα χρησιμοποιούν.
- Μειονέκτημά τους: Διασπώνται στο περιβάλλον γρήγορα άρα πρέπει να χρησιμοποιούνται επανειλημμένα.

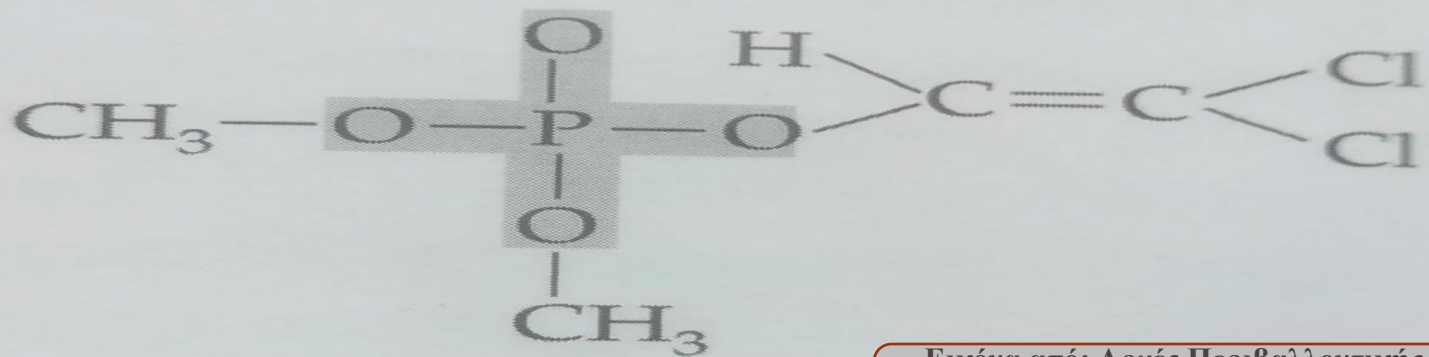
Τρεις υποκατηγορίες ανάλογα με τη χημική τους δομή:

Τύπος Α: Φωσφονικά

Τύπος Β: Φωσφοροθειονικά

Τύπος Γ: Φωσφοροδιθειονικά

Προσδιορισμός
οργανοφωσφορικών
εντομοκτόνων στα βιομηχανικά
και αστικά απόβλητα : Χρήση
αέριας χρωματογραφίας GC

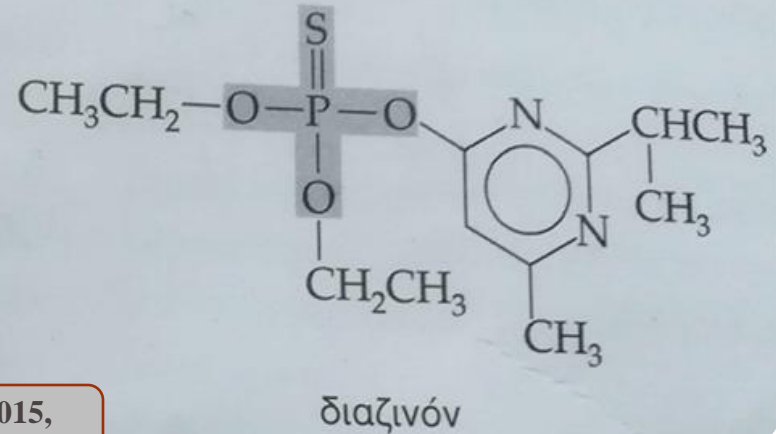
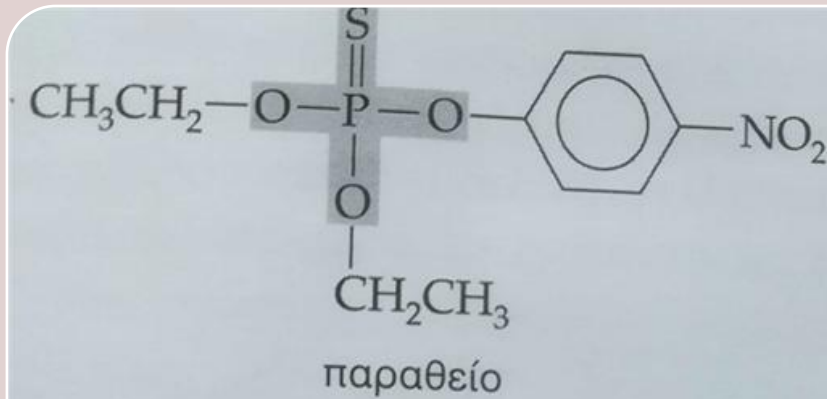


διχλωρβός

Εικόνα από: Αρχές Περιβαλλοντικής Χημείας, Έκδοση 3^η /2015, James Girard

Χρήση: Έλεγχος εντόμων σε περιοχές με αποθήκες τροφίμων, θερμοκήπια, αχυρώνες, έλεγχος εντόμων στην κτηνοτροφία.

