



Εργαστήριο Μεταλλουργίας  
Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών  
Ε.Μ.Π.

**Αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προβλημάτων  
της μεταλλευτικής και μεταλλουργικής  
βιομηχανίας**

Α. Ξενίδης, Ν. Παπασιώπη, Ι. Πασπαλιάρης

e-mail: [axen@central.ntua.gr](mailto:axen@central.ntua.gr)

---

# Αντικείμενο

---

## ➤ Ανάπτυξη μεθόδων

- ✓ Αδρανοποίησης στερεών αποβλήτων
  - ✧ Θειούχα απορρίμματα
  - ✧ Οξειδωμένα απορρίμματα
- ✓ Αξιοποίησης απορριμμάτων σε άλλες εφαρμογές
- ✓ Αποκατάστασης ρυπασμένων εδαφών



# Προσέγγιση

---

Εργαστηριακή

Πιλοτικές δοκιμές πεδίου

Εφαρμογή σε πλήρη κλίμακα

Σχεδιασμός

Κατασκευή

Παρακολούθηση

Προσομοίωση - αξιολόγηση



# Τεχνολογία αδρανοποίησης θειούχων απορριμμάτων

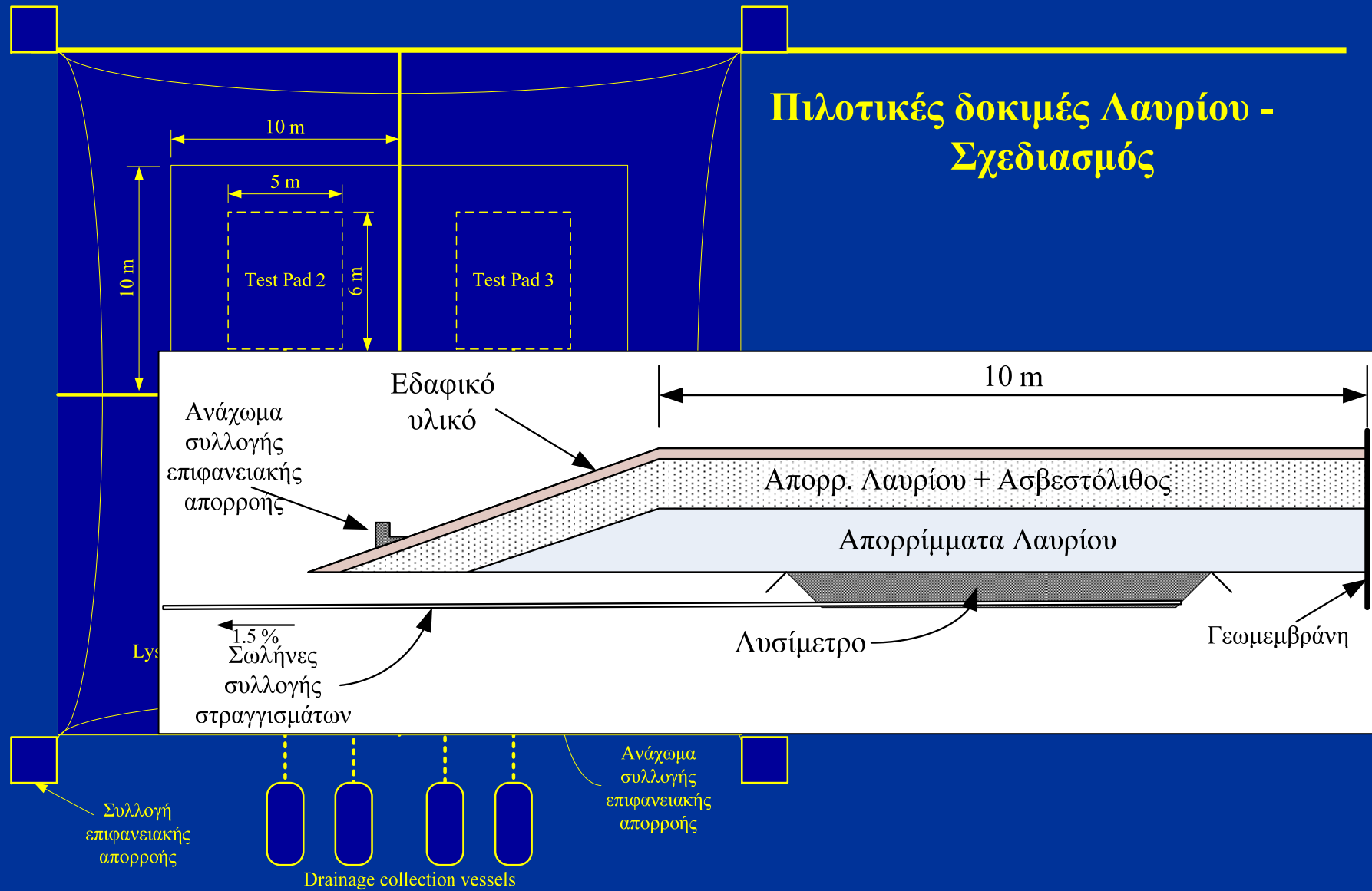
---

- Πρόβλημα: Δημιουργία όξινης απορροής μεταλλείων
- Εξετάστηκε η αποτελεσματικότητα τεχνικών πρόληψης της δημιουργίας ΟΑΜ (αδρανοποίησης, και κάλυψης)
