

Σχεδιασμός και ανάπτυξη Κέντρων Συλλογής Διαχείρισης και Διάθεσης Ελαιοπυρήνα για σκοπούς Ενεργειακής Αξιοποίησης



Δρ Ευαγγελία Στεφανουδάκη, Χημικός, Διατελέσασα ερευνήτρια
Ελένη Μπαρμποπούλου, Γεωπόνος, MSc
Δρ Χρυσούλα Αντωνίου, Χημικός
Μιχάλης Κατζουράκης, Μηχανικός Περιβάλλοντος, MSc
Ινστιτούτο Ελιάς, Υποτροπικών Φυτών και Αμπέλου

Η χρήση της βιομάζας ως ενεργειακής πηγής αποτελεί μια από τις σημαντικότερες προτεραιότητες της ενεργειακής πολιτικής των ευρωπαϊκών χωρών και εντάσσεται στη γενικότερη προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ο ευρωπαϊκός στόχος σε σχέση με τη χρήση της βιομάζας και των άλλων συναφών ενεργειακών πηγών φτάνει στο 20% των αξιοποιούμενων ενεργειακών πόρων για το 2020. Όσον αφορά στον ελληνικό και κυπριακό χώρο, μια πηγή βιομάζας, η οποία δυνητικά μπορεί να καλύψει ένα σημαντικό μέρος της αγοράς και στο παρόν στάδιο παραμένει ουσιαστικά αναξιοποίητη, είναι ο ελαιοπυρήνας.

Ο ελαιοπυρήνας αποτελεί το στερεό υπόλειμμα που προέρχεται από την έκθλιψη του ελαιοκάρπου κατά τη διαδικασία παραγωγής ελαιολάδου στα ελαιοτριβεία. Ένα σημαντικό δεδομένο, το οποίο αφορά τον ελαιοπυρήνα, είναι η θερμογόνος δύναμή του, και ειδικότερα του επεξεργασμένου, η οποία είναι αρκετά υψηλή και συγκρίσιμη με αυτή του κάρβουνου. Συνεπώς, ο ελαιοπυρήνας μπορεί να αξιοποιηθεί άμεσα ως καύσιμο για σκοπούς παραγωγής ενέργειας και ειδικότερα θερμότητας. Παρόλο που με την κατάλληλη επεξεργασία μπορεί να μετατραπεί σε ένα πολύ καλό καύσιμο, εντούτοις έως και σήμερα, και παρά τις μεγάλες ποσότητες ελαιοπυρήνα οι οποίες είναι διαθέσιμες κάθε χρόνο, απουσιάζει ένας μηχανισμός ολοκληρωμένης διαχείρισής του, με αποτέλεσμα να παρατηρούνται σειρά προβλημάτων, κυρίως περιβαλλοντικών, στη διαχείρισή του ως απόβλητο.

Όσον αφορά την Κύπρο, η έλλειψη ενός πλαισίου διαχείρισης έχει οδηγήσει σε σειρά άλλων προβλημάτων, όπως στρεβλώσεις σε θέματα τιμών, ανεξέλεγκτη εναπόθεση στο περιβάλλον, ημιτελής επεξεργασία του για σκοπούς παραγωγής καυσίμου, κ.ά. Στην Ελλάδα από την άλλη, υπάρχει περιορισμός στην

απευθείας χρήση του ελαιοπυρήνα ως καύσιμο σύμφωνα με την παρακάτω νομοθεσία:

- Αγορανομική Διάταξη 7/2009 (ΦΕΚ. 1388/Β/13.07.09), άρθρο 126

Απαγορεύεται η χρήση ακατέργαστων ελαιοπυρήνων για καύσιμη ύλη από οποιονδήποτε, εφόσον για τέτοια ενέργεια δεν έχει εκδοθεί νομότυπη άδεια των αρμοδίων Αρχών.

