



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Τίτλος Μαθήματος

Ενότητα 3: Εκτίμηση επικινδυνότητας στην
Περιβαλλοντική Γεωχημεία

Αριάδνη Αργυράκη

Σχολή Θετικών Επιστημών

Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος

Περιεχόμενα ενότητας

- Εισαγωγή - Ορολογία
- Μέθοδοι Έρευνας
- Πειραματικές Τεχνικές
- Πηγές & Εκτίμηση Αβεβαιότητας

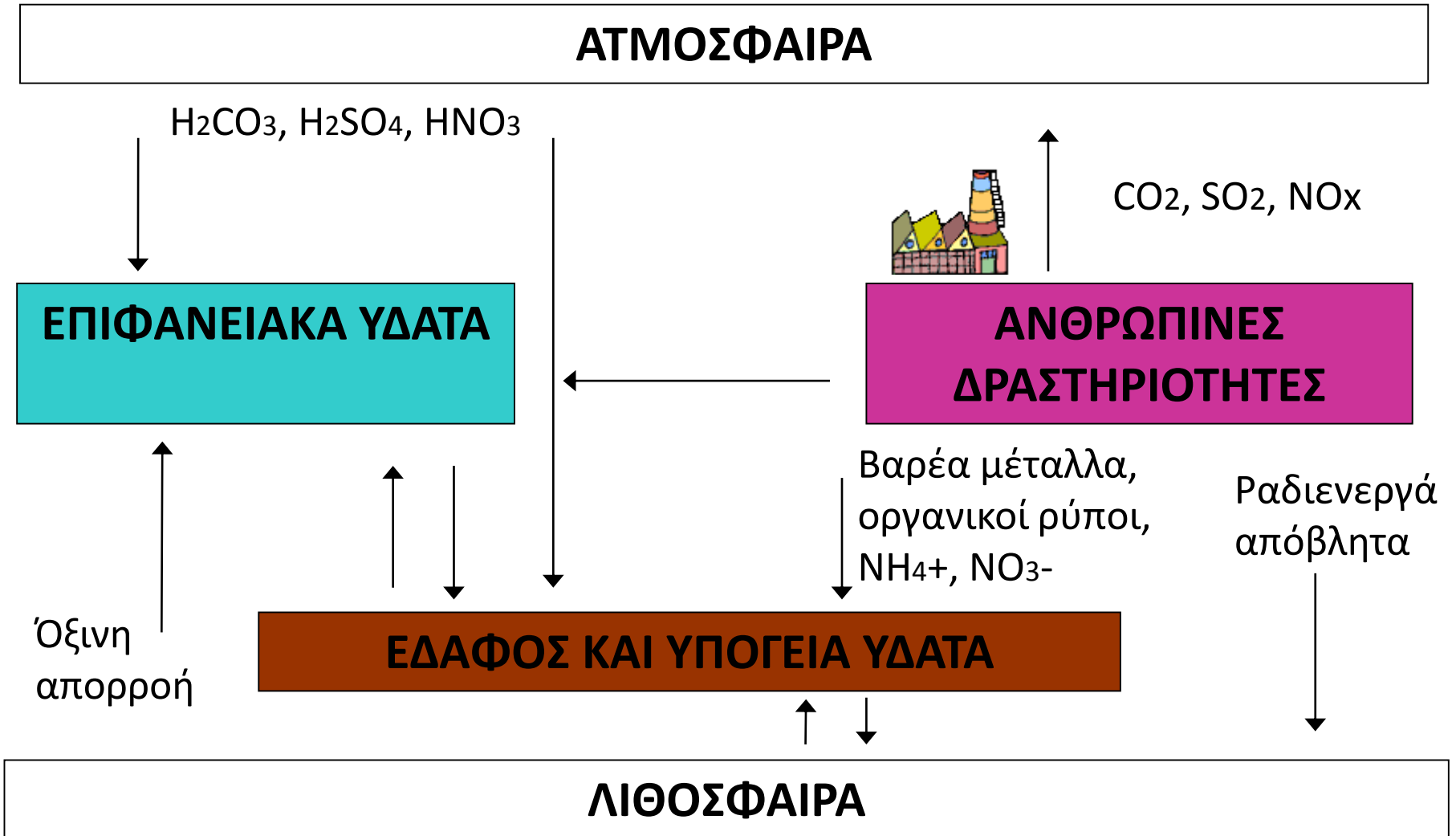


Υλικά της γεωσφαίρας

- Παράγονται και απελευθερώνονται με φυσικές διεργασίες (π.χ. ηφαιστειακές εκρήξεις)
- Αποδεσμεύονται από τη γεώσφαιρα μέσω ανθρώπινης δράσης (π.χ. εξόρυξη μετάλλων)
- Παράγονται και τροποποιούνται με ανθρώπινη δράση (π.χ. δομικά υλικά)



ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΡΥΠΑΝΣΗΣ



Γήινα υλικά με επιπτώσεις στην υγεία

Είδος υλικού	Πηγή
Κονιάματα (ινωδών ορυκτών, πυριτίου, άνθρακα), μέταλλα – μεταλλοειδή, ραδιενεργά στοιχεία	Φυσική αποσάθρωση, εργασίες εξόρυξης- επεξεργασίας
Ηφαιστειακή τέφρα και αέρια	Ηφαιστειακή δραστηριότητα
Στερεά, υγρά, αέρια απόβλητα	Μεταλλευτικές μονάδες, μονάδες παραγωγής ενέργειας
Τσιμέντο, σκυρόδεμα, μονωτικά υλικά, γυψοσανίδες	Τεχνικά έργα
Κονιάματα μικτών δομικών υλικών	Κατάρρευση ή κατεδάφιση κτηρίων



Συγκέντρωση κύριων (major) στοιχείων και ολιγοστοιχείων (minor) στο ανθρώπινο σώμα

Concentration	Element	Classification
65%	O	Major
18%	C	Major
10%	H	Major
3.00%	N	Major
1.40%	Ca	Minor
0.50%	Mg	Minor
0.34%	K	Minor
0.26%	S	Minor
0.14%	Na	Minor
0.14%	Cl	Minor

Π1

Based on Table 1, pp 116, Essentials of Medical Geology.



