ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»
1η ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΒΙΟΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΟΥ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

Διπλωματική Εργασία

Μαρία Πλώτα

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Αικατερίνη Χαραλάμπους

Αθήνα, Φεβρουάριος 2022

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Φτάνοντας στο πέρας των μεταπτυχιακών μου σπουδών στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα πρόσωπα εκείνα που με στήριξαν έμπρακτα, πνευματικά και ηθικά σε όλο το διάστημα των σπουδών, καθώς και τους ανθρώπους που συνέβαλαν σημαντικά στην εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω την υπεύθυνη της διπλωματικής εργασίας, καθηγήτρια του Ε.Μ.Π., κυρία Αικατερίνη Χαραλάμπους, για την ανάθεση του θέματος και την παροχή της δυνατότητας να ασχοληθώ με ένα αντικείμενο ιδιαίτερου ερευνητικού ενδιαφέροντος, καθώς και για τις γνώσεις που μας μετέδωσε στο πλαίσιο των μαθημάτων του Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη». Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κυρία Μαρία Λοϊζίδου, ομοτ. καθηγήτρια Ε.Μ.Π., η οποία μας μετέδωσε το ενδιαφέρον και τις γνώσεις της για τα ζητήματα διαχείρισης στερεών αποβλήτων και Κυκλικής Οικονομίας.

Αμέριστη ήταν, ακόμη, η βοήθεια του κυρίου Δημήτριου Μαλαμή, ΕΔΙΠ, χωρίς την εμπειρία, τις καίριες παρεμβάσεις και την επιστημονική και ηθική υποστήριξη του οποίου, η ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας θα ήταν ανέφικτη.

Τέλος, ευχαριστώ από καρδιάς την οικογένειά μου, σταθερό παραστάτη στις προσπάθειές μου, καθώς και τους φίλους μου τόσο παλιούς και αγαπημένους, όσο και όσους είχα τη χαρά να αποκτήσω στο πλαίσιο του μεταπτυχιακού προγράμματος, οι οποίοι ήταν πάντα εκεί να με στηρίζουν.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία διερευνάται η ανάπτυξη ενός βιοδιυλιστηρίου βιομάζας, και συγκεκριμένα αποβλήτων βιομάζας, στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας (ΠΚΜ). Η ΠΚΜ ως περιοχή μελέτης παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, λόγω της υψηλής παραγωγής αποβλήτων βιομάζας, της διαθεσιμότητας όλων των ρευμάτων ενδιαφέροντος και της ιστορίας της στον τομέα της βιομηχανίας.

Αρχικά, αναλύονται οι πλέον πρόσφατες εξελίξεις σε επίπεδο αναπτυξιακών και περιβαλλοντικών πολιτικών, όπως αυτές διαμορφώνονται ως απάντηση στις διεθνώς αναδυόμενες κοινωνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές προκλήσεις. Συγκεκριμένα, πραγματοποιείται επισκόπηση των εννοιών της Κυκλικής Οικονομίας και της Βιοοικονομίας και παρουσιάζονται οι κυριότερες Ευρωπαϊκές και Εθνικές πολιτικές και νομοθεσίες, που αφορούν στην επίτευξη της αειφόρου ανάπτυξης και της περιβαλλοντικής προστασίας. Έννοιες όπως η αποσύνδεση της οικονομίας από τη χρήση πρωτογενών πρώτων υλών, η αποδοτικότητα των πόρων και η μετάβαση σε Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) κατέχουν κεντρική θέση στα προωθούμενα αναπτυξιακά και οικονομικά μοντέλα. Η εναλλακτική και βιώσιμη διαχείριση της βιομάζας, και δη των αποβλήτων βιομάζας, συνιστά βασικό εργαλείο στις ως άνω επιδιώξεις.

Η μορφή βιοδιυλιστηρίου που επιλέχθηκε είναι αυτή που έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του ερευνητικού προγράμματος CIRCforBIO. Τα προς επεξεργασία υποστρώματα είναι τόσο αστικής όσο και βιομηχανικής προέλευσης και αφορούν σε έξι διακριτά ρεύματα: 1) απόβλητα τροφίμων, 2) απόβλητα επιχειρήσεων καφέ, 3) απόβλητα αρτοποιείων, 4) απόβλητα βιοτεχνιών/βιομηχανιών επεξεργασίας πατάτας, 5) απόβλητα βιοτεχνιών/βιομηχανιών παραγωγής χυμών φρούτων και 6) απόβλητα ζυθοποιίας. Για την καταγραφή των παραγόμενων και τελικά διαθέσιμων ποσοτήτων κάθε ρεύματος, χρησιμοποιήθηκαν τόσο πρωτογενή δεδομένα, όσο και βιβλιογραφική αναζήτηση δεικτών παραγωγής αποβλήτων ανά είδος δραστηριότητας. Ανάλογα με τις ιδιότητες του κάθε υποστρώματος, η γραμμή επεξεργασίας του βιοδιυλιστηρίου περιλαμβάνει το σύνολο ή μέρος από τις εξής διεργασίες: 1) ξήρανση, 2) εξαγωγή λαδιού, 3) απολιγνίνωση, 4) ενζυμική υδρόλυση, 5) αλκοολική ζύμωση, 6) απόσταξη και 7) αναερόβια χώνευση. Από την επεξεργασία των διαθέσιμων ποσοτήτων αποβλήτων βιομάζας προέκυψε ότι ανά έτος μπορούν να παραχθούν συνολικά 4.221,99 tn χρησιμοποιημένου λαδιού, 6.909,14 tn βιοαιθανόλης, 7.715.722,96 m^3 βιοαερίου και 20.704,34 tn χωνεμένης ιλύος.

Συμπερασματικά, η ανάπτυξη του προτεινόμενου βιοδιυλιστηρίου μπορεί να οδηγήσει στην παραγωγή δευτερογενών προϊόντων δυνητικά χαμηλού περιβαλλοντικού αποτυπώματος και υψηλής προστιθέμενης αξίας. Τέτοιου είδους μονάδες μπορούν να λειτουργήσουν συμπληρωματικά με τις μεθόδους επεξεργασίας που προτείνονται από το Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων, αναβαθμίζοντας τη διαχείριση αποβλήτων στη χώρα, η οποία καλείται να σημειώσει σημαντική πρόοδο στον τομέα αυτό. Ταυτόχρονα, η ανάπτυξη της εν λόγω μονάδας μπορεί να αποτελέσει παράδειγμα καλής πρακτικής στην υιοθέτηση αρχών Κυκλικής Οικονομίας και να αποτελέσει αναπτυξιακό εργαλείο, σύμφωνα με τις ιδιαίτερες ανάγκες της εξεταζόμενης Περιφέρειας. Ωστόσο, η περαιτέρω έρευνα για συλλογή στοιχείων, η βελτίωση των διαθέσιμων βάσεων δεδομένων και η εμπλοκή όλων των ενδιαφερόμενων μερών στις σχετικές προσπάθειες αποτελούν απαραίτητα στοιχεία για τη βιωσιμότητα τέτοιου είδους εγχειρημάτων.

ABSTRACT

In this diploma thesis we study the development of a waste biomass biorefinery, located in the region of Central Macedonia. The selected region is of special interest, because of the massive waste biomass generation, the availability regarding the waste streams needed for the selected process and its tradition in the industrial sector.

Firstly, we analyze current trends in the field of development and environmental policies, as they evolve as an answer to the main societal, economic and environmental challenges that arise worldwide. Specifically, an overview of the Circular Economy and the Bioeconomy concepts is provided, together with the main European and National policies and legislative documents that deal with sustainable development and environmental protection issues. Concepts such as decoupling economic growth from primary resource use, resource efficiency and transition to Renewable Energy Sources are recognized as key factors towards the promoted development and economic models. The alternative and sustainable management of biomass – especially waste biomass – is considered to be an important tool, in order to achieve the aforementioned goals.

The biorefinery model that has been developed in the framework of CIRCforBIO project was selected, in order to treat the available waste biomass. The substrates consist of six distinct waste streams, both municipal and industrial: 1) foodwaste, 2) waste generated from cafes, 3) waste generated from bakeries, 4) waste generated from potato processing industries, 5) waste generated from fruit juice industries and 6) waste generated from breweries. In order to identify the waste biomass generation quantities and the available quantities, both primary data and indicators identified through bibliographic research were used. The waste treatment steps depend on the characteristics of each substrate and may include either all or some of the following processes: 1) drying, 2) oil extraction, 3) delignification, 4) saccharification, 5) fermentation, 6) distillation and 7) anaerobic digestion. Overall, the biorefinery process resulted in the production of 4.221,99 tn used oil, 6.909,14 tn bioethanol, 7.715.722,96 m^3 biogas and 20.704,34 tn digestate, annually. In conclusion, the development of the biorefinery studied in this diploma thesis will result in the production of secondary products that may prove to be of low environmental impact and high added value. Biorefineries may act as complementary facilities regarding the facilities that are going to be developed, according to the National Waste Management Plan, and upgrade the current waste management situation in Greece. Moreover, the development of this biorefinery model could be utilized as a good practice with respect to the adoption of Circular Economy principles. At the same time, considering the local needs of the

region of Central Macedonia, facilities like the biorefinery proposed herein could empower local economies and promote local development. However, additional studies regarding data collection, improvement of the available databases and engagement of stakeholders are key elements for such projects to succeed.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ 1
1.1 ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ 1
1.1.1 Επαναπροσδιορισμός του υφιστάμενου οικονομικού μοντέλου 1
1.1.2 Κυκλική Οικονομία: επισκόπηση της έννοιας 3
1.1.2.1 Ορισμός 3
1.1.2.2 Οφέλη 6
1.2 ΒΙΟΙΚΟΝΟΜΙΑ 7
1.2.1 Έννοια και σημασία της Βιοοικονομίας 7
1.2.2 Βιομηχανία βιοπροϊόντων 10
1.2.2.1 Βιοδιυλιστήριο 11
1.2.2.2 Η βιομάζα ως πρώτη ύλη για το βιοδιυλιστήριο 12
1.3 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 18
2 ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ 19
2.1 ΓΕΝΙΚΑ 19
2.2 ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ 20
2.2.1 Υγειονομική ταφή αποβλήτων 20
2.2.2 Διαχείριση αποβλήτων 21
2.2.3 Κυκλική Οικονομία 22
2.2.4 Πολιτικές για την Ενέργεια και το Κλίμα 23
2.3 ΕΘΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ 25
3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ 29
4 ΚΥΡΙΟ ΜΕΡΟΣ 32
4.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΙΟΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΟΥ 32
4.1.1 CIRCforBIO 32
4.1.2 Ρεύματα υπολειμματικής βιομάζας 32
4.1.3 Στάδια επεξεργασίας και προϊόντα 36
4.1.3.1 Στάδια επεξεργασίας 36
4.1.3.2 Προϊόντα 38
4.1.4 Διαγραμματική απεικόνιση του προτεινόμενου βιοδιυλιστηρίου 42
4.2 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ 43
4.2.1 Γενικά στοιχεία 43
4.2.2 Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων 45
4.2.2.1 Παραγωγή 45

4.2.2.2 Υφιστάμενη διαχείριση 47
4.3 ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ 50
4.3.1 Βιοαπόβλητα αστικής προέλευσης 50
4.3.1.1 Απόβλητα τροφίμων 51
4.3.1.2 Απόβλητα καφέ 53
4.3.1.3 Απόβλητα αρτοποιείων 57
4.3.2 Υπολειμματική βιομάζα βιομηχανικής προέλευσης 60
4.4 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΑΘΕΣΙΜΗΣ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ 63
4.4.1 Απόβλητα τροφίμων 64
4.4.2 Απόβλητα αρτοποιείων 65
4.4.3 Εξαντλημένοι κόκκοι καφέ 67
4.4.4 Εξαντλημένοι κόκκοι κριθαριού 68
4.4.5 Απόβλητα επεξεργασίας πατάτας 69
4.4.6 Απόβλητα παραγωγής χυμών φρούτων 71
4.4.7 Συνολικά αποτελέσματα 73
5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 74
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 82

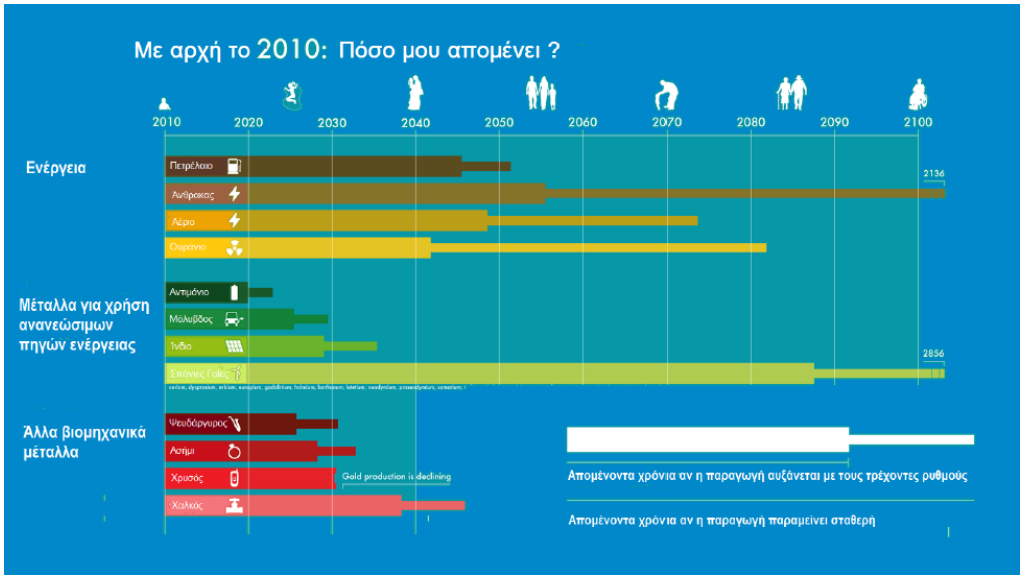
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

1.1.1 Επαναπροσδιορισμός του υφιστάμενου οικονομικού μοντέλου

Η Κυκλική Οικονομία (ΚΟ) συνιστά ένα νέο οικονομικό μοντέλο, το οποίο έρχεται να αντικαταστήσει το ισχύον γραμμικό οικονομικό σύστημα, που στηρίζεται στο σχήμα «παίρνω-φτιάχνω-απορρίπτω», στην κατεύθυνση επίτευξης της βιώσιμης ανάπτυξης (ΕΚΤ 2019). Το υφιστάμενο σύστημα παραγωγής και κατανάλωσης αγαθών έχει πλέον φτάσει στα όριά του, καθώς αδυνατεί να ανταπεξέλθει στις διαμορφωμένες αλλά και προδιαγραφόμενες περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές συνθήκες του πλανήτη, με αειφόρα προοπτική, ακριβώς λόγω της γραμμικότητας διαχείρισης των φυσικών πόρων. Οι Mavropoulos and Nilsen (2020), εξετάζοντας πηγές σχετικά με τις τάσεις που θα διαμορφώσουν το πλανητικό πλαίσιο στα επόμενα χρόνια, αναφέρουν ότι η εξόρυξη πρώτων υλών, από το 2000, αυξάνεται κατά 3,2% το χρόνο, ενώ η αύξηση που σημειώθηκε μεταξύ 2014 και 2019 έφτασε το17,06 %. Στην Εικόνα 1, παρουσιάζονται τα έτη που απομένουν μέχρι να τελειώσουν οριστικά τα αποθέματα σε βασικές πρώτες ύλες, καθιστώντας σαφή την ανάγκη ουσιαστικής μείωσης της χρήσης πρωτογενών πρώτων υλών, αφού, ακόμα και αν οι εξορύξεις παραμείνουν στα σημερινά επίπεδα και δεν αυξηθούν, μέχρι το 2050 θα έχουν εξαντληθεί οι περισσότεροι μεγάλης σημασίας φυσικοί πόροι. Η υπερεκμετάλλευση των φυσικών αποθεμάτων συνάδει και με την έλλειψη ορθολογικής διαχείρισής τους από το παραγωγικό σύστημα. Ενδεικτικά, έρευνες που παρατίθενται σε δημοσίευση του Οργανισμού Ellen MacArthur αναφέρουν ότι στις χώρες του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ) καταναλώνονται πάνω από 21 δις τόνοι υλικών κάθε χρόνο κατά τη διαδικασία παραγωγής, τα οποία τελικά δε χρησιμοποιούνται στα προϊόντα (Ellen MacArthur Foundation 2013). Ταυτόχρονα, το πρόβλημα διαχείρισης πόρων ενισχύεται από το μικρό βαθμό ανάκτησης υλικών συγκριτικά με τις ύλες που έχουν χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή αγαθών, αφού στην Ευρώπη μόνο χρησιμοποιούνται 7,3 δις τόνοι φυσικών πόρων, ενώ παράγονται 2,7 δις τόνοι αποβλήτων. Συνολικά ανακτάται με οποιαδήποτε μορφή διαχείρισης το 40% (Λιόγκας 2018). Αυξητικές είναι και οι τάσεις στην κατανάλωση ενέργειας, καθώς μεταξύ του 2000 και του 2018 οι παγκόσμιες ανάγκες σε ενέργεια αυξήθηκαν κατά 43% και, μέχρι το 2040, προβλέπεται σταθερή αύξηση ενεργειακών καταναλώσεων κατά 1 με 1,3% το χρόνο (Mavropoulos and Nilsen 2020). Λαμβάνοντας υπόψιν ότι η απλή ταφή των αποβλήτων και οι χαμηλές στην ιεραρχία αποβλήτων μέθοδοι εναλλακτικής διαχείρισης, όπως η αποτέφρωση και η

ανακύκλωση, συντελούν σε μηδενικά ή μικρά ποσοστά ανάκτησης ενέργειας, είναι προφανής η ανάγκη μετάβασης σε κυκλικές πρακτικές διαχείρισης των φυσικών πόρων και των αποβλήτων μας.



Εικόνα 1 Απομένοντα χρόνια μέχρι την εξάντληση βασικών φυσικών πόρων με αρχή το 2012 (Λιόγκας 2018)

Η λογική της αυξανόμενης εκμετάλλευσης φυσικών πόρων, σπατάλης ενέργειας και παραγωγής αποβλήτων που δεν επανεντάσσονται σε οικονομικούς κύκλους έχει δυσμενείς συνέπειες στο περιβάλλον, οι οποίες με τη σειρά τους, αν δεν αναχαιτιστούν, θα διαμορφώνουν ένα συνεχώς μεταβλητό και επισφαλές πλαίσιο ανάπτυξης. Αρχικά, η υπερθέρμανση του πλανήτη συνδέεται άμεσα με τις δραστηριότητες που αναλύθηκαν παραπάνω και, σύμφωνα με τη Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC), τα όρια αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη είναι άκρως περιορισμένα, καθώς αν ξεπεραστούν, αυξάνεται σημαντικά η πιθανότητα ακραίων φυσικών φαινομένων, όπως η ξηρασία, οι πλημμύρες κλπ. (Mavropoulos and Nilsen 2020). Τέτοιου είδους απότομες αλλαγές και πιθανές καταστροφές δύναται, μεταξύ άλλων, να δημιουργήσουν συνθήκες αύξησης τιμών και αδυναμίας πρόσβασης σε φυσικούς πόρους, δυσχεραίνοντας τη βιομηχανική παραγωγή και την οικονομία (Ellen MacArthur Foundation 2013) Επιπλέον, επιστημονικές έρευνες επικεντρώνονται και στη διαρκή υποβάθμιση των οικοσυστημάτων και της βιοποικιλότητας. Στο άρθρο του Sariatli (2017), μέσω βιβλιογραφικής ανασκόπησης, γίνεται σαφές ότι είμαστε πολύ κοντά στο να υπερβούμε τις φυσικές δυνατότητες της Γης και των υπηρεσιών που μας παρέχει. Βάσει των αναφερόμενων πηγών, για να στηριχτούν οι ανθρώπινες δραστηριότητες παντός είδους, θα απαιτείται ένας πλανήτης 1,5 φορές όσο η Γη, κατά τη νέα χιλιετία. Σε όρους οικοσυστημικών υπηρεσιών, 14 από τις 24 που έχουν καθοριστεί υφίστανται

ανορθολογική διαχείριση, ενώ 4 από τα 9 πλανητικά όρια έχουν ήδη ξεπεραστεί, με χαρακτηριστικό παράδειγμα την κλιματική αλλαγή.

Η ένταση των συνοδών φαινομένων του γραμμικού οικονομικού συστήματος αναμένεται να αυξηθεί υπό την επίδραση και της σημειούμενης εξέλιξης των δημογραφικών δεδομένων παγκοσμίως, καθώς και του ρυθμού αστικοποίησης. Ειδικότερα, οι πόλεις αποτελούν βασικό μόρφωμα, η μελέτη του οποίου καταδεικνύει τη μη βιωσιμότητα του υφιστάμενου οικονομικού μοντέλου. Η Williams (2019) στηρίζει, μέσω κατάλληλης βιβλιογραφίας, ότι συνολικά οι πόλεις καταναλώνουν το 60 με 80% των φυσικών πόρων, συνεισφέροντας στο 50% της παγκόσμιας παραγωγής απορριμμάτων και στο 75% της έκλυσης αερίων θερμοκηπίου. Ουσιαστικά, πρόκειται για σχηματισμούς μεγάλων συγκεντρώσεων υλικών και ενέργειας, επομένως η αναθεώρηση των υφιστάμενων μεθόδων διαχείρισης πόρων εντός του αστικού περιβάλλοντος, θα οδηγήσει σε σημαντικά ποσοστά εξοικονόμησης πρωτογενών πρώτων υλών. Μάλιστα, αναμένεται ότι μέχρι το 2050 το 66% του παγκόσμιου πληθυσμού θα κατοικεί στις πόλεις, όπου και θα σημειώνεται το σύνολο σχεδόν της παγκόσμιας πληθυσμιακής ανάπτυξης, ιδίως στις πόλεις των αναπτυσσόμενων χωρών (Mavropoulos and Nilsen 2020; Williams 2019). Συνεπώς, το αποτύπωμα των αστικών σχηματισμών στο περιβάλλον αναμένεται να φτάσει σε νέα ύψη, αφού μέχρι το 2050 η κατανάλωση πόρων θα αυξηθεί κατά 125% συγκριτικά με το 2010 και η παραγωγή αποβλήτων θα φτάσει τα 3,4 δις (Mavropoulos and Nilsen 2020). Τέλος, οι ανάγκες σε αγαθά και οι αντίστοιχες καταναλώσεις πρόκειται να πολλαπλασιαστούν υπό τη ραγδαία αύξηση του ποσοστού του παγκόσμιου πληθυσμού που θα ενταχθεί στη μεσαία τάξη και, επομένως, θα έχει τη δυνατότητα πρόσβασης σε περισσότερα αγαθά. Βάσει της δημοσίευσης του Οργανισμού Ellen MacArthur προκύπτει ότι, τηρουμένων των σημερινών ρυθμών ανάπτυξης, μέχρι το 2030 η μεσαία τάξη θα αποτελείται από 3 δις νέους καταναλωτές, προερχόμενους από την Κίνα, την Ινδία και άλλες αναπτυσσόμενες χώρες (Ellen MacArthur Foundation 2013).

1.1.2 Κυκλική Οικονομία: επισκόπηση της έννοιας

1.1.2.1 Ορισμός

Ο επιστημονικός διάλογος και οι συναφείς έρευνες δεν έχουν προσφέρει ακόμα ένα καθολικά αποδεκτό και από κοινού χρησιμοποιούμενο ορισμό για την Κυκλική Οικονομία, καθώς διαφορετική επιστημονική ή κλαδική αφετηρία συνεπάγεται και την απόδοση έμφασης σε διαφορετικές πτυχές της. Η Κυκλική Οικονομία εντάσσεται στο πλαίσιο διαμόρφωσης μίας σειράς από θεωρίες περί βιώσιμης ανάπτυξης (οικονομικής, περιβαλλοντικής κλπ.) από τις οποίες τροφοδοτείται ή με τις

οποίες αλληλοεπιδρά. Στο άρθρο The Concept of Circular Economy: its Origins and its Evolution, ο Wautelet (2018), παρέχει συνοπτικά μία ολοκληρωμένη εικόνα των σχολών σκέψης που συνδέονται στενά με την Κυκλική Οικονομία και τις αρχές της, όπως αυτές ονομαστικά αναφέρονται ακολούθως:

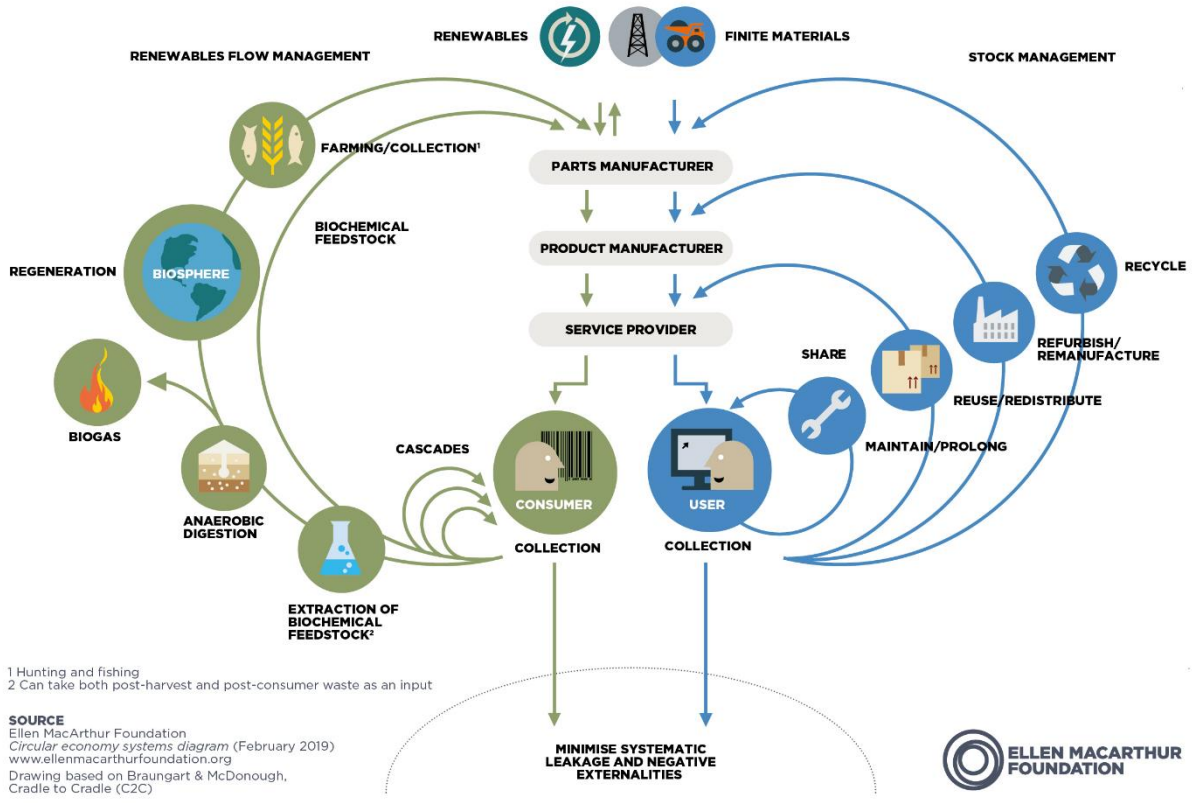
1. The spaceman economy
2. Environmental economics
3. Industrial ecology
4. Cradle to Cradle
5. The Performance Economy
6. The Blue Economy
7. Biomimicry

Ένας από τους ευρέως χρησιμοποιούμενους ορισμούς για την Κυκλική Οικονομία έχει δοθεί από τον Οργανισμό Ellen MacArthur, σύμφωνα με τον οποίο «*μία κυκλική οικονομία είναι ένα βιομηχανικό σύστημα το οποίο είναι αναγεννητικό βάσει πρόθεσης και σχεδιασμού. Αντικαθιστά το μοντέλο «τέλους ζωής» με την αποκατάσταση, μεταβαίνει στην ανανεώσιμη ενέργεια, εξαλείφει τη χρήση τοξικών χημικών που αποτρέπουν την επαναχρησιμοποίηση και στοχεύει στην εξάλειψη των αποβλήτων, μέσω ανώτερου σχεδιασμού των υλικών, των προϊόντων, των συστημάτων και, μέσω αυτών, τα επιχειρηματικά μοντέλα*» (Ellen MacArthur Foundation 2013). Σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, ο ορισμός δίνεται από το πρώτο Σχέδιο Δράσης της ΕΕ για την Κυκλική Οικονομία (EC 2015) ως εξής: «*Η μετάβαση σε μια πιο κυκλική οικονομία, όπου η αξία των προϊόντων, των υλικών και των πόρων παραμένει στην οικονομία όσο το δυνατόν περισσότερο, και η παραγωγή αποβλήτων περιορίζεται στο ελάχιστο, αποτελεί απαραίτητη συμβολή στις προσπάθειες της ΕΕ να αναπτύξει μια βιώσιμη, αποδοτική και ανταγωνιστική οικονομία με χαμηλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και αποδοτική αξιοποίηση των πόρων. Μια τέτοια μετάβαση θα είναι μια ευκαιρία να μεταμορφωθεί η ευρωπαϊκή οικονομία και η Ευρώπη να αποκτήσει νέα, αειφόρα ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα*.».

Σύμφωνα με τους ανωτέρω ορισμούς, η Κυκλική Οικονομία έχει στον πυρήνα της τρεις βασικές έννοιες: α) τα απόβλητα, β) τους πόρους και γ) την ενέργεια. Η μετάβαση στο κυκλικό οικονομικό μοντέλο συνδέεται άρρηκτα με τον τρόπο κατά τον οποίο γίνονται αντιληπτές οι έννοιες αυτές, τους στόχους που τίθενται για τη διαχείρισή τους και τις αντίστοιχες δράσεις που καλούνται οι εμπλεκόμενοι παράγοντες να αναλάβουν. Αρχικά στην Κυκλική Οικονομία, η έννοια των αποβλήτων εξαλείφεται, με σκοπό την αναχαίτιση των πολυδιάστατων δυσμενών τους επιπτώσεων στο περιβάλλον. Ο μετασχηματισμός των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, έτσι ώστε τα παραγόμενα

απόβλητα να εκμηδενιστούν είναι βασική αρχή της Κυκλικής Οικονομίας. Επιπλέον, η αποδοτικότητα πόρων στην κατεύθυνση μείωσης των πρωτογενών πρώτων υλών και προστασίας των φυσικών αποθεμάτων είναι βασικό ζητούμενο. Στο πλαίσιο αυτό, η Κυκλική Οικονομία συνδέεται με την επέκταση του κύκλου ζωής των αγαθών και την πλήρη αξιοποίηση της οικονομικής και χρηστικής αξίας προϊόντων, υλικών και υλών, μέσω της διαρκούς επανένταξής τους στις οικονομικές και παραγωγικές δραστηριότητες. Τέλος, η προώθηση της ενεργειακής αποδοτικότητας και της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αποτελούν επίσης κύρια πτυχή της Κυκλικής Οικονομίας, για τη μείωση των εκπομπών CO_2 και την απομάκρυνση από τα ορυκτά καύσιμα.

Για την ουσιαστική της εφαρμογή, η Κυκλική Οικονομία προϋποθέτει την εμπλοκή και την αλληλεπίδραση όλων των οικονομικών παραγόντων, από τους παραγωγούς μέχρι τους καταναλωτές, και όλων των διαθέσιμων ή υπό ανάπτυξη, με γνώμονα τις αναδυόμενες ανάγκες, τεχνικών και τεχνολογιών, για την επεξεργασία και διατήρηση στους κύκλους ζωής του συνόλου των υλικών, τα οποία δύναται να διαχωριστούν σε βιολογικά και τεχνολογικά υλικά. Η λογική αυτή αποτυπώνεται στο διάγραμμα της παρακάτω Εικόνα 2.



Εικόνα 2 Οι κύκλοι αξίας των βιολογικών και τεχνολογικών υλικών, μέσα στην Κυκλική Οικονομία (Ellen MacArthur Foundation 2019)

1.1.2.2 Οφέλη

Παρότι η Κυκλική Οικονομία αποτελεί μία έννοια που έχει αναπτυχθεί περισσότερο σε θεωρητικό επίπεδο, χωρίς να έχει εφαρμοστεί σε ευρεία κλίμακα, συνδέεται με μία σειρά από οφέλη στον οικονομικό, περιβαλλοντικό και κοινωνικό τομέα και αναμένεται να συμβάλει στο σκοπό της αειφόρου ανάπτυξης. Στη βιβλιογραφία εντοπίζονται μελέτες που προσπαθούν να στοιχειοθετήσουν τη θέση αυτή και να ποσοτικοποιήσουν τα αναμενόμενα οφέλη, είτε μέσα από ανάπτυξη μοντέλων και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων είτε με τη διερεύνηση υφιστάμενων παραδειγμάτων ΚΟ. Αρχικά, το World Economic Forum σε συνεργασία με τους McKinsey & Company και Ellen MacArthur Foundation, χρησιμοποιώντας στοιχεία από τις προηγούμενες δημοσιεύσεις του οργανισμού της Ellen MacArthur, παραθέτει τα βασικά πλεονεκτήματα της Κυκλικής Οικονομίας, με έμφαση στην εξοικονόμηση υλικών που δύναται να αποφέρει σημαντικές εξοικονομήσεις στα κόστη των επιχειρήσεων αναφορικά με τις πρώτες ύλες, καθώς και να διαμορφώσει ένα ασφαλέστερο περιβάλλον επιχειρηματικότητας, αναχαιτίζοντας τη μεταβλητότητα των τιμών και τους κινδύνους στον τομέα των προμηθειών (WEF 2014). Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι η εξοικονόμηση από τη μειωμένη χρήση υλικών στις Ευρωπαϊκές βιομηχανίες σύνθετων προϊόντων μεσαίας διάρκειας ζωής (όπως κινητά κλπ.) δύναται να φτάσει από 340 έως 380 δις US$, κατά τα στάδια μετάβασης στην Κυκλική Οικονομία, μέχρι 520 έως 630 δις US$, σε προχωρημένα στάδια εφαρμογής κυκλικών πρακτικών, ενώ αν τέτοιες πρακτικές εφαρμόζονταν σε ευρεία κλίμακα, για παράδειγμα σε μεγάλες βιομηχανίες που χρησιμοποιούν σίδηρο, θα μπορούσαν να εξοικονομηθούν περισσότεροι από 100 εκ. τόνοι ορυκτού σιδήρου. Στα οικονομικά οφέλη, εκτός της αυξημένης ανθεκτικότητας της οικονομίας και της προώθησης νέων επιχειρήσεων, που αν υιοθετήσουν κυκλικές αρχές μπορούν να λειτουργήσουν ανταγωνιστικά ως προς τις υπάρχουσες και να διεκδικήσουν μερίδιο της αγοράς, συγκαταλέγονται και ευρύτερες ευκαιρίες για τους καταναλωτές αλλά και μία συνολικότερη οικονομική ανάπτυξη. Έρευνα επικεντρωμένη στους τομείς της κινητικότητας, των τροφίμων και του δομημένου περιβάλλοντος δείχνει ότι η εφαρμογή αρχών Κυκλικής Οικονομίας μπορεί να επιφέρει αύξηση του εισοδήματος προς διάθεση ενός μέσου Ευρωπαϊκού νοικοκυριού κατά 11 ποσοστιαίες μονάδες περισσότερο από ότι η συνέχιση του γραμμικού μοντέλου, μέχρι το 2030, οδηγώντας σε ταχύτερους ρυθμούς ανάπτυξης του ΑΕΠ της Ευρώπης, δηλαδή κατά 7 ποσοστιαίες μονάδες περισσότερο συγκριτικά με το υφιστάμενο οικονομικό μοντέλο (Ellen MacArthur Foundation and McKinsey Center for Business and Environment 2015).

Η εξοικονόμηση πόρων, η αύξηση της αποδοτικότητάς τους και, γενικότερα η μετάβαση στην Κυκλική Οικονομία, προωθεί και την περιβαλλοντική αποκατάσταση, προστατεύοντας τους

φυσικούς πόρους αλλά και μειώνοντας τις εκπομπές CO_2. Ξεκινώντας από την απλή εφαρμογή της ιεραρχίας των αποβλήτων, με χρήση υψηλότερων στην πυραμίδα λύσεων, και εφαρμόζοντας τις κατευθύνσεις της ΕΕ ως προς τη διαχείριση αποβλήτων θα μπορούσαν να αποτραπούν 30 εκ. τόνοι ισοδύναμου CO_2, ενώ η χρήση δευτερογενών πρώτων υλών αναφορικά με συγκεκριμένα υλικά, όπως τα μέταλλα και το γυαλί, μπορεί να οδηγήσει σε ενεργειακή εξοικονόμηση της τάξης του 20% μέχρι και 90% (EPRS 2018). Τέλος, η Κυκλική Οικονομία αναμένεται να επιδράσει θετικά σε κοινωνικό επίπεδο και, συγκεκριμένα, να επιφέρει νέες και ποιοτικότερες θέσεις εργασίας (EPRS 2018; Ellen MacArthur Foundation and McKinsey Center for Business and Environment 2015; WEF 2014). Ενδεικτικά, υιοθετώντας μεθόδους διαχείρισης αποβλήτων υψηλά στην ιεραρχία έναντι της ταφής, αφενός συντελεί στη δημιουργία θέσεων εργασίας υψηλότερης ποιότητας και αφετέρου λειτουργεί πολλαπλασιαστικά ως προς το απαιτούμενο εργατικό δυναμικό, αφού η διάθεση αποβλήτων συνδέεται με 0,1 νέες θέσεις εργασίας ανά 1000 τόνους υλικών, ενώ οι εργασίες ανακύκλωσης απαιτούν 2 επιπλέον εργαζόμενους ανά 1000 τόνους. Σημειώνεται δε ότι η έννοια της Κυκλικής Οικονομίας και σημαντικές συνιστώσες ή απόρροιες αυτής όπως νέα επιχειρηματικά μοντέλα και καινοτόμες λύσεις βρίσκουν πρόσφορο έδαφος σε τοπικό επίπεδο, φέρνοντας στο επίκεντρο τον άνθρωπο και προωθώντας την τοπική ανάπτυξη με κοινωνικούς όρους (WEF 2014; EESC 2017).

1.2 ΒΙΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

1.2.1 Έννοια και σημασία της Βιοοικονομίας

Η έννοια της Βιοοικονομίας βρίσκει τις πρώτες βασικές αναφορές της, σε επίπεδο Ευρωπαϊκών πολιτικών, περί τα μέσα της δεκαετίας του 2000, καθώς αρχίζει να αναγνωρίζεται ως ένας σημαντικός οικονομικός τομέας για τις αναπτυξιακές επιδιώξεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης, χάρη στα εγγενή χαρακτηριστικά της, όπως η συσχέτισή της με την καινοτομία και την οικονομική πρόοδο (McCormick and Kautto 2013). Ο ορισμός της έννοιας δίνεται με ολοκληρωμένο τρόπο στην πρώτη Ευρωπαϊκή Στρατηγική για τη Βιοοικονομία (EC 2012), σύμφωνα με την οποία «*Η Βιοοικονομία είναι η παραγωγή ανανεώσιμων βιολογικών πόρων και η μετατροπή αυτών των πόρων και ρευμάτων αποβλήτων σε προϊόντα προστιθέμενης αξίας, όπως φαγητό, τροφή, υλικά βιολογικής προέλευσης και βιοενέργεια.*». Στην αναθεωρημένη Ευρωπαϊκή Στρατηγική για τη Βιοοικονομία (EC 2018) ο ορισμός είναι ελαφρώς τροποποιημένος και χαρακτηρίζεται από την προσπάθεια συστημικής προσέγγισης των στοιχείων που συνιστούν μία βιώσιμη Βιοοικονομία, μέσω της ανάδειξης περισσότερων συνιστωσών αυτής, οι οποίες πλέον δεν περιλαμβάνουν μόνο τη βιομάζα ως πρώτη ύλη και ως

παράγωγο, αλλά αφορούν και στις επιμέρους λειτουργίες, αρχές και αλληλεπιδράσεις των πόρων, των οικοσυστημάτων και των παραγωγικών τομέων με τους οποίους συνδέεται η έννοια.

Η Βιοοικονομία περιλαμβάνει μία ιδιαίτερα διευρυμένη βάση παραγωγικών τομέων, από παραδοσιακούς κλάδους πρωτογενούς παραγωγής ή χρήσης βιομάζας, όπως η γεωργία, η αλιεία και η δασοκομία, η βιομηχανία παραγωγής χαρτιού ή προϊόντων ξύλου και η βιομηχανία τροφίμων, μέχρι καινοτόμες μορφές επεξεργασίας της βιομάζας για την παραγωγή χημικών, βιοπροϊόντων και βιοενέργειας. Η προώθηση της Βιοοικονομίας, με την έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης των τομέων που συγκαταλέγονται σε αυτή αλλά και αξιοποίησης των δυνατοτήτων της σε νέες κατευθύνσεις, έχει αναδειχθεί σε στρατηγικό στόχο της Ευρώπης, ενώ αποτελεί και δυναμικό πεδίο έρευνας και ανάπτυξης. Βασικοί παράγοντες που έχουν συντελέσει σε αυτή την κατεύθυνση είναι τα οικονομικά οφέλη που επιφέρουν οι συναφείς παραγωγικοί τομείς τόσο ως προς τον τζίρο όσο και ως προς την προστιθέμενη αξία που δύνανται να δημιουργήσουν, η αναγνώριση της Βιοοικονομίας ως απάντησης σε μία ευρεία γκάμα προκλήσεων που αντιμετωπίζει ο πλανήτης, καθώς και η δυνατότητα προωθητικής αλληλεπίδρασης με μία σειρά άλλων Ευρωπαϊκών (και διεθνών) πολιτικών, μεταξύ των οποίων και η Κυκλική Οικονομία.

