

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΙΘΑΝΑ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ

Ηρακλής Παναγιωτάκης
Δρ. Μηχανικός Περιβάλλοντος



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ & ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Ιανουάριος 2019

Σκοπός μαθήματος

Η απόκτηση ολοκληρωμένης γνώσης αναφορικά με την κύρια ισχύουσα περιβαλλοντική νομοθεσία και τις περιβαλλοντικές μελέτες που απαιτείται να εκπονηθούν για την κατασκευή και λειτουργία βιομηχανικών εγκαταστάσεων

Διδακτικά μέσα

- Διαλέξεις
- Τελικές εξετάσεις

Δομή μαθήματος

- Εισαγωγή & βασικές έννοιες
- Βασικά στοιχεία φυσικού & ανθρωπογενούς περιβάλλοντος
- Διαχείριση υγρών αποβλήτων
- Διαχείριση στερεών & επικίνδυνων αποβλήτων
- **Εκτίμηση πιθανά ρυπασμένων χώρων**
- Εκτίμηση και αντιμετώπιση περιβαλλοντικών επιπτώσεων
- Μελέτες Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων
- Συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης
- Επανάληψη - απορίες - αναπλήρωση

Βασικοί ορισμοί

Έδαφος:

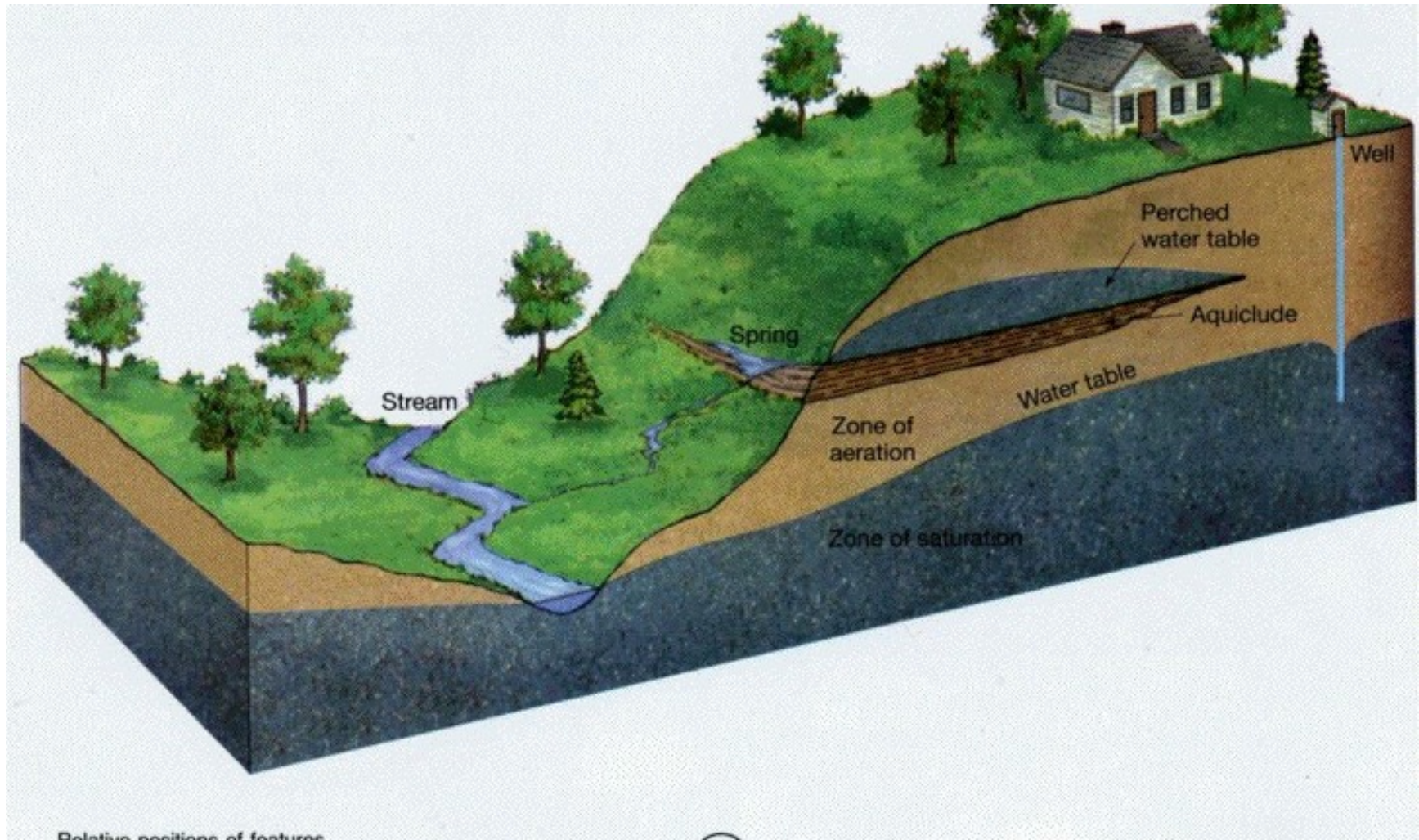
- Σύστημα όπου συνυπάρχουν **η στερεή, η υγρή και η αέρια** φάση
- **Περιορισμένος και πολύτιμος** φυσικός πόρος
- Μεγάλη **ανομοιογένεια** μέσα σε λίγα μόνο μέτρα
- Περιέχει το υπόγειο νερό που αποτελεί την κύρια **πηγή πόσιμου νερού** για τον άνθρωπο
- Ελέγχει τους **κύκλους στοιχείων και ενέργειας**
- Αποτελεί ενδιαίτημα των **οικοσυστημάτων**
- Στηρίζει την **κοινωνική και οικονομική ζωή** του ανθρώπου...που όμως είναι δυνητική **πηγή ρύπανσης**

Βασικοί ορισμοί

Υπόγειο νερό:

- Νερό που βρίσκεται μέσα σε κορεσμένους σχηματισμούς - **υπόγειοι υδροφορείς**
- Στάθμη του υπόγειου νερού - **υδροφόρος ορίζοντας**
- Περιοχή πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα - **ακόρεστη ζώνη** (κυρίως στερεή + αέρια φάση)
- Συνήθως υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων και μικρές ποσότητες οργανικής ύλης (σε μη ρυπασμένο νερό)
- Σταθερή θερμοκρασία και επίπτωση κυρίως από τη γεωλογία της εκάστοτε περιοχής

Υπόγειος υδροφορέας



Relative positions of features

Βασικοί ορισμοί

Ρύπος:

Ουσία που σε επαρκείς συγκεντρώσεις μπορεί να είναι **βλαπτική για τον άνθρωπο και το περιβάλλον**

Ρυπασμένος χώρος:

Περιοχή στην οποία το **έδαφος ή το υπόγειο νερό** είναι ρυπασμένο

Φυσική εξασθένιση:

Σύνολο **φυσικών μηχανισμών που εξασθενούν** την παρουσία ρύπων στο υπέδαφος

Εντοπισμός και περιβαλλοντική εκτίμηση ρυπασμένων χώρων:

Μεθοδολογία **εντοπισμού και εκτίμησης** της περιβαλλοντικής κατάστασης ενός ρυπασμένου χώρου

Βασικοί ορισμοί

Αποκατάσταση ρυπασμένου χώρου:

Σύνολο μέτρων που μπορούν να καταστήσουν έναν ρυπασμένο χώρο **κατάλληλο για τη χρήση** για την οποία προορίζεται

Επιτόπου αποκατάσταση (in situ):

Τεχνολογία που **ξεκινάει και ολοκληρώνεται στον ρυπασμένο χώρο**, χωρίς δηλαδή να απαιτείται μεταφορά αποβλήτων στην επιφάνεια του εδάφους προς περαιτέρω επεξεργασία (π.χ. βιοεξυγίανση)

Ex situ αποκατάσταση:

Τεχνολογία που **περιλαμβάνει μεταφορά αποβλήτων** στην επιφάνεια του εδάφους προς περαιτέρω επεξεργασία (π.χ. pump & treat)

Λίγα λόγια για ρυτπασμένους χώρους

- Το φαινόμενο έχει τις ρίζες του στη βιομηχανική επανάσταση, όμως αντιληπτοί γίνονται **μόλις τη δεκαετία του '70**
- Σημαντικές **κοινωνικοοικονομικές προεκτάσεις** (υγεία και ασφάλεια, γεωργία, οικοσυστήματα, αξία γης κ.α.)
- **Πολλές χιλιάδες ρυτπασμένων χώρων** σε ΕΕ, ΗΠΑ, Καναδά, Ιαπωνία
- **Έλλειψη δεδομένων** για Ινδία, Κίνα, Ρωσία, κλπ.
- **Δυσβάσταχτο κόστος αποκατάστασης**
- Απαραίτητη η **ιεράρχηση** των κυριότερων ρυτπασμένων χώρων
- Χαρακτηριστικό παράδειγμα στην Ελλάδα: **η βιομηχανική περιοχή των Οινοφύτων**
- Στην Ελλάδα έχει ολοκληρωθεί η πρώτη προσπάθειας καταγραφής τους
(<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=885&language=en-US>)

Λίγα λόγια για ρυτπασμένους χώρους

- Κυριότερες αιτίες ύπαρξης:
 - ανεξέλεγκτη διάθεση αποβλήτων
 - ακατάλληλη αποθήκευση βιομηχανικών πρώτων υλών (π.χ. υπόγειες δεξαμενές καυσίμων)
- Δημόσιοι, ιδιωτικοί ή «ορφανοί»
- Σε λειτουργία (π.χ. βιομηχανία) ή εγκαταλελειμμένοι (π.χ. ΧΑΔΑ)