Συγκέντρωση ιχνοστοιχείων (trace) στο ανθρώπινο σώμα

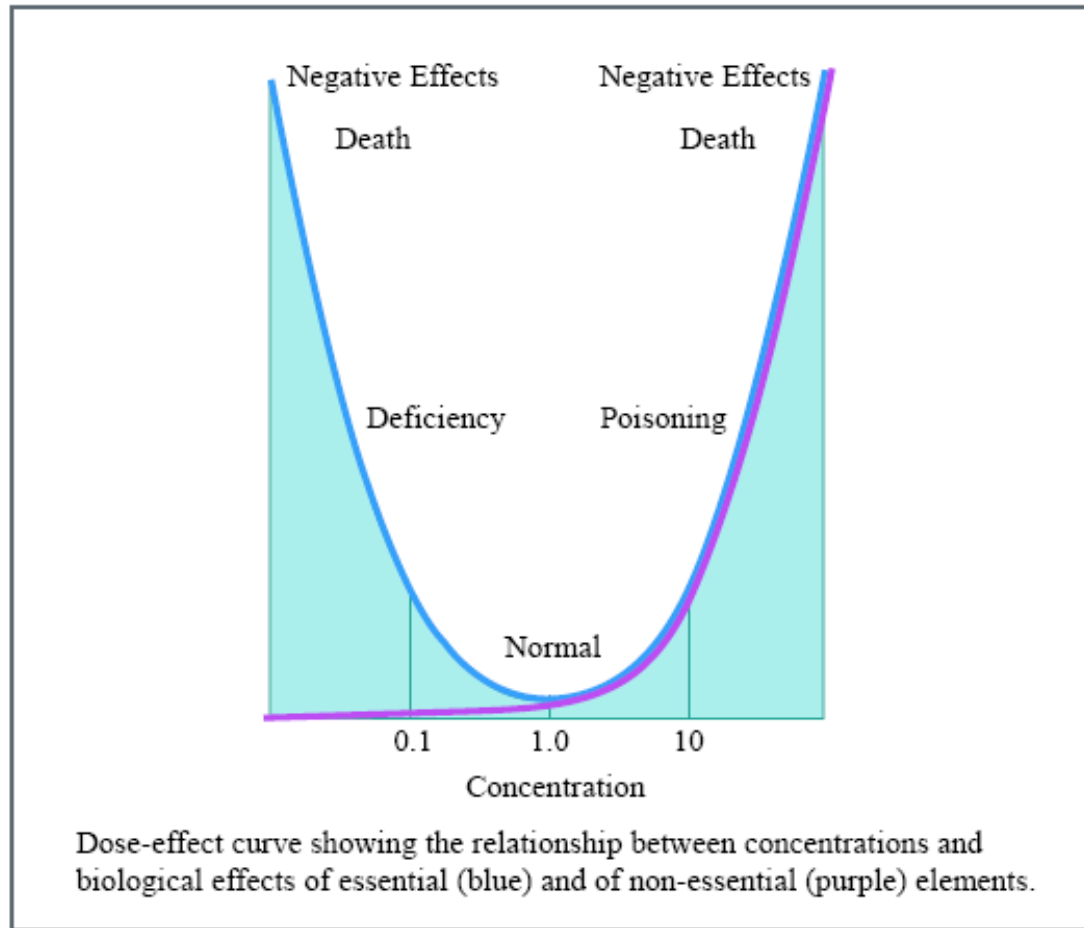
Concentration	Element	Classification
0.26 mg/kg	As	Trace
2.9 mg/kg	Br	Trace
0.021 mg/kg	Co	Trace
0.094mg/kg	Cr	Trace
1 mg/kg	Cu	Trace
37 mg/kg	F	Trace
60 mg/kg	Fe	Trace
0.019 mg/kg	I	Trace
0.009 mg/kg	Li	Trace
0.17 mg/kg	Mn	Trace
0.08 mg/kg	Mo	Trace
0.14 mg/kg	Ni	Trace
0.11 mg/kg	Se	Trace
260 mg/kg	Si	Trace
0.24 mg/kg	Sn	Trace
0.11 mg/kg	V	Trace
0.008 mg/kg	W	Trace
33 mg/kg	Zn	Trace

Π2

Based on Table II, pp116, Essentials of Medical Geology.



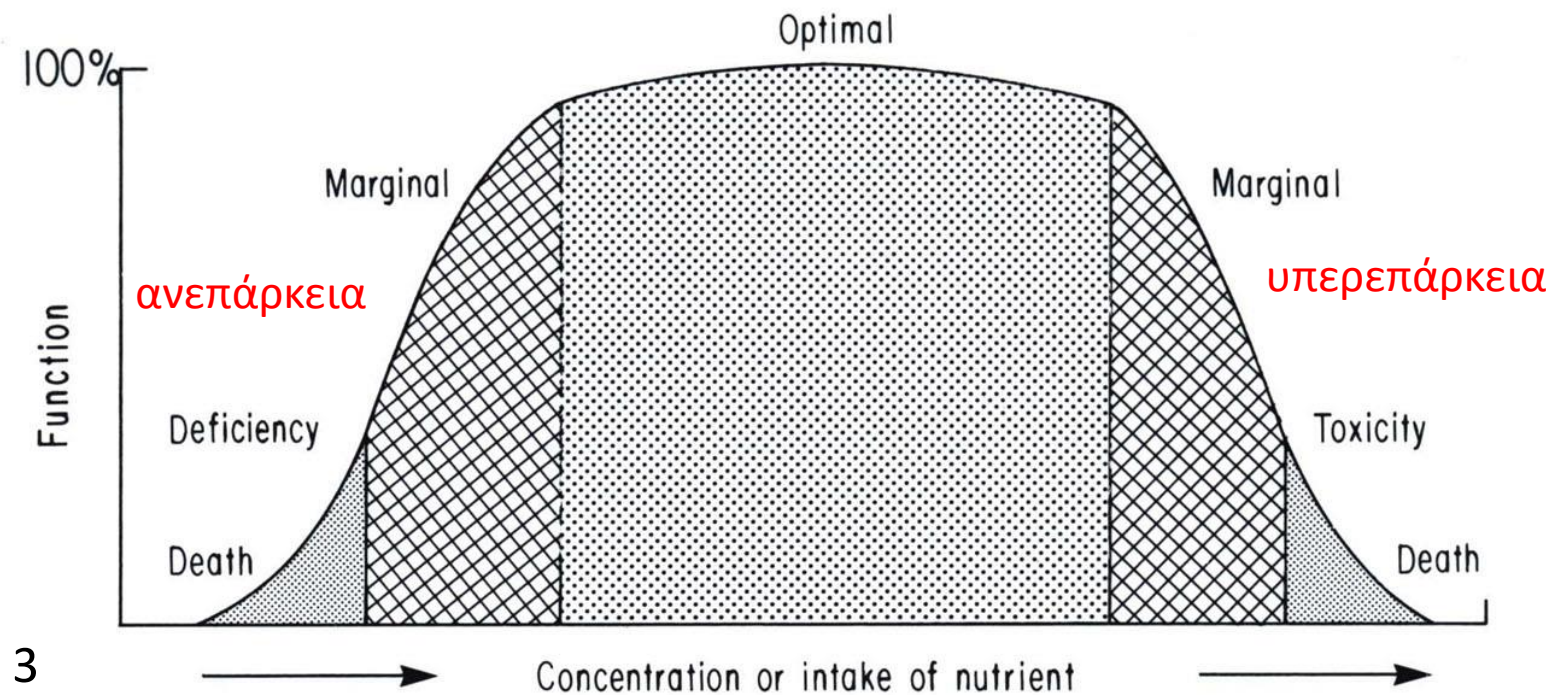
Καμπύλη δόσης- αντίδρασης για απαραίτητα (μπλε) και μη απαραίτητα (μωβ) ιχνοστοιχεία



January 9, 2006: IAP 2006: 12.091

Figure by MIT OCW.

Επίδραση συγκέντρωσης απαραίτητων ιχνοστοιχείων στη βιολογική λειτουργία των οργανισμών



from Meretz, W. *The essential trace elements. Science* **213**:1332 (1981).



Ιατρική γεωλογία (medical geology)

- Σχέσεις μεταξύ φυσικών γεωλογικών παραμέτρων και υγείας
- Επιστημονική συνεργασία από διάφορα πεδία (γεωλόγοι, βιολόγοι, μηχανικοί, γιατροί, τοξικολόγοι...)



