

Απεικόνιση του Υπεραψύχου και των Υπογείων Υδροφορέων στην Εποχή της Κλιματικής Αλλαγής



Δημήτρης Δερματάς



ΕΜΠ
ΕΜΠ
Χειμερινό εξάμηνο 2014

Εισαγωγή- Υπόγεια νερά και κλιματική αλλαγή

Προέλευση-κατηγοροποίηση-νομοθεσία ρύπανσης

Διαδικασίες μεταφοράς/συμπεριφοράς ρύπων

Τεχνολογίες απορρύπανσης

Παραδείγματα – περιπτώσεις (case studies) στον
Ελλαδικό χώρο

Σύνοψη – Συμπεράσματα

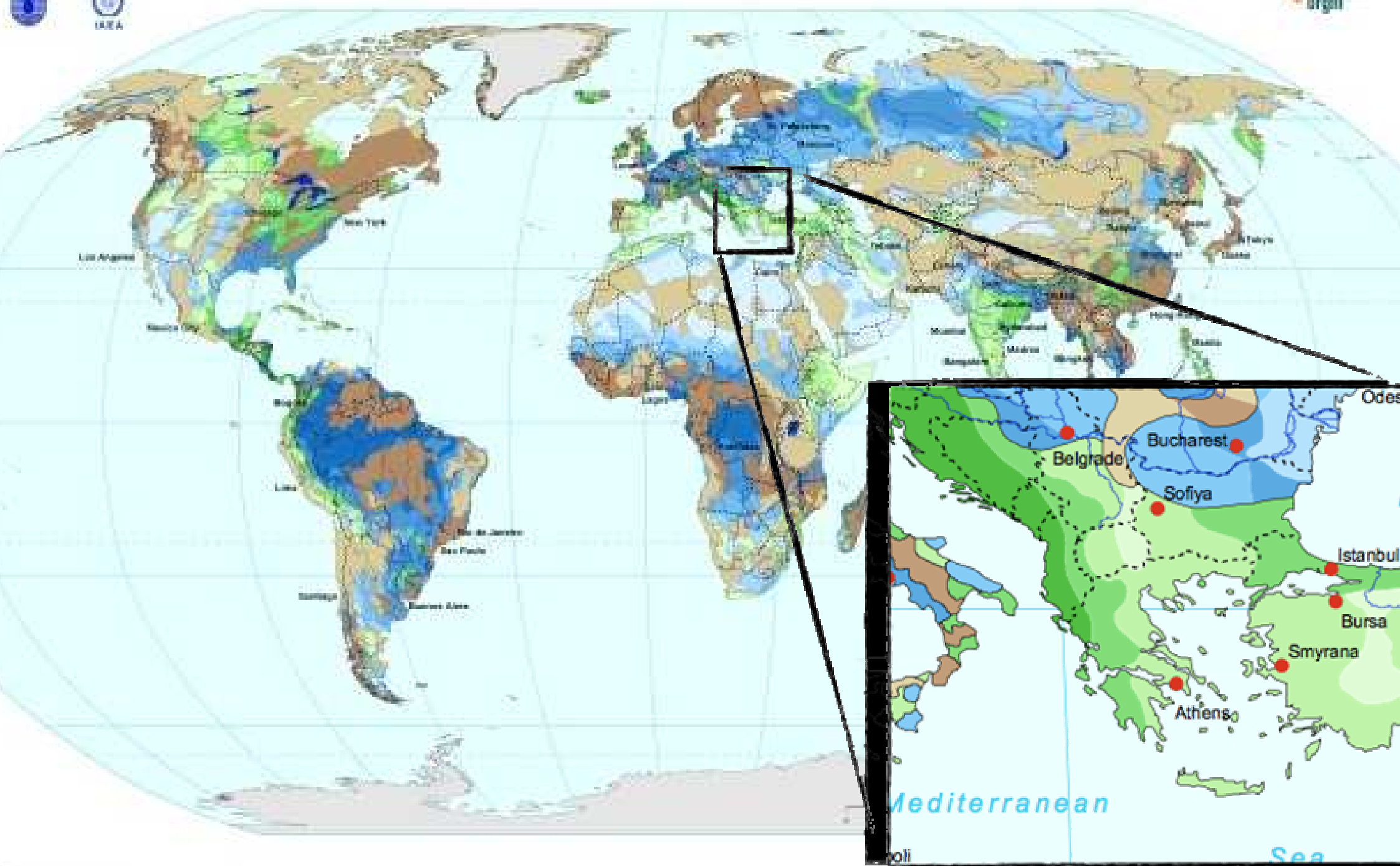
Παρουσίαση video

■ Ήδη από τον 5ο-4ο αιώνα π.Χ. ο Ιπποκράτης εισάγει την έννοια του "μαλακού" και "σκληρού νερού".

■ Πρώτος νόμος υδρογεωχημείας:

"Τα νερά λαμβάνουν τις ιδιότητες των εδαφών-πετρωμάτων από τα οποία διέρχονται."

■ Το έδαφος, το υπέδαφος και το νερό σε συνλληλεπίδραση αποτελούν ένα ενιαίο σύστημα



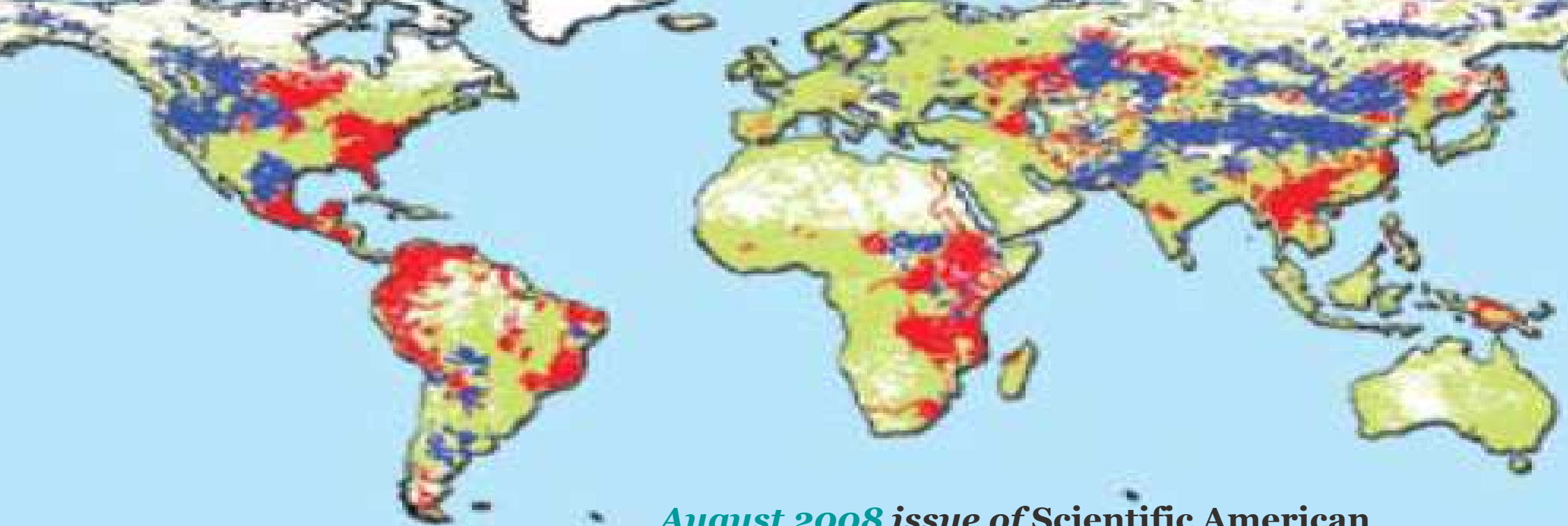
water resources

groundwater basins



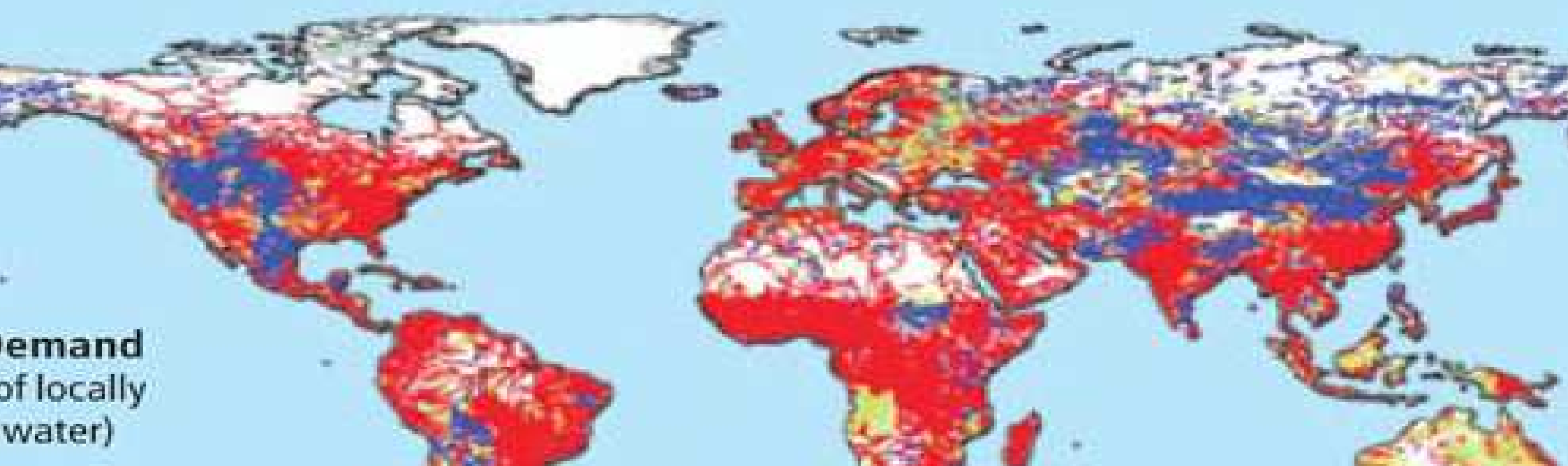
Surface water & Geography

- major river
- large freshwater lake
- large saltwater lake

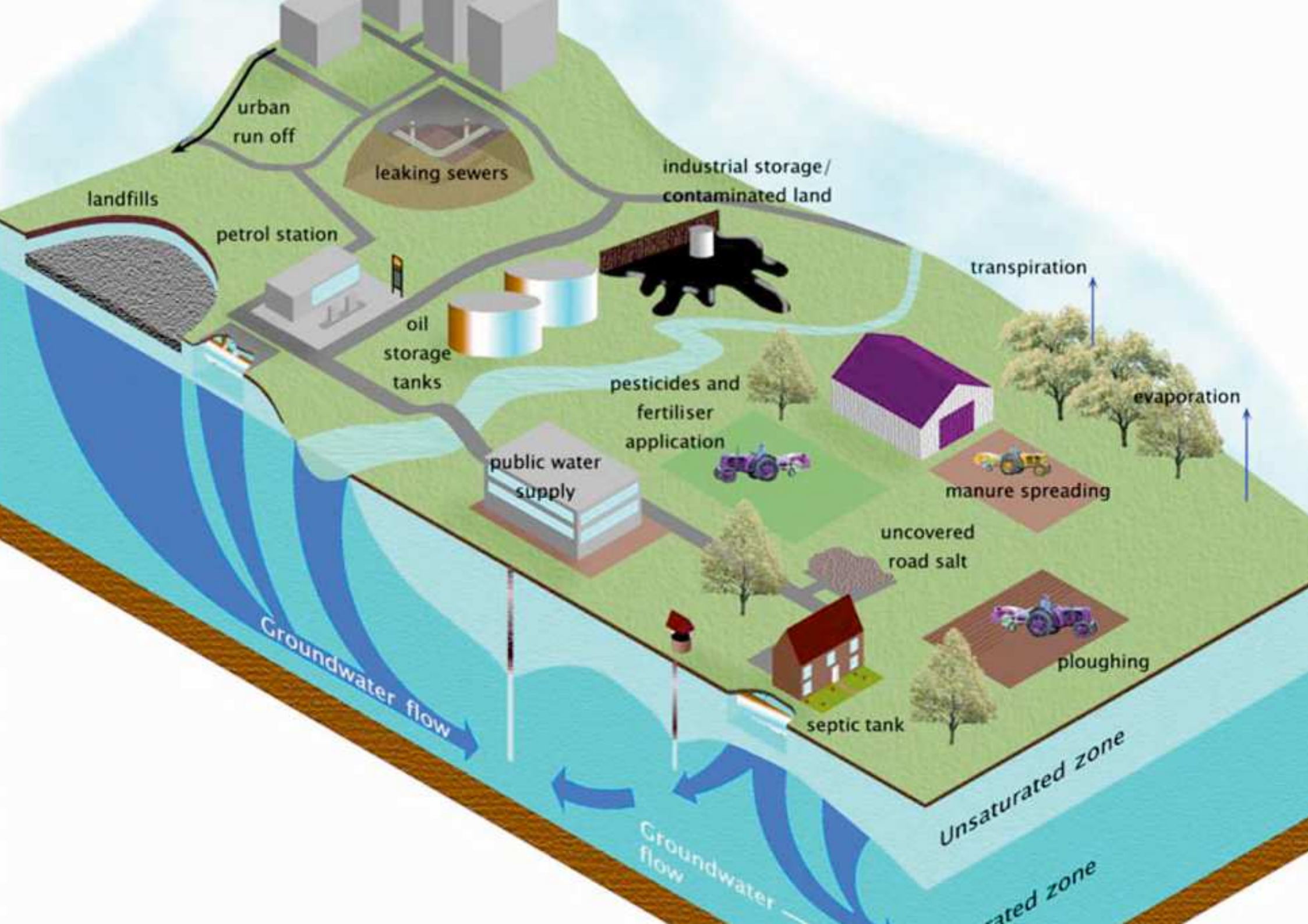


August 2008 issue of Scientific American

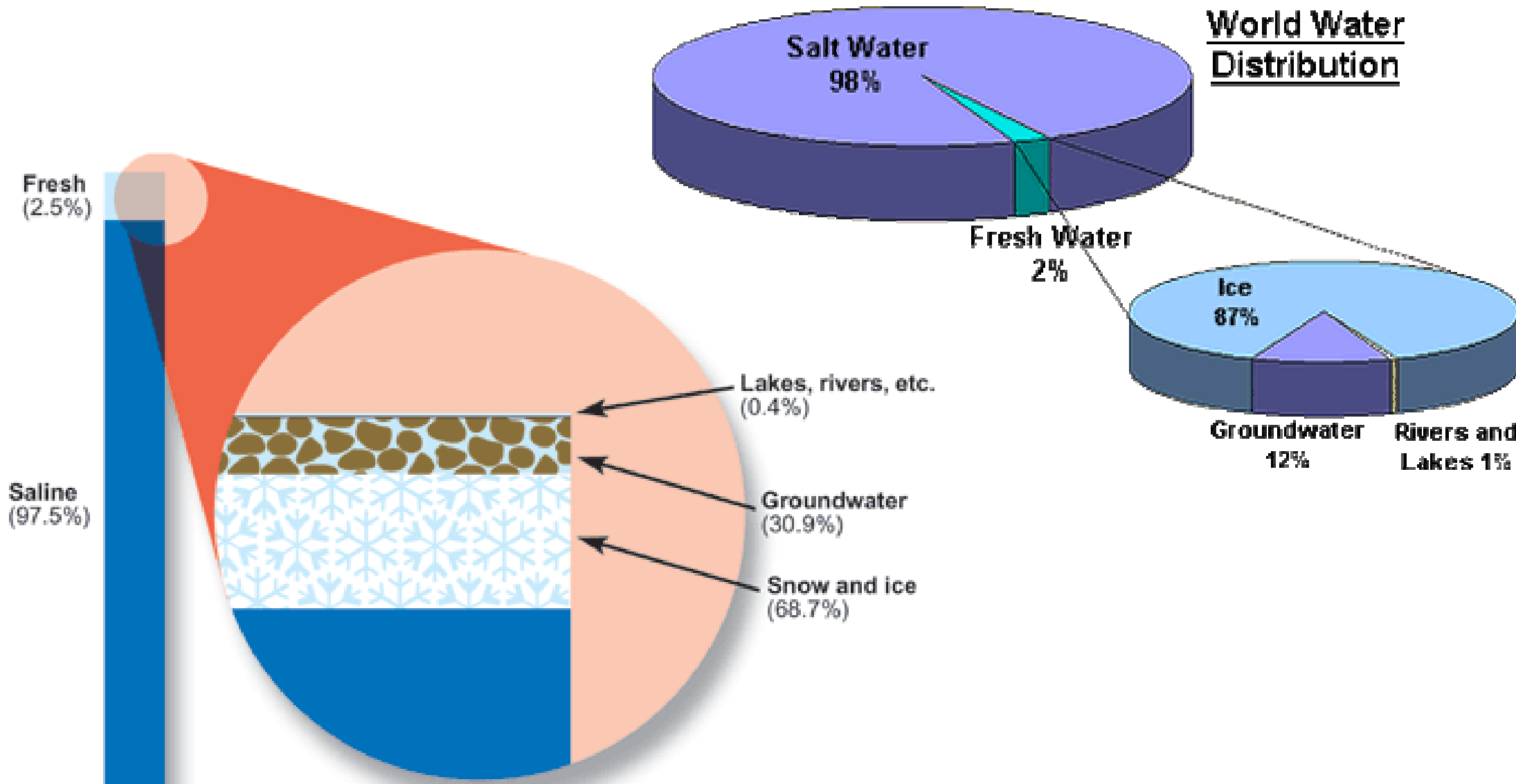
POPULATION GROWTH WITH CLIMATE CHANGE COULD BE DEVASTATING



demand
of locally
(water)



Παγκόσμια αποθέματα γλυκού νερού



στην Ελλάδα τον χρόνο

(σε Gm³ - δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα)

➔ Από εγχώριες πηγές

Οικιακός τομέας	0,83 Gm ³
Αγροτικά προϊόντα για Ελλάδα	14,8 Gm ³
Εξαγόμενα αγροτικά προϊόντα	3,35 Gm ³
Βιομηχανικά προϊόντα για Ελλάδα	0,775 Gm ³
Βιομηχανικά προϊόντα για εξαγωγές	0,08 Gm ³

➔ Από το εξωτερικό

Εισαγόμενα αγροτικά προϊόντα	7,18 Gm ³
Βιομηχανικά αγαθά	1,62 Gm ³
Επανεξαγωγή από	1,79 Gm ³
Σύνολο	25,21 Gm ³

Σημείωση: Στο σύνολο δεν αθροίζονται οι ποσότητες που είναι για εξαγωγή προϊόντα.



