

Αεριοποίηση εξανθρακωμάτων ελαιοπυρήνα προς παραγωγή αερίου σύνθεσης με χρήση CO₂ ή H₂O ως μέσων αεριοποίησης

N. Κακλίδης^{1,2}, Μ. Λυκάκη³, Μ. Κονσολάκης³ και Γ.Ε. Μαρνέλλος^{1,2,4}

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- Η παγκόσμια ζήτηση ενέργειας αυξάνεται με εκθετικό ρυθμό.
- Η βιομάζα αποτελεί τη μοναδική πηγή ανανεώσιμου άνθρακα με ουδέτερο κύκλο CO₂.
- Η αεριοποίηση αποτελεί μία τεχνολογία θερμοχημικής επεξεργασίας της βιομάζας, που μετατρέπει την στερεή Α' ύλη σε αέριο σύνθεσης, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για συμπαράγωγή σε διατάξεις κυψελών καυσίμου.

Σκοπός

- Μελέτη αεριοποίησης ελαιοπυρήνα (ΜΥΛΟΙ ΚΡΗΤΗΣ) και βιοεξανθρακώματος προς παραγωγή αερίου σύνθεσης με CO₂ ή H₂O ως μέσα αεριοποίησης.
- Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των καυσίμων προσδιορίστηκαν διαμέσου διαφόρων τεχνικών και συσχετίστηκαν με τα αποτελέσματα των πειραμάτων δραστηκότητας.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Παραγωγή βιοεξανθρακώματος

- Για την παραγωγή του βιοεξανθρακώματος χρησιμοποιήθηκε ξηραμένος (16 h στους 120 °C) ελαιοπυρήνας (OK) με κοκκομετρία 0.2 – 3 mm.
- 75 gr δείγματος OK υπέστησαν εξανθράκωση σε σωλήνα από ανοξείδωτο χάλυβα στους 500 °C (ήπια εξανθράκωση), υπό ροή N₂ (250 cm³/min) και ρυθμό θέρμανσης 20 °C/min, ως την τελική θερμοκρασία εξανθράκωσης, η οποία διατηρούνταν σταθερή για 1 h (OK500).

