



“Ανάπτυξη και επίδειξη ενός καινοτόμου συστήματος οικιακής ξήρανσης για την επεξεργασία του οργανικού κλάσματος των οικιακών απορριμμάτων στην πηγή”

(LIFE 08 ENV/GR/000566)



Τεχνική έκθεση εκτίμησης των επιδόσεων της συσκευής ξήρανσης του οργανικού κλάσματος των οικιακών απορριμμάτων με βάση τα αποτελέσματα των εργαστηριακών αναλύσεων

Deliverable 12



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο



Δήμος Παπάγου-Χολαργού

Περιεχόμενα:

1. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΟΙΚΙΑΚΗΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΟΙΚΙΑΚΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ.	1
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ	2
1.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΟΓΚΟΥ ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ.....	7
1.3 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΘΕΡΜΟΓΟΝΟ ΔΥΝΑΜΗ ΚΑΙ ΤΟΝ ΟΛΙΚΟ ΟΡΓΑΝΙΚΟ ΑΝΘΡΑΚΑ ΤΟΥ ΤΕΛΙΚΟΥ ΞΗΡΟΥ ΥΠΟΛΟΙΠΟΥ	10
1.4 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ, ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΕ ΣΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ	11
1.5 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΑΠΟΨΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ	18
1.6 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΦΙΛΤΡΟΥ ΕΝΕΡΓΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΤΟ ΕΠΙΛΩ ΜΕΡΟΣ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ..	22
1.7 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	22
1.8 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΟΙΚΙΑΚΗΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ	26

Πίνακες:

Πίνακας 1: Χημικές ενώσεις που δεσμεύονται από φίλτρα ενεργού άνθρακα.....	18
Πίνακας 2: Αποτελέσματα μετρήσεων ενεργειακής κατανάλωσης συσκευής ξήρανσης (τιμή κιλοβατώρας 0,071ευρώ/KWh)	19
Πίνακας 3: Αποτελέσματα μετρήσεων ενεργειακής κατανάλωσης συσκευής ξήρανσης (τιμή κιλοβατώρας 0,054ευρώ/KWh).....	19
Πίνακας 4: Αποτελέσματα μετρήσεων ενεργειακής κατανάλωσης συσκευής ξήρανσης (τιμή κιλοβατώρας 0,0686 ευρώ/KWh).....	20
Πίνακας 5: Αποτελέσματα μετρήσεων ενεργειακής κατανάλωσης συσκευής ξήρανσης (θεωρήθηκε τιμή κιλοβατώρας 0,071ευρώ/KWh).....	21
Πίνακας 6: Εκπεμπόμενοι ρύποι από εργοστάσιο παραγωγής λιθάνθρακα στην Ελλάδα	23
Πίνακας 7: Έκλυση ρύπων μέσω της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος της συσκευής οικιακής ξήρανσης	23
Πίνακας 8: Ειδικές εκπομπές συμβατικών ρύπων και διοξειδίου του άνθρακα των μελλοντικών μονάδων της ΔΕΗ Α.Ε.	25
Πίνακας 9: Εκτιμώμενοι παραγόμενοι ρύποι από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της συσκευής με βάση τα στοιχεία της ΔΕΗ Α.Ε. για τις νέες μονάδες.....	25

Εικόνες:

Εικόνα 1: Κάτοψη του πρότυπου συστήματος οικιακής ξήρανσης σε συνθήκες πλήρους λειτουργίας.....	1
Εικόνα 2: Πρότυπο σύστημα οικιακής ξήρανσης οργανικών απορριμμάτων	12
Εικόνα 3: Σπασμένο χερούλι συσκευής.....	14
Εικόνα 4: Οργανικά απορρίμματα τοποθετημένα στο καλάθι ξήρανσης	16
Εικόνα 5: Ημιξηραμένα απορρίμματα 4 ώρες αργότερα στους 80°C.....	16

Εικόνα 6:Τελικό ξηρό προϊόν	17
Εικόνα 7: Δυόμιση (2,5) κιλά οργανικών απορριμμάτων διατεταγμένα σε 5 δοχεία ζέσεως σε μορφή σκόνης	28

Σχήματα:

Σχήμα 1: (Αριστερά) Μέσος όρος περιεχόμενης υγρασίας των επιλεχθέντων μιγμάτων (πριν)-Δεξιά (μετά) την ξήρανση.....	2
Σχήμα 2: Μέσος όρος περιεχόμενης υγρασίας μαρουλιού πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) την ξήρανση.....	3
Σχήμα 3: Μέσος όρος περιεχόμενης υγρασίας σέλινου πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) την ξήρανση	3
Σχήμα 4: Μέσος όρος περιεχόμενης υγρασίας πεπονιού πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) την ξήρανση	4
Σχήμα 5: Μέσος όρος περιεχόμενης υγρασίας Μανταρινιού πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) την ξήρανση.....	4
Σχήμα 6: Μέσος όρος υγρασίας κρέατος μόσχου πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) την ξήρανση.....	5
Σχήμα 7: Μέσος όρος περιεχόμενης υγρασίας φρούτων (αριστερά) και λαχανικών (δεξιά) πριν και μετά την ξήρανση	6
Σχήμα 8: Μέσος Όρος Υγρασίας Δειγμάτων Κρέατος πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) την ξήρανση	6
Σχήμα 9:Μεταβολή όγκου μιγμάτων οργανικής μάζας (%)	7
Σχήμα 10: Μεταβολή όγκου φρούτων (αριστερά) και λαχανικών (δεξιά) (%)	8
Σχήμα 11: προσδιορισθέντες τιμές θερμογόνου δύναμης για διάφορα υπολείμματα φρούτων και λαχανικών	10
Σχήμα 12: Αποτελέσματα μετρήσεων ολικού οργανικού άνθρακα.....	11

1. Εκτίμηση των επιδόσεων του συστήματος οικιακής ξήρανσης των οικιακών οργανικών απορριμμάτων.

1.1 Εισαγωγή

Σε αυτήν την τεχνική έκθεση γίνεται εκτίμηση των επιδόσεων της συσκευής ξήρανσης, όπως αυτές προσδιορίστηκαν από την ομάδα μελέτης μετά την ολοκλήρωση των πειραματικών αναλύσεων οι οποίες διενεργήθηκαν στην Μονάδα Περιβαλλοντικής Τεχνολογίας του Ε.Μ.Π . Συγκεκριμένα, σχολιάζονται οι παράμετροι λειτουργίας της συσκευής, τα λειτουργικά προβλήματα που παρουσιάστηκαν κατά την διάρκεια λειτουργίας της, τα οικονομικά στοιχεία που αφορούν την συσκευή, οι επιδόσεις της συσκευής κάτω από διάφορες συνθήκες λειτουργίας, κλπ. Προκειμένου να εκτιμηθεί η επίδοση του πρότυπου συστήματος οικιακής ξήρανσης, διενεργήθηκαν μετρήσεις και πειράματα προσδιορισμού της ποιότητας και ποσότητας του αρχικού και τελικού προϊόντος. Επιπλέον αυτών των πειραμάτων πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της ενεργειακής κατανάλωσης της συσκευής ξήρανσης σε όλες τις συνθήκες ξήρανσης που εξετάστηκαν. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων και χημικών αναλύσεων καταγράφηκαν σε προηγούμενο παραδοτέο και η ομάδα έργου εκτίμησε τις επιδόσεις της συσκευής οι οποίες καταγράφονται στις παραγράφους που ακολουθούν.

Επιπλέον όπου δύναται αναφέρονται τρόποι βελτιστοποίησης του συστήματος οικιακής ξήρανσης οι οποίοι θα μπορούσαν να ανεβάσουν την απόδοση του συστήματος στο μέλλον.

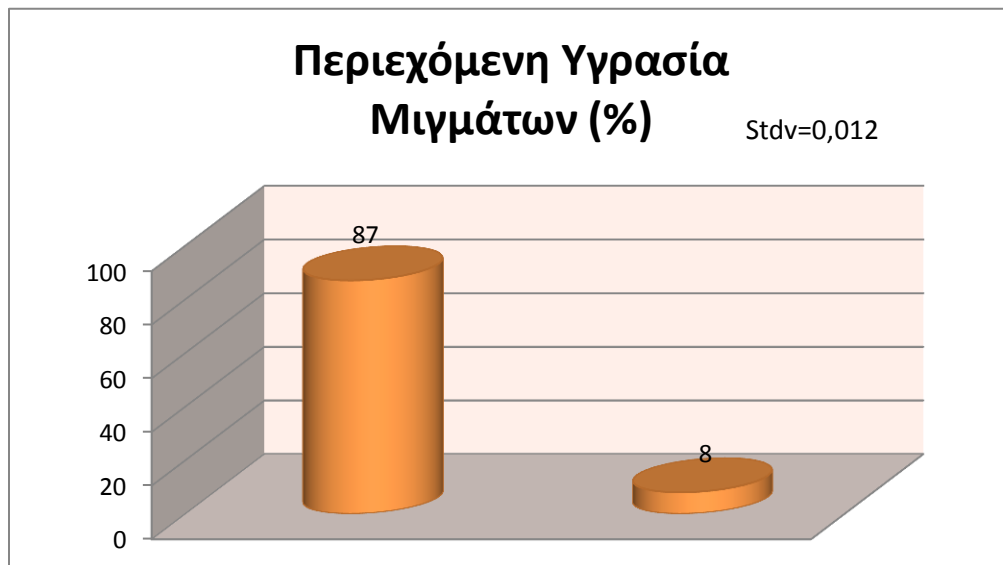


Εικόνα 1: Κάτοψη του πρότυπου συστήματος οικιακής ξήρανσης σε συνθήκες πλήρους λειτουργίας.