<http://www.medicalgeology.org/>

The Society for Environmental Geochemistry and Health



<http://www.segh.net>

<http://conferences.geol.uoa.gr/segh2008/>

PINATUBO

2 days 1991

10 billion tonnes of magma

20 mil ton SO₂

600 000 ton Cu

800 000 ton Zn

1 000 ton Cd

300 000 ton Ni

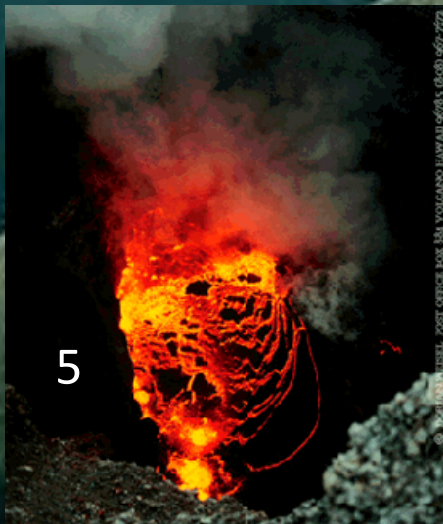
550 000 ton Cr

10 000 ton As

800 ton Hg

60 volcanoes per day

>3000 vent fields at mid ocean ridges



(από O. Selinus, SEGH 2008)

4

© DORTAN WEISEL, POST OFFICE BOX 884, VOLCANO HAWAII 96785 (808) 967-7672

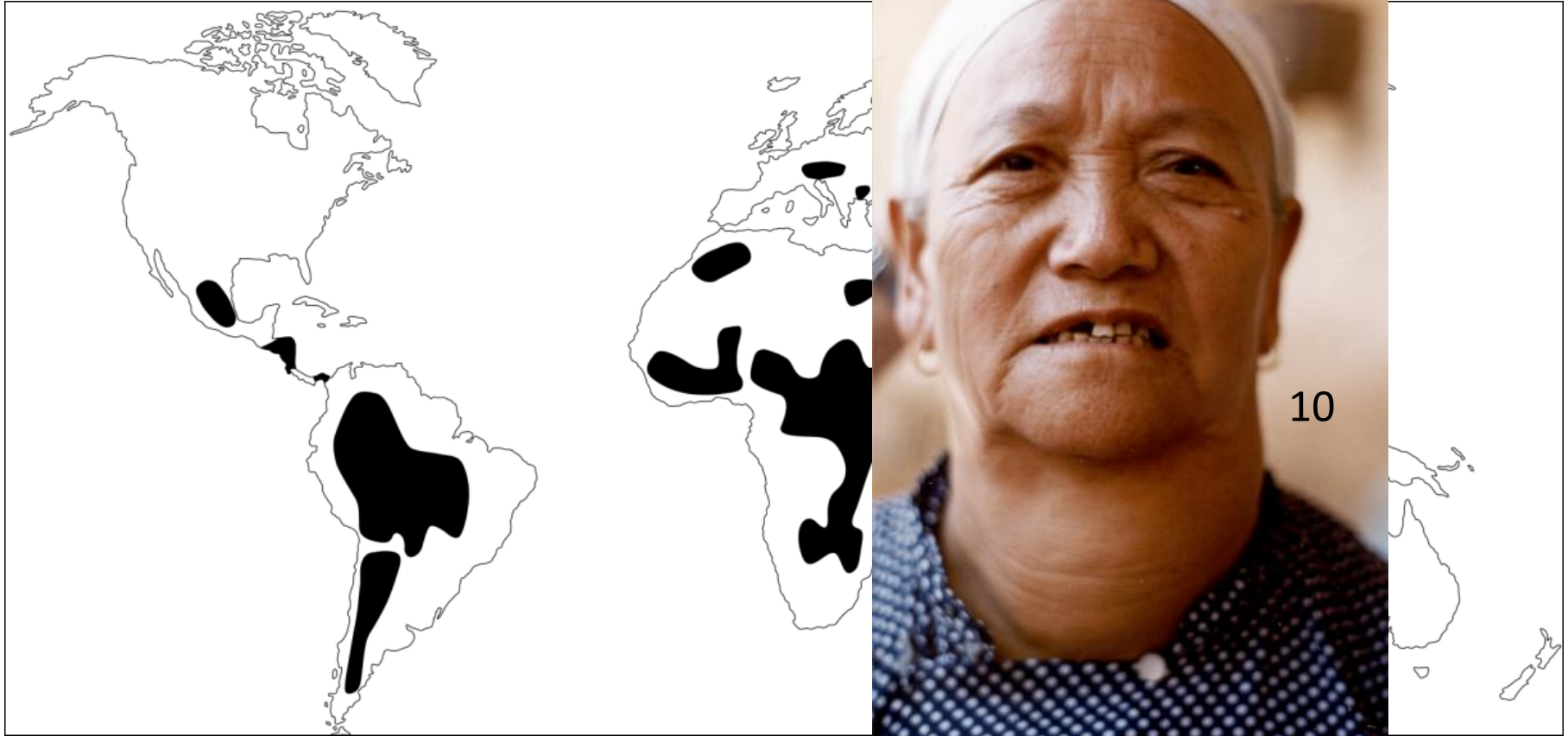


Υπερέπάρκεια φθορίου



6 (O. Selinus, SEGH 2008)

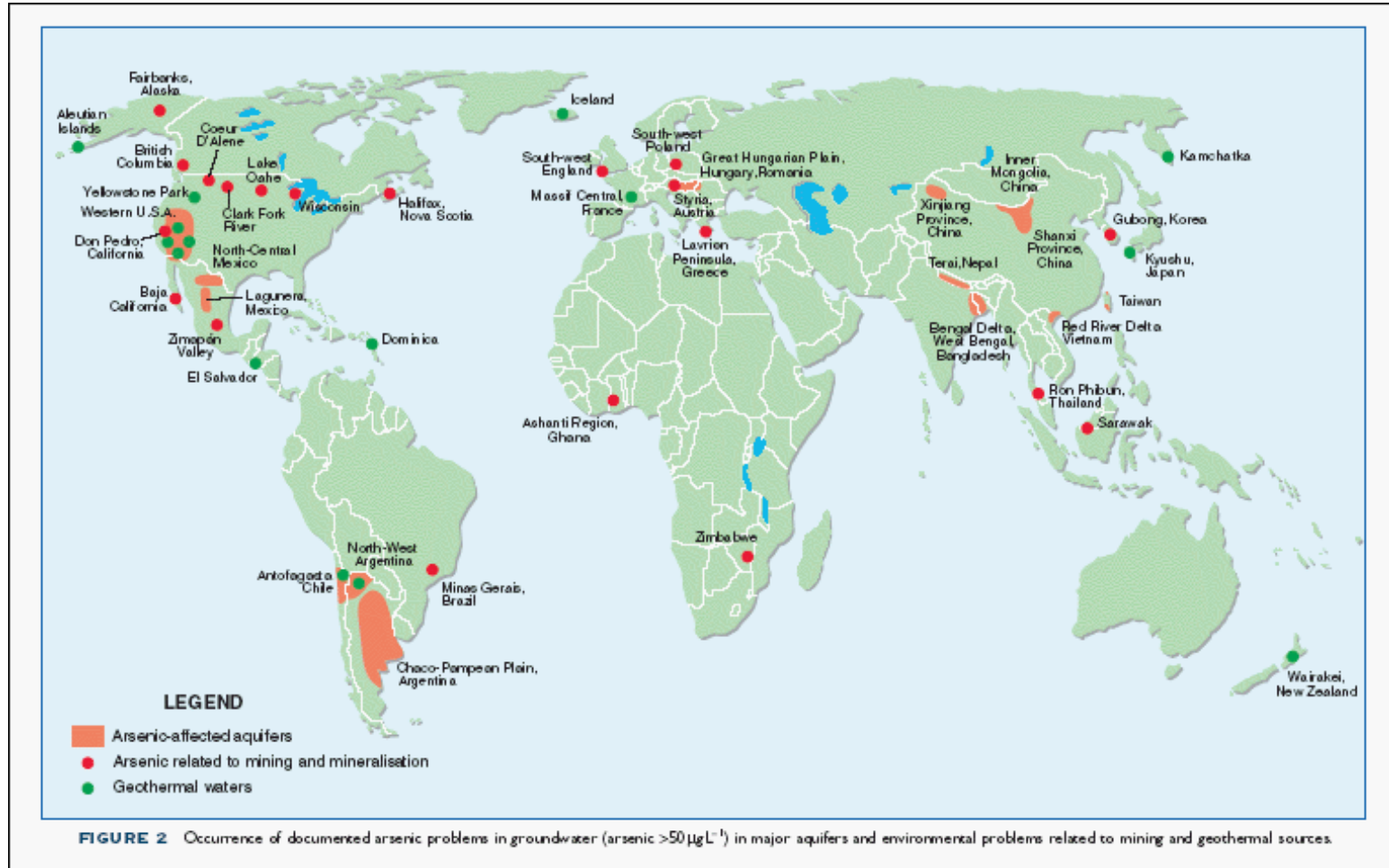
Ανεπάρκεια ιωδίου (IDD)