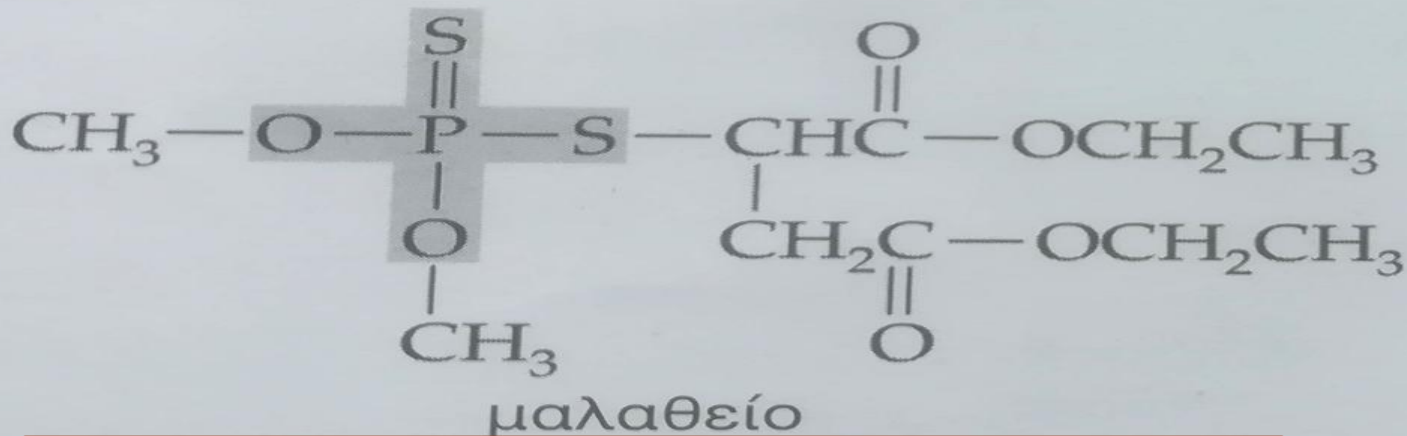
Τοξικότητα: Ιδιαίτερα τοξικό για θηλαστικά, (LD₅₀=25 mg/kg)



Εικόνα από: Αρχές Περιβαλλοντικής Χημείας, Έκδοση 3^η/2015,
James Girard

Παραθειό: 20 φορές πιο τοξικό για τα ποντίκια από το DDT. Μόνο άτομα με άδεια απεντόμωσης επιτρέπεται να το χρησιμοποιούν. ($LD_{50}=3\text{mg/kg}$)

Διαζινόν: Χρήση για έλεγχο κατσαρίδας, ασημόψαρου, μυρμηγκιού και ψύλλου σε χώρους κατοικίας χωρίς τρόφιμα. Παρόλο που στην Αμερική ήταν δεύτερο σε πωλήσεις το 2000 η ΥΠΠ την καταναλωτική του χρήση διότι έθετε σε κίνδυνο παιδιά. ($LD_{50}=1,4\text{ mg/kg}$)



Εικόνα από: Αρχές Περιβαλλοντικής Χημείας, Έκδοση 3^η /2015, James Girard

Μαλαθείο: Το ενεργό συστατικό των σπρέι κατά της οικιακής μύγας.

Δεν είναι ιδιαίτερα τοξικό για τα θηλαστικά,
(LD₅₀=880mg/kg)

Στην Καλιφόρνια και τη Φλόριντα χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της μεσογειακής μύγας.

Ζιζανιοκτόνα

Εκτός των ζωικών παράσιτων πρέπει να αντιμετωπιστεί η παρουσία ανεπιθύμητων χόρτων που ανταγωνίζονται τις καλλιέργειες σε θρεπτικά και σε νερό. Παραδοσιακή μέθοδος, η άροση.

- 1950 εισαγωγή εκλεκτικών ζιζανιοκτόνων.
- Σήμερα χρήση καλλιέργειας χωρίς άροση στις περισσότερες ανεπτυγμένες χώρες. Η καλλιέργεια χωρίς άροση μειώνει την απώλεια επιφανειακού εδάφους λόγω διάβρωσης και είναι καλή για τον αγρότη και για το υδάτινο οικοσύστημα.

Ανάλυση ζιζανιοκτόνων:

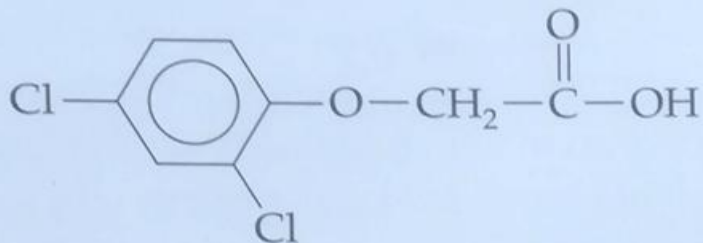
1^{ον} Εκχύλισή τους με νερό

2^{ον} Διαχωρισμός και ποσοτικοποίηση με GC και ανιχνευτή δέσμευσης ηλεκτρονίων.

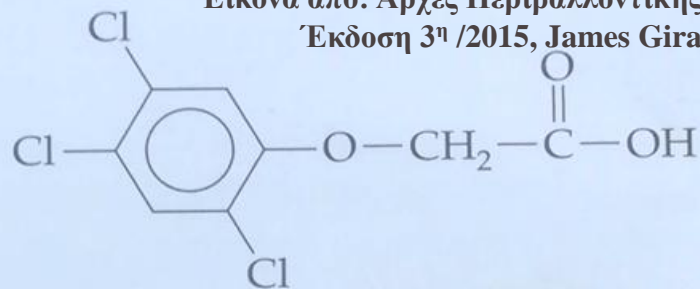
Η υγρή χρωματογραφία υψηλής πίεσης HPLC, χρησιμοποιείται στον ποσοτικό προσδιορισμό παρακουάτ στο πόσιμο νερό διότι η εξάτμιση αυτού στην αέρια φάση στη GC απαιτεί τόση θερμοκρασία που το μόριο διασπάται.

- **ΕΚΛΕΚΤΙΚΑ ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΑ:** Καταστρέφουν μόνο συγκεκριμένη ομάδα φυτών, π.χ. γρασίδι ή και φυτά με μεγάλα φύλλα. Τα περισσότερα είναι συστηματικά. Απορροφώνται από τα φύλλα ή τις ρίζες και στη συνέχεια μεταφέρονται σε όλο το φυτό. Δρουν ως ορμόνες ανάπτυξης προκαλώντας τόσο γρήγορη ανάπτυξη ώστε το φυτό καταστρέφεται.