1.1 Εκτίμηση της απόδοσης του συστήματος ως προς την απομάκρυνση υγρασίας

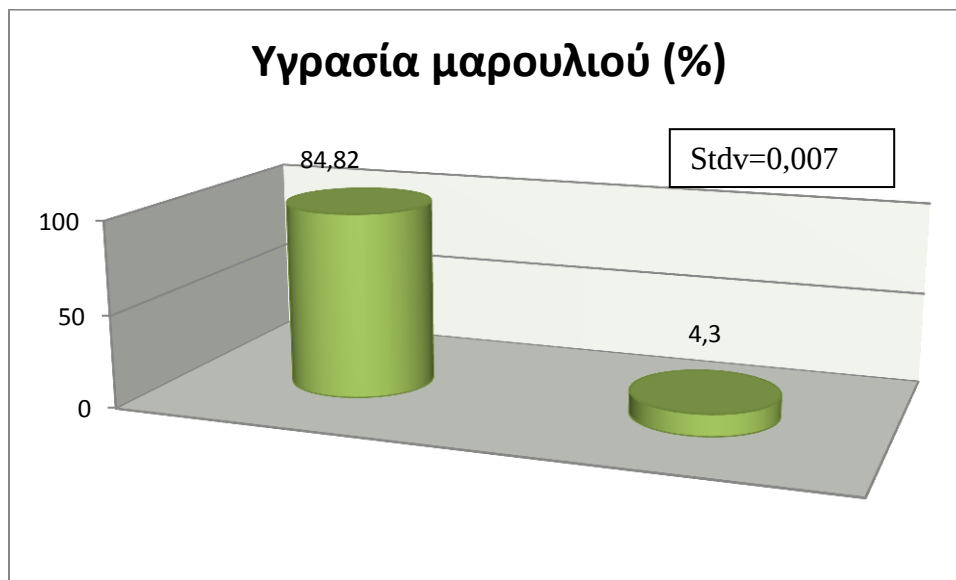
Τα τρία μίγματα που χρησιμοποιήθηκαν όπως έχει ήδη αναφερθεί παραδοτέο καταγραφής των πειραματικών αναλύσεων, ήταν απομεινάρια φρούτων και λαχανικών τα οποία προέρχονταν από πραγματικές πηγές όπως οικίες και μαγαζιά. Μία από τις βασικές παραμέτρους οι οποίες προσδιορίστηκαν σε όλες τις πραγματοποιηθέντες μετρήσεις, είναι η υγρασία που απομακρύνθηκε από τα οργανικά απορρίμματα. Η ποσότητα της υγρασίας θεωρήθηκε ότι ισούται με την μείωση της συνολικής μάζας των οργανικών απορριμμάτων. Συνεπώς η συνολική μείωση της μάζας ισούται με της συνολική υγρασία που αφαιρέθηκε από το στερεό απόβλητο με τη χρήση του ρεύματος ξήρανσης.

Τόσο στα προκαταρκτικά πειράματα τα οποία είχαν πραγματοποιηθεί κατά την υλοποίηση της Δραστηριότητας 1b (01/01/2010-31/03/2010) όσο και στα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια της Δραστηριότητας 4(a), τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η συσκευή ξήρανσης προκαλεί μείωση της συνολικής μάζας των στερεών οργανικών αποβλήτων σε ποσοστό έως 79% σε όλες τις θερμοκρασίες λειτουργίας (60-65-75 και 80°C). Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται στο σχήμα που ακολουθεί:

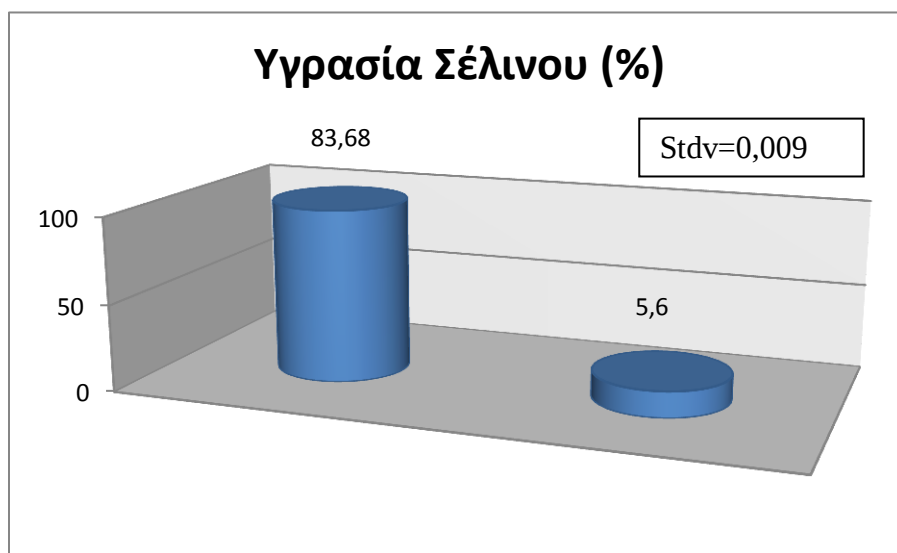


Σχήμα 1: (Αριστερά) Μέσος όρος περιεχόμενης υγρασίας των επιλεγθέντων μιγμάτων (πριν)-Δεξιά (μετά) την ξήρανση

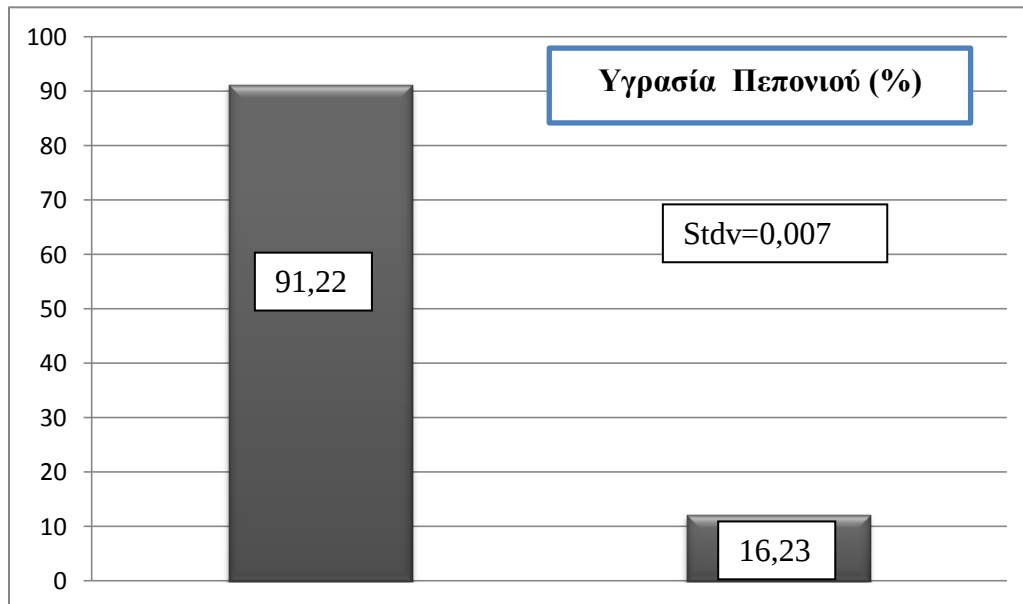
Στη συνέχεια ακολουθούν γραφήματα ελάττωσης της υγρασίας για 2 δείγματα λαχανικών, 2 δείγματα φρούτων, και ένα δείγμα κρέατος στα οποία φαίνεται η ελάττωση της περιεχόμενης υγρασίας των δειγμάτων:



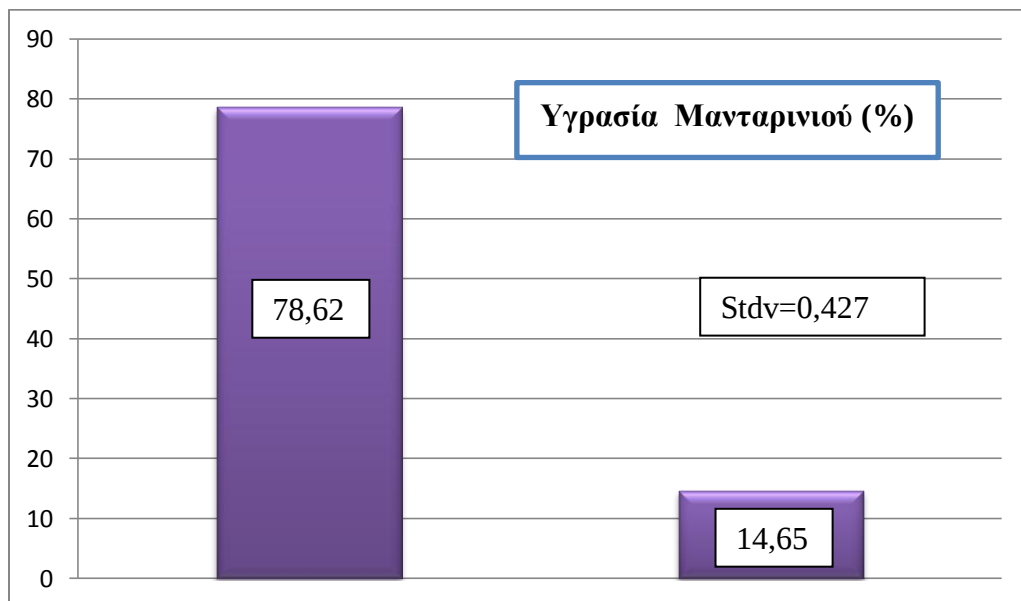
Σχήμα 2: Μέσος όρος περιεχόμενης υγρασίας μαρουλιού πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) την ξήρανση