9 (O. Selinus, SEGH 2008)



As στο υπόγειο νερό

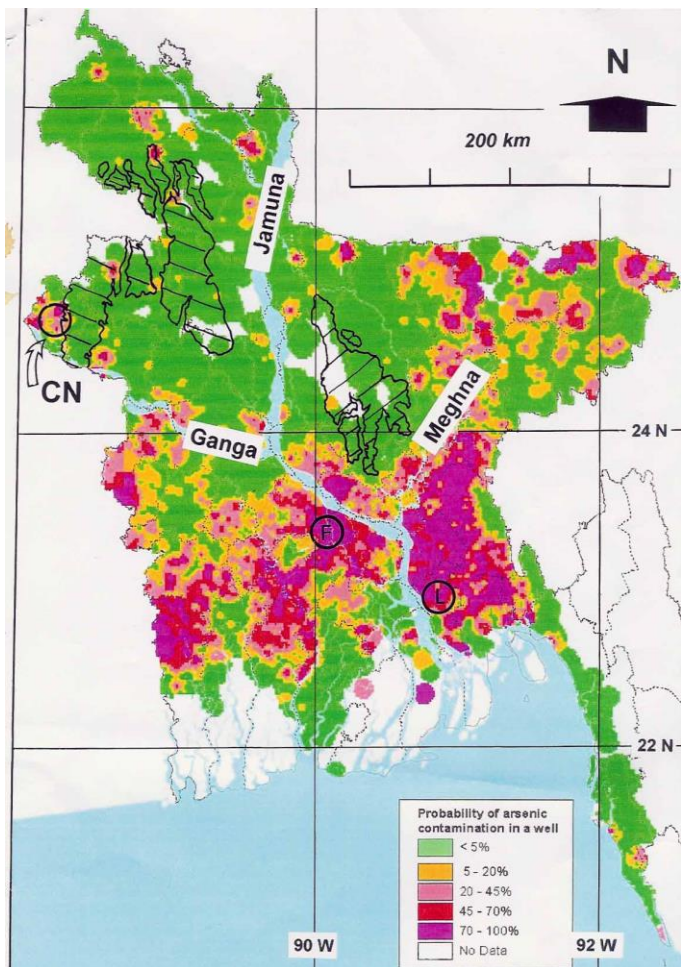


11

(O. Selinus, SEGH 2008)

ΑΡΣΕΝΙΚΟ ΣΤΗ Δ. ΒΕΓΓΑΛΗ ΚΑΙ ΜΠΑΓΚΛΑΝΤΕΣ

- 4 000 000 ρυπασμένα πηγάδια
- 400 εκατ. άνθρωποι σε κίνδυνο (>50μ/l)
- 2 εκατ. έχουν νοσήσει



12

13

(O. Selinus, SEGH 2008)



Βαλκανική Ενδημική Νεφροπάθεια – BALKAN ENDEMIC NEPHROPATHY (BEN)



14 (O. Selinus, SEGH 2008)



Βαλκανική Ενδημική Νεφροπάθεια

100 000 νεκροί



Πηγάρια ύδρευσης 15

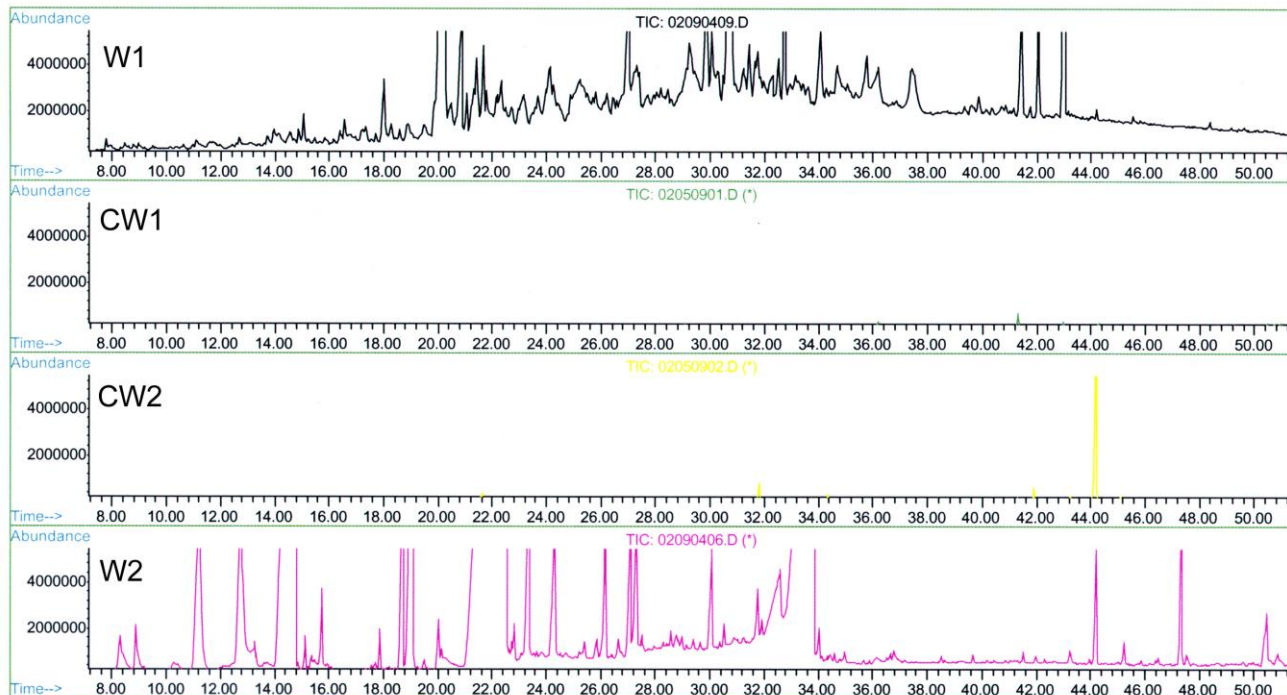


Υδροφόροι εντός λιγνιτικών στρωμάτων 16

(O. Selinus, SEGH 2008)

Louisiana

Water from wells in areas of Louisiana with high incidence of renal pelvic cancer and with lignite deposits (W1 and W2) have much higher levels of organic contaminants compared to control sites (CW1 and CW2)



Total ion currents (TICs) of Louisiana drinking well water samples collected from areas with high incidence of urinary tract cancer and underlying coal deposits (W1, W2) and control drinking well water samples from areas lacking coal deposits (CW1, CW2).