Προέλευση της ρύπανσης

Σύγχρονη, **υπερκαταναλωτική** κοινωνία παραγωγή και χρήση υψηλού αριθμού **χημικών ουσιών**

Κατάληξη χημικών ουσιών σε έδαφος και υπόγειο νερό

Αρκετές ουσίες →

- 🔦 **τοξικές** ακόμα και σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις
- 🔦 ορισμένες διατηρούνται σε έδαφος και υπόγειο νερό για πολλά χρόνια
→ περιβαλλοντικός κίνδυνος

επιπεριβαλλοντική αυτή ρύπανση μπορεί να οφείλεται σε:

φυσικές διαδικασίες

Γεγονότα από φυσικές διεργασίες

Λόγω **διάλυσης αλάτων** κατά τη διήθηση υπόγειων υδάτων διαμέσ
πετρωμάτων

Λόγω **εξατμισοδιαπνοής** σε αβαθείς υδροφορείς **Αύξηση των αλάτων**
υπόγειο νερό

Κλιματική αλλαγή **υφαλμύρωση** υπόγειων νερών λόγω της αύξησης
θαλάσσιας στάθμης

Από τα παραπάνω: **Αύξηση συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων**
χλωριόντων, θειικών, νιτρικών, ιόντων σιδήρου, ασβεστίου, κλπ.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιου είδους φυσικής ρύπανσης αποτελ
για την χώρα μας το **εξασθενές χρώμιο** και το **αρσενικό**.

Οπτανση από ανθρωπιυγενεις διαδικασίες

αστικά, αγροτικά, βιομηχανικά, κτηνοτροφικές μονάδες, μεταλλεία, γεωρ
κμεταλλεύσεις (αλόγιστη χρήση χημικών λιπασμάτων και υπεράντλ
πόγειων νερών), κτλ

Επεξεργασία οργανικού κλάσματος αστικών αποβλήτων + ειδικά απόβ
ελαιουργεία, τυροκομεία, κτλ) + κτηνοτροφικά απόβλητα



Βιολογική επεξεργασία (αναερόβια, αερόβια)

- 🌟 Ελαχιστοποίηση εν δυνάμει ρύπανσης υδροφορέων
- 🌟 Παραγωγή εδαφοβελτιωτικού Ασπίδα \rightarrow κατά φαινομένων ερημοποίησης
- 🌟 Αναερόβια Παραγωγή ενέργειας Πρόσπινη ανάπτυξη

Απορρύπανση & τρίπτυχο ρύπος - έδαφος - νερό

μεταφορά και η συμπεριφορά των ρύπων στο γεωπεριβάλλον καθορίζεται από:

- 🔦 τη γεωχημική μορφολογία του εκάστοτε ρύπου
- 🔦 πολύπλοκες διεργασίες **αλληλεπίδρασης** του τρίπτυχου **ρύπος έδαφος - νερό**.

σημαντικότητα κατανόησης τρίπτυχου και συνολικής θεώρησης αυτού.

υδροφορέων

Σημειακές: ανεξέλεγκτες χωματερές, μονάδες επεξεργασίας λυμάτων, βιομηχανίες, κτηνοτροφικές μονάδες

Μη σημειακές: από γεωργία (λιπάσματα, φυτοφάρμακα), από διάβρωση πετρωμάτων, από είσοδο υφάλμυρου νερού σε παράκτιες περιοχές

Κατηγοριοποίηση ρύπων

- 🔦 Οργανικής ή ανόργανης φύσης
- 🔦 Οργανικοί:
 - 💡 πτητικοί, ημιπτητικοί, μη πτητικοί, ζιζανιοκτόνα,
 - 💡 Μικρής διαλυτότητας στο νερό
- 🔦 Οργανικοί μη υδατοδιαλυτοί ρύποι
 - 💡 L-NAPL: Lighter-Non Aqueous Phase Liquids
 - 💡 D-NAPL: Denser-Non Aqueous Phase Liquids
- 🔦 Ανθεκτικοί οργανικοί ρύποι περιέχουν χλώριο στη χημική τους σύσταση (οργανικοί διαλύτες)

Ανόργανοι ρύποι

- Εξάρτηση συμπεριφοράς ανόργανων ρύπων από:
 - ~ φυσικοχημικά χαρακτηριστικά υπόγειων νερών και εδάφους π.χ. Ορυκτολογία, pH εδάφους, περιεκτικότητα σε άλατα.
 - ~ γεωχημική μορφολογία (contaminant speciation) εκάστοτε ανόργανου ρύπου

ΚΑΙ ΥΠΌΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ

Κατηγορία ενώσεων	Τυπικές τοποθεσίες	Κινητικότητα	Αρνητική δράση
Αγροχημικά	Βιομηχανίες, Αγροτικές εκμεταλλεύσεις	Χαμηλή	Καρκίνος, ασθένειες του νευρικού συστήματος
Βενζίνη και Πετρέλαιο	Διυλιστήρια, Πρατήρια, Στρατιωτικές βάσεις	Μέτρια ως Χαμηλή	Καρκινογενέσεις
Διαλύτες	Βαφεία αυτοκινήτων, Στρατ. Βάσεις	Υψηλή ως Μέτρια	Καρκινογενέσεις
PAHs	Εργοστάσια	Μέτρια ως Χαμηλή	Καρκινογενέσεις
PCBs	Εργοστάσια	Χαμηλή	Καρκίνος
Διοξίνες	Χημική βιομηχανία, Καύση αστικών απορριμμάτων	Χαμηλή	Καρκίνος
Βαρέα μέταλλα	Εργοστάσια, Βιομηχανίες, Ηλεκτρονικά απόβλητα, Στρατιωτικές βάσεις	Υψηλή ως Χαμηλή	Καρκίνος, προσβολή μυελού οστών και ερυθροκυττάρων, ασθένειες του νευρικού συστήματος, δερματικές παθήσεις
Αντιβιοτικά και άλλα φαρμακευτικά προϊόντα	Αστικά λύματα	Υψηλή	Διαταραχές του ανοσοποιητικού συστήματος, έρευνα
Μικροβιακή ρύπανση	Αστικά λύματα, Χωματερές	Υψηλή ως Χαμηλή	Διαταραχές του ανοσοποιητικού συστήματος, του νευρικού συστήματος, υπό εξερεύνηση
Πτώση της στάθμης των			

Νομοθεσία

Ευρωπαϊκή Ένωση:

- 🔗 Οδηγία Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ για τα Νερά
- 🔗 Οδηγία για την προστασία του υπόγειου νερού 2006/118/ΕΚ από την υποβάθμιση και τη χημική ρύπανση, έπρεπε να ενσωματωθεί στο εθνικό Δίκαιο έως τις 16 Ιανουαρίου 2009
- 🔗 Οδηγία προστασίας του εδάφους υπό επεξεργασία
- 🔗 Άλλες οδηγίες π.χ. Οδηγία 2006/21/ΕΚ σχετικά με διαχείριση αποβλήτων εξορυκτικής βιομηχανίας, Οδηγία 2004/35/ΕΚ για την Περιβαλλοντική Ευθύνη

Λάδα: σχετική νομοθεσία μόλις το 2006 (Αρ. 13588/725, ΦΕΚ 383Β, 28-03-2006 “Μέτρα όροι και περιορισμοί για τη διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων”)

Ροή νερού - Ροές

- Ροή νερού $q_h = k_h i_h$ νόμος Darcy ($i_h = \Delta H/L$)
- Χημική ροή $J_D = D_{ic} i_c$ νόμος Fick ($i_c = \Delta C/L$)
- Ροή θερμότητας $q_t = k_t i_t$ νόμος Fourier ($i_t = \Delta T/L$)
- Ροή ηλεκτρισμού $I = \sigma_e i_e$ νόμος Ohm ($i_e = \Delta V/L$)
- Συνδυασμένη μεταφορά
- Συναγωγή vs Διάχυση \Rightarrow μέσα με χαμηλό k
- Ενεργό πορώδες (effective porosity)

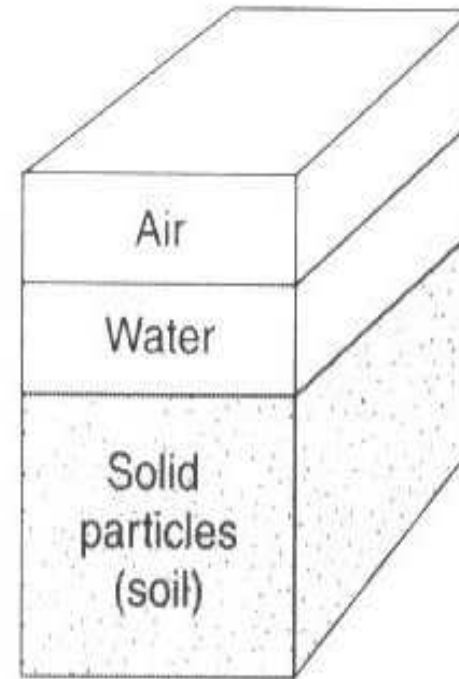
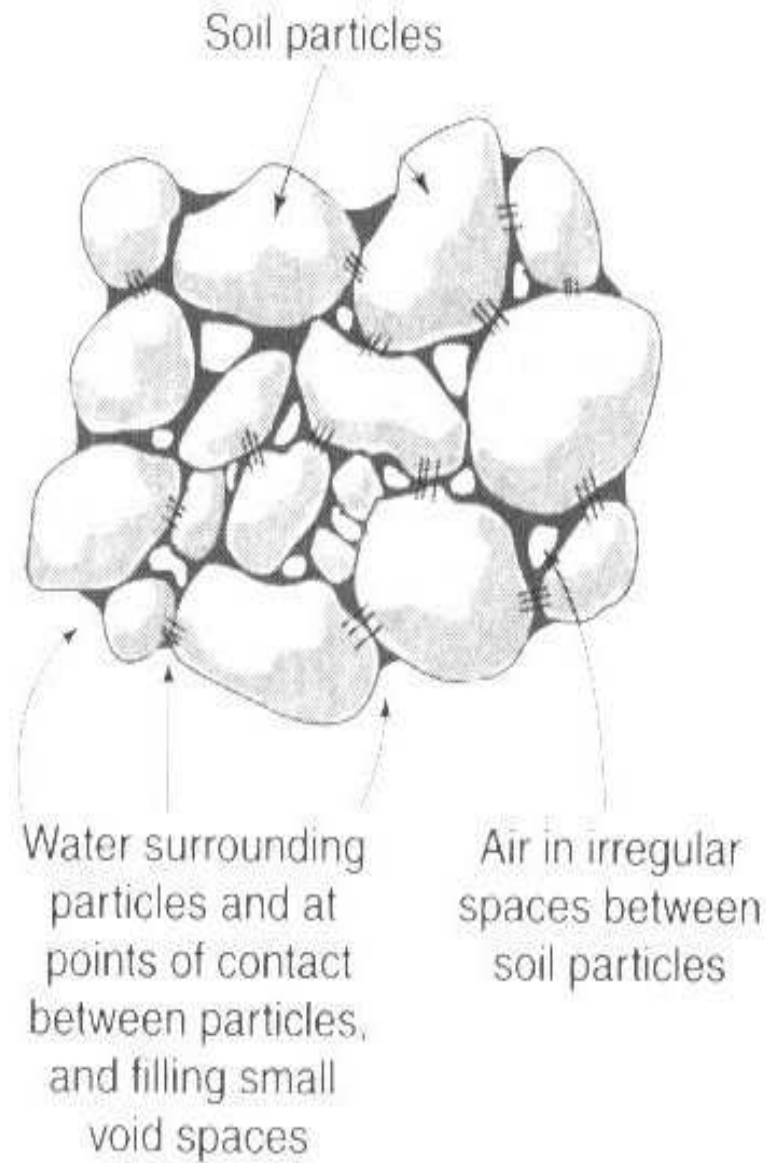
γεωπεριβάλλον - διεργασίες

- **συναγωγή (advection):** μεταφορά μάζας ενός ρύπου που οφείλεται καθαρά στη ροή του υπογείου νερού
- **μοριακή διάχυση (diffusion):** μεταφορά μάζας λόγω κινητικής ενέργειας των μορίων (κίνηση Brown, Νόμος Fick)
- **μηχανική διασπορά (mechanical dispersion):** διεργασία αναμίξεως οφειλόμενη σε τρεις μηχανισμούς ροής ανάμεσα στους πόρους του εδαφικού υλικού
- **προσρόφηση (sorption):** συσσώρευση ουσίας σε διεπιφάνεια **ΚΑΙ**
- **χημικές & βιολογικές αντιδράσεις**

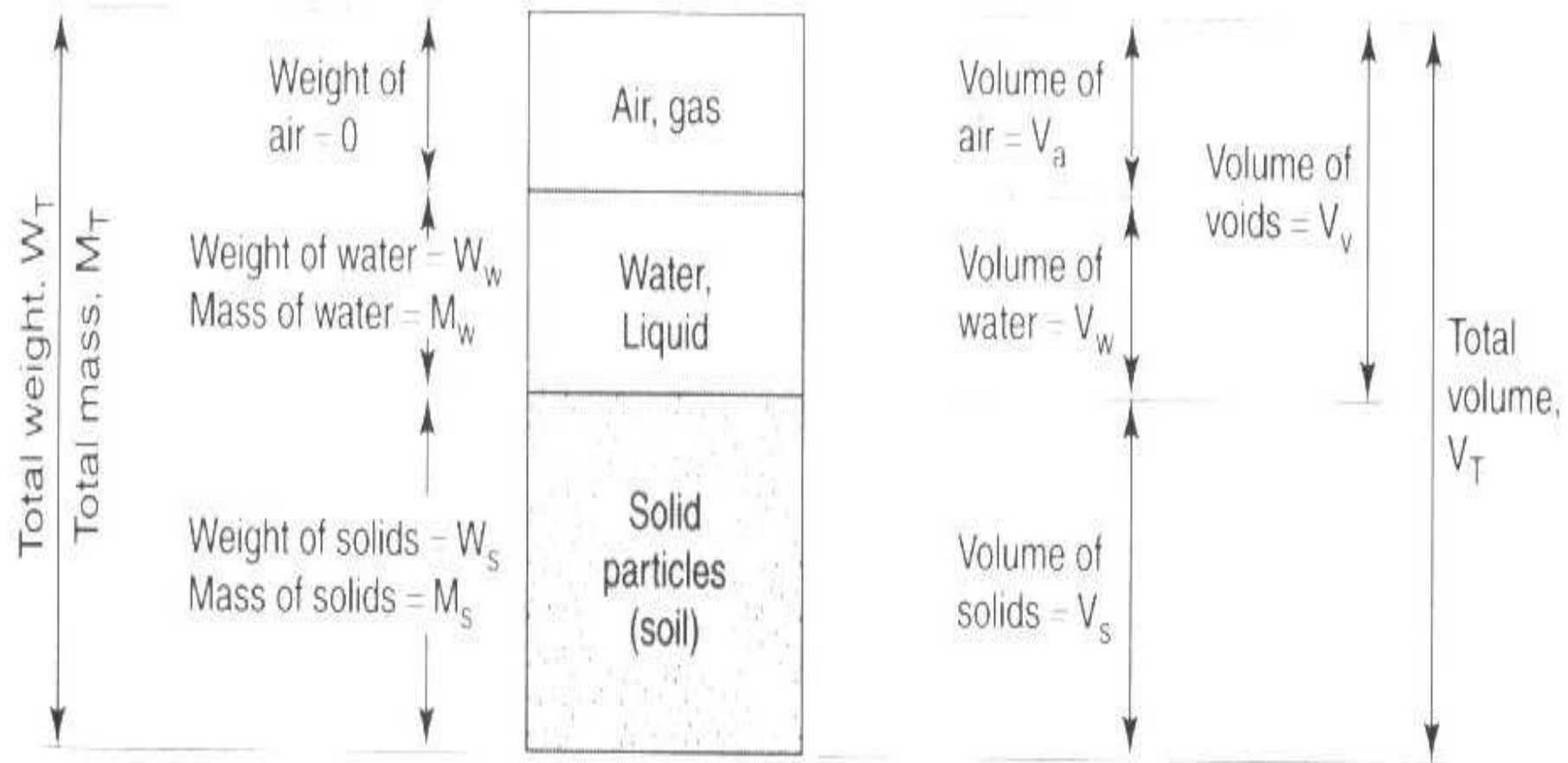
ρύπων

- Ρόφηση: Προσρόφηση και απορρόφηση
- Ανταλλαγή ιόντων
- Κατακρήμνιση
- Φίλτρανση
- Χημική Οξειδωση- Αναγωγή
- Βιολογική Οξειδωση – Αναγωγή
- Εξαέρωση πτητικών (volatilization)

