



ΕΚΕΤΑ

ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ
ΕΡΕΥΝΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Interreg
Ελλάδα-Κύπρος

Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης



BIOMA



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ (ΕΚΕΤΑ) /
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΧΗΜΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ (ΙΔΕΠ)**

30/09/2019

**ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Π.5.2.2 Δυνατότητες αξιοποίησης του παραγόμενου
σταθεροποιημένου υλικού από το σύστημα διαχείρισης βιοαποβλήτων
στο Δήμο Νάξου και Μικρών Κυκλάδων.**

<http://bioma-project.eu/el>



Συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΤΠΑ) και από Εθνικούς Πόρους της Ελλάδας και της Κύπρου

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	2
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	3
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	4
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
2. ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ.....	7
2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
2.2. ΟΙΚΙΑΚΑ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ.....	7
2.2.1. Αξιοποίηση για την Παραγωγή Ενέργειας.....	8
2.2.1.1. Παραγωγή «Πράσινων» Πέλλετ από Μείγματα Βιομάζας προς Ενεργειακή Αξιοποίηση	8
2.2.1.2. Παραγωγή Βιοαερίου	14
2.2.1.3. Παραγωγή Αιθανόλης	17
2.3. ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΑΠΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ.....	18
2.3.1. Ζωικά Υποπροϊόντα από Σφαγεία και Βιομηχανίες Μεταποίησης Κρεάτων	18
2.3.1.1. Αξιοποίηση για την Παραγωγή Ενέργειας	18
2.3.1.2. Αξιοποίηση για την Παραγωγή Νέων Προϊόντων	19
2.3.2. Απόβλητα από Βιομηχανίες Μεταποίησης Φρούτων και Λαχανικών	20
2.3.2.1. Αξιοποίηση για την Παραγωγή Ενέργειας	20
2.3.2.2. Αξιοποίηση για την Παραγωγή Νέων Προϊόντων	22
2.3.2.3. Αξιοποίηση για άλλες Εφαρμογές	24
2.3.3. Απόβλητα Ελαιοτριβείου-Ελαιοπυρήνας	24
2.3.3.1. Αξιοποίηση για την Παραγωγή Ενέργειας	24
2.3.3.2. Αξιοποίηση για την Παραγωγή Νέων Προϊόντων	26
3. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΠΑΡΑΘΕΤΩΝ ΠΕΛΛΕΤ	28
3.1. Ήπια Πυρόλυση/Η Τορροποίηση (TORREFACTION)	28
3.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΗΠΙΑΣ ΠΥΡΟΛΥΣΗΣ	29
3.3. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΠΕΛΛΕΤ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΗΠΙΑ ΠΥΡΟΛΥΣΗ	31
4. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΒΙΟΑΠΟΒΛΗΤΟΥ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΝΑΞΟΥ ΚΑΙ ΜΙΚΡΩΝ ΚΥΚΛΑΔΩΝ.....	35
4.1. ΤΥΠΟΙ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΣΤΟΝ Δ. ΝΑΞΟΥ ΚΑΙ ΜΙΚΡΩΝ ΚΥΚΛΑΔΩΝ	35
4.2. ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΟΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΙΠΑΝΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ	37
4.2.1. Μέθοδοι Επεξεργασίας Βιοαποβλήτων με Σκοπό την Λίπανση Καλλιεργειών	38
5. ΧΡΗΣΗ ΠΕΛΛΕΤ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΚΑΙ ΒΙΟΤΕΧΝΙΚΟ ΤΟΜΕΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ – ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΣΠΙΤΙΩΝ	40
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	46
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	49
8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	56

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1 Υπολείμματα επεξεργασίας καφέ και παραγόμενα πέλλετ.....	14
Σχήμα 2.2 Παραδείγματα πόλεων που εφαρμόζουν ΑΧ για την επεξεργασία των βιοαποβλήτων και παρουσίαση των εφαρμογών/τελικών χρήσεών τους (Βογιατζιδάκη & Βαλτά, 2016)	16
Σχήμα 2.3 Δυνατότητες αξιοποίησης των παραπροϊόντων τομάτας, βερίκοκου και ροδάκινου, τα οποία προέρχονται από τις αντίστοιχες βιομηχανίες μεταποίησης με βάση πρόσφατα ερευνητικά άρθρα για την παραγωγή προϊόντων, ενέργειας ή για άλλες εφαρμογές (Valta et al., 2016) 20	20
Σχήμα 2.4 Παραγωγική διαδικασία ελαιόλαδου με φυγοκέντρηση 3-φάσεων και 2-φάσεων.....	25
Σχήμα 3.1 Σχηματική επεξήγηση διεργασίας (αριστερά) και πιλοτική μονάδα ήπιας πυρόλυσης ΙΔΕΠ/ΕΚΕΤΑ στην Πτολεμαΐδα (δεξιά)	29
Σχήμα 3.2 Σύγκριση αρχικού δείγματος (δεξιά) και αναβαθμισμένου δείγματος, έπειτα από τη διεργασία ήπιας πυρόλυσης (αριστερά).	30
Σχήμα 3.3 Σύγκριση Ανεπεξέργαστης και Αναβαθμισμένης Βιομάζας	31
Σχήμα 5.1 Πρέσα παραγωγής πέλλετ (Cui et al, 2019)	43
Σχήμα 5.2 Τυπική διαδικασία παραγωγής πέλλετ από βιομάζα (Karkanias et al, 2012)	44

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3.1 Φυσικοχημικές ιδιότητες – Συγκριτικός πίνακας δειγμάτων 1, 2 και 3	32
Πίνακας 3.2 Ερμηνεία αποτελεσμάτων ήπιας πυρόλυσης	34
Πίνακας 5.1 Ενεργειακή κατανάλωση κατά τύπο χρησιμοποιούμενου καυσίμου	40
Πίνακας 5.2 Χαρακτηριστικά μιας τυπικής βιομάζας πέλλετ (Uslu et al, 2008)	42
Πίνακας 5.3 Ποιοτική ανάλυση και ανώτερη θερμογόνο δύναμη για διαφορετικού τύπου πέλλετ (Roy et al, 2013).	44
Πίνακας 5.4: Συνολική απόδοση και απώλειες για διαφορετικού τύπου πέλλετ	45

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο πλαίσιο του έργου BIOMA εξετάστηκαν επίσης οι δυνατότητες αξιοποίησης του παραγόμενου σταθεροποιημένου υλικού από το σύστημα διαχείρισης βιοαποβλήτων στο Δήμο Νάξου και Μικρών Κυκλάδων. Συγκεκριμένα:

- (i) αρχικά αξιολογήθηκαν βιβλιογραφικά οι τελικές χρήσεις των προϊόντων του έργου,
- (ii) στη συνέχεια εξετάστηκαν συγκεκριμένες δυνατότητες αξιοποίησής τους,
- (iii) και τέλος προετοιμάστηκε σχετική μελέτη ως προς τις δυνατότητες απορρόφησης των τελικών προϊόντων τόσο στην εγχώρια όσο και την αγορά του εξωτερικού.

Πιο αναλυτικά, το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει την αξιολόγηση των τελικών χρήσεων του ξηρού υλικού βιοαποβλήτων και των πέλλετ μείγματος βιοαποδομήσιμων οικιακών αποβλήτων και γεωργικών υπολειμμάτων ξυλώδους βιομάζας σύμφωνα με τα αποτελέσματα των αναλύσεων ελέγχου ποιότητας (Παραδοτέο 5.2.1) και της διεθνούς βιβλιογραφίας.

Επιπρόσθετα, και συγκεκριμένα για την περίπτωση των πέλλετ, εξετάσθηκε η δυνατότητα θερμικής αξιοποίησής τους σε μονάδα ήπιας πυρόλυσης του ΙΔΕΠ/ΕΚΕΤΑ (torrefaction unit). Επίσης, για την περίπτωση του ξηρού υλικού βιοαποβλήτων αξιολογήθηκε η δυνατότητα χρήσης του σε καλλιέργειες του Δήμου Νάξου και Μικρών Κυκλάδων.

Ακολούθως, το σύνολο των αποτελεσμάτων αξιοποιούνται στη μελέτη διερεύνησης των δυνατοτήτων απορρόφησης των τελικών προϊόντων τόσο στην εγχώρια όσο και την αγορά του εξωτερικού, λαμβάνοντας υπόψη ότι οι ενδεδειγμένες χρήσεις αναφέρονται σε διαρκώς αναπτυσσόμενες αγορές στον ευρωπαϊκό χώρο. Αξίζει να σημειωθεί ότι ειδικά για την περίπτωση των πέλλετ, σε συνολικά μεγέθη για τα ευρωπαϊκά κράτη, η κατανάλωση είναι μεγαλύτερη από την παραγωγή με αποτέλεσμα η υπόλοιπη ζήτηση να καλύπτεται από εισαγωγές, κυρίως από Η.Π.Α, Λατινική Αμερική και Ασία. Τη μεγαλύτερη κατανάλωση την έχουν οι οικιακοί χρήστες οι οποίοι χρησιμοποιούν τα πέλλετ κυρίως για τη θέρμανση των σπιτιών. Επίσης, σημαντικές ποσότητες χρησιμοποιούνται από ευρείας κλίμακας

καταναλωτές, όπως είναι οι βιομηχανίες για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών και ένα μικρότερο ποσό αφορά άλλους χρήστες. Επίσης, πέλλετ χρησιμοποιούνται ευρέως στην Ευρώπη για συμπαραγωγή. Η ποιότητα δεν είναι καθοριστική (αλλά επηρεάζει την τιμή) καθώς ο βιομηχανικός εξοπλισμός για την καύση μπορεί να διαχειριστεί υψηλά ποσοστά στάχτης. Στην Ελλάδα, η κατανάλωση πέλλετ αναδεικνύει τις δυνατότητες μίας ταχύτατα ανερχόμενης αγοράς. Σε οικιακό επίπεδο η κατανάλωση αφορά το 0,5% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, με τη μεγαλύτερη κατανάλωση να εντοπίζεται σε περιοχές της βόρειας Ελλάδας (ΕΛΣΤΑΤ 2013, Έρευνα Κατανάλωσης Ενέργειας στα Νοικοκυριά 2011-2012). Σύμφωνα με εκτιμήσεις της ΕΛΕΑΒΙΟΜ, με βάση ενδείξεις από εγκατεστημένα συστήματα, η κατανάλωση πέλλετ είναι περισσότερη από 200.000 τόνους σε μέτριο χειμώνα και αρκετά παραπάνω σε δριμύ (όπως ο Χειμώνας 2016-17). Πέρα του οικιακού τομέα, ξεκίνησε από το 2007 η εγκατάσταση συστημάτων πέλλετ στο βιομηχανικό – βιοτεχνικό τομέα για παραγωγή ενέργειας, λόγω του σχετικά χαμηλού τους κόστους, σε περιπτώσεις όπως αρτοποιεία, χαρτοποιίες, κονσερβοποιίες, πτηνοτροφεία, τυροκομεία, θερμοκήπια, βαφεία, κλινικές, εκπαιδευτήρια- σχολεία κ.λπ.. Με βάση τα προαναφερθέντα, η παρούσα μελέτη θα είναι χρήσιμη για το σχεδιασμό μίας βιώσιμης διαχείρισης των οικιακών αποβλήτων και γεωργικών υπολειμμάτων σε βάθος χρόνου για την περίπτωση του Δήμου Νάξου και Μικρών Κυκλάδων, αλλά και σε άλλες περιπτώσεις.

2. ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Λόγω της ραγδαίας αστικοποίησης, της εκβιομηχάνισης και της αύξησης του πληθυσμού, η ποσότητα των αστικών στερεών αποβλήτων (ΑΣΑ) που παράγονται αναμένεται να φθάσει τα 9,5 δισεκατομμύρια μέχρι το 2050 (FAO, 2009). Στην Ευρώπη, απορρίπτονται περίπου 88 εκατομμύρια τόνοι τροφίμων, με συνολικό κόστος 143 δισεκατομμυρίων ευρώ (FUSION, 2016). Σύμφωνα με την οδηγία 2008/98/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, τα βιοαπόβλητα αποτελούν υποσύνολο των αποβλήτων και περιλαμβάνουν μεγάλη ποικιλία υλικών όπως βιοαποικοδομήσιμα απόβλητα από πάρκα και κήπους, οικιακά διατροφικά απορρίμματα και υπολείμματα τροφίμων, απόβλητα από εγκαταστάσεις λιανικής πώλησης και από μονάδες επεξεργασίας τροφίμων (EC, 2019). Τα υλικά βιολογικής προέλευσης μπορούν να μετατραπούν με φυσικές, χημικές ή βιολογικές μεθόδους σε μια πληθώρα προϊόντων με σημαντικά διαφορετικές ιδιότητες και διαφορετική εμπορική αξία. Γενικά, υπάρχει μία γραμμική συσχέτιση μεταξύ του τεχνολογικού κόστους μεταποίησης της βιομάζας και της τιμής πώλησης του τελικού προϊόντος που προκύπτει. Επομένως, τα τελικά προϊόντα και οι εφαρμογές τους είναι προτιμότερο να θεωρούνται ως τμήματα μιας αλυσίδας αξίας (EUBIA, 2020).

2.2. ΟΙΚΙΑΚΑ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ

Η χωριστή συλλογή ζυμώσιμων οικιακών αποβλήτων των τροφών στην πηγή και η ξήρανση τους σε ξηραντήρα /τεμαχιστή μεγάλης κλίμακας, ιδιαίτερα σε επίπεδο Δήμων και Περιφερειών της χώρας, αποτελεί μία εναλλακτική στρατηγική διαχείρισης των ΑΣΑ, έχοντας ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ομοιογενών προϊόντων βιομάζας, τα Αποξηραμένα Οικιακά Διατροφικά Απορρίμματα [Dried Household Food Waste (DHFV)], τα οποία διαθέτουν χαμηλή περιεκτικότητα σε νερό και αρκετές διαφορετικές δυνατότητες αξιοποίησης (Antonopoulou et al., 2019). Για παράδειγμα, σύμφωνα με πρόσφατη έρευνα (Ntaikou et al., 2018), το DHFV αποτελεί ένα υποσχόμενο υπόστρωμα για την παραγωγή αιθανόλης χρησιμοποιώντας μονο- και συν-καλλιέργειες των ζυμομυκητών *Saccharomyces cerevisiae* και *Pichia stipitis*.

Παράλληλα, τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί ότι το DHFW μπορεί να χρησιμεύσει ως εργαλείο στην παραγωγή (Papadopoulou et al., 2017):

- ✓ Πέλλετ
- ✓ Βιοαερίου (→Ενέργεια)
- ✓ Ζωοτροφών
- ✓ Ενεργού άνθρακα
- ✓ Compost
- ✓ Υθανίου - μίγμα υδρογόνου και μεθανίου (hythane)
- ✓ Βιοπλαστικά και προϊόντα βιολογικής προέλευσης (EUBIA,2020)
- ✓ Επίσης, μπορεί να αξιοποιηθεί ως ένα εναλλακτικό καύσιμο για τη βιομηχανία τσιμέντου
- ✓ κ.ά.

2.2.1. Αξιοποίηση για την Παραγωγή Ενέργειας

2.2.1.1. Παραγωγή «Πράσινων» Πέλλετ από Μείγματα Βιομάζας προς Ενεργειακή Αξιοποίηση

Η υπό-ενότητα αυτή περιλαμβάνει αρκετά παραδείγματα «πράσινων» πέλλετ προερχόμενων από διάφορα μείγματα αποβλήτων οργανικών κλασμάτων (π.χ. νοικοκυριά, μονάδες μεταποίησης) με αγροτικά-δασικά υπολείμματα.

Πρόσφατη μελέτη (Kraiem et al., 2016) παρουσίασε την αξιοποίηση υπολειμμάτων τομάτας και στέμφυλων (grape marc) με πριονίδια πεύκων για την παραγωγή πέλλετ. Σύμφωνα με τους συγγραφείς, το συγκεκριμένο μείγμα μπορεί να αποτελέσει ένα πολλά υποσχόμενο πεδίο μελέτης όσον αφορά την ενεργειακή τους αξιοποίηση. Το εν λόγω μείγμα οδήγησε στη μείωση της περιεκτικότητας τέφρας, ενώ η συμπύκνωση οδήγησε στην αύξηση της πυκνότητας ενέργειας. Οι δοκιμές καύσης των πέλλετ που παρασκευάστηκαν από τα ανωτέρω υπολείμματα τροφίμων έδειξαν ότι η απόδοση του λέβητα και της καύσεως είναι συγκρίσιμη με εκείνη των πέλλετ ξυλώδους βιομάζας. Ωστόσο, οι εκπομπές αερίων και σωματιδίων ήταν υψηλότερες και επηρεάστηκαν σημαντικά από τις λειτουργικές παραμέτρους των οικιακών λεβήτων. Κατά συνέπεια, οι συγγραφείς διαπίστωσαν ότι αυτές οι παράμετροι, όπως

η ροή μάζας νερού στον εναλλάκτη θερμότητας, η ροή μάζας καυσίμων, η πρωτογενής και η δευτερογενής ροή αέρα εισόδου, θα πρέπει να προσαρμόζονται σε κάθε υπόλειμμα γεωργικών τροφίμων ώστε να υπάρξει όφελος από αυτήν την ανανεώσιμη ενέργεια, χωρίς να υπάρχουν αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Οι Kraiem et al. (2016) διεξήγαγαν πειράματα για τον χαρακτηρισμό δειγμάτων υπολειμμάτων τομάτας τα οποία αναμίχθηκαν με πριονίδια και συμπυκνώθηκαν προς πέλλετ (πέλλετ), πριν δοκιμαστούν σε οικιακό λέβητα. Και σε αυτή την περίπτωση, τα αποτελέσματα υπέδειξαν ότι τα πέλλετ είχαν αποδόσεις λέβητα και καύσης συγκρίσιμες με εκείνες των πέλλετ ξύλου, και επίσης ότι οι λειτουργικές παράμετροι του λέβητα επηρέασαν έντονα τις αέριες και σωματιδιακές εκπομπές. Επομένως, προκειμένου να αποφευχθούν οι αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, οι εξεταζόμενες παράμετροι (π.χ. ο ρυθμός ροής μάζας του νερού στον εναλλάκτη θερμότητας, ο ρυθμός ροής μάζας στον καυστήρα, ο ρυθμός ροής εισαγόμενου αέρα, κ.λπ.) θα πρέπει να προσαρμοστούν για κάθε υπόλειμμα αγροδιατροφίμων.

Οι Miranda et al. (2011) μελέτησαν τη χρήση του αποξηραμένου πολτού από σταφύλια (grape pomace) αναμεμιγμένου με υπολείμματα από πυρήνες βελανιδιάς (ΥΠΒ) για την παραγωγή πέλλετ. Έτσι, δείγματα διαφορετικών αναλογιών και από τα δύο υπολείμματα συμπυκνώθηκαν μέσω ενός πελλετοποιητή επίπεδης μήτρας, λαμβάνοντας πέλλετ διαμέτρου 6 mm. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν δείχνουν ότι, λαμβάνοντας υπόψη τις παραμέτρους που αναλύθηκαν, η βέλτιστη αναλογία για την παραγωγή μείγματος πέλλετ είναι 50:50, καθώς η αύξηση της αναλογίας του ΥΠΒ άνω του 50% δημιουργεί λίγα πλεονεκτήματα αναφορικά με τις φυσικές ιδιότητες του μείγματος συγκριτικά με τη μείωση των θερμικών χαρακτηριστικών του. Αντίστοιχα, οι αύξηση στην περιεκτικότητα των υπολειμμάτων σταφυλιού μειώνει ελαφρώς τα φυσικά χαρακτηριστικά με ελάχιστες βελτιώσεις στις θερμικές ιδιότητες.

Μελέτη η οποία εστιάζει στην απόδοση της διεργασίας καύσης με χρήση κουκουτσιών ροδάκινου και βερίκοκου, πραγματοποιήθηκε από τους Rabaçal et al. (2013) αξιολογώντας τα χαρακτηριστικά καύσης και εκπομπών ενός οικιακού λέβητα τροφοδοτούμενο με πέλλετ πεύκου, βιομηχανικών αποβλήτων ξύλου και κουκουτσιών ροδάκινου. Ένα πολύ σημαντικό συμπέρασμα της μελέτης αυτής είναι ότι το είδος του πέλλετ επηρεάζει σημαντικά την απόδοση του λέβητα (Rabaçal et al. 2013). Πιο συγκεκριμένα, τα πέλλετ πεύκου είχαν καλύτερη απόδοση, ενώ τα άλλα

δύο είδη επηρέασαν σε μικρό βαθμό την θερμική απόδοση του λέβητα. Ωστόσο, διατυπώνεται πως η βελτιστοποίηση των λειτουργικών παραμέτρων του λέβητα θα ενίσχυε την πιθανή χρήση των πέλλετ από πυρήνες ροδάκινου, σε οικιακούς λέβητες.

