ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ - ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ

Οι Κυριότερες Αιτίες Ρύπανσης των Εδαφών

Το έδαφος, μαζί με τα υδάτινα συστήματα, είναι ο κυριότερος αποδέκτης της ανθρωπογενούς ρύπανσης.

- Οι βιομηχανικές, βιοτεχνικές και εμπορικές δραστηριότητες ρυπαίνουν σε μεγάλο βαθμό το έδαφος (**ρύπανση από βαρέα μέταλλα από χημικές βιομηχανίες**, **καύση στερεών και υγρών ορυκτών καυσίμων**, διεργασίες εμπλουτισμού ή καθαρισμού μεταλλευμάτων κ.ά).
- **Γεωργικά και κτηνοτροφικά απόβλητα** (όπως **λιπάσματα και φυτοφάρμακα** των γεωργικών εκμεταλλεύσεων, **υγρά και στερεά απόβλητα των κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων**) επίσης ρυπαίνουν τις αγροτικές εκτάσεις.
- **Ατυχήματα και διαρροές πετρελαίου, απόβλητα ορυχείων και λατομείων** είναι μερικές άλλες αιτίες ρύπανσης των εδαφών.
- **Αστικά και νοσοκομειακά απόβλητα** που διατίθενται σε χώρους υγειονομικής ταφής και αποτέφρωσης σε υψηλές θερμοκρασίες
- Το έδαφος γίνεται **αποδέκτης και των ατμοσφαιρικών ρύπων** που κατακρημνίζονται με αργούς ρυθμούς ανάλογα με τις συνθήκες και τη γεωμορφολογία των περιοχών.

Ρύπανση των εδαφών από λιπάσματα και φυτοφάρμακα των γεωργικών εκμεταλλεύσεων

- **Η αλόγιστη χρήση λιπασμάτων** σε σχέση και με τις εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής ρυπαίνουν τοπικά το έδαφος ή τα υπόγεια νερά ή τα διάφορα υδάτινα συστήματα (λίμνες, θάλασσες κ.ά).
- **Η συσσώρευση των υπολειμμάτων φυτοφαρμάκων σε γεωργικές εκτάσεις** έχει ως αποτέλεσμα την πρόκληση τοξικών φαινομένων στους χερσαίους οργανισμούς, στους γαιοσκώληκες, τους νηματώδεις και τους μικροοργανισμούς, με συνέπεια την υποβάθμιση των εδαφών.
  - Ιδιαίτερα προβλήματα προκαλούν τα φυτοφάρμακα που βιοαποικοδομούνται με πολύ αργούς ρυθμούς (μη βιοδιασπάσιμα) ή αυτά που κατά τη διάσπασή τους παράγουν τοξικούς μεταβολίτες.

Βαρέα μέταλλα (ΒΜ)

- Στην ομάδα των στοιχείων που αποκαλούνται "βαρέα μέταλλα" και που αντιπροσωπεύουν τον μεγαλύτερο κίνδυνο για τα φυτά, τα ζώα και τον άνθρωπο, **ανήκουν το κάδμιο (Cd), το χρώμιο(Cr), ο υδράργυρος (Hg), ο μόλυβδος (Pb), ο χαλκός (Cu), το νικέλιο (Ni) και ο ψευδάργυρος (Zn).**
- Στην ομάδα αυτή, που γενικότερα καλείται "ομάδα των επικίνδυνων ή τοξικών στοιχείων", ανήκουν επίσης το αρσενικό (As), το αντιμόνιο (Sb), το σελήνιο (Se) και το φθόριο (F).
- Μερικά από τα στοιχεία αυτά είναι "απαραίτητα" στοιχεία για τα φυτά. Αν όμως υπάρχουν στο έδαφος σε μεγάλες ποσότητες, τότε προσλαμβάνονται από τα φυτά και **εισέρχονται στην τροφική αλυσίδα με βλαβερές συνέπειες για τα ζώα και τον άνθρωπο.**
- Επίσης, **πολλά από τα βαρέα μέταλλα μπορεί να εκπλυθούν και να ρυπάνουν τα υπόγεια νερά και τους γειτονικούς υδατοσυλλέκτες.**