17 (O. Selinus, SEGH 2008)

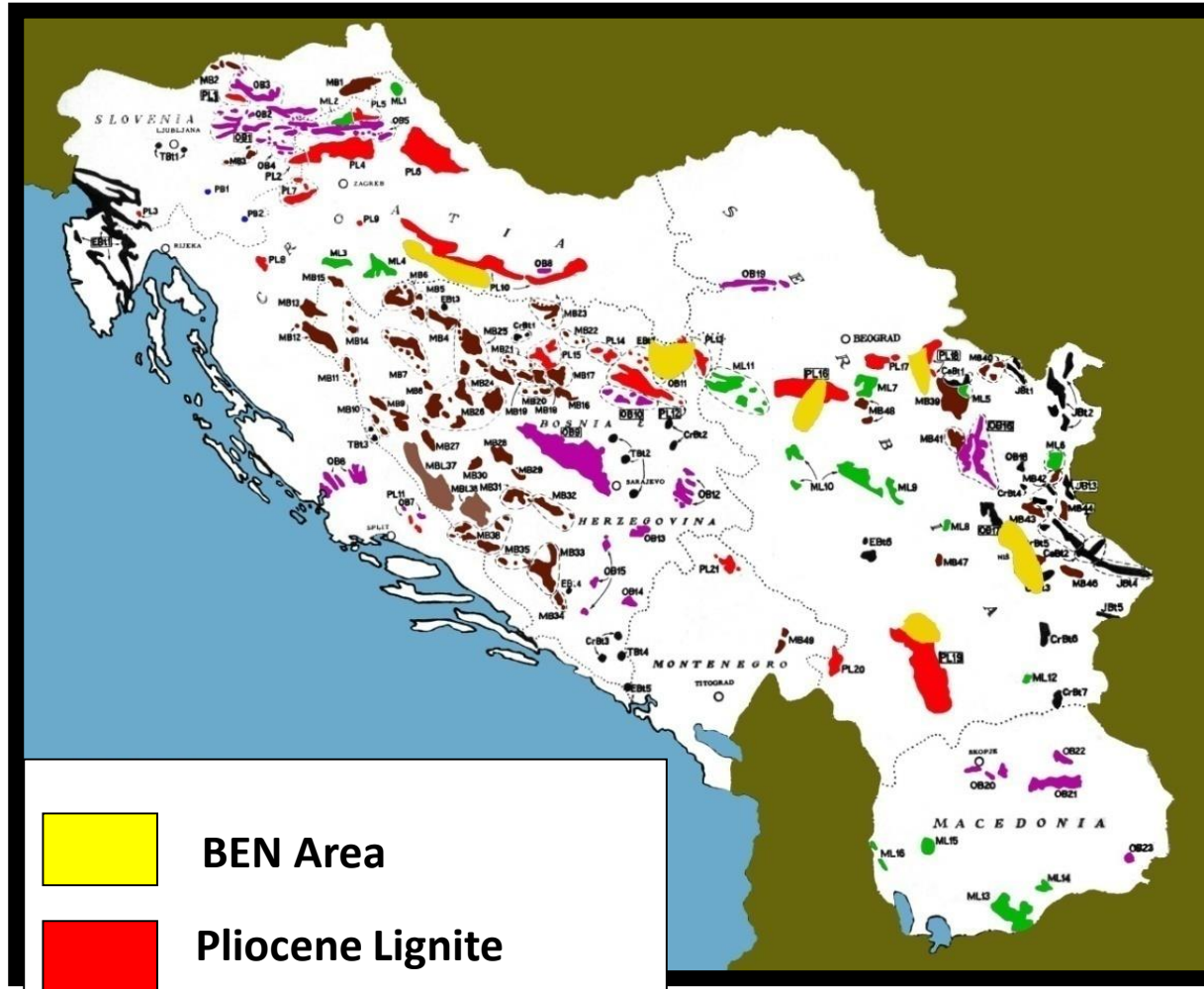
Balkans



18 (O. Selinus, SEGH 2008)



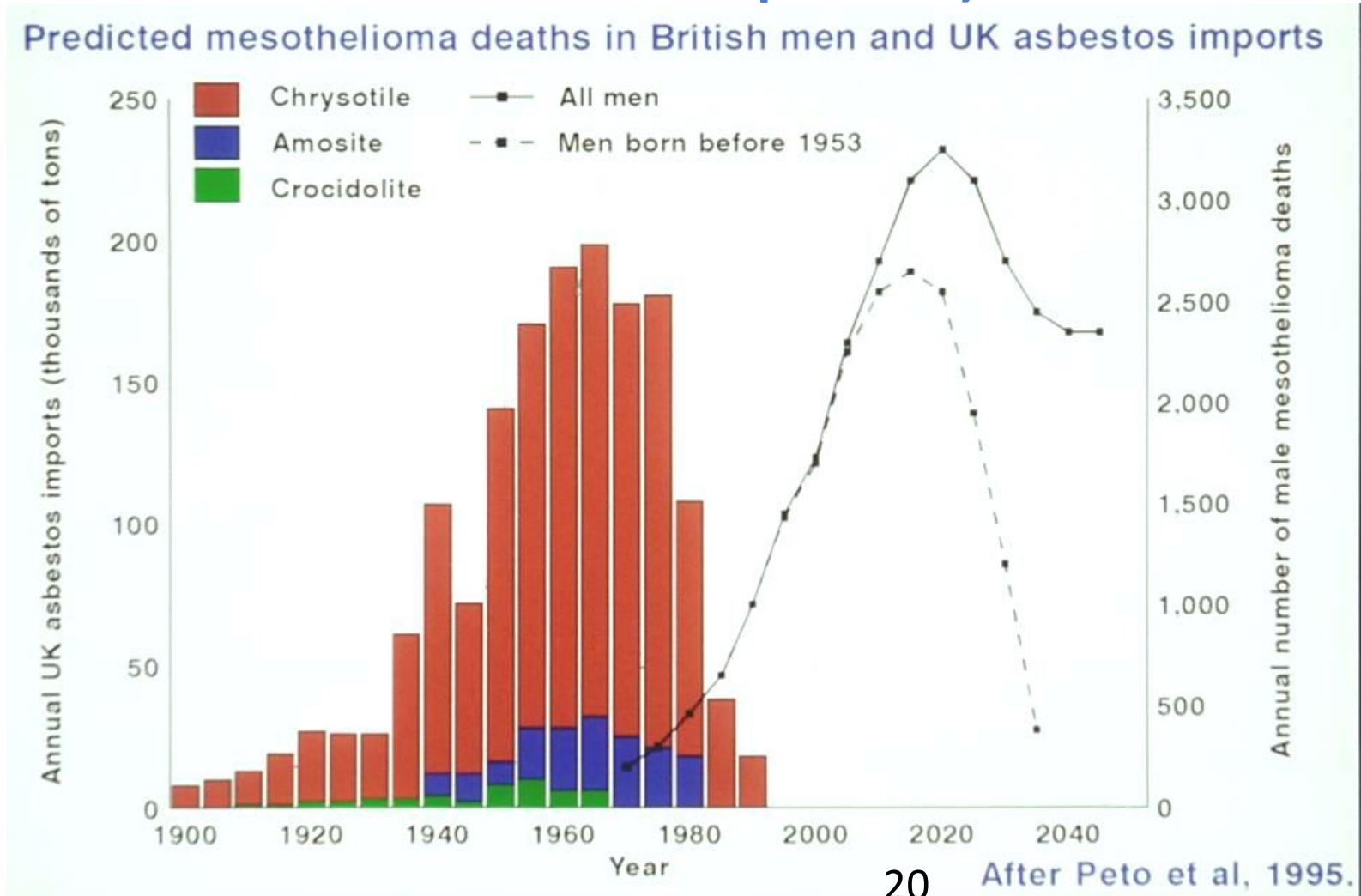
Balkans



Balkan
USA
Portugal
Turkey
.....

19 (O. Selinus, SEGH 2008)

Χρονική υστέρηση έκθεσης - αποτελέσματα



20

After Peto et al, 1995.