Μία αντιπροσωπευτική εικόνα για τα οικονομικά μεγέθη που αφορούν στη Βιοοικονομία σε επίπεδο ΕΕ και Ηνωμένου Βασιλείου, παρέχεται από έκθεση που δημοσιεύθηκε με τη στήριξη του Bio-based Industries Consortium (Piotrowski, Carus, and Carrez 2016). Βάσει της έκθεσης, ο τζίρος της Βιοοικονομίας για το έτος 2018 ανήλθε στα 2,43 τρις ευρώ σημειώνοντας σταθερή αύξηση από το έτος 2008, με μία μικρή εξαίρεση κατά το έτος 2009. Τη σημαντικότερη συνεισφορά παρουσιάζουν οι τομείς του φαγητού και ποτών και του πρωτογενούς τομέα, με ποσοστά 47% και 20%, αντίστοιχα. Το υπόλοιπο μερίδιο του τζίρου, που φτάνει στα 776 δις ευρώ, αφορά στις βιομηχανίες βιοπροϊόντων, όπου την πρωτοκαθεδρία έχουν οι τομείς του χαρτιού και προϊόντων χαρτιού και η βιομηχανία προϊόντων ξύλου. Αξίζει να σημειωθεί ότι, κατά την περίοδο 2008 με 2018, η βιομηχανία βιοπροϊόντων αύξησε τον τζίρο της κατά 116 δις ευρώ περίπου. Μάλιστα, η μεγαλύτερη αύξηση σημειώνεται σε τομείς, όπως τα χημικά/πλαστικά και η φαρμακοβιομηχανία, με ποσοστά περί το 68% και 42%, αντίστοιχα, την ίδια στιγμή που παραδοσιακοί τομείς, όπως η βιομηχανία χαρτιού, παρουσιάζουν είτε μικρή μόνο αύξηση είτε και σταθερή πορεία, αναδεικνύοντας τη δυναμικότητα νέων μορφών επεξεργασίας της βιομάζας. Επιπλέον, εκτός του σημαντικού τζίρου που αποφέρει, η Βιοοικονομία συνδέεται και με την παροχή 18,4 εκατ. θέσεων εργασίας κατά το έτος 2018, με τον πρωτογενή τομέα να βρίσκεται στις πρώτες θέσεις, συμμετέχοντας με ποσοστό πάνω από το 50%. Βέβαια, σε αντίθεση με τον τζίρο, οι θέσεις εργασίας στο πεδίο της Βιοοικονομίας παρουσιάζουν

μείωση συγκριτικά με το έτος 2008, κάτι, ωστόσο που αφορά κυρίως στον πρωτογενή τομέα, ως επακόλουθο του εκσυγχρονισμού των μέσων και διαδικασιών παραγωγής. Τέλος, αναφορικά με την προστιθέμενη αξία που δημιουργείται από τη δραστηριοποίηση στη Βιοοικονομία, το 2015 αυτή ανήλθε στα 621 δις ευρώ, με τη μεγαλύτερη ετήσια ανάπτυξη να αφορά σε νέες μορφές προϊόντων, μεταξύ των οποίων τα χημικά, τα πλαστικά και η ενέργεια.

Η βιομάζα ως ανανεώσιμη πρώτη ύλη με δυνατότητα δημιουργίας κλειστών κύκλων και διαδοχικής αξιοποίησης των παραπροϊόντων επεξεργασίας της, καθώς και χαρακτηριστικά αυτής, όπως η ίδια η βιοαποδομησιμότητα αλλά και η δυνατότητα αντικατάστασης ορυκτών πρώτων υλών αποτελούν τα βασικά στοιχεία που ανάγουν τη Βιοοικονομία σε εργαλείο για την άρση των περιορισμών των κατεστημένων παραγωγικών μοντέλων και την επίτευξη αειφόρου ανάπτυξης, όπως διακηρύσσεται και μέσα από τις Ευρωπαϊκές Στρατηγικές για τη Βιοοικονομία. Ειδικότερα, εντοπίζονται ήδη από την πρώτη Στρατηγική του 2012 και ανανεώνονται ως αντικείμενο ενδιαφέροντος με τη δεύτερη Στρατηγική του 2018 πέντε κύριες προκλήσεις στην αντιμετώπιση των οποίων η ανάπτυξη μίας βιώσιμης Βιοοικονομίας διαδραματίζει κεντρικό ρόλο:

1. Επισιτιστική ασφάλεια
2. Βιώσιμη διαχείριση φυσικών πόρων
3. Μείωση της εξάρτησης από μη ανανεώσιμες πηγές
4. Αναχαίτιση της κλιματικής αλλαγής και προσαρμογή
5. Δημιουργία θέσεων εργασίας και διατήρηση της ανταγωνιστικότητας της Ευρώπης

Ουσιαστικά, η Βιοοικονομία έρχεται να αποτελέσει ένα πεδίο έρευνας και καινοτομίας για την παραγωγή νέας γνώσης, αλλά και την εγκόλπωση της υπάρχουσας, στην κατεύθυνση βιώσιμης ανάπτυξης των υφιστάμενων παραγωγικών τομέων, με τρόπο ώστε η υποβάθμιση που έχουν ήδη υποστεί οι φυσικοί πόροι και τα οικοσυστήματα να αναστραφεί και να αυξηθεί η αποδοτικότητά τους. Στόχος είναι η διαχείριση των αντικρουόμενων χρήσεων της διαθέσιμης βιομάζας και η αλλαγή των παραγωγικών και καταναλωτικών μοντέλων, ώστε οι ανάγκες του μέλλοντος σε τροφή, υλικά και ενέργεια να καλυφθούν. Ταυτόχρονα, νέα προϊόντα μικρότερου περιβαλλοντικού αποτυπώματος, φιλικά προς το περιβάλλον, βιοαποδομήσιμα και ανανεώσιμα δύνανται να παραχθούν από την επεξεργασία της βιομάζας, με θετικό αντίκτυπο, όπως ο περιορισμός των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, της περιβαλλοντικής ρύπανσης και της απομύζησης των ορυκτών πόρων.

Τέλος, όπως προαναφέρθηκε, η Βιοοικονομία παρουσιάζει ξεχωριστό ενδιαφέρον χάρη στις διασυνδέσεις που εντοπίζονται μεταξύ αυτής και της Κυκλικής Οικονομίας και, συνεπώς, στην

προοπτική δημιουργίας ενός κοινού πεδίου παρέμβασης, για την υιοθέτηση των αρχών αυτών των πολιτικών και την επίτευξη των επιθυμητών στόχων (EC 2018; European Environment Agency. 2018). Κεντρικό ρόλο και στα δύο μοντέλα κατέχει μία σειρά κοινών εννοιών από τα υπολείμματα τροφών και τα βιοπροϊόντα, μέχρι τη διαδοχική αξιοποίηση της βιομάζας και την ανάγκη νέων παραγωγικών και καταναλωτικών μοντέλων. Στη βάση αυτή, η αφομοίωση των αρχών της Κυκλικής Οικονομίας δύναται να οδηγήσει σε μία βιώσιμη και αειφόρα ανάπτυξη των τομέων της Βιοοικονομίας, μέσω της ορθολογικής διαχείρισης πόρων, παρεμπόδισης της ανταγωνιστικής χρήσης γης, ένταξης φιλικότερων προς το περιβάλλον μοντέλων παραγωγής, για παράδειγμα με τη χρήση λιγότερων χημικών, κλπ. Από την άλλη, η Βιοοικονομία μπορεί να αποτελέσει εργαλείο για την ουσιαστική εφαρμογή της Κυκλικής Οικονομίας, προσφέροντας την απαραίτητη γνώση και τις τεχνολογίες για τη διαχείριση υπολειμμάτων βιομάζας, τη μέγιστη αξιοποίηση των πρώτων υλών βιολογικής προέλευσης, μέσω διαδοχικών σταδίων επεξεργασίας τους και την ανακύκλωση θρεπτικών συστατικών. Γενικά, η συντονισμένη δράση για την επίτευξη του οράματος των δύο Στρατηγικών αποτελεί πυλώνα για την επιτυχή έκβαση των κύριων ατζεντών πολιτικής της Ευρώπης, δηλαδή της οικονομικής ανάπτυξης, της προώθησης της έρευνας και της καινοτομίας, της διασφάλισης φυσικών πόρων, της περιβαλλοντικής προστασίας και, τελικά, της γενικότερης κοινωνικής μετάβασης, με την εμπλοκή όλων των ενδιαφερόμενων μερών, στην αειφόρα ανάπτυξη.

1.2.2 Βιομηχανία βιοπροϊόντων

Όπως αναφέρθηκε ανωτέρω, ο τομέας της βιομηχανίας βιοπροϊόντων και δη των λιγότερο παραδοσιακών τομέων σημειώνει τα τελευταία χρόνια οικονομική ανάπτυξη και παρέχει την προοπτική για τη μετάβαση σε νέα καινοτόμα προϊόντα βιολογικής προέλευσης και, εν δυνάμει, περισσότερο φιλικά προς το περιβάλλον που μπορούν, ταυτόχρονα, να μειώσουν την εξάρτηση της οικονομίας από τις ορυκτές πρώτες ύλες. Η σημασία του τομέα αυτού υπογραμμίζεται και στην αναθεωρημένη Στρατηγική για τη Βιοοικονομία, όπου τονίζεται πως με την αξιοποίηση των νέων διαθέσιμων τεχνολογιών και της ψηφιοποίησης, η βιομηχανία βιοπροϊόντων είναι το πρόσφορο έδαφος, το οποίο θα δημιουργήσει νέα οικονομική αξία και πηγή εσόδων, μέσω της αξιοποίησης των φυσικών πρώτων υλών και λειτουργιών. Σε αυτή την κατεύθυνση, μία νέα έννοια έρχεται να διαδραματίσει καίριο ρόλο, αυτή της βιοδιύλισης, δηλαδή της επεξεργασίας της βιομάζας σε κατάλληλες μονάδες, τα βιοδιυλιστήρια, για την παραγωγή ενός φάσματος βιοπροϊόντων. Ακολούθως, δίνονται οι βασικές πληροφορίες που αφορούν στην έννοια των βιοδιυλιστηρίων, καθώς και στις κύριες πηγές της βιομάζας ως πρώτης ύλης.

1.2.2.1 Βιοδιυλιστήριο

Ορισμός

Καθώς το βιοδιυλιστήριο αποτελεί μία σχετικά πρόσφατη εξέλιξη στις τεχνολογίες επεξεργασίας βιομάζας, μέχρι τώρα έχουν δοθεί αρκετοί ορισμοί για τον προσδιορισμό της έννοιας του, χωρίς ωστόσο να υπάρχουν ουσιαστικές διαφοροποιήσεις ως προς τη γενική του σημασία και λειτουργία (Ferreira 2017). Ενδεικτικά, το BIC έχει υιοθετήσει τον ορισμό «*Βιοδιυλιστήριο είναι μία ολοκληρωμένη μονάδα παραγωγής η οποία χρησιμοποιεί βιομάζα ή προερχόμενα από βιομάζα υλικά για να παράγει μία σειρά από προϊόντα προστιθέμενης αξίας και ενέργεια*» (BIC 2017), ενώ ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας (ΔΟΕ) ορίζει το βιοδιυλιστήριο ως «*τη βιώσιμη επεξεργασία βιομάζας για την παραγωγή ενός φάσματος εμπορεύσιμων προϊόντων*» (IEA Bioenergy 2009).

Κατηγορίες βιοδιυλιστηρίων

Προκειμένου να διευκολυνθεί η εν εξελίξει έρευνα και ανάπτυξη για τη βελτιστοποίηση των σχεδιαστικών και λειτουργικών στοιχείων των βιοδιυλιστηρίων, ώστε να αντιμετωπιστούν ζητήματα που αφορούν στην αποδοτικότητα και βιωσιμότητα των διαδικασιών τους και στην καλύτερη αφομοίωσή τους από την αγορά, έχουν πραγματοποιηθεί προσπάθειες κατηγοριοποίησης των διαφορετικών μορφών που μπορούν να λάβουν και των παραγωγικών αποτελεσμάτων στα οποία καταλήγουν (Fava et al. 2015; Clark and Deswarte 2015; Ferreira 2017). Στόχος είναι η καλύτερη και από κοινού κατανόηση της έννοιας και των διεργασιών της βιοδιύλισης. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί και η κατηγοριοποίηση που έγινε στο πλαίσιο του International Energy Agency Bioenergy Task 42 (Cherubini et al. 2009), η οποία επικεντρώθηκε στην αναγνώριση και αποτύπωση των επιμέρους παραμέτρων που δύναται να προσδιορίσουν ένα βιοδιυλιστήριο, ώστε να αποφεύγονται αποσπασματικοί ή γενικευμένοι χαρακτηρισμοί.

Σύμφωνα με την εν λόγω μέθοδο, υπάρχουν τέσσερεις βασικές παράμετροι που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την κατηγοριοποίηση ενός βιοδιυλιστηρίου και οι οποίες είναι τα υλικά «πλατφόρμες», τα προϊόντα, το είδος της εισερχόμενης πρώτης ύλης και οι μέθοδοι επεξεργασίας. Αρχικά, τα υλικά «πλατφόρμες» αποτελούν την κύρια παράμετρο κατηγοριοποίησης, αφού αποτελούν τα ενδιάμεσα προϊόντα παραγωγής από τα οποία θα προκύψουν, με περαιτέρω επεξεργασία, τα τελικά εμπορεύσιμα προϊόντα, ενώ, για να παραχθούν, μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαφορετικές τεχνολογίες. Η μέθοδος προσδιορίζει δέκα διαφορετικές πλατφόρμες, μεταξύ των οποίων το βιοαέριο, το υδρογόνο, τα C5 και C6 σάκχαρα, τη λιγνίνη κλπ. Δεύτερο κριτήριο αποτελούν τα τελικά παραγόμενα προϊόντα, βάσει των οποίων ένα βιοδιυλιστήριο μπορεί να είναι ενεργειακά προσανατολισμένο ή

προσανατολισμένο στην παραγωγή βιοϋλικών. Φυσικά, και στις δύο περιπτώσεις υπάρχουν παραπροϊόντα τα οποία μπορούν να ενταχθούν στην άλλη κατηγορία και να αξιοποιηθούν κατάλληλα. Στα ενεργειακά προϊόντα συγκαταλέγονται, μεταξύ άλλων η θερμότητα και τα βιοκαύσιμα, ενώ στα βιοϋλικά έχουμε ένα μεγάλο φάσμα παραγωγής, από λιπάσματα μέχρι πολυμερή ή και τροφή για ζώα. Τρίτη παράμετρος κατηγοριοποίησης είναι το είδος της προς επεξεργασία πρώτης ύλης. Εδώ εντοπίζονται διαφορετικές κατηγοριοποιήσεις είτε ανάλογα με τον παραγωγικό τομέα από τον οποίο προέρχεται η βιομάζα, δηλαδή τη γεωργία, τη δασοκομία, τη βιομηχανία ή τις υδατοκαλλιέργειες, είτε σύμφωνα με το αν η βιομάζα προέρχεται από καλλιέργειες αποκλειστικά αφιερωμένες στο σκοπό αυτό ή από υπολείμματα άλλων τομέων. Επιπρόσθετα, η δύο αυτές τελευταίες κατηγορίες περιλαμβάνουν υποκατηγορίες υλικών, από καλλιέργειες σιτηρών και σακχάρων, μέχρι λιγνοκυτταρινούχα υπολείμματα ή οργανικά απόβλητα. Τέλος, ένα βιοδιυλιστήριο μπορεί να κατηγοριοποιηθεί ανάλογα με τις διεργασίες που εκτελούνται για την επεξεργασία της βιομάζας και οι οποίες διακρίνονται σε μηχανικές, βιοχημικές, χημικές και θερμοχημικές.

1.2.2.2 Η βιομάζα ως πρώτη ύλη για το βιοδιυλιστήριο

<u>Πηγές βιομάζας</u>

Η βιομάζα ως υπόστρωμα τροφοδοσίας ενός βιοδιυλιστηρίου, αλλά και γενικά, δύναται να προέλθει από τέσσερις διαφορετικές πηγές, είτε ως αυτούσιο παράγωγο, είτε ως παραπροϊόν ή υπόλειμμα (Cherubini 2010):

- Τη γεωργία
- Τη δασοκομία
- Τις βιομηχανίες και τα νοικοκυριά
- Τις υδατοκαλλιέργειες

Ανάλογα με την προέλευσή της, η βιομάζα διακρίνεται από διαφορετική σύσταση, η οποία επηρεάζει τόσο τις μεθόδους επεξεργασίας που προκρίνονται κάθε φορά για την αξιοποίησή της, όσο και την γκάμα προϊόντων που μπορούν να προκύψουν από αυτή. Ως προς τη σύστασή της, η βιομάζα μπορεί να κατηγοριοποιηθεί ως εξής:

- Υδατάνθρακες και λιγνίνη, συστατικά τα οποία κατά βάση χαρακτηρίζουν τη φυτικής προέλευσης βιομάζα
- Τριγλυκερίδια, τα οποία περιέχονται σε έλαια και λίπη και εντοπίζονται κυρίως σε λαχανικά και ζωικής προέλευσης βιομάζα.

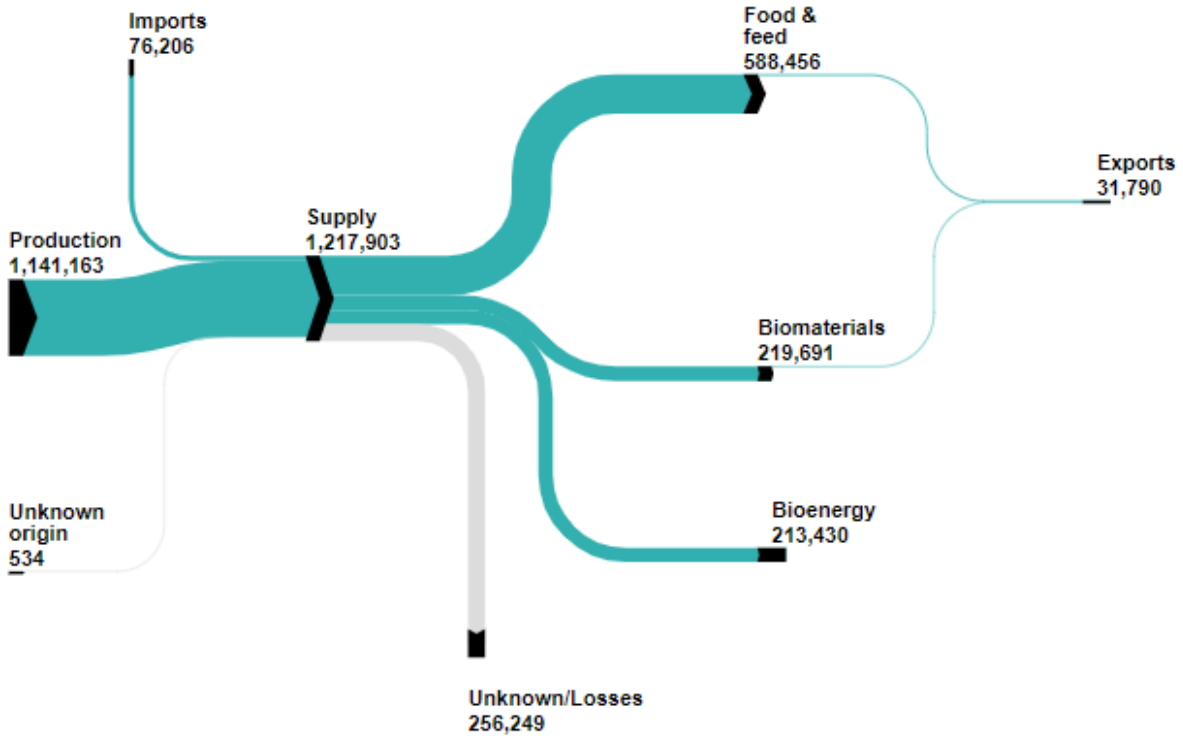
- Σύμμεικτα οργανικά απόβλητα, δηλαδή υπολειμματική βιομάζα που δεν εμπίπτει στις προηγούμενες κατηγορίες και διακρίνεται από διακύμανση ως προς τα κύρια χαρακτηριστικά της, ανάλογα με την εκάστοτε πηγή προέλευσης, όπως τα αστικά οργανικά απόβλητα, υπολείμματα επεξεργασίας τροφίμων, κοπριά κλπ.

Η βιομάζα σε Ευρώπη και Ελλάδα

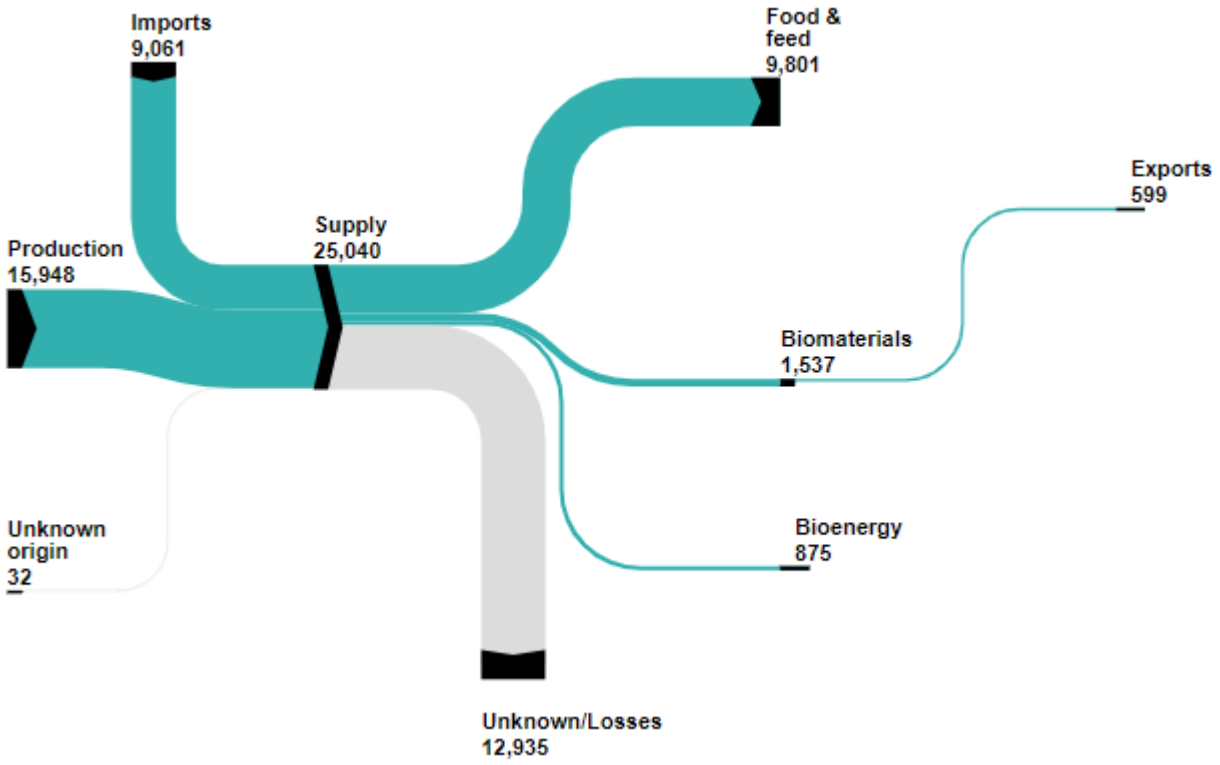
Η συστηματική παρακολούθηση και καταγραφή των στοιχείων που αφορούν σε διάφορες παραμέτρους του κύκλου ζωής της βιομάζας αποτελεί σημαντικό συστατικό για την επιτυχή ανάπτυξη μιας βιώσιμης Βιοοικονομίας, ενώ, ταυτόχρονα, αποδεικνύεται μία ιδιαίτερα απαιτητική διαδικασία, λόγω της έλλειψης συνεκτικών βάσεων δεδομένων με επαρκή στοιχεία. Σε αυτή τη βάση έχει αναπτυχθεί και το μακροπρόθεσμο Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα "Biomass Mandate"[1] το οποίο έχει ανατεθεί στο Joint Research Center και αποτελεί προσπάθεια ακριβώς για την παροχή των απαιτούμενων για την ορθολογική προώθηση της Βιοοικονομίας δεδομένων. Ένα από τα σημεία εστίασης αποτελεί η καταγραφή των παραγόμενων ποσοτήτων βιομάζας και τον συναφών ροών, κάτι το οποίο ενδιαφέρει και στην περίπτωση των βιοδιυλιστηρίων, ώστε να προσδιοριστούν οι πιθανές πηγές και οι διατιθέμενες ποσότητες, που μπορούν να αποτελέσουν πρώτη ύλη για την ανάπτυξή τους σε πλήρη κλίμακα και με όρους βιωσιμότητας. Στην έκθεση του προγράμματος "Biomass flows in the European Union" (European Commission. Joint Research Centre. 2020), παρέχεται πληροφορία για τις παραγόμενες ποσότητες βιομάζας και τις αντίστοιχες ροές σε επίπεδο ΕΕ, αλλά και κράτους μέλους.

Η μελέτη που πραγματοποιείται αφορά στην παραγόμενη βιομάζα από τους τομείς της γεωργίας, της αλιείας και των υδατοκαλλιεργειών και της βιομηχανίας ξύλου, ενώ οι παράμετροι καταγραφής αφορούν στις πηγές προέλευσης, τις ποσότητες και τις χρήσεις της βιομάζας. Στις εικόνεςΕικόνα *3* καιΕικόνα *4* παρουσιάζονται τα διαγράμματα ροής της βιομάζας για την ΕΕ συνολικά και για την Ελλάδα, αντίστοιχα.

[1] https://knowledge4policy.ec.europa.eu/projects-activities/jrc-biomass-mandate_en



Εικόνα 3 Διάγραμμα ροής των διαθέσιμων ποσοτήτων βιομάζας ανά πηγή προέλευσης και είδος χρήσης σε επίπεδο ΕΕ



Εικόνα 4 Διάγραμμα ροής των διαθέσιμων ποσοτήτων βιομάζας ανά πηγή προέλευσης και είδος χρήσης σε Εθνικό επίπεδο

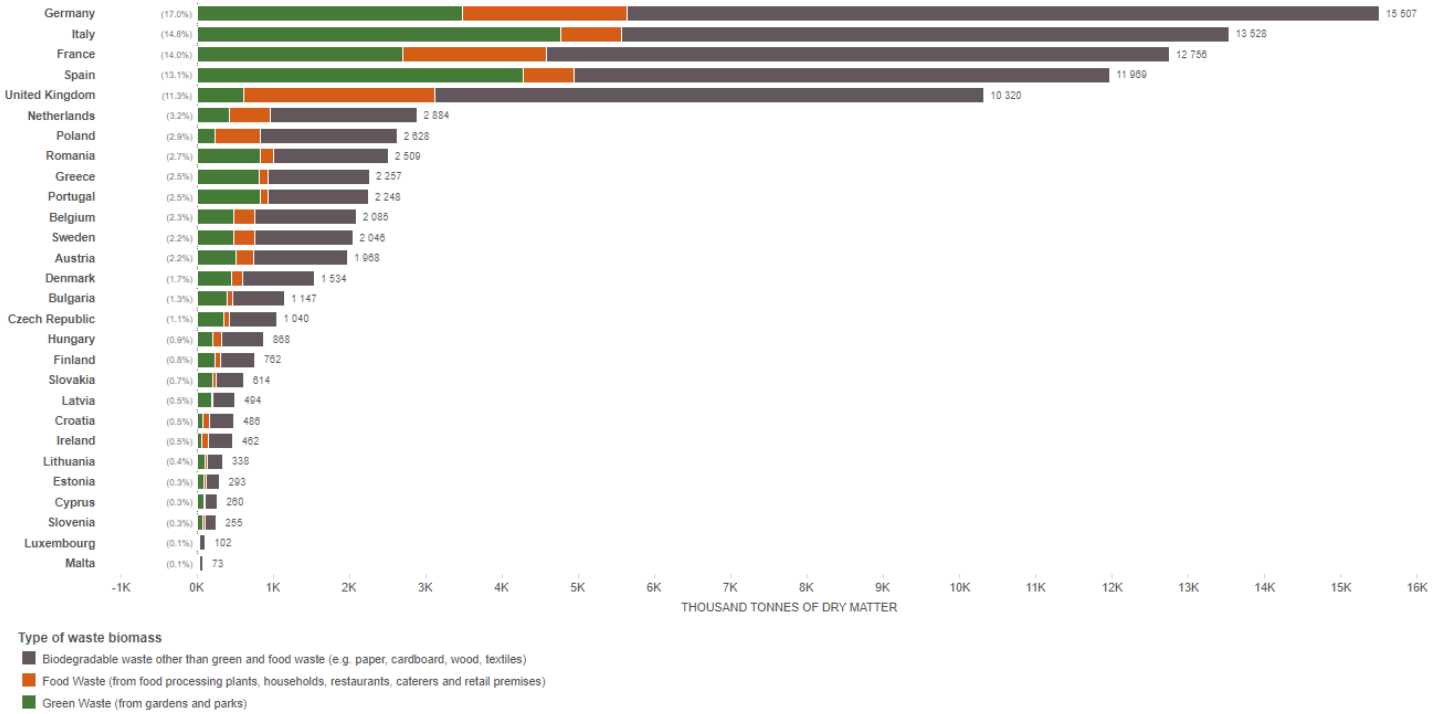
Σύμφωνα με τα παραπάνω διαγράμματα, στην ΕΕ η συνολικά διαθέσιμη από την παραγωγή, τις εισαγωγές, αλλά και από άγνωστες πηγές βιομάζα ανέρχεται στα 1.2 δις τόνους (ξηρής μάζας), εκ των οποίων περίπου το 20%, ποσοστό πολύ κοντά σε αυτό που αξιοποιείται στις βιομηχανίες βιοπροϊόντων και βιοενέργειας, αφορά σε άγνωστες απώλειες. Το γεγονός αυτό καταδεικνύει την ανάγκη είτε για συστηματικότερη καταγραφή των δραστηριοτήτων που αφορούν στην επεξεργασία βιομάζας, θεωρώντας ότι η ποσότητα αυτή όντως αξιοποιείται, είτε στη βελτιστοποίηση των εμπλεκόμενων σταδίων της παραγωγικής και εφοδιαστικής αλυσίδας, ώστε να μην υπάρχουν πραγματικές απώλειες και οι εν λόγω ποσότητες να αξιοποιούνται. Γενικά, όσον αφορά στις χρήσεις βιομάζας στην Ευρώπη, ο τομέας με τη μεγαλύτερη απορροφητικότητα είναι αυτός των τροφίμων και τροφών για ζώα. Βέβαια, όπως τονίζεται στην έκθεση, υπάρχουν σημαντικά κενά στα διαθέσιμα δεδομένα, με αποτέλεσμα οι χρήσεις βιομάζας για την παραγωγή βιοπροϊόντων και βιοενέργειας να υποεκτιμάται, ενώ στη βιοενέργεια δε συγκαταλέγονται το βιοαέριο και η ηλεκτρική βιοενέργεια.

Στην περίπτωση της Ελλάδας, η συνολικά διατιθέμενη βιομάζα ανέρχεται στα 25 εκατ. τόνους (ξηρής μάζας) περίπου. Σε εθνικό επίπεδο, οι αγνώστου ταυτότητας χρήσεις και απώλειες αγγίζουν το 50% της διατιθέμενης βιομάζας αναδεικνύοντας τα σημαντικά προβλήματα της χώρας σε ζητήματα καταγραφής και διαχείρισης. Επιπλέον, η χρησιμοποιούμενη για την παραγωγή βιοενέργειας και βιοπροϊόντων βιομάζα βρίσκεται πολύ κάτω του Ευρωπαϊκού μέσου όρου, με ποσοστά περίπου 3% και 6% αντίστοιχα, γεγονός που υποδηλώνει το μεγάλο περιθώριο βελτίωσης στις υποδομές, την τεχνογνωσία και τις επενδύσεις προς την κατεύθυνση αυτή.

Υπολειμματική βιομάζα

Στο πλαίσιο μίας κυκλικής Βιοοικονομίας, αποτελεί κεντρική επιδίωξη η μέγιστη δυνατή αξιοποίηση των αποβλήτων βιομάζας, τα οποία, αν υποστούν κατάλληλη επεξεργασία, δύνανται να αποδώσουν μία ευρεία γκάμα δευτερογενών προϊόντων, ώστε να αφενός να παραχθεί προστιθέμενη αξία και αφετέρου να ελαχιστοποιηθούν αναξιοποίητες ποσότητες και πιθανά παραπροϊόντα. Σύμφωνα με τα τελευταία διαθέσιμα στοιχεία, στην ΕΕ, κατά το έτος 2012, η υπολειμματική βιομάζα, όπου συμπεριλαμβάνονται τα πράσινα απόβλητα, τα απόβλητα τροφίμων και τα λοιπά βιοαποδομήσιμα απόβλητα, όπως υφάσματα, χαρτί/χαρτόνι κλπ., ανήλθε σε περισσότερα από 91 εκατ. τόνους. Στην Εικόνα 5, απεικονίζεται η παραγωγή αποβλήτων βιομάζας ανά κράτος-μέλος της ΕΕ και στο Ηνωμένο Βασίλειο. Επιπλέον, παρουσιάζεται η ποσοστιαία συμμετοχή καθενός εκ των προαναφερθέντων ρευμάτων στη συνολική παραγωγή κάθε χώρας, αλλά και το ποσοστό συμμετοχής κάθε χώρας στη συνολική παραγωγή της ΕΕ. Από αυτό το διάγραμμα, αρχικά παρατηρείται ότι στην

πλειοψηφία των κρατών το μεγαλύτερο ρεύμα υπολειμματικής βιομάζας αφορά στα βιοαποδομήσιμα απόβλητα εκτός των πρασίνων, που ακολουθούν στη δεύτερη θέση, και των τροφίμων, που είναι, συνήθως στην τρίτη θέση ποσοστιαίας συμμετοχής. Το γεγονός αυτό, βέβαια, δεν υποβαθμίζει στο ελάχιστο την περιβαλλοντική, οικονομική και ηθική σημασία της σπατάλης τροφίμων, η οποία στις μέρες μας έχει λάβει τεράστιες διαστάσεις. Τέλος, υπογραμμίζεται η υψηλή θέση που κατέχει η Ελλάδα στην παραγωγή αποβλήτων βιομάζας, καθώς βρίσκεται στην 9η θέση, μεταξύ 28 κρατών, με παραγωγή, για το έτος 2012, περίπου 2 εκατ. τόνους αποβλήτων. Τα παραπάνω νούμερα, είναι ενδεικτικά των σημαντικών διαθέσιμων ποσοτήτων υπολειμματικής βιομάζας, οι οποίες, αν δεν αξιολογηθούν σωστά ως δυνητική πρώτη ύλη και δεν απορροφηθούν από την αγορά για την παραγωγή δευτερογενών προϊόντων, θα σημαίνουν την απώλεια της υψηλής εγγενούς τους αξίας και την επιβάρυνση του περιβάλλοντος από τη διάθεσή τους.



Εικόνα 5 Παραγωγή υπολειμματικής βιομάζας ανά κράτος μέλος της ΕΕ και στο Ηνωμένο Βασίλειο, για το έτος 2012

Από την άλλη πλευρά, στην αξιοποίηση της υπολειμματική βιομάζας βρίσκεται η απάντηση στα ερωτηματικά που εγείρονται σχετικά με την περιβαλλοντική απόδοση και τη βιωσιμότητα της μετάβασης από τις ορυκτές πρώτες ύλες στη βασισμένη στη βιομάζα βιομηχανία, στην περίπτωση που αυτή βασίζεται μονομερώς σε βιομάζα που προέρχεται από καλλιέργειες οι οποίες αναπτύσσονται αποκλειστικά για το σκοπό αυτό. Στον αντίλογο συμπεριλαμβάνονται επιχειρήματα που αφορούν στην κατανάλωση ενέργειας και πόρων ακριβώς για την καλλιέργεια της απαιτούμενης βιομάζας, καθώς και στην υποβάθμιση εδαφών που θα έπρεπε να προορίζονται για την καλλιέργεια τροφίμων (Clark and Deswarte 2015; Cherubini 2010). Επομένως, η επιστημονική κοινότητα διερευνά την επεξεργασία αποβλήτων βιομάζας από διαφορετικές πηγές ως βασικής πρώτης ύλης στα βιοδιυλιστήρια, καθώς τέτοιου είδους μονάδες βρίσκονται ακόμα σε αρκετά πρώιμο στάδιο, από εργαστηριακή μορφή μέχρι πιλοτικά προγράμματα (European Environment Agency. 2020; Fava et al. 2015; Jain et al. 2022).

Για τη διαμόρφωση ενός βιώσιμου μοντέλου βιοδιυλιστηρίου, η διαθεσιμότητα πρώτης ύλης, η κατάλληλη τεχνολογία επεξεργασίας, η αξιολόγηση της λειτουργίας της εκάστοτε μονάδας και η σύνδεση με την αγορά είναι τέσσερεις καίριοι άξονες βάσει των οποίων θα πρέπει να κινηθεί η ερευνητική προσπάθεια (Fava et al. 2015). Ειδικότερα, η επιλογή βιοαποβλήτων ως πρώτης ύλης ενέχει τα προβλήματα της εποχικότητας ως προς τις παραγόμενες ποσότητες και της ετερογένειας του προς επεξεργασία υποστρώματος. Θα πρέπει, επομένως, να προσδιοριστούν ή να αναπτυχθούν οι μέθοδοι εκείνες που θα βελτιστοποιήσουν τη διαχείριση της βιομάζας καθ’ όλη τη διάρκειά της, από το μέγιστο δυνατό χρόνο αποθήκευσής της πριν την τροφοδοσία της μονάδας, μέχρι το σχεδιασμό αλυσίδων παραγωγής ευέλικτων στην επεξεργασία ετερογενών πρώτων υλών. Επιπλέον, η εύρεση και εφαρμογή εργαλείων αξιολόγησης της αποδοτικότητας και των επιδόσεων των εν λόγω βιοδιυλιστηρίων σε όρους κοινωνικούς, περιβαλλοντικούς και οικονομικούς όχι μόνο συγκριτικά με τα ορυκτά υλικά, αλλά και με τη συμβατική βιομάζα είναι ουσιαστικής σημασίας για την ανατροφοδότηση του σχεδιασμού τους και την πραγματική εκμετάλλευση των ευκαιριών που μπορούν να προκύψουν. Τέλος, θα πρέπει με τα κατάλληλα μέσα, συμπεριλαμβανομένων της δοκιμαστικής λειτουργίας τέτοιου είδους μονάδων, της εμπλοκής ενδιαφερόμενων μερών κλπ., να διασφαλιστεί η είσοδος των παραγόμενων προϊόντων στην αγορά.

1.3 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στις ενότητες που προηγήθηκαν ξεχωρίζουν τα εξής βασικά στοιχεία:

- η ανάγκη μετάβασης σε μία Κυκλική Οικονομία, όπου η έννοια του αποβλήτου εκλείπει, καθώς αυτό ανάγεται σε αξιοποιήσιμη πρώτη ύλη,
- η ανάδειξη της Βιοοικονομίας σε δυναμικό τομέα βιώσιμης ανάπτυξης, όπου η κυκλικότητα θα πρέπει να αφομοιωθεί ως έννοια, αποδίδοντας καινοτόμα προϊόντα και συνεισφέροντας στην επίλυση κεντρικών προκλήσεων της εποχής
- η σημασία διερεύνησης, ανάπτυξης και ένταξης νέων τεχνολογιών και συγκεκριμένα εδώ των βιοδιυλιστηρίων στα νέα μοντέλα οικονομίας
- η σημασία ορθολογικής διαχείρισης της βιομάζας και δη της υπολειμματικής βιομάζας, αφενός για την αξιοποίηση των χαρακτηριστικών της ως πρώτης ύλης και αφετέρου για τον περιορισμό δυσμενών προς το περιβάλλον επιπτώσεων της αλόγιστης σπατάλης της.

Λαμβάνοντας υπόψη τα σημεία αυτά, καθώς και τις Ευρωπαϊκές και Εθνικές πολιτικές αναπτυξιακού, ενεργειακού και περιβαλλοντικού χαρακτήρα, όπως αναλύονται στο Κεφάλαιο 2, η παρούσα διπλωματική εργασία διερευνά τη δυνατότητα αξιοποίησης της διαθέσιμης υπολειμματικής βιομάζας σε μία από τις Περιφέρειες της Ελληνικής Επικράτειας και, συγκεκριμένα, της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας, στο πλαίσιο μίας μονάδας βιοδιυλιστηρίου. Επιδιώκεται, δηλαδή, η καταγραφή του διαθέσιμου δυναμικού αποβλήτων βιομάζας, ο προσδιορισμός των δευτερογενών προϊόντων που δύναται να παραχθούν από την επεξεργασία τους μέσα στη μονάδα ενός βιοδιυλιστηρίου και η αξιολόγηση της εν λόγω διαχείρισης συγκριτικά με τις πλέον διαδομένες και κυρίως προωθούμενες στην Ελλάδα αυτή τη στιγμή μεθόδους επεξεργασίας.

2 ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Σε διεθνές επίπεδο, έχει πλέον αναγνωριστεί η ανάγκη αντιμετώπισης των πολλαπλών προκλήσεων που αντιμετωπίζει ο πλανήτης μας σε κοινωνικό, οικονομικό και περιβαλλοντικό επίπεδο. Ένα ευρύ φάσμα ζητημάτων, από τη φτώχεια και τις κοινωνικές ανισότητες μέχρι τις περιβαλλοντικές πιέσεις που ασκούνται από τον άνθρωπο και την κλιματική αλλαγή, απαιτούν ανασυγκρότηση των κρατικών πολιτικών και των αναπτυξιακών μοντέλων και έχουν πυροδοτήσει εκτεταμένο διάλογο στην προσπάθεια αναχαίτισής τους. Για τη διασφάλιση της βιωσιμότητας και της ανθεκτικότητας του πλανήτη, είναι απαραίτητη η εμπλοκή όλων των ενδιαφερόμενων μερών, συμπεριλαμβανομένης της κοινωνίας, της επιστημονικής κοινότητας και των κυβερνήσεων, καθώς και η εγκαθίδρυση διακρατικών και διεθνών συνεργασιών. Στην κατεύθυνση αυτή και με στόχο την ανάληψη οργανωμένης δράσης που θα οδηγήσει σε απτά αποτελέσματα, τα τελευταία χρόνια έχουν σημειωθεί σημαντικά προχωρήματα, με δύο από τα κυριότερα να είναι η δημοσίευση της Ατζέντας 2030 και των 17 Στόχων Βιώσιμης Ανάπτυξης[ii] και η Συμφωνία του Παρισιού[iii], το 2015 και το 2016 αντίστοιχα, στις επιδιώξεις και τις δράσεις των οποίων έχει δεσμευτεί και η ΕΕ.