- Πιλοτικές δοκιμές
  - ✓ 2 Λαύριο
  - ✓ 1 Στρατόνι
  - ✓ 1 Montevecchio, Sardinia
- Εφαρμογή πλήρους κλίμακας
  - ✓ Φράγμα απόθεσης απορριμμάτων στο ΤΠΠ Λαυρίου



# Τεχνολογία αδρανοποίησης θειούχων απορριμμάτων

## Πιλοτικές δοκιμές Λαυρίου - Σχεδιασμός



# Τεχνολογία αδρανοποίησης θειούχων απορριμμάτων

## Πιλοτικές δοκιμές Λαυρίου (θέση Σχολεία)



- Τεχνική δημιουργίας σκληρών αδιαπέρατων στρωμάτων με ανάμιξη
  - ✓ Θειούχων απορριμμάτων + ασβεστολίθου
  - ✓ Θειούχων απορριμμάτων + ιπτάμενης τέφρας



# Τεχνολογία αδρανοποίησης θειούχων απορριμμάτων



## Πιλοτικές δοκιμές Λαυρίου (θέση Καβοδόκανος)



## Αξιολόγηση εναλλακτικών σεναρίων κάλυψης/αδρανοποίησης



# Τεχνολογία αδρανοποίησης θειούχων απορριμμάτων

## Πιλοτικές δοκιμές Στρατωνίου (Στείρα μεταλλείων)



### ➤ Τεχνική

- ✓ Διαχωρισμού απορριμμάτων σε κλάσματα
- ✓ Κατεργασία κλασμάτων υψηλού δυναμικού παραγωγής ΟΑΜ





