

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΔΕΣΜΕΥΣΗΣ, ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ CO₂ ΑΠΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΕΘΑΝΟΛΗΣ

Χριστόφορος Σίσκος¹, Παντελεήμων Μανάκας¹, Λάζαρος Καραογλάνογλου¹, Νικόλαος Διαμαντώνης², Βασίλειος Μιχάλης², Ανέστης Βλυσίδης^{1,*}

¹Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ, Αθήνα, Ελλάδα

²Διεύθυνση Έρευνας, Καινοτομίας & Ποιότητας Α.Ε Τσιμέντων ΤΙΤΑΝ, Μαγούλα, Ελλάδα

(*anestisvlysidis@chemeng.ntua.gr)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η υπερθέρμανση του πλανήτη λόγω της ατμοσφαιρικής συσσώρευσης του CO₂ από ανθρωπογενείς δραστηριότητες συνιστά ένα μείζον περιβαλλοντικό ζήτημα. Με τη βιομηχανία τσιμέντου υπεύθυνη για το 8% των παγκόσμιων εκπομπών CO₂, απόπειρες μετριασμού των εκλυόμενων ποσοτήτων είναι απαραίτητες. Στην παρούσα εργασία, χρησιμοποιώντας το λογισμικό Aspen Plus V11, σχεδιάστηκαν δύο μονάδες: η πρώτη περιλαμβάνει την δέσμευση του CO₂ από απαέρια παραγωγής τσιμέντου με διαλύτη μονοαιθανολαμίνης (ΜΕΑ) και η δεύτερη περιέχει τη μετέπειτα αξιοποίηση του δεσμευθέντος CO₂ προς παραγωγή μεθανόλης μέσω άμεσης καταλυτικής υδρογόνωσης. Ακολούθως, πραγματοποιήθηκε μία τεchnο-οικονομική μελέτη όπου αρχικά διαστασιολογήθηκε και κοστολογήθηκε ο βασικός μηχανολογικός εξοπλισμός της καθεμίας διεργασίας για δυναμικότητες εργοστασίων 627 kton CO₂/γ και 445 kton μεθανόλης/γ. Στη συνέχεια, υπολογίστηκε η συνολική πάγια επένδυση, που αντιστοιχεί σε 146 Μ€ για τη διεργασία δέσμευσης και σε 390 Μ€ για τη συνολική διεργασία δέσμευσης και αξιοποίησης. Αντίστοιχα, τα συνολικά κόστη παραγωγής (TPC) ανέρχονται στα 194 €/t δεσμευθέντος CO₂ και σε 2087 €/t παραγόμενης μεθανόλης. Μετά από αξιολόγηση των δύο επενδυτικών σχεδίων (carbon capture - CC and carbon capture and utilization - CCU), προκύπτει ότι η μονάδα δέσμευσης (CC) θα ήταν οριακά συμφέρουσα για φόρο άνθρακα 167 €/t CO₂, ενώ η συνολική μονάδα (CCU) για 1155 €/t CO₂. Αναλύοντας τα hot spots των δύο διεργασιών παρατηρήθηκε ότι η μεγαλύτερη συμβολή στο TPC και στις ετήσιες χρηματοροές οφείλεται, με φθίνουσα σειρά σημαντικότητας, στην τροφοδοσία πράσινου υδρογόνου, στο πάγιο κόστος εξοπλισμού, στο μέσο κόστος ατμού και στην κατανάλωση ηλεκτρισμού. Βάσει αυτού πραγματοποιήθηκε ανάλυση ευαισθησίας αλλάζοντας στρατηγικά τις τιμές του υδρογόνου και πάγιου κόστους και αξιολογήθηκε εκ νέου η συνολική επένδυση. Σε ένα «ιδανικό» σενάριο, με υδρογόνο κόστους 1.94 €/kg και πάγιο κόστος εξοπλισμού κατά 30% φθηνότερο, το συνολικό κόστος παραγωγής μειώθηκε κατά 54.8%, στα 943 €/t παραγόμενης μεθανόλης, ενώ ο ελάχιστος φόρος άνθρακα που καθιστά οριακά συμφέρουσα την επένδυση CCU ισούται με 387 €/t CO₂. Επιπρόσθετα, με το λογισμικό SimaPro 9 υπολογίστηκε το αποτύπωμα άνθρακα των 2 μονάδων και έγινε σύγκριση με το αποτύπωμα άνθρακα απουσία τους, σημειώνοντας μείωση κατά 45.2% με τη δέσμευση του CO₂ και 62.7% με τη δέσμευση και αξιοποίηση του CO₂ προς παραγωγή μεθανόλης.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Σχεδιασμός διεργασιών, Τεchnο-οικονομική ανάλυση, Δέσμευση και αξιοποίηση CO₂, Παραγωγή μεθανόλης, Μείωση ανθρακικού αποτυπώματος