- **Κυρίως όμως η ρύπανση των εδαφών με ΒΜ προέρχεται από τους εξής εξωγενείς παράγοντες:**
- – την ατμόσφαιρα (όταν είναι ρυπασμένη με βαρέα μέταλλα, π.χ. με μόλυβδο από τα καυσαέρια των αυτοκινήτων).
- – την έκπλυση από περιοχές που έχουν αποτεθεί απόβλητα βιομηχανιών ή ορυχείων.
- – την εφαρμογή στα εδάφη "ιλύος υπονόμων" αστικών και βιομηχανικών περιοχών. Η ιλύς υπονόμων είναι το προϊόν του βιολογικού καθαρισμού των αποβλήτων.
- – την εφαρμογή κοπριάς χοίρων στα εδάφη.
- – την εφαρμογή ορισμένων λιπασμάτων (π.χ. Cd περιέχεται ως πρόσμιξη στα φωσφορικά λιπάσματα) και παρασιτοκτόνων.

Διαθεσιμότητα των βαρέων μετάλλων στο έδαφος

- Από τη στιγμή της εισαγωγής των ΒΜ στο έδαφος αρχίζει μια αλληλουχία φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών, οι οποίες παίζουν αποφασιστικό ρόλο στο αν ένα μέρος της συγκέντρωσής των θα απορροφηθεί από τα φυτά ή θα εκπλυθεί προς τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες.
- **Όσο μεγαλύτερη είναι η διαθεσιμότητα των ΒΜ**, και άρα η κινητικότητά τους στο εδαφικό περιβάλλον, **τόσο μεγαλύτερος ο κίνδυνος εμπλοκής τους στην τροφική αλυσίδα του ανθρώπου μέσω της απορρόφησής τους από τα φυτά και τόσο μεγαλύτερος ο κίνδυνος έκπλυσής τους στα υπόγεια νερά.**
- Τα μέταλλα Cd και Zn και λιγότερο το Ni θεωρούνται τα πιο κινητικά ενώ ο Cu, ο Pb και ο Hg τα λιγότερο κινητικά.
- Επομένως, **εδάφη με μεγάλη περιεκτικότητα σε ΒΜ πρέπει να βελτιωθούν πριν χρησιμοποιηθούν για καλλιέργεια φυτών.** Πολλά δε από τα στοιχεία αυτά προέρχονται από το μητρικό υλικό του εδάφους.

Από τι εξαρτάται η διαθεσιμότητα των ΒΜ στο έδαφος;

pH

- Αυτή είναι η πρώτη και πιο σημαντική εδαφική ιδιότητα που επηρεάζει τη διαθεσιμότητα των ΒΜ, η οποία αυξάνεται με την πτώση του εδαφικού pH.

Στερεές επιφάνειες του εδάφους

- Όσο μεγαλύτερο το ποσοστό της αργίλου, της οργανικής ουσίας και των άλλων στερεών επιφανειών στο έδαφος, τόσο χαμηλότερη η διαθεσιμότητα των ΒΜ.

Δυναμικό οξειδοαναγωγής (ή και συνθήκες υδρομορφίας) του εδάφους

- **Αναγωγικές συνθήκες** έχουμε στα εδάφη που είτε είναι πλημμυρισμένα, είτε η στάθμη του υπόγειου νερού σε αυτά είναι υψηλή.
- **Οξειδωτικές συνθήκες** επικρατούν στα καλά αεριζόμενα εδάφη.
- Στα εδάφη όπου κυριαρχούν αναερόβιες (δηλαδή αναγωγικές) συνθήκες, η διαθεσιμότητα των ΒΜ μειώνεται. Αυτό οφείλεται στην καθίζηση των ΒΜ με S, που προέρχεται από το υδρόθειο, ένωση που επικρατεί στις αναερόβιες συνθήκες.
- **Πρέπει να τονιστεί ότι τα περισσότερα εδάφη είναι καλά αεριζόμενα, επομένως με τάσεις αύξησης της διαθεσιμότητας των ΒΜ.**

Ανταγωνισμός μεταξύ των ΒΜ του εδάφους

- ΄Όταν έχουμε δύο μέταλλα που ανταγωνίζονται στο εδαφικό περιβάλλον, π.χ. για την κατάληψη ανταλλάξιμων θέσεων στις στερεές επιφάνειες, αν το ένα επικρατήσει στην στερεή φάση του εδάφους τότε το άλλο θα αυξήσει την διαθεσιμότητά του κατά πολύ.
- Όταν σε ένα σύστημα η συγκέντρωση του Zn αυξάνεται, τότε η προσρόφηση του Cd μειώνεται, και άρα η κινητικότητα του Cd στο εδαφικό διάλυμα μεγαλώνει.