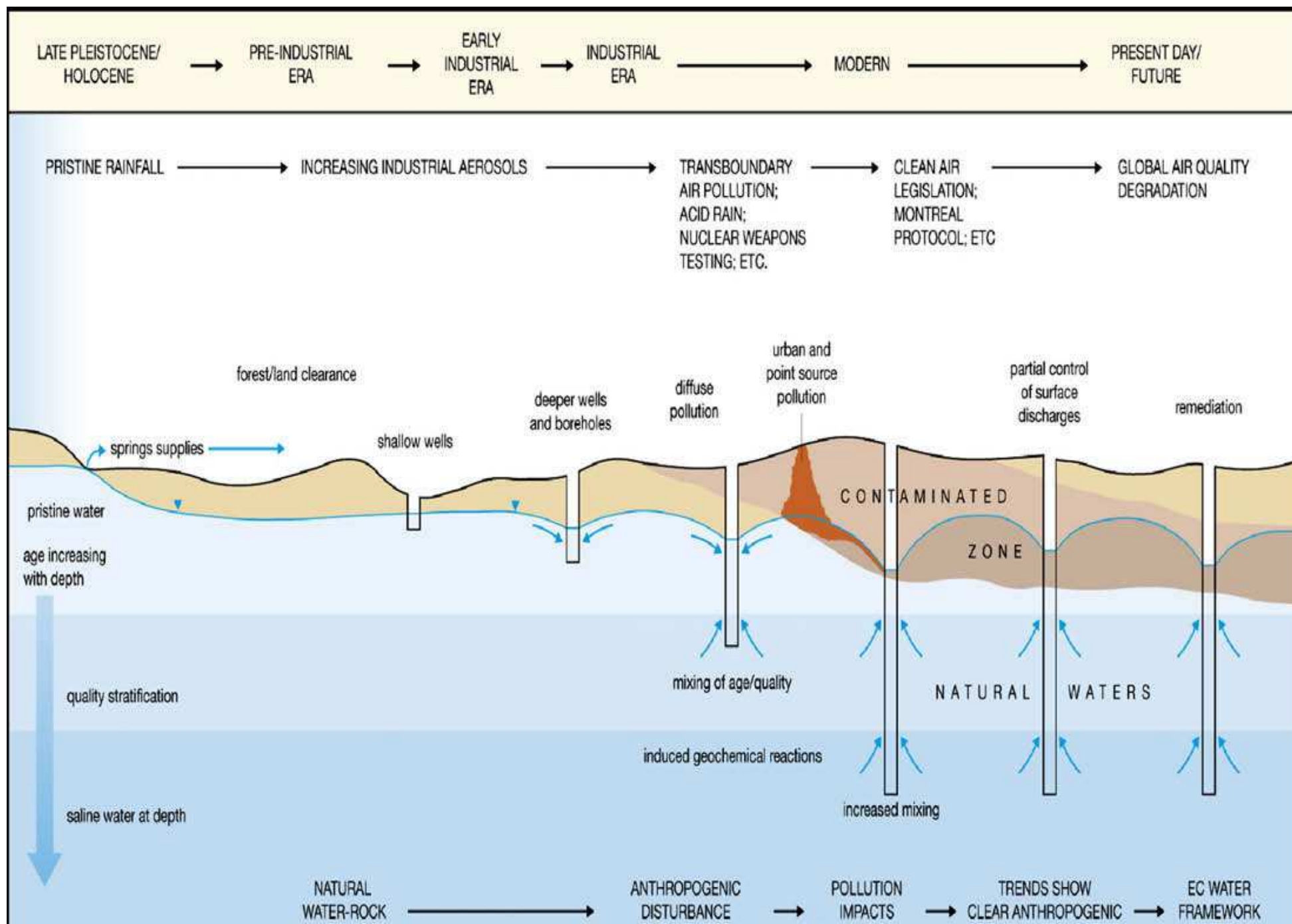
εδάφους, νερού και αέρα. Διάγραμμα παρουσίασης των φάσεων



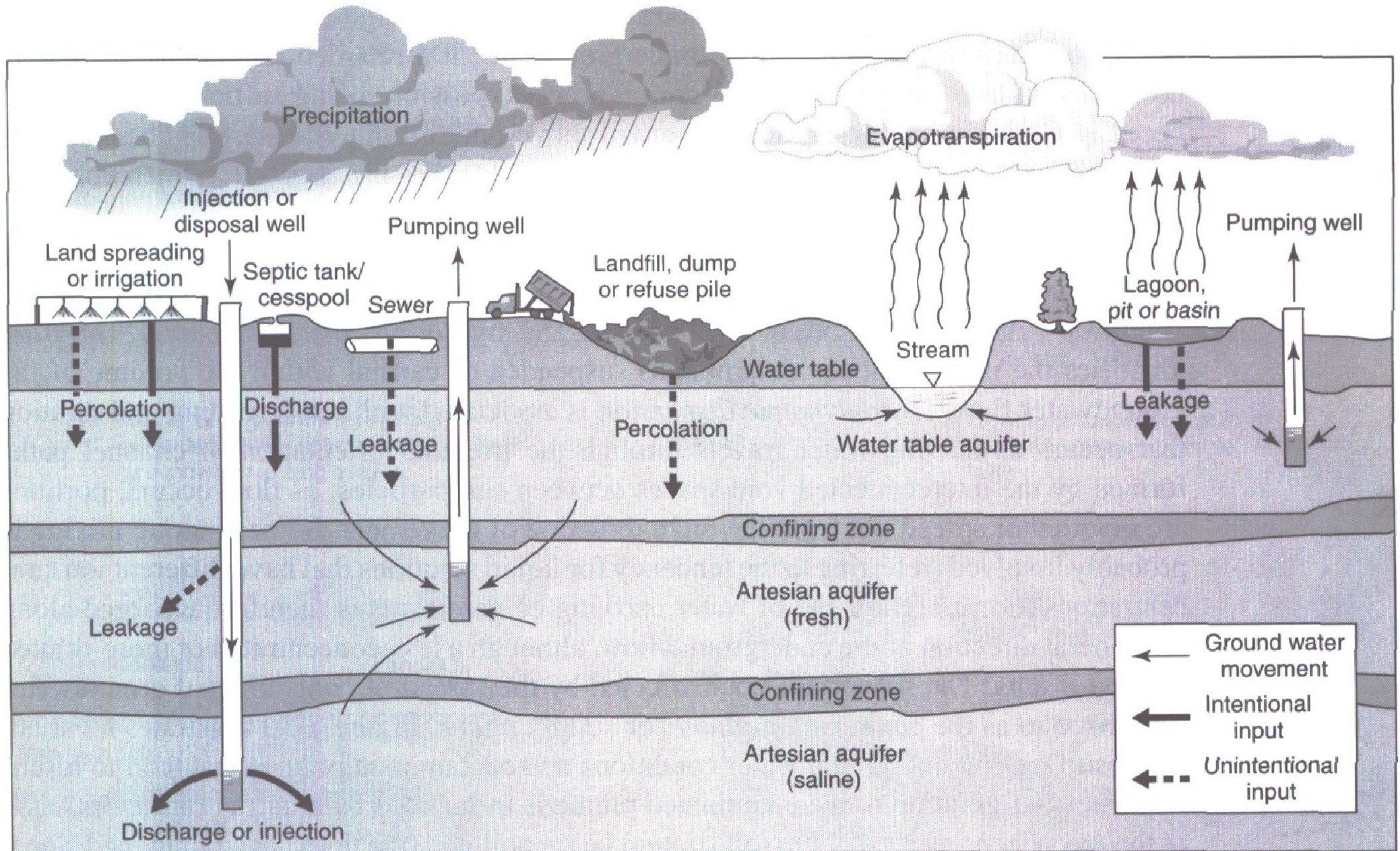
ενός εδάφους



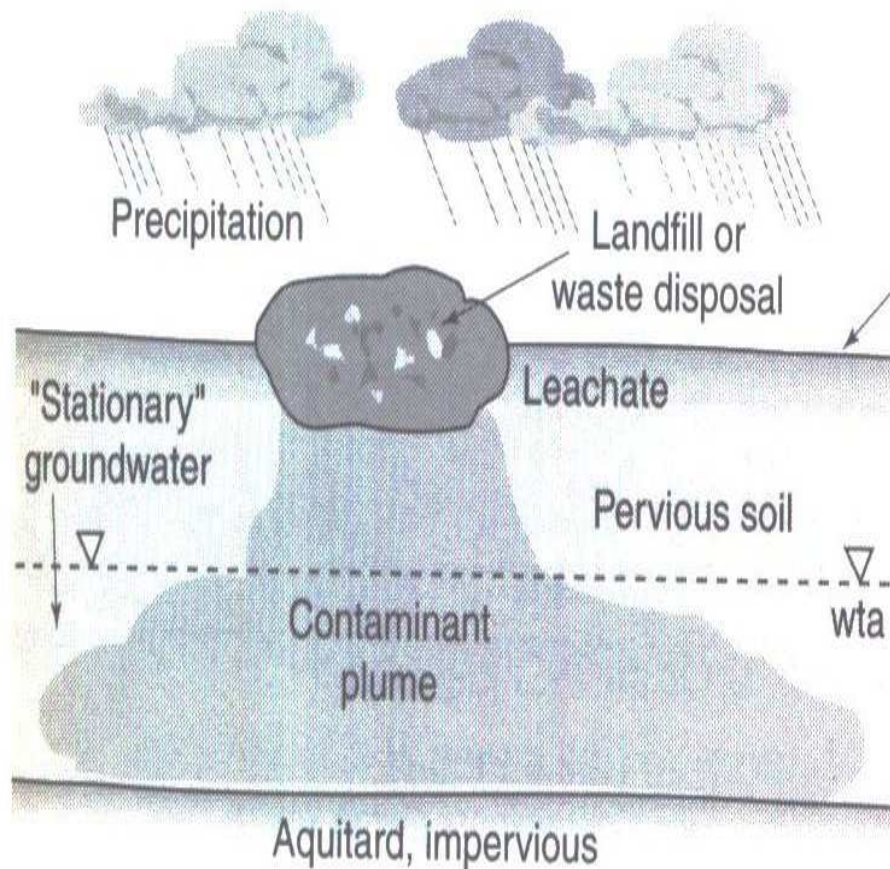
ανθρώπινες δραστηριότητες



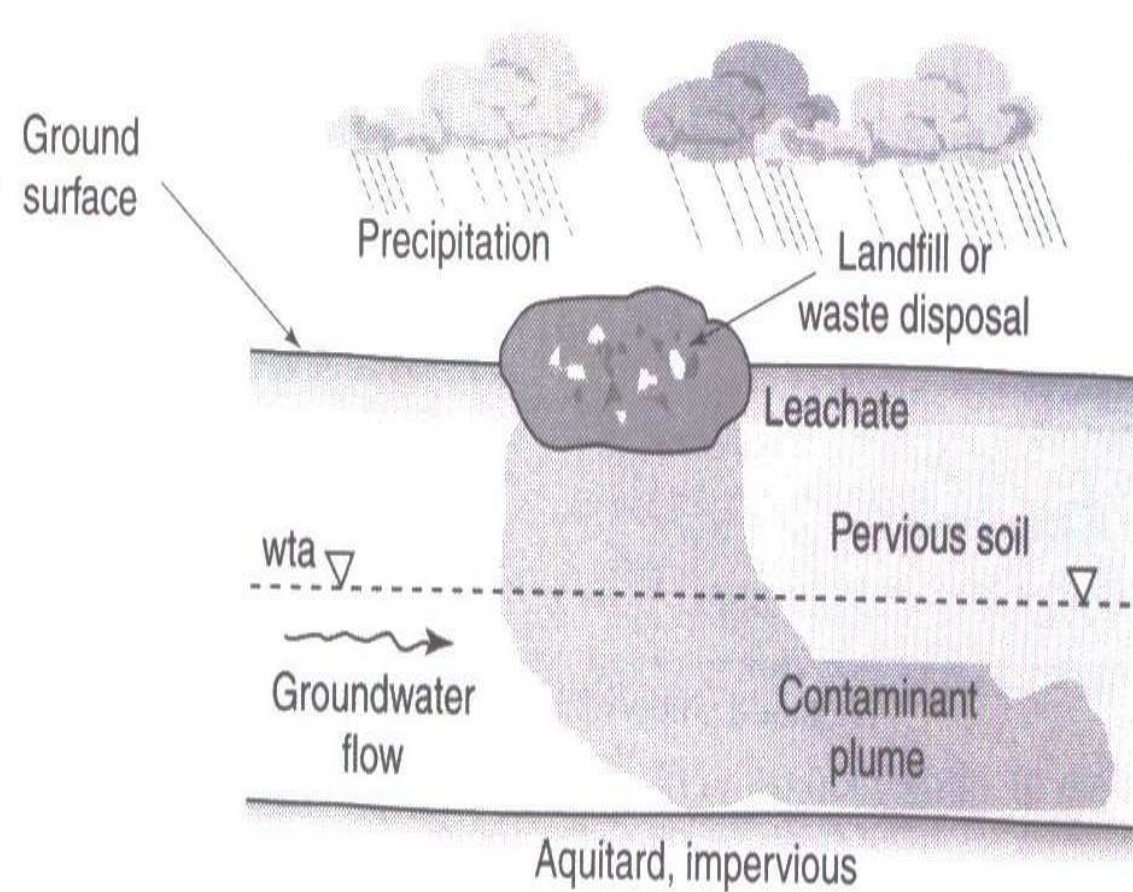
Μπορεί να ρυθάνουν το υπόγειο νερό



ΠΥΛΗΚΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΗΓΗ ΤΗ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

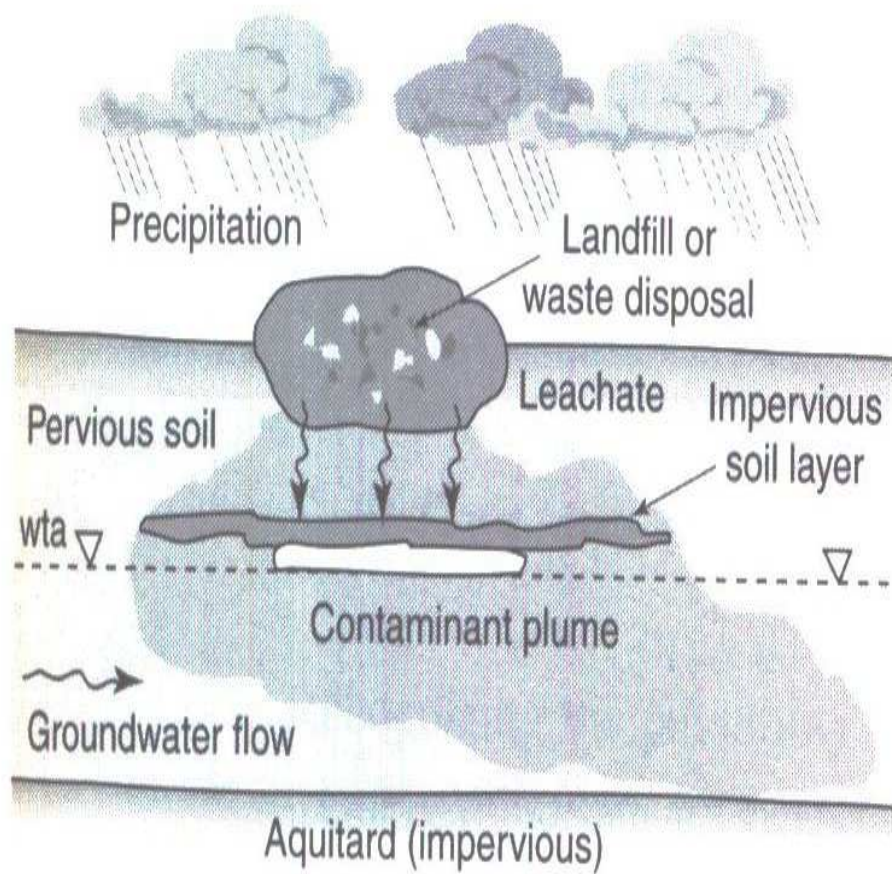


(a) "Stationary" groundwater (limited subsurface flow), uniform soil conditions (groundwater in single layer)