- ΦΕΚ. 2654/09.11.11 «Ρύθμιση θεμάτων σχετικών με τη λειτουργία των σταθερών εστιών καύσης για τη θέρμανση κτιρίων και νερού», άρθρο 2 (Επιτρεπόμενα Βιοκαύσιμα)

Τα μόνα επιτρεπόμενα καύσιμα είναι το πετρέλαιο θέρμανσης ή κίνησης, όπως κατά περίπτωση ορίζεται στην ισχύουσα νομοθεσία, σύμφωνα με τις ισχύουσες κάθε φορά προδιαγραφές, τα αέρια καύσιμα των εκάστοτε νόμιμων τύπων προδιαγραφών, καθώς και τα καύσιμα στερεής βιομάζας (pellets, Πυρηνόξυλο, woodchips και άλλα), όπως ορίζονται στο Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 14961-1.

- ΦΕΚ. 2499/04.10.2013 «Καύσιμα στερεής βιομάζας για μη βιομηχανική χρήση», άρθρο 2 (Ορισμοί)

Πυρηνόξυλο (exhausted olive cake): ο ξηρός εκχυλισμένος ελαιοπυρήνας που παράγεται μετά την αφαίρεση του πυρηνελαίου στα πυρηνελαιουργεία.

Το έργο σχεδιασμός και ανάπτυξη Κέντρων Συλλογής Διαχείρισης και Διάθεσης Ελαιοπυρήνα για σκοπούς Ενεργειακής Αξιοποίησης (ΚΕ.Δ.ΕΛ.Ε.Α.) είχε ως κύριο στόχο τη δημιουργία των απαραίτητων υποδομών για την ολοκληρωμένη διαχείριση του ελαιοπυρήνα, για σκοπούς παραγωγής στερεού βιοκαυσίμου. Το έργο υλοποιήθηκε στο πλαίσιο του Προγράμματος Διασυνοριακής Συνεργασίας ΕΛΛΑΔΑ – ΚΥΠΡΟΣ 2007-2013, άξονας προτεραιότητας «Φυσικό και Πολιτισμικό Περιβάλλον» και του Ειδικού Στόχου «Αξιοποίηση και Διαχείριση Φυσικών και Πολιτιστικών Πόρων». Η διάρκεια υλοποίησης του έργου ήταν 30 μήνες (Οκτώβριος 2012-Μάρτιος 2015) με συνολικό προϋπολογισμό 534.500 €, με τη συγχρηματοδότηση της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΤΠΑ) κατά ποσοστό 80% και Εθνικούς Πόρους της Ελλάδας και της Κύπρου κατά ποσοστό 20%. Στην ομάδα του έργου συμμετείχαν το Ερευνητικό Κέντρο

Frederick, το Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών και ο Δήμος Γερίου από την Κύπρο και το Εργαστήριο Τεχνολογίας Τροφίμων του Ινστιτούτου Ελιάς, Υποτροπικών Φυτών και Αμπέλου-ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ από την Ελλάδα.

Στο πλαίσιο του έργου υλοποιήθηκαν και αναπτύχθηκαν οι ακόλουθες ενέργειες και υποδομές σε Κύπρο και Κρήτη:

Τεκμηριωμένη ποσοτικοποίηση ελαιοπυρήνα και πυρηνόξυλου στην Κύπρο και την Κρήτη

Η ομάδα έργου κατέγραψε αναλυτικά τις ποσότητες ελαιοπυρήνα καθώς και τους μετεωρολογικούς και γεωργικούς δείκτες στην Κύπρο και στην Κρήτη, προκειμένου να δημιουργηθεί ένα προβλεπτικό μοντέλο για την ετήσια ποσότητα ελαιοπυρήνα.

Για την Κύπρο η καταγραφή υλοποιήθηκε (για περίοδο 5 ετών) με έρευνα πεδίου

(ερωτηματολόγια και τεκμήρια) στα 31 εν λειτουργία ελαιοτριβεία καθώς και με στατιστικά στοιχεία και καταγραφές από άλλες πηγές (FAO, Eurostat κ.ά.).