Οι Obidziński et al. παρουσίασαν τα αποτελέσματα μιας έρευνας σχετικά με την επίδραση της ανάμιξης πολτού πατάτας με μείγμα από υπολείμματα δημητριακών [πίτουρο βρώμης, φλοιούς φαγόπυρου (buckwheat hulls)] στην ποιότητα των πέλλετ και τη στοιχειακή σύνθεσή τους. Συγκεκριμένα, τα κυριότερα αποτελέσματα της έρευνας (Obidziński, 2014) από το μείγμα με πίτουρο βρώμης είναι τα εξής:

- i) Η αύξηση της περιεκτικότητας του πολτού πατάτας σε μείγμα με τα πίτουρα βρώμης από το 15 στο 20% προκάλεσε μείωση της ενεργειακής απαίτησης του πέλλετοποιητή κατά περίπου 41% (από 3.69 έως 2.18 kW).
- ii) Η αύξηση της περιεκτικότητας του πολτού πατάτας σε μείγμα με τα πίτουρα βρώμης από 15 έως 25% είχαν ως αποτέλεσμα τη μείωση κατά 18% περίπου της κινητικής/μηχανικής αντοχής των πέλλετ.
- iii) Η πλέον ευνοϊκή περιεκτικότητα πολτού ως πρόσθετο σε πίτουρο βρώμης, από την άποψη των ενεργειακών απαιτήσεων του πελλετοποιητή και της υψηλής ποιότητας των παραγόμενων πέλλετ είναι 20%, καθώς επιτρέπει σημαντική μείωση της απαιτούμενης ισχύος (σε σύγκριση με την περιεκτικότητα σε πολτό 15%, η απαιτούμενη ισχύς μειώνεται κατά περίπου 19%, από 3,69 σε 2,98 kW), επιτρέποντας παράλληλα την παραγωγή πέλλετ ικανοποιητικής ποιότητας (κινητική αντοχή άνω του 90%).
- iv) Η πλέον ευνοϊκή περιεκτικότητα σε πολτό ως πρόσθετο σε πίτουρο βρώμης, από την άποψη της ποιότητας των πέλλετ, ήταν 15%, καθώς επιτρέπει υψηλής ποιότητας πέλλετ (με κινητική αντοχή άνω του 95%).

Σχετικά με την ανάμιξη με φλοιούς φαγόπυρου οι Obidziński et al. (2015) κατέληξαν στα ακόλουθα συμπεράσματα:

- i. Η αύξηση της περιεκτικότητας του πολτού σε μείγμα με φλοιούς φαγόπυρου από 10 έως 30% προκάλεσε μείωση της κατανάλωσης ενέργειας του πέλλετοποιητή πέλλετ κατά περίπου 61,5% (από 4,68 έως 1,80 kW).
- ii. Η αύξηση της περιεκτικότητας του πολτού σε μείγμα με φλοιούς φαγόπυρου από 10 έως 30% προκάλεσε μείωση της πυκνότητας των ληφθέντων πέλλετ

- κατά περίπου 32% (από 1234.86 έως 841.71 kg / m³) και μείωση της κινητικής αντοχή των πέλλετ κατά περίπου 18% (από 99,09 έως 81,07%).
- iii. Η προσθήκη ποσοστού 10% πολτού πατάτας σε πελλετοποιημένους φλοιούς φαγόπυρου επέτρεψε τη λήψη πολύ υψηλών τιμών πυκνότητας (1234,86 kg/m³) και κινητική αντοχή (99,09%) για τα παραγόμενα πέλλετ.
 - iv. Η προσθήκη πολτού πατάτας σε πελλετοποιημένους φλοιούς φαγόπυρου μέχρι 20% επιτρέπει την παραγωγή υψηλής ποιότητας πέλλετ.
 - v. Η αύξηση της περιεκτικότητας σε πολτό πατάτας σε μείγμα με φλοιούς φαγόπυρου από 10 έως 30% οδηγεί σε μια σημαντική αύξηση της ενεργότητας του νερού, της περιεκτικότητας σε υγρασία του συμπυκνωμένου μείγματος, καθώς και των πέλλετ που παράγονται από αυτό.
 - vi. Η διαδικασία της πελλετοποίησης επηρεάζει τη μείωση τόσο της ενεργότητας του νερού όσο και της υγρασίας του συμπυκνωμένου μείγματος.
 - vii. Για να μειωθεί η ενεργότητα του νερού των συγκεκριμένων πέλλετ κάτω από 0,6 και να αποφευχθεί η ανάπτυξη μούχλας, η περιεκτικότητά τους σε υγρασία πρέπει να μειωθεί κατά περίπου 8%.
 - viii. Οι τιμές θερμότητας καύσης και θερμογόνου δύναμης που έχουν ληφθεί αποδεικνύουν ότι τα υπό δοκιμή μείγματα κελύφων φαγόπυρου και πολτού πατάτας αποτελούν υλικό υψηλής ενεργειακής ποιότητας. Η αύξηση της περιεκτικότητας του πολτού πατάτας σε μείγμα με φαγόπυρου από 0 έως 30% προκάλεσε μείωση της θερμότητας καύσης από 19,44 σε 19,05 MJ / kg (επί ξηρού) και της θερμογόνου δύναμης από 18,89 έως 17,51 MJ / kg (επί ξηρού)
 - ix. Η αύξηση της περιεκτικότητας του πολτού πατάτας σε μείγμα με φλοιούς φαγόπυρου από 0 έως 30% προκάλεσε μείωση της θερμογόνου δύναμης από 0.0833% (για τα κύττα του φαγόπυρου) σε 0.0474% (για πέλλετ που παράγονται από μείγματα κελύφων φαγόπυρου με προσθήκη πολτού πατάτας 30%).

Οι Wang et al. (2017) προχώρησαν σε μία έρευνα αξιοποίησης μείγματος υπολειμμάτων μήλου, τσαγιού, κοπράνων σκύλων, κοπράνων αλόγων με ένα βιομηχανικό υποπροϊόν (NovoGro, NG) για την παραγωγή πέλλετ. Στα μείγματα χρησιμοποιήθηκε αναλογία πρώτης ύλης προς NovoGro 50: 1. Οι διάμετροι των πέλλετ κυμαίνονταν μεταξύ 4 και 5 mm και το μέσο μήκος ήταν 20 mm. Τα

αποτελέσματα των μηχανικών, θερμικών και μορφολογικών ιδιοτήτων έδειξαν ότι οι πρώτες ύλες συνδυάστηκαν αποτελεσματικά με το συνδετικό υλικό NG, δηλαδή παρουσίασαν υψηλή θερμογόνο δύναμη ($> 16,30 \text{ MJ/kg}$), υψηλή αντοχή σε μηχανικό σοκ ($> 99\%$), υψηλές περιεκτικότητες σε πτητικές ουσίες, βέλτιστες θερμοκρασίες μαλάκυνσης και βέλτιστη περιεκτικότητα σε τέφρα. Ωστόσο, τα υψηλά περιεχόμενα σε κάλιο, ασβέστιο και πυρίτιο των υπολειμμάτων μήλων μπορούν να δημιουργήσουν ευτηκτικές ουσίες χαμηλού σημείου τήξης, οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν σκωρίαση. Επιπλέον, τα απορρίμματα από μήλα είχαν μεγάλα μεγέθη σωματιδίων και υψηλή περιεκτικότητα σε κυτταρίνη και ημικυτταρίνη οδηγώντας σε υψηλή υγρασία, χαμηλή θερμοκρασία μαλάκυνσης και χαμηλή θερμογόνο δύναμη. Επομένως, τα υπολείμματα μήλου παρουσιάστηκαν ως μη κατάλληλα για χρήση ως καύσιμο. Τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι το NG είναι ένα αποτελεσματικό συνδετικό υλικό για τη πελλετοποίηση της βιομάζας και έδειξαν τη σκοπιμότητα της χρήσης κοινών στερεών αποβλήτων για την παραγωγή ενέργειας (Wang et al., 2017).

Οι Pua et al. (2020) μελέτησαν την παραγωγή πέλλετ από μείγμα (50:50) υπολειμμάτων τσαγιού με υπολείμματα καρπών από την παραγωγή φοινικέλαιου (oil palm empty fruit bunch). Από τη μελέτη προέκυψε ότι το συγκεκριμένο μείγμα έχει τη δυνατότητα να αποτελέσει την πρώτη ύλη για στερεά καύσιμα λόγω των ιδιοτήτων των πρώτων υλών που χρησιμοποιήθηκαν και των παραγόμενων πέλλετ. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ένα μείγμα διαφορετικής βιομάζας δεν έφερε καμία βελτίωση σε σύγκριση με το πέλλετ που κατασκευάστηκε από κάθε συστατικό ξεχωριστά.

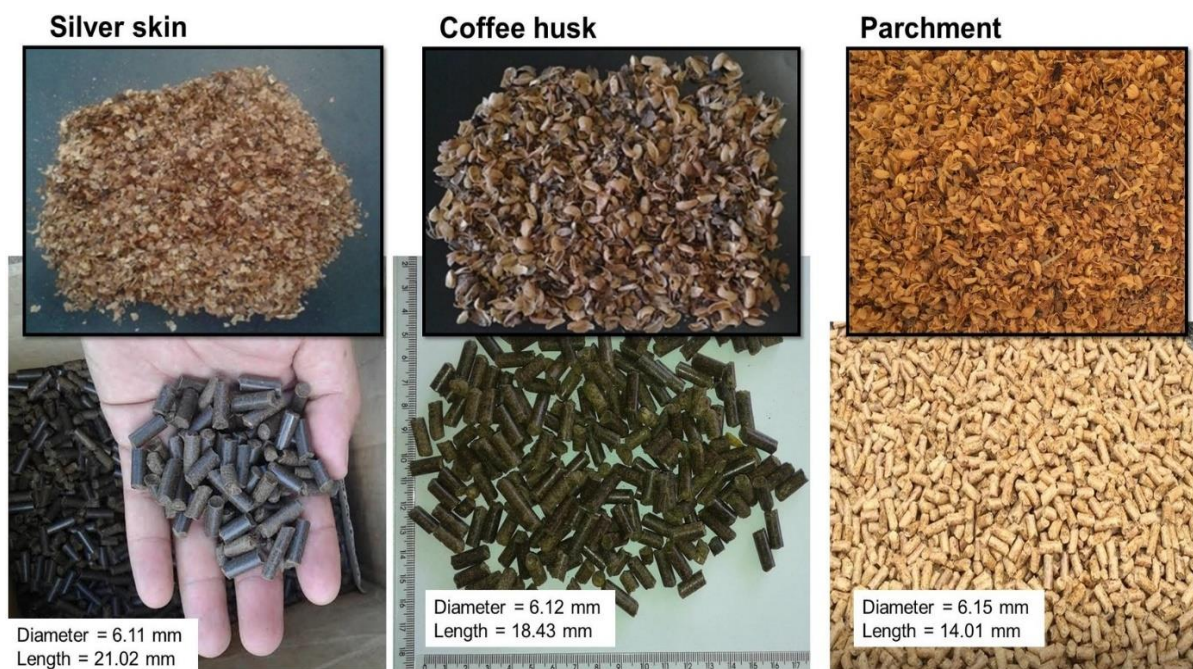
Οι Yilmaz et al. (2018) μελέτησαν τη διαδικασία παραγωγής και τις ιδιότητες των πέλλετ από απόβλητα ελιάς και λυματολάσπη από μονάδα επεξεργασίας αστικών λυμάτων. Σύμφωνα με την έρευνα, το συγκεκριμένο μείγμα πέλλετ φάνηκε ότι μπορεί να αξιοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη διαδικασία καύσης κλίνκερ ως υποκατάστατο του λιθάνθρακα και να δοσιμετρηθούν σε έναν περιστροφικό κλίβανο με συστήματα μεταφοράς και εναλλακτικών συστημάτων δοσολογίας καυσίμου που χρησιμοποιούνται ήδη σε εγκαταστάσεις τσιμέντου.

Οι Gil et al. (2010) διερεύνησαν την παραγωγή πέλλετ συνδυάζοντας μείγματα διαφόρων πηγών βιομάζας (πεύκο, καστανιές και πριονίδια από ευκάλυπτο,

υπολείμματα κυτταρίνης, φλοιοί καφέ και απόβλητα σταφυλιών) με δύο είδη άνθρακα (ασφαλτούχο και ημιανθρακίτης). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, τα μείγματα πεύκου με πριονίδια καστανιάς (10-30%) ήταν τα καλύτερα για την παραγωγή πέλλετ, ενώ τα μείγματα υπολειμμάτων κυτταρίνης και άνθρακα (<20%) με πριονίδια καστανιάς και πεύκου δεν μείωσαν την ανθεκτικότητα των πέλλετ. Τα μείγματα βιομάζας παρουσίασαν χαρακτηριστικά καύσης παρόμοια με εκείνη των μεμονωμένων πρώτων υλικών.

Οι Garcia et al. (2019) αξιολόγησαν μείγματα πριονιδίου πεύκου με εναλλακτικά υπολείμματα βιομάζας για την παραγωγή ποιοτικών πέλλετ προς βιομηχανική χρήση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα μείγματα από πριονίδια πεύκου με υπολείμματα καφέ (CD), φλοιοί καφέ (CH) και υπολείμματα σταφυλιού (GP) έως 10wt%, καθώς και με κελύφη φουντουκιού (HS), miscanthus (MIS), κελύφη πυρήνα πεύκου (PKS) και περιεχόμενα από γρασίδι (switchgrass- SG) έως και 15wt%, καθώς και με περιεχόμενο φύλλων (βελόνες?) κουκουναριού μεταξύ 15 και 30wt%, δημιούργησαν πέλλετ χαμηλής ποιότητας I3 (I1 θεωρείται η ανώτερη ποιότητα βιομηχανικού πέλλετ βάσει της έρευνας). Η κατανάλωση ενέργειας που προέκυψε από την πελλετοποίηση των μειγμάτων αξιολογήθηκε με τιμές που κυμαίνονται από 0,09 έως 0,33kWh / kg, ενώ η πελλετοποίηση του πριονιδίου πεύκου απαιτούσε 0,18kWh / kg. Η προσθήκη εναλλακτικών πρώτων υλών βιομάζας στα πριονίδια πεύκου μπορεί επομένως να χρησιμεύσει για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στη βιομηχανική πελλετοποίηση.

Οι de Souza et al. (2020) αξιολόγησαν δασική βιομάζα [ξύλο ευκαλύπτου (E)] και γεωργικά υπολείμματα επεξεργασίας καφέ (βλ. Σχήμα 2.1) [parchment (P), silver skin (S) και coffee husk (CH)] για την παραγωγή πέλλετ με σκοπό την ενεργειακή αξιοποίηση και την ταξινόμηση σύμφωνα με τα εμπορικά πρότυπα .



Σχήμα 2.1 Υπολείμματα επεξεργασίας καφέ και παραγόμενα πέλλετ

Διαφορετικές αναλογίες δασικής βιομάζας αναμεμειγμένες με υπολείμματα καφέ αξιολογήθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή πέλλετ με έξι συνθέσεις (EPCH και EPS). Τα πέλλετ ευκάλυπτου – parchment - coffee husk (ECPCH) είχαν μεγαλύτερη αντοχή (98,17%), σκληρότητα (37,12 kg) και καθαρή ενεργειακή πυκνότητα (11,60 GJ/m³) και είναι κατάλληλα για εμπορική χρήση και εξαγωγή σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα (τύπος Β). Τα πέλλετ από μείγματα βιομάζας παρουσίασαν καλύτερα ενεργειακά αποτελέσματα (16,51-17,08 MJ/kg), σε σύγκριση με τα εκείνα που παράγονται μόνο από CH (15,76 MJ / kg) ή S (16,26 MJ / kg). Τα μείγματα βιομάζας επηρέασαν θετικά τη χύδην πυκνότητα, τη μηχανική αντοχή και την ευφλεκτότητα των πέλλετ.

2.2.1.2. Παραγωγή Βιοαερίου

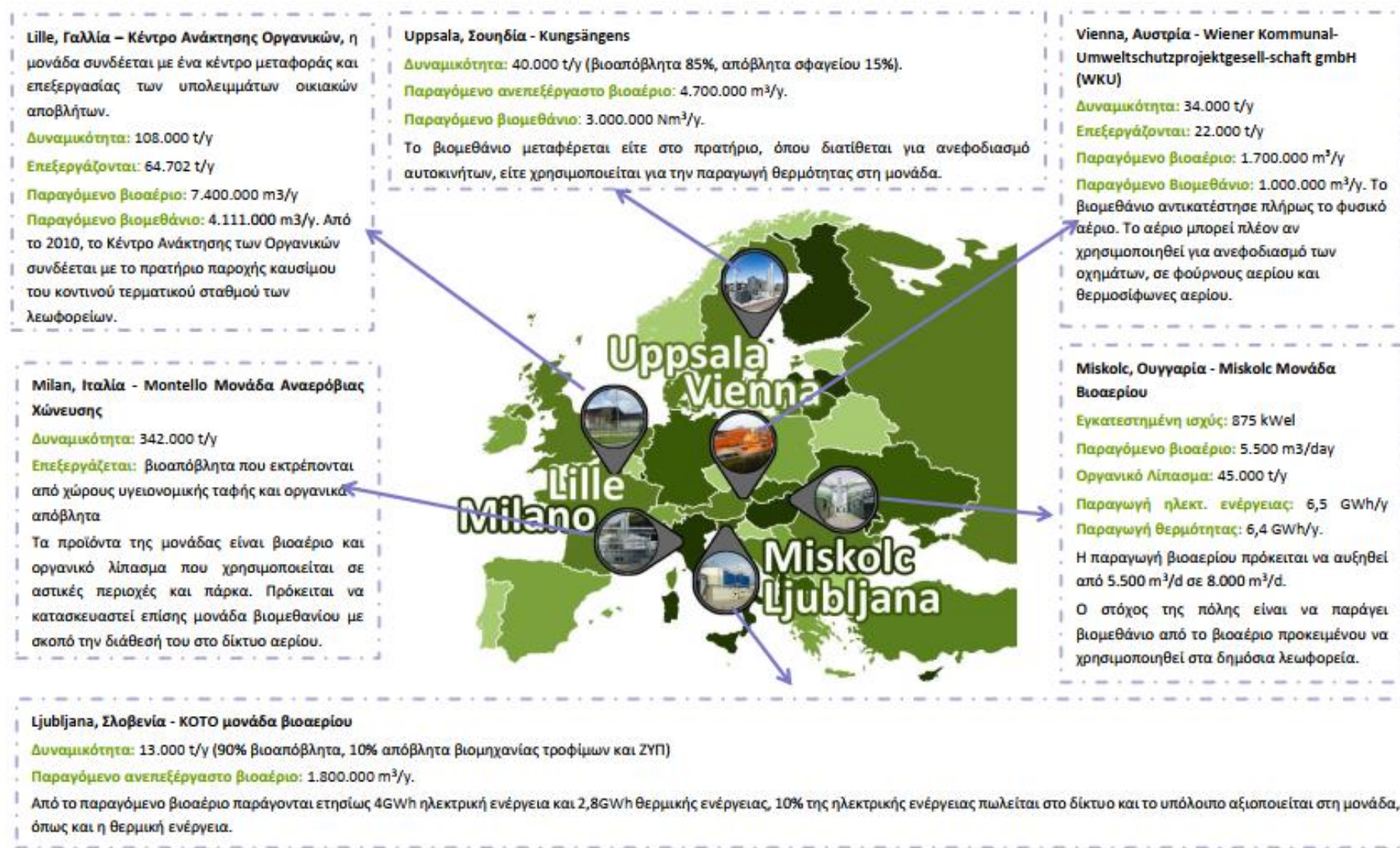
Η Αναερόβια Χώνευση (AX) είναι η βιολογική διεργασία μετατροπής της οργανικής ύλης σε ένα μείγμα αερίων (βιοαέριο) απουσία οξυγόνου με τη δράση μικτού πληθυσμού μικροοργανισμών. Η εφαρμογή της AX για τη διαχείριση των στερεών οργανικών αποβλήτων ξεκίνησε μετά το 1970 και πλέον βρίσκει εφαρμογή στη διαχείριση διαφόρων τύπων βιοαποδομήσιμων αποβλήτων όπως είναι τα ζωικά

και τα φυτικά υποπροϊόντα, τα βιοαπόβλητα οικιακού τύπου (π.χ. απόβλητα κουζίνας κ.ά.), οι ενεργειακές καλλιέργειες κ.ά.

Η ΑΧ αποτελεί σύνθετη βιοχημική διεργασία η οποία μπορεί να περιγραφεί από τέσσερα στάδια: την υδρόλυση, την οξεογένεση, την οξικογένεση και τη μεθανογένεση (Κάλφας 2007, Βογιατζιδάκη & Βαλτά 2016). Γενικά, η παραγωγή βιοαερίου, ιδίως του μεθανίου, μέσω αναερόβιων διεργασιών αποτελεί αποδεκτή λύση για τη διαχείριση των αποβλήτων λόγω του χαμηλού κόστους, της χαμηλής παραγωγής υπολειμματικών αποβλήτων και της αξιοποίησης των αποβλήτων ως ανανεώσιμη πηγή ενέργεια (Kiran et al., 2014).

