



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**Τομέας Ι: Χημικών Επιστημών**

**Μονάδα Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Μελέτη της σύστασης, των φυσικοχημικών  
χαρακτηριστικών και της δυνατότητας παραγωγής  
βιοαερίου των οικιακών αποβλήτων τροφίμων

**Βασιλεία Δρόσου**

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Μαρία Λοϊζίδου

Αθήνα, Ιούλιος 2015



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**Τομέας Ι: Χημικών Επιστημών**

**Μονάδα Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας**

## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Μελέτη της σύστασης, των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών και της δυνατότητας παραγωγής βιοαερίου των οικιακών αποβλήτων τροφίμων

**Βασιλεία Δρόσου**

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Μαρία Λοϊζίδου

Αθήνα, Ιούλιος 2015



## Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2014-2015 στη Μονάδα Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, υπό την επίβλεψη της Καθηγήτριας κ. Λοϊζίδου Μαρία, την οποία ευχαριστώ ιδιαίτερα για την ανάθεση της παρούσας εργασίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω και όλο το προσωπικό της Μονάδας Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας του Ε.Μ.Π., για την βοήθεια που μου παρείχαν και το άριστο κλίμα συνεργασίας. Ιδιαίτερα θέλω να ευχαριστήσω την Γέλितσα Νοβάκοβιτς για την πολύτιμη καθοδήγηση και υποστήριξη που μου παρείχε κατά τη διενέργεια των εργαστηριακών αναλύσεων.

Ξεχωριστά θα ήθελα θερμά να ευχαριστήσω την Υποψήφια Διδάκτορα κ. Βαλτά Κατερίνα τόσο για την αμέριστη βοήθεια, την ανιδιοτελή προσωπική της συμβολή, την καθοδήγηση, τις συμβουλές που μου παρείχε, όσο και για τον προσωπικό χρόνο που διέθεσε για την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Την ευχαριστώ για την άψογη συνεργασία και επικοινωνία που είχαμε καθώς και για την υπομονή και τον ζήλο της στο να προκύψει ένα άρτιο αποτέλεσμα.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τη Δρ. Γεωργία Αντωνοπούλου και την Υποψήφια Διδάκτορα Μαρία Αλεξανδροπούλου από το εργαστήριο βιοχημικής μηχανικής και τεχνολογίας περιβάλλοντος του Ιδρύματος Τεχνολογίας και Έρευνας του Ινστιτούτο Επιστημών Χημικής Μηχανικής για τη συνεισφορά τους για την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής.

## Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική είχε ως στόχο την καταγραφή ποιοτικών και ποσοτικών πρωτογενών δεδομένων οικιακών αποβλήτων τροφίμων που παράγονται στην Ελλάδα καθώς επίσης και τη μελέτη της δυνατότητας παραγωγής βιοαερίου από οικιακά απόβλητα τροφίμων. Παράλληλα, σκοπός ήταν η εξαγωγή ποσοτικών συμπερασμάτων σχετικά με την παραγωγή οικιακών αποβλήτων κουζίνας ανά νοικοκυριό καθώς επίσης και στοιχείων για τη δυνατότητα πρόληψης της δημιουργίας των αποβλήτων. Για την επίτευξη των στόχων αυτών αξιολογήθηκαν τα ποσοτικά και ποιοτικά στοιχεία που συλλέχθηκαν με τη μέθοδο των ημερολογίων καταγραφής από πέντε 2-μελείς οικογένειες (H1, H2, H3, H4, H5) που κατοικούν στο Νομό Αττικής, στην Ελλάδα. Οι συμμετέχοντες κατέγραφαν την κατηγορία καθώς και τον λόγο των οικιακών αποβλήτων τροφίμων που παρήγαγαν για 28 συνεχόμενες ημέρες του χειμώνα. Μετά τη συγκέντρωση των συμπληρωμένων ημερολογίων, ακολούθησε σε βάθος ανάλυση των συλλεχθέντων στοιχείων και εξαγωγή συμπερασμάτων. Προκειμένου να κατηγοριοποιηθούν και να αξιολογηθούν τα δεδομένα καθορίστηκαν βασικές κατηγορίες αποβλήτων που περιλάμβαναν απόβλητα από: 'Φρούτα', 'Λαχανικά', 'Άρτοσκευάσματα', 'Κρέας και ψάρια', 'Μαγειρεμένα φαγητά' και 'Διάφορα'. Σχετικά με τη δυνατότητα αποφυγής δημιουργίας αποβλήτων υιοθετήθηκαν οι όροι των *αποφευκτέων* (*avoidable*) και *αναπόφευκτων* (*unavoidable*) αποβλήτων του Προγράμματος Δράσης για τα Απόβλητα και τους Πόρους (*Waste & Resources Action Programme, WRAP*).

Με βάση τα ποιοτικά και ποσοτικά αποτελέσματα από τα ημερολόγια καταγραφής προετοιμάστηκαν εβδομαδιαία δείγματα οικιακών αποβλήτων τροφίμων ανά οικογένεια (4 ανά οικογένεια, συνολικά 20 δείγματα) και αναλύθηκαν ως προς τυπικά χαρακτηριστικά τους στη Μονάδα Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας, της Σχολής Χημικών Μηχανικών, του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Οι φυσικοχημικές παράμετροι που αναλύθηκαν ήταν: TS %, VS %, pH, αγωγιμότητα, TOC, TIC, TN, TKN, TP, μέταλλα (Cu, Mn, Ni, Cd, Pb, Cr και Zn) και ιχνοστοιχεία (K, Na, Ca και Mg). Επίσης, σε όλα τα δείγματα πραγματοποιήθηκε μελέτη της δυνατότητας παραγωγής μεθανίου με εφαρμογή των δοκιμών για τον προσδιορισμό του Βιοχημικά Μεθανογόνου Δυναμικού (*Biochemical Methane Potential – BMP*) σε συνεργασία με το Εργαστήριο Βιοχημικής Μηχανικής και Τεχνολογίας Περιβάλλοντος του Ιδρύματος Τεχνολογίας και Έρευνας / Ινστιτούτο Επιστημών Χημικής Μηχανικής (ΙΤΕ/ΙΕΧΜΗ) στην Πάτρα.

Με βάση τα αποτελέσματα της καταγραφής οι κατηγορίες 'φρούτα' και 'λαχανικά' συμμετέχουν σε υψηλότερα ποσοστά, 52% και 38% αντίστοιχα. Η παρατήρηση αυτή έρχεται σε συμφωνία με άλλα διαθέσιμα δεδομένα από μελέτες σύνθεσης οικιακών αποβλήτων τροφίμων. Ακολουθούν η κατηγορία 'μαγειρεμένα φαγητά' με 5%, 'κρέας και ψάρια' με 3%, 'άρτοσκευάσματα' με 2% και τέλος η κατηγορία 'διάφορα'. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι το 75% της παραγόμενης ποσότητας αποβλήτων φρούτων δεν μπορεί να αποφευχθεί καθώς είναι κυρίως φλούδες, ενώ το 25% θα μπορούσε εάν τα φρούτα δεν είχαν αφεθεί να χαλάσουν. Ίδια τάση εντοπίζεται και για τα λαχανικά όπου το 78% περιλαμβάνει αναπόφευκτα απόβλητα και το 22% αποφευκτέα. Στην

κατηγορία αρτοσκευάσματα το σύνολο της παραγόμενης ποσότητας θα μπορούσε να αποφευχθεί και αυτό οφείλεται στο ότι το παραγόμενο προϊόν δεν καταναλώθηκε έγκαιρα. Σχετικά με τη σύσταση των αποβλήτων φρούτων, το μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνουν τα πορτοκάλια (50%), στη συνέχεια τα μανταρίνια (17%), οι μπανάνες (14%), τα μήλα (9%), τα λεμόνια (7%) και τέλος τα ακτινίδια, οι φράουλες και τα αχλάδια όπου συμμετέχουν με 1% η κάθε κατηγορία ξεχωριστά. Για τα απόβλητα λαχανικών, τη μεγαλύτερη συμμετοχή έχουν οι πατάτες (15%), το μαρούλι (14%), τα κρεμμύδια (13%), τα αγγούρια (10%), τα καρότα (8%) και το μπρόκολο (8%). Στη συνέχεια ακολουθούν τα πράσα και το σπανάκι με 6% το καθένα, η ρόκα με 5%, η πιπεριά, ο μαϊντανός, το λάχανο και η σαλάτα με 3% το κάθε ένα. Τέλος τα φασόλια καθώς και οι ντομάτες συμμετέχουν με 2% και τα μανιτάρια με 1%. Η μέση ημερήσια παραγόμενη ποσότητα ανά άτομο καταγράφηκε ίση με 263 g ανά ημέρα και κυμάνθηκε από 181 έως 313 g/d/c.

Σχετικά με τις φυσικοχημικές παραμέτρους, η αρχική υγρασία των δειγμάτων κυμάνθηκε από 70% έως 86%. Οι τιμές αυτές της υγρασίας είναι τυπικές για οικιακά απόβλητα τροφίμων. Οι τιμές pH κυμάνθηκαν σε χαμηλά επίπεδα από 3,48 έως 4,95 ενώ μεγάλη διακύμανση καταγράφηκε στις τιμές αγωγιμότητας (806μS/cm έως 4340μS/cm). Οι τιμές των πτητικών στερεών ήταν για όλα τα δείγματα υψηλές (84,5% σε 95,1%). Το ίδιο ισχύει για τις τιμές του οργανικού άνθρακα (47,9% - 55,6%). Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι δεν παρουσιάστηκε κοινή τάση μεταξύ των παραμέτρων των πτητικών στερεών και του TOC. Οι τιμές του ολικού αζώτου και του φωσφόρου κυμάνθηκαν σε χαμηλές τιμές και συγκεκριμένα από 0,94% σε 2,8% και από 0,04% σε 0,13%. Σχετικά με τα μέταλλα μετρήθηκαν οι συγκεντρώσεις των: χαλκός (Cu), μαγγάνιο (Mn), νικέλιο (Ni), κάδμιο (Cd), μόλυβδος (Pb), χρώμιο (Cr) και ψευδάργυρος (Zn). Σε κανένα δείγμα δεν ανιχνεύτηκε νικέλιο, κάδμιο, μόλυβδος ή χρώμιο. Ακόμη μετρήθηκαν και τα ιχνοστοιχεία Κάλιο (K), το Νάτριο (Na), το Ασβέστιο (Ca) και το Μαγνήσιο (Mg). Σχετικά με τις μετρούμενες τιμές σε μεθάνιο το φάσμα τιμών ήταν από 264,5 έως 518,6 L CH<sub>4</sub>/kg TS, γεγονός που αποδεικνύει ότι το οικιακά απόβλητα τροφίμων αποτελούν ένα πολύ ενδιαφέρον υπόστρωμα για την παραγωγή ενέργειας.

## Summary

The objective of the present research was twofold i.e. the recording of qualitative and quantitative primary data of Household Food Waste (HFW) produced in Greece and the assessment of the potential of HFW for biogas production. It was in the scope of the present research to study the diversity of the composition of HFW. At the same time, quantitative conclusions on the production of HFW waste per household as well as data on the possibility of preventing the creation of waste were drawn. For the purposes of the research, a kitchen-waste-diary was prepared and circulated to the participants i.e. five (5) two-member families (H1, H2, H3, H4 and H5) of Attica Region. The participants recorded the weight of the type and reason for discarding HFW they produced for 28 consecutive days during winter. The completed diaries were gathered and a thorough and extensive analysis was executed. In order to categorise the data and further interpret the results, the following household food waste groups were determined: 'Fruits', 'Vegetables', 'Meat and Fish', 'Bread and bakery', 'Cooked Food' and 'Miscellaneous'. In order to determine the reasons for discarding HFW the terms of avoidable and unavoidable food waste, which are proposed by WRAP, have been used.

Based on the results of the dairy keeping, twenty (20) laboratory samples were prepared (4 weekly samples per households). The samples were analysed for physicochemical characteristics in the laboratory of the Unit of Environmental Science and Engineering of the School of Chemical Engineering of National Technical University of Athens. The physicochemical parameters analysed were: TS%, VS%, pH, conductivity, TOC, TN, TKN, Metals (Cu, Mn, Ni, Cd, Pb, Cr and Zn) and minerals (K, Na, Ca and Mg) and P. Also, the potential of biogas generation from HFW was examined in all samples through the performance of *Biochemical Methane Potential (BMP) assays*, which were executed at the laboratory of biochemical engineering and environmental technology of the Institute of Chemical Engineering Sciences (ICEHT/FORTH) in Patras.

Based on the results of the inventory, category 'Fruit' participates in the largest proportion with 52% followed by 'Vegetables' with 38%. Then vegetables follow with 38%, followed by the category of 'cooked foods' with 5%, then the category of 'bread and bakery' with 2% and finally is the category of 'other'. Most waste generated from 'Fruits' (75%) and 'Vegetables' (78%) categories is unavoidable waste i.e. waste that it is not, and has not been, edible under normal circumstances such as peels, seeds, husks etc.. On the other hand, 'Bread and Bakery' and 'Cooked Food' categories are characterised by high avoidability constituting 100% and 81%, respectively by both waste types. In total 30% of the waste quantity recorded was avoidable and 70% unavoidable. 'Fruit' and 'Vegetable' waste constitute the main waste types of HFW since they account for 90% of the total HFW composition. Fruit waste is composed of oranges (50%), mandarins (17%), bananas (14%), apples (9%), lemons (7%) and finally kiwis (1%), strawberries (1%) and pears (1%). Vegetable waste is composed of potatoes (15%), lettuce (14%), onions (13%), cucumbers (10%), carrots (8%), broccoli (8%), leeks (6%), spinach (6%) etc. According the research the daily per capita HFW production of the households studied lies between the range of 181g to 346g and the average production is 263 g. In general, in order to investigate in depth the compositional analysis and the average daily production

of HFW, the survey shall include a larger sample of households and shall be conducted for different seasons i.e. autumn, spring and summer.

As far as the results of the physicochemical parameters are concerned, the initial moisture of the samples ranged from 70% to 86%, which constitute typical for food waste. The pH values fluctuated at low levels from 3.48 to 4.95 while large variation recorded in conductivity values (806  $\mu\text{S}/\text{cm}$  to 4340  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). The values of the volatile solids (VS %) were for all samples high (84.5% to 95.1%). The same applies to the values of Total Organic Carbon (47,9% - 55,6%). Both VS and TOC values were high which is attributed to the organic content of the samples. Total Nitrogen values ranged to relatively low values from 0.94% to 2.8% while Total Phosphorous values were in the range of 0,04% to 0,13%. Concerning metals (Cu, Mn, Ni and Zn) and minerals (K, Na, Ca and Mg) of HFW samples, fluctuations were observed between the different weekly samples. Cd, Pb and Cr were not detected in any of the sample. Moreover, differentiations between replications of the same samples were also recorded. Methane production ranges from 265 to 519 L  $\text{CH}_4/\text{kg}$  TS confirming that HFW can be utilised as a substrate for anaerobic digestion.



## Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη .....	i
Summary .....	iii
<b>Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή .....</b>	<b>1</b>
<b>Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική ανασκόπηση .....</b>	<b>3</b>
2.1 Νομοθετικό πλαίσιο για τα απόβλητα .....	3
2.2 Βιοαπόβλητα, βιοαποδομήσιμα απόβλητα και απόβλητα τροφών: ορισμοί, μεθοδολογίες συλλογής ποσοτικών και ποιοτικών δεδομένων, και συμπεράσματα .....	5
2.2.1 Άμεση μέτρηση και σάρωση .....	12
2.2.2 Ανάλυση σύστασης αποβλήτων .....	14
2.2.3 Ισοζύγια μάζας και ενέργειας .....	19
2.2.4 Ερωτηματολόγια .....	20
2.2.5 Ημερολόγιο καταγραφής αποβλήτων τροφίμων .....	21
2.2.6 Συνεντεύξεις .....	23
2.3 Αναερόβια χώνευση .....	25
2.3.1 Περιγραφή της διεργασίας .....	25
2.3.2 Μικροβιολογία της Αναερόβιας Χώνευσης .....	27
2.3.3. Παράγοντες που επιδρούν στην Αναερόβια Χώνευση .....	30
<b>Κεφάλαιο 3: Μεθοδολογία και διεξαγωγή της έρευνας .....</b>	<b>38</b>
3.1 Ερευνητικοί στόχοι .....	38
3.2 Περιγραφή μεθοδολογίας για την υλοποίηση της καταγραφής οικιακών αποβλήτων και προετοιμασία δειγμάτων .....	39
3.2.1 Καταγραφή οικιακών αποβλήτων τροφίμων σε επίπεδο οικία .....	39
3.2.2 Προετοιμασία δειγμάτων των οικιακών αποβλήτων τροφίμων .....	40
3.3 Εργαστηριακός εξοπλισμός .....	46
3.4 Εργαστηριακές μέθοδοι προσδιορισμού .....	47
3.4.1 Μέτρηση pH - αγωγιμότητας σε στερεό δείγμα .....	48

3.4.2 Μέθοδος προσδιορισμού υγρασίας σε στερεό δείγμα .....	48
3.4.3 Μέθοδος προσδιορισμού πτητικών στερεών σε στερεό δείγμα.....	49
3.4.4 Μέθοδος προσδιορισμού ολικού οργανικού άνθρακα σε στερεό δείγμα.....	50
3.4.5 Μέθοδος προσδιορισμού ολικού αζώτου σε στερεό δείγμα .....	52
3.4.6 Μέθοδος προσδιορισμού ολικού Kjeldahl αζώτου σε στερεό δείγμα .....	55
3.4.7 Μέθοδος προσδιορισμού νιτρικών .....	56
3.4.8 Μέθοδος προσδιορισμού αμμωνιακών.....	56
3.4.9 Μέθοδος προσδιορισμού βαρέων μετάλλων και ιχνοστοιχείων .....	57
3.4.10 Προσδιορισμός φωσφόρου.....	61
3.4.11 Προσδιορισμός του Βιοχημικά Μεθανογόνου Δυναμικού.....	61
<b>Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα και Συζήτηση .....</b>	<b>63</b>
4.1 Παρουσίαση αποτελεσμάτων ποιοτικής και ποσοτικής σύστασης βάσει των ημερολογίων καταγραφής αποβλήτων τροφίμων ανά νοικοκυριό .....	63
4.1.1 Οικογένεια 1 <sup>η</sup> (H1).....	63
4.1.2 Οικογένεια 2 <sup>η</sup> (H2).....	68
4.1.3 Οικογένεια 3 <sup>η</sup> (H3).....	73
4.1.4 Οικογένεια 4 <sup>η</sup> (H4).....	78
4.1.5 Οικογένεια 5 <sup>η</sup> (H5).....	83
4.1.6 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για όλες τις οικογένειες.....	88
4.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των αποβλήτων τροφίμων..	94
4.2.1 Αποτελέσματα μετρήσεων υγρασίας οικιακών αποβλήτων τροφίμων .....	94
4.2.2 Αποτελέσματα μετρήσεων pH και αγωγιμότητας οικιακών αποβλήτων τροφίμων .....	95
4.2.3 Αποτελέσματα μετρήσεων πτητικών στερεών οικιακών αποβλήτων τροφίμων .....	97
4.2.4 Αποτελέσματα μετρήσεων οργανικού άνθρακα οικιακών αποβλήτων τροφίμων .....	99
4.2.5 Αποτελέσματα μετρήσεων ολικού αζώτου, αμμωνιακών και ολικού Kjeldahl αζώτου των οικιακών αποβλήτων τροφίμων.....	100

4.2.6 Αποτελέσματα μετρήσεων συγκέντρωσης μετάλλων (Cu, Mn, Ni, Cd, Pb, Cr, Zn) στα οικιακά απόβλητα τροφίμων .....	101
4.2.7 Αποτελέσματα μετρήσεων συγκέντρωσης ιχνοστοιχείων (K, Na, Ca, Mg) στα οικιακά απόβλητα τροφίμων.....	103
4.2.8 Αποτελέσματα μετρήσεων συγκέντρωσης φωσφόρου στα οικιακά απόβλητα τροφίμων .....	106
4.3 Παρουσίαση αποτελεσμάτων των BMP tests σχετικά με την παραγωγή βιοαερίου των οικιακών αποβλήτων τροφίμων .....	107
<b>Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα .....</b>	<b>109</b>
<b>Βιβλιογραφία .....</b>	<b>111</b>

### Λίστα Πινάκων

Πίνακας 1: Ορισμοί σχετικά με τα απόβλητα τροφίμων με βάσει το WRAP (WRAP, 2009).....	11
Πίνακας 2: Μη μεθανογόνα βακτήρια που έχει διαπιστωθεί η παρουσία τους στην αναερόβια χώνευση (Φουντουλάκης, 2005).....	28
Πίνακας 3: Η επίδραση της συγκέντρωσης του αμμωνιακού αζώτου (NH <sub>3</sub> -N) στην αναερόβια διεργασία (Κάλφας, 2007) .....	34
Πίνακας 4: Συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων (σε διαλυτή ή στερεή μορφή), που δρουν παρεμποδιστικά στην αναερόβια διεργασία (Κάλφας, 2007) .....	35
Πίνακας 5: Συγκεντρώσεις ανόργανων συστατικών που δρουν παρεμποδιστικά στη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης (Κάλφας, 2007) .....	36
Πίνακας 6: Όργανα μέτρησης που χρησιμοποιήθηκαν για τη διεξαγωγή των αναλύσεων.....	46
Πίνακας 7: Μέθοδοι ανάλυσης και όρια ανίχνευσης.....	47
Πίνακας 8: Συγκεντρωτικά ποσοτικά στοιχεία για την οικογένεια H1 ανά είδος κατηγορίας και ανά εβδομάδα.....	63
Πίνακας 9: Συγκεντρωτικά ποσοτικά στοιχεία για την οικογένεια H1 ανά κατηγορία και ανά εβδομάδα.....	66
Πίνακας 10: Συγκεντρωτικά ποσοτικά στοιχεία για την οικογένεια H2 ανά είδος κατηγορίας και ανά εβδομάδα.....	68
Πίνακας 11: Συγκεντρωτικά ποσοτικά στοιχεία για την οικογένεια H2 ανά κατηγορία και ανά εβδομάδα.....	71
Πίνακας 12: Συγκεντρωτικά ποσοτικά στοιχεία για την οικογένεια H3 ανά είδος κατηγορίας και ανά εβδομάδα.....	73
Πίνακας 13: Συγκεντρωτικά ποσοτικά στοιχεία για την οικογένεια H3 ανά κατηγορία και ανά εβδομάδα.....	76
Πίνακας 14: Συγκεντρωτικά ποσοτικά στοιχεία για την οικογένεια H4 ανά είδος κατηγορίας και ανά εβδομάδα.....	78
Πίνακας 15: Συγκεντρωτικά ποσοτικά στοιχεία για την οικογένεια H4 ανά κατηγορία και εβδομάδα .....	81

Πίνακας 16: Συγκεντρωτικά ποσοτικά στοιχεία για την οικογένεια H5 ανά είδος κατηγορίας και εβδομάδα.....	83
Πίνακας 17: Συγκεντρωτικά ποσοτικά στοιχεία για την οικογένεια H5 ανά κατηγορία και ανά εβδομάδα.....	86
Πίνακας 18: Συγκεντρωτικά στοιχεία για όλες τις οικογένειες , ανά κατηγορία σε διάρκεια 28d .....	88
Πίνακας 19: Αρχική υγρασία για όλα τα δείγματα στο διάστημα των τεσσάρων εβδομάδων .....	94
Πίνακας 20: Τιμές pH και αγωγιμότητας για όλα τα δείγματα.....	95
Πίνακας 21: Τιμές πτητικών στερεών των δειγμάτων σε ξηρή βάση .....	97
Πίνακας 22: Τιμές ολικού οργανικού άνθρακα (%) των δειγμάτων .....	99
Πίνακας 23: Τιμές TKN, NH4 και TN (%) των δειγμάτων αποβλήτων τροφίμων.....	100
Πίνακας 24: Περιεκτικότητα μετάλλων των δειγμάτων .....	101
Πίνακας 25: Περιεκτικότητα μετάλλων των δειγμάτων .....	103
Πίνακας 26: Περιεκτικότητα σε φώσφορο και τυπική απόκλιση .....	106
Πίνακας 27: Αποτελέσματα L CH4/kg TS και L CH4/kg VS ανά δείγμα.....	108

### Λίστα Εικόνων

Εικόνα 1: Ιεράρχηση αποβλήτων βάσει της Οδηγίας 2008/98/ΕΚ.....	3
Εικόνα 2: Σύνοψη Ευρωπαϊκής Νομοθεσίας για τα στερεά απόβλητα.....	4
Εικόνα 3: Επισκόπηση της Ευρωπαϊκής Νομοθεσίας για τα στερεά απόβλητα .....	5
Εικόνα 4: Κατηγορίες προέλευσης και διακριτά ρεύματα παραγωγής των βιοαποβλήτων (ΕΠΠΕΡΑΑ, 2012).....	7
Εικόνα 5: Διαχωρισμός των αποβλήτων τροφίμων και ποτών ανάλογα με τη δυνατότητα αποφυγής δημιουργίας αποβλήτων (WRAP, 2009) .....	11
Εικόνα 6: Ο σταθμός διαχωρισμού των αποβλήτων (Silvennoinen et al., 2012).....	13
Εικόνα 7: Σύσταση (%) των μικτών αποβλήτων που απορρίπτονται από τις επιχειρήσεις εστίασης στο Ηνωμένο Βασίλειο ανά βασική κατηγορία αποβλήτου (WRAP, 2011α).....	16
Εικόνα 8: Σύγκριση των αποφευκτέων οικιακών αποβλήτων τροφίμων και ποτών για τα έτη 2007 και 2012 ανά κατηγορία (WRAP, 2013) .....	17
Εικόνα 9: Φωτογραφικό υλικό από τη διεξαγωγή της ανάλυσης σύστασης βιοαποβλήτων από την ομάδα της Μονάδας Περιβαλλοντικής Επιστήμης και τεχνολογίας (Malamis et al., 2014) .....	18
Εικόνα 10: Σύσταση (%) βιοαποβλήτων της Ελλάδας με βάση τα αποτελέσματα του έργου ATHENS-BIOWASTE .....	18
Εικόνα 11: Λόγοι στους οποίους οφείλεται η απόρριψη τροφίμων από τα νοικοκυριά με βάση την καταγραφή σε ημερολόγια τροφίμων στο Ηνωμένο Βασίλειο (WRAP, 2008).....	22
Εικόνα 12: Στάδια μετατροπής του οργανικού υλικού σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα με τη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης (Κάλφας, 2007) .....	25
Εικόνα 13: Κυριότερες αντιδράσεις παραγωγής μεθανίου.....	30
Εικόνα 14: Ημερολόγιο καταγραφής των οικιακών αποβλήτων κουζίνας που διανεμήθηκε στα πέντε νοικοκυριά του Νομού Αττικής και η ζυγαριά που χρησιμοποιήθηκε για τη ζύγιση στο σπίτι.....	39
Εικόνα 15: Προετοιμασία δειγμάτων πρώτης οικογένειας (H1): H1W1, H1W2, H1W3 και H1W4 .....	41
Εικόνα 16: Προετοιμασία δειγμάτων δεύτερης οικογένειας (H2): H2W1, H2W2, H2W3 και H2W4 ..	42
Εικόνα 17: Προετοιμασία δειγμάτων τρίτης οικογένειας (H3): H3W1, H3W2, H3W3 και H3W4.....	43
Εικόνα 18: Προετοιμασία δειγμάτων πρώτης οικογένειας (H4): H4W1, H4W2, H4W3 και H4W4 .....	44
Εικόνα 19: Προετοιμασία δειγμάτων πέμπτης οικογένειας (H5): H5W1, H5W2, H5W3 και H5W4 .....	45

Εικόνα 20: Η συσκευή ανάδευσης τύπου Selecta / Multimatic .....	48
Εικόνα 21: Μετρητής pH-αγωγιμότητας τύπου Mettler Toledo MPC227 .....	48
Εικόνα 22: Φούρνος ξήρανσης του οίκου Carbolite AX30.....	48
Εικόνα 23: Κλίβανος BI Barnstead/ Thermolyne 1400 Furnace.....	50
Εικόνα 24: Αναλυτής του οίκου Shimadzu TOC-V <sub>CSH</sub> .....	51
Εικόνα 25: Στερεά δείγματα σε σκαφίδια για μέτρηση άνθρακα .....	51
Εικόνα 26: Εισαγωγή δείγματος στο φούρνο καύσης .....	51
Εικόνα 27: Συσκευή χώνευσης Gerhard Kjeldatherm KB / KBL .....	53
Εικόνα 28: Συσκευή απόσταξης Gerhard Varodest 30s .....	54
Εικόνα 29: Τιτλοδότηση για τον προσδιορισμό του ολικού αζώτου .....	54
Εικόνα 30: Φούρνος μικροκυμάτων Milestone Start D με ATC CE 400 Temperature Sensor .....	58
Εικόνα 31: Σύστημα διήθησης .....	58
Εικόνα 32: Φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης Agilent AA240FS .....	59
Εικόνα 33: Φασματοφωτόμετρο NOVA60 της MERCK .....	61
Εικόνα 34: Φιαλίδια διεξαγωγής BMP δοκιμών (Σιάμαρης, 2012) .....	62
Εικόνα 35: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία κατά βάρος των δειγμάτων H1W1, H1W2, H1W3, H1W4.....	65
Εικόνα 36: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων κατά τη διάρκεια 28d, οικογένεια H1.....	66
Εικόνα 37: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων και ανάλογα με το διαχωρισμό τους σε <i>αποφευκτέα απόβλητα (avoidable)</i> και σε <i>αναπόφευκτα απόβλητα (unavoidable)</i> κατά τη διάρκεια 28d, οικογένεια H1.....	67
Εικόνα 38: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων και ανά εβδομάδα για το χρονικό διάστημα ενός μήνα, οικογένεια H1.....	67
Εικόνα 39: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία κατά βάρος των δειγμάτων H2W1, H2W2, H2W3, H2W4.....	70
Εικόνα 40: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων κατά τη διάρκεια 28d, οικογένεια H2.....	71

Εικόνα 41: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων και ανάλογα με το διαχωρισμό τους σε <i>αποφευκτέα απόβλητα (avoidable)</i> και σε <i>αναπόφευκτα απόβλητα (unavoidable)</i> κατά τη διάρκεια 28d, οικογένεια H2.....	72
Εικόνα 42: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων και ανά εβδομάδα για το χρονικό διάστημα ενός μήνα, οικογένεια H2.....	72
Εικόνα 43: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία κατά βάρος των δειγμάτων H3W1, H3W2, H3W3, H3W4.....	75
Εικόνα 44: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων κατά τη διάρκεια 28d, οικογένεια H3.....	76
Εικόνα 45: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων και ανάλογα με το διαχωρισμό τους σε <i>αποφευκτέα απόβλητα (avoidable)</i> και σε <i>αναπόφευκτα απόβλητα (unavoidable)</i> κατά τη διάρκεια 28d, οικογένεια H3.....	77
Εικόνα 46: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων και ανά εβδομάδα για το χρονικό διάστημα ενός μήνα, οικογένεια H3.....	77
Εικόνα 47: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία κατά βάρος των δειγμάτων H4W1, H4W2, H4W3, H4W4.....	80
Εικόνα 48: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων κατά τη διάρκεια 28d, οικογένεια H4.....	81
Εικόνα 49: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων και ανάλογα με το διαχωρισμό τους σε <i>αποφευκτέα και αναπόφευκτα απόβλητα</i> κατά τη διάρκεια 28d, οικογένεια H4 .....	82
Εικόνα 50: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων και ανά εβδομάδα για το χρονικό διάστημα ενός μήνα, οικογένεια H4.....	82
Εικόνα 51: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία κατά βάρος των δειγμάτων H5W1, H5W2, H5W3, H5W4.....	85
Εικόνα 52: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων κατά τη διάρκεια 28d, οικογένεια H5.....	86
Εικόνα 53: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων και ανάλογα με το διαχωρισμό τους σε <i>αποφευκτέα και αναπόφευκτα απόβλητα</i> κατά τη διάρκεια 28d, οικογένεια H5 .....	87



Εικόνα 54: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων και ανά εβδομάδα για το χρονικό διάστημα ενός μήνα, οικογένεια H5.....	87
Εικόνα 55: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων για το χρονικό διάστημα ενός μήνα, όλες οι οικογένειες .....	89
Εικόνα 56: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων και ανάλογα με το διαχωρισμό τους σε <i>αποφευκτέα απόβλητα (avoidable)</i> και σε <i>αναπόφευκτα απόβλητα (unavoidable)</i> κατά τη διάρκεια 28d, όλες οι οικογένειες.....	89
Εικόνα 57: Ποσοστιαία σύσταση ανά απόβλητο τροφίμου στην κατηγορία φρούτα σε διάστημα 28d .....	90
Εικόνα 58: Ποσοστιαία σύσταση ανά απόβλητο τροφίμου στην κατηγορία λαχανικά σε διάστημα 28d.....	91
Εικόνα 59: Ποσοστιαία σύσταση ανά απόβλητο τροφίμου στην κατηγορία κρέας ψάρι σε διάστημα 28d.....	91
Εικόνα 60: Ποσοστιαία σύσταση ανά απόβλητο τροφίμου στην κατηγορία μαγειρεμένα φαγητά σε 28d.....	92
Εικόνα 61: Ποσοστιαία σύσταση ανά απόβλητο τροφίμου στην κατηγορία διάφορα σε διάστημα 28d .....	92
Εικόνα 62: Ποσοτική παραγωγή αποβλήτων τροφίμων ανά άτομο την ημέρα.....	93
Εικόνα 63: Συγκριτικά αποτελέσματα αρχικής υγρασίας όλων των δειγμάτων, 28d .....	95
Εικόνα 64: Συγκριτικά αποτελέσματα pH, για όλα τα δείγματα .....	96
Εικόνα 65: Συγκριτικά αποτελέσματα αγωγιμότητας για όλα τα δείγματα .....	97
Εικόνα 66: Συγκριτικά αποτελέσματα πτητικών στερεών για όλα τα δείγματα .....	98
Εικόνα 67: Συγκριτικά αποτελέσματα ολικού οργανικού άνθρακα για όλα τα δείγματα .....	100
Εικόνα 68: Περιεκτικότητα σε χαλκό των δειγμάτων .....	102
Εικόνα 69: Περιεκτικότητα σε μαγγάνιο των δειγμάτων.....	102
Εικόνα 70: Περιεκτικότητα σε ψευδάργυρο των δειγμάτων.....	103
Εικόνα 71: Περιεκτικότητα σε κάλιο των δειγμάτων.....	104
Εικόνα 72: Περιεκτικότητα σε νάτριο των δειγμάτων .....	105
Εικόνα 73: Περιεκτικότητα σε ασβέστιο των δειγμάτων.....	105

Εικόνα 74: Περιεκτικότητα σε μαγνήσιο των δειγμάτων .....	106
Εικόνα 75: Περιεκτικότητα σε φώσφορο των δειγμάτων.....	107
Εικόνα 76: Αποτελέσματα L CH <sub>4</sub> /kg TS και L CH <sub>4</sub> /kg VS ανά δείγμα .....	108

## Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον για την πρόληψη δημιουργίας και τη διαχείριση των αποβλήτων τροφίμων που προκύπτουν σε όλο το εύρος της τροφικής αλυσίδας από το στάδιο της παραγωγής έως το στάδιο της κατανάλωσης, με εξέταση όλων των ενδιάμεσων κρίκων: μεταποίηση, διανομή καθώς και εστίαση εκτός οικίας. Ο Οδικός Χάρτης για την Αποδοτικότητα των Πόρων (EC, 2011) είναι το πρώτο έγγραφο της Ευρωπαϊκής Πολιτικής στο οποίο τα απόβλητα τροφίμων αναφέρονται ξεχωριστά και όχι ως κλάσμα των βιοαποβλήτων. Επίσης, περιλαμβάνει ορόσημο για τη μείωση των αποβλήτων τροφίμων κατά 50% μέχρι το 2020 και καλεί τα κράτη-μέλη να συμπεριλάβουν τα απόβλητα τροφίμων στα σχέδια πρόληψης.

Η απώλεια και η σπατάλη, που αφορούν όλους τους κρίκους της αλυσίδας τροφίμων, παρότι σε διαφορετικό βαθμό, εκτιμώνται συνολικά στο 1/3 του συνολικού όγκου τροφίμων που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση. Σε έρευνα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής που δημοσιεύτηκε το 2010, ο όγκος των απορριμμάτων τροφίμων εκτιμάται σε 179 kg/κάτοικο/έτος. Η κατανομή μεταξύ των διαφόρων κρίκων της αλυσίδας αποδίδει 42 % στα νοικοκυριά, 39 % στη βιομηχανία τροφίμων, 5 % στη διανομή και 14% στην εστίαση εκτός οικίας (EOKE, 2013).

Σε εθνικό επίπεδο τα απόβλητα τροφίμων αποτελούν τομέα προτεραιότητα για τη θέσπιση ποιοτικών στόχων πρόληψης μαζί με το χαρτί, τα υλικά/ απόβλητα συσκευασίας, και τα Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ). Για τα απόβλητα τροφίμων ως ειδικός στόχος ορίζεται η προώθηση της μείωσης παραγωγής αποβλήτων τροφίμων κυρίως στα μεγάλα αστικά κέντρα εντός χρονικού ορίζοντα βετίας από την έναρξη ισχύος του εθνικού σχεδίου πρόληψης. Ο στόχος αφορά κυρίως τα νοικοκυριά αλλά μπορεί να επιτευχθεί στη μαζική εστίαση, στο λιανεμπόριο, στη βιομηχανία τροφίμων, στις υγειονομικές μονάδες και καταλύματα (ΥΠΕΚΑ, 2014).

Στο πλαίσιο της πρόληψης καθώς και της διαχείρισης των απόβλητων τροφίμων έχει δημιουργηθεί η ανάγκη ποσοτικοποίησης της παραγωγής αποβλήτων τροφίμων με αποτέλεσμα στη βιβλιογραφία να παρουσιάζονται διαφορετικοί ορισμοί και κατηγοριοποιήσεις για τα βιοαπόβλητα και τα απόβλητα τροφίμων καθώς επίσης και διάφορες μεθοδολογίες που αποσκοπούν στην εξαγωγή τόσο ποσοτικών όσο και ποιοτικών αποτελεσμάτων.

Ο στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη της σύστασης, των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών αλλά και της δυνατότητας παραγωγής βιοαερίου των οικιακών αποβλήτων τροφίμων. Για την επίτευξη των στόχων αυτών αξιολογήθηκαν τα ποσοτικά και ποιοτικά στοιχεία που συλλέχθηκαν με τη μέθοδο των ημερολογίων καταγραφής από πέντε 2-μελείς οικογένειες (H1, H2, H3, H4, H5) που κατοικούν στο Νομό Αττικής, στην Αθήνα (Ελλάδα) και αφορούν σε χρονικό διάστημα ενός μήνα. Για τη μελέτη της σύστασης οι βασικές κατηγορίες ήταν: Φρούτα, Λαχανικά, Αρτοσκευάσματα, Κρέας και ψάρια, Μαγειρεμένα φαγητά και Διάφορα. Σχετικά με τη δυνατότητα αποφυγής δημιουργίας αποβλήτων υιοθετήθηκαν οι όροι των *αποφευκτέων (avoidable)* και *αναπόφευκτων (unavoidable)* αποβλήτων του Προγράμματος Δράσης για τα Απόβλητα και τους

Πόρους (*Waste & Resources Action Programme, WRAP*). Στη συνέχεια, προετοιμάσθηκαν εβδομαδιαία δείγματα οικιακών αποβλήτων τροφίμων σύμφωνα με τη σύσταση που προέκυψε από τα ημερολόγια καταγραφής ανά οικογένεια (4 ανά οικογένεια, συνολικά 20 δείγματα) και αναλύθηκαν ως προς τυπικά χαρακτηριστικά τους στο εργαστήριο της Μονάδας Περιβαλλοντικής και Επιστήμης και Τεχνολογίας, της Σχολής Χημικών Μηχανικών, του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Οι φυσικοχημικές παράμετροι που αναλύθηκαν ήταν: TS %, VS %, pH, αγωγιμότητα, TOC, TN, TKN, TP, μέταλλα και ιχνοστοιχεία. Επίσης, σε όλα τα δείγματα πραγματοποιήθηκε μελέτη της δυνατότητας παραγωγής μεθανίου με εφαρμογή των BMP δοκιμών (*Biomethane Potential Tests*) σε συνεργασία με το εργαστήριο βιοχημικής μηχανικής και τεχνολογίας περιβάλλοντος του Ιδρύματος Τεχνολογίας και Έρευνας / Ινστιτούτο Επιστημών Χημικής Μηχανικής. Τα αποτελέσματα της διπλωματικής εργασίας διαμορφώθηκαν στην εξής δομή.

Στο **Κεφάλαιο 1** δίνεται μία σύντομη εισαγωγή στο θέμα της πρόληψης και διαχείρισης των αποβλήτων τροφίμων, στους στόχους και στη δομή της παρούσας διπλωματικής.

Στο **Κεφάλαιο 2** γίνεται βιβλιογραφική ανασκόπηση αναφορικά με το υφιστάμενο νομοθετικό πλαίσιο για τα απόβλητα, τους ισχύοντες ορισμούς για τα βιοαπόβλητα, τα βιοαποδομήσιμα απόβλητα και τα απόβλητα τροφίμων, τους τρόπους συλλογής και καταγραφής δεδομένων ποιοτικής και ποσοτικής σύστασης αποβλήτων και τέλος αναφορικά με τη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης.

Στο **Κεφάλαιο 3** παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τη διεξαγωγή της έρευνας. Έτσι, αρχικά παρουσιάζονται οι ερευνητικοί στόχοι και ο σχεδιασμός πειραμάτων. Ακολουθεί η περιγραφή της μεθοδολογίας για την υλοποίηση της καταγραφής των οικιακών αποβλήτων τροφίμων και τέλος γίνεται παρουσίαση των εργαστηριακών μεθόδων προσδιορισμού και του συναφούς εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκαν για την ολοκλήρωση των πειραμάτων.

Στο **Κεφάλαιο 4** παρουσιάζονται, αναλύονται και σχολιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας. Συγκεκριμένα, αρχικά παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και γίνεται σχολιασμός της ποιοτικής και ποσοτικής σύστασης βάσει των ημερολογίων καταγραφής αποβλήτων ανά οικογένεια και συγκεντρωτικά. Στη συνέχεια γίνεται η παρουσίαση των αποτελεσμάτων των εργαστηριακών αναλύσεων και τέλος παρουσιάζονται τα εξαγόμενα αποτελέσματα από τις δοκιμές για την παραγωγή βιοαερίου.

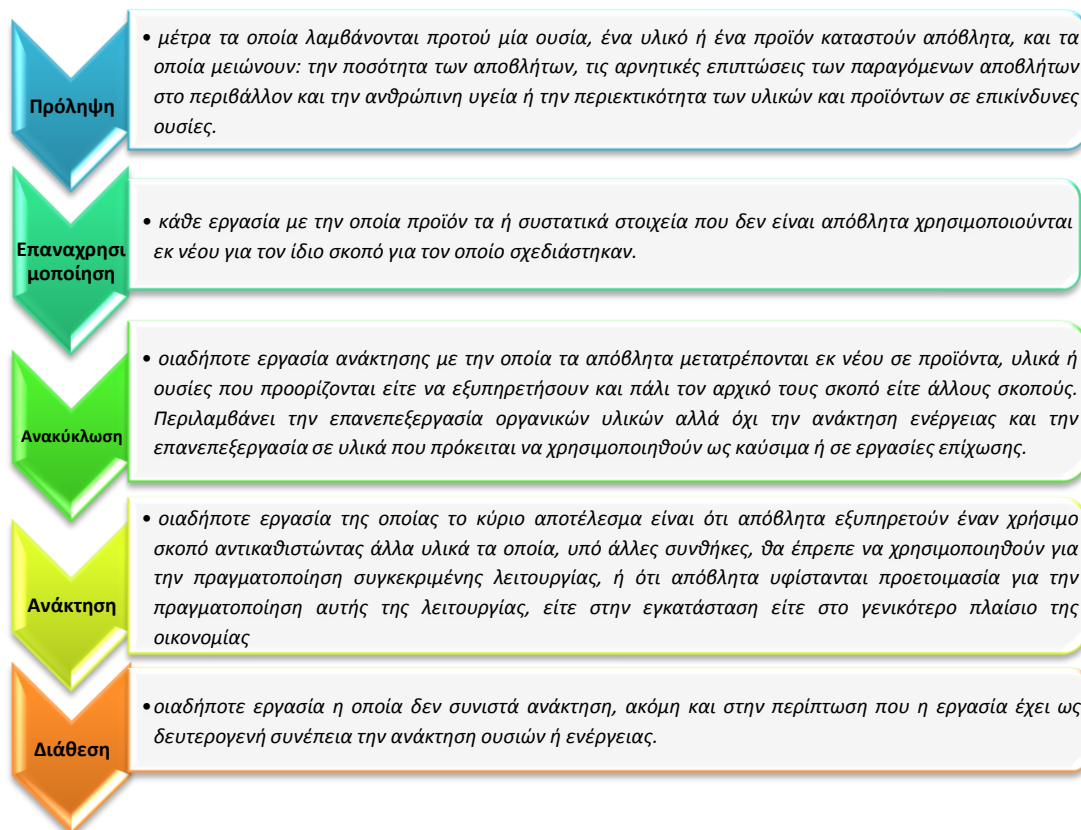
Τέλος, στο **Κεφάλαιο 5** παρατίθενται τα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας.

## Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Στο **Κεφάλαιο 2** γίνεται βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με θέματα που αφορούν στο θεωρητικό υπόβαθρο της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Συγκεκριμένα, αρχικά, στο **υποκεφάλαιο 2.1**, γίνεται επισκόπηση του νομοθετικού πλαισίου που αφορά στα απόβλητα και στη διαχείρισή τους τόσο σε εθνικό όσο και ευρωπαϊκό επίπεδο. Στη συνέχεια, στο **υποκεφάλαιο 2.2**, γίνεται μια παρουσίαση των υφιστάμενων μεθόδων συλλογής δεδομένων που σχετίζονται με τη σύσταση των οικιακών αποβλήτων κουζίνας και τέλος, στο **υποκεφάλαιο 2.3**, παρουσιάζεται το βασικό θεωρητικό υπόβαθρο της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης.

### 2.1 Νομοθετικό πλαίσιο για τα απόβλητα

Η πολιτική της Ευρωπαϊκής Κοινότητας για την προστασία του περιβάλλοντος ξεκίνησε ορμώμενη από τη Σύνοδο Κορυφής των Παρισίων το 1974. Η **Οδηγία 75/442/ΕΟΚ** περί των στερεών αποβλήτων διαμορφώνει το γενικό πλαίσιο διαχείρισης των αποβλήτων και ειδικότερα εξειδικεύεται στον τομέα των Επικίνδυνων Αποβλήτων με την **Οδηγία 91/689/ΕΟΚ** για τα επικίνδυνα απόβλητα. Η Οδηγία 75/442/ΕΟΚ καταργήθηκε από την **Οδηγία 2008/98/ΕΕ**. Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/98/ΕΚ περί αποβλήτων ορίζεται η ιεράρχηση των αποβλήτων (Άρθρο 4) που διέπεται από την αρχή της πρόληψης, της επαναχρησιμοποίησης, της ανακύκλωσης, της ανάκτησης και της διάθεσης (Όρλη, 2014) (**Εικόνα 1**).



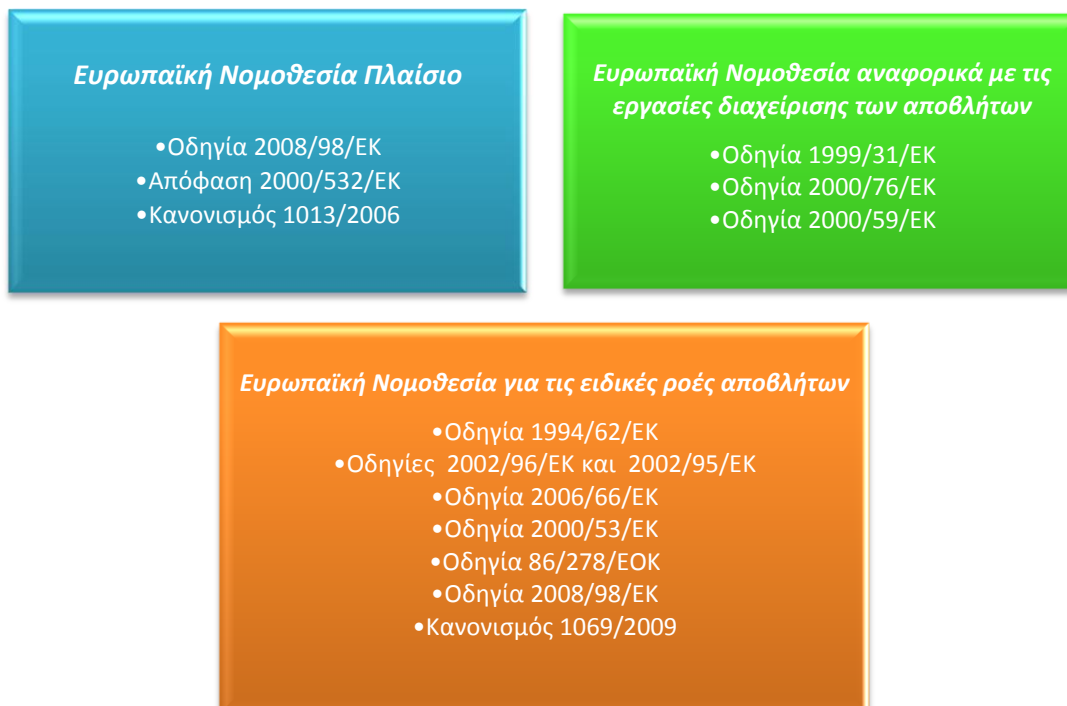
Εικόνα 1: Ιεράρχηση αποβλήτων βάσει της Οδηγίας 2008/98/ΕΚ

Σύμφωνα με την ιστοσελίδα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής που αφορά στο Περιβάλλον, η Νομοθεσία για τον τομέα των στερεών αποβλήτων μπορεί να διακριθεί:

(α) στην **Ευρωπαϊκή Νομοθεσία Πλαίσιο** για τα στερεά απόβλητα που περιλαμβάνονται: η **Οδηγία 2008/98/ΕΚ για τα απόβλητα και την κατάργηση ορισμένων οδηγιών**, η **Απόφαση 2000/532/ΕΚ για τη θέσπιση καταλόγου αποβλήτων** και ο **Κανονισμός 1013/2006 για τις μεταφορές αποβλήτων**,

(β) στην **Ευρωπαϊκή Νομοθεσία αναφορικά με τις εργασίες διαχείρισης των αποβλήτων** που περιλαμβάνονται: η **Οδηγία 1999/31/ΕΚ περί υγειονομικής ταφής αποβλήτων**, η **Οδηγία 2000/76/ΕΚ σχετικά με την αποτέφρωση των αποβλήτων** και η **Οδηγία 2000/59/ΕΚ σχετικά με τις λιμενικές εγκαταστάσεις παραλαβής αποβλήτων πλοίου και καταλοίπων φορτίου**, και

(γ) στην **Ευρωπαϊκή Νομοθεσία για τις ειδικές ροές αποβλήτων** που αρχίζει με την **Οδηγία 1994/62/ΕΚ για τις συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασίας** και συνεχίζει με την έκδοση της **Οδηγίας 2002/96/ΕΚ για τη διαχείριση των αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού** και συμπληρώνεται με την **Οδηγία 2002/95/ΕΚ αναφορικά με τον περιορισμό της χρήσης ορισμένων επικίνδυνων ουσιών σε είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού**, στη συνέχεια με την έκδοση της **Οδηγίας 2006/66/ σχετικά με τις ηλεκτρικές στήλες και τους συσσωρευτές και τα απόβλητα ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών**, έπειτα της **Οδηγίας 2000/53/ΕΚ για τα οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους**. Επιπλέον για τη διαχείριση και τη διάθεση της παραγόμενης ύλης είχε θεσπιστεί η Οδηγία 86/278/ΕΟΚ. Τα χρησιμοποιημένα ορυκτέλαια καθώς και τα απόβλητα εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων καλύπτονται από την Οδηγία Πλαίσιο για τα απόβλητα 2008/98/ΕΚ (Όρλη, 2014). Τα παραπάνω συνοψίζονται στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 2: Σύνοψη Ευρωπαϊκής Νομοθεσίας για τα στερεά απόβλητα

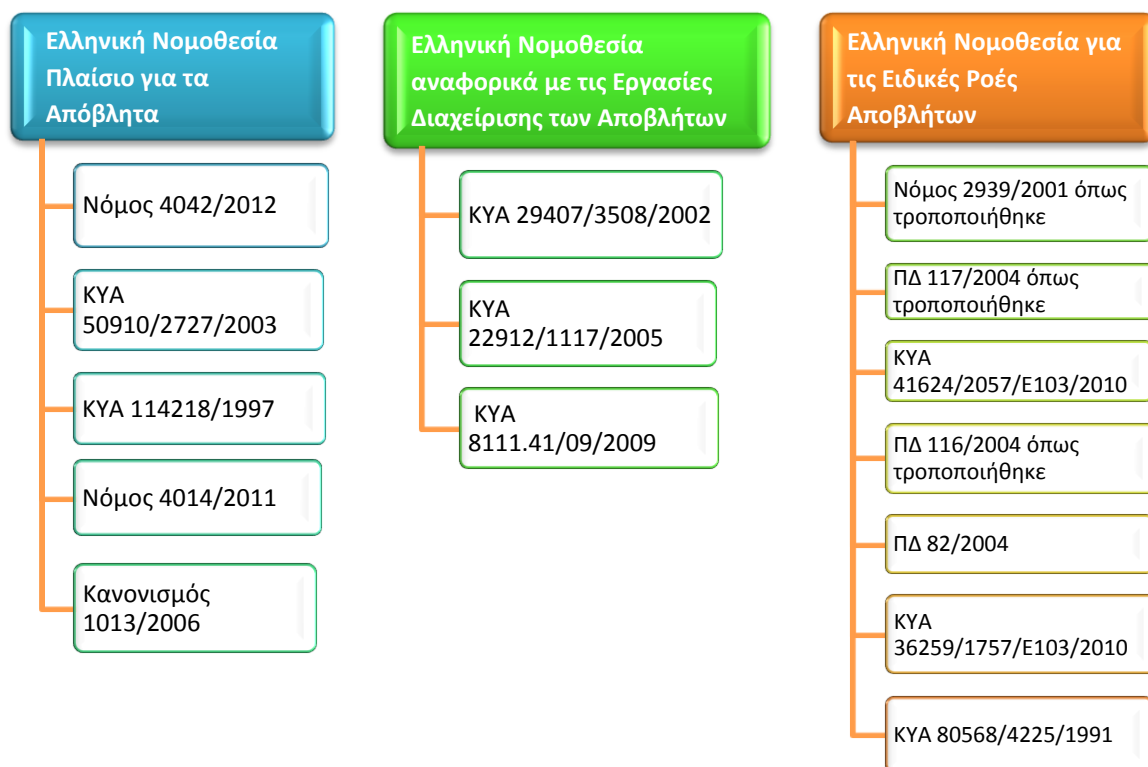
Κατά αντιστοιχία με την ταξινόμηση της Ευρωπαϊκής Νομοθεσίας, η Ελληνική Νομοθεσία για τα στερεά απόβλητα περιλαμβάνει την:

(α) **Νομοθεσία Πλαίσιο για τα Απόβλητα,**

(β) **Νομοθεσία αναφορικά με τις Εργασίες Διαχείρισης των Αποβλήτων και**

(γ) **Νομοθεσία για τις Ειδικές Ροές Αποβλήτων (Ορλη, 2014).**

Τα βασικά νομοθετικά κείμενα που περιλαμβάνονται σε κάθε κατηγορία παρουσιάζονται στην **Εικόνα 3**.