Όσον αφορά την Κρήτη, λόγω του μεγάλου αριθμού ελαιοτριβείων (περίπου 550), συγκεντρώθηκαν στοιχεία που αφορούν γεωργικούς δείκτες (καλλιεργήσιμες εκτάσεις, αριθμός ελαιόδέντρων) καθώς και την παραγωγή του ελαιοκάρπου, ανά έτος (1995 - 2009) για κάθε ένα νομό, μέσω επικοινωνίας με φορείς, όπως το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, τις Διευθύνσεις Αγροτικής Οικονομίας και Κτηνιατρικής των τεσσάρων Νομών, τον Οργανισμό Πληρωμών και Ελέγχου Κοινοτικών Ενισχύσεων Προσανατολισμού και Εγγυήσεων (ΟΠΕΚΕΠΕ), το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), το Σύνδεσμο Ελαιοκομικών Δήμων Κρήτης (ΣΕΔΗΚ), την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ), καθώς επίσης και με ιδιώτες ελαιοουργούς και πυρηνελαιοουργούς.

Η συγκέντρωση των μετεωρολογικών δεικτών έγινε με στοιχεία από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ) για τα έτη 1995 έως 2004, από δώδεκα μετεωρολογικούς σταθμούς διάσπαρτους στο νησί. Οι μετεωρολογικοί δείκτες που αναλύθηκαν ήταν :

- ηλιοφάνεια σε ώρες
- βαθμοήμερες ανάπτυξης 5 °C
- χαλάζι σε ημέρες
- μέση θερμοκρασία (°C)
- χιόνι σε ημέρες
- μέση μέγιστη θερμοκρασία (°C)
- αριθμός ημερών βροχής
- μέση ελάχιστη θερμοκρασία (°C)
- μνηιαίο ύψος υετού (mm)
- μέση σχετική υγρασία %
- αριθμός ημερών με υετό ≥ 1 mm
- διεύθυνση μεγαλύτερης ημερήσιας μέγιστης έντασης ανέμου (δεκάμοιρα)
- μέση ταχύτητα ανέμου (Knot)
- μέση ένταση ανέμου ≥ 33 knot

Από τη βιβλιογραφία προκύπτει ότι η ετήσια παραγωγή ελαιοκάρπου επηρεάζεται, εκτός των κλιματολογικών συνθηκών που επικρατούν κατά τις κρίσιμες περιόδους ανάπτυξης του

φυτού, και από άλλους παράγοντες, όπως η ποικιλία της ελιάς και οι καλλιεργητικές πρακτικές (άρδευση, λίπανση) που χρησιμοποιούνται και που μπορούν να επηρεάσουν την παραγωγή του φυτού, ακόμη και της επόμενης χρονιάς. Η προφανής επιρροή ενός παράγοντα κατά τις κρίσιμες περιόδους ανάπτυξης του φυτού δεν καθορίζει απαραίτητα και την ετήσια παραγωγή. Ο συνδυασμός όμως, περισσότερων κλιματολογικών ή άλλων

στοιχείων μπορεί να επηρεάσει θετικά ή αρνητικά την παραγωγή και ανάπτυξη του ελαιοκάρπου.

Η προσπάθεια για δημιουργία ενός προβλεπτικού παραμετρικού μοντέλου για την ετήσια ποσότητα ελαιοπυρήνα που θα λαμβάνει υπόψη γεωργικούς δείκτες και κυρίως τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά στις περιοχές μελέτης, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η διακύμανση των ποσοτήτων ήταν σχετικά μικρή, με αποτέλεσμα να δύναται να θεωρηθεί σταθερή στις περιοχές μελέτης με τη μέση ετήσια ποσό-

τητα ελαιοπυρήνα να είναι 13.000 τόνοι για την Κύπρο και 290.000 τόνοι για την Κρήτη.