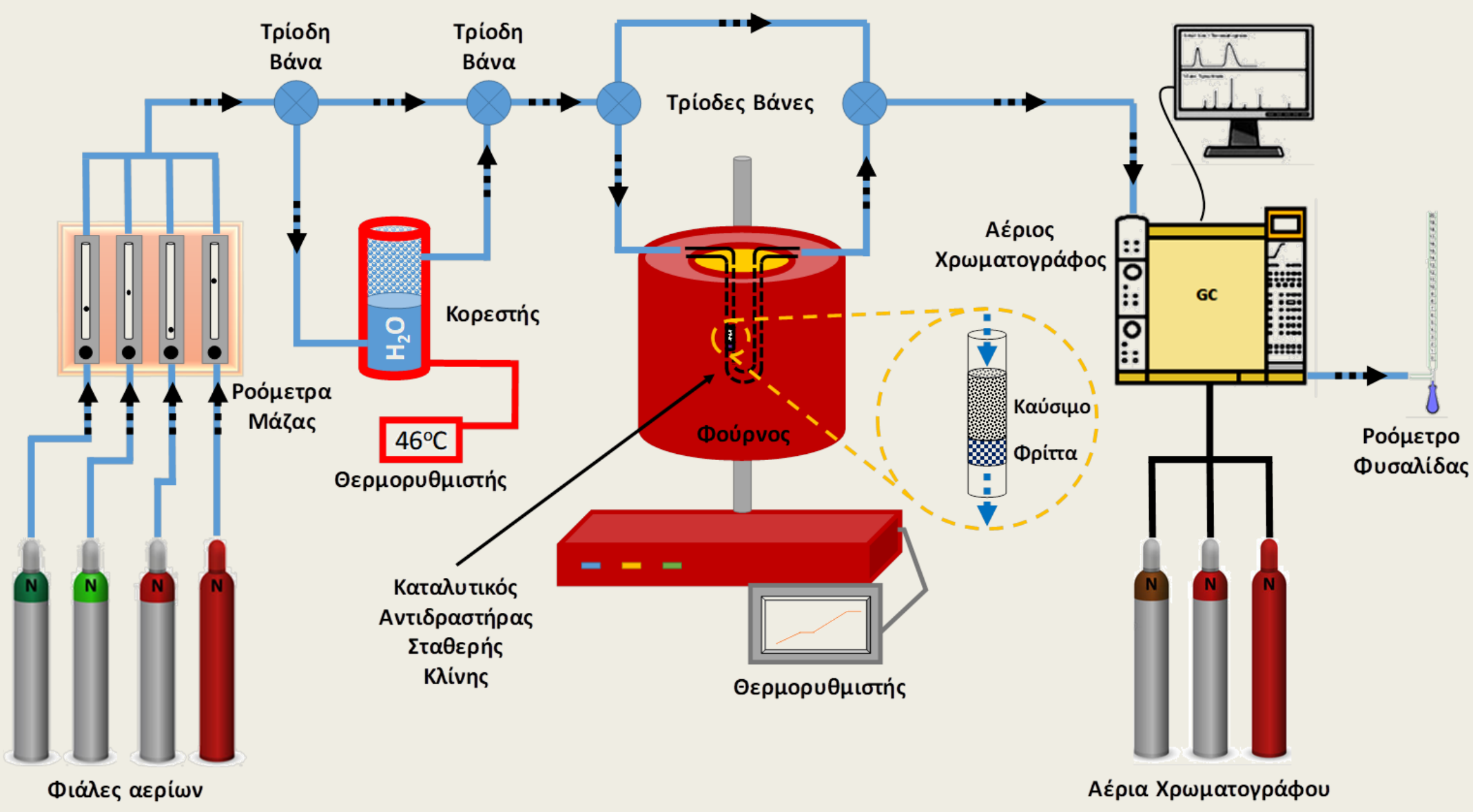
Χαρακτηρισμός καυσίμων

Τόσο το πρωτογενές καύσιμο (OK) όσο και το βιοεξανθράκωμα (OK500) χαρακτηρίστηκαν ως προς τη χημική σύσταση, τη κρυσταλλική δομή (XRD), το πορώδες (BET), τη μορφολογία (SEM), τη κατανομή μεγέθους σωματιδίων (PSD) και τη θερμική τους συμπεριφορά (TGA) υπό ροή N₂, CO₂ και αέρα.

Δραστηκότητα καυσίμων

- Η αξιολόγηση της δραστηκότητας αεριοποίησης πραγματοποιήθηκε σε αντιδραστήρα σταθερής κλίνης σχήματος U (ID = 0.8 cm) από χαλαζία στο θερμοκρασιακό εύρος από 300-950 °C με σταθερό ρυθμό θέρμανσης 2 °C/min.
- Η ποσότητα του καυσίμου που χρησιμοποιούνταν στα πειράματα αεριοποίησης ήταν 100 mg.
- Ως μέσα αεριοποίησης χρησιμοποιήθηκαν καθαρό CO₂ και μίγμα H₂O/He σε συγκέντρωση 10 % κ.ο., με ρυθμός ροής ίσο με 30 cm³/min.
- Η ανάλυση των αερίων προϊόντων πραγματοποιήθηκε με χρήση αερίου χρωματογράφου (SHIMADZU 14B).

Πειραματική διάταξη



¹ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

² Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

³ Εργαστήριο Βιομηχανικών, Ενεργειακών & Περιβαλλοντικών Συστημάτων, Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης

⁴ Ινστιτούτο Διεργασιών & Ενεργειακών Πόρων, ΕΚΕΤΑ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Φυσικοχημικός χαρακτηρισμός καυσίμων