Εικόνα από: Αρχές Περιβαλλοντικής Χημείας,
Έκδοση 3^η /2015, James Girard



2,4-διχλωροφαινοξυ οξικό οξύ (2,4-D)



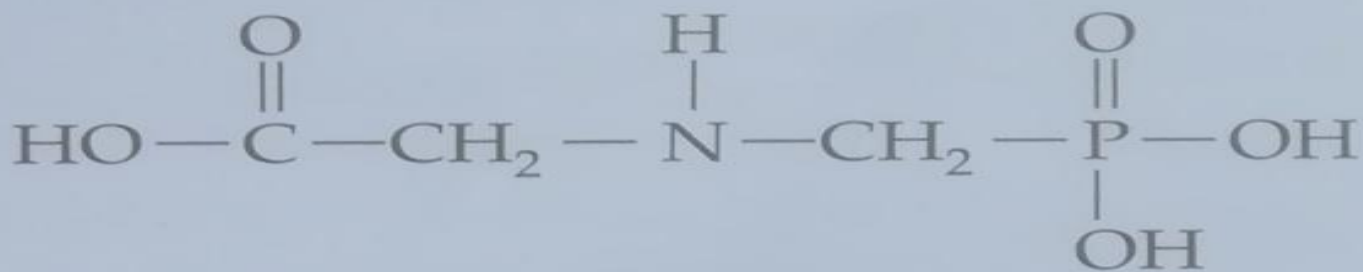
2,4,5-τριχλωροφαινοξυ οξικό οξύ
(2,4,5-T)

2,4-D αποτελεσματικό σε φυτά με μεγάλα φύλλα

2,4,5-T για έλεγχο ξυλωδών φυτών

Το 1985 η ΥΠΠ απαγόρευσε μίγμα τους, γνωστό ως «πορτοκαλί παράγοντας» λόγω δυσμενών επιδράσεων στην υγεία σχετιζόμενων με τη χρήση του.

Εικόνα από: Αρχές Περιβαλλοντικής Χημείας, Έκδοση 3^η /2015, James Girard



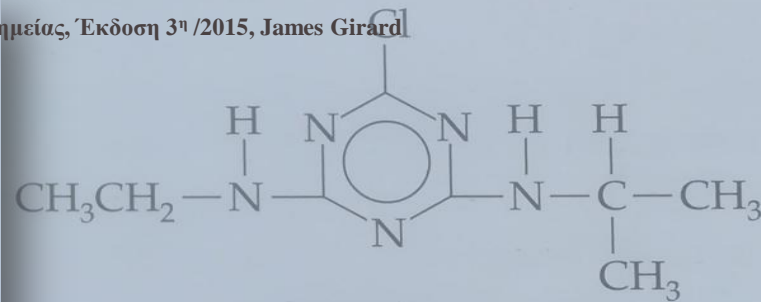
γλυφοσείτ

- Εμπορική ονομασία Roundup
- Φωσφορικό παράγωγο της γλυκίνης.
- Λόγω ικανότητας σχηματισμού ιόντων, προσκολλάται στα σημεία ανταλλαγής ιόντων στο χώμα παρότι υδατοδιαλυτό.
- Δε βιοσυσσωρεύεται και ο χρόνος παραμονής του στο περιβάλλον είναι 50 ημέρες.
- Δεν είναι εκλεκτικό και χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό όλου του χωραφιού ώστε να προετοιμαστεί για καλλιέργεια χωρίς άροση.
- Δρα παρεμποδίζοντας το βιοσυνθετικό μονοπάτι τυροσίνης και φαινυλαλανίνης. Δεν επηρεάζει τα ζώα διότι έχουν διαφορετικό μονοπάτι σύνθεσης για τα δυο αυτά αμινοξέα.

Εικόνα από: Αρχές Περιβαλλοντικής Χημείας, Έκδοση 3^η/2015, James Girard



Διχλωριούχο παρακουάτ



ατραζίνη

- Ευρέως χρησιμοποιούμενο όπως και το ντικουάτ και το διφενζοκουάτ.
- Είναι τοξικό για τον άνθρωπο και η χρήση του απαιτεί μεγάλη προσοχή.
- Λόγω της μεγάλης χρήσης του διαπιστώθηκε μόλυνση σε νερά και τρόφιμα.
- Χρησιμοποιείται στην παραγωγή καλαμποκιών χωρίς άροση.
- Δρα παρεμβαίνοντας στη φωτοσύνθεση.
- Δε βιοσυσσωρεύεται
- Είναι μέτρια υδατοδιαλυτή.
- Επηρεάζει τα αμφίβια.

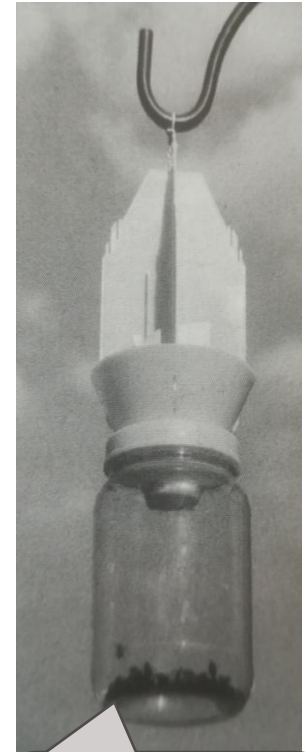
Ανάπτυξη εναλλακτικών μεθόδων ελέγχου των εντόμων

1. Χημικές ενώσεις επικοινωνίας

A. Φερομόνες: Χημικές ενώσεις που απελευθερώνονται από τα έντομα και άλλα ζώα ως μέσο επικοινωνίας.

- Φερομόνες φύλλου Π.χ. παγίδα Japonilure
- Φερομόνες συνάθροισης και ανίχνευσης. Π.χ. τοποθέτηση τέτοιας φερομόνης σε θεμέλια σπιτιού τρομάζει και απομακρύνει τους τερμίτες.