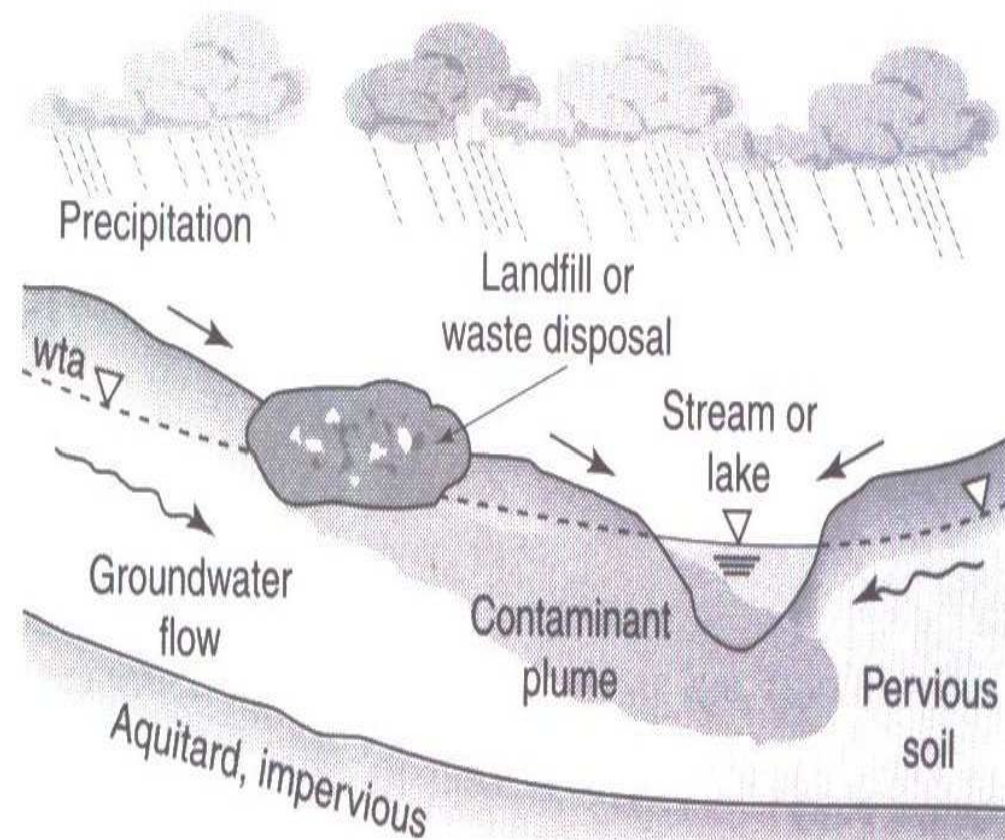


(b) Flowing groundwater, uniform soil, groundwater in single layer

Παράγοντες της περιοχής και την πηγή τη ρύπανσης

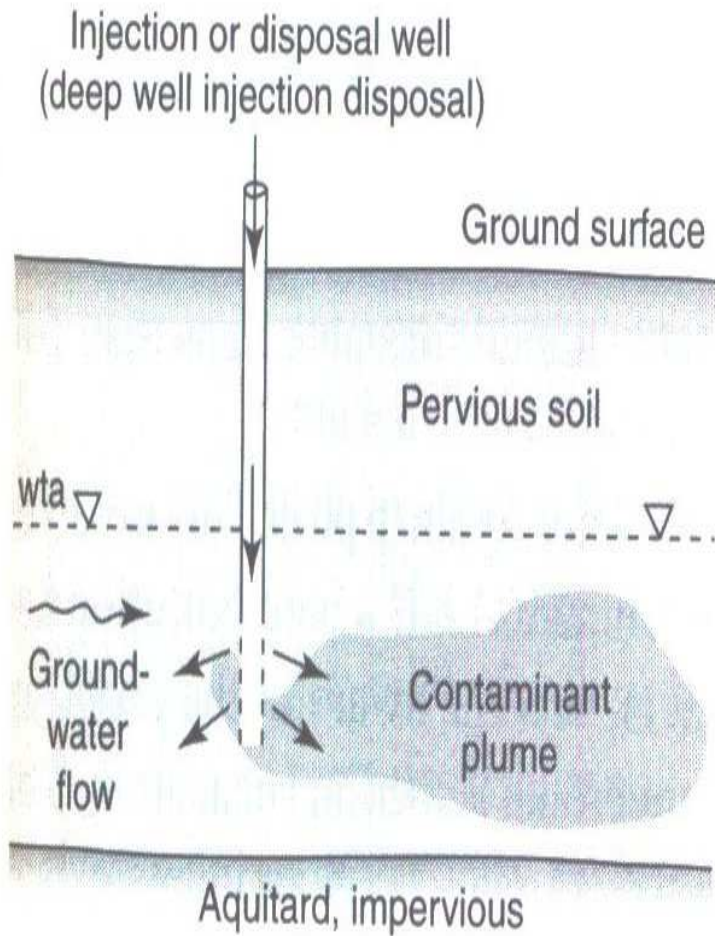


(c) Flowing groundwater, pervious and impervious soil layers

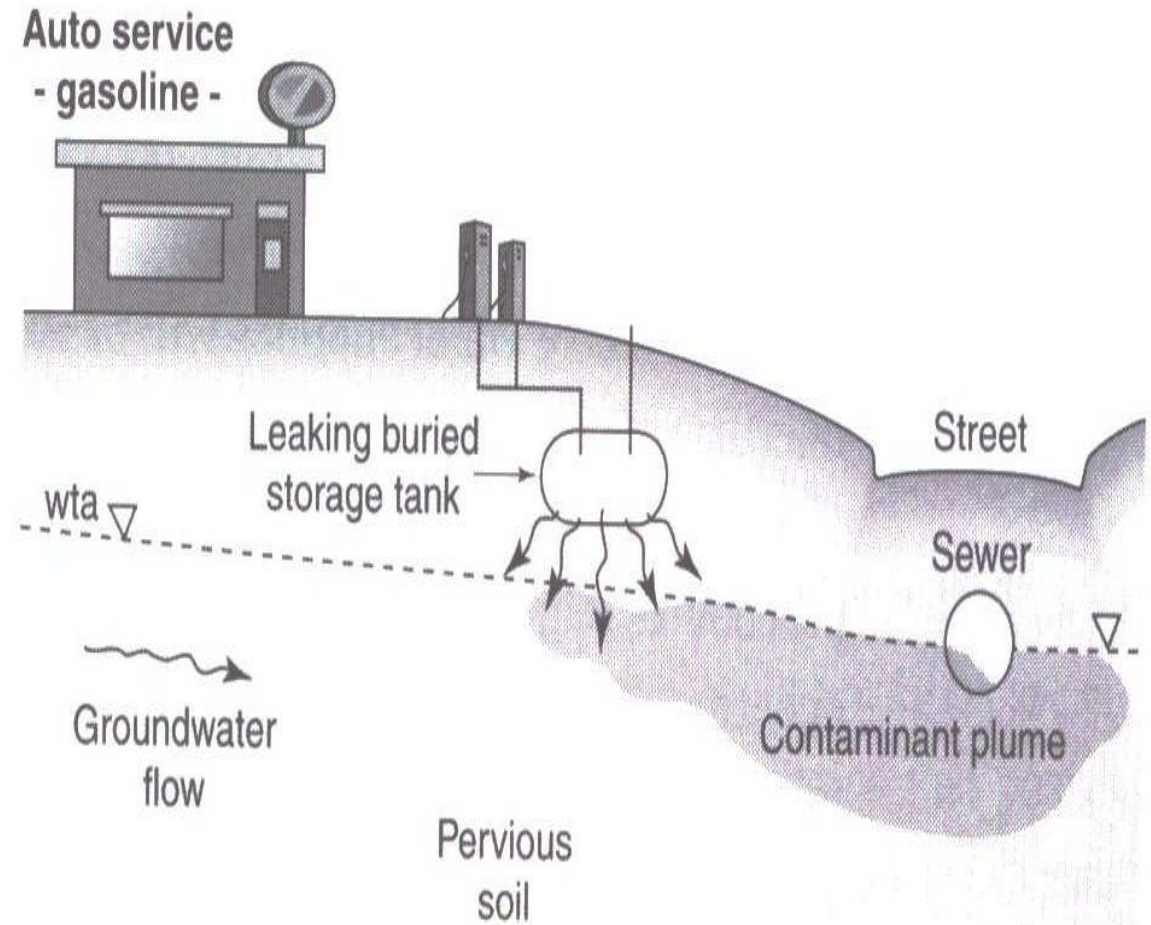


(d) Flowing groundwater, contaminant plume affects

ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΗΓΗ ΤΗ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

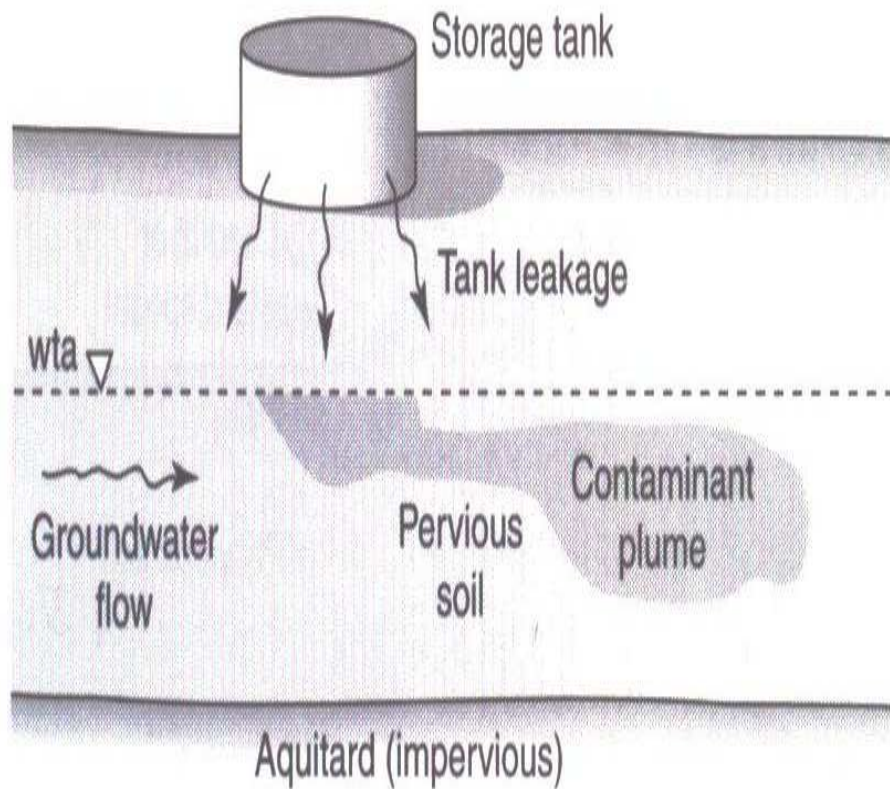


(e) Flowing groundwater, deep well disposal affects groundwater at greater depths

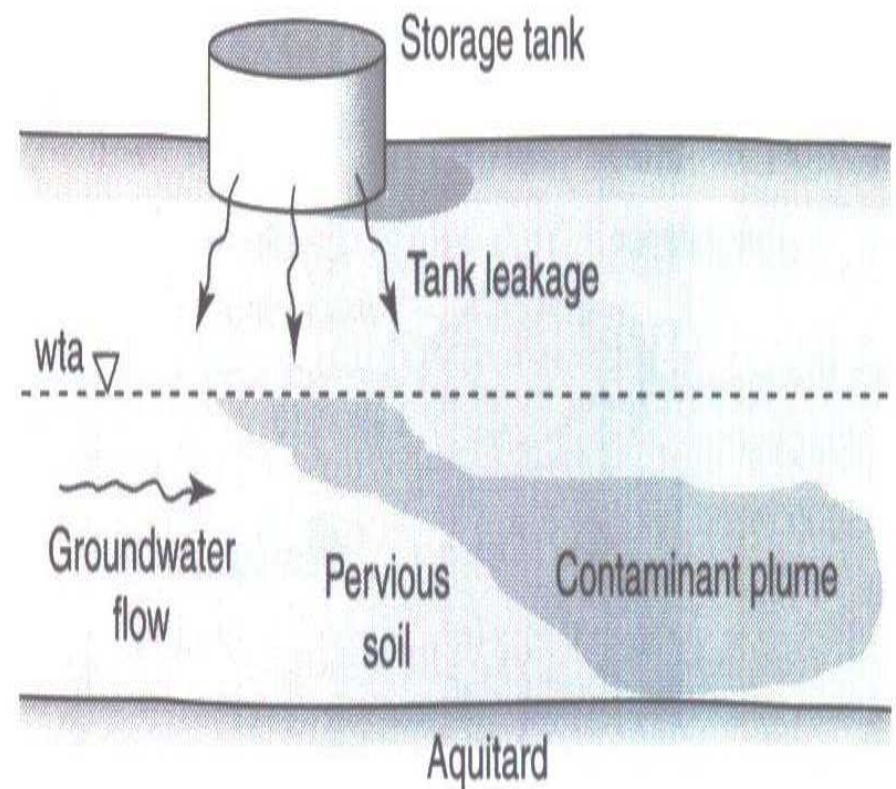


(f) Contaminant plume infiltrates buried sewer, spreading petroleum liquid and vapor

ΠΥΛΗΚΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΗΓΗ ΤΗ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