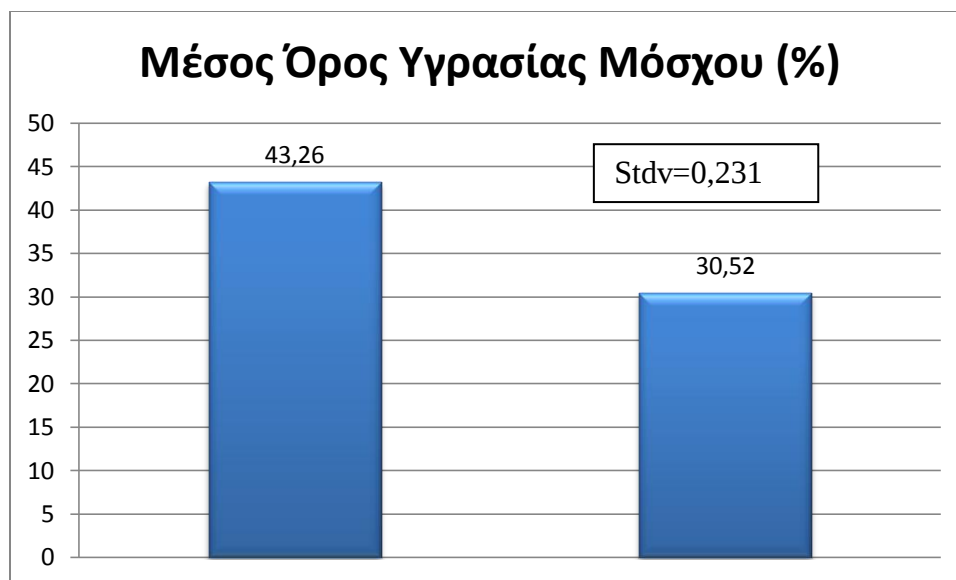
Σχήμα 3: Μέσος όρος περιεχόμενης υγρασίας σέλινου πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) την ξήρανση



Σχήμα 4: Μέσος όρος περιεχόμενης υγρασίας πεπονιού πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) την ξήρανση



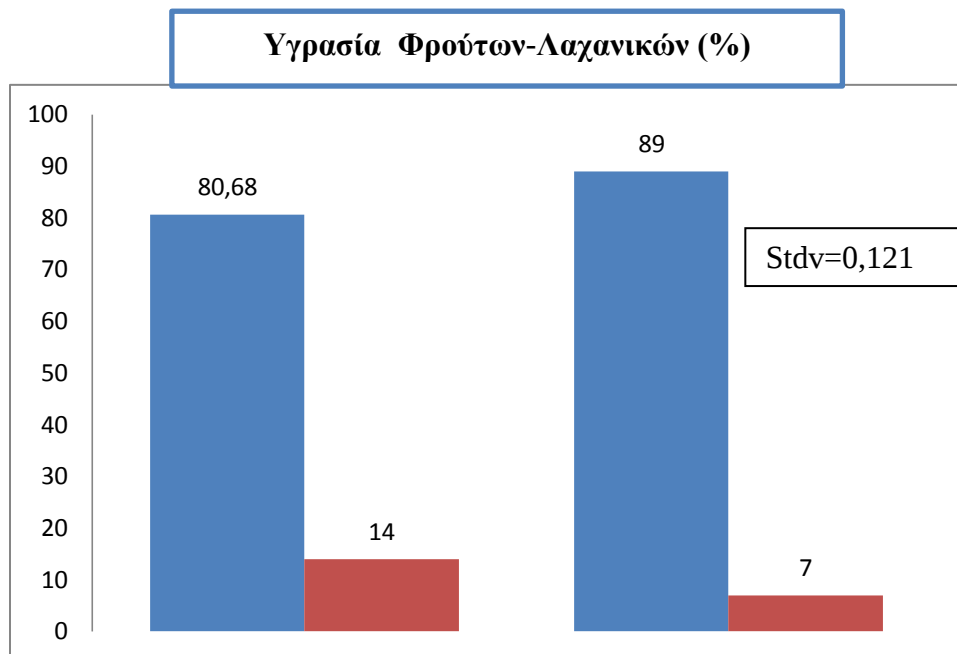
Σχήμα 5: Μέσος όρος περιεχόμενης υγρασίας Μανταρινιού πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) την ξήρανση



Σχήμα 6: Μέσος όρος υγρασίας κρέατος μόσχου πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) την ξήρανση

Από τα πειράματα ξήρανσης που πραγματοποιήθηκαν σε επιλεγμένα τρόφιμα, προέκυψε η εκτίμηση ότι η ελάττωση της μάζας είναι μεγαλύτερη στα λαχανικά από ότι στα φρούτα καθώς η επιφάνεια των λαχανικών είναι μικρότερη σε σχέση με των φρούτων με αποτέλεσμα η ξήρανση στα φρούτα να είναι λιγότερο αποδοτική. Επιπλέον η μείωση της υγρασίας στα κρέατα είναι μικρή λόγω της φύσης του συγκεκριμένου υλικού. Συνεπώς μία από τις οδηγίες που αναφέρεται στο βιβλίο χρήσης της συσκευής DRYWASTE που δημιουργήθηκε για τους πολίτες του Δήμου Παπάγου-Χολαργού οι οποίοι θα χρησιμοποιήσουν την συσκευή είναι να κόβουν τα οργανικά απορρίμματα τους όσο το δυνατόν λεπτότερα και σε μικρότερο μέγεθος προκειμένου η διεργασία της ξήρανσης να είναι πιο αποδοτική.

Ο μέσος όρος της υγρασίας των φρούτων που μελετήθηκαν είναι της τάξης του 80,68% ενώ των λαχανικών είναι της τάξης των 89%. Ο μέσος όρος μείωσης της μάζας των φρούτων είναι της τάξης του 14% για τα φρούτα και 7% για τα λαχανικά. Τα αποτελέσματα αυτά παριστάνονται στο ραβδόγραμμα που ακολουθεί:



Σχήμα 7: Μέσος όρος περιεχόμενης υγρασίας φρούτων (αριστερά) και λαχανικών (δεξιά) πριν και μετά την ξήρανση

Όσον αφορά τα κρέατα που μελετήθηκαν, ο μέσος όρος υγρασίας των δειγμάτων πριν και μετά τη διεργασία της ξήρανσης, φαίνεται στο ραβδόγραμμα που ακολουθεί:

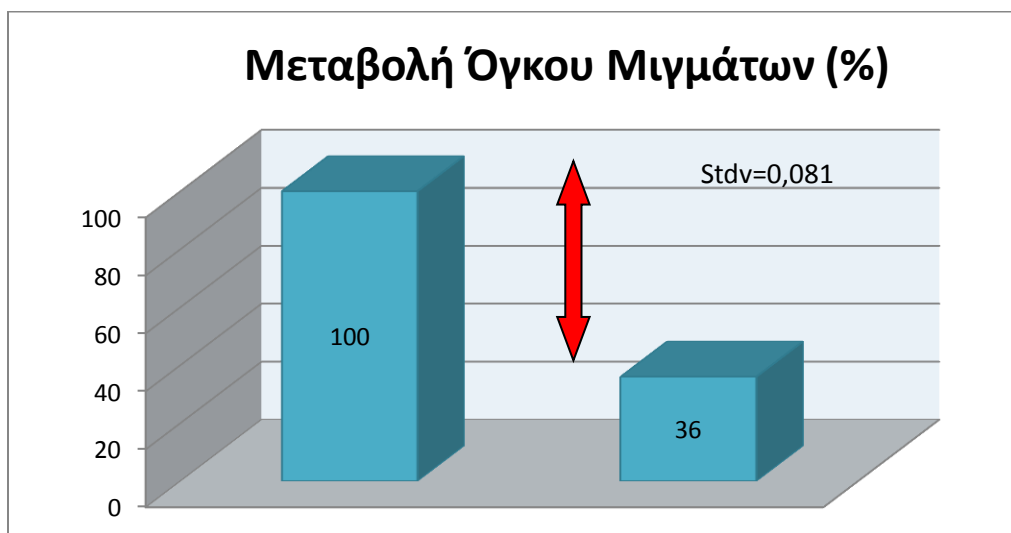


Σχήμα 8: Μέσος Όρος Υγρασίας Δειγμάτων Κρέατος πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) την ξήρανση

Συνεπώς εκτιμάται ότι η συσκευή ξήρανσης είναι ποιο αποδοτική στην ξήρανση λαχανικών σε σχέση με την ξήρανση φρούτων ενώ δεν κρίνεται τόσο αποδοτική στη ξήρανση κρέατος σε σχέση με τα άλλα δύο οργανικά απορρίμματα. Ωστόσο τονίζεται ότι μείωση της ειδικής επιφάνειας των φρούτων και του κρέατος θα μπορούσε να προκαλέσει ταχύτερη μείωση της περιεχόμενης υγρασίας των απορριφθέντων τροφίμων η οποία όμως δεν υπολογίζεται ότι στην παρούσα φάση θα μπορούσε να πέσει σε χαμηλότερα επίπεδα.

1.2 Εκτίμηση της απόδοσης του συστήματος ως προς την μείωση του όγκου των οργανικών απορριμμάτων

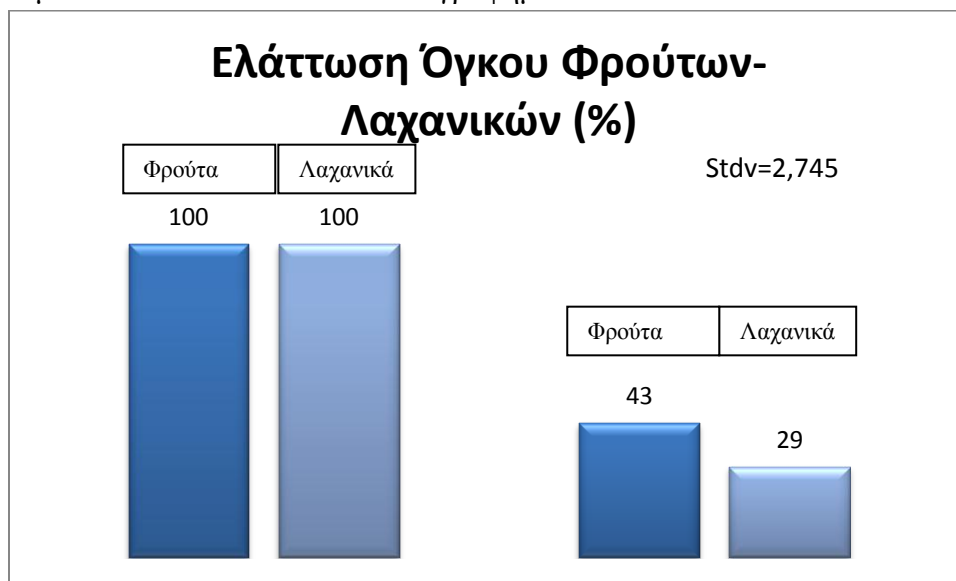
Η δεύτερη βασική παράμετρος που προσδιορίστηκε στην διάρκεια των διενεργηθέντων πειραμάτων, είναι η ελάττωση του όγκου των οικιακών οργανικών απορριμμάτων. Η ελάττωση του όγκου φαίνεται στο γράφημα που ακολουθεί και το οποίο παριστάνει τον μέσο όρο ελάττωσης του όγκου για όλα τα μίγματα που εξετάστηκαν.