Μια περιβαλλοντικά ελκυστική προσέγγιση εφόσον είναι εκλεκτικές για κάθε είδος, βιοαποικοδομήσιμες, μη τοξικές και αποτελεσματικές σε ποσότητες πικογραμμαρίων. Ωστόσο μειονέκτημα αποτελεί το ότι είναι η παραγωγή τους είναι και ακριβή και δύσκολη.



Παγίδα
ιαπωνικού
σκαθαριού
Japonilure

B. Αλλομόνες

Παράδειγμα αλλομόνων οι δυσώδεις μερκαμπάνες που ελευθερώνει με τα ούρα του το κουνάβι, αποτρέποντας επιθέσεις θηρευτών. Τα φυτά ως απόκριση του στρες συνθέτουν τοξικές χημικές ουσίες που τα προστατεύουν από τα έντομα. Η καρυδιά παράγει την αλλομόνη γιουγκλόνη που είναι φυσικό εντομοκτόνο.

2. Ορμόνες ανάπτυξης (JH)

Οι JH εκκρίνονται από ανώριμα έντομα ρυθμίζοντας τα πρώτα στάδια ανάπτυξης ενώ όταν το έντομο μεγαλώσει και γίνει ακμαίο σταματά η παραγωγή JH. Σε περίπτωση που ανώριμα άτομα ψεκαστούν με JH παραμένουν στο ανώριμο στάδιο ανάπτυξης ανίκανα να ζευγαρώσουν. Το μεθοπρένιο είναι η πρώτη εμπορική μιμητική JH που εγκρίθηκε το 1975 από την ΥΠΠ. Οι JH δεν είναι αρκετά χρήσιμες για τα επιβλαβή έντομα αγρών.

3. Βιολογικός έλεγχος

Παραδείγματα οι μάντισσες και οι πασχαλίτσες για τον έλεγχο των εντόμων. Το βακτήριο *Bacillus Thuringiensis* πουλιέται εδώ και χρόνια στο εμπόριο με τη μορφή σκόνης με εμπορική ονομασία Dipel και χρησιμοποιείται σε κήπους αλλά και ως σπρέι στην αντιμετώπιση της λυμάντρας. Το 1972 εγκρίθηκε ο ιός του είδους *Heliothus zea* ενάντια στο σκώληκα του καλαμποκιού.

Η παραγωγή βιολογικών παραγόντων είναι δύσκολη και ακριβή αλλά έχει πολλά πλεονεκτήματα. Καταστρέφει μόνο το είδος στόχο και δεν είναι για τα άλλα τοξική. Διαιωνίζεται μετά την εγκατάστασή της αυτόματα και τέλος τα έντομα δεν γίνονται ανθεκτικά στους φυσικούς εχθρούς.

4. Στείρωση

Η στείρωση του εντόμου με την έκθεση σε ακτινοβολία.

5. **Ανάπτυξη γενετικά τροποποιημένων φυτών ώστε να παράγουν την εντομοτοξίνη του *Bacillus Thuringiensis*.**

Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (Polycyclic or Polynuclear Aromatic Hydrocarbons-PAH)

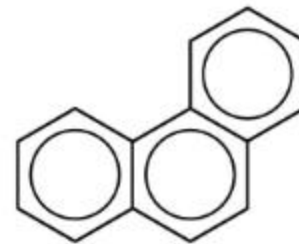
- Είναι οργανικές ενώσεις οι οποίες έχουν στο μόριό τους συμπυκνωμένους αρωματικούς δακτύλιους.
- Θεωρούνται μια από τις πιο επικίνδυνες κατηγορίες ρύπων στο περιβάλλον διότι έχουν καρκινογόνες και μεταλλαξιογόνες ιδιότητες.
- Οι κυριότεροι από τους PAH έχουν 2-8 αρωματικούς δακτύλιους.