Το παραγόμενο βιοαέριο έχει πολλές ενεργειακές χρήσεις, ανάλογα με τη φύση της πηγής και την τοπική ζήτηση για τη συγκεκριμένη μορφή ενέργειας. Γενικά, το βιοαέριο μπορεί να τροφοδοτηθεί σε μηχανές εσωτερικής καύσης, καυστήρες αερίου και αεριοστρόβιλους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας. Επίσης, το βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο μεταφορών εφόσον υποστεί καθαρισμό, κατά τον οποίο απομακρύνονται ανεπιθύμητες ουσίες, όπως H_2S , NH_3 , H_2O , και αναβαθμιστεί, δηλαδή απομακρυνθεί CO_2 και προστεθεί προπάνιο. Σε ορισμένες ευρωπαϊκές χώρες το βιοαέριο διοχετεύεται και στο δίκτυο του φυσικού αερίου. Το αέριο που παράγεται από το βιοαέριο μετά από τον καθαρισμό, την αναβάθμιση και την απόσπηση ονομάζεται βιομεθάνιο και περιέχει υψηλή περιεκτικότητα μεθανίου ($> 97\%$) (Cecchi et al. 2003). Στο Σχήμα 2.2 παρουσιάζονται οι έξι (6) Ευρωπαϊκές πόλεις, οι οποίες εφαρμόζουν ΑΧ για την επεξεργασία των βιοαποβλήτων (όχι μόνο οικιακών), τα οποία προέρχονται από τις αστικές δραστηριότητες.

Εκτός από το βιοαέριο, το προϊόν χώνευσης (digestate) μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα ή βελτιωτικό εδάφους (Kiran et al., 2014). Τα χαρακτηριστικά των πρώτων υλών και οι συνθήκες διεξαγωγής της διεργασίας, οι οποίες, αναφέρθηκαν και ανωτέρω είναι οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση της αναερόβιας χώνευσης (Molino, 2013). Τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων, όπως η υγρασία, οι πτητικές στερεές και θρεπτικές ουσίες και το μέγεθος των σωματιδίων, επηρεάζουν την ποσότητα του παραγόμενου βιοαερίου και τη σταθερότητα της διεργασίας (Kiran et al., 2014).



Σχήμα 2.2 Παραδείγματα πόλεων που εφαρμόζουν ΑΧ για την επεξεργασία των βιοαποβλήτων και παρουσίαση των εφαρμογών/τελικών χρήσεών τους (Βογιατζιδάκη & Βαλτά, 2016)

2.2.1.3. Παραγωγή Αιθανόλης

Η διαδικασία παραγωγής βιοαιθανόλης 2^{ης} γενιάς βασίζεται στη διεξαγωγή τεσσάρων επιμέρους σταδίων: i) την προεπεξεργασία της βιομάζας ii) την υδρόλυση (όξινη ή ενζυμική) της βιομάζας iii) τη ζύμωση iv) την απόσταξη της παραγόμενης αιθανόλης. Καθένα από τα στάδια οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί με συνδυασμό διαφορετικών επιλογών. Η προεπεξεργασία της βιομάζας είναι το επιπλέον στάδιο που απαιτείται για την παραγωγή βιοαιθανόλης 2^{ης} γενιάς σε σύγκριση με τη διαδικασία παραγωγής βιοαιθανόλης 1ης γενιάς (Axelsson 2011; Mussato et al. 2010; Κοντογιάννη, 2016).

2.2.1.3.1. Αξιοποίηση Διατροφικών Απορριμμάτων για την Παραγωγή Αιθανόλης

Η συγκεκριμένη υποενότητα περιλαμβάνει μελέτες, οι οποίες έχουν διεξαχθεί χρησιμοποιώντας διάφορα είδη βιοαποβλήτων.

Οι Ma et al. (2009) μελέτησαν την παραγωγή αιθανόλης από απορρίμματα κουζίνας με μη- αποστειρωμένη ζύμωση με τη χρήση του βακτηρίου *Zygomonas mobilis*, το οποίο έχει την ονομασία GZNS1 και ανθεκτικότητα σε όξινες συνθήκες. Επιπλέον, μελέτησαν την υδρόλυση απορριμμάτων τροφίμων, τα οποία προέρχονταν από καφετέρια με χρήση εμπορικών ενζύμων (Novozymes Korea) και μειγμάτων τους. Οι συγγραφείς καταλήγουν ότι η αξιοποίηση των απορριμμάτων τροφίμων για την παραγωγή βιο-αιθανόλης αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη πρακτική προσέγγιση για την πρόληψη της ρύπανσης του περιβάλλοντος και την παραγωγή αιθανόλης (Moon et al., 2009).

Οι Koike et al. (2009) μελέτησαν τη διεργασία ζύμωσης διατροφικών απορριμμάτων από οικίες και κυλικεία, η οποία αποτελείται από ένα στάδιο ταυτόχρονης σακχαροποίησης και ζύμωσης (SSF) και ένα στάδιο ξηρής ζύμωσης μεθανίου με σκοπό την παραγωγή αιθανόλης και μεθανίου. Από τα αποτελέσματα της μελέτης φάνηκε πως η προεπεξεργασία με ενζυματική υδρόλυση της κυτταρίνης των απορριμμάτων, χρησιμοποιώντας κυτταρινάση και γλυκοαμυλάση, ήταν αποτελεσματική και πως η SSF ήταν κατάλληλη διεργασία για παραγωγή αλκοόλης.

Οι Huang et al. (2015) μελέτησαν τη βιωσιμότητα παραγωγής αιθανόλης από διατροφικά απορρίμματα σε υψηλή περιεκτικότητα σε στερεά (35 % w/w).

Παράλληλα, εφαρμόσθηκε σύστημα ανάκτησης της αιθανόλης υπό κενό από το μικτό υγρό της ζύμωσης με σκοπό τον περιορισμό των παρεμποδίσεων αιθανόλης και την επίτευξη συνεχούς ζύμωσης. Με τον τρόπο αυτό, η παραγωγικότητα της διεργασίας σε αιθανόλη βρέθηκε να είναι 358 g/kg αποβλήτων τροφίμων (σε ξηρή βάση), υψηλότερη από εκείνη της συμβατικής ζύμωσης, η οποία ήταν 327 g/kg αποβλήτων τροφίμων (ξηρή βάση).

2.3. ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΑΠΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

2.3.1. Ζωικά Υποπροϊόντα από Σφαγεία και Βιομηχανίες Μεταποίησης Κρεάτων

2.3.1.1. Αξιοποίηση για την Παραγωγή Ενέργειας

Η παραγωγή βιοαερίου μέσω της ΑΧ των ζωικών υποπροϊόντων (ΖΥΠ) είναι η πιο συνήθης πρακτική για την παραγωγή ενέργειας από ΖΥΠ. Ο Hamawand (2014) διερεύνησε σε λεπτομέρεια τη διεργασία της ΑΧ, διατυπώνοντας τρόπους προκειμένου να ξεπεραστούν οι δυσκολίες, οι οποίες σχετίζονται με την απόδοση της διεργασίας.

Από τα παραπροϊόντα σφαγείων, εκτός από την παραγωγή βιοαερίου, υπάρχει η δυνατότητα παραγωγής βιοντίζελ από λίπη, τα οποία περιέχονται σε αυτά. Οι Chakraborty et al. (2014) υποστηρίζουν ότι τα ζωικά λίπη αποτελούν μία εύκολα διαθέσιμη και πολύτιμη πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ με χρήση τεχνολογίας χαμηλού κόστους. Οι Banković-Ilić et al. (2014) επίσης παρουσίασαν τη δυνατότητα χρήσης απόβλητων ζωικών λιπών ως πρώτη ύλη χαμηλού κόστους για την παραγωγή βιοντίζελ.

Άλλη εναλλακτική χρήση των παραπροϊόντων ζωϊκής προέλευσης είναι η αξιοποίηση των κρεατάλευρων στην τσιμεντοβιομηχανία. Οι Uson et al. (2013) διερεύνησαν τη χρήση εναλλακτικών καυσίμων και πρώτων υλών για την παραγωγική διαδικασία τσιμέντου περιλαμβανόμενης, μεταξύ άλλων, της χρήσης των κρεατάλευρων. Η τσιμεντοβιομηχανία αντιπροσωπεύει έναν από τους πιο ενεργοβόρους καταναλωτές παγκοσμίως, η ανάγκη, επομένως, για μείωση της κατανάλωσης των ορυκτών καυσίμων σε συνδυασμό με την αναγκαιότητα ασφαλούς

διάθεσης του μεγάλου κλάσματος των κρεατάλευρων, συνέτειναν ώστε να εισαχθεί η χρήση των κρεατάλευρων στις τσιμεντοδιεργασίες.

2.3.1.2. Αξιοποίηση για την Παραγωγή Νέων Προϊόντων

Καθώς η κατανάλωση κρέατος αυξάνεται συνεχώς, ενώ παράλληλα μειώνεται η ζήτηση για μικρότερης αξίας προϊόντα, αυξάνεται και η ποσότητα των παραπροϊόντων κρέατος που προκύπτουν από τα σφαγεία. Σύμφωνα με τους Mirabella et al. (2014), οι πρωτεΐνες είναι τα περισσότερα εξαγόμενα συστατικά.

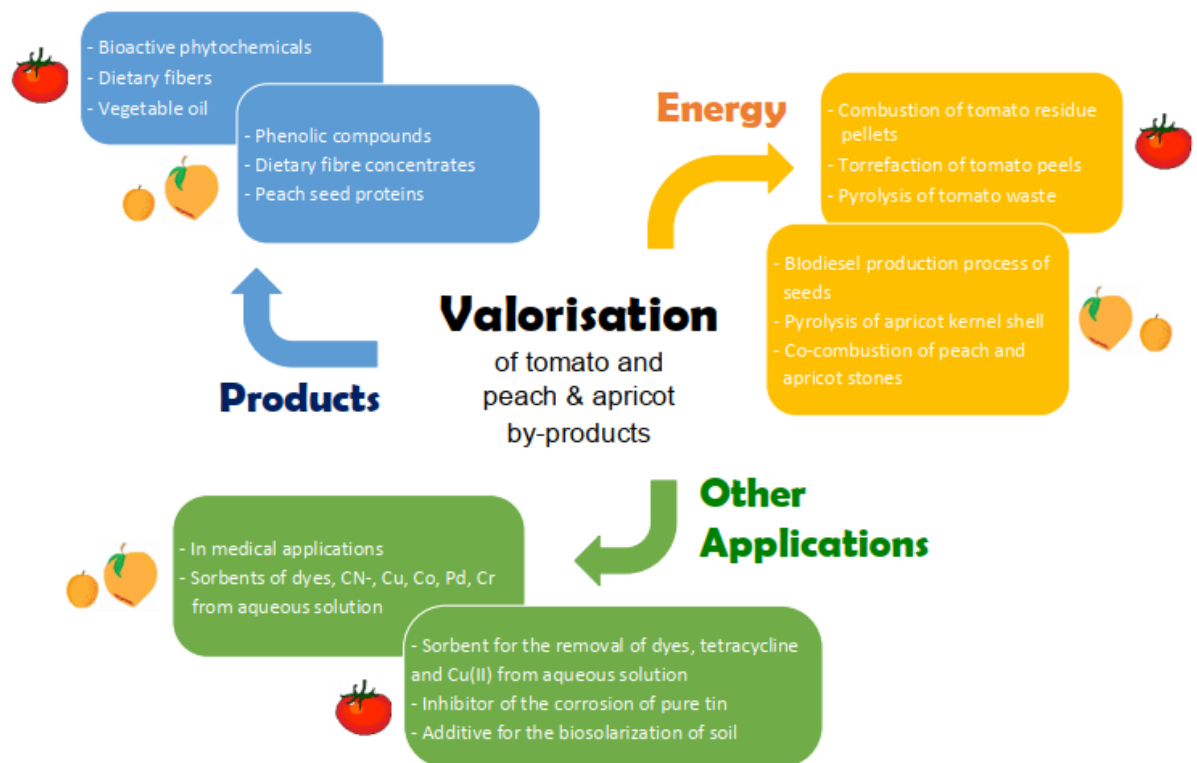
Οι μελέτες, οι οποίες αφορούν πρωτεϊνούχες ουσίες, όπως βιοενεργά πεπτίδια, υδρολύματα πρωτεϊνών, κερατίνη, κολλαγόνο και ζελατίνη, συγκροτούν την πιο πολυάριθμη κατηγορία. Οι αναφορές, μεταξύ άλλων, περιλάμβαναν την εφαρμογή των πρωτεϊνών για ιατρικές και φαρμακευτικές χρήσεις, καθώς και μεθόδους για την ανάκτηση και εξαγωγή τους (Mora et al., 2014; Lafarga and Hayes, 2014; Chojnacka et al., 2011; Gómez-Guillén et al., 2011; Lasekan et al., 2013; Bah et al., 2013; Murali et al., 2011).

Η χρήση των παραπροϊόντων για την εξυγίανση ρυπασμένων περιοχών είναι μία άλλη εφαρμογή η οποία έχει κερδίσει μεγάλη προσοχή από την ερευνητική κοινότητα (Nzihou & Sharrock 2010). Οι Nzihou and Sharrock (2010) έκαναν μία ανασκόπηση της αποτελεσματικότητας επεξεργασίας στερεών και υγρών αποβλήτων, ρυπασμένων από βαρέα μέταλλα, με φωσφορικό ασβέστιο. Με βάση τους μελετητές, οι διεργασίες του φωσφορικού ασβεστίου και του απατίτη μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε βιομηχανικές εφαρμογές, παρέχοντας μία σχετικά νέα οδό αξιοποίησης των ΖΥΠ.

Τέλος, οι Uson et al. (2013) ανέδειξαν τη χρήση κρεατάλευρων ως μία εναλλακτική πρώτη ύλη για τη τσιμεντοβιομηχανία και τον κλάδο των κατασκευών. Οι εφαρμογές, που έχουν καταγραφεί, περιλαμβάνουν τη χρήση τέφρας κλιβάνου κρεατάλευρων στα κονιάματα, ως υποκατάστατο της άμμου και στην παραγωγή τούβλων και κεραμικών υλικών.

2.3.2. Απόβλητα από Βιομηχανίες Μεταποίησης Φρούτων και Λαχανικών

Η εν λόγω υποενότητα παρουσιάζει το φάσμα των επιλογών αξιοποίησης των αποβλήτων από φρούτα και λαχανικά από βιομηχανίες μεταποίησης φρούτων. Το Σχήμα 2.3 περιλαμβάνει το εύρος των επιλογών αξιοποίησης – για την παραγωγή προϊόντων, ενέργειας ή για άλλες εφαρμογές - των παραπροϊόντων τομάτας, ροδάκινου και βερίκοκου, τα οποία προέρχονται από τις αντίστοιχες βιομηχανίες επεξεργασίας.



Σχήμα 2.3 Δυνατότητες αξιοποίησης των παραπροϊόντων τομάτας, βερίκοκου και ροδάκινου, τα οποία προέρχονται από τις αντίστοιχες βιομηχανίες μεταποίησης με βάση πρόσφατα ερευνητικά άρθρα για την παραγωγή προϊόντων, ενέργειας ή για άλλες εφαρμογές (Valta et al., 2016)

2.3.2.1. Αξιοποίηση για την Παραγωγή Ενέργειας

Τα απόβλητα τομάτας έχουν χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας. Οι Toscano et al. (2015) διενέργησαν φρύξη (torrefaction) φλοιών τομάτας σε διαφορετικούς χρόνους παραμονής και θερμοκρασίες φρύξης. Γενικά, η διεργασία μειώνει τα πτητικά και παράγει ένα υλικό, τύπου καυσίμου, με υψηλή περιεκτικότητα άνθρακα, καθιστώντας, το τελικό, μετά τη φρύξη, προϊόν πιο κατάλληλο για

περαιτέρω ενεργειακές εφαρμογές. Οι Rossini et al. (2013) συνέλεξαν και ανέλυσαν διαφορετικά είδη παραπροϊόντων τομάτας (νωπά και ξηρά υπολείμματα, δείγματα καρπών, δείγματα ελαίων από καρπούς και δείγματα ελαιοπυρήνων) και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα ξηρά υπολείμματα της βιομηχανίας επεξεργασίας τομάτας μπορούν να αποτελέσουν ένα κατάλληλο στερεό βιοκαύσιμο για ενεργειακή αξιοποίηση. Παρ' όλα αυτά, εξαιτίας της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε άζωτο είναι προτιμότερο αυτά τα βιοκαύσιμα να χρησιμοποιούνται σε μεγάλου μεγέθους μονάδες παραγωγής ενέργειας, στις οποίες η διαχείριση τέτοιων ζητημάτων είναι καλύτερη και πιο ελεγχόμενη.

Εκτός από τα απόβλητα τομάτας κι όσον αφορά στην παραγωγή ενέργειας, τα μέρη των παραπροϊόντων ροδάκινου και βερίκοκου, τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν είναι οι πυρήνες και οι σπόροι. Οι Fan et al. (2016) εξέτασαν τη δυνατότητα παραγωγής βιοντίζελ από σπόρους σιβηρικού βερίκοκου (*Prunus sibirica* L.). Σύμφωνα με την έρευνα, όταν οι καρποί συλλέγονται 8 - 10 εβδομάδες μετά την άνθηση, οι παραγόμενοι μεθυλεστέρες του βερίκοκου, είναι πιο κοντά στις προδιαγραφές που τίθενται στα πρότυπα χρήσης του βιοντίζελ. Επομένως, το συγκεκριμένο είδος σπόρου μπορεί, υπό τις εξετασθείσες συνθήκες, να είναι κατάλληλο για την παραγωγή βιοντίζελ.

Οι De Menna et al. (2015) διερεύνησαν τις επιπτώσεις επιχείρησης μεταποίησης βρώσιμων πρώτων υλών, η οποία στηρίζεται στα ορυκτά καύσιμα, και αξιολόγησαν τα πιθανά πλεονεκτήματα, τα οποία μπορεί να εμφανιστούν από την παραγωγή βιοενέργειας, με τη χρήση νέκταρ ροδάκινου. Συγκρίθηκαν δύο σενάρια μέσω της προσέγγισης της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής από τα οποία προέκυψε ότι ειδικά για την παραγωγή σακχάρων και γλυκόζης, η μεγάλη επιβάρυνση προέρχεται από τη χρήση γης. Παρ' όλα αυτά, αποδείχτηκε ότι η ενσωμάτωση της βιοενέργειας θα μπορούσε να αφήσει περιθώριο μείωσης του συγκεκριμένου κόστους κατά 13 - 15%.

Οι Joshi et al. (2012) τονίζουν ότι τα πολτοποιημένα υπολείμματα μήλου έχουν υψηλό ποσοστό απλών σακχάρων και πολυσακχαριτών και για το λόγο αυτό αποτελεί υπόστρωμα για βιομετατροπή σε αιθανόλη. Ο συνηθέστερα χρησιμοποιούμενος μικροοργανισμός για την παραγωγή βιοαιθανόλης είναι η ζύμη *S. Cerevisiae* λόγω της ικανότητάς της για υψηλή απόδοση αιθανόλης.

Οι Magyar et al. (2016) εξέτασαν τη μετατροπή σε αιθανόλη του πολτού υπολειμμάτων από την χυμοποίηση μήλων με τη χρήση διαφορετικών μεθόδων προκατεργασίας. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν χωρίς να έχει γίνει προεπεξεργασία ήταν καλύτερα ή παρόμοια σε σύγκριση με εκείνα που επιτεύχθηκαν ύστερα από όξινη και αλκαλική προεπεξεργασία.

Εκτός από τα απορρίμματα μήλου, ένα άλλο απόβλητο κατά την παραγωγή χυμών είναι τα απορρίμματα πορτοκαλιού. Τα απορρίμματα φλοιού πορτοκαλιού περιλαμβάνουν τα υπολείμματα επεξεργασίας από την παραγωγή χυμού πορτοκαλιού όπως οι φλούδες, οι ίνες, οι πυρήνες, οι σπόροι κ.ά. Εκτιμάται ότι τα απορρίμματα πορτοκαλιού είναι περίπου 50 – 60 % του συνολικού βάρους των καρπών (Wilkins et al. 2007).

Τέλος, ένα άλλο παραπροϊόν προς αξιοποίηση προκύπτει από τη βιομηχανία μεταποίησης πατάτας για την παραγωγή προϊόντων διατροφής, όπως τα πατατάκια, οι πατάτες τηγανητές και η σκόνη πουρέ (Arapoglou et al. 2010, Kawa-Rygielska et al. 2012). Τα απόβλητα επεξεργασίας πατάτας είναι πλούσια σε άμυλο, καθώς και σε άλλους υδατάνθρακες και ως εκ τούτου αποτελούν κατάλληλο υπόστρωμα για την παραγωγή βιοαιθανόλης. Η πλέον ευρέως εφαρμοζόμενη μέθοδος για παραγωγή αιθανόλης από απόβλητα πατάτας είναι η υγροποίηση και η σακχαροποίηση ακολουθούμενη από ζύμωση με ζυμομύκητες *Saccharomyces* (Arapoglou et al. 2010).