Εικόνα 3: Επισκόπηση της Ευρωπαϊκής Νομοθεσίας για τα στερεά απόβλητα

Με βάση τη μελέτη των υφιστάμενων ορισμών δεν υπάρχει στη νομοθεσία συγκεκριμένη ορολογία καθώς και σχετικός ορισμός που να χρησιμοποιείται αποκλειστικά για τα απόβλητα των τροφών που προέρχονται από τα νοικοκυριά.

## 2.2 Βιοαπόβλητα, βιοαποδομήσιμα απόβλητα και απόβλητα τροφών: ορισμοί, μεθοδολογίες συλλογής ποσοτικών και ποιοτικών δεδομένων, και συμπεράσματα

Στην εθνική αλλά και ευρωπαϊκή νομοθεσία ως **απόβλητο** ορίζεται *κάθε ουσία ή αντικείμενο το οποίο ο κάτοχός του απορρίπτει ή προτίθεται ή υποχρεούται να απορρίψει (Οδηγία 2008/98/ΕΚ)*. Επίσης, στην Οδηγία 1999/31/ΕΚ του Συμβουλίου περί υγειονομικής ταφής των αποβλήτων, ως **βιοαποδομήσιμα απόβλητα** ορίζονται *εκείνα τα απόβλητα που είναι σε θέση να υποστούν αναερόβια ή αερόβια αποσύνθεση, όπως είναι τα απόβλητα τροφών και κηπουρικής, το χαρτί και το χαρτόνι (Οδηγία 1999/31/ΕΚ)*. Τέλος, στην Οδηγία 2008/98/ΕΚ αναφέρονται τα **βιολογικά απόβλητα**



**ή βιοαπόβλητα** ως τα βιοαποδομήσιμα απόβλητα κήπων και πάρκων, τα απορρίμματα τροφών και μαγειρειών από σπίτια, εστιατόρια, εγκαταστάσεις ομαδικής εστίασης και χώρους πωλήσεων λιανικής και τα συναφή απόβλητα από εγκαταστάσεις μεταποίησης τροφίμων (Οδηγία 2008/98/ΕΚ). Έτσι, όπως προκύπτει και από τα παραπάνω, τα βιοαπόβλητα αποτελούν μέρος των βιοαποδομήσιμων αποβλήτων.

Με βάση τον *Οδηγό εφαρμογής προγραμμάτων Διαλογή στη Πηγή και συστημάτων διαχείρισης των βιοαποβλήτων (ΕΠΠΕΡΑΑ, 2012)*, τα βιοαπόβλητα είναι δυνατό να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με την πηγή προέλευσής τους:

- ✓ Τα οικιακά βιοαπόβλητα,
- ✓ Τα εμπορικά βιοαπόβλητα,
- ✓ Τα βιομηχανικά βιοαπόβλητα.

Αναλυτικότερα:

(1) Τα **οικιακά απόβλητα** αποτελούν το οργανικό κλάσμα των βιοαποδομήσιμων αποβλήτων τα οποία δημιουργούνται στις οικίες (ή/και σε δημόσιους χώρους στην περίπτωση των αποβλήτων κήπου) και περιλαμβάνουν τις εξής υποκατηγορίες:

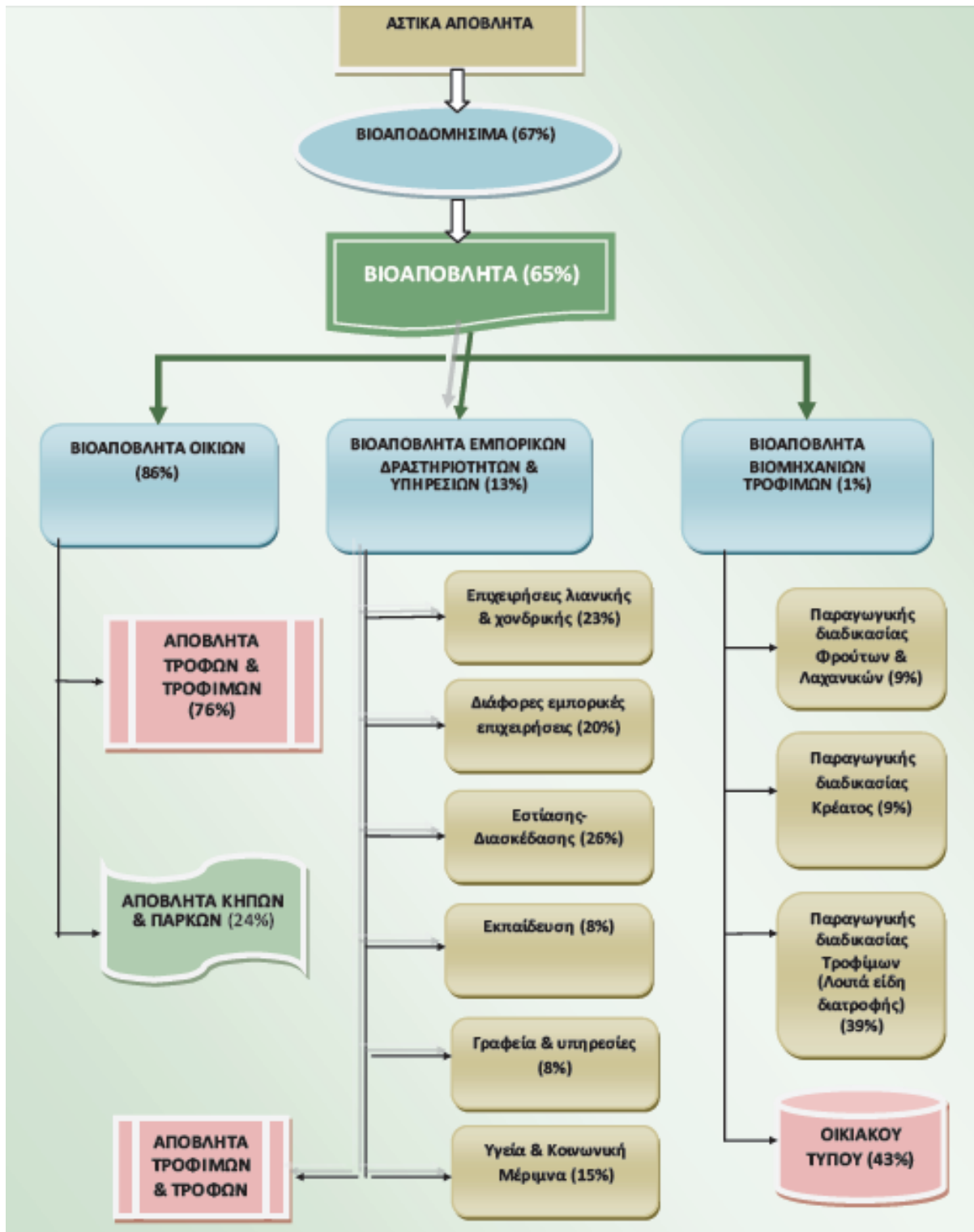
- **Απόβλητα τροφών:** Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει τρόφιμα που απορρίπτονται γιατί δεν χρησιμοποιήθηκαν καθόλου ή χρησιμοποιήθηκαν εν μέρει κατά την παρασκευή γευμάτων εντός των οικιών. Επίσης περιλαμβάνει τις ποσότητες φρέσκων φρούτων και λαχανικών που απορρίφθηκαν.

- **Απόβλητα κήπων – πρασίνου:** Είναι τα πράσινα απόβλητα από τους κήπους των οικιών και δημόσιων χώρων και εν γένει των υπολειμμάτων βλάστησης από τη συντήρηση χώρων πρασίνου. Περιλαμβάνει μοσχεύματα δένδρων, κλαδιά, χόρτα, φύλλα, κλαδέματα, λουλούδια κ.λπ..

(2) Τα **εμπορικά απόβλητα** είναι τα απόβλητα που προέρχονται από επιχειρήσεις που χρησιμοποιούνται κυρίως για εμπορικούς ή άλλους επαγγελματικούς σκοπούς, δραστηριοποιούνται ως κέντρα διασκέδασης, αναψυχής και εστίασης. Επίσης, στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται τα βιοαπόβλητα που προέρχονται από αθλητικές δραστηριότητες, υπηρεσίες δημόσιου ή ιδιωτικού χαρακτήρα, οργανισμούς κοινής ωφέλειας και εκπαιδευτικά ιδρύματα.

(3) Τα **βιοαπόβλητα βιομηχανιών** είναι αυτά που προέρχονται από τις βιομηχανίες τροφίμων και ποτών. Σε καμία περίπτωση, δεν εννοούνται τα δασικά ή γεωργικά κατάλοιπα, η κοπριά, η ιλύς επεξεργασίας αστικών λυμάτων καθώς και άλλα βιοαποδομήσιμα, όπως οι φυσικές ίνες, το χαρτί ή το κατεργασμένο ξύλο. Ομοίως, εξαιρούνται τα παραπροϊόντα της παραγωγής τροφίμων που δεν μετατρέπονται ποτέ σε απόβλητα (ΕΠΠΕΡΑΑ, 2012). Στην **Εικόνα 4**, αποτυπώνονται οι πηγές προέλευσης των βιοαποβλήτων, καθώς και τα διακριτά ρεύματα παραγωγής τους.





Εικόνα 4: Κατηγορίες προέλευσης και διακριτά ρεύματα παραγωγής των βιοαποβλήτων (ΕΠΠΕΡΑΑ, 2012)

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον για την πρόληψη δημιουργίας και τη διαχείριση των αποβλήτων τροφών που προκύπτουν σε όλο το εύρος της τροφικής αλυσίδας από το στάδιο της παραγωγής έως το στάδιο της κατανάλωσης, με εξέταση όλων των ενδιάμεσων κρίκων: μεταποίηση, διανομή καθώς και εστίαση εκτός οικίας. Ο Οδικός Χάρτης για την Αποδοτικότητα των Πόρων (EC, 2011) είναι το πρώτο έγγραφο της Ευρωπαϊκής Πολιτικής στο οποίο τα απόβλητα

τροφίμων αναφέρονται ξεχωριστά και όχι ως κλάσμα των βιοαποβλήτων. Επίσης, περιλαμβάνει ορόσημο για τη μείωση των αποβλήτων τροφίμων κατά 50% μέχρι το 2020 και καλεί τα κράτη-μέλη να συμπεριλάβουν τα απόβλητα τροφίμων στα σχέδια πρόληψης.

Η απώλεια και η σπατάλη, που αφορούν όλους τους κρίκους της αλυσίδας τροφίμων, παρότι σε διαφορετικό βαθμό, εκτιμώνται συνολικά στο 1/3 του συνολικού όγκου τροφίμων που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση (EOKE, 2013). Σε έρευνα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής που δημοσιεύτηκε το 2010, ο όγκος των απορριμμάτων τροφίμων εκτιμάται σε 179 kg/κάτοικο/έτος. Η κατανομή μεταξύ των διαφόρων κρίκων της αλυσίδας αποδίδει 42 % στα νοικοκυριά, 39 % στη βιομηχανία τροφίμων, 5 % στη διανομή και 14 % στην εστίαση εκτός οικίας. Εάν δεν μεταβληθεί η σχετική πολιτική, αναμένεται αύξηση του όγκου αυτού κατά 40 % έως το 2020. Σημειωτέον ότι η απώλεια και η σπατάλη τροφίμων στα στάδια της γεωργίας και της αλιείας δεν έχουν ληφθεί υπόψη στην ανωτέρω μελέτη (EOKE, 2013).

Οι συνέπειες της απώλειας και της σπατάλης τροφίμων είναι τριών ειδών: οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές. Οι περιβαλλοντικές συνέπειες είναι οι πιο αισθητές, καθώς εκφράζονται άμεσα με αύξηση του ζυμώσιμου ποσοστού των οικιακών απορριμμάτων. Εκτός του ότι προκαλεί απορρίμματα, κάθε σπατάλη τροφίμων σημαίνει και απώλεια των αναγκαίων πόρων για την παραγωγή, τη μεταποίηση και τη διανομή του προϊόντος. Όσο η σπατάλη συντελείται πλησιέστερα προς το τέλος της αλυσίδας τροφίμων, τόσο μεγαλύτερη είναι η σπατάλη πόρων (EOKE, 2013).

Η εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου έχει δυσμενή επίπτωση στις κλιματικές αλλαγές. Το στάδιο «νοικοκυριό» παρουσιάζει την πιο σημαντική επίπτωση από την άποψη αυτή, με 45 % των εκτιμώμενων εκπομπών που συνδέονται με τη σπατάλη τροφίμων, ενώ στον κλάδο της μεταποίησης αντιστοιχούν περίπου 35 % των ετήσιων εκπομπών. Σύμφωνα με την ίδια μελέτη, όμως, οι σχετικές εκτιμήσεις πρέπει να αντιμετωπίζονται με επιφύλαξη, δεδομένου ότι εξαρτώνται από την αξιοπιστία των στοιχείων ποσοτικής εκτίμησης της σπατάλης τροφίμων (EOKE, 2013).

Για τον καταναλωτή, αλλά και για όλους τους κρίκους της αλυσίδας, οποιαδήποτε σπατάλη ισοδυναμεί με οικονομική απώλεια. Οι σχετικές με τα απόβλητα πολιτικές, που στο μέλλον θα ενισχυθούν, θα προκαλέσουν πρόσθετο κόστος για τους διάφορους παράγοντες της αλυσίδας (έξοδα απόρριψης των αποβλήτων, τέλη κ.λπ.). Η προοπτική αυτή συνηγορεί υπέρ της επένδυσης στην πρόληψη (EOKE, 2013).

Από κοινωνική και δεοντολογική άποψη, είναι αδιανόητο να μην υπάρξει πολιτική δράση για τον περιορισμό του εύρους της απώλειας και της σπατάλης τροφίμων, ιδιαίτερα μάλιστα σε εποχές όπου η οικονομική κρίση οδηγεί σε όλο και πιο επισφαλή κατάσταση όλο και περισσότερους ευρωπαίους. Οι συνεχώς διογκούμενες ανάγκες των τραπεζών τροφίμων καθιστούν σαφή την ανησυχητική αυτή τάση (EOKE, 2013).

Σε παγκόσμιο, σε ευρωπαϊκό, σε εθνικό και σε τοπικό επίπεδο έχουν αναπτυχθεί πολλές πρωτοβουλίες, με το εύρος τους να εκτείνεται από συμπεριφορικές μελέτες και μελέτες εκτίμησης του εύρους του φαινομένου έως συγκεκριμένες επιτόπιες δράσεις (EOKE, 2013).

Μεταξύ των διεθνών προγραμμάτων, αξιωματικώς η παγκόσμια πρωτοβουλία του FAO σχετικά με την απώλεια τροφίμων και τη μείωση των απορριμμάτων (Save Food), που προβλέπει συμπράξεις ιδιωτικού και δημόσιου τομέα, χάραξη πολιτικών στηριζόμενη σε βάσιμα στοιχεία, καθώς και στήριξη των επενδύσεων χάρη: στην αξιοποίηση των πόρων, των συνεκτικών και συντονισμένων αξιολογήσεων και μιας ανάλυσης των δεδομένων σχετικά με την απώλεια και τη σπατάλη τροφίμων· στην ευαισθητοποίηση· στη σύσταση δικτύων και την ενίσχυση των ικανοτήτων μεταξύ των φορέων του συστήματος γεωργίας και τροφίμων (EOKE, 2013).

Ήδη από τις 19 Ιανουαρίου του 2012, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο (ΕΚ) ενέκρινε ψήφισμα σχετικά με τη στρατηγική για μια αποδοτικότερη αλυσίδα τροφίμων. Ζήτησε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή να λάβει πρακτικά μέτρα ώστε να μειωθεί κατά 50 % η σπατάλη τροφίμων έως το 2025. Το ΕΚ επιθυμεί την εφαρμογή μιας στρατηγικής που να συνδυάζει ευρωπαϊκά και εθνικά μέτρα, προκειμένου να μειωθούν οι απώλειες στο καθένα από τα στάδια της αλυσίδας τροφίμων (EOKE, 2013).

Στην ανακοίνωσή της σχετικά με την αποδοτική χρήση των πόρων, η Επιτροπή αφιερώνει ένα κεφάλαιο στα τρόφιμα και καλεί τα κράτη μέλη να αντιμετωπίσουν τη σπατάλη τροφίμων στο πλαίσιο των οικείων εθνικών προγραμμάτων πρόληψης των αποβλήτων. Διευκρινίζει δε ότι η σπατάλη τροφίμων θα πρέπει να έχει μειωθεί κατά το ήμισυ έως το 2020 (EOKE, 2013).

Τον Αύγουστο του 2011, η Επιτροπή δημοσίευσε κατευθυντήριες γραμμές για την προετοιμασία των προγραμμάτων πρόληψης της απώλειας τροφίμων, προκειμένου να συνδράμει τα κράτη μέλη στη χάραξη των εθνικών προγραμμάτων πρόληψης των αποβλήτων στον τομέα της απώλειας τροφίμων. Επιπλέον, η Επιτροπή δημιούργησε ειδικό ιστότοπο για την απώλεια τροφίμων με πληροφορίες για την πρόληψή της (π.χ. 10 τρόποι μείωσης της σπατάλης τροφίμων, διευκρινίσεις ως προς τη διαφορά μεταξύ της "ημερομηνίας λήξης" και της "ανάλωσης κατά προτίμηση πριν από...", συλλογή βέλτιστων πρακτικών κλπ.) (EOKE, 2013).

Το Συμβούλιο ασχολείται επίσης με θέματα που αφορούν τη βιώσιμη παραγωγή τροφίμων. Η ιδέα σχετικά με ένα νέο πρότυπο τροφίμων που υπέβαλε πρόσφατα η Αυστρία, και η οποία υποστηρίζεται από 16 κράτη μέλη, αναφέρεται, μεταξύ άλλων, στο θέμα του καθορισμού των τιμών των τροφίμων και θα πρέπει συνεπώς να συμβάλει στην πρόληψη της σπατάλης (EOKE, 2013).

Στο Ηνωμένο Βασίλειο, το πρόγραμμα WRAP δραστηριοποιείται εδώ και αρκετά χρόνια στον τομέα της ποσοτικής εκτίμησης και της διενέργειας εκστρατειών για την πρόληψη της απώλειας και της σπατάλης τροφίμων. Η ένωση αυτή ήταν ο εμπνευστής μιας συμφωνίας (Courtauld Commitment) ανάμεσα στις κυριότερες επιχειρήσεις λιανικού εμπορίου της χώρας και σε μεγάλο αριθμό από τους σημαντικότερους παραγωγούς τροφίμων και ποτών, με στόχο την προώθηση και εφαρμογή

οιασδήποτε δράσης ικανής να μειώσει τη σπατάλη. Από την εκκίνησή της, το 2006/2007, παρατηρείται βελτίωση της κατάστασης στον χώρο της αλυσίδας τροφίμων (EOKE, 2013).

Το στάδιο της εστίασης συνιστά επίσης κρίσιμο σημείο για την απώλεια τροφίμων. Έκθεση που δημοσίευσε στη Μεγάλη Βρετανία η Sustainable Restaurant Association (SRA) παρέχει μια καλύτερη εικόνα της κατάστασης στο στάδιο αυτό. Η αρχική ιδέα ήταν να εκτιμηθούν με μεγαλύτερη ποσοτική ακρίβεια τα απορρίμματα τροφίμων δέκα εστιατορίων μελών της SRA, σε τρία επίπεδα: επιστροφές από τον καταναλωτή, σπατάλη κατά την παρασκευή και προϊόντα κατεστραμμένα ή μη χρησιμοποιήσιμα για διάφορους λόγους. Τέλος, η ανάλυση έπρεπε να καταλήγει σε πρακτικές συστάσεις για τη μείωση των παρατηρούμενων απωλειών (EOKE, 2013).

Με την οικονομική και τη χρηματοπιστωτική κρίση, οι τράπεζες τροφίμων διαμαρτύρονται ότι οι πόροι τους ελαττώνονται τη στιγμή ακριβώς που οι ανάγκες τους διογκώνονται, με διαφοροποιήσεις ανάλογα με τα κράτη μέλη. Υπάρχουν συμφωνίες διαφόρων ανθρωπιστικών οργανώσεων με φορείς διανομής και μεταποίησης, με στόχο την αξιοποίηση τροφίμων που αποσύρονται από την αγορά. Βεβαίως, πρόκειται για τρόφιμα που πληρούν ακόμη όλες τις απαιτήσεις ασφάλειας για την υγεία (EOKE, 2013).

Σε εθνικό επίπεδο τα απόβλητα τροφίμων έχουν επιλεγεί ως τομέας προτεραιότητας για τη θέσπιση ποιοτικών στόχων πρόληψης μαζί με το χαρτί, τα υλικά/ απόβλητα συσκευασίας, και τα Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού. Ειδικά, για τα απόβλητα τροφίμων ως ειδικός στόχος ορίζεται η προώθηση της μείωσης παραγωγής αποβλήτων τροφίμων κυρίως στα μεγάλα αστικά κέντρα εντός χρονικού ορίζοντα βετίας από την έναρξη ισχύος του εθνικού σχεδίου πρόληψης. Ο στόχος αφορά κυρίως τα νοικοκυριά αλλά μπορεί να επιτευχθεί στη μαζική εστίαση, στο λιανεμπόριο, στη βιομηχανία τροφίμων, στις υγειονομικές μονάδες και καταλύματα (ΥΠΕΚΑ, 2014).

Στο πλαίσιο της πρόληψης καθώς και της διαχείρισης των απόβλητων τροφίμων έχει δημιουργηθεί η ανάγκη ποσοτικοποίησης της παραγωγής αποβλήτων τροφίμων με αποτέλεσμα στη βιβλιογραφία να παρουσιάζονται διαφορετικοί ορισμοί και κατηγοριοποιήσεις για τα βιοαπόβλητα και τα απόβλητα τροφίμων καθώς επίσης και διάφορες μεθοδολογίες που αποσκοπούν στην εξαγωγή τόσο ποσοτικών όσο και ποιοτικών αποτελεσμάτων.

Σχετικά με τους ορισμούς για τα απόβλητα τροφίμων που προκύπτουν από τα νοικοκυριά το Πρόγραμμα Δράσης για τα Απόβλητα και τους Πόρους (Waste & Resources Action Programme, WRAP) υιοθέτησε στη μελέτη “Household food and drink waste in the UK” (WRAP, 2009) τους ορισμούς των αποφευκτέων αποβλήτων (*avoidable waste*), πιθανά αποφευκτέων αποβλήτων (*possibly avoidable waste*) και αναπόφευκτων αποβλήτων (*unavoidable waste*). Στον Πίνακα 1 περιγράφονται οι επεξηγήσεις των προαναφερθέντων ορισμών με βάση το WRAP και στην Εικόνα 5 δίνονται επιπλέον πληροφορίες σχετικά με τους λόγους δημιουργίας των αποφευκτέων αποβλήτων.

Πίνακας 1: Ορισμοί σχετικά με τα απόβλητα τροφίμων με βάση το WRAP (WRAP, 2009)

Ορισμός	Επεξήγηση
Αποφευκτέα Απόβλητα Τροφίμων:	Πρόκειται για τα τρόφιμα και τα ποτά τα οποία που έχουν απορριφθεί από τον καταναλωτή ως απόβλητα, αλλά κάποια στιγμή πριν την απόρριψη τους ήταν βρώσιμα (π.χ. φέτα ψωμί, μήλα, κρέας).
Πιθανά Αποφευκτέα Απόβλητα Τροφίμων:	Πρόκειται για τα τρόφιμα και τα ποτά τα οποία που έχουν απορριφθεί από τον καταναλωτή ως απόβλητα, και τα οποία πριν την απόρριψη τους ήταν βρώσιμα από κάποιους ανθρώπους ενώ από άλλους όχι (π.χ. κόρα ψωμιού) ή μπορούσαν να καταναλωθούν όταν έχουν προετοιμασθεί μόνο ύστερα από κατάλληλη διαδικασία (π.χ. φλούδες πατάτας).
Αναπόφευκτα Απόβλητα Τροφίμων:	Πρόκειται για τα απόβλητα που προκύπτουν κατά την προετοιμασία τροφίμων και ποτών τα οποία που έχουν απορριφθεί από τον καταναλωτή ως απόβλητα, και τα οποία ποτέ δεν ήταν βρώσιμα (π.χ. οστά κρέας, τσόφλια αυγών, το δέρμα ανανά, φακελάκια τσαγιού).



Εικόνα 5: Διαχωρισμός των αποβλήτων τροφίμων και ποτών ανάλογα με τη δυνατότητα αποφυγής δημιουργίας αποβλήτων (WRAP, 2009)

Όπως φαίνεται και στην εικόνα, τα αποφευκτέα απόβλητα δημιουργούνται: (α) επειδή τα τρόφιμα και ποτά προετοιμάσθηκαν, σερβιρίστηκαν ή μαγειρεύτηκαν σε περισσότερη ποσότητα: στις περισσότερες περιπτώσεις δημιουργούνται γιατί προετοιμάστηκε μεγαλύτερη ποσότητα φαγητού στο σπίτι, παρόλα αυτά υπάρχουν και περιπτώσεις που δημιουργούνται λόγω καταστροφής του φαγητού κατά την προετοιμασία π.χ. φαγητό που κάηκε, (β) επειδή τα τρόφιμα και ποτά δε χρησιμοποιήθηκαν στην ώρα τους: πρόκειται για τρόφιμα και ποτά των οποίων είτε έχει περάσει η ημερομηνία λήξης ή ημερομηνία προτεινόμενης κατανάλωσης είτε έχουν χαλάσει, μουχλιάσει κτλ., και (γ) για άλλους λόγους (WRAP, 2009).

Στη συνέχεια δίνεται μία περιγραφή των μεθόδων που στοχεύουν στη συλλογή ποιοτικών ή/και ποσοτικών δεδομένων αποβλήτων τροφίμων όπως παρουσιάζονται στη μελέτη με τίτλο: *Report on review of (food) waste reporting methodology and practice* (2013), η οποία υλοποιήθηκε στο πλαίσιο του ερευνητικού προγράμματος (*FUSION*, 2013).

### 2.2.1 Άμεση μέτρηση και σάρωση

Στην πράξη υπάρχουν δύο τρόποι για την άμεση μέτρηση των αποβλήτων τροφίμων: η ζύγιση και η μέτρηση του όγκου. Η μέτρηση του όγκου είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται σπάνια και δεν υπάρχουν αρκετές μελέτες που να περιγράφουν αυτή τη μέθοδο. Η ζύγιση ως εκ τούτου, είναι μια θεμελιώδης μέθοδος που χρησιμοποιείται σε όλες τις μετρήσεις των ποσοτήτων των αποβλήτων τροφίμων. Η ζύγιση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέθοδος αυτόνομα ή για χρήση με μια άλλη ανάλυση-μέθοδο σχετικά με τα απόβλητα τροφίμων.

Μια μελέτη από τη Σουηδία παρουσιάζει παραδείγματα αποβλήτων τροφίμων που προκύπτουν από την παροχή υπηρεσιών εστίασης, μέσω της μέτρησης του βάρους των απωλειών από κουζίνες σε δύο σχολεία και σε δύο εστιατόρια της Στοκχόλμης (*Engstrom & Carlsson-Kanyama, 2004*). Όλες οι απώλειες καταγράφηκαν, εκτός από τα ποτά. Οι απώλειες ήταν χωρισμένες ανά προέλευση σε πέντε πηγές: την αποθήκευση (*storage losses*), την προετοιμασία (*preparation losses*), το σερβίρισμα (*servicing losses*), το περισσευούμενο φαγητό που ποτέ δε σερβιρίστηκε (*leftovers*) και τα αποφάγια που μένουν στα πιάτα (*plate waste*). Σχετικά με τις απώλειες κατά την αποθήκευση, το προσωπικό της κουζίνας κατέγραφε οτιδήποτε πετιόταν από το ντουλάπι, το ψυγείο ή τον καταψύκτη για χρονική διάρκεια δύο εβδομάδων. Όλοι οι άλλοι τύποι απωλειών καταγράφηκαν για δύο ημέρες. Για την εξαγωγή ποιοτικών αποτελεσμάτων όλες οι απώλειες εντάχθηκαν σε μία από τις τρεις κατηγορίες: (α) κρέας και ψάρι, (β) πατάτες, ρύζι, ζυμαρικά και (γ) λαχανικά. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι περίπου το 1/5 από το φαγητό χάνεται και ένα ποσοστό 11-13% της ποσότητας που σερβίρεται χάνεται ως απόβλητο που απομένει στο πιάτο.

Για τη μέτρηση της ποσότητας και της σύστασης των αποβλήτων τροφίμων στην φινλανδική τροφική αλυσίδα, (*Silvennoinen et al., 2012*) χρησιμοποιήθηκε η ζύγιση των αποβλήτων τροφίμων. Στην έρευνα συμμετείχαν 380 νοικοκυριά μέλη των οποίων ζύγιζαν σε καθημερινή βάση τα αποφευκτέα απόβλητα τροφίμων για δύο εβδομάδες. Αναφορικά με την παροχή υπηρεσιών εστίασης πραγματοποιήθηκε έρευνα σε 72 εστιατόρια σχετικά με τις ποσότητες, το είδος και την προέλευση των αποβλήτων τροφίμων. Από τον σεφ του εστιατορίου και τους εργαζόμενους διατηρούνταν ένα ημερολόγιο και ζυγίζονταν τα τρόφιμα που προετοιμάζονταν καθώς και αυτά που κατέληγαν ως απόβλητα σε μια περίοδο μιας εβδομάδας. Για τη ζύγιση και την ταξινόμηση, τα απόβλητα τροφίμων χωρίστηκαν σε τρεις κατηγορίες: (α) τα απόβλητα της κουζίνας (*kitchen waste*), που προκύπτουν κατά την προετοιμασία των γευμάτων, (β) τα απόβλητα που προκύπτουν από μη κατανάλωση φαγητού που έχει σερβιριστεί (*servicing waste*), και (γ) τα περισσεύματα (*leftovers*). Επιπλέον, τα απόβλητα τροφίμων χωρίστηκαν σε δύο κατηγορίες: τα βρώσιμα απόβλητα (*edible*) και



τα μη βρώσιμα απόβλητα (*inedible*). Στην **Εικόνα 6** φαίνονται οι κάδοι που χρησιμοποιήθηκαν για τη ζύγιση των αποβλήτων τροφίμων στη μελέτη αυτή. Με βάση τα αποτελέσματα της μελέτης η ετήσια ποσότητα αποβλήτων τροφίμων που παράγεται στο σπίτι ήταν 22-30 kg ανά άτομο ενώ για τις υπηρεσίες εστίασης οι αντίστοιχες ποσότητες ήταν 14 – 16 kg ανά άτομο. Συνολικά, εκτιμήθηκε ότι κάθε χρόνο οι καταναλωτές, ο τομέας των υπηρεσιών τροφίμων, ο τομέας του λιανικού εμπορίου και της βιομηχανίας τροφίμων μαζί οδηγούν στην παραγωγή 335 με 460 εκατ. kg αποβλήτων τροφίμων στη Φινλανδία που αντιστοιχεί σε 62 έως 85 kg ανά Φινλανδό (*Silvennoinen et al., 2012*).



Εικόνα 6: Ο σταθμός διαχωρισμού των αποβλήτων (*Silvennoinen et al., 2012*)

Σε εταιρείες *catering* στην Ολλανδία τα απόβλητα τροφίμων προσδιορίστηκαν με τη ζύγιση για δύο εβδομάδες των τροφίμων που έμειναν στα ράφια και ήταν προς πώληση σε 200 σημεία από τις 8 κορυφαίες ολλανδικές εταιρείες *catering*. Ο σκοπός της μελέτης ήταν να προσδιοριστούν ποσοτικά τα απορρίμματα τροφίμων στον τομέα της εστίασης και να εντοπιστούν δυνητικά μέτρα βελτίωσης στην Ολλανδία (*FUSION, 2013*).

Η μέθοδος της σάρωσης με ηλεκτρονικά μέσα χρησιμοποιείται στη λιανική και στο εμπόριο για την καταγραφή της αξίας ή της μάζας των ροών αποβλήτων. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση της σπατάλης τροφίμων σε καταστήματα λιανικής στην Νορβηγία και τη Σουηδία, χρησιμοποιώντας δεδομένα από τη σάρωση των τροφίμων που σπαταλούνται σε συνδυασμό με δεδομένα σχετικά με τον ετήσιο κύκλο εργασιών για κάθε κατηγορία προϊόντων. Τα προϊόντα προς απόρριψη καταγράφονται άμεσα με ένα κινητό σαρωτή που συνδέεται με τη βάση δεδομένων της εταιρίας και στη συνέχεια απορρίπτονται (*FUSION, 2013*).

Από τα παραπάνω είναι εμφανές ότι η άμεση μέτρηση (βάρους) έχει εφαρμοστεί κυρίως σε επίπεδο επιχείρησης ή σε επίπεδο νοικοκυριού, δεδομένου ότι απαιτεί μια καλή επισκόπηση της ροής του προϊόντος. Με τον όρο «εταιρικό επίπεδο» περιλαμβάνονται επίσης, για παράδειγμα, οι οργανισμοί και μπορεί να αναφέρεται στα περισσότερα στάδια της αλυσίδας εφοδιασμού π.χ. μεταποίηση, χονδρική και logistics, λιανικού εμπορίου και παροχής υπηρεσιών εστίασης (*FUSION, 2013*).

Μέσω της άμεσης μέτρησης των αποβλήτων τροφίμων παρέχεται το πλεονέκτημα της απευθείας συλλογής πρωτογενών δεδομένων τα οποία θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν άμεσα από τις ενδιαφερόμενες εταιρείες. Ωστόσο, η πρωτογενής συλλογή δεδομένων είναι δαπανηρή και χρονοβόρα. Επιπλέον, θα πρέπει να γίνει επιλογή αντιπροσωπευτικών εταιρειών ικανοποιητικού μεγέθους. Είναι επίσης σημαντικό τόσο η διαδικασία καταγραφής να γίνεται σωστά όσο και η παροχή στοιχείων να είναι αληθής καθώς ένα γενικό πρόβλημα είναι ότι πολλές εταιρείες και σούπερ μάρκετ δεν αποκαλύπτουν τα στοιχεία τους σχετικά με τα απόβλητα (FUSION, 2013).

Η σάρωση είναι κατάλληλη μόνο για τμήματα της αλυσίδας εφοδιασμού στην οποία το προϊόν είναι σε συσκευασία, δεδομένου ότι στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιείται ο κώδικας (*bar code*) για το σκοπό αυτό. Αυτό σημαίνει ότι η σάρωση είναι μια μέθοδος που μπορεί να είναι κατάλληλη για το χονδρικό εμπόριο, τον εφοδιασμό και τη λιανική και, σε κάποιο βαθμό, και για την αναδιανομή και την επεξεργασία (συσκευασμένα και αποθηκευμένα προϊόντα). Τα στοιχεία από τη σάρωση αποτελούν κυρίως δευτερογενή δεδομένα. Η αξιοπιστία της μεθόδου εξαρτάται από το κατά πόσο είναι απαραίτητο να γίνουν μετατροπές για την εξαγωγή συμπερασμάτων (FUSION, 2013).

### 2.2.2 Ανάλυση σύστασης αποβλήτων

Η ανάλυση της σύστασης των αποβλήτων (*waste composition analysis*) περιλαμβάνει τη ζύγιση και καταγραφή των επιμέρους κλασμάτων των αποβλήτων τροφίμων είτε ανά τύπο προϊόντων τροφίμων είτε σε βρώσιμα/ μη βρώσιμα κλάσματα κ.λπ.. Η ανάλυση της σύστασης των αποβλήτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση των αποβλήτων τροφίμων για σύντομο ή μεγάλο χρονικό διάστημα και σε διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειας (FUSION, 2013).

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σε εκείνες τις περιπτώσεις της αλυσίδας εφοδιασμού όπου λαμβάνει χώρα συλλογή αποβλήτων όπου ο αριθμός των σημείων αποβλήτων είναι μεγάλος (δηλαδή μεμονωμένα σημεία συλλογής αποβλήτων τροφίμων από μαγαζιά που παρέχουν υπηρεσίες εστίασης και νοικοκυριά). Ως εκ τούτου, ένα από τα σημαντικότερα θέματα είναι η σωστή εκτίμηση του μεγέθους του δείγματος καθώς και η αντιπροσωπευτικά του δείγματος. Ένα άλλο στοιχείο που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη διεξαγωγή της ανάλυσης της σύστασης των αποβλήτων είναι τα συστήματα συλλογής αποβλήτων που χρησιμοποιούνται π.χ. μικτή συλλογή αποβλήτων, διαλογή στην πηγή των βιοαποβλήτων κτλ. (FUSION, 2013).

Για τη μέτρηση των αποβλήτων τροφίμων στον κλάδο της εστίασης, πραγματοποιήθηκε μια ανάλυση της σύνθεσης των μεικτών απορριμμάτων από 138 επιχειρήσεις (35 ξενοδοχεία, 29 pubs, 32 εστιατόρια ταχείας εξυπηρέτησης και 42 εστιατόρια) σε όλη τη Βρετανία παράλληλα με επιτόπου ελέγχους (WRAP, 2011a). Αρχικά συγκεντρώθηκαν πληροφορίες από τη βιβλιογραφία προκειμένου να αναπτυχθεί κατάλληλη μεθοδολογία δειγματοληψίας. Ο σκοπός της εν λόγω μελέτης ήταν η ανάπτυξη και η αξιολόγηση μεθόδων για την ποσοτικοποίηση των σύμμεικτων αποβλήτων που στέλνονται για διάθεση από τις επιχειρήσεις, χρησιμοποιώντας τις επιχειρήσεις του κλάδου της εστίασης του Ηνωμένου Βασιλείου ως παράδειγμα αλλά και η εξαγωγή εκτιμήσεων για

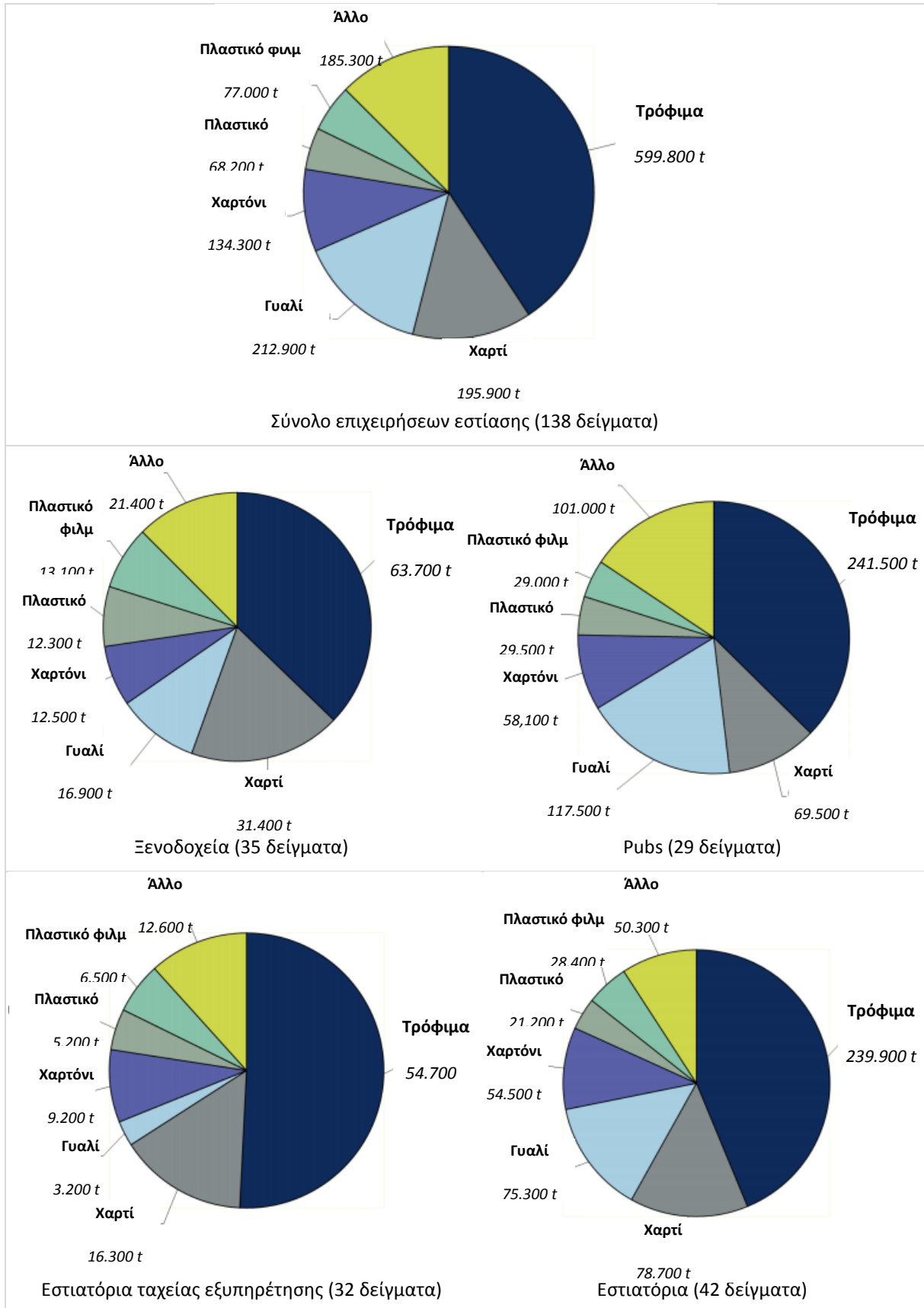


την ποσότητα ανά είδος των αποβλήτων που βρίσκονται στα σύμμεικτα απόβλητα για τον κλάδο της εστίασης και θα μπορούσε δυνητικά να αξιοποιηθεί και να μην καταλήγει σε ΧΥΤΑ ως σύμμεικτο απόβλητο (WRAP, 2011a). Οι αρχικές κατηγορίες για το διαχωρισμό των σύμμεικτων αποβλήτων ήταν: (1) το χαρτί, (2) το χαρτόνι, (3) πλαστικό υψηλής πυκνότητας, (4) πλαστικό φιλμ/μεμβράνη, (5) υφάσματα, (6) γυαλί, (7) διάφορα που υπόκεινται σε καύση, (8) διάφορα μη εύφλεκτα υλικά, (9) σιδηρούχα μέταλλα, (10) μη σιδηρούχα μέταλλα, (11) απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ), (12) επικίνδυνα απόβλητα, μπαταρίες και νοσοκομειακά απόβλητα, (13) απόβλητα κήπου, (14) απόβλητα κουζίνας (τροφίμων), (15) λεπτά υλικά (<10mm), (16) υγρά (συμπεριλαμβανομένων των μαγειρικών λαδιών). Για όλες τις ανωτέρω κατηγορίες υπήρχε και υποκατηγορία. Ειδικά, τα απόβλητα κουζίνας περιελάμβαναν τις εξής υποκατηγορίες: (14.1) συσκευασμένα προϊόντα τροφίμων που η κατάληξή τους ως απόβλητα θα μπορούσε να έχει αποφευχθεί, (14.2) συσκευασμένα προϊόντα τροφίμων που η κατάληξή τους ως απόβλητα δε θα μπορούσε να έχει αποφευχθεί, (14.3) μη συσκευασμένα προϊόντα τροφίμων που η κατάληξή τους ως απόβλητα θα μπορούσε να έχει αποφευχθεί και (14.4) μη συσκευασμένα προϊόντα τροφίμων που η κατάληξή τους ως απόβλητα δε θα μπορούσε να έχει αποφευχθεί (WRAP (2011a).

Σύμφωνα με τη WRAP (2011a) τα κυριότερα ευρήματα της μελέτης ήταν:

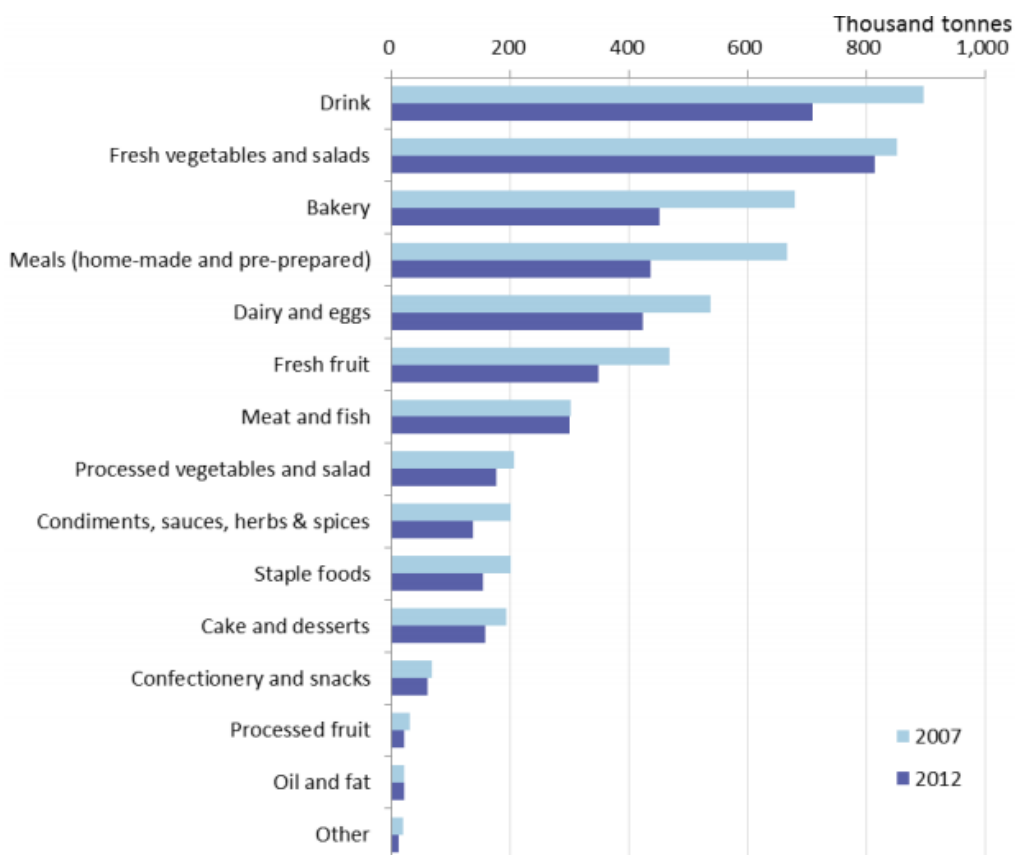
- ✓ Για το έτος 2009, στο Ηνωμένο Βασίλειο το σύνολο των ξενοδοχείων, των μπαρ, των εστιατορίων και των εστιατορίων ταχείας εξυπηρέτησης παρήγαγαν πάνω από 3,4 εκατ. τόνους αποβλήτων εκ των οποίων το 47% ανακυκλώθηκε, επαναχρησιμοποιήθηκε ή κομποστοποιήθηκε.
- ✓ Από τα παραγόμενα απόβλητα από τις εν λόγω επιχειρήσεις ποσοστό 43% (1.5 εκατ. τόνοι) διατέθηκε ως σύμμεικτο απόβλητο. Από την εν λόγω ποσότητα:
  - Οι επιχειρήσεις στην Αγγλία παρήγαγαν πάνω από 1.200.000 τόνους αποβλήτων.
  - Οι επιχειρήσεις στη Βόρεια Ιρλανδία παρήγαγαν πάνω από 42.000 τόνους αποβλήτων.
  - Οι επιχειρήσεις στη Σκωτία παρήγαγαν πάνω από 133.000 τόνους αποβλήτων.
  - Οι επιχειρήσεις στη Ουαλία παρήγαγαν πάνω από 72.000 τόνους αποβλήτων.
- ✓ Το 78% των μικτών αποβλήτων (1.17 εκατ. τόνοι) αποτελείται από μόλις τέσσερα υλικά:
  - Απόβλητα τροφίμων (600.000 τόνοι ή 41%),
  - Χαρτί (196.000 τόνοι ή 13%),
  - Γυαλί (213.000 τόνοι ή 14%), και
  - Χαρτόνι (134.000 τόνοι ή 9%).
- ✓ Από τους 600.000 τόνους των αποβλήτων τροφίμων, οι 400.000 τόνοι (67%) θα μπορούσαν να είχαν αποφευχθεί, δηλαδή θα μπορούσε να είχε καταναλωθεί εάν είχε χωριστεί σε μικρότερες μερίδες ή είχε διαχειριστεί, προετοιμαστεί και αποθηκευτεί με καλύτερο τρόπο. Η ποσότητα αυτή των αποβλήτων τροφίμων που απορρίπτεται αποτελεί μία ευκαιρία πρόληψης (WRAP, 2011a).

Στην εικόνα που ακολουθεί παρατίθενται διαγράμματα που αφορούν στη σύσταση των σύμμεικτων αποβλήτων για τις 138 επιχειρήσεις του Ηνωμένου Βασιλείου και ανά περίπτωση.



Εικόνα 7: Σύσταση (%) των μικτών αποβλήτων που απορρίπτονται από τις επιχειρήσεις εστίασης στο Ηνωμένο Βασίλειο ανά βασική κατηγορία αποβλήτου (WRAP, 2011α)

Η ανάλυση της σύστασης των αποβλήτων από τα νοικοκυριά αποτελεί μια εφαρμοζόμενη μέθοδο για την εκτίμηση των αποβλήτων τροφίμων. Η μελέτη της σύστασης των αποβλήτων έχει γίνει από το WRAP για τα έτη 2007 καθώς και 2012 (WRAP 2011b, WRAP 2013) για την εκτίμηση της ποσότητας των αποβλήτων τροφίμων που συλλέγονται από τις τοπικές αρχές και από τα σπίτια στο Ηνωμένο Βασίλειο. Οι αναλύσεις της σύνθεσης των αποβλήτων χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με το σύνολο της ποσότητας των αποβλήτων για να βρεθεί η ανάλογη ποσότητα των αποβλήτων τροφίμων. Η ποιότητα των δεδομένων δεν μπορεί πάντα να είναι τόσο αξιόπιστη ή ακριβής όπως απαιτείται. Το WRAP έχει δημιουργήσει μια περιγραφή των πιθανών αβεβαιοτήτων που συνδέεται με τα δεδομένα από τα απόβλητα τροφίμων των νοικοκυριών (αδήλωτο, εποχιακή διακύμανση κλπ) (FUSION, 2013). Με βάση τα αποτελέσματα του WRAP υπήρξε μια μείωση της τάξης του 1,3 εκατομμυρίων τόνων οικιακών αποβλήτων τροφίμων και ποτών μεταξύ του 2007 και του 2012, από 8,3 εκατομμύρια τόνους σε 7,0 εκατομμύρια τόνους. Αυτή είναι μια μείωση κατά 15%, παρά την αύξηση του 4% στον αριθμό των νοικοκυριών στο Ηνωμένο Βασίλειο. Τα απόβλητα των οποίων η δημιουργία αποφεύχθηκε θα μπορούσαν να γεμίσουν 2.600 πισίνες ολυμπιακών διαστάσεων. Όταν οι ποσότητες αυτές εκφράζεται ανά νοικοκυριό, το συνολικό ποσό των αποβλήτων τροφίμων και ποτών μειώθηκε κατά 19% κατά τη διάρκεια αυτής της χρονικής περιόδου, από 320 kg σε 260 kg ανά νοικοκυριό ετησίως (WRAP, 2013). Αναφορικά με τη σύσταση των αποβλήτων τροφίμων που θα μπορούσαν να αποφευχθούν για τα έτη 2007 και 2012 ανά κατηγορία δίνεται η [Εικόνα 8](#).