Ασθένειες που σχετίζονται με έκθεση σε τοξικές ουσίες γήινης προέλευσης

- Καρκίνοι (αναπνευστικού, ουροποιητικού, δέρματος κ.α.),
- πνευμονοκονιώσεις,
- άσθμα, αλλεργίες,
- νεφροπάθειες,
- σκελετικά προβλήματα,
- ορμονικές διαταραχές,
- ασθένειες του κεντρικού νευρικού συστήματος (Parkinson's, εγκεφαλοπάθειες),
- ασθένειες του περιφερειακού νευρικού συστήματος



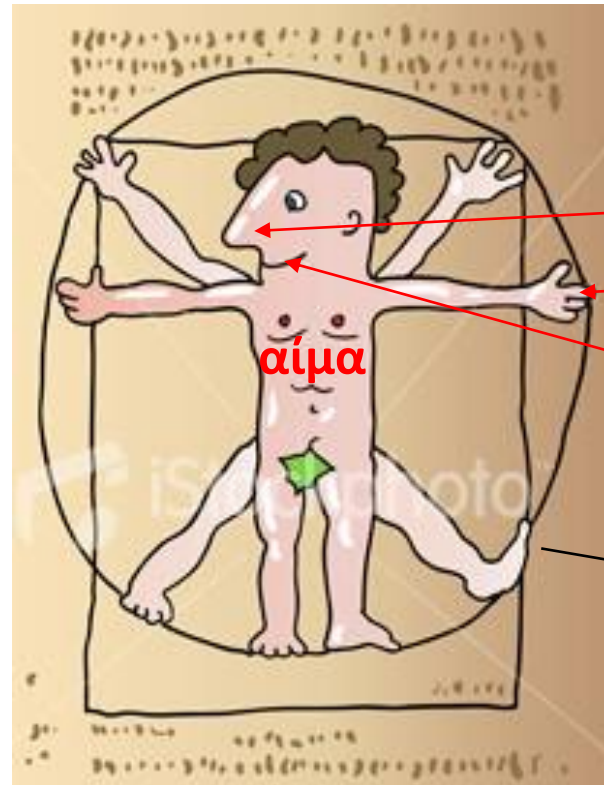
Έκθεση- απορρόφηση – απέκκριση τοξινών

Πηγές
ρύπανσης-
έκθεση

Οδοί
απορρόφησης

Διεργασίες
κατανομής &
μεταβολισμού

Διεργασίες
απόρριψης



νερό, έδαφος, αέρας,
τροφή, φάρμακα

αναπνευστική

δερματική

πεπτική

οργανικά
εκκρίματα (ούρα,
κόπρανα, ιδρώτας,
νύχια, τρίχες)

Ορολογία 1

- *Δόση αντίδρασης* (dose response), ένταση και διάρκεια έκθεσης σε τοξική ουσία
- *Βιοδιαθεσιμότητα* (bioavailability), κλάσμα της δόσης ουσίας που απορροφάται και εισέρχεται στην κυκλοφορία του αίματος
- *Βιοπροσβασιμότητα* (bioaccessibility), κλάσμα της δόσης ουσίας που διαλύεται από τα σωματικά υγρά (δυσνητικά βιοδιαθέσιμο)
- *Γέωδιαθεσιμότητα* (geoavailability), κλάσμα της ολικής συγκέντρωσης ουσίας που απελευθερώνεται στο περ/λον-βιόσφαιρα → σημασία τρόπου εμφάνισης ουσίας στα γήινα υλικ

Ισχύει:

βιοδιαθεσιμότητα < βιοπροσβασιμότητα

< ολική συγκέντρωση ουσίας στο μέσο έκθεσης



Ορολογία 2

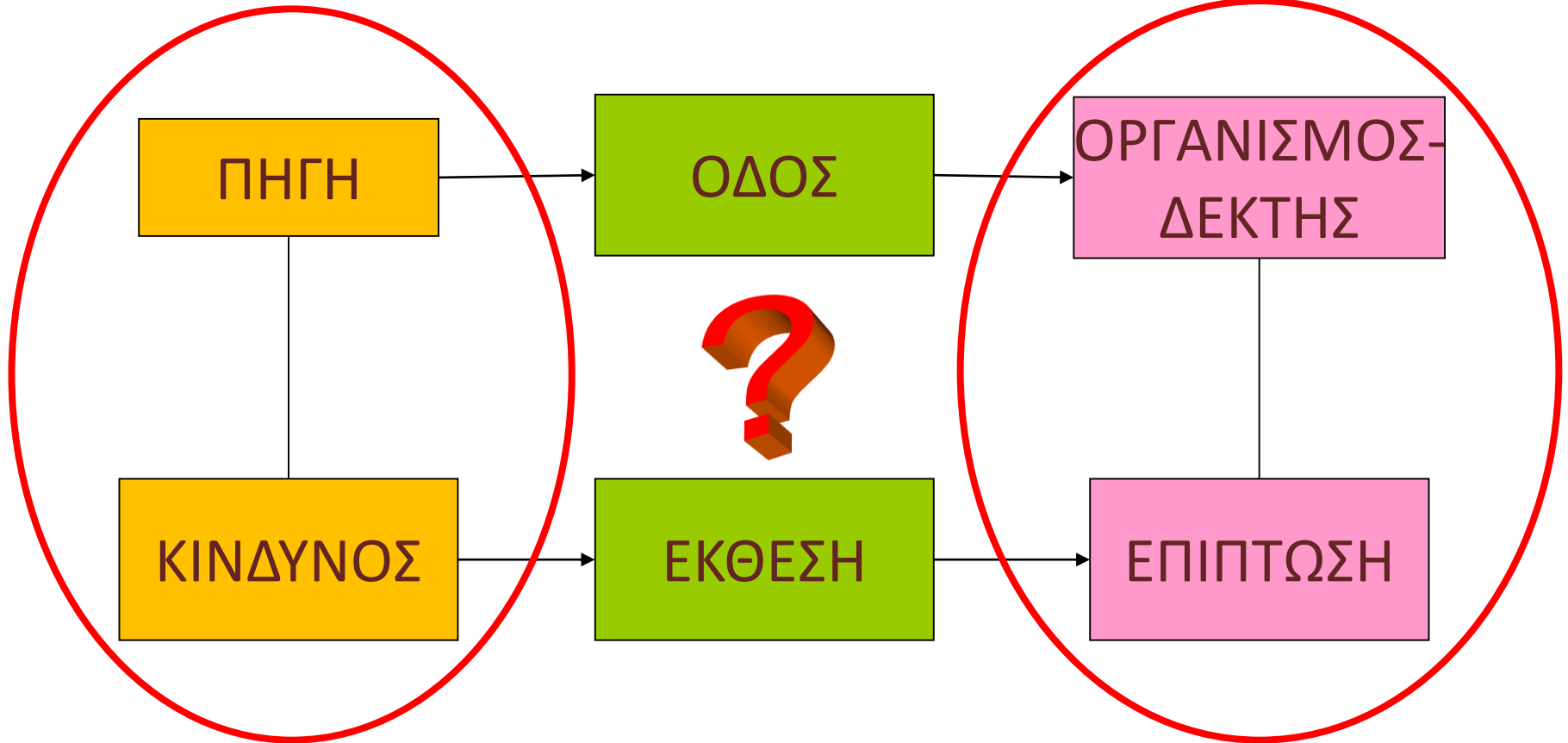
- *Βιοανθεκτικότητα* (biodurability), μέτρο αντίστασης ουσίας σε διάλυση από τα σωματικά υγρά
- *Βιοεξακολουθητικότητα* (biopersistence), μέτρο αντίστασης ουσίας σε κάθε μηχανισμό (φυσικό, χημικό, βιολογικό) καθαρισμού
- *Μοριακοί βιοδείκτες* (molecular biomarkers), βιοχημικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τη δράση μιας ουσίας στον οργανισμό
- *Τοξικοκινητική* (toxicokinetics), τρόποι επεξεργασίας τοξικών ουσιών από τον οργανισμό (απορρόφηση, μεταβολισμός, απέκκριση)