# Τεχνολογία αδρανοποίησης θειούχων απορριμμάτων

## Εξυγίανση φράγματος απορριμμάτων ΤΠΠΛ (25 στρέμματα)



# Τεχνολογία αδρανοποίησης θειούχων απορριμμάτων

## Εξυγίανση φράγματος απορριμμάτων ΤΠΠΑ (25 στρέμματα)



# Τεχνολογία αδρανοποίησης θειούχων απορριμμάτων

## Εξυγίανση φράγματος απορριμμάτων ΤΠΠΛ (25 στρέμματα)



# Τεχνολογία αδρανοποίησης θειούχων απορριμμάτων

## Εξυγίανση φράγματος απορριμμάτων ΤΠΠΑ (25 στρέμματα)



# Τεχνολογία αδρανοποίησης θειούχων απορριμμάτων

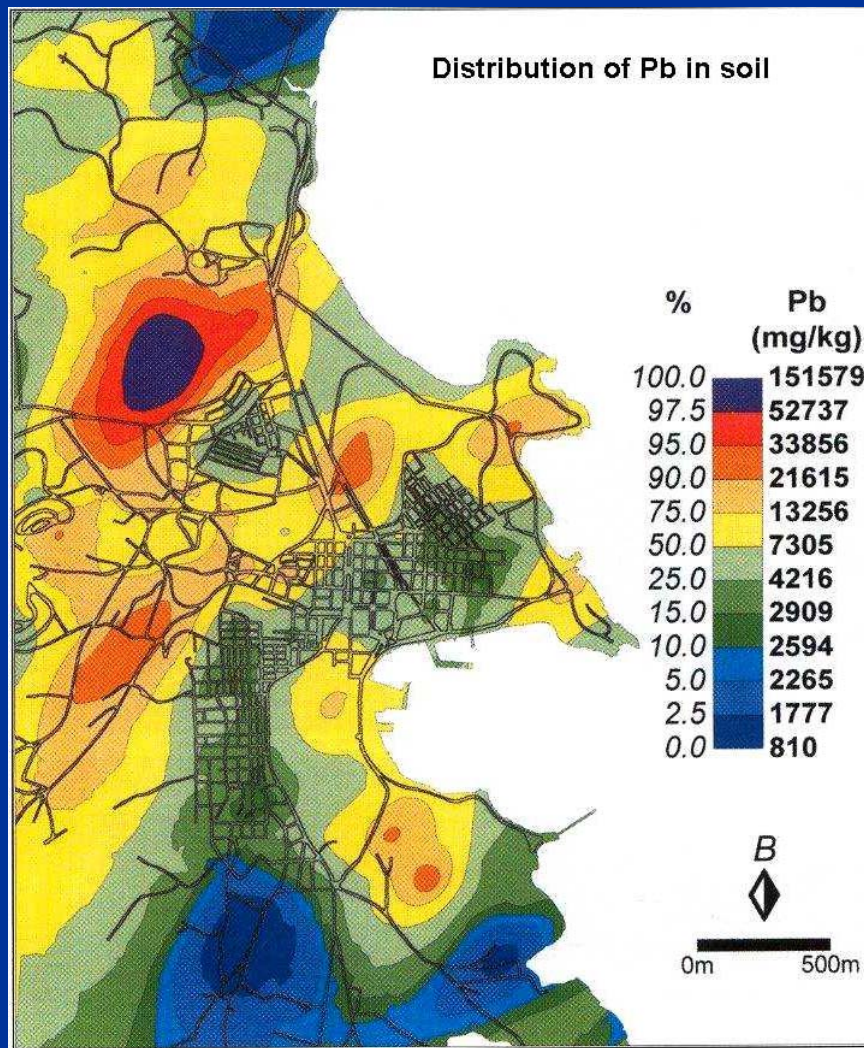
## Εξυγίανση φράγματος απορριμμάτων ΤΠΠΛ (25 στρέμματα)



- Το pH του νερού των πόρων αυξήθηκε από 2,3 σε ουδέτερες τιμές 7,1.
- Το δυναμικό οξειδοαναγωγής έχει ελαττωθεί από τα 400 στα 65 mV.
- Η συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων μειώθηκε κατά 4-8 φορές.



# Σταθεροποίηση ρύπων σε Ρυπασμένα Εδάφη και Οξειδωμένα απορρίμματα



## Λαύριο

- Τα εδάφη είναι ρυπασμένα με βαρέα μέταλλα
- Η πόλη αναπτύχθηκε γύρω ή και πάνω σε μεταλλευτικά απορρίμματα
- Οι εναλλακτικές στρατηγικές είναι περιορισμένες



# Σταθεροποίηση ρύπων σε Ρυπασμένα Εδάφη και Οξειδωμένα απορρίμματα

---

## Πρόσθετα που εξετάστηκαν

### Αλκαλικά υλικά

- ✓ Ιπτάμενη τέφρα
- ✓ Κατάλοιπα βωξίτη
- ✓ Ασβέστης

### Συμπλοκοποιητικά μέσα

- ✓ Οξυφωσφορικό ασβέστιο
- ✓ Ζεόλιθοι
- ✓ Πολυηλεκτρολύτης
- ✓ Μπεντονίτης
- ✓ Βιολογική λάσπη
- ✓ Τυρφώδης λιγνίτης