Σχήμα 9:Μεταβολή όγκου μιγμάτων οργανικής μάζας (%)

Η ελάττωση του όγκου για τα χρησιμοποιηθέντα μίγματα όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι της τάξης του 64% ποσοστό το οποίο ήταν και αυτό με τη σειρά του σταθερό σε όλες τις θερμοκρασίες ξήρανσης δεδομένου το ότι η διεργασία της ξήρανσης έχει ολοκληρωθεί σε όλες τις περιπτώσεις (η ελάττωση της μάζας των οργανικών απορριμμάτων είναι μικρότερη του 4%).

Επιπλέον βρέθηκε από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν ότι η μείωση του ολικού όγκου είναι μεγαλύτερη στα λαχανικά σε σχέση με τα φρούτα. Αυτό το γεγονός εξηγείται από το γεγονός ότι η υγρασία αφαιρείται ευκολότερα από τα λαχανικά σε σχέση με τα φρούτα ενώ η εναπομείνασα επιφάνεια μετά το πέρας της διεργασίας της ξήρανσης είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με τα φρούτα. Ο μέσος όρος ελάττωσης του όγκου για τα χρησιμοποιηθέντα υπολείμματα λαχανικών είναι της τάξης του 65% ενώ ο μέσος όρος ελάττωσης του όγκου των χρησιμοποιηθέντων φρούτων είναι της τάξης του 58%. Τα αποτελέσματα αυτά αποτυπώνονται στο γράφημα που ακολουθεί:

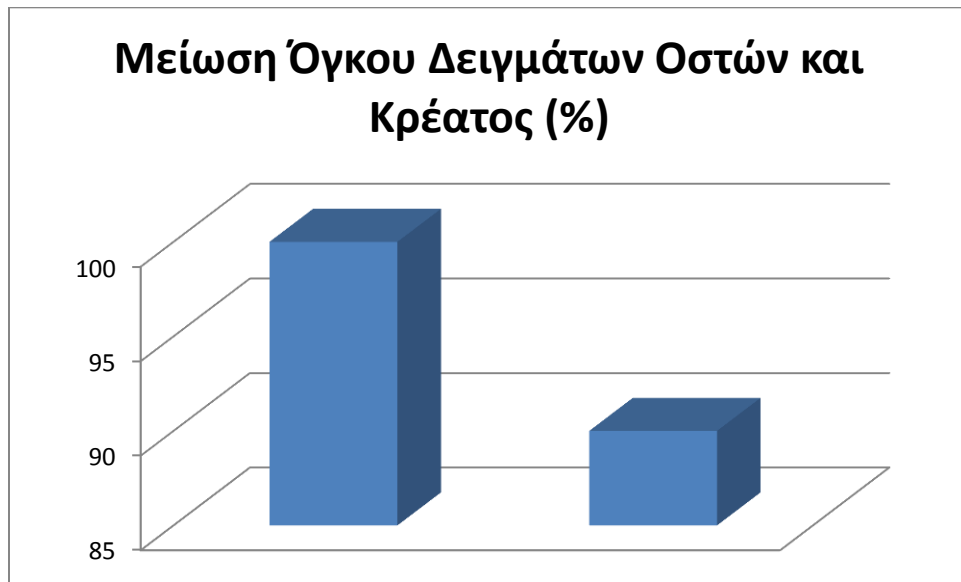


Σχήμα 10: Μεταβολή όγκου φρούτων (αριστερά) και λαχανικών (δεξιά) (%)

Συνεπώς εκτιμάται ότι η συσκευή ξήρανσης μπορεί να προκαλέσει μείωση του όγκου των οικιακών οργανικών απορριμμάτων έως 57% στην περίπτωση που τα οργανικά μας απορρίμματα είναι μόνο φρούτα και έως 71% στην περίπτωση που τα οργανικά μας απορρίμματα είναι μόνο λαχανικά.

Σε αυτήν την περίπτωση όπως ακριβώς και στη περίπτωση της μείωσης της μάζας, το ποσοστό ελάττωσης του όγκου δεν εξαρτάται από τη θερμοκρασία ξήρανσης. Επιπλέον ο χρόνος στον οποίο επιτυγχάνεται ο τελικός όγκος του ξηρού υπολοίπου έχει άμεση σχέση με το αρχικό πάχος και μέγεθος του αρχικού υποβάθρου καθώς η απομάκρυνση της υγρασίας επιτυγχάνεται ευκολότερα σε λεπτά και μικρά σε μέγεθος υλικά με αποτέλεσμα να επέρχεται μεγαλύτερη συρρίκνωση του τελικού προϊόντος.

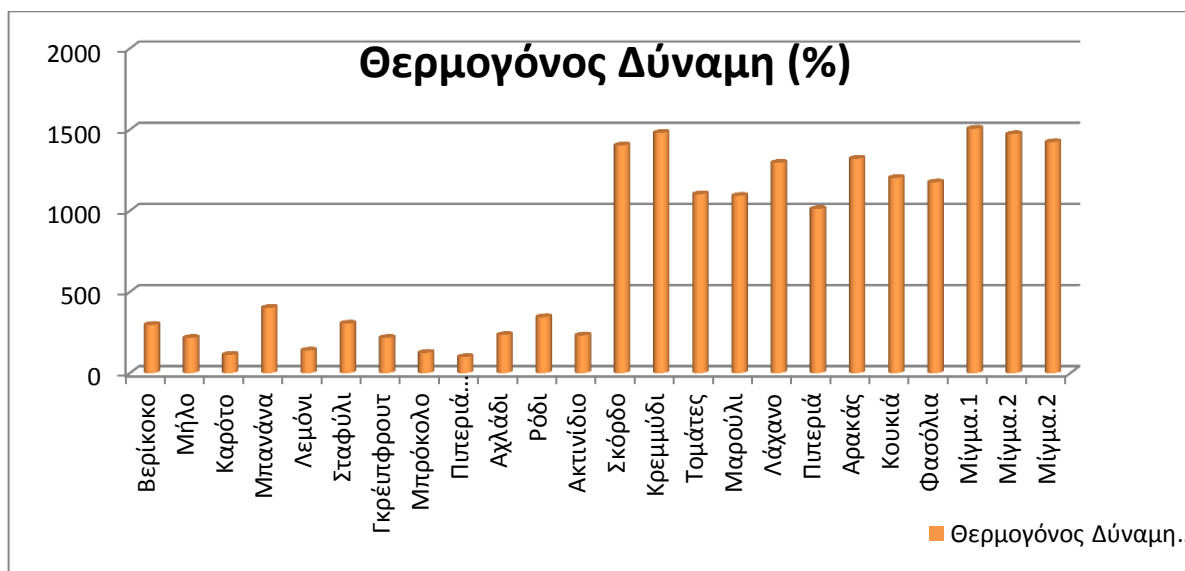
Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι η μείωση του όγκου για τα κρέατα και τα κόκκαλα είναι αμελητέα σε σχέση με τα υπόλοιπα απορρίμματα. Συγκεκριμένα είναι της τάξης του 10% στο σύνολο των δειγμάτων οστών και κρέατος που χρησιμοποιήθηκαν.



Σχήμα 11:Μείωση όγκου δειγμάτων οστών και κρέατος

1.3 Εκτίμηση της απόδοσης του συστήματος σε σχέση με την θερμογόνο δύναμη και τον ολικό οργανικό άνθρακα του τελικού ξηρού υπολοίπου

Προκειμένου να εκτιμηθεί περαιτέρω η απόδοση του συστήματος οικιακής ξήρανσης των οργανικών οικιακών απορριμμάτων, προσδιορίστηκε η θερμογόνος δύναμη διαφόρων τροφίμων οι οποίες καταγράφηκαν στο παραδοτέο.11. Οι τιμές αυτές παρουσιάζονται διαγραμματικά στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 12: προσδιορισθέντες τιμές θερμογόνου δύναμης για διάφορα υπολείμματα τροφών

Η μέση τιμή θερμογόνου δύναμης για τα προσδιορισθέντα τρόφιμα και μίγματα τροφίμων, είναι ίση με 758, 79 KJ/100gr. Αυτή η τιμή είναι σταθερή και δεν μεταβάλλεται με την μεταβολή της θερμοκρασίας ξήρανσης. Συνεπώς η απόδοση της συσκευής ξήρανσης εκτιμάται σταθερή όσον αφορά τη θερμογόνο δύναμη του τελικού ξηρού προϊόντος και μη βελτιώσιμη.

Μία ακόμα παράμετρος που προσδιόρισε η ομάδα εργασίας, είναι ο ολικός οργανικός άνθρακας των υπολειμμάτων τροφίμων που μελετήθηκαν. Οι προσδιορισθέντες τιμές παρουσιάζονται διαγραμματικά στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 13: Αποτελέσματα μετρήσεων ολικού οργανικού άνθρακα

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι η απόδοση του συστήματος παραμένει σταθερή σε όλες τις θερμοκρασίες και για όλα τα είδη οργανικών απορριμμάτων καθώς η διεργασία της ξήρανσης δεν επηρεάζει την ποσότητα της περιεχόμενης οργανικής ουσίας στα στερεά οργανικά απόβλητα. Συνεπώς εκτιμάται ότι η συσκευή ξήρανσης μπορεί να παρέχει ποσότητα ολικού οργανικού άνθρακα με μέσον όρο 42,47% σταθερά σε όλες τις λειτουργικές συνθήκες και για κάθε τύπο οργανικών απορριμμάτων.