Εστιάζοντας στην παράμετρο του περιβάλλοντος, η ΕΕ έχει αναπτύξει εδώ και χρόνια ένα λεπτομερές νομοθετικό πλαίσιο, βάσει του οποίου δεσμεύονται και τα κράτη μέλη της, μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα, ώστε να μειωθούν οι αρνητικές συνέπειες της υποβάθμισής του, να προληφθούν περαιτέρω πιέσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων σε αυτό και να διασφαλιστεί η αειφορία του. Κεντρικό ρόλο στη νομοθεσία και τις συναφείς πολιτικές παίζει η ορθολογική και ολοκληρωμένη διαχείριση των αποβλήτων. Ταυτόχρονα, η ΕΕ φιλοδοξεί να αποτελέσει πρωτοπόρο αλλά και οδηγό τόσο στα ζητήματα περιβαλλοντικής προστασίας, όσο και σε κοινωνικό και οικονομικό επίπεδο και να αναδειχθεί σε μία ανεξάρτητη και ανταγωνιστική δύναμη διεθνώς, ικανή να αναπτυχθεί με ίδια μέσα και να ανταπεξέλθει στις μελλοντικές προκλήσεις της κλιματικής αλλαγής και της έλλειψης πόρων, αναπτύσσοντας τα τελευταία χρόνια μία σειρά στρατηγικών και σχεδίων δράσης, που αναμένεται να επιφέρουν ριζικές αλλαγές στα αναπτυξιακά και παραγωγικά μοντέλα.

[ii] https://sdgs.un.org/2030agenda
[iii] https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement

2.2 ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Σε Ευρωπαϊκό και Εθνικό επίπεδο, τα απόβλητα βιομάζας αποτελούν ένα ρεύμα για το οποίο έχουν τεθεί συγκεκριμένοι στόχοι –ιδίως όσον αφορά στη διαχείριση των αστικής προέλευσης συνιστωσών της–, ενώ φαίνεται να αποτελούν και σημαντικό μέσο επίτευξης ειδικών στόχων επιμέρους στρατηγικών της ΕΕ, μέσα από την παραγωγή προϊόντων προστιθέμενης αξίας. Στο παρόν κεφάλαιο διερευνάται και παρουσιάζεται η θέση που κατέχει το εν λόγω ρεύμα στις προωθούμενες πολιτικές και οι δράσεις, με τις οποίες αφενός διευθετείται η διαχείρισή του και αφετέρου επιδιώκεται η αξιοποίησή του. Καθώς μία διεξοδική παρουσίαση του συνόλου των αναφορών στα απόβλητα βιομάζας ξεφεύγει του αντικειμένου της παρούσας διπλωματικής, επιλέγονται οι κυριότερες πολιτικές και νομοθεσίες βάσει των οποίων χαράσσεται η διαχείρισή τους και στις οποίες στηρίζεται και το προτεινόμενο μοντέλο επεξεργασίας της μελέτης.

2.2.1 Υγειονομική ταφή αποβλήτων

Σε επίπεδο ΕΕ η υγειονομική ταφή αποβλήτων διευθετείται από την Οδηγία 1999/31/ΕΚ (ΕΕ 1999) και την τροποποίηση αυτής, μέσω της Οδηγίας (ΕΕ) 2018/850 (ΕΕ 2018a), με βασικό σκοπό την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την ταφή των αποβλήτων, την προστασία της ανθρώπινης υγείας, αλλά και την υποστήριξη της ορθολογικής διαχείρισης αποβλήτων και, συνεπώς, πόρων, βάσει της ιεράρχησης των αποβλήτων και της κυκλικής οικονομίας. Ειδικότερα, μεταξύ άλλων, καθορίζονται τα είδη Χώρων Υγειονομικής Ταφής (ΧΥΤ) τα βασικά τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά τους, τα αποδεκτά είδη αποβλήτων σε αυτούς, καθώς και συγκεκριμένοι ποσοτικοί στόχοι για τον περιορισμό των ποσοτήτων αποβλήτων που οδηγούνται προς υγειονομική ταφή.

Ειδική αναφορά πραγματοποιείται στα βιοαποδομήσιμα απόβλητα, στην κατεύθυνση περιορισμού των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την ταφή τους, ιδίως στην ποιότητα της ατμόσφαιρας και των υδάτων, ενώ, ταυτόχρονα, ενδιαφέρει και η ξεχωριστή διαχείριση και αξιοποίησή τους. Η Οδηγία 1999/31/ΕΚ προέβλεπε μείωση των ΒΑΑ που οδηγούνται προς ΧΥΤΑ τουλάχιστον στο 35% της παραγόμενης ποσότητας του έτους αναφοράς (1995 ή το αμέσως προηγούμενο έτος για το οποίο διατίθενται στοιχεία) μέχρι το 2020. Για την επίτευξη του στόχου αυτού προτείνεται η λήψη κατάλληλων μέτρων από τα κράτη μέλη, όπως η ανακύκλωση, η παραγωγή λιπάσματος ή βιομεθανίου και η ανάκτηση είτε υλικών είτε ενέργειας. Με την Οδηγία (ΕΕ) 2018/850 τροποποιείται η Οδηγία1999/31/ΕΚ, βάσει των εξελίξεων του πλαισίου πολιτικής για τη διαχείριση αποβλήτων στην ΕΕ, συμπεριλαμβανομένης της ιεράρχησης αποβλήτων και της ΚΟ, ώστε τα κράτη μέλη να απομακρυνθούν περαιτέρω από τη λύση υγειονομικής ταφής των αποβλήτων και χρήσιμα

ανακυκλώσιμα υλικά να μη διατίθενται σε ΧΥΤΑ, επιφέροντας έτσι και αντίστοιχα περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά οφέλη. Ενδεικτικά, σύμφωνα με την εν λόγω Οδηγία, από το 2030 και έπειτα θα απαγορεύεται η αποδοχή σε ΧΥΤΑ αποβλήτων, και ιδιαίτερα αστικών, τα οποία δύναται να ανακυκλωθούν ή να ανακτηθούν, ενώ τίθεται στόχος μείωσης της ποσότητας αστικών αποβλήτων τα οποία διατίθενται προς ταφή τουλάχιστον στο 10% κ.β. της συνολικά παραγόμενης ποσότητας του ρεύματος αυτού, μέχρι το 2035.

2.2.2 Διαχείριση αποβλήτων

Η ΕΕ τοποθετεί την υγειονομική ταφή αποβλήτων ως τελευταία επιλογή μεταξύ μίας σειράς εναλλακτικών λύσεων διαχείρισης και αναπτύσσει ένα ολοκληρωμένο νομοθετικό πλαίσιο διαχείρισης, στοχεύοντας στη βελτιστοποίηση των αντίστοιχων συστημάτων με περιβαλλοντικούς, οικονομικούς και κοινωνικούς όρους. Η διαχείριση αποβλήτων αναγνωρίζεται ως καίριας σημασίας παράγοντας για την αξιοποίηση υλικών η αξία των οποίων δεν έχει εξαντληθεί και για την αποδοτικότητα πόρων και η ΕΕ εγκαλεί, μέσω κατάλληλων κανονιστικών διατάξεων, όλους τους εμπλεκόμενους, από τους παραγωγούς προϊόντων μέχρι τους πολίτες και τα κράτη μέλη, να εμπλακούν στα συστήματα διαχείρισης και να αναλάβουν δράση, προωθώντας κάθε φορά τις βέλτιστες διαθέσιμες λύσεις. Βασικές Οδηγίες για τη διαχείριση αποβλήτων είναι η Οδηγία 2008/98/ΕΚ (ΕΕ 2008) και η τροποποίησή της, Οδηγία (ΕΕ) 2018/851(ΕΕ 2018b), στις οποίες περιλαμβάνονται, μεταξύ άλλων, όλοι οι απαραίτητοι ορισμοί διαχείρισης αποβλήτων, βασικές αρχές που θα πρέπει να τη διέπουν, όπως η ιεράρχηση αποβλήτων και η διευρυμένη ευθύνη του παραγωγού, υλικά ιδιαίτερης σημασίας ή ικανότητας ως προς τη διαχείριση και ανακύκλωση, η υποχρέωση κατάρτισης σχεδίων πρόληψης και διαχείρισης αποβλήτων κλπ.

Προκειμένου να επιτευχθούν τα επιθυμητά αποτελέσματα διαχείρισης αποβλήτων, οι ως άνω Οδηγίες ορίζουν συγκεκριμένους ποσοτικούς στόχους. Ειδικότερα, βάσει της Οδηγίας 2008/98/ΕΚ, προβλεπόταν χωριστή συλλογή τουλάχιστον για τα απόβλητα από γυαλί, μέταλλο, πλαστικό και χαρτί μέχρι το έτος 2015, καθώς και προετοιμασία τουλάχιστον του 50% της συνολικής παραγωγής καθενός από τα υλικά αυτά ή και επιπλέον υλικών, για επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση, μέχρι το έτος 2020. Ειδική αναφορά γίνεται στα βιοαπόβλητα για τα οποία προβλεπόταν προώθηση της χωριστής συλλογής αυτών, της κατάλληλης επεξεργασίας, π.χ. μέσω ζύμωσης, και της χρησιμοποίησης των παραγόμενων δευτερογενών προϊόντων. Η Οδηγία (ΕΕ) 2018/851, σε σύμπνοια με τις εξελίξεις στις Ευρωπαϊκές στρατηγικές, έρχεται να αυστηροποιήσει το πλαίσιο διαχείρισης και να θέσει πιο φιλόδοξους στόχους, με την απαίτηση η προετοιμασία αστικών αποβλήτων για

επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση να φτάσει τουλάχιστον το 65% κ.β., μέχρι το 2035. Τέλος, ενισχύεται το πλαίσιο για τη διαχείριση βιοαποβλήτων, αφού προβλέπεται η χωριστή συλλογή του συνόλου της παραγόμενης ποσότητας αυτών από τις 31 Δεκεμβρίου του 2023 και έπειτα, ενώ προωθούνται δράσεις για την περαιτέρω απορρόφηση των δευτερογενών υλικών που παράγονται από την επεξεργασία βιοαποβλήτων, όπως η ανάπτυξη κατάλληλων προτύπων ποιότητας.

2.2.3 Κυκλική Οικονομία

Η ΕΕ εξέδωσε τον Δεκέμβριο του 2015 το πρώτο Σχέδιο Δράσης για τη μετάβαση σε μία ΚΟ (EC 2015), αναγνωρίζοντας τα οφέλη της και επιδιώκοντας την αειφόρο ανάπτυξη της Ένωσης. Το σχέδιο αποτελεί ουσιαστικά διακήρυξη της ΕΕ για την επερχόμενη υιοθέτηση νέων αναπτυξιακών και οικονομικών μοντέλων και εισάγει τις βασικές έννοιες της ΚΟ, καθώς και τους βασικούς τομείς οι οποίοι εμπλέκονται και αναμένεται να αναδιοργανωθούν, ώστε να επιτευχθούν τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Αποτελεί, ταυτόχρονα, ένα κείμενο-σταθμό για τις επόμενες νομοθετικές ρυθμίσεις της ΕΕ. Το Σχέδιο Δράσης αναλύει όλες τις συνιστώσες στον κύκλο ζωής ενός προϊόντος, δηλαδή, την παραγωγή των προϊόντων, την κατανάλωση, τη διαχείριση αποβλήτων και τη διακίνηση δευτερογενών υλικών, καθώς και τις αντίστοιχες αρχές που θα πρέπει να τις διέπουν.

Τα απόβλητα βιομάζας κατέχουν σημαντική θέση στο εν λόγω κείμενο, αφού «Βιομάζα και προϊόντα βιολογικής προέλευσης» αποτελούν έναν από τους τομείς προτεραιότητας της ΕΕ για τη μετάβαση στην ΚΟ. Ειδικότερα, αναγνωρίζεται η αξία των υλικών βιολογικής προέλευσης, χάρη στις πολλαπλές τους χρήσεις και τη δυνατότητα εφαρμογής υψηλά στην ιεραρχία αποβλήτων μεθόδων διαχείρισης, όπως η ανακύκλωση θρεπτικών ουσιών και η επαναχρησιμοποίηση αποβλήτων, π.χ. από ξύλο. Επισημαίνεται η αξία αλληλεπίδρασης με άλλες στρατηγικές, όπως η Βιοοικονομία, και προβλέπεται η προώθηση ζητημάτων έρευνας και καινοτομίας για το συγκεκριμένο ρεύμα, σε διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένων νέων προϊόντων που παράγονται από βιοδιυλιστήρια.

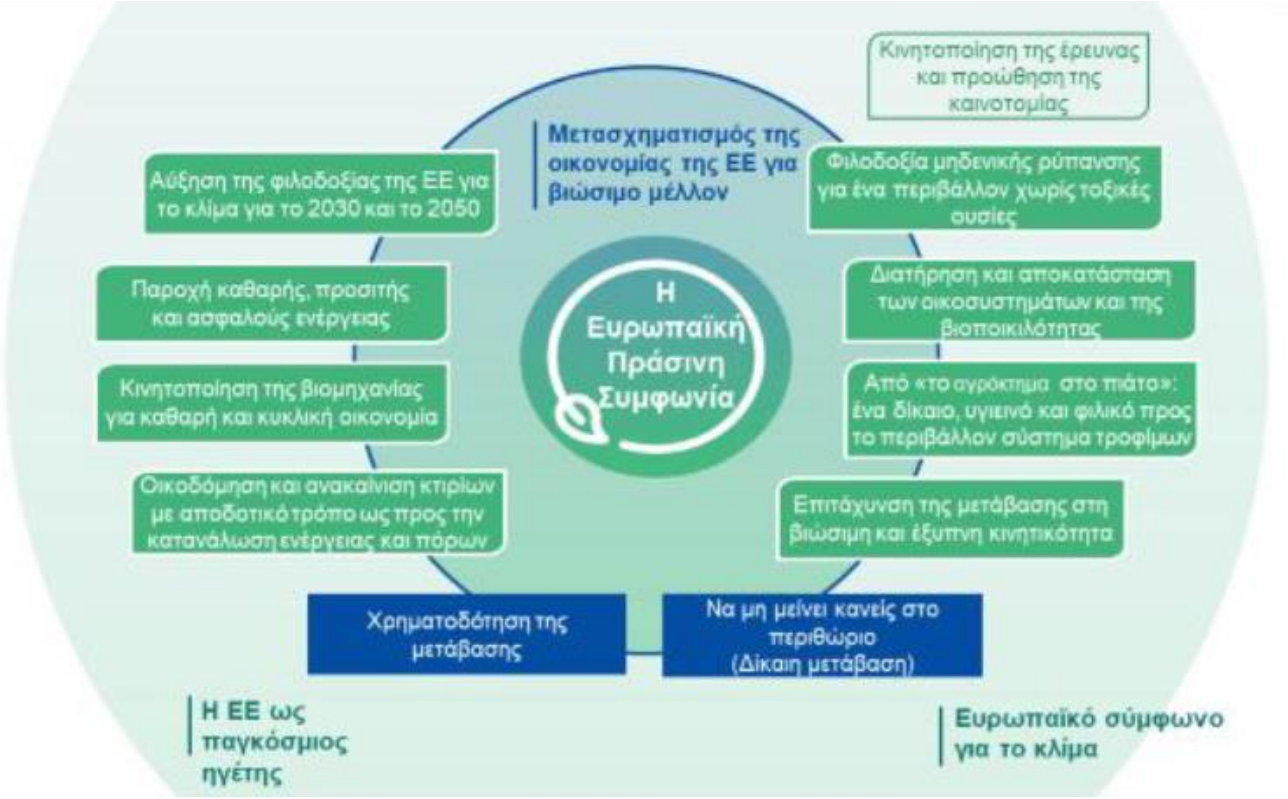
Η σημασία των υλικών βιολογικής προέλευσης και των εφαρμογών τους τονίζεται και στο Νέο Σχέδιο Δράσης για την ΚΟ (EC 2020), το οποίο δημοσιεύθηκε το 2020, ως απότοκο της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας. Το εν λόγω έγγραφο έρχεται να διασφαλίσει την πραγματική εφαρμογή της ΚΟ, με εξειδικευμένες απαιτήσεις και πιο συγκεκριμένο σχέδιο δράσης για την προώθηση και επίτευξη της βιωσιμότητας προς την κατεύθυνση μιας κλιματικά ουδέτερης Ευρώπης. Στις δράσεις που προβλέπονται περιλαμβάνεται η ενδυνάμωση της βιομηχανίας των βιοπροϊόντων, με όρους κυκλικότητας και η παραγωγή πλαστικών υλικών ικανών να βιοαποδομηθούν ή να λιπασματοποιηθούν. Επιπλέον, τα τρόφιμα και η θρεπτικές ουσίες αναδεικνύονται σε πρωτεύων

τομέα παρέμβασης, για τον περιορισμό της σπατάλης τροφίμων, την αποδοτική χρήση ανανεώσιμων βιοϋλικών, στο πνεύμα που επιτάσσει και η βιοοικονομία, και αξιοποίησης των θρεπτικών ουσιών ενισχύοντας τις σχετικές αγορές.

2.2.4 Πολιτικές για την Ενέργεια και το Κλίμα

<u>Πράσινη Συμφωνία</u>

Το Δεκέμβριο του 2019 δημοσιεύθηκε η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία (ΕΕ 2019), ένα έγγραφο υψίστης σημασίας, για τη διαμόρφωση των πολιτικών και των στόχων της ΕΕ, που θα την θέσουν σε τροχιά αειφόρας, δίκαιης και χωρίς αποκλεισμούς ανάπτυξης. Στον πυρήνα της Στρατηγικής αυτής βρίσκεται η επιδίωξη να καταστεί η ΕΕ κλιματικά ουδέτερη μέχρι το 2050, βάσει και της αντίστοιχης δέσμευσης που ανέλαβε κατά τη Συμφωνία του Παρισιού. Η Πράσινη Συμφωνία περιλαμβάνει δράσεις για οχτώ τομείς της οικονομίας (βλ. Εικόνα 6), στοχεύοντας στην απεξάρτηση της ανάπτυξής τους από τη μη αποδοτική χρήση πόρων, στη βελτιστοποίηση των ενεργειακών καταναλώσεων και την προσαρμογή αυτών στις αρχές της ΚΟ.



Εικόνα 6 Η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία

Η απανθρακοποίηση, ο περιορισμός χρήσης πρωτογενών πρώτων υλών και η μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων, μέσω και της βελτιστοποίησης της ενεργειακής αποδοτικότητας, με ιδιαίτερη έμφαση σε παραγωγικούς κλάδους υψηλής έντασης ως προς τα χαρακτηριστικά αυτά αποτελούν ορισμένα από τα σημεία – κλειδιά για την επίτευξη του οράματος της Πράσινης Συμφωνίας. Στην κατεύθυνση αυτή, σημαντικό ρόλο αναμένεται να παίξουν οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), η χρήση εναλλακτικών και βιώσιμων καυσίμων, ιδίως για την επίτευξη έξυπνης και βιώσιμης κινητικότητας και η αντικατάσταση των συμβατικών πλαστικών με πλαστικά παραγόμενα από βιοαποδομήσιμα ή βιολογικής προέλευσης υλικά. Βασικά εργαλεία θα αποτελέσουν οι κατάλληλες τιμολογήσεις υλικών, ενέργειας κλπ., η συνεργασία μεταξύ βιομηχανιών, η αξιοποίηση των βέλτιστων χρηματοδοτικών λύσεων, καθώς και η έμφαση σε σχετικές καινοτομίες και νέες τεχνολογίες.

Ευρωπαϊκός Νόμος για το Κλίμα

Η Πράσινη Συμφωνία προέβλεπε και την κατοχύρωση της μηδενικής καθαρής παραγωγής αερίων του θερμοκηπίου μέχρι το 2050, μέσω αντίστοιχης νομοθεσίας, με αποτέλεσμα το Μάρτη του 2020 να κατατεθεί πρόταση για τον Ευρωπαϊκό Νόμο για το Κλίμα (ΕΕ 2020a) η οποία τροποποιήθηκε το Σεπτέμβρη του ίδιου έτους (ΕΕ 2020b). Βάσει της εν λόγω πρότασης και της τροποποίησής της, θεσμοθετείται η επίτευξη κλιματικής ουδετερότητας σε επίπεδο ΕΕ έως το 2050, με τελικό σκοπό την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη κατά αρκετά λιγότερο από τους 2°C (και ει δυνατόν κάτω από 1,5°C) συγκριτικά με τα προβιομηχανικά επίπεδα, όπως ορίστηκε με τη Συμφωνία του Παρισιού. Ως ενδιάμεσος στόχος τίθεται η μείωση των καθαρά παραγόμενων αερίων του θερμοκηπίου κατά 55% τουλάχιστον μέχρι το 2030 σε σχέση με τις αντίστοιχες εκπομπές που σημειώθηκαν το 1990. Προκειμένου οι παραπάνω στόχοι να γίνουν πράξη και να μην αναχαιτιστεί σε κάποια μελλοντική περίοδο η εκάστοτε πρόοδος που έχει σημειωθεί, προβλέπονται συχνοί έλεγχοι από την Επιτροπή, εκθέσεις αξιολόγησης, επαναπροσδιορισμός των στόχων, καθώς και διορθωτικά μέτρα, εφόσον απαιτείται, συμπεριλαμβανομένων των συστάσεων και της καθοδήγησης στα μη συμμορφούμενα κράτη μέλη.

Η μετάβαση σε μία κλιματικά ουδέτερη Ευρώπη συνδέεται άμεσα και με την αυξανόμενη χρήση ΑΠΕ, με το αντίστοιχο πολιτικό πλαίσιο ενίσχυσης συστημάτων ΑΠΕ να τίθεται από την Οδηγία (ΕΕ) 2018/2001 (ΕΕ 2018). Η εν λόγω Οδηγία καθορίζει ένα σύνολο παραμέτρων που θα οδηγήσει στην αποδέσμευση των κρατών μελών από τις συμβατικές μορφές ενέργειας, με όρους ενεργειακής ασφάλειας και βιωσιμότητας, προωθώντας ταυτόχρονα τις διακρατικές συνεργασίες, ορίζοντας το

πλαίσιο για καθεστώτα στήριξης στην κατεύθυνση ανάπτυξης συστημάτων ΑΠΕ, διευθετώντας διοικητικά ζητήματα και ζητήματα κατάρτισης κλπ.

Οδηγία για την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές

Σύμφωνα με την Οδηγία 2018/2001, ορίζεται στόχος συμμετοχής των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική ενέργεια με τουλάχιστον 32%, μέχρι το έτος 2030, σε επίπεδο Ευρώπης, ενώ ορίζονται και επιμέρους στόχοι για κάθε κράτος μέλος, με την προτροπή τα κράτη αυτά να υιοθετήσουν ακόμα πιο φιλόδοξους στόχους στα εθνικά σχέδια για την ενέργεια και το κλίμα, τα οποία και καλούνται να συντάξουν. Το έγγραφο καθορίζει, επίσης, τις μεθόδους με τις οποίες υπολογίζεται η συμμετοχή ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας, ως άθροισμα της συμμετοχής τους στην ηλεκτρική ενέργεια, τη θέρμανση/ψύξη και τις μεταφορές. Σημαντικό σημείο αποτελεί το γεγονός ότι, για να αντιμετωπιστούν ζητήματα βιωσιμότητας που μπορεί να προκύπτουν από την παραγωγή βιοκαυσίμων, βιορευστών κλπ., καύσιμα παραγόμενα από υλικά βιολογικής προέλευσης θα πρέπει να ανταποκρίνονται σε ειδικούς κανόνες και να ικανοποιούν ορισμένα κριτήρια, ώστε να δύναται να συμπεριληφθούν στους τύπους υπολογισμού. Ενδεικτικά, τίθενται συγκεκριμένα όρια για τη συμμετοχή καυσίμων βιολογικής προέλευσης στις μεταφορές, όταν αυτά προκύπτουν από καλλιέργειες τροφίμων και ζωοτροφών, ιδίως όταν συνδέονται με έμμεση αλλαγή χρήσης γης η οποία θεωρείται υψηλού κινδύνου και η παραγωγή πραγματοποιείται σε μεγάλες εκτάσεις με υψηλά αποθέματα άνθρακα. Αναφορικά με τα κριτήρια βιωσιμότητας, αυτά στοχεύουν στη διευθέτηση ζητημάτων που συνδέουν την παραγωγή βιοκαυσίμων, άμεσα ή έμμεσα, με την υποβάθμιση της ποιότητας των εδαφών και της βιοποικιλότητας, την εκμετάλλευση εκτάσεων με υψηλά αποθέματα άνθρακα, τη μη βιώσιμη ή παράνομη διαχείριση πόρων κλπ. Τέλος, ορίζονται τα ελάχιστα απαιτούμενα ποσοστά μείωσης παραγωγής αερίων του θερμοκηπίου, χάρη στη χρήση καυσίμων παραγόμενων από βιομάζα. Σημειώνεται ότι βιοαπόβλητα και υπολειμματική βιομάζα που δε συνδέεται με χρήσεις γης, όπως γεωργικές εκτάσεις, υδατοκαλλιέργειες κλπ., χρειάζεται να πληρούν μόνο τα κριτήρια μείωσης εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, γεγονός που αναδεικνύει τις προοπτικές αξιοποίησής τους με βιώσιμους όρους.

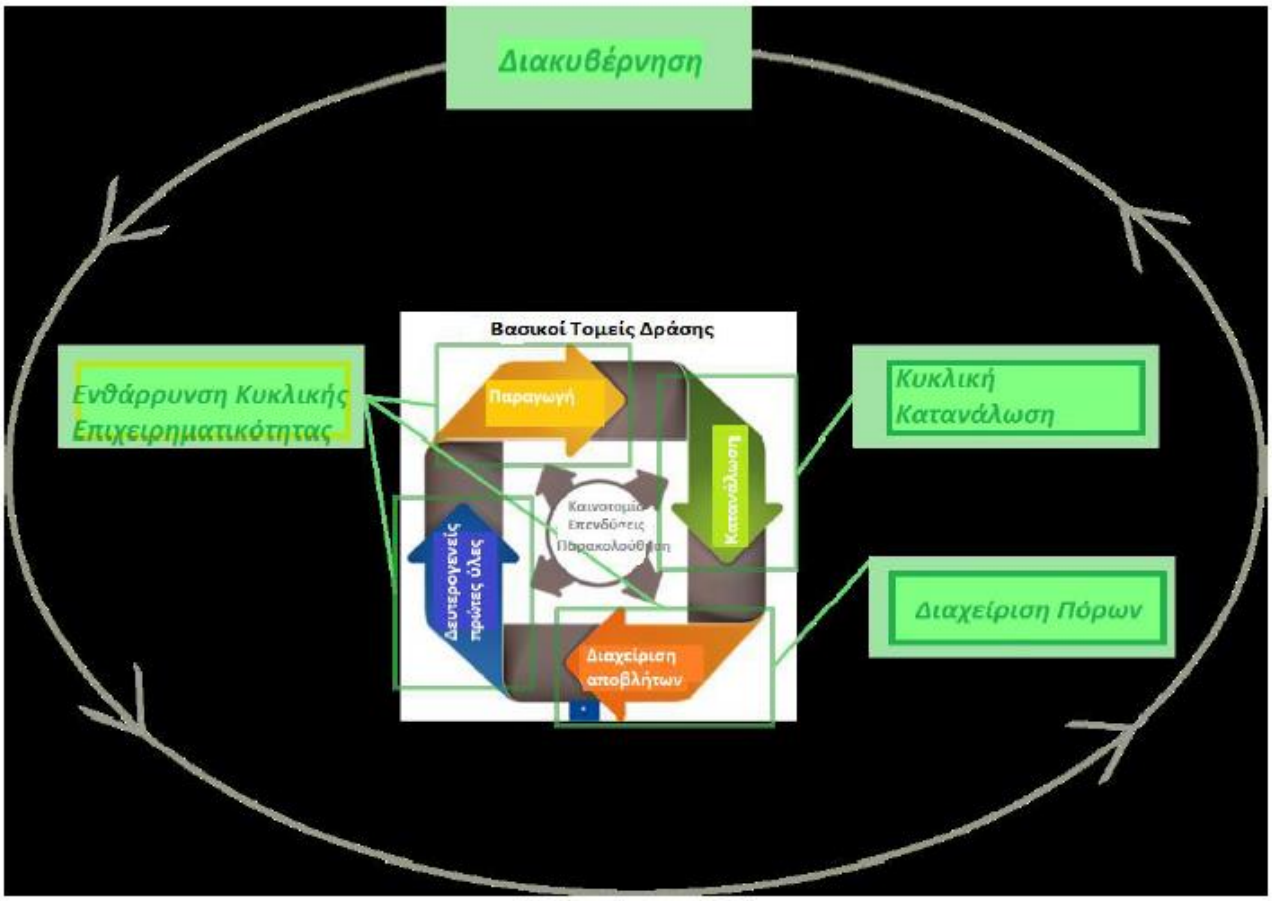
2.3 ΕΘΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η Ελλάδα παρουσιάζει σημαντικές καθυστερήσεις στην ανάπτυξη συστημάτων ολοκληρωμένης διαχείρισης αποβλήτων, όπως υποδεικνύουν ζητήματα, συμπεριλαμβανομένων των ελλείψεων βασικών υποδομών και τις αδυναμίας επίτευξης ποσοτικών στόχων που προβλέπονται τόσο από το Ευρωπαϊκό νομοθετικό πλαίσιο όσο και από την υφιστάμενη Εθνική νομοθεσία. Παρόλα αυτά, η

Εθνικές πολιτικές συμμορφώνονται πλήρως στις επιδιώξεις τους με τα όσα ορίζουν οι Οδηγίες της ΕΕ και οι πιο πρόσφατες εξ αυτών θέτουν σημαντικά πιο φιλόδοξους στόχους από ό,τι ορίζει η Ευρώπη, επιδιώκοντας την επιτάχυνση των διαδικασιών για την επίτευξη αποτελεσματικής διαχείρισης αποβλήτων και ανάπτυξης μια βιώσιμης και κυκλικής οικονομίας.

Εθνική Στρατηγική για την Κυκλική Οικονομία

Σε αυτή την κατεύθυνση, δημοσιεύθηκε τον Δεκέμβριο του 2018 η Εθνική Στρατηγική για την Κυκλική Οικονομία (ΥΠΕΝ 2018), όπου η Ελλάδα αναγνωρίζεται ως χώρα με ιδιαίτερα πρόσφορο έδαφος υιοθέτησης της κυκλικότητας στις αναπτυξιακές και οικονομικές της δραστηριότητες και προτείνονται οι σχετικές στρατηγικές και οι τομείς παρέμβασης για την πραγματοποίησης τη εν λόγω μετάβασης, όπως φαίνεται στην Εικόνα 7.



Εικόνα 7 Σημεία κλειδιά για τη μετάβαση της Ελλάδας στην Κυκλική Οικονομία

Ειδικότερα, εντοπίζονται 23 δράσεις υλοποίησης της Κυκλικής Οικονομίας, οι οποίες θα διευθετηθούν με κατάλληλες νομοθετικές ρυθμίσεις, για την επίτευξη βέλτιστων αποτελεσμάτων της Στρατηγικής. Μεταξύ των επιμέρους τομέων που προωθούνται, σημαντική θέση κατέχουν η

αξιοποίηση αποβλήτων βιομάζας και η μετάβαση σε ΑΠΕ, καθώς 5 από τις 23 δράσεις επικεντρώνονται σε αυτά τα ζητήματα. Πιο συγκεκριμένα, προβλέπονται δράσεις ενίσχυσης της παραγωγής δευτερογενών καυσίμων, ιδίως μέσω της αξιοποίησης οργανικών αποβλήτων, της παραγωγής και αξιοποίησης βιομεθανίου από οργανικά απόβλητα και της απορρόφησης του παραγόμενου κόμποστ από βιοαπόβλητα προδιαλεγμένα στην πηγή. Επιπλέον, τονίζεται η ανάγκη προώθησης της βιοοικονομίας, με διαφορετική για κάθε περιφέρεια ή τοπική κοινότητα μορφή, ανάλογα με τις τοπικές ανάγκες, όπως η παραγωγή βιοενέργειας ή χημικών, και προβλέπεται η διαμόρφωση Εθνικού Σχεδίου Δράσης. Τέλος, προβλέπονται κίνητρα για τη δημιουργία Ενεργειακών Κοινοτήτων βασισμένων σε ΑΠΕ, όπου η βιομάζα και το βιοαέριο δύναται να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων

Το Σεπτέμβριο του 2020 δημοσιεύθηκε το επικαιροποιημένο ΕΣΔΑ (ΥΠΕΝ 2020), όπου περιλαμβάνονται όλοι οι υιοθετούμενοι στόχοι για τη διαχείριση αποβλήτων στη χώρα και προσδιορίζονται τα κατάλληλα εργαλεία επίτευξής τους (χρηματοδοτικά εργαλεία, έρευνα και καινοτομία, ανάπτυξη υποδομών κλπ.), στην κατεύθυνση μεγιστοποίησης της αξιοποίησης και αποδοτικότητας πόρων και μετάβασης στην ΚΟ.

Στο επικαιροποιημένο ΕΣΔΑ περιλαμβάνονται στόχοι οι οποίοι αφορούν στη διαχείριση των βιοαποβλήτων ή επηρεάζονται άμεσα από αυτή. Αρχικά, προβλέπεται η μείωση των ΑΣΑ που θα οδηγούνται προς ταφή μέχρι το 2030 τουλάχιστον στο 10% της παραγόμενης ποσότητάς τους, καθώς και η απαίτηση για προετοιμασία επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης τουλάχιστον του 60% των ΑΣΑ μέχρι το ίδιο έτος, στόχοι οι οποίοι συνδέονται άμεσα με την εκτροπή του ρεύματος των βιοαποβλήτων που περιέχονται στα ΑΣΑ. Επομένως, καθώς και όπως ορίζει η Ευρωπαϊκή νομοθεσία, θα καταστεί υποχρεωτική η διαλογή στην πηγή του συνόλου των παραγόμενων βιοαποβλήτων μέχρι το τέλος του 2022. Για το σκοπό αυτό προβλέπεται η ανάπτυξη κατάλληλων δικτύων και υποδομών, όπως καφέ κάδοι για τα οικιακά απόβλητα, δίκτυο συλλογής των πράσινων αποβλήτων και δίκτυα συλλογής από μεγάλους παραγωγούς, όπως η εστίαση, οι λαϊκές κλπ. Ως βασικές μέθοδοι επεξεργασίας επιλέγονται η κομποστοποίηση, η αναερόβια χώνευση και η οικιακή κομποστοποίηση, για την παραγωγή κόμποστ και βιοαερίου. Ωστόσο, γίνεται σαφής αναφορά στη δυνατότητα υιοθέτησης υψηλότερων ιεραρχικά μεθόδων επεξεργασίας και αξιοποίησης, όπως η βιοδιύλιση, εφόσον αναπτυχθούν κατάλληλα ερευνητικά και πιλοτικά προγράμματα. Βάσει του ΕΣΔΑ, αναμένεται να αναπτυχθούν περαιτέρω και οι υποδομές επεξεργασίας των βιοαποβλήτων, με έμφαση

στις ΜΕΒΑ, αφού προτείνεται η κατασκευή και λειτουργία 37 με 40 ΜΕΒΑ στην ηπειρωτική Ελλάδα και 21 ΜΕΒΑ στα νησιά.

Το ΕΣΔΑ δεν περιλαμβάνει συγκεκριμένες αναφορές στην υπολειμματική βιομάζα μη αστικής προέλευσης, ωστόσο προβλέπει δράσεις για τη βελτιστοποίηση της διαχείρισης των Βιομηχανικών Μη Επικίνδυνων Αποβλήτων (ΒΜΕΑ), συμπεριλαμβανομένης της απορρόφησης αυτών από άλλους παραγωγικούς κλάδους ως πρώτη ύλη ή καύσιμο, της ανάκτησης υλικών από υφιστάμενες ή μελλοντικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων και της συνδιαχείρισης των ΒΜΕΑ με ομοειδή μη επικίνδυνα απόβλητα άλλης προέλευσης.

<u>Εθνικό Σχέδιο για το Κλίμα και την Ενέργεια</u>

Το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα δημοσιεύθηκε το 2019 (ΥΠΕΝ 2019), σε συμφωνία με τις επιταγές της ΕΕ, και αποτελεί τον άξονα χάραξης της εθνικής πολιτικής για την επίτευξη συγκεκριμένων στόχων, ενεργειακών και κλιματικών, μέχρι το έτος 2030. Σκοπός είναι να συμβάλει στην ενεργειακή μετάβαση της χώρας σε βιώσιμα μοντέλα παραγωγής και χρήσης ενέργειας και στη συμμετοχή της ως κράτους μέλους της ΕΕ στην επίτευξη της κλιματικής ουδετερότητας, με οικονομικά ανταγωνιστικό τρόπο. Στο έγγραφο παρουσιάζονται οι βασικοί στόχοι που επιδιώκονται και οι πολιτικές και τα μέτρα μέσω των οποίων αυτοί θα επιτευχθούν σε έξι θεματικούς τομείς και, ειδικότερα, στην κλιματική αλλαγή και τις απορροφήσεις αερίων του θερμοκηπίου, στη βελτίωση της ενεργειακή απόδοσης, στην ενεργειακή ασφάλεια, στην εσωτερική αγορά ενέργειας και στην έρευνα, την καινοτομία και την ανταγωνιστικότητα. Ενδεικτικά, τίθεται στόχος μείωσης των παραγόμενων αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 43% μέχρι το έτος 2030 σε σχέση με το έτος αναφοράς 1990, καθώς συνολική συμμετοχή των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας με ποσοστό τουλάχιστον 35% κατά το ίδιο έτος.

Στο πλαίσιο αυτό, η βιομάζα και δη η υπολειμματική φαίνεται να διαδραματίζει σημαντικό και οριζόντιο ρόλο, αφού προβλέπεται χρήση των προϊόντων επεξεργασίας της σε πολλαπλούς τομείς. Έμφαση δίνεται στην έγχυση βιοαερίου στα δίκτυα φυσικού αερίου, η παραγωγή εναλλακτικών βιοκαυσίμων και η χρήση τους στις μεταφορές, καθώς και η αξιοποίηση της παραγόμενης από βιομάζα ενέργειας για τις ανάγκες τηλεθέρμανσης και τηλεψύξης, ιδίως σε απομακρυσμένες περιοχές. Η ανάγκη σύνδεσης του Σχεδίου με τη διαχείριση των βιοαποβλήτων και της βιοοικονομίας επίσης τονίζεται, στην κατεύθυνση επίτευξης των στόχων του ΕΣΔΑ, αλλά και παραγωγής βιώσιμων δευτερογενών προϊόντων και ανάπτυξης αποδοτικών εφοδιαστικών αλυσίδων. Τέλος, προβλέπεται η προώθηση, μέσω δράσεων ενίσχυσης, καινοτόμων και πιλοτικών έργων ΑΠΕ.