### ***Επιλεχθέντα:***

Φωσφορικά, Τυρφώδης λιγνίτης



# *Σταθεροποίηση ρύπων σε Ρυπασμένα Εδάφη και Οξειδωμένα απορρίμματα*

---

Εξυγίανση ρυπασμένων εδαφών και απορριμμάτων





# Σταθεροποίηση ρύπων σε Ρυπασμένα Εδάφη και Οξειδωμένα απορρίμματα

## Εξυγίανση ρυπασμένων εδαφών (περιοχή Νεράκι, Λαύριο)



Ιπτάμενη τέφρα + Βιολογική λάσπη



Φωσφορικά + Βιολογική λάσπη



Βιολογική λάσπη



Control



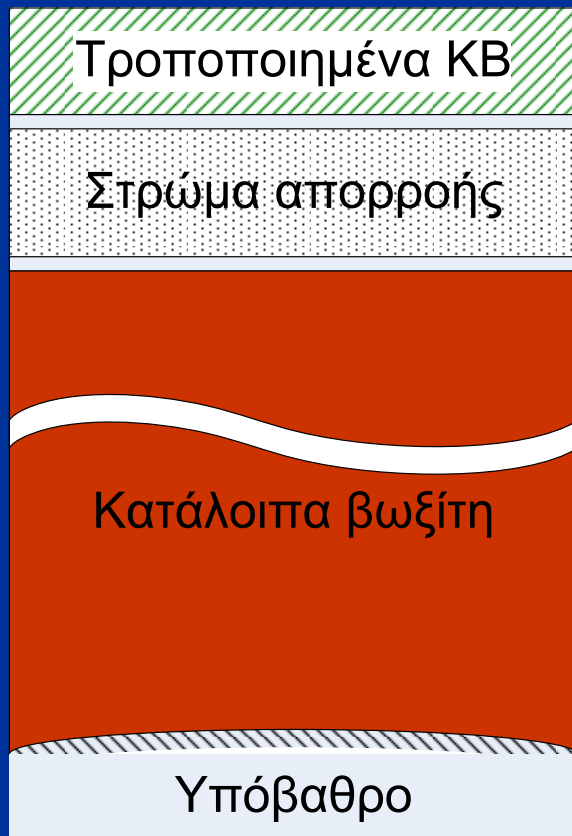
# Χρησιμοποίηση καταλοίπων βωξίτη



Ως υλικό ανάπτυξης φυτοκαλύμματος  
Για την πλήρωση ανοικτών επιφανειακών  
εκσκαφών



# Σχεδιασμός απόθεσης



- Τα κατάλοιπα βωξίτη έχουν χαμηλή διαπερατότητα
- Εξαιτίας της μη ύπαρξης εδαφικού υλικού στις περιοχές απόθεσης εξετάστηκε η δυνατότητα χρήσης των ίδιων των ΚΒ για την ανάπτυξη φυτοκαλύμματος



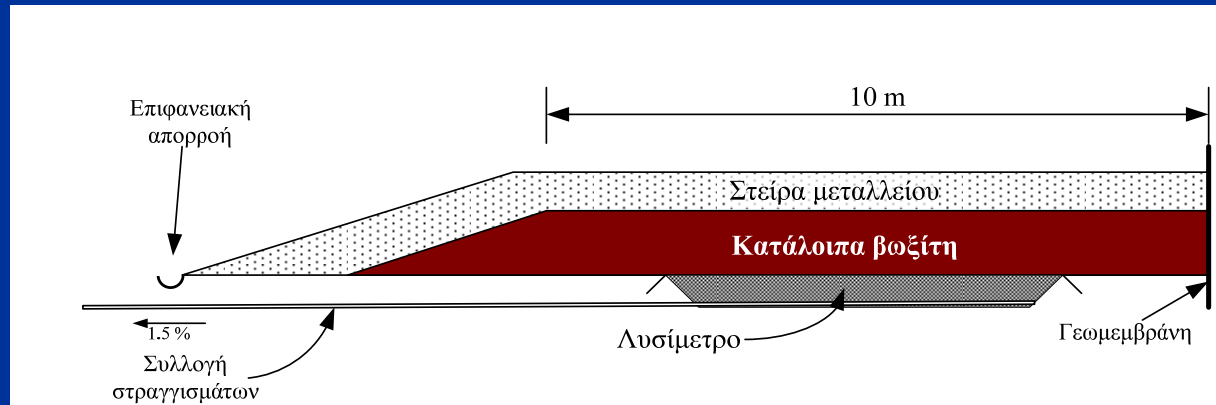
# Πιλοτικές δοκιμές φυτοκάλυψης (Άγιος Νικόλαος, Βοιωτία)