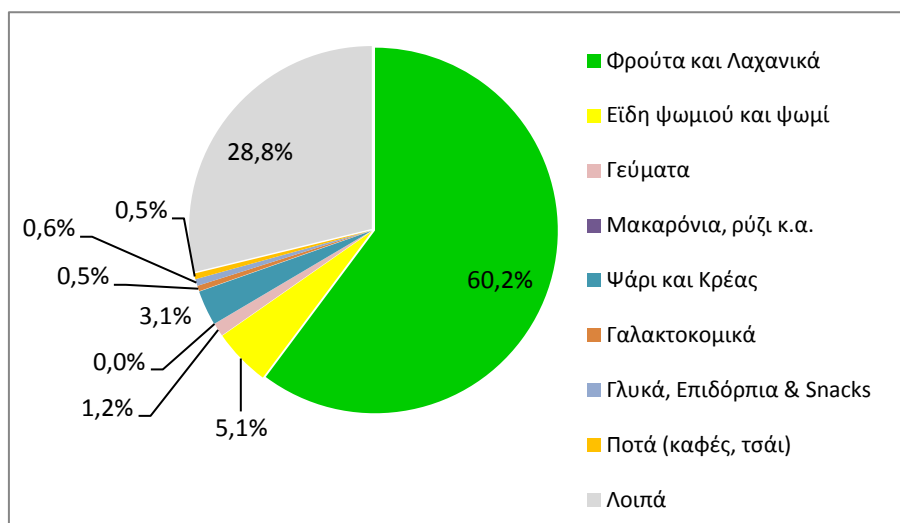


Εικόνα 8: Σύγκριση των αποφευκτέων οικιακών αποβλήτων τροφίμων και ποτών για τα έτη 2007 και 2012 ανά κατηγορία (WRAP, 2013)

Στο πλαίσιο του έργου LIFE+ project ATHENS- BIOWASTE: Integrated management of bio-waste in Greece: The case study of Athens, (LIFE10 ENV/GR/000605), αναπτύχθηκε μεθοδολογία ανάλυσης της σύστασης των οικιακών βιοαποβλήτων και εφαρμόστηκε για τα βιοαπόβλητα που συλλέγονταν στο πλαίσιο του έργου από τους Δήμους της Κηφισιάς και της Αθήνας (Malamis et. al, 2014) από τη Μονάδα Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας, της Σχολής Χημικών Μηχανικών, του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Στην **Εικόνα 9** δίνεται φωτογραφικό υλικό από τη διεξαγωγή των αναλύσεων σύστασης και στην **Εικόνα 10** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της σύστασης.



Εικόνα 9: Φωτογραφικό υλικό από τη διεξαγωγή της ανάλυσης σύστασης βιοαποβλήτων από την ομάδα της Μονάδας Περιβαλλοντικής Επιστήμης και τεχνολογίας (Malamis et al., 2014)



Εικόνα 10: Σύσταση (%) βιοαποβλήτων της Ελλάδας με βάση τα αποτελέσματα του έργου ATHENS-BIOWASTE

Γενικά, ένα πλεονέκτημα της ανάλυσης της σύστασης είναι ότι παρέχει μια άμεση ζύγιση των αποβλήτων τροφίμων, και χρησιμοποιείται όταν ο αριθμός των σημείων συγκέντρωσης των αποβλήτων είναι μεγάλος. Ως εκ τούτου, ένα από τα σημαντικότερα θέματα είναι να βρεθεί το σωστό μέγεθος του δείγματος και αντιπροσωπευτικά δείγματα. Σε ορισμένες χώρες είναι διαθέσιμες εθνικές κατευθυντήριες γραμμές για το πώς να πραγματοποιείται η ανάλυση της σύνθεσης των αποβλήτων, σύμφωνα με το μέγεθος του δείγματος, την αντιπροσωπευτικότητα και την ταξινόμηση των αποβλήτων τροφίμων. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται για επιχειρήσεις παροχής υπηρεσιών εστίασης και νοικοκυριά. Ωστόσο, έχει εφαρμοστεί και σε άλλους τομείς (για παράδειγμα στα σούπερ μάρκετ), αλλά υπάρχει πολύ λίγη δημοσιευμένη εργασία σχετικά με αυτό (FUSION, 2013).

### 2.2.3 Ισοζύγια μάζας και ενέργειας

Τα ισοζύγια μάζας μπορεί να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό των αποβλήτων τροφίμων τροφής με τη χρήση στοιχείων για την εισαγωγή πρώτων υλών και της παραγόμενης τροφής. Το ισοζύγιο μάζας είναι μια μέθοδος η οποία, κατ' αρχήν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλα τα επίπεδα έρευνας, αλλά χρησιμοποιείται συνήθως για μεγαλύτερες μονάδες (σε επίπεδο εταιρείας ή σε εθνικό επίπεδο) ή στο σύνολο της αλυσίδας εφοδιασμού (FUSION, 2013).

Η μελέτη του FAO "Παγκόσμια απώλειες τροφίμων και απορρίμματα τροφών - έκταση, αίτια και πρόληψη" εκτιμά τις απώλειες των τροφίμων και των απορριμμάτων τροφής για το σύνολο της αλυσίδας εφοδιασμού σε παγκόσμιο επίπεδο, με βάση το ισοζύγιο μάζας (FAO, 2011). Στη μελέτη του FAO, χρησιμοποιήθηκαν στατιστικά στοιχεία σχετικά με τις διαθέσιμες ποσότητες τροφίμων σε διάφορες περιοχές του κόσμου και στα διαφορετικά στάδια της αλυσίδας εφοδιασμού τα οποία συλλέχθηκαν από την στατιστική υπηρεσία του FAO. Λεπτομερείς περιγραφές των μοντέλων υπολογισμού για κάθε ομάδα προϊόντων και για κάθε στάδιο της αλυσίδας εφοδιασμού τροφίμων παρουσιάστηκαν στην έκθεση SIK 2011 (Gustavsson et al., 2013), στην οποία περιγράφεται η μεθοδολογία της μελέτης του FAO. Η ποσοτικοποίηση των δεδομένων για τα διαφορετικά αγαθά αλλά και για διάφορες περιοχές παρουσιάζει μεγάλες προκλήσεις όπως π.χ. η εύρεση αντιπροσωπευτικών στοιχείων σχετικά με τα ποσοστά των απωλειών τροφίμων καθώς και των αποβλήτων των τροφίμων. Θα πρέπει ακόμα να σημειωθεί ότι τα δεδομένα επίσης παρουσιάζουν κενά σε μεγάλο βαθμό για ορισμένα μέρη του κόσμου, κυρίως για τις αναπτυσσόμενες χώρες. Ως εκ τούτου, μια σειρά από παραδοχές και εκτιμήσεις θα πρέπει να γίνονται σε τέτοιες περιπτώσεις (FUSION, 2013).

Άλλο ένα παράδειγμα χρήσης των ισοζυγίων μάζας για την ποσοτικοποίηση των απωλειών τροφίμων εκπονήθηκε σε επίπεδο χώρας και συγκεκριμένα για την Ελβετία (Beretta e tal., 2013). Στο πλαίσιο αυτής της μελέτης έγινε μοντελοποίηση είκοσι-δύο κατηγοριών τροφίμων ξεχωριστά με χρήση ισοζυγίων μάζας και ενέργειας, που βασίζεται σε στοιχεία από 31 επιχειρήσεις στην αλυσίδα



παραγωγής των τροφίμων, καθώς και από δημόσιους φορείς, συλλόγους, και τη βιβλιογραφία. Στον κλάδο των υπηρεσιών τροφίμων, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από άλλες μελέτες (*FUSION, 2013*).

Τέλος στην μεταποιητική βιομηχανία του Ηνωμένου Βασιλείου, όπου η ποσοτικοποίηση των αποβλήτων τροφίμων βασίζεται σε στατιστικά στοιχεία από τις εθνικές αρχές και τους οργανισμούς διαχείρισης αποβλήτων, έγινε υπολογισμός των εισροών και εκροών της βιομηχανίας τροφίμων και ποτών (*C- tech Innovation, 2004*). Ο συνολικός αριθμός των εργαζομένων του Ηνωμένου Βασιλείου χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των δεδομένων από την Αγγλία και την Ουαλία (*FUSION, 2013*).

Ένα μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι ο υπολογισμός των αποβλήτων τροφίμων με βάση ισοζύγια μάζας ή ενέργειας απαιτεί αντιπροσωπευτικά και καλής ποιότητας δεδομένων σχετικά με τα ποσοστά των αποβλήτων τροφίμων ανά τόνο τροφίμων που παράγονται ή τόνο του συνόλου των παραγόμενων αποβλήτων. Αν δεν είναι διαθέσιμα αντιπροσωπευτικά δεδομένα γίνονται παραδοχές και εκτιμήσεις γεγονός που μπορεί να μειώσει την ποιότητα των αποτελεσμάτων (*FUSION, 2013*).

#### 2.2.4 Ερωτηματολόγια

Ένα ερωτηματολόγιο είναι ένας επίσημος τρόπος για τη συλλογή ποσοτικών ή/και ποιοτικών δεδομένων από τους ερωτηθέντες. Στο πλαίσιο αυτό, χρησιμοποιείται ως ένας δομημένος τρόπος για την απόκτηση στοιχείων όσον αφορά στα απόβλητα τροφίμων και, σε ορισμένες περιπτώσεις, επίσης, για την απόκτηση πρόσθετων πληροφοριών. Στη μέθοδο αυτή προσφεύγει κανείς όταν υπάρχει η δυνατότητα επικοινωνίας με κάποιον υπεύθυνο και αποτελεί συνήθη εφαρμοζόμενη μέθοδο για τη συλλογή στοιχείων από επιχειρήσεις και οργανισμούς (*FUSION, 2013*).

Η χρήση ερωτηματολογίων έχει εφαρμοσθεί για τη συλλογή ποσοτικών δεδομένων απ εταιρείες επεξεργασίας τροφίμων στη Νορβηγία Σε μια σκανδιναβική πιλοτική μελέτη (στον τομέα των υπηρεσιών τροφίμων, η παραπάνω μέθοδος χρησιμοποιήθηκε σε συνδυασμό με δημόσιες στατιστικές και σχετικές διαθέσιμες εκθέσεις. Στις τέσσερις σκανδιναβικές χώρες, ερωτηματολόγια εστάλησαν στο προσωπικό που απασχολούνταν σε κουζίνες, τόσο σε ιδιωτικούς όσο και σε δημόσιους οργανισμούς και κάλυπταν πιστοποίηση, περιβαλλοντικούς στόχους και πληροφορίες διαλογής των αποβλήτων (*FUSION, 2013*).

Η χρήση ερωτηματολογίων έχει εφαρμοσθεί για τη συλλογή ποσοτικών δεδομένων από εταιρείες επεξεργασίας τροφίμων στη Νορβηγία (*Hanssen & Schakenda, 2010/2011*). Επίσης, η μέθοδος των ερωτηματολογίων χρησιμοποιήθηκε σε συνδυασμό με δημόσιες στατιστικές και σχετικές διαθέσιμες εκθέσεις σε μια σκανδιναβική πιλοτική μελέτη στον τομέα των υπηρεσιών τροφίμων (*Marthinsen et al., 2012*). Συγκεκριμένα εστάλησαν ερωτηματολόγια στις τέσσερις σκανδιναβικές χώρες, τα οποία συμπληρώθηκαν από το προσωπικό που απασχολούνταν στις κουζίνες, τόσο σε ιδιωτικούς όσο και σε δημόσιους οργανισμούς (*FUSION, 2013*). Ακόμη σε μία ελβετική μελέτη (*Beretta et al., 2013*) παρέχονται στοιχεία από 31 εταιρείες και δημόσιους οργανισμούς εντός της αλυσίδας της αγοράς των τροφίμων. Τα εν λόγω δεδομένα συγκεντρώθηκαν με τη χρήση

ερωτηματολογίων σε συνδυασμό με την επαφή μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου ή τηλεφώνου και με επιτόπιες επισκέψεις (*FUSION, 2013*).

Η μέθοδος των ερωτηματολογίων χρησιμοποιείται συχνά, όταν από μια εταιρία διαθέτει ένα άτομο επικοινωνίας προκειμένου να διευκολύνεται η συλλογή των στοιχείων. Χρησιμοποιείται συχνά σε μεγαλύτερες έρευνες που καλύπτουν αρκετές εταιρείες στην αλυσίδα εφοδιασμού τροφίμων, δηλαδή στον τομέα της μεταποίησης, της χονδρικής, της λιανικής και της παροχής υπηρεσιών εστίασης. Ωστόσο ένα μειονέκτημα της χρήσης της μεθόδου συνιστά η δυσκολία συγκέντρωσης ενός ικανοποιητικού αριθμού απαντημένων ερωτηματολογίων. Το γεγονός αυτό ενισχύεται από την ανάληψη της ευθύνης από κάποιο συγκεκριμένο πρόσωπο που συνεπάγεται η παροχή αξιόπιστων δεδομένων και ειδικά στις περιπτώσεις που τα δεδομένα είναι απόρρητα (*FUSION, 2013*).

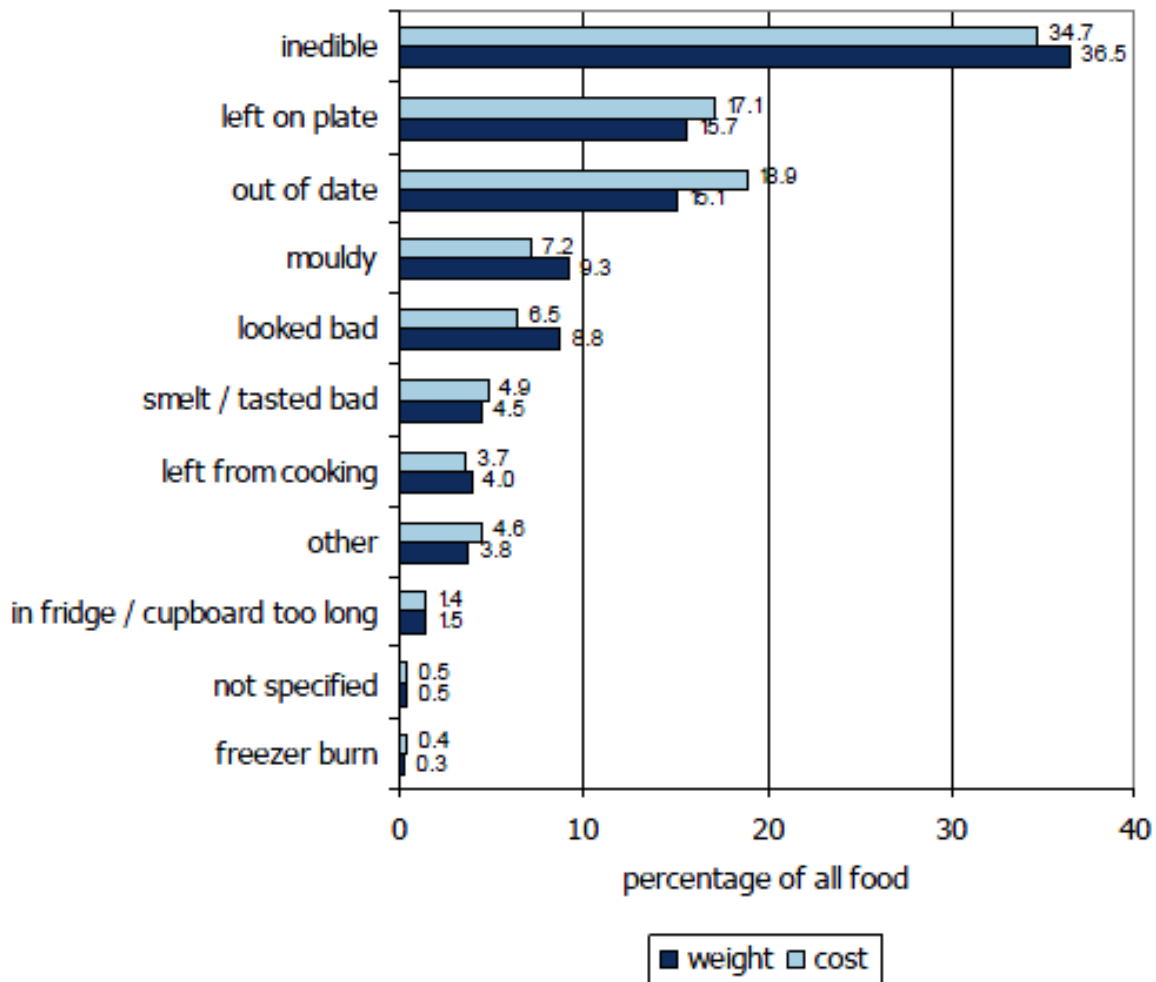
Ο καλός σχεδιασμός των ερωτήσεων, δηλαδή η ορθή διατύπωση και δόμησή τους αποτελεί πολύ σημαντικό θέμα, που ωστόσο δεν αρκεί από μόνο του για να εξασφαλίσει ότι οι ερωτήσεις είναι σαφείς, ξεκάθαρες και όχι διφορούμενες. Επιπλέον, τα συλλεχθέντα στοιχεία από τα ερωτηματολόγια μπορεί να μην είναι πάντα απόλυτα ακριβή, λόγω παρανοήσεων σχετικά με τις ερωτήσεις όπως π.χ. ο ορισμός και η ταξινόμηση των αποβλήτων τροφίμων και ιδιαίτερα σε σχέση με τις εκροές που χρησιμοποιούνται ως ζωοτροφές. Μπορεί να υπάρχουν διαφορετικές απόψεις ανάμεσα στα άτομα που κάνουν τη μελέτη και στα άτομα που συμπληρώνουν τα έντυπα της έρευνας, μπορεί επίσης να υπάρχει χάσμα ανάμεσα σε αυτό που τα άτομα αναφέρουν και σ' αυτό που πραγματικά κάνουν. Με τη σειρά του αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μη ασφαλή δεδομένα. Το παραπάνω μειονέκτημα μπορεί να αμβλυθθεί ή ακόμα και να αποφευχθεί με τη χρήση ειδικών διαγραμμάτων ροής προκειμένου να βεβαιωθεί και να εξασφαλισθεί ότι οι όροι είναι σαφώς κατανοητοί από όλους και με τον ίδιο τρόπο. Έτσι ο σαφής καθορισμός των διαφόρων ρευμάτων θα μπορούσε να είναι μια καλή πρόταση για τη βελτίωση της μεθοδολογίας (*FUSION, 2013*).

### 2.2.5 Ημερολόγιο καταγραφής αποβλήτων τροφίμων

Το ημερολόγιο καταγραφής αποβλήτων τροφίμων μπορεί να συγκεντρώσει ποιοτικά ή/και ποσοτικά στοιχεία που προέρχονται από νοικοκυριά και να επιτρέψει στους ερευνητές να προσδιορίσουν ποσότητες, τρόπους διάθεσης (π.χ. νεροχύτης κουζίνας, οικιακή κομποστοποίηση ή ως ζωοτροφή) και τους λόγους για την απόρριψη. Ένα ημερολόγιο αποβλήτων τροφίμων υλοποιείται από ένα ή περισσότερα από τα μέλη του νοικοκυριού, που ζυγίζει τα απόβλητα τροφίμων και κάνει τις σημειώσεις σχετικά με την ποσότητα, το είδος και την αιτία.

Η χρήση ημερολόγιων τροφίμων έχει πραγματοποιηθεί από το WRAP για την εκτίμηση των αποβλήτων τροφίμων. Συγκεκριμένα, στη μελέτη με τίτλο: *“The food we waste”* (*WRAP, 2008*) μεταξύ άλλων έγινε καταγραφή σε ημερολόγιο των αποβλήτων τροφίμων κάθε νοικοκυριό για χρονικό διάστημα μίας εβδομάδας (07/02/2007 – 13/02/2007). Συγκεκριμένα, για κάθε απορριπτόμενο συστατικό, το άτομο από κάθε νοικοκυριό σημείωνε τον τύπο του αποβλήτου, την ακριβή απορριπτόμενη ποσότητα, τον τρόπο απόρριψης και το λόγο της απόρριψης. Συνολικά

λήφθηκαν 284 απαντημένα ερωτηματολόγια από τα οποία εξήχθησαν συμπεράσματα σχετικά με τους λόγους και τις ακριβείς συνθήκες απόρριψης των τροφίμων. Στην **Εικόνα 11** παρουσιάζονται οι κύριοι λόγοι για τους οποίους λαμβάνει χώρα η απόρριψη των αποβλήτων τροφίμων σύμφωνα με τη μελέτη του WRAP (*WRAP, 2008*) με βάση είτε το βάρος είτε το κόστος.



**Εικόνα 11:** Λόγοι στους οποίους οφείλεται η απόρριψη τροφίμων από τα νοικοκυριά με βάση την καταγραφή σε ημερολόγια τροφίμων στο Ηνωμένο Βασίλειο (*WRAP, 2008*)

Όπως φαίνεται και από την παραπάνω εικόνα το υψηλότερο ποσοστό αποβλήτων τροφίμων είναι μη βρώσιμα μέρη από τα τρόφιμα. Επίσης, ένας άλλος σημαντικός λόγος της δημιουργίας αποβλήτων τροφίμων είναι το γεγονός ότι πολλοί άνθρωποι δεν καταναλώνουν όλη τη μερίδα που έχουν στο πιάτο τους με αποτέλεσμα ότι απομένει να καταλήγει ως απόβλητο τροφίμων.

Η μέθοδος των ημερολογίων καταγραφής αποβλήτων τροφίμων χρησιμοποιείται κυρίως σε νοικοκυριά. Ωστόσο η χρήση της για τη συλλογή δεδομένων από νοικοκυριά είναι χρονοβόρα και δαπανηρή. Επιπλέον ελλοχεύει ο κίνδυνος της παροχής μη αξιόπιστων δεδομένων για διάφορους λόγους. Για παράδειγμα ενδέχεται οι συμμετέχοντες στην καταγραφή να είναι επικεντρωμένοι στα απόβλητα των τροφίμων και χωρίς να το καταλαβαίνουν να κάνουν καλύτερη πρόληψη στη δημιουργία αποβλήτων, και συνεπώς μπορεί να μην παρέχουν αντιπροσωπευτικά στοιχεία. Ένας άλλος λόγος είναι ότι το θέμα είναι ευαίσθητο και οι άνθρωποι μπορούν να ντρέπονται να



αναφέρουν ότι σπαταλούν τόσο πολύ φαγητό γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλη υποτίμηση των δεδομένων. Ένα άλλο αρνητικό της μεθόδου είναι ότι απαιτεί πόρους, και ως εκ τούτου μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για σύντομες περιόδους δειγματοληψίας και για επιλεγμένες περιοχές με μικρά μεγέθη δείγματος. Ωστόσο θα πρέπει να αναφερθεί ότι η εν λόγω μέθοδος μπορεί να παρέχει πολύτιμα δεδομένα σε μεγάλη λεπτομέρεια κάτι που δε μπορεί να γίνει με άλλες μεθόδους (WRAP, 2008).

### 2.2.6 Συνεντεύξεις

Η μέθοδος των συνεντεύξεων μπορεί να δώσει τις καλύτερες δυνατές εκτιμήσεις. Η συνέντευξη μπορεί επίσης να πραγματοποιηθεί με τη χρήση ενός ερωτηματολογίου το οποίο μπορεί να συμπληρωθεί είτε πρόσωπο με πρόσωπο είτε μέσω τηλεφώνου. Συνεντεύξεις χρησιμοποιούνται συχνά σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους, προκειμένου να καλυφθούν τα κενά των δεδομένων ή να υφίσταται τόσο ποσοτική (ποσότητα) όσο και ποιοτική (πόσο συχνή είναι η σπατάλη στα τρόφιμα, πού γίνεται σπατάλη των τροφίμων κ.λπ.) εκτίμηση των αποβλήτων τροφίμων (WRAP, 2008).

Σε μια μελέτη που εκπονήθηκε από το WRAP, στόχος του οποίου ήταν να αναπτύξει για το Ηνωμένο Βασίλειο λεπτομερείς «χάρτες πόρων» για το νωπό κρέας (WRAP, 2011c), κυβερνητικά στατιστικά στοιχεία χρησιμοποιήθηκαν σε συνδυασμό με συνεντεύξεις του βασικού προσωπικού των επιχειρήσεων (που συμμετείχαν στην έρευνα). Στόχος του έργου ήταν η παραγωγή δεδομένων σχετικά με τα απόβλητα των προϊόντων, των απορριμμάτων συσκευασίας, το νερό και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Οι συνεντεύξεις βασίστηκαν σε δομημένα ερωτηματολόγια που είχαν αναπτυχθεί και προσαρμοστεί για να συλλέξουν δεδομένα από διάφορα μέρη της αλυσίδας εφοδιασμού, για παράδειγμα τα σφαγεία, τα εργαστήρια τεμαχισμού και τους λιανοπωλητές, που κάλυπταν πάνω από 150 εταιρείες στο Ηνωμένο Βασίλειο. Κάθε συνέντευξη έδωσε τη δυνατότητα στην ομάδα του έργου να αξιολογήσει τα απόβλητα για κάθε συγκεκριμένη εταιρεία, να καθορίσει τις απόψεις της σχετικά με τα αίτια των αποβλήτων, και να καταγράψει το πως η αποδοτικότητα των πόρων επηρέασε την επιχείρηση. Η προσέγγιση μέσω συνεντεύξεων με το βασικό προσωπικό ακολουθήθηκε για τη δημιουργία «χαρτών πόρων» για την αλυσίδα εφοδιασμού λιανικής και χονδρικής για ψάρια. Τα δεδομένα προεκτάθηκαν με σκοπό να δώσουν μια ολοκληρωμένη εκτίμηση για τη βιομηχανία βασιζόμενη σε στοιχεία της έρευνας (WRAP, 2011d).

Όπως έχει ήδη αναφερθεί οι συνεντεύξεις για τη συλλογή στοιχείων αποτελούν μία εξαιρετική μέθοδο καθώς εξασφαλίζουν αμφίδρομη επικοινωνία. Ωστόσο, το ζήτημα του απορρήτου στη βιομηχανία επεξεργασίας τροφίμων και λιανικού εμπορίου όσον αφορά τα δεδομένα των αποβλήτων θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη σοβαρά όταν χρησιμοποιείται μια έρευνα βασιζόμενη σε συνεντεύξεις ή ερωτηματολόγια. Τα δεδομένα αποβλήτων μερικές φορές θεωρούνται ως ευαίσθητες πληροφορίες δεδομένου ότι παρέχουν εικόνα για μια εταιρεία και την ροή των υλικών αλλά και την αποδοτικότητα. Αποτελεί πραγματικότητα το γεγονός ότι ορισμένες εταιρείες δεν

θέλουν να χορηγήσουν τα στοιχεία των αποβλήτων τους, επειδή μπορεί να μην είναι αντιπροσωπευτικά των πραγματικών αποβλήτων τροφίμων που υπάρχουν στον κλάδο.

Ένας άλλος κίνδυνος από τη χρήση συνεντεύξεων είναι ότι το ποσοστό ανταπόκρισης μπορεί να είναι χαμηλό, και ότι οι εταιρείες/άνθρωποι που πραγματικά συμμετέχουν σε τέτοιες δραστηριότητες είναι εκείνοι που ήδη διαχειρίζονται ορθά τα θέματα της σπατάλης των τροφίμων και ως εκ τούτου, αισθάνονται άνετα με την συμμετοχή τους στην έρευνα, δεδομένου ότι δεν έχουν «τίποτα να κρύψουν». Το γεγονός αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μη αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα για τη βιομηχανία στο σύνολό της.

### 2.3 Αναερόβια χώνευση

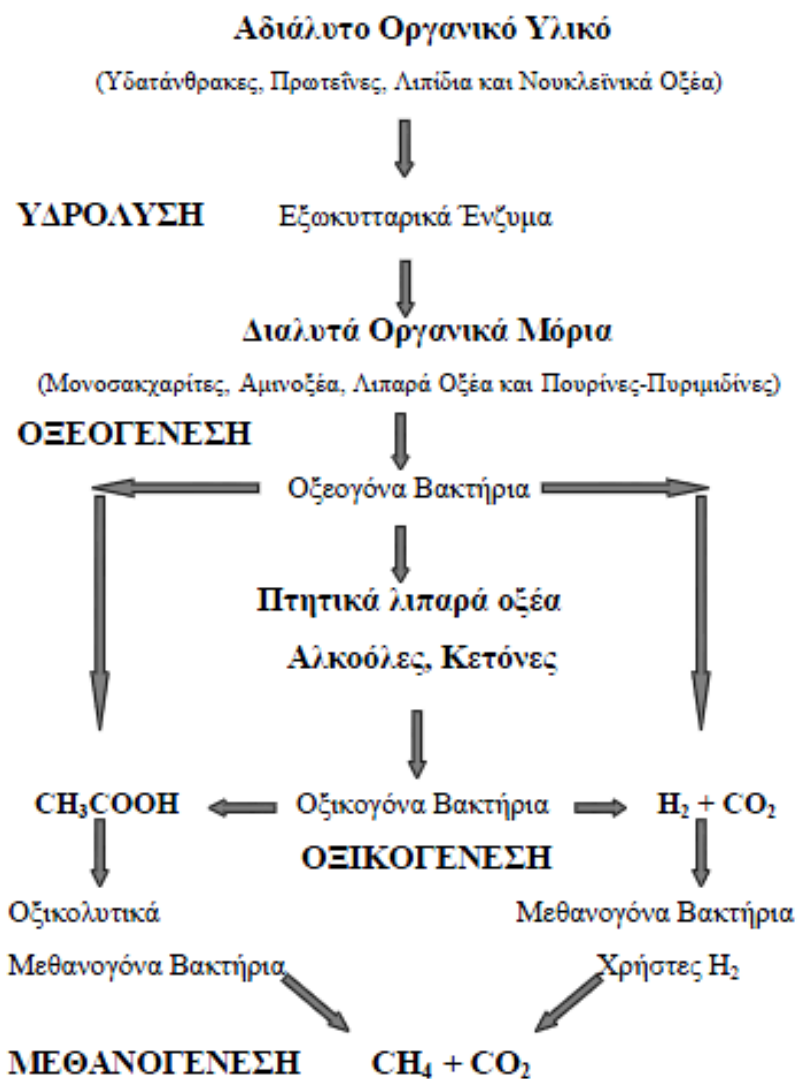
#### 2.3.1 Περιγραφή της διεργασίας

Ως αναερόβια χώνευση χαρακτηρίζεται η βιολογική διεργασία όπου η οργανική ύλη μετατρέπεται σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα απουσία οξυγόνου με την συνδυασμένη δράση μικτού πληθυσμού μικροοργανισμών.

Η αντίδραση που περιγράφει τη διεργασία είναι:



Η αναερόβια βιοαποδόμηση του σύνθετου οργανικού υλικού μπορεί να περιγραφεί ως μία διαδικασία τεσσάρων σταδίων όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 12: Στάδια μετατροπής του οργανικού υλικού σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα με τη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης (Κάλφας, 2007)

Στο πρώτο στάδιο, το *στάδιο της υδρόλυσης*, τα πολύπλοκα οργανικά μακρομόρια (πολυμερή όπως πολυσακχαρίτες, πρωτεΐνες, λίπη και νουκλεϊνικά οξέα) υδρολύονται από εξωκυτταρικά ένζυμα στα αντίστοιχα απλούστερα οργανικά μικρομόρια (μονομερή όπως μονοσακχαρίτες, αμινοξέα, λιπαρά οξέα και πουρίνες-πυριμιδίνες), έτσι ώστε να μπορούν να εισχωρήσουν αυτά, διαμέσου της κυτταρικής μεμβράνης στο εσωτερικό του κυττάρου. Αυτές οι σχετικά απλές διαλυτές ενώσεις στο δεύτερο στάδιο, το *στάδιο της οξεογένεσης*, ζυμώνονται ή οξειδώνονται αναερόβια σε πτητικά λιπαρά οξέα, αλκοόλες, διοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο και αμμωνία. Τα πτητικά λιπαρά οξέα και τα άλλα προϊόντα της ζύμωσης ή της οξείδωσης στο τρίτο στάδιο, το *στάδιο της οξικογένεσης*, καταβολίζονται σταδιακά σε οξικό οξύ ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα. Τέλος, κατά το τέταρτο στάδιο της αναερόβιας χώνευσης, το *στάδιο της μεθανογένεσης*, τα μεθανογόνα βακτήρια παράγουν μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα, είτε από την αναγωγή του διοξειδίου του άνθρακα από το υδρογόνο είτε από την κατανάλωση του οξικού οξέος (Κάλφας, 2007).

Οι τιμές των κινητικών παραμέτρων, όπως προκύπτουν από την διεθνή βιβλιογραφία, δεν εξαρτώνται μόνο από το υπόστρωμα, αλλά και από τον τύπο της μικροβιακής καλλιέργειας και τις συνθήκες λειτουργίας του αναερόβιου συστήματος. Με εξαίρεση το στάδιο της υδρόλυσης που περιγράφεται συνήθως ικανοποιητικά με κινητική πρώτης τάξεως, όλα τα άλλα στάδια της αναερόβιας χώνευσης (οξεογένεση, οξικογένεση και μεθανογένεση) μπορούν να περιγραφούν εξίσου ικανοποιητικά χρησιμοποιώντας κινητική τύπου Monod (Φουντουλάκης, 2005).

Εκτός από τη χρήση της για τη σταθεροποίηση της βιολογικής ιλύος, τα τελευταία χρόνια η αναερόβια χώνευση εφαρμόζεται με αρκετή επιτυχία τόσο στην επεξεργασία αποβλήτων με υψηλό οργανικό φορτίο με ταυτόχρονη παραγωγή ενέργειας, καθώς και ως εναλλακτική μέθοδος παραγωγής ενέργειας από φυτική βιομάζα. Μάλιστα η αναερόβια χώνευση παρέχει μια μοναδική και ολοκληρωμένη δυνατότητα επεξεργασίας και ανάκτησης του οργανικού κλάσματος των στερεών αποβλήτων, καθώς και του οργανικού φορτίου ισχυρών αγροτοβιομηχανικών αποβλήτων (Μπαμπατσούλη, 2006).

Η αναερόβια χώνευση παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Κατά την αναερόβια χώνευση των αποβλήτων παράγεται βιοαέριο. Το παραγόμενο βιοαέριο από τους αναερόβιους χωνευτήρες μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως έχει ή να επεξεργαστεί για την απομάκρυνση του υδρόθειου που πιθανόν να περιέχει ή/και του  $\text{CO}_2$  ή/και της υγρασίας. Το βιοαέριο που παράγεται από έναν αναερόβιο χωνευτήρα μπορεί να καεί σε καυστήρες για παραγωγή θερμότητας για τη θέρμανση του χωνευτήρα, καθώς και για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή για την κάλυψη άλλων ενεργειακών αναγκών, συνεισφέροντας έτσι σημαντικά στη μείωση του ενεργειακού κόστους.
- Τα αναερόβια συστήματα είναι κατάλληλα σχεδιασμένα ανάλογα με τον τύπο του κάθε αποβλήτου, και έτσι επιτυγχάνεται υψηλή απομάκρυνση οργανικού φορτίου ακόμα και σε συνθήκες υψηλής φόρτισης.

- Οι απαιτήσεις της διεργασίας σε θρεπτικά συστατικά (άζωτο και φώσφορο) είναι πολύ μικρές σε αντίθεση με τις αερόβιες διεργασίες επεξεργασίας αποβλήτων. Αυτό οφείλεται στο μικρό συντελεστή απόδοσης βιομάζας των οξικογόνων και μεθανογόνων μικροοργανισμών.
- Καλά προσαρμοσμένη αναερόβια ιλύς μπορεί να παραμείνει ενεργή χωρίς τροφοδοσία για μεγάλο χρονικό διάστημα (άνω του έτους).
- Τα αναερόβια συστήματα μπορούν να διασπάσουν ξενοβιοτικά συστατικά όπως π.χ. το τριχλωροαιθυλένιο και δύστροπα συστατικά όπως τις λιγνίνες.
- Οι αναερόβιοι μικροοργανισμοί μπορούν να διατηρηθούν χωρίς τροφοδοσία για περιόδους (υπερβαίνουσες τον ένα χρόνο) χωρίς σοβαρή μείωση της ενεργότητάς τους, ενώ άλλες σημαντικές ιδιότητες της αναερόβιας ιλύος παραμένουν σχεδόν ανεπηρέαστες π.χ. η κατιζησιμότητα της ιλύος (Μπαμπατσούλη, 2006).

Τα μειονεκτήματα της αναερόβιας χώνευσης είναι τα εξής:

- Κατά την εκκίνησή απαιτείται μεγάλο χρονικό διάστημα που μπορεί να διαρκέσει έως και 12 εβδομάδες, όταν η μικροβιακή καλλιέργεια δεν έχει εγκλιματιστεί προηγουμένως στο διαθέσιμο προς χώνευση απόβλητο.
- Η διάσπαση ξενοβιοτικών συστατικών απαιτεί σχετικά μεγάλες συγκεντρώσεις του κυρίως υποστρώματος.
- Είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη διεργασία σε τοξικές ουσίες.
- Απαιτούνται μεγάλοι χρόνοι παραμονής, εξαιτίας του μικρού ρυθμού ανάπτυξης των μεθανογόνων βακτηρίων.
- Ισχυρή εξάρτηση από τη θερμοκρασία (Κάλας 2007, Μπαμπατσούλη, 2006).

### 2.3.2 Μικροβιολογία της Αναερόβιας Χώνευσης

Γενικά στην αναερόβια χώνευση σε πρώτο στάδιο μία ετερογενής ομάδα μικροοργανισμών μετατρέπει τις πρωτεΐνες, τους υδατάνθρακες και τα λίπη, κυρίως σε λιπαρά οξέα. Στο στάδιο αυτό οι κύριες ομάδες βακτηρίων που παίρνουν μέρος στις αντιδράσεις χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες: (1) υδρολυτικά βακτήρια, (2) βακτήρια ζύμωσης, (3) οξικογόνα βακτήρια που παράγουν υδρογόνο και (4) οξικογόνα βακτήρια που καταναλώνουν υδρογόνο. Έπειτα σε ένα δεύτερο στάδιο, τα τελικά προϊόντα του μεταβολισμού των μικροοργανισμών του πρώτου σταδίου μετατρέπονται σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα από μια ξεχωριστή, φυσιολογικά, ομάδα αυστηρώς αναερόβιων βακτηρίων που ονομάζονται μεθανογόνα βακτήρια ή μεθανοβακτήρια. Αυτά διακρίνονται σε: (1) μεθανογόνα βακτήρια, που ανάγουν το διοξείδιο του άνθρακα και (2) ακετοκλαστικά μεθανογόνα βακτήρια που καταναλώνουν το οξικό οξύ. Στη συνέχεια μελετώνται ξεχωριστά οι δύο αυτές κύριες ομάδες μικροοργανισμών που συμβάλλουν στην αναερόβια επεξεργασία (Κάλας, 2007).

### Μικροβιολογία της μη μεθανογόνου φάσης

Έχει διαπιστωθεί η παρουσία διαφόρων ομάδων μικροοργανισμών στο στάδιο της μη μεθανογόνου φάσης της αναερόβιας χώνευσης όπως είναι τα βακτήρια, τα πρωτόζωα και οι μύκητες ενώ έχουν απομονωθεί πολλά είδη των μικροοργανισμών αυτών. Η ύπαρξη, ο αριθμός, ο τύπος και το είδος των μικροοργανισμών αυτών κάτω από αναερόβιες συνθήκες εξαρτάται από τα ποιοτικά και τα ποσοτικά χαρακτηριστικά των προς επεξεργασία αποβλήτων (Φουντουλάκης, 2005). Η κύρια κατηγορία μικροοργανισμών που απαντώνται στους αναερόβιους αντιδραστήρες είναι τα βακτήρια. Στη μη μεθανογόνο φάση υπάρχουν είτε προαιρετικά αναερόβια είτε υποχρεωτικά αναερόβια βακτήρια. Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται διάφορα είδη μη μεθανογόνων βακτηρίων που έχουν καταγραφεί στην αναερόβια χώνευση.

Πίνακας 2: Μη μεθανογόνα βακτήρια που έχει διαπιστωθεί η παρουσία τους στην αναερόβια χώνευση (Φουντουλάκης, 2005)

Γένος	Είδος
<i>Aerobacter</i>	<i>A.aerogenes</i>
<i>Aeromonas</i>	<i>Aeromonas sp.</i>
<i>Alcaligenes</i>	<i>A. Boukerii</i>
<i>Bacillus</i>	<i>B. Cereus</i>
<i>Bacteroides</i>	<i>Bacteroides sp.</i>
<i>Clostridium</i>	<i>C. aminovalericum</i>
<i>Escherichia</i>	<i>E. Coli</i>
<i>Leptospira</i>	<i>L. Biflexa</i>
<i>Micrococcus</i>	<i>M. Candidus</i>
<i>Neisseria</i>	<i>N. Catarhhalis</i>
<i>Pseudomonas</i>	<i>P. denitrificants</i>
<i>Sarcina</i>	<i>S. Lutea</i>
<i>Streptococcus</i>	<i>S. Diploidus</i>
<i>Streptomyces</i>	<i>S. Bikiniesis</i>

Όσον αφορά στην υδρόλυση του σύνθετου οργανικού υλικού λαμβάνουν μέρος διάφορα βακτήρια όπως είναι τα κυτταρινολυτικά βακτήρια που παράγουν κυρίως οξικό και προπιονικό οξύ, τα ημικυτταρινολυτικά βακτήρια που παίζουν σημαντικό ρόλο στην παραγωγή αμμωνίας κατά την διάσπαση των αμινοξέων, τα αμυλολυτικά βακτήρια, τα πρωτεϊνολυτικά βακτήρια και τα λιπολυτικά βακτήρια. Έχει βρεθεί ότι τα υποχρεωτικά αναερόβια βακτήρια παίζουν σημαντικό ρόλο στην υδρολυτική ενεργότητα του χωνευτήρα, ιδιαίτερα όταν επεξεργάζονται αστικά λύματα.

Ορισμένα από τα βακτήρια που υπάρχουν στους αναερόβιους αντιδραστήρες, όπως τα υποχρεωτικά αερόβια νιτροποιητικά βακτήρια, εισάγονται σε αυτούς μέσω της τροφοδοσίας και θεωρούνται 'μολυσματικοί' μικροοργανισμοί που δεν είναι όμως σε ενεργή μορφή. Σημαντικό ρόλο στην όλη διαδικασία παίζουν δυο ιδιαίτερες μορφές αναερόβιων βακτηρίων, αυτά που ανάγουν τα SO<sub>4</sub><sup>-</sup> σε υδρόθειο (*sulfate-reducing bacteria*) και τα ομοοξικογόνα που μετατρέπουν το CO<sub>2</sub> και το H<sub>2</sub> σε οξικό (*homoacetogenic*) (Φουντουλάκης, 2005).

### Μεταβολισμός των μη μεθανογόνων βακτηρίων

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, για την πλήρη διάσπαση του οργανικού υλικού απαιτείται ένα πλήθος διαφορετικών βακτηρίων προκειμένου να έρθουν σε πέρας ένας αριθμός αντιδράσεων απαραίτητων για την αποδόμηση του πολύπλοκου υποστρώματος. Έχει βρεθεί η παρουσία διαφόρων εξωκυτταρικών ενζύμων όπως είναι η κελοβιάση (*cellobiase*), η πρωτεάση (*protease*) και η αμυλάση (*amylase*) σε αναερόβιους αντιδραστήρες. Τα εξωκυτταρικά ένζυμα, ή εξωένζυμα, διασπούν το σύνθετο οργανικό υπόστρωμα (λίπη, πρωτεΐνες, υδατάνθρακες) σε μικρότερα μόρια.

Ειδικότερα η αποδόμηση των λιπιδίων αρχίζει με τη βοήθεια του ενζύμου λιπάση προκαλώντας β-οξειδωση. Ο τελικός δέκτης ηλεκτρονίων για την β-οξειδωση των λιπαρών οξέων μεγάλου μοριακού βάρους κάτω από αναερόβιες συνθήκες είναι το διοξείδιο του άνθρακα. Από την άλλη μεριά, οι πρωτεΐνες διασπώνται εξωκυτταρικά σε πολυπεπτίδια και αμινοξέα από την πρωτεάση. Περαιτέρω διάσπαση των αμινοξέων γίνεται με τη βοήθεια διαφόρων διαφορετικών μηχανισμών, ανάλογα με τους μικροοργανισμούς που εμπλέκονται κάθε φορά. Τα τελικά προϊόντα της αποδόμησης των πρωτεϊνών είναι τα οργανικά οξέα.

Τέλος, οι υδατάνθρακες αποδομούνται με τη βοήθεια διαφόρων ενζύμων παράγοντας διάφορα προϊόντα όπως: υδρογόνο, διοξείδιο του άνθρακα, αιθανόλη, μυρμηκικό, οξικό, προπιονικό, βουτυρικό, βαλερικό, γαλακτικό οξύ και διάφορα άλλα οξέα. Τα προϊόντα αυτά της ζύμωσης διαφέρουν ανάλογα με το είδος ή το γένος των βακτηρίων καθώς επίσης και με τις συνθήκες που αναπτύσσονται.

Τα τελικά προϊόντα του μη μεθανογόνου πληθυσμού είναι τα κορεσμένα λιπαρά οξέα, το υδρογόνο, το διοξείδιο του άνθρακα και η αμμωνία. Οι ενώσεις αυτές είναι πολύ σημαντικές για την λειτουργία της αναερόβιας χώνευσης, καθώς αποτελούν ενεργειακές πηγές για την ανάπτυξη ακολούθως των βακτηρίων. Τα τελικά προϊόντα της μη μεθανογόνου φάσης χρησιμοποιούνται στη συνέχεια από τους μεθανογόνους μικροοργανισμούς για την τελική μετατροπή του σύνθετου οργανικού υλικού σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα (Φουντουλάκης, 2005).

### Μικροβιολογία της μεθανογόνου φάσης

Η παραγωγή μεθανίου είναι το βασικό χαρακτηριστικό των μεθανογόνων μικροοργανισμών και αποτελεί το κύριο καταβολικό προϊόν τους. Φυλογενετικά οι μεθανογόνοι μικροοργανισμοί ανήκουν στα αρχαιοβακτήρια που διαφέρουν από τα κοινά βακτήρια σε ορισμένα χαρακτηριστικά, όπως είναι η θέση των λιπιδίων στην κυτταρική μεμβράνη, η έλλειψη πεπτιδογλυκάνης, διαφορές στην αλληλουχία του RNA κ.ά..

Έχει βρεθεί μια μεγάλη ποικιλία μεθανογόνων μικροοργανισμών που διαφέρουν σε μέγεθος και σχήμα. Επίσης υπάρχουν τόσο θετικοί όσο και αρνητικοί κατά Gram μεθανογόνοι. Γι' αυτό το λόγο, η κατάταξη τους δεν γίνεται με βάση το στίγμα τους κατά Gram αλλά με βάση την αλληλουχία της αλυσίδας του RNA. Υπάρχουν τρεις διαφορετικές ομάδες υποστρωμάτων που μπορούν να καταναλώσουν οι οργανισμοί αυτοί παράγοντας ενέργεια για τις λειτουργίες του κυττάρου. α)



τύπου διοξειδίου του άνθρακα, β) μεθυλομάδες, γ) οξικό. Στην **Εικόνα 13** παρουσιάζονται οι κυριότερες αντιδράσεις παραγωγής μεθανίου (Φουντουλάκης, 2005).

Αντιδράσεις		$\Delta G^\circ$ (KJ)
Υπόστρωμα	προϊόντα	
τύπου CO <sub>2</sub>		
CO <sub>2</sub> + 4H <sub>2</sub>	→ CH <sub>4</sub> + 2H <sub>2</sub> O	-131
4HCOOH + 4H <sup>+</sup>	→ CH <sub>4</sub> + 3CO <sub>2</sub> + 2H <sub>2</sub> O	-145
4CO + 2H <sub>2</sub> O	→ CH <sub>4</sub> + 3CO <sub>2</sub>	-210
Μεθυλομάδες		
4CH <sub>3</sub> OH	→ 3CH <sub>4</sub> + CO <sub>2</sub> + 2H <sub>2</sub> O	-319
4CH <sub>3</sub> NH <sub>3</sub> Cl + 2H <sub>2</sub> O	→ 3CH <sub>4</sub> + CO <sub>2</sub> + 4NH <sub>4</sub> Cl	-230
Οξικό		
CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup> + H <sub>2</sub> O	→ CH <sub>4</sub> + 3CO <sub>2</sub> + 2H <sub>2</sub> O	-31

Εικόνα 13: Κυριότερες αντιδράσεις παραγωγής μεθανίου

Όλοι οι μεθανογόνοι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούν NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ως πηγή αζώτου ενώ σε όλα τα είδη είναι απολύτως απαραίτητα το νικέλιο, ο σίδηρος και το κοβάλτιο ως ιχνοστοιχεία. Επίσης, έχει βρεθεί ένας σημαντικός αριθμός συνενζύμων που είναι μοναδικά και τα οποία παίζουν σημαντικό ρόλο στη λειτουργία των οργανισμών αυτών (Φουντουλάκης, 2005).

### 2.3.3. Παράγοντες που επιδρούν στην Αναερόβια Χώνευση

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η αναερόβια χώνευση είναι μία διεργασία, στην οποία λαμβάνουν μέρος μία ποικιλία από διαφορετικούς μικροβιακούς πληθυσμούς. Πέρα από τις διαθέσιμες προς χώνευση ουσίες, οι οποίες παίζουν το ρόλο των υποστρωμάτων για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών, υπάρχουν και πολλοί άλλοι λειτουργικοί και περιβαλλοντικοί παράγοντες, που επηρεάζουν σημαντικά την αναερόβια διεργασία. Ο έλεγχος των παραγόντων αυτών είναι ιδιαίτερα σημαντικός, για την αποτελεσματικότητα της διεργασίας και μάλιστα είναι τόσο σημαντική η συμβολή τους, που όταν οι τιμές τους κυμαίνονται πέρα από κάποια όρια, παρεμποδίζεται ή αναστέλλεται εντελώς η διεργασία. Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή αυτών των παραγόντων και επισημαίνεται η ιδιαίτερη σημασία τους για την αναερόβια χώνευση (Κάλφας, 2007).

#### Χημική σύσταση του αποβλήτου

Η χημική σύσταση της τροφοδοσίας είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες, που διαμορφώνουν το μικροβιακό πληθυσμό της αναερόβιας χώνευσης. Το ποια είδη μικροοργανισμών θα αναπτυχθούν εξαρτάται, από τα οργανικά και ανόργανα συστατικά της τροφοδοσίας και φυσικά οι μικροοργανισμοί εκείνοι που έχουν την ικανότητα να τα μεταβολίσουν, υπερτερούν αριθμητικά.



και τελικά επικρατούν, έναντι αυτών που δεν έχουν τη δυνατότητα να αποδομήσουν το διαθέσιμο προς χώνευση υλικό. Τα μεταβολικά προϊόντα που σχηματίζονται (υποστρώματα για ανάπτυξη άλλων ειδών μικροβιακών πληθυσμών) συντελούν στην ανάπτυξη κυτταρικής βιομάζας, αφού αναπτύσσονται άλλα είδη βακτηρίων, τα οποία οδηγούν τελικά τη διεργασία προς μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα. Αξίζει να αναφερθεί, ότι πολλές φορές, κάποια συστατικά πολυσύνθετων υποστρωμάτων μπορεί να είναι μη βιοαποδομήσιμα, οπότε δεν έχουμε πλήρη απομάκρυνση του οργανικού υλικού. Η γνώση λοιπόν των χαρακτηριστικών του διαθέσιμου υλικού είναι ουσιαστικής σημασίας, για την κατανόηση της συμπεριφοράς ενός χωνευτήρα, αλλά και για το σχεδιασμό διεργασιών αναερόβιας χώνευσης.

Για την ομαλή και βέλτιστη λειτουργία της αναερόβιας χώνευσης, τα βακτήρια εκτός από άνθρακα (C), χρειάζονται και άλλα στοιχεία προκειμένου να ικανοποιήσουν τις λειτουργικές τους ανάγκες, έτσι ώστε η μικροβιακή δραστηριότητα να κινείται σε ικανοποιητικά επίπεδα. Τα κυριότερα στοιχεία είναι το άζωτο (N), και ο φώσφορος (P), καθώς και το θείο (S). Αρκετή έρευνα έχει γίνει για το ποια θα πρέπει να είναι η απαραίτητη αναλογία C:N:P σε ένα υλικό, ώστε να υπάρχει επαρκής μικροβιακή ανάπτυξη (Κάλφας, 2007).

