

Βελτιστοποίηση Ενεργειακής Αξιοποίησης Ζωικών Υποπροϊόντων - Μελέτη Περίπτωσης Νομού Λάρισας

Αθανάσιος Βαλιώτης

Κτηνίατρος και Μεταπτ. Φοιτητής ΔΙΑ/ΣΘΕΤ, ΕΑΠ
sakisvet@hotmail.com, std096284@ac.eap.gr

Κωνσταντίνος Κομνίτσας

Επιβλέπων και Μέλος ΣΕΠ ΔΙΑ/ΣΘΕΤ ΕΑΠ
komni@mred.tuc.gr

Περίληψη – Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση του πλαισίου ορθής διαχείρισης των ζωικών υποπροϊόντων και της ενεργειακής τους αξιοποίησης για την παραγωγή βιοκαυσίμων και ενέργειας, με βάση τις Οδηγίες και τους Κανονισμούς που θεσπίστηκαν από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, εξαιτίας της εμφάνισης διατροφικών κρίσεων την τελευταία εικοσαετία. Επίσης, αντικείμενο της εργασίας είναι η παρουσίαση των μονάδων παραγωγής ζωικών υποπροϊόντων στο Ν. Λάρισα και η βελτιστοποίηση της λειτουργίας τους, με στόχο τη μείωση των επιπτώσεων στο περιβάλλον και στη δημόσια υγεία και τη διασφάλιση της οικονομικής βιωσιμότητάς τους.

Λέξεις-Κλειδιά: Ζωικά υποπροϊόντα, ενεργειακή αξιοποίηση, βέλτιστες μέθοδοι, αναερόβια χώνευση, παραγωγή βιοαερίου και βιοντίζελ

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με τον Κανονισμό 1069/2009/ΕΚ ως ζωικά υποπροϊόντα (ΖΥΠ) ορίζονται τα ολόκληρα πτώματα ή μέρη πτωμάτων ζώων, τα προϊόντα ζωικής προέλευσης ή άλλα προϊόντα που λαμβάνονται από ζώα και δεν προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο, μεταξύ των οποίων και τα ωοκύτταρα, τα έμβρυα και το σπέρμα. Διακρίνονται σε υλικά κατηγορίας 1, 2 και 3.

Η ολοκληρωμένη διαχείριση των ΖΥΠ θεσπίστηκε από τον Κανονισμό 1774/2002/ΕΚ που ενσωματώθηκε στην Ελλάδα με το ΠΔ 211/2006 με το οποίο: α) διαμορφώθηκε για τα ζωικά υποπροϊόντα ένα ενιαίο πλαίσιο, β) εισήχθη η διαδικασία της αποτέφρωσης και της συναποτέφρωσης και για τις τρεις κατηγορίες ΖΥΠ και γ) επιτράπηκε η διαδικασία της λιπασματοποίησης για τις κατηγορίες 2 και 3 αλλά και της παραγωγής βιοαερίου.

Η κατάργηση του Κανονισμού 1774/2002/ΕΚ από τον 1069/2009/ΕΚ είχε ως αποτέλεσμα τη θέσπιση νέων υγειονομικών κανόνων με τους οποίους μπορούν πλέον τα ΖΥΠ να ανακτηθούν και να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή τεχνικών ή βιομηχανικών προϊόντων, εφόσον κατά την επεξεργασία τους τηρηθούν συγκεκριμένες υγειονομικές προϋποθέσεις. Έτσι επιτράπηκε η μέθοδος της αδρανοποίησης, με την οποία προκαλείται θερμική

διάσπαση των ΖΥΠ σε ένα στερεό κλάσμα πρωτεϊνών και σε ένα υγρό κλάσμα λίπους.

Ο Κανονισμός 1069/2009/ΕΚ τροποποιήθηκε με τον 142/2011/ΕΚ και καθορίστηκε το νομοθετικό πλαίσιο σχετικά με τις απαιτήσεις υγιεινής και μεταποίησης για την λειτουργία μονάδων αποτέφρωσης, συναποτέφρωσης, μεταποίησης και άλλων εγκαταστάσεων. Στον ίδιο κανονισμό αποτυπώνονται οι διαδικασίες έγκρισης των εναλλακτικών μεθόδων χρήσης ή απόρριψης των ζωικών υποπροϊόντων ή παραγώγων.