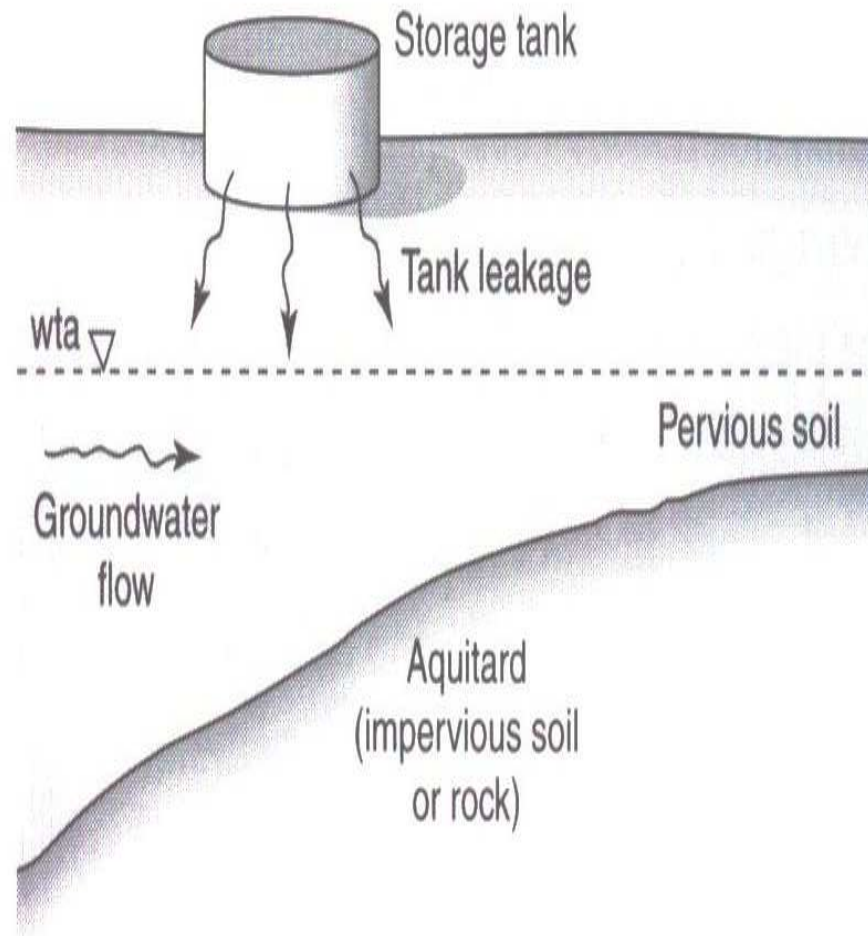


(g) Contaminant plume where liquid is less dense than water



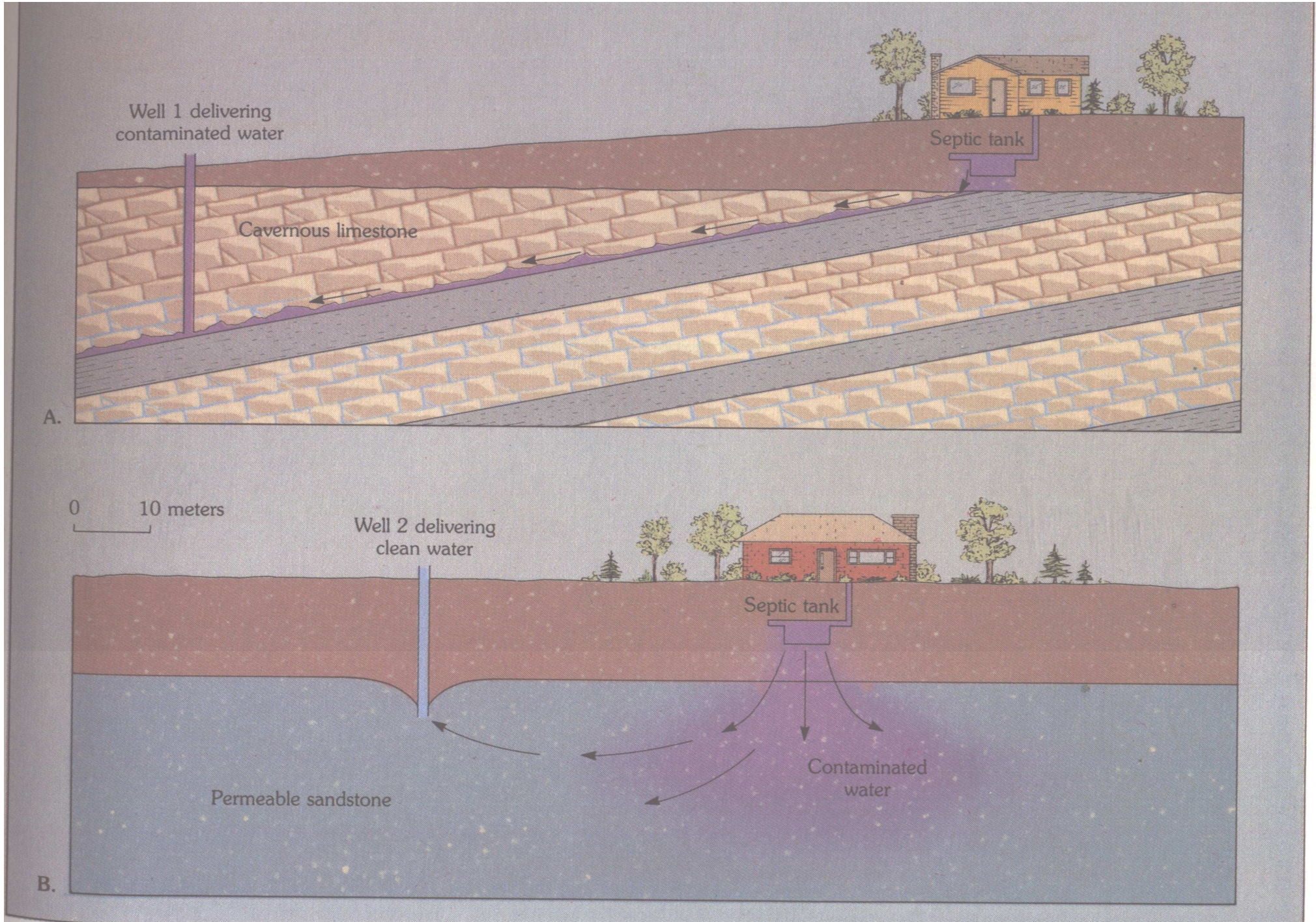
(h) Contaminant plume where liquid is more dense than water

ΥΝΘΗΚΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΗΓΗ ΤΗ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

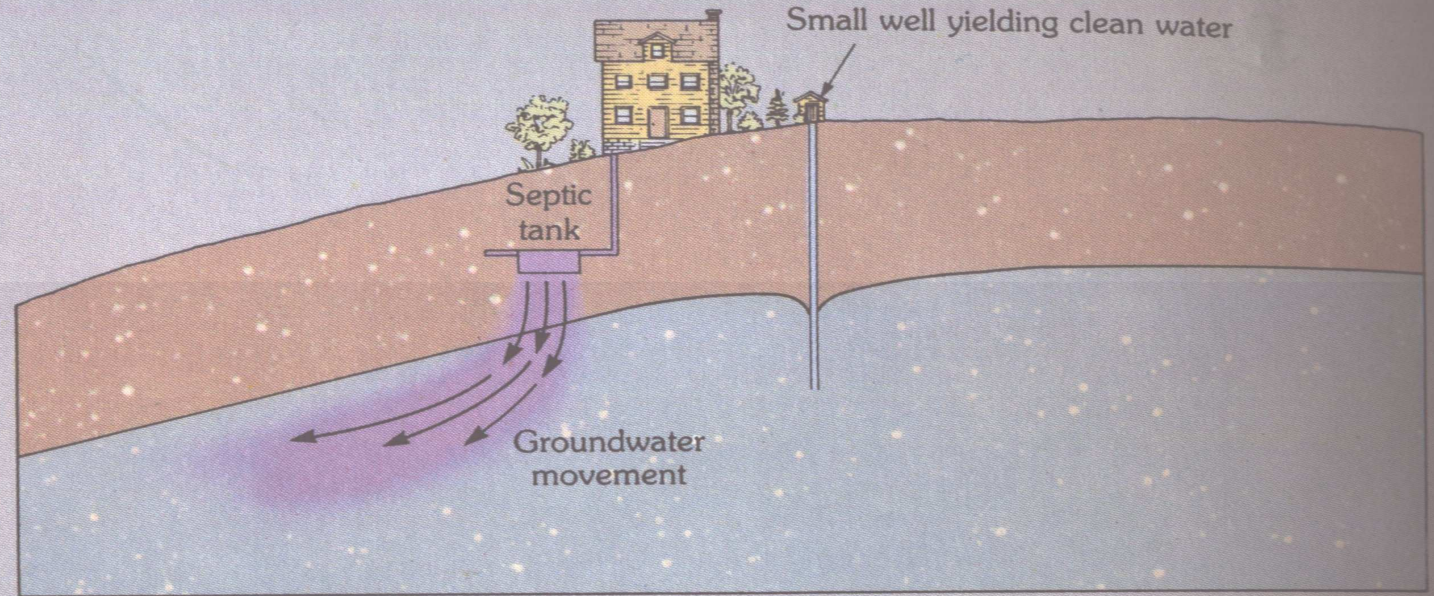


(i) Contaminant plume, liquid more dense than water

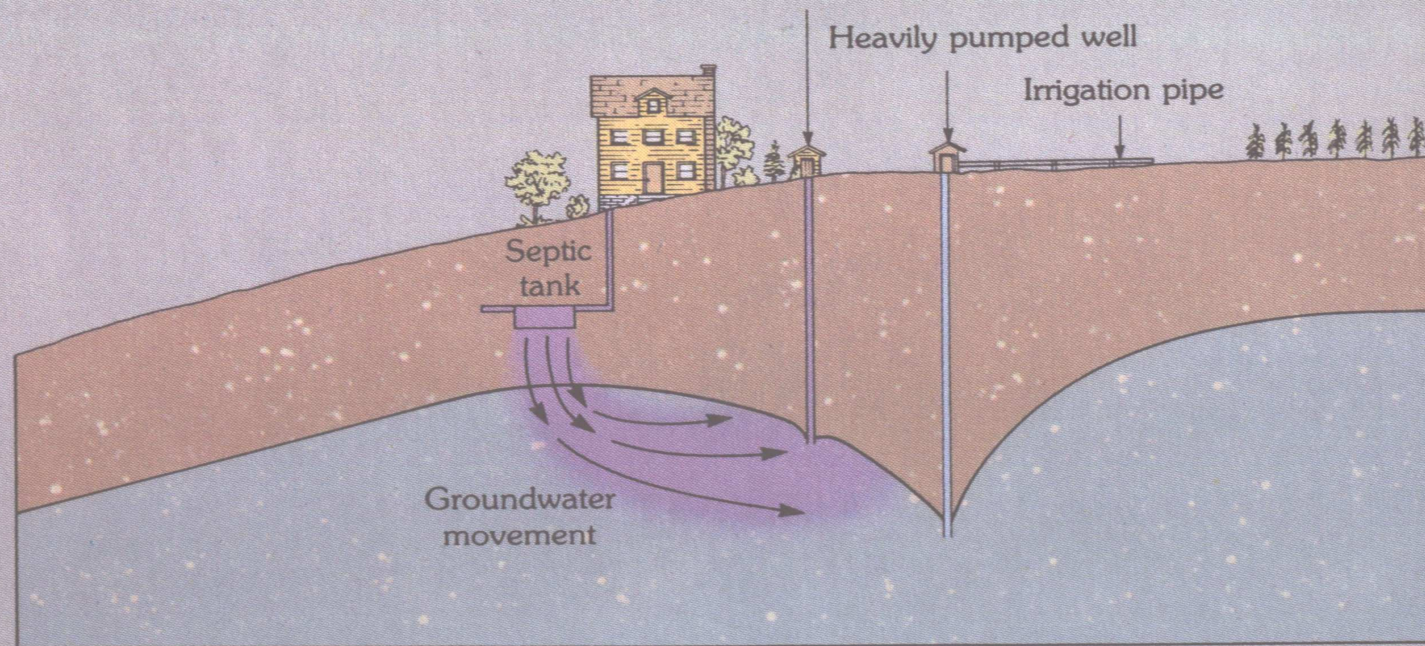
Ρύπανση από βοθρούς (1/2)



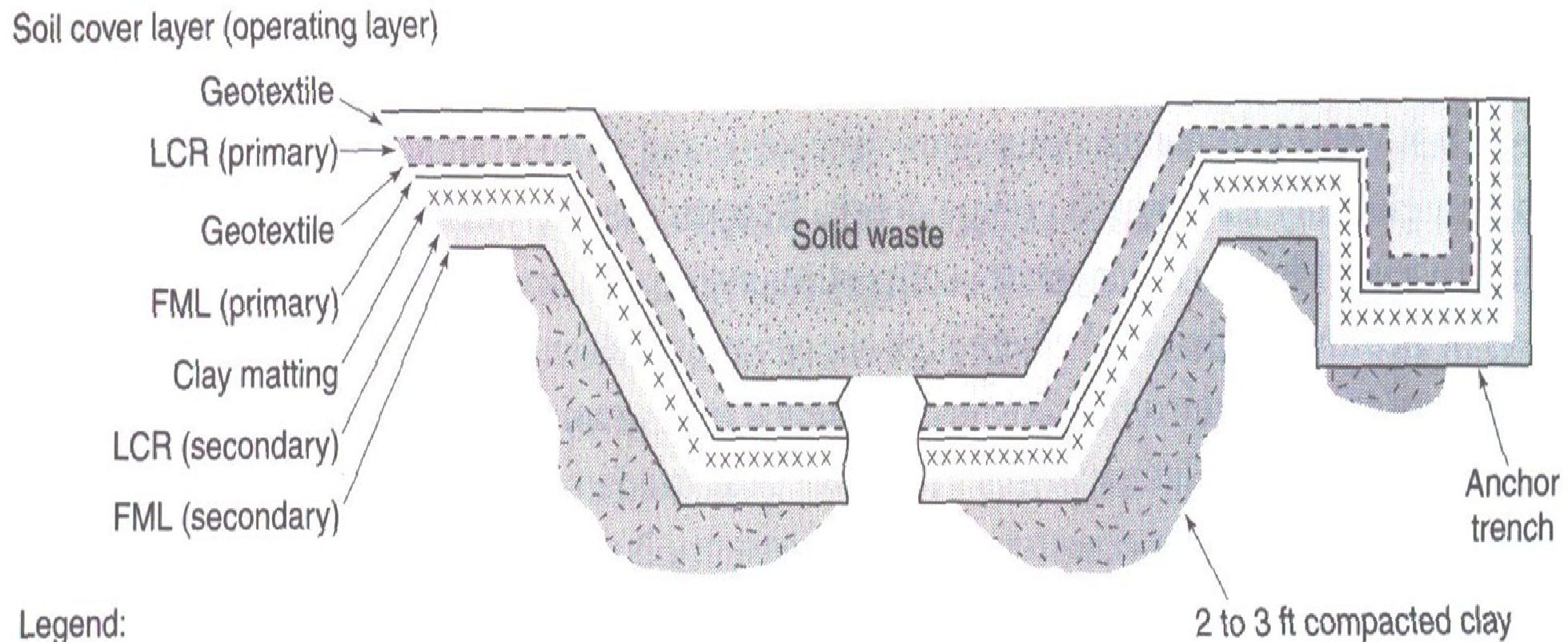
Ρύπανση από βοθρούς (2/2)



A. Small well now contaminated by sewage bacteria



ΕΝΑΝΤΙΑ ΣΤΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΥΠΕΔΑΦΟΥΣ (1/4)

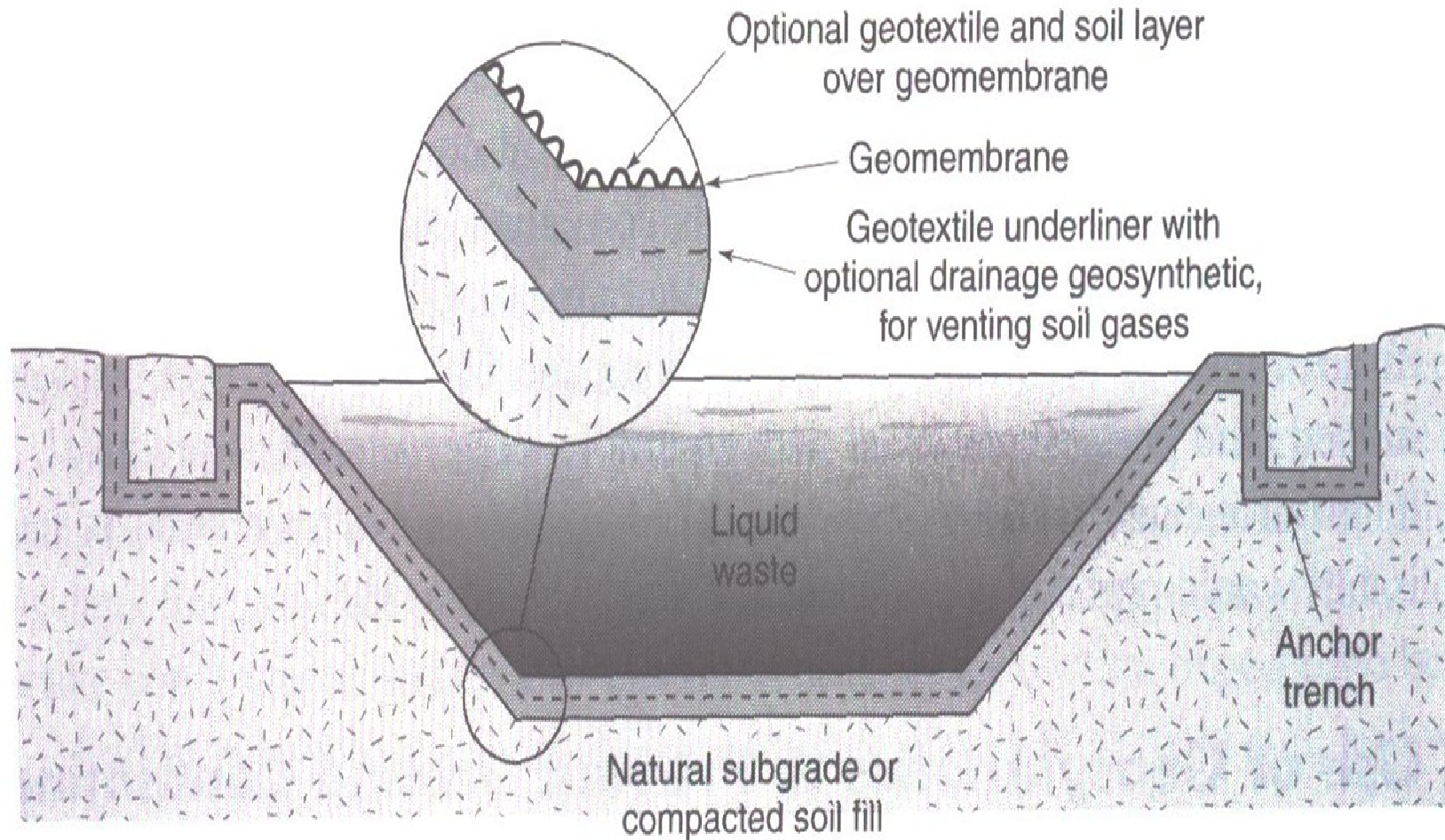


Legend:

- LCR – leachate collection and removal (geonet)
- FML – flexible membrane liner (geomembrane)
- LCR + FML can be a geosynthetic composite