Προσδιορισμός δυναμικής συμβολής ελαιοπυρήνα στα ενεργειακά ισοζύγια της Κύπρου και της Κρήτης

Για τον καθορισμό της συνεισφοράς του ελαιοπυρήνα στα ενεργειακά ισοζύγια των περιοχών μελέτης αξιολογήθηκαν τα υφιστάμενα ενεργειακά μείγματα, οι διαθέσιμες τεχνολογίες ενεργειακής αξιοποίησης του πελετοποιημένου ελαιοπυρήνα καθώς επίσης και τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά του ελαιοπυρήνα, όπως αυτά μετρήθηκαν μέσα από το έργο. Η συμβολή του ελαιοπυρήνα στα ενεργειακά ισοζύγια έγινε βάσει σεναρίων διείσδυσης για παραγωγή θερμότητας στον οικιακό, βιομηχανικό και αγροτικό τομέα. Το έργο ανέδειξε ότι ιδιαίτερα στην περίπτωση της Κρήτης, η σταθμισμένη συμβολή του ελαιοπυρήνα δυναμικά μπορεί να καλύψει το 50% των ενεργειακών αναγκών για θερμότητα του βιομηχανικού τομέα ή το 95% των αντίστοιχων αναγκών στον τομέα της γεωργίας. Οι αντίστοιχες τιμές για το ενεργειακό ισοζύγιο της Κύπρου είναι 0,1 και 2%, λόγω των σαφώς μικρότερων ποσοτήτων ελαιοπυρήνα, αλλά και του μεγαλύτερου μεγέθους του ενεργειακού συστήματος της Κύπρου.

Καθορισμός πλαισίου λειτουργίας κέντρων διαχείρισης ελαιοπυρήνα για παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων και οριοθέτηση βέλτιστων σημείων

Δεδομένου ότι η επιλογή του χώρου στον οποίο θα στεγαζόταν ένα κέντρο διαχείρισης και επεξεργασίας ελαιοπυρήνα έχει βαρύνουσα σημασία, καθώς το κόστος μεταφοράς του αποβλήτου από τα σημεία παραγωγής και η μεταφορά του βιοκαυσίμου (σε μορφή πέλλετ) στα αστικά κέντρα επιβαρύνουν σε μεγάλο βαθμό το συνολικό κόστος της μονάδας, η ομάδα του έργου δημιούργησε ένα μαθηματικό παραμετρικό μοντέλο με σκοπό τον προσδιορισμό της βέλτιστης θέσης στην οποία επιτυγχάνεται ελαχιστοποίηση των ενεργειακών



αναγκών για σκοπούς μεταφοράς του βιοκαυσίμου.

Το μοντέλο έλαβε υπόψη την ακριβή τοποθεσία των σημείων παραγωγής ελαιοπυρήνα, τόσο τριφασικού όσο και διφασικού, καθώς επίσης και τη μέση ετήσια παραγόμενη ποσότητα αποβλήτου από κάθε ελαιοτριβείο. Οι συντεταγμένες κάθε σημείου υπολογίστηκαν βάσει του προβολικού συστήματος της Διεθνούς Εγκάρσιας Μερκατορικής Προβολής. Στην περίπτωση της Κρήτης υιοθετήθηκε και ένας δεύτερος τρόπος προσέγγισης της βέλτιστης θέσης εγκατάστασης των Κέντρων Συλλογής και Επεξεργασίας Ελαιοπυρήνα (ΚΣΕΕ). Σε αυτήν την προσέγγιση λήφθηκαν υπόψη οι πραγματικές αποστάσεις ανάμεσα στα ελαιοτριβεία, καθώς και η απόσταση του κάθε ελαιοτριβείου από τις βιομηχανικές ζώνες του κάθε νομού. Το μοντέλο αυτό συνυπολογίζει τη μορφολογία και τα χαρακτηριστικά του εδάφους, ωστόσο το ΚΣΕΕ θα τοποθετείται στην υπάρχουσα θέση ενός ελαιοτριβείου για το οποίο θα απαιτείται η ελάχιστη ενέργεια μεταφοράς. Το βέλτιστο σενάριο που προέκυψε για τον προσδιορισμό των πιθανών θέσεων των κέντρων συλλογής και επεξεργασίας του ελαιοπυρήνα στην περίπτωση της Κύπρου ήταν ένα κέντρο ανά επαρχία (5 κέντρα Παγκύπρια), ενώ στην περίπτωση της Κρήτης ήταν ένα κέντρο σε κάθε έναν από τους τέσσερις νομούς του νησιού.