D-4	F-4	B-4
A-4	C-4	E-4



# Πιλοτικές δοκιμές απόθεσης καταλοίπων βωξίτη (περιοχή Προσόρεμα, Φωκίδας)



# Κατασκευή πιλοτικών δοκιμών πεδίου



# Πλήρους κλίμακας αποκατάσταση

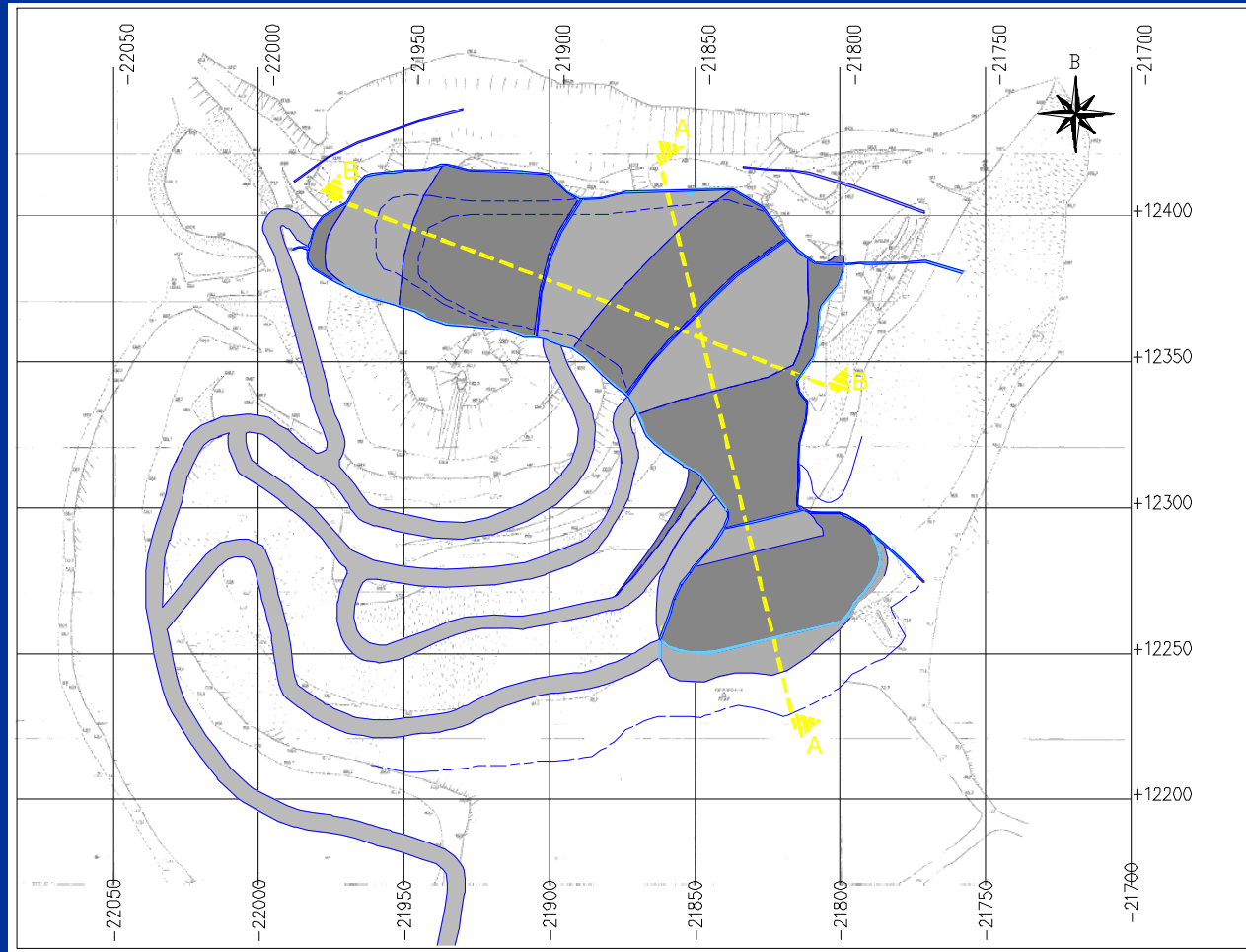
---