3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

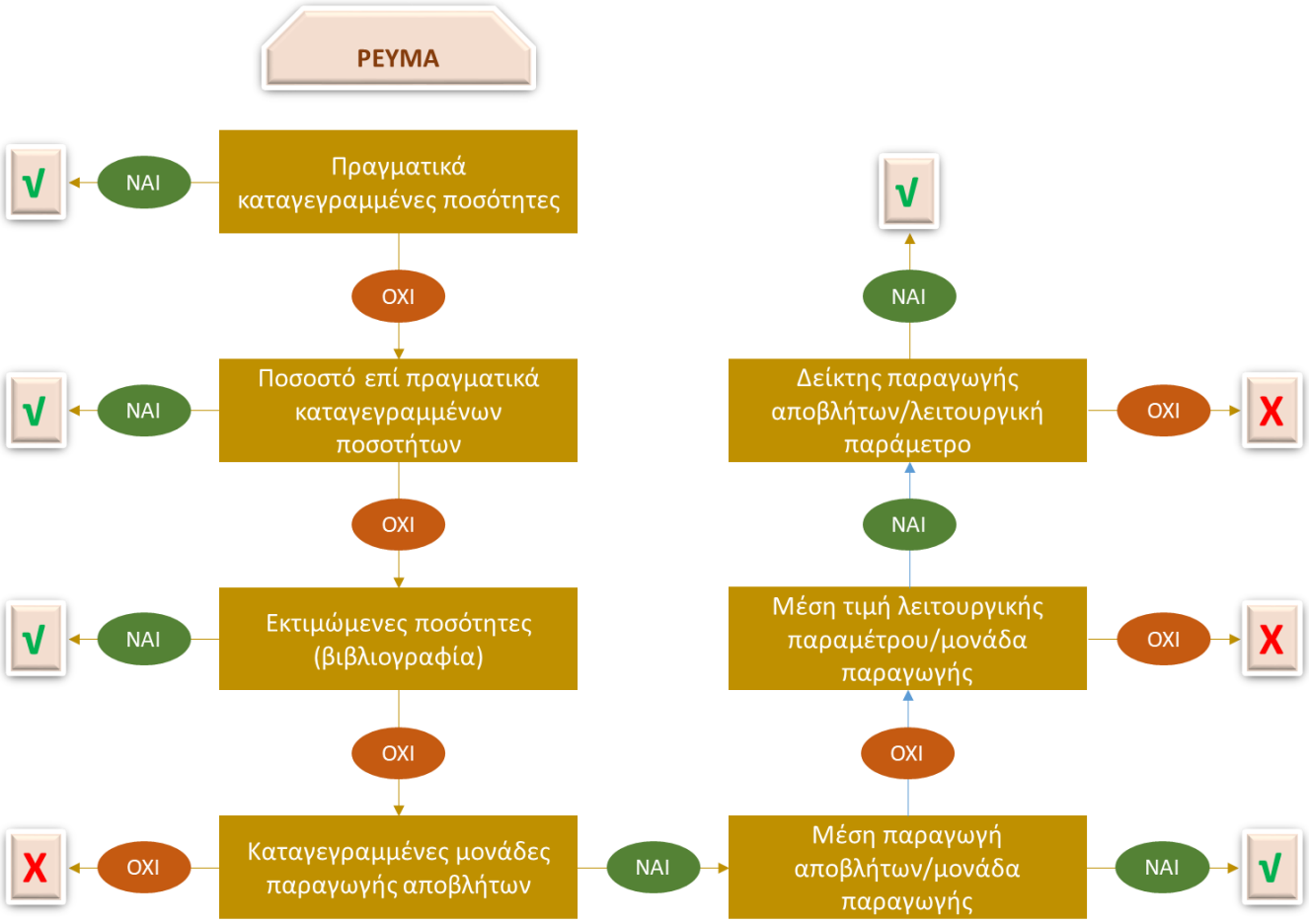
Για την προσέγγιση του αντικειμένου της παρούσας διπλωματικής εργασίας και τη διερεύνηση των επιμέρους ζητημάτων ενδιαφέροντος (βλ. ενότητα 1.3), ακολουθήθηκαν τα παρακάτω βήματα:

1. Επιλέχθηκε συγκεκριμένη μονάδα βιοδιυλιστηρίου, τα τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά της οποίας έχουν ήδη μελετηθεί, ώστε να αφενός να καθοριστούν τα όρια και οι παράμετροι της μελέτης και, ειδικότερα, τα προς καταγραφή ρεύματα αποβλήτων και τα προς υπολογισμό δευτερογενή προϊόντα, και αφετέρου να αξιοποιηθούν τα διαθέσιμα πειραματικά δεδομένα για τους απαραίτητους υπολογισμούς και την κατάρτιση των ισοζυγίων μάζας. Το βιοδιυλιστήριο που επιλέχθηκε και η συνάφειά του με τις ανάγκες της παρούσας εργασίας παρουσιάζονται στην ενότητα 4.1.
2. Επιλέχθηκε η ΠΚΜ ως περιοχή μελέτης για τη διερεύνηση της δυνατότητας ανάπτυξης του ως άνω βιοδιυλιστηρίου. Βασικό κριτήριο για την επιλογή της περιοχής μελέτης ήταν η πραγματική διαθεσιμότητα παραγόμενων ποσοτήτων αναφορικά με τα ρεύματα ενδιαφέροντος, τα οποία είναι τόσο αστικής όσο και βιομηχανικής προέλευσης. Η ΠΚΜ, εμπειρικά, θεωρήθηκε ως κατ' αρχήν επαρκής επιλογή, λόγω του υψηλού πληθυσμού της και της δραστηριοποίησής της στο δευτερογενή τομέα παραγωγής, ενώ αναγνωρίστηκε ως πλεονέκτημα η προσπάθεια που καταβάλλεται στον τομέα της διαχείρισης αποβλήτων στην εν λόγω Περιφέρεια, γεγονός που αυξάνει τη σημασία της ανατροφοδότησης των ενδιαφερόμενων μερών από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, στην κατεύθυνση πραγματικής αξιοποίησης νέων μεθόδων και τεχνολογιών διαχείρισης αποβλήτων. Για την αξιολόγηση της επιλογής αυτής, μελετήθηκε το ΠΕΣΔΑ της ΠΚΜ, οπότε και επιβεβαιώθηκε τόσο η μαζική διαθεσιμότητα αποβλήτων βιομάζας αστικής προέλευσης, όσο και η ύπαρξη μεγάλου αριθμού βιομηχανιών και βιοτεχνιών στην επικράτειά της, με αποτέλεσμα να αυξάνονται και οι πιθανότητες εντοπισμού βιομηχανιών και βιοτεχνιών ενδιαφέροντος (βλ. ενότητα 4.2.
3. Το τρίτο βήμα, το οποίο αποτελεί και τον πυρήνα της μελέτης που εκπονήθηκε, αφορά στην καταγραφή των διαθέσιμων ποσοτήτων των ρευμάτων ενδιαφέροντος, δηλαδή, των ρευμάτων που αποτελούν τα υποστρώματα επεξεργασίας στο προτεινόμενο βιοδιυλιστήριο. Για το σκοπό αυτό, εκτελέστηκαν τα επιμέρους βήματα που παρουσιάζονται στην Εικόνα 8. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα της εικόνας, αρχικά επιχειρήθηκε, όπου ήταν δυνατόν, η ανάκτηση βάσεων δεδομένων με την καταγραφή των πραγματικά παραγόμενων ποσοτήτων

κάθε ρεύματος. Όπου αυτό δεν ήταν δυνατό, αναζητήθηκαν με σειρά προτεραιότητας συσχετισμοί των ρευμάτων ενδιαφέροντος με πραγματικά καταγεγραμμένες ποσότητες και βιβλιογραφικές αναφορές με μελέτες, εκτιμήσεις κλπ. των προς καταγραφή ποσοτήτων. Για τις περιπτώσεις ρευμάτων αποβλήτων που τα τρία πρώτα βήματα του διαγράμματος δεν απέδωσαν, αναζητήθηκαν βάσεις δεδομένων με τον αριθμό των μονάδων που συνεισφέρουν στην παραγωγή κάθε μελετώμενου ρεύματος. Οι μονάδες, βάσει του ερευνητικού αντικειμένου, θα μπορούσαν να είναι άτομα, νοικοκυριά, επιχειρήσεις καφέ, αρτοποιεία, ζυθοποιεία και βιομηχανίες-βιοτεχνίες επεξεργασίας πατάτας και παραγωγής χυμών φρούτων (βλ. ενότητα 4.1.2 για τα ρεύματα ενδιαφέροντος). Τελικά, οι μονάδες για τις οποίες απαιτήθηκε ο προσδιορισμός του πλήθους ήταν τα αρτοποιεία και οι επιχειρήσεις καφέ. Πράγματι, κατόπιν σχετικού αιτήματος , κατέστη δυνατή η πρόσβαση σε βάση δεδομένων όπου είναι καταγεγραμμένες όλες οι ενεργές επιχειρήσεις με διψήφιο κωδικό NACE, όπως αυτή έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο των εργασιών του Μηχανισμού Διάγνωσης Αναγκών Αγοράς Εργασίας[iv] του Εθνικού Ινστιτούτου Εργασίας και Ανθρώπινου Δυναμικού (ΕΙΕΑΔ). Από αυτή τη βάση δεδομένων απομονώθηκαν, κατά περίπτωση και όπως αναλύεται στα αντίστοιχα μέρη της ενότητας 4.3, ο ζητούμενος αριθμός των επιχειρήσεων. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική μελέτη με τελικό σκοπό τον προσδιορισμό δεικτών μέσης παραγωγής αποβλήτων ανά μονάδα παραγωγής αποβλήτων, ώστε, μέσω κατάλληλων υπολογισμών, να προσδιοριστούν έμμεσα οι ποσότητες αποβλήτων για τα ρεύματα, όπου η άμεση καταγραφή δεν κατέστη δυνατή.

4. Έπειτα από την καταγραφή των διαθέσιμων ποσοτήτων βιομάζας ανά μελετώμενο ρεύμα, υπολογίστηκαν οι ποσότητες των δευτερογενών προϊόντων, με την αξιοποίηση των πειραματικών ισοζυγίων μάζας για το βιοδιυλιστήριο CIRCforBIO.
5. Τέλος, βάσει της βιβλιογραφικής μελέτης για τις επικρατούσες τάσεις (περιβαλλοντικές, αναπτυξιακές κλπ.) σε διεθνές επίπεδο, την υφιστάμενη κατάσταση σε Ευρώπη, Ελλάδα και ΠΚΜ, τις συναφείς πολιτικές, αλλά και τα ίδια τα αποτελέσματα την επεξεργασία της διαθέσιμης υπολειμματικής βιομάζας στο μελετώμενο βιοδιυλιστήριο, αξιολογήθηκε η προτεινόμενη λύση και συντάχθηκαν τα συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας.

[iv] http://lmds.eiead.gr/



Εικόνα 8 Μεθοδολογία καταγραφής-υπολογισμού παραγόμενων ποσοτήτων αποβλήτων ανά ρεύμα ενδιαφέροντος στην ΠΚΜ

4 ΚΥΡΙΟ ΜΕΡΟΣ

4.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΙΟΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΟΥ

4.1.1 CIRCforBIO

Στην παρούσα μελέτη διερευνάται η δυνατότητα αξιοποίησης βιομάζας και, ειδικότερα, προδιαλεγμένων ρευμάτων βιοαποβλήτων αστικής προέλευσης και υπολειμματικής βιομάζας βιομηχανικής προέλευσης, μέσω βιοδιύλισης, για την παραγωγή δευτερογενών προϊόντων προστιθέμενης αξίας. Λαμβάνοντας υπόψη την Ευρωπαϊκή και Εθνική νομοθεσία περί ΑΠΕ και κλιματικής αλλαγής, καθώς και την έμφαση που αποδίδει το ΕΣΔΑ στη βιολογική επεξεργασία βιοαποβλήτων, επιλέγεται η επεξεργασία των διαθέσιμων αποβλήτων βιομάζας προς την παραγωγή βιοκαυσίμων και εδαφοβελτιωτικού. Στη βάση αυτή, επιλέγεται η υιοθέτηση του μοντέλου βιοδιυλιστηρίου το οποίο έχει αναπτυχθεί από το έργο CIRCforBIO – A Circular Economy System for Multisource Biomass Conversion to Added Value Products, που χρηματοδοτείται από το ευρωπαϊκό πρόγραμμα LIFE.

Ο επιδιωκόμενος στόχος του έργου είναι διττός, αφού αφορά αφενός στη διευθέτηση του ζητήματος εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, μέσα από την προώθηση προηγμένων βιοκαυσίμων έναντι των συμβατικών ορυκτών καυσίμων, και αφετέρου στην εμπέδωση της ΚΟ στο πεδίο της βιομάζας. Στην κατεύθυνση αυτή, τα δύο κύρια παράγωγα του CIRCforBIO είναι η ανάπτυξη ενός καινοτόμου βιοδιυλιστηρίου για την παραγωγή βιοκαυσίμων και άλλων βιοπροϊόντων και η δημιουργία μιας διαδραστικής πλατφόρμας – εργαλείου για την προώθηση της κυκλικότητας στη βιομάζα 2^{ης} γενιάς σε επίπεδο χώρας. Το έργο φιλοδοξεί να παράσχει ένα μοντέλο και εργαλεία ολιστικής διαχείρισης αποβλήτων και υπολειμμάτων βιομάζας, από την ανάπτυξη ενός βιοδιυλιστηρίου με όρους αποδοτικότητας πόρων και βελτιστοποιημένης λειτουργίας, μέχρι τις δράσεις ενημέρωσης του ευρύτερου κοινού και ενίσχυσης της αγοράς δευτερογενών προϊόντων βιολογικής προέλευσης και υιοθέτησης κυκλικών αρχών και πρακτικών. Βασικό αντικείμενο αποτελεί και η δυνατότητα αναπαραγωγής των αναπτυσσόμενων τεχνολογιών και μοντέλων διαχείρισης.

4.1.2 Ρεύματα υπολειμματικής βιομάζας

Η προτεινόμενη μονάδα βιοδιυλιστηρίου πρόκειται να λαμβάνει έξι διαφορετικά ρεύματα υπολειμμάτων και αποβλήτων βιομάζας και, συγκεκριμένα, υπολείμματα τροφών αστικής προέλευσης, απόβλητα αρτοποιείων, εξαντλημένους κόκκους κριθαριού από βιομηχανίες-βιοτεχνίες

παραγωγής ζύθου, εξαντλημένους κόκκους καφέ από σχετικές επιχειρήσεις, απόβλητα από βιομηχανίες-βιοτεχνίες επεξεργασίας πατάτας και απόβλητα από βιομηχανίες-βιοτεχνίες παραγωγής χυμών φρούτων. Ακολουθεί συνοπτική περιγραφή των εν λόγω ρευμάτων.

1. <u>Υπολείμματα τροφών</u>

Η βιοδιύλιση των αποβλήτων και υπολειμμάτων τροφίμων για την παραγωγή προϊόντων προστιθέμενης αξίας αναγνωρίζεται με αυξανόμενους ρυθμούς ως η πλέον κατάλληλη μέθοδος επεξεργασίας του εν λόγω ρεύματος για τη μεγιστοποίηση των δυνατοτήτων αξιοποίησής του. Στην κατεύθυνση αυτή, παρατηρούνται στη βιβλιογραφία και προσπάθειες επισκόπησης της φυσικοχημικής σύστασης του ρεύματος, των προϊόντων που μπορούν να παραχθούν και των διαθέσιμων ή υπό μελέτη τεχνολογιών επεξεργασίας, για την καλύτερη δυνατή συστηματοποίηση και κατανόηση των αντίστοιχων σχημάτων επεξεργασίας (Esteban and Ladero 2018; Dahiya et al. 2018; Carmona-Cabello et al. 2018). Τα υπολείμματα τροφών μπορεί να διαφέρουν αρκετά ως προς τη σύστασή τους, ανάλογα με την πηγή προέλευσής τους, τα υλικά που κυριαρχούν, τα χαρακτηριστικά των καταναλωτών κλπ, ωστόσο, στα βασικά συστατικά τους συγκαταλέγονται οι υδατάνθρακες και, ειδικότερα, η ημικυτταρίνη, η κυτταρίνη, τα σάκχαρα και το άμυλο, καθώς και τα πτητικά λιπαρά οξέα, τα λίπη και οι πρωτεΐνες (Salimi et al. 2021). Οι υδατάνθρακες συμβάλλουν σημαντικά, μέσω του περιεχόμενου σε αυτούς άνθρακα, στις απαραίτητες διεργασίες για την παραγωγή προϊόντων ζύμωσης, όπως βιοαιθανόλη, βιοέλαια και υδρογόνο (Carmona-Cabello et al. 2018), ενώ η μειωμένη περιεκτικότητα του ρεύματος σε λιγνίνη, η οποία δυσχεραίνει τις διαδικασίες διάσπασης ημικυτταρίνης και κυτταρίνης σε μονοσακχαρίτες, καθιστά τα υπολείμματα τροφίμων ιδιαίτερα χρήσιμο υπόστρωμα για την παραγωγή βιοαιθανόλης (Dahiya et al. 2018).

2. <u>Απόβλητα αρτοποιείων</u>

Η επεξεργασία αποβλήτων αρτοποιείων για την παραγωγή δευτερογενών προϊόντων, ιδίως μέσω βιοδιύλισης, δε συναντάται εξίσου συχνά και με επισκοπικό τρόπο στη βιβλιογραφία συγκριτικά με τα λοιπά ρεύματα. Κατά την πραγματοποίηση σχετικής αναζήτησης, ευρέθησαν κυρίως μελέτες που αφορούν σε συγκεκριμένες πειραματικές διαδικασίες για την παραγωγή μεμονωμένων προϊόντων ή βιβλιογραφικές μελέτες, όπου αναφέρονται ως μία από τις συνιστώσες αποβλήτων τροφίμων στο σύνολο των οποίων δίνεται η βαρύτητα των συμπερασμάτων. Σε κάθε περίπτωση, η χημική τους σύσταση είναι κατάλληλη για την παραγωγή προϊόντων υψηλής αξίας, όπως χημικά-πλατφόρμες και βιοπλαστικά (Arancon et al. 2013) ή ενζύμων, όπως η γλυκοαμυλάση, κατάλληλων να χρησιμοποιηθούν σε ποικίλους παραγωγικούς τομείς, μεταξύ των οποίων η βιομηχανίες τροφίμων,

χημικών και βιοκαυσίμων (Han et al. 2015). Η περιεκτικότητα των αποβλήτων αρτοποιείων σε διαφορετικά συστατικά δύναται να διαφέρει ανάλογα με την ευρύτερη κατηγορία στην οποία ανήκουν, π.χ. προϊόντα κέικ ή ζαχαροπλαστικής, ωστόσο αποτελούν γενικά ένα υπόστρωμα κατάλληλο για σχετικές διεργασίες βιοδιύλισης, όπως τα υπόλοιπα ρεύματα που εξετάζονται στην παρούσα μελέτη, καθώς περιέχουν υδατάνθρακες, σάκχαρα, άμυλο, λιπίδια κλπ (Han et al. 2015). Ιδίως τα απόβλητα ψωμιού, όπως θα αναλυθεί περαιτέρω στην ενότητα 4.4.2, έχουν χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαιθανόλης με ιδιαίτερα θετικά αποτελέσματα (Kawa-Rygielska, Czubaszek, and Pietrzak 2013a).

3. Εξαντλημένοι κόκκοι κριθαριού (απόβλητα ζυθοποιίας)

Οι εξαντλημένοι κόκκοι κριθαριού συνιστούν το μεγαλύτερο μέρος, περί του 85%, των στερεών αποβλήτων που προκύπτουν από τις διεργασίες παραγωγής μπύρας και αποτελούν το αδιάλυτο μέρος του μούστου ο οποίος παράγεται κατά το στάδιο ζυθοποίησης (Lynch, Steffen, and Arendt 2016). Η κυρίαρχη πρακτική σήμερα είναι η χρήση τους ως ζωοτροφή και ως υπόστρωμα παραγωγής βιοαερίου, ενώ σημαντικό μέρος οδηγείται προς ταφή (Kavalopoulos et al. 2021). Καθώς, όμως, η μπύρα ανήκει στις πρώτες θέσεις ζήτησης αλκοολούχων ποτών, με συνακόλουθη τη μαζική παραγωγή εξαντλημένων κόκκων κριθαριού, οι οποίοι είναι πλούσιοι σε συστατικά υψηλής αξίας, ενδιαφέρει η βέλτιστη δυνατή διαχείριση του εν λόγω ρεύματος. Οι εξαντλημένοι κόκκοι κριθαριού συγκαταλέγονται στις λιγνοκυτταρινούχες βιομάζες και, παρότι η σύστασή τους διαφέρει ανάλογα με παράγοντες όπως η ποικιλία πρώτης ύλης, οι μέθοδοι παραγωγής μπύρας κλπ., χαρακτηρίζονται από υψηλή περιεκτικότητα φυτικών ινών, κυρίως ημικυτταρίνης και κυτταρίνης, καθώς και πρωτεϊνών (Kavalopoulos et al. 2021). Η χημική τους σύσταση επιτρέπει διαδρομές ανάκτησης προϊόντων για ποικίλους σκοπούς, όπως ο τομέας τροφίμων, χάρη στα θρεπτικά συστατικά τους (Lynch, Steffen, and Arendt 2016), ή χημικών-πλατφόρμες και βιοκαύσιμα (Bedő et al. 2021), μεταξύ των οποίων συγκαταλέγεται και η βιοαιθανόλη, χάρη στης υψηλή περιεκτικότητα του ρεύματος σε σάκχαρα, αφού πρώτα έχει απομακρυνθεί το περίβλημα λιγνίνης.

4. Εξαντλημένοι κόκκοι καφέ

Οι εξαντλημένοι κόκκοι καφέ αποτελούν ένα ακόμα ρεύμα το οποίο εξετάζεται τα τελευταία χρόνια ως πιθανό υπόστρωμα για την παραγωγή προϊόντων υψηλής αξίας, με τη βιοδιύλιση να αποτελεί την αιχμή των σχετικών ερευνών (Zabaniotou and Kamaterou 2019; Mata, Martins, and Caetano 2018). Η σημασία διαχείρισης του ρεύματος αυτού έγκειται τόσο στη μαζικότητα παραγωγής όσο και στη σύστασή του. Ο καφές αποτελεί το πλέον καταναλισκόμενο ρόφημα σε παγκόσμιο επίπεδο, μετά το

νερό, και η παραγωγή του οδηγεί σε μεγάλες ποσότητες αποβλήτων, με κύρια συνιστώσα τους εξαντλημένους κόκκους, καθώς αποτελούν το 40-45% κ.β. της φρέσκιας πρώτης ύλης (Mata, Martins, and Caetano 2018; Atabani et al. 2019). Ταυτόχρονα, η διάθεση των αποβλήτων καφέ σε ΧΥΤΑ επιλέγεται ως κύρια λύση, παρά τα σημαντικό περιβαλλοντικό κόστος (Zabaniotou and Kamaterou 2019). Αναφορικά με τη σύσταση των εξαντλημένων κόκκων καφέ, αυτή μπορεί να ποικίλει, ανάλογα με το είδος του φυτού, το κλίμα και τη γεωγραφική θέση της περιοχής όπου καλλιεργείται κλπ., ωστόσο, εν γένει χαρακτηρίζονται από υψηλή περιεκτικότητα σε οργανικές ενώσεις, όπως υδατάνθρακες, λιπίδια και πρωτεΐνες (Karmee 2018). Βιβλιογραφικές μελέτες που αφορούν στην επεξεργασία και αξιοποίηση του εν λόγω ρεύματος, εντοπίζουν μία ευρεία γκάμα υψηλής αξίας δευτερογενών προϊόντων, από εφαρμογές στην κοσμητολογία, τα συμπληρώματα διατροφής έως και την παραγωγή εναλλακτικών καυσίμων (Zabaniotou and Kamaterou 2019; Karmee 2018). Η επεξεργασία εξαντλημένων κόκκων καφέ προς παραγωγή λαδιού για βιοντίζελ και βιοαιθανόλης ανήκει στο φάσμα των προτεινόμενων λύσεων αξιοποίησής τους, χάρη στην υψηλή περιεκτικότητά τους σε έλαια και υδατάνθρακες. Ωστόσο, ανήκουν στην κατηγορία λιγνοκυτταρινούχας βιομάζας, με αποτέλεσμα να χρειάζεται κατάλληλη προεπεξεργασία πριν την παραγωγή βιοαιθανόλης (Karmee 2018).

5. Απόβλητα παραγωγής χυμών φρούτων

Κατά τη βιομηχανική επεξεργασία φρούτων, συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής χυμών, παράγονται σημαντικές ποσότητες υπολειμμάτων ποικίλων μορφών, όπως φλούδες, πυρήνες, σπόροι, πούλπα, κομμένα μέρη φρούτου κ.λ.π. Οι παραγόμενες ποσότητες διαφέρουν μεταξύ διαφορετικών ειδών φρούτων, ωστόσο στη βιβλιογραφία αναφέρονται συχνά απώλειες της τάξης του 30-50%[v] του συνολικού βάρους του φρέσκου φρούτου που εισάγεται προς επεξεργασία. Καθώς η διαχείριση και διάθεση των υπολειμμάτων φρούτων αποτελεί δυσεπίλυτο ζήτημα για τις αντίστοιχες βιομηχανίες, την ίδια στιγμή που περιέχονται σε αυτά αξιοποιήσιμα συστατικά, η αναζήτηση κατάλληλων μεθόδων επεξεργασίας αποτελεί εδώ και δεκαετίες αντικείμενο μελέτης, αφενός έχοντας αποδώσει εγκαθιδρυμένες πλέον τεχνικές, όπως η αξιοποίηση αιθέριων ελαίων και πηκτίνης από τα πορτοκάλια (Ángel Siles López, Li, and Thompson 2010), και αφετέρου οδηγώντας σε καινοτόμα, υπό εξέταση ακόμα μοντέλα, όπως αυτό του βιοδιυλιστηρίου. Ειδικότερα, τα υπολείμματα φρούτων χαρακτηρίζονται από υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα και υδατάνθρακες, όπως η ημικυτταρίνη

[v] Ποσοστό που προέκυψε από βιβλιογραφική μελέτη της συγγραφέως και επεξεργασία των σχετικών δεδομένων για πάνω από 10 είδη φρούτων.

και η κυτταρίνη, αποτελώντας ένα ρεύμα ιδιαίτερα χαμηλού κόστους, το οποίο μπορεί να αποδώσει προϊόντα προστιθέμενης αξίας όπως η βιοαιθανόλη (Rivas-Cantu, Jones, and Mills 2013; Çalışkan Eleren, Öziş Altınçekiç, and Altınçekiç 2018). Ιδίως τα εσπεριδοειδή φρούτα, μεταξύ των οποίων και τα πορτοκάλια, δίνουν καλύτερα αποτελέσματα σε επίπεδο απόδοσης της παραγόμενης βιοαιθανόλης, λόγω της χαμηλής περιεκτικότητάς τους σε λιγνίνη (Rivas-Cantu, Jones, and Mills 2013).

6. <u>Απόβλητα βιομηχανίας επεξεργασίας πατάτας</u>

Η πατάτα είναι μία από τις μεγαλύτερες καλλιέργειες τροφίμων παγκοσμίως και ένα από τα τέσσερα περισσότερο καταναλισκόμενα λαχανικά. Η βιομηχανική επεξεργασία της καταλήγει σε διαφορετικά ρεύματα υπολειμμάτων, ανάλογα με το τελικό προϊόν που παράγεται, συμπεριλαμβανομένων του πολτού πατάτας, υγρών αποβλήτων, φύλλων, φλοιού πατάτας κλπ. Υπολογίζεται ότι ανά ένα τόνο επεξεργαζόμενης πατάτας παράγονται 0,16 τόνοι στερεών αποβλήτων (Pathak et al. 2018), των οποίων η περαιτέρω επεξεργασία προς παραγωγή δευτερογενών προϊόντων αποτελεί αντικείμενο μελέτης, χάρη στις χημικές τους ιδιότητες. Ενδεικτικά, σε σχετική βιβλιογραφική έρευνα (Torres and Domínguez 2020), καταγράφονται, μεταξύ άλλων, μελέτες αξιοποίησης των αντιοξειδωτικών και αντιμικροβιακών ιδιοτήτων των περιεχόμενων φαινολικών ενώσεων, του αμύλου τόσο στον τομέα των τροφίμων όσο και σε άλλες βιομηχανίες, όπως τα υφάσματα και η παραγωγή χαρτιού, καθώς και των πρωτεϊνών ως πρόσθετων σε τρόφιμα ή πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοπλαστικών. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το ρεύμα του φλοιού πατάτας, αφού αποτελεί περίπου το 6% με 10% (Pathak et al. 2018) των συνολικά παραγόμενων στερεών αποβλήτων κατά την επεξεργασία πατάτας, ενώ παράλληλα παρουσιάζει από τις υψηλότερες συγκεντρώσεις σε υδατάνθρακες, άμυλο και λίπος, συγκριτικά με τα άλλα ρεύματα (Torres and Domínguez 2020). Η υψηλή περιεκτικότητα των φλοιών πατάτας σε κυτταρίνη, ημικυτταρίνη, ζυμώσιμα σάκχαρα και άμυλο τους καθιστά κατάλληλο υπόστρωμα για την παραγωγή αιθανόλης (Pathak et al. 2018).

4.1.3 Στάδια επεξεργασίας και προϊόντα

4.1.3.1 Στάδια επεξεργασίας

Τα στάδια και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των αντίστοιχων μονάδων διαχείρισης και επεξεργασίας που περιλαμβάνει η υιοθετούμενη μέθοδος βιοδιύλισης για τη μετατροπή των επιλεγμένων ρευμάτων βιοαποβλήτων στα επιθυμητά δευτερογενή προϊόντα είναι τα κάτωθι:

- Μονάδα ξήρανσης: Αρχικά, τα βιοαπόβλητα που παραλαμβάνονται ξηραίνονται άμεσα, σε θερμοκρασία που ανέρχεται στους 105°C, για την αναχαίτιση διεργασιών βιοαποδόμησης και τη συνακόλουθη παραγωγή οσμών και στραγγισμάτων. Το υλικό κατόπιν αλέθεται, για τη μείωση του μεγέθους των σωματιδίων του και τη δημιουργία ενός ομοιογενούς υποστρώματος.
- Μονάδα εκχύλισης λαδιού: Τα ρεύματα εκείνα που χαρακτηρίζονται από αξιοποιήσιμη περιεκτικότητα ελαίων και, ειδικότερα, τα απόβλητα τροφίμων, οι εξαντλημένοι κόκκοι καφέ, οι εξαντλημένοι κόκκοι κριθαριού και τα απόβλητα αρτοποιείων υφίστανται επεξεργασία για την παραγωγή χρησιμοποιημένου λαδιού, το οποίο στη συνέχεια μπορεί να διατεθεί προς παραγωγή βιοντίζελ. Η εκχύλιση του λαδιού επιτυγχάνεται, μέσω χημικής διεργασίας και, συγκεκριμένα, με τη χρήση εξανίου ως διαλύτη. Ο χρησιμοποιούμενος λόγος διαλύτη προς στερεά είναι 10/1 και η διεργασία πραγματοποιείται στους 30°C για 5 ώρες. Το μίγμα χρησιμοποιημένου λαδιού και υπολειμματικού εξανίου στραγγίζεται και το λάδι διαχωρίζεται από το εξάνιο, μέσω εξάτμισης του δεύτερου, οπότε και το λάδι ανακτάται, ενώ το εξάνιο συμπυκνώνεται και επαναχρησιμοποιείται.
- Μονάδα αλκαλικής απολιγνίνωσης: Στη συνέχεια, τα λιγνοκυτταρινούχα υποστρώματα, δηλαδή, τα απόβλητα πατάτας και οι εξαντλημένοι κόκκοι καφέ και κριθαριού, αναμιγνύονται με κατάλληλο διάλυμα για την απομάκρυνση του περιβλήματος λιγνίνης, ώστε να διευκολυνθούν οι ακόλουθες διαδικασίες ενζυμικής υδρόλυσης και αλκοολικής ζύμωσης, με την ευκολότερη πρόσβαση των αντίστοιχων μικροοργανισμών στις φυτικές ίνες, το άμυλο και τα σάκχαρα. Για το σκοπό αυτό, τα προαναφερθέντα ρεύματα αναμιγνύονται με διάλυμα NAOH συγκέντρωσης 0,5 M για διάστημα 4-5 ωρών σε θερμοκρασία 50°C, ενώ με το πέρας της επεξεργασίας το διάλυμα διαχωρίζεται από τα στερεά.
- Μονάδα ενζυμικής υδρόλυσης: Με την ολοκλήρωση των σταδίων προεπεξεργασίας, τα στερεά υποστρώματα, σε μορφή σκόνης, αναμιγνύονται με νερό (περιεκτικότητα σε στερεά 15-20%) σε θερμοκρασία δωματίου και, αν κριθεί απαραίτητο, ρυθμίζεται το pH του μίγματος, ώστε αυτό να κυμαίνεται μεταξύ 5 και 6. Ακολούθως, προστίθενται τα υδρολυτικά ένζυμα και, συγκεκριμένα, αμυλάση για 1-2 ώρες στους 65°C και κυτταρινάση για 5 ώρες στους 50°C, ενόσω το μίγμα αναδεύεται. Τελικά, προκύπτει το προς ζύμωση υδρόλυμα, όπου περιέχονται απλούστερες μορφές σακχάρων ευκολότερα αποδομήσιμων από τα ένζυμα αλκοολικής ζύμωσης.

- Μονάδα αλκοολικής ζύμωσης: Το υδρόλυμα του προηγούμενου σταδίου ψύχεται, ώστε να κατέβει η θερμοκρασία του στου 30°C, και προστίθεται σε αυτό η απαραίτητη για τη διεργασία της ζύμωσης μαγιά. Ο χρόνος παραμονής ανέρχεται στις 12-16 ώρες, ενώ κατά τη διάρκεια της αλκοολικής ζύμωσης παράγεται αέριο CO_2, το οποίο εκτονώνεται με κατάλληλη διάταξη.
- Μονάδα απόσταξης: Τέλος, το παραχθέν από την αλκοολική ζύμωση διάλυμα αιθανόλης θερμαίνεται για την απόσταξη της αιθανόλης.
- Μονάδα αναερόβιας χώνευσης: Το υπόλειμμα των προηγούμενων διεργασιών οδηγείται στη μονάδα αναερόβιας χώνευσης.

4.1.3.2 Προϊόντα

Στα προϊόντα που θα προκύψουν από τις επιλεγμένες διαδικασίες βιοδιύλισης συγκαταλέγονται βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς ή πρώτες ύλες για την παραγωγή τους και, ειδικότερα, βιοαιθανόλη και χρησιμοποιημένο λάδι, για την παραγωγή βιοντίζελ, καθώς επίσης και βιοαέριο και χωνεμένο υπόλειμμα, το οποίο δύναται να αξιοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό.

1. Βιοκαύσιμα

Τα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς αποτελούν μία βιώσιμη επιλογή υποκατάστασης των ορυκτών καυσίμων, καθώς συνδέονται με ουδέτερες ή ακόμα και αρνητικές καθαρές εκπομπές άνθρακα (Alalwan, Alminshid, and Aljaafari 2019). Βασικό τους πλεονέκτημα είναι η χρήση υπολειμματικής λιγνοκυτταρινούχας βιομάζας ως πρώτης ύλης εν αντιθέσει με την προερχόμενη από ειδικές για το σκοπό αυτό καλλιέργειες βιομάζα. Στα πιθανά υποστρώματα συγκαταλέγονται, μεταξύ άλλων, γεωργικά απόβλητα, απόβλητα ξυλείας, οργανικά απόβλητα αστικής προέλευσης κλπ., τα οποία διαθέτουν υψηλές συγκεντρώσεις ημικυτταρίνης, κυτταρίνης και λιγνίνης.

Βιοαιθανόλη

Η βιοαιθανόλη (C_2H_5OH) είναι μία άχρωμη και εύφλεκτη χημική ένωση, η οποία δύναται να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτικό υγρό καύσιμο, η χρήση του οποίου κερδίζει συνεχώς έδαφος, χάρη στον ανανεώσιμο χαρακτήρα του και τις βελτιωμένες περιβαλλοντικές του επιδόσεις συγκριτικά με τα ορυκτά καύσιμα (Aditiya et al. 2016; Alam and Tanveer 2020). Η βιοαιθανόλη διαθέτει περίπου το 66-68% του ενεργειακού περιεχομένου που διαθέτει η βενζίνη, αλλά μεγαλύτερο αριθμό οκτανίου, με αποτέλεσμα η χρήση της να οδηγεί σε χαμηλότερο χτύπημα του κινητήρα. Επιπλέον, η βιοαιθανόλη έχει υψηλή περιεκτικότητα σε οξυγόνο και αμελητέες ποσότητες θείου. Επομένως, κατά

την ανάμιξή της με συμβατικά καύσιμα οδηγεί σε καθαρότερες καύσεις και, τελικά, σε μειωμένες εκπομπές τοξικών ουσιών, όπως οξείδια του αζώτου, καθώς και σε μικρότερες εκπομπές οξειδίων του θείου (Zabed et al. 2017). Ταυτόχρονα, η χρήση της συνοδεύεται από μειωμένες εκπομπές CO_2, της τάξης του 80%, συγκριτικά με τη χρήση πετρελαίου (Aditiya et al. 2016).

Τα διαδοχικά στάδια για τη μετατροπή βιομάζας σε βιοαιθανόλη είναι η προεπεξεργασία, η απελευθέρωση των σακχάρων από τις φυτικές ίνες ή το άμυλο, μέσω σακχαροποίησης, η αλκοολική ζύμωση των σακχάρων και, τέλος, η απόσταξη της βιοαιθανόλης (Alalwan, Alminshid, and Aljaafari 2019; Alam and Tanveer 2020). Τα στάδια αυτά δύναται να διαφοροποιούνται ελαφρώς, ανάλογα με τις ιδιότητες της εκάστοτε βιομάζας που αποτελεί την πρώτη ύλη, ενώ διαφορές μπορεί να υπάρχουν και στις τεχνολογίες, λοιπές πρώτες ύλες κλπ., που θα χρησιμοποιηθούν σε επίπεδο εργαστηρίου ή μονάδας παραγωγής. Η προεπεξεργασία της πρώτης ύλης μπορεί να αφορά σε απλή ξήρανση ή μείωση μεγέθους των σωματιδίων που την αποτελούν, μέχρι την απολιγνίνωση λιγνοκυτταρινούχας βιομάζας, για την απομάκρυνση της λιγνίνης. Ακολουθεί ενζυμική ή όξινη υδρόλυση, κατά την οποία οι αρχικές μακριές αλυσίδες υδρογονανθράκων διασπώνται σε απλούστερα σάκχαρα, μέσω της προσθήκης νερού και ενζύμων ή οξέος αντίστοιχα, οπότε και προκύπτει το ζυμώσιμο υδρόλυμα, δηλαδή, το υπόστρωμα που οι χρησιμοποιούμενοι στη ζύμωση μικροοργανισμοί δύνανται να αποικοδομήσουν. Κατά το στάδιο, λοιπόν, της ζύμωσης προστίθενται στο υδρόλυμα μύκητες ή βακτήρια που αποικοδομούν τα περιεχόμενα σάκχαρα προς την παραγωγή διαλύματος αιθανόλης. Η διαδικασία ολοκληρώνεται με το στάδιο της απόσταξης, οπότε και απομακρύνεται το νερό και λαμβάνεται η ξηρή ή άνυδρη αιθανόλη.

Βιοντίζελ

Όπως και η βιοαιθανόλη, το βιοντίζελ προωθείται ως περισσότερο βιώσιμη εναλλακτική απέναντι στα ορυκτά καύσιμα, χάρη σε μία σειρά ιδιοτήτων που το καθιστούν φιλικό προς το περιβάλλον. Το βιοντίζελ αποτελεί στην ουσία αλκυλεστέρες οι οποίοι προκύπτουν από την επεξεργασία φυτικών και ζωικών ελαίων, μέσω κατάλληλων διεργασιών. Η μετεστεροποίηση αποτελεί την πλέον διαδεδομένη μέθοδο παραγωγής βιοντίζελ, κατά την οποία τα τριγλυκερίδια των ελαίων που έχουν προκύψει από την πρώτη ύλη μετατρέπονται, μέσω προσθήκης κατάλληλης αλκοόλης, συνήθως μεθανόλης ή και βιοεθανόλης, σε αλκυλεστέρες, ενώ ως παραπροϊόν προκύπτει γλυκερίνη (Alam and Tanveer 2020). Το βιοντίζελ χαρακτηρίζεται από αμελητέα τοξικότητα και είναι βιοαποδομήσιμο. Επιπλέον, οι επιδόσεις του ως προς τα επίπεδα εκπομπών από τη χρήση του είναι ιδιαίτερα βελτιωμένες συγκριτικά με τα ορυκτά καύσιμα, αφού εκλύονται μηδαμινές θειικές και αρωματικές ενώσεις, η καθαρή

παραγωγή CO_2 είναι ουδέτερη, ενώ η περιεκτικότητά του σε οξυγόνο βελτιώνει την απόδοση καύσης (Atabani et al. 2012).

Το βιοδιυλιστήριο που υιοθετείται στην παρούσα μελέτη αποδίδει ως παράγωγο χρησιμοποιημένα έλαια από τις υπολειμματικές βιομάζες που θα το τροφοδοτήσουν, τα οποία στη συνέχεια μπορούν να προωθηθούν και να υποστούν επεξεργασία για την παραγωγή βιοντίζελ. Η εξαγωγή λαδιού από τη βιομάζα δύναται να πραγματοποιηθεί με ποικίλες μεθόδους, μεταξύ των οποίων η χρήση μηχανικών μέσων, η χημική εκχύλιση και η ενζυμική εκχύλιση (Atabani et al. 2012; Πασσάδης 2019). Η χημική εκχύλιση, η οποία θα εφαρμοστεί και για τους σκοπούς της εργασίας, έγκειται στην προσθήκη κατάλληλου διαλύτη για την απομόνωση των συστατικών ενδιαφέροντος (εδώ έλαια και λίπη), ο οποίος στη συνέχεια ανακτάται και επαναχρησιμοποιείται. Η απόδοση των διεργασιών εκχύλισης επηρεάζεται από διάφορες παραμέτρους, όπως το μέγεθος σωματιδίων της πρώτης ύλης, τα χαρακτηριστικά του διαλύτη και η θερμοκρασία.

2. <u>Αναερόβια χώνευση</u>

Ο όρος «αναερόβια χώνευση» αναφέρεται στην ελεγχόμενη βιολογική αποδόμηση των οργανικών αποβλήτων κάτω από συνθήκες έλλειψης οξυγόνου (αναερόβιες συνθήκες) και οδηγεί στην παραγωγή βιοαερίου (ένα μείγμα CH_4 και CO_2 το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για την συμπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας) και ενός υδαρούς υπολείμματος (digestate = χωνεμένη ιλύς). Η χωνεμένη ιλύς μπορεί να διατεθεί απ' ευθείας στο έδαφος ή να υποστεί περαιτέρω αερόβια επεξεργασία για τη σταθεροποίησή της και να μετατραπεί σε κομπόστ Οι βιολογικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά την αερόβια χώνευση μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις διακριτές φάσεις. Αρχικά, πραγματοποιείται υδρόλυση των πολυμερών οργανικών ενώσεων (λίπη, πρωτεΐνες, πολυσακχαρίτες) προς το σχηματισμό υδατοδιαλυτών προϊόντων μικρότερου μοριακού βάρους (μονοσακχαρίτες, αμινόξεα κλπ.), με τη βοήθεια ενζύμων, παραγόμενων από υδρολυτικά βακτήρια. Οι απλούστερες ενώσεις που έχουν σχηματιστεί υφίστανται ζύμωση, οπότε και προκύπτουν ποικίλα ενδιάμεσα προϊόντα, όπως αλκοόλες, διοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο και αμμωνία. Ακολουθεί η φάση της οξεογένεσης, δηλαδή της παραγωγής οξικού οξέος, διοξειδίου του άνθρακα και υδρογόνου, υπό τη δράση οξεογενών βακτηρίων. Τέλος, η διαδικασία ολοκληρώνεται με τη φάση της μεθανογένεσης, όπου τα προϊόντα του προηγούμενου σταδίου μετατρέπονται σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα, με τη βοήθεια των μεθανιογενών βακτηρίων.

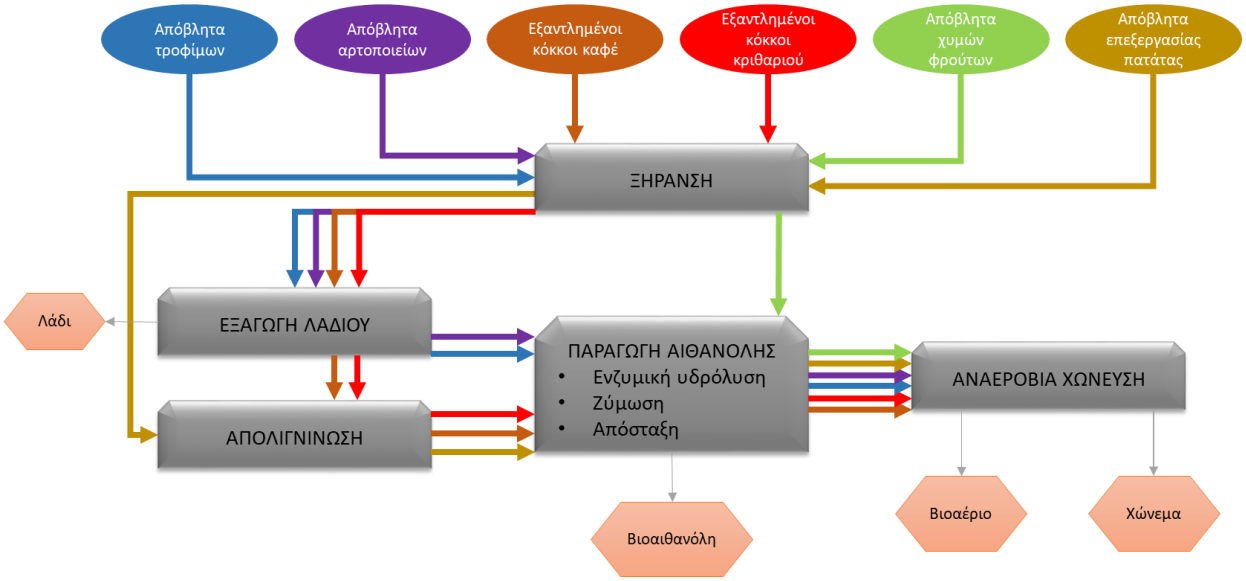
Βιοαέριο

Τα βασικά συστατικά στοιχεία του βιοαερίου είναι το διοξείδιο του άνθρακα και το μεθάνιο σε ποσοστά 25-50% και 50-75%, αντίστοιχα, ενώ περιέχει και μικρότερες ποσότητες από άλλα στοιχεία, όπως αμμωνία, υδρογόνο και διοξείδιο του θείου (Kougias and Angelidaki 2018). Σήμερα, σε παγκόσμιο επίπεδο, το βιοαέριο βρίσκει χρήση κατά βάση στην παραγωγή ενέργειας ή/και θερμότητας σε διάφορες κλίμακες, από την τοπική παραγωγή για την κάλυψη αναγκών σε θερμότητα και ηλεκτρισμό για το μαγείρεμα και το φωτισμό στις αναπτυσσόμενες χώρες, μέχρι τη χρήση του σε κεντρικές μονάδες συμπαραγωγής ενέργειας και θερμότητας (Kougias and Angelidaki 2018; Στούμπου 2019; Balat and Balat 2009). Επιπλέον, το βιοαέριο δύναται να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτικό καύσιμο στον τομέα των μεταφορών ή και να εγχυθεί στο ηλεκτρικό δίκτυο, αφού πρώτα υποστεί επεξεργασία και αναβάθμιση, για την απομάκρυνση προσμίξεων και του περιεχόμενου σε αυτό CO_2. Τέλος, η προσπάθεια αξιοποίησής του με όρους καινοτομίας για την ανάκτηση όχι μόνο του ενεργειακού του περιεχομένου, αλλά και των θρεπτικών στοιχείων που διαθέτει, προς παραγωγή βιοπλαστικών, χημικών-πλατφόρμες, πρωτεϊνών κλπ., πρόκειται στα επόμενα χρόνια να κερδίσει έδαφος (Kougias and Angelidaki 2018).