Η βέλτιστη δυνατή διαχείριση των ΖΥΠ σύμφωνα με το υφιστάμενο κανονιστικό πλαίσιο σε συνδυασμό με τις Οδηγίες 2003/30/ΕΚ και 2009/28/ΕΚ στοχεύουν ευθέως στην προώθηση της χρήσης των βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων έτσι ώστε αυτή να ανέλθει έως το 2020 για όλα τα κράτη μέλη σε 20%. Παράλληλα, τα βιοκαύσιμα που παράγονται από τα ΖΥΠ θα μπορέσουν να συμβάλλουν καθοριστικά στον σχεδιασμό και στην κατασκευή εγκαταστάσεων ολοκληρωμένης διαχείρισης ΖΥΠ, προκειμένου αυτές να είναι ενεργειακά ανεξάρτητες. Επιπλέον, με την ενεργειακή αξιοποίηση των ΖΥΠ θα μπορέσει μεταξύ άλλων να επιτευχθεί μείωση των εκπομπών διοξειδίου και μονοξειδίου του άνθρακα, άκαυστων υδρογονανθράκων, αιωρούμενων σωματιδίων και οξειδίων του αζώτου (Nanaki et al., 2014).

II. ΜΕΘΟΛΟΓΙΑ

Οι υφιστάμενες δυνατότητες των ΖΥΠ για να αξιοποιηθούν ενεργειακά στοχεύουν κυρίως στην παραγωγή βιοντίζελ από ζωικό λίπος και βιοαερίου. Μέσα από βιβλιογραφική ανασκόπηση παρουσιάζονται οι βέλτιστες μέθοδοι που μπορούν να εφαρμοστούν κατά την παραγωγική διαδικασία, προκειμένου να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή αξιοποίησή τους μειώνοντας όσο το δυνατό περισσότερο το λειτουργικό κόστος της μετατροπής.

Με βάση τα βιβλιογραφικά δεδομένα, τα στατιστικά στοιχεία και τις εκτιμώμενες ποσότητες ΖΥΠ που χορηγήθηκαν από τη Διεύθυνση Κτηνιατρικής Θεσσαλίας για τα έτη 2013 και 2014, αναπτύχθηκε ένα σενάριο ολοκληρωμένης ενεργειακής αξιοποίησης των ΖΥΠ ανεξάρτητα από τον βαθμό επικινδυνότητάς τους, με βάση τις παραγόμενες ποσότητες από τα τέσσερα υφιστάμενα σφαγεία του Νομού Λάρισας, από τυχόν

άλλα σφαγεία της χώρας και από τις διάφορες βιομηχανίες τροφίμων.

Σκοπός των παραπάνω ήταν ο σχεδιασμός μιας Μονάδας Ολοκληρωμένης Διαχείρισης ΖΥΠ για την παραγωγή ενέργειας με βασική προϋπόθεση τον διαχωρισμό των ΖΥΠ στις τρεις κατηγορίες υποχρεωτικά στα σφαγεία.

III. ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

A. *Ενεργειακή αξιοποίηση ζωικών υποπροϊόντων - Βέλτιστες Μέθοδοι*

1. Παραγωγή βιοντίζελ από ζωικό λίπος

Το βιοντίζελ αποτελεί το πιο διαδεδομένο βιοκαύσιμο, επειδή η χημική του σύσταση είναι παραπλήσια με αυτή του πετρελαίου κίνησης. Καλή πηγή πρώτων υλών για την παραγωγή βιοντίζελ αποτελούν εκτός από τα σπορέλαια, τα χαμηλής ποιότητας και αξίας ζωικά λίπη, τα οποία μπορούν να ανακτηθούν από ζωικά υποπροϊόντα σφαγείου κατηγορίας 3 και 2. Παράγεται με τη μέθοδο της μετεστεροποίησης των τριγλυκεριδίων και της εστεροποίησης των ελεύθερων λιπαρών οξέων με αλκοόλες μικρού μοριακού βάρους με τη χρήση ειδικών καταλυτών (βασικών, όξινων και ενζύμων). Τα τελικά προϊόντα της αντίδρασης είναι οι αλκυλεστέρες των λιπαρών οξέων που αποτελούν το βιοντίζελ, και η γλυκερίνη ως παραπροϊόν.