- Σχεδιάστηκε για το μεταλλείο Κλεισούρας, Βοιωτία



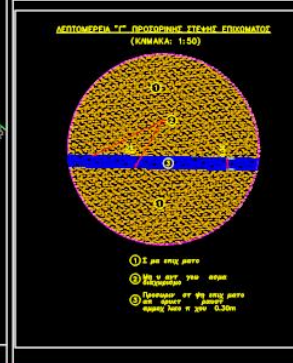
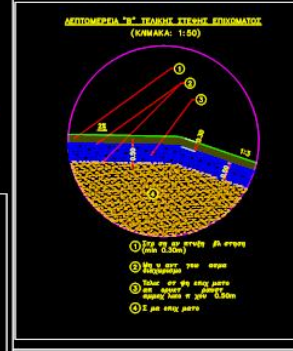
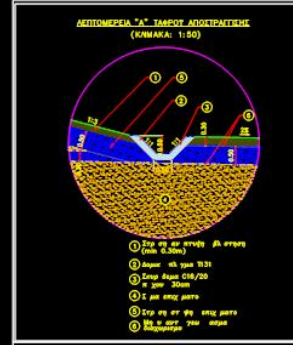
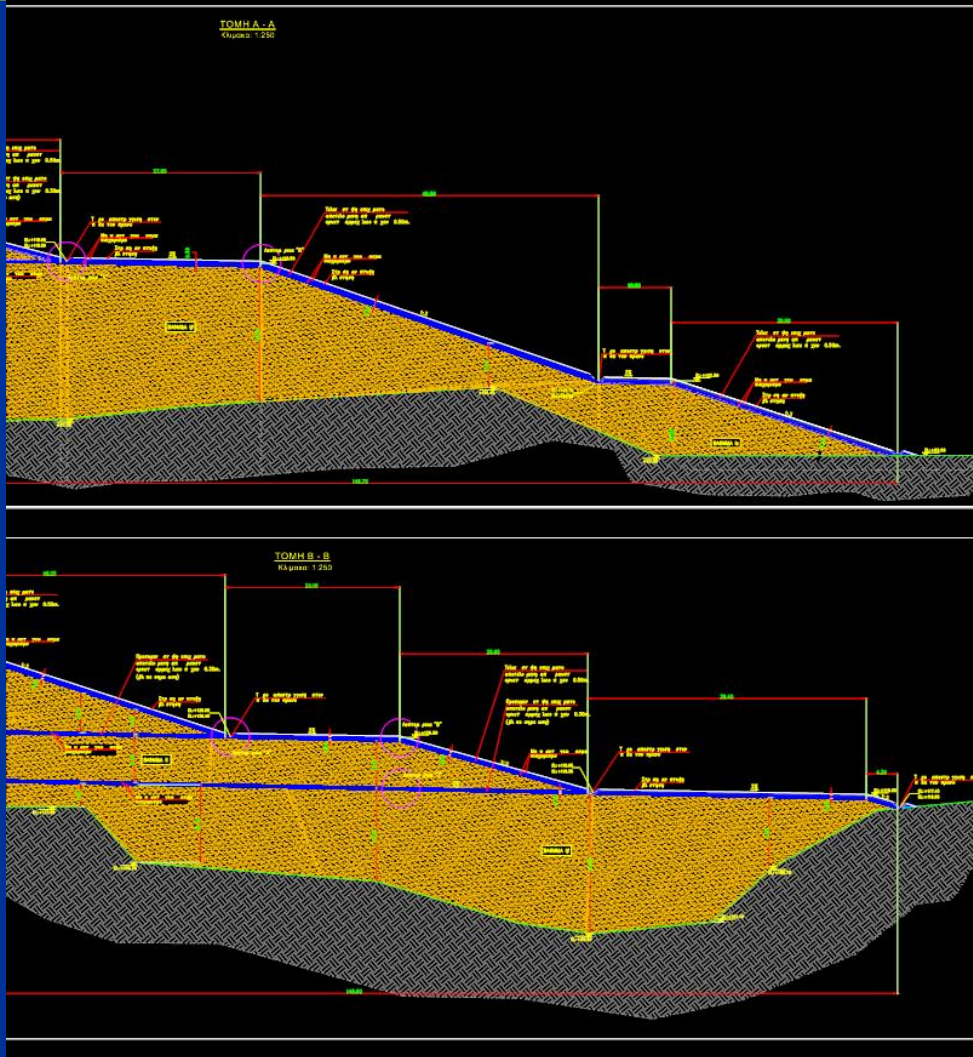
# Σχεδιασμός αποκατάστασης