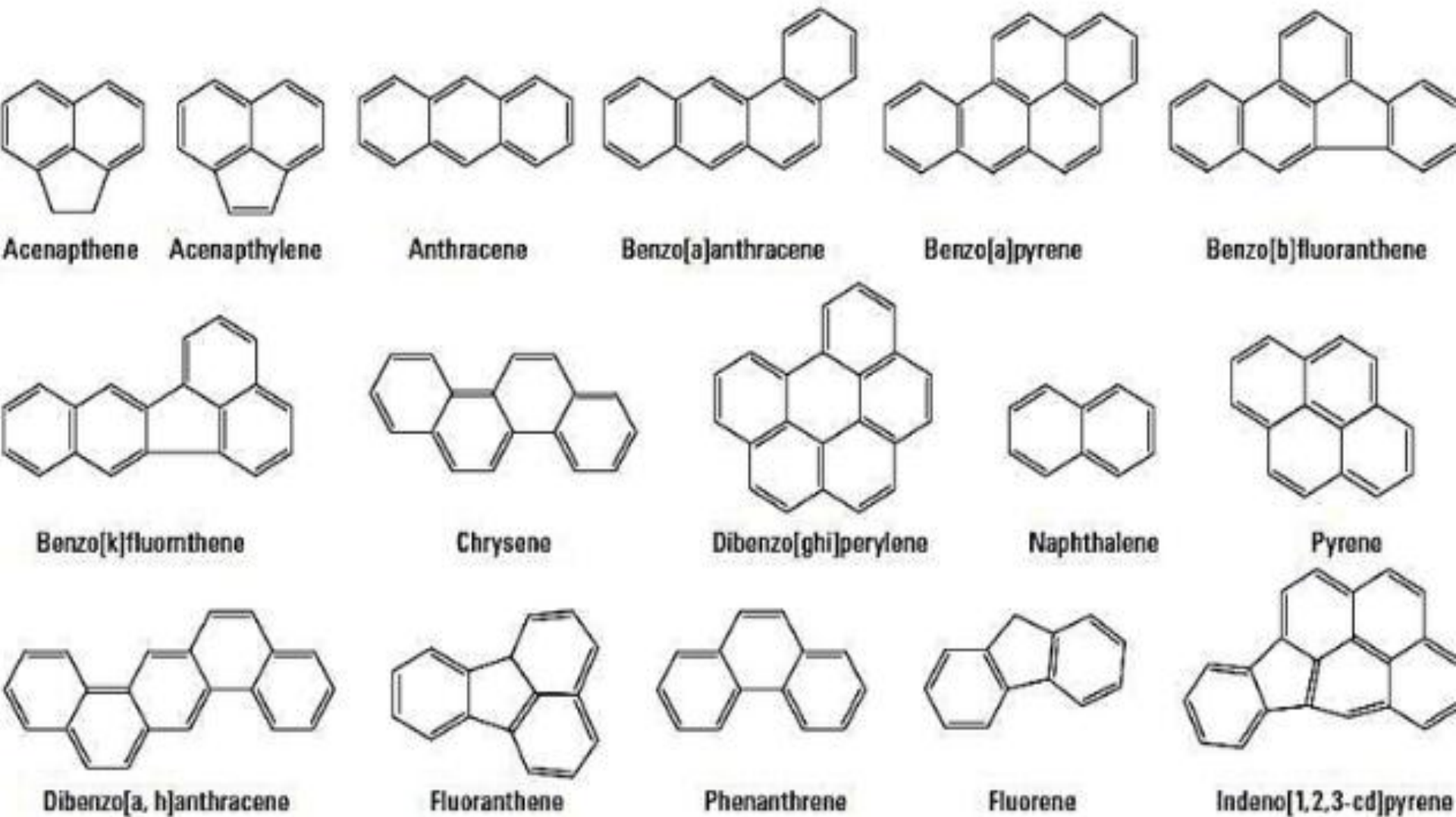
Naphthalene



Anthracene



Phenanthrene



Characteristic Fingerprints of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Total Petroleum Hydrocarbons Pollution in Petrochemical Areas - Scientific Figure on ResearchGate. Available from: https://www.researchgate.net/figure/Studied-polycyclic-aromatic-hydrocarbons-PAHs-chemical-structures_fig1_262182142

- Οι ΡΑΗ σχηματίζονται κάθε φορά που ουσίες με άνθρακα και υδρογόνο θερμαίνονται σε μεγαλύτερες από 700 °C θερμοκρασίες όπως για παράδειγμα σε περιπτώσεις πυρόλυσης και ατελούς καύσης. Οι τελευταίες είναι πολύ διαδεδομένες διαδικασίες, άρα οι ΡΑΗ απαντώνται συχνά.

Παραδείγματα

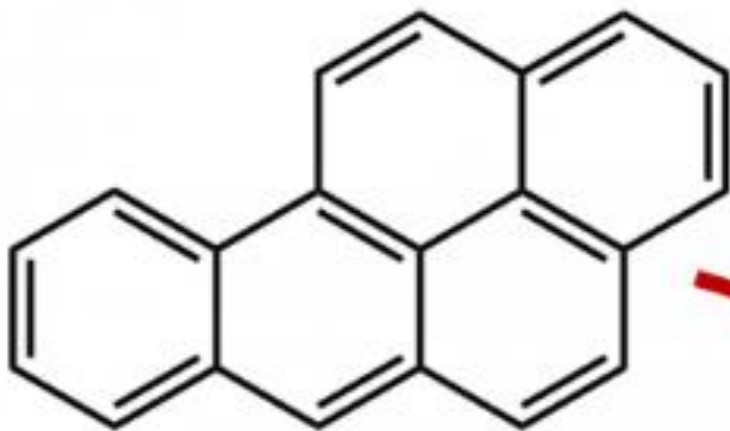
- Αερολύματα βιομηχανιών
- Οικιακή θέρμανση κυρίως όταν χρησιμοποιείται ξύλο ως καύσιμο., (κάρβουνο υγρά καύσιμα και υγραέριο μικρότερες ποσότητες ΡΑΗ
- Καύση στερεών απορριμάτων
- Καυσαέρια αυτοκινήτων
- Ιπτάμενη τέφρα
- Κάπνισμα τροφών
- Καπνός τσιγάρου

1. **Βιομηχανία πετρελαίου**, (κατά την αναγέννηση του καταλύτη στη διαδικασία καταλυτικής διάσπασης προϊόντων χρήσιμων για την παραγωγή καυσίμων ή ασφάλτου)