1.4 Εκτίμηση της απόδοσης του συστήματος σε σχέση με το υλικό κατασκευής και την λειτουργικότητά του, σε σχέση με τα προβλήματα που παρουσίασε στην διάρκεια των δοκιμών

Η συσκευή οικιακής ξήρανσης των οργανικών απορριμμάτων δοκιμάστηκε για διάστημα 4 μηνών στην Μονάδα Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας του Ε.Μ.Π. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων καταγράφηκαν προβλήματα του συστήματος τα οποία οδήγησαν στην παραγωγή του βελτιστοποιημένου συστήματος οικιακής ξήρανσης. Αυτά τα προβλήματα αναφέρονται σε αυτήν την παράγραφο.



Εικόνα 2: Πρότυπο σύστημα οικιακής ξήρανσης οργανικών απορριμμάτων

1.4.1 Εκτίμηση Απόδοσης του υλικού κατασκευής

- **Πλεονεκτήματα υλικού κατασκευής:**

Το υλικό κατασκευής είναι κεραμικό πυρίμαχο. Το γεγονός αυτό δίνει πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα στον χρήστη της συσκευής. Η διαδικασία κατασκευής του είναι απλή καθώς απαιτείται η εργασία ενός ατόμου για να φτιαχτεί το ξύλινο καλούπι και το κεραμικό μέρος της συσκευής και ενός δεύτερου για να τοποθετηθούν τα ηλεκτρολογικά και μηχανικά μέρη καθώς και ο αυτοματισμός του συστήματος. Το υλικό κατασκευής είναι εύκολο να βρεθεί ενώ έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να του δοθεί οποιοδήποτε σχήμα επιθυμεί ο σχεδιαστής της συσκευής.

Η αισθητική του υλικού είναι πολύ υψηλή καθώς προσομοιάζει με Αρχαιοελληνικό αγγείο ή πήλινη γλάστρα η οποία μπορεί με μεγάλη ευκολία να τοποθετηθεί σε εξωτερικούς αλλά προστατευμένους από τα καιρικά φαινόμενα χώρους, ιδιαίτερα κήπους και μπαλκόνια κατοικιών. Σε αυτό βοηθά και το γεγονός ότι το βάρος της συσκευής είναι της τάξης των 12 κιλών, γεγονός που της δίνει μεγάλη στατικότητα και αντοχή στα καιρικά φαινόμενα. Το υλικό μπορεί επιπλέον να χρωματιστεί ώστε αισθητικά να βελτιωθεί περαιτέρω.

Το κόστος του υλικού είναι πολύ μικρότερο σε σχέση με τα υπόλοιπα υλικά (πλαστικό, μέταλλο, κλπ). Συγκεκριμένα η ομάδα έργου, υπολογίζει ότι το κόστος της κατασκευής/πώλησης της συσκευής ξήρανσης θα μπορούσε να πέσει κάτω από 100 ευρώ/τεμάχιο στην περίπτωση που το συγκεκριμένο σύστημα βγει σε μαζική παραγωγή (5000 τεμάχια και άνω) γεγονός που θα έχει σαν αποτέλεσμα η συγκεκριμένη συσκευή οικιακής ξήρανσης να είναι από τις φθηνότερες της παγκόσμιας αγοράς στο είδος της, καθώς καμία από τις ήδη υπάρχουσες εμπορικές συσκευές, δεν τοποθετείται σε εξωτερικό χώρο αφενός, ενώ αφετέρου η εμπορική αξία τους ξεπερνά τα 170 ευρώ/τεμάχιο.

Η ύπαρξη του συγκεκριμένου υλικού δίνει στην συσκευή το πλεονέκτημα ότι δεν επηρεάζεται από βροχόπτωση καθώς ο πυλός σε αυτό το πάχος αποτελεί ένα υλικό το οποίο δεν μπορεί να διαπεραστεί από νερό ενώ στεγνώνει εύκολα μέσα σε μισή ώρα με την παρουσία του ήλιου. Ένα ακόμα πλεονέκτημα του πυλού είναι ότι είναι φυσικό υλικό και τόσο η διεργασία κατασκευής του όσο και η μετέπειτα απόρριψη του (μετά το τέλος του χρόνου ζωής της συσκευής), δεν αναμένεται να επηρεάσουν αρνητικά το περιβάλλον. Ο πυλός είναι ένα υλικό που αντέχει στον χρόνο και μπορεί κάποιος να έχει μια τέτοιου είδους συσκευή όπως εκτιμάται για πάνω από 30 έτη. Σε αυτό συνηγορούν και οι ανακαλύψεις πήλινων και κεραμικών αρχαιοελληνικών αγγείων από τους Έλληνες τα οποία έχουν αντέξει για χιλιάδες χρόνια.

Επιπλέον το κεραμικό θερμαίνεται πολύ εύκολα. Είναι γνωστή η υψηλή θερμοχωρητικότητα του υλικού αυτού. Η θερμοκρασία διατηρείται στο εσωτερικό του για τουλάχιστον 1 ώρα αφότου η συσκευή τεθεί εκτός λειτουργίας. Συνεπώς το υλικό αυτό μας εξασφαλίζει μεγαλύτερη οικονομία όσον αφορά την λειτουργία της συσκευής σε σχέση με κάποιο άλλο ψυχρό υλικό όπως το πλαστικό ή θερμό όπως το μέταλλο το οποίο παρουσιάζει και προβλήματα κόστους.

Τέλος δεν χρειάζεται η ύπαρξη ακριβών καλουπιών για την κατασκευή της. Η ομάδα έργου προκειμένου να κατασκευάσει την συσκευή, επικοινωνήσε με βιομηχανίες κατασκευής πλαστικών και ύστερα από μελέτη, υπολογίστηκε ότι το καλούπι μόνο, θα ξεπερνούσε τα 20.000 ευρώ. Το υλικό κατασκευής της συσκευής δίνει το επιπλέον πλεονέκτημα ότι μπορεί να κατασκευαστεί και σε χώρες όπου η βιομηχανία δεν είναι ακόμα ανεπτυγμένη και να επιτελέσει τον σκοπό της μείωσης της μάζας και το όγκου των οργανικών απορριμμάτων τα οποία συμβάλλουν αρνητικά στη κλιματική αλλαγή. Επιπλέον σε χώρες όπως η Ελλάδα, όπου υπάρχει ήδη βιομηχανία κεραμικών η οποία βρίσκεται σε κρίση τα τελευταία 10 χρόνια, η απόκτηση τεχνογνωσίας από το συγκεκριμένο έργο θα δημιουργήσει νέες ευκαιρίες και νέες θέσεις εργασίας στον συγκεκριμένο κλάδο αλλά και στον τομέα της διαχείρισης των απορριμμάτων.

Τέλος, η φύση του υλικού δεν αναμένεται να έχει σημαντική επιβάρυνση στο περιβάλλον σε σχέση με τα κλασικά χρησιμοποιούμενα υλικά, καθώς πρόκειται για φυσικά παραγόμενο υλικό, κάτι που μένει να αποδειχθεί στην ανάλυση κύκλου ζωής που προβλέπεται μελλοντικά στα πλαίσια υλοποίησης του προγράμματος.

- **Μειονεκτήματα υλικού κατασκευής:**

Ο πυλός είναι ένα υλικό που δίνει επιπλέον βάρος στην συσκευή ξήρανσης. Το γεγονός αυτό αποτελεί πλεονέκτημα για κάποιον που την έχει τοποθετήσει σε εξωτερικό χώρο καθώς όπως ήδη αναφέρθηκε εξασφαλίζει την στατικότητα της. Ωστόσο το μεγάλο βάρος έχει το μειονέκτημα ότι η συσκευή δεν μπορεί να μετακινηθεί εύκολα από έναν μέσο άνθρωπο. Έτσι σε περίπτωση που παρουσιαστεί κάποια βλάβη στη συσκευή, είναι δύσκολη η απομάκρυνσή της από τον χώρο στον οποίο έχει τοποθετηθεί όχι αδύνατη ωστόσο.



Εικόνα 3: Σπασμένο χερούλι συσκευής

Σε περίπτωση που πέσει από ύψος ή χτυπήσει κάτι επάνω στη συσκευή με μεγάλη δύναμη, η συσκευή ενδέχεται να σπάσει τοπικά ή ολικά, γεγονός που θα καταστρέψει τη συσκευή, ή θα αυξήσει τις ενεργειακές απαιτήσεις της αν πρόκειται για τοπική βλάβη

καθώς θα υπάρχει απώλεια θερμότητας από το εσωτερικό της. Επιπλέον η συσκευή δύσκολα επιδιορθώνεται τοπικά παρά μόνο με την χρήση πυρίμαχου υλικού σε ρευστή μορφή.

Το μεγαλύτερο ίσως πρόβλημα που αντιμετώπισε η ομάδα έργου, ήταν το καπάκι της συσκευής καθώς ήταν φτιαγμένο από πυλό. Το γεγονός αυτό δεν επέτρεπε στον χρήστη να το ανοίγει με ευκολία λόγω του μεγάλου βάρους του ενώ τα χερούλια ήταν ευαίσθητα με αποτέλεσμα το ένα να σπάσει την Τρίτη ημέρα λειτουργίας της συσκευής. Αυτό το γεγονός οδήγησε την ομάδα έργου στην αλλαγή του η οποία έλαβε χώρα στο βελτιστοποιημένο πλέον σύστημα, τοποθετώντας ένα καπάκι ποιο εύχρηστο κατασκευασμένο από ελαφρύ υλικό, γεγονός που έδωσε στον οικιακό ξηραντήρα μεγάλη λειτουργικότητα.

1.4.2. Εκτίμηση της λειτουργικότητας της συσκευής ξήρανσης

Η συσκευή ξήρανσης είναι εύκολη στην χρήση καθώς δεν χρειάζεται κάποια παραπάνω γνώση από αυτήν που χρειάζεται να έχει κάποιος προκειμένου να λειτουργήσει μια ηλεκτρική συσκευή του σπιτιού όπως ένα φουρνάκι. Η λειτουργία της συσκευής είναι απλή καθώς χρειάζεται μόνο το γύρισμα ενός διακόπτη (θερμοστάτη) προκειμένου να ξεκινήσει η διεργασία της ξήρανσης των οργανικών απορριμμάτων. Τα απορρίμματα τοποθετούνται σε ένα δοχείο, όπως φαίνεται στην εικόνα.4 όπως ακριβώς τοποθετούνται τα σκουπίδια σε έναν οικιακό κάδο απορριμμάτων. Στην συνέχεια αυτά ξηραίνονται αυτόματα και η μάζα και ο όγκος τους μειώνεται μέσα σε λίγες ώρες όπως φαίνεται στην εικόνα 5.