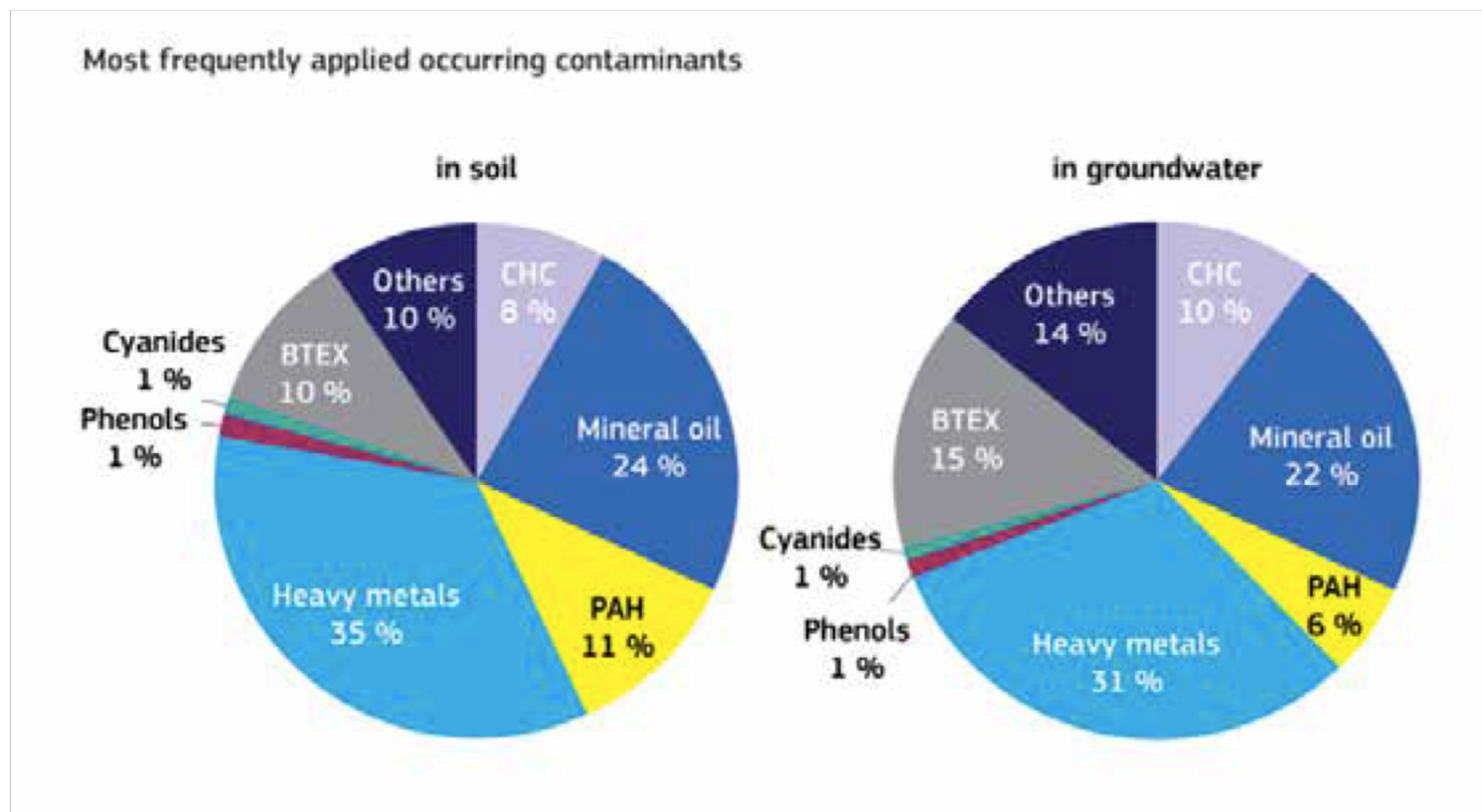
Σημαντικοί περιορισμοί

- Περιορισμένη πρόσβαση, συνήθως λόγω της παρουσίας κτιρίων
- Ανομοιογένεια εδάφους (διαφορετική συμπεριφορά μέσα σε λίγα μόλις μέτρα)
- Περιορισμένη εποπτεία εξαιτίας της φύσης του προβλήματος, γι' αυτό **απαραίτητη η εντατική παρακολούθηση**
- Μεγάλο κόστος παρακολούθησης και αποκατάστασης
- Απροθυμία συμμετοχής των εμπλεκομένων, η τυπική συμπεριφορά

Λίγα λόγια για ρυττασμένους χώρους – περιορισμένη πρόσβαση



Οι πιο συνηθισμένοι ρύποι στους ρυπασμένους χώρους της ΕΕ



Remediated sites and brownfields Success stories in Europe (EC 2015)
<http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC98077/lbna27530enn.pdf>

Νομοθεσία για ρυπασμένους χώρους

- Έλλειψη σαφούς νομοθετικού πλαισίου για το έδαφος:
- Το σχέδιο της Οδηγίας της ΕΕ για το έδαφος αποσύρθηκε
 - Έμμεση νομοθεσία διαχείρισης της προστασίας του εδάφους μέσω γενικών αρχών και έμμεσα με άλλη νομοθεσία π.χ.
 - Οδηγία για την περιβαλλοντική ευθύνη (2004/35/ΕΕ)
 - Οδηγία για την υγειονομική ταφή αποβλήτων (1999/31/ΕΕ)
 - Οδηγία για τις βιομηχανικές εκπομπές (2010/75/ΕΕ) – απαιτεί την εκπόνηση **Βασικής Έκθεσης** για τις δραστηριότητες που εμπίπτουν στη νομοθεσία περί ολοκληρωμένης πρόληψης και έλεγχου ρύπανσης (IPPC)

Εντοπισμός και περιβαλλοντική εκτίμηση

- Επομένως... η διαχείριση ρυπασμένων χώρων είναι δύσκολο & ακριβό εγχείρημα
- Δύσκολο γιατί... οι ρύποι βρίσκονται στο έδαφος, το οποίο εξ ορισμού παρουσιάζει σημαντική πολυπλοκότητα
- Ακριβό εξαιτίας... των μεθόδων και του χρόνου που συνήθως απαιτείται για την αποκατάστασή τους
- Γι' αυτό... **κάθε περιστατικό αντιμετωπίζεται βήμα-βήμα προκειμένου να οριστεί καλύτερα το πρόβλημα (phased approach) ώστε να βρεθεί α) η καταλληλότερη λύση αποκατάστασης και β) να αποφευχθεί η σπατάλη πόρων**

Εντοπισμός και περιβαλλοντική εκτίμηση

Βήματα διαχείρισης ενός ρυπασμένου χώρου:

- **Εντοπισμός και περιβαλλοντική εκτίμηση** (Φάσεις A & B) – η βάση των δράσεων αποκατάστασης
- **Εκτίμηση διακινδύνευσης** – προσδιορισμός στόχων αποκατάστασης – ρεαλιστικοί βάσει του γεωλογικού υποβάθρου και τις απαιτήσεις της επόμενης χρήσης
- **Αποκατάσταση ρυπασμένου χώρου** και παρακολούθηση – πρώτα πιλοτική εφαρμογή (σημαντικό μέρος του συνολικού κόστους αποκατάστασης) και μετά εφαρμογή σε πλήρη κλίμακα

Εντοπισμός και περιβαλλοντική εκτίμηση - Φάση Α

Σκοπός:

- απόκτηση πρώτης εικόνας των παραμέτρων του χώρου και
 - δημιουργία πρώτου εννοιολογικού μοντέλου (conceptual site model - CSM)
1. **Ανασκόπηση διαθέσιμων πληροφοριών** (ΜΠΕ, μελέτες επεξεργασίας & διάθεσης αποβλήτων, ΑΕΠΟ, χάρτες, δορυφορικές εικόνες, βάσεις δεδομένων κ.α.)
 2. **Αυτοψίες** (περιλαμβάνοντας τουλάχιστον τα σημαντικότερα σημεία ενός πιθανά ρυπασμένου χώρου π.χ. σύστημα επεξεργασίας αποβλήτων, υπόγειες δεξαμενές καυσίμων, αποθήκες πρώτων υλών)
 3. **Συνεντεύξεις** (με ιδιοκτήτες, υπαλλήλους, κατοίκους, στελέχη αρμόδιων φορέων, ΜΚΟ κ.α.)
 4. **Δειγματοληψία** (εδάφους ή/και νερού από υφιστάμενα σημεία δειγματοληψίας, π.χ. γεωτρήσεις, επιφανειακό έδαφος, ρέματα)
 5. **Δημιουργία πρώτου εννοιολογικού μοντέλου** ρυπασμένου χώρου (CSM)

Εντοπισμός και περιβαλλοντική εκτίμηση - Φάση Β

Σκοπός: άντληση περισσότερων πληροφοριών που θα κάνουν το εννοιολογικό μοντέλο του χώρου πιο ακριβές

- 1. Σχεδιασμός κατάλληλων διερευνητικών γεωτρήσεων - Στόχοι αλλά και περιορισμοί στην πρόσβαση**
 - Θέση γεωτρήσεων - βάσει των πιθανών πηγών ρύπανσης
 - Βάθος γεωτρήσεων - βάσει των υδρογεωλογικών χαρακτηριστικών της περιοχής
 - Θέση φίλτρων γεώτρησης - έτσι ώστε να είναι δυνατόν να ανιχνευτούν οι αναμενόμενοι ρύποι
 - Αδειοδοτική διαδικασία - όχι ΜΠΕ αλλά ενημέρωση της Αδειοδοτούσας Αρχής
- 2. Σχεδιασμός απαραίτητου προγράμματος δειγματοληψίας υπόγειου νερού και εδάφους**
 - Παράμετροι ποιότητας
 - Τρόπος δειγματοληψίας
 - Τρόπος συντήρησης δειγμάτων
 - Διήθηση δειγμάτων
 - Εργαστήρια με διαπιστευμένες τις συγκεκριμένες μεθόδους
 - Έλεγχος ποιότητας
 - Συντήρηση και αποστολή δειγμάτων

Εντοπισμός και περιβαλλοντική εκτίμηση - Φάση Β

3. **Διάνοιξη διερευνητικών γεωτρήσεων και δειγματοληψία εδάφους**
 - Χρήση κατάλληλου εξοπλισμού διάνοιξης των γεωτρήσεων
 - Δειγματοληψία εδάφους κατά τη διάτρηση
 - Δειγματοληψία επιφανειακού εδάφους από την ευρύτερη περιοχή
4. **Δειγματοληψία υπόγειου νερού**
 - Βάσει συμφωνημένου πρωτοκόλλου δειγματοληψίας
 - Από τις λιγότερο ρυπασμένες προς τις περισσότερες ρυπασμένες γεωτρήσεις
 - Με κατάλληλο εξοπλισμό βάσει του είδους της δειγματοληψίας
5. **Αξιολόγηση αποτελεσμάτων**
 - Στατιστική επεξεργασία αποτελεσμάτων
 - Σύγκριση με παλαιότερα δεδομένα (εφόσον είναι διαθέσιμα)
 - Δημιουργία κατάλληλων χαρτών
 - Σύγκριση με θεσμοθετημένα όρια (ΥΑ 1811/2011)
 - Ελλείψει θεσμοθετημένων ορίων σύγκριση με όρια γενικώς αποδεκτά π.χ. Dutch List
6. **Διόρθωση εννοιολογικού μοντέλου**
 - Εισαγωγή των νέων δεδομένων για την βελτίωση του πρώτου εννοιολογικού μοντέλου
 - Χρήση του νέου εννοιολογικού μοντέλου για τους μετέπειτα σκοπούς

*Σημαντική παράμετρος κατά τις εργασίες πεδίου αποτελεί η **Υγεία και Ασφάλεια** των εργαζομένων καθώς οι εργασίες αυτές συχνά πραγματοποιούνται εντός βιομηχανικών εγκαταστάσεων π.χ. εκρηκτική ατμόσφαιρα!!!*

Βασική Έκθεση

Η Ευρωπαϊκή μεθοδολογία για τον εντοπισμό και την περιβαλλοντική εκτίμηση των ρυπασμένων χώρων

Βασική Έκθεση υποχρεούνται να εκπονήσουν **μόνο** δραστηριότητες που εμπίπτουν στην κατηγορία της ολοκληρωμένη πρόληψη και ελέγχου της ρύπανσης (IPPC), δηλ.