Οι βασικοί παράγοντες που καθορίζουν το κόστος παραγωγής του βιοντίζελ είναι το κόστος της πρώτης ύλης και το κόστος μετατροπής των λιπών σε βιοντίζελ. Έτσι, ενώ το κόστος της προμήθειας της πρώτης ύλης ειδικά για το ζωικό λίπος παραμένει χαμηλό, θα μπορούσε να μειωθεί το λειτουργικό κόστος της μετατροπής, μέσα από μια προσπάθεια βελτιστοποίησης των διαδικασιών.

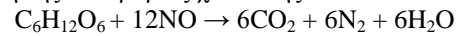
Μετά από σχετική έρευνα διαπιστώθηκε ότι η προκατεργασία με θέρμανση του ζωικού λίπους βοοειδών που περιέχει υψηλές ποσότητες ελεύθερων λιπαρών οξέων, σχηματίζει ένα μικρογαλάκτωμα το οποίο έχει ως αποτέλεσμα την επίτευξη υψηλότερης απόδοσης βιοντίζελ έως και 96 % (Araujo et al., 2010, Bankovic et al., 2014).

Οι τεχνολογίες χρήσης υπερήχων στην παραγωγική διαδικασία του βιοντίζελ είναι ενθαρρυντικές σε πειραματικό επίπεδο, καθώς μειώνεται η υπερβολική κατανάλωση ενέργειας μέσα από μικρότερους χρόνους αντίδρασης και μικρότερες ποσότητες διαλυτών. Σε εργαστηριακό επίπεδο ο χρόνος μετατροπής του ζωικού λίπους βοοειδών είναι θεαματικός, καθώς με την χρήση των υπερήχων ο χρόνος αντίδρασης μπορεί να μειωθεί από 1 ώρα σε 70 δευτερόλεπτα (Cintas et al., 2010).

Η χρήση των μικροκυμάτων στην παραγωγική διαδικασία του βιοντίζελ, επιταχύνει τις χημικές αντιδράσεις, με αποτέλεσμα αυτές να ολοκληρώνονται σε μικρότερους χρόνους. Τα σημαντικότερα οφέλη που μπορούν να προκύψουν είναι η ταχύτερη εκκίνηση, η επιτάχυνση των διαδικασιών μέσω της αποτελεσματικότερης θέρμανσης, η επίτευξη υψηλής καθαρότητας προϊόντων και η αύξηση του ρυθμού απόδοσης έως και 6 φορές (Adewale et al., 2015, Da Ros et al., 2012).

2. Παραγωγή βιοαερίου από ζωικά υποπροϊόντα

Το βιοαέριο παράγεται κατά την αναερόβια χώνευση. Ως αναερόβια χώνευση θεωρείται η χρήση μικροοργανισμών απουσία οξυγόνου για τη σταθεροποίηση οργανικής ύλης, με τη μετατροπή της σε μεθάνιο και ανόργανα προϊόντα. Η βασικότερη αντίδραση της αναερόβιας χώνευσης είναι:



Τα τέσσερα στάδια διεργασιών της αναερόβιας χώνευσης που λαμβάνουν χώρα ταυτόχρονα και παράλληλα είναι τα παρακάτω (Al Seadi 2008):

Υδρόλυση → Οξεογένεση → Οξικογένεση → Μεθανογένεση

Μπορεί να γίνει χρήση ΖΥΠ κατηγορίας 2 και 3 και υπό προϋποθέσεις κατηγορίας 1. Τα ΖΥΠ παρά τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν ως υπόστρωμα για την αναερόβια χώνευση, όταν χρησιμοποιούνται μόνο τους έχουν σχετικά χαμηλή απόδοση σε παραγωγή μεθανίου. Για τον λόγο αυτό προτιμάται συνήθως η ανάμειξή τους με διαφορετικά υποστρώματα που έχουν υψηλές αποδόσεις στην παραγωγή μεθανίου, προκειμένου να ενισχυθεί η παραγωγή βιοαερίου. Έχει παρατηρηθεί ότι ο ενοφθαλμισμός του υποστρώματος ζωικών υποπροϊόντων, με κοκκώδη λυματολάσπη έχει ως αποτέλεσμα να παράγονται μεγαλύτερες ποσότητες βιοαερίου στους 60°C, ενώ ταυτόχρονα μειώνεται η συνολική ζήτηση του COD κατά 57%. Στην περίπτωση αυτή, το στάδιο της μεθανογένεσης επικρατεί μετά από 10 ημέρες και η παραγωγή του βιοαερίου είναι υψηλότερη κατά 45% (Medina - Herrera et al., 2014).