Ανάπτυξη πιλοτικού σταθμού συλλογής και πελλετοποίησης ελαιοπυρήνα στον Δήμο Γερίου (Κύπρος)

Στο πλαίσιο υλοποίησης του έργου, δημιουργήθηκε στον Δήμο Γερίου πιλοτική μονάδα επεξεργασίας και πελλετοποίησης ελαιοπυρήνα. Το κέντρο αποτελείται από ένα ξηραντήριο, ένα τεμαχιστή, ένα πελλετοποιητή και μια διάταξη τυποποίησης. Συγκεκριμένα με το ξηραντήριο επιτυγχάνεται η απαιτούμενη βάση προτύπων περιεχόμενης υγρασίας στο στερεό ελαιοπυρήνα. Ο τεμαχιστής χρησιμοποιείται για τον τεμαχισμό του ελαιοπυρήνα στα κατάλληλα για πελλετοποίηση μεγέθη. Μέσα από τη διάταξη πελλετοποίησης δημιουργούνται στη συνέχεια τα συσώματα (πέλλετ), τα οποία αφού ψυχθούν, συσκευάζονται αναλόγως της τελικής χρήσης. Οι ιδιότητες των συσσωμάτων (στοιχειακή σύσταση, θερμογόνο δύναμη, περιεχόμενη υγρασία, υπολειπόμενη στάχτη, πυκνότητα, μηχανική αντοχή) θα εξετάζονται σε τακτική βάση στο κέντρο θερμοφυσικού χαρακτηρισμού στερεών βιοκαυσίμων, το οποίο δημιουργήθηκε στο πλαίσιο του έργου στο Ερευνητικό Κέντρο Frederick, αλλά και στο Ινστιτούτο Ελιάς, Υποτροπικών Φυτών και Αμπέλου. Η δυναμικότητα του κέντρου ανέρχεται σε παραγωγή 200 kg συσσωμάτων ανά ώρα λειτουργίας, ενώ με τις υποδομές του κέντρου δύναται να πελλετοποιηθούν και άλλες μορφές ξυλοειδούς βιομάζας, όπως π.χ. κλαδέματα.

Ανάπτυξη εργαστηριακών υποδομών για τον ολοκληρωμένο τεχνικό χαρακτηρισμό της πρώτης ύλης και των παραγόμενων βιοκαυσίμων

Ένα βασικό εξερχόμενο του έργου, είναι η ανάλυση των χημικών και θερμοφυσικών ιδιοτήτων του ελαιοπυρήνα σε Κύπρο και Κρήτη. Συγκεκριμένα για την περίπτωση της Κύπρου, η ομάδα έργου προχώρησε στη συλλογή και ανάλυση δειγμάτων και από τα 31 ελαιοτριβεία της Κύπρου. Αντίστοιχα στην Κρήτη έγιναν δειγματοληψίες από 82 σημεία, τόσο ελαιοπυρήνα από ελαιοτριβεία (2-φασικά, 3-φασικά και κλασικά) όσο και πυρηνόξυλου και στους τέσσερις νομούς του νησιού. Ο χαρακτηρισμός περιλάμβανε τη στοιχειακή ανάλυση και τη θερμογόνο δύναμη του ελαιοπυρήνα. Προσδιορίστηκε επίσης η περιεχόμενη υγρασία αλλά και η υπολειπόμενη στάχτη του βιοκαυσίμου. Όλες οι αναλύσεις, καθώς επίσης και η δειγματοληψία και φύλαξη του ελαιοπυρήνα, έγιναν βάσει των ευρωπαϊκών προτύπων τα οποία διέπουν το χαρακτηρισμό στερεάς βιομάζας και βιοκαυσίμων (EN 14774, 14775, 14778, 14780, 14918, 15104). Η εργασία ανέδειξε το γεγονός ότι τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά της πρώτης ύλης είναι εντός των προβλεπόμενων ορίων της κατηγορίας της ξυλοειδούς βιομά-

ζας, όπως αυτή προσδιορίζεται στο ευρωπαϊκό πρότυπο EN 14961. Επίσης, ανέδειξε τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά σε σχέση με τις θερμοφυσικές ιδιότητες αναλόγως τεχνολογίας ελαιοτριβείου, βαθμού επεξεργασίας αποβλήτου αλλά και συνθηκών φύλαξης του υγρού ελαιοπυρήνα.