- Ενεργειακές βιομηχανίες (π.χ. ΔΕΗ)
- Βιομηχανίες παραγωγής και επεξεργασίας μετάλλων (π.χ. παραγωγή χάλυβα)
- Βιομηχανίες ορυκτών προϊόντων (π.χ. παραγωγή τσιμέντου)
- Χημικές βιομηχανίες (π.χ. παραγωγή χρωμάτων)
- Εγκαταστάσεις διαχείρισης αποβλήτων (π.χ. μονάδες αποτέφρωσης αποβλήτων)
- Άλλες δραστηριότητες (π.χ. μεγάλα σφαγεία)

Βασική Έκθεση

Η μεθοδολογία εκπόνησης της Βασικής Έκθεσης καθορίζεται από τις **κατευθυντήριες γραμμές της Ευρωπαϊκής Επιτροπής**

- Στάδιο 1: Προσδιορισμός των επικίνδυνων ουσιών που σήμερα χρησιμοποιούνται, παράγονται ή ελευθερώνονται στην εγκατάσταση
- Στάδιο 2: Προσδιορισμός των σχετικών επικίνδυνων ουσιών (ΣΕΟ)
- Στάδιο 3: Εκτίμηση της ρύπανσης στον συγκεκριμένο χώρο
- Στάδιο 4: Ιστορικό του χώρου
- Στάδιο 5: Περιβάλλον
- Στάδιο 6: Χαρακτηρισμός του χώρου (CSM)
- Στάδιο 7: Έρευνα του χώρου
- Στάδιο 8: Εκπόνηση Βασική Έκθεσης

Βασική Έκθεση

Στάδιο 1: Προσδιορισμός των επικίνδυνων ουσιών που σήμερα χρησιμοποιούνται, παράγονται ή ελευθερώνονται στην εγκατάσταση

Σκοπός: κατάλογος με όλες τις επικίνδυνες ουσίες που βρίσκονται μέσα στα όρια της εγκατάστασης ως πρώτες ύλες, προϊόντα, ενδιάμεσα προϊόντα, υποπροϊόντα, εκπομπές ή απόβλητα

Κύρια πηγή δεδομένων: Δελτία Δεδομένων Ασφαλείας (MSDS)

Αποτέλεσμα: Κατάλογος Επικίνδυνων Ουσιών που προκρίνονται στο Στάδιο 2 για περαιτέρω διερεύνηση

Βασική Έκθεση

Στάδιο 2: Προσδιορισμός των σχετικών επικίνδυνων ουσιών

Σκοπός: εντοπισμός μεταξύ των επικίνδυνων ουσιών που προκρίθηκαν από το Στάδιο 1 (Κατάλογος Επικίνδυνων Ουσιών), εκείνων των ουσιών που μπορούν να ρυπάνουν το επιφανειακό έδαφος ή/και το υπέδαφος (Σχετικές Επικίνδυνες Ουσίες - ΣΕΟ)

Δυνητική επικινδυνότητα ΣΕΟ: βάσει των φυσικοχημικών τους ιδιοτήτων (π.χ. φύση, διαλυτότητα) και της τοξικότητάς τους για το περιβάλλον

Βασική Έκθεση

Στάδιο 3: Εκτίμηση της δυνατότητας ρύπανσης στον συγκεκριμένο χώρο

Σκοπός: ο προσδιορισμός της τελικής επικινδυνότητας κάθε ΣΕΟ υπό τις πραγματικές συνθήκες

- Ποσότητα
- Τρόπος αποθήκευσης
- Τρόπος μεταφοράς
- Γενικότερη διαχείριση
- Μέτρα πρόληψης για αποφυγή ρύπανσης (π.χ. στεγάνωση λεκάνης αποθήκευσης, ύπαρξη λεκάνης ασφαλείας)

Βασική Έκθεση

Στάδιο 4: Ιστορικό του χώρου

Σκοπός: ο προσδιορισμός του ιστορικού του χώρου και εκείνων των σημείων που παλαιότερα ίσως είχαν πραγματοποιηθεί διαρροές ΣΕΟ στο έδαφος και το υπέδαφος

- Προηγούμενες χρήσεις του χώρου
- Ιστορικό της υφιστάμενης χρήσης
- Κύρια σημεία που είναι πιθανόν να έχουν πραγματοποιηθεί διαρροές στο παρελθόν (π.χ. ατυχήματα, απορρίψεις)
- Ποιες αλλαγές/βελτιώσεις στις διαδικασίες, στις ΣΕΟ, στις τοποθεσίες αποθήκευσης, στις μεθόδους διάθεσης κλπ.
- Αρχεία συντήρησης υποδομής και εξοπλισμού
- Επιτόπου έρευνες και έργα αποκατάστασης

Βασική Έκθεση

Στάδιο 5: Περιβάλλον

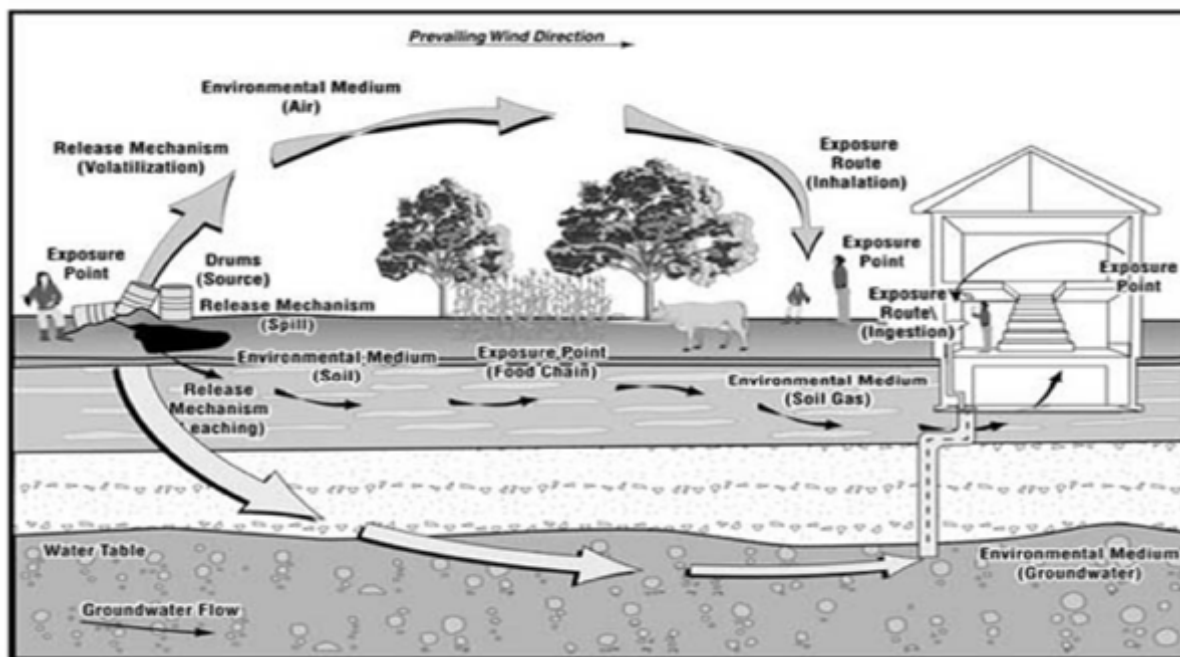
Σκοπός: ο προσδιορισμός της τύχης των εκπομπών των ΣΕΟ, τα στρώματα και τα υπόγεια νερά που ενδέχεται να έχουν επηρεαστεί και ο προσδιορισμός της έκτασης και του βάθους, στο οποίο πρέπει να χαρακτηριστεί ο χώρος

- Τοπογραφία
- Γεωλογία – Υδρογεωλογία
- Υδρολογία
- Πιθανές δίοδοι μεταφοράς των ρύπων
- Χρήσει γης γύρω από τον χώρο

Βασική Έκθεση

Στάδιο 6: Χαρακτηρισμός του χώρου

Σκοπός: δημιουργία εννοιολογικού μοντέλου που καταδεικνύει την τοποθεσία, τον τύπο, την έκταση και την ποσότητα της παρελθούσας ρύπανσης και των ενδεχόμενων μελλοντικών πηγών εκπομπών



Βασική Έκθεση

Στάδιο 7: Έρευνα του χώρου

Σκοπός: η συλλογή απαραίτητων στοιχείων για την εκτίμηση του χώρου, εφόσον τα δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά τα στάδια 1-6 δεν επαρκούν

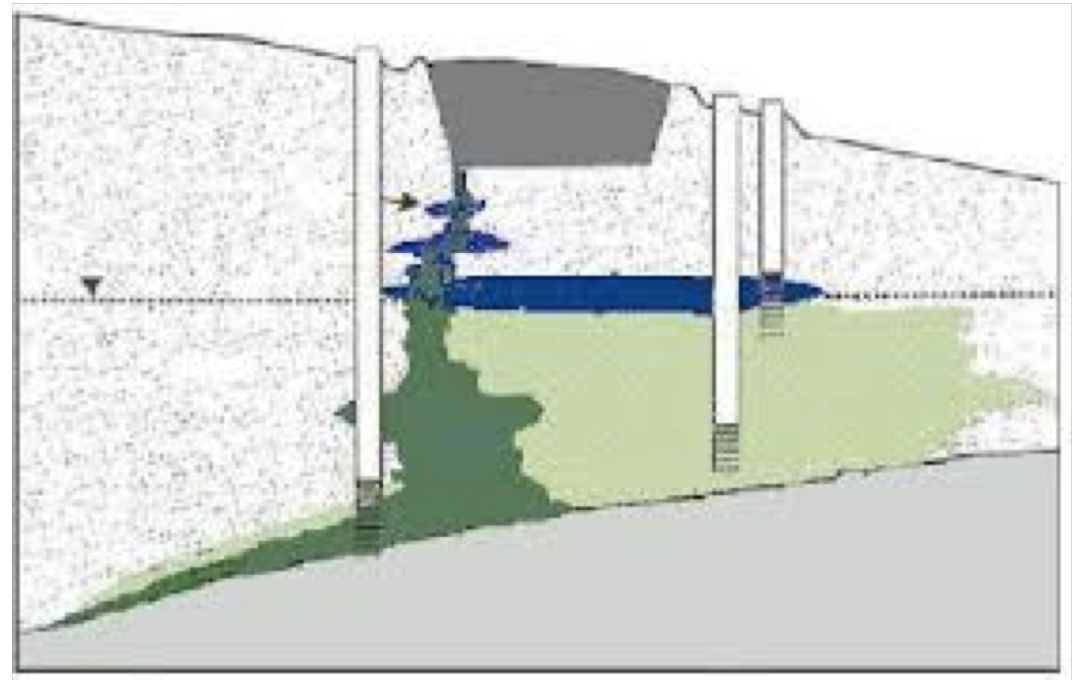
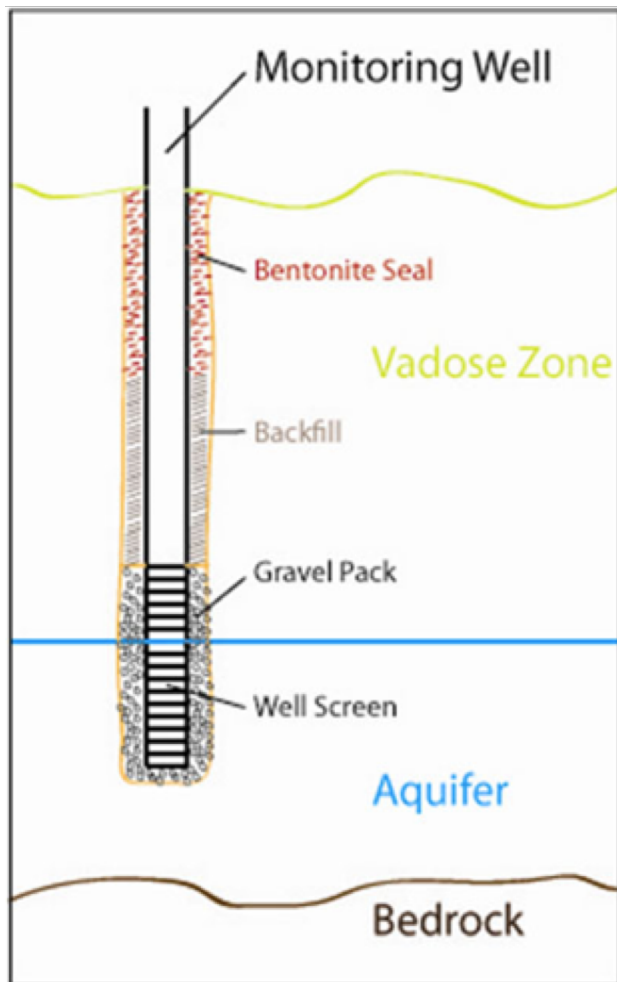
- Κατασκευή κατάλληλων γεωτρήσεων
- Δειγματοληψία εδάφους, επιφανειακού και υπόγειου νερού
- Αναλύσεις δειγμάτων
- Αξιολόγηση αποτελεσμάτων