Μετά την παραλαβή των ΖΥΠ, επιβάλλεται να τηρούνται οι απαιτήσεις του Κανονισμού 1069/2009/ΕΚ σύμφωνα με τις διαδικασίες που προβλέπει ο Κανονισμός 142/2011/ΕΚ. Έτσι, πρέπει να γίνεται εξυγίανση των ΖΥΠ με μία από τις παρακάτω επιλογές ανάλογα με την κατηγορία επικινδυνότητάς τους:

α) Παστερίωση (θέρμανση 70°C για 60 λεπτά) για τα υποπροϊόντα κατηγορίας επικινδυνότητας 3, με την οποία επιτυγχάνεται παράλληλα οικονομία ενέργειας εξαιτίας των μειωμένων απαιτήσεων θερμότητας σε σχέση με τις απαιτήσεις θερμότητας για την αποστείρωση

β) Αποστείρωση (στους 133°C για 20 λεπτά και πίεση 3bar) και για τις τρεις κατηγορίες επικινδυνότητας

γ) Αλκαλική υδρόλυση (χρήση διαλύματος NaOH ή KOH, θέρμανση σε 150°C για 3 ώρες και πίεση 4bar) για την κατηγορία 1, εφόσον τα υποπροϊόντα δεν οδηγηθούν σε κλίβανο αποτέφρωσης αλλά προορίζονται στη συνέχεια για παραγωγή βιοαερίου, το οποίο όμως θα πρέπει να καεί εντός της μονάδας σε θερμοκρασία 900°C.

Ορισμένες μελέτες αποδεικνύουν ότι τα ζωικά υποπροϊόντα εξαιτίας της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε πρωτεΐνες και λίπος, αποτελούν ένα πολύ καλό υπόστρωμα για την αναερόβια χώνευση και την παραγωγή βιοαερίου (Ware & Power 2016).

Η προεπεξεργασία αυτή είναι απαραίτητη προκειμένου να μπορέσει να αυξηθεί η βιοδιαθεσιμότητα του υποστρώματος καθώς και η περιεκτικότητά του σε πρωτεΐνες και λιπίδια. Ως βιοδιαθεσιμότητα ορίζεται η διαθεσιμότητα της οργανικής ύλης για τους μικροοργανισμούς (Rodriguez et al., 2011).

Η παστερίωση και η αποστείρωση των ΖΥΠ μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση κατά 4 φορές της απόδοσης

βιοαερίου (0,31-1,14 m³/kg VS) καθώς αυτά γίνονται πιο διαλυτά, βελτιώνεται η ταχύτητα καθίζησής τους, και απελευθερώνεται οργανική ύλη στο εσωτερικό των κυττάρων εξαιτίας της αποσύνθεσης των οργανικών ενώσεων με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένα κατάλληλο υπόστρωμα για την αναερόβια χώνευση από τους μικροοργανισμούς (Carrere et al., 2016 Liu et al., 2012; Medina - Herrera et al., 2014).

Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες για την αποδοτική λειτουργία της μονάδας και την υψηλή παραγωγή βιοαερίου αποτελεί η σταθερή θερμοκρασία της διεργασίας. Προκειμένου να αντισταθμίζονται οι όποιες απώλειες θερμότητας, κρίνεται σκόπιμο ο χωνευτήρας εκτός από την κατάλληλη μόνωση να θερμαίνεται από την θερμότητα που παράγεται από την ίδια εγκατάσταση του βιοαερίου.

Αν και τα ΖΥΠ έχουν σχετικά υψηλή συγκέντρωση σε ολικό άζωτο (TKN~11g/kg) μπορούν να υποστούν επιτυχή αναερόβια χώνευση, ιδιαίτερα στο μεσόφιλο θερμοκρασιακό εύρος. Η απόδοση σε παραγωγή βιοαερίου μπορεί να αυξηθεί με την εξωγενή προσθήκη ιχνοστοιχείων όπως Ni, Co, Cu, Mn, Zn, Mo, Se και B, ενώ δεν είναι απαραίτητη η προσθήκη χλωριούχου σιδήρου για την δέσμευση του παραγόμενου υδρόθειου (Ortner et al., 2014).