2.3.2.2. Αξιοποίηση για την Παραγωγή Νέων Προϊόντων

Η βιομηχανική επεξεργασία τομάτας έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή παραπροϊόντων τα οποία περιέχουν πολύτιμα βιοενεργά συστατικά τα οποία μπορούν να ανακτηθούν και να αξιοποιηθούν περαιτέρω για την παραγωγή προϊόντων προστιθέμενης αξίας. Από τη σκοπιά της αξιοποίησης, το πιο σημαντικό στοιχείο της τομάτας είναι η υψηλή περιεκτικότητα της σε καροτενοειδή, τα οποία μπορούν να βρουν εφαρμογή σε μία ευρεία κλίμακα βιομηχανικών τομέων, όπως είναι ο τομέας των καλλυντικών, η βιομηχανία τροφίμων και ο φαρμακευτικός τομέας.

Τα καροτενοειδή των αποβλήτων τομάτας μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως θρεπτικά συστατικά, τα οποία μειώνουν τους κινδύνους υγείας που προκαλούνται

από οξειδωτικές βλάβες (π.χ. καρκίνος). Τονίστηκε επίσης ότι απαιτείται περισσότερη *in vivo* έρευνα ώστε να επαληθευτούν τα πραγματικά πλεονεκτήματα και η βιοδιαθεσιμότητα των εκχυλισμάτων τομάτας (Stajčič et al. 2015). Οι Kalogeropoulos et al. (2012) ανέλυσαν διάφορα βιοδραστικά συστατικά (στερόλες, τοκοφερόλες, καροτενοειδή, πολυφαινόλες) παραπροϊόντων τομάτας και ανεπεξέργαστων τομάτων, εκτιμώντας επιπλέον την ικανότητα αναγωγής των ελευθέρων ριζών. Τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν ότι τα περισσότερα συστατικά παρουσιάζουν αντιοξειδωτική δράση, με αποτέλεσμα τα παραπροϊόντα τομάτας να μπορούν να αξιοποιηθούν ως πρόσθετα πλούσια σε αντιοξειδωτικά. στην βιομηχανία τροφίμων. Επίσης, ο φλοιός τομάτας μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο διευκολύνοντας τις προσπάθειες εφαρμογή δίαιτας εξαιτίας των συστατικών του, τα οποία μπορούν να εμπλουτίσουν άλλα προϊόντα διατροφής με αντιοξειδωτικά συστατικά (Elbadrawy and Sello, 2011). Τέλος, οι Četković et al. (2012) εξέτασαν την αντιοξειδωτική και αντιπολλαπλασιαστική δράση εκχυλισμάτων τομάτας, τα οποία προέκυψαν μετά από εκχύλιση σε τρία στάδια με χρήση αιθανόλης, ακολουθούμενη από μία διεργασία εξάτμισης υπό πίεση. Από τα αποτελέσματα των πειραματικών μετρήσεων, προέκυψε πως τα απόβλητα τομάτας μπορούν να αποτελέσουν μία δυνητική φαρμακοδιατροφική πηγή, ικανή να παράσχει σημαντικά χαμηλού κόστους, συμπληρώματα διατροφής.

Η βιομηχανία επεξεργασίας ροδάκινων και βερίκοκων είναι άλλος ένας υποσχόμενος τομέας για την ανάπτυξη, εφαρμογή και προώθηση πρακτικών αξιοποίησης. Στο γενικό πλαίσιο παραγωγής νέων τύπων προϊόντων, οι Mokrani et al. (2016) δοκίμασαν διάφορες ποικιλίες ροδάκινων ως προς την περιεκτικότητα σε φαινολικά συστατικά και το βιοενεργό δυναμικό τους και ανακάλυψαν ότι τα φαινολικά συστατικά συνεισφέρουν σε πολύ μεγάλο βαθμό στη αντιοξειδωτική ικανότητα των εκχυλισμάτων ροδάκινου.

Όπως με τα προϊόντα τομάτας, πρέπει να εφαρμοστούν αποτελεσματικές τεχνικές εκχύλισης προκειμένου να γίνει η αξιοποίηση των πολύτιμων συστατικών που περιέχονται στα παραπροϊόντα ροδάκινου και βερίκοκου (Zaghdoudi et al., 2015; Gupta and Sharma, 2009).

2.3.2.3. Αξιοποίηση για άλλες Εφαρμογές

Τα συστατικά των αποβλήτων τομάτας μπορούν να έχουν κι άλλες χρήσεις, που συνδέονται κυρίως με τεχνικές και εφαρμογές απολύμανσης. Οι Saygılı and Güzel (2016) παρήγαγαν ενεργό άνθρακα από απόβλητα τομάτας μέσω χημικής ενεργοποίησης με $ZnCl_2$. Τα αποτελέσματα υπέδειξαν ότι ο ενεργός άνθρακας, από τομάτα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην προσρόφηση βαφών και σε άλλες περιβαλλοντικές εφαρμογές. Εκτός από τις ιδιότητες προσρόφησης, τα παραπροϊόντα τομάτας μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αναστολείς διάβρωσης όπως διερευνήθηκε από τους Nincevi Grassino et al. (2016).

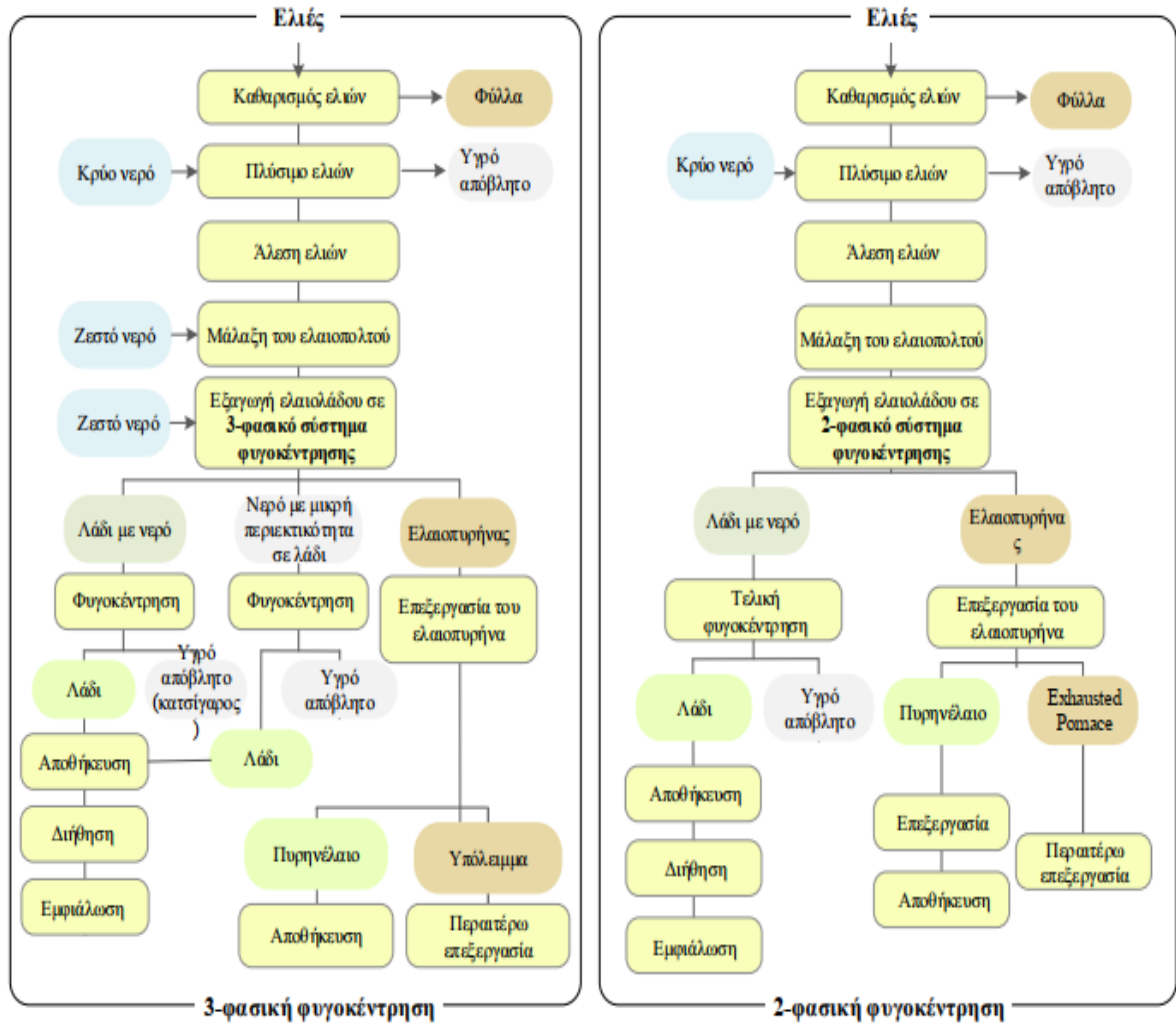
Οι λοιπές χρήσεις, από την αξιοποίηση των παραπροϊόντων ροδάκινου και βερίκοκου είναι πολυάριθμες και σχετίζονται κυρίως με ιατρικές εφαρμογές ή την απομάκρυνση ρύπων και άλλων ανεπιθύμητων ουσιών από υδατικά διαλύματα μέσω προσρόφησης σε ενεργό άνθρακα (Li et al., 2016; Noratto et al. 2014 ; Zhang et al. 2011; Torrellas et al., 2015; Djilani et al.,2015; Marković et al. 2015). Αρκετές μελέτες έχουν επικεντρωθεί στην απομάκρυνση συγκεκριμένων χημικών στοιχείων, όπως το κυανίδιο, ο χαλκός, το κοβάλτιο, ο μόλυβδος και το χρώμιο (Derpci et al., 2014; Abbas et al., 2014; Mouni et al.,2011; Petrova et al.,2010; Duranoglu et al. 2010).

2.3.3. Απόβλητα Ελαιοτριβείου-Ελαιοπυρήνας

Στην υπενότητα αυτή θα εξεταστεί το στερεό απόβλητο, ελαιοπυρήνας, ο οποίος προκύπτει μετά τη διαδικασία της εξαγωγής του ελαιόλαδου στα ελαιοτριβεία (βλ. Σχήμα 2.4)

2.3.3.1. Αξιοποίηση για την Παραγωγή Ενέργειας

Τα οργανικά απόβλητα από την παραγωγή ελαιόλαδου έχουν μελετηθεί ερευνητικά για την παραγωγή βιο- υδρογόνου. Οι διαδικασίες που αναπτύσσονται για την παραγωγή βιο-υδρογόνου είναι ζυμώσεις ενός και δύο σταδίων (Dermeche et al., 2013; Ntaikou et al.,2009 ;Koutrouli et al., 2006).



Σχήμα 2.4 Παραγωγική διαδικασία ελαιόλαδου με φυγοκέντρωση 3-φάσεων και 2-φάσεων

Τα τελευταία χρόνια τα συστήματα αναερόβιας χώνευσης δύο σταδίων φαίνεται να αποτελούν μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική έναντι των συστημάτων ενός σταδίου. Η εφαρμογή της ΑΧ δύο σταδίων που εφαρμόστηκε σε διφασική φυγοκέντρωση (Ε2Φ) είχε ως αποτέλεσμα τη σταθεροποίηση του αποβλήτου και την επίτευξη υψηλής απόδοσης σε μεθάνιο (0,268 LCH₄/g COD που καταναλώθηκε) (Rincón et al. 2010). Οι Fezzani and Ben Cheiky (2010) μελέτησαν την ΑΧ σε δύο φάσεις για την επεξεργασία ενός μείγματος κασιίγαρου και ελαιοπυρήνα χρησιμοποιώντας δύο διαδοχικούς ημισυνεχής βιοαντιδραστήρες που λειτουργούσαν σε μεσόφιλη θερμοκρασία. Το πρώτο στάδιο (οξεογένεση) διεξήχθη σε HRT 14 και 24 ημερών, που αντιστοιχούσε σε ρυθμό οργανικής φόρτισης από 5,54 έως 14 g COD/L ανά ημέρα. Το δεύτερο στάδιο (μεθανοποίηση) διεξήχθη σε HRT 18,

24 και 36 ημερών, που αντιστοιχούσε σε ρυθμούς οργανικής φόρτισης από 2,28 έως 9,17 g COD/L/ημέρα. Οι συγκεντρώσεις VFA αυξήθηκαν με αύξηση του HRT ή με αύξηση της συγκέντρωσης τροφοδοσίας. Η παραγωγικότητα του μεθανίου διπλασιάστηκε (32 L/L) σε σύγκριση με τον μονοφασικό αντιδραστήρα.

Το βιοντίζελ μπορεί να χρησιμοποιηθεί έναντι του συμβατικού ορυκτού πετρελαίου αποτελώντας παράλληλα μία μη-τοξική, βιοαποικοδομήσιμη και ανανεώσιμη πηγή καυσίμων (Dermeche et al. 2013). Οι ερευνητές έχουν στραφεί πρόσφατα στην εκμετάλλευση των παραπροϊόντων ελαιόλαδου και τη βιομετατροπή τους σε βιοντίζελ. Οι Yücel (2011) ερεύνησαν την παραγωγή βιοντίζελ από πυρηνέλαιο (olive cake oil) χρησιμοποιώντας λιπάση από *Thermomyces lanuginosus* ακινητοποιημένη σε ενεργοποιημένη, με πολυγλουταρική αλδεϋδη, σκόνη ελαιοπυρήνα. Υπό βελτιστοποιημένες συνθήκες, η μέγιστη απόδοση βιοντίζελ ήταν περίπου 93 % (25 °C) μετά από 24 ώρες.

2.3.3.2. Αξιοποίηση για την Παραγωγή Νέων Προϊόντων

Τα παραπροϊόντα ελαιόλαδου μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υπόστρωμα για την παραγωγή βιομηχανικών ενζύμων από ζύμες και νηματοειδείς μύκητες (Aguilera et al. 2008). Τα κύρια ένζυμα τα οποία λαμβάνονται από την επεξεργασία των παραπροϊόντων ελαιόλαδου με μύκητες, είναι οι λιπάσες, οι λακκάσες, οι περοξειδάσες εξαρτώμενες από το μαγγάνιο και οι πηκτινάσες. Ο ελαιοπυρήνας έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για την παραγωγή λιπασών με τη χρήση θερμοσταθερών καλλιεργειών των μυκήτων *Rhizomucor pusillus* και *Rhizopus rhizopodiformis* (Cordova et al. 1998).

Ένα άλλο προϊόν, το οποίο μπορεί να παραχθεί από πυρήνα ελιάς είναι ο ενεργός άνθρακας, ο οποίος μπορεί να βρει εφαρμογή στην απομάκρυνση βαφών (Najar-Souissi et al. 2005), οσμών, γεύσεων και ρυπογόνων ουσιών όπως το αρσενικό (Budinova et al. 2006) ή το αλουμίνιο (Ghazy et al. 2006) από το νερό (Spahis et al. 2008, Spahis et al. 2007). Σε άλλες μελέτες έχει διερευνηθεί η χρήση ενεργού άνθρακα, παρασκευασμένου από πυρήνα ελιάς, ως βιοροφητή ιόντων βαρέων μετάλλων (Aziz et al. 2009; Blázquez et al. 2009). Πιο πρόσφατα, οι Martin-Lara et al.

(2012) ανέφεραν ότι ο πυρήνας ελιάς, μετά από όξινη επεξεργασία, είναι ένας καλός βιοροφητής για την απομάκρυνση μολύβδου από υγρά απόβλητα.

Ο τομέας των καλλυντικών θα μπορούσε επίσης να αποτελέσει ένα ενδιαφέρον πεδίο εφαρμογής για τα παραπροϊόντα ελαιόλαδου στο μέλλον. Το κουκούτσι ελιάς έχει προσφάτως ενσωματωθεί αποτελεσματικά σε συνθέσεις καλλυντικών προϊόντων, εξαιτίας των ιδιοτήτων διόγκωσής του. Τέλος, όσον αφορά τις μη-βιολογικές εφαρμογές, οι οποίες περιγράφονται στη βιβλιογραφία, τα παραπροϊόντα ελαιόλαδου έχουν χρησιμοποιηθεί ως πολυόλες, για την παραγωγή πολυουρεθάνης. Πρόσφατη μελέτη ανέφερε τη χρήση των κουκουτσιών ελιάς στη σύνθεση πολυουρεθανών και πολυεστέρων, ανοίγοντας καινούριες προοπτικές για την αξιοποίηση του συγκεκριμένου παραπροϊόντος (Matos et al. 2010).

3. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΠΑΡΑΘΕΝΤΩΝ ΠΕΛΛΕΤ

3.1. ΉΠΙΑ ΠΥΡΟΛΥΣΗ Ή ΤΟΡΟΠΟΙΗΣΗ (TORREFACTION)

Η τοροποίηση ή ήπια πυρόλυση μεταβάλλει τις ιδιότητες της βιομάζας με αργή θέρμανση σε κλειστό χώρο, απουσία οξυγόνου, περίπου στους 300°C. Ονομάζεται και ήπια πυρόλυση μιας και αφαιρούνται σε μεγάλο βαθμό οι καπνογόνες και πτητικές ενώσεις, δίνοντας ένα προϊόν που έχει το 70% του αρχικού βάρους και αυξημένο ενεργειακό περιεχόμενο, κατά 20-25% σε σχέση με το αρχικό δείγμα. Έτσι παράγεται ένα ομοιόμορφο στερεό προϊόν με χαμηλότερη υγρασία και υψηλότερη θερμιδική αξία από την αρχική βιομάζα.

Η ήπια πυρόλυση (torrefaction) έχει διερευνηθεί ως μία διεργασία προεπεξεργασίας της υπολειμματικής βιομάζας με κύριο στόχο την αναβάθμιση της θερμαντικής της αξίας. Η δυνατότητα κατασκευής πέλλετ από το αναβαθμισμένο αυτό προϊόν, αποτελεί ένα επιπλέον βήμα που διευρύνει το πεδίο εφαρμογών της, καθώς σε μορφή πέλλετ μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως πρώτη ύλη υψηλής ποιότητας για τη διαδικασία της αεριοποίησης προς παραγωγή επίσης υψηλής ποιότητας αερίου σύνθεσης (syngas), είτε ως υποκατάστατο του άνθρακα - λιγνίτη σε θερμοηλεκτρικές μονάδες και μεταλλουργικές διεργασίες.

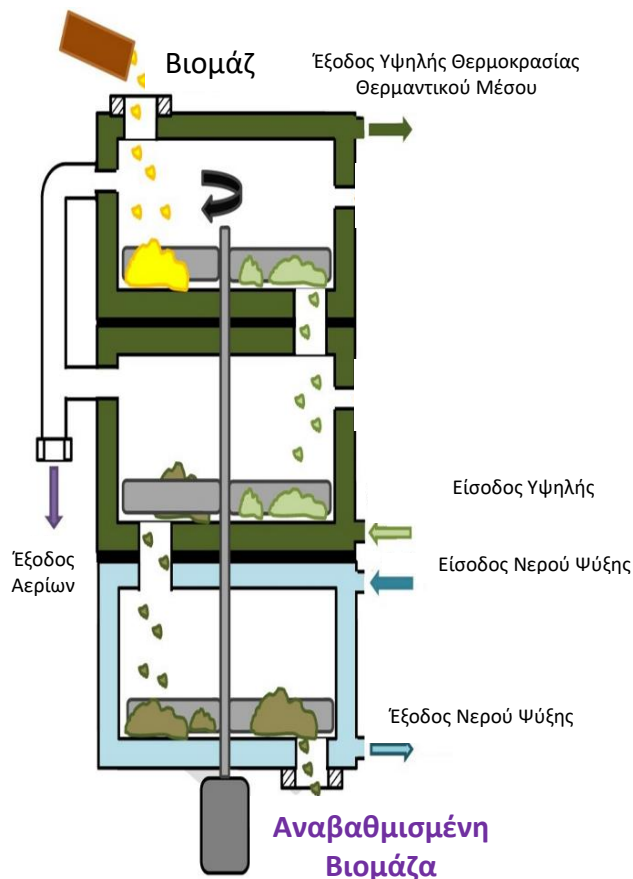
Οικονομικά στοιχεία, τα οποία βασίζονται σε πειραματικά δεδομένα εργαστηριακής κλίμακας, έδειξαν ότι το συνολικό κόστος παραγωγής, μεταφοράς, αποθήκευσης και χρήσης των αναβαθμισμένων και πυροσυσσωματωμένων πέλλετ, μπορεί να είναι χαμηλότερο από εκείνο των συνηθισμένων πέλλετ της ευρωπαϊκής αγοράς. Δεν είναι τυχαίο λοιπόν, που τα τελευταία χρόνια η ήπια πυρόλυση (torrefaction) έχει προσελκύσει μεγάλο ενδιαφέρον τόσο από τον ακαδημαϊκό χώρο, όσο και από τη βιομηχανία βιοενέργειας.