Στάδιο 7: Εκπόνηση Βασικής Έκθεσης

Σχεδιασμός κατάλληλων διερευνητικών γεωτρήσεων

- Θέση γεωτρήσεων π.χ.
 - Κοντά σε υπόγειες δεξαμενές καυσίμων
 - Κοντά σε υπόγειες δεξαμενές πρώτων υλών
 - Κοντά σε εγκαταστάσεις συντήρησης εξοπλισμού
 - Οποσδήποτε **και ανάντη** του πιθανά ρυπασμένου χώρου – Διερεύνηση συνθηκών υποβάθρου – Συνήθως 2 γεωτρήσεις
- Βάθος γεωτρήσεων τέτοιο ώστε να εντοπίζει την πιθανή ρύπανση
- Θέση φίλτρων γεώτρησης σε κατάλληλο βάθος, ώστε να μπορεί να εντοπίζει π.χ. τους ελαιώδεις ρύπους που συσσωρεύονται στον επιφάνεια του υδροφορέα ή τους χλωριωμένους υδρογονάνθρακες που συσσωρεύονται στον πυθμένα
- Αδειοδοτική διαδικασία
 - Απλοποίηση της αδειοδοτικής διαδικασίας όχι ΜΠΕ αλλά ενημέρωση της Αδειοδοτούσας Αρχής
 - Μέχρι πρότινος αντιμετωπίζοντας ως υδρογεωτρήσεις (αυστηρή αδειοδότηση)
 - Περιορισμένη εμπειρία αδειοδοτικών αρχών σε διερευνητικές γεωτρήσεις

Σχεδιασμός κατάλληλων διερευνητικών γεωτρήσεων



Σχεδιασμός απαραίτητου προγράμματος δειγματοληψίας

- Παράμετροι
- Τρόπος δειγματοληψίας
- Συχνότητα μετρήσεων – τακτικά στην αρχή π.χ. ανά 3μηνο και πιο αραιά αργότερα π.χ. ανά 6μηνο ή ανά έτος
- Τρόπος συντήρησης δειγμάτων – π.χ. οξίνιση του δείγματος για βαρέα μέταλλα
- Διήθηση δειγμάτων στο πεδίο - απαραίτητη για μετρήσεις μετάλλων όταν η συντήρηση των δειγμάτων γίνεται και αυτή στο πεδίο
- Εργαστήρια με διαπιστευμένες τις συγκεκριμένες μεθόδους – στην Ελλάδα πολύ συχνά χρησιμοποιούνται εργαστήρια του εξωτερικού (παράδοση εντός 24 ωρών)
- Έλεγχος ποιότητας (QA/QC) (duplicates, trip blanks κλπ)
- Συντήρηση και αποστολή δειγμάτων

Σχεδιασμός απαραίτητου προγράμματος δειγματοληψίας

- Παράμετροι – στο πεδίο και το εργαστήριο
 - Βάσει των αναμενόμενων ρύπων
 - Βάσει της θέσης της περιοχής
 - Βάσει του είδους των ρυπογόνων δραστηριοτήτων (π.χ. πετρελαιοειδή σε διυλιστήριο)
- Τρόπος δειγματοληψίας
 - **Παραδοσιακή μέθοδος** – αφαίρεση μεγάλου όγκου νερού πριν τη δειγματοληψία – απαιτείται βαρύς εξοπλισμός – μεγάλη επίπτωση στα τοπικά υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής - όχι απαραίτητα αντιπροσωπευτικό δείγμα
 - **Μέθοδος χαμηλής ροής (low flow sampling)** – η πλέον χρησιμοποιούμενη μέθοδος σήμερα – απαραίτητη όμως η γνώση των κατασκευαστικών λεπτομερειών της εκάστοτε γεώτρησης (π.χ. θέση φίλτρων) – ελαφρύς εξοπλισμός και γι' αυτό εύκολη δειγματοληψία και σε απομακρυσμένες περιοχές – αντιπροσωπευτικότητα δείγματος
 - **Παθητική δειγματοληψία** – εξειδικευμένοι δειγματολήπτες – περιορισμένη εμπειρία προς το παρόν

Σχεδιασμός απαραίτητου προγράμματος δειγματοληψίας



Μέθοδος δειγματοληψίας χαμηλής ροής



Σχεδιασμός απαραίτητου προγράμματος δειγματοληψίας



Σχεδιασμός απαραίτητου προγράμματος δειγματοληψίας



Συντήρηση και αποστολή δειγμάτων στο εργαστήριο



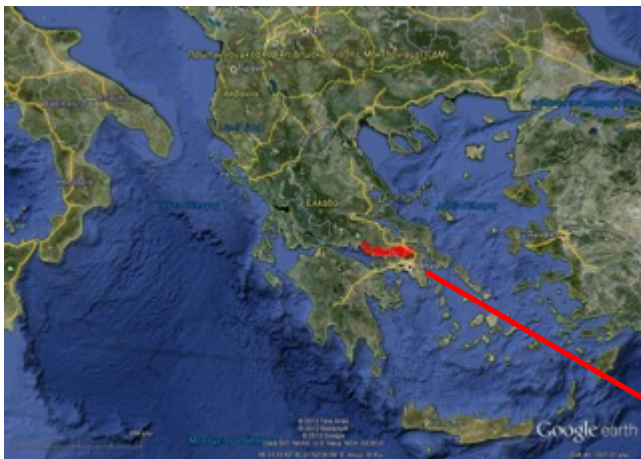
Chain of Custody (CoC): Έντυπο καταγραφής των δειγμάτων και των αναλύσεων που θα πρέπει να γίνουν στο εργαστήριο

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΙΘΑΝΑ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ

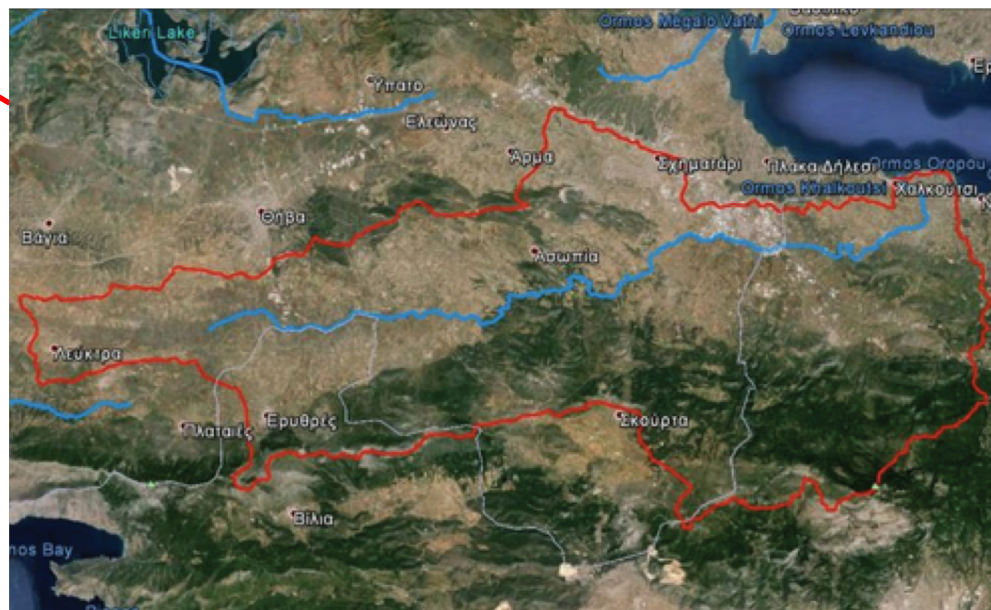
Ευχαριστώ πολύ για την προσοχή σας!
panagiotakis@enydron.com

LIFE CHARM - Ρύπανση στην περιοχή του Ασωπού



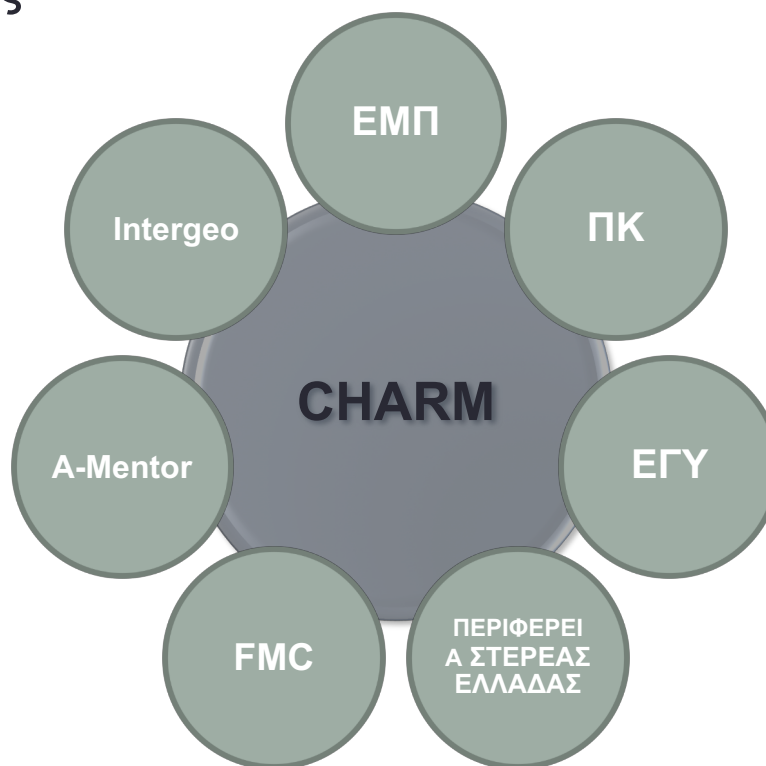
- Πρόβλημα με σημαντικές κοινωνικοοικονομικές προεκτάσεις (π.χ. δυσφήμιση αγροτικών προϊόντων)
- **Αλλά...λίγα δεδομένα και διάσπαρτες μαρτυρίες για το μέγεθος της συγκέντρωσης του Cr(VI) στο υπόγειο νερό της περιοχής**

- 20% της εθνικής βιομηχανικής παραγωγής στην περιοχή
- Μερικές βιομηχανίες λειτουργούν ακόμα και χωρίς ΑΕΠΟ
- Έλλειψη υποδομών διαχείρισης αποβλήτων
- Cr(VI) > 50 μg/L κατά περιπτώσεις σε αρδευτικές και υδρευτικές γεωτρήσεις



LIFE CHARM – Στόχος

Στόχος: α) η διερεύνηση της παρουσίας Crtot και Cr(VI) στο υπόγειο νερό της λεκάνης του Ασωπού, β) η ανάπτυξη και εφαρμογή τεχνολογιών αποκατάστασης και γ) η διαμόρφωση μέτρων προστασίας



LIFE CHARM – Κύριες δράσεις

- **Συμπληρωματικές δειγματοληψίες και αναλύσεις** υπόγειου νερού για την αύξηση των διαθέσιμων στοιχείων
- **Ανάπτυξη ορθολογικής μεθοδολογίας** για τον προσδιορισμό των ανώτερων αποδεκτών τιμών Cr(VI) λαμβάνοντας υπόψη και το γηγενές Cr(VI)
- Αξιολόγηση μέσω **πιλοτικών πειραμάτων 5** εναλλακτικών τεχνολογιών για την επεξεργασία υπόγειου νερού ρυπασμένου με Cr(VI)

LIFE CHARM – Δράσεις

- **Ανάπτυξη και εφαρμογή μαθηματικού ομοιώματος** για την περιγραφή των υπόγειων υδροφορέων και της μεταφοράς του Cr(VI) στο υπόγειο νερό της λεκάνης του Ασωπού
- **Προσδιορισμός προγράμματος μέτρων** για την προστασία του υπόγειου νερού της λεκάνης του Ασωπού που περιλαμβάνει εφαρμογή των τεχνολογιών επεξεργασίας και διαμόρφωση διοικητικών και νομοθετικών μέτρων
- **Διάχυση των αποτελεσμάτων** του προγράμματος

LIFE CHARM - Χρώμιο ως ρύπος και φυσικό συστατικό

- Cr(III) και Cr(VI) τα κυρίαρχα είδη χρωμίου στη φύση
- Cr(III) αδιάλυτο σε $\text{pH} > 5$, δυσκίνητο και με σχετικά μικρή τοξικότητα
- Το Cr(VI) είναι πολύ κινητικό σε $\text{pH} > 5$ και καρκινογόνο
- Οι υψηλές συγκεντρώσεις Cr(VI) αποδίδονται τυπικά σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες

Όμως...