Εφόσον κατά την προεπεξεργασία των ΖΥΠ γίνεται προσθήκη κοπριάς, τα ολικά στερεά του υποστρώματος αυξάνονται με αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής μεθανίου ανά κιλό αποβλήτων ακόμη και στο θερμοφιλο θερμοκρασιακό εύρος (45–70°C) (Hejnfelt & Angelidaki, 2009).

Ανάλογα με το είδος του υποστρώματος μπορεί να ποικίλει η συγκέντρωση του υδρόθειου στο βιοαέριο από 0,02 έως 0,5%. Η αποθείωση γίνεται κυρίως με βιολογική οξειδωση μέσα στο χωνευτήρα με τη δράση θειο-οξειδωτικών βακτηρίων που μετατρέπουν παρουσία οξυγόνου το υδρόθειο σε στοιχειακό θείο. Η μέθοδος αυτή έχει χαμηλό κόστος εγκατάστασης και συντήρησης καθώς τα θειο-οξειδωτικά βακτήρια υπάρχουν συνήθως στο υπόστρωμα. Έτσι, απαιτείται συνήθως η παροχή 3-5% οξυγόνου κατά την παραγωγή του βιοαερίου. Υπό ιδανικές συνθήκες (θερμοκρασία 35°C) μπορεί να επιτευχθεί αποθείωση έως και 95%. Τελευταία έχει παρατηρηθεί ότι συμπληρωματική επεξεργασία μετά το στάδιο της αποθείωσης, με ενεργό άνθρακα με ή χωρίς προσθήκη 2-10% ιωδιούχου καλίου, μπορεί να μειώσει τη συγκέντρωση υδρόθειου κάτω από 20ppm.

Το δεσμευμένο θείο μπορεί να αναμειχθεί με το χωνεμένο υπόλειμμα έτσι ώστε να μπορέσει να ρυθμιστεί η περιεκτικότητά του για την μετέπειτα χρήση του ως εδαφοβελτιωτικό.

Το χωνεμένο υπόλειμμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη γεωργία ως εδαφοβελτιωτικό καθώς είναι πλούσιο σε άζωτο, φώσφορο, κάλιο και μικροοργανισμούς. Η χρήση του χωνεμένου υποστρώματος στη γεωργία μπορεί να προκαλέσει μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, αν αναλογιστεί κανείς τις εκπομπές CO₂ και NO₂ που προκύπτουν κατά την συμβατική παραγωγική διαδικασία των ανόργανων λιπασμάτων.

Η χρήση του βιοαερίου που παράγεται από την συγχώνευση των αποβλήτων των βιομηχανιών τροφίμων με κοπριά, θα μπορούσε να μειώσει τις εκπομπές αερίων

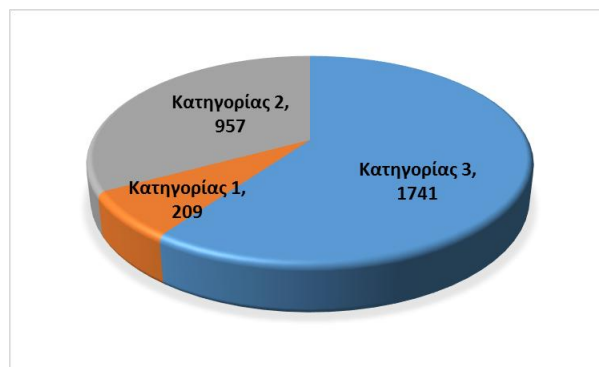
του θερμοκηπίου κατά περίπου 90%, εάν αντικαθιστούσε τη χρήση των συμβατικών καυσίμων στην κίνηση των οχημάτων (Lantz & Børgesson, 2014).

Σε κάθε περίπτωση, εάν το χωνεμένο υπόλειμμα χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα θα πρέπει να διασφαλίζεται ότι εφαρμόζονται οι ορθές γεωργικές πρακτικές για την χρήση αζωτούχων λιπασμάτων, όπως αυτές περιγράφονται στον κώδικα ορθής γεωργικής πρακτικής για την προστασία των νερών από τη νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης και στους κανόνες της πολλαπλής συμμόρφωσης.