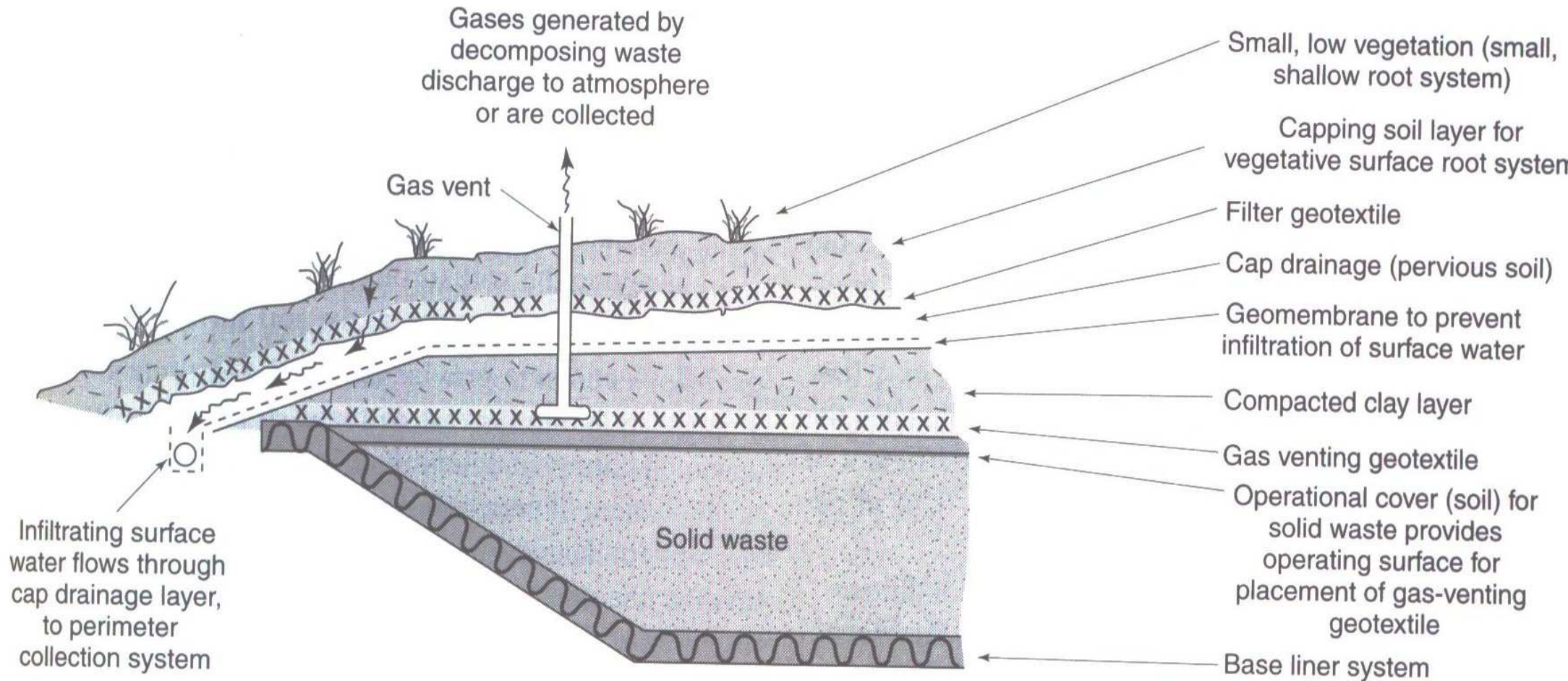
(a) Double-liner system for solid waste landfills (geotextile, drainage composite and geomembrane with clay)

προστασία εναντίον στη ρύπανση υπεδάφους (2/4)



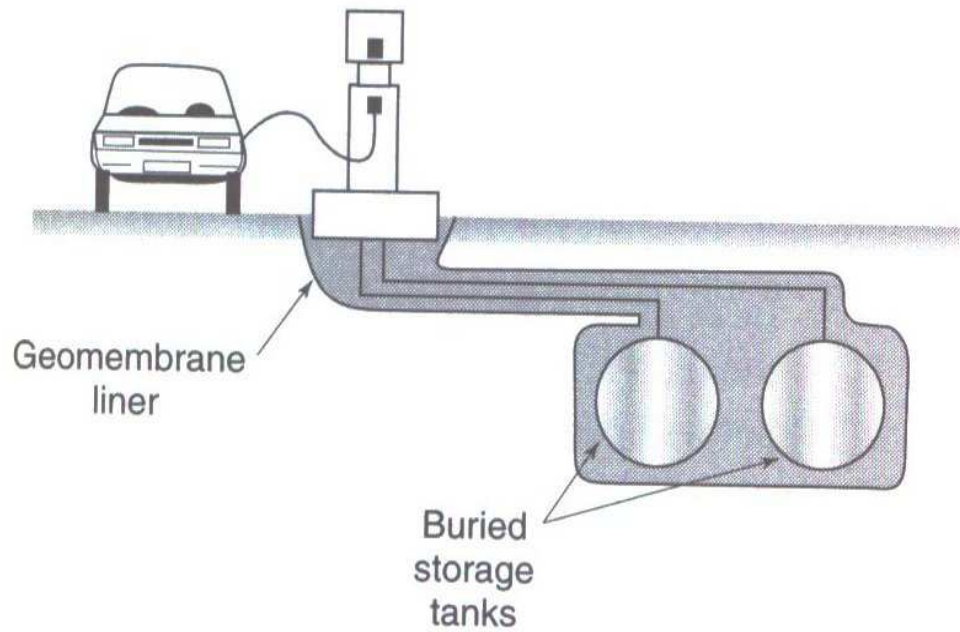
(b) Single-liner system for liquid waste retention ponds (geomembrane for containment overlies geotextile with high planar permeability for gas venting; optional design includes soil layer plus geotextile above geomembrane)

Προστασία εναντίον στη ρύπανση υπεδάφους (3/4)

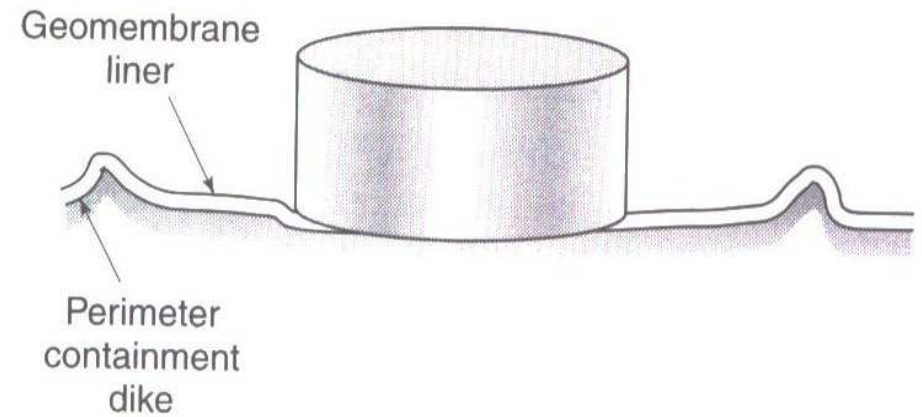


(c) Detail of closure cap for solid waste landfill

Προστασία εναντίον στη ρύπανση υπεδάφους (4/4)



(d) Liner system for underground storage tanks and related piping



(e) Ground protection liner for above-ground storage tanks

εδαφών και υπόγειων υδροφορέων

- 🔦 Έλεγχος της πηγής ρύπανσης
 - 💡 Απομάκρυνση ρυπασμένων εδαφών
 - 💡 Απομόνωση πηγής με φραγμό χαμηλής υδραυλικής αγωγιμότητας
- 🔦 Επεξεργασία του ρυπασμένου εδάφους ή/και νερού ώστε να απομακρυνθούν οι ρύποι ή να ελαττωθεί σημαντικά η συγκέντρωσή τους

Επιλογή τεχνολογίας βάσει **συγκέντρωσης** και **γεωχημικής μορφολογίας** του ρύπου (geochemical speciation) + **φυσικοχημικών χαρακτηριστικών εδάφους** + **υδρογεωλογία περιοχής**

Υπαρξη δοκιμασμένων τεχνολογιών **αλλά...**

Η εξυγίανση είναι δυνατόν να αποβεί **απαγορευτικά δαπανηρή** και **τεχνολογικά επίπονη** κόστος αποκατάστασης υπερπολλαπλάσιο των κόστους επεξεργασίας και αποφυγής της ρύπανσης εξ αρχής (**αρχή πρόληψης**)

Σωστή επιλογή και εφαρμογή τρόπου εξυγίανσης → προαπαιτούμενη **διεπιστημονικής τεχνικής αξιολόγησης** του εκάστοτε προβλήματος

Ειδικά για τον **Ελλαδικό χώρο** έντονο **πρόβλημα απουσίας εξειδίκευσης και εμπειρίας** Επίλυση μέσω **κατάλληλης** εκπαίδευσης εμπλεκομένων φορέων (ατόμων και οργανισμών)

εξυγίανσης - αποκατάστασης

- Επεξεργασία στο πεδίο (in situ treatment)
- Εκσκαφή και Υγειονομική ταφή (landfilling) των ρυπασμένων εδαφών
- Επεξεργασία σε άλλο χώρο (ex-situ treatment)
- Άντληση και επεξεργασία των υπόγειων νερών (pump and treat)
- Εισαγωγή χημικών ουσιών (chemical injection)
- Όταν η ρύπανση αφορά βιοδιασπώμενες οργανικές ουσίες:
 - φυσική εξασθένηση (natural attenuation)
 - Βιολογική αποδόμηση (bio-enhancement ή enhanced biodegradation)

Κατηγορίες επεξεργασίας

- 🔦 **Μετά την απομάκρυνση ή τον περιορισμό της πηγής ρύπανση επιλέγεται κάποια τεχνολογία για την επεξεργασία.**
- 🔦 **Η τεχνολογία εξαρτάται από τις φυσικοχημικές ιδιότητες, τη γεωχημική μορφολογία του ρύπου και τα χαρακτηριστικά του εδάφους**
 - 🔦 **Θερμική επεξεργασία:** χρήση υψηλών θερμοκρασιών για τη καταστροφή ή ελάττωση της τοξικότητας ρύπων
 - 🔦 **Φυσικοχημική επεξεργασία:**
 - 🔦 Φυσική επεξεργασία
 - 🔦 Χημική επεξεργασία
 - 🔦 **Βιολογική επεξεργασία**

Φυσικοχημική επεξεργασία

- 🔦 **Φυσική επεξεργασία:** διαχωρισμός τοξικών συστατικών με φυσική διεργασία ή με αλλαγή της φυσικής μορφής του ρυπασμένου εδάφους
- 🔦 **Χημική επεξεργασία:** αλλαγή γεωχημικής μορφολογίας των ρύπων ώστε να παράγουν μη τοξικά ή λιγότερο τοξικά προϊόντα
- 🔦 **Σταθεροποίηση/στερεοποίηση,** απομάκρυνση πτητικών με υποπίεση, πλύση εδάφους, θερμικό stripping χαμηλής θερμοκρασίας, in-situ υαλοποίηση, χημική εκχύλιση κλπ.

Βιολογική επεξεργασία

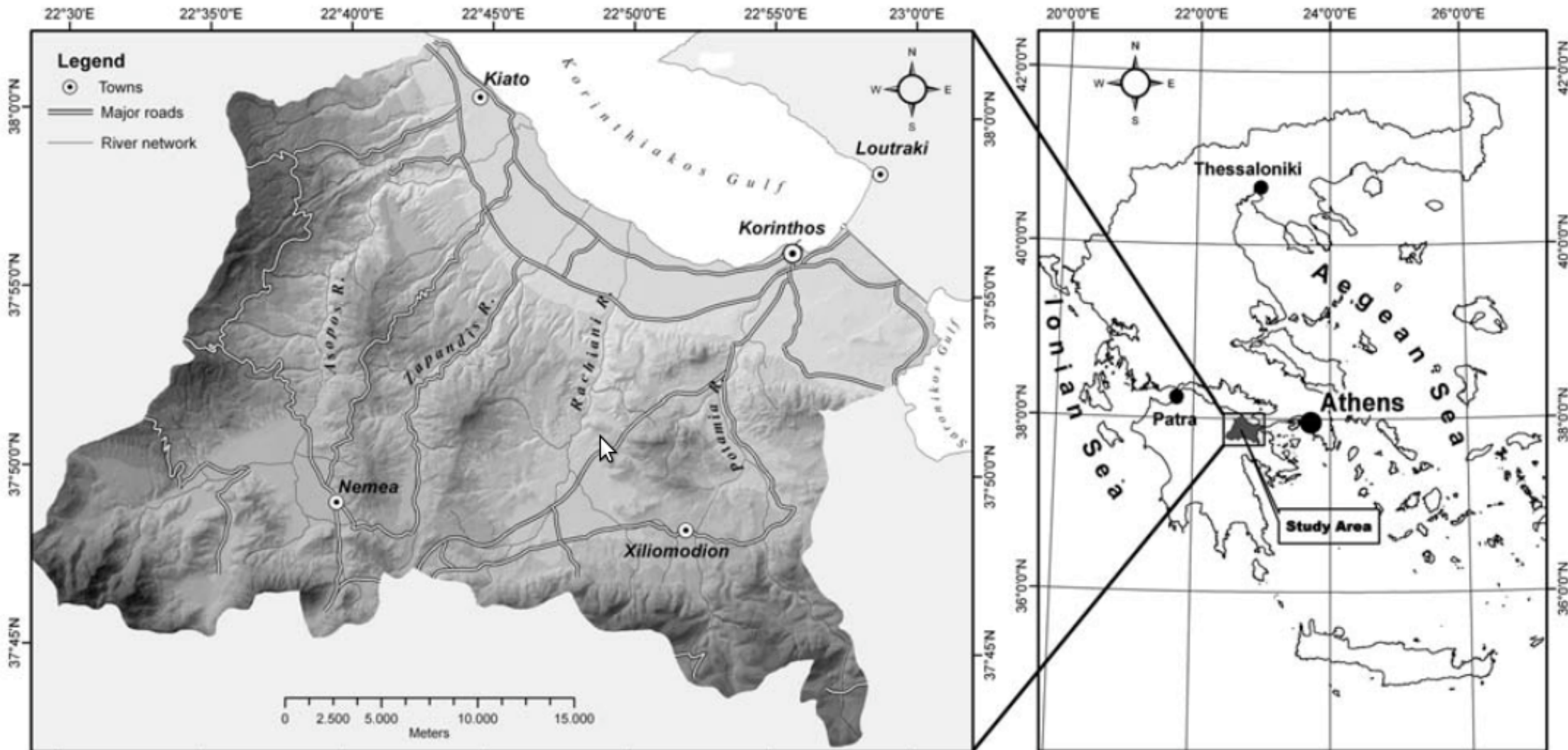
- Εφαρμογή σε ρύπανση από οργανικά απόβλητα, είτε in-situ είτε ex-situ
- Απαίτηση προσθήκης νερού, θρεπτικών και οξυγόνου ή άλλων δεκτών ηλεκτρονίων π.χ. NO_3^- ή SO_4^{--}
- Αναπτυσσόμενη τεχνολογία βιοεξαερισμός (bioventing)

Προβλήματα ρύπανσης στο διεθνή και Ελλαδικό χώρο

- Ρύπανση με νιτρικά και υφαλμύρωση
- Ρύπανση από παθογόνους
- Ρύπανση από μεταλλευτικές και βιομηχανικές δραστηριότητες
- Ρύπανση από αρσενικό και εξασθενές χρώμιο