Εορτασμός 170 χρόνων ΕΜΠ (4-12-2007)



# Τομή περιοχής απόθεσης



**ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑ**

1. Το έργο αφορά την κατασκευή και λειτουργία του Συστήματος Διαχείρισης Αποβλήτων (Σ.Δ.Α.) στην περιοχή της Ο.Τ.Π. 101, στην Κοινότητα Βασιλείων, Δήμος Βασιλείων, Περιφέρεια Αττικής.

2. Το έργο αφορά την κατασκευή και λειτουργία του Συστήματος Διαχείρισης Αποβλήτων (Σ.Δ.Α.) στην περιοχή της Ο.Τ.Π. 101, στην Κοινότητα Βασιλείων, Δήμος Βασιλείων, Περιφέρεια Αττικής.

3. Το έργο αφορά την κατασκευή και λειτουργία του Συστήματος Διαχείρισης Αποβλήτων (Σ.Δ.Α.) στην περιοχή της Ο.Τ.Π. 101, στην Κοινότητα Βασιλείων, Δήμος Βασιλείων, Περιφέρεια Αττικής.

4. Το έργο αφορά την κατασκευή και λειτουργία του Συστήματος Διαχείρισης Αποβλήτων (Σ.Δ.Α.) στην περιοχή της Ο.Τ.Π. 101, στην Κοινότητα Βασιλείων, Δήμος Βασιλείων, Περιφέρεια Αττικής.

5. Το έργο αφορά την κατασκευή και λειτουργία του Συστήματος Διαχείρισης Αποβλήτων (Σ.Δ.Α.) στην περιοχή της Ο.Τ.Π. 101, στην Κοινότητα Βασιλείων, Δήμος Βασιλείων, Περιφέρεια Αττικής.

6. Το έργο αφορά την κατασκευή και λειτουργία του Συστήματος Διαχείρισης Αποβλήτων (Σ.Δ.Α.) στην περιοχή της Ο.Τ.Π. 101, στην Κοινότητα Βασιλείων, Δήμος Βασιλείων, Περιφέρεια Αττικής.

7. Το έργο αφορά την κατασκευή και λειτουργία του Συστήματος Διαχείρισης Αποβλήτων (Σ.Δ.Α.) στην περιοχή της Ο.Τ.Π. 101, στην Κοινότητα Βασιλείων, Δήμος Βασιλείων, Περιφέρεια Αττικής.

8. Το έργο αφορά την κατασκευή και λειτουργία του Συστήματος Διαχείρισης Αποβλήτων (Σ.Δ.Α.) στην περιοχή της Ο.Τ.Π. 101, στην Κοινότητα Βασιλείων, Δήμος Βασιλείων, Περιφέρεια Αττικής.