Μέθοδοι Έρευνας

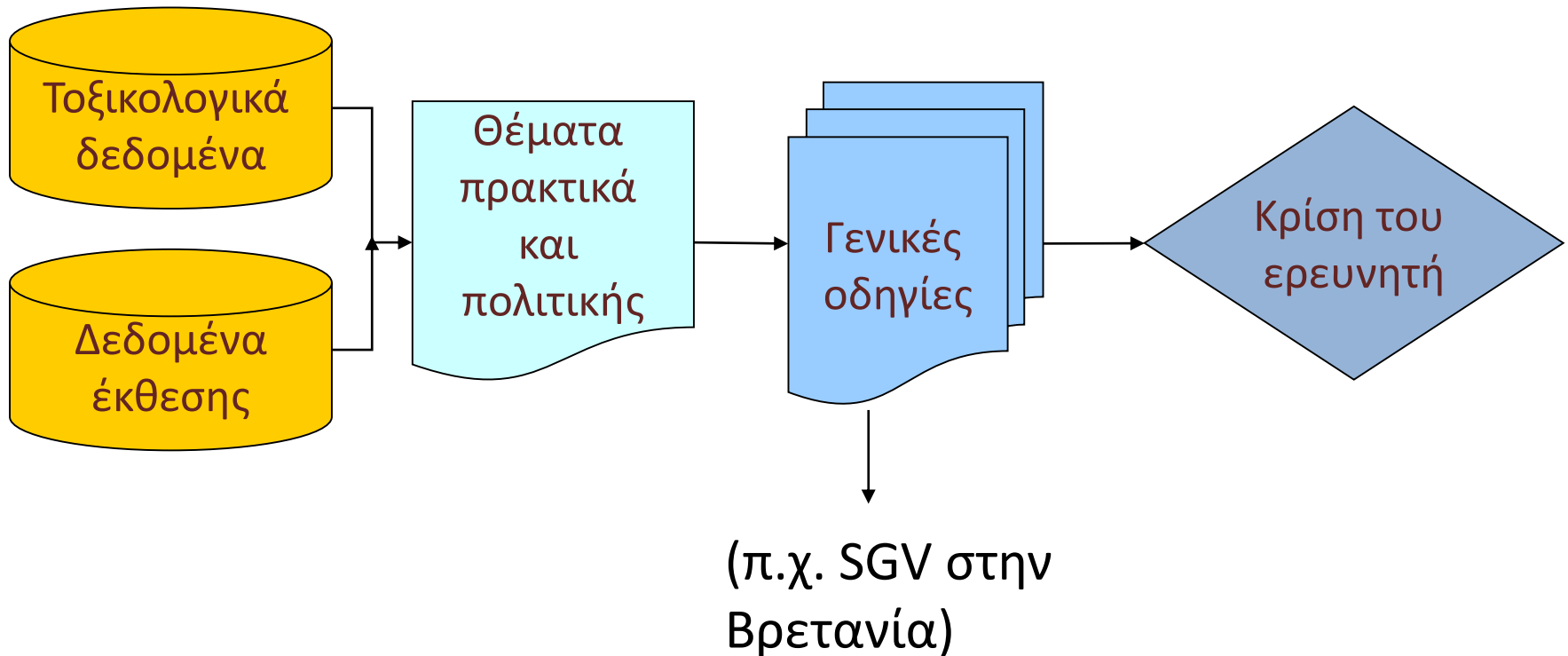
Γεωεπιστήμονες

Γιατροί- Τοξικολόγοι



Μεθοδολογία εκτίμησης επικινδυνότητας από έκθεση σε περιβαλλοντικό κίνδυνο

environmental risk - exposure assessment



Παράδειγμα CLEA, UK

- *CLEA* = Contaminated Land Exposure Assessment – μοντέλο εκτίμησης επικινδυνότητας ρυπασμένου εδάφους στη Βρετανία.
- Διάκριση 3 τύπων χρήσης γης → κατοικία/ αγροτεμάχιο/ βιομηχανία
- Εξαγωγή γενικών οδηγιών επιτρεπόμενης συγκέντρωσης ρύπων στο έδαφος (SVG – Soil Guideline Values)



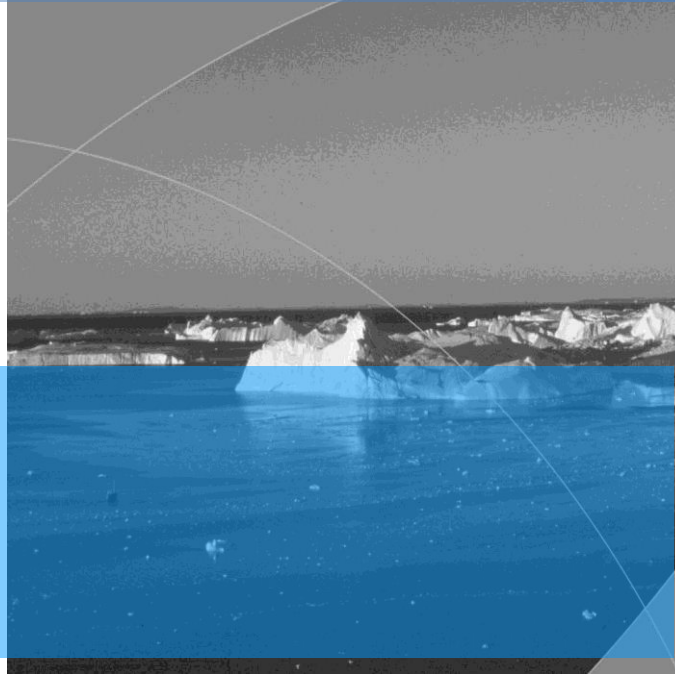
Σημαντικά σημεία μεθοδολογίας

- Ελάχιστες επιδημιολογικές έρευνες δείχνουν καθαρή σχέση μεταξύ ρύπανσης και προβλημάτων υγείας (επίδραση πρόσθετων παραγόντων π.χ. ηλικία, φτώχεια) → υιοθέτηση αρχής προφύλαξης (precautionary principle)
- Συλλογή ιστορικών δεδομένων ρύπανσης, υγείας → δημιουργία περιβαλλοντικού χάρτη
- Ιεράρχηση κινδύνων
- Σύνδεση με δεδομένα υγείας (καρκίνοι, περιγενετικές ανωμαλίες, εισαγωγές στο νοσοκομείο)



Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Περιβάλλοντος

**‘Late lessons from early warnings
the precautionary principle
1896-2000’**



Ορισμός αρχής προφύλαξης (ΕΕΑ)

“The PP provides justification for public policy actions in situations of scientific complexity, uncertainty and ignorance, where there may be a need to act in order to avoid, or reduce, potentially serious or irreversible threats to health or the environment, using an appropriate level of scientific evidence, and taking into account the likely pros and cons of action and inaction”.

Σε περιπτώσεις επιστημονικής περιπλοκότητας, υψηλής αβεβαιότητας και άγνοιας, η αρχή της προφύλαξης υπαγορεύει την λήψη μέτρων για την αποφυγή, ή την ελάττωση, πιθανά σοβαρών μη αναστρέψιμων απειλών για την υγεία και το περιβάλλον χρησιμοποιώντας κατάλληλη επιστημονική γνώση και λαμβάνοντας υπόψη τα υπέρ και τα κατά δράσης – μη δράσης.