Οργανική ουσία του εδάφους

- Η επίδραση της οργανικής ουσίας είναι πολύ σημαντική καθώς αυξανομένης της Ο.Ο. μειώνεται η διαθεσιμότητα των ΒΜ, καθώς αυτά παραμένουν προσροφημένα στις χουμικές ομάδες χωρίς να απελευθερώνονται στο εδαφικό διάλυμα.

Αλατότητα του εδάφους

- Όταν αυξάνεται η αλατότητα, αυξάνεται η συγκέντρωση των ανιόντων Cl-, και τότε το Cd αντιδράει με το Cl- για να δημιουργήσει $CdCl_2$ ή CdCl+. Όμως και τα δύο σύμπλοκα παραλαμβάνονται από τα ριζικά τριχίδια των φυτών. Οπότε η βιο-διαθεσιμότητα του Cd αυξάνεται σε εδάφη με υψηλή αλατότητα. Το ίδιο συμβαίνει και με τα υπόλοιπα ΒΜ.

Γενότυπος των φυτών

- Διαφορετικά είδη φυτών απορροφούν διαφορετικές ποσότητες ΒΜ, ακόμα και από εδάφη με το ίδιο επίπεδο μόλυνσης.
- Τα ΒΜ γενικά μετακινούνται πολύ δύσκολα από τις ρίζες στα υπέργεια τμήματα, οπότε φυτά από τα οποία καταναλώνουμε το υπόγειο τμήμα (πατάτες, καρότα κτλ.) είναι πιο επιβλαβή στην ανθρώπινη υγεία.

Κλιματικές συνθήκες

- Οι κλιματικές συνθήκες επηρεάζουν τις εδαφικές συνθήκες και αυτές με τη σειρά τους επηρεάζουν καθοριστικά τη διαθεσιμότητα των ΒΜ.
- Σε περιοχές με μεγάλα ετήσια ύψη βροχής, ο κίνδυνος έκπλυσης των ΒΜ είναι μεγαλύτερος από ότι περιοχές με μικρότερα ύψη. Επίσης περιβάλλοντα με υψηλές βροχοπτώσεις είναι πιο επιρρεπή στην εδαφική οξίνιση λόγω έκπλυσης βασικών κατιόντων, οπότε η οξίνιση θα βοηθήσει την περαιτέρω αύξηση της διαλυτότητας των ΒΜ.
- Επίσης, περιοχές με υψηλές θερμοκρασίες, όπου η οργανική ουσία του εδάφους είναι πολύ πιθανό να αποικοδομείται με ταχύτερους ρυθμούς από ό,τι σε ψυχρότερα περιβάλλοντα, είναι πιθανό να απελευθερώνονται στο εδαφικό διάλυμα ποσότητες ΒΜ οι οποίες πριν ήταν προσροφημένες στις χουμικές ομάδες της οργανικής ουσίας.

- **Επομένως**, ο κίνδυνος από τα βαρέα μέταλλα γίνεται περισσότερο έντονος σε εδάφη με όξινο pH διότι αυτά διαλυτοποιούνται, σε αμμώδη εδάφη με μικρή ΙΑΚ και σε εδάφη με μικρή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία.
  - Στις προαναφερόμενες κατηγορίες εδαφών, οι μηχανισμοί συγκράτησης και επομένως αδρανοποίησης των βαρέων μετάλλων από τη στερεή φάση είναι ασθενείς και αυτά προσλαμβάνονται ευκολότερα από τα φυτά και εισέρχονται στην τροφική αλυσίδα.
- Επιπλέον τα βαρέα μέταλλα σε υψηλές συγκεντρώσεις προκαλούν τοξικότητα όχι μόνο στο μεταβολισμό των φυτών, αλλά και στο μεταβολισμό χερσαίων ζώων, γαιοσκωλήκων, νηματωδών και μικροοργανισμών των εδαφών.
- **Βελτίωση εδαφών που έχουν ρυπανθεί με βαρέα μέταλλα** γίνεται με ανύψωση του pH τους (ασβέστωση), με προσθήκη οργανικών υλικών και σε μερικές περιπτώσεις με έντονη έκπλυση, εφόσον δεν υπάρχει κίνδυνος ρύπανσης των υπογείων υδροφορέων.