Με βάση τη διδακτορική διατριβή του Κάλφα (2007):

- ✓ Κατά τον *Sahm (1984)*, η προτιμώμενη C:N:P αναλογία για τα αναερόβια βακτήρια, είναι 700:5:1.
- ✓ Άλλοι επιστήμονες υποστηρίζουν ότι η επαρκής αναλογία C:N είναι 25~30:1.
- ✓ Οι *Henze και Harremoës (1983)* υποστηρίζουν ότι ο λόγος COD:N πρέπει να κυμαίνεται από 400:7 έως 1000:7.
- ✓ Κατά τον *Stronach (1986)*, ο βέλτιστος λόγος N:P υποστηρίζεται ότι είναι 7:1.

Αν το υλικό δεν περιέχει τις απαιτούμενες ποσότητες, μπορεί να γίνει εξισορρόπηση σε άζωτο με την προσθήκη είτε ουρίας ( $\text{NH}_2\text{CONH}_2$ ), είτε ιόντων  $\text{NH}_4^+$  ενώ η εξισορρόπηση σε φώσφορο επιτυγχάνεται κυρίως με την προσθήκη ιόντων  $\text{PO}_4^{3-}$ .

Τέλος, απαραίτητα για την μεθανογένεση είναι διάφορα ιχνοστοιχεία, όπως ο σίδηρος (Fe), το κοβάλτιο (Co), το μολυβδαίνιο (Mo), το νικέλιο (Ni), το μαγνήσιο (Mg), το ασβέστιο (Ca), το νάτριο (Na), το βάριο (Ba), το σελήνιο (Se) και ο ψευδάργυρος (Zn) (Κάλφας, 2007).

### Θερμοκρασία

Όπως ισχύει στις περισσότερες μικροβιακές διεργασίες, η αναερόβια χώνευση και ιδιαίτερα η μεθανογένεση έχει αποδειχθεί ότι εξαρτάται ισχυρά από τη θερμοκρασία με αυξανόμενο ρυθμό αντίδρασης όταν λαμβάνει χώρα αύξηση της θερμοκρασίας, μέχρι ενός σημείου όμως, αφού πέρα από αυτό η δομή των κυτταρικών συστατικών μπορεί να αλλάξει, καθιστώντας πλέον τα κύτταρα ανενεργά. Μεθανογόνοι μικροοργανισμοί έχουν βρεθεί σε ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασιακών περιοχών από 2 °C σε θαλάσσια ιζήματα, μέχρι πάνω από 100 °C σε γεωθερμικές περιοχές. Γενικά οι ρυθμοί των αντιδράσεων αυξάνονται με την θερμοκρασία μέχρι τους 60 °C. Για παράδειγμα, ο

χρόνος διπλασιασμού της παραγόμενης ποσότητας  $H_2-CO_2$  στους  $37\text{ }^\circ C$  για τον μικροοργανισμό *Methanococcus voltae* είναι περίπου 2 ώρες ενώ ο αντίστοιχος χρόνος για τον μικροοργανισμό *Methanococcus thermolithotrophicus* στους  $65\text{ }^\circ C$  είναι 1 ώρα.

Η θερμοκρασία επίσης εκτός από την επίδραση που έχει στις μεταβολικές δραστηριότητες των μικροβιακών πληθυσμών, επιδρά καθοριστικά και σε άλλους παράγοντες, όπως στο ρυθμό μεταφοράς αερίων και στα χαρακτηριστικά καθίζησης των βιολογικών στερεών.

Διακρίνονται τρεις θερμοκρασιακές περιοχές για τη βέλτιστη ανάπτυξη των μικροοργανισμών:

- 1) την ψυχρόφιλη ( $T < 20\text{ }^\circ C$ ),
- 2) την μεσόφιλη ( $20 < T < 45\text{ }^\circ C$ , με βέλτιστη θερμοκρασία τους  $35\text{ }^\circ C$ ) και
- 3) την θερμόφιλη περιοχή ( $T > 45\text{ }^\circ C$ , με βέλτιστη θερμοκρασία τους  $55\text{ }^\circ C$ ).

Έτσι τα βακτήρια μπορούν να χαρακτηρισθούν ως ψυχρόφιλα, μεσόφιλα ή θερμόφιλα ανάλογα με την θερμοκρασιακή περιοχή, όπου παρατηρείται η βέλτιστη ανάπτυξη τους.

Η επίδραση της θερμοκρασίας στην παραγωγή μεθανίου, από αναερόβια χώνευση οργανικού υλικού, υπήρξε αντικείμενο από πολλούς ερευνητές στο παρελθόν, όπως και η βέλτιστη θερμοκρασία λειτουργίας αναερόβιων χωνευτήρων. Και ενώ συμφωνούν ότι ο ρυθμός παραγωγής μεθανίου αυξάνει σημαντικά με τη θερμοκρασία (συγκεκριμένα η παραγωγή μεθανίου στους  $25\text{ }^\circ C$  είναι κατά 25 % μικρότερη από αυτή που επιτυγχάνεται στους  $60\text{ }^\circ C$ ), υπάρχουν αντικρουόμενες απόψεις σχετικά με τους ρυθμούς ανάπτυξης των μικροοργανισμών σε αναερόβιους χωνευτήρες συναρτήσει της θερμοκρασίας. Αυτό μπορεί να αποδοθεί: α) στα διαφορετικά είδη μικροοργανισμών τα οποία επικρατούν σε κάθε αναερόβιο χωνευτήρα ανάλογα με το είδος του και β) στα χαρακτηριστικά της τροφοδοσίας.

Συνολικά η θερμόφιλη αναερόβια χώνευση φαίνεται να υπερτερεί έναντι της μεσόφιλης, αφού παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα: α) μεγαλύτερο ρυθμό παραγωγής μεθανίου, β) αυξημένους ρυθμούς αντιδράσεων και κατά συνέπεια μεγαλύτερο ποσοστό αποδόμησης των οργανικών στερεών, γ) καλύτερο διαχωρισμό υγρής - στερεάς φάσεως, και δ) καταστροφή παθογόνων μικροοργανισμών.

Οι υψηλές όμως ενεργειακές απαιτήσεις, σε συνδυασμό με τη μεγαλύτερη ευαισθησία σε τοξικές ενώσεις, καθώς και με τη μειωμένη ευστάθεια των συστημάτων αυτών καθιστούν συνήθως την θερμόφιλη αναερόβια χώνευση οικονομικά ασύμφορη και δύσκολα εφαρμόσιμη (Κάλας, 2007).

### pH

Η ρύθμιση του pH παίζει μεγάλο ρόλο στην απόδοση των αναερόβιων διεργασιών, ιδιαίτερα για τα μεθανογόνα βακτήρια, τα οποία είναι πολύ ευαίσθητα στις απότομες αλλαγές του· σε αντίθεση η επίδραση του pH στα οξεογόνα βακτήρια είναι μικρότερη, αφού αυτά είναι πιο ανθεκτικά και επηρεάζονται λιγότερο. Τα περισσότερα μεθανογόνα βακτήρια αναπτύσσονται και λειτουργούν χωρίς προβλήματα, για pH μεταξύ 6,7 και 7,4, με βέλτιστο pH από 7,0 έως 7,2, ενώ για pH κοντά στο 6 η δραστηριότητα των μεθανογόνων μικροοργανισμών μειώνεται σημαντικά.

Όταν σημειώνονται αποκλίσεις από την περιοχή του βέλτιστου pH παρατηρείται μεγάλη παραγωγή και συσσώρευση όξινων ή βασικών προϊόντων, όπως λιπαρά οξέα και αμμωνία αντίστοιχα. Το χαμηλό pH, ως αποτέλεσμα της μεγάλης παραγωγής και συσσώρευσης λιπαρών οξέων, σε ομαλές συνθήκες (όπου το σύστημα διαθέτει υψηλή αλκαλικότητα), αυτορυθμίζεται: α) από τα όξινα ανθρακικά ανιόντα ( $\text{HCO}_3^-$ ), που παράγονται κατά τη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης και β) από την κατανάλωση των παραγόμενων οξέων, από τα οξικογόνα και μεθανογόνα βακτήρια. Σε περίπτωση όμως που η αλκαλικότητα βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα, το σύστημα χάνει την αυτορυθμιστική του ικανότητα και κατά συνέπεια η παραγωγή μεθανίου παρεμποδίζεται ή μπορεί ακόμη και να διακοπεί. Ωστόσο, παραγωγή μεθανίου έστω και σε πολύ μικρές ποσότητες μπορεί να συμβεί είτε σε όξινο είτε σε βασικό περιβάλλον, υποδηλώνοντας ότι η μεθανογένεση δεν περιορίζεται μόνο στα όρια του ουδέτερου pH (Κάλφας, 2007).

#### Αλκαλικότητα

Η ολική αλκαλικότητα ενός αναερόβιου συστήματος [εκφρασμένη συνήθως σε μιλιγραμμάρια ανθρακικού ασβεστίου στο λίτρο (mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ )] ρυθμίζεται από ουσίες, οι οποίες είτε παράγονται κατά τη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης, όπως είναι η παραγωγή όξινου ανθρακικού αμμωνίου ( $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ) από τη διάσπαση των πρωτεϊνών, είτε υπάρχουν στην τροφοδοσία, όπως είναι το όξινο ανθρακικό ασβέστιο  $\{\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2\}$ , το όξινο ανθρακικό μαγνήσιο  $\{\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2\}$  και το όξινο ανθρακικό αμμώνιο (Κάλφας, 2007).

#### Τοξικές ενώσεις

Σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατό να εντοπίζονται ορισμένες τοξικές ουσίες στα προς χώνευση υλικά. Όταν π.χ. για παράδειγμα σε υγρά απόβλητα μπορεί να ανιχνευτούν απορρυπαντικά, είδη καθαρισμού, διαλυτικά, φάρμακα, συντηρητικά τροφίμων, ουσίες δηλαδή που δύσκολα μπορούν να αποδομηθούν. Γενικά τα αναερόβια βακτήρια δεν αντέχουν σε πολλές από αυτές τις τοξικές ουσίες, υπάρχουν όμως και ορισμένα είδη που έχουν την ικανότητα να βιοαποδομήσουν μερικές ουσίες από αυτές. Από τους μικροοργανισμούς που λαμβάνουν μέρος στην αναερόβια χώνευση, τα μεθανογόνα βακτήρια είναι τα πιο ευαίσθητα στην τοξικότητα. Η τοξικότητα ή η παρεμπόδιση στη μεθανογένεση έχει συνέπεια τη μειωμένη παραγωγή μεθανίου και την αύξηση της συγκέντρωσης των πτητικών λιπαρών οξέων, με προφανή επίδραση στο pH. Πέραν από τις ουσίες αυτές, οι οποίες περιγράφονται παρακάτω συνοπτικά, στη συνέχεια δίνονται και στοιχεία για ενδιάμεσα μεταβολικά προϊόντα της διεργασίας που μπορούν και αυτά να προκαλέσουν αστοχίες σε ένα σύστημα αναερόβιας επεξεργασίας (Κάλφας, 2007). Έτσι, οι τοξικές ουσίες είναι:

#### ❖ Οξυγόνο

Οι μεθανογόνοι μικροοργανισμοί είναι αυστηρά αναερόβιοι. Αυτό κάνει την παρουσία οξυγόνου, ακόμη και σε ίχνη, να δρα παρεμποδιστικά στην ανάπτυξή τους και κατά συνέπεια στην ομαλή λειτουργία της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης. Ωστόσο θα πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν κάποιες μελέτες, που αναφέρουν πως κάποια είδη μεθανογόνων μικροοργανισμών (*Methanobrevibacter arboriphilus*, *Methanobacterium thermoautotrophicum*, *Methanosarcina*

*barkeri*) μπορούν να αντέξουν την έκθεση στο οξυγόνο για κάποιες ώρες έως και μία ημέρα (Κάλφας, 2007).

#### ❖ Αμμωνία

Η μη ιονισμένη μορφή της αμμωνίας (NH<sub>3</sub>) είναι εξαιρετικά τοξική για τα μεθανογόνα βακτήρια. Η παρεμποδιστική της δράση ξεκινάει σε συγκεντρώσεις 1.500-3.000 mg/L και pH>7.4, ενώ σε συγκεντρώσεις πάνω από 3.000 mg/L επέρχεται πλήρης αναστολή της διεργασίας. Η τοξικότητα της αυξάνεται σημαντικά με την αύξηση του pH, όπου σε τιμές pH κοντά στο 8 σχηματίζεται περισσότερη ελεύθερη αμμωνία [από τα αμμωνιόντα (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) και τα υδροξυλιανιόντα (OH<sup>-</sup>)], ενώ σε ουδέτερο pH (περίπου στο 7) παρατηρείται μικρή τοξικότητα. Αυτό επιβεβαιώνεται και από την αντίδραση του ιονισμού της: NH<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O → NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + OH<sup>-</sup>.

Επίσης η θερμοφιλική αναερόβια χώνευση ευνοεί τον σχηματισμό της μη ιονισμένης μορφής της αμμωνίας, λόγω υψηλότερης θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα να είναι περισσότερο ευαίσθητη σαν διεργασία σε σχέση με την αντίστοιχη μεσοφιλική. Από την άλλη μεριά, ο μη μεθανογόνος πληθυσμός επηρεάζεται σε συγκεντρώσεις αμμωνίας μεγαλύτερες από 6.000 mg/L (Κάλφας, 2007). Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται η επίδραση της συγκέντρωσης του αμμωνιακού αζώτου (NH<sub>3</sub>-N) στην αναερόβια διεργασία.

Πίνακας 3: Η επίδραση της συγκέντρωσης του αμμωνιακού αζώτου (NH<sub>3</sub>-N) στην αναερόβια διεργασία (Κάλφας, 2007)

Συγκέντρωση Αμμωνιακού Αζώτου (NH <sub>3</sub> -N) σε mg/L	Είδος
50-200	Ευεργετική
200-300	Όχι αρνητική
1.500-3.000	Ανασταλτική για pH > 7.4
> 3.000	Τοξική

#### ❖ Βαρέα μέταλλα

Είναι συνήθως δύσκολο να προσδιοριστούν με ακρίβεια τα επίπεδα των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων που αρχίζουν να είναι τοξικά, αφού εξαρτώνται από τις συνθήκες λειτουργίας του αναερόβιου αντιδραστήρα, ενώ είναι πιθανό, τα βακτήρια να προσαρμόζονται στην παρουσία μετάλλων και να αυξάνει σταδιακά η ανθεκτικότητά τους σε αυτά. Γενικά η σειρά που μειώνεται η τοξικότητα των μετάλλων είναι Ni > Ca > Pb > Cr > Zn. Αξιοσημείωτο είναι και το γεγονός, ότι ενώ το χρώμιο (Cr<sup>3+</sup>) είναι πολύ τοξικό για την αναερόβια χώνευση, το χρώμιο (Cr<sup>6+</sup>) είναι λιγότερο, αφού στις συνήθεις τιμές pH δεν διαλυτοποιείται τόσο εύκολα όσο το Cr<sup>3+</sup>. Αυτό είναι κάτι που παρατηρείται γενικότερα στην παρεμπόδιση της αναερόβιας διεργασίας από τα βαρέα μέταλλα. Αν είναι σε διαλυτή μορφή αρκούν ελάχιστες συγκεντρώσεις για να δημιουργείται πρόβλημα, ενώ αν είναι σε στερεή μορφή αρκούν λίγο μεγαλύτερες συγκεντρώσεις όπως φαίνεται και στον ακόλουθο πίνακα (Κάλφας, 2007).

Πίνακας 4: Συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων (σε διαλυτή ή στερεή μορφή), που δρουν παρεμποδιστικά στην αναερόβια διεργασία (Κάλφας, 2007)

Βαρέα Μέταλλα	Συγκέντρωση σε mg/L
Χαλκός, Cu <sup>+</sup> (διαλυτό)	0.5-1
Χαλκός, Cu <sup>+</sup> (στερεό)	50-70
Νικέλιο, Ni <sup>2+</sup> (διαλυτό)	1-2
Νικέλιο, Ni <sup>2+</sup> (στερεό)	30
Χρώμιο, Cr <sup>6+</sup> (διαλυτό)	3
Χρώμιο, Cr <sup>6+</sup> (στερεό)	200-600
Χρώμιο, Cr <sup>3+</sup> (διαλυτό)	1-1.5
Χρώμιο, Cr <sup>3+</sup> (στερεό)	180-420

❖ Χλωριούχοι υδρογονάνθρακες

Οι χλωριωμένοι αλειφατικοί υδρογονάνθρακες είναι ιδιαίτερα τοξικοί για τους μεθανογόνους μικροοργανισμούς. Ειδικότερα το χλωροφόρμιο (CHCl<sub>3</sub>) είναι πολύ τοξικό ακόμη και σε ίχνη και οδηγεί σε πλήρη παρεμπόδιση του μεταβολισμού των μεθανογόνων βακτηρίων, όταν η συγκέντρωση του ξεπεράσει το 1 mg/L. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι ο εγκλιματισμός των μεθανογόνων μικροοργανισμών σ' αυτή την ένωση μπορεί να αυξήσει το όριο ανεκτικότητας τους, μέχρι και 15 mg/L (Κάλφας, 2007).

❖ Αρωματικές ενώσεις

Καθαρές καλλιέργειες μεθανογόνων όπως τα είδη *Methanotrix concilii*, *Methanobacterium espanolae* και *Methanobacterium bryantii* παρεμποδίζονται ισχυρά από αρωματικές ενώσεις όπως το βενζόλιο (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), το τολουόλιο (C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>) και οι φαινόλες [αρωματικές ενώσεις που έχουν υποκαταστάτες οξυγονούχες ομάδες, όπως υδροξυλομάδες (-OH), καρβοξυλομάδες (-COOH) κ.α]. Συγκεκριμένα η χλωροφαινόλη (Cl-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>-OH) είναι η πιο τοξική απ' όλες τις αρωματικές ενώσεις των οποίων η τοξικότητα έχει ερευνηθεί μέχρι τώρα. Η σχετική τοξικότητα των φαινολικών ενώσεων για τη μεθανογένεση έχει ως εξής: νιτροφαινόλες > χλωροφαινόλες > υδροξυφαινόλες (Κάλφας, 2007).

❖ Φορμαλδεΰδη

Τα μεθανοβακτήρια παρεμποδίζονται σημαντικά, όταν εκτίθενται σε συγκέντρωση φορμαλδεΰδης (HCHO) της τάξεως των 50-100 mg/L, ενώ η λειτουργία τους αποκαθίσταται σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις φορμαλδεΰδης (κάτω των 5-10 mg/L) (Κάλφας, 2007).

❖ Υδρόθειο, θειούχα και θειικά ανιόντα

Το υδρόθειο (H<sub>2</sub>S) και γενικότερα τα θειούχα ανιόντα (HS<sup>-</sup>, S<sub>2</sub><sup>-</sup>) είναι από τους πιο ισχυρούς παρεμποδιστές της αναερόβιας χώνευσης. Το υδρόθειο είναι τοξικό για τα μεθανογόνα βακτήρια όταν η συγκέντρωσή του είναι μεγαλύτερη από 150-200 mg/L, ενώ τα οξεογόνα βακτήρια είναι λιγότερο ευαίσθητα στο υδρόθειο σε σχέση με τα μεθανογόνα. Η τοξικότητα του υδρόθειου εξαρτάται από το pH.

Επίσης, τα μεθανογόνα βακτήρια χρήστες  $H_2$  είναι περισσότερο ευαίσθητα από τα οξικολυτικά μεθανογόνα βακτήρια. Η παρεμποδιστική δράση του θείου (S) μπορεί να οφείλεται στο θειούχο ανιόν ( $S^{2-}$ ), αλλά υπάρχει περίπτωση να προκαλείται από το ίδιο το στοιχειακό θείο (S) και από τα θειικά ανιόντα ( $SO_4^{2-}$ ) που χρησιμεύουν ως τελικοί δέκτες ηλεκτρονίων για τα ανάγοντα το θείο βακτήρια (θειοβακτήρια). Κατά την αναερόβια διεργασία τα μεθανογόνα και τα θειοβακτήρια ανταγωνίζονται για τους ίδιους δότες ηλεκτρονίων, το οξικό οξύ και το υδρογόνο. Μελέτη των κινητικών σταθερών ανάπτυξης αυτών, έδειξε ότι τα ανάγοντα το θείο βακτήρια έχουν μεγαλύτερη συγγένεια για το οξικό (μικρότερες τιμές ks), απ' ότι τα μεθανοβακτήρια. Αυτό σημαίνει ότι τα θειοβακτήρια υπερισχύουν των μεθανοβακτηρίων σε χαμηλές συγκεντρώσεις οξικού. Ως εκ τούτου, αυτή η ανταγωνιστική παρεμπόδιση των μεθανογόνων οδηγεί σε μεταστροφή της ροής ηλεκτρονίων, από παραγωγή μεθανίου σε αναγωγή του θείου. Τα θειοβακτήρια και τα μεθανογόνα είναι πολύ ανταγωνιστικά σε αναλογίες  $COD/SO_4^{2-}$  μεταξύ 1,7-2,7. Αύξηση αυτής της αναλογίας ευνοεί τα μεθανοβακτήρια, ενώ η μείωση της είναι ευνοϊκή για τα θειοβακτήρια (Κάλας, 2007).

#### ❖ Αλατότητα και ανόργανα στοιχεία

Σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις από 0.2 M NaCl η αλατότητα (εκφρασμένη συνήθως σε M NaCl) δρα παρεμποδιστικά, ενώ σε χαμηλότερα επίπεδα δεν έχουν αναφερθεί συνέπειες στα μεθανογόνα βακτήρια. Επίσης και τα ανόργανα κατιόντα  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{+2}$  και  $Mg^{+2}$  σε υψηλές συγκεντρώσεις προκαλούν παρεμπόδιση στην διεργασία της αναερόβιας χώνευσης, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 5 που ακολουθεί.

Πίνακας 5: Συγκεντρώσεις ανόργανων συστατικών που δρουν παρεμποδιστικά στη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης (Κάλας, 2007)

Κατιόν	Μέτρια Παρεμπόδιση	Ισχυρή Παρεμπόδιση
$Na^+$	3.500-5.500 mg/L	8.000 mg/L
$K^+$	2.500-4.500 mg/L	12.000 mg/L
$Ca^{+2}$	2.500-4.500 mg/L	8.000 mg/L
$Mg^{+2}$	1.000-1.500 mg/L	3.000 mg/L

#### ❖ Ενδιάμεσα μεταβολικά προϊόντα της αναερόβιας διεργασίας

Είναι αξιοσημείωτο πως η ίδια η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης παράγει προϊόντα, που σε μεγάλες συγκεντρώσεις δρουν παρεμποδιστικά για την ομαλή λειτουργία αυτής. Αυτά είναι α) τα ανώτερα λιπαρά οξέα και β) τα πτητικά λιπαρά οξέα, που προκύπτουν κατά το στάδιο της οξεογένεσης. Τα ανώτερα λιπαρά οξέα περιλαμβάνουν ενώσεις, όπως το καπρυλικό οξύ  $\{CH_3(CH_2)6COOH\}$ , το καπρινικό οξύ  $\{CH_3(CH_2)8COOH\}$ , το λαυρικό οξύ  $\{CH_3(CH_2)10COOH\}$ , το μυριστικό οξύ  $\{CH_3(CH_2)12COOH\}$ , το παλμιτικό οξύ  $\{CH_3(CH_2)14COOH\}$ , το στεατικό οξύ  $\{CH_3(CH_2)16COOH\}$  και το ελαϊκό οξύ  $\{CH_3(CH_2)7CH=CH(CH_2)7COOH\}$ , οι οποίες σε μεγάλες συγκεντρώσεις δρουν παρεμποδιστικά στα μεθανογόνα οξικολυτικά βακτήρια (Κάλας, 2007).



Συνάμα, η συσσώρευση πτητικών λιπαρών οξέων παρεμποδίζει την μεθανογένεση. Οι επιπτώσεις που έχουν οι ουσίες αυτές εξαρτώνται συχνά και από άλλες περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως η τιμή του pH και της ολικής αλκαλικότητας, που επικρατούν σε έναν αναερόβιο αντιδραστήρα. Πτητικά λιπαρά οξέα, όπως το οξικό (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>), το βουτυρικό (C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>) και το βαλερικό οξύ (C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>O<sub>2</sub>), εμφανίζουν μικρή τοξικότητα όταν το pH είναι κοντά στο 7. Αντίθετα, το προπιονικό οξύ (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>), είναι τοξικό και για τα μεθανογόνα και για τα οξεογόνα βακτήρια. Γενικά τα πτητικά λιπαρά οξέα αναγνωρίζονται, ως τα πιο σημαντικά ενδιάμεσα προϊόντα της αναερόβιας διεργασίας και προτείνονται, ως οι παράμετροι ελέγχου όλης της διαδικασίας (Κάλφας, 2007).

#### Ρυθμός φόρτισης

Ο ρυθμός φόρτισης στην αναερόβια επεξεργασία είναι πρωταρχικής σημασίας για τη διατήρηση σταθερών συνθηκών, καθώς είναι αυτός που καθορίζει τον υδραυλικό χρόνο παραμονής (HRT) σε ένα αντιδραστήρα, με δεδομένη σταθερή σύσταση του διαθέσιμου προς χώνευση απόβλητου. Εκφράζει τον ρυθμό με τον οποίο παρέχεται το υπόστρωμα (σε υγρή ή και στερεή μορφή) στους μικροοργανισμούς και ορίζεται ως η μάζα της οργανικής ύλης (εκφρασμένη σε κιλά πτητικών αιωρούμενων στερεών ή κιλά χημικά απαιτούμενου οξυγόνου) ανά μονάδα όγκου του αντιδραστήρα και ημέρα. Η μέγιστη τιμή που μπορεί να πάρει καθορίζεται από τον αρχικό σχεδιασμό του αντιδραστήρα και από την σύσταση του απόβλητου.

Διαφορετικές τροφοδοσίες μπορούν να επιτευχθούν με δύο τρόπους, είτε μεταβάλλοντας το ρυθμό ροής της στον χωνευτήρα, είτε μεταβάλλοντας τη συγκέντρωση του οργανικού φορτίου της τροφοδοσίας. Επειδή η συγκέντρωση σε οργανικό φορτίο ενός απόβλητου σπάνια μεταβάλλεται, συνήθως για την αλλαγή της φόρτισης του υποστρώματος χρησιμοποιείται αλλαγή της παροχής. Πρέπει όμως να έχουμε κατά νου, ότι υπερβολική φόρτιση σε έναν αναερόβιο χωνευτήρα δημιουργεί ασταθείς συνθήκες, με αποτέλεσμα να παρατηρείται συσσώρευση πτητικών λιπαρών οξέων και τελικά παρεμπόδιση της διεργασίας (Κάλφας, 2007).

#### Υδραυλικός χρόνος παραμονής

Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής (*Hydraulic Retention Time, HRT*) είναι το χρονικό διάστημα κατά το οποίο ένα υλικό που προστίθεται προς χώνευση παραμένει εντός αυτού και δίνεται από την εξής

σχέση:  $HRT = \frac{V_R}{F_w}$ , όπου  $V_R$ : όγκος χωνευτήρα (m<sup>3</sup>) και  $F_w$ : όγκος ημερήσιας τροφοδοσίας (m<sup>3</sup>/d).

Σε ένα πλήρως αναμεμιγμένο σύστημα, η επιβολή μικρών χρόνων παραμονής επιφέρει μικρή απόδοση στη βιοαποδόμηση του αποβλήτου τροφοδοσίας, ενώ οι μεγάλοι χρόνοι παραμονής έχουν ως αποτέλεσμα υψηλό λειτουργικό κόστος. Στην πράξη, κατά το σχεδιασμό συστημάτων αναερόβιας χώνευσης, γίνεται ένας συμβιβασμός μεταξύ απόδοσης και οικονομίας. Οι χρόνοι παραμονής των μεσόφιλων και θερμοφίλων αντιδραστήρων κυμαίνονται μεταξύ 25 και 35 ημερών, αλλά μπορεί να είναι και μικρότεροι (Κάλφας, 2007).

### Κεφάλαιο 3: Μεθοδολογία και διεξαγωγή της έρευνας

Στο **Κεφάλαιο 3** παρουσιάζεται η μεθοδολογία και ο τρόπος εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Αναλυτικότερα, αρχικά παρουσιάζεται ο πειραματικός σχεδιασμός, στη συνέχεια δίνεται συνοπτικά ο εργαστηριακός εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε και τέλος περιγράφονται οι μέθοδοι προσδιορισμού και ανάλυσης που εφαρμόστηκαν. Οι εργαστηριακές αναλύσεις στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο της Μονάδα Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας, της Σχολής Χημικών Μηχανικών, του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Επίσης, οι δοκιμές του βιοαερίου (BMP tests) πραγματοποιήθηκαν στο το εργαστήριο βιοχημικής μηχανικής και τεχνολογίας περιβάλλοντος του Ιδρύματος Τεχνολογίας και Έρευνας του Ινστιτούτο Επιστημών Χημικής Μηχανικής.

#### 3.1 Ερευνητικοί στόχοι

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη της σύστασης, των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών αλλά και της δυνατότητας παραγωγής βιοαερίου των οικιακών αποβλήτων τροφίμων. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού οι εργασίες που υλοποιήθηκαν ήταν:

**Στόχος 1:** *Μελέτη ποιοτικών και ποσοτικών στοιχείων σχετικά με τη σύσταση και τη δυνατότητα αποφυγής δημιουργίας οικιακών αποβλήτων τροφίμων:* Η επίτευξη του στόχου αυτού έγινε με τη χρήση ημερολογίων καταγραφής σε επίπεδο οικίας, για πέντε 2-μελής οικογένειες του Νομού Αττικής για χρονικό διάστημα 28 ημερών. Στο ημερολόγιο γινόταν καταγραφή βάρους ανά κατηγορία και λόγο απόρριψης των οικιακών αποβλήτων τροφίμων για 28 ημέρες. Περισσότερα σχετικά με τη μεθοδολογία που εφαρμόστηκε περιγράφονται στο υποκεφάλαιο 3.2.1

**Στόχος 2:** *Μελέτη των φυσικοχημικών παραμέτρων των οικιακών αποβλήτων τροφίμων:* Η επίτευξη του στόχου αυτού έγινε με τη διεξαγωγή εργαστηριακών αναλύσεων σε 20 δείγματα οικιακών αποβλήτων τροφίμων που αναλύθηκαν ως προς τυπικά χαρακτηριστικά τους στο εργαστήριο της Μονάδας Περιβαλλοντικής και Επιστήμης και Τεχνολογίας, της Σχολής Χημικών Μηχανικών, του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Τα δείγματα προετοιμάστηκαν εργαστηριακά με βάσει τα αποτελέσματα από την υλοποίηση του στόχου 1 ανά εβδομάδα (4 ανά οικογένεια, συνολικά 20 δείγματα). Η προετοιμασία των δειγμάτων περιγράφεται στο υποκεφάλαιο 3.2.2. Οι φυσικοχημικές παράμετροι που αναλύθηκαν ήταν: TS%, VS%, pH, αγωγιμότητα, TC, TOC, TN, TKN, NH<sub>4</sub>, μέταλλα και ιχνοστοιχεία και φώσφορος. Περισσότερες πληροφορίες για τον εργαστηριακό εξοπλισμό καθώς και για τις μεθόδους που εφαρμόστηκαν παρουσιάζονται στα υποκεφάλαια 3.3 και 3.4.

**Στόχος 3:** *Μελέτη της δυνατότητας παραγωγής βιοαερίου των οικιακών αποβλήτων τροφίμων:* Η μελέτη της παραγωγής βιοαερίου βασίσθηκε στα αποτελέσματα των δοκιμών του Βιοχημικά Μεθανογόνου Δυναμικού που διεξάχθηκαν στο το εργαστήριο βιοχημικής μηχανικής και τεχνολογίας περιβάλλοντος του Ιδρύματος Τεχνολογίας και Έρευνας του Ινστιτούτο Επιστημών Χημικής Μηχανικής. Η σχετική μέθοδος παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 3.4.11.





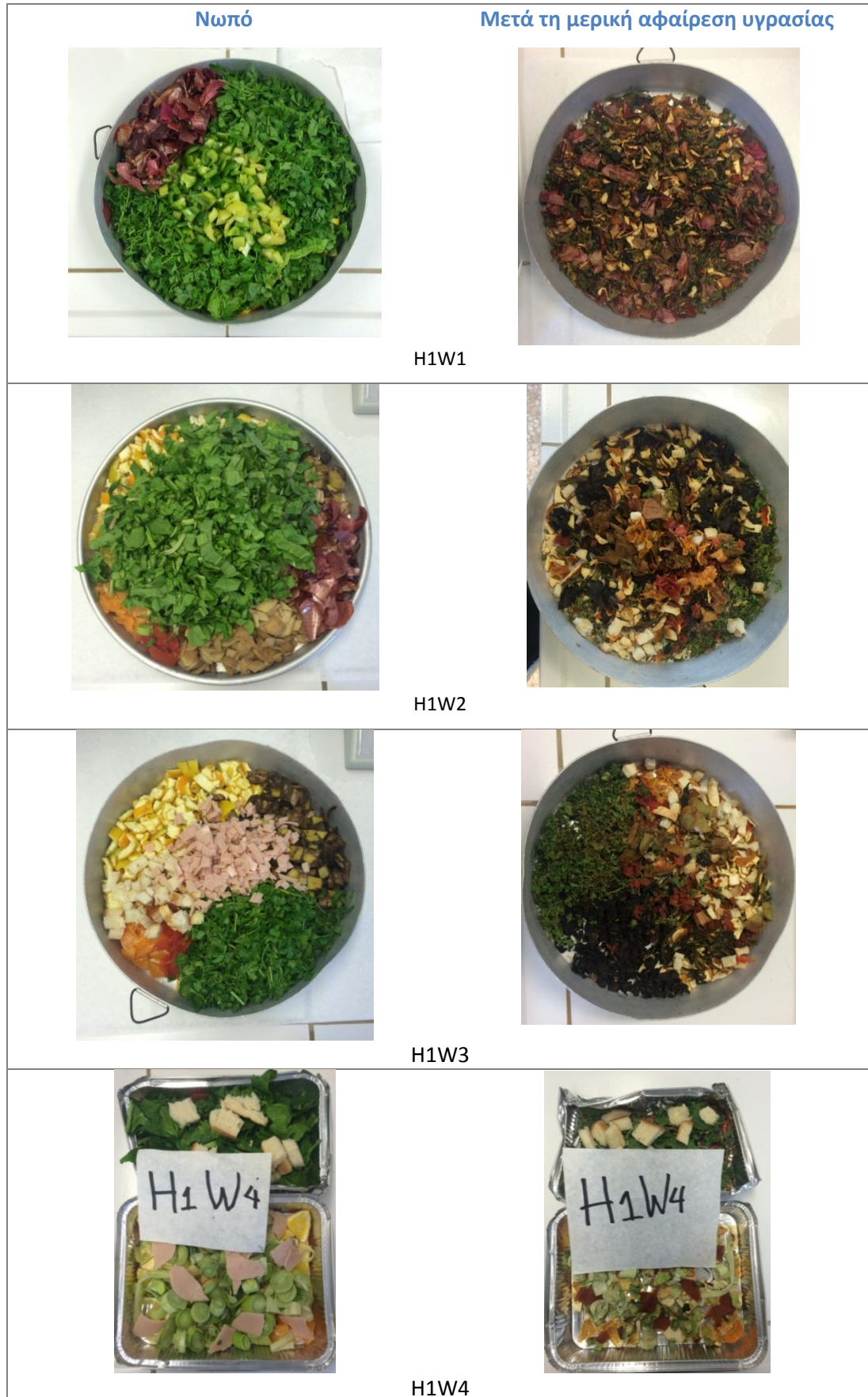
Τα ημερολόγια καταγραφής και οι ζυγαριές μοιράσθηκαν σε πέντε (5) οικογένειες αποτελούμενες από 2 άτομα η καθεμία. Από την κάθε οικογένεια ζητήθηκε η καταγραφή της μάζας ανά είδος και ανάλογα με τον λόγο απόρριψης των αποβλήτων τροφίμων που παράγονται σε ημερήσια βάση. Προκειμένου να εξασφαλισθεί η συμμετοχή των οικιών εξαιρέθηκαν από τα δυνητικά απόβλητα ορισμένα απόβλητα τα οποία θα προκαλούσαν προβλήματα ή δυσκολίες. Αυτά ήταν τα ποτά, τα γιαούρτια, το αίμα από τα προϊόντα ζωικής προέλευσης και τα λάδια. Μετά την πάροδο των 28 ημερών τα ημερολόγια συλλέχθηκαν προς επεξεργασία και οι ζυγαριές επιστράφηκαν.

### 3.2.2 Προετοιμασία δειγμάτων των οικιακών αποβλήτων τροφίμων

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας καταγραφής των οικιακών αποβλήτων τροφίμων ακολούθησε η επεξεργασία των αποτελεσμάτων τόσο για τη διεξαγωγή συμπερασμάτων όσο και για τη σύνθεση των οικιακών αποβλήτων τροφίμων τα οποία στη συνέχεια αναλύθηκαν ως προς τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά τους και ως προς το βιοχημικά μεθονογόνο δυναμικό.

Οι κατηγορίες αποβλήτων περιλάμβαναν απόβλητα τροφίμων από: 'Φρούτα', 'Λαχανικά', 'Αρτοσκευάσματα', 'Κρέας - ψάρι', 'Μαγειρεμένα φαγητά' και 'Διάφορα'. Σε κάθε κατηγορία περιλαμβάνονταν ορισμένα είδη και συγκεκριμένα στα: (α) 'Φρούτα': Πορτοκάλια, Αχλάδι, Λεμόνια, Μανταρίνια, Μήλα, Μπανάνες, Ακτινίδιο, Φράουλες, (β) 'Λαχανικά': Πατάτες, Μαρούλι, Κρεμμύδια, Αγγούρια, Μπρόκολο, Καρότα, Σαλάτα, Σπανάκι, Λάχανο, Ρόκα, Μαϊντανός, Πιπεριά, Ντομάτες, Φασόλια, Παντζάρια, Μανιτάρια και Άνηθος, (γ) 'Αρτοσκευάσματα': Ψωμί, (δ) 'Κρέας - ψάρι': Αλλαντικά, Κοτόπουλο, Ψάρι, Κρέας και Λουκάνικα, (ε) 'Μαγειρεμένα φαγητά': Ρύζι, Μακαρόνια, Πουρές, Πράσινα φασόλια, Σουβλάκι πίτα, Ανάμικτη σαλάτα και Φακές, και (στ) 'Διάφορα': Καφές, Τυρί, Αυγά και Σκόρδο. Η σύνθεση των δειγμάτων έγινε με τέτοιο τρόπο ώστε να λαμβάνεται υπόψη και η αιτία της απόρριψης των αποβλήτων τροφίμων διακρίνοντας τα σε 'αποφευκτέα απόβλητα (avoidable)' και 'αναπόφευκτα απόβλητα (unavoidable)'. Σύμφωνα με το WRAP (τα αποφευκτέα απόβλητα τροφίμων είναι τα τρόφιμα ή ποτά τα οποία έχουν απορριφθεί από τον καταναλωτή ως απόβλητα, αλλά κάποια στιγμή ήταν βρώσιμα ενώ τα αναπόφευκτα απόβλητα τροφίμων είναι εκείνα που προκύπτουν κατά την προετοιμασία τροφίμων και ποτών τα οποία που έχουν απορριφθεί από τον καταναλωτή ως απόβλητα, και τα οποία ποτέ δεν ήταν βρώσιμα.

Λαμβάνοντας υπόψη τις καταγραφές δημιουργήθηκαν συνολικά 20 δείγματα και συγκεκριμένα 4 εβδομαδιαία ανά οικογένεια, H1W1, H1W2, H1W3, H1W4, H2W1, H2W2, H2W3, H2W4, H3W1, H3W2, H3W3, H3W4, H4W1, H4W2, H4W3, H4W4, H5W1, H5W2, H5W3 και H5W4. Αναλυτικότερα, η διαδικασία περιέλαβε την αγορά των υλικών, στη συνέχεια την κοπή και τη ζύγιση, την αφαίρεση της υγρασίας σε θερμοκρασία 40-50°C και τέλος την άλεση των δειγμάτων. Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζεται η σύνθεση των δειγμάτων πριν και μετά την αφαίρεση της υγρασίας καθώς και η όψη των τελικών δειγμάτων.



Εικόνα 15: Προετοιμασία δειγμάτων πρώτης οικογένειας (H1): H1W1, H1W2, H1W3 και H1W4





Εικόνα 16: Προετοιμασία δειγμάτων δεύτερης οικογένειας (H2): H2W1, H2W2, H2W3 και H2W4





Εικόνα 17: Προετοιμασία δειγμάτων τρίτης οικογένειας (H3): H3W1, H3W2, H3W3 και H3W4





Εικόνα 18: Προετοιμασία δειγμάτων πρώτης οικογένειας (H4): H4W1, H4W2, H4W3 και H4W4





Εικόνα 19: Προετοιμασία δειγμάτων πέμπτης οικογένειας (H5): H5W1, H5W2, H5W3 και H5W4

### 3.3 Εργαστηριακός εξοπλισμός

Στον Πίνακα 6 παρουσιάζεται συνοπτικά ο εργαστηριακός εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για τη διεξαγωγή των πειραμάτων.

Πίνακας 6: Όργανα μέτρησης που χρησιμοποιήθηκαν για τη διεξαγωγή των αναλύσεων

A/A	Ονομασία	Κατασκευαστής / Μοντέλο
1.	Φούρνος μικροκυμάτων	A) Milestone Start D B) Terminal T260
2.	Φασματοφωτόμετρο Ατομικής Απορρόφησης με αυτόματο αραιωτή	Agilent Varian AA240FS SIPS
3.	TOC <sub>VCSH</sub> SSM – 5000A	SHIMADZU
4.	A,B) Σύστημα για χώνευση κατά Kjeldahl C) Σύστημα απόσταξης	A) Kjeldaltherm KB/KBL Gerhardt B) Temperature-time controller TZ C) Gerhardt Vapodest 30s
5.	Φασματοφωτόμετρο	MERCK / Spectroquant NOVA 60
6.	Κλίβανος Ξήρανσης	CARBOLITE / AX30
7.	Κλίβανος (μέτρηση VSS)	BI Barnstead/ Thermolyne 1400 Furnace/ Model: FB1410M-33
8.	Πεχάμετρο / αγωγιμόμετρο	Mettler Toledo MPC227
9.	Συσκευή Φυγοκέντρωσης	IEC Centra CL2
10.	Υδατόλουτρο	Polyscience
11.	Συσκευή ανάδευσης	Selecta / Multimatic
12.	Ζυγός	KERN / ALS 120-4
13.	Ζυγός	METTLER TOLEDO / PB303-5
14.	Αντλία Κενού	KNF Laboport Mini N 86 KT.18
15.	Ιοντοεναλλακτική Συσκευή Απόσταξης	ZALION IONEL
16.	Συσκευή Υπερκάθαρου νερού	Thermo Scientific Barnstead Easy Pure II
17.	Πιπέττα 500 – 5000 µL Πιπέττα 100 – 1000 µL Πιπέττα 10 – 100 µL	Brand Transferpette S



### 3.4 Εργαστηριακές μέθοδοι προσδιορισμού

Στον **Πίνακα 7** απαριθμούνται οι χρησιμοποιούμενες εργαστηριακές μέθοδοι για κάθε μετρούμενη παράμετρο καθώς και το όριο ανίχνευσης της κάθε μεθόδου.

Πίνακας 7: Μέθοδοι ανάλυσης και όρια ανίχνευσης

A/A	Παράμετρος	Μέθοδος	Όργανο μέτρησης	Όριο ανίχνευσης
1.	pH	EPA Method 9045D	Mettler Toledo MCC 227	-
2.	VS	Standard Methods APHA-AWWA-WEF (1998) Method 2540-G TS		0,0200 mg/L
3.	TS	Standard methods: 2540B		0,0200 mg/L
4.	Pb			0,05 mg/L
5.	Cu	Standard methods: 3111	Agilent Varian AA240FS	0,01 mg/L
6.	Zn		Flame atomic absorption spectroscopy	0,005 mg/L
7.	Cd			0,002 mg/L
8.	Cr			0,02 mg/L
9.	K			0,005 mg/L
10.	Na		Agilent Varian AA240FS	0,002 mg/L
11.	Ca	Standard methods: 3111	Flame atomic absorption spectroscopy	0,003 mg/L
12.	Mg			0,0005 mg/L
13.	Mn			0,01 mg/L
14.	Ni			0,02 mg/L
15.	<b>P<sub>total</sub></b>	Phosphate Cell Test Kit, Merck No 114543 (EPA 365.2, St. M. 4500, ISO 6878)	Φασματοφωτόμετρο Merck Spectroquant NOVA60	0,05 mg/L
16.	<b>PO<sub>4</sub> – P</b>	EPA 365.2+3 , US Standard methods 4500-P E, ISO 6878/1and EN 1189 Phosphate Test Kit : Merck (No 114848)	Φασματοφωτόμετρο Merck Spectroquant NOVA60	0,0100 mg/L
17.	<b>TOC</b>	- EN-ISO 13137: 2001 - TOC-VCSH Manual	TOC-V <sub>CSH</sub> Shimadzu SSM 5500	0,1 mg
18.	<b>%N<sub>total</sub></b>	Gerhardt Kjeldahltherm /Vapodest30s		

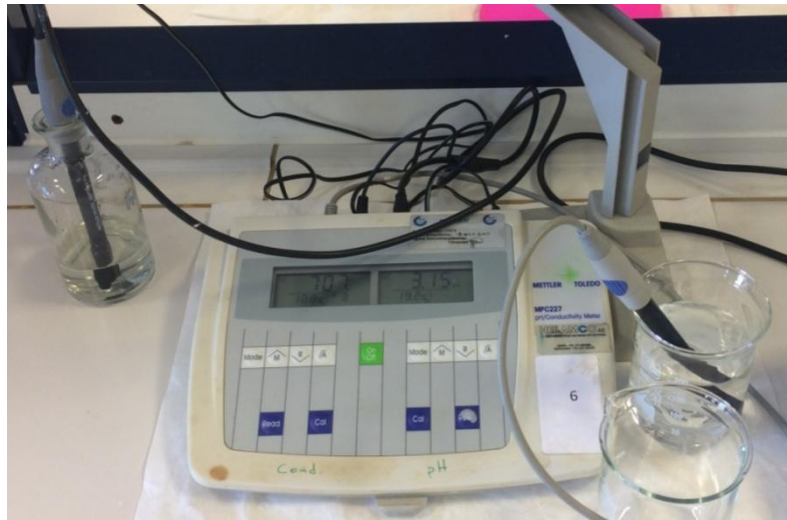
Στη συνέχεια περιγράφονται οι εργαστηριακές μέθοδοι.

### 3.4.1 Μέτρηση pH - αγωγιμότητας σε στερεό δείγμα

Για τη μέτρηση του pH και της αγωγιμότητας ακολουθήθηκε η Ομάδα Εργασίας *OE- 504A-01: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ pH ΚΑΙ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ* της Μονάδας Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας. Συγκεκριμένα, ζυγίζονται 2g δείγματος και τοποθετούνται μαζί με 25mL απιονισμένου νερού σε ποτήρι ζέσεως. Σε περιπτώσεις που το δείγμα είναι υγροσκοπικό προστίθεται επιπλέον ποσότητα νερού (10mL). Η σχέση στερεού προς υγρό καταγράφεται. Ακολουθεί ανάδευση για 30 λεπτά (**Εικόνα 20**) και στη συνέχεια αφήνεται σε ηρεμία για 15 λεπτά ώστε να καθιζάνουν τα περισσότερα στερεά του δείγματος (*ΜΠΕΤ, 2011α*). Τέλος πραγματοποιείται η μέτρηση του pH και της αγωγιμότητας με χρήση του οργάνου METTLER TOLEDO MPC227 (**Εικόνα 21**).



Εικόνα 20: Η συσκευή ανάδευσης τύπου Selecta / Multomatic



Εικόνα 21: Μετρητής pH-αγωγιμότητας τύπου Mettler Toledo MPC227

### 3.4.2 Μέθοδος προσδιορισμού υγρασίας σε στερεό δείγμα

Για τον προσδιορισμό της υγρασίας ακολουθήθηκε η Ομάδα Εργασία *OE-504A-12 Προσδιορισμός Υγρασίας σε στερεά* της Μονάδας Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας. Η υγρασία είναι η μάζα του νερού που εξατμίζεται από το στερεό δείγμα όταν ξηραθεί μέχρι να σταθεροποιηθεί η μάζα στους 105°C, διά της αρχικής μάζας του δείγματος πριν την ξήρανση και πολλαπλασιάζεται επί 100. Για την ξήρανση του δείγματος χρησιμοποιείται ο φούρνος ξήρανσης με θερμοστάτη με σύστημα μηχανικού αερισμού του οίκου Carbolite AX30.



Εικόνα 22: Φούρνος ξήρανσης του οίκου Carbolite AX30

Για δείγματα με υψηλή περιεκτικότητα σε οργανική ύλη και άζωτο, η μέθοδος της ξήρανσης πρέπει να προσαρμοστεί. Στην περίπτωση αυτή, το δείγμα πρέπει να ξηραίνεται μέχρι σταθερού βάρους στον αέρα ή στους 50°C ή στους 70°C. Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής λόγω της φύσης των δειγμάτων η θερμοκρασία μέτρησης της υγρασίας επιλέχθηκε στους 70°C.

Για τη μέτρηση της υγρασίας αρχικά ξηραίνεται μια πορσελάνινη κάψα μαζί με το καπάκι της στους 70 °C για μια ώρα και μετά αφήνεται να κρυώσει σε γυάλινο ξηραντήρα για 45 λεπτά. Ζυγίζεται η μάζα του κλειστού δοχείου ( $m_0$ ) με ακρίβεια 10 mg. Με σπάτουλα μεταφέρεται στην κάψα περίπου 1g στερεού δείγματος και ζυγίζεται η μάζα ( $m_{0,w}$ ) του κλειστού δοχείου και του δείγματος, με ακρίβεια 10 mg. Το δοχείο με το δείγμα και το καπάκι του δοχείου ξηραίνονται στον φούρνο περίπου στους 70 °C μέχρι σταθερής μάζας. Πρακτικά μετά από ξήρανση 12 ωρών το κλειστό δοχείο μεταφέρεται σε γυάλινο ξηραντήρα. Ζυγίζεται η μάζα του ( $m_{0,d}$ ) με ακρίβεια 10 mg (ΜΠΕΤ, 2011β).

Το επί τοις εκατό (%) ποσοστό υγρασίας του δείγματος δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$Y\% = \frac{m_{0,w} - m_{0,d}}{m_{0,w} - m_0} * 100$$

$m_0$ : η μάζα της κάψας (g)

$m_{0,w}$ : η αρχική μάζα του δείγματος πριν την ξήρανση και η μάζα της κάψας (g)

$m_{0,d}$ : η τελική μάζα δείγματος μετά από ξήρανση στους 105°C και η μάζα της κάψας (g)

Αντί της υγρασίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί η επί τοις εκατό (%) περιεκτικότητα σε ολικά στερεά (% Total Solids -TS), η οποία υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$\%TS = 100\% - \% \text{Υγρασία (Y\%)}$$

ή

$$\% \text{Ολικά Στερεά (TS\%)} = \frac{m_{0,d} - m_0}{m_{0,w} - m_0} * 100$$

$m_0$ : η μάζα της κάψας (g)

$m_{0,w}$ : η αρχική μάζα του δείγματος πριν την ξήρανση και η μάζα της κάψας (g)

$m_{0,d}$ : η τελική μάζα δείγματος μετά από ξήρανση στους 70°C και η μάζα της κάψας (g).

### 3.4.3 Μέθοδος προσδιορισμού πτητικών στερεών σε στερεό δείγμα

Τα πτητικά στερεά (*Volatile Solids - VS*) είναι οι ενώσεις των συνολικών στερεών που εξαερώνονται σε CO<sub>2</sub> και άλλα αέρια (π.χ. H<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>) όταν κάποιο οργανικό υλικό αποτεφρωθεί στους 550°C με περίσσεια αέρα (εκφράζεται σε % επί ξηρού βάρους). Τα πτητικά στερεά αποτελούνται από βιοαποδομήσιμες και από μη βιοαποδομήσιμες οργανικές ενώσεις (Κομίλης, 2008). Η ανάφλεξη στους 550°C γίνεται εντός του κλιβάνου BI Barnstead, Thermolyne 1400 Furnace, Model: FB1410M-33 (Εικόνα 23). Συγκεκριμένα, μετά τη διαδικασία της απομάκρυνσης της υγρασίας στους 70°C το δείγμα τοποθετείται στον κλίβανο στους 550°C για περίπου 5 ώρες.



Εικόνα 23: Κλίβανος BI Barnstead/ Thermolyne 1400 Furnace

Τα πτητικά στερεά υπολογίζονται από τη διαφορά μάζας πριν και μετά την ανάφλεξη στους 550°C

Το επί τοις εκατό (%) ποσοστό υγρασίας του δείγματος δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$\% \text{ Πτητικά Στερεά (VS\%)} = \frac{m_{0,d} - m_{0,b}}{m_{0,d} - m_0} * 100$$

$m_0$ : η μάζα της κάψας (g)

$m_{0,d}$ : η αρχική μάζα δείγματος μετά από ξήρανση στους 70°C και η μάζα της κάψας (g)

$m_{0,b}$ : η τελική μάζα δείγματος μετά από ανάφλεξη στους 550°C (g).

