

## ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΣΚΑΝΔΙΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΡΥΘΡΑ ΙΛΥ, ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΒΩΞΙΤΗ

Λ.Α. Τσακανικά, Θ. Λυμπεροπούλου, Κ. Χατζηλυμπέρης, Κ.Μ. Ώξενκιουν, Π. Γεωργίου, Χ. Στεργιόπουλος,  
Όλγα Σερίφη, Φ. Τσόπελας, Μ. Ώξενκιουν\*

Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ, Αθήνα, Ελλάδα

(\*[oxenki@central.ntua.gr](mailto:oxenki@central.ntua.gr))

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αξιοποίηση των βιομηχανικών παραπροϊόντων αποτελεί ζήτημα πρωταρχικής σημασίας στο πλαίσιο της Αειφόρου Βιομηχανικής Ανάπτυξης, που στοχεύει στην εξοικονόμηση πρώτων υλών και στην προστασία του περιβάλλοντος. Τα παραπροϊόντα επεξεργασίας βωξίτη, γνωστά και ως ερυθρά ιλύς, έχει αποδειχθεί ότι μπορούν να αποτελέσουν εναλλακτικές πηγές ανάκτησης «κρίσιμων πρώτων υλών»<sup>[1]</sup>, όπως οι σπάνιες γαίες [σκάνδιο (Sc), ύτριο (Y), λανθανίδες], υλικών μεγάλης προστιθέμενης αξίας σε προηγμένες τεχνολογικές εφαρμογές (laser, μαγνήτες, προηγμένα υλικά κ.λ.π.). Ιδιαίτερως το Sc είναι ένα πολύτιμο και σπάνιο μέταλλο με ταχεία διεξόδωση σε νέες τεχνολογίες, όπως προηγμένα κράματα μετάλλων με εφαρμογές στην αεροναυπηγική και πρόσφατα ως ηλεκτρολύτης σε κελιά καυσίμων<sup>[2]</sup>.

Η ελληνική ερυθρά ιλύς περιέχει σημαντικές ποσότητες σπανίων γαιών (περίπου 1kg/tn) αλλά και άλλων στοιχείων όπως Nb, Zr, Ga. Ειδικότερα αποτελούν μία από τις πλουσιότερες πηγές Sc (~0.2kg/tn ως οξείδιο) εντάσσοντας τα στις διεθνώς οικονομικά αξιοποιήσιμες πηγές ανάκτησης του μετάλλου αυτού. Για την εκλεκτική ανάκτηση και διαχωρισμό των σπανίων γαιών απαιτείται συνδυασμός διαδοχικών διεργασιών: υδρομεταλλουργική εκλεκτική έκπλυση (Leaching), διαχωρισμός με ιονεναλλακτικές ρητίνες, εκχύλιση (S-X) με εκλεκτικά εκχυλιστικά μέσα, χρωματογραφικός διαχωρισμός (HPLC) καθώς και μέθοδοι πυρομεταλλουργίας ή ηλεκτρομεταλλουργίας. Στο στάδιο της έκπλυσης, η χρήση ανόργανων οξέων παραμένει η μόνη οικονομικά βιώσιμη μέθοδος με υψηλές ανακτήσεις, εκλεκτικότητα και ήπιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Η εργασία εστιάζεται στη βελτιστοποίηση της έκπλυσης της ερυθράς ιλύος για την ανάκτηση Sc μεθειϊκό οξύ, το οποίο επιλέγεται ως το οικονομικά και περιβαλλοντικά καταλληλότερο μέσο έκπλυσης με υψηλή απόδοση σε Sc. Συγχρόνως δίνει λύση στα περιβαλλοντικά προβλήματα, που προκαλεί η συσσώρευσή του αποβλήτου λόγω της αλκαλικότητας και της λεπτόκοκκης φύσης του. Εξετάστηκαν αρκετές παράμετροι, ανεξάρτητα ή συνδυαστικά, στοχεύοντας στην υψηλή συγκέντρωση Sc στο κυοφορούν διάλυμα σε συνδυασμό με την εκλεκτική ανάκτησή του από τα κύρια στοιχεία και ειδικά τον σίδηρο, που βρίσκεται σε πολύ υψηλή συγκέντρωση στο διάλυμα. Ο λόγος στερεού προς υγρό (S/L), το τελικό pH και η επαναχρησιμοποίηση (αναρροή) του κυοφορούντος διαλύματος σε φρέσκια ερυθρά ιλύ βρέθηκαν να έχουν τη σημαντικότερη επίδραση. Η προτεινόμενη μέθοδος είναι ήπια (χρήσηθειϊκού οξέος σχετικά χαμηλής συγκέντρωσης σε συνθήκες περιβάλλοντος), έχει σχετικά ταχεία κινητική<sup>[3,4]</sup> και οδηγεί σε υψηλή συγκέντρωση και υψηλή εκλεκτικότητα<sup>[4]</sup>. Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης αναπτύχθηκε και το αντίστοιχο διάγραμμα ροής το οποίο αποτυπώνει την εν λόγω βιομηχανική διεργασία σε συνεχές έργο. Η έρευνα διεξάγεται στο πλαίσιο του Έργου SCALE<sup>[5]</sup> (Πρόγραμμα HORIZON2020) και στοχεύει στη μεταφορά της διεργασίας έκπλυσης και των βελτιστοποιημένων συνθηκών, από εργαστηριακή κλίμακα σε πιλοτική μονάδα, η οποία θα εγκατασταθεί στους χώρους της «ΜΥΤΙΛΗΝΑΙΟΣ Α.Ε.»<sup>[6]</sup>.

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] European Commission. Critical Raw Materials. Third List of Critical Raw Materials for the EU of 2017. [https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/critical\\_en](https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/critical_en)
- [2] Scalmalloy® - Aluminium in Perfektion, Airbus APWorks. <https://apworks.de/de/scalmalloy/>
- [3] Hatzilyberis K, Lympferopoulou T, Tsakanika L-A, Ochsenkühn K-M, Georgiou P, Defteraios N, Tsopelas F, Ochsenkühn-Petropoulou M. (2018). *Minerals*, 8(3): 79. <https://doi.org/10.3390/min8030079>
- [4] Ochsenkuehn-Petropoulou M, Tsakanika L-A, Lympferopoulou T, Ochsenkuehn K-M, Hatzilyberis K, Georgiou P, Stergiopoulos C, Serifi O, Tsopelas F. (2018). *Metals*, 8(11): 915. <https://doi.org/10.3390/met8110915>
- [5] Project SCALE (Production of Sc Compounds & Sc-Al Alloys from European metallurgical by-products), European Community's Horizon 2020 Program (H2020/2014-2020), Grant Agreement No. 730105. <http://scale-project.eu/>
- [6] Mytilineos S.A. - Aluminium of Greece. <https://www.alhellas.com/en-us/home/homepage>