- Το Cr(VI) μπορεί επίσης να παραχθεί από την οξείδωση του Cr(III) των υπερβασικών πετρωμάτων
- Τέτοιοι σχηματισμοί συναντώνται στην περιοχή του Ασωπού, αλλά και σε άλλα μέρη της Ελλάδας (π.χ. στη Βεργίνα)

Εντοπισμός ρυττασμένου χώρου - Φάση Α

Ανασκόπηση διαθέσιμων πληροφοριών (ΜΠΕ, ΑΕΠΟ, βάσεις δεδομένων κλπ)

- **ΜΠΕ/ΑΕΠΟ:**
 - Πολύ περιορισμένη η ουσιαστική πληροφορία
 - Έλλειψη κατάλληλης αρχειοθέτησης
 - **Ελλιπές καθεστώς ενημέρωσης** των αρχών (π.χ. μέσω των ετήσιων εκθέσεων παραγωγών αποβλήτων)
 - **Απουσία μετρήσεων παρακολούθησης** στο υπόγειο νερό εντός των βιομηχανιών
 - **Μη επικαιροποιημένες βάσεις δεδομένων** (π.χ. Περιβαλλοντικό Μητρώο Βοιωτίας πολύ καλή προσπάθεια αλλά μη επικαιροποιημένη)

Εντοπισμός ρυπασμένου χώρου - Φάση Α

- **Δεδομένα προγράμματος παρακολούθησης ΙΓΜΕ:**
 - Εκτενές πρόγραμμα παρακολούθησης αλλά με μόνο 2 γεωτρήσεις στη λεκάνη του Ασωπού (με χρονοσειρά)
 - Μελέτη ΙΓΜΕ (2008) με 122 γεωτρήσεις, αλλά με ένα μόνο δειγματοληπτικό γεγονός (δηλ. όχι χρονοσειρά)
 - Απουσία δεδομένων από τη βιομηχανική περιοχή των Οινοφύτων
- **Υπόλοιπα δεδομένα**
 - Ερευνητικές εργασίες με μετρήσεις Cr(VI) αλλά χωρίς χρονοσειρά

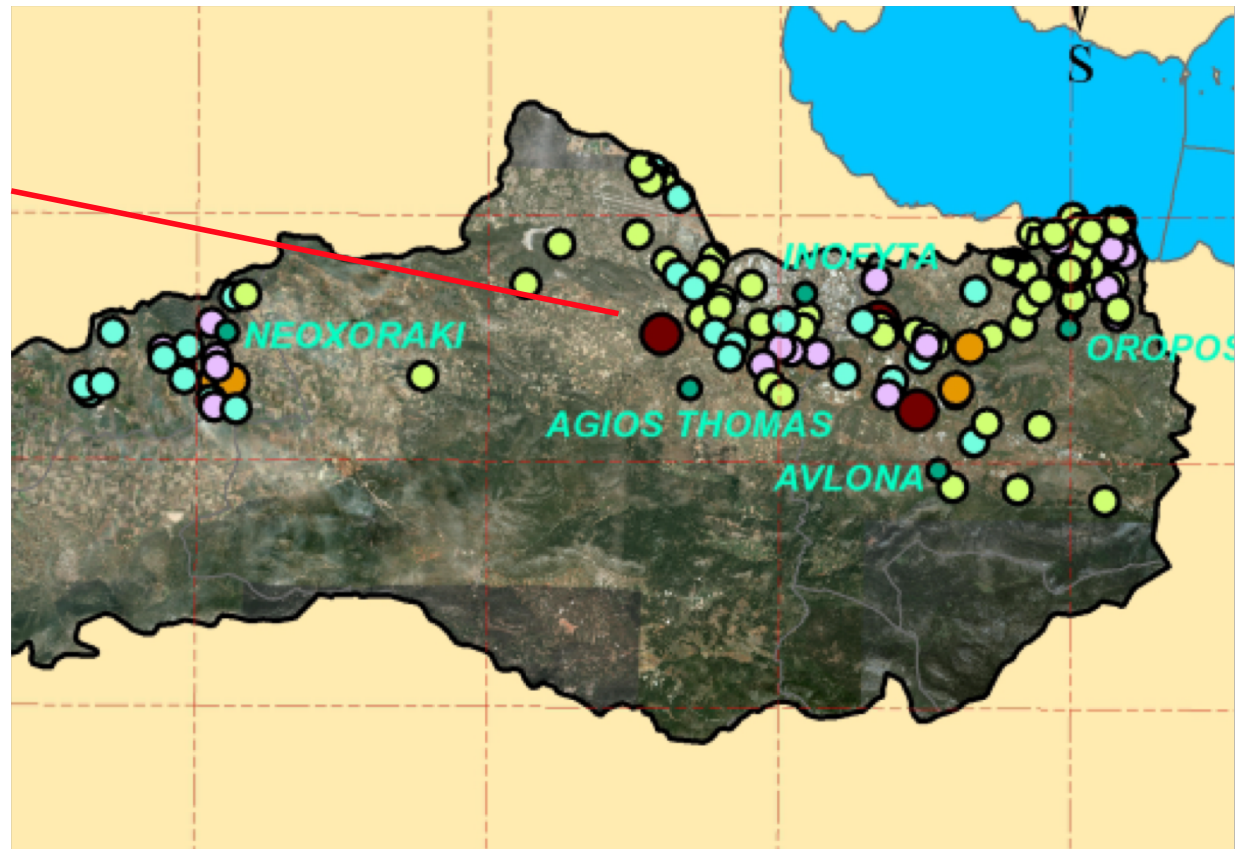
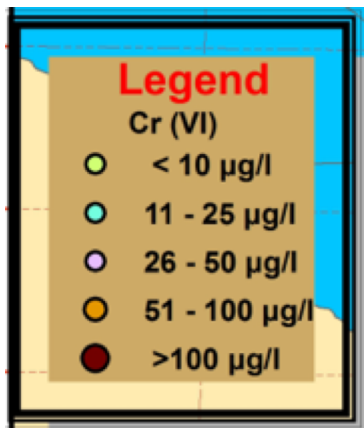
Σημαντικός περιορισμός: Δειγματοληψία από υφιστάμενες αρδευτικές/υδρευτικές, δηλ. «αραιωμένη» εικόνα προβλήματος

Γ' αυτό ανεπαρκή τα δεδομένα

Εντοπισμός ρυπασμένου χώρου - Φάση Α

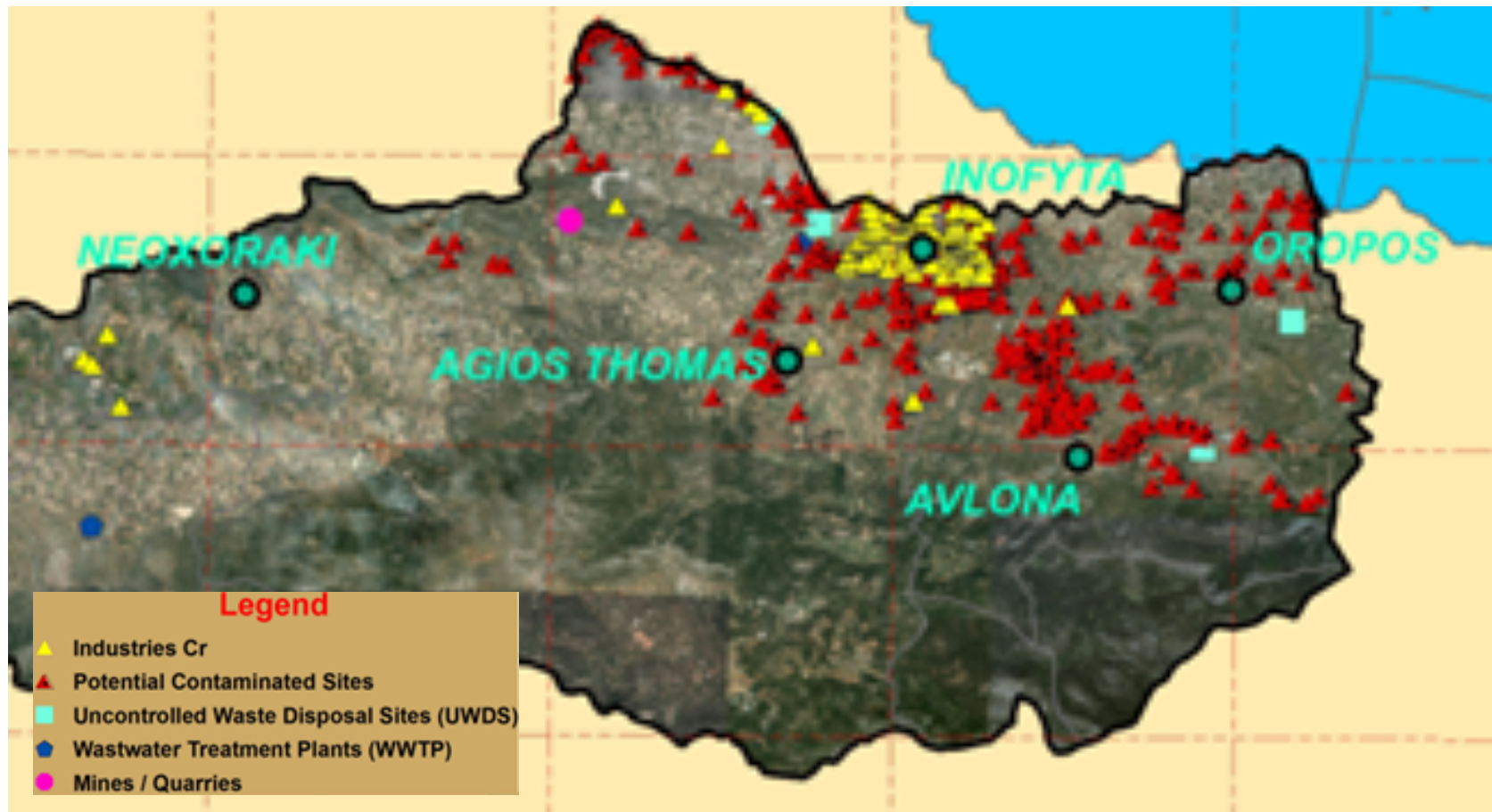
Συγκεντρώσεις Cr(VI) στο υπόγειο νερό πριν το LIFE CHARM

**Cr(VI)max = 156 $\mu\text{g/L}$
στον Άγιο Θωμά
(πριν το LIFE CHARM)**



Εντοπισμός ρυπασμένου χώρου - Φάση Α

Πρώτη προσπάθεια εντοπισμού ρυπασμένων χώρων στην περιοχή βάσει υφιστάμενων δεδομένων



Εντοπισμός ρυπασμένου χώρου - Φάση Α

Αυτοψίες - Συνεντεύξεις

- Σε διάφορες περιοχές όπου είχαν καταγραφεί **υψηλές συγκεντρώσεις Cr(VI)**
- **Δυσκολία πρόσβασης** αρχικά στη βιομηχανική περιοχή των Οινοφύτων, λόγω απροθυμίας των βιομηχανιών
- **Συνεργασία** με εμπλεκόμενους φορείς (ΕΥΕΠ/ΥΠΕΚΑ, Δ/νση Βιομηχανίας Περιφέρειας, Δήμοι Τανάγρας & Αυλώνα)
- **Εγκαθίδρυση κλίματος εμπιστοσύνης** μεταξύ της ομάδας του LIFE CHARM και των βιομηχανιών
- **Άτυπες συνεντεύξεις** με στελέχη αρμόδιων υπηρεσιών, στελέχη βιομηχανιών, κατοίκους κλπ.