Χωνεμένη ιλύς

Η χωνεμένη ιλύς που προκύπτει από την αναερόβια χώνευση, έπειτα και από την ανάκτηση του βιοαερίου, αποτελεί ένα αξιοποιήσιμο προϊόν, είτε απευθείας είτε κατόπιν πρόσθετης επεξεργασίας (Στούμπου 2019). Αν και η σύστασή της επηρεάζεται του οποίου η σύσταση διαφοροποιείται ελαφρώς, ανάλογα με το υπόστρωμα από το οποίο παράγεται και τις συνθήκες υπό τις οποίες τελείται η αναερόβια χώνευση, είναι υλικό με υψηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα και θρεπτικές ουσίες, συμπεριλαμβανομένων του φώσφορου, του αζώτου, του καλίου κλπ., με αποτέλεσμα να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα βιολογικής προέλευσης και ως εδαφοβελτιωτικό. Ιδίως όταν παράγεται με τη μέθοδο της υγρής αναερόβιας χώνευσης, η χωνεμένη ιλύς δύναται να αξιοποιηθεί χωρίς περαιτέρω επεξεργασία, ενώ η χρήση της συνδέεται με μία σειρά από σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως ο περιορισμός τη χρήσης χημικών λιπασμάτων, η ανακύκλωση των θρεπτικών συστατικών που περιέχει με συνακόλουθη την αναβάθμιση των εδαφών όπου εφαρμόζεται, μείωση των εκπομπών του CO_2 κλπ.

4.1.4 Διαγραμματική απεικόνιση του προτεινόμενου βιοδιυλιστηρίου



Εικόνα 9 Διάγραμμα ροής προτεινόμενου βιοδιυλιστηρίου

Στην Εικόνα 9, παρουσιάζεται το συνολικό διάγραμμα ροής του προτεινόμενου βιοδιυλιστηρίου. Ενώ στις προηγούμενες ενότητες παρουσιάστηκαν οι πρώτες ύλες, τα στάδια επεξεργασίας και τα προϊόντα της μονάδας, το διάγραμμα ροής απεικονίζει τις διαδρομές των μελετώμενων ρευμάτων υπολειμματικής βιομάζας, οι οποίες καθορίζονται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά καθενός από αυτά. Η σύσταση κάθε ρεύματος και το σύνολο διεργασιών τις οποίες υφίσταται είναι τα στοιχεία που προσδιορίζουν και τα τελικά προϊόντα που θα προκύψουν στο τέλος της επεξεργασίας του. Βάσει, λοιπόν, του διαγράμματος:

1. Όλα τα εισερχόμενα ρεύματα υφίστανται ξήρανση.
2. Τα ρεύματα που διακρίνονται από υψηλή περιεκτικότητα σε λίπη και έλαια και υφίστανται εξαγωγή λαδιού, για την παραγωγή χρησιμοποιημένου λαδιού, είναι τα εξής:
    - Απόβλητα τροφίμων
    - Απόβλητα αρτοποιείων
    - Εξαντλημένοι κόκκοι καφέ
    - Εξαντλημένοι κόκκοι κριθαριού
3. Τα ρεύματα τα οποία υποβάλλονται σε απολιγνίνωση, λόγω της υψηλής τους περιεκτικότητας σε λιγνίνη, είναι:
    - Οι εξαντλημένοι κόκκοι καφέ
    - Οι εξαντλημένοι κόκκοι κριθαριού

- Τα απόβλητα επεξεργασίας πατάτας

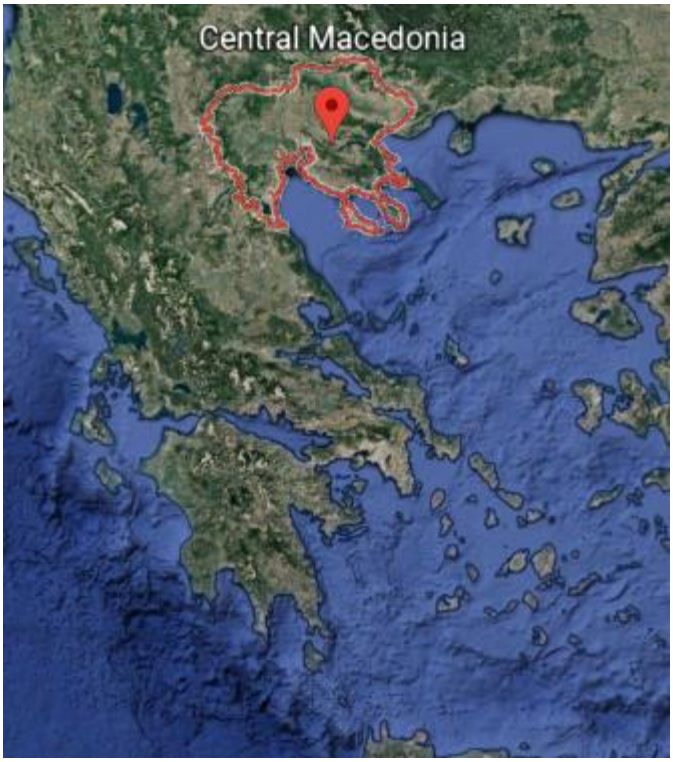
4. Όλα τα ρεύματα, δηλαδή όσα έχουν περάσει από τις διεργασίες των σημείων 2 και 3, καθώς και τα απόβλητα παραγωγής χυμών φρούτων, οδηγούνται στη μονάδα παραγωγής αιθανόλης και, τελικά, στη μονάδα αναερόβιας χώνευσης, για την παραγωγή των αντίστοιχων προϊόντων.

4.2 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Ως περιοχή μελέτης της παρούσας διπλωματικής εργασίας, για την καταγραφή και διερεύνηση των δυνατοτήτων αξιοποίησης των επιθυμητών ρευμάτων βιοαποβλήτων μέσω βιοδιυλιστηρίου, επιλέχθηκε η Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας (ΠΚΜ). Ακολούθως παρατίθενται γενικές πληροφορίες για τη σκιαγράφηση βασικών στοιχείων της ΠΚΜ, καθώς και για τη διαχείριση στερεών αποβλήτων στην εν λόγω Περιφέρεια, όπως αυτά αντλούνται από το αντίστοιχο Περιφερειακό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ). Σημειώνεται ότι βάσει του πρόσφατα δημοσιευμένου νέου ΕΣΔΑ, το ΠΕΣΔΑ της ΠΚΜ είναι υπό αναθεώρηση.

4.2.1 Γενικά στοιχεία

Η ΠΚΜ εντοπίζεται στο κέντρο της Μακεδονίας και συνορεύει με τις Περιφέρειες Ανατ. Μακεδονίας και Θράκης, Δυτ. Μακεδονίας και Θεσσαλίας. Διοικητικά διαιρείται σε επτά Περιφερειακές Ενότητες και 38 Δήμους. Στην ΠΚΜ βρίσκεται η Θεσσαλονίκη, που είναι η μεγαλύτερη πόλη και πρωτεύουσά της, συγκεντρώνοντας περί τον μισό πληθυσμό της Περιφέρειας, και η οποία κατέχει σημαντική επιρροή, ως μητρόπολη, σε γειτονικές περιφέρειες, αλλά και σε εθνικό επίπεδο. Γενικότερα, η ΠΚΜ εντοπίζεται σε μία καίρια θέση τόσο γεωγραφικά, συνορεύοντας και με τα Βαλκάνια, όσο και από άποψη υποδομών, αφού διατρέχεται από σημαντικούς εθνικούς οδικούς και σιδηροδρομικούς άξονες και διαθέτει αεροδρόμιο και λιμάνι.



Εικόνα 10 Περιοχή μελέτης: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

Η ΠΚΜ αποτελεί τη μεγαλύτερη σε έκταση ελληνική περιφέρεια, με εμβαδό 18.811 km^2 και παρουσιάζει ιδιαίτερη ποικιλομορφία στο ανάγλυφό της, καθώς και πλήθος υψηλής σημασίας οικοσυστημάτων και περιβαλλοντικών στοιχείων, πολλά εκ των οποίων τελούν υπό καθεστώς προστασίας. Είναι μία περιοχή που διακρίνεται τόσο από έντονους ορεινούς όγκους όσο και από μεγάλες πεδινές εκτάσεις, μεγάλο μέρος των οποίων είναι γεωργική γη. Την έκτασή της διατρέχουν σημαντικοί ποταμοί όπως ο Αλιάκμονας, ο Αξιός και ο Στρυμόνας, ενώ καταλαμβάνεται και από αρκετές λίμνες. Επιπλέον, από τις επτά Περιφερειακές της Ενότητες, οι πέντε διαβρέχονται από θάλασσα. Σημειώνεται ότι στις παραθαλάσσιες εκτάσεις των Περιφερειακών Ενοτήτων Χαλκιδικής και Πέλλας έχει αναπτυχθεί έντονα ο κλάδος του τουρισμού, επιφέροντας αντίστοιχα οικονομικά οφέλη, αλλά και περιβαλλοντικές και πολεοδομικές πιέσεις.

Ο πληθυσμός της περιφέρειας, βάσει της εθνικής απογραφής του 2011, ανέρχεται σε 1.882.108 κατοίκους κατατάσσοντάς τη δεύτερη σε επίπεδο χώρας και κυμάνθηκε σε σταθερά επίπεδα κατά τη δεκαετία 2001-2011. Από το σύνολο του πληθυσμού το 59,01% συγκεντρώνεται στην Περιφερειακή Ενότητα Θεσσαλονίκης, ενώ στο σύνολο των Περιφερειακών Ενοτήτων παρατηρείται ότι οι συγκεντρώσεις πληθυσμών αφορούν στα αστικά κέντρα και την παράκτια ζώνη, με αντίστοιχες μειώσεις σε πιο απομακρυσμένους, ιδίως ορεινούς και ημιορεινούς, δήμους. Από δημογραφική

άποψη, παρατηρείται τάση γήρανσης του πληθυσμού και σχετικά μικρός ρυθμός αντικατάστασης του εργατικού δυναμικού.

Παρότι η ΠΚΜ διαθέτει τις βάσεις για την ανάδειξή της σε ευημερούσα περιφέρεια, η πραγματικότητα διαφέρει, αφού η πλεονεκτική γεωπολιτική της θέση έχει υπερεκτιμηθεί και δεν έχει αποφέρει το αναμενόμενο επίπεδο ανάπτυξης. Παράλληλα, η οικονομική κρίση που έπληξε τη χώρα το 2008 προκάλεσε την ύφεση σε βασικές οικονομικές δραστηριότητες της περιοχής. Ειδικότερα, το ΑΕΠ της ΠΚΜ είναι χαμηλότερο από τον μέσο όρο της χώρας και η Περιφέρεια παρουσιάζει διαχρονικά αδυναμία υπερνίκησης της αναπτυξιακής της υστέρησης. Επιπλέον, ως αποτέλεσμα της κρίσης, σημειώθηκε προοδευτική μείωση του αριθμού των εργαζομένων και αύξηση της ανεργίας, η οποία εντοπίζεται κυρίως στις ομάδες των νέων, των γυναικών και των ηλικιωμένων ανειδίκευτων. Σημαντικό στοιχείο στην εξέλιξη του οικονομικού προφίλ της ΠΚΜ αποτελεί η αποβιομηχάνισή της, κυρίως κατά τη διάρκεια της οικονομικής ύφεσης, εφόσον ο δευτερογενής τομέας ήταν ιδιαίτερα αναπτυγμένος στην περιφέρεια, κάτι που ισχύει ακόμα σε εθνικό επίπεδο, αλλά σε μικρότερη κλίμακα.

4.2.2 Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων

4.2.2.1 Παραγωγή

<u>ΑΣΑ</u>

Σύμφωνα με το αναθεωρημένο ΕΣΔΑ, η ΠΚΜ είναι δεύτερη στην παραγωγή ΑΣΑ σε εθνικό επίπεδο, μετά την Αττική, συμμετέχοντας στη συνολική παραγωγή ΑΣΑ της χώρας με ποσοστό 16,23%, ενώ όλες οι υπόλοιπες περιφέρειες έχουν ποσοστά συμμετοχής κάτω του 10%, γεγονός που υπογραμμίζει το διαθέσιμο δυναμικό σε προς επεξεργασία απόβλητα και δυνητικές πρώτες ύλες ή αξιοποιήσιμα προϊόντα και, συνεπώς, τη σημασία ορθολογικής διαχείρισης αυτού. Σε απόλυτους αριθμούς, κατά το έτος 2014 η συνολική παραγωγή ΑΣΑ στην ΠΚΜ ανήλθε σε 842.493 tn, ενώ το 2019 η ποσότητα αυτή αυξήθηκε, φτάνοντας τους 913.214 tn. Αξίζει να σημειωθεί ότι, βάσει του ΠΕΣΔΑ ΠΚΜ, προβλεπόταν ότι το έτος 2019 η παραγόμενη ποσότητα ΑΣΑ στην Περιφέρεια θα ήταν 868.042, μικρότερη, δηλαδή, από αυτή που πραγματικά παρήχθη, καταδεικνύοντας τη μειωμένη απόδοση των σχετικών προγραμμάτων πρόληψης και διαχείρισης. Αναφορικά με την εσωτερική κατανομή των παραγόμενων ποσοτήτων ΑΣΑ στην Περιφέρεια, παρουσιάζονται στον Πίνακας 1 οι παραγόμενες ποσότητες ανά Π.Ε. σε απόλυτο αριθμό, αλλά και ως ποσοστό συμμετοχής στο σύνολο της περιφέρειας, όπου και φαίνεται πως η μεγαλύτερη παραγωγή πραγματοποιείται στην ΠΕ Θεσσαλονίκης, με ποσοστό κοντά στο 60%.

Πίνακας 1 Παραγόμενες ποσότητες ΑΣΑ ανά ΠΕ και ποσοστά συμμετοχής στη συνολική παραγωγή της ΠΚΜ

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΑΣΑ (tn)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ (%) ΣΤΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΚΜ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	496.418	58,92
ΗΜΑΘΙΑΣ	53.545	6,36
ΚΙΛΚΙΣ	37.047	4,40
ΠΕΛΛΑΣ	53.835	6,39
ΠΙΕΡΙΑΣ	60.766	7,21
ΣΕΡΡΩΝ	68.395	8,12
ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	72.487	8,60
ΣΥΝΟΛΟ ΠΚΜ	842.493	100

Ως προς την ποιοτική σύσταση των ΑΣΑ, ο σχεδιασμός υιοθετεί την προτεινόμενη από το προηγούμενο και τότε εν ισχύ ΕΣΔΑ (2015), όπως αυτή φαίνεται στον ακόλουθο Πίνακα, ο οποίος περιλαμβάνει και τις αντίστοιχες παραγόμενες ποσότητες ανά ρεύμα ΑΣΑ.

Πίνακας 2 Ποιοτική σύσταση ΑΣΑ στην ΠΚΜ

ΕΙΔΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΩΝ ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΩΝ ΑΣΑ (%)
Οργανικά	44,30%
Χαρτί/Χαρτόνι	22,20%
Πλαστικό	13,90%
Μέταλλο	3,90%
Γυαλί	4,30%
Λοιπά	11,40%
Σύνολο ΑΣΑ	100,00%

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

Τα χρησιμοποιούμενα στο ΠΕΣΔΑ ΠΚΜ στοιχεία σχετικά με την παραγωγή στερεών βιομηχανικών αποβλήτων προέρχονται από τις Ετήσιες Εκθέσεις Παραγωγού Αποβλήτων (ΕΕΠΑ) που υποβλήθηκαν από τις επιχείρησης της περιφέρειας στο τότε ΥΠΕΚΑ, με έτος αναφοράς το 2012. Από τις εν λόγω εκθέσεις και εξαιρώντας τα απόβλητα που προσομοιάζουν στα ΑΣΑ, προκύπτει ότι, κατά το έτος 2012, παρήχθησαν 347.872 tn βιομηχανικών μη επικίνδυνων αποβλήτων και 213.391 tn βιομηχανικών επικίνδυνων αποβλήτων. Τόσο στα επικίνδυνα όσο και στα μη επικίνδυνα βιομηχανικά απόβλητα περιλαμβάνονται ποσότητες αποθηκευμένες από προηγούμενα έτη.

4.2.2.2 Υφιστάμενη διαχείριση

ΑΣΑ

Η υγειονομική ταφή αποβλήτων αποτελεί τη βασική πρακτική διαχείρισης των ΑΣΑ στην εξεταζόμενη περιφέρεια, καθώς βάσει του ΠΕΣΔΑ, το 82% των συνολικά παραγόμενων ΑΣΑ στην ΠΚΜ οδηγείται προς ταφή. Οι ΠΕ της Περιφέρειας δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις, με το σύνολο αυτών να οδηγεί προς ταφή πάνω από το 80% των ΑΣΑ που παράγουν, εκτός της ΠΕ Σερρών που διαθέτει σε ΧΥΤΑ το 79% των ΑΣΑ. Ανάκτηση υλικών πραγματοποιείται χάρη στη δραστηριοποίηση Συστημάτων Εναλλακτικής Διαχείρισης (ΣΕΔ), ενώ εφαρμόζονται και μικρής κλίμακας δράσεις εκτροπής βιοαποβλήτων (σίτιση ζώων, οικιακή κομποστοποίηση κλπ.). Οι εφαρμοζόμενες μέθοδοι διαχείρισης ΑΣΑ στην ΠΚΜ ανά ρεύμα υλικού και το ποσοστό της παραγόμενης ποσότητας του εκάστοτε υλικού, το οποίο αντιστοιχεί σε κάθε μέθοδο παρουσιάζονται στον Πίνακας 3. Μέχρι και το έτος δημοσίευσης του ΠΕΣΔΑ, δε λειτουργούσε κάποια μονάδα επεξεργασίας σύμμεικτων αποβλήτων, με αποτέλεσμα τα ποσοστά που αφορούν στη συγκεκριμένη κατηγορία να είναι μηδενικά. Σήμερα έχει κατασκευαστεί και λειτουργεί η ΜΕΑ Σερρών, δυναμικότητας 63.000 tn σύμμεικτων αποβλήτων και 3.000 tn προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων, επομένως τα νούμερα αυτά πιθανώς να είναι ελαφρώς διαφοροποιημένα.

Πίνακας 3 Μέθοδοι διαχείρισης των επιμέρους ρευμάτων ΑΣΑ στην ΠΚΜ

ΥΛΙΚΟ	ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΜΕ ΠΡΟΔΙΑΛΟΓΗ (%)	ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΜΕ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΥΜΜΕΙΚΤΩΝ (%)	ΑΠΕΥΘΕΙΑΣ ΔΙΑΘΕΣΗ (%)
Οργανικά	9%	0%	91%
Χαρτί/Χαρτόνι	28%	0%	72%
Πλαστικό			
Μέταλλο			
Γυαλί			
Ξύλο	5%	0%	95%
Λοιπά ανακτήσιμα	57%	0%	43%
Λοιπά	0%	0%	100%
Σύνολο ΑΣΑ	18%	0%	82%

Αναφορικά με την ανάκτηση μέσω προδιαλογής, αρχικά, ανακτάται μέρος των υλικών συσκευασιών, μέσω του δικτύου μπλε κάδων για τα απόβλητα συσκευασίας και μπλε κωδώνων για τις γυάλινες συσκευασίες, που έχει αναπτυχθεί στην Περιφέρεια από το Συλλογικό Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών «Σ.Σ.Ε.Δ. – ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ» της ΕΕΑΑ Α.Ε. Τα συλλεγόμενα

απόβλητα συσκευασίας οδηγούνται στα εν λειτουργία 7 Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ) της Περιφέρειας. Επιπλέον, δραστηριοποιούνται δύο συστήματα ανακύκλωσης Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ), η Ανακύκλωση Συσκευών ΑΕ, η οποία αποστέλλει τις συλλεγόμενες ποσότητες σε συνεργαζόμενες αδειοδοτημένες εγκαταστάσεις επεξεργασίας, εκ των οποίων 2 χωροθετούνται στην ΠΚΜ, και η Φωτοκύκλωση Α.Ε., η οποία στέλνει τα προδιαλεγμένα ΑΗΗΕ σε μονάδες ανακύκλωσης εκτός ΠΚΜ. Το ΣΕΔ ΑΦΗΣ έχει αναλάβει, με την τοποθέτηση ειδικών κάδων, τη συλλογή των Φορητών Ηλεκτρικών Στηλών στην Περιφέρεια, παρουσιάζοντας, ωστόσο, μικρότερες αποδόσεις συγκριτικά με την υπόλοιπη χώρα, γεγονός που πιθανόν οφείλεται στην περιορισμένη κάλυψη από το σύστημα, η οποία αφορά κυρίως στις αστικές περιοχές. Οι συλλεγόμενες ποσότητες οδηγούνται προς επεξεργασία στο εξωτερικό. Επίσης, οι Δήμοι και, συγκεκριμένα, οι Διευθύνσεις Καθαριότητας αυτών, αναλαμβάνουν, κατόπιν τηλεφωνικής συνεννόησης με τους πολίτες, τη συλλογή και διαχείριση ογκωδών αποβλήτων. Ως κύρια πρακτική υιοθετείται η υγειονομική ταφή τους, είτε έχει προηγηθεί τεμαχισμός είτε όχι, και η προώθησή τους σε αδειοδοτημένες μονάδες διαχείρισης. Όσον αφορά στα βιοαποδομήσιμα απόβλητα, η διαχείριση και εκτροπή τους βασίζεται στις εκτρεπόμενες ποσότητες χάρτινης συσκευασίας, μέσω του μπλε κάδου, και στα εκτρεπόμενα βιοαπόβλητα. Τέλος, δεν πραγματοποιείται καμία δράση εκτροπής και διαχείρισης των μικρών ποσοτήτων επικίνδυνων αποβλήτων που περιέχονται στα ΑΣΑ, με αποτέλεσμα αυτά να οδηγούνται απευθείας στους ΧΥΤΑ της περιφέρειας.

Βιομηχανικά απόβλητα

Η διαχείριση των βιομηχανικών αποβλήτων στην ΠΚΜ αφορά κυρίως σε εργασίες διάθεσης αυτών ή στην αποθήκευσή τους εντός των εγκαταστάσεων, όπου ήδη υπάρχουν ιστορικά αποθηκευμένες ποσότητες από προηγούμενα έτη, ιδίως στην περίπτωση των επικίνδυνων βιομηχανικών αποβλήτων. Ειδικότερα, τα μη επικίνδυνα βιομηχανικά απόβλητα είτε υποβάλλονται σε διεργασίες διάθεσης, σε ποσοστό 44%, είτε αποθηκεύονται στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις σε ποσοστό 32%, ενώ μόλις το 17% ανακτάται. Από τα επικίνδυνα βιομηχανικά απόβλητα ανακτάται μόνο το 4%, ενώ το υπόλοιπο είτε αποθηκεύτηκε κατά το έτος αναφοράς (2012) είτε ήταν ήδη αποθηκευμένο εντός των εγκαταστάσεων από τα προηγούμενα έτη.

Βιοαπόβλητα

Όπως φαίνεται και από τον Πίνακας 3, μόνο το 9% των οργανικών αποβλήτων που παράγονται στην ΠΚΜ ανακτώνται, αφού η Περιφέρεια δε διαθέτει οργανωμένο πρόγραμμα ΔσΠ για το εν λόγω

ρεύμα. Μέχρι και το 2015, οπότε και δημοσιεύθηκαν τα τελευταία επίσημα και συγκεντρωτικά στοιχεία για την υφιστάμενη κατάσταση στην περιοχή, η εκτροπή των βιοαποβλήτων αφορούσε κυρίως στη σίτιση ζώων, σε επιτόπια κομποστοποίηση, καθώς και περιορισμένη οικιακή κομποστοποίηση. Ανά περιπτώσεις, Περιφερειακές Ενότητες ή Δήμοι επιχειρούσαν την ανάπτυξη ξεχωριστών συστημάτων διαχείρισης βιοαποβλήτων, συχνά μέσω και πιλοτικών προγραμμάτων ή τοπικών πρωτοβουλιών. Ενδεικτικά, στην Π.Ε. Χαλκιδικής λειτουργούσαν προγράμματα κομποστοποίησης, χάρη σε πρωτοβουλίες της τοπικής αυτοδιοίκησης, καθώς και δράσεις από ξενοδοχειακές μονάδες, ενώ ο Δήμος Σερρών εφάρμοσε πιλοτικό πρόγραμμα κομποστοποίησης οργανικών υπολειμμάτων. Δεν υπάρχει οργανωμένο σύστημα διαχείρισης ούτε για τα πράσινα απόβλητα της περιφέρειας, τα οποία οδηγούνται σε ΧΥΤΑ, κατά περιπτώσεις τεμαχισμένα.

Το ΠΕΣΔΑ ΠΚΜ προέβλεπε εκτροπή των βιοαποβλήτων μέσω ΔσΠ σε ποσοστό 40% της συνολικά παραγόμενης ποσότητας μέχρι το 2020, με επιμέρους στόχους την οικιακή κομποστοποίηση του 3% των βιοαποβλήτων και την εκτροπή του 36% των αποβλήτων τροφίμων, μέσω ανάπτυξης δικτύου καφέ κάδων. Ωστόσο, τα παραπάνω δεν επετεύχθησαν, αφού η υλοποίηση των απαιτούμενων υποδομών και εφαρμογή των προγραμμάτων σημείωσε σημαντικές καθυστερήσεις, όπως άλλωστε συνέβη συνολικά στον τομέα διαχείρισης αποβλήτων σε επίπεδο χώρας, με αποτέλεσμα οι στόχοι, αν και αναθεωρημένοι να μετατεθούν για το έτος 2030, όπως προβλέπει το νέο ΕΣΔΑ, βάσει του οποίου θα αναθεωρηθεί στο επόμενο διάστημα και ο περιφερειακός σχεδιασμός της ΠΚΜ. Σύμφωνα, λοιπόν, με τον ΕΣΔΑ, μέχρι το 2030 θα πρέπει στην ΠΚΜ να εκτρέπεται το 12% των παραγόμενων οικιακών βιοαποβλήτων μέσω οικιακής κομποστοποίησης και το 40% μέσω του υπό ανάπτυξη δικτύου καφέ κάδων. Σε απόλυτους αριθμούς και ανά Π.Ε. για την υπό μελέτη περιφέρεια ο στόχος του 40% μεταφράζεται σύμφωνα με τον ακόλουθο Πίνακα.

Πίνακας 4 Στόχος προδιαλογής βιοαποβλήτων, μέσω ΔσΠ, ανά ΠΕ για την ΠΚΜ, μέχρι το 2030

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΣΤΟΝ ΚΑΦΕ ΚΑΔΟ (tn)
Ημαθία	11.520
Θεσσαλονίκη	89.881
Κιλκίς	6.548
Πέλλα	11.161
Πιερία	10.730
Σέρρες	13.618
Χαλκιδική	8.998

Για την επίτευξη των στόχων περί διαχείρισης βιοαποβλήτων, το προτεινόμενο σχέδιο δράσης από το ΠΕΣΔΑ περιλάμβανε υλοποίηση συστήματος ΔσΠ, μέσω ανάπτυξης δικτύου καφέ κάδων, καθώς και εντοπισμένες ενέργειες χωριστής συλλογής σε θέσεις μεγάλων παραγωγών, όπως χώρους εστίασης, αναψυχής κλπ. Επιπλέον, προβλεπόταν η εφαρμογή οικιακής κομποστοποίησης σε όλες τις Π.Ε.. Ως προς τις υποδομές επεξεργασίας, προβλέπονταν 12 ΜΕΒΑ και, συγκεκριμένα, 5 μονάδες στην Π.Ε. Θεσσαλονίκης, 1 μονάδα για κάθε μία από τις Π.Ε. Ημαθίας, Κιλκίς, Πιερίας, Σερρών και Πέλλας και 2 μονάδες στην Π.Ε. Χαλκιδικής. Τελικά, βάσει του νέου ΕΣΔΑ, στην ΠΚΜ προβλέπεται η κατασκευή συνολικά 8 ΜΕΒΑ, στις οποίες υπάρχει η δυνατότητα συνδιαχείρισης των βιοαποβλήτων αστικής προέλευσης με βιοαπόβλητα από άλλους τομείς, όπως η γεωργία. Τέλος, δίνεται η δυνατότητα εγκατάστασης αποκεντρωμένων μικρότερων μονάδων, όπως μηχανικοί κομποστοποιητές.

4.3 ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ

Πρώτο βήμα για τη μελέτη του βιοδιυλιστηρίου, ως εναλλακτική και περισσότερο ολοκληρωμένη μέθοδο διαχείρισης των βιοαποβλήτων στην ΠΚΜ, είναι η καταγραφή των διαθέσιμων ποσοτήτων υπολειμματικής βιομάζας στην Περιφέρεια. Η καταγραφή αφορά στις ποσότητες των έξι διακριτών ρευμάτων που αποτελούν τα υποστρώματα τροφοδοσίας της μονάδας, όπως αυτά παρουσιάστηκαν στην ενότητα 4.1.2. Οι διαθέσιμες ποσότητες βιομάζας είναι βασική παράμετρος για τα ισοζύγια μάζας που θα εφαρμοστούν ακολούθως και τον υπολογισμό των ποσοτήτων δευτερογενών προϊόντων που θα προκύψουν. Επιπλέον, η ανά ρεύμα καταγραφή είναι απαραίτητη, αφού οι διαφοροποιήσεις στη σύσταση μεταξύ των υποστρωμάτων οδηγούν σε διαφορετικές διαδρομές επεξεργασίας και την απόδοση ελαφρώς διαφοροποιημένων προϊόντων (βλ. Εικόνα 9).

4.3.1 Βιοαπόβλητα αστικής προέλευσης

Στα βιοαπόβλητα αστικής προέλευσης εντάσσονται τα υπολείμματα και απόβλητα τροφίμων, τα απόβλητα από επιχειρήσεις καφέ (εξαντλημένοι κόκκοι καφέ) και τα απόβλητα από αρτοποιεία. Για την καταγραφή των διαθέσιμων ποσοτήτων βιοαποβλήτων αστικής προέλευσης, αφού πρώτα καταγράφηκαν άμεσα ή έμμεσα οι συνολικά παραγόμενες ποσότητες στην ΠΚΜ, ελήφθησαν υπόψη τα κάτωθι:

1. Η υφιστάμενη ανάκτηση οργανικών με προδιαλογή ή μηχανική επεξεργασία σύμμεικτων, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακας 3, η οποία και αφαιρείται από τη συνολικά παραγόμενη ποσότητα αστικών βιοαποβλήτων, εφόσον ήδη εκτρέπεται από την ταφή. Σημειώνεται ότι το

καταγεγραμμένο 9% οργανικών που ανακτάται, βάσει ΠΕΣΔΑ ΠΚΜ, αφορά κατά βάση στη σίτιση ζώων και στην τοπική κομποστοποίηση, ενώ πολλά πιλοτικά προγράμματα αφορούν στην οικιακή κομποστοποίηση. Επομένως, θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι η εκτροπή σχετίζεται με οικιακές και αγροτικές δραστηριότητες, αλλά όχι εμπορικές. Παρ' όλα αυτά και υπέρ της ασφαλείας, θεωρήθηκε οριζόντια μείωση όλων των παραγόμενων ποσοτήτων βιοαποβλήτων αστικής προέλευσης κατά 9%.

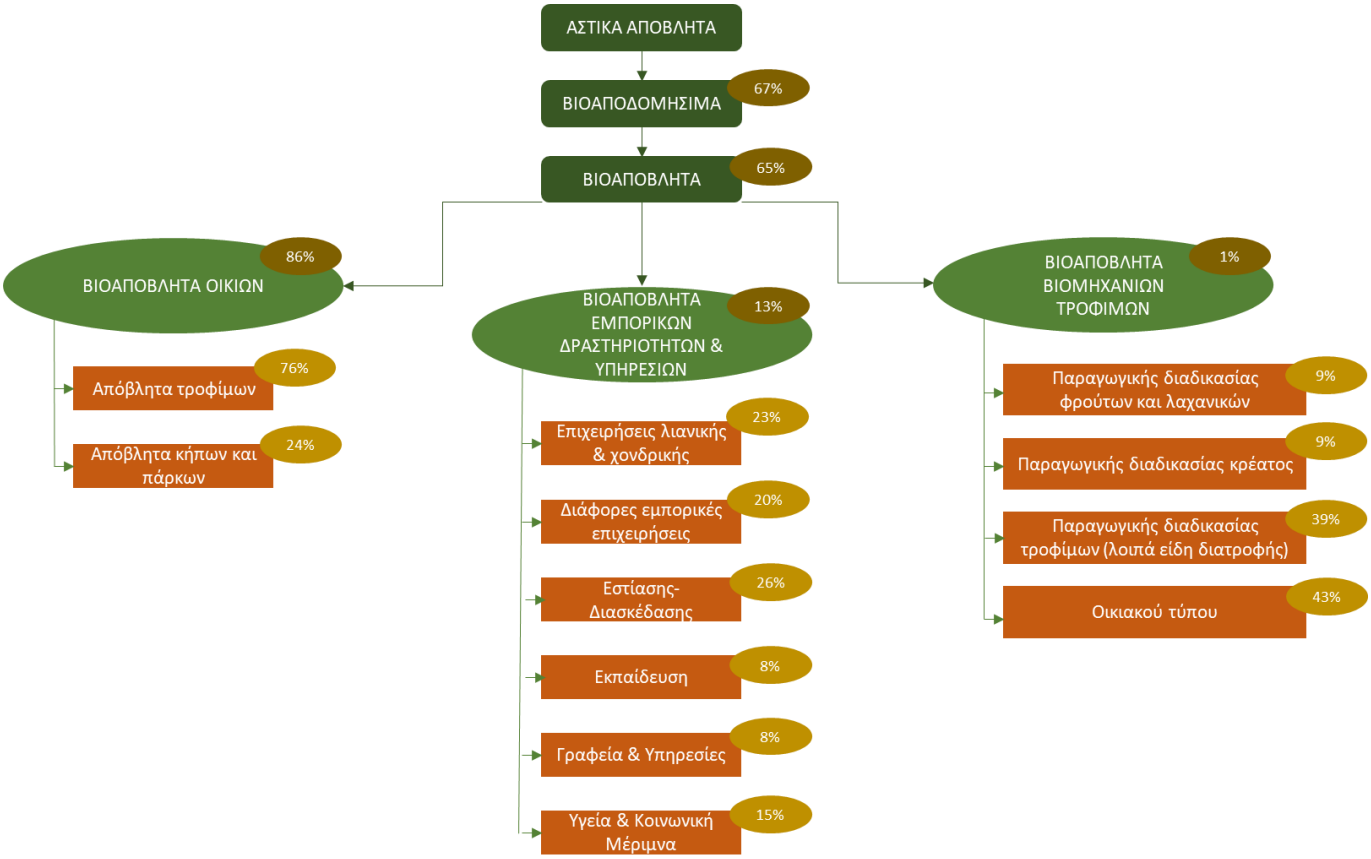
2. Οι ποσότητες βιοαποβλήτων που αναμένεται να εκτραπούν μέσω ΔσΠ, ως ποσοστό των συνολικά παραγόμενων βιοαποβλήτων εκτός των ποσοτήτων που ήδη εκτρέπονται, όπως αυτές ορίζονται στο σημείο 1. Πιο συγκεκριμένα, η εμπειρία δείχνει ότι, ακόμα και αν εφαρμοστούν εκτεταμένα συστήματα ΔσΠ για την ξεχωριστή συλλογή ενός ρεύματος, καθώς και ενημέρωση σχετικά με τα εν λόγω συστήματα, οι προδιαλεγμένες ποσότητες δεν μπορούν να αγγίξουν το 100% της συνολικής παραγωγής. Για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας, υιοθετείται ως ποσοστό προδιαλογής βιοαποβλήτων αστικής προέλευσης το 15% των συνολικά παραγόμενων ποσοτήτων στην ΠΚΜ, αφού έχει αφαιρεθεί από αυτές το ποσοστό 9% που επίσης προδιαλέγεται και εκτρέπεται. Ο δείκτης αυτός προέκυψε στο πλαίσιο του συγχρηματοδοτούμενου Ευρωπαϊκού Προγράμματος LIFE-Περιβάλλον "Ολοκληρωμένη Διαχείριση Βιοαποβλήτων στην Ελλάδα – Η περίπτωση της Αττικής'' (Integrated Management of Biowaste in Greece – The case study of Athens - ATHENS BIOWASTE)[vi], έπειτα από την πιλοτική εφαρμογή και αξιολόγηση προγραμμάτων ΔσΠ βιοαποβλήτων σε επιλεγμένες περιοχές των Δήμων Αθηναίων και Κηφισιάς.

4.3.1.1 Απόβλητα τροφίμων

Τα απόβλητα τροφίμων (αστικής προέλευσης) αποτελούν μία από τις συνιστώσες των βιοαποβλήτων και μπορούν να προέρχονται τόσο από τα νοικοκυριά όσο και από τον τομέα εμπορίου και παροχής υπηρεσιών. Λαμβάνοντας υπόψη ότι δεν υπάρχει ξεχωριστή καταγραφή του εν λόγω ρεύματος και, συνεπώς, απευθείας εντοπισμός των καθαρών ποσοτήτων που παράγονται, θα πρέπει τα απόβλητα τροφίμων να προσδιοριστούν ως ποσοστό επί της παραγωγής βιοαποβλήτων, οι ποσότητες των οποίων είναι γνωστές, έστω και μέσω δευτερογενούς υπολογισμού αυτών, ο οποίος στηρίζεται στη θεωρούμενη από τον ΠΕΣΔΑ ποιοτική σύσταση των συνολικά παραγόμενων ΑΣΑ της ΠΚΜ. Για το σκοπό αυτό, υιοθετείται η κατηγοριοποίηση βιοαποβλήτων και τα αντίστοιχα ποσοστά ανά κατηγορία, όπως αυτά δημοσιεύθηκαν στο κείμενο «Οδηγός εφαρμογής προγραμμάτων Διαλογή

[vi] https://webgate.ec.europa.eu/life/publicWebsite/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=3952

στην Πηγή & συστημάτων διαχείρισης των βιοαποβλήτων» (ΥΠΕΚΑ 2012), το οποίο εκδόθηκε στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Περιβάλλον – Αειφόρος Ανάπτυξη» (ΕΠΠΕΡΑΑ)[vii]. Η κατηγοριοποίηση των βιοαποβλήτων ανά ρεύμα και πηγή προέλευσης, καθώς και τα αντίστοιχα ποσοστά παρουσιάζονται στην ακόλουθη εικόνα.



Εικόνα 11 Διακριτά ρεύματα βιοαποβλήτων και ποσοστιαία συμμετοχής τους στα συνολικά παραγόμενα ΑΣΑ

Από την εικόνα προκύπτει ότι, σύμφωνα με την αντίστοιχη μελέτη, τα βιοαπόβλητα αποτελούν το 43,55% των συνολικά παραγόμενων ΑΣΑ, ενώ η υιοθετούμενη από τον ΠΕΣΔΑ ΠΚΜ ποιοτική σύσταση θεωρεί πως τα βιοαπόβλητα αποτελούν το 44,3% των συνολικά παραγόμενων ΑΣΑ. Καθώς αυτή η παραδοχή αποτελεί την πλέον πρόσφατη επίσημη θεώρηση στην οποία και στηρίζεται ο υπόλοιπος σχεδιασμός διαχείρισης στερεών αποβλήτων της υπό μελέτης Περιφέρειας, είναι και αυτή η οποία υιοθετείται για τις ανάγκες της καταγραφής. Στη συνέχεια, και για τον προσδιορισμό των αποβλήτων τροφίμων, θεωρούμε ότι τα βιοαπόβλητα που έχουν υπολογιστεί βάσει ΠΕΣΔΑ

[vii] http://www.epperaa.gr/el/Pages/Default.aspx

κατηγοριοποιούνται περαιτέρω ανά ρεύμα και πηγή προέλευσης, όπως ορίζει ο Οδηγός του ΕΠΠΕΡΑΑ. Επομένως, χρησιμοποιούνται οι παρακάτω τύποι υπολογισμού:

1) Βιοαπόβλητα = 44,3%*ΑΣΑ (tn/έτος)
2) Απόβλητα τροφίμων από οικίες = 76%*86%*Βιοαπόβλητα (tn/έτος)
3) Βιοαπόβλητα εμπορικών δραστηριοτήτων και υπηρεσιών = 13%*Βιοαπόβλητα – απόβλητα καφέ – απόβλητα αρτοποιείων (tn/έτος)
4) Συνολική παραγόμενη ποσότητα υπολειμμάτων τροφίμων = απόβλητα τροφίμων από οικίες + βιοαπόβλητα εμπορικών δραστηριοτήτων και υπηρεσιών (tn/έτος)
5) Συνολικά διαθέσιμη ποσότητα υπολειμμάτων τροφίμων = 15%*91%*Συνολικά παραγόμενη ποσότητα υπολειμμάτων τροφίμων (tn/έτος)

Πίνακας 5 Διαθέσιμες ποσότητες αποβλήτων τροφίμων αστικής προέλευσης για την ΠΚΜ, συνολικά και ανά ΠΕ, και ποσότητες λοιπών ρευμάτων των τύπων υπολογισμού

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΣΑ (tn/έτος)	ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΒΙΟΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (tnέτος)	ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΑΠΟ ΟΙΚΙΕΣ (tn/έτος)	ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΒΙΟΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΜΠΟΡΙΚΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ (tn/έτος)	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ (tn/έτος)	ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ (tn/έτος)
Θεσσαλονίκης	496.418	219.913	143.735	23.487	167.222	22.826
Ημαθίας	53.545	23.720	15.504	1.905	17.408	2.376
Κιλκίς	37.047	16.412	10.727	1.520	12.246	1.672
Πέλλας	53.835	23.849	15.588	2.124	17.712	2.418
Πιερίας	60.766	26.919	17.594	2.283	19.878	2.713
Σερρών	68.395	30.299	19.803	2.588	22.391	3.056
Χαλκιδικής	72.487	32.112	20.988	2.849	23.837	3.254
Σύνολο	**842.493**	**373.224**	**243.939**	**36.755**	**280.695**	**38.315**

4.3.1.2 Απόβλητα καφέ

Στην Ελλάδα δεν υπάρχει κάποια πρωτογενής βάση δεδομένων ή επίσημο έγγραφο όπου να αναφέρονται οι πραγματικά παραγόμενες ποσότητες αποβλήτων καφέ και, συγκεκριμένα, εξαντλημένων κόκκων καφέ. Επομένως, για τον προσδιορισμό των παραγόμενων ποσοτήτων του ρεύματος αυτού ακολουθήθηκαν τα παρακάτω βήματα:

1. Εντοπίστηκε ο αριθμός επιχειρήσεων καφέ στην ΠΚΜ.

2. Πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική έρευνα σε ελληνική και ξένη βιβλιογραφία, για τον προσδιορισμό ενδεικτικής παραγωγής αποβλήτων καφέ από μία τυπική επιχείρηση καφέ.
3. Η ως άνω ποσότητα πολλαπλασιάστηκε με τις ενεργές επιχειρήσεις καφέ, για τον προσδιορισμό των συνολικά διαθέσιμων αποβλήτων καφέ.

Αναλυτικότερα, αρχικά χρησιμοποιήθηκε η βάση δεδομένων των δραστηριοποιούμενων στην ΠΚΜ επιχειρήσεων (βλ. Κεφ. 3), για την ανάκτηση του αριθμού επιχειρήσεων καφέ, ανά Περιφερειακή Ενότητα. Οι επιχειρήσεις που επιλέχθηκαν ήταν αυτές οι οποίες ανήκαν σε κλάδο παροχής υπηρεσιών και περιλάμβαναν στον τίτλο τους τον όρο «καφέ», ο οποίος αποτέλεσε και όρο αναζήτησης. Με τον τρόπο αυτό, προσδιορίστηκε το σύνολο των σχετικών επιχειρήσεων, όπως καφέ, καφετέριες, καφενεία, καφωδεία κλπ. Σε δεύτερο επίπεδο, η βάση δεδομένων μελετήθηκε εκ νέου για τον προσδιορισμό επιχειρήσεων, όπου θα μπορούσε ο καφές να προσφέρεται ως ρόφημα, αλλά δεν περιείχαν στον τίτλο του κλάδου τους τον σχετικό όρο. Στην αναζήτηση αυτή εντοπίστηκε και προστέθηκε στις προηγουμένως καταγεγραμμένες επιχειρήσεις και ο αριθμός επιχειρήσεων με τον όρο «αναψυκτήριο». Ο αριθμός των επιχειρήσεων ενδιαφέροντος ανά Π.Ε., καθώς και συνολικά για την ΠΚΜ παρουσιάζεται στον ακόλουθο Πίνακα.

Πίνακας 6 Αριθμός επιχειρήσεων καφέ στην ΠΚΜ, ανά ΠΕ και συνολικά

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ ΚΑΦΕ
Θεσσαλονίκης	4.802
Ημαθίας	1.022
Κιλκίς	673
Πέλλας	1.010
Πιερίας	1.298
Σερρών	1.390
Χαλκιδικής	1.492
Σύνολο	11.687

Έπειτα, ακολούθησε το στάδιο βιβλιογραφικής αναζήτησης, με στόχο τη σύνδεση του αριθμού των επιχειρήσεων καφέ με την παραγωγή αποβλήτων καφέ. Αποτέλεσμα της έρευνας ήταν ο προσδιορισμός της ημερήσιας ποσότητας αποβλήτων καφέ που παράγονται από μία μικρή επιχείρηση καφέ, η οποία θεωρήθηκε ότι ανέρχεται σε 1,43 kg. Πιο συγκεκριμένα, κατά την αναζήτηση, εντοπίστηκε το έργο «κάΦσιμο», το οποίο αφορά στη συλλογή και ανακύκλωση υπολειμμάτων καφέ από συνεργαζόμενες καφετέριες σε Θεσσαλονίκη και Κιλκίς, τα οποία, αφού ξηρανθούν, αξιοποιούνται ως βιοκαύσιμο σε εγκαταστάσεις πλησίον της συνεργαζόμενης επιχείρησης

«Staramaki», η οποία είναι κοινωνικού και συνεταιριστικού χαρακτήρα (TyposThes 2020). Σύμφωνα με την επίσημη ιστοσελίδα της Αστικής μη Κερδοσκοπικής Εταιρείας «InCommOn – Innovative Communities Onwards» (InCommOn n.d.), η οποία υλοποιεί το «κάΦσιμο», και με την «γκρι» βιβλιογραφία, δηλαδή τα δημοσιογραφικά άρθρα που εντοπίστηκαν για το συγκεκριμένο έργο, οι 70 συνεργαζόμενες επιχειρήσεις καφέ παράγουν 100-400 kg αποβλήτων καφέ ημερησίως, ενώ δίνεται έμφαση στο γεγονός ότι οι εν λόγω επιχειρήσεις είναι μικρά καφέ. Από τα προαναφερθέντα στοιχεία, μπορούμε να υπολογίσουμε την ποσότητα αποβλήτων καφέ που παράγονται κατά μέσο όρο από μία μικρή επιχείρηση του έργου «κάΦσιμο», ως εξής:

$K = \alpha/70$ (kg/ημέρα), όπου

K: η ημερήσια παραγόμενη ποσότητα αποβλήτων καφέ από μία μικρή επιχείρηση σε kg

α: η συνολική ημερήσια παραγόμενη ποσότητα από τις συνεργαζόμενες επιχειρήσεις

Προκύπτει, λοιπόν, ότι η μεταβλητή K κυμαίνεται μεταξύ 1,43 και 5,71 kg/ημέρα, πληροφορία που είναι ιδιαίτερης αξίας, καθώς περιλαμβάνει στοιχεία που αφορούν σε επιχειρήσεις οι οποίες λειτουργούν στην Ελλάδα και, μάλιστα, στην ΠΚΜ. Ωστόσο, προκειμένου να αξιολογηθεί η τάξη μεγέθους, καθώς και να επιλεχθεί μία ακριβής τιμή για τη μεταβλητή K, χρησιμοποιήθηκαν ορισμένα ακόμα στοιχεία που προέκυψαν από τη βιβλιογραφική μελέτη. Ειδικότερα, έρευνα για την παραγωγή αποβλήτων καφέ από ένα μέσο Ιταλικό καφέ στη Ρώμη κατέληξε ότι παράγονται περίπου 2 kg εξαντλημένων κόκκων καφέ ημερησίως (Palmieri et al. 2021). Επιπλέον, άρθρο που μελετάει τις δυνατότητες αξιοποίησης αποβλήτων καφέ στο Ηνωμένο Βασίλειο και παρουσιάζει ενδεικτικά στοιχεία για την κατανάλωση καφέ εκτός οικίας στο Λιντς, αναφέρει ότι μία τυπική επιχείρηση που ανήκει στην αλυσίδα καφέ Costa Coffee, παράγει ημερησίως 20 kg εξαντλημένων κόκκων καφέ (Fletcher, n.d.). Τέλος, η Ελλάδα κατατάσσεται κάτω από την Ιταλία ως προς την κατά κεφαλήν κατανάλωση καφέ, με 2,4 kg/κεφαλή έναντι 3,4 kg/κεφαλή αντίστοιχα, αλλά βρίσκεται σε υψηλότερη θέση ως προς το Ηνωμένο Βασίλειο, το οποίο έχει κατά κεφαλήν κατανάλωση ίση με 1,7 kg (Reyes and Cornelis 2018). Σύμφωνα με τα στοιχεία που παρατέθηκαν, παρατηρούνται τα παρακάτω:

- ✓ Η μέση ημερήσια παραγωγή K που προσδιορίστηκε από το έργο «κάΦσιμο» ανήκει στην ίδια τάξη μεγέθους με την έρευνα για τα ιταλικά καφέ.
- ✓ Η μέση ημερήσια παραγωγή K είναι αρκετά μικρότερη από αυτή που προσδιορίστηκε στην περίπτωση του Ηνωμένου Βασιλείου, η οποία όμως αφορά σε καφέ αλυσίδας, επομένως είναι λογικό να έχει μαζικότερη κατανάλωση και, συνεπώς, να παράγει περισσότερα απόβλητα.

- ✓ Αφού η Ελλάδα έχει μικρότερη κατά κεφαλήν κατανάλωση καφέ από την Ιταλία κρίνεται ασφαλέστερη η θεώρηση ότι ένα μικρό καφέ στην ΠΚΜ παράγει λιγότερο από 2 kg/ημέρα απόβλητα καφέ.
- ✓ Ένα καφέ αλυσίδας δύναται να παράγει 20 kg αποβλήτων καφέ ανά ημέρα, όπως δείχνει η έρευνα στο Ηνωμένο Βασίλειο, το οποίο βρίσκεται χαμηλότερα στην κατανάλωση καφέ από την Ελλάδα. Επομένως, αντίστοιχες επιχειρήσεις στην Ελλάδα, και ειδικότερα στην ΠΚΜ, πιθανώς να έχουν τουλάχιστον την ίδια μαζικότητα στα παραγόμενα απόβλητα καφέ. Καθώς, όμως, δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία, η θεώρηση ότι το σύνολο των 11.687 επιχειρήσεων της ΠΚΜ είναι μικρά καφέ κρίνεται υπέρ της ασφαλείας.

Βάσει των ανωτέρω, λαμβάνουμε ως μέση ημερήσια παραγωγή εξαντλημένων κόκκων καφέ ενός καφέ στην ΠΚΜ ποσότητα K_τ ίση με 1,43 kg, δηλαδή, τη μικρότερη πραγματικά καταγεγραμμένη ποσότητα, η οποία και συνάδει με τα μεγέθη λοιπών μελετών και, μάλιστα, κινείται μακράν του κινδύνου υπερεκτίμησης των διαθέσιμων ποσοτήτων. Για τον υπολογισμό των παραγόμενων και των διαθέσιμων αποβλήτων καφέ ανά Π.Ε., χρησιμοποιούνται οι παρακάτω τύποι:

1. $Π = K_\tau * α * 365/1000$ (tn/έτος), όπου
   Π: η συνολική ποσότητα αποβλήτων καφέ που παράγεται στην εκάστοτε Π.Ε. (tn/έτος)
   Κτ: η μέση παραγωγή αποβλήτων καφέ από ένα μικρό καφέ (kg/ημέρα)
   α: ο αριθμός των επιχειρήσεων καφέ στην εκάστοτε Π.Ε.
2. $Δ = 15\% * 91\% * Π$, όπου
   Δ: η συνολική διαθέσιμη ποσότητα καφέ στην εκάστοτε Π.Ε. (tn/έτος)

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 7 Διαθέσιμες ποσότητες αποβλήτων καφέ στην ΠΚΜ, ανά ΠΕ και συνολικά

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΦΕ (tn/έτος)	ΔΙΑΘΕΣΙΜΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΦΕ (tn/έτος)
Θεσσαλονίκης	2.506	342,07
Ημαθίας	533	72,75
Κιλκίς	351	47,91
Πέλλας	527	71,94
Πιερίας	677	92,41
Σερρών	726	99,10
Χαλκιδικής	779	106,33

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΦΕ (tn/έτος)	ΔΙΑΘΕΣΙΜΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΦΕ (tn/έτος)
Σύνολο	6099	832,51

4.3.1.3 Απόβλητα αρτοποιείων

Κατ' αντιστοιχία με τα απόβλητα καφέ και ελλείψει πρωτογενών δεδομένων, επιχειρήθηκε ο έμμεσος υπολογισμός της παραγωγής αποβλήτων αρτοποιείων στην ΠΚΜ, μέσω της ίδιας αλληλουχίας βημάτων, δηλαδή, των παρακάτω εργασιών:

1. Εντοπισμός του αριθμού αρτοποιείων στην ΠΚΜ.
2. Βιβλιογραφική έρευνα ελληνικής και ξένης βιβλιογραφίας, για τον προσδιορισμό ενδεικτικής παραγωγής αποβλήτων αρτοποιείου από μία τυπική επιχείρηση του κλάδου.
3. Πολλαπλασιασμό της ανωτέρω ποσότητας με τις ενεργές επιχειρήσεις αρτοποιείων, για τον προσδιορισμό των συνολικά διαθέσιμων αποβλήτων.

Ωστόσο, στην περίπτωση των αρτοποιείων, δεν κατέστη δυνατή η εύρεση ενός ενιαίου δείκτη παραγωγής αποβλήτων που να αφορά στο σύνολο των προϊόντων αρτοπαρασκευής, ακριβώς λόγω της μεγάλης ποικιλίας προϊόντων που δύναται να παραχθούν από τέτοιου είδους επιχειρήσεις. Πιο συγκεκριμένα, τα άρθρα που εντοπίστηκαν αφορούσαν σε μεμονωμένες περιπτώσεις αρτοποιείων, όπου επιλέγονταν συγκεκριμένα προϊόντα ή γραμμές παραγωγής προϊόντων, διαφορετικά κάθε φορά. Επιπλέον, τα άρθρα αυτά αφορούσαν σε χώρες του εξωτερικού. Επομένως, δεν ήταν εφικτή η δημιουργία μίας συνεκτικής βάσης δεδομένων η επεξεργασία της οποίας θα μπορούσε, έστω με αναγωγή, να χρησιμοποιηθεί για την περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας. Από την άλλη μεριά, εντοπίστηκαν πολλά άρθρα με θέμα τα υπολείμματα ψωμιού ως πρώτη ύλη για την παραγωγή αιθανόλης – ή και γενικότερα δευτερογενών βιοπροϊόντων –, από τη μελέτη των οποίων προέκυψαν δύο προς αξιοποίηση παρατηρήσεις. Αρχικά, τα άρθρα καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι πράγματι τα υπολείμματα ψωμιού μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υπόστρωμα με αξιόλογο δυναμικό παραγωγής βιοαιθανόλης (Torabi, Satari, and Hassan-Beygi 2020; Narisetty et al. 2021; Kawa-Rygielska, Czubaszek, and Pietrzak 2013b), χάρη στην υψηλή του περιεκτικότητα σε καθαρά, ζυμώσιμα σάκχαρα, ενώ ταυτόχρονα προσφέρουν δεδομένα για την εξαγωγή ενός δείκτη παραγωγής αποβλήτων από την παραγωγή ψωμιού (Kawa-Rygielska, Czubaszek, and Pietrzak 2013b; Goryńska-Goldmann et al. 2020).

Λαμβάνοντας υπόψη τα ανωτέρω και προκειμένου να υπολογιστεί έστω μέρος της δυναμικότητας του βιοδιυλιστηρίου αναφορικά με το ρεύμα αποβλήτων αρτοποιείου, επιλέχθηκε να

πραγματοποιηθεί καταγραφή των αποβλήτων ψωμιού από τα αρτοποιεία της ΠΚΜ. Για το σκοπό αυτό, εκτελέστηκαν οι παρακάτω εργασίες:

→ Αρχικά αξιοποιήθηκαν τα άρθρα με αναφορά στην παραγωγή αποβλήτων ψωμιού, ως ποσοστό επί της παραγόμενης ποσότητας. Η εν λόγω παραγωγή κυμαίνεται από 1,2% έως και 10% (Kawa-Rygielska, Czubaszek, and Pietrzak 2013b; Goryńska-Goldmann et al. 2020; Beretta et al. 2013; Brancoli et al. 2019; Melikoglu and Webb 2013) της παραγόμενης ποσότητας ψωμιού. Ο δείκτης που τελικά επιλέχθηκε ήταν το 5%, καθώς ποσοστά κοντά στο 5% ήταν τα συνηθέστερα καταγεγραμμένα, ενώ είναι και κοντά στο μέσο όρο του συνολικά καταγεγραμμένου εύρους της βιβλιογραφικής ανασκόπησης και, μάλιστα υπέρ της ασφαλείας.

→ Κατόπιν, υπολογίστηκε η μέση παραγόμενη ποσότητα ψωμιού από ένα ελληνικό αρτοποιείο, αξιοποιώντας τα σχετικά δεδομένα που αντλήθηκαν από την πρόσφατη έκθεση του ΙΜΕ ΓΣΕΒΕΕ με τίτλο «Άρτος & Καταναλωτής: όροι ανταγωνισμού στην Ελλάδα και την Ευρώπη» (ΙΜΕ ΓΣΕΒΕΕ 2020). Σύμφωνα με την έκθεση αυτή, στην Ελλάδα δραστηριοποιούνται 9.719 αρτοποιεία, εκ των οποίων τα 25 είναι βιομηχανικά και τα 9.694 βιοτεχνικά, δηλαδή, κλασικοί φούρνοι, με συνολική παραγωγή ψωμιού περί τους 800.000 tn/έτος. Επομένως, θεωρήθηκε μέση παραγωγή ψωμιού από αρτοποιεία ίση με 82,3 tn/έτος. Σημειώνεται, βέβαια, ότι ο μέσος όρος θα έπρεπε να λαμβάνει υπόψη τη μαζικότερη παραγωγή ψωμιού από τα βιομηχανικά αρτοποιεία συγκριτικά με τα βιοτεχνικά. Ωστόσο, αφενός λόγω του μικρού αριθμού των βιομηχανικών αρτοποιείων στην Ελλάδα και της έλλειψης εναλλακτικής πηγής δεδομένων, η χρήση του απλού μέσου όρου θεωρήθηκε αρκετή.

→ Τέλος, χρησιμοποιήθηκε η βάση δεδομένων των επιχειρήσεων της ΠΚΜ, για την ανάκτηση του αριθμού αρτοποιείων της Περιφέρειας. Οι επιχειρήσεις που επιλέχθηκαν ήταν αυτές οι οποίες περιλάμβαναν στον τίτλος τις λέξεις «ψωμί» και «άρτος» ή κάποιο παράγωγό αυτών. Από τα αποτελέσματα που προέκυψαν, επιλέχθηκαν, τελικά, μόνο οι επιχειρήσεις είτε με γενικούς όρους, όπως αρτοποιεία, είτε με τις λέξεις «νωπό» και «φρέσκο», ώστε να αποκλειστούν τυχόν επιχειρήσεις μαζικότερης παραγωγής κατεψυγμένων ή συσκευασμένων προϊόντων, οι οποίες θα ξέφευγαν από την κλασική έννοια του φούρνου η οποία μελετάται επί του παρόντος. Με τον τρόπο αυτό, εντοπίστηκαν 1.377 φούρνοι στην ΠΚΜ, των οποίων η κατανομή ανά Π.Ε. παρουσιάζεται στον ακόλουθο Πίνακα.

Πίνακας 8 Αριθμός αρτοποιείων στην ΠΚΜ, ανά ΠΕ και συνολικά

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΡΟΠΟΙΕΙΩΝ
Θεσσαλονίκης	631
Ημαθίας	157
Κιλκίς	64
Πέλλας	109
Πιερίας	131
Σερρών	152
Χαλκιδικής	133
Σύνολο	1.377

Οι παραγόμενες και διαθέσιμες ποσότητες αποβλήτων που παράγονται ανά Π.Ε στην ΠΚΜ, υπολογίστηκαν από τους κάτωθι τύπους και παρουσιάζονται στον Πίνακας 9:

1. $Π_2 = Ψ*ψ*α$ (tn/έτος), όπου

   $Π_2$: η συνολικά παραγόμενη ποσότητα αποβλήτων ψωμιού στην εκάστοτε Π.Ε. (tn/έτος)

   Ψ: η μέση παραγωγή ψωμιού από ένα αρτοποιείο (tn/έτος)

   ψ: το ποσοστό παραγωγής ψωμιού που μετατρέπεται σε απόβλητο (%)

   α: ο αριθμός των αρτοποιείων στην εκάστοτε Π.Ε.

2. $Δ_2 = 15\%*91\%*Π_2$ (tn/έτος), όπου

   $Δ_2$ = η συνολικά διαθέσιμη ποσότητα αποβλήτων ψωμιού στην εκάστοτε Π.Ε. (tn/έτος)

Πίνακας 9 Διαθέσιμες ποσότητες αποβλήτων ψωμιού από αρτοποιεία στην ΠΚΜ, ανά ΠΕ και συνολικά

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΨΩΜΙΟΥ (tn/έτος)	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΨΩΜΙΟΥ (tn/έτος)
Θεσσαλονίκης	2.596	354,35
Ημαθίας	646	88,18
Κιλκίς	263	35,90
Πέλλας	449	61,29
Πιερίας	539	73,57
Σερρών	625	85,31
Χαλκιδικής	547	74,67
Σύνολο	5.665	773,27

4.3.2 Υπολειμματική βιομάζα βιομηχανικής προέλευσης

Ο προσδιορισμός των παραγόμενων αποβλήτων από τις υπό εξέταση βιομηχανίες τροφίμων αποτέλεσε τη μεγαλύτερη πρόκληση κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, λόγω της έλλειψης των απαραίτητων στοιχείων, ανεξαρτήτως της επιδιωκόμενης μεθόδου υπολογισμού. Πιο συγκεκριμένα, στην Ελλάδα δεν υπάρχει κάποια ελεύθερα προσβάσιμη βάση δεδομένων ή επίσημο έγγραφο που να διαθέτει πρωτογενή πληροφορία σχετικά με τις παραγόμενες ποσότητες βιομηχανικών αποβλήτων, ιδίως στην επιθυμητή μορφή, δηλαδή σε επίπεδο περιφέρειας ή περιφερειακής ενότητας και ανά ξεχωριστό κωδικό ΕΚΑ. Επιπλέον, συναντήθηκαν εμπόδια ακόμα και στις προσπάθειες έμμεσου υπολογισμού των σχετικών ποσοτήτων βιομηχανικών αποβλήτων, αφού όλοι οι δείκτες που ευρέθησαν μέσω βιβλιογραφικής μελέτης και οι οποίοι συσχέτιζαν τη λειτουργία μίας βιομηχανίας με την παραγωγή αποβλήτων, απαιτούσαν και πάλι πρωτογενή στοιχεία, όπως οι ποσότητες των προς επεξεργασία πρώτων υλών ή των τελικά παραγόμενων προϊόντων, τα οποία δεν ήταν διαθέσιμα.

Η λύση στα ως άνω προβλήματα δόθηκε, μέσω αλληλογραφίας με το ΥΠΕΝ, κατόπιν της οποίας αποκτήσαμε τα επιθυμητά στοιχεία, όπως αυτά δηλώθηκαν από τις αντίστοιχες βιομηχανίες στο Ηλεκτρονικό Μητρώο Αποβλήτων (ΗΜΑ)[viii]. Προκειμένου να μας παραχωρηθούν τα απαιτούμενα δεδομένα, ζητήθηκαν ως παράμετροι αναζήτησης οι κωδικοί NACE των μελετώμενων επιχειρήσεων και οι κωδικοί ΕΚΑ των αποβλήτων που θέλαμε να καταγράψουμε. Στο πλαίσιο αυτό, συντάχθηκε και προωθήθηκε ο παρακάτω κατάλογος με τις παραμέτρους αναζήτησης.

Πίνακας 10 Βιομηχανίες κατά NACE και κωδικοί ΕΚΑ αποβλήτων, για την αναζήτηση των διαθέσιμων ποσοτήτων αποβλήτων, μέσω ΗΜΑ

ΚΩΔΙΚΟΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ (NACE)	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ (NACE)	ΚΩΔΙΚΟΙ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (ΕΚΑ)
10.31	Επεξεργασία και συντήρηση πατατών	**02 01 03** απόβλητα ιστών φυτών **02 03 01** λάσπες από την πλύση, καθαρισμό, αποφλοίωση, φυγοκέντριση και διαχωρισμό **02 03 04** υλικά ακατάλληλα για κατανάλωση ή επεξεργασία
10.31.1	Παραγωγή επεξεργασμένων και συντηρημένων πατατών	**02 01 03** απόβλητα ιστών φυτών **02 03 01** λάσπες από την πλύση, καθαρισμό, αποφλοίωση, φυγοκέντριση και διαχωρισμό **02 03 04** υλικά ακατάλληλα για κατανάλωση ή επεξεργασία
10.31.11	Παραγωγή επεξεργασμένων και συντηρημένων πατατατών, που διαθέτονται κατεψυγμένες	**02 01 03** απόβλητα ιστών φυτών **02 03 01** λάσπες από την πλύση, καθαρισμό, αποφλοίωση, φυγοκέντριση και διαχωρισμό

[viii] https://wrm.ypeka.gr/

ΚΩΔΙΚΟΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ (NACE)	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ (NACE)	ΚΩΔΙΚΟΙ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (ΕΚΑ)
		02 03 04 υλικά ακατάλληλα για κατανάλωση ή επεξεργασία
10.31.12	Παραγωγή αποξηραμένων πατατών, κομμένων ή μη, σε τεμάχια ή φέτες, αλλά όχι περαιτέρω επεξεργασμένων	**02 01 03** απόβλητα ιστών φυτών **02 03 01** λάσπες από την πλύση, καθαρισμό, αποφλοίωση, φυγοκέντριση και διαχωρισμό **02 03 04** υλικά ακατάλληλα για κατανάλωση ή επεξεργασία
10.31.12.01	Παραγωγή αποφλοιωμένων και τεμαχισμένων πατατών και παρόμοιων ειδών	**02 01 03** απόβλητα ιστών φυτών **02 03 01** λάσπες από την πλύση, καθαρισμό, αποφλοίωση, φυγοκέντριση και διαχωρισμό **02 03 04** υλικά ακατάλληλα για κατανάλωση ή επεξεργασία
10.31.12.02	Παραγωγή τηγανητών πατατών σε λεπτές φέτες (τσιπς) και παρόμοιων ειδών	**02 03 01** λάσπες από την πλύση, καθαρισμό, αποφλοίωση, φυγοκέντριση και διαχωρισμό **02 03 04** υλικά ακατάλληλα για κατανάλωση ή επεξεργασία
10.31.12.03	Παραγωγή τυποποιημένων τροφών από πατάτες	**02 01 03** απόβλητα ιστών φυτών **02 03 01** λάσπες από την πλύση, καθαρισμό, αποφλοίωση, φυγοκέντριση και διαχωρισμό **02 03 04** υλικά ακατάλληλα για κατανάλωση ή επεξεργασία
10.31.13	Παραγωγή αποξηραμένων πατατών, με τη μορφή αλευριών, χονδράλευρων, νιφάδων, κόκκων και σβόλων	**02 01 03** απόβλητα ιστών φυτών **02 03 01** λάσπες από την πλύση, καθαρισμό, αποφλοίωση, φυγοκέντριση και διαχωρισμό **02 03 04** υλικά ακατάλληλα για κατανάλωση ή επεξεργασία
10.31.14	Παραγωγή πατατών παρασκευασμένων ή διατηρημένων	**02 01 03** απόβλητα ιστών φυτών **02 03 01** λάσπες από την πλύση, καθαρισμό, αποφλοίωση, φυγοκέντριση και διαχωρισμό **02 03 04** υλικά ακατάλληλα για κατανάλωση ή επεξεργασία
10.31.9	Μαγείρεμα και άλλες υπηρεσίες παρασκευής για πατάτες και προϊόντα πατάτας εργασίες υπεργολαβίας στο πλαίσιο της διαδικασίας παρασκευασμένων και διατηρημένων πατατών	**02 01 03** απόβλητα ιστών φυτών **02 03 01** λάσπες από την πλύση, καθαρισμό, αποφλοίωση, φυγοκέντριση και διαχωρισμό **02 03 04** υλικά ακατάλληλα για κατανάλωση ή επεξεργασία
10.31.91	Μαγείρεμα και άλλες υπηρεσίες παρασκευής για πατάτες και προϊόντα πατάτας	**02 01 03** απόβλητα ιστών φυτών **02 03 01** λάσπες από την πλύση, καθαρισμό, αποφλοίωση, φυγοκέντριση και διαχωρισμό **02 03 04** υλικά ακατάλληλα για κατανάλωση ή επεξεργασία
10.31.99	Εργασίες υπεργολαβίας στο πλαίσιο της διαδικασίας παραγωγής επεξεργασμένων και διατηρημένων πατατών	**02 01 03** απόβλητα ιστών φυτών **02 03 01** λάσπες από την πλύση, καθαρισμό, αποφλοίωση, φυγοκέντριση και διαχωρισμό **02 03 04** υλικά ακατάλληλα για κατανάλωση ή επεξεργασία
10.32.12	Παραγωγή χυμού πορτοκαλιού	**02 03 01** λάσπες από την πλύση, καθαρισμό, αποφλοίωση, φυγοκέντριση και διαχωρισμό **02 03 04** υλικά ακατάλληλα για κατανάλωση ή επεξεργασία
10.32.13	Παραγωγή χυμού γκρέιπφρουτ	**02 03 01** λάσπες από την πλύση, καθαρισμό, αποφλοίωση, φυγοκέντριση και διαχωρισμό **02 03 04** υλικά ακατάλληλα για κατανάλωση ή επεξεργασία
10.32.14	Παραγωγή χυμού ανανά	**02 03 01** λάσπες από την πλύση, καθαρισμό, αποφλοίωση, φυγοκέντριση και διαχωρισμό

ΚΩΔΙΚΟΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ (NACE)	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ (NACE)	ΚΩΔΙΚΟΙ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (ΕΚΑ)
		02 03 04 υλικά ακατάλληλα για κατανάλωση ή επεξεργασία
10.32.15	Παραγωγή χυμού σταφυλιών	**02 03 01** λάσπες από την πλύση, καθαρισμό, αποφλοίωση, φυγοκέντριση και διαχωρισμό **02 03 04** υλικά ακατάλληλα για κατανάλωση ή επεξεργασία
10.32.16	Παραγωγή χυμού μήλων	**02 03 01** λάσπες από την πλύση, καθαρισμό, αποφλοίωση, φυγοκέντριση και διαχωρισμό **02 03 04** υλικά ακατάλληλα για κατανάλωση ή επεξεργασία
10.32.17	Παραγωγή μειγμάτων χυμών φρούτων και λαχανικών	**02 03 01** λάσπες από την πλύση, καθαρισμό, αποφλοίωση, φυγοκέντριση και διαχωρισμό **02 03 04** υλικά ακατάλληλα για κατανάλωση ή επεξεργασία
11.05	Ζυθοποιία	**02 07 01** απόβλητα από την πλύση, τον καθαρισμό και τη μηχανική αναγωγή πρώτων υλών
11.05.1	Παραγωγή μπίρας, εκτός από κατάλοιπα ζυθοποιίας	**02 07 01** απόβλητα από την πλύση, τον καθαρισμό και τη μηχανική αναγωγή πρώτων υλών
11.05.10	Παραγωγή μπίρας, εκτός από κατάλοιπα ζυθοποιίας	**02 07 01** απόβλητα από την πλύση, τον καθαρισμό και τη μηχανική αναγωγή πρώτων υλών
11.05.2	Παραγωγή κατάλοιπων ζυθοποιίας ή απόσταξης	**02 07 01** απόβλητα από την πλύση, τον καθαρισμό και τη μηχανική αναγωγή πρώτων υλών
11.05.20	Παραγωγή κατάλοιπων ζυθοποιίας ή απόσταξης	**02 07 01** απόβλητα από την πλύση, τον καθαρισμό και τη μηχανική αναγωγή πρώτων υλών
11.05.9	Εργασίες υπεργολαβίας στο πλαίσιο της διαδικασίας παραγωγής μπίρας	**02 07 01** απόβλητα από την πλύση, τον καθαρισμό και τη μηχανική αναγωγή πρώτων υλών
11.05.99	Εργασίες υπεργολαβίας στο πλαίσιο της διαδικασίας παραγωγής μπίρας	**02 07 01** απόβλητα από την πλύση, τον καθαρισμό και τη μηχανική αναγωγή πρώτων υλών

Για τον εντοπισμό των κωδικών ΕΚΑ που αφορούν στα εξεταζόμενα ρεύματα βιομηχανικών αποβλήτων, μελετήθηκε η λίστα αναρτημένων ΑΕΠΟ στη σχετική ιστοσελίδα του ΥΠΕΝ και, συγκεκριμένα η λίστα με τις ΑΕΠΟ των έργων που ανήκουν στην 9^{η} Ομάδα έργων με τίτλο «Βιομηχανικές και συναφείς εγκαταστάσεις». Από τη λίστα αυτή απομονώθηκαν οι καταχωρήσεις που αφορούσαν στις βιομηχανίες επεξεργασίας φρούτων και πατάτας, καθώς και οι ζυθοποιίες, και καταγράφηκαν οι αριθμοί διαδικτυακής ανάρτησης στη ΔΙΑΥΓΕΙΑ (ΑΔΑ). Στη συνέχεια, με τη χρήση των κωδικών ΑΔΑ, ελήφθησαν από τη ΔΙΑΓΕΙΑ τα κείμενα των ΑΕΠΟ και μελετήθηκαν οι εκροές στερεών αποβλήτων, από όπου και προσδιορίστηκαν οι ζητούμενοι κωδικοί ΕΚΑ. Στον Πίνακας 11 παρουσιάζονται τα στοιχεία από τη βάση δεδομένων του ΗΜΑ.

Πίνακας 11 Διαθέσιμες ποσότητες αποβλήτων ανά βιομηχανία ενδιαφέροντος για την ΠΚΜ συνολικά

ΚΩΔΙΚΟΣ NACE	ΕΤΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ (tn)	ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ	ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΑΘΕΣΗΣ	ΕΡΓΑΣΙΑ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ	ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΝΑΚΤΗΣΗ/ ΔΙΑΘΕΣΗ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΝΑΚΤΗΣΗ/ ΔΙΑΘΕΣΗ (tn)
10.31 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΠΑΤΑΤΩΝ	2018	1	0,5	02 03 01	D1		02 03 01	0,001
10.32 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΧΥΜΩΝ ΦΡΟΥΤΩΝ ΚΑΙ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ	2020	3	5.731,27	02 03 04				
	2020	2	3.618,44	02 03 01				
11.05 ΖΥΘΟΠΟΙΙΑ	2020	1	148.920,00	02 07 01	D8		16 10 02	140.431,56
	2020	2	36.704,00	02 07 01				

Σημειώνεται ότι η μεγαλύτερη διαθέσιμη ανάλυση αφορούσε σε κωδικό NACE της μορφής AA.BB, με αποτέλεσμα ο κωδικός NACE 10.32, που αφορά στη δραστηριότητα «Παραγωγή χυμών φρούτων και λαχανικών», να μη συμπεριλαμβάνει μόνο το ζητούμενο ρεύμα, αλλά και απόβλητα που προέρχονται από τη βιομηχανική επεξεργασία λαχανικών. Παρόλα αυτά, ελλείψει άλλων στοιχείων, θεωρούμε ότι αυτή είναι και η προς διαχείριση ποσότητα. Τελικά, σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, οι παραγόμενες ποσότητες βιομηχανικών αποβλήτων ανά ρεύμα στην ΠΚΜ είναι:

- Απόβλητα επεξεργασίας πατάτας: 0,001 tn/έτος
- Απόβλητα παραγωγής χυμών φρούτων: 9.349,71 tn/έτος
- Απόβλητα ζυθοποιίας: 177.135,56 tn/έτος

4.4 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΑΘΕΣΙΜΗΣ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

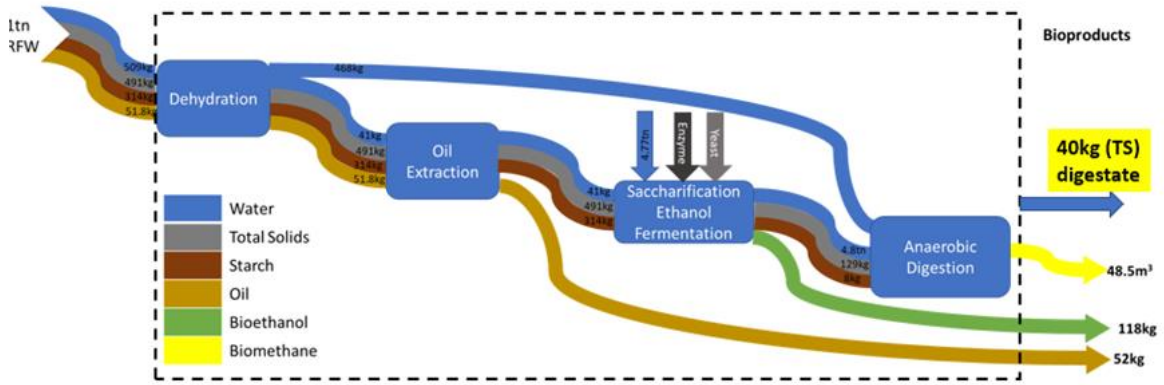
Η επεξεργασία των διαθέσιμων ποσοτήτων ρευμάτων ενδιαφέροντος, όπως αυτές καταγράφτηκαν για την ΠΚΜ και παρουσιάστηκαν στην ενότητα 4.3, θα πραγματοποιηθεί στη μονάδα βιοδιυλιστηρίου, η οποία έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του προγράμματος CIRCforBIO. Επομένως, για τον υπολογισμό των ποσοτήτων δευτερογενών προϊόντων που θα προκύψουν από την επεξεργασία εκάστου ρεύματος, αξιοποιήθηκαν τα αποτελέσματα της ερευνητικής εργασίας που έχει εκπονηθεί για το πρόγραμμα και, ειδικότερα, τα ισοζύγια μάζας της βιοδιύλισης κάθε ρεύματος, τα οποία προέκυψαν από σχετικές πειραματικές διαδικασίες. Εξαίρεση αποτελεί το ρεύμα αποβλήτων ψωμιού από αρτοποιεία, καθώς, λόγω έλλειψης πειραματικών δεδομένων που να αφορούν

αποκλειστικά στο συγκεκριμένο ρεύμα, πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική μελέτη για τον προσδιορισμό της απόδοσης βιοδιύλισής του. Μάλιστα, δεν εντοπίστηκε δημοσίευση η οποία να ακολουθεί διαδικασίες παρόμοιες με αυτές του μελετώμενου στην παρούσα διπλωματική βιοδιυλιστηρίου, συνεπώς, για το εν λόγω ρεύμα προσδιορίστηκε μόνο η παραγωγή βιοαιθανόλης.

Βάσει των παραπάνω, για κάθε προς βιοδιύλιση υπόστρωμα, αξιοποιήθηκαν τα δεδομένα του αντίστοιχου ισοζυγίου μάζας από τα οποία, κατ' αναλογία για τις διαθέσιμες ποσότητες στην ΠΚΜ, υπολογίστηκαν οι ποσότητες των παραγόμενων δευτερογενών προϊόντων. Στις επόμενες ενότητες παρουσιάζονται τόσο τα πειραματικά ισοζύγια μάζας όσο και τα ισοζύγια μάζας, το οποία υπολογίστηκαν για τη μονάδα βιοδιυλιστηρίου της ΠΚΜ.

4.4.1 Απόβλητα τροφίμων

Οι μονάδες από τις οποίες διέρχονται τα απόβλητα τροφίμων είναι η μονάδα ξήρανσης, η μονάδα εξαγωγής λαδιού, η μονάδα παραγωγής βιοαιθανόλης και, τέλος, η μονάδα αναερόβιας χώνευσης. Το ισοζύγιο μάζας που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των αποδόσεων κάθε σταδίου και τη σύνταξη του αντίστοιχου ισοζυγίου για τα απόβλητα τροφίμων της ΠΚΜ φαίνεται στην Εικόνα 1.

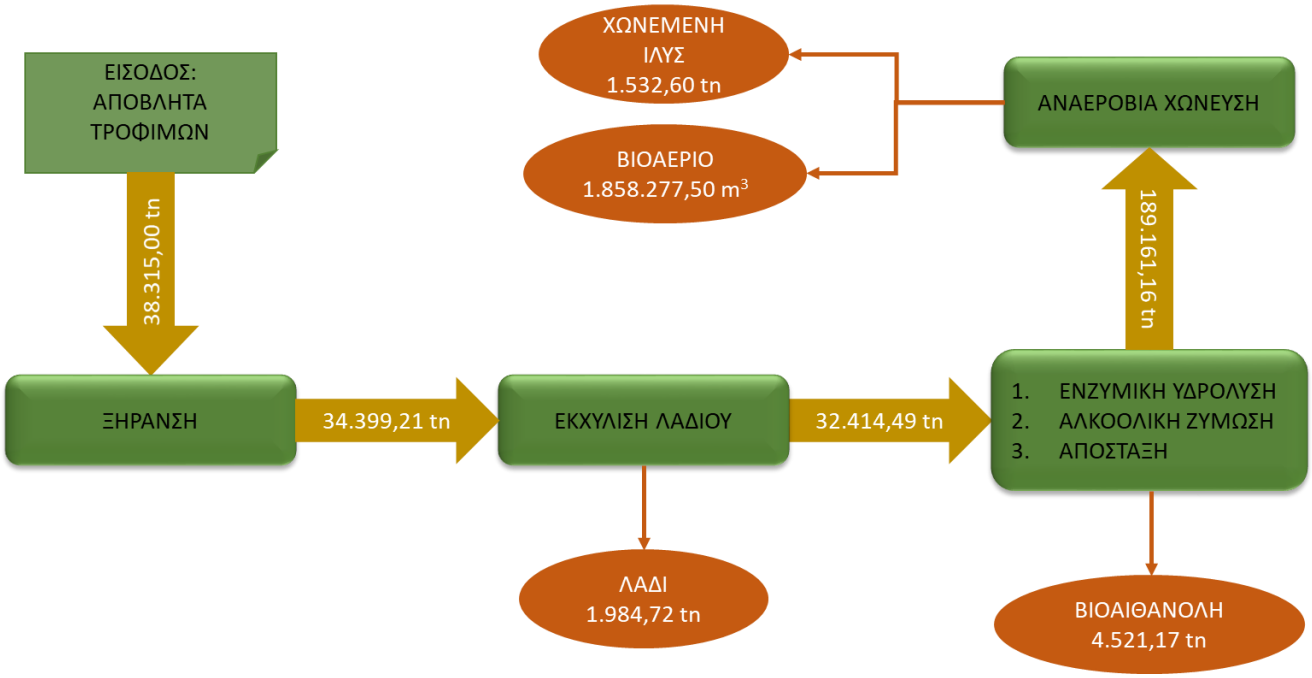


Εικόνα 12 Πειραματικό ισοζύγιο μάζας βιοδιύλισης αποβλήτων τροφίμων

Βάσει του εν λόγω ισοζυγίου, προκύπτει ότι από την επεξεργασία των αποβλήτων τροφίμων της ΠΚΜ, η διαθέσιμη ποσότητα των οποίων ανέρχεται σε 38.315 tn/έτος, παράγονται:

- 1.984,72 tn χρησιμοποιημένου λαδιού
- 4.521,17 tn βιοαιθανόλης
- 1.858.277,50 m^3 βιοαερίου
- 1.532,60 tn χωνεμένης ιλύος

Το ισοζύγιο μάζας για την επεξεργασία των τροφίμων αποβλήτων της ΠΚΜ στο προτεινόμενο βιοδιυλιστήριο παρουσιάζεται στην εικόνα.