Ηθικοί προβληματισμοί

- Ποιος επωφελείται από εσφαλμένες αποφάσεις έγκαιρης δράσης ή μη δράσης για την αποφυγή βλαβών;
- Βραχυπρόθεσμοι οικονομικοί στόχοι ή μακροπρόθεσμοι στόχοι προστασίας της υγείας και των οικοσυστημάτων (αρχή της αειφορίας) ;



Κόστος καθυστέρησης δράσης

- 400b Euro λόγω χρήσης αμιάντου στην Ευρώπη (μόνο σχετικές καρδιοπάθειες, 1999- 2030)
- 15b Euro (μόνο για καθαρισμό εδάφους) λόγω ρύπανσης από PCBs στην Ευρώπη



Τεχνική ορολογία αιτίας – αποτελέσματος (D. Gee, ΕΕΑ)

Terminology	Strength of Evidence
Causally linked to	Very strong (>95%)
Strongly associated with	Strong (65-95%)
Associated with	Moderate (35-65%)
Little evidence that*	Weak (10-35%)
Unlikely to be*	Very weak (<10%)



Πειραματικές τεχνικές

- Δοκιμές in vitro (βιοπροσβασιμότητας, βιοανθεκτικότητας, τοξικολογικές)
- Δοκιμές in vivo (βιοπροσβασιμότητας, τοξικολογικές)
- Υπολογιστικά μοντέλα γεωχημείας (θερμοδυναμικά δεδομένα υδατικών διαλυμάτων → συμπεράσματα για τη σταθερότητα φάσεων εντός του οργανισμού)



PBET

- PBET = Physiologically Based Extraction Test
- Δοκιμή in vitro βιοπροσβασιμότητας
- Εφαρμογή στην αξιολόγηση κινδύνου από έκθεση σε Cr(VI) δια της πεπτικής οδού (Broadway et al, *Uni. of Edinburgh*)
- Προσομοίωση συνθηκών στομάχου και λεπτού εντέρου με δύο διαλύματα κατάλληλης σύστασης
- Εκχύλιση ρυπασμένου εδάφους (27 δείγματα με Cr > SGV) και μέτρηση συγκέντρωσης Cr στο προκύπτον διάλυμα → μόνο 1 δείγμα χαρακτηρίστηκε ως επικίνδυνο



Παράγοντες ελέγχου βιοπροσβασιμότητας

- Ολική συγκέντρωση χημικού στοιχείου (ρύπου)
- Τρόπος εμφάνισης (είδη χημικών ενώσεων)
- Μορφολογία κρυστάλλων
- Μέγεθος κόκκων
- Συνθήκες Eh pH εντός των σωματικών υγρών (πεπτικό, αναπνευστικό)



Πηγές αβεβαιότητας

- Πόσο καλά αναπαράγονται οι συνθήκες του ανθρώπινου οργανισμού στο εργαστήριο;
- Πώς συσχετίζονται τα in vitro με τα in vivo αποτελέσματα;
- Πώς μπορεί να μετρηθεί η ετερογένεια των γήινων μέσων;
- Ποιος τρόπος λήψης των γεωχημικών δειγμάτων δίνει τα πλέον αξιόπιστα αποτελέσματα;
- Ποια παράμετρος πρέπει να μετρηθεί ώστε να αποδειχθεί μια σχέση έκθεσης – ασθένειας;
- Σημασία στις μεταβολές βιοχημικών δεικτών



Μεταβολή Βιοχημικών Δεικτών



Προοπτικές για το μέλλον

- Διεπιστημονική συνεργασία: Γεωεπιστήμονες - γιατροί τοξικολόγοι - κοινωνικοί επιστήμονες
- Ρόλος γεωεπιστημόνων : Χαρακτηρισμός γήινων υλικών & κατανόηση γεωχημικών διεργασιών εντός του ανθρώπινου οργανισμού
- Συσχέτιση in vivo – in vitro δεδομένων
- Χρήση GIS → ανάπτυξη πολυπαραγοντικών βάσεων δεδομένων



Τέλος Ενότητας

Εκτίμηση επικινδυνότητας στην
Περιβαλλοντική Γεωχημεία

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.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Αριάδνη Αργυράκη 2014. Αριάδνη Αργυράκη . «Περιβαλλοντική Γεωχημεία. Εισαγωγή». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/GEOL1/>.



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 (1/6)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 1: Major-Minor and Trace elements classification with reference to biosphere. Copyright MIT OCW. Σύνδεσμος: <http://ocw.mit.edu/courses/earth-atmospheric-and-planetary-sciences/12-091-medical-geology-geochemistry-an-exposure-january-iap-2006/lecture-notes/session1.pdf>. Πηγή: <http://ocw.mit.edu/index.htm>

Εικόνα 2: Dose Response – Health Effects. Copyright MIT OCW. Σύνδεσμος: <http://ocw.mit.edu/courses/earth-atmospheric-and-planetary-sciences/12-091-medical-geology-geochemistry-an-exposure-january-iap-2006/lecture-notes/session1.pdf>. Πηγή: <http://ocw.mit.edu/index.htm>



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/6)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 3: Επίδραση συγκέντρωσης απαραίτητων ιχνοστοιχείων στη βιολογική λειτουργία των οργανισμών. Copyright Meretz, W. The essential trace elements. Science 213:1332 (1981). Σύνδεσμος: http://www.dartmouth.edu/~rpsmith/Heavy_Metals.html. Πηγή: www.dartmouth.edu

Εικόνα 4,5: Pinatubo. Πηγή: O. Selinus, SEGH 2008.

Εικόνα 6,7,8 : Ανεπάρκεια Φθορίου, από O. Selinus, SEGH 2008. Σύνδεσμος: http://www.slideshare.net/SGU_Sverige/geoarena-vad-r-medicinsk-geologi-olle-selinus. Πηγή: www.slideshare.net



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/6)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 9,10 : Ανεπάρκεια Ιωδίου, από O. Selinus, SEGH 2008. Σύνδεσμος:
http://www.slideshare.net/SGU_Sverige/geoarena-vad-r-medicinsk-geologi-olle-selinus. Πηγή: www.slideshare.net

Εικόνα 11: Arsenic contamination of groundwater, από O. Selinus, SEGH 2008.
Copyright British Geological Survey. Σύνδεσμος:
<http://www.bgs.ac.uk/research/groundwater/health/arsenic/home.html>. Πηγή:
<http://www.bgs.ac.uk/>

Εικόνα 12,13 : Αρσενικό στη Δ. Βεγγάλη και το Μπαγκλαντές. Πηγή: O. Selinus, SEGH 2008.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (4/6)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 14: Αρσενικό στη Δ. Βεγγάλη και το Μπαγκλαντές, από O. Selinus, SEGH 2008. Σύνδεσμος: http://www.slideshare.net/SGU_Sverige/geoarena-vad-r-medicinsk-geologi-olle-selinus. Πηγή: www.slideshare.net

Εικόνα 15: Πηγάδια ύδρευσης. Πηγή: O. Selinus, SEGH 2008.

Εικόνα 16: Pliocene Lignite Bed. Copyright US Geological Survey. Σύνδεσμος: http://gallery.usgs.gov/photos/09_10_2009_cg8Jam4YYt_09_10_2009_5#.VHSPU_mUcYE. Πηγή: gallery.usgs.gov/

Εικόνα 17: Water from wells in areas of Luisiana, από O. Selinus, SEGH 2008.

Εικόνα 18: Balkans. Πηγή: O. Selinus, SEGH 2008



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (5/6)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 19: BEN area-Pliocene Lignite. Πηγή: O. Selinus, SEGH 2008.

Εικόνα 20: Predicted mesothelioma deaths in British men and UK asbestos imports.
Πηγή: Peto et al., 1995.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (6/6)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Πίνακες

Πίνακας 1: Συγκέντρωση κύριων (major) στοιχείων και ολιγοστοιχείων (minor) στο ανθρώπινο σώμα. Copyright Essentials of Medical Geology.

Πίνακας 2: Συγκέντρωση ιχνοστοιχείων (trace) στο ανθρώπινο σώμα. Copyright Essentials of Medical Geology.