Εντοπισμός ρυπασμένου χώρου - Φάση Α

Πρωτόκολλα δειγματοληψίας υπόγειου νερού και εδάφους

- Δειγματοληψία υπόγειου νερού: discrete sampling μετά από αφαίρεση κατάλληλου όγκου νερού από διερευνητική γεώτρηση (purging)
- Δειγματοληψία εδάφους: κατά τη διάρκεια της διάνοιξης (drill core sampling)
- Κατάλληλη συντήρηση και αποστολή δειγμάτων
- Εργαστήριο Μεταλλουργίας ΕΜΠ

Υπόγειο νερό

pH, DO, T, Eh, EC, Cr(VI), Crtot, SO_4^{2-} , HS^- , NO_3^- , NO_2^- , Fetot, Fe^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , Zn, Cu, Ni, Pb, Cd, As, Al, Hg, NH_4^+ , Mn, PO_4^{3-}

Έδαφος

pH, Eh, S, C, Οργ. C, Al_2O_3 , Sb, As_2O_3 , BaO, Bi, Br, Cd, CaO, Cl, Cr_2O_3 , CoO, CuO, Ga, Ge, I, Fe_2O_3 , PbO, MgO, MnO, Hg, Mo, NiO, P_2O_5 , K_2O , Rb_2O , Se, SiO_2 , Ag, Na_2O , SrO, SO_3 , Te, Tl, Th, SnO_2 , TiO_2 , WO_3 , U, V_2O_5 , Y, ZnO, Cr(VI)

Εντοπισμός ρυπασμένου χώρου - Φάση Α

Sampler names		Mobile phone				Matrix			Analyses Requested			For Lab Use Only	
						Soil	Water	Other	Total # of containers/bags	Preservation Codes			Sample number
Courier name					Phone number					Preservation Codes		Temperature of samples upon receipt	
SAMPLE IDENTIFICATION					Date Collected	Time Collected	Site collected	Filtered (N/Y)	According to the Soil Sampling Protocol				Date of analysis/ Remarks
1.	INO-N1_01 (34.50m) [end of pumping]	13.11.13	10:00	Inofita	N		X		3				
2.	INO-N1_02 (30.00m) [discrete sampling]	13.11.13	10:30	Inofita	N		X		3				
3.	INO-N1_03 (15.00m) [discrete sampling]	13.11.13	11:10	Inofita	N		X		3				
4.	INO-N6_01 (27.00m) [end of pumping]	13.11.13	12:10	Inofita	N		X		3				
5.	INO-N6_Duplicate (27.00m) [end of pumping]	13.11.13	12:10	Inofita	N		X		3				
6.	INO-N6_02 (25.00m) [discrete sampling]	13.11.13	12:40	Inofita	N		X		3				
7.	INO-N6_03 (12.00m) [discrete sampling]	13.11.13	13:00	Inofita	N		X		3				
8.	INO-N7_01 (25.00m) [end of pumping]	13.11.13	14:00	Inofita	N		X		3				
9.	INO-N7_02 (21.00m) [discrete sampling]	13.11.13	14:20	Inofita	N		X		3				
10.	INO-N7_03 (11.00m) [discrete sampling]	13.11.13	14:40	Inofita	N		X		3				
11.	INO-N5_01 (40.00m) [end of pumping]	13.11.13	16:30	Inofita	N		X		3				
12.	INO-N5_02 (28.00m) [discrete sampling]	13.11.13	17:00	Inofita	N		X		3				
Relinquished by:		Date:		Time:		Received by:		Time:					
Relinquished by:		Date:		Time:		Received by:		Time:					
Relinquished by:		Date:		Time:		Received by:		Time:					
Relinquished by:		Date:		Time:		Received by:		Time:					
Relinquished by:		Date:		Time:		Received by:		Time:					

Εντοπισμός ρυπασμένου χώρου - Φάση Α

Δειγματοληψίες από υφιστάμενα υδροσημεία



Εντοπισμός ρυπασμένου χώρου - Φάση Α

Εστιάζοντας στη βιομηχανική περιοχή των Οινοφύτων

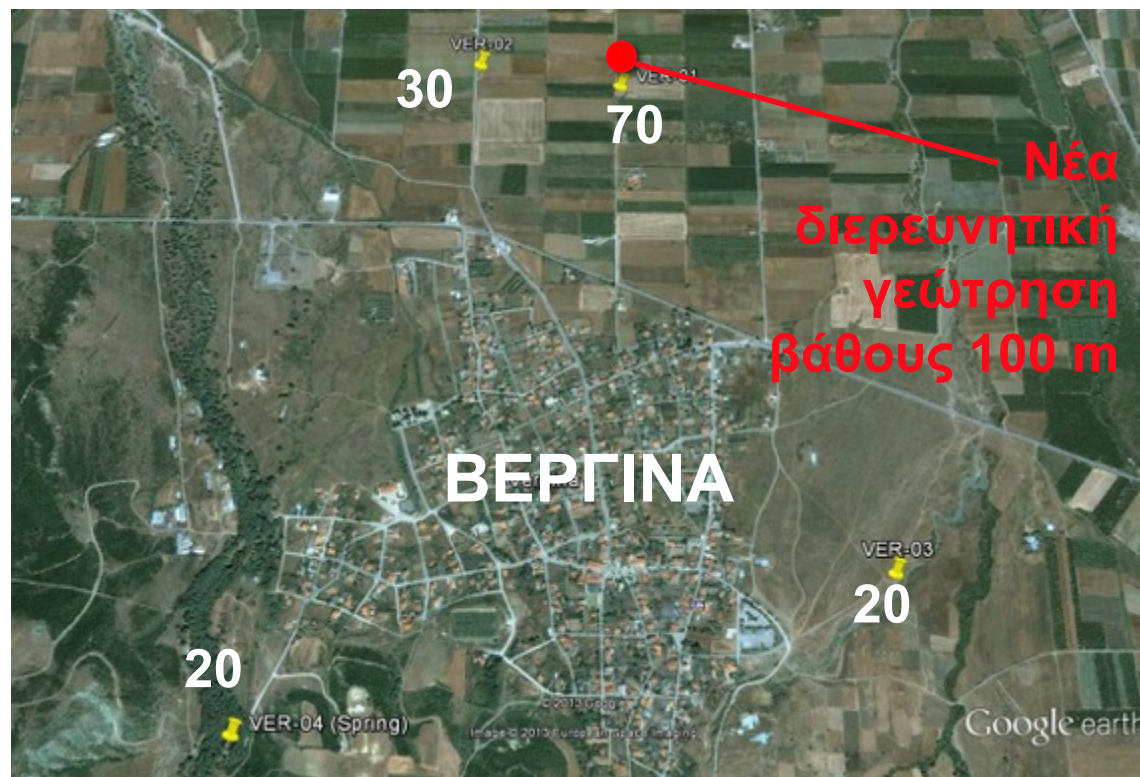


(Εντοπισμός περιοχών με γηγενές Cr εκτός της λεκάνης Ασωπού)

Την ίδια εποχή...

- Εντοπισμός περιοχών με γηγενές **Cr(VI)** εκτός λεκάνης **Ασωπού** (Βεργίνα, Θέρμη)
- **Επαλήθευση με δειγματοληψίες** υπόγειου νερού από υφιστάμενες γεωτρήσεις
- **Διάνοιξη νέων δειγματοληπτικών γεωτρήσεων** σε Βεργίνα και Θέρμη, προκειμένου να μελετηθεί η προέλευση του Cr(VI) στο υπόγειο νερό
- **Πρόγραμμα δειγματοληψίας εδάφους** στις νέες γεωτρήσεις
- **Πρόγραμμα δειγματοληψίας υπόγειου νερού** στις νέες γεωτρήσεις σε διάφορα βάθη προκειμένου να εξεταστεί η επίδραση του βάθους στη συγκέντρωση του Cr(VI)

(Εντοπισμός περιοχών με γηγενές Cr εκτός της λεκάνης Ασωπού)



- Υψηλό γηγενές Cr(VI) στο υπόγειο νερό (70 $\mu\text{g/L}$)
- Υψηλό γηγενές Cr(tot) στο έδαφος (1400 - 12100 mg/kg)