- Εκτός από τα ΒΜ, **διάφορα άλλα βιομηχανικά τοξικά απόβλητα** που περιέχουν αλογονωμένες ουσίες, πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες, τοξικούς διαλύτες, βαρέα μέταλλα, προκαλούν προβλήματα ρύπανσης τόσο στο έδαφος όσο και στα βιολογικά συστήματα.
- Τα υγρά απόβλητα παρουσιάζουν υψηλό βαθμό μεταλλαξιογόνου δράσης. Παρόμοια γονοτοξική δράση παρουσιάζουν και η τέφρα αποβλήτων μετά από πυρολυτική καύση σε αποτεφρωτήρες.
- Εν γένει, τα απόβλητα και η διαχείρισή τους αποτελούν μεγάλο περιβαλλοντικό πρόβλημα σε πολλές αναπτυγμένες χώρες, ιδιαίτερα ως προς την ποιότητα των εδαφών και τις τοξικές δράσεις σε ζωντανούς οργανισμούς.

- Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί και μια άλλη μορφή υποβάθμισης των εδαφών, που είναι **η ρύπανσή τους με ραδιοϊσότοπα** (ραδιενεργά στοιχεία), κυρίως του καισίου (Cs) και του στροντίου (Sr). Τα στοιχεία αυτά, επειδή μοιάζουν στη χημική τους συμπεριφορά με το κάλιο και το ασβέστιο αντίστοιχα, μπορεί να προσληφθούν από τα φυτά και να εισέλθουν στη τροφική αλυσίδα, με όλες τις δυσμενείς συνέπειες για την υγεία των ζώων και των ανθρώπων.
- **Κύριες αιτίες ρύπανσης των εδαφών με ραδιοϊσότοπα είναι:**

  – οι δοκιμές πυρηνικών όπλων

  – τα ατυχήματα σε πυρηνικά εργοστάσια (παράδειγμα είναι, το ατύχημα του Chernobyl Ουκρανίας, 1986 και το ατύχημα της Fucushima Ιαπωνίας, 2011)

  – οι στρατιωτικές επιχειρήσεις που γίνονται τελευταία με ρυπογόνα όπλα και

  – η κακή διαχείριση των αποβλήτων πυρηνικών εργοστασίων.
- Η ρύπανση των εδαφών με ραδιοϊσότοπα δεν είναι συχνή. Η αναφορά όμως σε αυτή τη μορφή της ρύπανσης έγινε για να τονισθεί το γεγονός ότι τα επίπεδα ραδιενέργειας στα οποία εκτίθεται ο άνθρωπος και το περιβάλλον και που οφείλονται στις ανθρώπινες δραστηριότητες (πυρηνικά όπλα και εργοστάσια) αυξάνονται ανησυχητικά.

Τελικά πότε διατρέχουμε κίνδυνο από τα ΒΜ;

Μεγαλύτερη απορρόφηση ΒΜ από τη φυτομάζα έχουμε σε:

- Υψηλό ρυπαντικό φορτίο σε ΒΜ
- Αμμώδη εδάφη
- Όξινα εδαφικά pH
- Μεγάλα ετήσια ύψη βροχής
- Υψηλές θερμοκρασίες
- Καλλιέργειες με φυτά υψηλής απορρόφησης

Τα βαρέα μέταλλα εμφανίζουν συσσωρευτικότητα.

- Τα βαρέα μέταλλα όχι μόνο έχουν την ικανότητα να συσσωρεύονται στους οργανισμούς και να εισέρχονται στην τροφική αλυσίδα, αλλά **παραμένουν σε τοξικές συγκεντρώσεις στο έδαφος για μεγάλα χρονικά διαστήματα**.

Η έκτασή τους στο χώρο επιτείνεται με το χρόνο.

- Υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων περιορίζονται σε ορισμένες μόνο περιοχές.
- Ωστόσο η εκτεταμένη συσσώρευση βαρέων μετάλλων σε καλλιεργούμενα και μη εδάφη αποτελεί πλέον μία σημαντική παρενέργεια της βιομηχανικής δραστηριότητας η οποία οφείλεται σε απόβλητα μεταλλείων, διαφόρων βιομηχανιών και σε κατακρημνίσματα αέριων ρύπων.

Τα βαρέα μέταλλα προκαλούν μεταβολικές δυσλειτουργίες στα φυτά

Πως εισέρχονται στα φυτά;

- Παρόλη την εκλεκτικότητα των μηχανισμών απορρόφησης των στοιχείων από το ριζικό σύστημα, η επικράτηση υψηλών συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων στο έδαφος έχει ως συνέπεια την είσοδό τους στα κύτταρα.

Οι μεταβολικές δυσλειτουργίες που προκαλούν είναι:

- Δυσλειτουργίες στην μεταφορά ιόντων όπως ασβεστίου, μαγνησίου, νιτρικού και καλίου μέσω των μεμβρανών.
- Παρεμπόδιση της μεταφοράς ηλεκτρονίων κατά τη φωτοσύνθεση και την αναπνοή.
- Μη αντιστρεπτή παρεμπόδιση της λειτουργίας ενζύμων.

Η χρήση φυτών-βιοδεικτών για βαρέα μέταλλα

- Ορισμένα φυτά βιοδείκτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να διαπιστωθεί η ύπαρξη βαρέων μετάλλων στο έδαφος.

Ορισμένα φυτά εμφανίζονται ιδιαίτερα ανθεκτικά

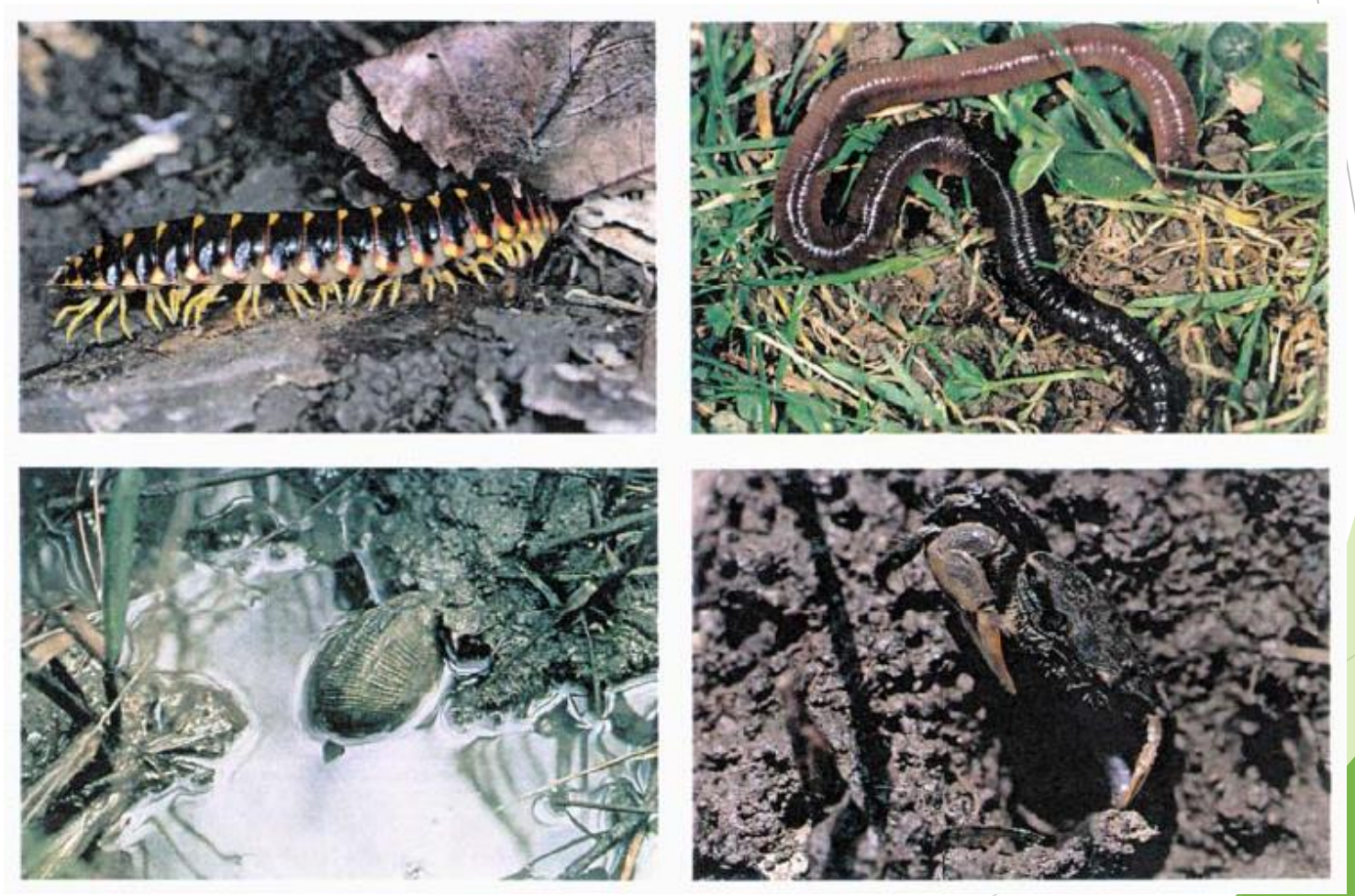
- Πρόκειται για μεταλλόφυτα τα οποία επιλέγουν την στρατηγική της ανθεκτικότητας. Απορροφούν υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων και διαθέτουν μηχανισμούς απομόνωσής τους.