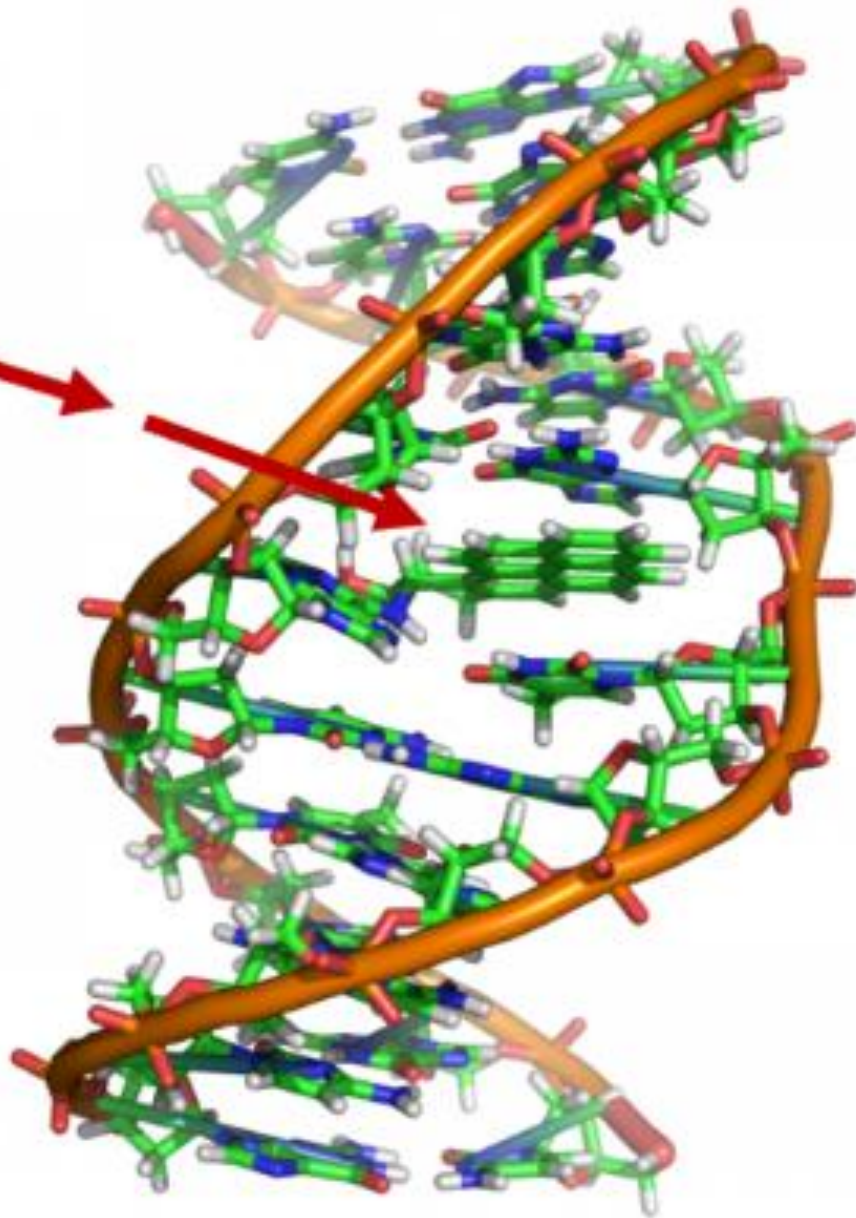
2. **Βιομηχανία άνθρακα**

Κατά τη διαδικασία καύσης του φυσικού αερίου και της πυρόλυσης υγρών αρωματικών υδρογονανθράκων σε υψηλή θερμοκρασία

3. **Βιομηχανίες λιπασμάτων**



Benzo[a]pyrene



ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΡΑΗ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ

- Απορροφούν έντονα την ακτινοβολία UV και το αποτέλεσμα είναι η φωτοξείδωσή τους. Τα προϊόντα είναι καρβονυλικές ενώσεις.
- Αντιδρούν με τα οξείδια του αζώτου σχηματίζοντας νιτροπαράγωγα που έχουν μεταλλαξιογόνες ιδιότητες.
- Αντιδρούν με το όζον και σχηματίζουν οξείδια όπως βενζοπυρένιο-4,5-οξείδιο, το οποίο είναι ισχυρό μεταλλαξιογόνο.
- Τα οξείδια SO_2 και SO_3 καθώς και το H_2SO_4 αντιδρούν εύκολα με τους ΡΑΗ ιδίως όταν αυτοί είναι προσροφημένοι σε αιωρούμενα σωματίδια.
- Αντιδρούν με υπεροξειδικές ρίζες καθώς και άλλα οξειδωτικά της ατμόσφαιρας σχηματίζοντας κινόνες, ενώσεις οι οποίες είναι καρκινογόνες.

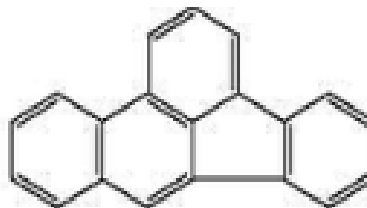
ΟΙ ΡΑΗ ΣΤΑ ΝΕΡΑ

- Πηγές των ΡΑΗ στα φυσικά νερά είναι:
 1. Οι διαρροές αργού πετρελαίου και προϊόντων διύλισης από πετρελαιοπηγές, διυλιστήρια και δεξαμενόπλοια είναι η κυριότερη πηγή ρύπανσης των φυσικών νερών με ΡΑΗ.
 2. Τα υγρά απόβλητα διαφόρων βιομηχανιών(π.χ. χρωμάτων, εντομοκτόνων, λαμπρυντικών, αντισκωριακών καθώς και άλλων).
 3. Ένα μικρό ποσοστό της επιβάρυνσης των φυσικών νερών με ΡΑΗ αποδίδεται και στην ατμοσφαιρική ρύπανση
- Οι ΡΑΗ χαρακτηρίζονται από μεγάλο μοριακό βάρος και μικρή πολικότητα άρα είναι ελάχιστα διαλυτοί στο νερό. Η παρουσία ανιονικών απορρυπαντικών στο νερό μπορεί να αυξήσει με το σχηματισμό μικκυλίων τη διαλυτότητά τους και 10^4 φορές.
- Μεγάλο ποσοστό ΡΑΗ των φυσικών νερών καταλήγουν στα ιζήματα του πυθμένα.