Εντοπισμός ρυπασμένου χώρου - Φάση Α

Πίσω στα Οινόφυτα σε συνεργασία με ΕΥΕΠ & Περιφέρεια

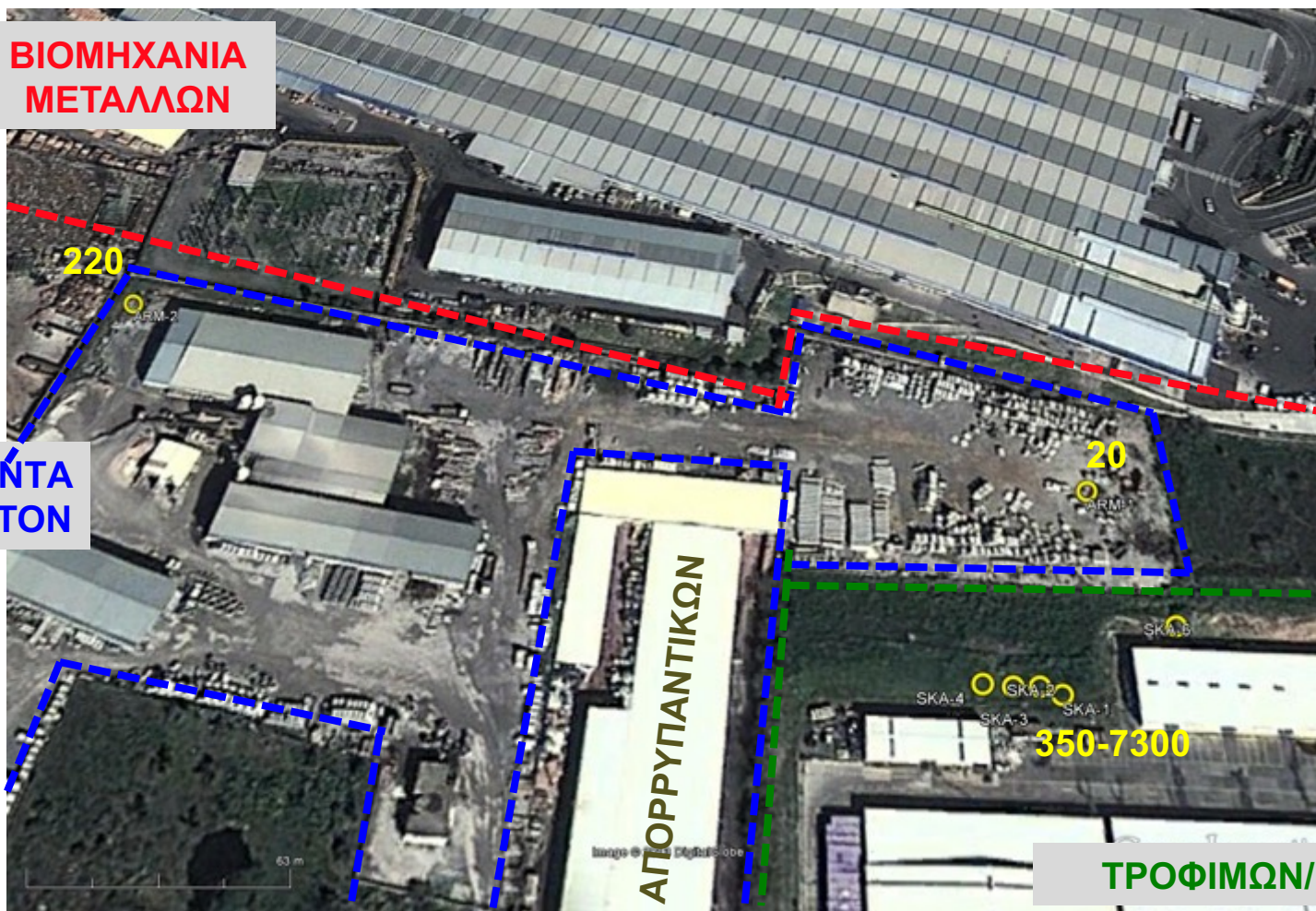


Εντοπισμός ρυπασμένου χώρου - Φάση Α

Αυτοψία σε συνεργασία με ΕΥΕΠ & Περιφέρεια

**ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ
ΜΕΤΑΛΛΩΝ**

**ΠΡΟΙΟΝΤΑ
ΜΠΕΤΟΝ**



Εντοπισμός ρυπασμένου χώρου - Φάση Α

Αυτοψία σε συνεργασία με ΕΥΕΠ & Περιφέρεια

**ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ
ΜΕΤΑΛΛΩΝ**

220

**ΠΡΟΙΟΝΤΑ
ΜΠΕΤΟΝ**

20

ΑΠΟΡΡΥΠΑΝΤΙΚΩΝ

SKA-4 SKA-2 SKA-1
SKA-3
350-7300

ΤΡΟΦΙΜΩΝ/ΠΟΤΩΝ

9,5 m

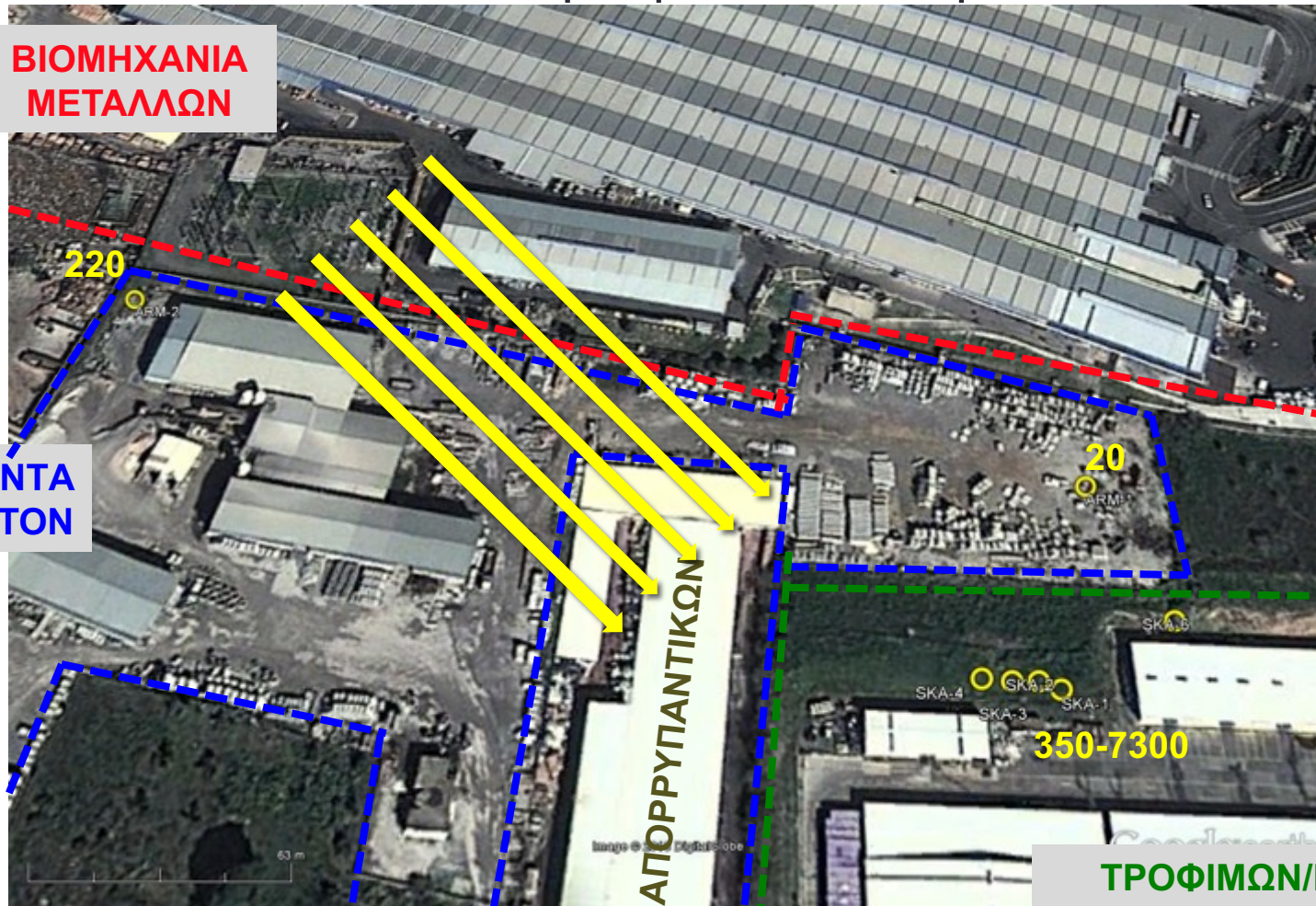


Εντοπισμός ρυπασμένου χώρου - Φάση Α

Εννοιολογικό μοντέλο Φάση Α

**ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ
ΜΕΤΑΛΛΩΝ**

**ΠΡΟΪΟΝΤΑ
ΜΠΕΤΟΝ**



ΤΡΟΦΙΜΩΝ/ΠΟΤΩΝ

Εντοπισμός ρυπασμένου χώρου - Φάση Β

- Σταδιακή διάνοιξη **6 νέων διερευνητικών γεωτρήσεων** ανάντη, κατάντη και εντός του ρυπασμένου χώρου
- **Δειγματοληψία εδάφους αλλά και υπόγειου νερού** κατά τη διάρκεια της διάτρησης για να εκτιμηθεί το ελάχιστο απαιτούμενο βάθος διάτρησης [μέχρι να βρεθεί Cr(VI)]
- Βάθη **30-50 m**

Σημαντικοί περιορισμοί

- **Περιορισμένη πρόσβαση** στους χώρους (κτίρια, παραγωγική διαδικασία, ιδιοκτησιακό καθεστώς)
- **Περιορισμένα κεφάλαια** (για 6 γεωτρήσεις το πολύ)
- **Εθελοντική συμμετοχή των βιομηχανιών - όχι καθεστώς επιθεωρήσεων !!!!**

Εντοπισμός ρυπασμένου χώρου - Φάση Β

Σχεδιασμός νέων διερευνητικών γεωτρήσεων



Εντοπισμός ρυπασμένου χώρου - Φάση Β

Σχεδιασμός νέων διερευνητικών γεωτρήσεων



Εντοπισμός ρυπασμένου χώρου - Φάση Β

Discrete sampling στα
Οινόφυτα

**ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ
ΜΕΤΑΛΛΩΝ**

purging

**ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ
ΜΕΤΑΛΛΩΝ**

δειγματοληψία

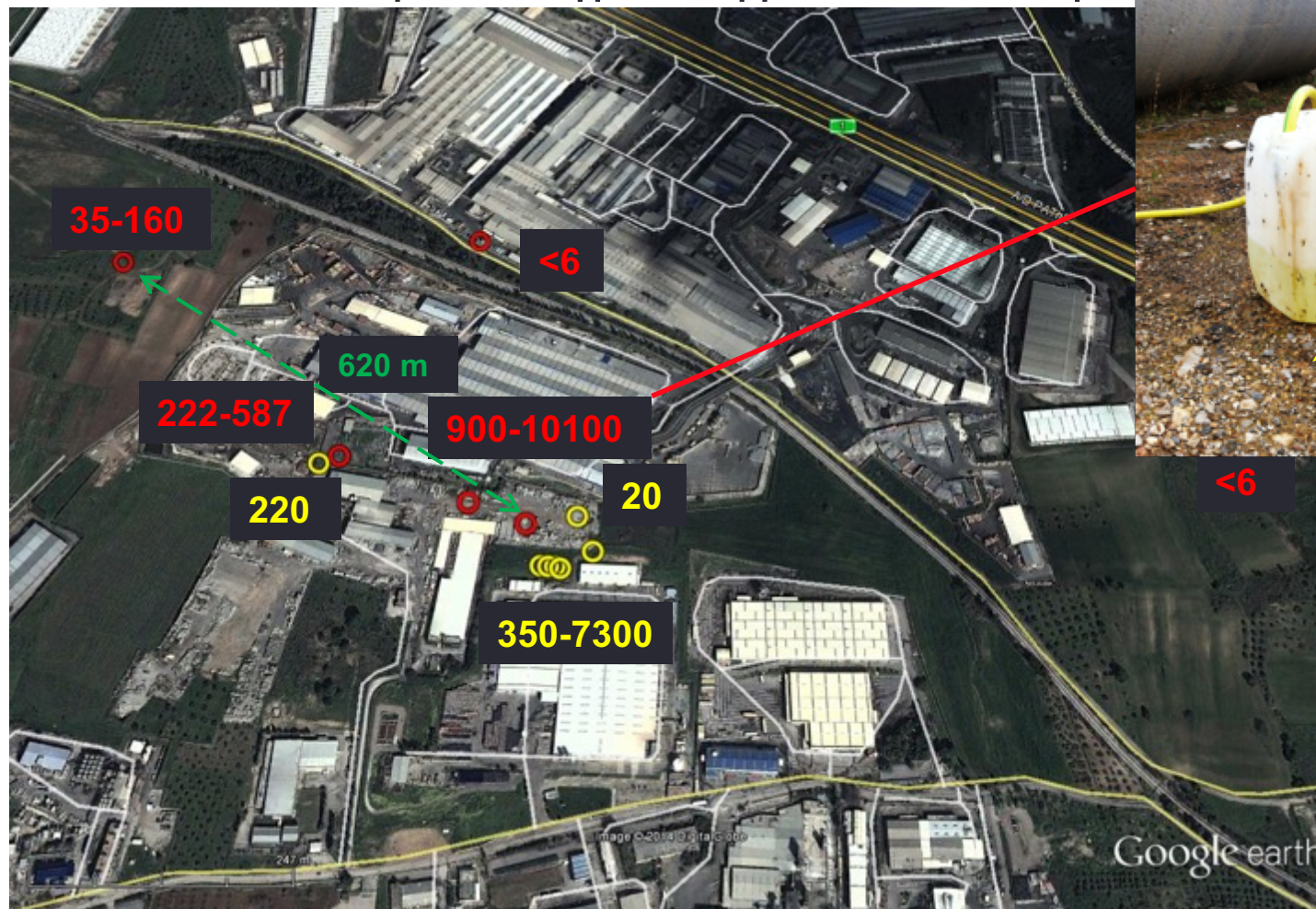
Διάρκεια: 2013 – 2015
(4 δειγματοληπτικές καμπάνιες)