Δημιουργία μόνιμου μηχανισμού τιμολόγησης του ελαιοπυρήνα σε όλα τα στάδια τροφοδοσίας

Η ομάδα έργου προχώρησε στη δημιουργία ενός παρατηρητηρίου τιμών προκειμένου να διασφαλιστούν ομαλές συνθήκες διαχείρισης και ενεργειακής αξιοποίησης του ελαιοπυρήνα. Για το σκοπό αυτό, αξιοποιήθηκαν τα αποτελέσματα προηγούμενων ενεργειών του έργου και εξετάστηκαν διάφορα σενάρια λειτουργίας μιας τυπικής μονάδας διαχείρισης ελαιοπυρήνα, η οποία έχει τη δυνατότητα παραγωγής πέλλετ. Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν πραγματικά δεδομένα που αφορούν την πιλοτική μονάδα αξιοποίησης ελαιοπυρήνα στο Δήμο Γερίου. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης υποδεικνύουν ότι υπό προϋποθέσεις μπορεί να διασφαλιστεί βιώσιμη λιανική τιμή πώλησης για



πέλλετ ελαιοπυρήνα, η οποία να μπορεί να ανταγωνιστεί την τιμή πώλησης για συνήθη πέλλετ ξύλου.

Διάχυση αποτελεσμάτων έργου

Η διάχυση των αποτελεσμάτων αποτελεί βασικό στόχο του έργου, για το λόγο αυτό έγιναν οι παρακάτω ενέργειες:

- α) Δημιουργία ιστοσελίδας.** Η ιστοσελίδα (<http://www.olive-energy.eu>) περιλαμβάνει γενικά στοιχεία και παραδοτέα του έργου.
- β) Ενημερωτικά φυλλάδια.** Διανεμήθηκαν έντυπα ενημερωτικά φυλλάδια στους ενδιαφερόμενους φορείς, οι οποίοι ενημερώθηκαν τόσο για τους στόχους του έργου (αρχικά φυλλάδια) όσο και για τα αποτελέσματά του (τελικά φυλλάδια).
- γ) Ενημερωτικές ημερίδες.** Διοργανώθηκαν ενημερωτικές ημερίδες στην Κύπρο και στην Κρήτη, όπου παρουσιάστηκαν τα κυριότερα αποτελέσματα του έργου.
- δ) Συμμετοχή σε επιστημονικά συνέδρια.** Η ομάδα έργου της Κύπρου συμμετείχε σε ένα διεθνές (22nd European Biomass Conference and Exhibition, Ιούνιος 2014, Αμβούργο, Γερμανία) και ένα εθνικό συνέδριο (10^ο Εθνικό Συνέδριο για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας, Νοέμβριος 2014, Θεσσαλονίκη), ενώ η ομάδα της Κρήτης συμμετείχε με την προφορική παρουσίαση «Olive husk management centers: the case of Cyprus and Crete» στο διεθνές συνέδριο 4th International Conference on Industrial and Hazardous Waste Management, Σεπτέμβριος 2014, Χανιά, Ελλάδα.



Η Πρόση συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΤΠΑ) και από Εθνικούς Πόρους της Ελλάδας και της Κύπρου

Πληροφορίες: Ινστιτούτο Ελιάς, Υποτροπικών Φυτών και Αμπέλου (IE-ΛΥΑ), Αγροκήπιο, 73100, Χανιά, **τηλ.** 2821083417, **e-mail:** laboliveoil@nagref-cha.gr