Εικόνα 13 Ισοζύγιο μάζας της επεξεργασίας αποβλήτων τροφίμων στο βιοδιυλιστήριο της ΠΚΜ

4.4.2 Απόβλητα αρτοποιείων

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, στην κατηγορία αποβλήτων αρτοποιείων κατέστη δυνατός μόνο ο έμμεσος υπολογισμός των αποβλήτων ψωμιού από αρτοποιεία. Ταυτόχρονα, για το ρεύμα αυτό απουσιάζουν πειραματικά δεδομένα ισοζυγίου μάζας στο πλαίσιο του CIRCforBIO, με αποτέλεσμα να προσδιοριστεί βιβλιογραφικά μόνο η παραγωγή βιοαιθανόλης από απόβλητα ψωμιού.

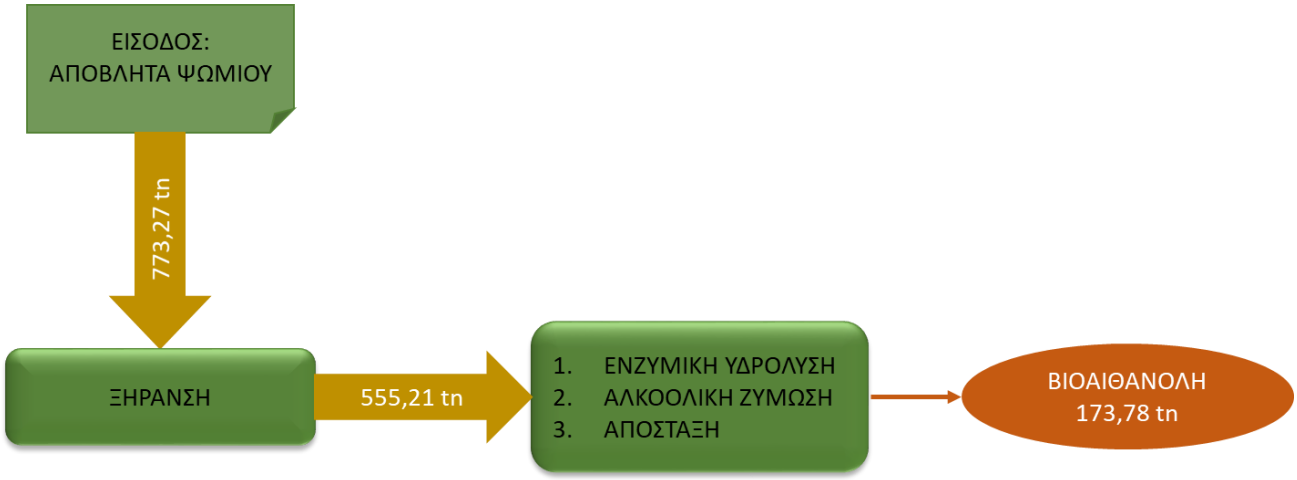
Το εύρος παραγωγής βιοαιθανόλης από την αλκοολική ζύμωση αποβλήτων ψωμιού το οποίο καταγράφηκε ήταν από 248 gr μέχρι 366 gr ανά 1.000 gr ξηρής μάζας αποβλήτων (Narisetty et al. 2021; Kawa-Rygielska, Czubaszek, and Pietrzak 2013b; Ebrahimi et al. 2008), ενώ στην απόδοση επιδρούν παράγοντες, όπως τα χαρακτηριστικά του υποστρώματος και οι τεχνικές επεξεργασίας. Στην παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης παραγωγής βιοαιθανόλης, όπως προέκυψε πειραματικά από την εργασία των Torabi, Satari,και Hassan-Beygi (2020). Η επιλογή αυτή στηρίχτηκε αρχικά στο γεγονός ότι τα δείγματα αποβλήτων αφορούσαν σε ψωμί από σιτάρι, δηλαδή έναν από τους πλέον κοινούς τύπους καταναλισκόμενου ψωμιού. Επιπλέον, από την πειραματική διαδικασία προέκυψε παραγωγή βιοαιθανόλης περί τα 313 gr ανά 1.000 gr ξηρής μάζας αποβλήτων, ποσότητα η οποία βρίσκεται στο μέσο περίπου του καταγεγραμμένου εύρους παραγωγής. Τέλος, η

πειραματική διαδικασία από την οποία και προέκυψε ο συγκεκριμένος δείκτης προσομοιάζει περισσότερο στα βήματα και τις τεχνικές που ακολουθούνται στο βιοδιυλιστήριο CIRCforBIO. Ειδικότερα, τα δείγματα αποβλήτων ψωμιού αρχικά ξηράνθηκαν, με τη διαφορά ότι δε χρησιμοποιήθηκε κάποια ειδική διάταξη, αλλά διατηρήθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου για ορισμένο χρονικό διάστημα, στη συνέχεια υποβλήθηκαν σε ενζυμική υδρόλυση, όπου χρησιμοποιήθηκαν τα ένζυμα Thermamyl 120L και AMG 300L, και, τέλος, υποβλήθηκαν σε αλκοολική ζύμωση, με την προσθήκη Saccharomyces cerevisiae.

Τελικά, ο υπολογισμός της παραγόμενης από τα διαθέσιμα απόβλητα ψωμιού βιοαιθανόλης πραγματοποιήθηκε ως εξής:

- Θεωρήθηκε αρχική υγρασία υποστρώματος ίση με 38% (Demirci, Palabiyik, and Gumus 2016)
- Η τελική επιθυμητή υγρασία, μετά την ξήρανση, θεωρήθηκε ίση με 9,8% (Torabi, Satari, and Hassan-Beygi 2020)
- Υπολογίστηκε απώλεια νερού ίση με 218,06 tn/έτος.
- Η ποσότητα αποβλήτων ψωμιού που οδηγείται προς τη μονάδα παραγωγής βιοαιθανόλης, μετά την ξήρανση, ανέρχεται στους 555,21 tn/έτος.
- Η τελικά παραγόμενη βιοαιθανόλη, βάσει του επιλεγμένου δείκτη παραγωγής, ανέρχεται στους 173,78 tn/έτος.

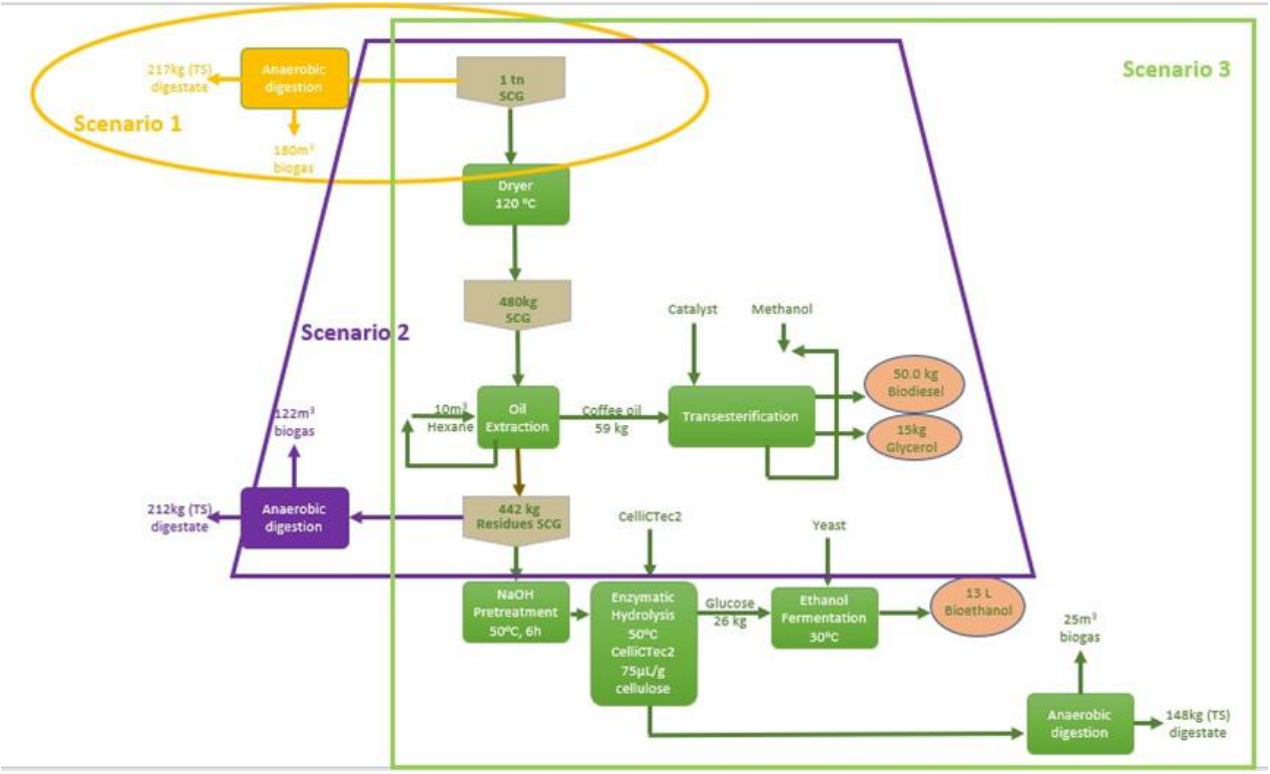
Το ισοζύγιο μάζας για την επεξεργασία των αποβλήτων ψωμιού της ΠΚΜ στο προτεινόμενο βιοδιυλιστήριο παρουσιάζεται στην ακόλουθη εικόνα.



Εικόνα 14 Ισοζύγιο μάζας της επεξεργασίας αποβλήτων ψωμιού στο βιοδιυλιστήριο της ΠΚΜ

4.4.3 Εξαντλημένοι κόκκοι καφέ

Για τον υπολογισμό των παραγόμενων ποσοτήτων δευτερογενών προϊόντων από τους εξαντλημένους κόκκους καφέ, χρησιμοποιήθηκε ως πρότυπο το ισοζύγιο μάζας της Εικόνα 15. Οι εξαντλημένοι κόκκοι καφέ διέρχονται διαδοχικά από τη μονάδα ξήρανσης, τη μονάδα εξαγωγής λαδιού, τη μονάδα απολιγνίνωσης, τη μονάδα παραγωγής αιθανόλης και τη μονάδα αναερόβια χώνευσης.

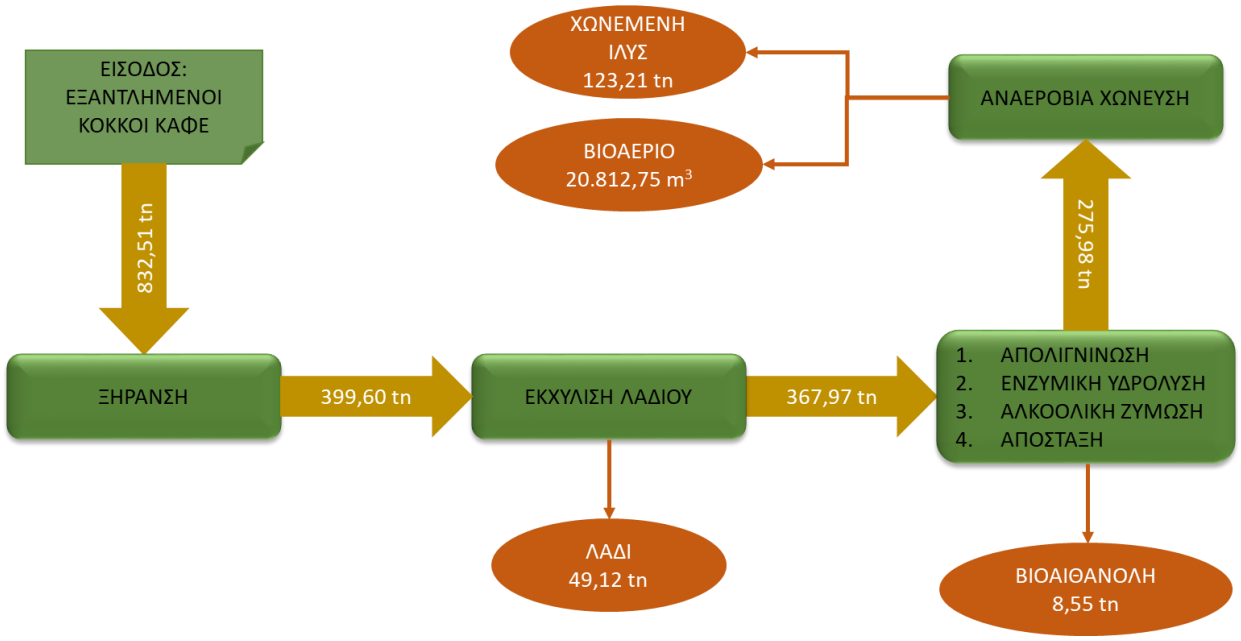


Εικόνα 15 Πειραματικό ισοζύγιο μάζας βιοδιύλισης εξαντλημένων κόκκων καφέ

Από την επεξεργασία των εξαντλημένων κόκκων καφέ της ΠΚΜ, η διαθέσιμη ποσότητα των οποίων ανέρχεται σε 832,51 tn ετησίως, παράγονται:

- 49,12 tn χρησιμοποιημένου λαδιού
- 8,55 tn βιοαιθανόλης
- 20.812,75 m^3 βιοαερίου
- 123,21 tn χωνεμένης ιλύος

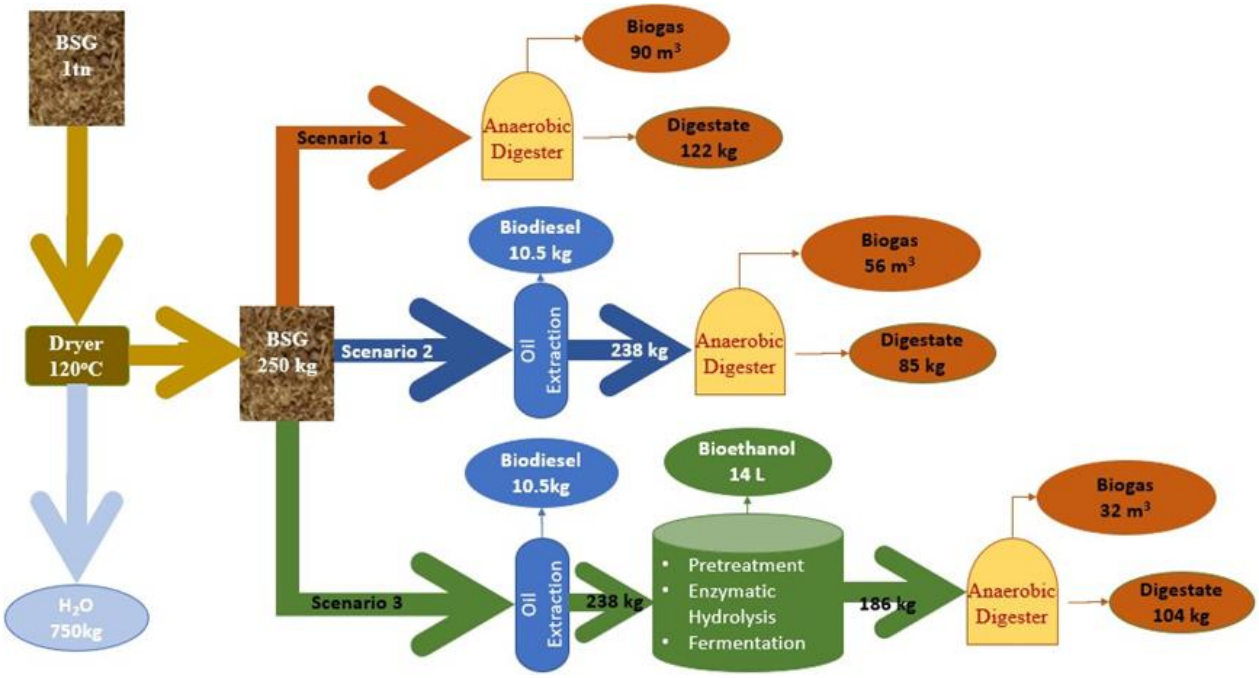
Το ισοζύγιο μάζας για την επεξεργασία των εξαντλημένων κόκκων καφέ της ΠΚΜ στο προτεινόμενο βιοδιυλιστήριο παρουσιάζεται στην ακόλουθη εικόνα.



Εικόνα 16 Ισοζύγιο μάζας για την επεξεργασία εξαντλημένων κόκκων καφέ στο βιοδιυλιστήριο της ΠΚΜ

4.4.4 Εξαντλημένοι κόκκοι κριθαριού

Οι εξαντλημένοι κόκκοι κριθαριού, το πειραματικό ισοζύγιο μάζας των οποίων φαίνεται στην Εικόνα 17, ακολουθούν την ίδια διαδρομή με αυτή των εξαντλημένων κόκκων καφέ, δηλαδή, περνούν από τη μονάδα ξήρανσης, τη μονάδα εξαγωγής λαδιού, τη μονάδα απολιγνίνωσης, τη μονάδα παραγωγής αιθανόλης και, τελικά, τη μονάδα αναερόβιας χώνευσης.

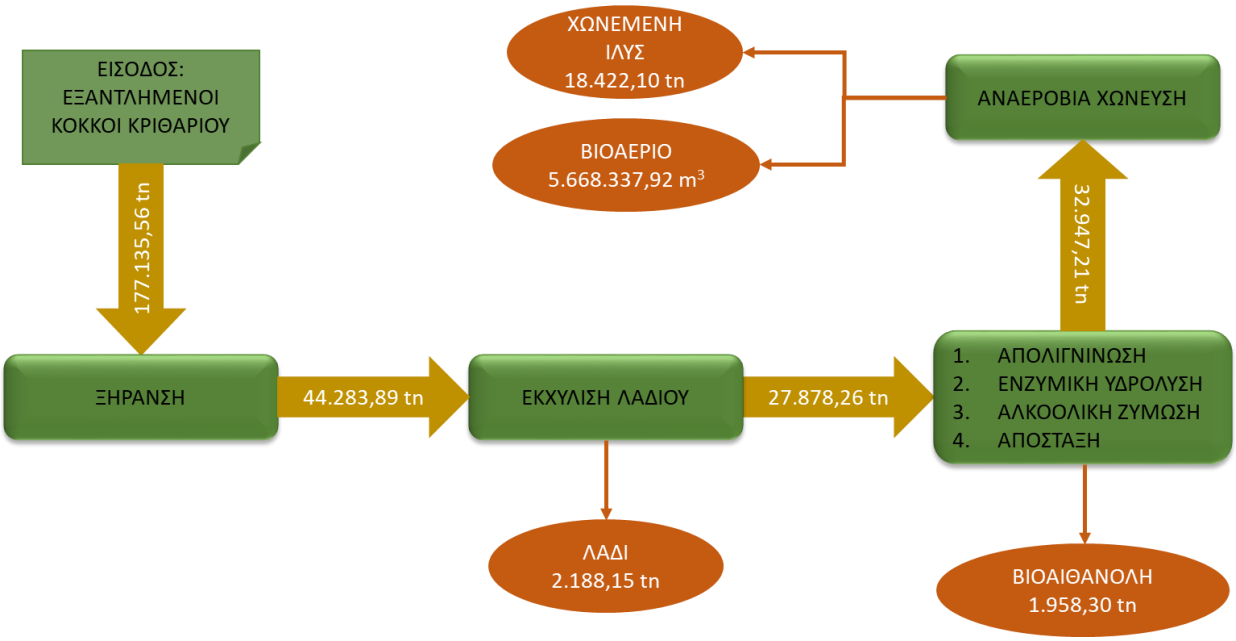


Εικόνα 17 Πειραματικό ισοζύγιο μάζας βιοδιύλισης εξαντλημένων κόκκων κριθαριού

Από την επεξεργασία των εξαντλημένων κόκκων κριθαριού της ΠΚΜ, η διαθέσιμη ποσότητα των οποίων ανέρχεται σε 177.135,56 tn ετησίως, παράγονται:

- 2.188,15 tn χρησιμοποιημένου λαδιού
- 1.958,30 tn βιοαιθανόλης
- 5.668.337,92 m^3 βιοαερίου
- 18.422,10 tn χωνεμένης ιλύος

Το ισοζύγιο μάζας για την επεξεργασία των εξαντλημένων κόκκων κριθαριού της ΠΚΜ στο προτεινόμενο βιοδιυλιστήριο παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα.

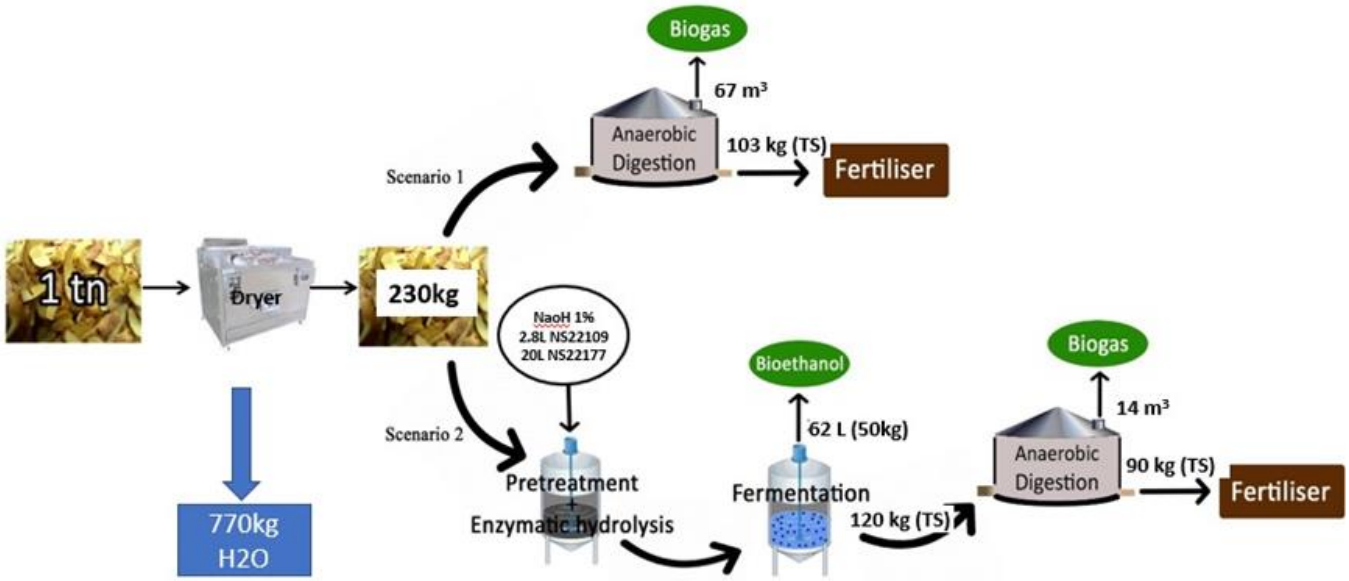


Εικόνα 18 Ισοζύγιο μάζας της επεξεργασίας εξαντλημένων κόκκων καφέ στο βιοδιυλιστήριο της ΠΚΜ

4.4.5 Απόβλητα επεξεργασίας πατάτας

Η διαδρομή που ακολουθούν τα απόβλητα επεξεργασίας πατάτας ξεκινάει από τη μονάδα ξήρανσης και ακολουθούν, διαδοχικά, η μονάδα απολιγνίνωσης, η μονάδα παραγωγής βιοαιθανόλης και η μονάδα αναερόβιας χώνευσης. Το πειραματικό ισοζύγιο μάζας παρουσιάζεται στην Εικόνα 19. Ωστόσο, σημειώνεται πως τα διαθέσιμα στοιχεία αφορούν στην επεξεργασία αποβλήτων φλοιού πατάτας, ενώ τα δεδομένα καταγραφής αναφέρονται στα συνολικά απόβλητα βιολογικής προέλευσης από την επεξεργασία πατάτας. Δηλαδή, δε διατίθενται στοιχεία μεγαλύτερης ανάλυσης ως προς τη σύνθεση των αποβλήτων επεξεργασίας, με αποτέλεσμα στις καταγεγραμμένες ποσότητες να περιλαμβάνονται, πιθανόν, και απόβλητα πολτού πατάτας, ακατάλληλες προς επεξεργασία πατάτες κλπ. Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης, θεωρήθηκε ότι η απόκλιση αυτή δε θα επηρεάσει τα

αποτελέσματα, καθώς τα βασικά χαρακτηριστικά των επιμέρους συστατικών του εν λόγω ρεύματος είναι κοινά.

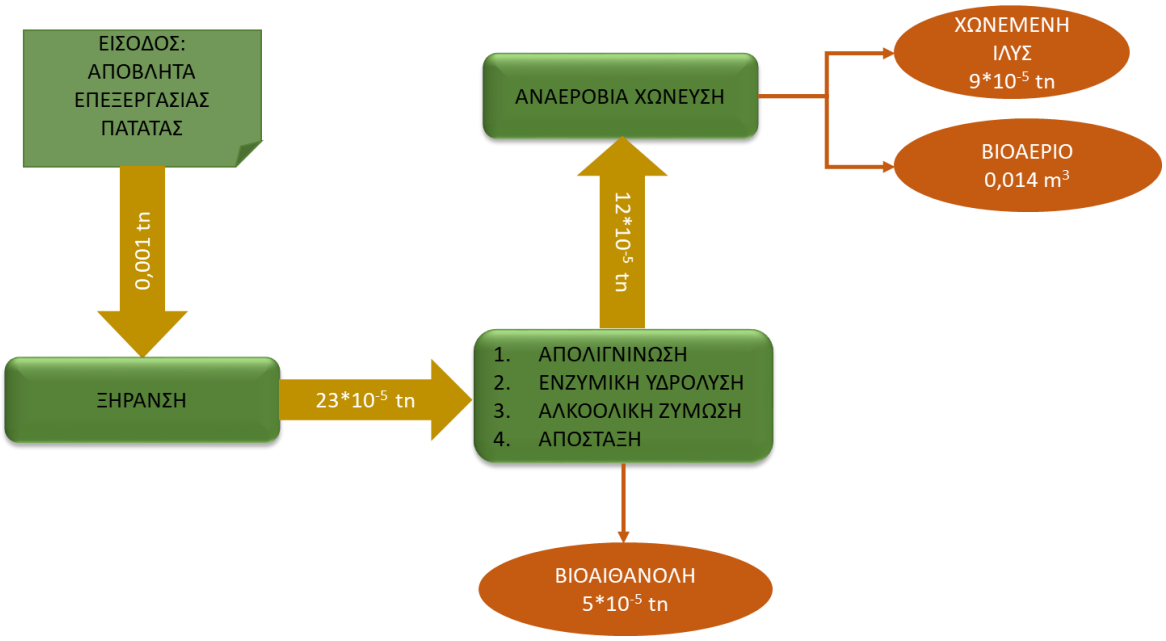


Εικόνα 19 Πειραματικό ισοζύγιο μάζας βιοδιύλισης αποβλήτων επεξεργασίας πατάτας

Από την επεξεργασία των αποβλήτων επεξεργασίας πατάτας της ΠΚΜ, η διαθέσιμη ποσότητα των οποίων ανέρχεται σε 0,001 tn ετησίως, παράγονται:

- $5*10^{-5}$ tn ή αλλιώς 0,05 kg βιοαιθανόλης
- 0.014 m^3 βιοαερίου
- $9*10^{-5}$ tn ή αλλιώς 0,09 kg χωνεμένης ιλύος

Όπως είναι αναμενόμενο, λόγω της ιδιαίτερα μικρής διαθέσιμης ποσότητας αποβλήτων επεξεργασίας πατάτας προς βιοδιύλιση, οι ποσότητες των δευτερογενών προϊόντων που προκύπτουν είναι, επίσης, πολύ μικρές. Το ισοζύγιο μάζας για την επεξεργασία του εν λόγω ρεύματος για την ΠΚΜ στο προτεινόμενο βιοδιυλιστήριο παρουσιάζεται στην ακόλουθη εικόνα.

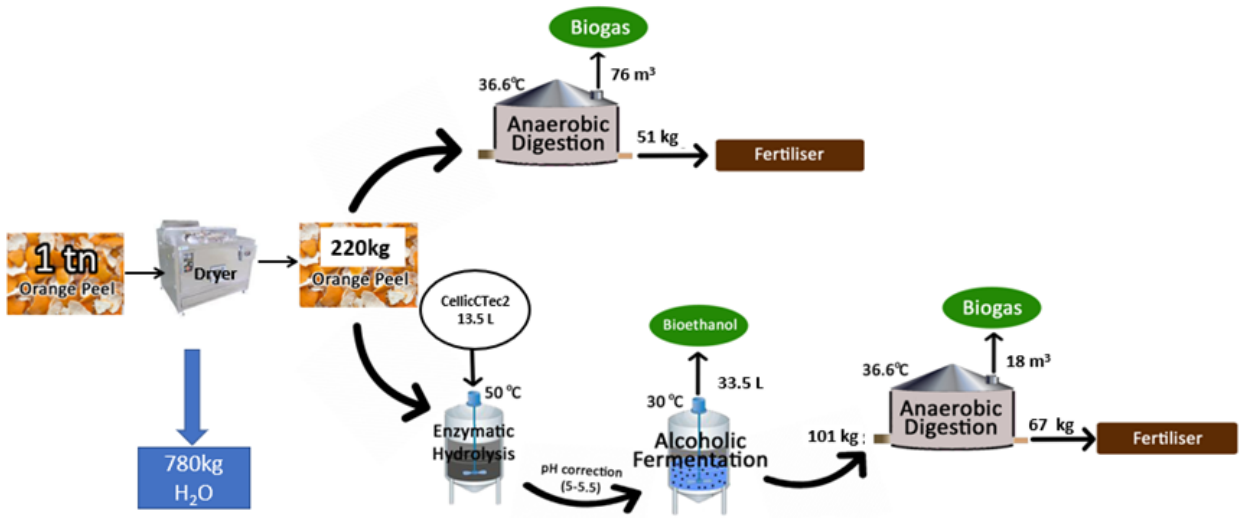


Εικόνα 20 Ισοζύγιο μάζας για την επεξεργασία αποβλήτων επεξεργασίας πατάτας στο βιοδιυλιστήριο της ΠΚΜ

4.4.6 Απόβλητα παραγωγής χυμών φρούτων

Τα απόβλητα που προκύπτουν από την παραγωγή χυμών φρούτων αρχικά ξηραίνονται και στη συνέχεια περνούν απευθείας στη μονάδα παραγωγής βιοαιθανόλης, χωρίς προηγούμενη επεξεργασία. Κατόπιν, οδηγούνται προς τη μονάδα αναερόβιας χώνευσης. Η διαδρομή που ακολουθούν και το πειραματικό ισοζύγιο μάζας παρουσιάζονται στην εικόνα.

Στην περίπτωση των αποβλήτων φρούτων, τα πειράματα εξέτασαν ως υπόστρωμα τους φλοιούς πορτοκαλιού. Από την άλλη μεριά, η καταγραφή που πραγματοποιήθηκε εντόπισε τα παραγόμενα απόβλητα από το σύνολο των βιομηχανιών παραγωγής χυμών φρούτων και λαχανικών, με αποτέλεσμα στο προς βιοδιύλιση υπόστρωμα να περιλαμβάνονται, πιθανόν, τόσο και άλλα φρούτα ή λαχανικά, εκτός των πορτοκαλιών, καθώς και λοιπά απόβλητα επεξεργασίας, εκτός των φλοιών, όπως πούλπα, φρούτα ακατάλληλα προς επεξεργασία κλπ. Ελλείψει, ωστόσο, άλλων δεδομένων και θεωρώντας ότι η γενική σύσταση δε διαφοροποιείται σημαντικά, προχωρήσαμε στον υπολογισμό των δευτερογενών προϊόντων από τα απόβλητα της ΠΚΜ, χρησιμοποιώντας το διαθέσιμο ισοζύγιο μάζας.

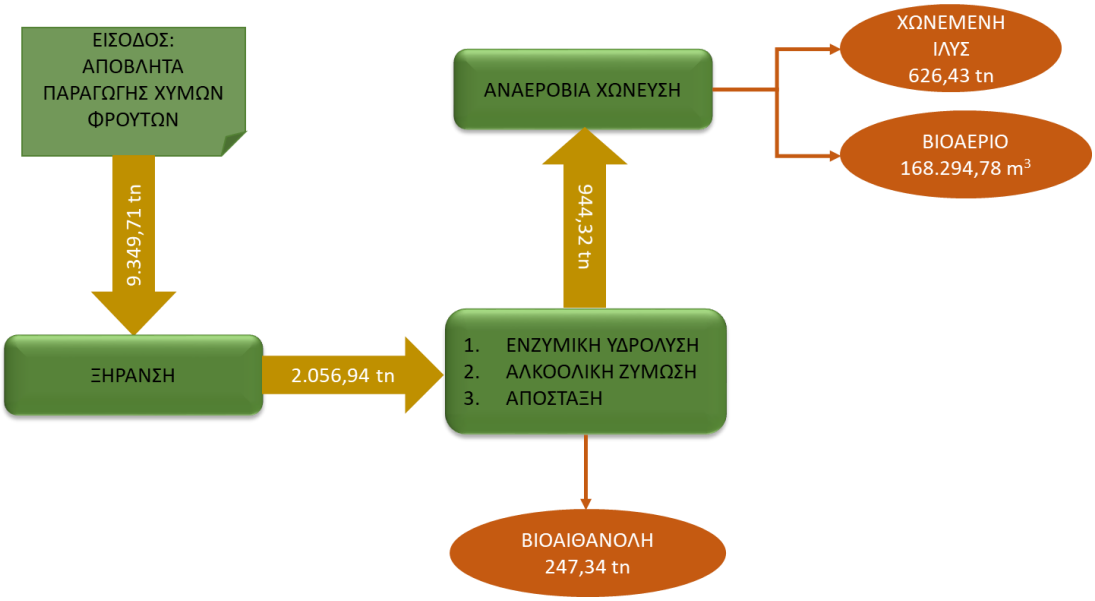


Εικόνα 21 Πειραματικό ισοζύγιο μάζας βιοδιύλισης αποβλήτων παραγωγής χυμών φρούτων

Από την επεξεργασία των αποβλήτων χυμών φρούτων της ΠΚΜ, η διαθέσιμη ποσότητα των οποίων ανέρχεται σε 9.349,71 tn ετησίως, παράγονται:

- 247,34 tn βιοαιθανόλης
- 168.294,78 m^3 βιοαερίου
- 626,43 tn χωνεμένης ιλύος

Το ισοζύγιο μάζας για την επεξεργασία του ρεύματος αυτού για την ΠΚΜ στο προτεινόμενο βιοδιυλιστήριο παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 22 Ισοζύγιο μάζας της επεξεργασίας αποβλήτων από την παραγωγή χυμών φρούτων στο βιοδιυλιστήριο της ΠΚΜ

4.4.7 Συνολικά αποτελέσματα

Βάσει των ισοζυγίων μάζας που προέκυψαν, στο προτεινόμενο βιοδιυλιστήριο υπολειμματικής βιομάζας της ΠΚΜ παράγονται οι παρακάτω ποσότητες δευτερογενών προϊόντων ανά ρεύμα αποβλήτων, αλλά και συνολικά:

ΡΕΥΜΑ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΛΑΔΙ (tn)	ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ (tn)	ΒΙΟΑΕΡΙΟ (m^3)	ΧΩΝΕΜΕΝΗ ΙΛΥΣ (tn)
Απόβλητα τροφίμων	1.984,72	4.521,17	1.858.277,50	1.532,60
Απόβλητα καφέ	49,12	8,55	20.812,75	123,21
Απόβλητα αρτοποιείων	-	173.78	-	-
Απόβλητα επεξεργασίας πατάτας	-	$5*10^{-5}$	0.014	$9*10^{-5}$
Απόβλητα ζυθοποιίας	2.188,15	1.958,30	5.668.337,92	18.422,10
Απόβλητα παραγωγής χυμών φρούτων	-	247,34	168.294,78	626,43
Σύνολο	4.221,99	6.909,14	7.715.722,96	20.704,34

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας διερευνήθηκε η δυνατότητα ανάπτυξης μίας μονάδας βιοδιυλιστηρίου βιομάζας για την επεξεργασία των διαθέσιμων ποσοτήτων αποβλήτων βιομάζας σε μία περιφέρεια της Ελλάδας και, ειδικότερα, στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας. Η υπόθεση εργασίας στηρίχθηκε στις βασικές εξελίξεις των τελευταίων ετών, οι οποίες καθορίζουν μία ευρεία γκάμα χάραξης πολιτικών, σε διεθνές επίπεδο, από τα συστήματα διαχείρισης αποβλήτων, μέχρι την αναδιοργάνωση της οικονομίας και τον αναπροσδιορισμό των αναπτυξιακών στρατηγικών. Ειδικότερα, η ανάγκη μετάβασης σε μία Κυκλική Οικονομία, όπου η έννοια των αποβλήτων εξαλείφεται, και εγκαθίδρυσης μίας βιώσιμης Βιοοικονομίας, όπου η βιομάζα και τα βιοπροϊόντα συντελούν στην αντιμετώπιση καίριων πλανητικών προκλήσεων, έχουν θέσει στο επίκεντρο της έρευνας την ανάπτυξη τεχνολογιών για τη βέλτιστη δυνατή διαχείριση της υπολειμματικής βιομάζας, μεταξύ των οποίων συγκαταλέγεται και η βιοδιύλιση. Μέσα, λοιπόν, από τη διερεύνηση της επιλεγμένης μορφής βιοδιυλιστηρίου της ΠΚΜ (βιοδιυλιστήριο CIRCforBIO), προσεγγίστηκαν τα παρακάτω ζητήματα:

- Η καταγραφή των διαθέσιμων ποσοτήτων συγκεκριμένων ρευμάτων ενδιαφέροντος υπολειμματικής βιομάζας στην ΠΚΜ, δηλαδή, ρευμάτων που έχουν αξιολογηθεί ως ικανά υποστρώματα βιοδιύλισης, καθώς και ο υπολογισμός των ποσοτήτων δευτερογενών βιοπροϊόντων που δύναται να παραχθούν, μέσω της ανάπτυξης της προτεινόμενης μονάδας.
- Η καταρχήν ποιοτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, βάσει των Ευρωπαϊκών και, κυρίως, των Εθνικών επιδιώξεων στα θέματα διαχείρισης αποβλήτων, αντιμετώπισης των περιβαλλοντικών προκλήσεων και επίτευξης αειφόρας, δίκαιης και χωρίς αποκλεισμούς ανάπτυξης.
- Ο προσδιορισμός των βασικών προκλήσεων που αντιμετωπίστηκαν και οι οποίες αντικατοπτρίζουν πεδία παρέμβασης, για την αποτελεσματικότερη διαχείριση αποβλήτων και πόρων και την επιτυχή ανάπτυξη νέων τεχνολογιών, ικανών να ενταχθούν στην αγορά με όρους βιωσιμότητας και ανταγωνιστικότητας.

<u>Δυναμικότητα και παραγόμενα προϊόντα βιοδιυλιστηρίου της ΠΚΜ</u>

Λαμβάνοντας υπόψη τα ρεύματα υπολειμματικής βιομάζας που αποτελούν πρώτες ύλες για τη λειτουργία του προτεινόμενου βιοδιυλιστηρίου, η επιλογή της ΠΚΜ ως μελέτη περίπτωσης κρίνεται κατάλληλη, με κριτήριο τόσο καθαυτή τη διαθεσιμότητα των ρευμάτων, όσο και τη μαζικότητά τους. Ειδικότερα, οι πρώτες ύλες που αποτελούν υπόστρωμα επεξεργασίας του βιοδιυλιστηρίου είναι τόσο

αστικής όσο και βιομηχανικής προέλευσης, ενώ, για τη βιωσιμότητά του, η κατά το δυνατόν μαζικότερη διαθεσιμότητα των υποστρωμάτων κρίνεται τουλάχιστον επιθυμητή. Στο πλαίσιο αυτό, η ΠΚΜ αφενός δύναται να παρέχει μεγάλες ποσότητες υπολειμματικής βιομάζας, αφού, ενδεικτικά, είναι δεύτερη σε παραγωγή ΑΣΑ και, συνεπώς, βιοαποβλήτων σε επίπεδο χώρας, και αφετέρου δύναται να παρέχει τα επιθυμητά ρεύματα βιομηχανικής προέλευσης, χάρη στη δραστηριοποίησή της στο δευτερογενή τομέα παραγωγής και, μάλιστα, στους εξεταζόμενους τύπους βιομηχανιών-βιοτεχνιών.