Συγκεκριμένα, στην Ελλάδα υπάρχει μεγάλο φάσμα υπολειμματικής βιομάζας τόσο δασικής όσο και καλλιεργητικής, η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί μέσω της ενεργειακής αναβάθμισης.

3.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΗΠΙΑΣ ΠΥΡΟΛΥΣΗΣ

Η ήπια πυρόλυση πραγματοποιείται σε τρία βασικά στάδια, τα οποία αποτελούν το κύριο μέρος της διεργασίας. Αντίστοιχα, η πιλοτική μονάδα ήπιας πυρόλυσης του Ινστιτούτου Χημικών Διεργασιών και Ενεργειακών Πόρων (ΙΔΕΠ) απαρτίζεται από τρία επιμέρους τμήματα.

Στα δύο πρώτα στάδια πραγματοποιείται η θέρμανση του υλικού, ενώ στο τρίτο πραγματοποιείται η ψύξη του. Τα τρία μέρη της πιλοτικής μονάδας διαχωρίζονται με θύρες. Η είσοδος της βιομάζας στη διεργασία πραγματοποιείται μέσω του δοχείου τροφοδοσίας, ενώ κατάλληλοι αναδευτήρες (mixers) χρησιμοποιούνται για την εξασφάλιση ομοιόμορφων συνθηκών λειτουργίας. Η ύπαρξη δύο αντλιών εξασφαλίζει την ανακυκλοφορία του λαδιού θέρμανσης και του νερού ψύξης. Στο Σχήμα 3.1 φαίνεται η πιλοτική μονάδα, η οποία είναι εγκατεστημένη στο ΙΔΕΠ/ΕΚΕΤΑ.



Σχήμα 3.1 Σχηματική επεξήγηση διεργασίας (αριστερά) και πιλοτική μονάδα ήπιας πυρόλυσης ΙΔΕΠ/ΕΚΕΤΑ στην Πτολεμαΐδα (δεξιά)

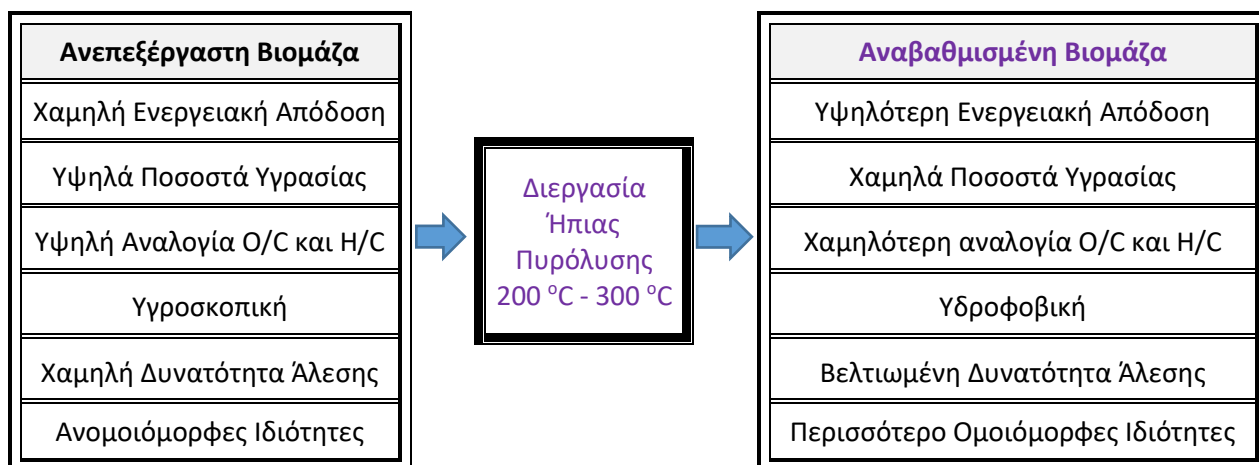
Με μία απλή διεργασία, όπως αυτή της ήπιας πυρόλυσης, επιτυγχάνεται αύξηση της θερμογόνου δύναμης της υπολειμματικής βιομάζας και σε συνδυασμό με την πελλετοποίηση αποτελούν μία καινοτόμα προσέγγιση για την αναβάθμιση ενός υλικού, του οποίου η αξία δεν ήταν ευρέως γνωστή μέχρι πριν από κάποιες δεκαετίες.

Χωρίς να απαιτείται κάποια επιπρόσθετη επεξεργασία, το υλικό τοποθετείται στην πιλοτική μονάδα τριών φάσεων (Σχήμα 3.1). Αρχικά, υπόκειται μία πρώτη φάση ξήρανσης. Ακολούθως, μεταφέρεται στο δεύτερο επίπεδο της μονάδας, στο οποίο η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή στους 220°C για 3 ώρες. Το προϊόν, το οποίο προκύπτει μετά την ήπια πυρόλυση, καθώς και το αρχικό δείγμα φαίνεται στο Σχήμα 3.2.



Σχήμα 3.2 Σύγκριση αρχικού δείγματος (δεξιά) και αναβαθμισμένου δείγματος, έπειτα από τη διεργασία ήπιας πυρόλυσης (αριστερά).

Το τελικό προϊόν, το οποίο προκύπτει μετά την διεργασία της ήπιας πυρόλυσης αναβαθμίζεται σημαντικά, με δεδομένο ότι εμφανίζει χαμηλότερα ποσοστά υγρασίας καθώς και μικρότερη αναλογία Οξυγόνου προς Άνθρακα (O/C) και Υδρογόνου προς Άνθρακα (H/C) όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.3.



Σχήμα 3.3 Σύγκριση Ανεπεξέργαστης και Αναβαθμισμένης Βιομάζας

3.3. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΠΕΛΛΕΤ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΗΠΙΑ ΠΥΡΟΛΥΣΗ

Στο δείγμα πέλλετ (Δείγμα Β), το οποίο προήλθε από την διαδικασία πελλετοποίησης που πραγματοποιήθηκε στον Δήμο Νάξου και Μικρών Κυκλάδων, εφαρμόστηκε η διαδικασία της ήπιας πυρόλυσης, η οποία έχει αναλυτικά περιγραφεί στις προηγούμενες παραγράφους. Στο δείγμα, το οποίο προέκυψε μετά την εφαρμογή της διαδικασίας της ήπιας πυρόλυσης πραγματοποιήθηκε σειρά φυσικοχημικών αναλύσεων που περιγράφηκαν σε προηγούμενο παραδοτέο του έργου (Παραδοτέο 5.2.1) . Τα αποτελέσματα των αναλύσεων συνοψίζονται για λόγους πληρότητας στο Παράρτημα.

Με στόχο την ανάδειξη της αναβάθμισης των πελλετ που επιτυγχάνεται με την διεργασία της ήπιας πυρόλυσης και στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των φυσικοχημικών αναλύσεων των παρακάτω τριών δειγμάτων πέλλετ, δύο δειγμάτων πέλλετ όπως αυτά προέκυψαν μετά την πελλετοποίηση και ενός τρίτου το οποίο έχει υποστεί ποιοτική αναβάθμιση μέσω της τοροποίησης. Ειδικότερα τα δείγματα πέλλετ που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής:

Δείγμα 1: Δείγμα πέλλετ που παρασκευάστηκε στο εργαστήριο του ΙΔΕΠ/ΕΚΕΤΑ Πτολεμαΐδας το Σεπτέμβριο του 2019 με τον εργαστηριακό πελλετοποιητή Α. Kahl με αναλογία 40% γεωργικά υπολείμματα, 20% βιοαπόβλητα και 40% πυρηνόξυλο (Δείγμα 7 του Παραδοτέου 5.2.1.)

Δείγμα 2: Δείγμα πέλλετ που παρασκευάστηκε στο Δήμο Νάξου και Μικρών Κυκλάδων τον Απρίλιο του 2020 με τον εμπορικό πελλετοποιητή AMP 200 f

χρησιμοποιώντας την ίδια αναλογία α'υλών δηλαδή 40% γεωργικά υπολείμματα, 20% βιοαπόβλητα και 40% πυρηνόξυλο (Δείγμα Β του Παραδοτέου 5.2.1).

Δείγμα 3: Αναβαθμισμένο δείγμα, κατόπιν ήπιας πυρόλυσης του Δείγματος 2, Ιούλιος 2020.

Πίνακας 3.1 Φυσικοχημικές ιδιότητες – Συγκριτικός πίνακας δειγμάτων 1, 2 και 3

Ιδιότητα		Δείγμα 1 (ΕΚΕΤΑ)	Δείγμα 2 (Νάξος, ανεπεξεργαστο)	Δείγμα 3 (Νάξος, αναβαθμισμένο)
Ολική Υγρασία (Ως έχει)		7,6%	10,6%	0,08 %
Μερική Υγρασία		5,6%	2,4%	0,06 %
Τέφρα, Α	Ως έχει	6,2%	6,1%	11,2 %
	Επί ξηρού	6,7%	6,8%	11,6 %
Μηχανική αντοχή, DU		92,0%	94,5%	89,9 %
Λεπτόκκοκο υλικό, F		2,5%	5,0%	42,0 %
Κατώτερη θερμογόνος δύναμη, Q	Ως έχει	3792,4 cal/gr	3766,1 cal/gr	5446,0 cal/gr
	Επί ξηρού	4152,8 cal/gr	4284,0 cal/gr	5671,2 cal/gr
Χύδην πυκνότητα, BD (Ως έχει)		757 kg/m ³	522 kg/m ³	449 kg/m ³
Άζωτο, N (Επί ξηρού)		1,28%	1,62%	2,22 %
Θείο, S (Επί ξηρού)		0,52%	0,18%	0,14 %
Χλώριο, Cl (Επί ξηρού)		0,42%	0,20%	0,35 %
Μόνιμος άνθρακας, Cc (Επί ξηρού)		48,39%	48,91%	63,39 %
Πτητικά, VM	Ως έχει	69,9%	67,1%	44,0 %
	Επί ξηρού	75,6%	75,1%	45,6 %
Συμπεριφορά τήξης τέφρας	Θερμοκρασία Συρρίκνωσης	622 °C	681 °C	677 °C
	Θερμοκρασία Παραμόρφωσης	1394 °C	1145 °C	1175 °C
	Θερμοκρασία Ημισφαιρίου	>1550 °C	1498 °C	>1550 °C
	Θερμοκρασία Ροής	>1550 °C	1512 °C	>1550 °C

Από τη σύγκριση των δειγμάτων 1 και 2, μπορεί να παρατηρήσει κανείς ότι μολονότι χρησιμοποιείται η ίδια αναλογία α' υλών για την παραγωγή των πέλλετ, στην πράξη καταγράφονται αρκετές διαφορές μεταξύ των δύο αυτών δειγμάτων. Ειδικότερα παρατηρείται πως το δείγμα πέλλετ της Νάξου και Μικρών Κυκλάδων εμφανίζει μεγαλύτερα ποσοστά υγρασίας, μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ανεπιθύμητο άζωτο αλλά και καλύτερη μηχανική αντοχή και θερμογόνο δύναμη σε σχέση με το αντίστοιχο εργαστηριακό δείγμα. Από την άλλη όμως έχει χαμηλότερη περιεκτικότητα σε θείο και χλώριο, όπως επίσης και σε πτητικά συστατικά, ενώ τα ποσοστά τέφρας των δύο δειγμάτων είναι παρόμοια. Γενικά, μπορεί να ειπωθεί πως παρά τις διαφορές που εμφανίζουν, το στερεό καύσιμο προερχόμενο από τον Δήμο Νάξου είναι καλύτερης ποιότητας.

Επιπλέον, θα πρέπει να σημειωθεί για μια ακόμη φορά ότι υψηλή θερμογόνο δύναμη των δειγμάτων είναι αντίστοιχη ή ακόμα και μεγαλύτερη από τις προδιαγραφές των πέλλετ βέλτιστης ποιότητας προερχόμενα από ξυλώδη υλικά (σε σχέση δηλαδή με τα πέλλετ της καλύτερης ποιότητας), γεγονός που επιβεβαιώνει την αξία τους ως στερεό καύσιμο. Ωστόσο, η υψηλή περιεκτικότητα στοιχείων όπως άζωτο, θείο και χλώριο, αλλά και η υψηλή περιεκτικότητα σε πτητικά συστατικά υποδηλώνουν την χρησιμοποίηση του ως καύσιμο βιομηχανικής χρήσης. Έτσι, μπορεί να ειπωθεί πως τα παραγόμενα στερεά καύσιμα ακόμη και αν δεν πληρούν τις προδιαγραφές για οικιακή χρήση μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές όπως οι εγκαταστάσεις παραγωγής τσιμέντου ή παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, ως υποκατάστατα των συμβατικών καυσίμων (δευτερογενή καύσιμα). Οι εν λόγω εγκαταστάσεις διαθέτουν συστήματα επεξεργασίας απαερίων και μπορούν τα αξιοποιήσουν τα προτεινόμενα εναλλακτικά βιοκαύσιμα.

Στη συνέχεια, στον Πίνακα 3.2 πραγματοποιείται η σύγκριση μεταξύ των δειγμάτων 2, και 3 δηλαδή του ίδιου δείγματος πέλλετ πριν και μετά την ήπια πυρόλυση. Όπως προκύπτει από τη σύγκριση των παραμέτρων αυτών, η ποιότητα του πέλλετ αναβαθμίστηκε σημαντικά με την εφαρμογή της ήπιας πυρόλυσης.

Συγκεκριμένα παρατηρείται πως η ήπια πυρόλυση του δείγματος πέλλετ οδήγησε σε πολύ μεγάλη μείωση (>2 τάξεις μεγέθους) της ολικής υγρασίας, αισθητή αύξηση των λεπτόκκοκων υλικών (από 5% σε 42%) και αύξηση κατά 32% της θερμογόνου δύναμης. Επιπλέον, καταγράφηκε μείωση των πτητικών συστατικών

(από 75% σε 45%) και αύξηση του άνθρακα (από 49% σε 63%). Τέλος, εξίσου σημαντική για την ποιότητα του τελικού προϊόντος είναι η μείωση του όγκου κατά 14 % (εκφραζόμενη από την χύδην πυκνότητα του) γεγονός που επιτρέπει την ευκολότερη μεταφορά του.

Πίνακας 3.2 Ερμηνεία αποτελεσμάτων ήπιας πυρόλυσης

Ιδιότητα		Δείγμα 2 (Νάξος)	Δείγμα 3 (Νάξος ήπια πυρόλυση)	Παρατηρήσεις
Ολική Υγρασία (Ως έχει)		10,6%	0,08 %	Αισθητή μείωση
Μερική Υγρασία		2,4%	0,06 %	
Μηχανική αντοχή, DU		94,5%	89,9 %	
Λεπτόκκοκο υλικό, F		5,0%	42,0 %	Αισθητή αύξηση
Κατώτερη θερμογόνο δύναμη, Q	Ως έχει	3766,1 cal/gr	5446,0 cal/gr	
	Επί ξηρού	4284,0 cal/gr	5671,2 cal/gr	Αύξηση κατά 32,4%
Χύδην πυκνότητα, BD (Ως έχει)		522 kg/m ³	449 kg/m ³	Μείωση όγκου κατά 14%
Άζωτο, N (Επί ξηρού)		1,62%	2,22 %	
Θείο, S (Επί ξηρού)		0,18%	0,14 %	
Χλώριο, Cl (Επί ξηρού)		0,20%	0,35 %	
Μόνιμος άνθρακας, Cc (Επί ξηρού)		48,91%	63,39 %	Αύξηση μόνιμου άνθρακα
Πτητικά, VM	Ως έχει	67,1%	44,0 %	
	Επί ξηρού	75,1%	45,6 %	Απομάκρυνση (μείωση) των πτητικών

4. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΒΙΟΑΠΟΒΛΗΤΟΥ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΝΑΞΟΥ ΚΑΙ ΜΙΚΡΩΝ ΚΥΚΛΑΔΩΝ

Για την εκτίμηση της δυνατότητας αξιοποίησης των βιοαπόβλητων για την λίπανση των καλλιεργειών του Δήμου Νάξου και Μικρών Κυκλάδων, πραγματοποιήθηκε μελέτη με στόχο των προσδιορισμό των τύπων καλλιεργειών που απαντώνται στα εν λόγω νησιά του δήμου.

4.1. ΤΥΠΟΙ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΣΤΟΝ Δ. ΝΑΞΟΥ ΚΑΙ ΜΙΚΡΩΝ ΚΥΚΛΑΔΩΝ

Το κλίμα των νησιών είναι κατά κύριο λόγο μεσογειακό, με σχετικά ήπιους χειμώνες και πολύ ζεστά καλοκαίρια. Η μέση ετήσια θερμοκρασία, η οποία καταγράφεται στον μετεωρολογικό σταθμό σε περιοχή του νησιού, ανέρχεται στους 18,32°C, ενώ οι μέσες μηνιαίες τιμές κυμαίνονται μεταξύ 12,14°C (Ιανουάριος) και 25,15°C (Ιούλιος). Η μέση ελάχιστη θερμοκρασία αέρα (9,45 °C) καταγράφεται το Φεβρουάριο, ενώ η μέση μέγιστη καταγράφεται τον Ιούλιο (27,18 °C). Αυτό που χαρακτηρίζει την Νάξο είναι ο διαχωρισμός της σε πεδινή και ορεινή. Το πεδινό τμήμα της ορίζεται περίπου από τον παλιό Δ. Νάξου, το οποίο καταλαμβάνει έκταση 126,96 τ. χλμ, και το ορεινό από τον παλιό Δ. Δρυμαλίας με έκταση 302.83 τ. χλμ. Στο ορεινό δεσπόζουν τα βουνά Ζας (1004 m) και Φανάρι (908 m) (<https://ecoanemos.files.wordpress.com>).

Ειδικότερα η Νάξος, εκτιμάται ότι αποτελεί ένα από τα πιο γόνιμα ελληνικά νησιά, λόγω της επάρκειας νερού, η οποία οφείλεται σε εκτεταμένες βροχοπτώσεις. Το τοπίο στην ανατολική και κυρίως στη βόρεια και βορειοανατολική ορεινή ζώνη χαρακτηρίζεται από τις μεγάλες κλίσεις των εδαφών και από την ύπαρξη των αναβαθμίδων- πεζούλων –τράφων, ένα αγροτικό σύστημα, αναγκαίο για την ύπαρξη της γεωργίας στις περιοχές αυτές. Λόγω του μεσογειακού κλίματος, καθώς και των επαρκών βροχοπτώσεων, η οικονομία του νησιού, βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην αγροτική καλλιέργεια, με γνωστά σε όλο τον ελλαδικό χώρο προϊόντα. Στα γεωργικά προϊόντα του νησιού περιλαμβάνονται η πατάτα – πατατόσπορος, το κρασί, το λάδι, τα κηπευτικά και τα φρούτα. Επίσης, παράγονται αρκετές ζωοτροφές οι οποίες χρησιμοποιούνται στην κτηνοτροφία. Στο νησί είναι ανεπτυγμένη η

αιγοπροβατοτροφία και η βοοτροφία, από τις οποίες παράγονται εξαιρετικής ποιότητας κρέας και τυριά (γραβιέρα Νάξου ΠΟΠ, αρσενικό τυρί, ξυνότυρο, γλυκιά και ξινή μυζήθρα, κ.λπ.). Η συνολική έκταση του νησιού είναι 431,9 χιλιάδες στρέμματα. Από αυτά τα 137,5 χιλιάδες στρέμματα είναι καλλιεργούμενες εκτάσεις και τα 68,5 χιλιάδες στρέμματα χρησιμοποιούνται ως βοσκότοποι (<https://ecoanemos.files.wordpress.com>).