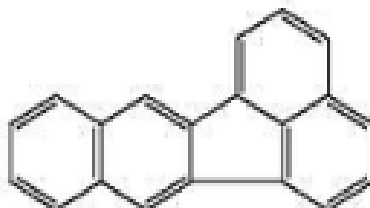
Σύμφωνα με τον παγκόσμιο οργανισμό υγείας WHO ο προσδιορισμός των PAH στα φυσικά νερά αναφέρεται σε συνολική συγκέντρωση σε mg/L ή mmol/m³ έξι χαρακτηριστικών ενώσεων και συγκεκριμένα των ακόλουθων:



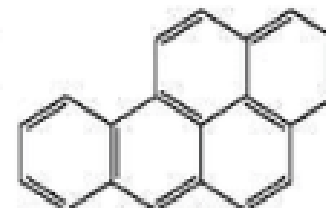
Phenanthrene



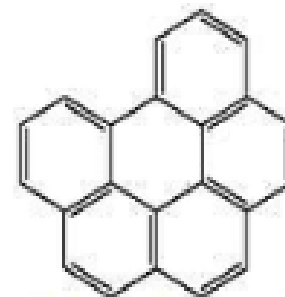
Benzo[b]fluoranthene



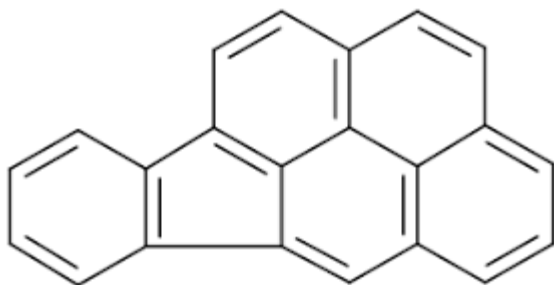
Benzo[k]fluoranthene



Benzo[a]pyrene



Dibenzo[ghi]perylene



2,3-ο-Φαινυλενοπυρένιο

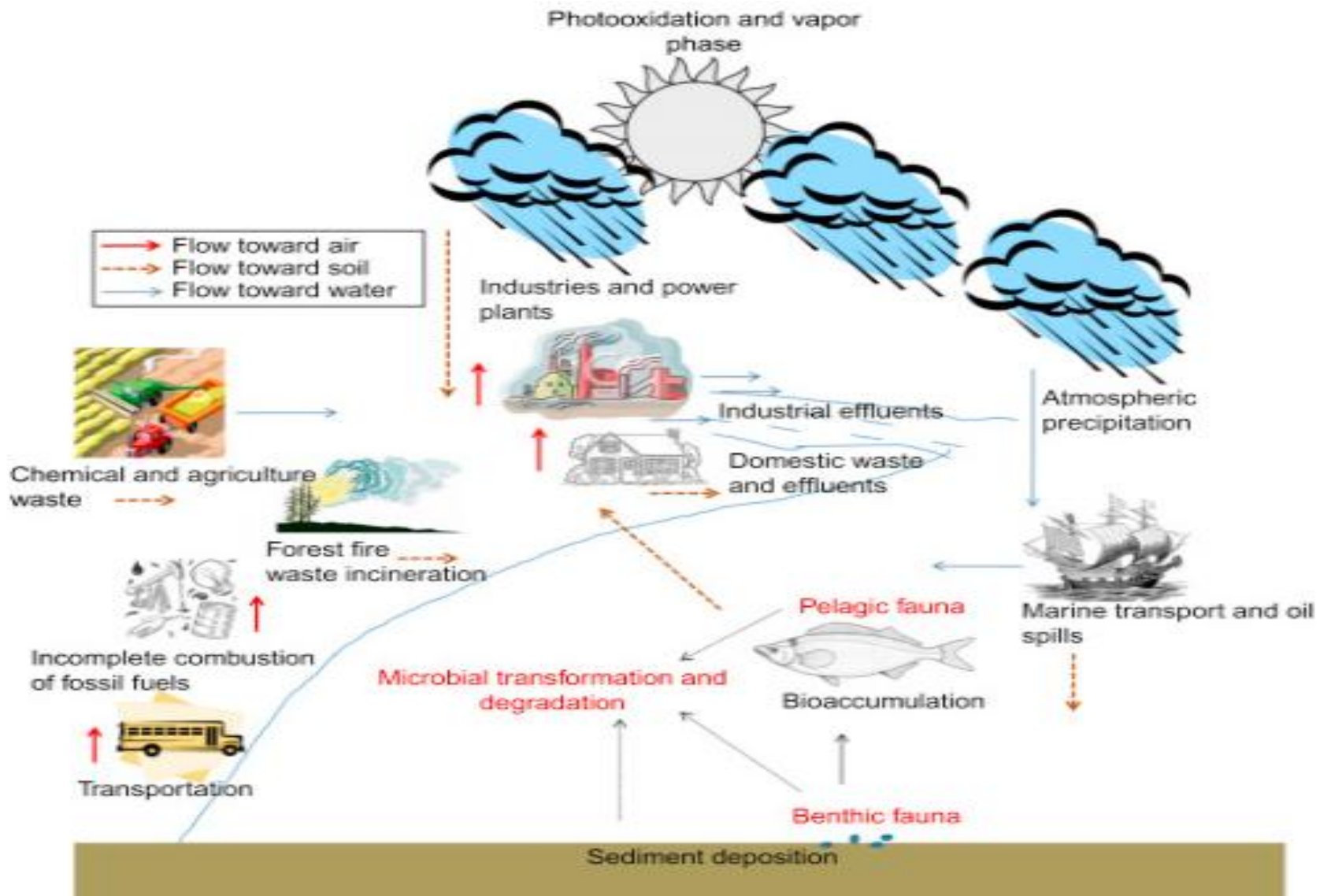
Ο οργανισμός παγκόσμιας υγείας καθόρισε ανώτατη επιτρεπτή τιμή αυτή των 0.25 mg/L για το πόσιμο νερό, 1 mg/L για τα επιφανειακά νερά και 100 mg/L για τα λύματα.