#### 3.4.4 Μέθοδος προσδιορισμού ολικού οργανικού άνθρακα σε στερεό δείγμα

Για τον προσδιορισμό του ολικού οργανικού άνθρακα ακολουθήθηκε η Ομάδα Εργασίας OE-504A-24 Προσδιορισμός TOC σε στερεά της Μονάδας Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας. Ο οργανικός άνθρακας στα απόβλητα βρίσκεται σε διάφορες μορφές. Λόγω της ποικιλομορφίας των οργανικών ενώσεων του άνθρακα, ο ποσοτικός προσδιορισμός όλων των επιμέρους οργανικών συστατικών δεν είναι δυνατός, οπότε αναγκαία βασίζεται στις μετρήσεις της συνολικής ποσότητας οργανικού άνθρακα (του ολικού οργανικού άνθρακα). Έτσι η παρούσα μέθοδος είναι έμμεση δηλαδή ο ολικός οργανικός άνθρακας (TOC) προκύπτει από τη διαφορά μεταξύ των αποτελεσμάτων των μετρήσεων του ολικού άνθρακα (TC) και του ολικού ανόργανου άνθρακα (TIC) (ΜΠΕΤ, 2012α)

Ισχύουν οι ακόλουθοι ορισμοί:

**Ολικός Άνθρακας** (Total Carbon - TC) = η συγκέντρωση του άνθρακα που περιέχει ένα στερεό δείγμα σε μορφή οργανικού, ανόργανου και στοιχειακού άνθρακα.

**Ολικός Ανόργανος Άνθρακας** (Total Inorganic Carbon - TIC) = η ποσότητα του άνθρακα που απελευθερώνεται ως διοξείδιο του άνθρακα μετά από επεξεργασία του δείγματος με οξύ.

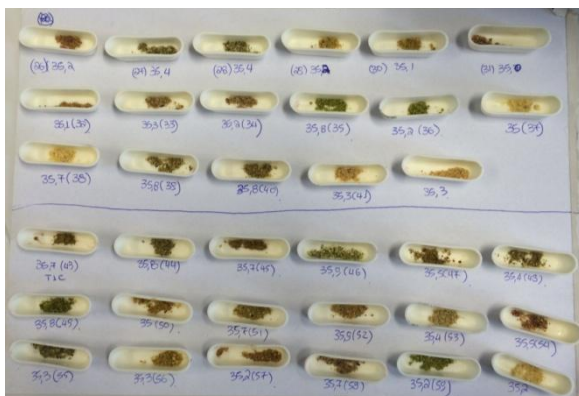
**Ολικός Οργανικός Άνθρακας** (Total Organic Carbon - TOC) = η ποσότητα του άνθρακα που μετατρέπεται σε διοξείδιο του άνθρακα που προκύπτει από την καύση και όποια δεν προκύπτει μετά την όξινη επεξεργασία του δείγματος.

Για τη διεξαγωγή της μέτρησης χρησιμοποιείται ο αυτόματος αναλυτής του οίκου Shimadzu TOC-V<sub>CSH</sub> με τη μονάδα για την ανάλυση στερεών δειγμάτων Solid Sample Module SSM 5000A (Εικ. 24).



Εικόνα 24: Αναλυτής του οίκου Shimadzu TOC-V<sub>CSH</sub>

Αρχικά γίνεται ο προσδιορισμός του ολικού άνθρακα. Ξηρό δείγμα λιτριβείται και σε ειδικό σκαφίδιο από πορσελάνη (Εικόνα 25) ζυγίζονται με ακρίβεια 35 mg. Το σκαφίδιο με το προετοιμαζόμενο στερεό δείγμα εισάγεται στον σωλήνα καύσης στον ειδικό φούρνο τύπου Solid Sample Module SSM 5000A (Εικόνα 26).



Εικόνα 25: Στερεά δείγματα σε σκαφίδια για μέτρηση άνθρακα



Εικόνα 26: Εισαγωγή δείγματος στο φούρνο καύσης

Ο ολικός άνθρακας του δείγματος οξειδώνεται (καίγεται στους 900 °C) στον σωλήνα καύσης και σχηματίζεται διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Το φέρον αέριο (υπερκάθαρος αέρας) ρέει μέσα από το σωλήνα καύσης και παραλαμβάνει το διοξείδιο του άνθρακα και τα υπόλοιπα προϊόντα της καύσης τα οποία μεταφέρει σε ένα αφυγραντή όπου απομακρύνεται η υγρασία ενώ ταυτόχρονα ψύχονται



τα αέρια της καύσης. Ακολούθως το φέρον αέριο διέρχεται μέσα από μια παγίδα αλογόνων (όπου κατακρατούνται τα αλογόνα που ίσως περιέχει) για να καταλήξει στην κυψελίδα του ανιχνευτή NDIR (Non Dispersive Infra Red gas analyzer), όπου ανιχνεύεται το διοξείδιο του άνθρακα. Το εύρος μετρήσεων είναι από 0,2 mg C έως 30 mg C.

Στη συνέχεια προσδιορίζεται ο ανόργανος άνθρακας. Το δείγμα οξυνίζεται με φωσφορικό οξύ ( $H_3PO_4$  85%) και εισάγεται στον φούρνο στους 200°C. Τα ανθρακικά άλατα που περιέχονται στο δείγμα μετατρέπονται σε διοξείδιο του άνθρακα. Κατόπιν διαβιβάζεται από το δείγμα το φέρον αέριο (υπερκάθαρος αέρας), οπότε το διοξείδιο του άνθρακα που παράχθηκε οδηγείται σε ένα αφυγραντή όπου απομακρύνεται η υγρασία. Ακολούθως το φέρον αέριο διέρχεται μέσα από μια παγίδα αλογόνων, (όπου κατακρατούνται τα αλογόνα που ίσως περιέχει το δείγμα) για να καταλήξει στην κυψελίδα του ανιχνευτή NDIR (Non Dispersive Infra Red gas analyzer), όπου το διοξείδιο του άνθρακα ανιχνεύεται. Το εύρος μετρήσεων είναι από 0,1 mg C έως 20 mg C.

Τα αποτελέσματα του TC και TIC αναφέρονται ως μέσος όρος για τουλάχιστον δύο μετρήσεις κάθε μίας παραμέτρου. Η διαφορά τους ισούται με τον οργανικό άνθρακα. Το % ποσοστό του οργανικού άνθρακα εκφρασμένο σε ξηρή βάση δίνεται από τον εξής τύπο:

$$\% \text{TOC}_{\text{ε.β.}} = \frac{\left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2}\right)}{2} * \% \text{TS} * 100$$

$m_1$ : η μετρούμενη μάζα του οργανικού άνθρακα του πρώτου δείγματος (mg)

$m_2$ : η μετρούμενη μάζα του οργανικού άνθρακα του δεύτερου δείγματος (mg)

$M_1$ : η αρχική μάζα του πρώτου δείγματος (mg)

$M_2$ : η αρχική μάζα του δεύτερου δείγματος (mg)

$\% \text{TS}$ : η επί τοις εκατό (%) περιεκτικότητα σε ολικά στερεά.

### 3.4.5 Μέθοδος προσδιορισμού ολικού αζώτου σε στερεό δείγμα

Το **ολικό άζωτο** (Total Nitrogen - TN) είναι η συγκέντρωση του αζώτου που περιέχει ένα στερεό δείγμα σε μορφή οργανικού (N-org), αμμωνιακού ( $N-NH_4$ ), νιτρικού ( $N-NO_3$ ), και νιτρώδους αζώτου ( $N-NO_2$ ) (ΜΠΕΤ, 2012b).

Για τον προσδιορισμό του ολικού αζώτου ακολουθήθηκε η Ομάδα Εργασίας *OE-504A-25 Προσδιορισμός TN σε στερεά* της Μονάδας Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας. Η μέθοδος προσδιορισμού του ολικού αζώτου βασίζεται στην τροποποιημένη κατά Kjeldahl μέθοδο προσδιορισμού αζώτου. Στην κλασική μέθοδο Kjeldahl πραγματοποιείται η μετατροπή του οργανικού αζώτου και ελεύθερου αμμωνίου σε άλας θειικού αμμωνίου στην διάρκεια χώνευσης παρουσία θειικού οξέως και καταλυτών. Στην συνέχεια η αμμωνία αποστάζεται και προσδιορίζεται ογκομετρικά με τιτλοδότηση. Τα νιτρικά και νιτρώδη άλατα δεν διασπώνται με την χώνευση κατά Kjeldahl οπότε πρέπει να γίνει μετατροπή τους σε αμμωνιακά.

Στην τροποποιημένη μέθοδο κατά Kjeldahl, το διοξείδιο του τιτανίου (TiO<sub>2</sub>) χρησιμοποιείται ως καταλύτης αντί σεληνίου. Η μετατροπή (αναγωγή) των νιτρικών (N-NO<sub>3</sub>) και νιτρωδών ενώσεων (N-NO<sub>2</sub>) σε αμμωνιακά γίνεται με χρήση σαλικυλικού οξέος και θειοθειικού νάτριου. Η διαδικασία της μεθόδου ουσιαστικά μπορεί να χωριστεί σε τρία μέρη: **(1) χώνευση, (2) απόσταξη** και **(3) τιτλοδότηση**.

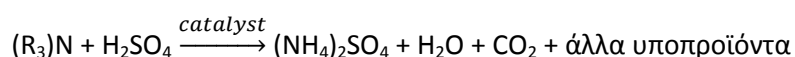
### (1) Χώνευση δείγματος

Στην παρούσα τροποποιημένη μέθοδο Kjeldahl προζυγισμένη ποσότητα του δείγματος μεταφέρεται σε ειδική φιάλη χώνευσης και επεξεργάζεται για 12h πριν την χώνευση με το διάλυμα του σαλικυλικού οξέως διαλυμένου στο πυκνό θειικό οξύ (20 mL). Στην συνέχεια προστίθενται 2,5 g θειοθειικού νάτριου και το μίγμα θερμαίνεται στους 170°C στην ειδική συσκευή χώνευσης Gerhard Kjeldatherm KB / KBL (Εικόνα 27) για 30 λεπτά (μέχρι ο αφρισμός να σταματήσει).



Εικόνα 27: Συσκευή χώνευσης Gerhard Kjeldatherm KB / KBL

Οι νίτρο-ενώσεις που σχηματίζονται σε όξινο περιβάλλον στην αντίδραση του σαλικυλικού οξέος με το νιτρικό άζωτο του δείγματος, ανάγονται σε αμινο-ενώσεις υπό θέρμανση του δείγματος με θειοθειικό νάτριο. Ύστερα, η φιάλη ψύχεται και προστίθενται 5,5 g μίγματος καταλύτη (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> - CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O - TiO<sub>2</sub>). Έπειτα ξανατοποθετείται στην συσκευή χώνευσης όπου θερμαίνεται αρχικά ήπια και στη συνέχεια σε συνθήκες έντονου βρασμού για 2 ώρες στους 400°C. Το τελικό αποτέλεσμα είναι ένα διάλυμα θειικού αμμωνίου. Η γενική αντίδραση για την χώνευση ενός οργανικού δείγματος φαίνεται παρακάτω:



### (2) Απόσταξη αμμωνίας

Στο τέλος της χώνευσης η φιάλη αφήνεται να κρυώσει και προσαρμόζεται στη συσκευή απόσταξης Varodest (Εικόνα 28) όπου πραγματοποιείται η απόσταξη.





Εικόνα 28: Συσκευή απόσταξης Gerhard Vapodest 30s

Μετά τον σχηματισμό του θειικού αμμωνίου, η αμμωνία ελευθερώνεται σε αλκαλικό περιβάλλον σύμφωνα με την αντίδραση:  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} \xrightarrow{\text{θέρμανση}} \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{NH}_3 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

Στην συνέχεια η αμμωνία αποστάζεται και δεσμεύεται σε διάλυμα βορικού οξέος, όπου και προσδιορίζεται εμμέσως. Η αντίδραση φαίνεται ακολούθως:  $4\text{H}_3\text{BO}_3 + 2\text{NH}_3 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 + 5\text{H}_2\text{O}$

### (3) Τιτλοδότηση

Το ποσό παρούσας αμμωνίας (ως εκ τούτου το ποσό παρόντος αζώτου στο δείγμα) καθορίζεται με τιτλοδότηση με πρότυπο διάλυμα θειικού οξέος παρουσία καταλλήλου δείκτη σύμφωνα με την αντίδραση:  $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\text{M15}} (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_3\text{BO}_3$ .



Εικόνα 29: Τιτλοδότηση για τον προσδιορισμό του ολικού αζώτου

Η περιεκτικότητα του δείγματος σε ολικό άζωτο σε mg/g υπολογίζεται από παρακάτω τύπο:

$$\text{TN} = \frac{(V_{\Delta} - V_{\text{T}}) \times c(\text{H}^+) \times M_{\text{N}}}{m} \times \frac{100 + \%Y_{\text{E.B.}}}{100}$$

Όπου:

- $V_{\Delta}$  = ο όγκος, σε mL, του θειικού οξέος που χρησιμοποιούνται για την τιτλοδότηση του δείγματος
- $V_{\text{T}}$  = ο όγκος, σε mL, του θειικού οξέος που χρησιμοποιούνται για την τιτλοδότηση του τυφλού
- $c(\text{H}^+)$  = η συγκέντρωση των  $\text{H}^+$  σε θειικό οξύ, σε mole/L
- $M_{\text{N}}$  = το μοριακό βάρος του αζώτου, σε g/mole (= 14.0067)
- $M$  = η μάζα, σε g, του ξηραμένου στερεού δείγματος
- $\%Y_{\text{E.B.}}$  = η υγρασία δείγματος σε ξηρή βάση (%)

### 3.4.6 Μέθοδος προσδιορισμού ολικού Kjeldahl αζώτου σε στερεό δείγμα

Το **ολικό Kjeldahl άζωτο** (Total Kjeldahl Nitrogen – TKN) είναι η συγκέντρωση του αζώτου που περιέχει ένα στερεό δείγμα σε μορφή οργανικού (N-org) και αμμωνιακού (N-NH<sub>4</sub>) αζώτου.

Η μέθοδος Kjeldahl αναπτύχθηκε πριν από 100 χρόνια για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας σε άζωτο σε οργανικές και ανόργανες ουσίες. Αν και η τεχνική και οι συσκευές έχουν τροποποιηθεί κατά τη διάρκεια των ετών, οι βασικές αρχές που εισήγαγε ο Johan Kjeldahl ακόμα παραμένουν σήμερα. Η μέθοδος βασίζεται στην μετατροπή του οργανικού αζώτου και ελεύθερου αμμωνίου σε θειικό αμμωνιακό άλας οπότε ο προσδιορισμός του αζώτου γίνεται με τιτλοδότηση ως προς την αμμωνία. Όπως και κατά τη μέθοδο προσδιορισμού του ολικού αζώτου Η μέθοδος μπορεί να χωριστεί σε τρία κύρια στάδια: χώνευση, απόσταξη και τιτλοδότηση.

Η αρχή της μεθόδου είναι η καύση του δείγματος με περίσσεια πυκνού θειικού οξέος παρουσία καταλυτών (θειικό άλας χαλκού CuSO<sub>4</sub> και σελήνιο Se). Από το όξινο θειικό αμμώνιο που σχηματίζεται, ελευθερώνεται αμμωνία σε αλκαλικό περιβάλλον, η οποία αποστάζει και δεσμεύεται σε περίσσεια διαλύματος βορικού οξέος, όπου και προσδιορίζεται. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται είναι ο ίδιος με αυτόν που χρησιμοποιείται κατά τον προσδιορισμό του ολικού αζώτου.

Έτσι αρχικά το δείγμα λιотριβείται και ζυγίζονται 0,5 g. Το δείγμα τοποθετείται στις φιάλες χώνευσης και στη συνέχεια προστίθενται 5,5 g από τους προαναφερθέντες καταλύτες και 20 mL πυκνού θειικού οξέος (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 98%). Αφού ετοιμασθούν όλες οι φιάλες, τοποθετούνται στην ειδική συσκευή χώνευσης Gerhard Kjeldatherm KB / KBL. Μέσω του ρυθμιστή θερμοκρασίας οι φιάλες θερμαίνονται, ήπια αρχικά, μέχρι να αρχίσει ο αφρισμός και στη συνέχεια ακολουθεί έντονη θέρμανση για περίπου μία ώρα στους 100 °C. Η πλήρης χημική διάσπαση έχει επιτευχθεί όταν το

διάλυμα γίνει διαυγές. Το διάλυμα αφήνεται να ψυχθεί, μέσα στη φιάλη, σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η φιάλη, στη συνέχεια, προσαρμόζεται στην συσκευή απόσταξης Varodest.

Για τη συλλογή του αποστάγματος χρησιμοποιείται κωνική φιάλη των 250 mL μέσα στην οποία έχουν προστεθεί 25mL βορικού οξέος  $H_3BO_3$  2%w/v. Η συσκευή απόσταξης, μέσω ρυθμιζόμενου προγράμματος διοχετεύει περίσσεια διαλύματος καυστικού νατρίου NaOH 32%w/v και απιονισμένου νερού. Κατά τη διάρκεια της ανάμειξης του θειικού αμμωνίου  $(NH_4)_2SO_4$  με το καυστικό νάτριο NaOH, απελευθερώνεται αέρια αμμωνία  $NH_3$  η οποία με τη διαδικασία της απόσταξης παγιδεύεται από το βορικό οξύ  $H_3BO_3$ . Στη συνέχεια γίνεται τιτλοδότηση με πρότυπο διάλυμα  $H_2SO_4$  0,1N. Χρησιμοποιούνται 2-3 σταγόνες από μεικτό προπαρασκευασμένο δείκτη που περιέχει ερυθρό του μεθυλίου και μπλε του μεθυλενίου (mixed indicator 5). Η τιτλοδότηση ολοκληρώνεται μόλις παρατηρηθεί αλλαγή του χρώματος.

Η επί τις εκατό περιεκτικότητα του δείγματος σε ολικό Kjeldahl άζωτο υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\%TKN = \frac{1,4007 * c * (V - V_b)}{m}$$

Όπου:

c: η συγκέντρωση του διαλύματος του  $H_2SO_4$  που χρησιμοποιείται για την τιτλοδότηση. Αξίζει να τονίσουμε πως η συγκέντρωση του  $H_2SO_4$  είναι ίση με την κανονικότητά του, και για την παραπάνω πειραματική διαδικασία ίση με 0,1 mol/L.

V: ο όγκος του διαλύματος  $H_2SO_4$  που χρησιμοποιείται στην τιτλοδότηση (mL).

$V_b$ : ο όγκος του διαλύματος  $H_2SO_4$  που χρησιμοποιείται στον λευκό προσδιορισμό (mL).

m: η αρχική μάζα του δείγματος (g).

### 3.4.7 Μέθοδος προσδιορισμού νιτρικών

Το νιτρικό άζωτο (N-NO<sub>3</sub>%) υπολογίζεται έμμεσα από τη σχέση:

$$N-NO_3\% = TN\% - TKN\%$$

### 3.4.8 Μέθοδος προσδιορισμού αμμωνιακών

Για τη συγκεκριμένη μέθοδο υπολογισμού αμμωνιακών χρησιμοποιούνται τα παρακάτω αντιδραστήρια:

- ✓ Διάλυμα βορικού οξέος  $H_3BO_3$  2% w/v.
- ✓ 2-3 σταγόνες από μεικτό προπαρασκευασμένο δείκτη που περιέχει ερυθρό του μεθυλίου και μπλε του μεθυλενίου.
- ✓ Ετερογενές διάλυμα υδροξειδίου του μαγνησίου MgOH. Θερμαίνονται 17g MgO στους 800 °C για 2 ώρες. Εν συνεχεία η ποσότητα αφήνεται να ψυχθεί σε θερμοκρασία περιβάλλοντος μέσα σε αφυγραντήρα. Τέλος διαλύονται τα 17g σε 100mL νερού.

- ✓ Οκτανδιόλη. Χρησιμοποιείται για τη μείωση του αφρισμού.
- ✓ Διάλυμα χλωριούχου καλίου KCl 2M. Διαλύονται 745,51g στερεού χλωριούχου καλίου KCl σε 5lt απιονισμένου νερού.
- ✓ Διάλυμα θειικού οξέος H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,005M.

Δείγμα στο οποίο έχει προηγηθεί ξήρανση στους 105°C λιτριβείται και ζυγίζονται 5g. Το δείγμα τοποθετείται σε ποτήρι ζέσεως των 100mL και προστίθενται 50mL διαλύματος χλωριούχου καλίου KCl. Το ποτήρι αφήνεται σε αναδευτήρα για περίπου μία ώρα. Εν συνεχεία γίνεται ένας υποτυπώδης διαχωρισμός του υγρού το οποίο υφίσταται φυγοκέντρηση στις 3000 στροφές/λεπτό για 10 λεπτά και διήθηση υπό κενό. Από το διήθημα λαμβάνονται 5mL με την πιπέτα δειγματοληψίας και εκχύνονται στον ειδικό σωλήνα χώνευσης. Στο σωλήνα χώνευσης πάλι με τη χρήση πιπέτας εκχύνονται 6mL διαλύματος υδροξειδίου του μαγνησίου MgOH και μερικές σταγόνες οκτανδιόλης.

Ο σωλήνας, στη συνέχεια, προσαρμόζεται στην ειδική συσκευή απόσταξης Varodest 30s. Για τη συλλογή του αποστάγματος χρησιμοποιείται κωνική φιάλη των 250 mL μέσα στην οποία έχουν προστεθεί 25 mL βορικού οξέος H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 2% w/v. Η συσκευή απόσταξης, μέσω ρυθμιζόμενου προγράμματος διοχετεύει περίσσεια διαλύματος καυστικού νατρίου NaOH 32% w/v και απιονισμένου νερού. Στη συνέχεια γίνεται τιτλοδότηση με διάλυμα θειικού οξέος H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,01M. Χρησιμοποιούνται 2-4 σταγόνες από μεικτό προπαρασκευασμένο δείκτη που περιέχει ερυθρό του μεθυλίου και μπλε του μεθυλενίου. Η τιτλοδότηση ολοκληρώνεται μόλις παρατηρηθεί αλλαγή του χρώματος, από magenta σε ανοιχτό πράσινο. Παράλληλα εκτελείται και λευκός προσδιορισμός.

Η επί τις εκατό περιεκτικότητα του δείγματος σε ολικό άζωτο υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\%NH_4 = \frac{0,07(V - V_b)}{V_a}$$

Όπου:

V: ο όγκος του διαλύματος θειικού οξέος H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> που χρησιμοποιείται στην τιτλοδότηση (mL).

V<sub>b</sub>: ο όγκος του διαλύματος θειικού οξέος H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> που χρησιμοποιείται στον λευκό προσδιορισμό (mL).

V<sub>a</sub>: ο αρχικός όγκος του δείγματος (mL).

### 3.4.9 Μέθοδος προσδιορισμού βαρέων μετάλλων και ιχνοστοιχείων

Για τον προσδιορισμό των βαρέων μετάλλων και των ιχνοστοιχείων στα στερεά δείγματα απαιτείται αρχικά η προεπεξεργασία του δείγματος και συγκεκριμένα η χώνευση αυτού με νιτρικό οξύ προκειμένου να διαλυτοποιηθεί πλήρως το στερεό. Για τη χώνευση ακολουθήθηκε η Ομάδα Εργασία OE-504A-23, Χώνευση στερεών δειγμάτων με μικροκύματα Προσδιορισμός της Μονάδας Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας. Στο πλαίσιο αυτό αρχικά ζυγίζονται 0,5 g ξηρού δείγματος και τοποθετούνται σε ειδικά δοχεία χώνευσης. Στη συνέχεια, προστίθενται 10mL νιτρικού οξέως στα δοχεία χώνευσης και τελικά τοποθετούνται στη συσκευή μικροκυμάτων

μικροκυμάτων Milestone Start D (Εικόνα 30). Η οξείδωση της οργανικής μήτρας που γίνεται στην διάρκεια της χώνευσης παρουσιάζεται με τυπική αντίδραση:  $(\text{CH}_2)_x + 2\text{HNO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 (\text{g}) + \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$ .



Εικόνα 30: Φούρνος μικροκυμάτων Milestone Start D με ATC CE 400 Temperature Sensor

Μετά την πραγματοποίηση της χώνευσης τα δοχεία τοποθετούνται στο υδατόλουτρο για τουλάχιστον 2 ώρες, προκειμένου να απομακρυνθεί όσο το δυνατόν περισσότερο το νιτρικό οξύ. Εάν το χωνεμένο δείγμα περιέχει στερεό υπόλειμμα, το δείγμα πρέπει να διηθείται από φίλτρα 0,45 μm (Εικόνα 31). Το δείγμα μεταφέρεται σε ογκομετρική των 25 mL, αραιώνεται μέχρι την χαραγή και είναι έτοιμο για την ανάλυση σε φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης (ΜΠΕΤ, 2011γ).



Εικόνα 31: Σύστημα διήθησης

Ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων και των ιχνοστοιχείων πραγματοποιείται με φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης (Atomic Absorption Spectroscopy - AAS) με χρήση του οργάνου VARIAN AA240FS Fast Sequential (Εικόνα 32). Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων και των ιχνοστοιχείων ακολουθήθηκε η Ομάδα Εργασία ΟΕ-504Α-26, Προσδιορισμός μετάλλων με AAS υγρών δειγμάτων της Μονάδας Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας. Συγκεκριμένα, με τη χρήση του εν λόγω οργάνου μετρώνται τα: κάδμιο (Cd), χρώμιο

(Cr), χαλκός (Cu), μόλυβδος (Pb), μαγγάνιο (Mn), νικέλιο (Ni), ψευδάργυρος (Zn), κάλιο (K), νάτριο (Na), ασβέστιο (Ca) και μαγνήσιο (Mg).



Εικόνα 32: Φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης Agilent AA240FS

Η ατομική απορρόφηση βασίζεται στη μέτρηση της ακτινοβολίας χαρακτηριστικού μήκους κύματος που απορροφούν οι ατομοποιημένες μορφές μετάλλων που βρίσκονται στη θεμελιώδη κατάσταση. Επειδή η ενέργεια των ατόμων είναι κβαντισμένη, οι μεταπτώσεις των ηλεκτρονίων συντελούνται μόνο μεταξύ καθορισμένων ενεργειακών επιπέδων. Έτσι, όταν στις ατομοποιημένες μορφές μετάλλων προσπίπτει ακτινοβολία, απορροφώνται μόνο συγκεκριμένες ενεργειακές στάθμες, οπότε λαμβάνεται το φάσμα απορρόφησης. Η απορρόφηση της ακτινοβολίας οδηγεί σε μετάπτωση ενός ηλεκτρονίου σε ανώτερη ενεργειακή στιβάδα, που αντιστοιχεί σε διεγερμένη κατάσταση του ατόμου.

Οι διεγερμένες καταστάσεις είναι ασταθέστερες σε σχέση με τη θεμελιώδη, με αποτέλεσμα την αυθόρμητη επαναφορά του ηλεκτρονίου στη θεμελιώδη κατάσταση, με εκπομπή ακτινοβολίας μικρότερου μήκους κύματος, της ακτινοβολίας φθορισμού. Η ηλεκτρονική δομή του ατόμου, στη θεμελιώδη και τις διεγερμένες καταστάσεις, είναι μοναδική για κάθε στοιχείο, επομένως και η ακτινοβολία που απαιτείται για τη διέγερση είναι χαρακτηριστική για κάθε στοιχείο. Η απορρόφηση υπακούει στο νόμο των Beer-Lambert, που διατυπώνεται ως εξής:

$$A = \log_{10} \left( \frac{I}{I_0} \right) = -\varepsilon \cdot C \cdot d$$

Όπου: A = απορρόφηση

I = η ένταση της ακτινοβολίας που διαπερνά στο νέφος

I<sub>0</sub> = η ένταση της ακτινοβολίας που προσπίπτει στο νέφος

ε = μοριακός συντελεστής απορρόφησης

d = οπτική διαδρομή

C = συγκέντρωση του προσδιοριζόμενου στοιχείου



Στη σχέση αυτή βασίζεται ο ποσοτικός προσδιορισμός με τη FAAS, χωρίς άμεσο υπολογισμό της συγκέντρωσης, αλλά με τη βοήθεια καμπύλης αναφοράς, που κατασκευάζεται με μέτρηση της απορρόφησης διαλυμάτων γνωστής συγκέντρωσης.

Ένα όργανο ατομικής απορρόφησης εκτελεί την εξής λειτουργία: Ακτινοβολία χαρακτηριστικού μήκους για κάθε προσδιοριζόμενο στοιχείο εκπέμπεται από κατάλληλη πηγή και διέρχεται από ατομικό νέφος, όπου τα άτομα του προσδιοριζόμενου στοιχείου την απορροφούν. Στη συνέχεια, αφού επιλεγεί με ένα μονοχρωμάτορα το χαρακτηριστικό για το στοιχείο μήκος κύματος μέσα από το φασματικό εύρος που εκπέμπεται από την ατομοποίηση, οδηγείται στον ανιχνευτή, μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα, ενισχύεται και τέλος καταγράφεται από κατάλληλο όργανο.

Ως πηγή ακτινοβολίας χρησιμοποιούνται οι λυχνίες κοίλης καθόδου. Η λυχνία κοίλης καθόδου αποτελείται από γυάλινο σωλήνα, πληρωμένο με ευγενές αέριο σε χαμηλή πίεση που περιέχει μια κυλινδρική κάθοδο και μια άνοδο. Η κάθοδος είναι κατασκευασμένη από το ίδιο το μέταλλο που πρόκειται να προσδιορισθεί. Με εφαρμογή τάσης μεταξύ των ηλεκτροδίων το ευγενές αέριο ionίζεται. Τα θετικά ιόντα που προκύπτουν προσπίπτουν στην επιφάνεια της καθόδου και προκαλούν την εξαέρωση και ατομοποίηση μέρους αυτής. Τα εντός της κοίλης καθόδου παραγόμενα άτομα των μετάλλων διεγείρονται και εκπέμπουν την επιθυμητή χαρακτηριστική ακτινοβολία του προσδιοριζόμενου στοιχείου. Το απέναντι από την κάθοδο τμήμα της λυχνίας αποτελείται από χαλαζία για την δίοδο της υπεριώδους ακτινοβολίας.

Στην φασματομετρία ατομικής απορρόφησης με φλόγα (FAAS) χρησιμοποιείται σύστημα ατομοποίησης που περιλαμβάνει καυστήρα όπου δημιουργείται η φλόγα με ανάμιξη του καύσιμου με το οξειδωτικό αέριο, είτε πριν, σε ειδικό θάλαμο προανάμειξης, είτε κατά τη δημιουργία της. Η διαδικασία της ατομοποίησης περιλαμβάνει τα στάδια της εκνέφωσης του υγρού δείγματος, της επιλογής σταγονιδίων κατάλληλου μεγέθους, της ανάμειξης με τα αέρια της φλόγας και της εισαγωγής στον καυστήρα και στη φλόγα. Εκεί η θερμότητα της φλόγας οδηγεί σε απομάκρυνση του διαλύτη και σχηματισμό μικροσκοπικών στερεών σωματιδίων που στη συνέχεια υγροποιούνται, εξατμίζονται και διασπώνται στα άτομα των συστατικών που τα αποτελούν. Για τη δημιουργία της φλόγας χρησιμοποιείται μίγμα ακετυλενίου-αέρα που δημιουργεί φλόγα θερμοκρασίας περί τους 2300°C κατάλληλη για τα περισσότερα στοιχεία που δεν σχηματίζουν δύστηκτα οξείδια.

Η λειτουργία του μονοχρωμάτορα συνίσταται στο να απομονώνει τη χαρακτηριστική φασματική γραμμή του προσδιοριζόμενου στοιχείου από τις υπόλοιπες γραμμές που εκπέμπει η πηγή, αλλά και από μοριακές εκπομπές ή άλλες ακτινοβολίες υποβάθρου που προέρχονται από τον ατομοποιητή. Ο φωτοπολλαπλασιαστής χρησιμοποιείται για τη μετατροπή του φωτεινού σήματος σε ηλεκτρικό και στη συνέχεια την ενίσχυση του ηλεκτρικού σήματος.

Η διόρθωση της ακτινοβολίας υποβάθρου (η οποία οφείλεται στην παρουσία στον χώρο του ατομοποιητή μορίων ή ριζών που απορροφούν την ακτινοβολία της πηγής, όπως και στερεών σωματιδίων που παράγονται κατά την εξαέρωση του δείγματος και σκεδάζουν την ακτινοβολία της πηγής) με πηγή συνεχούς ακτινοβολίας εφαρμόζεται και στην FAAS. Μια πηγή συνεχούς



ακτινοβολίας δευτερίου εκπέμπει ακτινοβολία σε μια ευρεία περιοχή μηκών κύματος. Η ακτινοβολία αυτή διέρχεται από τον ατομοποιητή παράλληλα με την ακτινοβολία της λυχνίας κοίλης καθόδου. Το προσδιοριζόμενο στοιχείο απορροφά αποτελεσματικά μόνο την ακτινοβολία της λυχνίας κοίλης καθόδου ενώ η απορρόφηση υποβάθρου επηρεάζει και τις δύο δέσμες. Οι δύο δέσμες ανιχνεύονται διαδοχικά από τον ανιχνευτή και τα ηλεκτρονικά όργανα αφού διαχωρίσουν και επεξεργαστούν τα σήματα, παρέχουν τη διορθωμένη απορρόφηση του προσδιοριζόμενου στοιχείου (ΜΠΕΤ, 2012).

### 3.4.10 Προσδιορισμός φωσφόρου

Ο προσδιορισμός φωσφορικών ιόντων σε στερεά δείγματα πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του φασματοφωτομέτρου NOVA60 της MERCK (Εικόνα 33) στο χωνευμένο με τη μέθοδο των μικροκυμάτων δείγμα ύστερα από κατάλληλη αραιώση (1/100).



Εικόνα 33: Φασματοφωτόμετρο NOVA60 της MERCK

### 3.4.11 Προσδιορισμός του Βιοχημικά Μεθανογόνου Δυναμικού

Το Βιοχημικά Μεθανογόνο Δυναμικό (*Biochemical Methane Potential – BMP*) είναι η μέτρηση εκείνη με την οποία εξετάζεται η δυνατότητα παραγωγής βιοαερίου από ένα οργανικό υπόστρωμα σε εργαστηριακή κλίμακα υπό βέλτιστες συνθήκες. Η ποσότητα παραγομένου βιοαερίου αποτελεί δείκτη της αναερόβιας βιοαποδομησιμότητας του υποστρώματος.

Η μέθοδος προσδιορισμού του BMP πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τους *Owen* και *Chynoweth* και περιλαμβάνει την εξής διαδικασία:

Σε ειδικά φιαλίδια (serum bottles) όγκου 160 ml προστέθηκαν 20 ml αναερόβιας μικροβιακής καλλιέργειας, 80 mL νερού και συγκεκριμένη ποσότητα δείγματος, ώστε το μίγμα να αποκτήσει τελική συγκέντρωση σε ολικά στερεά 2 g TS /L. Η αναερόβια μικροβιακή καλλιέργεια συμπληρώθηκε με 10 mL/L από το διάλυμα ( $\text{NH}_4\text{HPO}_4$  (0,721 g/L) και με 10 ml/L διαλύματος το οποίο περιείχε ίχνη μετάλλων. Στα ειδικά φιαλίδια διοχετεύτηκε αέριο μίγμα  $\text{N}_2/\text{CO}_2$  (80/20), προκειμένου να εξασφαλιστούν οι αναερόβιες συνθήκες. Τα φιαλίδια ήταν σφραγισμένα με πώμα

με λαστιχένιο διάφραγμα έτσι ώστε να μην παρουσιάζεται το φαινόμενο διαφυγής του βιοαερίου (Εικόνα 34). Η ίδια διαδικασία πραγματοποιήθηκε για την προετοιμασία των τυφλών δειγμάτων, στα οποία ωστόσο δεν έγινε προσθήκη υποστρώματος. Τα πειράματα διεξάχθηκαν σε θερμοκρασία 35°C (μεσόφιλες συνθήκες).



Εικόνα 34: Φιαλίδια διεξαγωγής BMP δοκιμών (Σιάμαρης, 2012)

Η παραγωγή του μεθανίου μετρήθηκε σε σχέση με το χρόνο, καθώς σε αντιδραστήρα διαλείποντος έργου υπάρχει κορυφή στην παραγωγή μεθανίου και πρέπει να προσδιοριστεί. Η ποσοτικοποίηση της σύστασης του βιοαερίου έγινε με τη χρήση αέριου χρωματογράφου (SRI 8610c MG#1) που ήταν εξοπλισμένος με γεμισμένη στήλη ήλιου ως φέρον αέριο και με τη χρήση ανιχνευτή θερμικής αγωγιμότητας (TCD) (Σιάμαρης, 2012).

## Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα και Συζήτηση

### 4.1 Παρουσίαση αποτελεσμάτων ποιοτικής και ποσοτικής σύστασης βάσει των ημερολογίων καταγραφής αποβλήτων τροφίμων ανά νοικοκυριό

Στο παρόν υποκεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των ποσοτικών δεδομένων αναφορικά με τα παραγόμενα απόβλητα τροφίμων που συλλέχθηκαν μέσω των ημερολογίων καταγραφής που διανεμήθηκαν στις πέντε οικογένειες που διαμένουν στην Αττική.

#### 4.1.1 Οικογένεια 1<sup>η</sup> (H1)

Στον Πίνακα 8 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα αναφορικά με την παραγόμενη ποσότητα οικιακών αποβλήτων τροφίμων για την οικογένεια H1 (και για τα δύο μέλη) ανά είδος κατηγορίας και ανά εβδομάδα σε διάστημα 28 ημερών. Επίσης, τα αποτελέσματα παρουσιάζονται και ανάλογα με το διαχωρισμό τους σε *αποφευκτέα απόβλητα* και σε *αναπόφρευκτα απόβλητα*.

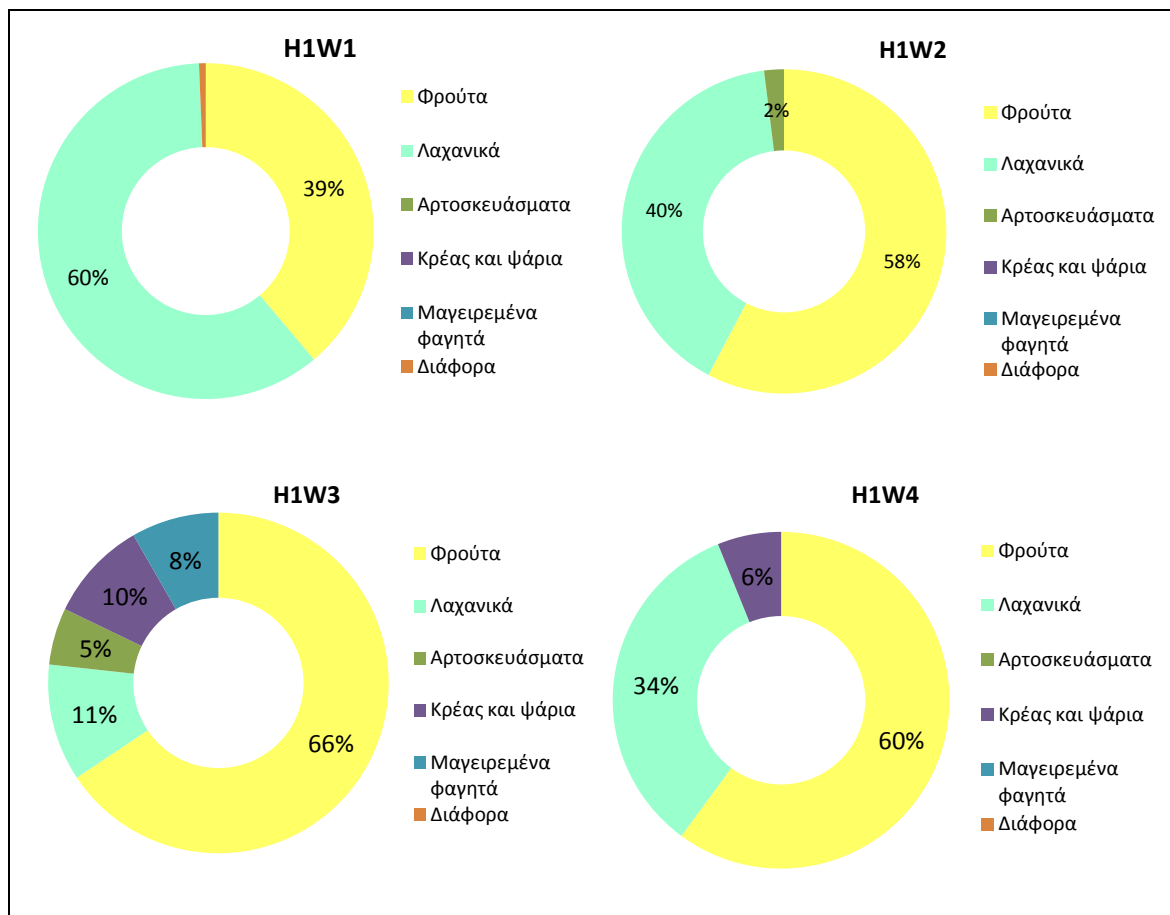
Πίνακας 8: Συγκεντρωτικά ποσοτικά στοιχεία για την οικογένεια H1 ανά είδος κατηγορίας και ανά εβδομάδα

Οικιακά Απόβλητα από:	1w <sup>(1)</sup>		2w		3w		4w		Σύνολο	Σύνολο
	A <sup>(2)</sup>	UN <sup>(3)</sup>	A	UN	A	UN	A	UN	A	UN
	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
Φρούτα	-	722	250	1.330	154	1.521	1.122	685	1.526	4.258
Πορτοκάλια	-	424	90	336	38	646	212	380	340	1.786
Λεμόνια	-	140	-	168	-	-	178	-	178	308
Μανταρίνια	-	12	160	14	56	48	180	-	396	74
Μήλα	-	-	-	34	60	130	72	13	132	177
Μπανάνες	-	146	-	638	-	659	480	292	480	1735
Ακτινίδιο	-	-	-	140	-	38	-	-	-	178
Φράουλες	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Αχλάδι	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Λαχανικά	720	404	-	1.104	186	98	78	938	984	2.544
Πατάτες	-	274	-	402	-	-	-	-	-	676
Μαρούλι	150	-	-	138	-	-	-	-	150	138
Κρεμμύδια	-	88	-	84	-	40	-	36	-	248
Αγγούρια	-	-	-	-	-	-	78	50	78	50
Μπρόκολο	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Καρότα	222	-	-	-	-	-	-	-	222	-
Σαλάτα	-	-	-	250	-	-	-	-	-	250
Πράσα	-	26	-	160	-	-	-	482	-	668
Σπανάκι	-	-	-	-	-	-	-	358	-	358
Λάχανο	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ρόκα	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Μαϊντανός	126	-	-	-	126	-	-	-	252	-

Οικιακά Απόβλητα από:	1w <sup>(1)</sup>		2w		3w		4w		Σύνολο	Σύνολο
	A <sup>(2)</sup>	UN <sup>(3)</sup>	A	UN	A	UN	A	UN	A	UN
	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
Πιπεριά	222	-	-	42	-	-	-	-	222	42
Ντομάτες	-	16	-	28	60	58	-	12	60	114
Φασόλια	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Παντζάρια	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Μανιτάρια	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Άνηθο	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Αρτοσκευάσματα	-	-	54	-	138	-	-	-	192	-
Ψωμί	-	-	54	-	138	-	-	-	192	-
Κρέας και ψάρια	-	-	-	-	134	110	184	-	318	110
Αλλαντικά	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Κοτόπουλο	-	-	-	-	134	110	184	-	318	110
Ψάρι	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Κρέας	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Λουκάνικα	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Μαγειρεμένα φαγητά	-	-	-	-	-	212	-	-	-	212
Ρύζι	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Μακαρόνια	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Πουρές	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Πράσινα φασόλια	-	-	-	-	-	212	-	-	-	212
Σουβλάκι πίτα	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ανάμικτη σαλάτα	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Φακές	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Διάφορα	-	12	-	-	-	-	-	-	-	12
Καφές	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Τυρί	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Αυγά	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σκόρδο	-	12	-	-	-	-	-	-	-	12
Σύνολο	720	1.138	304	2.434	612	1.941	1.384	1.623	3.020	7.136
									<b>10.156 g</b>	

(1) w: week, (2) A: avoidable, (3) UN: unavoidable

Στην **Εικόνα 35** παρουσιάζεται η κατά βάρος ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία των εβδομαδιαίων δειγμάτων (χωρίς να γίνεται διάκριση σε αποφευκτέα και αναπόφευκτα απόβλητα τροφίμων) για την οικογένεια H1.



Εικόνα 35: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία κατά βάρος των δειγμάτων H1W1, H1W2, H1W3, H1W4

Από τα παραπάνω παρατηρείται ότι τα περισσότερα οικιακά απόβλητα τροφίμων που παρήγαγε η πρώτη οικογένεια (H1) στο διάστημα των εικοσιοκτώ ημερών προέρχονται από την κατανάλωση φρούτων και λαχανικών εκ των οποίων το μεγαλύτερο ποσοστό θα μπορούσε να αποφευχθεί. Ειδικότερα, στην κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων ‘φρούτα’ για την οικογένεια H1 το μεγαλύτερο ποσοστό οικιακών αποβλήτων τροφίμων (61%) προέρχεται από φλούδες πορτοκαλιών και μπανάνας ενώ συνολικά περίπου το ένα τέταρτο της παραγωγής (26%) των οικιακών αποβλήτων τροφίμων θα μπορούσε να αποφευχθεί. Τα κύρια είδη φρούτων που αφέθηκαν να χαλάσουν είναι οι μπανάνες (8%), τα μανταρίνια (7%) και τα πορτοκάλια (6%). Στην κατηγορία ‘λαχανικά’ παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό οικιακών αποβλήτων τροφίμων προέρχεται από φλούδες πατάτας, πράσα και σπανάκι και συγκεκριμένα το ένα τέταρτο της παραγωγής θα μπορούσε να αποφευχθεί (27%). Τα κύρια είδη λαχανικών που αφέθηκαν να σαπίσουν είναι ο μαϊντανός (7%) και η πιπεριά (6%). Στην κατηγορία ‘αρτοσκευάσματα’ το 100% της παραγωγής θα μπορούσε να έχει αποφευχθεί, και συγκεκριμένα η κατηγορία περιλαμβάνει στο σύνολό της ψωμί που αφέθηκε να χαλάσει. Το ίδιο παρατηρείται και στην κατηγορία ‘κρέας - ψάρι’ στην οποία το 74% της παραγωγής θα μπορούσε να αποφευχθεί και αναφέρεται σε κοτόπουλο που αφέθηκε να χαλάσει, ενώ το 26% δεν μπορούσε να αποφευχθεί καθώς πρόκειται για κόκαλα και λίπη κοτόπουλου. Τέλος, στις κατηγορίες ‘μαγειρεμένα φαγητά’ και ‘διάφορα’ το σύνολο της παραγωγής δεν θα μπορούσε να

αποφευχθεί, και αναφέρεται σε φλούδες από φρέσκα φασόλια (100%) και φλούδες σκόρδων (100%).

Στη συνέχεια, στον **Πίνακα 9** δίδονται τα ποσοτικά αποτελέσματα ανά κατηγορία, ανά δυνατότητα αποφυγής παραγωγής τους και ανά άτομο της οικογένειας H1 σε εβδομαδιαία βάση. Βάσει των στοιχείων του **Πίνακα 9** η μέση ημερήσια παραγωγή οικιακών αποβλήτων τροφίμων για την οικογένεια H1 ανέρχεται σε **182 g**.

**Πίνακας 9:** Συγκεντρωτικά ποσοτικά στοιχεία για την οικογένεια H1 ανά κατηγορία και ανά εβδομάδα

Οικιακά Απόβλητα από:	1w		2w		3w		4w		Σύνολο		Σύνολο g
	A	UN	A	UN	A	UN	A	UN	A	UN	
	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	
Φρούτα	-	361	125	665	77	761	561	343	763	2.129	2.892
Λαχανικά	360	202	-	552	93	49	39	469	492	1.272	1.764
Αρτοσκευάσματα	-	-	27	-	69	-	-	-	96	-	96
Κρέας και ψάρια	-	-	-	-	67	55	92	-	159	55	214
Μαγειρεμένα φαγητά	-	-	-	-	-	106	-	-	-	106	106
Διάφορα	-	6	-	-	-	-	-	-	-	6	6
Σύνολο	360	569	152	1.217	306	971	692	812	1.510	3.568	5.078

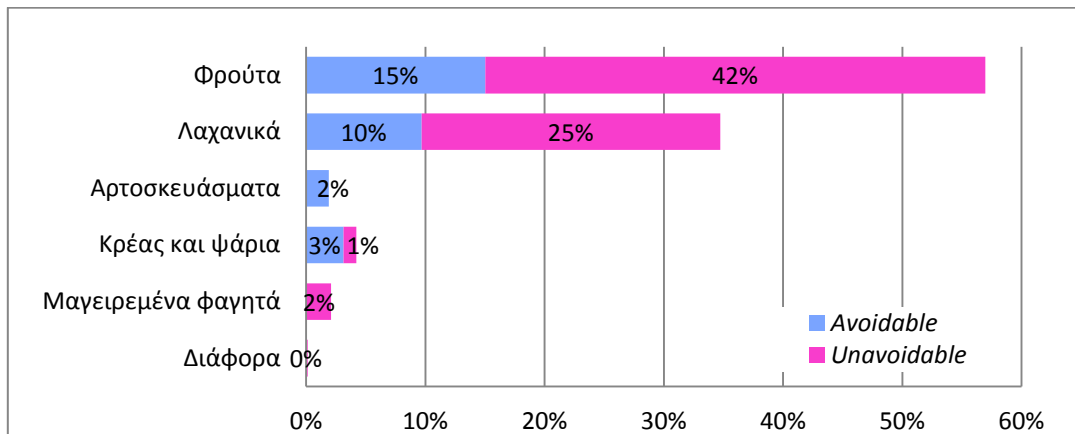
A: avoidable, UN: unavoidable

Στην **Εικόνα 36** παρουσιάζεται η ποσοστιαία συμμετοχή ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων συνολικά στο διάστημα 28 ημερών που παρήγαγε η πρώτη οικογένεια. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τα απόβλητα της οικογένειας H1 κατά τη διάρκεια του μήνα προέρχονται κυρίως (92%) από απόβλητα της κατηγορίας 'φρούτα και λαχανικά'. Το 4% προέρχεται από 'κρέας και ψάρι' ενώ οι κατηγορίες 'αρτοσκευάσματα' και 'μαγειρεμένα φαγητά' συμμετέχουν με 2% η κάθε μία.



**Εικόνα 36:** Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων κατά τη διάρκεια 28d, οικογένεια H1

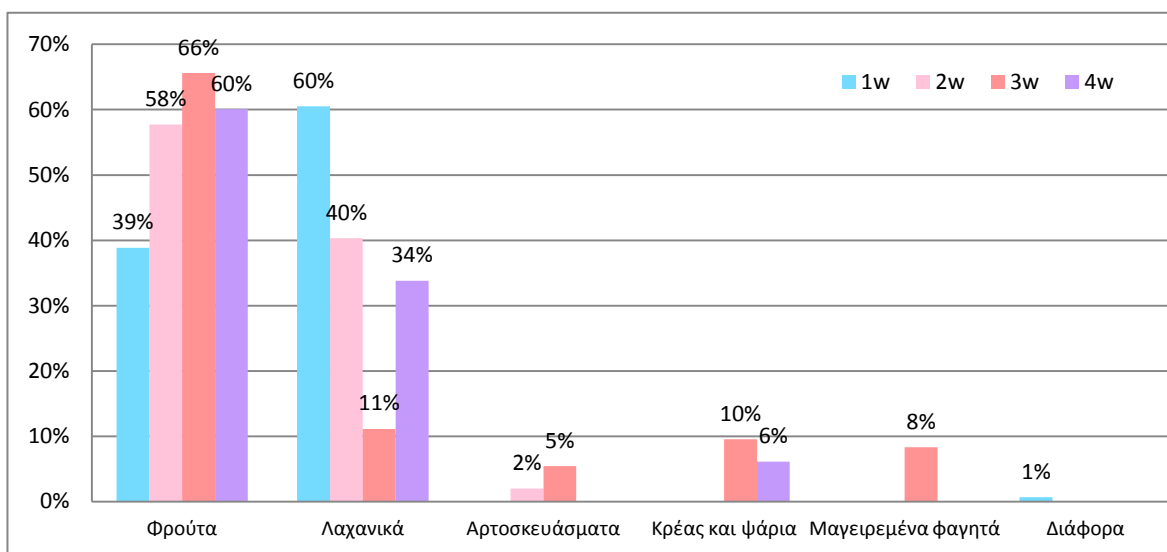
Στην **Εικόνα 37** φαίνεται η ποσοστιαία σύσταση ανά είδος σε 28 ημέρες καθώς και ο διαχωρισμός τους σε ‘αποφευκτέα’ και ‘αναπόφευκτα’.