Από τα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ 2008 προκύπτει ότι σε έκταση ≈ 3.000 στρεμμάτων καλλιεργούνται όλων των ειδών τα υπαίθρια κηπευτικά. Από τα στοιχεία των αιτήσεων της ενιαίας δήλωσης 2012 όμως φαίνεται να καλλιεργούνται μόνο 380 στρέμματα κηπευτικών. Κατά την εκτίμηση της Υπηρεσίας (Τμήμα Αγροτικής Οικονομίας Νάξου) καλλιεργούνται περίπου 1.000 στρέμματα υπαίθριων κηπευτικών όλων των ειδών (τομάτα, πιπεριά, αγγούρι, κολοκύθι, μελιτζάνα, φασολάκι, πεπόνι, καρπούζι, μαρούλι, λάχανο, κουνουπίδι, βλίτο κλπ). Στο νησί υπάρχουν 28,5 στρέμματα σύγχρονων θερμαινόμενων θερμοκηπίων με μεταλλικό σκελετό, τα οποία παράγουν κυρίως κηπευτικά είδη, όπως τομάτα και αγγούρι. Η μεγαλύτερη ποσότητα των κηπευτικών αυτών καταναλώνεται στη Νάξο. Πολύ μικρές ποσότητες κηπευτικών πωλούνται στην τοπική αγορά με αυξητική τάση καθώς όλο και περισσότεροι παραγωγοί αποφασίζουν να παράγουν κηπευτικά για κατανάλωση την τουριστική περίοδο. Παράγονται επίσης και αρκετές ποσότητες ξερό κρεμμύδι και ξερά φασόλια. Σε αρκετά χωριά συλλέγονται σπόροι για φύτευση, επιλογή από τις παλιές ντόπιες ποικιλίες, όπως κωμιακίτικο πολίτικο φασολάκι, κρεμμύδι, τομάτα, αγγούρι. Παρ' όλα αυτά μεγάλες ποσότητες κηπευτικών εισάγονται στο νησί όλο τον χρόνο. Η αμπελοκαλλιέργεια καταλαμβάνει μεγάλες εκτάσεις στην ορεινή κυρίως Νάξο, δηλαδή στην περιοχή Κορωνίδας κλπ. Από τα 5.646 στρέμματα που καλλιεργούνται τα 4.055 στρέμματα βρίσκονται στην ορεινή Νάξο (<https://ecoanemos.files.wordpress.com>). Το αμπέλι αξιοποιεί τις άγονες δύσβατες μη αρδευόμενες εκτάσεις που έχουν διαμορφωθεί σε αναβαθμίδες (πεζούλες, αχτιά), στις οποίες καλλιεργούνται ντόπιες οινοποιήσιμες ποικιλίες (Ποταμίσι, Μανδηλαριά Φωκιανό, Ασύρτικο, Αηδάνι κλπ). Η ελιά καλλιεργείται σε όλο το νησί σε έκταση 9.000 – 9.500 στρέμματα. Ο κυρίως ελαιώνας βρίσκεται στο κέντρο του νησιού, στο λεκανοπέδιο της Τραγαίας, το οποίο έχει ανακηρυχτεί και "Βυζαντινό

Πάρκο” (<https://ecoanemos.files.wordpress.com>). Τα ελαιόδενδρα είναι μεγάλης ηλικίας, ποικιλίας Θρουμπολιά.

Με βάση τα παραπάνω, είναι εμφανές ότι η οικονομία του Δήμου Νάξου και Μικρών Κυκλάδων, στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό στην αγροτική καλλιέργεια. Συνεπώς, η εφαρμογή τεχνικών που βασίζονται στην «πράσινη» κυκλική οικονομία, όπως είναι η χρήση λιπάσματος που προέρχεται από επεξεργασμένα βιοαπόβλητα, θα μπορούσε να ωφελήσει σε μεγάλο βαθμό την οικονομία των εν λόγω νησιών.

4.2. ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΟΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΙΠΑΝΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Όπως είναι γνωστό η λίπανση των αγροτικών καλλιεργειών με συμβατικά λιπάσματα είναι δυνατόν να οδηγήσει στον ευτροφισμό των επιφανειακών υδάτων λόγω της συσσωρευτικής αύξησης του αζώτου και του φωσφόρου.

Για τον λόγο αυτό, η ΕΕ όσο και η ευρωπαϊκή βιομηχανική οργάνωση λιπασμάτων συνιστούν την χρησιμοποίηση, στο πλαίσιο των αρχών της κυκλικής οικονομίας, ανανεώσιμων πρώτων υλών στην παραγωγή λιπασμάτων. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει θέσει ως στόχο τη μείωση κατά 30% των μη ανανεώσιμων πόρων στην παραγωγή λιπασμάτων. Για την επίτευξη του παραπάνω στόχου πρωτεύοντα ρόλο μπορεί να παίξει η αξιοποίηση της υπολειμματικής βιομάζας, ενώ ταυτόχρονα απαιτείται και η επιβολή αντικινήτρων για τη χρήση μη ανανεώσιμων πρώτων υλών. Έτσι, ορισμένες από τις πρώτες ύλες πρέπει να αντικατασταθούν με υπολειμματική βιομάζα, η οποία σε διαφορετική περίπτωση θα απορριπτόταν στο περιβάλλον (Scholtz, 2017).

Η χρήση των βιοαποβλήτων ως λίπασμα σε καλλιέργειες (έπειτα από κατάλληλη επεξεργασία) αποτελεί μια υποσχόμενη και καινοτόμα προοπτική, η οποία αποσκοπεί στην χρήση υλικών τα οποία να είναι ανανεώσιμα, με οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Είναι γεγονός ότι τα απόβλητα βιολογικής προέλευσης περιέχουν πολύτιμα συστατικά, τα οποία θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν ως λιπάσματα. Ωστόσο, για την αποτελεσματική εφαρμογή τεχνολογιών ανάκτησης θρεπτικών συστατικών από παραπροϊόντα βιολογικής προέλευσης, είναι απαραίτητη η κατασκευή εγκαταστάσεων επεξεργασίας αποβλήτων και παραγωγής λιπασμάτων

στην τοποθεσία παραγωγής των αποβλήτων, με σκοπό τον περιορισμό της μεταφοράς αποβλήτων και των κινδύνων που ενέχει (Katarzyna et al, 2019).

4.2.1. Μέθοδοι Επεξεργασίας Βιοαποβλήτων με Σκοπό την Λίπανση Καλλιεργειών

Η ιδέα επομένως της χρήσης των βιοαποβλήτων, και συγκεκριμένα των ξηρών βιοαποβλήτων, μπορεί να αποβεί πολύ προσοδοφόρα τόσο οικονομικά όσο και περιβαλλοντικά. Για την εφαρμογή αυτή ωστόσο, είναι απαραίτητη η κατάλληλη επεξεργασία της βιομάζας έτσι ώστε να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα. Χρειάζεται επομένως να απομακρυνθεί το πιθανό ρυπαντικό φορτίο, το οποίο μπορεί να είναι επιβλαβές για τις καλλιέργειες.

Η πιο δημοφιλής θερμική διαδικασία επεξεργασίας της βιομάζας, είναι η αποτέφρωση. Επίσης, χρησιμοποιούνται και άλλες μέθοδοι, οι οποίες έχουν επίσης μεγάλες δυνατότητες, όπως είναι η αεριοποίηση και η πυρόλυση (Haddad et al., 2017). Υπολογίζεται ότι κάθε χρόνο παράγονται περίπου 500 εκατομμύρια Mg τέφρα από την αποτέφρωση βιομάζας, σε παγκόσμιο επίπεδο. Κατά την συνήθη πρακτική η τέφρα αυτή οδηγείται σε χώρους υγειονομικής ταφής. Ωστόσο, η βιομάζα μετά την καύση περιέχει αρκετά πολύτιμα συστατικά, συμπεριλαμβανομένων των P, K, Ca, κ.α. (Silva et al., 2019). Η τέφρα από βιομάζα είναι ένα πιθανό λίπασμα για καλλιέργειες και δάση. Λόγω της βασικής φύσης της τέφρας, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την λίπανση σε όξινων εδαφών. Επιπλέον, μελέτες έχουν δείξει ότι η προσθήκη τέφρας και οργανικών αποβλήτων στα συμβατικά λιπάσματα αυξάνει την απόδοση των γεωργικών καλλιεργειών, βελτιώνει το pH του εδάφους και αυξάνει την περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά (Rautaray et al., 2003). Τα χαρακτηριστικά της τέφρας εξαρτώνται από τον τύπο της βιομάζας από την οποία προήλθε. Η επιστροφή των πολύτιμων συστατικών στο περιβάλλον είναι η πιο πράσινη μέθοδος διαχείρισης αποβλήτων, επιτρέποντας το κλείσιμο του κύκλου μικρο- και μακρο- θρεπτικών συστατικών (Zajac et al., 2018). Η τέφρα ξύλου, είναι πλούσια σε θρεπτικά συστατικά απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών, εκτός από το άζωτο, το οποίο κατά τη διάρκεια της καύσης της βιομάζας μετατρέπεται σε αέρια φάση. Η προσθήκη αζώτου επομένως, είναι απαραίτητη πριν την εφαρμογή της τέφρας στη γεωργία. Επίσης, έχει

μελετηθεί η δυνατότητα χρήσης άλλων αποβλήτων που περιέχουν μεγάλες ποσότητες αζώτου, συμπεριλαμβανομένης της λυματολάσπης (Pesonen et al., 2016).

Ένα μειονέκτημα της χρήσης τέφρας αποβλήτων είναι η πιθανή παρουσία βαρέων μετάλλων, τα οποία είναι τοξικά και ανεπιθύμητα σε προϊόντα που προορίζονται για τον γεωργικό τομέα. Για αυτό, η επιλεκτική συλλογή τέφρας από την καύση βιομάζας είναι πολύ σημαντική.

Με βάση τα παραπάνω, η χρήση των ξηρών βιοαποβλήτων σαν λίπασμα στις καλλιέργειες αποτελεί μια υποσχόμενη τεχνική, έπειτα από την κατάλληλη επεξεργασία. Σε μια γεωγραφική τοποθεσία όπως αυτή του Δήμου Νάξου καθώς και των Μικρών Κυκλάδων η οποία και στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό στην γεωργία, η τεχνική αυτή θα μπορούσε να αποβεί ευεργετική, τόσο οικονομικά, όσο και περιβαλλοντικά.

5. ΧΡΗΣΗ ΠΕΛΛΕΤ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΚΑΙ ΒΙΟΤΕΧΝΙΚΟ ΤΟΜΕΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ – ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΣΠΙΤΙΩΝ

Η χρήση των πέλλετ για την θέρμανση αλλά και για διάφορες άλλες ενεργειακές απαιτήσεις τείνει να έχει αυξητική πορεία στον ευρωπαϊκό και όχι μόνο χώρο. Στα ευρωπαϊκά κράτη, η συνολική κατανάλωση είναι μεγαλύτερη από την παραγωγή με αποτέλεσμα η υπόλοιπη ζήτηση να καλύπτεται από εισαγωγές, κυρίως από Η.Π.Α, Λατινική Αμερική και Ασία. Η μεγαλύτερη κατανάλωση, γίνεται από μέσους καταναλωτές, δηλαδή οικιακούς χρήστες, οι οποίοι χρησιμοποιούν τα πέλλετ για την θέρμανση των σπιτιών. Σημαντικές είναι ωστόσο και οι ποσότητες που απαιτούνται από μιας ευρείας κλίμακας καταναλωτές, όπως είναι οι βιομηχανίες, για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών τους. Κατά την χρήση των πέλλετ από την βιομηχανία, η ποιότητα τείνει να μην είναι καθοριστική, αν και επηρεάζει την τιμή του τελικού προϊόντος. Αυτό συμβαίνει διότι οι βιομηχανικοί εξοπλισμοί καύσης μπορούν να διαχειριστούν μεγάλες ποσότητες τέφρας. Στην Ελλάδα η κατανάλωση των πέλλετ σε οικιακό επίπεδο αφορά το 0,5% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας με την μεγαλύτερη να αφορά περιοχές της βόρειας Ελλάδας (ΕΛΣΤΑΤ 2013, Έρευνα Κατανάλωσης Ενέργειας στα Νοικοκυριά 2011-2012). Σύμφωνα με εκτιμήσεις της ΕΛΕΑΒΙΟΜ, με βάση ενδείξεις από εγκατεστημένα συστήματα, η κατανάλωση πέλλετ είναι περισσότερη από 200.000 τόνους ετησίως σε μέτριο χειμώνα και πολύ υψηλότερη σε δριμύ. Με βάση τα προαναφερθέντα, προκύπτουν τα δεδομένα του Πίνακα 5.1 για την κατανάλωση ενέργειας στον ελλαδικό χώρο.

Πίνακας 5.1 Ενεργειακή κατανάλωση κατά τύπο χρησιμοποιούμενου καυσίμου

Ποσοστιαία (%) κατανομή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά τύπο χρησιμοποιούμενου καυσίμου	
Πετρέλαιο θέρμανσης	44,1
Φυσικό αέριο	5,4
Τηλεθέρμανση	0,5
Κηροζίνη	0,3
Πυρήνας	0,3
Υγραέριο	1,8
Καυσόξυλα	17,4
Πέλλετ (Συσσωματώματα ξύλου)	0,5

Θερμική ενέργεια	2,9
Ηλεκτρισμός	26,8
Σύνολο	100,0

Το 98,9% των κατοικιών διαθέτουν κάποιο σύστημα / εξοπλισμό θέρμανσης. Το 50,8% των νοικοκυριών χρησιμοποίησε κεντρικό σύστημα θέρμανσης ως κύριο σύστημα θέρμανσης κατά τη χειμερινή περίοδο Οκτωβρίου 2010 – Απριλίου 2011 ή/και Οκτωβρίου 2011 – Απριλίου 2012, το 48,6% κάποιο ανεξάρτητο (αυτόνομο) σύστημα θέρμανσης και το 0,6% τηλεθέρμανση. Το 65,3% των νοικοκυριών ανέφερε ότι διαθέτει διακόπτη αυτονομίας για τη λειτουργία του κεντρικού συστήματος θέρμανσης, ενώ το 34,68% όχι. Το καύσιμο που χρησιμοποιείται για το κύριο σύστημα θέρμανσης της κατοικίας είναι: 63,8% πετρέλαιο θέρμανσης, 12,4% ηλεκτρισμός, 12,0% βιομάζα (καυσόξυλα, πέλλετ, γεωργικά και δασικά υπολείμματα) και 8,7% φυσικό αέριο (ΕΛΣΤΑΤ 2013, Έρευνα Κατανάλωσης Ενέργειας στα Νοικοκυριά 2011-2012).

Τα προηγούμενα έτη, η παραγωγή πέλλετ στην Ελλάδα υπολειπόταν συγκριτικά σημαντικά σε σχέση με τις άλλες ευρωπαϊκές χώρες. Παρόλα αυτά, έχουν ληφθεί τα τελευταία χρόνια πολλά μέτρα για την επιλογή και την οργάνωση των πληροφοριών που στοχεύουν στην ανάπτυξη της ελληνικής αγοράς. Η προσπάθεια ξεκίνησε με την ελληνική συμμετοχή στο ευρωπαϊκό πρόγραμμα «πέλλετ για την Ευρώπη», το οποίο ολοκληρώθηκε το 2007. Το πρόγραμμα αυτό παρέχει τεχνικές πληροφορίες και πληροφορίες για την αγορά των πέλλετ, προωθώντας τις τεχνολογίες πέλλετ σε όλη την Ευρώπη. Η συνολική συμβολή της βιομάζας, ως πρωτογενή ενέργεια, προς το παρόν εκτιμάται σε 1 Mton / έτος και μπορεί να θεωρηθεί περίπου σταθερή βραχυπρόθεσμα (Pigaht et al, 2003). Σε αντίθεση με τις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες, στην Ελλάδα η ξυλώδης βιομάζα, η οποία προέρχεται από το δάσος, δεν αποτελεί τον κυρίαρχο τύπο στερεών βιοκαυσίμων. Η ελληνική βιοενέργεια βασίζεται κυρίως σε γεωργικές πηγές (Pigaht et al, 2003), όπως

- Κατάλοιπα γεωργικών καλλιεργειών (άχυρα, μίσχοι κ.λπ.).
- Αγρό-βιομηχανικά υπολείμματα (φύλλα, πυρήνες, κελύφη, φλοιό ρυζιού).
- Δασικοί πόροι βιομάζας (καυσόξυλα).

- Υπολείμματα επεξεργασίας ξύλου από βιομηχανικές χρήσεις (πριονίδι)

Στην Ελλάδα, η κύρια πρώτη ύλη για την παραγωγή πέλλετ είναι τα κατάλοιπα από βιομηχανίες ξύλου (παραγωγοί επίπλων, οικοδομικά υλικά, κ.α.). Η τρέχουσα διαθεσιμότητα βιομάζας καλύπτει τη ζήτηση της βιομηχανίας πέλλετ, αλλά λόγω της ταχείας ανάπτυξης της ελληνικής αγοράς πέλλετ, η διαθεσιμότητα βιομάζας ενδέχεται να γίνει περιοριστικός παράγοντας. Με βάση την αυξημένη ζήτηση, μεγάλες ποσότητες αχρησιμοποίητης βιομάζας πρόκειται να αξιοποιηθούν ως πρώτες ύλες για την παραγωγή πέλλετ. Στην Ελλάδα, τα υπολείμματα ξυλείας χρησιμοποιούνται ακατέργαστα. Αυτά τα υλικά χρησιμοποιούνται συχνά σε λέβητες κοντά στην εταιρεία παραγωγής ή από εταιρείες κοντά στον τόπο παραγωγής. Σήμερα, με την ανάπτυξη της παραγωγής πέλλετ ξύλου, αυτά τα κατάλοιπα γίνονται πιο σημαντικά, πράγμα που σημαίνει ότι το οικονομικό κέρδος της εταιρείας θα ήταν υψηλότερο εάν τα κατάλοιπα πωλούνταν ως ακατέργαστο υλικό με σκοπό την παραγωγή πέλλετ (Voulgaraki et al, 2009). Στον Πίνακα 6.2 φαίνονται τα χαρακτηριστικά ενός τυπικού πέλλετ.

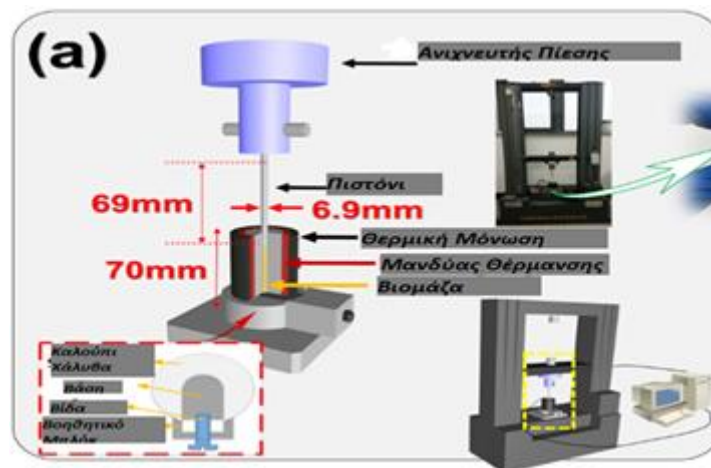
Πίνακας 5.2 Χαρακτηριστικά μιας τυπικής βιομάζας πέλλετ (Uslu et al, 2008)

Παράμετρος	Μονάδα	Τιμή
Διάμετρος	mm	6-10
Μήκος	mm	10-13
Ενεργειακό περιεχόμενο	MJ/kg	16.9-18
Υγρασία	%	7-12
Στάχτη	%	2
Πυκνότητα	Kg/m ³	650-700
Απαίτηση χώρου	m ³ /tn	1.5

Τα πέλλετ κατασκευάζονται συνήθως από ξηρά, μη επεξεργασμένα, βιομηχανικά απορρίμματα ξύλου όπως πριονίδι, ξύσματα ή θρυμματισμένα ξύλα. Αυτό το υλικό υπό υψηλή πίεση και η θερμοκρασία συμπιέζεται σε μικρά κομμάτια, κυλινδρικού σχήματος. Η διαδικασία κατασκευής καθορίζεται από την πρώτη ύλη αλλά συνήθως περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα: λήψη πρώτων υλών, διαλογή, λείανση, ξήρανση, πελλετοποίηση, ψύξη, κοσκίνισμα και συσκευασία. Τα πέλλετ ξύλου είναι το προϊόν μιας σχετικά απλής μηχανικής διαδικασίας που βασίζεται στην συμπίεση των ινών

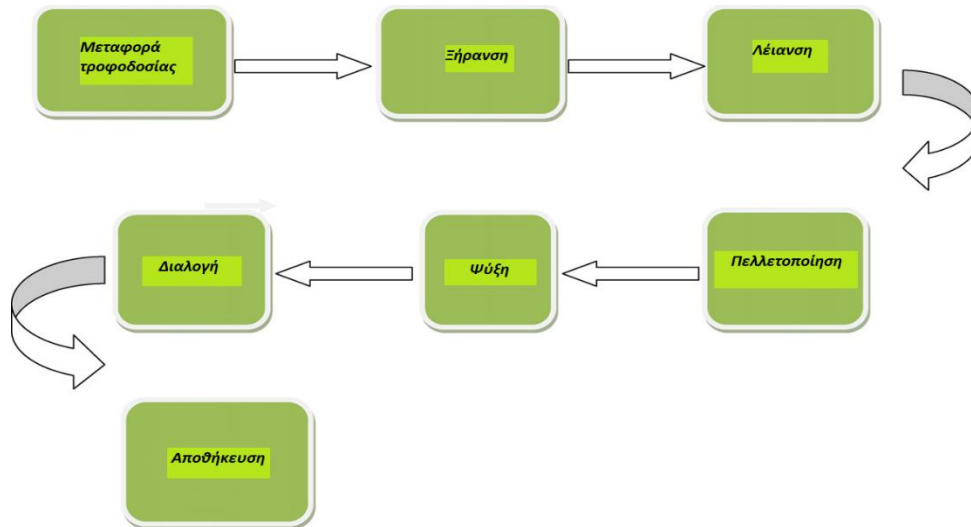
ξύλου. Η πρώτη ύλη φτάνει σε μια ποικιλία μερικώς επεξεργασμένων καταστάσεων (ξύσματα, πριονίδι, απογυμνωμένος φλοιός κ.λπ.), οι οποίες πρέπει να ξηρανθούν και να αλεστούν σε ομοιόμορφο μέγεθος. Δεν έχει σημασία με ποια σειρά λαμβάνουν χώρα τα στάδια προεπεξεργασίας, της ξήρανσης και της λείανσης. Η πρώτη ύλη είναι ξηρή και ομοιόμορφη σε μέγεθος, ωθείται μέσα σε μια ειδική πρέσα και κάτω από πολύ υψηλή πίεση δημιουργεί το πέλλετ (Karkanía et al.2012). Το πέλλετ στη συνέχεια ψύχεται για να επιτραπεί η φυσική συγκόλληση των ινών ξύλου. Οποιοδήποτε τυχόν χαλαρό υλικό τροφοδοτείται πίσω στη διαδικασία παραγωγής πέλλετ. Μόλις το πέλλετ έχει σκληρυνθεί είναι έτοιμο για διανομή στην αγορά.