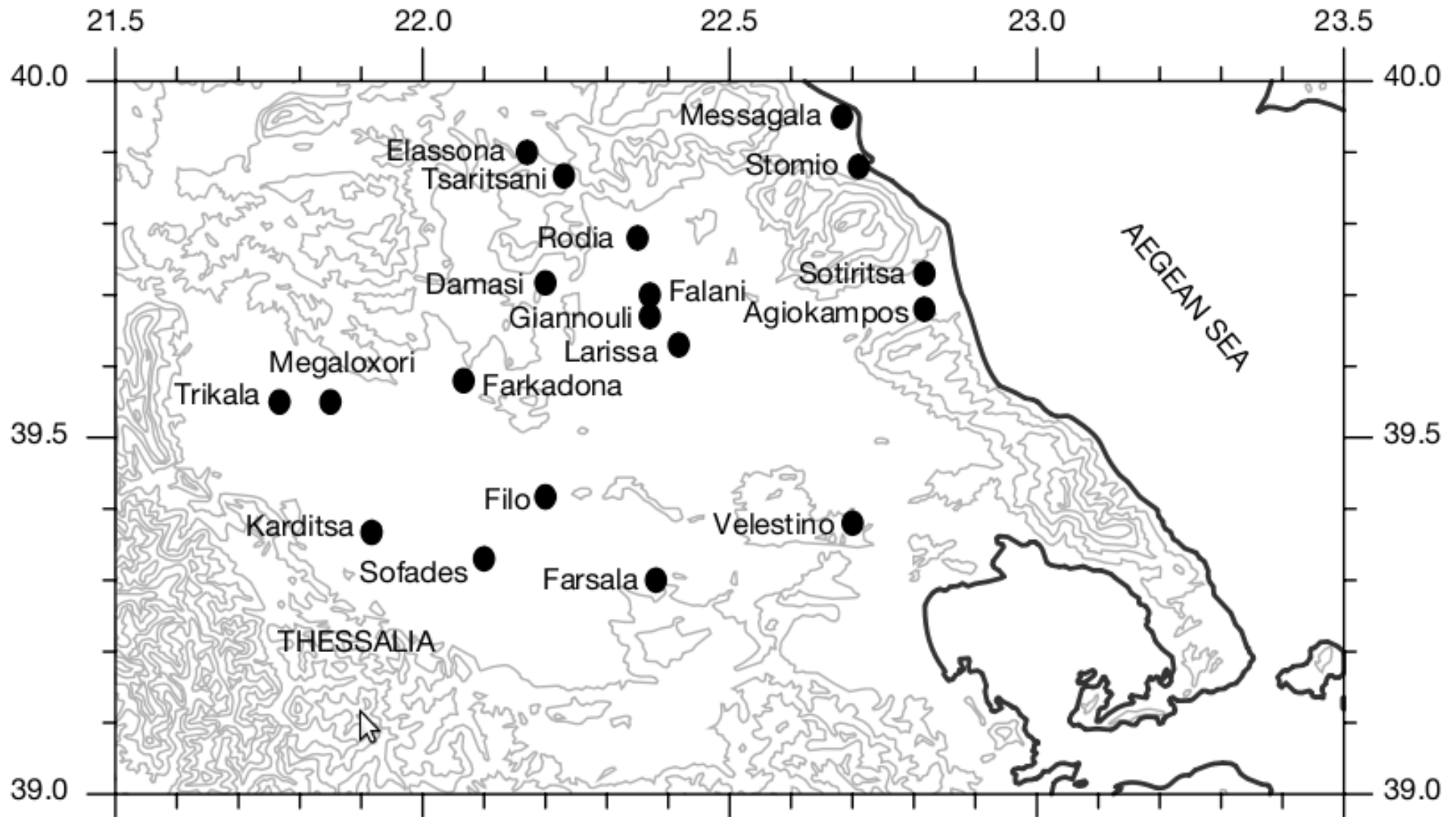
ΝΙΤΡΙΚΑ ΚΑΙ ΥΦΑΛΜΥΡΩΣΗ

Antonakos and Lambrakis (2007): ΒΑ Κορινθία, νιτρική ρύπανση
ΥΠΟΓΕΙΟΥ νερού



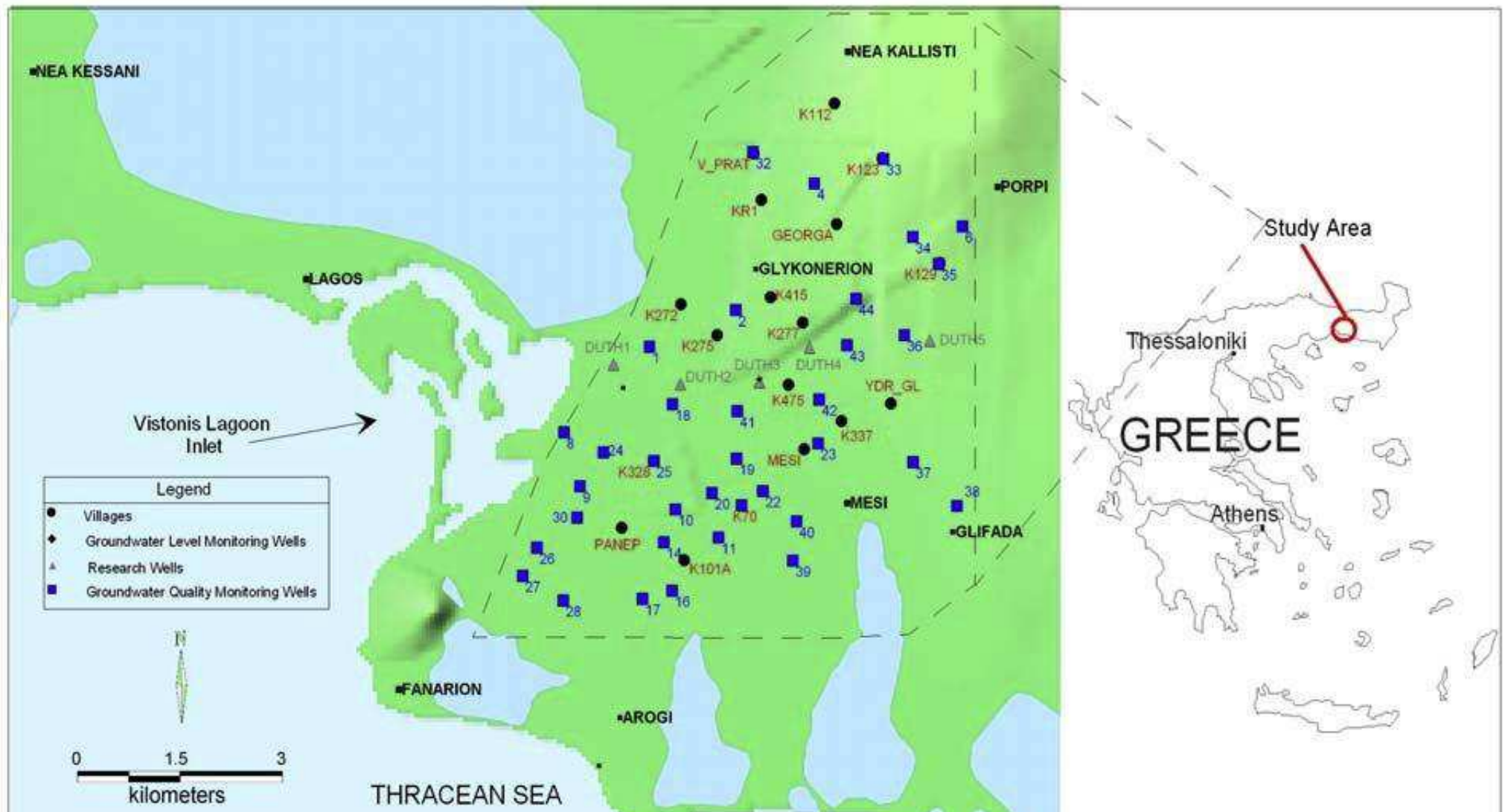
και υφαλμύρωση

Ραφαίου et al. (2007): υφαλμύρωση και τοξικότητα των εδαφών της Θεσσαλίας



και υφαλμύρωση

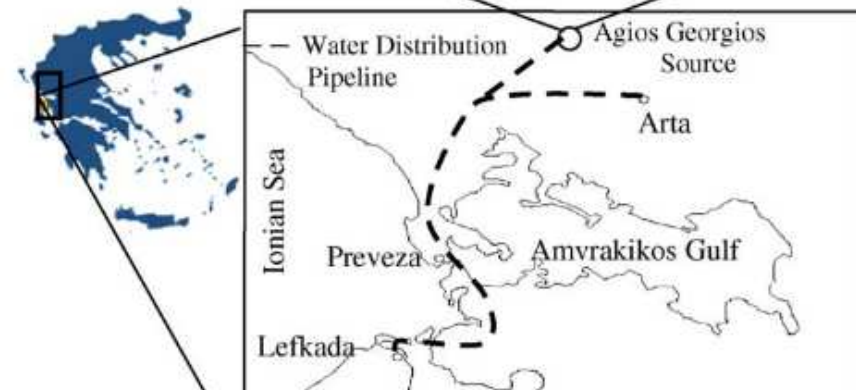
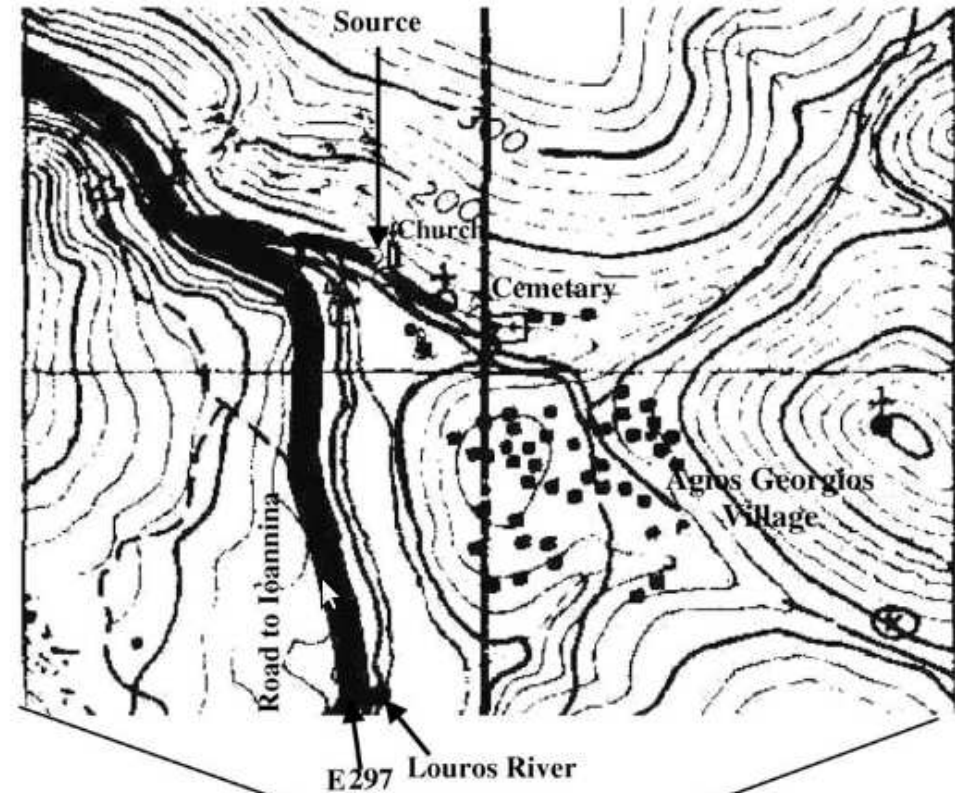
Petalas et al. (2009): Είσοδος αλμυρού νερού στο υδροφόρο σύστημα παραλιακής περιοχής Ροδόπης



παθογόνους και διοξίνες

Giannoulis et al. (2005): Ρύπανση υπόγειων υδάτων από παθογόνους μικροοργανισμούς στις πηγές Αγίου Γεωργίου που υδροδοτούν τις πόλεις Άρτας, Πρέβεζας και Λευκάδας

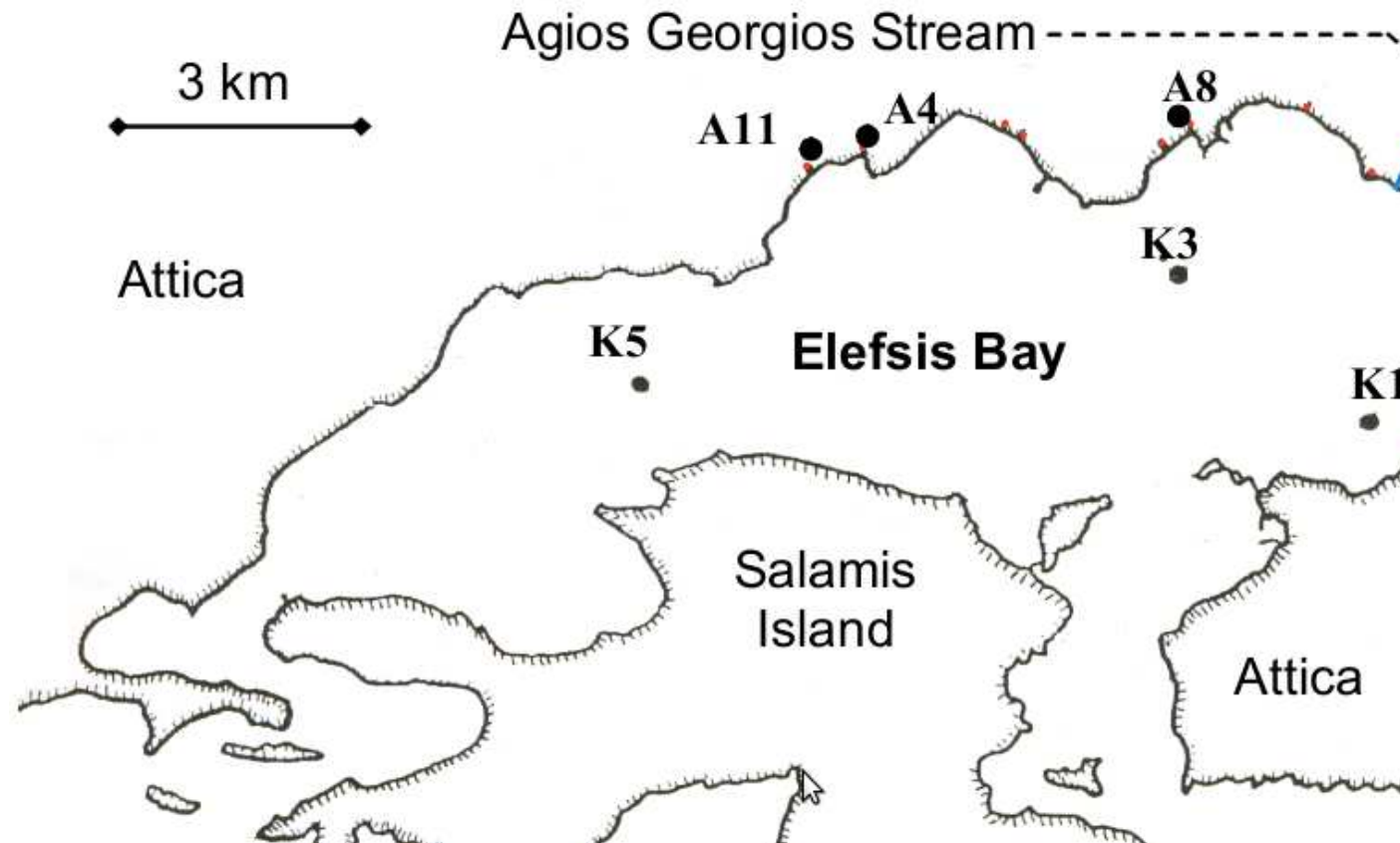
Vassiliadou et al. (2009): Ρύπανση με διοξίνες στην περιοχή Ταγαράδες Θεσσαλονίκης

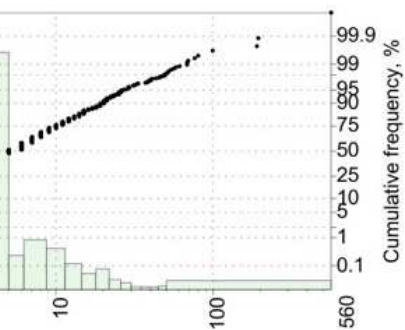


μεταλλευτικές/ βιομηχανικές δραστηριότητες

Εγκαταλελειμμένο
μεταλλείο μολύβδου
ψευδαργύρου περιοχή
Κίρκης του Ν. Έβρου

Ρύπανση κόλπου
Ελευσίνας (**Pantazidou et
al., 2007**) (μόλυβδος,
ψευδάργυρος, χρώμιο,
χαλκός)



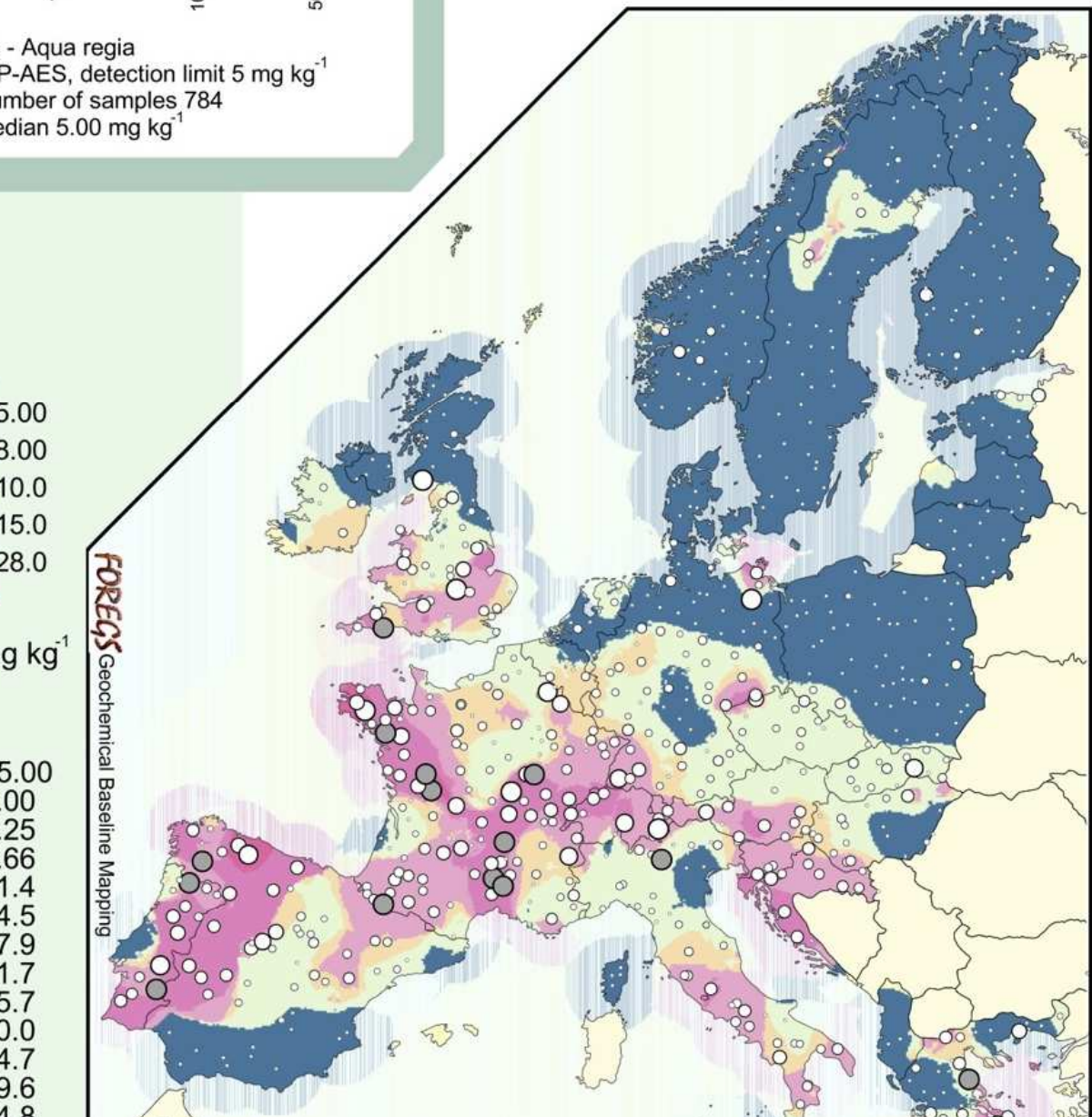


- Aqua regia
 P-AES, detection limit 5 mg kg⁻¹
 Number of samples 784
 Median 5.00 mg kg⁻¹