Η βελτιστοποιημένη συσκευή μπορεί να επεξεργάζεται 6 κιλά οργανικών απορριμμάτων ημερησίως ενώ χρειάζεται κάποιος να την αδειάζει παρά μόνο μετά από τρεις ημέρες δεδομένου ότι η ημερήσια παραγωγή οργανικών απορριμμάτων είναι 2 kg/ημέρα, ίση με αυτή μιας μέσης τετραμελούς οικογένειας.



Εικόνα 4: Οργανικά απορρίμματα τοποθετημένα στο καλάθι ξήρανσης



Εικόνα 5: Ημιξηραμένα απορρίμματα 4 ώρες αργότερα στους 80°C

Το τελικό ξηρό υπόλοιπο μπορεί να αφαιρεθεί με ευκολία από το καλάθι και να δοθεί για κομποστοποίηση ή να αξιοποιηθεί ενεργειακά.



Εικόνα 6: Τελικό ξηρό προϊόν

Το μόνο μειονέκτημα όσον αφορά την λειτουργικότητά της είναι το γεγονός ότι το καλάθι απόρριψης των οργανικών απορριμμάτων θα πρέπει να πλένεται μια φορά την εβδομάδα καθώς μέρη των απορριμμάτων κολλούν επάνω του με αποτέλεσμα να κλείνουν τις τρύπες μέσα από τις οποίες περνά ο θερμός αέρας ο οποίος εισέρχεται από τη βάση της συσκευής. Ωστόσο το υλικό αυτό δεν μυρίζει αλλά ενδέχεται να προκαλέσει μείωση της απόδοσης της συσκευής σε σχέση με τους χρόνους στους οποίους επιτυγχάνεται η ξήρανση.

Επιπλέον η υγρασία που απομακρύνεται από τα τρόφιμα σε περίπτωση που η συσκευή τοποθετηθεί σε κλειστό χώρο, αυξάνει την υγρασία του με αποτέλεσμα η ατμόσφαιρα να γίνεται δυσάρεστη για έναν κάτοικο. Αυτό ισχύει και για τα υπόλοιπα υπάρχοντα εμπορικά συστήματα. Συνεπώς θα πρέπει η συσκευή να τοποθετείται σε εξωτερικό ή εσωτερικό χώρο ο οποίος όμως θα πρέπει να αερίζεται συνεχώς προκειμένου να απομακρύνεται η υγρασία.

Αξίζει να τονιστεί ότι η συσκευή παρέμεινε σε συνεχή λειτουργία 4 μηνών χωρίς να παρουσιαστεί καμία μόνιμη βλάβη σε όλη αυτή τη περίοδο ενώ το φίλτρο ενεργού άνθρακα επιτέλεσε την απομάκρυνση των δυσάρεστων οσμών αποτελεσματικά χωρίς

μείωσης της απόδοσής του και κρίνεται επαρκές για τη συνεχόμενη λειτουργία της συσκευής.

Τα φίλτρα ενεργού άνθρακα δεσμεύουν την πλειοψηφία των χημικών ενώσεων που είναι υπεύθυνες για την εμφάνιση δυσάρεστων οσμών στο σχεδιαζόμενο ξηραντή, ανεξάρτητα από την κλίμακα εφαρμογής. Οι κυριότερες εκ των ενώσεων αυτών, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

Πίνακας 1: Χημικές ενώσεις που δεσμεύονται από φίλτρα ενεργού άνθρακα

Χημική Ένωση	Μοριακός Τύπος
Ακεταλδεΐδη	C_2H_4O
Αμυλική Ακετόνη	$C_7H_{14}O_2$
Βουτυρικό Οξύ	$C_4H_8O_2$
Τετραχλωριούχος Άνθρακας	CCl_4
Αιθυλική Ακετόνη	$C_4H_8O_2$
Αιθυλική Μερκαπτάνη	C_2H_6S
Ευκαλυπτόλη	$C_{10}H_{18}O$
Φορμαλδεΐδη	CH_2O
Χλωρομεθάνιο	CH_3Cl
Πουτρεσκίνη	$C_2H_{12}N_2$
Σκατόλη	C_9H_9N
Διοξείδιο του Θείου	SO_2
Τολουένιο	C_7H_8

1.5 Εκτίμηση της οικονομικής βιωσιμότητας του συστήματος από άποψη ενεργειακής κατανάλωσης

Σε όλη την διάρκεια των πειραμάτων όπως έχει ήδη αναφερθεί πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της ενεργειακής κατανάλωσης της συσκευής ξήρανσης των οικιακών οργανικών απορριμμάτων.

Η συσκευή λειτούργησε σε θερμοκρασίες 60-65-70-80 °C. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων στις προαναφερθείσες θερμοκρασίες αναφέρονται στο πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 2: Αποτελέσματα μετρήσεων ενεργειακής κατανάλωσης συσκευής ξήρανσης (τιμή κιλοβατώρας 0,071ευρώ/KWh)

Θερμοκρασία Λειτουργίας (°C)	Ενεργειακή Κατανάλωση KWhs/24h	Ενεργειακή Κατανάλωση KWhs/Μήνα	Μηνιαίο Κόστος Λειτουργίας Συσκευής (Ευρώ/μήνα)
60	2,2	66	4,69
65	2,5	75	5,32
70	2,8	84	5,96
80	3,4	102	7,2

Για τον προσδιορισμό του κόστους λειτουργίας της συσκευής σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις θεωρήθηκε τιμή KWhs σταθερή ίση με την τρέχουσα τιμή που ισχύει για ένα μέσο νοικοκυριό η οποία θεωρήθηκε σταθερή και ίση με 0,071 ευρώ/KWh και για τετραμηνιαία κατανάλωση ρεύματος από 1001-1200 KWh.

Σύμφωνα με τα επίσημα τιμολόγια της Δημόσιας Επιχείρησης ηλεκτρισμού, ένα μέσο νοικοκυριό το οποίο καταναλώνει από 0-800 kWh ανά τετράμηνο, η τιμή της κιλοβατώρας είναι 0,05400 ευρώ. Συνεπώς ο παραπάνω πίνακας διαμορφώνεται ως εξής:

Πίνακας 3: Αποτελέσματα μετρήσεων ενεργειακής κατανάλωσης συσκευής ξήρανσης (τιμή κιλοβατώρας 0,054ευρώ/KWh)

Θερμοκρασία Λειτουργίας (°C)	Ενεργειακή Κατανάλωση KWhs/24h	Ενεργειακή Κατανάλωση KWhs/Μήνα	Μηνιαίο Κόστος Λειτουργίας Συσκευής (Ευρώ/μήνα)

60	2,2	66	3,56
65	2,5	75	4,05
70	2,8	84	4,53
80	3,4	102	5,5

Για συνολική κατανάλωση ανά τετράμηνο από 801 – 1000 kWh, η τιμή της κιλοβατώρας είναι ίση με 0,0686 ευρώ/KWh και ο παραπάνω πίνακας διαμορφώνεται ως εξής:

Πίνακας 4: Αποτελέσματα μετρήσεων ενεργειακής κατανάλωσης συσκευής ξήρανσης (τιμή κιλοβατώρας 0,0686 ευρώ/KWh)

Θερμοκρασία Λειτουργίας (°C)	Ενεργειακή Κατανάλωση KWhs/24h	Ενεργειακή Κατανάλωση KWhs/Μήνα	Μηνιαίο Κόστος Λειτουργίας Συσκευής (Ευρώ/μήνα)
60	2,2	66	4,53
65	2,5	75	5,14
70	2,8	84	5,76
80	3,4	102	6,99

Συνεπώς εκτιμάται ότι η ενεργειακή κατανάλωση της συσκευής οικιακής ξήρανσης δεν μπορεί να προσδιοριστεί με απόλυτη ακρίβεια καθώς κάθε κατοικία παράγει διαφορετικές ποσότητες απορριμμάτων συνεπώς οι χρόνοι λειτουργίας της συσκευής διαφέρουν. Επιπλέον οι παραπάνω χρόνοι και τιμές ενεργειακής κατανάλωσης αναφέρονται στην περίπτωση λειτουργίας της συσκευής για 24 ώρες 30 ημέρες τον μήνα, το οποίο είναι το χειρότερο πιθανό σενάριο που μπορεί να ισχύσει. Εάν θεωρηθεί χρόνος λειτουργίας της συσκευής 12 ώρες ημερησίως, τότε οι παραπάνω τιμές διαμορφώνονται ως εξής:

Πίνακας 5: Αποτελέσματα μετρήσεων ενεργειακής κατανάλωσης συσκευής ξήρανσης (θεωρήθηκε τιμή κιλοβατώρας 0,071ευρώ/KWh)

Θερμοκρασία Λειτουργίας (°C)	Ενεργειακή Κατανάλωση KWhs/24h	Ενεργειακή Κατανάλωση KWhs/Μήνα	Μηνιαίο Κόστος Λειτουργίας Συσκευής (Ευρώ/μήνα)
60	1,1	33	2,26
65	1,25	37,5	2,57
70	1,4	42	2,88
80	1,7	51	3,49

Τα έξοδα συντήρησης της συσκευής είναι μηδαμινά καθώς δεν απαιτείται κάποιο επιπλέον κόστος. Το υλικό από το οποίο η συσκευή είναι φτιαγμένη δεν χρειάζεται συντήρηση καθώς δεν φθείρεται με την πάροδο του χρόνου. Μπορεί να επέλθει αισθητική φθορά στο εξωτερικό περίβλημα, (λόγο καιρικών φαινομένων, σκόνης, ακαθαρσιών) ωστόσο η φθορά αυτή δεν επηρεάζει την απόδοση της συσκευής. Η συντήρησή της περιορίζεται στον καθαρισμό του εσωτερικού καλαθιού το οποίο θα πρέπει να καθαρίζεται με καθαρό νερό μία φορά την εβδομάδα καθώς και του πιάτου κατακράτησης των υγρών στραγγισμάτων που εξέρχονται από τα οργανικά απορρίμματα κατά την διάρκεια της ξήρανσης.