Στα παρακάτω σχήματα παρατίθεται μια τυπική πρέσα (Σχήμα 5.1) η οποία και οδηγεί στην πελλετοποίηση της βιομάζας, καθώς και η τυπική διαδικασία παραγωγής πέλλετ (Σχήμα 5.2).



Σχήμα 5.1 Πρέσα παραγωγής πέλλετ (Cui et al, 2019)

Η πιο ευρέως διαδεδομένη χρήση του πέλλετ είναι η καύση σε φούρνους για την παραγωγή ενέργειας. Ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο τροφοδοτείται το πέλλετ στον κλίβανο, τα συστήματα καύσης πέλλετ χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες: καυστήρες χωρίς τροφοδοσία, καυστήρες με οριζόντια τροφοδοσία και υπερφορτωμένοι καυστήρες. Ανάλογα με το σχεδιασμό, η φλόγα καίγεται οριζόντια ή προς τα πάνω. Σε καυστήρες υπερβολικής τροφοδοσίας, το πέλλετ, το οποίο μεταφέρεται από το χώρο αποθήκευσης στη ζώνη καύσης της σχάρας του φούρνου. Πλεονέκτημα αυτού του συστήματος είναι το γεγονός ότι επιτυγχάνεται μια πολύ ακριβής δοσολογία πέλλετ σύμφωνα με την τρέχουσα ζήτηση ισχύος.



Σχήμα 5.2 Τυπική διαδικασία παραγωγής πέλλετ από βιομάζα (Karkanía et al, 2012)

Ωστόσο, μειονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι η πτώση των πέλλετ στον μανδύα από χόβολες, οδηγεί σε αυξημένη δέσμευση σκόνης και άκαυστων σωματιδίων, καθώς και σε σταθερή συμπεριφορά καύσης στην σχάρα (Karkanía et al.2012).

Αξίζει να σημειωθεί πως ο κάθε διαφορετικός τύπος πέλλετ, ανάλογα με το είδος βιομάζας από την οποία προέρχεται, καθώς και τη διαδικασία παραγωγής, έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά ποιότητας. Στο Πίνακα 5.3 συνοψίζονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά διαφορετικών ειδών πέλλετ. Πιο συγκεκριμένα, εξετάζονται οι περιπτώσεις πέλλετ από γρασίδι, δύο τύπων πέλλετ υψηλής ποιότητας (grade 1,2) και ενός τύπου βιομηχανικού τύπου πέλλετ ξύλου (grade 3). Τα πέλλετ χόρτου και τα πέλλετ ξύλου grade 1 και 2 έχουν διάμετρο 6,35 mm, αλλά το πέλλετ ξύλου grade 3 έχει διάμετρο περίπου 8 mm

Πίνακας 5.3 Ποιοτική ανάλυση και ανώτερη θερμογόνος δύναμη για διαφορετικού τύπου πέλλετ (Roy et al, 2013).

Χαρακτηριστικά	Πέλλετ γρασιδιού	Grade 1 πέλλετ ξύλου	Grade 2 πέλλετ ξύλου	Grade 3 πέλλετ ξύλου
C %	45,5	48,75	47,75	48,38
H %	6,59	6,54	6,53	6,58
N %	0,87	0,05	0,11	0,19
S %	0,27	0,24	<0,10	<0,10
O %	44,61	44,12	44,89	42,89
Υγρασία %	8,74	5	4,64	4,9
Στάχτη %	2,16	0,3	0,62	1,86

Πτητική μάζα %	80,47	85,31	85,56	83,75
HHV (MJ/kg)	17,15	18,9	18,68	18,94

. Η χύδην πυκνότητα πέλλετ χόρτου ήταν 566 kg/m^3 και αυτό των πέλλετ ξύλου ήταν 648 kg/m^3 για το grade 1, 636 kg/m^3 για το grade 2 και 653 kg/m^3 για το grade 3. Με βάση το παραπάνω, είναι εμφανές ότι η πυκνότητα και η διάμετρος των πέλλετ διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ποιότητα τους καθώς και στην ανώτερη θερμογόνο δύναμη και επομένως την αξία τους σαν καύσιμο (Roy et al, 2013).

Πίνακας 5.4: Συνολική απόδοση και απώλειες για διαφορετικού τύπου πέλλετ

Τύπος πέλλετ	Thermal input (kW)	Συνολική απόδοση (%)	Απώλεια άκαυστου C (%)	Απώλεια CO (%)
Γρασιδιού	27,50	72,06	1,53	0,53
Grade 1	27,03	75	0,35	0,31
Grade 2	24,54	72,65	0,53	0,42
Grade 3	31,12	70,26	2,35	2,28

Όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 5.4, ο κάθε διαφορετικός τύπος πέλλετ επιφέρει διαφορετική απόδοση καύσης και διαφέρει ποσοτικά όσον αφορά την ενέργεια που αποδίδει κατά την καύση του.

Με βάση τα παραπάνω, η αυξημένη χρήση των πέλλετ στον Ελλαδικό χώρο, τόσο για τις καταναλωτικές όσο και για τις βιομηχανικές ενεργειακές ανάγκες, αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη προοπτική, ιδιαίτερα λόγω της σημαντικής συμβολής της αγροτικής καλλιέργειας στην συνολική οικονομία της χώρας. Η αυξημένη αγροτική καλλιέργεια μιας χώρας οδηγεί σε αυξημένα αγροτικά βιοαπόβλητα τα οποία μπορούν με την σειρά τους να επαναχρησιμοποιηθούν έπειτα από την μεταποίηση τους, καλύπτοντας έτσι ένα μεγάλο κομμάτι διαφόρων ενεργειακών αναγκών σε βιομηχανικούς και όχι μόνο τομείς.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο πλαίσιο του έργου BIOMA εξετάστηκαν επίσης οι δυνατότητες αξιοποίησης του παραγόμενου σταθεροποιημένου υλικού από το σύστημα διαχείρισης βιοαποβλήτων στο Δήμο Νάξου και Μικρών Κυκλάδων. Συγκεκριμένα:

- (i) αρχικά αξιολογήθηκαν βιβλιογραφικά οι τελικές χρήσεις των προϊόντων του έργου,
- (ii) στη συνέχεια εξετάστηκε η δυνατότητα αξιοποίησής τους μέσω της θερμικής αναβάθμισης σε μονάδα ήπια πυρόλυσης,
- (iii) και τέλος προετοιμάστηκε σχετική μελέτη ως προς τις δυνατότητες απορρόφησης των τελικών προϊόντων τόσο στην εγχώρια όσο και την αγορά του εξωτερικού. Στη συνέχεια, συνοψίζονται τα γενικά συμπεράσματα όπως προέκυψαν από την εκτέλεση των παραπάνω δράσεων του παραδοτέου.

- Τα αποξηραμένα οικιακά διατροφικά απορρίμματα έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε νερό και εμφανίζουν αρκετές δυνατότητες αξιοποίησης. Χαρακτηριστικά αναφέρεται η χρησιμοποίηση τους για την παραγωγή α) πέλλετ, β) βιοαερίου μέσω της αναερόβιας χώνευσης, γ) ζωοτροφών, δ) ενεργού άνθρακα, ε) compost, στ) υθανίου (μίγμα υδρογόνου και μεθανίου), ζ) βιοπλαστικών και προϊόντων βιολογικής προέλευσης καθώς και η) η χρήση ως καύσιμο στην βιομηχανία τσιμέντου.
- Για την παραγωγή στερεών καυσίμων τύπου πέλλετ έχουν δοκιμαστεί και αξιοποιηθεί διάφορες πηγές υπολειμματικής βιομάζας όπως είναι ο συνδυασμός υπολειμμάτων τομάτας και στέμφυλων (grape marc) με πριονίδια πεύκων για την παραγωγή πέλλετ, η χρήση κουκουτσιών ροδάκινου και βερίκοκου, η ανάμιξη πολτού πατάτας με μείγμα από υπολείμματα δημητριακών (πίτουρο βρώμης, φλοιούς φαγόπυρου). Επίσης στη βιβλιογραφία έχει εξεταστεί επίσης η παραγωγή πέλλετ από α) μίγμα (50:50) υπολειμμάτων τσαγιού με υπολείμματα καρπών από την παραγωγή φοινικέλαιου, β) απόβλητα ελιάς και λυματολάσπη από μονάδα επεξεργασίας αστικών λυμάτων και γ) δασική βιομάζα (ξύλο ευκαλύπτου) και γεωργικά υπολείμματα επεξεργασίας καφέ.

- Τα ζωικά υποπροϊόντα από σφαγεία και βιομηχανίες μεταποίησης κρεάτων, καθώς και τα απορρεύματα των βιομηχανιών μεταποίησης φρούτων και λαχανικών χρησιμοποιούνται για την παραγωγή α) ενέργειας (βιοαέριο) μέσω της αναερόβιας χώνευσης β) βιοντίζελ 2ης γενιάς, αλλά και για την γ) ανάκτηση πολύτιμων βιοενεργών συστατικών με υψηλή προστιθέμενη αξία (π.χ καροτονοειδή, φαινολικά, κ.α.).
- Τα αποτελέσματα των αναλύσεων χαρακτηρισμού των πέλλετ, προερχόμενων από βιοαπόβλητα και γεωργικά υπολείμματα, έδειξαν ότι η θερμογόνο δύναμη των δειγμάτων είναι όμοια ή μεγαλύτερη από την αντίστοιχη τιμή των πέλλετ ξυλώδους προέλευσης (δηλαδή των εμπορικών πέλλετ βέλτιστης ποιότητας), γεγονός που επιβεβαιώνει την αξία τους ως στερεό καύσιμο. Ωστόσο, η υψηλή περιεκτικότητα σε στοιχεία όπως άζωτο, θείο και χλώριο, αλλά και η υψηλή περιεκτικότητα σε πτητικά συστατικά προκρίνουν την χρησιμοποίησή του ως καύσιμο βιομηχανικής χρήσης. Ειδικότερα, τα παραγόμενα στερεά καύσιμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές όπως οι μονάδες παραγωγής τσιμέντου ή παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, ως υποκατάστατα των συμβατικών καυσίμων (δευτερογενή καύσιμα).
- Η εφαρμογή της ήπιας πυρόλυσης οδηγεί σε σημαντική αναβάθμιση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των παραγόμενων πελλετ. Συγκεκριμένα παρατηρείται ότι η ήπια πυρόλυση οδήγησε σε πολύ μεγάλη μείωση (>2 τάξεις μεγέθους) της ολικής υγρασίας, αισθητή αύξηση των λεπτόκοκκων υλικών (από 5% σε 42%) και αύξηση κατά 32% της θερμογόνου δύναμης των δειγμάτων. Επιπλέον, καταγράφηκε σημαντική μείωση των πτητικών συστατικών (από 75% σε 45%) καθώς και αύξηση του περιεχόμενου άνθρακα (από 49% σε 63%). Τέλος, εξίσου σημαντική είναι η μείωση του όγκου κατά 14 % (εκφραζόμενη από την χύδην πυκνότητα του) που επιτυγχάνεται, γεγονός που επιτρέπει την ευκολότερη μεταφορά του.
- Οι οικονομικές δραστηριότητες των κατοίκων του Δήμου Νάξου και Μικρών Κυκλάδων, στηρίζονται σε μεγάλο βαθμό στις αγροτικές καλλιέργειες. Συνεπώς, η εφαρμογή τεχνικών που βασίζονται στην «πράσινη» και κυκλική οικονομία, όπως είναι η χρήση λιπασμάτων που προέρχονται από

επεξεργασμένα βιοαπόβλητα, θα συνέβαλε σημαντικά στην οικονομική ανάπτυξη των εν λόγω νησιών.

- Η τέφρα από την καύση της βιομάζας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την λίπανση των καλλιεργειών και των δασικών εκτάσεων. Λόγω της βασικής φύσης της τέφρας, συστήνεται να εφαρμόζεται σε όξινα εδάφη. Βιβλιογραφικές μελέτες έχουν δείξει ότι η προσθήκη τέφρας και οργανικών αποβλήτων σε συνδυασμό με τη χρήση συμβατικών λιπασμάτων αυξάνει την απόδοση των γεωργικών καλλιεργειών, βελτιώνει το pH του εδάφους και αυξάνει την περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά.
- Στην Ελλάδα, η κατανάλωση των πέλλετ σε οικιακό επίπεδο αφορά το 0,5% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, με την μεγαλύτερη κατανάλωση να καταγράφεται σε περιοχές της βόρειας Ελλάδας. Η χρήση των πέλλετ στον Ελλαδικό χώρο, τόσο για την κάλυψη των οικιακών όσο και των βιομηχανικών ενεργειακών αναγκών, αποτελεί μια υποσχόμενη προοπτική, ιδιαίτερα λόγω της σημαντικής συμβολής του αγροτικού τομέα στην οικονομική ανάπτυξη της χώρας. Η αγροτική παραγωγή μιας χώρας οδηγεί σε αυξημένα αγροτικά βιοαπόβλητα, τα οποία είναι δυνατόν να επαναχρησιμοποιηθούν, έπειτα από την μεταποίηση τους, ικανοποιώντας ένα σημαντικό ποσοστό των ενεργειακών αναγκών σε βιομηχανικές κατά κύριο λόγο εφαρμογές.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abbas, M., Kaddour, S. & Trari, M. (2014). Kinetic and equilibrium studies of cobalt adsorption on apricot stone activated carbon. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20, 745-751
- Antonopoulou, G., Ntaikou, I., Pastore, C., di Bitonto, L., Bebelis, S., Lyberatos, G. (2019). An overall perspective for the energetic valorization of household food waste using microbial fuel cell technology of its extract, coupled with anaerobic digestion of the solid residue. *Applied Energy*, 145, 1064-1073. doi: [org/10.1016/j.apenergy.2019.03.082](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.03.082)
- Arapoglou, D., Varzakas, T., Vlyssides, A., Israilides, C. (2010). Ethanol production from potato peel waste (PPW). *Waste Management*, 30(10), pp. 1898-1902.
- Axelsson, J. (2011). *Separate hydrolysis and fermentation of pretreated spruce* (PhD thesis, Linköping University) Retrieved from: <http://www.divaportal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A427842&dswid=6566>.
- Aziz, A., Ouali, MS, Elandaloussi, el H, De Menorval, LC, Lindheimer, M.(2009). Chemically modified olive stone: A low-cost sorbent for heavy metals and basic dyes removal from aqueous solutions. *Journal of Hazardous Materials*, 163, 441-447.
- Aziz, A., Elandaloussi, el H, Belhafaoui, B., Ouali, MS, De Ménorval, LC.(2009). Efficiency of succinylated-olive stone biosorbent on the removal of cadmium ions from aqueous solutions. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 73(2), 192-198.
- Bah, C., Bekhit, A., Carne, A. & McConnell, M. (2013). Slaughterhouse Blood: An Emerging Source of Bioactive Compounds. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12, 314-331.
- Banković-Ilić, I., Stojković, I.J., Stamenković, O.S., Vlada B.Veljkovic, V.B., Yung-TseHung (2014). Waste animal fats as feedstocks for biodiesel production. *Renewable and sustainable energy reviews*, 32, 238-254.
- Budinova, T. Petrov, N., Razvigorova, M., Parra, J., Galiatsatou, P. (2006). Removal of Arsenic (III) from Aqueous Solution by Activated Carbons Prepared from Solvent Extracted Olive Pulp and Olive Stones. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 45(6), 1896–1901.
- Blázquez, G., Hernáinz, F., Calero, M. Martín-Lara, M.A., (2009). The effect of pH on the biosorption of Cr (III) and Cr (VI) with olive stone. *Chemical Engineering Journal*, 148, 473-479.
- Cascarosa, E., Gea, G., Arauzo, J. (2012). Thermochemical processing of meat and bone meal: A review'. *Renewable and sustainable energy reviews*, 16, 942-957.
- Cecchi, F. et al., (2003). 'Characteristics of the OFMSW and behaviour of the anaerobic digestion process. In J. Mata-Alvarez (ed.) Biomethanization of the organic fraction of municipal solid waste. IWA, UK. pp. 141– 179.
- Četković, G., Savatović, S., Čanadanović-Brunet, J. Djilas, S. (2012). Valorisation of phenolic composition, antioxidant and cell growth activities of tomato waste. *Food Chemistry*, 13, 938-945.
- Chakraborty, R., Gupta, A. Chowdhury, R. (2014). Conversion of slaughterhouse and poultry farm animal fats and wastes to biodiesel: Parametric sensitivity and fuel quality assessment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 129-134.
- Chojnacka, K., Gorecka, H., Michalak, I. & Gorecki, H. (2011). A review: Valorization of Keratinous Materials. *Waste Biomass Valorization*, 2, 317-321.

- Chojnacka, Katarzyna, Konstantinos Moustakas, and Anna Witek-Krowiak. "Bio-based fertilizers: A practical approach towards circular economy." *Bioresource Technology* 295 (2020): 122223.
- Cui, Xuyang, et al. "Experimental investigation on the energy consumption, physical, and thermal properties of a novel πέλλετ fuel made from wood residues with microalgae as a binder." *Energies* 12.18 (2019): 3425.
- De Menna, F., Vittuari, M. Molari, G. (2015). Impact evaluation of integrated food-bioenergy systems: A comparative LCA of peach nectar. *Biomass and Bioenergy*, 73, 48-61.
- de Souza, H.J.P.L., Arantes M.D.C., Vidaurre G.B., Andrade, C.R., de Cássia, A., Oliveira Carneiro, O., de Souza, D.P.L., de Paula Protásio, T. (2020). Πέλλετization of eucalyptus wood and coffee growing wastes: Strategies for biomass valorization and sustainable bioenergy production, *Renewable Energy*, 149, 128-140.
- Dermeche, S., Nadour, M., Larroche, C., Farida, M-L. (2013). Olive mill wastes: Biochemical characterizations and valorization strategies. *Process Biochemistry*, 48(10), 1532-1552.
- Depci, T., Onal, Y., Prisbrey, K. (2014). Apricot stone activated carbons adsorption of cyanide as revealed from computational chemistry analysis and experimental study. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 45, 2511-2517.
- Dijlani, C., Ouederni, A., Ratel, A. (2015). Adsorption of dyes on activated carbon prepared from apricot stones and commercial activated carbon. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers* 53, 112-121.
- Duranoglu, D., Trochimczuk, A., Beker, U. (2010). A comparison study of peach stone and acrylonitrile-divinylbenzene copolymer based activated carbons as chromium (VI) sorbents. *Chemical Engineering Journal*, 165, 56-63.
- Elbadrawy, E. and Sello, A. (2011). Evaluation of nutritional value and antioxidant activity of tomato peel extracts'. *Arabian Journal of Chemistry*
- European Biomass Industry Association (2020). Bio-waste. Retrieved from <https://www.eubia.org/cms/wiki-biomass/biowaste/>
- European Commission (EC) (2019). Biodegradable waste. Retrieved from <https://ec.europa.eu/environment/waste/compost/index.htm>
- FAO-Food and Agriculture Organization. (2009). How to Feed the World in 2050. Food and Agriculture Organization.
- Fan, S., Liang, T., Yu, H., Bi, Q. (2016). Kernel characteristics, oil contents, fatty acid compositions and biodiesel properties in developing Siberian apricot (*Prunus sibirica* L.) seeds. *Industrial Crops and Products*, 89, 195-199.
- Fezzani, B. and Ben Cheiky, R. (2010). Two-phase anaerobic co-digestion of olive mill wastes in semicontinuous digesters at mesophilic temperature'. *Bioresource Technology*, 101, 1628-1634.
- FUSION, Estimates of European food waste levels. (2016). Reducing food waste through social innovation, Stockholm, Sweden.
- Garcia, R., Gil M.V., Rubiera, F., Pevida, C. (2019). In addition, energy consumption of the blends showed a positive correlation with πέλλετ bulk density and the biomass blend particle density. *Fuel*, 251, 739-753.
- Gil, M.V., Oulego, P., Casal, M.D., Pevida, C., Pis, J.J., Rubiera, F. (2010). Mechanical durability and combustion characteristics of πέλλετ from biomass blends. *Bioresource Technology*, 101 (22), 8859-8867.