B. Μελέτη περίπτωσης Νομού Λάρισας

Στο Νομό Λάρισας λειτουργούν σήμερα τέσσερα βιομηχανικά σφαγεία θηλαστικών, μία μονάδα αδρανοποίησης για τα ΖΥΠ κατηγορίας 2 και 3 και μία μονάδα παραγωγής βιοαερίου, ενώ βρίσκονται υπό αδειοδότηση και κατασκευή επιπλέον πέντε μονάδες βιοαερίου.

Η προτεινόμενη μελέτη περίπτωσης αφορά την επεξεργασία των ΖΥΠ του Νομού Λάρισας, όπως αυτά προκύπτουν από τα τέσσερα υφιστάμενα σφαγεία του νομού, από τυχόν άλλα σφαγεία της χώρας και από τις διάφορες βιομηχανίες τροφίμων, λαμβάνοντας υπόψη τα στατιστικά στοιχεία της Διεύθυνσης Κτηνιατρικής των προηγούμενων ετών (Σχήμα 1).



Σχήμα 1 Παραγόμενα ΖΥΠ (τόνους) Νομού Λάρισας 2013

Για τα ΖΥΠ κατηγορίας 1 του νομού κρίνεται σκόπιμο η σχεδιαζόμενη μονάδα να διαχειρίζεται τουλάχιστον διπλάσιες ποσότητες, καθώς δεν μπορεί να αποκλειστεί η πιθανότητα να εξυπηρετεί και άλλους νομούς. Μια ετήσια ποσότητα περίπου 500 t ΖΥΠ κατηγορίας 1 θα οδηγείται αρχικά σε διαδικασία εξυγίανσης από την οποία θα προκύπτουν περίπου 50 t ζωικό λίπος κατηγορίας 1 το οποίο θα εξάγεται στο εξωτερικό, και 140 t κρεατάλευρο κατηγορίας 1 που θα αποτελεί μαζί με ένα μέρος του παραγόμενου βιοαερίου καύσιμη ύλη σε κλίβανο αποτέφρωσης δυναμικότητας τουλάχιστον 2 t, προκειμένου να υπάρχει δυνατότητα αποτέφρωσης νεκρών ζώων ακόμη και σε πιθανή εμφάνιση επιζωοτιών.

Επειδή οι ποσότητες ΖΥΠ της κατηγορίας 2 και 3 του νομού ανέρχονται περίπου σε 2700 t θα πρέπει ο σχεδιασμός της μονάδας να αποσκοπεί στη διαχείριση ποσότητας 5000-6000 t. Η επιλογή της κοινής εξυγίανσης των δύο κατηγοριών κινδύνου 2 και 3 επιβάλλει σύμφωνα με τον Κανονισμό 1069/2009/ΕΚ τον χαρακτηρισμό των υποπροϊόντων μετά την διαδικασία ως κατηγορίας 2. Η επιλογή αυτή δεν επηρεάζει την διαδικασία, καθώς το παραγόμενο ζωικό λίπος, περίπου 500 t, θα οδηγηθεί σε

μονάδα παραγωγής βιοντίζελ. Η ετήσια ποσότητα του παραγόμενου πολτού, που θα αποτελέσει το κύριο υπόστρωμα για την περαιτέρω χώνευσή του υπολογίζεται σε περίπου 3000 t, εάν δεν υποστεί αφύγρυνση κατά το τελικό στάδιο της εξυγίανσης. Ο συγκεκριμένος πολτός αποτελεί καλό υπόστρωμα για την αναερόβια χώνευση, εάν αναλογιστεί κανείς ότι η απόδοση του πολτού σε παραγωγή βιοαερίου μπορεί να φθάσει μέχρι και 100 m³/t που περιέχει έως και 60 m³/t μεθάνιο.

Εφόσον η μονάδα θα λειτουργεί κατά μέσο όρο 250 ημέρες/έτος εκτιμάται ότι η ημερήσια εισερχόμενη ποσότητα των ζωικών υποπροϊόντων θα ανέρχεται σε 12-15t. Προκειμένου να επιτευχθεί καλύτερη απόδοση στην παραγωγή βιοαερίου, αλλά και επειδή οι ποσότητες των υποπροϊόντων δεν είναι τόσο μεγάλες, πρέπει να γίνεται συγχώνευση με 5 m³/d χοιρινή κοπριά, κοπριά από τον χώρο σφαγής και ενδεχομένως με απόβλητα γειτονικών μονάδων. Εποχικά θα μπορεί να προστίθεται μέχρι 5 m³/d τυρόγαλα.

