



# Βιοεξόρυξη: Εφαρμογές και Προοπτική

Περιβαλλοντική Βιοτεχνολογία

Τμήμα Βιολογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΠΜΣ Οικολογία και Διαχείριση της Βιοποικιλότητας

# Εισαγωγή στη Βιοεξόρυξη

---

- Ορισμός: Χρήση μικροοργανισμών για εξαγωγή μετάλλων από ορυκτά ή απόβλητα
- Περιβαλλοντικά φιλική και αποδοτική σε σύγκριση με παραδοσιακές μεθόδους
- Αυξανόμενη ζήτηση για μέταλλα και μείωση αποθεμάτων υψηλής ποιότητας

# Τεχνολογίες και Διαδικασίες Βιοεξόρυξης

---

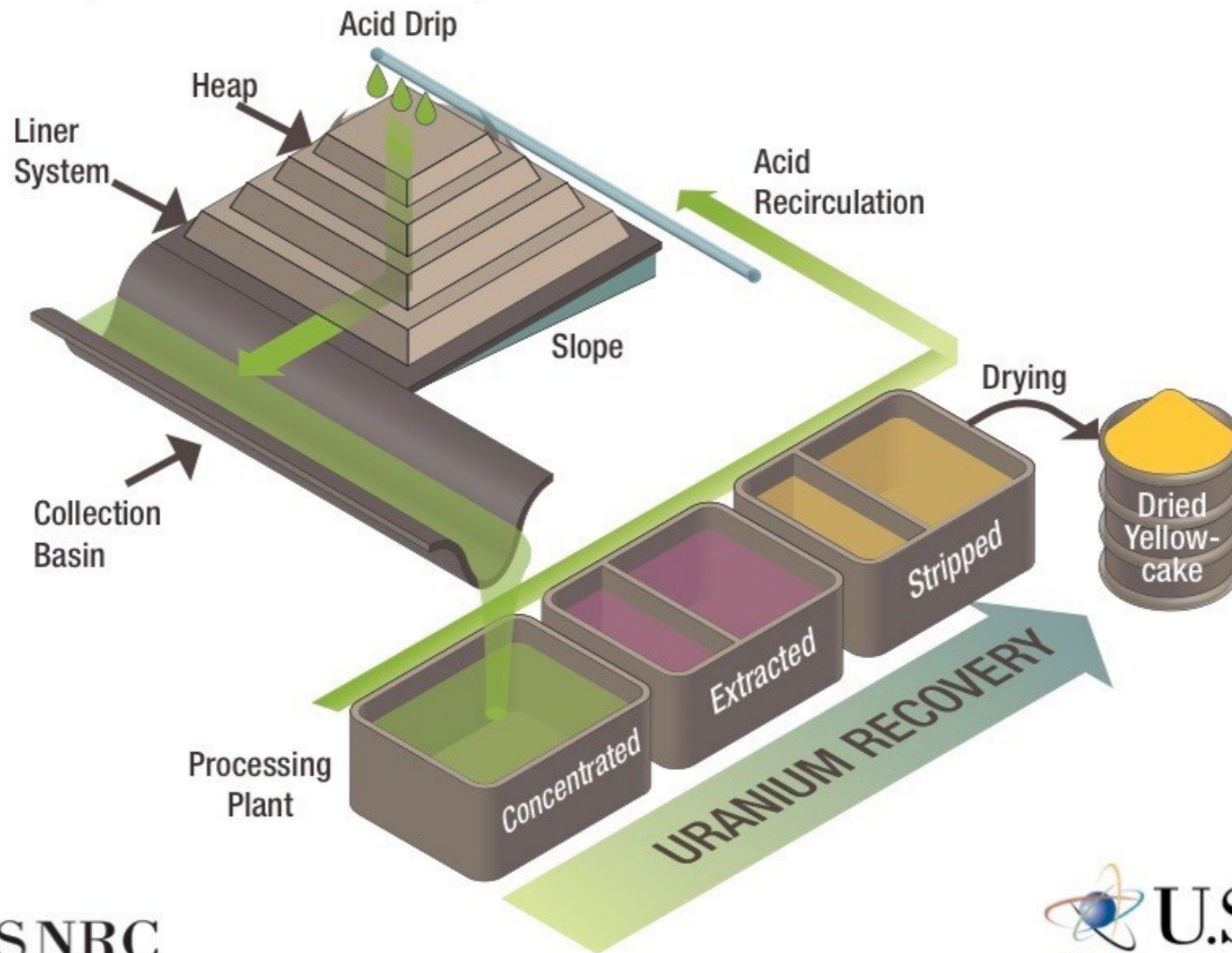
- **Βιοαπόπλυση (Bioleaching):** Διαλυτοποίηση μετάλλων μέσω μικροοργανισμών
- **Βιοοξείδωση (Biooxidation):** Μικροβιακή οξείδωση μετάλλων για ευκολότερη ανάκτηση
- Χρήση σε χαλκό, χρυσό, ουράνιο, νικέλιο και λίθιο. Χρήση για εξαγωγή σπάνιων γαιών (Rare Earth Elements - μεταλλικά στοιχεία)