- **ΟΙ ΡΑΗ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ**

Η πτώση των αιωρούμενων σωματιδίων της ατμόσφαιρας στο έδαφος με φυσικό τρόπο αλλά και οι βροχές οδηγούν στην παρουσία μικρών ποσοτήτων ΡΑΗ στο έδαφος. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις παρατηρούνται σε περιοχές που έχουν αυξημένη βιομηχανική δραστηριότητα και μεγάλο πληθυσμό.

- **ΟΙ ΡΑΗ ΣΤΟΥΣ ΖΩΝΤΑΝΟΥΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ**

ΡΑΗ ανιχνεύτηκαν σε υδρόβια φυτά, οστρακοειδή καθώς και διάφορα είδη ψαριών



Γενικευμένη άποψη βιογεωχημικού κύκλου ΡΑΗ στο περιβάλλον

Πηγή : [Polycyclic Aromatic Hydrocarbons](#) J.P. Meador, in [Encyclopedia of Ecology](#), 2008

Συντελεστής κατανομής στο σύστημα οκτανόλης / νερού K_{ow}

- Ο συντελεστής κατανομής K_{ow} , είναι παράγοντας καθοριστικής σημασίας για τη μελέτη της τύχης των οργανικών ουσιών στο περιβάλλον.
- Η τιμή αυτού του συντελεστή παρέχει πληροφορίες για το λιποφιλικό ή όχι χαρακτήρα μιας ένωσης και κατά συνέπεια για την περιβαλλοντική της συμπεριφορά. Παρέχει πληροφορίες για παράδειγμα για:
 - Την πιθανότητα ενσωμάτωσής της ή πρόσληψης της από οργανισμούς
 - Την πιθανότητα προσρόφησης σε στερεά που περιέχουν οργανική ύλη κ.λ.π.
- Σχετίζεται άμεσα με τη διαλυτότητα στο νερό η οποία και επηρεάζει την τύχη και τη μεταφορά των χημικών ουσιών.

- Ως συντελεστής κατανομής οκτανόλης/νερού, K_{ow} μιας χημικής ουσίας, ορίζεται ο λόγος των μοριακών συγκεντρώσεων αυτής στην οκτανόλη και το νερό σε ένα αραιό διάλυμα:

$$K_{ow} = C_{\text{οκτανόλη}} / C_{\text{νερό}}$$

- Η τιμή K_{ow} είναι καθαρός αριθμός και σταθερή για συγκεκριμένη θερμοκρασία. Ουσιαστικά δίνει την τάση μιας ουσίας να κινηθεί από την υδατική φάση στη μη αναμίξιμη φάση της οκτανόλης.
- Ενδέχεται να είναι της τάξης των εκατομμυρίων για σημαντικούς περιβαλλοντικούς ρύπους όπως τα φυτοφάρμακα, το φουράνιο κ.α. Συνήθως εκφράζεται με τη μορφή $\log K_{ow}$

Η οκτανόλη μιμείται τη συμπεριφορά των λιπών.

- Ο προσδιορισμός της τιμής του K_{ow} , γίνεται με τη μέτρηση της συγκέντρωσης μιας συγκεκριμένης ουσίας στην υδατική φάση και στη φάση της οκτανόλης μετά από κάποιο χρονικό διάστημα ανάμειξής τους,

Οι τιμές του συντελεστή K_{ow} διαφοροποιούνται με τρόπο προβλέσιμο μεταξύ ομάδων οργανικών ενώσεων. Ουσιαστικά δίνουν την τάση ουσιών να βιοσυσσωρεύονται.

Συσχέτιση συντελεστή K_{ow} με τη ρόφηση οργανικών ενώσεων στο έδαφος

- Η ρόφηση μη πολικών μορίων από τα εδάφη εξαρτάται από:
 - Την υδροφοβικότητά τους (K_{ow})
 - Το οργανικό περιεχόμενο του εδάφους
- Ως συντελεστής ρόφησης K_p ορίζεται ο λόγος των συγκεντρώσεων τους στη στερεή φάση και στο διάλυμα:

$$K_p = \frac{\text{συγκέντρωση στη στερεή φάση}}{\text{Συγκέντρωση στο διάλυμα}} = \frac{\text{mg/kg}}{\text{mg/L}} = \frac{\text{L}}{\text{kg}}$$

Βιβλιογραφία

- ΧΗΜΕΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, 1997, Θεμιστοκλή Αθ. Κουϊμτζή, Καθηγητή Α.Π.Θ., Εκδόσεις ΖΗΤΗ
- Αρχές Περιβαλλοντικής Χημείας, Έκδοση 3^η /2015, James Girard, ISBN: 9789605830618 Τύπος: Εκδότης: ΠΑΡΙΣΙΑΝΟΥ ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΚΔΟΤΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΗ ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΕΤΑΙΡΙΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
- Αρχές Περιβαλλοντικής Γεωχημείας, Έκδοση 1^η /2011, G. NELSON EBY, Εκδόσεις Σπυρίδων Κωσταράκης, ISBN: 978-960-99858-6-4
- Περιβαλλοντική Χημεία, Έκδοση 1^Η/2016, IBANEZ G. JORGE, HERNANDEZ-ESPARZA MARGARITA, DORIA-SERRANO CARMEN, FREGOSO-INFANTE ARTURO, SINGH MONO MOHAN, ISBN: 978-960-524-448-4, ΙΔΡΥΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΕΡΕΥΝΑΣ-ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