Η εκτιμώμενη ημερήσια ποσότητα του παραγόμενου βιοαερίου θα είναι περίπου 2000 - 2500 m³, ενώ η ετήσια ποσότητα του εδαφοβελτιωτικού που θα μπορεί να οδηγείται σε αγροτεμάχια θα φθάνει περίπου τους 3500 t.

Η παραγόμενη θερμότητα από τα καυσαέρια του κλιβάνου, του παραγόμενου προϊόντος αδρανοποίησης και των καυσαερίων του κινητήρα εσωτερικής καύσης, θα χρησιμοποιείται αντίστοιχα με την βοήθεια εναλλακτών θερμότητας για την θέρμανση του ατμού στις διεργασίες αδρανοποίησης, τη θέρμανση της δεξαμενής ομογενοποίησης του υποστρώματος και τη θέρμανση του χωνευτήρα.

Τα υπολείμματα καύσης επειδή θα προέρχονται από υποπροϊόντα κατηγορίας 1 ή από νεκρά ζώα θα πρέπει σύμφωνα με τον Κανονισμό 1069/2009/EK να εναποθέτονται σε χώρο υγειονομικής ταφής.

IV. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Παρά το γεγονός ότι στο Νομό Λάρισας έχουν αδειοδοτηθεί αρκετές μονάδες ενεργειακής αξιοποίησης των ζωικών υποπροϊόντων, η λειτουργία μόνο μιας εκ αυτών προβληματίζει για το μέλλον των εναλλακτικών μορφών παραγωγής ενέργειας και οδηγεί στα παρακάτω συμπεράσματα - προβληματισμούς για την εγκατάσταση μιας νέας μονάδας:

1. Η αειφόρος ανάπτυξη θα συνεχίζει να αποτελεί βασικό στόχο σε παγκόσμια κλίμακα και πιθανότατα θα συνεχίσουν να δίνονται κίνητρα για την επίτευξή της, όμως σε σύντομο χρονικό διάστημα είναι αβέβαιο το οικονομικό όφελος που θα προκύπτει από την πώληση του ηλεκτρικού ρεύματος σε οποιοδήποτε δίκτυο. Σε αυτή την αβεβαιότητα συμβάλουν αφενός η συνεχώς μειούμενη τιμή πώλησης της kWh στην ΔΕΔΔΗΕ και αφετέρου οι γενικότερες επιπτώσεις της οικονομικής κρίσης (αποκρατικοποίηση της ΔΕΔΔΗΕ, αύξηση φορολόγησης παραγόμενου ρεύματος, συρρίκνωση της οικονομίας, μείωση κατανάλωσης ρεύματος). Η διαχείριση των ζωικών υποπροϊόντων όμως θα συνεχίζει να αποτελεί φλέγον ζήτημα και θα γίνεται πιθανότατα με αυστηρότερα κριτήρια.

2. Οι μονάδες αδρανοποίησης που θα λειτουργούν επαρκώς με την ενέργεια που οι ίδιες παράγουν από την

ενεργειακή αξιοποίηση των πρώτων υλών τους θα συνεχίσουν κατά πάσα πιθανότητα να είναι βιώσιμες.

3. Μια γενικότερα βιώσιμη λύση θα μπορούσε να είναι η εγκατάσταση μικρής δυναμικότητας μονάδων αξιοποίησης των ζωικών υποπροϊόντων στα σφαγεία, προκειμένου να μπορεί να γίνεται η ενεργειακή αξιοποίησή τους στο χώρο παραγωγής τους με την εγκατάσταση χωνευτήρων χαμηλού κόστους. Έτσι το παραγόμενο από την αναερόβια χώνευση βιοαέριο ή η μετατροπή εντός της μονάδας του παραγόμενου ζωικού λίπους σε βιοντίζελ για την άμεση χρήση του, θα αποτελούν τα κύρια καύσιμα όχι μόνο για τον αποτεφρωτικό κλιβάνο αλλά και για οποιαδήποτε άλλη διαδικασία αδρανοποίησης

4. Από την αποκλειστική λειτουργία της μονάδας με βιοκαύσιμα θα υπάρχουν και περιβαλλοντικά οφέλη, δεδομένου ότι η χρήση βιοκαυσίμων συμβάλλει και στην μείωση των εκπομπών του CO₂ στην ατμόσφαιρα.