**Εικόνα 37:** Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων και ανάλογα με το διαχωρισμό τους σε *αποφευκτέα απόβλητα (avoidable)* και σε *αναπόφευκτα απόβλητα (unavoidable)* κατά τη διάρκεια 28d, οικογένεια H1

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι από το 92%, που είναι η συμμετοχή σε απόβλητα φρούτων και λαχανικών, το 72% αφορά σε παραγωγή αποβλήτων κουζίνας που δε θα μπορούσε να αποφευχθεί. Επίσης, η παραγωγή αποβλήτων της κατηγορίας ‘αρτοσκευάσματα’ θα μπορούσε να αποφευχθεί σε ποσοστό 100%. Η κατηγορία μαγειρεμένα φαγητά, που καταλαμβάνει το 2% της συνολικής παραγωγής, είναι στο σύνολό της αναπόφευκτα απόβλητα. Στην κατηγορία ‘κρέας-ψάρι’, που συμμετέχει με 4% στο σύνολο της παραγωγής αποβλήτων, το 75% θα μπορούσε να αποφευχθεί. Συνολικά, το 70% της παραγωγής είναι αναπόφευκτα απόβλητα ενώ το 30% αποφευκτέα.

Στην **Εικόνα 38** παρουσιάζεται η συμμετοχή ανά είδος εβδομαδιαία και για τις τέσσερις εβδομάδες.



**Εικόνα 38:** Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων και ανά εβδομάδα για το χρονικό διάστημα ενός μήνα, οικογένεια H1



Όπως φαίνεται κάποια είδη δε συμμετέχουν καθόλου σε μερικές εβδομάδες, π.χ. την πρώτη εβδομάδα δεν υπάρχουν καθόλου οι κατηγορίες 'αρτοσκευάσματα', 'κρέας-ψάρια' και 'μαγειρεμένα φαγητά'. Οι κατηγορίες αποβλήτων από φρούτα και λαχανικά εμφανίζονται σε όλες τις εβδομάδες και σε υψηλά ποσοστά. Συγκεκριμένα την 1<sup>η</sup> εβδομάδα τα απόβλητα από φρούτα και λαχανικά συμμετέχουν με 99%. Κατά τη 2<sup>η</sup> εβδομάδα τα απόβλητων από φρούτα και λαχανικά συμμετέχουν με 98% και με 2% συμμετέχουν τα αρτοσκευάσματα που αφέθηκαν να χαλάσουν. Την 3<sup>η</sup> εβδομάδα η κατηγορία 'φρούτα' και η κατηγορία 'λαχανικά' συμμετέχουν με 76%, η κατηγορία 'αρτοσκευάσματα' με 5%, η κατηγορία 'κρέας-ψάρι' με 10% και τα απόβλητα από μαγειρεμένα φαγητά με 8%. Τέλος, την 4<sup>η</sup> εβδομάδα τα απόβλητα από φρούτα και λαχανικά συνεισφέρουν κατά 94% στην εβδομαδιαία παραγωγή οικιακών αποβλήτων κουζίνας ενώ το υπόλοιπο 6% προέρχεται από απόβλητα της κατηγορίας 'κρέας – ψάρι'.

#### 4.1.2 Οικογένεια 2<sup>η</sup> (H2)

Σε αντιστοιχία με τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν για την πρώτη οικογένεια, στον Πίνακα 10 παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα αναφορικά με την παραγόμενη ποσότητα οικιακών αποβλήτων τροφίμων για την οικογένεια H2 (και για τα δύο μέλη) ανά είδος κατηγορίας και ανά εβδομάδα στο διάστημα των 28 ημερών καθώς επίσης καταγράφονται οι ποσότητες ανάλογα με το διαχωρισμό τους σε αποφευκτέα και σε αναπόφευκτα απόβλητα.

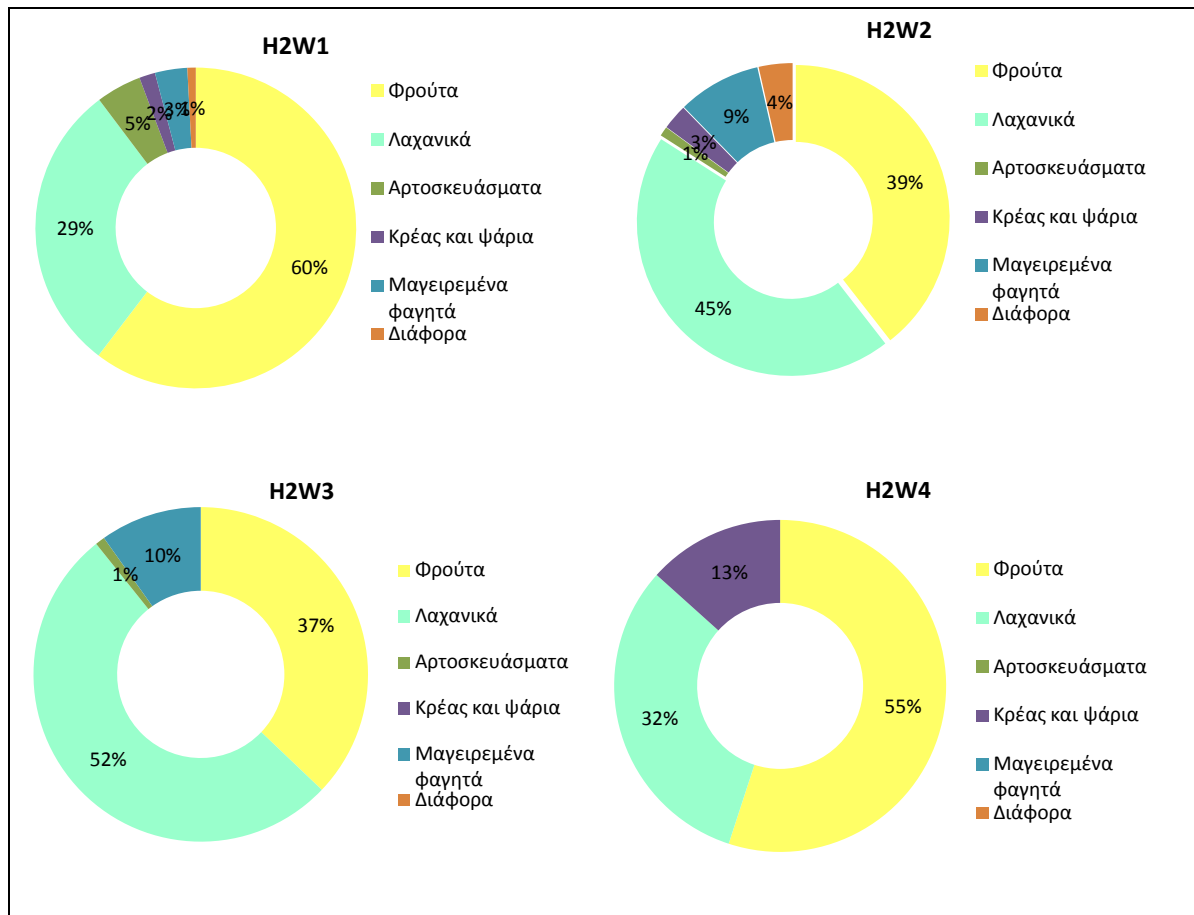
Πίνακας 10: Συγκεντρωτικά ποσοτικά στοιχεία για την οικογένεια H2 ανά είδος κατηγορίας και ανά εβδομάδα

Οικιακά Απόβλητα από:	1w <sup>(1)</sup>		2w		3w		4w		Σύνολο	
	A <sup>(2)</sup>	UN <sup>(3)</sup>	A	UN	A	UN	A	UN	A	UN
	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
Φρούτα	2.556	1.302	534	978	210	1.944	524	1.330	3.824	5.554
Πορτοκάλια	86	432	-	256	-	756	-	552	86	1.996
Λεμόνια	-	22	-	184	-	814	-	92	-	1.112
Μανταρίνια	2.292	718	128	218	70	116	94	686	2.584	1.738
Μήλα	178	130	134	-	140	100	-	-	452	230
Μπανάνες	-	-	272	320	-	158	-	-	272	478
Ακτινίδιο	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Φράουλες	-	-	-	-	-	-	430	-	430	-
Αχλάδι	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Λαχανικά	478	1.397	-	1.707	760	2.265	164	902	1.402	6.271
Πατάτες	166	-	-	428	-	-	-	184	166	612
Μαρούλι	-	-	-	154	-	1.322	-	312	-	1.788
Κρεμμύδια	-	219	-	240	-	638	-	82	-	1.179
Αγγούρια	-	-	-	-	-	146	-	98	-	244
Μπρόκολο	-	136	-	311	120	-	-	172	120	619
Καρότα	280	172	-	135	-	-	-	-	280	307
Σαλάτα	-	328	-	250	-	-	-	-	-	578
Πράσα	-	120	-	-	-	-	-	-	-	120

Οικιακά Απόβλητα από:	1w <sup>(1)</sup>		2w		3w		4w		Σύνολο	Σύνολο
	A <sup>(2)</sup>	UN <sup>(3)</sup>	A	UN	A	UN	A	UN	A	UN
	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
Σπανάκι	-	144	-	-	-	-	-	-	-	144
Λάχανο	-	-	-	-	640	-	-	-	640	-
Ρόκα	-	-	-	61	-	64	-	-	-	125
Μαϊντανός	32	16	-	54	-	55	-	54	32	179
Πιπεριά	-	76	-	74	-	40	164	-	164	190
Ντομάτες	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Φασόλια	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Παντζάρια	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Μανιτάρια	-	146	-	-	-	-	-	-	-	146
Άνηθο	-	40	-	-	-	-	-	-	-	40
Αρτοσκευάσματα	292	-	38	-	54	-	-	-	384	-
Ψωμί	292	-	38	-	54	-	-	-	384	-
Κρέας και ψάρια	103	-	102	-	-	-	450	-	655	-
Αλλαντικά	-	-	60	-	-	-	450	-	510	-
Κοτόπουλο	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ψάρι	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Κρέας	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Λουκάνικα	103	-	42	-	-	-	-	-	145	-
Μαγειρεμένα φαγητά	208	-	335	-	446	124	-	-	989	124
Ρύζι	-	-	200	-	446	-	-	-	646	-
Μακαρόνια	-	-	120	-	-	124	-	-	120	124
Πουρές	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Πράσινα φασόλια	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σουβλάκι πίτα	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ανάμικτη σαλάτα	208	-	15	-	-	-	-	-	223	-
Φακές	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Διάφορα	48	6	136	-	-	-	-	-	184	6
Καφές	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Τυρί	48	6	136	-	-	-	-	-	184	6
Αυγά	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σκόρδο	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σύνολο	3.685	2.705	1.145	2.685	1.470	4.333	1.138	2.232	7.438	11.955
									<b>19.393 g</b>	

(1) w: week, (2) A: avoidable, (3) UN: unavoidable

Στην **Εικόνα 39** παρουσιάζεται η κατά βάρος ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία των εβδομαδιαίων δειγμάτων (χωρίς να γίνεται διάκριση σε αποφευκτέα και αναπόφευκτα απόβλητα τροφίμων) για την οικογένεια H2.



Εικόνα 39: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία κατά βάρος των δειγμάτων H2W1, H2W2, H2W3, H2W4

Από τα παραπάνω παρατηρείται ότι τα περισσότερα οικιακά απόβλητα τροφίμων που παρήγαγε η οικογένεια H2 στο διάστημα των 28 ημερών προέρχονται από την κατανάλωση φρούτων και λαχανικών εκ των οποίων το μεγαλύτερο ποσοστό θα μπορούσε να αποφευχθεί. Ειδικότερα, στην κατηγορία αποβλήτων 'φρούτα' για την οικογένεια H2 το μεγαλύτερο ποσοστό (52%) προέρχεται από φλούδες πορτοκαλιών, λεμονιών και μανταρινιών ενώ συνολικά ένα μεγάλο μέρος (42%) της παραγωγής των οικιακών αποβλήτων τροφίμων θα μπορούσε να αποφευχθεί. Τα κύρια είδη φρούτων που αφέθηκαν να χαλάσουν περιλαμβάνουν μανταρίνια (28%), μήλα (5%) και φράουλες (5%). Στην κατηγορία 'λαχανικά' παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό οικιακών αποβλήτων τροφίμων προέρχεται από μαρούλι (23%), κρεμμύδια (15%), φλούδες πατάτας (8%), μπρόκολο (8%) και σαλάτα (8%). Το 18% της παραγωγής θα μπορούσε να αποφευχθεί. Τα κύρια είδη λαχανικών που αφέθηκαν να σαπίσουν είναι το λάχανο (8%) και τα καρότα (4%). Στην κατηγορία 'αρτοσκευάσματα' το 100% της παραγωγής θα μπορούσε να έχει αποφευχθεί, και συγκεκριμένα η κατηγορία περιλαμβάνει στο σύνολό της ψωμί που αφέθηκε να χαλάσει. Το ίδιο παρατηρείται και στην κατηγορία 'κρέας - ψάρι' στην οποία το 100% της παραγωγής θα μπορούσε να αποφευχθεί και αναφέρεται σε αλλαντικά (78%) και λουκάνικο (22%) που αφέθηκαν να χαλάσουν. Στην κατηγορία 'μαγειρεμένα φαγητά' το 89% της παραγωγής θα μπορούσε να έχει αποφευχθεί, συγκεκριμένα αφέθηκαν να χαλάσουν ρύζι (58%), μακαρόνια (11%) και ανάμεικτη σαλάτα (20%), ενώ το 11% που

αναφέρεται σε μακαρόνια δεν μπορούσε να αποφευχθεί. Στην κατηγορία 'διάφορα' το (97%) της παραγωγής θα μπορούσε να αποφευχθεί, και πρόκειται για τυρί που αφέθηκε να χαλάσει.

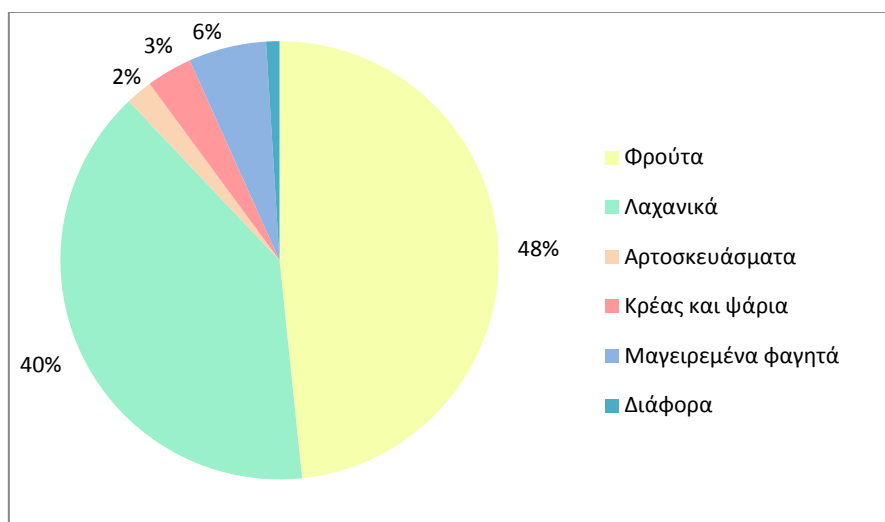
Στη συνέχεια, στον Πίνακα 11 δίδονται τα ποσοτικά αποτελέσματα ανά κατηγορία, ανά δυνατότητα αποφυγής παραγωγής τους και ανά άτομο της οικογένειας H1 σε εβδομαδιαία βάση. Βάσει των στοιχείων του Πίνακα 11 η μέση ημερήσια παραγωγή οικιακών αποβλήτων τροφίμων για την οικογένεια H2 ανέρχεται σε **346 g**.

Πίνακας 11: Συγκεντρωτικά ποσοτικά στοιχεία για την οικογένεια H2 ανά κατηγορία και ανά εβδομάδα

Οικιακά Απόβλητα από:	1w	1w	2w	2w	3w	3w	4w	4w	Σύνολο	Σύνολο	Σύνολο
	A	UN	A	UN	A	UN	A	UN	A	UN	
	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	
Φρούτα	1.278	651	267	489	105	972	262	665	1.912	2.777	4.689
Λαχανικά	239	699	-	854	380	1.133	82	451	701	3.136	3.837
Αρτοσκευάσματα	146	-	19	-	27	-	-	-	192	-	192
Κρέας και ψάρια	52	-	51	-	-	-	225	-	328	-	328
Μαγειρεμένα φαγητά	104	-	168	-	223	62	-	-	495	62	557
Διάφορα	24	3	68	-	-	-	-	-	92	3	95
Σύνολο	1.843	1.353	573	1.343	735	2.167	569	1.116	3.719	5.978	9.697

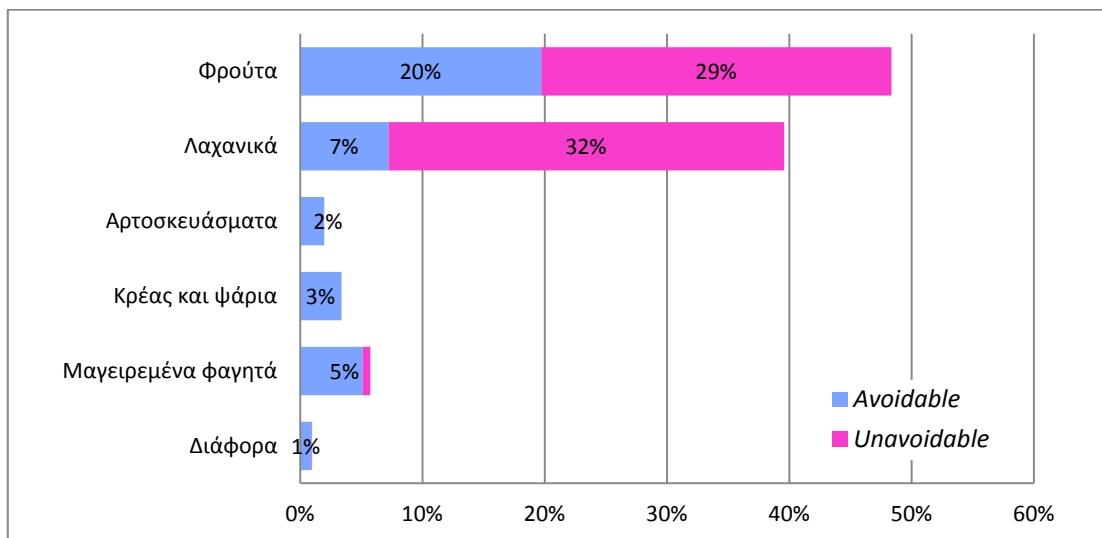
A: avoidable, UN: unavoidable

Στην Εικόνα 40 παρουσιάζεται η ποσοστιαία συμμετοχή ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων συνολικά στο διάστημα 28 ημερών που παρήγαγε η πρώτη οικογένεια. Όπως έχει ήδη αναφερθεί τα απόβλητα της οικογένειας H2 κατά τη διάρκεια του μήνα προέρχονται κυρίως (88%) από φρούτα και λαχανικά. Το 6% προέρχεται από μαγειρεμένα φαγητά, το 3% προέρχεται από κρέας και ψάρι ενώ η κατηγορία αρτοσκευάσματα συμμετέχει με 2%.



Εικόνα 40: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων κατά τη διάρκεια 28d, οικογένεια H2

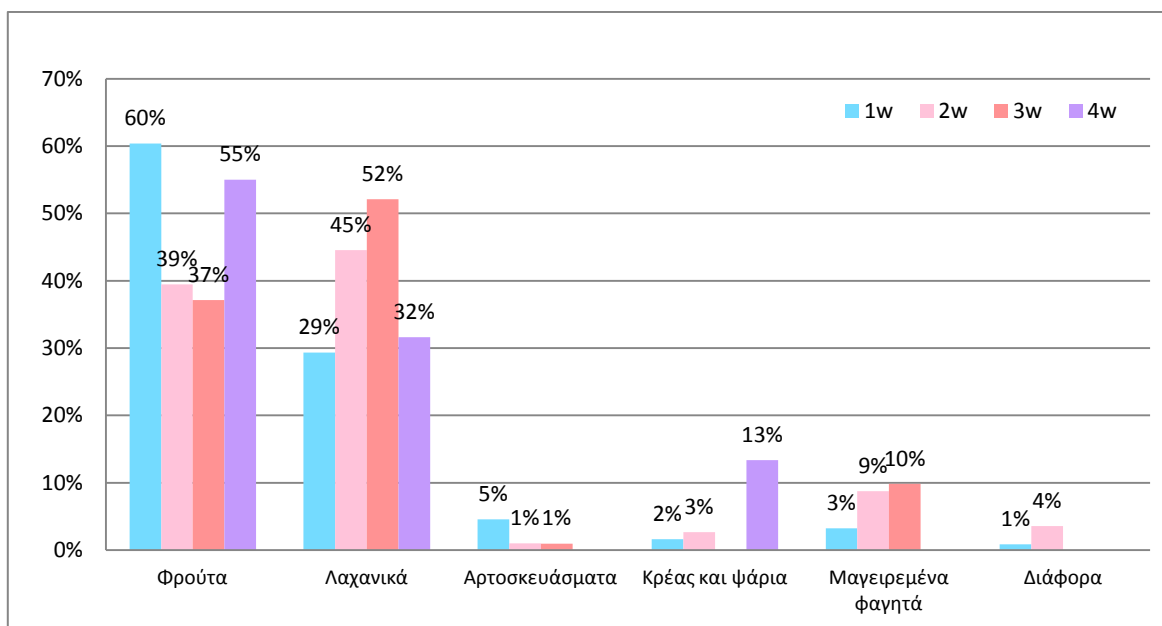
Στην **Εικόνα 41** φαίνεται η ποσοστιαία σύσταση ανά είδος σε 28 ημέρες καθώς και ο διαχωρισμός τους σε ‘αποφευκτέα’ και ‘αναπόφευκτα’.



**Εικόνα 41:** Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων και ανάλογα με το διαχωρισμό τους σε αποφευκτέα απόβλητα (avoidable) και σε αναπόφευκτα απόβλητα (unavoidable) κατά τη διάρκεια 28d, οικογένεια H2

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι από το 88%, που είναι η συμμετοχή σε απόβλητα φρούτων και λαχανικών, το 61% αφορά σε παραγωγή αποβλήτων κουζίνας που δε θα μπορούσε να αποφευχθεί. Επίσης, η παραγωγή αποβλήτων των κατηγοριών ‘αρτοσκευάσματα’, ‘κρέας-ψάρι’ και ‘διάφορα’ μπορούσε να αποφευχθεί στο σύνολό της. Συνολικά, το 62% της παραγωγής είναι αναπόφευκτα απόβλητα ενώ το 38% αποφευκτέα.

Στην **Εικόνα 42** παρουσιάζεται η συμμετοχή ανά είδος εβδομαδιαία και για τις τέσσερις εβδομάδες.



**Εικόνα 42:** Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων και ανά εβδομάδα για το χρονικό διάστημα ενός μήνα, οικογένεια H2

Όπως φαίνεται και από την **Εικόνα 42** κάποια είδη δεν συμμετέχουν καθόλου σε μερικές εβδομάδες, π.χ. την τρίτη εβδομάδα δεν υπάρχουν καθόλου οι κατηγορίες 'διάφορα' και 'κρέας-ψάρι' και την τέταρτη εβδομάδα δεν υπάρχουν καθόλου οι κατηγορίες 'αρτοσκευάσματα', 'μαγειρεμένα φαγητά' και 'διάφορα'. Οι κατηγορίες αποβλήτων 'φρούτα' και 'λαχανικά' εμφανίζονται σε όλες τις εβδομάδες και σε υψηλά ποσοστά. Συγκεκριμένα την 1<sup>η</sup> εβδομάδα τα απόβλητα από φρούτα και λαχανικά συμμετέχουν με 89% ενώ οι άλλες κατηγορίες συμμετέχουν ως εξής: 'αρτοσκευάσματα' (5%), 'μαγειρεμένα φαγητά' (3%), 'κρέας-ψάρι' (2%) 'διάφορα' (1%). Κατά τη 2<sup>η</sup> εβδομάδα τα απόβλητα από φρούτα και λαχανικά συμμετέχουν με 84% ενώ οι άλλες κατηγορίες συμμετέχουν ως εξής: 'αρτοσκευάσματα' (1%), 'μαγειρεμένα φαγητά' (9%), 'κρέας-ψάρι' (3%) και 'διάφορα' (4%). Την 3<sup>η</sup> εβδομάδα η κατηγορία 'φρούτα' και η κατηγορία 'λαχανικά' συμμετέχουν με 89%, η κατηγορία 'αρτοσκευάσματα' με 1% και τα απόβλητα από μαγειρεμένα φαγητά με 10%. Τέλος την 4<sup>η</sup> εβδομάδα τα απόβλητα από φρούτα και λαχανικά συνεισφέρουν κατά 87% στην εβδομαδιαία παραγωγή οικιακών αποβλήτων κουζίνας ενώ το υπόλοιπο 13% προέρχεται από απόβλητα της κατηγορίας 'κρέας – ψάρι'.

#### 4.1.3 Οικογένεια 3<sup>η</sup> (H3)

Στον **Πίνακα 12** παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στοιχεία αναφορικά με την παραγόμενη ποσότητα οικιακών αποβλήτων τροφίμων για την οικογένεια H3 (και για τα δύο μέλη) ανά είδος κατηγορίας και ανά εβδομάδα σε διάστημα 28 ημερών καθώς επίσης καταγράφονται οι ποσότητες ανάλογα με το διαχωρισμό τους σε *αποφευκτέα απόβλητα* και σε *αναπόφευκτα απόβλητα*.

Πίνακας 12: Συγκεντρωτικά ποσοτικά στοιχεία για την οικογένεια H3 ανά είδος κατηγορίας και ανά εβδομάδα

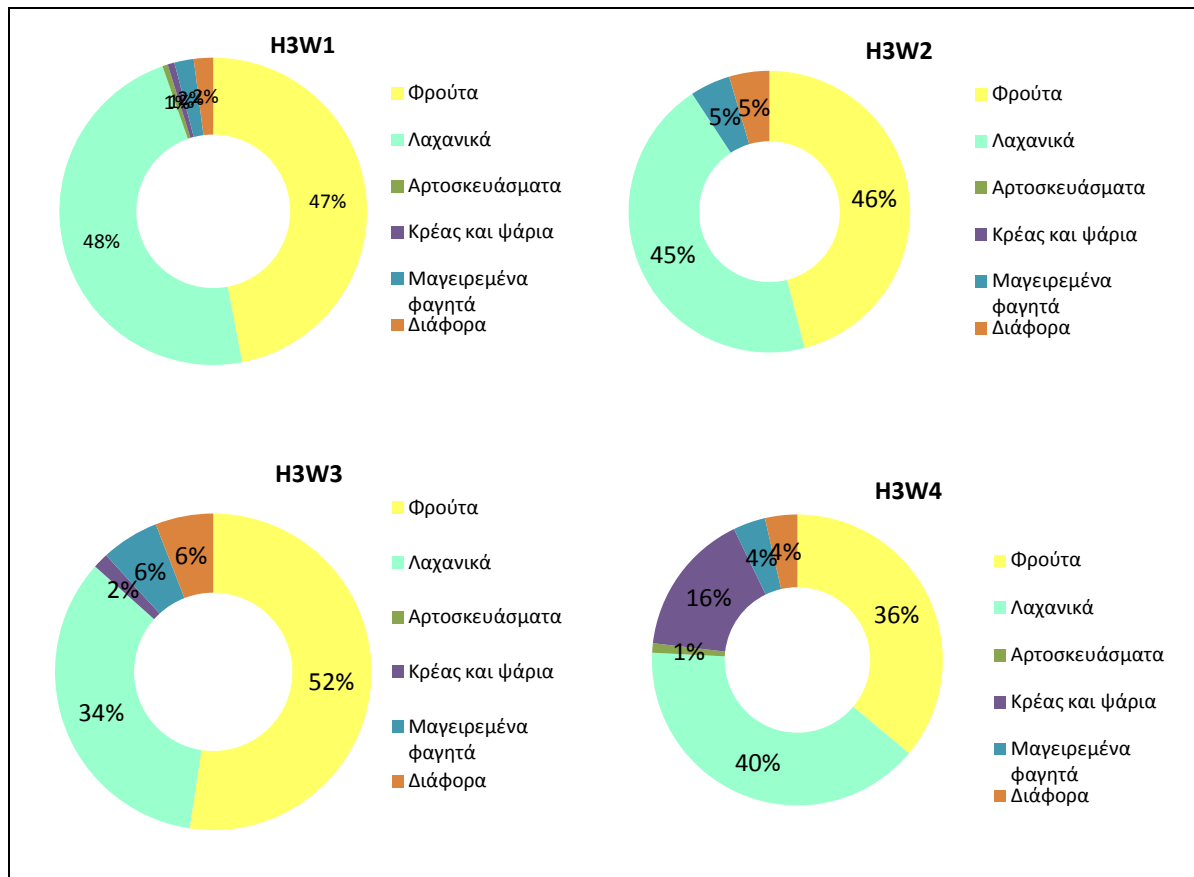
Οικιακά Απόβλητα από:	1w <sup>(1)</sup>		1w		3w		4w		Σύνολο	
	A <sup>(2)</sup>	UN <sup>(3)</sup>	A	UN	A	UN	A	UN	A	UN
	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
Φρούτα	288	2.203	612	2.494	-	1.328	140	1.106	1.040	7.131
Πορτοκάλια	32	950	240	1.400	-	1.040	-	528	272	3.918
Λεμόνια	-	-	372	90	-	40	-	256	372	386
Μανταρίνια	256	879	-	178	-	-	-	-	256	1.057
Μήλα	-	274	-	484	-	72	140	-	140	830
Μπανάνες	-	100	-	342	-	176	-	322	-	940
Ακτινίδιο	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Φράουλες	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Αχλάδι	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Λαχανικά	60	2.467	578	2.448	298	569	-	1.372	936	6.856
Πατάτες	-	348	-	-	-	308	-	-	-	656
Μαρούλι	-	228	-	336	-	-	-	130	-	694
Κρεμμύδια	-	390	-	690	-	26	-	792	-	1.898
Αγγούρια	-	222	-	192	148	-	-	146	148	560
Μπρόκολο	-	135	176	688	-	-	-	146	176	969
Καρότα	-	242	402	260	-	-	-	-	402	502



Οικιακά Απόβλητα από:	1w <sup>(1)</sup>		1w		3w		4w		Σύνολο	Σύνολο
	A <sup>(2)</sup>	UN <sup>(3)</sup>	A	UN	A	UN	A	UN	A	UN
	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
Σαλάτα	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Πράσα	-	408	-	-	-	-	-	-	-	408
Σπανάκι	-	440	-	-	-	-	-	-	-	440
Λάχανο	-	-	-	106	-	-	-	-	-	106
Ρόκα	-	-	-	-	-	210	-	64	-	274
Μαϊντανός	-	54	-	66	-	-	-	54	-	174
Πιπεριά	-	-	-	110	-	-	-	40	-	150
Ντομάτες	-	-	-	-	150	25	-	-	150	25
Φασόλια	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Μανιτάρια	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Άνηθο	60	-	-	-	-	-	-	-	60	-
Αρτοσκευάσματα	30	-	-	-	-	-	36	-	66	-
Ψωμί	30	-	-	-	-	-	36	-	66	-
Κρέας και ψάρια	38	-	-	-	40	-	552	-	630	-
Αλλαντικά	18	-	-	-	-	-	510	-	528	-
Κοτόπουλο	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ψάρι	20	-	-	-	-	-	-	-	20	-
Κρέας	-	-	-	-	40	-	-	-	40	-
Λουκάνικα	-	-	-	-	-	-	42	-	42	-
Μαγειρεμένα φαγητά	108	-	312	-	150	-	-	124	694	-
Ρύζι	-	-	-	-	150	-	-	-	150	-
Μακαρόνια	-	-	312	-	-	-	124	-	436	-
Πουρές	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Πράσινα φασόλια	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σουβλάκι πίτα	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ανάμικτη σαλάτα	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Φακές	108	-	-	-	-	-	-	-	108	-
Διάφορα	54	20	-	50	30	-	-	-	84	70
Καφές	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Τυρί	54	20	-	50	30	-	-	-	84	70
Αυγά	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σκόρδο	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σύνολο	578	4.690	1.502	4.992	518	1.897	728	2.602	3.450	14.057
										<b>17.507 g</b>

(1) w: week, (2) A: avoidable, (3) UN: unavoidable

Στην **Εικόνα 43** παρουσιάζεται η κατά βάρος ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία των εβδομαδιαίων δειγμάτων (χωρίς να γίνεται διάκριση σε αποφευκτέα και αναπόφευκτα απόβλητα τροφίμων) για την οικογένεια Η3.



Εικόνα 43: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία κατά βάρος των δειγμάτων H3W1, H3W2, H3W3, H3W4

Από τα παραπάνω παρατηρείται ότι τα περισσότερα οικιακά απόβλητα τροφίμων που παρήγαγε η οικογένεια H3 στο διάστημα των 28 ημερών προέρχονται από την κατανάλωση φρούτων και λαχανικών εκ των οποίων το μεγαλύτερο ποσοστό θα μπορούσε να αποφευχθεί. Ειδικότερα, στην κατηγορία 'φρούτα' για την οικογένεια H3 το μεγαλύτερο ποσοστό οικιακών αποβλήτων (88%) προέρχεται από φλούδες πορτοκαλιών (48%), μανταρινιών (13%), μπανάνων (12%), μήλων (10%) και λεμονιών (5%) ενώ συνολικά ένα μικρό μέρος της παραγωγής (12%) των οικιακών αποβλήτων τροφίμων θα μπορούσε να αποφευχθεί. Τα είδη φρούτων που αφέθηκαν να χαλάσουν είναι λεμόνια (5%), πορτοκάλια (3%), μήλα (3%) και μπανάνες (2%). Στην κατηγορία 'λαχανικά' παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό οικιακών αποβλήτων τροφίμων προέρχεται από κρεμμύδια (24%), φλούδες πατάτας (8%), μπρόκολο (12%) και μαρούλι (9%). Το 12% της παραγωγής θα μπορούσε να αποφευχθεί. Το κύριο είδος λαχανικών που αφέθηκε να σαπίσει είναι τα καρότα (5%). Στην κατηγορία 'αρτοσκευάσματα' το 100% της παραγωγής θα μπορούσε να έχει αποφευχθεί, και συγκεκριμένα η κατηγορία περιλαμβάνει στο σύνολό της ψωμί που αφέθηκε να χαλάσει. Το ίδιο παρατηρείται και στην κατηγορία 'κρέας - ψάρι' στην οποία το 100% της παραγωγής θα μπορούσε να αποφευχθεί και αναφέρεται σε αλλαντικά (84%), ψάρι (3%), κρέας (6%) και λουκάνικο (7%) που αφέθηκαν να χαλάσουν. Στην κατηγορία 'μαγειρεμένα φαγητά' το 82% της παραγωγής θα μπορούσε να έχει αποφευχθεί, συγκεκριμένα αφέθηκαν να χαλάσουν ρύζι (22%), μακαρόνια (62%) και φακές (16%). Στην κατηγορία 'διάφορα' το 55% της παραγωγής θα μπορούσε να αποφευχθεί,

και αναφέρεται σε τυρί που αφέθηκε να χαλάσει, ενώ το 45% της παραγωγής δεν μπορούσε να αποφευχθεί και αναφέρεται σε τυρί.

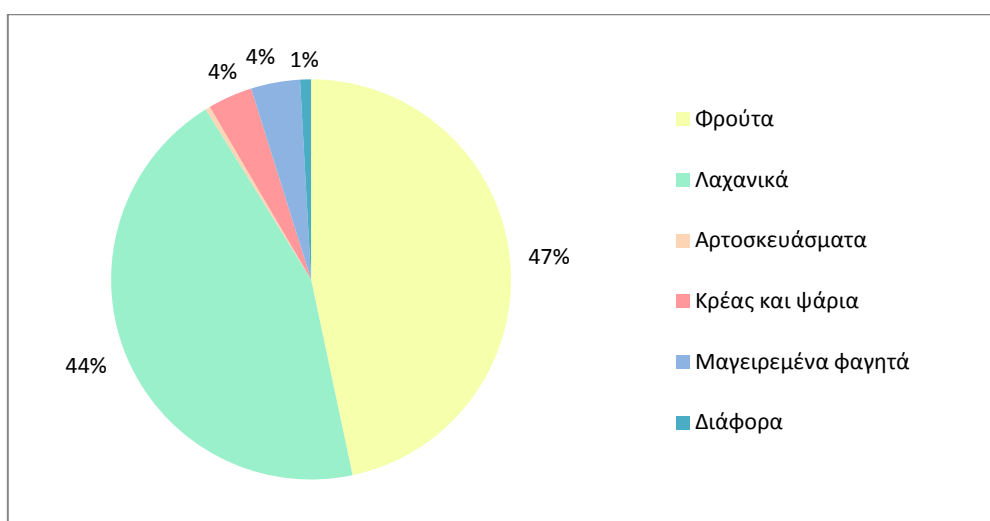
Στη συνέχεια, στον Πίνακα 13 δίδονται τα ποσοτικά αποτελέσματα ανά κατηγορία, ανά δυνατότητα αποφυγής παραγωγής τους και ανά άτομο της οικογένειας H1 σε εβδομαδιαία βάση. Βάσει των στοιχείων του Πίνακα 13 η μέση ημερήσια παραγωγή οικιακών αποβλήτων τροφίμων για την οικογένεια H3 ανέρχεται σε 312 g.

Πίνακας 13: Συγκεντρωτικά ποσοτικά στοιχεία για την οικογένεια H3 ανά κατηγορία και ανά εβδομάδα

Οικιακά Απόβλητα από:	1w		2w		3w		4w		Σύνολο		Σύνολο
	A	UN	A	UN	A	UN	A	UN	A	UN	
	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	
Φρούτα	144	1.102	306	1.247	-	664	70	553	520	3.566	4.086
Λαχανικά	30	1.234	289	1.224	149	285	-	686	468	3.428	3.896
Αρτοσκευάσματα	15	-	-	-	-	-	18	-	33	-	33
Κρέας και ψάρια	19	-	-	-	20	-	276	-	315	-	315
Μαγειρεμένα φαγητά	54	-	156	-	75	-	-	62	285	62	347
Διάφορα	27	10	-	25	15	-	-	-	42	35	77
Σύνολο	289	2.345	751	2.496	259	949	364	1.301	1.663	7.091	8.754

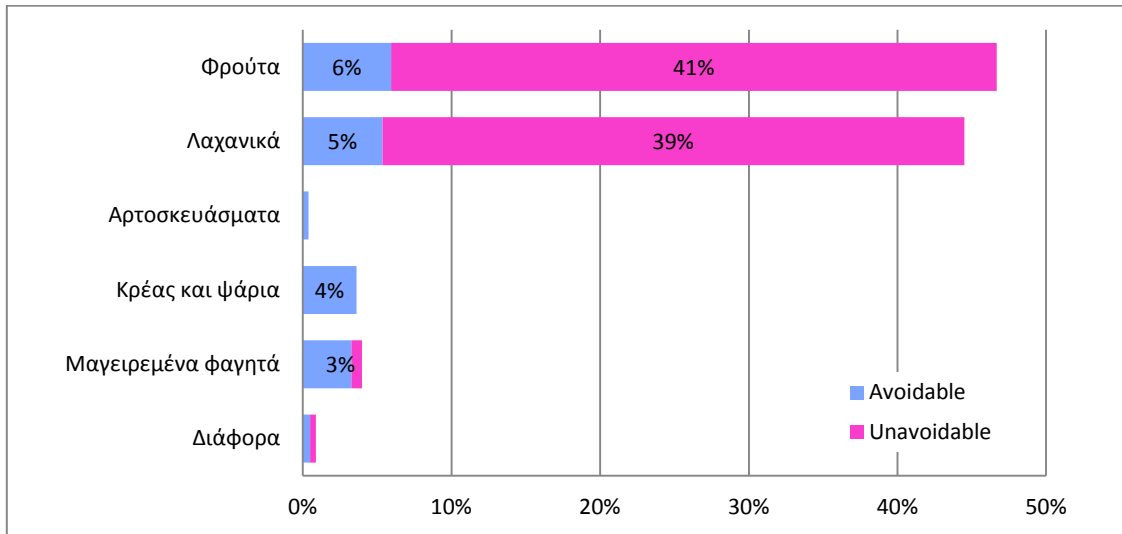
A: avoidable, UN: unavoidable

Στην Εικόνα 44 παρουσιάζεται η ποσοστιαία συμμετοχή ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων συνολικά στο διάστημα 28 ημερών που παρήγαγε η πρώτη οικογένεια. Όπως έχει ήδη αναφερθεί τα απόβλητα της οικογένειας H3 κατά τη διάρκεια του μήνα προέρχονται κυρίως (91%) από φρούτα και λαχανικά. Το 4% προέρχεται από μαγειρεμένα φαγητά, το 4% προέρχεται από κρέας και ψάρι ενώ η κατηγορία διάφορα συμμετέχει με 1%.



Εικόνα 44: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων κατά τη διάρκεια 28d, οικογένεια H3

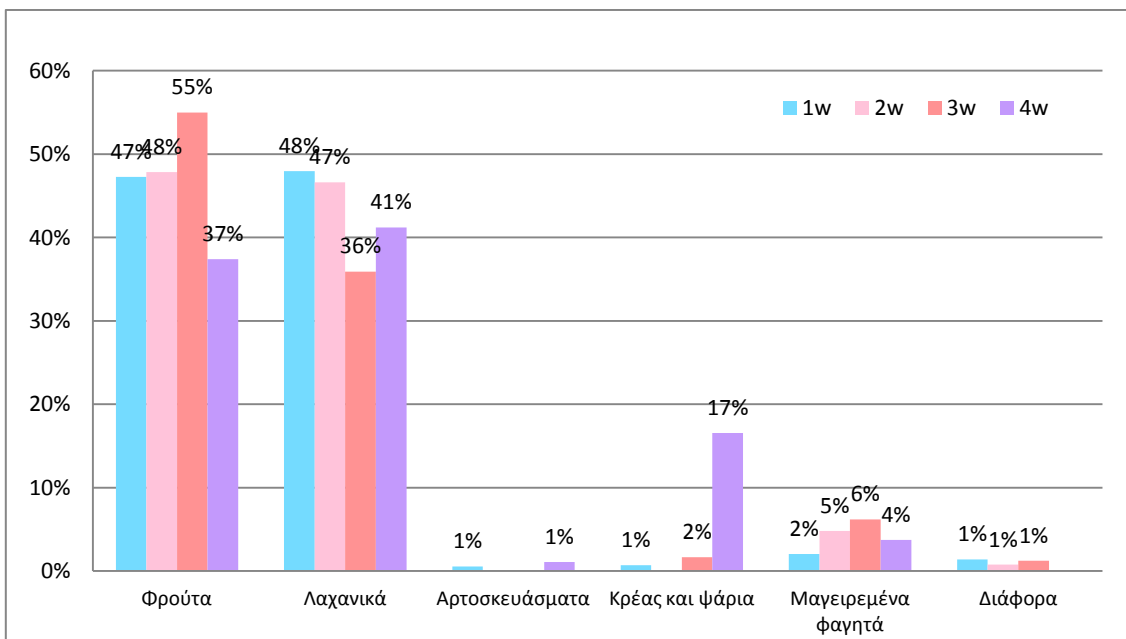
Στην **Εικόνα 45** φαίνεται η ποσοστιαία σύσταση ανά είδος σε 28 ημέρες καθώς και ο διαχωρισμός τους σε ‘αποφευκτέα’ και ‘αναπόφευκτα’.



**Εικόνα 45:** Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων και ανάλογα με το διαχωρισμό τους σε αποφευκτέα απόβλητα (avoidable) και σε αναπόφευκτα απόβλητα (unavoidable) κατά τη διάρκεια 28d, οικογένεια H3

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι από το 91%, που είναι η συμμετοχή σε απόβλητα φρούτων και λαχανικών, το 80% αφορά σε παραγωγή αποβλήτων κουζίνας που δε θα μπορούσε να αποφευχθεί. Επίσης, η παραγωγή αποβλήτων των κατηγοριών ‘αρτοσκευάσματα’ και ‘κρέας-ψάρι’ μπορούσε να αποφευχθεί στο σύνολό της. Συνολικά, το 81% της παραγωγής είναι αναπόφευκτα απόβλητα ενώ το 19% αποφευκτέα.

Στην **Εικόνα 46** παρουσιάζεται η συμμετοχή ανά είδος εβδομαδιαία και για τις τέσσερις εβδομάδες.



**Εικόνα 46:** Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων και ανά εβδομάδα για το χρονικό διάστημα ενός μήνα, οικογένεια H3

Όπως φαίνεται και από την **Εικόνα 46** κάποια είδη δεν συμμετέχουν καθόλου σε μερικές εβδομάδες, π.χ. την δεύτερη εβδομάδα δεν υπάρχουν καθόλου οι κατηγορίες 'αρτοσκευάσματα' και 'κρέας-ψάρια', την τρίτη εβδομάδα δεν υπάρχει καθόλου η κατηγορία 'αρτοσκευάσματα'. Οι κατηγορίες αποβλήτων 'φρούτα' και 'λαχανικά' εμφανίζονται σε όλες τις εβδομάδες και σε υψηλά ποσοστά. Συγκεκριμένα την 1<sup>η</sup> εβδομάδα τα απόβλητα από φρούτα και λαχανικά συμμετέχουν με 95% ενώ οι άλλες κατηγορίες συμμετέχουν ως εξής: 'αρτοσκευάσματα' (1%), 'μαγειρεμένα φαγητά' (2%), 'κρέας-ψάρια' (1%) και 'διάφορα' (1%). Κατά τη 2<sup>η</sup> εβδομάδα τα απόβλητα από φρούτα και λαχανικά συμμετέχουν με 95% ενώ οι άλλες κατηγορίες συμμετέχουν ως εξής: 'μαγειρεμένα φαγητά' (5%) και 'διάφορα' (1%). Την 3<sup>η</sup> εβδομάδα η κατηγορία φρούτα' και η κατηγορία 'λαχανικά' συμμετέχουν με 91%, η κατηγορία 'κρέας-ψάρι' με 2% και τα απόβλητα από μαγειρεμένα φαγητά με 6%. Τέλος την 4<sup>η</sup> εβδομάδα τα απόβλητα από φρούτα και λαχανικά συνεισφέρουν κατά 78% στην εβδομαδιαία παραγωγή οικιακών αποβλήτων κουζίνας, το 17% προέρχεται από απόβλητα της κατηγορίας 'κρέας – ψάρι', το 4% από την κατηγορία 'μαγειρεμένα φαγητά' και 1% από την κατηγορία 'αρτοσκευάσματα'.

#### 4.1.4 Οικογένεια 4<sup>η</sup> (H4)

Στον **Πίνακα 14** παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στοιχεία αναφορικά με την παραγόμενη ποσότητα οικιακών αποβλήτων τροφίμων για την οικογένεια H4 (και για τα δύο μέλη) ανά είδος κατηγορίας και ανά εβδομάδα σε διάστημα 28 ημερών καθώς επίσης καταγράφονται οι ποσότητες ανάλογα με το διαχωρισμό τους σε *αποφευκτέα απόβλητα* και σε *αναπόφευκτα απόβλητα*.

**Πίνακας 14:** Συγκεντρωτικά ποσοτικά στοιχεία για την οικογένεια H4 ανά είδος κατηγορίας και ανά εβδομάδα

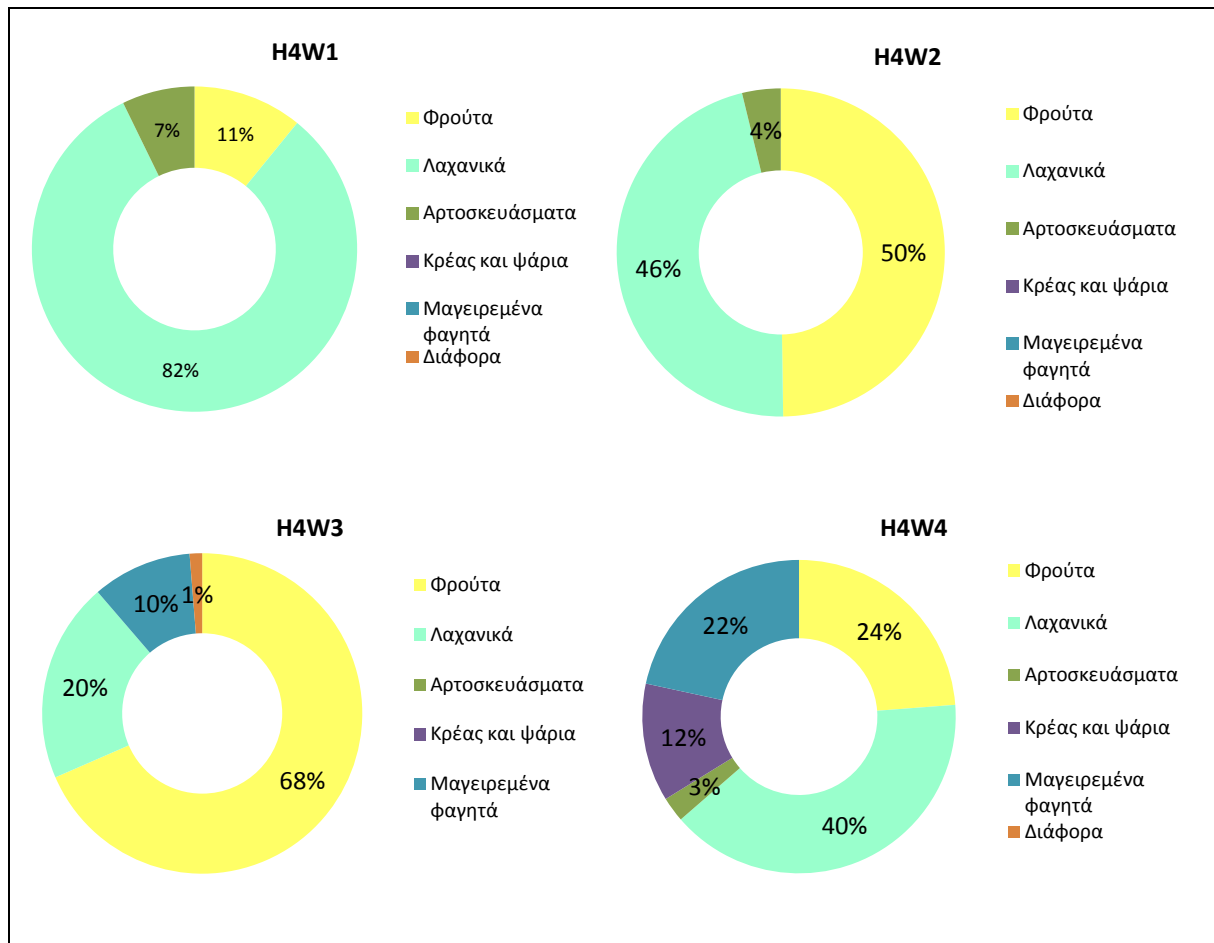
Οικιακά Απόβλητα από:	1w <sup>(1)</sup>		1w		3w		4w		Σύνολο	
	A <sup>(2)</sup>	UN <sup>(3)</sup>	A	UN	A	UN	A	UN	A	UN
	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
Φρούτα	248	83	551	1.152	1.424	756	184	589	2.407	2.580
Πορτοκάλια	-	-	-	836	1.306	519	-	-	1.306	1.355
Λεμόνια	86	83	-	230	-	-	-	-	86	313
Μανταρίνια	-	-	72	86	-	-	184	35	256	121
Μήλα	162	-	479	-	118	169	-	-	759	169
Μπανάνες	-	-	-	-	-	68	-	554	-	622
Ακτινίδιο	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Φράουλες	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Αχλάδι	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Λαχανικά	1.203	1.289	214	1.375	-	644	464	829	1.881	4.137
Πατάτες	-	-	-	463	-	61	-	450	-	974
Μαρούλι	396	110	183	100	-	-	-	-	579	210
Κρεμμύδια	-	105	-	38	-	20	-	18	-	181
Αγγούρια	-	279	31	188	-	289	464	269	495	1.025
Μπρόκολο	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Καρότα	-	-	-	198	-	-	-	-	-	198

Οικιακά Απόβλητα από:	1w <sup>(1)</sup>		1w		3w		4w		Σύνολο	Σύνολο
	A <sup>(2)</sup>	UN <sup>(3)</sup>	A	UN	A	UN	A	UN	A	UN
	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
Σαλάτα	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Πράσα	-	300	-	112	-	-	-	-	-	412
Σπανάκι	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Λάχανο	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ρόκα	-	293	-	276	-	274	-	92	-	935
Μαϊντανός	-	129	-	-	-	-	-	-	-	129
Πιπεριά	60	20	-	-	-	-	-	-	60	20
Ντομάτες	100	53	-	-	-	-	-	-	100	53
Φασόλια	647	-	-	-	-	-	-	-	647	-
Μανιτάρια	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Άνηθο	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Αρτοσκευάσματα	220	-	130	-	-	-	84	-	434	-
Ψωμί	220	-	130	-	-	-	84	-	434	-
Κρέας και ψάρια	-	-	-	-	-	-	89	307	89	307
Αλλαντικά	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Κοτόπουλο	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ψάρι	-	-	-	-	-	-	89	307	89	307
Κρέας	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Λουκάνικα	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Μαγειρεμένα φαγητά	-	-	-	-	320	-	702	-	1.022	-
Ρύζι	-	-	-	-	140	-	102	-	242	-
Μακαρόνια	-	-	-	-	-	-	60	-	60	-
Πουρές	-	-	-	-	-	-	540	-	540	-
Πράσινα φασόλια	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σουβλάκι πίτα	-	-	-	-	180	-	-	-	180	-
Ανάμικτη σαλάτα	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Φακές	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Διάφορα	-	-	-	-	40	-	-	-	40	-
Καφές	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Τυρί	-	-	-	-	40	-	-	-	40	-
Αυγά	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σκόρδο	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σύνολο	1.671	1.372	895	2.527	1.784	1.400	1.523	1.725	5.873	7.024
									<b>12.897 g</b>	

(1) w: week, (2) A: avoidable, (3) UN: unavoidable

Στην **Εικόνα 47** παρουσιάζεται η κατά βάρος ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία των εβδομαδιαίων δειγμάτων (χωρίς να γίνεται διάκριση σε αποφευκτέα και αναπόφευκτα απόβλητα τροφίμων) για την οικογένεια Η4.