# Διαδικασίες Βιοαπόπλυσης

---

- **Θρυμματισμός:** Το μετάλλευμα συνθλίβεται και αλέθεται για να αυξηθεί η επιφάνεια στην οποία μπορούν να δράσουν οι μικροοργανισμοί
- **Εισαγωγή Μικροοργανισμών:** Το παρασκευασμένο μετάλλευμα εμβολιάζεται με συγκεκριμένους μικροοργανισμούς
- **Έκπλυση σωρών:** Το μετάλλευμα στοιβάζεται σε σωρούς και προστίθεται θεικό οξύ και θρεπτικά σε μια δεξαμενή
- Το διάλυμα έκπλυσης, τώρα πλούσιο σε διαλυμένα μέταλλα (γνωστό ως διάλυμα έκπλυσης εγκύου), συλλέγεται στη βάση του σωρού ή της δεξαμενής
- **Ανάκτηση μετάλλων:** Τα μέταλλα ανακτώνται μέσω διαφόρων μεθόδων, όπως η εκχύλιση με διαλύτη, η ανταλλαγή ιόντων ή η ηλεκτρονικοποίηση

# Heap Leach Recovery Process



# Μικροοργανισμοί της Βιοεξόρυξης

---

- Βακτήρια: *Acidithiobacillus ferrooxidans*, *Leptospirillum ferrooxidans*, *Acidithiobacillus thiooxidans*
- Αρχαία: *Sulfolobus metallicus*
- Ικανότητα επιβίωσης σε ακραίες συνθήκες (υψηλή οξύτητα, βαρέα μέταλλα)

# Περιβαλλοντικές Εφαρμογές

---

- Καθαρισμός μολυσμένων περιοχών
- Ανάκτηση μετάλλων από απόβλητα (ηλεκτρονικά απόβλητα, βιομηχανικά λύματα)
- Η βιοεξόρυξη ελαχιστοποιεί τη χρήση τοξικών χημικών ουσιών

# Οικονομικές και Κοινωνικές Προοπτικές

---

- Μείωση κόστους εξόρυξης
- Εκμετάλλευση κοιτασμάτων που διαφορετικά θα ήταν ανοικονομικά για τα ορυχεία
- Αξιοποίηση πηγών που θεωρούνταν μη εκμεταλλεύσιμες



# Μειονεκτήματα

---

- **Αργός χρόνος επεξεργασίας.** Οι αντιδράσεις στη βιοεξόρυξη είναι γενικά πιο αργές από τις μηχανικές ή χημικές διεργασίες εκχύλισης
- Μπορεί να μην είναι **κατάλληλο** για όλους τους τύπους **μεταλλευμάτων**, ιδιαίτερα για εκείνα που δεν αλληλεπιδρούν καλά με τους μικροοργανισμούς που χρησιμοποιούνται στη διεργασία.
- Εάν χρησιμοποιούνται **ΓΤΟ** για την ενίσχυση της αποτελεσματικότητας της βιοεξόρυξης, υπάρχει κίνδυνος διαφυγής αυτών των οργανισμών στο περιβάλλον και **πιθανής διατάραξης των τοπικών οικοσυστημάτων**

# Συμπεράσματα

---

- Η βιοεξόρυξη προσφέρει βιώσιμη και αποδοτική λύση στην εξόρυξη μετάλλων
- Σημαντική τεχνολογία για το μέλλον των μεταλλευτικών δραστηριοτήτων και της περιβαλλοντικής αποκατάστασης



Ευχαριστώ πολύ!