5. Περιβαλλοντικά οφέλη από την μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου μπορεί να επιτευχθούν και από την εφαρμογή του χωνεμένου υπολείμματος ως εδαφοβελτιωτικού με στόχο τη μείωση της χρήσης των συμβατικών λιπασμάτων.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Adewale P., Dumont M.-J., Ngadi M. 2015, "Recent trends of biodiesel production from animal fat wastes and associated production techniques", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 45, 574 – 588
- Al Seadi T., Rutz D., Prassl H., Köttner M., Finsterwalder T., Volk S., Janssen R., Sioulas K., 2008, «BiG East – Biogas for Eastern Europe, Εγχειρίδιο Βιοαερίου», *Intelligent Energy, Europe*, Project partly financed by the European Commission, <http://www.big-east.eu/index.html>
- Araújo B.Q., Cavalcante da Rocha Nunes R., Rodarte de Moura C.V., Miranda de Moura E., Maria das Graças Lopes Citó A., Ribeiro dos Santos J. jr., 2010, "Synthesis and Characterization of Beef Tallow Biodiesel", *Energy Fuels*, 24 (8), 4476 – 448
- Bankovic-Ilic B. I., Stojkovic J. I., Stamenkovic S. O., Veljkovic B. V., Hung J.-T., 2014, "Waste animal fats as feedstocks for biodiesel production", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 32, 238 – 254
- Carrere H., Antonopoulou G., Affes R., Passos F., Battimelli A., Lyberatos G., Ferrer I., 2016, "Review of feedstock pretreatment strategies for improved anaerobic digestion: From lab-scale research to full - scale application" *Bioresource Technology*, 199, 386 – 397
- Cintas P., Mantegna S., Gaudino E. C., Cravotto G., 2010, "A new pilot flow reactor for high-intensity ultrasound irradiation. Application to the synthesis of biodiesel", *Ultrasonics Sonochemistry*, 17, 985 – 989
- Da Ros C. M. P., Castro de H. F., Carvalho A. K. F., Soares C. M. F., Moraes de F. F., Zanin M. G., 2012, "Microwave-assisted enzymatic synthesis of beef tallow biodiesel", *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 39, 529 – 536
- Hejnfeldt A., Angelidaki I., 2009, "Anaerobic digestion of slaughterhouse by-products", *Biomass and Bioenergy*, 33, 1046 – 1054
- Lantz M., Börjesson P., 2014, "Greenhouse gas and energy assessment of the biogas from co-digestion injected into the natural gas grid: A Swedish case-study including effects on soil properties" *Renewable Energy*, 71, 387 – 395
- Liu X., Wang W., Gao X., Zhou Y., Shen R., 2012, "Effect of thermal pretreatment on the physical and chemical properties of municipal biomass waste", *Waste Management*, 32, 249 – 255
- Medina-Herrera M., Rodríguez - García, A., Montoya - Herrera, L., Cárdenas - Mijangos, J., Godínez - Mora -Tovar L.A., Bustos - Bustos E., Rodríguez - Valadez, F.J. and Manriquez-Rocha J., 2014, "Anaerobic Digestion of Slaughterhouse Solid Waste for the Optimization of Biogas Production", *International Journal of Environmental Research*, 8, (2), 483 - 492
- Nanaki E.A., Koroneos C.J., Xydis G.A., Rovas D., 2014, "Comparative environmental assessment of Athens urban buses — Diesel, CNG and biofuel powered" *Transport Policy*, 35, 311 – 318

- Ortner M., Leitzinger K., Skupien S., Bochmann G., Fuchs W., 2014, "Efficient anaerobic mono-digestion of N-rich slaughterhouse waste: Influence of ammonia, temperature and trace elements" *Bioresource Technology*, 174, 222 – 232
- Rodriguez-Abalde A., Ferrnndez B., Silvestre G., Flotats X., 2011, "Effects of thermal pre-treatments on solid slaughterhouse waste methane potential", *Waste Management*, 31, 1488-1493
- Ware A., Power N., 2016, "What is the effect of mandatory pasteurisation on the biogas transformation of solid slaughterhouse wastes?", *Waste Management*, 48, 503 – 512