Η συσκευή χρειάζεται αλλαγή του ενεργού άνθρακα που περιέχεται στο φίλτρο της κάθε 6 μήνες περίπου σύμφωνα με τις εμπορικές προδιαγραφές του υλικού και ανάλογα τον χρόνο λειτουργίας της συσκευής και τις οσμές που παράγουν τα απορριφθέντα απορρίμματα. Συνεπώς εκτιμάται ότι είναι δύσκολο να προσδιοριστεί η αντοχή του υλικού κατακράτησης των οσμών καθώς αυτή εξαρτάται από το είδος των απορριμμάτων, τη χρήση της συσκευής, τις διατροφικές συνήθειες κάθε νοικοκυριού οι οποίες ποικίλουν από εποχή σε εποχή και από ημέρα σε ημέρα, ακόμα και από κράτος σε κράτος. Ο ενεργός άνθρακας εκτιμάται ότι κοστίζει περίπου 8 ευρώ ετησίως, αν θεωρήσει κανείς κόστος υλικού πλήρωσης του φίλτρου (Pellets ενεργού άνθρακα) ίσο με 4 ευρώ.

1.6 Εκτίμηση της απόδοσης του φίλτρου ενεργού άνθρακα στο επάνω μέρος της συσκευής

Η συσκευή λειτούργησε για διάστημα τεσσάρων μηνών και από μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, δεν βρέθηκε ότι η χρήση της συσκευής θα μπορούσε να προκαλέσει σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και τον άνθρωπο από άποψη εκπομπών οσμών. Ωστόσο η ομάδα εργασίας του έργου πραγματοποίησε πειράματα στα οποία τοποθέτησε οργανικά απορρίμματα σε προχωρημένη αποσύνθεση (σε αναερόβια κατάσταση όπως συμβαίνει στο εσωτερικό ενός ΧΥΤΑ) οι οσμές (οι οποίες προσομοιάζαν με τις οσμές ενός ψόφιου ζώου σε αποσύνθεση) οι οποίες προέρχονταν από το εσωτερικό του ξηραντήρα και οφείλονταν στο προς ξήρανση υλικό, δεν κατακρατούνταν από το φίλτρο απόσμησης γεγονός που προβλημάτισε την ομάδα έργου.

Δεν προσδιορίστηκαν τα είδη των ουσιών που αποτελούσαν τις οσμές, ωστόσο η οσμή που προέρχονταν από το εσωτερικό της συσκευής κρίθηκε εξαιρετικά δυσάρεστη και για τον λόγο αυτό η ομάδα πρότεινε την αντικατάσταση του φίλτρου ενεργού άνθρακα με ένα μεγαλύτερου πάχους, ώστε να εξασφαλιστεί η καλή λειτουργία του συστήματος, ενώ δίνεται η οδηγία προς τους χρήστες να μην τοποθετούν προϊόντα σε κατάσταση προχωρημένης αποσύνθεσης στο εσωτερικό της συσκευής. Αυτό αποτέλεσε και το πιο ακραίο πείραμα εκτίμησης των επιδόσεων του φίλτρου ενεργού άνθρακα που εκτελέστηκε.

1.7 Εκτίμηση της Περιβαλλοντικής βιωσιμότητας του συστήματος

Σε όλη την διάρκεια των μετρήσεων πραγματοποιήθηκε μέτρηση της ενεργειακής κατανάλωσης της συσκευής καθώς και των πτητικών οργανικών ενώσεων που εξέρχονται από την έξοδο του φίλτρου, προκειμένου να γίνει μια πρώτη εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που θα έχει η λειτουργία της σε ένα μέσο Ελληνικό νοικοκυριό. Στον πίνακα που ακολουθεί, φαίνονται οι εκπομπές αερίων από ένα εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της ΔΕΗ το οποίο χρησιμοποιεί ως καύσιμο λιθάνθρακα στην Ελλάδα

Πίνακας 6: Εκπεμπόμενοι ρύποι από εργοστάσιο παραγωγής λιθάνθρακα στην Ελλάδα

Εκπομπές ρύπων από την ηλεκτροπαραγωγή με λιθάνθρακα		
Εκπομπές ρύπων	Τόνοι ανά έτος (t/y)	Γραμμάρια ανά κιλοβατώρα (g/kWh)
Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO ₂)	3.226.750	834
Εκπομπές διοξειδίου του θείου (SO ₂)	3.610	0,93
Εκπομπές οξειδίων του αζώτου (NO _x)	6.480	1,67
Εκπομπές σωματιδίων (TSP)	540	0,14
<i>εκ των οποίων</i>		
- Εκπομπές μικροσωματιδίων PM ₁₀	380	0,10
- Εκπομπές μικροσωματιδίων PM _{2,5}	270	0,07
Αέριες εκπομπές τοξικών μετάλλων	Κιλά ανά έτος (Kg/y)	Μιλιγραμμάρια ανά κιλοβατώρα (mg/kWh)
Εκπομπές υδραργύρου	10,5	0,0027
Εκπομπές καδμίου	7,75	0,0020
Εκπομπές αρσενικού	205	0,0530

Από τα δεδομένα του παραπάνω πίνακα και από τα δεδομένα του πίνακα. 2 προσδιορίστηκαν οι εκπομπές ρύπων και αερίων τοξικών μετάλλων οι οποίες εκτιμάται ότι μπορούν να προέλθουν από την χρήση της συσκευής στην Ελλάδα μέσω της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για την ξήρανση, σε ένα μέσο νοικοκυριό με τετραμηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος 1001-1200 KWh και με πάροχο ενέργειας ο οποίος χρησιμοποιεί λιθάνθρακα για την ηλεκτροπαραγωγή. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 7: Έκλυση ρύπων μέσω της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος της συσκευής οικιακής ξήρανσης

**Εκπομπές ρύπων από την ηλεκτροπαραγωγή με
λιθάνθρακα**

Εκπομπές ρύπων	Γραμμάρια ανά κιλοβατώρα (g/kWh)	Γραμμάρια ανά κιλοβατώρα (g/kWh) (οφειλόμενα στην συσκευή ξήρανσης) σε όλες τις
----------------	----------------------------------	---

		μελετηθείς θερμοκρασίες
Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO ₂)	834	66-55044 75 -62550 84 -70056 102 -85068
Εκπομπές διοξειδίου του θείου (SO ₂)	0,93	66 -61,38 75 -69,75 84 -78,12 102 -94,86
Εκπομπές οξειδίων του αζώτου (NO _x)	1,67	66 -110,22 75 -125,25 84 -140,28 102 -170,34
Αέριες εκπομπές τοξικών μετάλλων	Μιλιγραμμάρια ανά κιλοβατώρα (mg/kWh)	
Εκπομπές υδραργύρου	0,0027	66 -0,1782 75 -0,2025 84 -0,2268 102 -0,2754
Εκπομπές καδμίου	0,0020	66 -0,132 75 -0,15 84 -0,168 102 -0,204
Εκπομπές αρσενικού	0,0530	66 -3,498 75 -3,975 84 -4,452 102 -5,406

-όπου οι τιμές 66,75,84,102, αναφέρονται σε ενεργειακή κατανάλωση που αντιστοιχεί σε θερμοκρασίες 60,65,70,80 βαθμών αντίστοιχα

Σύμφωνα με στοιχεία της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού, οι ειδικές εκπομπές συμβατικών ρύπων και διοξειδίου του άνθρακα από νέες λιθανθρακικές μονάδες και νέες

λιγνιτικές σε σύγκριση με υφιστάμενες λιγνιτικές ανά μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας (KWh) θα είναι:

Πίνακας 8: Ειδικές εκπομπές συμβατικών ρύπων και διοξειδίου του άνθρακα των μελλοντικών μονάδων της ΔΕΗ Α.Ε.

	Υφιστάμενη λιγνιτική	Νέα λιγνιτική με υπερσύγχρονη τεχνολογία	Νέα ανθρακική με υπερσύγχρονη τεχνολογία
Οξείδια του αζώτου NO_x (g/KWh)	2,3	0,7	0,6
Διοξείδιο του θείου SO₂ (g/KWh)	2,8	0,5	0,4
Σωματίδια PM (g/KWh)	1,0	0,1	0,06
Διοξείδιο του άνθρακα CO₂ (g/KWh)	1390	950	750

Πίνακας 9: Εκτιμώμενοι παραγόμενοι ρύποι από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της συσκευής με βάση τα στοιχεία της ΔΕΗ Α.Ε. για τις νέες μονάδες

	Υφιστάμενη λιγνιτική	Νέα λιγνιτική	Νέα ανθρακική
Οξείδια του αζώτου NO_x (g/KWh)	66-151,8 75 -172,5 84 -234,6 102 -238,6	66-46,2 75 -52,5 84 -58,8 102 -71,4	66-39,6 75 -45 84 -50,4 102 -61,2
Διοξείδιο του θείου SO₂	66-184,8	66-33	66-26,4

(g/KWh)	75 -210	75 -37,5	75 -30
	84 -235,2	84 -42	84 -33,6
	102 -285,6	102 -51	102 -40,8
Σωματίδια PM (g/KWh)	66	6,6	66-3,96
	75	7,5	75 -4,5
	84	8,4	84 -5,04
	102	10,2	102 -6,12
Διοξείδιο του άνθρακα CO₂ (g/KWh)	66-91740	66-62700	66-49500
	75 -104250	75 -71250	75 -56250
	84 -116760	84 -79800	84 -63000
	102 -141780	102 -9690	102-76500

Επιπλέον, από τις μετρήσεις πτητικών οργανικών ενώσεων που έγιναν με χρήση του GC/MS στην μονάδα περιβαλλοντικής επιστήμης και τεχνολογίας του Ε.Μ.Π. δεν βρέθηκε να υπάρχει σημαντική επίπτωση του συστήματος από περιβαλλοντικής απόψεως, όσον αφορά τις εκπομπές ρύπων στο περιβάλλον.