Εντοπισμός ρυπασμένου χώρου - Φάση Β



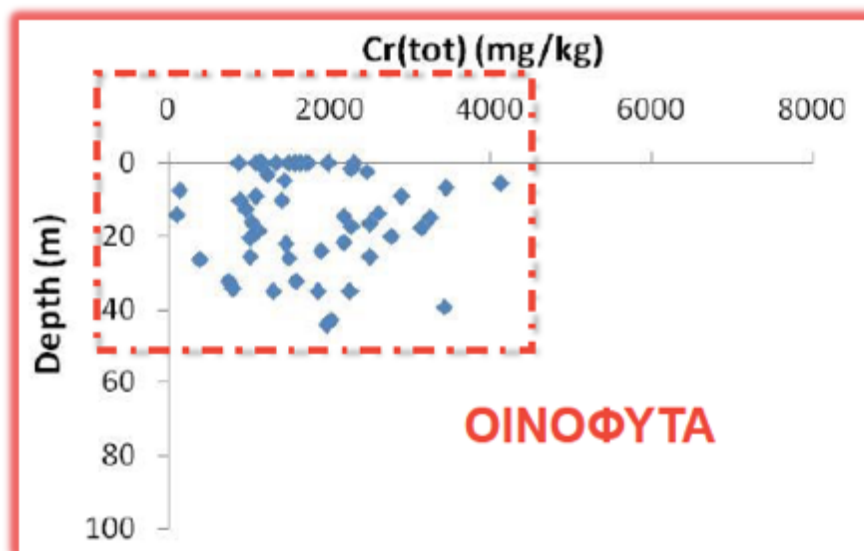
Εντοπισμός ρυπασμένου χώρου - Φάση Β

Αποτελέσματα δειγματοληψιών στα Οινόφυτα



Εντοπισμός ρυπασμένου χώρου - Φάση Β

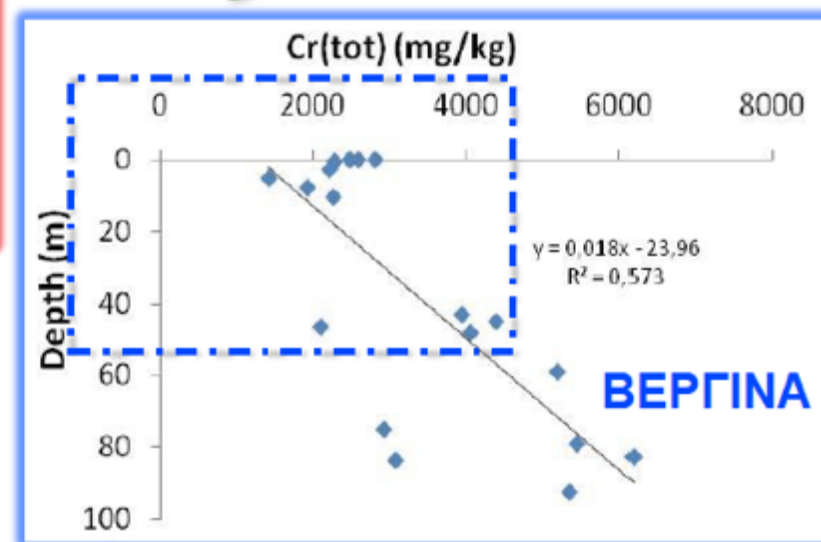
Ανθρωπογενές ή γηγενές;;;



Η οφιολιθική όμως προέλευση του εδάφους της περιοχής δεν εξηγεί τις συγκεντρώσεις Cr(VI)

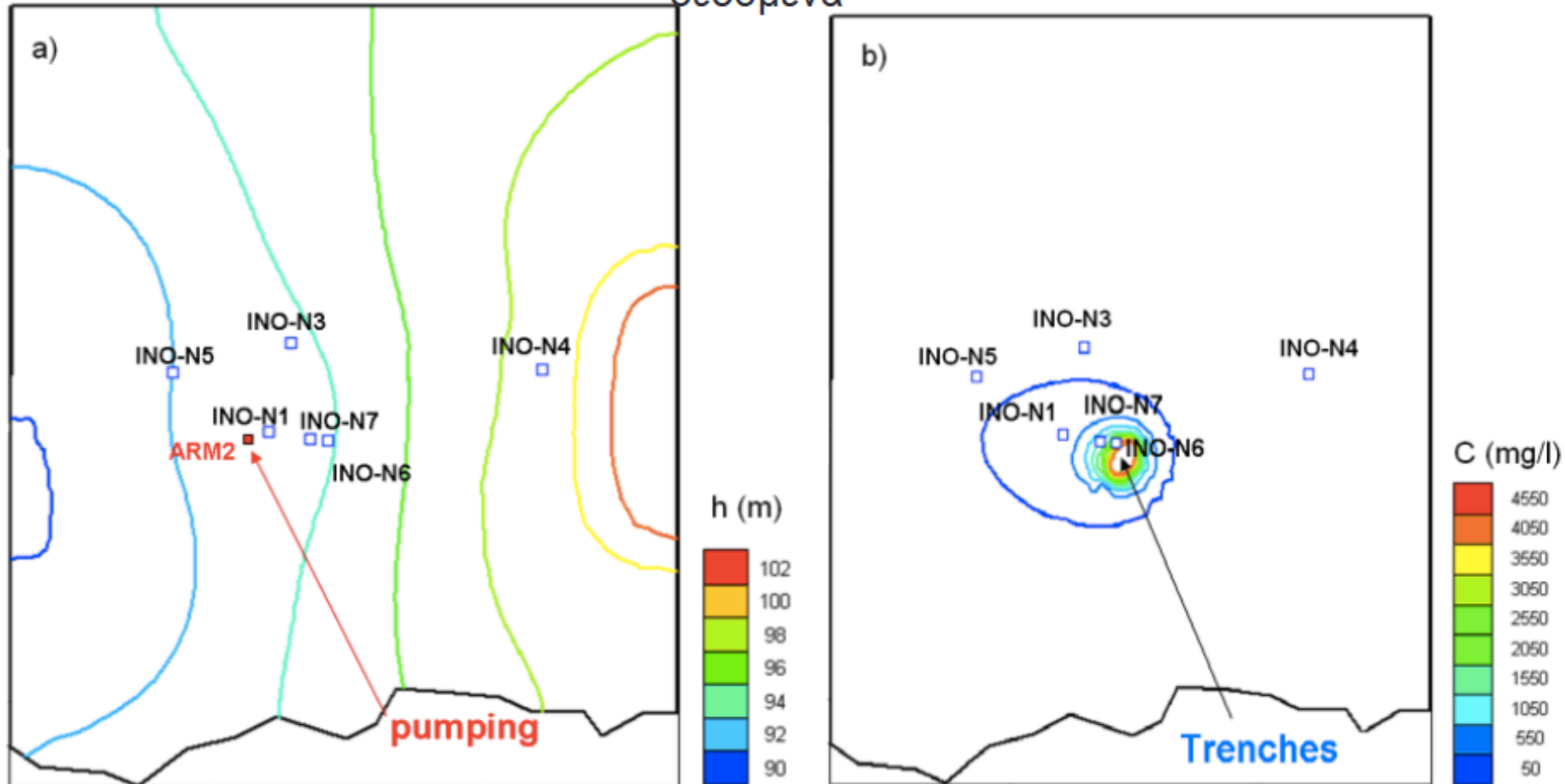
ΣΙΓΟΥΡΑ ΑΝΡΩΠΟΓΕΝΗΣ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΣΤΑ ΟΙΝΟΦΥΤΑ!!!

Παρόμοια επίπεδα Cr_{tot} στο έδαφος σε ΟΙΝΟΦΥΤΑ και ΒΕΡΓΙΝΑ (για <50 m)



Εντοπισμός ρυπασμένου χώρου - Φάση Β

Μαθηματικό μοντέλο προσομοίωσης της ρύπανσης...χρειάζονται και άλλα δεδομένα



Συμπεράσματα

- Υπάρχει τουλάχιστον μια (ιδιωτική) ρυπασμένη περιοχή στη βιομηχανική ζώνη των Οινοφύτων με συγκεντρώσεις Cr(VI) στο υπόγειο νερό **10.000 μg/L (>> 50 μg/L)**
- Το φαινόμενο των υψηλών συγκεντρώσεων Cr(VI) στο υπόγειο νερό έχει **μάλλον τοπικό χαρακτήρα και αφορά τους ρηχούς υδροφορείς**
- Πηγή της ρύπανσης είναι **πιθανότατα θαμμένα στερεά απόβλητα ή υγρά απόβλητα** που διαρρέοντας φτάνουν στο υπόγειο νερό
- Η πηγή της ρύπανσης είναι **μάλλον πολύ κοντά στις γεωτρήσεις**, καθώς οι συγκεντρώσεις του Cr(VI) μειώνονται ραγδαία εντός μερικών εκατοντάδων μέτρων

Συμπεράσματα

- Υπάρχει **τουλάχιστον ένας αγωγός** (όμβριων υδάτων!!!) που συνεχίζει να αποχετεύει νερό στον Ασωπό **>4.000 μg/L**
- Ο **αριθμός των μετρήσεων είναι ακόμα εξαιρετικά περιορισμένος** για να εντοπίσουμε με ασφάλεια άλλους ρυπασμένους χώρους στην περιοχή
- Οι υφιστάμενες γεωτρήσεις άρδευσης/ύδρευσης δίνουν μια «**αραιωμένη**» **εικόνα** του προβλήματος
- Γι' αυτό χρειάζονται **κατάλληλα κατασκευασμένες γεωτρήσεις παρακολούθησης** προκειμένου να εντοπιστούν οι ρυπασμένοι χώροι στην περιοχή

Συμπεράσματα

- Το υπόγειο νερό της περιοχής έχει συγκεντρώσεις Cr(VI) που σε κάποιο ποσοστό οφείλονται **στο γεωλογικό υπόβαθρο αλλά <100 μg/L**
- Με παρόμοιες συγκεντρώσεις Cr στο έδαφος, οι συγκεντρώσεις του γηγενούς Cr(VI) **στο υπόγειο νερό της Βεργίνας έφτασαν τα 70 μg/L**
- Το μεγάλο ποσοστό της παρουσίας του Cr(VI) στο υπόγειο νερό της **περιοχής των Οινοφύτων οφείλεται σε ανθρωπογενή δραστηριότητα**