- Ghazy, S., Samra, S., May,, A., El-Morsy, S. (2006).Removal of Aluminum from Some Water Samples by Sorptive-Flotation Using Powdered Modified Activated Carbon as a Sorbent and Oleic Acid as a Surfactant'. *Analytical Sciences*, 22, 377-382.
- Gómez-Guillén, M., Giménez, B., López-Caballero, M., Montero, M. (2011).Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review. *Food Hydrocolloids*, 25, 1813- 1827.
- Grohmann, K., Baldwin, E. A., Buslig, B. S. (1994). Grohmann, K., Baldwin, E.A. and Buslig, B.S. Production of ethanol from enzymatically hydrolyzed orange peel by the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Applied Biochemistry and biotechnology*, 45(1), 315-327.
- Gupta, A., Sharma, P. (2009). Standardization of technology for extraction of wild apricot kernel oil at semi-pilot scale. *Biological Forum—An International Journal*, 1(1), 51-64.
- Haddad, K., Jeguirim, M., Jerbi, B., Chouchene, A., Dutournié, P., Thevenin, N., Ruidavets, L., Jellali, S., Limousy, L., 2017. Olive Mill Wastewater: From a Pollutant to Green Fuels, Agricultural Water Source and Biofertilizer. *ACS Sustain. Chem. Eng.* 5, 8988–8996.
- Hamawand, I. (2014). Anaerobic digestion process and bio-energy in meat industry: A review and potential. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, 37-51.
- Huang, H. Qureshi, N, Chen, M.H., Liu, W, Singh, V. (2015). Ethanol production from food waste at high solids content with vacuum recovery technology'. *Journal of agricultural and food chemistry*, 63(10), 2760-2766. doi: 10.1021/jf5054029.
- Joshi, V. K., Walia, A., Rana, N. S. (2012). Production of bioethanol from food industry waste: microbiology, biochemistry and technology. *Biomass Conversion*, 251-311.
- Kalogeropoulos, N., Chiou, A., Pyriochou, V., Peristeraki, A. (2012). Bioactive phytochemicals in industrial tomatoes and their processing byproducts. *LWT-Food Science and Technology*, 49, 213-216.
- Karkania, V., E. Fanara, and A. Zabaniotou. "Review of sustainable biomass πέλλετ production—A study for agricultural residues πέλλετ' market in Greece." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16.3 (2012): 1426-1436.
- Kawa-Rygielska, J., Pietrzak, W., Pęksa, A. (2012).Potato granule processing line by-products as feedstock for ethanol production. *Polish Journal of Environmental Studies*, 21(5).
- Kiran, E. U., Trzcinski, A. P., Ng, W. J. & Liu, Y. (2014). Bioconversion of food waste to energy: a review. *Fuel*, 134, 389-399.
- Koike, Y. ,An, M.Z.,Tang, Y.Q., Syo, T.,Osaka, N.,Morimura, S.,Kida, K. (2009). Production of fuel ethanol and methane from garbage by high-efficiency two-stage fermentation process. *Journal of bioscience and bioengineering*, 108(6), 508-512. doi: 10.1016/j.jbiosc.2009.06.007.
- Koutrouli, E. Kalfas, H.,Gavala, HN.,Skiadas, IV.,Stamatelatou, K.,Lyberatos, G. (2009). Hydrogen and methane production through two-stage mesophilic anaerobic digestion of olive pulp. *Bioresource Technology*, 100, 3718-3723.
- Kraiem, N. Lajili, M., Limousy, L., Said., R. (2016). Energy recovery from Tunisian agri-food wastes: Evaluation of combustion performance and emissions characteristics of green πέλλετ prepared from tomato residues and grape marc. *Energy*, 107, 409-418.
- Lafarga, T., Hayes, M. (2014). Bioactive peptides from meat muscle and byproducts: generation, functionality and application as functional ingredients'. *Meat science*, 98, 227-239.

- Lasekan, A., Abu Bakar, F., Hashim, D. (2013). Potential of chicken by-products as sources of useful biological resources. *Waste Management*, 33, 552-565.
- Li, K., Yang, W., Li, Z., Jia, W., Li, J., Zhang, P., Xiao, T. (2016). Bitter apricot essential oil induces apoptosis of human HaCaT keratinocytes. *International immunopharmacology*, 34, 189-198.
- Ma, H., Wang, Q., Qian, D., Gong, L., Zhang, W. (2009). The utilization of acid-tolerant bacteria on ethanol production from kitchen garbage. *Renewable Energy*, 34(6), 1466-1470. doi: 10.1016/j.renene.2008.10.020
- Magyar, M., da Costa Sousa, L., Jin, M., Sarks, C., Balan, V. (2016). Conversion of apple pomace waste to ethanol at industrial relevant conditions. *Applied microbiology and biotechnology*, 100(16), 7349-7358.
- Marcos, A., Al-Kassir, A., Lopez, F., Cuadros, F. (2012). Environmental treatment of slaughterhouse wastes in a continuously stirred anaerobic reactor: Effect of flow rate variation on biogas production. *Fuel Process Technology*, 103, 178-182.
- Martín-Lara, M., Blázquez, G., Galvez, A.R., Rodríguez Rico, I.L. (2012). Multiple biosorption-desorption cycles in a fixed-bed column for Pb(II) removal by acid-treated olive stone. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 18, 1006-1012.
- Matos, M., Barreiro, M., Gandini, A. (2010). Olive stone as a renewable source of biopolymers. *Industrial Crops and Products*, 32, 7-12.
- Miranda, M.T., Arranz, J.I., Román, S., Rojas, S., Montero, I., López, M., Cruz, J.A. (2011). Characterization of grape pomace and pyrenean oak *πέλλετ*. *Fuel Processing Technology*, 92, 278-283.
- Mouni, L., Merabet, D., Bouzaza, A., Belkhir, L. (2011). Adsorption of Pb (II) from aqueous solutions using activated carbon developed from Apricot stone. *Desalination*, 276, 148-153.
- Marković, S., Stankovic, A., Lopici, Z., Lazarevic, S., Stojanovic, M., Uskokovic, D. (2015). Application of raw peach shell particles for removal of methylene blue. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 3, 716-724.
- Mirabella, N., Castellani, V., Sala, S. (2014). Current options for the valorization of food manufacturing waste: a review. *Journal of Cleaner Production*, 65, 28-41.
- Mokrani, A., Krisa, S., Cluzet, S., Da Costa, G. (2016). Phenolic contents and bioactive potential of peach fruit extracts. *Food Chemistry*, 202, 212-220.
- Molino, A., Namma, F., Ding, Y., Bikson, B., Braccio, G. (2013). Biomethane production by anaerobic digestion of organic waste. *Fuel*, 103, 1003-1009. doi:org/10.1016/j.fuel.2012.07.070
- Mora, L., Reig, M., Toldrà, F. (2014). Bioactive peptides generated from meat industry by-products. *Food research international*, 65, 344-349.
- Murali, R., Anumary, A., Ashokkumar, M., Thanikaivelan, P., Chandrasekaran, B. (2011). Hybrid Biodegradable Films from Collagenous Wastes and Natural Polymers for Biomedical Applications. *Waste and Biomass Valorization*, 2, 323-335.
- Mussato, S.I., Dragone, G., Guimarães, P.M.R., Silva, J.P.A., Carneiro, L.M., Roberto, I.C., Vicente, A., Domingue, L., Teixeira, J.A. (2010). Technological trends, global market, and challenges of bio ethanol production. *Biotechnology advances*, 28(6), 817-830. doi:org/10.1016/j.biotechadv.2010.07.001
- Najar-Souissi, S., Ouederni, A. & Ratel, A. (2005). Adsorption of dyes onto activated carbon prepared from olive stones. *Journal of Environmental Sciences*, 17(6), 998-1003.

- Nincevi Grassino, A., Halambek, J., Djaković, S., Rimac, S. (2016). Utilization of tomato peel waste from canning factory as a potential source for pectin production and application as tin corrosion inhibitor. *Food Hydrocolloids*, 52, 265-274
- Noratto, G., Porter, W., Byrne, D. Cisneros-Zevallos, L. (2014). Polyphenolics from peach (*Prunus persica* var. Rich Lady) inhibit tumor growth and metastasis of MDA-MB-435 breast cancer cells in vivo'. *The Journal of nutritional biochemistry*, 25, 796-800.
- Ntaikou, I. Kourmentza, K., Koutrouli, E.C., Samatelatou, K. (2009). Exploitation of olive oil mill wastewater for combined biohydrogen and biopolymers production'. *Bioresource Technology*, 100, 3724-3730.
- Ntaikou, I., Menis, N., Alexandropoulou, M., Antonopoulou, G., Lyberatos, G. (2018). Valorization of kitchen biowastes for ethanol production via co-cultures of the yeasts *Saccharomyces cerevisiae* and *Pichia stipites* *Bioresour Technol*, 263, 75-83. doi: [org/10.1016/j.biortech.2018.04.109](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.04.109)
- Nzihou, A., Sharrock, P. (2010). Role of phosphate in the remediation and reuse of heavy metal polluted wastes and sites. *Waste and Biomass Valorization*, 1, 163-174.
- Obidziński, S. (2014). Πέλλετization of biomass waste with potato pulp content. *International Agrophysics*, 28(1).
- Obidziński, S., Piekut, J., Dorota, D. (2015). The influence of potato pulp content on the properties of πέλλετ from buckwheat hulls. *Renewable Energy*, 87, 289-297.
- Papadopoulou, K., Alonso Vicario, A., Niakas, S., Melanitou, E., Lytras, C., Kornaros, M., Zafiri, C., Lyberatos, G. (2017, August 31-September 2). Life cycle thinking, the key for a circular economy: the municipality of Halandri case. Paper presented at the 15th international conference on environmental science and technology Rhodes, Greece.
- Pesonen, J., Kuokkanen, V., Kuokkanen, T., Illikainen, M., 2016. Cogranulation of bio-ash with sewage sludge and lime for fertilizer use. *J. Environ. Chem. Eng.* 4, 4817–4821. <https://doi.org/10.1016/J.JECE.2015.12.035>
- Petrova, B. Budinova, T., Tsyntsarski, B., Kochkodan, V. (2010). Removal of aromatic hydrocarbons from water by activated carbon from apricot stones. *Chemical Engineering Journal*, 165, 258-264.
- Pigaht M, Janssen R, Passalacqua F, Zaetta C, Vegas L, Karapanagiotis N. Trends in πέλλετ utilisation: prospects and reasons for variations in Italy, Spain and Greece. ALTENER Πέλλετ for Europe Contract 4.1030/C/02-160. Task 3.2.1, Deliverable 17 (trends analysis); 2003. <http://www.cres.gr/πέλλετ/index files/pdf/D17 Trends analysis 2003 12 17a.pdf> [05.01.10].
- Pua, F-L., Subari, M.S., Ean, L-W., Krishman, S.G. (2020). Characterization of biomass fuel πέλλετ made from Malaysia tea waste and oil palm empty fruit bunch. *Materials Today*. doi: doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.218
- Rabaçal, M., Fernandes, U., Costa, M. (2013). Combustion and emission characteristics of a domestic boiler fired with πέλλετ of pine, industrial wood wastes and peach stones. *Renewable Energy*, 51, 220- 226.
- Rautaray, S.K., Ghosh, B.C., Mittra, B.N., 2003. Effect of fly ash, organic 40 wastes and chemical fertilizers on yield, nutrient uptake, heavy metal content and residual fertility in a rice–mustard cropping sequence under acid lateritic soils. *Bioresour. Technol.* 90, 275–283. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(03\)00132-9](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(03)00132-9)
- Rincón, B., Borja, R., Martín, M. & Martín, A. (2010). Kinetic study of the methanogenic step of a two-stage anaerobic digestion process treating olive mill solid residue. *Chemical Engineering Journal*, 160, 215- 219.

- Roy, Murari Mohon, Animesh Dutta, and Kenny Corscadden. "An experimental study of combustion and emissions of biomass πέλλετ in a prototype πέλλετ furnace." *Applied Energy* 108 (2013): 298-307.
- Rossini, G., Toscano, G., Duca, D., Corinaldesi, F. (2013). Analysis of the characteristics of the tomato manufacturing residues finalized to the energy recovery. *Biomass and Bioenergy*, 51, 177-182.
- Saygılı, H. and Güzel, F. (2016). High surface area mesoporous activated carbon from tomato processing solid waste by zinc chloride activation: process optimization, characterization and dyes adsorption. *Journal of Cleaner Production*, 113, 995-1004.
- Scholtz, M., 2017. Creating a circular economy for phosphorus fertilizers [WWW Document]. URL http://ostara.com/wpcontent/uploads/2017/09/Scholz_FF_Sept_Oct_2017.pdf (accessed 9.1.19).
- Silva, F.C., Cruz, N.C., Tarelho, L.A.C., Rodrigues, S.M., 2019. Use of biomass ash-based materials as soil fertilisers: Critical review of the existing regulatory framework. *J. Clean. Prod.* 214, 112–124.
<https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.12.268>
- Spahis, N., Addoun, A., Mahmoudi, H. (2007). Study on solar adsorption refrigeration cycle'. *Revue des Energies Renouvelables*, 10, 415 – 420.
- Spahis, N., Addoun, A., Mahmoudi, H., Ghaffour, N. (2008). Purification of water by activated carbon prepared from olive stones'. *Desalination*, 222, 519-5.
- Stajčić, S., Četković, G. Čanadanović-Brunet, J., Djilas, S. (2015). Tomato waste: Carotenoids content, antioxidant and cell growth activities. *Food Chemistry*, 172, 225-232.
- Torrellas, S. Á., Lovera, R.C., Escalona, N., Sepúlveda, C.V. (2015). Chemical-activated carbons from peach stones for the adsorption of emerging contaminants in aqueous solutions. *Chemical Engineering Journal*, 279, 788-798.
- Toscano, G. Pizzi, A., Pedretti, E.F., Rossini, G., Ciceri, G., Martignon, G., Duca, D. (2015). Torrefaction of tomato industry residues. *Fuel*, 143, 89-97
- Yilmaz, E., Wzorek, M., Akcay, S. (2018). Co-πέλλετization of sewage sludge and agricultural wastes. *Journal of Environmental Management*, 216, 169-175.
- Uslu A, Faaij APC, Bergman PCA. Pre-treatment technologies, and their effect on international bioenergy supply chain logistics. Techno-economic evaluation of torrefaction, fast pyrolysis and πέλλετisation. *Energy* 2008;33(8):1206–23.
- Uson, A., López-Sabirón, A., Ferreira, G., Sastresa, E., (2013). Uses of alternative fuels and raw materials in the cement industry as sustainable waste management options. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 23, 242-260.
- Voulgaraki S, Balafoutis A, Papadakis G. Development and promotion of a transparent European πέλλετ market creation of a European real-time πέλλετ atlas. Πέλλετ market country report Greece; 2009. <http://www.πέλλετcentre.info/πέλλετatlas/docs/showdoc.asp?id=091022153754&type=doc&pdf=true> [12.02.10].
- Wang, T., Lia, Y., Zhanga, J., Zhao, J., Liu, Y., Sun, L., Liu, B., Mao, H., Lin, Y., Lic, W., Ju, M., Zhu, F. (2017). Evaluation of the potential of πέλλετized biomass from different municipal solid wastes for use as solid fuel. *Waste Management*, 74, 260-266.
- Yücel, Y. (2011). Biodiesel production from pomace oil by using lipase immobilized onto olive pomace. *Bioresource Technology*, 102(4), 3977-3980.

- Zaghdoudi, K., Pontvianne, S., Framboisier, X., Achard, M., Kudaibergenova, R., Ayadi-Trabelsi, M., Kalthoum-Cherif, J., Vanderesse, R., Frochot, C., Guiavarc'h, Y. (2015). Accelerated solvent extraction of carotenoids from: Tunisian Kaki (*Diospyros kaki* L.), peach (*Prunus persica* L.) and apricot (*Prunus armeniaca* L.). *Food chemistry*, 184, 131-139.
- Zajac, G., Szyszlak-Bargłowicz, J., Gołębowski, W., Szczepanik, M., 2018. Chemical Characteristics of Biomass Ashes. *Energies* 11, 2885.
<https://doi.org/10.3390/en11112885>
- Zhang, J., Gu HD, Zhang, L., Tian, ZJ., Zhang ZQ., Shi, XC., Ma, WH.. (2011). Protective effects of apricot kernel oil on myocardium against ischemia-reperfusion injury in rats. *Food and chemical toxicology*, 49. 3136-3141.
- Βογιατζιδάκη, Ε. & Βαλτά, Κ. (2016). «Η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης». Η ΦΥΣΗ.
- ΕΛΣΤΑΤ 2013, Έρευνα Κατανάλωσης Ενέργειας στα Νοικοκυριά 2011-2012
- Κάλφας, Χ. (2007). *Παραγωγή βιοαερίου από αναερόβια χώνευση προεπεξεργασμένου και μη ελαιοπολτού* (Διδακτορική Διατριβή). Πανεπιστήμιο Πατρών, Ελλάδα.
- Κοντογιάννη, Ν. (2016). *Ολοκληρωμένη Διαχείριση Οικιακών Λιγνοκυτταρινούχων Αποβλήτων για την Παραγωγή Αιθανόλης Δεύτερης Γενιάς* (Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία). Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Ελλάδα.
<https://ecoanemos.files.wordpress.com/2010/01/naxos.pdf> Accessed: [13/09/2020]

8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πέλλετ (Δείγμα Β, Απόβλητα 20%-Κλαδέματα 40%-Πυρηνόξυλο 40%, 500γρ.) – ανεπεξέργαστο					
Ιδιότητα		Βάση Υπολογισμών	Τιμή	Μονάδες	Παρατηρήσεις
Προέλευση και πηγή	Κ				
Διαστάσεις	Κ				
Ολική Υγρασία	Κ	Ως έχει	10,6	%	
Μερική Υγρασία	Κ		2,4	%	
Τέφρα, Α	Κ	Επί ξηρού	6,8	%	
		Ως έχει	6,1	%	
Μηχανική αντοχή, DU	Κ		94,5	%	
Λεπτόκκοκο υλικό, F	Κ		5,0	%	
Πρόσθετα	Κ				Πυρηνόξυλο σε ποσοστό 40%
Κατώτερη θερμογόνος δύναμη, Q	Κ	Επί ξηρού	4284,0	cal/gr	
		Ως έχει	3766,1	cal/gr	
Χύδην πυκνότητα, BD	Κ/Π	Ως έχει	522	Kg/m ³	
Άζωτο, N	Κ/Π	Επί ξηρού	1,62	%	
Θείο, S	Κ/Π	Επί ξηρού	0,18	%	
Χλώριο, Cl	Κ/Π	Επί ξηρού	0,20	%	
Μόνιμος άνθρακας, Cc	Κ/Π	Επί ξηρού	48,91	%	
Πτητικά, VM	Κ/Π	Επί ξηρού	75,1	%	
		Ως έχει	67,1	%	
Συμπεριφορά τήξης τέφρας	Π	Θερμοκρασία Συρρίκνωσης	681	°C	
		Θερμοκρασία Παραμόρφωσης	1145	°C	
		Θερμοκρασία Ημισφαιρίου	1498	°C	
		Θερμοκρασία Ροής	1512	°C	

Πέλλετ (Δείγμα Β, Απόβλητα 20%-Κλαδέματα 40%-Πυρηνόξυλο 40%, 500γρ.) – αναβαθμισμένο					
Ιδιότητα (Κανονιστικό/ Πληροφοριακό)		Βάση Υπολογισμών	Τιμή	Μονά δες	Παρατηρήσεις
Προέλευση και πηγή	Κ				
Διαστάσεις	Κ				
Ολική Υγρασία	Κ	Ως έχει	3,6	%	
Μερική Υγρασία	Κ		3	%	
Τέφρα, Α	Κ	Επί ξηρού	11,6	%	
		Ως έχει	11,2	%	
Μηχανική αντοχή, DU	Κ		89,9	%	
Λεπτόκκοκο υλικό, F	Κ		42,0	%	
Πρόσθετα	Κ				Πυρηνόξυλο σε ποσοστό 40%
Κατώτερη θερμογόνος δύναμη, Q	Κ	Επί ξηρού	5671,2	cal/gr	
		Ως έχει	5446,0	cal/gr	
Χύδην πυκνότητα, BD	Κ/Π	Ως έχει	449	Kg/m ³	
Άζωτο, N	Κ/Π	Επί ξηρού	2,22	%	
Θείο, S	Κ/Π	Επί ξηρού	0,14	%	
Χλώριο, Cl	Κ/Π	Επί ξηρού	0,35	%	
Μόνιμος άνθρακας, Cc	Κ/Π	Επί ξηρού	63,39	%	
Πτητικά, VM	Κ/Π	Επί ξηρού	45,6	%	
		Ως έχει	44,0	%	
Συμπεριφορά τήξης τέφρας	Π	Θερμοκρασία Συρρίκνωσης	677	°C	
		Θερμοκρασία Παραμόρφωσης	1175	°C	
		Θερμοκρασία Ημισφαιρίου	>1550	°C	
		Θερμοκρασία Ροής	>1550	°C	