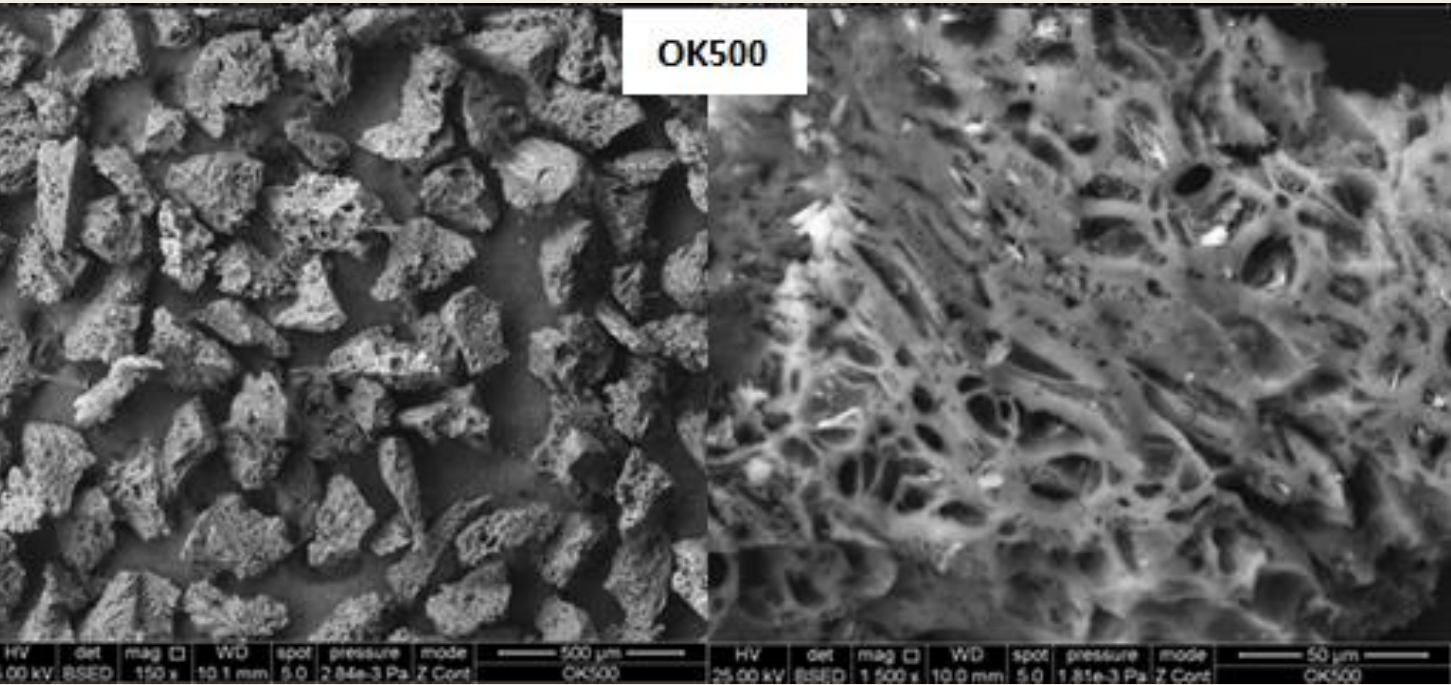
	Στοιχειακή ανάλυση (κ.β.%)					Προσεγγιστική ανάλυση (κ.β.%)				Θερμογόνος Δύναμη (Kcal/kg) d.b. SF	
	C	H	N	O	S	Υγρασία	Τέφρα	Πτητική ύλη (d.b.)	Σταθερός άνθρακας	HHV	LHV
OK	50.2	5.9	0.7	40.2	0.02	7.4	2.9	75.8	13.9	4785	4497
OK500	81.9	2.9	0.8	8.0	0.0	4.5	6.4	15.0	74.1	7437	7294

- ✓ Η παραγωγή του εξανθρακώματος οδηγεί σε έκλυση πτητικών, αυξάνοντας την περιεκτικότητα της ανόργανης ύλης.
- ✓ Η θερμική επεξεργασία οδηγεί σε αύξηση της %κ.β. σύστασης σε άνθρακα συνοδευόμενη από σημαντική πτώση της αντίστοιχης περιεκτικότητας σε O και H.
- ✓ Η περιεκτικότητα σε S ήταν σχεδόν μηδενική και στα δύο δείγματα.