Εικόνα 47: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία κατά βάρος των δειγμάτων H4W1, H4W2, H4W3, H4W4

Από τα παραπάνω παρατηρείται ότι τα περισσότερα οικιακά απόβλητα τροφίμων που παρήγαγε η οικογένεια H4 στο διάστημα των 28 ημερών προέρχονται από την κατανάλωση φρούτων και λαχανικών εκ των οποίων το μεγαλύτερο ποσοστό θα μπορούσε να αποφευχθεί. Ειδικότερα, στην κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων 'φρούτα' για την οικογένεια H4 η μισή παραγωγή (50%) οικιακών αποβλήτων τροφίμων προέρχεται από φλούδες πορτοκαλιών (27%), λεμονιών (6%) και από μπανάνες (12%), ενώ συνολικά το 50% της παραγωγής των οικιακών αποβλήτων τροφίμων θα μπορούσε να αποφευχθεί. Τα κύρια είδη φρούτων που αφέθηκαν να χαλάσουν είναι πορτοκάλια (26%) και μήλα (15%). Στην κατηγορία 'λαχανικά' παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό οικιακών αποβλήτων τροφίμων προέρχεται από φλούδες αγγουριών (17%), ρόκα (16%), φλούδες πατάτας (16%) και πράσο (7%). Το 32% της παραγωγής θα μπορούσε να αποφευχθεί. Τα κύρια είδη λαχανικών που αφέθηκαν να σαπίσουν είναι το μαρούλι (10%), τα αγγούρια (8%) και τα φασόλια (11%). Στις κατηγορίες 'αρτοσκευάσματα' και 'διάφορα' το 100% της παραγωγής θα μπορούσε να έχει αποφευχθεί, και συγκεκριμένα η κατηγορία 'αρτοσκευάσματα' περιλαμβάνει στο σύνολό της ψωμί που αφέθηκε να χαλάσει και η κατηγορία 'διάφορα' περιλαμβάνει τυρί που αφέθηκε να χαλάσει. Το ίδιο παρατηρείται και στην κατηγορία 'μαγειρεμένα φαγητά' στην οποία το 100% της παραγωγής θα μπορούσε να αποφευχθεί και αναφέρεται σε ρύζι (24%), μακαρόνια (6%), πουρές (53%) και σουβλάκι πίτα (18%) που αφέθηκαν να χαλάσουν. Στην κατηγορία 'κρέας-ψάρι' το 22% της παραγωγής θα μπορούσε να έχει αποφευχθεί, συγκεκριμένα αναφέρεται σε ψάρι που

αφέθηκε να χαλάσει, το 78% της παραγωγής που δεν μπορούσε να αποφευχθεί αναφέρεται και αυτό σε ψάρι.

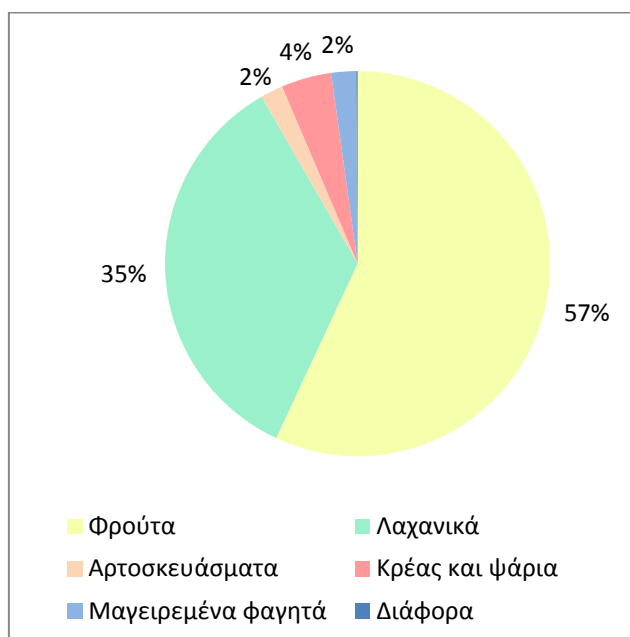
Στη συνέχεια, στον **Πίνακα 15** δίδονται τα ποσοτικά αποτελέσματα ανά κατηγορία, ανά δυνατότητα αποφυγής παραγωγής τους και ανά άτομο της οικογένειας H4 σε εβδομαδιαία βάση. Βάσει των στοιχείων του **Πίνακα 15** η μέση ημερήσια παραγωγή οικιακών αποβλήτων τροφίμων για την οικογένεια H4 ανέρχεται σε **230 g**.

**Πίνακας 15:** Συγκεντρωτικά ποσοτικά στοιχεία για την οικογένεια H4 ανά κατηγορία και εβδομάδα

Οικιακά Απόβλητα από:	1w		2w		3w		4w		Σύνολο		Σύνολο
	A	UN	A	UN	A	UN	A	UN	A	UN	
	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	
Φρούτα	124	42	276	576	712	378	92	295	1.204	1.290	2.494
Λαχανικά	602	645	107	688	-	322	232	415	941	2.069	3.009
Αρτοσκευάσματα	110	-	65	-	-	-	42	-	217	-	217
Κρέας και ψάρια	-	-	-	-	-	-	45	154	45	154	198
Μαγειρεμένα φαγητά	-	-	-	-	160	-	351	-	511	-	511
Διάφορα	-	-	-	-	20	-	-	-	20	-	20
Σύνολο	836	686	448	1.264	892	700	762	863	2.937	3.512	6.449

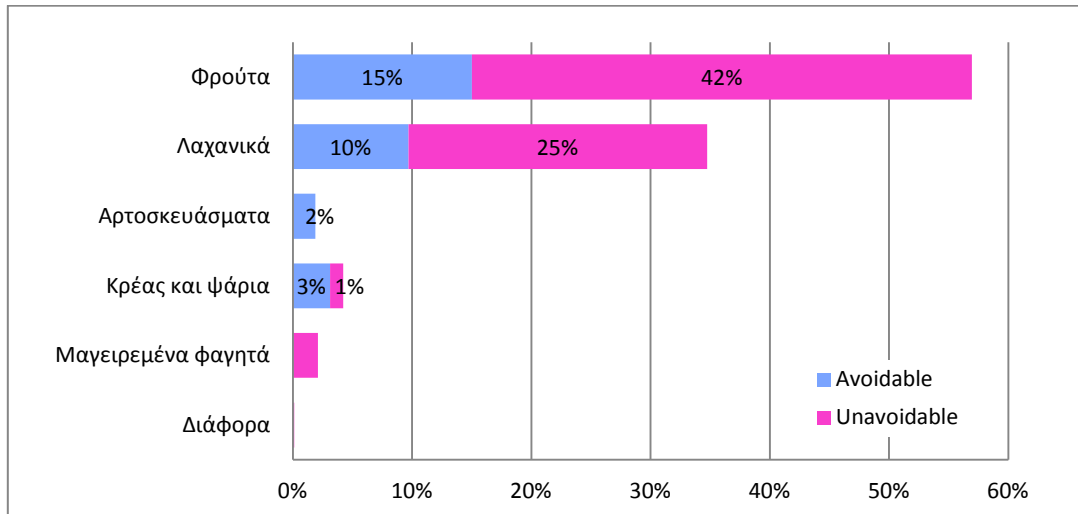
A: avoidable, UN: unavoidable

Στην **Εικόνα 48** παρουσιάζεται η ποσοστιαία συμμετοχή ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων συνολικά στο διάστημα 28 ημερών που παρήγαγε η τέταρτη οικογένεια. Όπως έχει ήδη αναφερθεί τα απόβλητα της οικογένειας H4 κατά τη διάρκεια του μήνα προέρχονται κυρίως (92%) από φρούτα και λαχανικά. Το 2% προέρχεται από μαγειρεμένα φαγητά, το 4% προέρχεται από κρέας και ψάρι ενώ η κατηγορία αρτοσκευάσματα συμμετέχει με 2%.



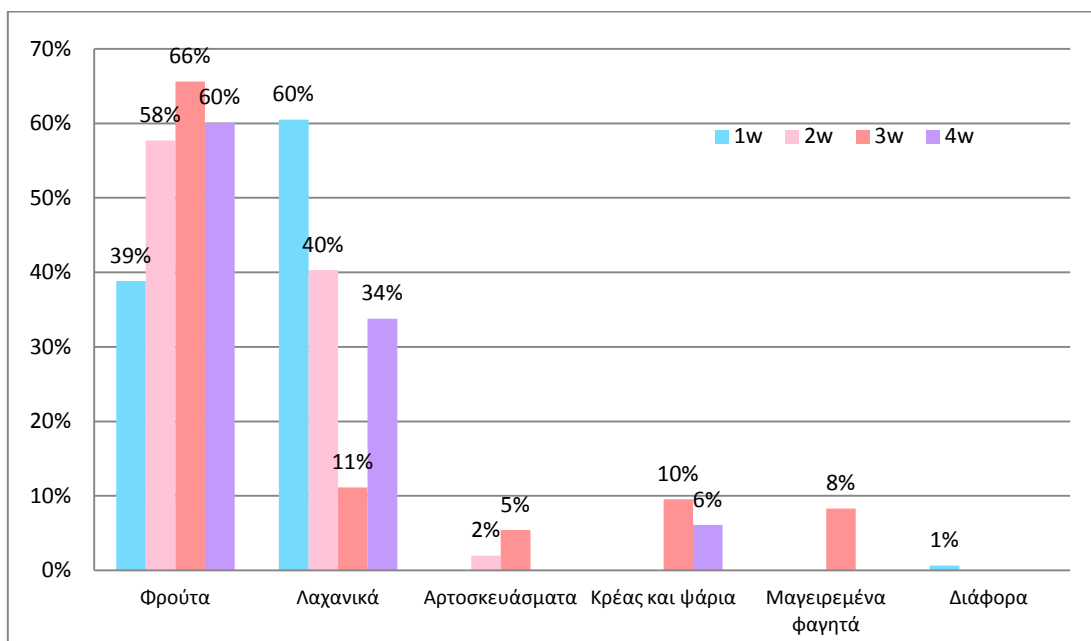
**Εικόνα 48:** Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων κατά τη διάρκεια 28d, οικογένεια H4

Στην **Εικόνα 49** φαίνεται η ποσοστιαία σύσταση ανά είδος σε 28 ημέρες καθώς και ο διαχωρισμός τους σε ‘αποφευκτέα’ και ‘αναπόφευκτα’.



**Εικόνα 49:** Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων και ανάλογα με το διαχωρισμό τους σε αποφευκτέα και αναπόφευκτα απόβλητα κατά τη διάρκεια 28d, οικογένεια H4

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι από το 92%, που είναι η συμμετοχή σε απόβλητα φρούτων και λαχανικών, το 67% αφορά σε παραγωγή αποβλήτων κουζίνας που δε θα μπορούσε να αποφευχθεί. Επίσης, η παραγωγή αποβλήτων των κατηγοριών ‘αρτοσκευάσματα’ μπορούσε να αποφευχθεί στο σύνολό της. Συνολικά, το 46% της παραγωγής είναι αναπόφευκτα απόβλητα ενώ το 54% αποφευκτέα. Τέλος, στην **Εικόνα 50** παρουσιάζεται η συμμετοχή ανά είδος εβδομαδιαία και για τις τέσσερις εβδομάδες.



**Εικόνα 50:** Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων και ανά εβδομάδα για το χρονικό διάστημα ενός μήνα, οικογένεια H4

Όπως φαίνεται και από την **Εικόνα 50** κάποια είδη δεν συμμετέχουν καθόλου σε μερικές εβδομάδες, π.χ. την πρώτη εβδομάδα δεν υπάρχουν καθόλου οι κατηγορίες 'αρτοσκευάσματα', 'μαγειρεμένα φαγητά' και 'κρέας-ψάρια', τη δεύτερη εβδομάδα δεν υπάρχουν καθόλου οι κατηγορίες 'κρέας-ψάρια', 'μαγειρεμένα φαγητά' και 'διάφορα' και την τέταρτη εβδομάδα δεν υπάρχουν καθόλου οι κατηγορίες 'αρτοσκευάσματα', 'μαγειρεμένα φαγητά' και 'διάφορα'. Οι κατηγορίες αποβλήτων 'φρούτα' και 'λαχανικά' εμφανίζονται σε όλες τις εβδομάδες και σε υψηλά ποσοστά. Συγκεκριμένα την 1<sup>η</sup> εβδομάδα τα απόβλητα από φρούτα και λαχανικά συμμετέχουν με 99% και η κατηγορία 'διάφορα' με 1%. Κατά τη 2<sup>η</sup> εβδομάδα τα απόβλητα από φρούτα και λαχανικά συμμετέχουν με 98% και η κατηγορία 'αρτοσκευάσματα' με 2%. Την 3<sup>η</sup> εβδομάδα η κατηγορία 'φρούτα' και η κατηγορία 'λαχανικά' συμμετέχουν με 71%, η κατηγορία 'αρτοσκευάσματα' με 5%, τα απόβλητα από μαγειρεμένα φαγητά με 8% και η κατηγορία 'κρέας-ψάρια' συμμετέχει με 10%. Τέλος την 4<sup>η</sup> εβδομάδα τα απόβλητα από φρούτα και λαχανικά συνεισφέρουν κατά 94% στην εβδομαδιαία παραγωγή οικιακών αποβλήτων κουζίνας ενώ το υπόλοιπο 6% προέρχεται από απόβλητα της κατηγορίας 'κρέας – ψάρι'.

#### 4.1.5 Οικογένεια 5<sup>η</sup> (H5)

Στον **Πίνακα 16** παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στοιχεία αναφορικά με την παραγόμενη ποσότητα οικιακών αποβλήτων τροφίμων για την οικογένεια H5 (και για τα δύο μέλη) ανά είδος κατηγορίας και ανά εβδομάδα σε διάστημα 28 ημερών καθώς επίσης καταγράφονται οι ποσότητες και ανάλογα με το διαχωρισμό τους σε *αποφευκτέα απόβλητα* και σε *αναπόφευκτα απόβλητα*.

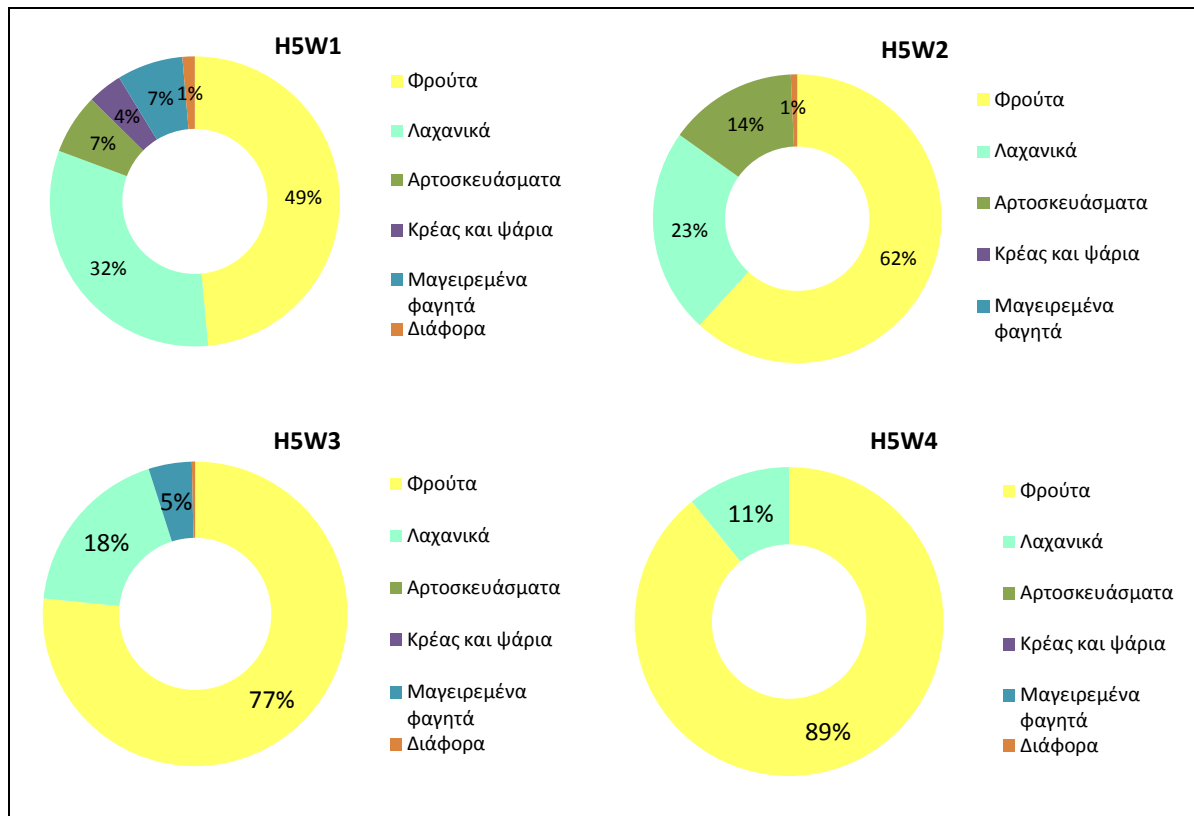
**Πίνακας 16:** Συγκεντρωτικά ποσοτικά στοιχεία για την οικογένεια H5 ανά είδος κατηγορίας και εβδομάδα

Οικιακά Απόβλητα από:	1w <sup>(1)</sup>		2w		3w		4w		Σύνολο	
	A <sup>(2)</sup>	UN <sup>(3)</sup>	A	UN	A	UN	A	UN	A	UN
	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
Φρούτα	35	1.481	-	1.028	318	3.201	330	3.455	683	9.165
Πορτοκάλια	-	760	-	950	193	2.750	242	3.090	435	7.550
Λεμόνια	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Μανταρίνια	-	-	-	-	125	-	-	-	125	-
Μήλα	-	430	-	-	-	84	88	75	88	589
Μπανάνες	-	291	-	78	-	226	-	-	-	595
Ακτινίδιο	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Φράουλες	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Αχλάδι	35	-	-	-	-	141	-	290	35	431
Λαχανικά	930	74	-	383	-	847	-	460	930	1.764
Πατάτες	-	-	-	300	-	200	-	460	-	960
Μαρούλι	-	-	-	-	-	300	-	-	-	300
Κρεμμύδια	-	50	-	-	-	-	-	-	-	50
Αγγούρια	-	-	-	-	-	135	-	-	-	135
Μπρόκολο	200	-	-	-	-	-	-	-	200	-
Καρότα	-	-	-	-	-	200	-	-	-	200

Οικιακά Απόβλητα από:	1w <sup>(1)</sup>		2w		3w		4w		Σύνολο	Σύνολο
	A <sup>(2)</sup>	UN <sup>(3)</sup>	A	UN	A	UN	A	UN	A	UN
	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
Σαλάτα	130	-	-	-	-	-	-	-	130	-
Πράσα	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σπανάκι	600	-	-	-	-	-	-	-	600	-
Λάχανο	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ρόκα	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Μαϊντανός	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Πιπεριά	-	24	-	-	-	-	-	-	-	24
Ντομάτες	-	-	-	83	-	12	-	-	-	95
Φασόλια	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Μανιτάρια	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Άνηθο	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Αρτοσκευάσματα	210	-	240	-	-	-	-	-	450	-
Ψωμί	210	-	240	-	-	-	-	-	450	-
Κρέας και ψάρια	121	-	-	-	-	-	-	-	121	-
Αλλαντικά	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Κοτόπουλο	121	-	-	-	-	-	-	-	121	-
Ψάρι	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Κρέας	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Λουκάνικα	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Μαγειρεμένα φαγητά	230	-	-	-	211	-	-	-	441	-
Ρύζι	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Μακαρόνια	230	-	-	-	211	-	-	-	441	-
Πουρές	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Πράσινα φασόλια	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σουβλάκι πίτα	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ανάμικτη σαλάτα	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Φακές	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Διάφορα	-	43	-	12	-	16	-	-	-	71
Καφές	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Τυρί	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Αυγά	-	43	-	12	-	16	-	-	-	71
Σκόρδο	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σύνολο	1.526	1.598	240	1.423	529	4.064	330	3.915	2.625	11.000
									<b>13.625 g</b>	

(1) w: week, (2) A: avoidable, (3) UN: unavoidable

Στην **Εικόνα 51** παρουσιάζεται η κατά βάρος ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία των εβδομαδιαίων δειγμάτων (χωρίς να γίνεται διάκριση σε αποφευκτέα και αναπόφευκτα απόβλητα τροφίμων) για την οικογένεια Η5.



Εικόνα 51: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία κατά βάρος των δειγμάτων H5W1, H5W2, H5W3, H5W4

Από τα παραπάνω παρατηρείται ότι τα περισσότερα οικιακά απόβλητα τροφίμων που παρήγαγε η οικογένεια H5 στο διάστημα των 28d προέρχονται από την κατανάλωση φρούτων και λαχανικών εκ των οποίων το μεγαλύτερο ποσοστό θα μπορούσε να αποφευχθεί. Ειδικότερα, στην κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων 'φρούτα' για την οικογένεια H5 το 93% της παραγωγής οικιακών αποβλήτων τροφίμων προέρχεται από φλούδες πορτοκαλιών (77%), μήλων (6%), αχλαδιών (4%) και από μπανάνες (6%), ενώ συνολικά το 7% της παραγωγής των οικιακών αποβλήτων τροφίμων θα μπορούσε να αποφευχθεί. Τα κύρια είδη φρούτων που αφέθηκαν να χαλάσουν είναι πορτοκάλια (4%) μήλα και μπανάνες. Στην κατηγορία 'λαχανικά' παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό οικιακών αποβλήτων τροφίμων προέρχεται από φλούδες πατάτας (36%), μαρούλι (11%) και καρότα (7%). Το 34% της παραγωγής θα μπορούσε να αποφευχθεί. Τα κύρια είδη λαχανικών που αφέθηκαν να σαπίσουν είναι το σπανάκι (22%) και το μπρόκολο (7%). Στις κατηγορίες 'αρτοσκευάσματα', 'μαγειρεμένα φαγητά' και 'κρέας-ψάρι' το 100% της παραγωγής θα μπορούσε να έχει αποφευχθεί, και συγκεκριμένα η κατηγορία 'αρτοσκευάσματα' περιλαμβάνει στο σύνολό της ψωμί που αφέθηκε να χαλάσει και η κατηγορία 'μαγειρεμένα φαγητά' περιλαμβάνει μακαρόνια που αφέθηκαν να χαλάσουν και η κατηγορία 'κρέας-ψάρι' περιλαμβάνει κοτόπουλο. Στην κατηγορία 'διάφορα' παρατηρείται ότι το 100% της παραγωγής δεν θα μπορούσε να αποφευχθεί και αναφέρεται στο σύνολο της σε τσόφλια αυγών.

Στη συνέχεια, στον Πίνακα 17 δίδονται τα ποσοτικά αποτελέσματα ανά κατηγορία, ανά δυνατότητα αποφυγής παραγωγής τους και ανά άτομο της οικογένειας H4 σε εβδομαδιαία βάση. Βάσει των



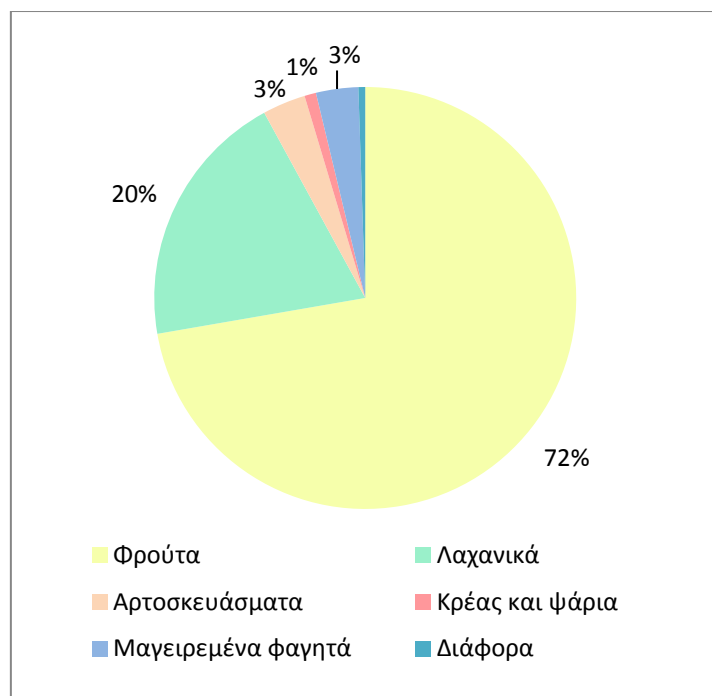
στοιχείων του Πίνακα 17 η μέση ημερήσια παραγωγή οικιακών αποβλήτων τροφίμων για την οικογένεια H5 ανέρχεται σε 243 g.

Πίνακας 17: Συγκεντρωτικά ποσοτικά στοιχεία για την οικογένεια H5 ανά κατηγορία και ανά εβδομάδα

Οικιακά Απόβλητα από:	1w		2w		3w		4w		Σύνολο	Σύνολο	Σύνολο
	A	UN	A	UN	A	UN	A	UN	A	UN	
	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	
Φρούτα	18	741	-	514	159	1.601	165	1.728	342	4.583	4.924
Λαχανικά	465	37	-	192	-	424	-	230	465	882	1.347
Αρτοσκευάσματα	105	-	120	-	-	-	-	-	225	-	225
Κρέας και ψάρια	61	-	-	-	-	-	-	-	61	-	61
Μαγειρεμένα φαγητά	115	-	-	-	106	-	-	-	221	-	221
Διάφορα	-	22	-	6	-	8	-	-	-	36	36
Σύνολο	763	799	120	712	265	2.032	165	1.958	1.313	5.500	6.813

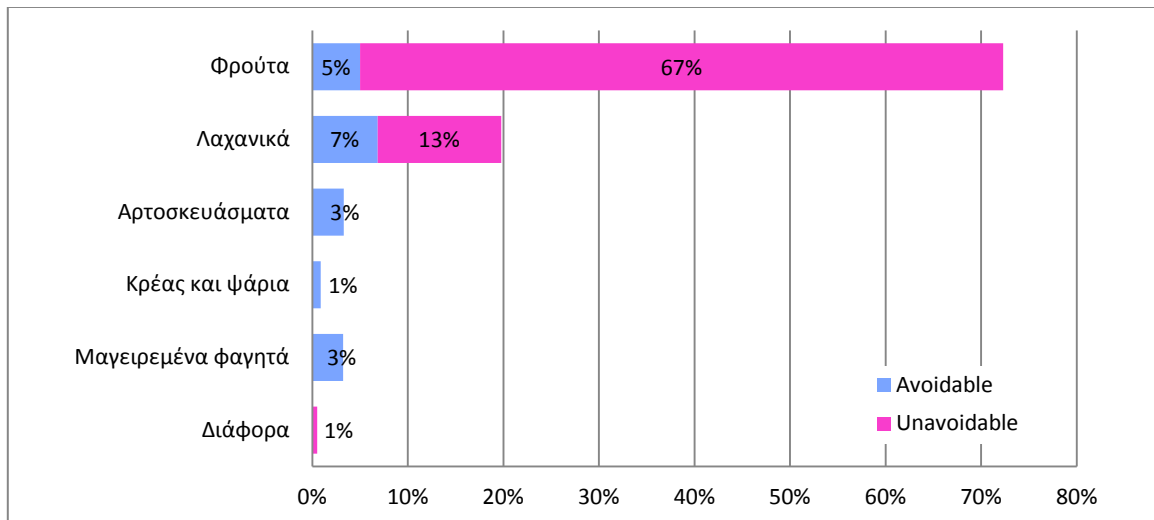
(1) w: week, (2) A: avoidable, (3) UN: unavoidable

Στην Εικόνα 52 παρουσιάζεται η ποσοστιαία συμμετοχή ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων συνολικά στο διάστημα 28 ημερών που παρήγαγε η πρώτη οικογένεια. Όπως έχει ήδη αναφερθεί τα απόβλητα της οικογένειας H5 κατά τη διάρκεια του μήνα προέρχονται κυρίως (92%) από φρούτα και λαχανικά. Το 3% προέρχεται από μαγειρεμένα φαγητά, το 1% από κρέας και ψάρι, το 1% προέρχεται από διάφορα ενώ η κατηγορία αρτοσκευάσματα συμμετέχει με 3%.



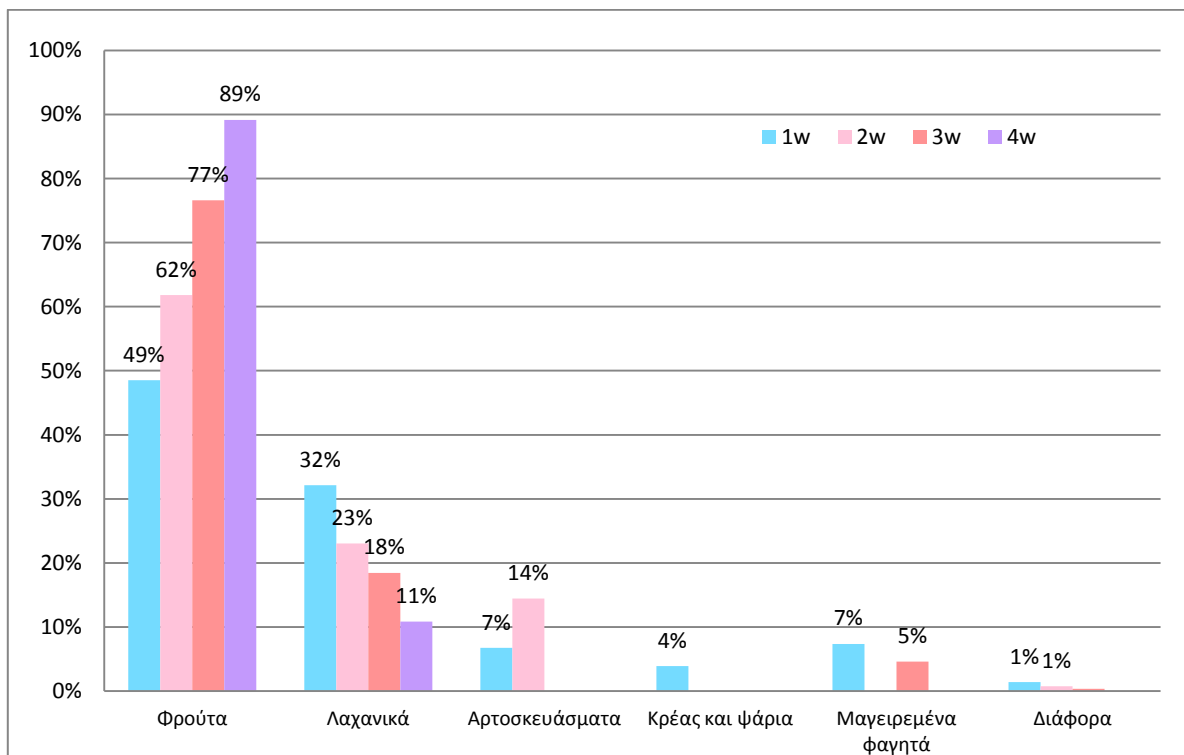
Εικόνα 52: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων κατά τη διάρκεια 28d, οικογένεια H5

Στην Εικόνα 53 φαίνεται η ποσοστιαία σύσταση ανά είδος σε 28 ημέρες καθώς και ο διαχωρισμός τους σε 'αποφευκτέα' και 'αναπόφευκτα'.



Εικόνα 53: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων και ανάλογα με το διαχωρισμό τους σε αποφευκτέα και αναπόφευκτα απόβλητα κατά τη διάρκεια 28d, οικογένεια H5

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι από το 92%, που είναι η συμμετοχή σε απόβλητα φρούτων και λαχανικών, το 80% αφορά σε παραγωγή αποβλήτων κουζίνας που δε θα μπορούσε να αποφευχθεί. Επίσης, η παραγωγή αποβλήτων των κατηγοριών ‘αρτοσκευάσματα’, ‘κρέας ψάρι’ και ‘μαγειρεμένα φαγητά’ μπορούσε να αποφευχθεί στο σύνολό της. Συνολικά, το 81% της παραγωγής είναι αναπόφευκτα απόβλητα ενώ το 19% αποφευκτέα. Τέλος, Στην Εικόνα 54 παρουσιάζεται η συμμετοχή ανά είδος εβδομαδιαία και για τις τέσσερις εβδομάδες.



Εικόνα 54: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων και ανά εβδομάδα για το χρονικό διάστημα ενός μήνα, οικογένεια H5

Όπως φαίνεται και από την **Εικόνα 54** κάποια είδη δεν συμμετέχουν καθόλου σε μερικές εβδομάδες, π.χ. τη δεύτερη εβδομάδα δεν υπάρχουν καθόλου οι κατηγορίες 'μαγειρεμένα φαγητά' και 'κρέας-ψάρια', την τρίτη εβδομάδα δεν υπάρχουν καθόλου οι κατηγορίες 'κρέας-ψάρια', 'αρτοσκευάσματα' και 'διάφορα' και την τέταρτη εβδομάδα δεν υπάρχουν καθόλου οι κατηγορίες 'αρτοσκευάσματα', 'μαγειρεμένα φαγητά', 'κρέας-ψάρια' και 'διάφορα'. Οι κατηγορίες αποβλήτων 'φρούτα' και 'λαχανικά' εμφανίζονται σε όλες τις εβδομάδες και σε υψηλά ποσοστά. Συγκεκριμένα την 1<sup>η</sup> εβδομάδα τα απόβλητα από φρούτα και λαχανικά συμμετέχουν με 81%, τα 'αρτοσκευάσματα' με 7%, τα 'μαγειρεμένα φαγητά' με 7%, η κατηγορία 'κρέας-ψάρια' με 4% και η κατηγορία 'διάφορα' με 1%. Κατά τη 2<sup>η</sup> εβδομάδα τα απόβλητα από φρούτα και λαχανικά συμμετέχουν με 85%, η κατηγορία 'αρτοσκευάσματα' με 14% και η κατηγορία 'διάφορα' με 1%. Την 3<sup>η</sup> εβδομάδα η κατηγορία 'φρούτα' και η κατηγορία 'λαχανικά' συμμετέχουν με 95% και τα απόβλητα από μαγειρεμένα φαγητά με 5%.

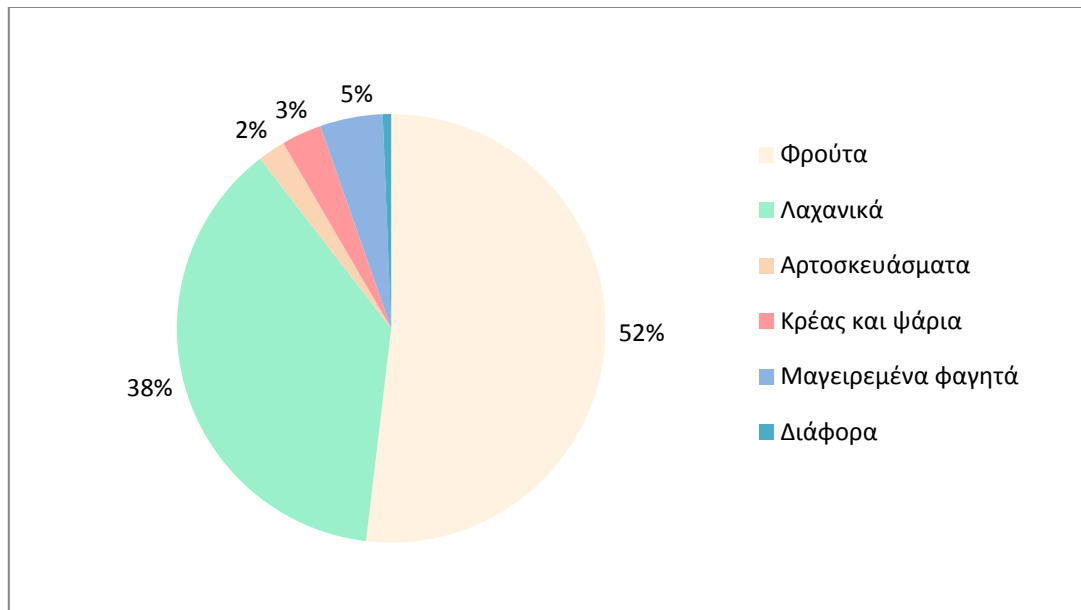
#### 4.1.6 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για όλες τις οικογένειες

Στον **Πίνακα 18** παρουσιάζεται η παραγόμενη ποσότητα οικιακών αποβλήτων τροφίμων για όλες τις οικογένειες (και για τα δύο μέλη) ανά είδος κατηγορίας σε διάστημα 28 ημερών, καθώς επίσης καταγράφονται οι ποσότητες ανάλογα με το διαχωρισμό τους σε *αποφευκτέα απόβλητα* και σε *αναπόφευκτα απόβλητα*.

Πίνακας 18: Συγκεντρωτικά στοιχεία για όλες τις οικογένειες, ανά κατηγορία σε διάρκεια 28d

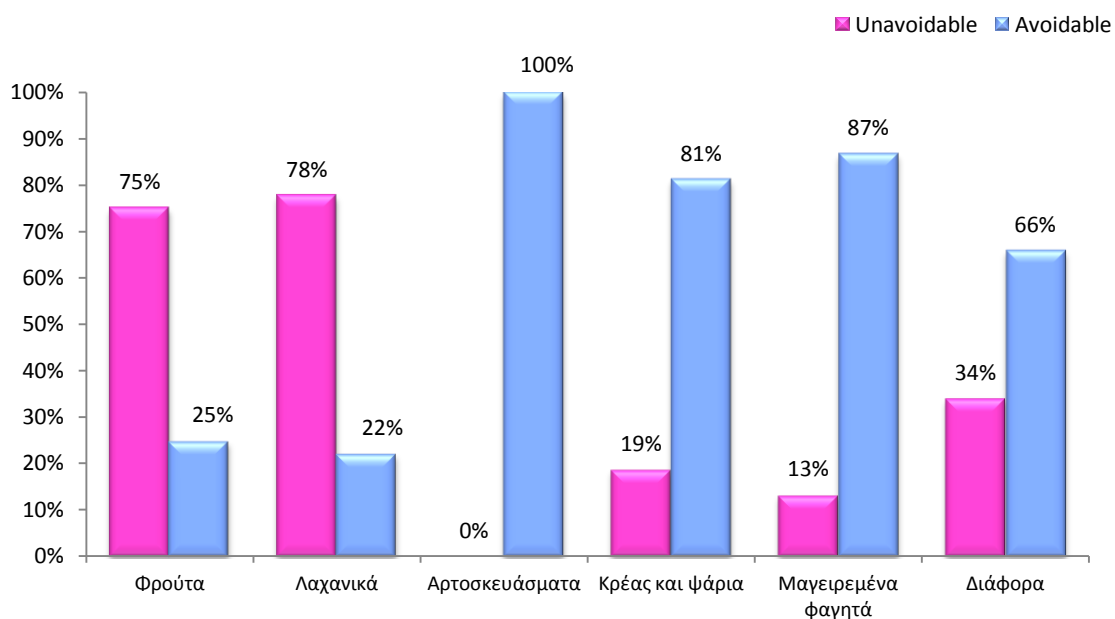
Κατηγορία	Αποφευκτέα απόβλητα g	Αναπόφευκτα απόβλητα g	Σύνολο g
Φρούτα	9.480	28.688	38.168
Λαχανικά	6.133	21.572	27.705
Αρτοσκευάσματα	1.526	0	1.526
Κρέας και ψάρια	1.813	417	2.230
Μαγειρεμένα φαγητά	3.022	460	3.482
Διάφορα	308	159	467

Στην **Εικόνα 55** παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στοιχεία αναφορικά με την παραγόμενη ποσότητα οικιακών αποβλήτων τροφίμων για όλες τις οικογένειες (και για τα δύο μέλη) ανά είδος κατηγορίας σε διάστημα 28 ημερών. Παρατηρούμε πως τη μεγαλύτερη συμμετοχή την έχει η κατηγορία 'φρούτα' με 52%. Ακολουθούν οι κατηγορίες 'λαχανικά' με 38%, 'μαγειρεμένα φαγητά' με 5%, 'κρέας - ψάρια' με 3%, 'αρτοσκευάσματα' με 2% και τέλος η κατηγορία 'διάφορα' που συμμετέχει με πάρα πολύ μικρό ποσοστό τις τάξης του 0,006%.



Εικόνα 55: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων για το χρονικό διάστημα ενός μήνα, όλες οι οικογένειες

Στην Εικόνα 56 καταγράφονται οι παραγόμενες ποσότητες ανάλογα με το διαχωρισμό τους σε αποφευκτέα απόβλητα (avoidable) και σε αναπόφευκτα απόβλητα (unavoidable).



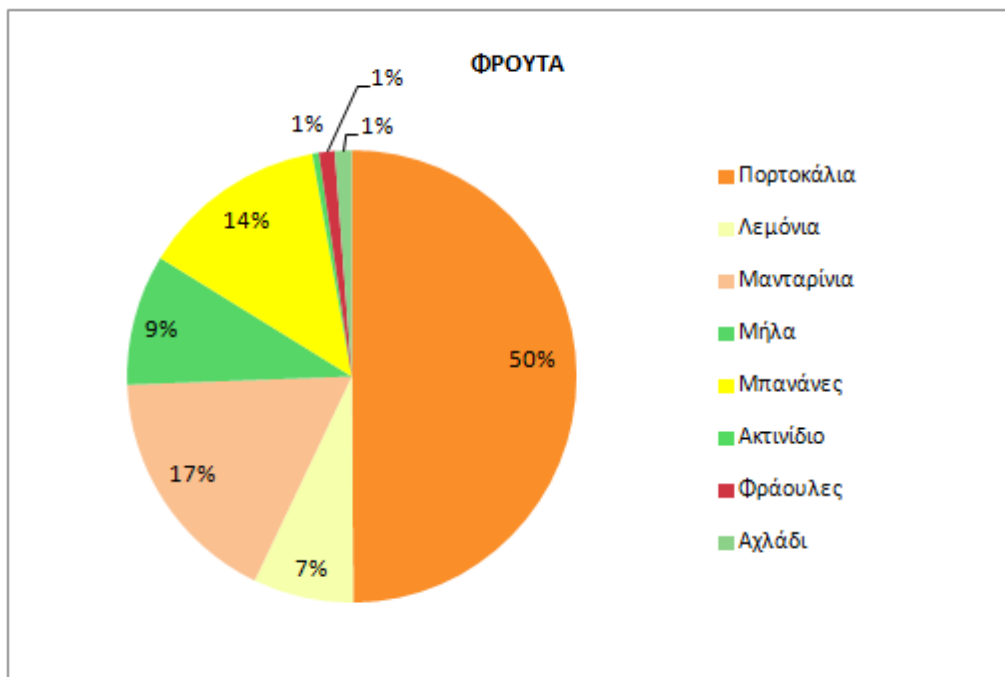
Εικόνα 56: Ποσοστιαία σύσταση ανά κατηγορία οικιακών αποβλήτων τροφίμων και ανάλογα με το διαχωρισμό τους σε αποφευκτέα απόβλητα (avoidable) και σε αναπόφευκτα απόβλητα (unavoidable) κατά τη διάρκεια 28d, όλες οι οικογένειες

Παρατηρείται στην κατηγορία ‘φρούτα’ το 75% της παραγόμενης ποσότητας αποβλήτων δεν μπορεί να αποφευχθεί και αναφέρεται κυρίως σε φλούδες, ενώ το 25% μπορεί να αποφευχθεί και αναφέρεται κυρίως σε φρούτα που αφέθηκαν να σαπίσουν. Ίδια συμπεριφορά παρουσιάζει και η

κατηγορία 'λαχανικά' όπου το 78% δεν μπορεί να αποφευχθεί ενώ το 22% μπορεί να αποφευχθεί. Στην κατηγορία αρτοσκευάσματα το σύνολο της παραγόμενης ποσότητας μπορεί να αποφευχθεί και αυτό οφείλεται σε προϊόν που δεν καταναλώθηκε έγκαιρα. Στις κατηγορίες 'κρέας-ψάρι' και 'μαγειρεμένα φαγητά' παρατηρείται πως παράχθηκε μεγάλη ποσότητα που μπορούσε να αποφευχθεί (81% και 87% αντίστοιχα) και αυτό οφείλεται κυρίως σε φαγητό που μαγειρεύτηκε αλλά δεν καταναλώθηκε. Οι παραγόμενες ποσότητες που δεν μπορούσαν να αποφευχθούν σε αυτές τις κατηγορίες συμμετέχουν με 19% και 13% αντίστοιχα.

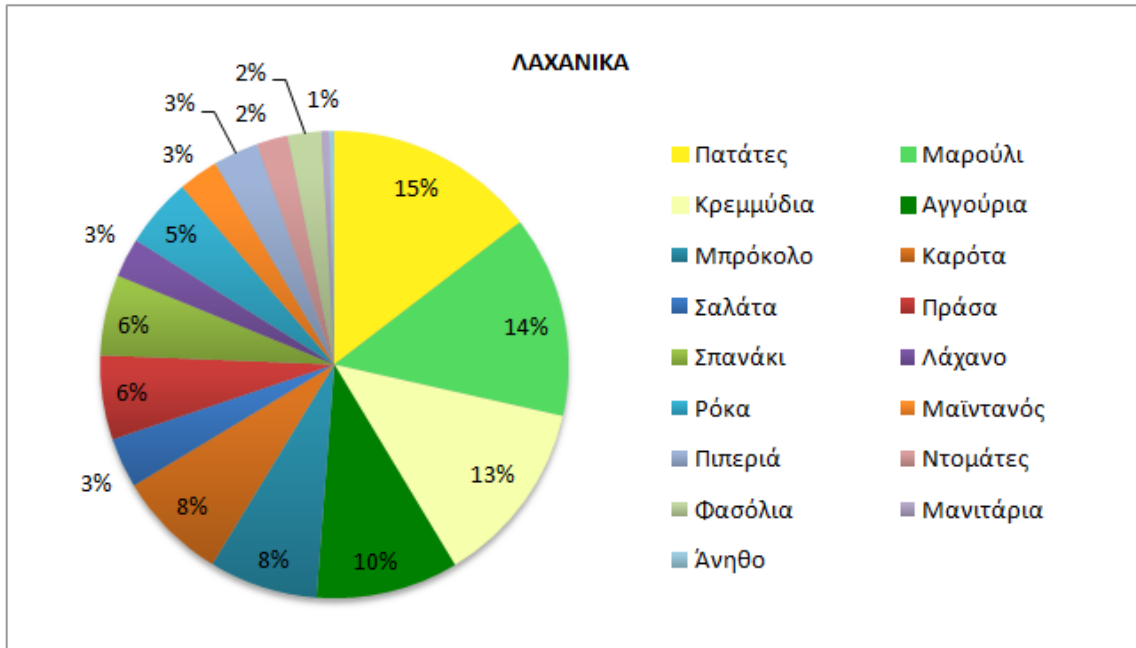
Στην συνέχεια παρουσιάζονται διαγράμματα όπου καταγράφεται η συμμετοχή των αποβλήτων τροφίμων για κάθε κατηγορία ξεχωριστά.

Στην **Εικόνα 57** παρουσιάζεται η συμμετοχή των αποβλήτων τροφίμων για την κατηγορία 'φρούτα'. Το μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνουν τα πορτοκάλια (50%) στη συνέχεια τα μανταρίνια (17%), οι μπανάνες (14%), τα μήλα (9%), τα λεμόνια (7%) και τέλος τα ακτινίδια, οι φράουλες και τα αχλάδια όπου συμμετέχουν με 1% η κάθε κατηγορία ξεχωριστά.



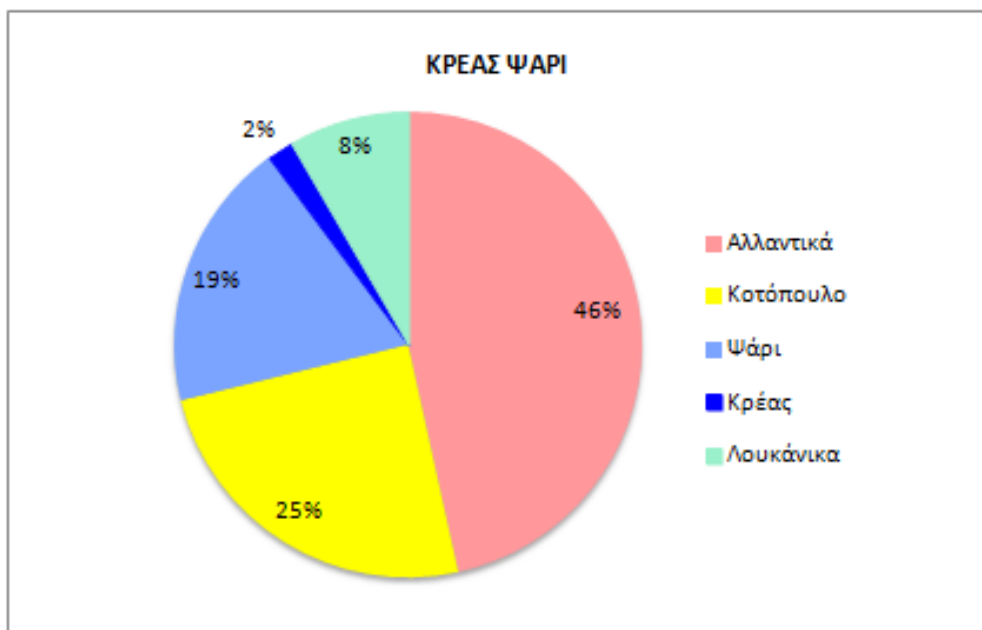
Εικόνα 57: Ποσοστιαία σύσταση ανά απόβλητο τροφίμου στην κατηγορία φρούτα σε διάστημα 28d

Στην **Εικόνα 58** παρουσιάζεται η συμμετοχή των αποβλήτων τροφίμων για την κατηγορία 'λαχανικά'. Τη μεγαλύτερη συμμετοχή την έχουν οι πατάτες (15%), το μαρούλι (14%), τα κρεμμύδια (13%), τα αγγούρια (10%), τα καρότα (8%) και το μπρόκολο (8%). Στη συνέχεια ακολουθούν τα πράσα και το σπανάκι με 6% το καθένα, η ρόκα με 5%, η πιπεριά, ο μαϊντανός, το λάχανο και η σαλάτα με 3% το κάθε ένα. Τέλος τα φασόλια καθώς και οι ντομάτες συμμετέχουν με 2% και τα μανιτάρια με 1%.



Εικόνα 58: Ποσοστιαία σύσταση ανά απόβλητο τροφίμου στην κατηγορία λαχανικά σε διάστημα 28d

Στην **Εικόνα 59** παρουσιάζεται η συμμετοχή των αποβλήτων τροφίμων για την κατηγορία ‘κρέας ψάρι’. Στην κατηγορία αυτή την μεγαλύτερη συμμετοχή έχουν τα αλλαντικά (46%) ακολουθούν το κοτόπουλο (25%), τα ψάρια (19%), τα λουκάνικα (8%) και το κρέας με 2%.

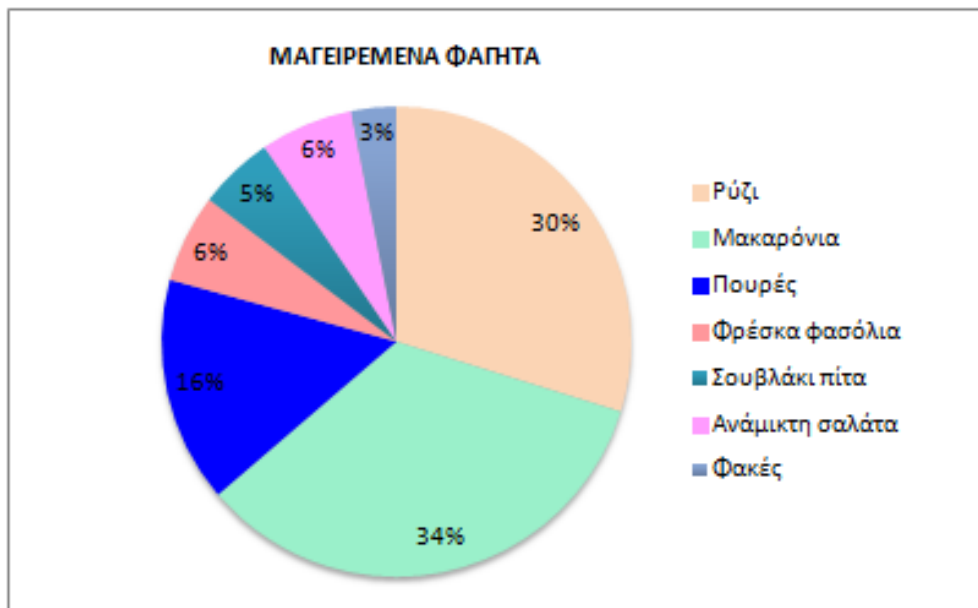


Εικόνα 59: Ποσοστιαία σύσταση ανά απόβλητο τροφίμου στην κατηγορία κρέας ψάρι σε διάστημα 28d

Στην **Εικόνα 60** παρουσιάζεται η συμμετοχή των αποβλήτων τροφίμων για την κατηγορία ‘κρέας ψάρια’. Την μεγαλύτερη συμμετοχή έχουν τα μακαρόνια (34%), το ρύζι (30%) και ο πουρές (16%).