Οι γαιοσκώληκες ως ευαίσθητοι βιοδείκτες για τοξικούς ρύπους

Οι γαιοσκώληκες χρησιμοποιούνται σε πειράματα περιβαλλοντικής τοξικολογίας και οικοτοξικολογίας ως ευαίσθητοι **βιοδείκτες για βαρέα μέταλλα, φυτοφάρμακα και άλλους τοξικούς ρύπους**.

Για τις τοξικολογικές αυτές δοκιμασίες έχουν δημιουργηθεί ειδικά πρωτόκολλα πειραματικών τεχνικών.

Οι γαιοσκώληκες ως ευαίσθητοι βιοδείκτες για τοξικούς ρύπους



Ρύπανση από το πετρέλαιο και τα προϊόντα του

- Σημαντικό πρόβλημα ρύπανσης των εδαφών αποτελεί το πετρέλαιο, τα προϊόντα διύλισης και οι διάφοροι διαλύτες που χρησιμοποιούνται λόγω των επιπτώσεών τους στα ευαίσθητα οικοσυστήματα.
- Η τοξικότητα του πετρελαίου για τους οργανισμούς του εδάφους οφείλεται στους αδιάλυτους υδρογονανθράκες, τους πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονανθράκες και τις πτητικές αρωματικές ενώσεις.
- Η ρύπανση αυτή προκύπτει κατά τις χερσαίες μεταφορές, τις διαρροές από εργοστάσια, τις βιοτεχνίες και τις αποθήκες τους, τις παλαιές εγκαταστάσεις διυλιστηρίων, τα πρατήρια υγρών καυσίμων και τα διάφορα ατυχήματα σε εγκαταστάσεις άντλησης πετρελαίου.
- Σε πολλές χώρες υπάρχουν αυστηρές προδιαγραφές για τις εγκαταστάσεις διύλισης πετρελαίου καθώς και προγράμματα καθαρισμού των εδαφών που έχουν ρυπανθεί από παλαιές εγκαταστάσεις.

Πηγές

Η παρουσίαση είναι βασισμένη κυρίως:

- Διμήρκου Ανθούλα & Αντωνιάδης Βασίλειος, e-class, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Δρ Β. Αντωνιάδης Σημειώσεις Εδαφολογίας: Τα εδάφη στα οικοσυστήματα, Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
- Σύγγραμμα Δρος Κων. Σινάνη, Ομότιμου Καθηγητή Τμ. Γεωπονίας ΕΛΜΕΠΑ, με τίτλο Έδαφος-Διαχείριση-Περιβάλλον