1.8 Προτάσεις βελτιστοποίησης του συστήματος οικιακής ξήρανσης

Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας

Προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η συσκευή όσον αφορά την εκπομπή ρύπων στην ατμόσφαιρα λόγω της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας της συσκευής, η ομάδα έργου προσανατολίζεται να χρησιμοποιήσει φωτοβολταϊκό στοιχείο για την παροχή ενέργειας στη συσκευή. Το φωτοβολταϊκό στοιχείο θα πρέπει να συνδέεται με μπαταρία η οποία θα αποθηκεύει την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για τη λειτουργία της κατά τις βραδινές ώρες. Αυτή η προσθήκη θα δώσει στο σύστημα ξήρανσης των οικιακών οργανικών απορριμμάτων, αυτονομία ώστε να μην είναι απαραίτητη η χρήση εξωτερικής πηγής ρεύματος η χρήση της οποίας όχι μόνο προκαλεί δυσκολίες στην εγκατάσταση του συστήματος, αλλά και ρυπαίνει μέσω της καταναλισκόμενης ενέργειας το περιβάλλον.

Σε χώρες όπου η ετήσια ηλιοφάνεια είναι μικρότερη όπως η Αγγλία θα μπορούσε να εφαρμοστεί εναλλακτικά σύστημα ανεμογεννήτριας συνδεδεμένο και αυτό με μπαταρία αποθήκευσης ενέργειας προκειμένου το σύστημα ξήρανσης να είναι και σε αυτές τις χώρες αυτόνομο.

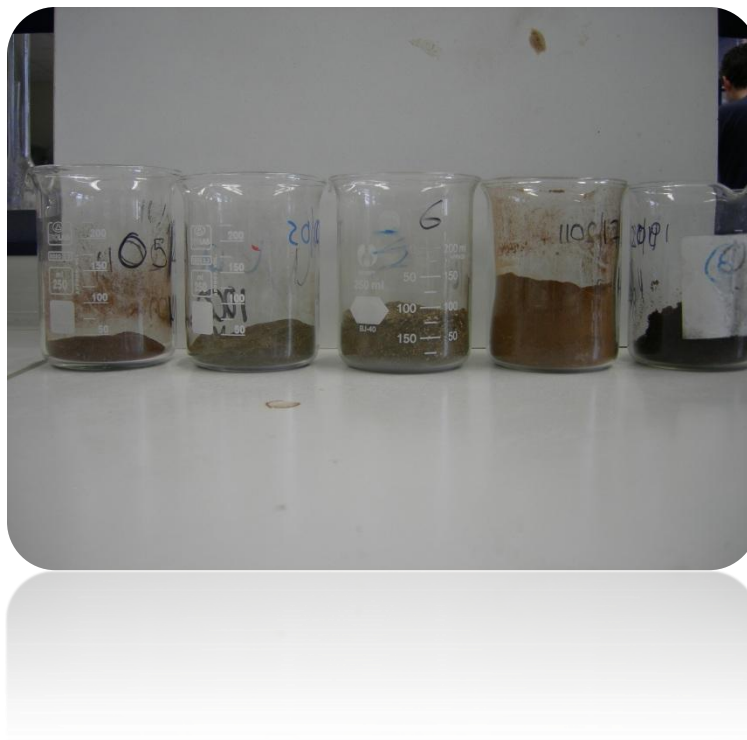
Ωστόσο μια τέτοια ενέργεια θα είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση του συνολικού αρχικού κόστους κατασκευής της συσκευής ωστόσο τα περιβαλλοντικά οφέλη αναμένεται να είναι σημαντικά γεγονός που η ομάδα μελέτης προσανατολίζεται να μελετήσει μελλοντικά.

Ελάττωση του Όγκου

Προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η συσκευή, όσον αφορά την ελάττωση του όγκου των οικιακών οργανικών απορριμμάτων, θα μπορούσε να εφαρμοστεί ένα σύστημα το οποίο θα έκοβε τα εισερχόμενα τρόφιμα σε μικρά κομμάτια όπως ακριβώς και μια οικιακή συσκευή μπλέντερ. Με τον τρόπο αυτό η περιεχόμενη στα τρόφιμα υγρασία θα απομακρύνονταν αρκετά πιο εύκολα ωστόσο η τελική υγρασία του στερεού αποβλήτου δεν θα μπορούσε να μειωθεί περαιτέρω σημαντικά. Ο τελικός όγκος των απορριμμάτων θα ήταν μικρότερος καθώς η έξοδος θα είχε την μορφή σκόνης η οποία έχει σαφώς μικρότερο όγκο από τα ξηρό στερεό οργανικό απόρριμμα.

Το σύστημα κονιορτοποίησης του τελικού ξηρού προϊόντος θα μπορούσε να εφαρμοστεί και στην βάση της συσκευής ξήρανσης ώστε να κονιορτοποιεί το τελικό προϊόν και όχι το αρχικό υπόστρωμα καθώς η διαδικασία της κονιορτοποίησης απαιτεί το τελικό προϊόν να είναι εντελώς ξηρό.

Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνεται πως δύομιση κιλά (2,5) διατροφικών αποβλήτων θα μπορούσαν να διαταχθούν σε 5 διαφορετικά μικρά δοχεία ζέσεως. Κάποιος θα μπορούσε με ευκολία να καταλάβει το περιβαλλοντικό όφελος από άποψη της μείωσης της ποσότητας και ελάττωσης του όγκου των οργανικών απορριμμάτων.



Εικόνα 7: Δύομιση (2,5) κιλά οργανικών απορριμμάτων διατεταγμένα σε 5 δοχεία ζέσεως σε μορφή σκόνης

Ελάττωση της Μάζας

Η ελάττωση της μάζας των οικιακών οργανικών απορριμμάτων είναι προφανής σε όλα τα πειράματα που εκτελέστηκαν κατά την διάρκεια της τετράμηνης λειτουργίας της συσκευής στην Μονάδα Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας του Ε.Μ.Π. Τα προκαταρκτικά πειράματα που έλαβαν χώρα στην διάρκεια υλοποίησης του έργου, απέδειξαν ότι η ξήρανση με ρεύμα αέρα είναι πιο αποδοτική σε σχέση με την ξήρανση χωρίς αέρα.

Ωστόσο, δεν έχει μέχρι σήμερα μελετηθεί η περίπτωση ξήρανσης των διατροφικών αποβλήτων με χρήση υπέρυθρης ακτινοβολίας (IR) ούτε με ακτινοβολία LASER. Επιπλέον θα μπορούσε να γίνεται και ξήρανση με χρήση μικροκυματικής ακτινοβολίας ή ακτινοβολίας (UV). Η χρήση ακτινοβολιών για την πραγματοποίηση της ξήρανσης, αποτελεί αντικείμενο ευρείας έρευνας τα αποτελέσματα της οποίας θα μπορούσαν να γίνουν γνωστά μόνο μετά το πέρας της μελέτης τους. Η χρήση ωστόσο των προαναφερθέντων ακτινοβολιών αναμένεται να αυξήσει την απόδοση της συσκευής ξήρανσης καθώς πρόκειται για είδη με μεγάλη διαπεραστικότητα στο εσωτερικό των σωμάτων. Η χρήση τους βέβαια σημαίνει μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση κατά

μέσον όρο. Αυτός ο τρόπος βελτιστοποίησης απαιτεί ευρύτερη μελέτη της διεργασίας της ξήρανσης.

Υλικό Κατασκευής

Το υλικό κατασκευής της συσκευής οικιακής ξήρανσης θα μπορούσε να βελτιστοποιηθεί προκειμένου η συσκευή να μπορεί να εγκαθίσταται στο εσωτερικό οικιών χωρίς να υπάρχουν προβλήματα αισθητικής και χρηστικότητας. Θα μπορούσε να κατασκευαστεί μια συσκευή από πολυμερές υλικό (πλαστικό) το οποίο θα της προσέδιδε επιπλέον λειτουργική και αισθητική αξία. Εναλλακτικά θα μπορούσε να κατασκευαστεί συσκευή ξήρανσης από ανοξείδωτο ατσάλι η χρήση του οποίου ωστόσο θα χρειαζόταν επιπλέον μετρήσεις και εργαστηριακές αναλύσεις καθώς αναμένεται η συμπεριφορά της συσκευής να διαφέρει σημαντικά τόσο σε ενεργειακό όσο και σε επίπεδο επιδόσεων της συσκευής.

Η αλλαγή του υλικού κατασκευής, αναμένεται να προσδώσει μεγαλύτερη αντοχή στα μηχανικά μέρη του συστήματος και ελάττωση του συνολικού βάρους της συσκευής. Ωστόσο αναμένεται οποιοδήποτε άλλο υλικό να αυξήσει το κόστος κατασκευής του συστήματος ξήρανσης. Θα πρέπει να λάβει χώρα περαιτέρω μελέτη προκειμένου να βρεθεί αν μια τέτοια αλλαγή θα προσέδιδε περισσότερα πλεονεκτήματα από ότι μειονεκτήματα στην συσκευή ξήρανσης από οικονομικής άποψης αλλά και από άποψη περιβαλλοντικής βιωσιμότητας του συστήματος.

Φίλτρο Απόσμησης

Το φίλτρο ενεργού άνθρακα που χρησιμοποιήθηκε για την κατακράτηση των οσμών οι οποίες προέρχονται από το εσωτερικό της συσκευής οικιακής ξήρανσης, θα μπορούσε να αντικατασταθεί από ένα φίλτρο αρωματικό σε συνδυασμό με το φίλτρο ενεργού άνθρακα το οποίο θα δίνει στον χρήστη την αίσθηση αρωματικού χώρου ώστε να βελτιωθεί η αισθητική του προϊόντος. Επιπλέον χρήζει περαιτέρω εξέτασης το ιδανικό πάχος του στρώματος (pellets) ενεργού άνθρακα το οποίο θα απέδιδε χωρίς να προκαλεί φαινόμενα συμπίκνωσης υδρατμών στο εσωτερικό της συσκευής κάτι που θα μπορούσε να προέρχεται από την μη αποδοτική απομάκρυνση του θερμού αέρα από το εσωτερικό της.