	d _{He} (g/cc)	d _{Hg} (g/cc)	Porosity (%)	V _p (cc/g)	V _{meso} (cc/g)	V _{macro} (cc/g)	V _{micro} (cc/g)	S _{BET} (m ² /g)
OK	1.45	1.29	11	0.09	0.03	0.06	0.00	<10
OK500	1.42	0.68	52	0.70	0.16	0.54	0.00	<10

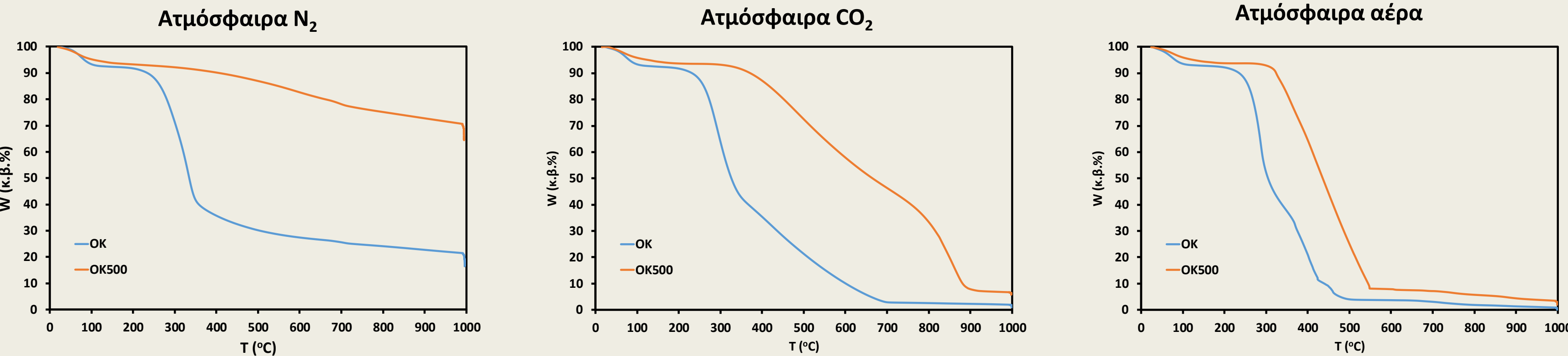
- ✓ Η θερμική επεξεργασία του ελαιοπυρήνα (OK) οδηγεί σε βιοεξανθράκωμα με μεγαλύτερο πορώδες, το οποίο επιβεβαιώνεται και από την διαφορά που καταγράφεται στον όγκο των πόρων λόγω της σημαντικής αύξησης του όγκου των μακρο-πόρων.
- ✓ Και στις δύο περιπτώσεις η ειδική επιφάνεια που μετρήθηκε με την μέθοδο BET ήταν < 10 m²/g.

Εικόνες SEM του δείγματος OK500



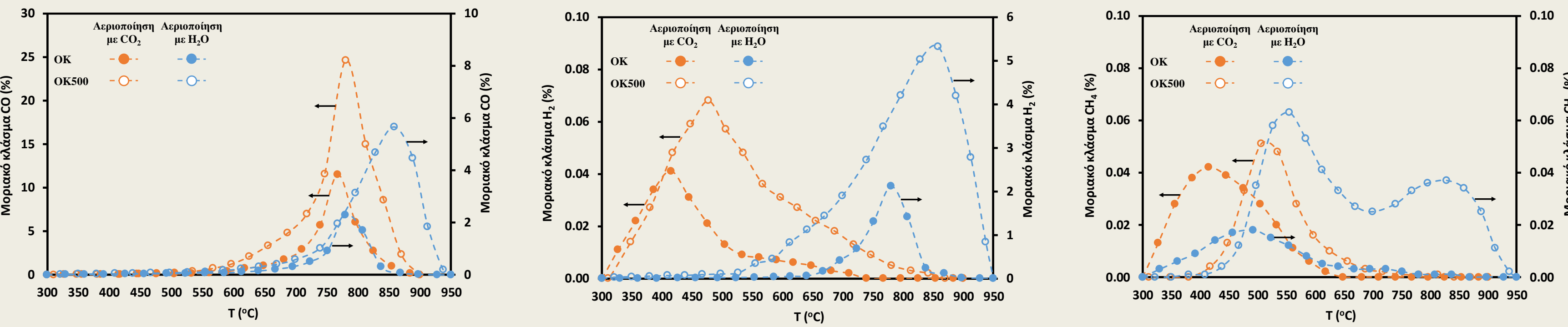
- ✓ Τα σωματίδια έχουν ακανόνιστο σχήμα με στρογγυλεμένες άκρες.
- ✓ Από την ανάλυση EDX προκύπτει ότι τα μεταλλικά στοιχεία είναι ομοιογενώς κατανεμημένα με τη μορφή συσσωματωμάτων και αποτελούνται κυρίως από ενώσεις Ca και K, σε συμφωνία με την ανάλυση της τέφρας του δείγματος OK.