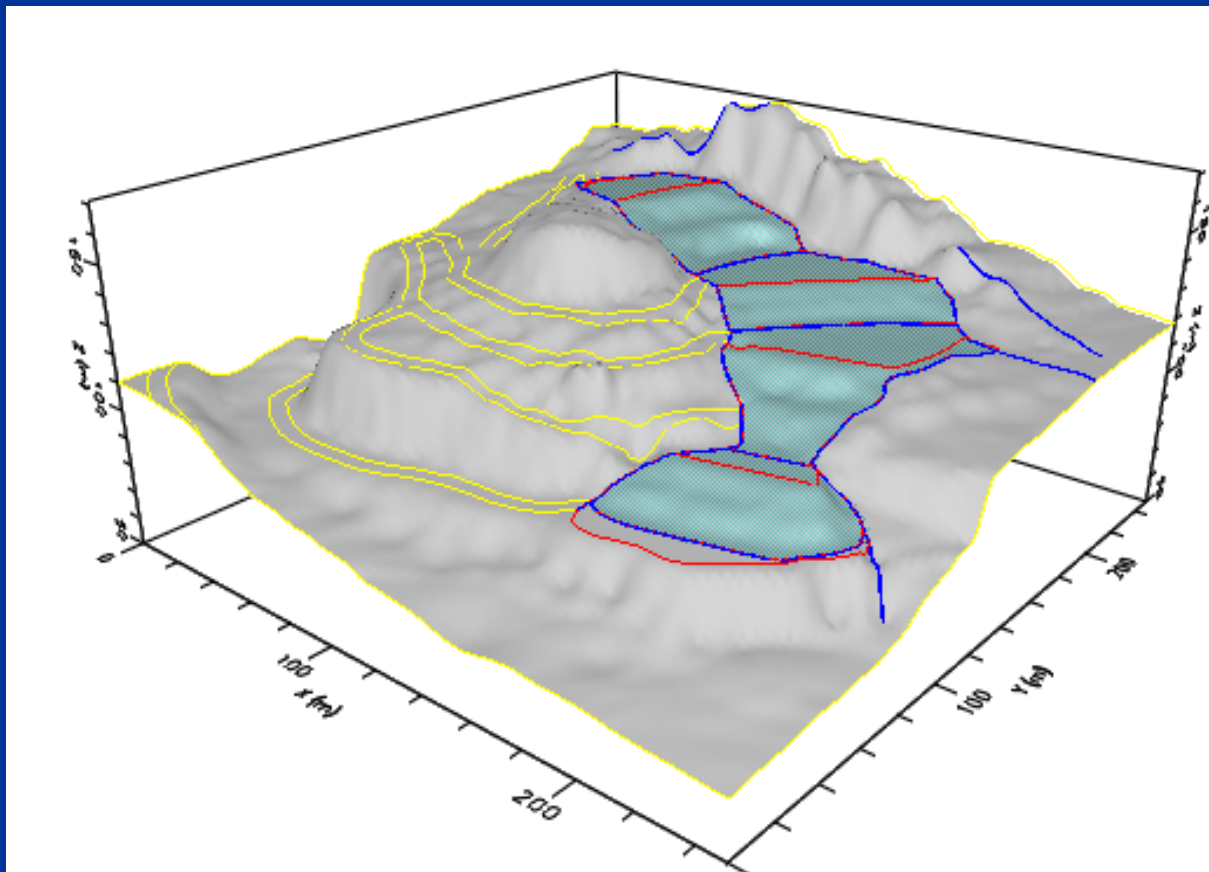
9. Το έργο αφορά την κατασκευή και λειτουργία του Συστήματος Διαχείρισης Αποβλήτων (Σ.Δ.Α.) στην περιοχή της Ο.Τ.Π. 101, στην Κοινότητα Βασιλείων, Δήμος Βασιλείων, Περιφέρεια Αττικής.

10. Το έργο αφορά την κατασκευή και λειτουργία του Συστήματος Διαχείρισης Αποβλήτων (Σ.Δ.Α.) στην περιοχή της Ο.Τ.Π. 101, στην Κοινότητα Βασιλείων, Δήμος Βασιλείων, Περιφέρεια Αττικής.



## 3-Δ παρουσίαση της προς αποκατάσταση περιοχής

---



# Συμπεράσματα

---

- Το εργαστήριο Μεταλλουργίας έχει αναπτύξει/εφαρμόσει τεχνικές που αφορούν
  - ✓ Τη διαχείριση
  - ✓ Αδρανοποίηση
  - ✓ Επαναχρησιμοποίηση απορριμμάτων και
  - ✓ Απορρύπανση εδαφών
- Οι τεχνικές αυτές
  - ✓ Αναπτύχθηκαν σε εργαστηριακή κλίμακα
  - ✓ Εξετάστηκαν και βελτιώθηκαν σε πιλοτική κλίμακα πεδίου, και
  - ✓ Εφαρμόστηκαν σε πλήρη κλίμακα
- Η παρακολούθηση των δοκιμών/εφαρμογών πεδίου έδειξαν
  - ✓ την αποτελεσματικότητα των τεχνικών αυτών