Από την καταγραφή των διαθέσιμων ποσοτήτων υπολειμματικής βιομάζας, προέκυψαν οι παρακάτω ετήσιες δυναμικότητες για το βιοδιυλιστήριο, συνολικά και ανά ρεύμα:

Πίνακας 12 Δυναμικότητα προτεινόμενου βιοδιυλιστηρίου στην ΠΚΜ

ΡΕΥΜΑ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	ΔΥΝΟΜΙΚΟΤΗΤΑ ΓΡΑΜΜΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ (tn/έτος)
Απόβλητα τροφίμων	38.315,00
Απόβλητα καφέ	832,51
Απόβλητα αρτοποιείων	773,27
Απόβλητα επεξεργασίας πατάτας	0,001
Απόβλητα ζυθοποιίας	177.135,56
Απόβλητα παραγωγής χυμών φρούτων	9.349,71
Σύνολο	226.406.051

Από τα πειραματικά ισοζύγια μάζας και δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν, υπολογίστηκαν οι κάτωθι παραγόμενες ποσότητες δευτερογενών προϊόντων, ανά έτος:

Πίνακας 13 Συνολικά παραγόμενες ποσότητες δευτερογενών προϊόντων από το προτεινόμενο βιοδιυλιστήριο

ΡΕΥΜΑ ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΟΥΣ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ
Χρησιμοποιημένο λάδι (tn/έτος)	4.221,99
Βιοαιθανόλη (tn/έτος)	6.909,14
Βιοαέριο (m^3/έτος)	7.715.722,96
Χωνεμένη ιλύς (tn/έτος)	20.704,34

Βάσει των παραπάνω, η ανάπτυξη μίας μονάδας βιοδιύλισης στην ΠΚΜ ΄μπορεί να συντελέσει στην υψηλών προδιαγραφών αξιοποίηση ενός σημαντικού διαθέσιμου δυναμικού υπολειμματικής βιομάζας, αποφέροντας μία ευρεία γκάμα εμπορεύσιμων δευτερογενών προϊόντων, δηλαδή, χρησιμοποιημένου λαδιού, για την παραγωγή βιοντίζελ, βιοαιθανόλης, βιοαερίου και χωνεμένης

ιλύος, και, μάλιστα σε ικανές ποσότητες. Η σημασία της παραγωγής των εν λόγω προϊόντων έγκειται στα παρακάτω χαρακτηριστικά τους:

- ✓ Το βιοντίζελ, η βιοαιθανόλη και το βιοαέριο αναγνωρίζονται ως βιοκαύσιμα καλής ποιότητας, φιλικά προς το περιβάλλον, ανανεώσιμου χαρακτήρα και ικανά να περιορίσουν την εξάρτηση διαφόρων οικονομικών τομέων, όπως του τομέα των μεταφορών, από τα ορυκτά καύσιμα.
- ✓ Η βιοαιθανόλη και το βιοαέριο δύναται να υποστούν περαιτέρω επεξεργασία προς την παραγωγή υψηλής αξίας προϊόντων, όπως χημικά-πλατφόρμες και βιοπλαστικά, αποσυνδέοντας την οικονομική ανάπτυξη από την εκμετάλλευση ορυκτών πρώτων υλών.
- ✓ Η χωνεμένη ιλύς συντελεί στην ανακυκλοφορία θρεπτικών συστατικών, τη μείωση των εκπομπών CO2, καθώς και τον περιορισμό χρήσης χημικών λιπασμάτων.

Το γεγονός ότι τα ως άνω προϊόντα παράγονται από υπολειμματική βιομάζα και όχι βιομάζα καλλιεργημένη αποκλειστικά για το σκοπό αυτό συντελεί σημαντικά στη δυνητικά υψηλότερη προστιθέμενη αξία τους και το χαμηλότερο περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα.

<u>Αξιολόγηση της προτεινόμενης μεθόδου διαχείρισης με κριτήριο την υφιστάμενη κατάσταση διαχείρισης και το πλαίσιο πολιτικής σε Εθνικό και Ευρωπαϊκό επίπεδο</u>

Η Ελλάδα διαχρονικά αντιμετωπίζει δυσκολίες στην εφαρμογή και συντήρηση ολοκληρωμένων και αποδοτικών συστημάτων διαχείρισης των αποβλήτων της. Παρότι ως κράτος μέλος της ΕΕ δεσμεύεται στην επίτευξη των θεσμοθετημένων στόχων διαχείρισης αποβλήτων αλλά και στην ευρύτερη συμμόρφωση με τις προωθούμενες περιβαλλοντικές, ενεργειακές και αναπτυξιακές πολιτικές, δεν έχει καταφέρει να αναπτύξει τα απαραίτητα δίκτυα υποδομών και να προωθήσει αποτελεσματικά δράσεις στην κατεύθυνση επαρκούς εκτροπής, επεξεργασίας και ανάκτησης των ανακυκλώσιμων ρευμάτων αποβλήτων και, πολύ περισσότερο, στην κατεύθυνση υιοθέτησης κυκλικών πρακτικών. Βασικά στοιχεία που συνηγορούν στην εικόνα αυτή είναι, μεταξύ άλλων, τα ιδιαίτερα υψηλά ποσοστά ταφής και η συνεχής παράταση των προθεσμιών, για την επίτευξη των ποσοτικών στόχων διαχείρισης και ανάκτησης αποβλήτων. Μάλιστα, αναφορικά με την υπολειμματική βιομάζα, είναι μία από τις χώρες της ΕΕ με τις υψηλότερα παραγόμενες ποσότητες, ενώ η εκτροπή του ρεύματος κινείται σε πολύ χαμηλά επίπεδα, με βασικές πρακτικές τη σίτιση ζώων, τις ιδιωτικές μονάδες επεξεργασίας και, κατά περιπτώσεις, την οικιακή κομποστοποίηση, την ίδια στιγμή που λοιπά κράτη μέλη έχουν να επιδείξουν σημαντικές εξελίξεις στον τομέα διαχείρισης και επεξεργασίας βιομάζας, μέσω της υιοθέτησης τουλάχιστον των πλέον διαδεδομένων μεθόδων, δηλαδή, της κομποστοποίησης και της αναερόβιας επεξεργασίας.

Πέραν της υφιστάμενης κατάστασης, η εποχή που διανύουμε καλεί σε ριζικές αλλαγές, κάτι που αντικατοπτρίζεται στην Ευρωπαϊκές και, συνεπώς, στις Εθνικές πολιτικές. Ο στόχος επίτευξης της κλιματικής ουδετερότητας, αλλά και ανθεκτικών και ανταγωνιστικών οικονομιών, βάσει των αρχών και της Κυκλικής Οικονομίας, στην κατεύθυνση της βιώσιμης, δίκαιης και χωρίς αποκλεισμούς ανάπτυξης, φέρνει στο προσκήνιο έννοιες, όπως η αποδοτικότητα πόρων, το κλείσιμο των κύκλων των βιολογικών και τεχνολογικών υλικών, η προώθηση της Βιοοικονομίας και η μετάβαση στις ΑΠΕ. Η αξιοποίηση των παραπροϊόντων και των αποβλήτων των παραγωγικών διαδικασιών, αλλά και της κατανάλωσης προϊόντων διαδραματίζει βασικό ρόλο στην επίτευξη των ανωτέρω. Η Ελλάδα φιλοδοξώντας να βρίσκεται στο προσκήνιο των εξελίξεων έχει καταρτίσει μία σειρά από σχετικές πολιτικές (Εθνική Στρατηγική για την Κυκλική Οικονομία, Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα), οι οποίες, ωστόσο, για να υλοποιηθούν απαιτούν αλματώδη πρόοδο, ιδίως στον τομέα των επενδύσεων, της έρευνας και της καινοτομίας. Από την άλλη μεριά, φαίνεται, κατά περιπτώσεις, να παραμένει σε παραδοσιακές τεχνικές και μεθόδους, οι οποίες στο επόμενο διάστημα δε θα επαρκούν, για το επιδιωκόμενο μοντέλο ανάπτυξης. Ειδικότερα, το νέο ΕΣΔΑ, αναφορικά με τη διαχείριση υπολειμματικής βιομάζας και βιοαποβλήτων, προτείνει μία σειρά από ΜΕΒΑ στην ηπειρωτική και νησιωτική χώρα, από όπου και αναμένεται να παράγονται υψηλής ποιότητας εδαφοβελτιωτικό και βιοαέριο. Ωστόσο, με την υιοθέτηση της βιολογικής επεξεργασίας (αερόβιας ή αναερόβιας), αφενός παραμένουν αναξιοποίητες ιδιότητες της βιομάζας που δύνανται να οδηγήσουν σε υψηλότερης αξίας προϊόντα και αφετέρου δε συντελείται η επιθυμητή μετάβαση σε μία κυκλική βιοοικονομία, όπου παράγονται προϊόντα βιολογικής προέλευσης ικανά να αντικαταστήσουν τα αντίστοιχα προερχόμενα από ορυκτές πρώτες ύλες προϊόντα.

Η ανάπτυξη της προτεινόμενης μονάδας βιοδιυλιστηρίου μπορεί να λειτουργήσει προωθητικά στους τομείς του περιβάλλοντος, της οικονομίας και της κοινωνίας, δίνοντας απαντήσεις στις προαναφερθείσες προκλήσεις, ενώ η σημασία της αναδεικνύεται ακόμα περισσότερο, όταν εξεταστεί μέσα από το πρίσμα των αναγκών της περιοχής μελέτης. Αρχικά, μπορεί να δώσει το έναυσμα και να αποτελέσει το εργαλείο για μία ολοκληρωμένη και υψηλής ποιότητας διαχείριση αποβλήτων στην ΠΚΜ, η οποία, ακολουθώντας τη γενικότερη εικόνα της χώρας, διαθέτει προς ταφή το 82% των συνολικά παραγόμενων ΑΣΑ, ανακτά με προδιαλογή μόλις το 9% των παραγόμενων βιοαποβλήτων, με την ανάπτυξη του δικτύου διαχείρισης του εν λόγω ρεύματος να βρίσκεται εκτός προγραμματισμού, ενώ διαθέτει και μεγάλες ιστορικά αποθηκευμένες ποσότητες αποβλήτων βιομηχανικής προέλευσης. Η ανάπτυξη του βιοδιυλιστηρίου θα σημάνει την ανάπτυξη ενός οργανωμένου συστήματος συλλογής της υπολειμματικής βιομάζας, αστικής και βιομηχανικής

προέλευσης, και την επεξεργασία αυτής προς την παραγωγή μίας ποικιλίας δευτερογενών προϊόντων. Μάλιστα, το προτεινόμενο σχήμα δεν έρχεται να αναιρέσει τα προβλεπόμενα από το ΠΕΣΔΑ και το νέο ΕΣΔΑ περί διαχείρισης των βιοαποβλήτων, σχετικά με τις προς υλοποίηση ΜΕΒΑ, αλλά να προσθέσει ανάντη της βιολογικής επεξεργασίας, μία σειρά από διεργασίες που θα οδηγήσουν σε βελτιστοποιημένη αξιοποίηση της διαθέσιμης βιομάζας. Μέσα από την εφαρμογή της προτεινόμενης τεχνολογίας, τα απόβλητα μετατρέπονται σε πρώτη ύλη με στόχο την παραγωγή βιοκαυσίμων, για την ενίσχυση των προσπαθειών μετάβασης στις ΑΠΕ, και την ανακύκλωση θρεπτικών συστατικών, μέσω της χρήσης του παραγόμενου εδαφοβελτιωτικού.

Επιπλέον, όπως έχει αναφερθεί, η ΠΚΜ είναι μία περιφέρεια με αναπτυξιακές προοπτικές οι οποίες είτε έχουν μείνει ανεκμετάλλευτες είτε έχουν υπερεκτιμηθεί. Ταυτόχρονα, η χρηματοπιστωτική κρίση έπληξε την οικονομία της συρρικνώνοντας τον δευτερογενή τομέα, ο οποίος, ωστόσο, έχει ακόμα σημαντική παρουσία συγκριτικά με άλλες περιοχές της χώρας, και αυξάνοντας τα ποσοστά ανεργίας. Η υλοποίηση του προτεινόμενου μοντέλου διαχείρισης υπολειμματικής βιομάζας δύναται να επιδράσει θετικά στην κατεύθυνση αντιμετώπισης των ζητημάτων αυτών. Ειδικότερα, η ανάπτυξη ενός βιοδιυλιστηρίου συνδέεται είτε άμεσα είτε έμμεσα με τη δημιουργία θέσεων εργασίας, τόσο για τη λειτουργία του ίδιου όσο και μέσω της ανάπτυξης νέων επιχειρήσεων στις αλυσίδες αξίας που δημιουργεί. Εξάλλου, αν μία τέτοια δράση σχεδιαστεί και αξιοποιηθεί κατάλληλα, μπορεί να συνδεθεί με τον τομέα της έρευνας, της καινοτομίας και της ανάπτυξης νέων τεχνολογιών, βελτιώνοντας και την ίδια την ποιότητα των δημιουργούμενων θέσεων εργασίας. Επιπλέον, αποτελεί ένα απτό παράδειγμα εφαρμογής Κυκλικής Οικονομίας και δη βιομηχανικής συμβίωσης, ανακουφίζοντας τις μελετώμενες βιομηχανίες από το βάρος διαχείρισης των αποβλήτων τους και του αντίστοιχου κόστους και δημιουργώντας αξία και νέα προϊόντα από τα απόβλητα αυτά. Σε μία περιοχή με ιστορία στον δευτερογενή τομέα, η ανάδειξη των δυνατοτήτων της βιομηχανικής συμβίωσης είναι καίριας σημασίας, καθώς μπορεί να λειτουργήσει προωθητικά για τη δημιουργία clusters των υφιστάμενων κλάδων, ενισχύοντας και την ανθεκτικότητα και ανταγωνιστικότητά τους, αλλά και να προσελκύσει νέες επιχειρήσεις σε ένα περιβάλλον φιλικότερο στην εύρεση πρώτων υλών και στην απορρόφηση παραπροϊόντων και αποβλήτων.

Συνολικά, ένα καλό παράδειγμα εφαρμογής της Κυκλικής Οικονομίας μπορεί να οδηγήσει στην εμπέδωσή της από την κοινωνία, στη δημιουργία εμπιστοσύνης απέναντι στις σχετικές πρακτικές και τα παραγόμενα προϊόντα και, τελικά, στην ταχύτερη μετάβαση σε αυτή.

Περιορισμοί και προτάσεις

Η μεγαλύτερη πρόκληση που αντιμετωπίστηκε κατά την εκπόνηση της παρούσας μελέτης αφορά στην καταγραφή των πραγματικά διαθέσιμων ποσοτήτων υπολειμματικής βιομάζας στην ΠΚΜ. Η καταγραφή αυτή είχε ως αντικείμενο τα παραγόμενα αστικά βιοαπόβλητα, με ανάγκες περαιτέρω ανάλυσης για την καταγραφή παραγόμενων βιοαποβλήτων από συγκεκριμένες εμπορικές δραστηριότητες, και υπολείμματα βιομάζας από επιλεγμένα είδη βιοτεχνιών-βιομηχανιών. Κατά την εφαρμογή των βημάτων καταγραφής, όπως παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 3, καθώς και κατόπιν της πρόσβασης στα διαθέσιμα στοιχεία και επεξεργασίας αυτών, εντοπίστηκαν τα εξής ζητήματα:

1. Έλλειψη πρωτογενών δεδομένων ή απουσία καταγραφής αυτών σε ενιαίες και επίσημες βάσεις δεδομένων: Τα μόνα ρεύματα αποβλήτων για τα οποία εντοπίστηκαν πραγματικά καταγεγραμμένες παραγόμενες ποσότητες ήταν το ρεύμα των ΑΣΑ, με βασική πηγή το νέο ΕΣΔΑ, και τα ρεύματα των βιομηχανικών-βιοτεχνικών αποβλήτων, τα οποία δηλώνονται από τις αντίστοιχες επιχειρήσεις στο ΗΜΑ. Τα υπόλοιπα ρεύματα προσδιορίστηκαν είτε βιβλιογραφικά είτε μέσω επίσημων συντελεστών αναλογίας, όπως στην περίπτωση των βιοαποβλήτων. Ωστόσο, ο υπολογισμός των βιοαποβλήτων και δη των επιμέρους ρευμάτων που τα συνιστούν, δηλαδή, των αποβλήτων τροφίμων και των βιοαποβλήτων από εμπορικές δραστηριότητες, βασίστηκε σε συντελεστές ποσοστιαίας συμμετοχής στο σύνολο των ΑΣΑ οι οποίοι είχαν δημοσιευθεί το 2012 και έκτοτε δεν έχουν επικαιροποιηθεί.
2. Υψηλού βαθμού δυσκολία πρόσβασης στις διαθέσιμες βάσεις δεδομένων και σε σχετικές μελέτες, που διατίθενται είτε από αρμόδιους φορείς είτε από ιδιωτικές εταιρείες: Κατά τη διάρκεια εκπόνησης της απαιτούμενης έρευνας εστάλη πλήθος emails, επιχειρήθηκαν τηλεφωνικές επικοινωνίες και πραγματοποιήθηκαν τα απαραίτητα επίσημα αιτήματα για την πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων, που διατίθενται από τις αρμόδιους φορείς ή τις ίδιες τις μελετώμενες επιχειρήσεις. Ωστόσο, στην πλειοψηφία των περιπτώσεων είτε δε δόθηκε καμία απάντηση είτε παραχωρήθηκαν αδρά δεδομένα, τα οποία απείχαν άρδην από αυτά που είχαν ζητηθεί.
3. Κατά περιπτώσεις, αμφίβολη εγκυρότητα βάσεων δεδομένων και τήρηση ενιαίων προτύπων καταγραφής: Η παρατήρηση αυτή αφορά τόσο στις καταγεγραμμένες επιχειρήσεις ανά μελετώμενο κλάδο όσο και στα υπό μελέτη ρεύματα υπολειμματικής βιομάζας. Ενδεικτικά, στην περίπτωση των βιομηχανιών-βιοτεχνιών ενδιαφέροντος, οι επιχειρήσεις που δήλωσαν παραγόμενες ποσότητες στο ΗΜΑ ήταν πολύ λιγότερες στον αριθμό (μονοψήφιος έναντι διψήφιου) συγκριτικά με αυτές που εντοπίστηκαν στη βάση δεδομένων η οποία αναφέρεται

στο Κεφάλαιο 3, ενώ τα νούμερα δεν ταυτίζονταν ούτε με κλαδικές μελέτες, στις οποίες μας επιτράπηκε πρόσβαση. Όσον αφορά στις καταγεγραμμένες ποσότητες βιομηχανικών αποβλήτων, ενδεικτικά για την περίπτωση των αποβλήτων παραγωγής χυμών φρούτων και βάσει των ΑΕΠΟ που μελετήθηκαν για τον προσδιορισμό των ΕΚΑ ενδιαφέροντος, παρατηρήθηκε κατανομή του ίδιου υπό-ρεύματος αποβλήτων παραγωγικής διαδικασίας (π.χ. φλοιός φρούτων) σε διαφορετικούς ΕΚΑ.

4. Ελάχιστα δεδομένα στον απαιτούμενο βαθμό ανάλυσης: Αρχική επιδίωξη της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η καταγραφή δεδομένων σε επίπεδο Δήμου, κάτι το οποίο δεν επετεύχθη, λόγω έλλειψης αντίστοιχων δεδομένων. Ειδικότερα, πρώτο βήμα εκπόνησης της εργασίας ήταν η μελέτη των Τοπικών Σχεδίων Διαχείρισης Αποβλήτων (ΤΣΔΑ) των Δήμων της ΠΚΜ, μέχρις ότου να γίνει αντιληπτή η απουσία των απαιτούμενων στοιχείων, ενώ δεν εντοπίστηκαν και τα ΤΣΔΑ του συνόλου των Δήμων της Περιφέρειας. Επίσης, σε καμία άλλη επίσημη βάση δεδομένων ή σε επίσημο έγγραφο δεν βρέθηκε καταγραφή σε επίπεδο Δήμου (βλ. ΗΜΑ). Τέλος, όπως έχει σχολιαστεί και στην ενότητα 4.3.2, οι κωδικοί NACE για τις υπόχρεες επιχειρήσεις είναι της μορφής AA.BB, με αποτέλεσμα να μην είναι εφικτή περαιτέρω ανάλυση των πηγών προέλευσης των καταγεγραμμένων αποβλήτων και, άρα, της σύστασής τους (π.χ. τα απόβλητα παραγωγής χυμών λαχανικών συγκαταλέγονται στην ίδια κατηγορία με τα απόβλητα παραγωγής χυμών φρούτων).

Τα βιοδιυλιστήρια επεξεργασίας υπολειμμάτων και αποβλήτων βιομάζας είναι μία πολύ πρόσφατη εξέλιξη στα πεδία Κυκλικής Οικονομίας και διαχείρισης στερεών αποβλήτων, με αποτέλεσμα η ένταση των προσπαθειών στον τομέα της έρευνας, της καινοτομίας και της βελτιστοποίησης των τεχνικών και λειτουργικών τους χαρακτηριστικών να είναι μονόδρομος, τόσο για την επιτυχή τους ένταξη στην αγορά και τη βιωσιμότητά τους, όσο και για το πραγματικό περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα. Στη βάση αυτή, η διαθεσιμότητα στοιχείων, η προσβασιμότητα σε αυτά και η υψηλή ποιότητα των δεδομένων έχουν καίρια σημασία για την εκπόνηση των απαραίτητων μελετών και τη διασφάλιση της αξιοπιστίας τους. Άλλωστε, η διαθεσιμότητα της προς επεξεργασίας υπολειμματικής βιομάζας, η σύσταση των υποστρωμάτων, αλλά και πιο προωθημένες μεταβλητές, όπως η μελέτη της εποχικότητας των διαθέσιμων ποσοτήτων, συνιστούν κρίσιμους παράγοντες για την αποδοτικότητα και τη βιωσιμότητα των μονάδων βιοδιύλισης, επομένως θα πρέπει να δύναται ο προσδιορισμός αυτών με ακρίβεια, κατά το σχεδιασμό των μονάδων αυτών.

Βάσει των ανωτέρω, στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, προτείνεται:

- Εκπόνηση επιπλέον μελετών με αντικείμενο:
  - ✓ την καταγραφή των πραγματικά διαθέσιμων ποσοτήτων ρευμάτων υπολειμματικής βιομάζας ικανών να αξιοποιηθούν στο πλαίσιο ενός βιοδιυλιστηρίου, σε επίπεδο χώρας,
  - ✓ τη δημιουργία βάσεων δεδομένων με τις κατάλληλες παραμέτρους και το επιθυμητό επίπεδο ανάλυσης, για τη διερεύνηση της αποδοτικότητας και βιωσιμότητας ενός βιοδιυλιστηρίου,
  - ✓ την κατάρτιση ενιαίων προτύπων καταγραφής οντοτήτων παραγωγής αποβλήτων και χαρακτηρισμού και καταγραφής των ρευμάτων αποβλήτων ενδιαφέροντος.
- Διάχυση των αποτελεσμάτων των μελετών και των ερευνητικών προγραμμάτων και διαβούλευση με τα ενδιαφερόμενα μέρη, με στόχο την εμπλοκή τους στις επιδιωκόμενες εξελίξεις και τη συμμετοχή τους στις εν λόγω προσπάθειες, μέσω της ανάπτυξης κατάλληλων συστημάτων καταγραφής και παρακολούθησης των παραμέτρων ενδιαφέροντος, καθώς και διευκόλυνσης της πρόσβασης σε αυτά, τηρουμένης της κείμενης νομοθεσίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Aditiya, H.B., T.M.I. Mahlia, W.T. Chong, Hadi Nur, and A.H. Sebayang. 2016. "Second Generation Bioethanol Production: A Critical Review." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 66 (December): 631–53. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.07.015.

Alalwan, Hayder A., Alaa H. Alminshid, and Haydar A.S. Aljaafari. 2019. "Promising Evolution of Biofuel Generations. Subject Review." *Renewable Energy Focus* 28 (March): 127–39. https://doi.org/10.1016/j.ref.2018.12.006.

Alam, Md. Saiful, and Md. Sifat Tanveer. 2020. "Conversion of Biomass into Biofuel: A Cutting-Edge Technology." In *Bioreactors*, 55–74. Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821264-6.00005-X.

Ángel Siles López, José, Qiang Li, and Ian P. Thompson. 2010. "Biorefinery of Waste Orange Peel." *Critical Reviews in Biotechnology* 30 (1): 63–69. https://doi.org/10.3109/07388550903425201.

Arancon, Rick Arneil D., Carol Sze Ki Lin, King Ming Chan, Tsz Him Kwan, and Rafael Luque. 2013. "Advances on Waste Valorization: New Horizons for a More Sustainable Society." *Energy Science & Engineering* 1 (2): 53–71. https://doi.org/10.1002/ese3.9.

Atabani, A.E., Ala'a H. Al-Muhtaseb, Gopalakrishnan Kumar, Ganesh Dattatraya Saratale, Muhammad Aslam, Hassnain Abbas Khan, Zafar Said, and Eyas Mahmoud. 2019. "Valorization of Spent Coffee Grounds into Biofuels and Value-Added Products: Pathway towards Integrated Bio-Refinery." *Fuel* 254 (October): 115640. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.115640.

Atabani, A.E., A.S. Silitonga, Irfan Anjum Badruddin, T.M.I. Mahlia, H.H. Masjuki, and S. Mekhilef. 2012. "A Comprehensive Review on Biodiesel as an Alternative Energy Resource and Its Characteristics." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (4): 2070–93. https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.01.003.

Balat, M., and H. Balat. 2009. "Biogas as a Renewable Energy Source—A Review." *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects* 31 (14): 1280–93. https://doi.org/10.1080/15567030802089565.

Bedő, Soma, Margaréta Rozbach, Leonóra Nagy, Anikó Fehér, and Csaba Fehér. 2021. "Optimised Fractionation of Brewer's Spent Grain for a Biorefinery Producing Sugars, Oligosaccharides, and Bioethanol." *Processes* 9 (2): 366. https://doi.org/10.3390/pr9020366.

Beretta, Claudio, Franziska Stoessel, Urs Baier, and Stefanie Hellweg. 2013. "Quantifying Food Losses and the Potential for Reduction in Switzerland." *Waste Management* 33 (3): 764–73. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.11.007.

BIC. 2017. "Mapping European Biorefineries." 2017. https://knowledge4policy.ec.europa.eu/bioeconomy/topic/biomass_en.

Brancoli, Pedro, Magnus Lundin, Kim Bolton, and Mattias Eriksson. 2019. "Bread Loss Rates at the Supplier-Retailer Interface – Analysis of Risk Factors to Support Waste Prevention Measures." *Resources, Conservation and Recycling* 147 (August): 128–36. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.04.027.

Çalışkan Eleren, Sevil, Şeniz Öziş Altınçekiç, and Erdinç Altınçekiç. 2018. "Biofuel Potential of Fruit Juice Industry Waste." *Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste* 22 (4): 05018002. https://doi.org/10.1061/(ASCE)HZ.2153-5515.0000405.

Carmona-Cabello, Miguel, Isabel L. Garcia, David Leiva-Candia, and M. Pilar Dorado. 2018. "Valorization of Food Waste Based on Its Composition through the Concept of Biorefinery." *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry* 14 (December): 67–79. https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.06.011.

Cherubini, Francesco. 2010. "The Biorefinery Concept: Using Biomass Instead of Oil for Producing Energy and Chemicals." *Energy Conversion and Management* 51 (7): 1412–21. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.01.015.

Cherubini, Francesco, Gerfried Jungmeier, Maria Wellisch, Thomas Willke, Ioannis Skiadas, René Van Ree, and Ed de Jong. 2009. "Toward a Common Classification Approach for Biorefinery Systems." *Biofuels, Bioproducts and Biorefining* 3 (5): 534–46. https://doi.org/10.1002/bbb.172.

Clark, James, and Fabien Deswarte. 2015. "The Biorefinery Concept: An Integrated Approach." In *Introduction to Chemicals from Biomass*, edited by James Clark and Fabien Deswarte, 1st ed., 1–29. Wiley. https://doi.org/10.1002/9781118714478.ch1.

Dahiya, Shikha, A. Naresh Kumar, J. Shanthi Sravan, Sulogna Chatterjee, Omprakash Sarkar, and S. Venkata Mohan. 2018. "Food Waste Biorefinery: Sustainable Strategy for Circular Bioeconomy." *Bioresource Technology* 248 (January): 2–12. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.07.176.

Demirci, Ahmet, Ibrahim Palabiyik, and Tuncay Gumus. 2016. "Bread Wastage and Recycling of Waste Bread by Producing Biotechnological Products." *Journal of Biotechnology* 231 (August): S13. https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2016.05.071.

Ebrahimi, F, M Khanahmadi, S Roodpeyma, and M Taherzadeh. 2008. "Ethanol Production from Bread Residues." *Biomass and Bioenergy* 32 (4): 333–37. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2007.10.007.

EC. 2012. "Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe." *Industrial Biotechnology* 8 (2): 57–61. https://doi.org/10.1089/ind.2012.1508.

———. 2015. "Το Κλείσιμο Του Κύκλου – Ένα Σχέδιο Δράσης Της ΕΕ Για Την Κυκλική Οικονομία." Website. European Commission. 2015. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8a8ef5e8-99a0-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0002.02/DOC_1&format=PDF.

———. 2018. *A Sustainable Bioeconomy for Europe: Strengthening the Connection between Economy, Society and the Environment : Updated Bioeconomy Strategy*. LU: Publications Office of the European Union. https://data.europa.eu/doi/10.2777/792130.

———. 2020. "Ένα Νέο Σχέδιο Δράσης Για Την Κυκλική Οικονομία Για Μια Πιο Καθαρή Και Πιο Ανταγωνιστική Ευρώπη." Website. European Commission. 2020. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0019.02/DOC_1&format=PDF.

ΕΕ. 1999. "ΟΔΗΓΙΑ 1999/31/ΕΚ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ Της 26ης Απριλίου 1999 Περί Υγειονομικής Ταφής Των Αποβλήτων."

———. 2008. "ΟΔΗΓΙΑ 2008/98/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ Της 19ης Νοεμβρίου 2008 Για Τα Απόβλητα Και Την Κατάργηση Ορισμένων Οδηγιών."

———. 2018a. "Οδηγία (ΕΕ) 2018/ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 30ής Μαΐου 2018, για την τροποποίηση της οδηγίας 1999/31/ΕΚ περί υγειονομικής ταφής των αποβλήτων," 9.

———. 2018b. "Οδηγία (ΕΕ) 2018/ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 30ής Μαΐου 2018, για την τροποποίηση της οδηγίας 2008/98/ΕΚ για τα απόβλητα," 32.

EESC. 2017. "Πρόσφατες Εξελίξεις Της Κοινωνικής Οικονομίας Στην Ευρωπαϊκή Ένωση." 2017. https://www.eesc.europa.eu/sites/default/files/files/qe-04-17-876-el-n.pdf.

Ellen MacArthur Foundation. 2013. "Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition." Website. 2013. https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf.

———. 2019. "Circular Economy System Diagram." 2019. https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept/infographic.

Ellen MacArthur Foundation and McKinsey Center for Business and Environment. 2015. "GROWTH WITHIN: A CIRCULAR ECONOMY VISION FOR A COMPETITIVE EUROPE." 2015. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8a8ef5e8-99a0-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0002.02/DOC_1&format=PDF.

EPRS. 2018. "Circular Economy." 2018. http://www.europarl.europa.eu/thinktank/infographics/circulareconomy/public.

Esteban, Jesus, and Miguel Ladero. 2018. "Food Waste as a Source of Value-Added Chemicals and Materials: A Biorefinery Perspective." *International Journal of Food Science & Technology* 53 (5): 1095–1108. https://doi.org/10.1111/ijfs.13726.

European Commission. Joint Research Centre. 2020. *Biomass Flows in the European Union: EU Biomass Flows Tool, Version 2020.* LU: Publications Office. https://data.europa.eu/doi/10.2760/14342.

European Environment Agency. 2018. *The Circular Economy and the Bioeconomy :Partners in Sustainability.* LU: Publications Office. https://data.europa.eu/doi/10.2800/00956.

———. 2020. *Bio-Waste in Europe: Turning Challenges into Opportunities.* LU: Publications Office. https://data.europa.eu/doi/10.2800/630938.

Fava, Fabio, Grazia Totaro, Ludo Diels, Maria Reis, Jose Duarte, Osvaldo Beserra Carioca, Héctor M. Poggi-Varaldo, and Bruno Sommer Ferreira. 2015. "Biowaste Biorefinery in Europe: Opportunities and Research & Development Needs." *New Biotechnology* 32 (1): 100–108. https://doi.org/10.1016/j.nbt.2013.11.003.

Ferreira, Ana F. 2017. "Biorefinery Concept." In *Biorefineries*, edited by Miriam Rabaçal, Ana F. Ferreira, Carla A. M. Silva, and Mário Costa, 57:1–20. Lecture Notes in Energy. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-48288-0_1.

Fletcher, Ian Adrian. n.d. "AN EFFECTIVE APPROACH FOR THE MANAGEMENT OF WASTE COFFEE GROUNDS," 11.

Goryńska-Goldmann, Elżbieta, Michał Gazdecki, Krystyna Rejman, Joanna Kobus-Cisowska, Sylwia Łaba, and Robert Łaba. 2020. "How to Prevent Bread Losses in the Baking and Confectionery Industry?—Measurement, Causes, Management and Prevention." *Agriculture* 11 (1): 19. https://doi.org/10.3390/agriculture11010019.

Han, Wei, Wan Chi Lam, Mehmet Melikoglu, Man Tung Wong, Hoi Ting Leung, Chi Leung Ng, Ping Yan, Suet Yu Yeung, and Carol Sze Ki Lin. 2015. "Kinetic Analysis of a Crude Enzyme Extract Produced via Solid State Fermentation of Bakery Waste." *ACS Sustainable Chemistry & Engineering* 3 (9): 2043–48. https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.5b00323.

IEA Bioenergy. 2009. "Biorefineries: Adding Value to the Sustainable Utilisation of Biomass." 2009. https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2013/10/Task-42-Booklet.pdf.

InCommOn. n.d. "2. Kafsimo | InCommOn." Accessed August 28, 2021. https://incommon.gr/kafsimo/.

Jain, Archana, Surendra Sarsaiya, Mukesh Kumar Awasthi, Ranjan Singh, Rishabh Rajput, Umesh C. Mishra, Jishuang Chen, and Jingshan Shi. 2022. "Bioenergy and Bio-Products from Bio-Waste and Its Associated Modern Circular Economy: Current Research Trends, Challenges, and Future Outlooks." *Fuel* 307 (January): 121859. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.121859.

Karmee, Sanjib Kumar. 2018. "A Spent Coffee Grounds Based Biorefinery for the Production of Biofuels, Biopolymers, Antioxidants and Biocomposites." *Waste Management* 72 (February): 240–54. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.10.042.

Kavalopoulos, Michael, Vasileia Stoumpou, Andreas Christofi, Sofia Mai, Elli Maria Barampouti, Konstantinos Moustakas, Dimitris Malamis, and Maria Loizidou. 2021. "Sustainable Valorisation Pathways Mitigating Environmental Pollution from Brewers' Spent Grains." *Environmental Pollution* 270 (February): 116069. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116069.

Kawa-Rygielska, Joanna, Anna Czubaszek, and Witold Pietrzak. 2013a. "SOME ASPECTS OF BAKING INDUSTRY WASTES UTILIZATION IN BIOETHANOL PRODUCTION," 7.

———. 2013b. "SOME ASPECTS OF BAKING INDUSTRY WASTES UTILIZATION IN BIOETHANOL PRODUCTION," 7.

Kougias, Panagiotis G., and Irini Angelidaki. 2018. "Biogas and Its Opportunities—A Review." *Frontiers of Environmental Science & Engineering* 12 (3): 14. https://doi.org/10.1007/s11783-018-1037-8.

Lynch, Kieran M., Eric J. Steffen, and Elke K. Arendt. 2016. "Brewers' Spent Grain: A Review with an Emphasis on Food and Health: Brewers' Spent Grain: A Review with an Emphasis on Food and Health." *Journal of the Institute of Brewing* 122 (4): 553–68. https://doi.org/10.1002/jib.363.

Mata, Teresa M., António A. Martins, and Nídia S. Caetano. 2018. "Bio-Refinery Approach for Spent Coffee Grounds Valorization." *Bioresource Technology* 247 (January): 1077–84. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.09.106.

Mavropoulos, Antonis, and Anders Waage Nilsen. 2020. *Industry 4.0 and Circular Economy: Towards a Wasteless Future or a Wasteful Planet?* Wiley.

McCormick, Kes, and Niina Kautto. 2013. "The Bioeconomy in Europe: An Overview." *Sustainability* 5 (6): 2589–2608. https://doi.org/10.3390/su5062589.

Melikoglu, Mehmet, and Colin Webb. 2013. "Use of Waste Bread to Produce Fermentation Products." In *Food Industry Wastes*, 63–76. Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-391921-2.00004-4.

Narisetty, Vivek, Rylan Cox, Nicholas Willoughby, Emel Aktas, Brijesh Tiwari, Avtar Singh Matharu, Konstantinos Salonitis, and Vinod Kumar. 2021. "Recycling Bread Waste into Chemical Building Blocks Using a Circular Biorefining Approach." *Sustainable Energy & Fuels*, 10.1039.D1SE00575H. https://doi.org/10.1039/D1SE00575H.

Palmieri, Nadia, Ana Fernando, Alessandro Suardi, Valerio Bagnato, Roberto Pari, Walter Stefanoni, Francesco Latterini, Vincenzo Alfano, Simone Bergonzoli, and Sandu Lazar. 2021. *THE COFFEE GROUNDS: INSIGHTS BY COFFEE SHOPS*.

Pathak, Pranav D., Sachin A. Mandavgane, Nikhil Manoj Puranik, Swapnil Jaygopal Jambhulkar, and Bhaskar D. Kulkarni. 2018. "Valorization of Potato Peel: A Biorefinery Approach." *Critical Reviews in Biotechnology* 38 (2): 218–30. https://doi.org/10.1080/07388551.2017.1331337.

Piotrowski, Stephan, Michael Carus, and Dirk Carrez. 2016. "European Bioeconomy in Figures." *Industrial Biotechnology* 12 (2): 78–82. https://doi.org/10.1089/ind.2016.29030.spi.

Reyes, Celine, and Marilyn Cornelis. 2018. "Caffeine in the Diet: Country-Level Consumption and Guidelines." *Nutrients* 10 (11): 1772. https://doi.org/10.3390/nu10111772.

Rivas-Cantu, Raul C, Kim D Jones, and Patrick L Mills. 2013. "A Citrus Waste-Based Biorefinery as a Source of Renewable Energy: Technical Advances and Analysis of Engineering Challenges." *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy* 31 (4): 413–20. https://doi.org/10.1177/0734242X13479432.

Salimi, E., M. E. Taheri, K. Passadis, J. Novacovic, E. M. Barampouti, S. Mai, K. Moustakas, D. Malamis, and Maria Loizidou. 2021. "Valorisation of Restaurant Food Waste under the Concept of a Biorefinery." *Biomass Conversion and Biorefinery* 11 (2): 661–71. https://doi.org/10.1007/s13399-020-00613-4.

Sariatli, Furkan. 2017. "Linear Economy Versus Circular Economy: A Comparative and Analyzer Study for Optimization of Economy for Sustainability." *Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development* 6 (1): 31–34. https://doi.org/10.1515/vjbsd-2017-0005.

Torabi, Samane, Behzad Satari, and Seyed Reza Hassan-Beygi. 2020. "Process Optimization for Dilute Acid and Enzymatic Hydrolysis of Waste Wheat Bread and Its Effect on Aflatoxin Fate and Ethanol Production." *Biomass Conversion and Biorefinery*, March. https://doi.org/10.1007/s13399-020-00676-3.

Torres, María D., and Herminia Domínguez. 2020. "Valorisation of Potato Wastes." *International Journal of Food Science & Technology* 55 (6): 2296–2304. https://doi.org/10.1111/ijfs.14228.

TyposThes. 2020. "«ΚάΦσιμο» από υπολείμματα καφέ από 70 καφετέριες σε Κιλκίς και Θεσσαλονίκη." Typosthes.gr. 2020. https://www.typosthes.gr/thessaloniki/231283_kafsimo-apo-ypoleimmata-kafe-apo-70-kafeteries-se-kilkis-kai-thessaloniki.

Wautelet, Thibaut. 2018. "The Concept of Circular Economy: Its Origins and Its Evolution." https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17021.87523.

WEF. 2014. "Towards the Circular Economy: Accelerating the Scale-up across Global Supply Chains." Website. 2014. https://www3.weforum.org/docs/WEF_ENV_TowardsCircularEconomy_Report_2014.pdf.

Williams, Joanna. 2019. "Circular Cities." *Urban Studies* 56 (13): 2746–62. https://doi.org/10.1177/0042098018806133.

Zabaniotou, Anastasia, and Paraskevi Kamaterou. 2019. "Food Waste Valorization Advocating Circular Bioeconomy - A Critical Review of Potentialities and Perspectives of Spent Coffee Grounds Biorefinery." *Journal of Cleaner Production* 211 (February): 1553–66. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.230.

Zabed, H., J.N. Sahu, A. Suely, A.N. Boyce, and G. Faruq. 2017. “Bioethanol Production from Renewable Sources: Current Perspectives and Technological Progress.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 71 (May): 475–501. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.076.

ΕΕ. 2018. “ΟΔΗΓΙΑ (ΕΕ) 2018/ 2001 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ - της 11ης Δεκεμβρίου 2018 - για την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές,” 128.

———. 2019. “Η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία.”

———. 2020a. “ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ Για Τη Θέσπιση Πλαισίου Με Στόχο Την Επίτευξη Κλιματικής Ουδετερότητας Και Για Την Τροποποίηση Του Κανονισμού (ΕΕ) 2018/1999 (Ευρωπαϊκός Νόμος Για Το Κλίμα).”

———. 2020b. “ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ Για Τη Θέσπιση Πλαισίου Με Στόχο Την Επίτευξη Κλιματικής Ουδετερότητας Και Την Τροποποίηση Του Κανονισμού (ΕΕ) 2018/1999 (Ευρωπαϊκός Νόμος Για Το Κλίμα).”

ΕΚΤ. 2019. “Κυκλική Οικονομία: Ένα νέο οικονομικό μοντέλο βιώσιμης ανάπτυξης.” Εθνικό Κέντρο Τεκμηρίωσης & Ηλεκτρονικού Περιεχομένου. 2019. https://www.ekt.gr/el/magazines/features/23377.

ΙΜΕ ΓΣΕΒΕΕ. 2020. “Άρτος & Καταναλωτής: Όροι Ανταγωνισμού Στην Ελλάδα Και Την Ευρώπη.”

Λιόγκας, Βασίλης. 2018. “Εθνική στρατηγική για Κυκλική οικονομία και Περιβάλλον.” 2018. http://www.elot.gr/INTRO_LIOGKAS-B_KYKLIKH-OIKONOMIA.pdf.

Πασσάδης, Κωνσταντίνος. 2019. “ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΝΤΗΖΕΛ ΑΠΟ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΠΗΓΕΣ ΒΙΟΑΠΟΒΛΗΤΩΝ: ΑΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ.” Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Στούμπου, Βασιλεία. 2019. “ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΕΡΕΟΥ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΟΣ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ ΑΠΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΒΙΟΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΙΘΑΝΟΛΗΣ.” Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

ΥΠΕΚΑ. 2012. “ΟΔΗΓΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΔΙΑΛΟΓΗ ΣΤΗΝ ΠΗΓΗ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΒΙΟΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.” 2012. http://www.epperaa.gr/el/pages/NewsFS.aspx?item=194.

ΥΠΕΝ. 2018. “ΕΘΝΙΚΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ.”

———. 2019. “Εθνικό Σχέδιο Για Την Ενέργεια Και Το Κλίμα.”

———. 2020. “Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων.”