Arsenic
 Subsoil



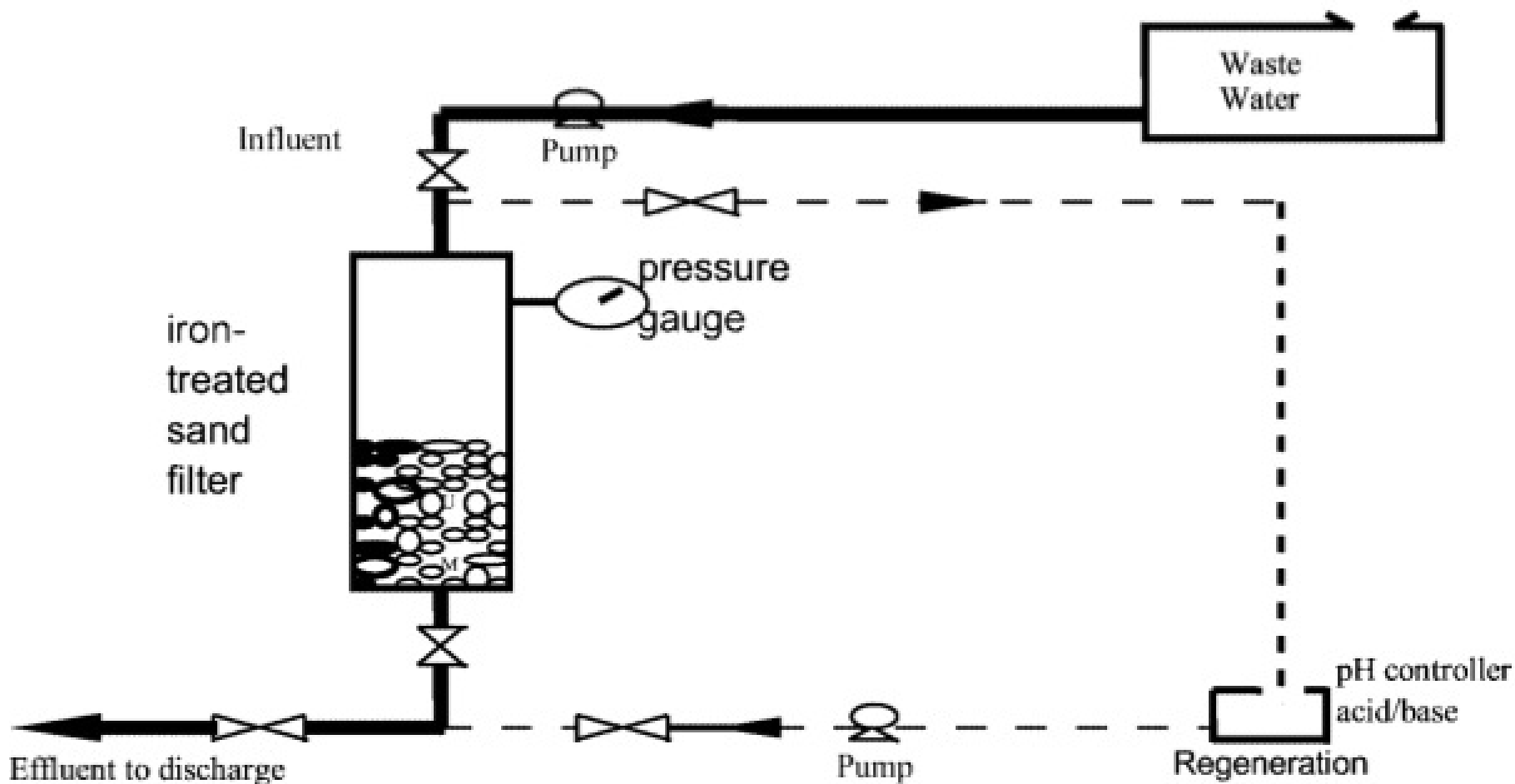
0 500 1000 Kilometers



Υψηλές συγκεντρώσεις
 αρσενικού σε υπόγεια νερό
 για ύδρευση (Καλλικράτεια
 Χαλκιδικής, Πολύκαστρο,
 Σίνδος - Χαλάστρα - Αξιός,
 Ροδόπη, Κορινθία, Εύβοια,
 νησιά Αιγαίου) Φυσική
 ρύπανση που δε φαίνεται να
 συνδέεται με ανθρωπογενείς
 παρεμβάσεις

από αρσενικό (As)

matas and Meng (2004) βιομηχανικά φίλτρα επεξεργασίας υπογείων υδάτων
ομογή στο Μπαγκλαντές



Παράδειγμα. 1. Σπάνια από εξασθενές χρώμιο

- 🔦 **Ελλάδα:** Περιοχή Ασωπού
- 🔦 **ΗΠΑ:** πολλές περιοχές όπου το υπόλειμμα επεξεργασίας του μεταλλεύματος χρωμίτη (**COPR**, chromite ore processing residue) χρησιμοποιήθηκε ως εδαφοβελτιωτικό.
- 🔦 Το **COPR** περιέχει εξασθενές χρώμιο σε τυπικές συγκεντρώσεις στην περιοχή των εκατοντάδων g/kg. (Dermatas et al. 2005)

παρουσία ορυκτολογικών υπερβασιικών

άτων
συγκεντρώσεις Cr6+

ρύπανση

ΟΣ

πιθανό οι υψηλές συγκεντρώσεις Cr⁶⁺ να
νται από:

εγκτη διάθεση βιομηχανικών αποβλήτων

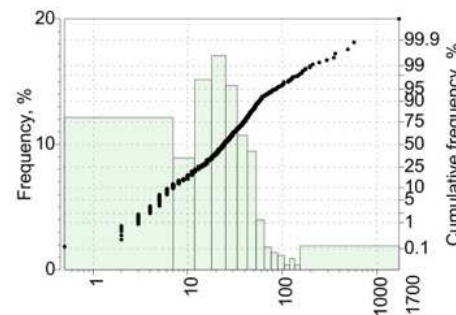
χρήση νιτρικών στις γεωργικές καλλιέργειες
πτικό μέσο



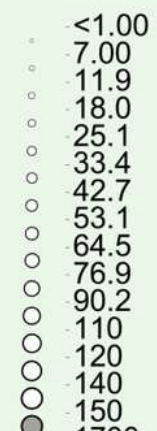
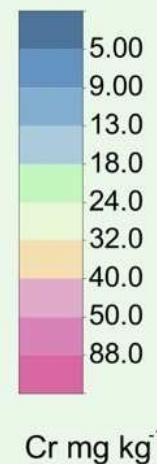
βλήματα ρύπανσης με εξασθενές χρώμιο είναι
λοκα

σεις συγκεντρώσεως ελέγχονται για την
πτία τους

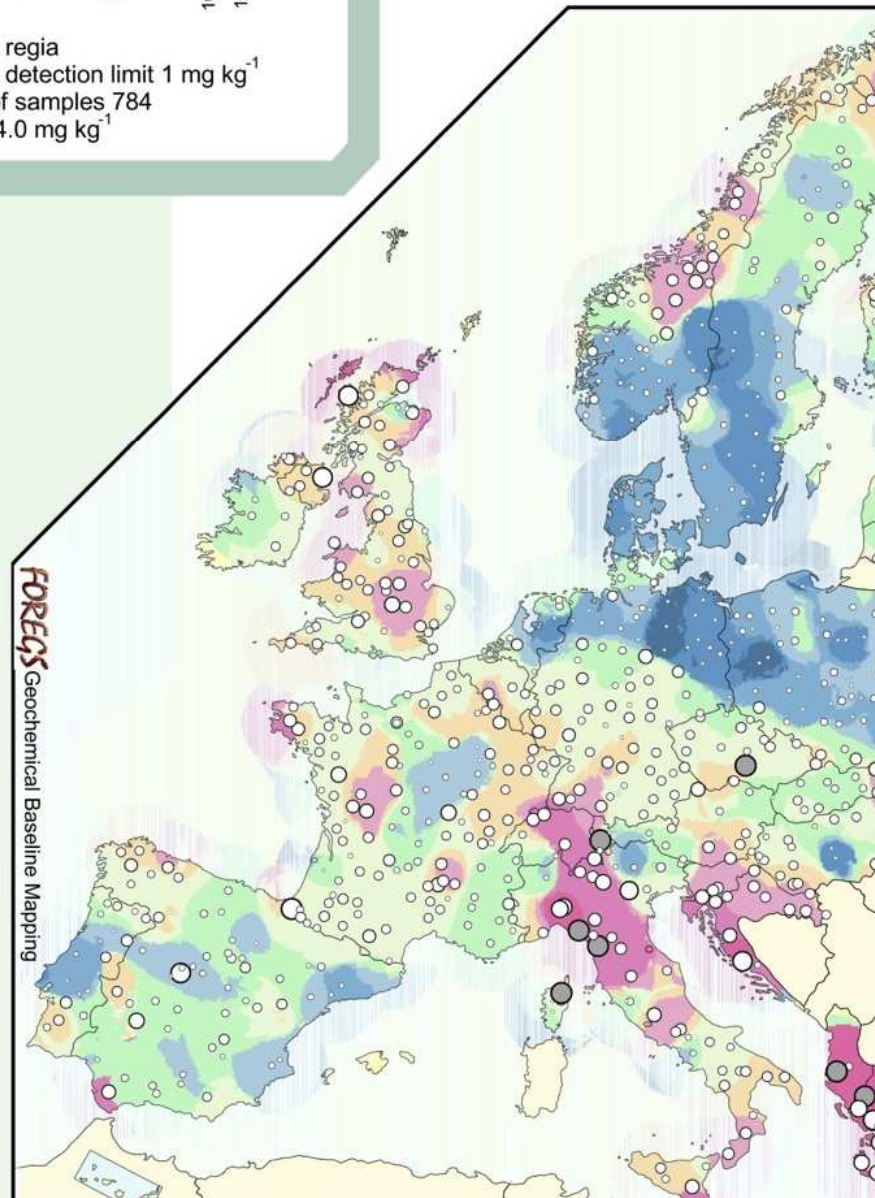
ημονική προσέγγιση και ισχυρή



Cr - Aqua regia
ICP-AES, detection limit 1 mg kg⁻¹
Number of samples 784
Median 24.0 mg kg⁻¹



FOREGS
Geochemical Baseline Mapping



Chromium and Cr

1. Total Cr(VI) in Six Treatment Plots as Measured by XANES and Alkaline Digestion (AD)

	ferrous sulfate heptahydrate		total Cr (mg/kg)	Cr(VI) XANES (% of total Cr)	Cr(VI) XANES (mg/kg)	Cr(VI) AD (mg/kg)	ratio (XANES-to-AD)
	dosage	% w/w*					
-5X	5x	32	16800	12.5	2100	1240	1.7
-8X 8	8x	51	17600	10.5	1848	1260	1.5
X (0-2 m)	5x	38	17300	3.4	588	154	3.8
X (2-4 m)	5x	38	23400	7.2	1685	460	3.7
-5X	5x	32	18600	6.0	1116	384	2.9
-8X	8x	51	18400	9.0	1656	421	3.9

*percent of dry weight of untreated COPR.

Dermatas et al. (2006) ES&T, Vol. 40, No.18, September 15 2006, pp. 10-15



Συμπεράσματα

Απουσία σύγχρονης περιβαλλοντικής πολιτικής → ήδη υπαρκτές
δυσμενείς επιπτώσεις από τις κλιματικές αλλαγές

Αποσύνδεση οικονομικής ανάπτυξης από την αλόγιστη κατανάλωση νερού

Επιδείνωση επιπτώσεων ανεξάρτητα από διεθνείς εξελίξεις αντιμετώπιση
κλιματικών αλλαγών:

- 🔦 Υπεράντληση → καθίζηση υδροφόρου ορίζοντα
- 🔦 Υπεράντληση + αλόγιστη χρήση λιπασμάτων → ερημοποίηση
- 🔦 Υφαλμύρωση υπόγειων υδροφορέων λόγω ανόδου της στάθμης θάλασσας
- 🔦 Ρύπανση

Συμπεράσματα

Εμβρυακή κατάσταση σχετικά με την ολοκληρωμένη διαχείριση υδροφορέων και ρύπανσης εδάφους στην Ελλάδα

- Το θεσμικό πλαίσιο πρέπει να ολοκληρωθεί
- Έλλειψη πρωτογενών στοιχείων
- Μέχρι πρόσφατα απουσία προγραμματισμού
- Έλλειψη προτεραιοτήτων χρήσης
- Απουσία μηχανισμών ελέγχου εφαρμογής νομοθεσίας
- Εκ των υστέρων δραστηριοποίηση → δύσκολα αναστρέψιμη κατάσταση και εξαιρετικά δαπανηρές λύσεις


Απαιτείται συνολικό σχέδιο διαχείρισης αποθεμάτων υπόγειου νερού

Προσέγγιση

Οικοσυστημική $\vec{\text{Γ}}$ εωχημικές αντιδράσεις και αλληλεπιδράσεις **ρύπων**
εδάφους - υπόγειου νερού

Τεχνολογική $\vec{\text{Ε}}$ πεξεργασία και τεχνικές με βάση φυσικοχημικές ιδιότητες
υφιστάμενων ρύπων και εδάφους ανάλογα με την κάθε περίπτωση

Διεπιστημονική γνώσεις από πολλά πεδία επιστημών του εδάφους,
νερού, των ρύπων $\vec{\text{Κ}}$ αί των υπόγειων υδροφορέων

 Εκπαίδευση νέας γενιάς ειδικών στο γεωπεριβάλλον

 Γνώσεις γεωλογίας, μηχανικής, υδρογεωλογίας, γεωχημείας,
εδαφολογίας, βιολογίας, νομοθεσίας, οικονομικών

Διεπιστημονική προσέγγιση!

Ανάγκη εκπαίδευσης ειδικών στο πεδίο των επιστημών **γεωπεριβάλλοντος** και της **γεωπεριβαλλοντικής μηχανικής**

Γνώσεις

- 🔗 **γεωλογίας** και **μηχανικής**,
- 🔗 διάφορες επιστήμες **υδρογεωλογία, γεωχημεία, εδαφολογία βιολογία.**

Ενήμεροι σχετικά με την κείμενη **νομοθεσία**

Κατανόηση **οικονομικών διαστάσεων** ενός έργου

Ικανότητα επικοινωνίας με άλλους επιστήμονες και ειδικούς

Πρώτα βήματα

Εξορθολογισμός κτηνοτροφικών και αγροτικών εκμεταλλεύσεων

- Παύση κατασπατάλησης υδάτινων αποθεμάτων
- Ελαχιστοποίηση ρύπανσης από νιτρικά και χημικά
- Προστασία από ερημοποίηση εμπλουτισμός με οργανική ύλη

Αρχή της πρόληψης

- Ανάπτυξη βιώσιμων υποδομών επεξεργασίας των αποβλήτων
- Παύση ανεξέλεγκτης εδαφικής διάθεσης αποβλήτων
- Εξυγίανση ή και απορρύπανση ρυπασμένων εδαφών

Προστασία και βιώσιμη διαχείριση υπόγειων αποθεμάτων νερού

- Εξασφάλιση πόσιμου νερού στις επόμενες γενιές

- Μακροπρόθεσμο και ολοκληρωμένο σχεδιασμό

**Ευχαριστώ για την
προσοχή σας**