Θερμοσταθμική ανάλυση, TGA



- ✓ Η μεγαλύτερη απώλεια βάρους σημειώνεται στον πρωτογενές ελαιοπυρήνα (OK), που αποδίδεται στην υψηλότερη περιεκτικότητα σε πτητικά.
- ✓ Στην περίπτωση αντιδρώντος ατμόσφαιρας η απώλεια βάρους και για τα δύο δείγματα προσεγγίζει σχεδόν το 100%, ενώ στην περίπτωση του αέρα το ποσοστό αυτό επιτυγχάνεται ήδη από τους 550 °C.

Αεριοποίηση βιομάζας/βιοεξανθρακωμάτων



Χρήση CO₂:

- ✓ Το κυριότερο προϊόν ήταν το CO, η παραγωγή του οποίου αυξάνεται απότομα σε θερμοκρασίες άνω των 705 °C όπου ευνοείται η αντίστροφη αντίδραση Boudouard.
- ✓ Σε σχετικά ενδιάμεσες θερμοκρασίες παρατηρήθηκε η παραγωγή μικρών ποσοτήτων H₂ και CH₄, η οποία πιθανόν να προέρχεται από την εναπομείνουσα πτητική ύλη των δειγμάτων και από αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα στην αέρια φάση.
- ✓ Η θερμική επεξεργασία της πρωτογενούς βιομάζας οδήγησε σε περισσότερο ενεργό βιοεξανθράκωμα αφού αυξάνεται σημαντικά η παραγωγή προς CO.

Χρήση H₂O:

- ✓ Τα κύρια προϊόντα που παρατηρήθηκαν ήταν το CO και το H₂, με αναλογία H₂/CO ≈ 1.
- ✓ Η παραγωγή CH₄ κινήθηκε σε σημαντικά χαμηλότερες τιμές και εντοπίστηκε για την περίπτωση του OK500 τόσο σε χαμηλές θερμοκρασίες από την υφιστάμενη πτητική ύλη όσο και σε θερμοκρασίες άνω των 700 °C εξαιτίας της ενίσχυσης της αντίδρασης μεθανίωσης.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- ✓ Στην εργασία μελετήθηκε η αεριοποίηση ελαιοπυρήνα και αντίστοιχου βιοεξανθρακώματος στους 500°C με χρήση CO₂ ή H₂O ως μέσων αεριοποίησης.
- ✓ Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ήπια εξανθράκωση στους 500 °C μπορεί να οδηγήσει σε εξαιρετικά δραστηκά βιοεξανθρακώματα με υψηλούς ρυθμούς παραγωγής CO και H₂ σε θερμοκρασίες άνω των 700 °C.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εργασία υλοποιήθηκε στο πλαίσιο της Δράσης ΕΡΕΥΝΑ – ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ – ΚΑΙΝΟΤΟΜΩ και συγχρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση και εθνικούς πόρους μέσω του Ε.Π. Ανταγωνιστικότητα, Επιχειρηματικότητα & Καινοτομία (ΕΠΑνΕΚ) (Ερευνητικό έργο LIGBIO-GASOFC, κωδικός έργου: T1EAK-01894).



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