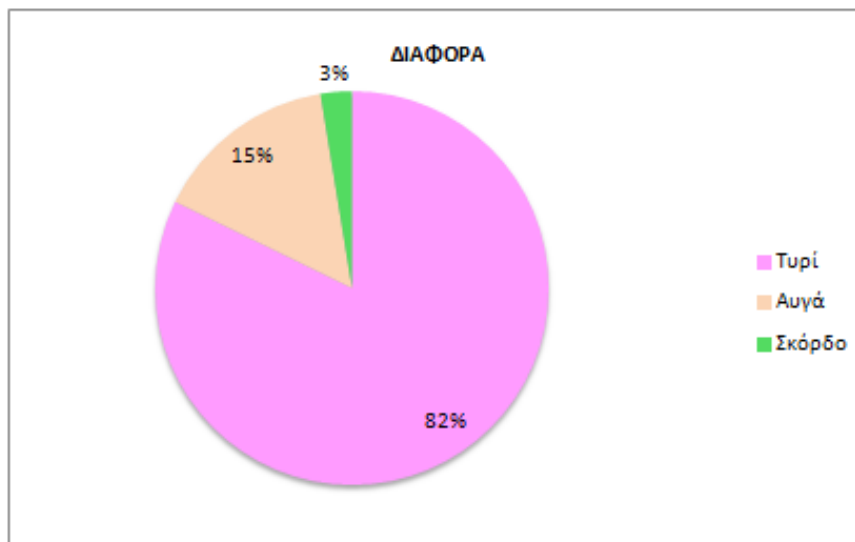


Στη συνέχεια το φρέσκα φασόλια συμμετέχουν με 6% , η ανάμικτη σαλάτα (6%), το σουβλάκι πίτα (5%) και οι φακές με 3%.



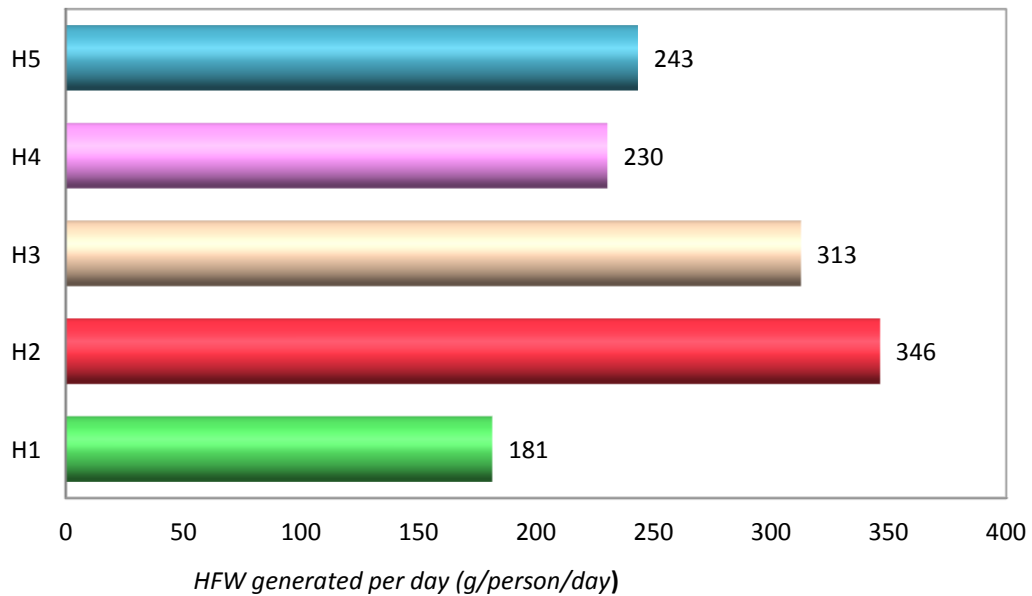
Εικόνα 60: Ποσοστιαία σύσταση ανά απόβλητο τροφίμου στην κατηγορία μαγειρεμένα φαγητά σε 28d

Στην **Εικόνα 61** παρουσιάζεται η συμμετοχή των αποβλήτων τροφίμων για την κατηγορία 'διάφορα'. Την μεγαλύτερη συμμετοχή έχει το τυρί (82%) και ακολουθούν τα αυγά (15%) και το σκόρδο (3%).



Εικόνα 61: Ποσοστιαία σύσταση ανά απόβλητο τροφίμου στην κατηγορία διάφορα σε διάστημα 28d

Στην **Εικόνα 62** παρουσιάζεται οι παραγόμενες ποσότητες αποβλήτων τροφίμων ανά άτομο ανά ημέρα.



Εικόνα 62: Ποσοτική παραγωγή αποβλήτων τροφίμων ανά άτομο την ημέρα

Η μεγαλύτερη παραγωγή παρατηρείται στην οικογένεια H2 όπου την ημέρα το ένα άτομο παράγει 346g απόβλητα. Στη συνέχεια ακολουθεί η οικογένεια H3 με 313g την ημέρα, η οικογένεια H5 με 243g την ημέρα, η οικογένεια H4 με 230g την ημέρα και τέλος η οικογένεια H1 με 181g την ημέρα. . Λαμβάνοντας υπόψη ότι ενδέχεται οι συμμετέχοντες να μην παρέχουν αντιπροσωπευτικά στοιχεία κατά τη μέθοδο των ημερολογίων καταγραφής αναμένεται ότι η τιμή αυτή είναι υποτιμημένη. Αυτό αποδίδεται στο γεγονός ότι κατά την καταγραφή οι συμμετέχοντες είναι επικεντρωμένοι στα απόβλητα των τροφίμων και χωρίς να το καταλαβαίνουν κάνουν καλύτερη πρόληψη στη δημιουργία αποβλήτων. Ένας άλλος λόγος είναι ότι το θέμα είναι ευαίσθητο και οι άνθρωποι μπορεί να ντρέπονται να αναφέρουν ότι σπαταλούν τόσο πολύ φαγητό γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλη υποτίμηση των δεδομένων. Παρόλα αυτά, η τιμή αυτή είναι ελαφρώς υψηλότερη από το μέσο όρο που δίνεται για την Ευρώπη και το οποίο ισούται με 208g/c/d. Ωστόσο, σημειώνεται ότι για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων τόσο για τη σύσταση όσο και για την ημερήσια παραγωγή απαιτείται η συμμετοχή μεγαλύτερου δείγματος καθώς και η συλλογή στοιχείων και σε άλλες εποχές του έτους.

## 4.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των αποβλήτων τροφίμων

Στο παρόν υποκεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των φυσικοχημικών αναλύσεων για όλα τα δείγματα.

### 4.2.1 Αποτελέσματα μετρήσεων υγρασίας οικιακών αποβλήτων τροφίμων

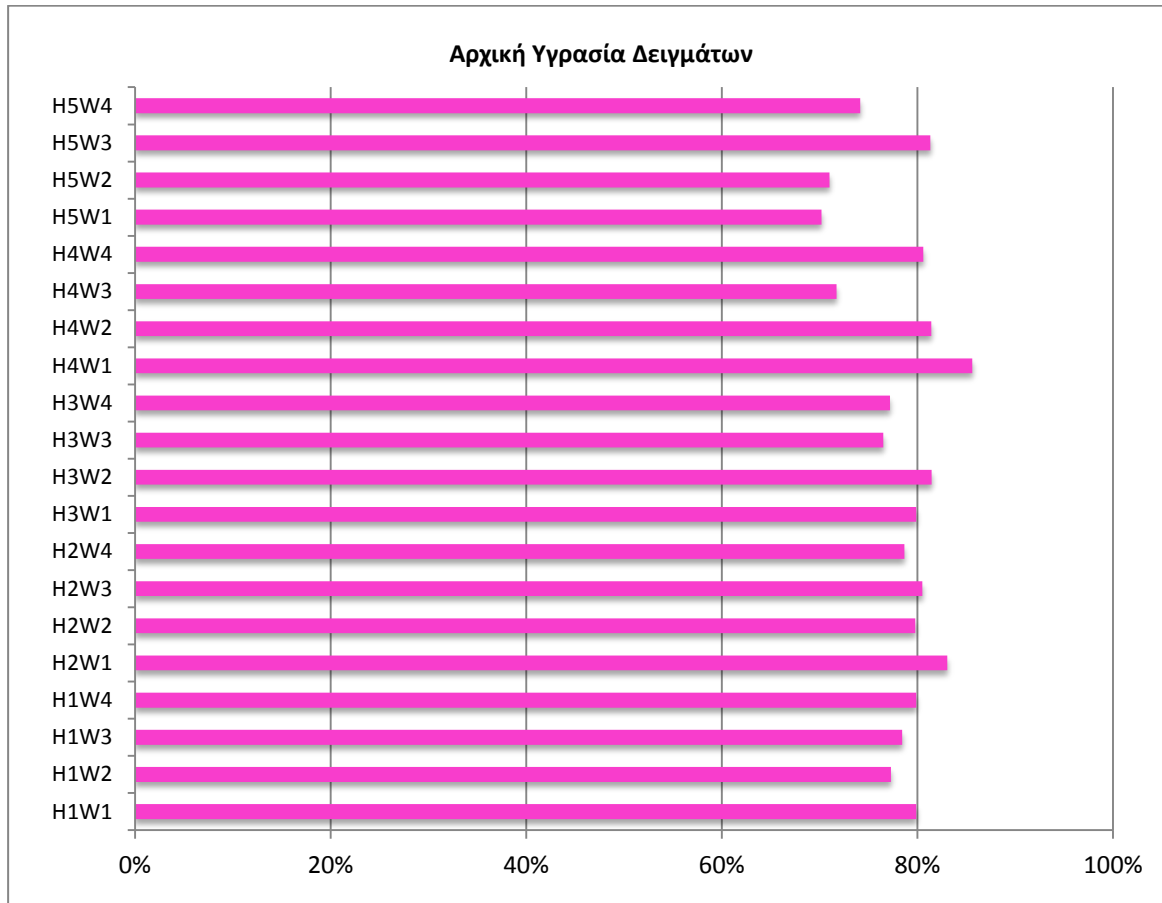
Στον Πίνακα 19 δίνονται οι τιμές της αρχικής υγρασίας για όλα τα δείγματα. Παρατηρείται ότι η υγρασία των οικιακών αποβλήτων τροφίμων κυμαίνεται από 70% έως 86%.

Πίνακας 19: Αρχική υγρασία για όλα τα δείγματα στο διάστημα των τεσσάρων εβδομάδων

Δείγμα	Υγρασία
H1W1	80%
H1W2	77%
H1W3	78%
H1W4	80%
H2W1	83%
H2W2	80%
H2W3	81%
H2W4	79%
H3W1	80%
H3W2	81%
H3W3	77%
H3W4	77%
H4W1	86%
H4W2	81%
H4W3	72%
H4W4	81%
H5W1	70%
H5W2	71%
H5W3	81%
H5W4	74%

Στην Εικόνα 63 παρουσιάζεται η διακύμανση της αρχικής υγρασίας για όλα τα δείγματα. Τη μεγαλύτερη υγρασία εμφανίζει το δείγμα H4W1 (86%) και τη μικρότερη υγρασία το δείγμα H5W1 (70%). Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τα απόβλητα της οικογένειας H4 την 1<sup>η</sup> εβδομάδα (W1) αποτελούνται κυρίως από φρούτα και λαχανικά σε ποσοστό 99%. Για το λόγο αυτό δικαιολογείται και το υψηλό ποσοστό υγρασίας (86%). Το δείγμα H5W1 αποτελείται ως επί το πλείστον από απόβλητα φρούτων και λαχανικών (81%). Το μεγαλύτερο μέρος (98%), όμως, των αποβλήτων των φρούτων αποτελείται από φλούδες οι οποίες περιέχουν πολύ μικρότερα ποσοστά υγρασίας σε

σύγκριση με το υπόλοιπο μέρος του φρούτου. Λόγω των προαναφερθέντων δικαιολογείται το μικρό ποσοστό υγρασίας (70 %) που εμφάνισε το δείγμα H5W1.



Εικόνα 63: Συγκριτικά αποτελέσματα αρχικής υγρασίας όλων των δειγμάτων, 28d

#### 4.2.2 Αποτελέσματα μετρήσεων pH και αγωγιμότητας οικιακών αποβλήτων τροφίμων

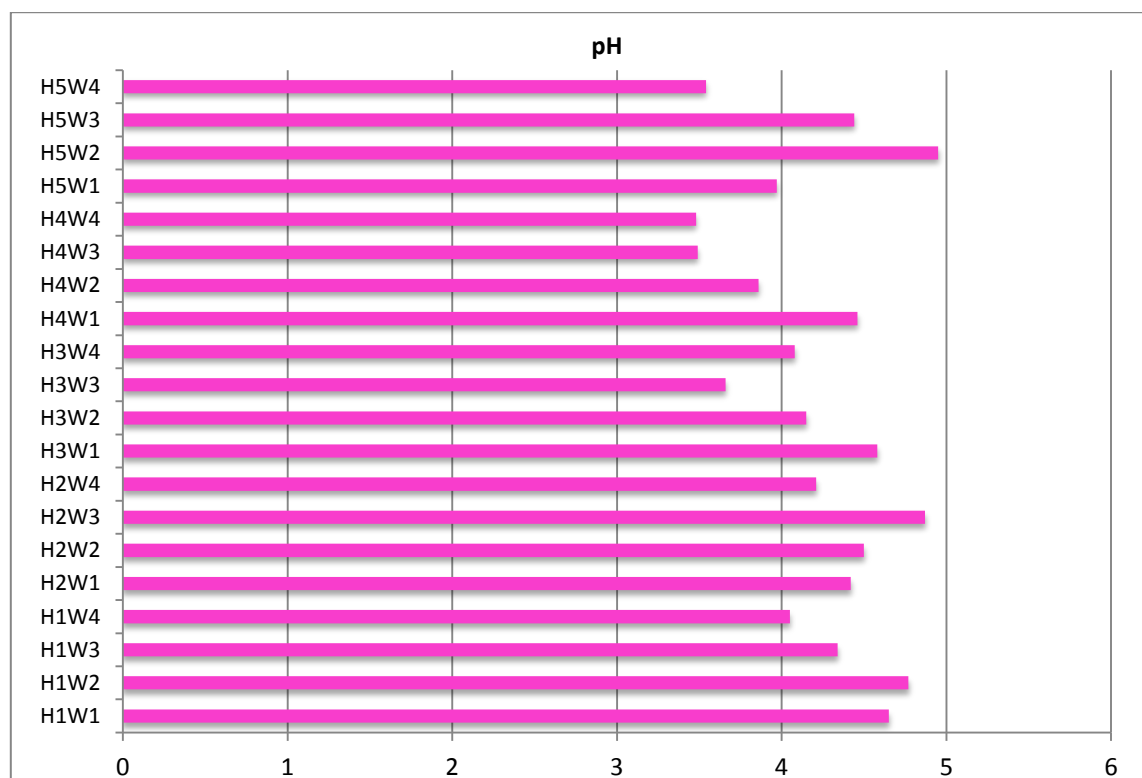
Στον **Πίνακα 20** αναφέρονται οι τιμές του pH και της αγωγιμότητας των δειγμάτων στο διάστημα των τεσσάρων εβδομάδων. Το pH λαμβάνει τιμές από 3,48 έως 4,95. Οι τιμές της αγωγιμότητας κυμαίνονται από 806 $\mu$ S/cm έως 4.340 $\mu$ S/cm.

Πίνακας 20: Τιμές pH και αγωγιμότητας για όλα τα δείγματα

Δείγμα	Λόγος αραιώσης	pH	Αγωγιμότητα, $\mu$ S/cm
H1W1	1:10	4,65	2.580
H1W2	1:14	4,77	1.880
H1W3	1:10	4,34	2.990
H1W4	1:10	4,05	2.840
H2W1	1:10	4,42	2.880
H2W2	1:14	4,50	1.890
H2W3	1:14	4,87	1.786
H2W4	1:10	4,21	3.060
H3W1	1:14	4,58	1.329
H3W2	1:10	4,15	2.180

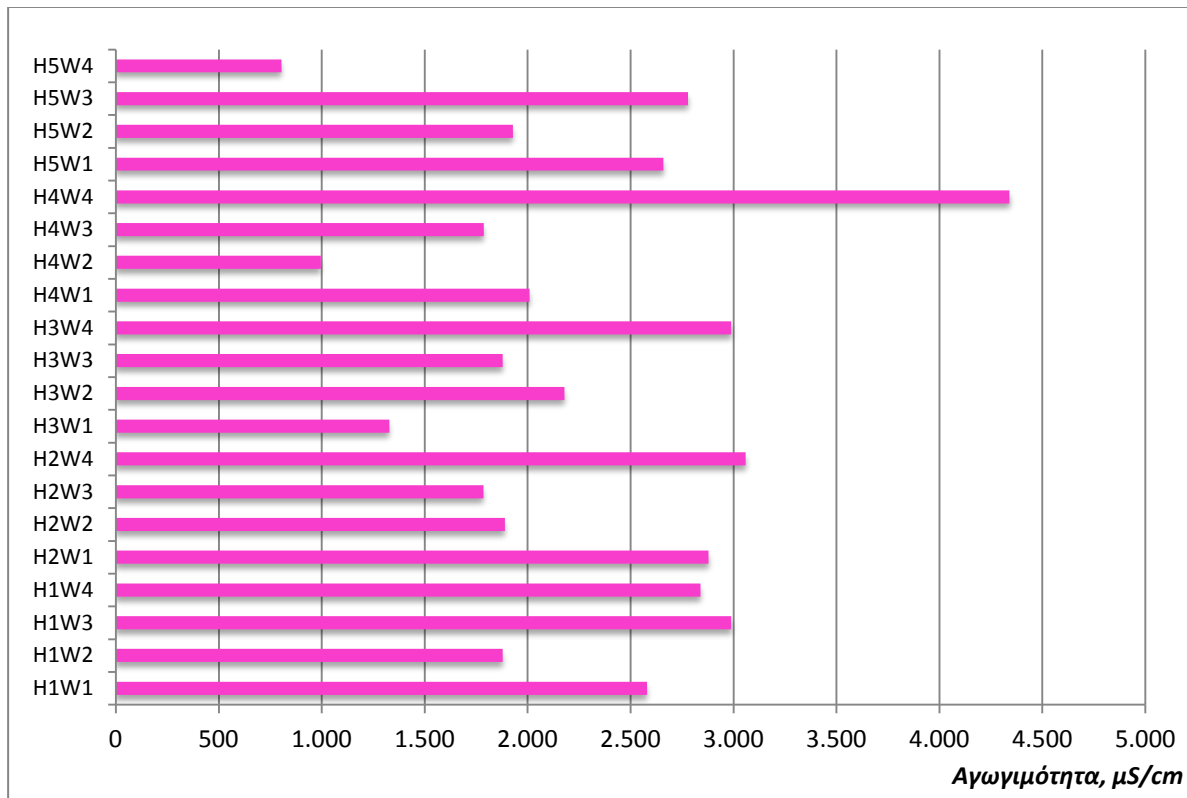
Δείγμα	Λόγος αραίωσης	pH	Αγωγιμότητα, $\mu\text{S}/\text{cm}$
H3W3	1:10	3,66	1.880
H3W4	1:10	4,08	2.990
H4W1	1:10	4,46	2.010
H4W2	1:14	3,86	996
H4W3	1:14	3,49	1.788
H4W4	1:10	3,48	4.340
H5W1	1:10	3,97	2660
H5W2	1:10	4,95	1930
H5W3	1:10	4,44	2780
H5W4	1:10	3,54	806

Στην **Εικόνα 64** παρουσιάζεται η διακύμανση της τιμής του pH σε όλα τα δείγματα. Τη μεγαλύτερη τιμή pH την έχει το δείγμα H5W2 (τιμή pH 4,95) και τη μικρότερη τιμή το δείγμα H4W4 (τιμή pH 3,48). Γενικά οι τιμές του pH των δειγμάτων κυμαίνονται στις όξινες περιοχές της κλίμακας των τιμών του pH. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται και από τη διεθνή βιβλιογραφία, όπου οι τιμές pH των στερεών αποβλήτων τροφίμων κυμαίνονται σε χαμηλές τιμές από 4 σε 5, πολλές φορές και κάτω από 4 (Adhikari et al., 2008; Fung and Wong, 2006).



Εικόνα 64: Συγκριτικά αποτελέσματα pH, για όλα τα δείγματα

Στην **Εικόνα 64** παρουσιάζεται η διακύμανση της τιμής της αγωγιμότητας σε όλα τα δείγματα. Τη μεγαλύτερη τιμή αγωγιμότητας την έχει το δείγμα H4W4 (4.340  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) και τη μικρότερη τιμή το δείγμα H5W4 (806  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).



Εικόνα 65: Συγκριτικά αποτελέσματα αγωγιμότητας για όλα τα δείγματα

#### 4.2.3 Αποτελέσματα μετρήσεων πτητικών στερεών οικιακών αποβλήτων τροφίμων

Στον Πίνακα 21 παρουσιάζονται οι τιμές των πτητικών στερεών των δειγμάτων (μέσος όρος τριών μετρήσεων) σε ξηρή βάση. Όπως φαίνεται οι τιμές κυμαίνονται από 84,5% σε 95,1%. Όλα τα δείγματα, λοιπόν, χαρακτηρίζονται από υψηλές τιμές περιεκτικότητας σε πτητικά στερεά. Το γεγονός αυτό αναμενόταν καθώς τα δείγματα αποτελούνται αποκλειστικά από οργανικά υλικά.

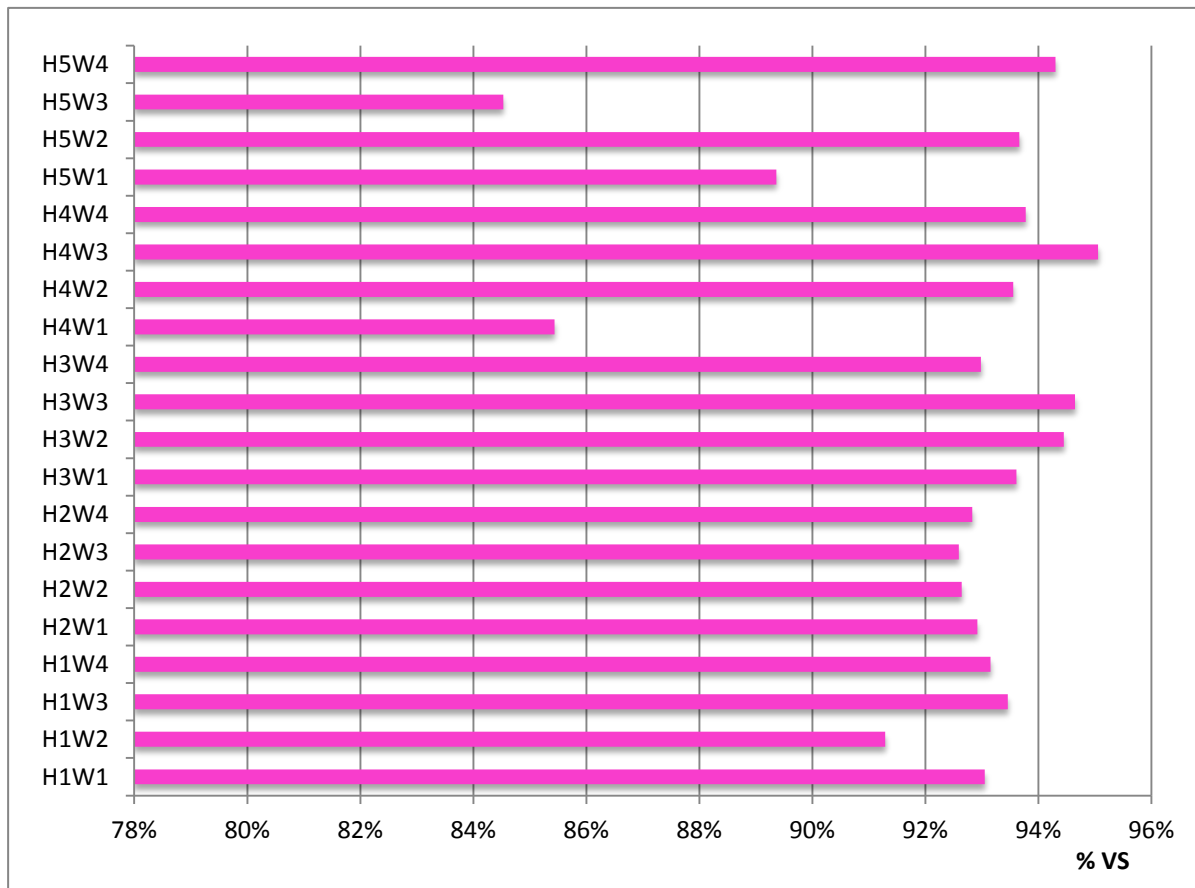
Πίνακας 21: Τιμές πτητικών στερεών των δειγμάτων σε ξηρή βάση

Δείγμα	% VS (σε ξηρή βάση) ± stdv
H1W1	93,06% ±0,60%
H1W2	91,30% ±0,05%
H1W3	93,46% ±0,06%
H1W4	93,16% ±0,08%
H2W1	92,93% ±0,06%
H2W2	92,65% ±0,03%
H2W3	92,60% ±0,26%
H2W4	92,84% ±0,02%
H3W1	93,62% ±0,34%
H3W2	94,46% ±0,15%
H3W3	94,65% ±0,10%
H3W4	92,99% ±0,04%



Δείγμα	% VS (σε ξηρή βάση) $\pm$ stdv
H4W1	85,44% $\pm$ 0,09%
H4W2	93,56% $\pm$ 0,02%
H4W3	95,06% $\pm$ 0,81%
H4W4	93,78% $\pm$ 0,52%
H5W1	89,37% $\pm$ 0,01%
H5W2	93,67% $\pm$ 0,21%
H5W3	84,53% $\pm$ 0,66%
H5W4	94,31% $\pm$ 1,74%

Συγκεκριμένα στην **Εικόνα 66** παρατηρείται ότι η μικρότερη τιμή πτητικών στερεών έχει το δείγμα H5W3 (84,5 %) και τη μεγαλύτερη το δείγμα H4W3 (95,1%). Με βάση τη βιβλιογραφία οι μετρούμενες τιμές σε πτητικά στερεά είναι ενδεικτικές της υψηλής συγκέντρωσης οργανικού φορτίου



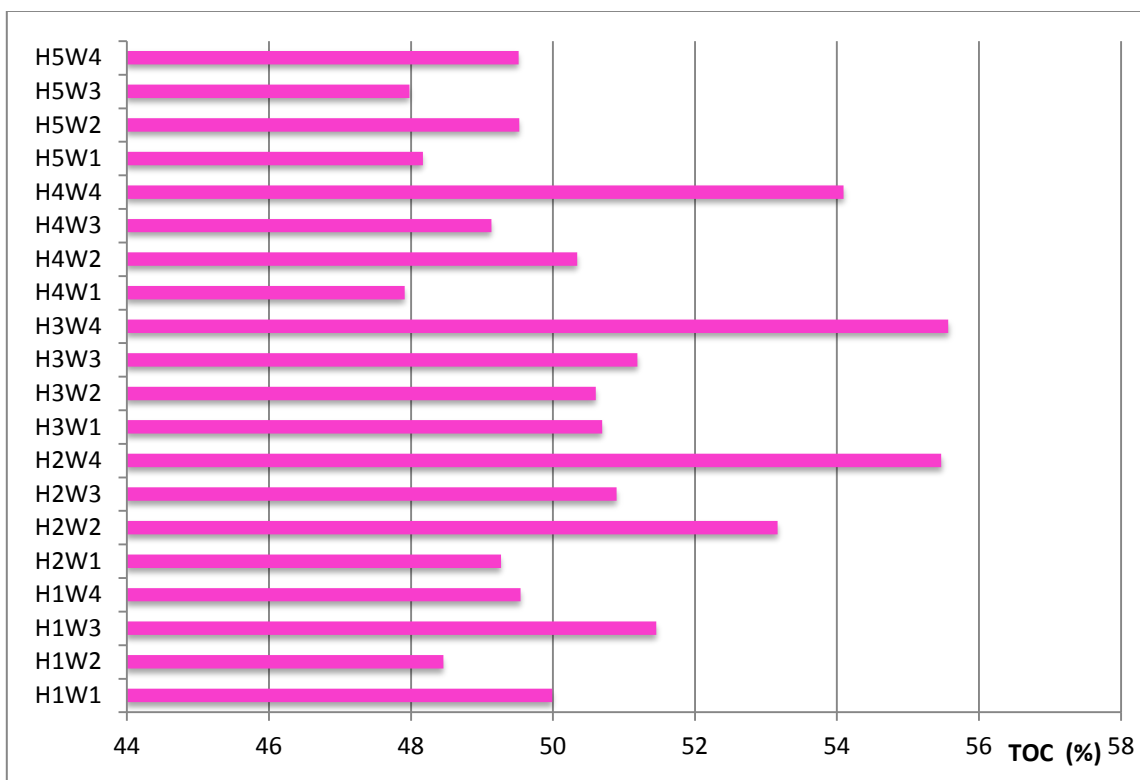
Εικόνα 66: Συγκριτικά αποτελέσματα πτητικών στερεών για όλα τα δείγματα

#### 4.2.4 Αποτελέσματα μετρήσεων οργανικού άνθρακα οικιακών αποβλήτων τροφίμων

Στον Πίνακα 22 και στην Εικόνα 67 παρουσιάζονται οι τιμές του ολικού οργανικού άνθρακα (TOC) (μέσος όρος δύο μετρήσεων) οι οποίες κυμαίνονται σε υψηλά επίπεδα από 47,9% έως 55,6%. Κάτι τέτοιο αναμενόταν καθώς τα δείγματα αποτελούνται καθαρά από οργανικά υλικά.

Πίνακας 22: Τιμές ολικού οργανικού άνθρακα (%) των δειγμάτων

Δείγμα	TOC (%) ±stdv
H1W1	50,0 ±0,7
H1W2	48,5 ±0,4
H1W3	51,5 ±0,7
H1W4	49,5 ±0,4
H2W1	49,3 ±0,5
H2W2	53,2 ±0,2
H2W3	50,9 ±0,1
H2W4	55,5 ±0,8
H3W1	50,7 ±0,1
H3W2	50,6 ±0,7
H3W3	51,2 ±0,4
H3W4	55,6 ±0,2
H4W1	47,9 ±0,5
H4W2	50,3 ±0,6
H4W3	49,1 ±3,2
H4W4	54,1 ±0,0
H5W1	48,2 ±0,3
H5W2	49,5 ±0,7
H5W3	48,0 ±0,5
H5W4	49,5 ±0,9



Εικόνα 67: Συγκριτικά αποτελέσματα ολικού οργανικού άνθρακα για όλα τα δείγματα

#### 4.2.5 Αποτελέσματα μετρήσεων ολικού αζώτου, αμμωνιακών και ολικού Kjeldahl αζώτου των οικιακών αποβλήτων τροφίμων

Στον Πίνακα 23 παρουσιάζονται οι τιμές του ολικού αζώτου, αμμωνιακών και ολικού κατά Kjeldahl αζώτου (μέσος όρος δύο μετρήσεων) των οικιακών αποβλήτων τροφίμων σε ξηρή βάση.

Πίνακας 23: Τιμές TKN, NH<sub>4</sub> και TN (%) των δειγμάτων αποβλήτων τροφίμων

Δείγμα	TKN (%) ±stdv	NH <sub>4</sub> (%) ±stdv	TN (%) ±stdv
H1W1	-	0,52 ±0,00	1,66 ±0,05
H1W2	-	-	1,60 ±0,02
H1W3	1,79 ±0,04	0,63 ±0,01	2,09 ±0,00
H1W4	-	0,79 ±0,16	2,31 ±0,00
H2W1	1,82 ±0,00	0,46 ±0,07	1,73 ±0,02
H2W2	2,63 ±0,00	0,79 ±0,03	2,81 ±0,00
H2W3	2,05 ±0,02	0,59 ±0,01	2,22 ±0,00
H2W4	2,70 ±0,00	0,61 ±0,10	2,79 ±0,00
H3W1	1,44 ±0,02	0,16 ±0,05	1,56 ±0,00
H3W2	1,43 ±0,00	0,34 ±0,11	1,47 ±0,00
H3W3	1,94 ±0,02	0,41 ±0,01	2,01 ±0,00
H3W4	2,28 ±0,00	0,67 ±0,11	2,39 ±0,02
H4W1	2,41 ±0,02	0,48 ±0,00	2,49 ±0,01
H4W2	1,64 ±0,00	0,14 ±0,01	1,66 ±0,02
H4W3	1,63 ±0,03	0,22 ±0,08	1,66 ±0,06
H4W4	-	0,19 ±0,01	-

Δείγμα	TKN (%) ±stdv	NH4 (%) ±stdv	TN (%) ±stdv
H5W1	2,15 ±0,00	0,16 ±0,00	2,31 ±0,00
H5W2	1,56 ±0,02	0,04 ±0,01	1,59 ±0,00
H5W3	1,29 ±0,02	0,25 ±0,00	1,49 ±0,00
H5W4	0,89 ±0,02	0,08 ±0,00	0,94 ±0,00

- : Μη διαθέσιμη τιμή

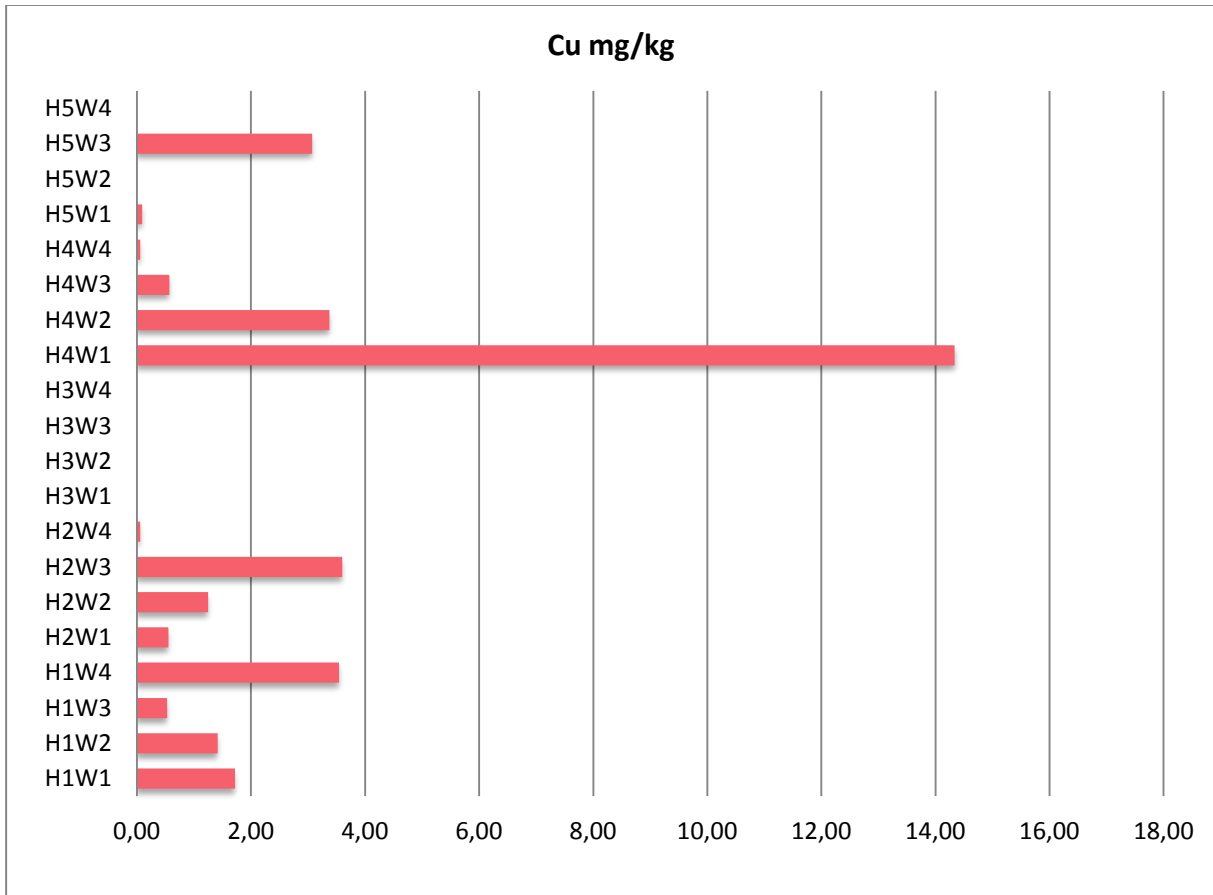
Σε ένα γενικότερο πλαίσιο οι μετρούμενες τιμές αζώτου κυμαίνονται σε σχετικά χαμηλά επίπεδα και συγκεκριμένα από 0.94% σε 2.8%. Οι τιμές αυτές είναι αναμενόμενες αν συγκριθούν με τη βιβλιογραφία αλλά και λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι η συμμετοχή της κατηγορίας των κρεάτων και ψαριών συμμετέχει σε μικτά ποσοστά σε όλα τα δείγματα.

#### 4.2.6 Αποτελέσματα μετρήσεων συγκέντρωσης μετάλλων (Cu, Mn, Ni, Cd, Pb, Cr, Zn) στα οικιακά απόβλητα τροφίμων

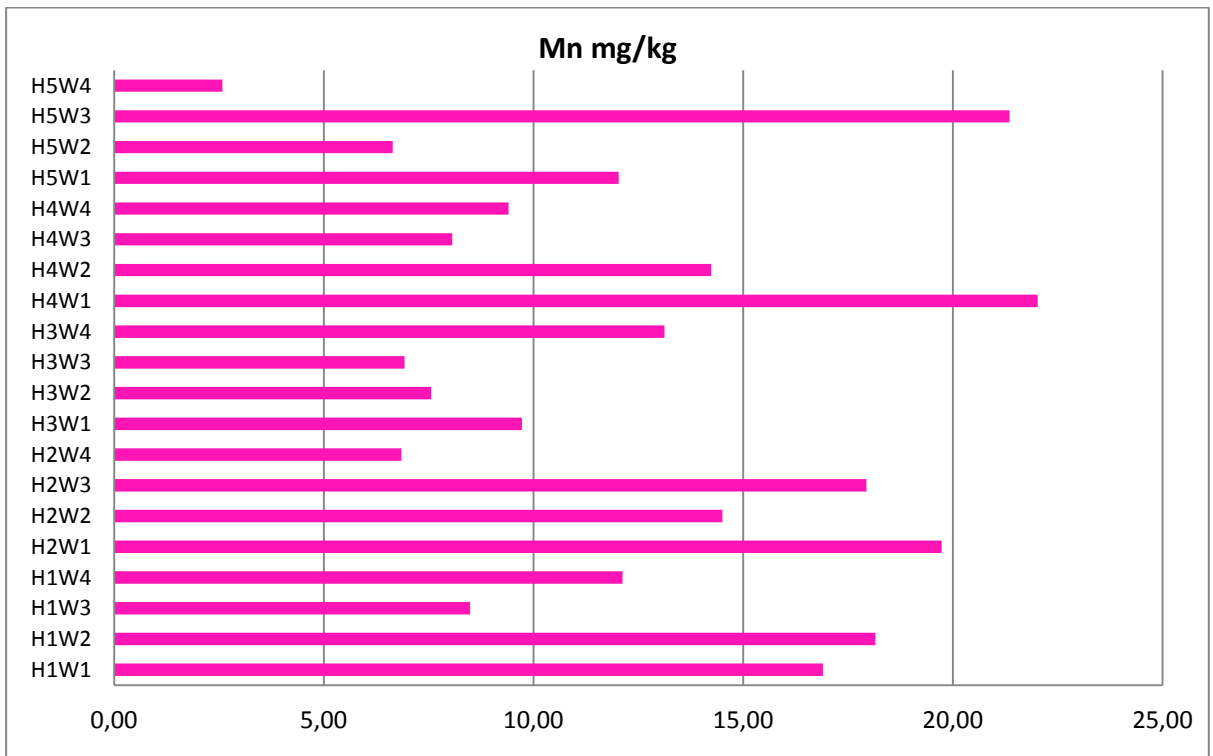
Στον Πίνακα 24 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της περιεκτικότητας σε μέταλλα όλων των δειγμάτων. Συγκεκριμένα σε κάθε δείγμα έγιναν 3 επαναλήψεις, και μετρήθηκε ο χαλκός (Cu), το μαγγάνιο (Mn), το νικέλιο (Ni), το κάδμιο (Cd), ο μόλυβδος (Pb), το χρώμιο (Cr) και ο ψευδάργυρος (Zn). Επίσης, στον πίνακα φαίνεται η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση για κάθε δείγμα. Σε όλα τα δείγματα δεν ανιχνεύτηκαν τα παρακάτω μέταλλα: νικέλιο, κάδμιο, μόλυβδος και χρώμιο. Η περιεκτικότητα των μετάλλων στα δείγματα παρουσιάζεται αναλυτικά στα παρακάτω διαγράμματα.

Πίνακας 24: Περιεκτικότητα μετάλλων των δειγμάτων

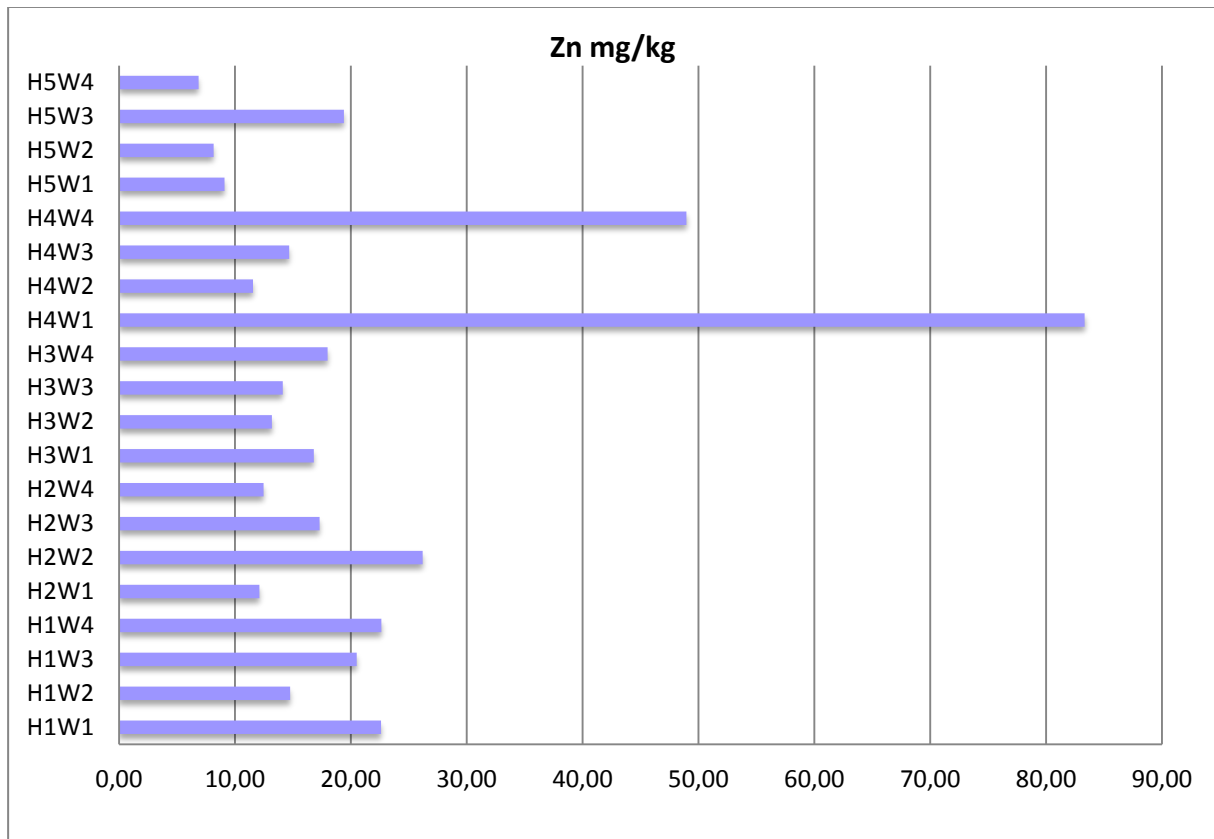
Δείγμα	Cu mg/kg	Mn mg/kg	Zn mg/kg
H1W1	1,72 ±1,23	16,90±2,66	22,61±7,14
H1W2	1,42±0,58	18,15±1,72	14,76±1,44
H1W3	0,53±0,93	8,48±3,22	20,51±3,34
H1W4	3,55±0,98	12,12±0,02	22,65±3,76
H2W1	0,55±0,16	19,73±0,12	12,11±10,50
H2W2	1,25±0,18	14,50±0,37	26,20±8,65
H2W3	3,60±0,27	17,94±1,03	17,29±0,96
H2W4	0,06±0,07	6,85±0,34	12,48±11,23
H3W1	0,00	9,72±0,56	16,80±2,44
H3W2	0,00	7,55±0,99	19,80±2,01
H3W3	0,00	6,92±0,37	14,12±12,28
H3W4	0,00	13,12±2,60	18,01±2,26
H4W1	14,34±1,65	22,02±1,43	83,34±52,99
H4W2	3,38±0,46	14,24±0,66	11,56±11,01
H4W3	0,57±0,59	8,06±0,23	14,68±0,64
H4W4	0,06±0,11	9,40±1,63	48,98±8,86
H5W1	0,09±0,12	12,03±0,40	9,09±7,89
H5W2	0,00	6,63±1,53	8,16±1,68
H5W3	3,08±5,33	21,35±4,24	29,12±11,86
H5W4	0,00	2,58±0,49	6,86±5,94



Εικόνα 68: Περιεκτικότητα σε χαλκό των δειγμάτων



Εικόνα 69: Περιεκτικότητα σε μαγγάνιο των δειγμάτων



Εικόνα 70: Περιεκτικότητα σε ψευδάργυρο των δειγμάτων

#### 4.2.7 Αποτελέσματα μετρήσεων συγκέντρωσης ιχνοστοιχείων (K, Na, Ca, Mg) στα οικιακά απόβλητα τροφίμων

Στον Πίνακα 25 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της περιεκτικότητας σε ιχνοστοιχεία όλων των δειγμάτων. Συγκεκριμένα σε κάθε δείγμα έγιναν 3 επαναλήψεις, και μετρήθηκε το Κάλιο (K), το Νάτριο (Na), το Ασβέστιο (Ca) και το Μαγνήσιο (Mg). Στον πίνακα φαίνεται η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση για κάθε δείγμα. Η περιεκτικότητα των ιχνοστοιχείων στα δείγματα παρουσιάζεται αναλυτικά στα παρακάτω διαγράμματα.

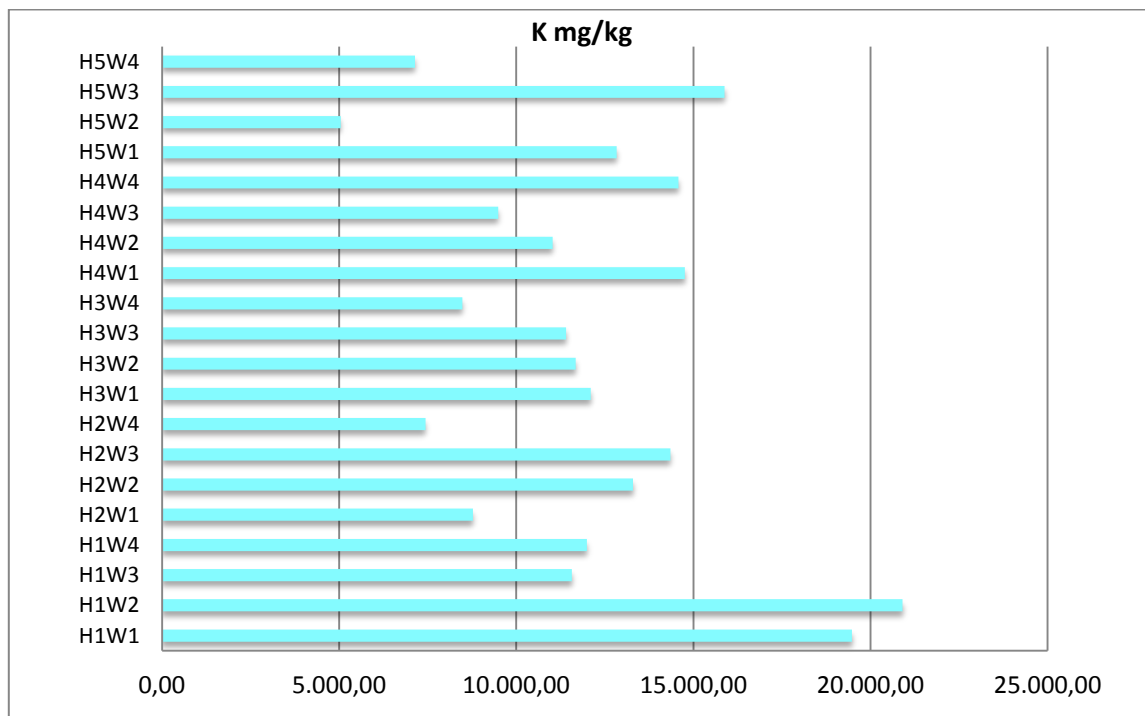
Πίνακας 25: Περιεκτικότητα μετάλλων των δειγμάτων

Δείγμα	K mg/kg	Na mg/kg	Ca mg/kg	Mg mg/kg
H1W1	19.476 ±2.016	1.988 ±349	8.978 ±1.188	2.818 ±913
H1W2	20.907 ±1.783	3.776 ±289	7.298 ±2.420	2.409 ±496
H1W3	11.573 ±3.107	3.695 ±898	2.859 ±507	807 ±190
H1W4	11.994 ±847	4.818 ±41	3.441 ±445	1.668 ±119
H2W1	8.775 ±284	6.556 ±225	4.623 ±260	1.707 ±43
H2W2	13.298 ±1.768	3.692 ±258	3.930 ±258	1.214 ±61
H2W3	14.349 ±914	2.452 ±75	6.820 ±250	1.431 ±71

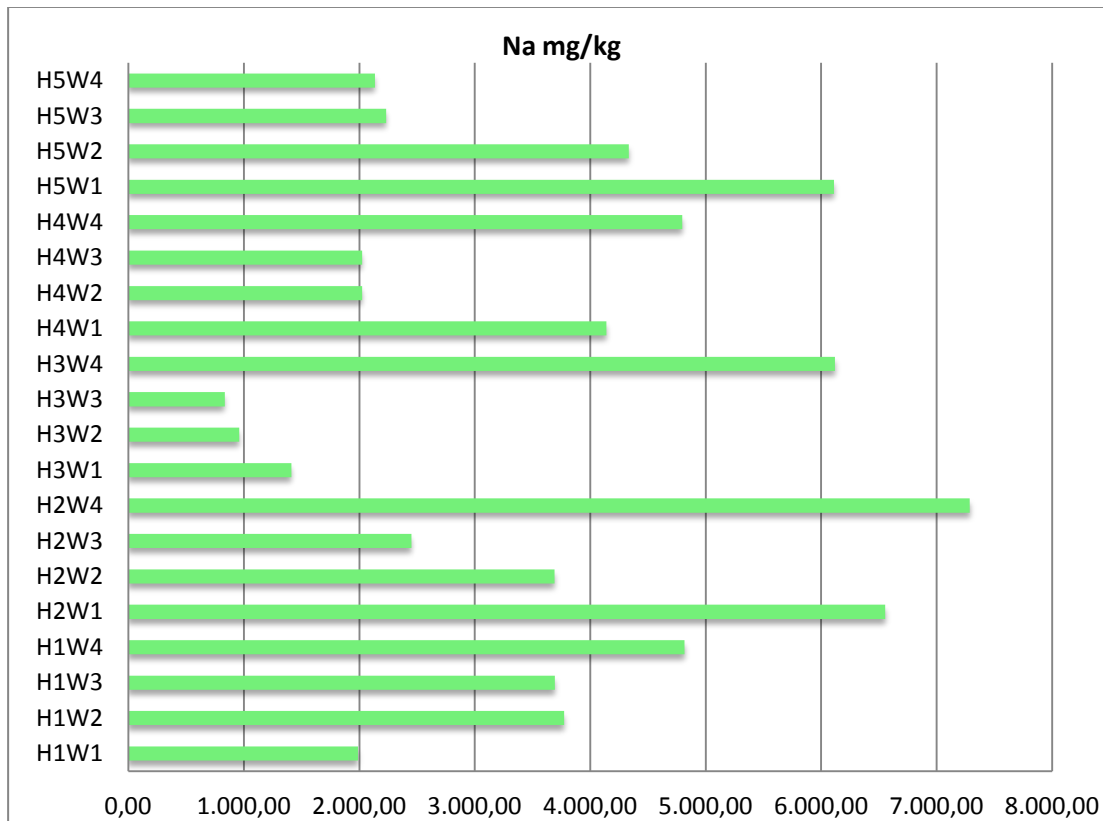


Δείγμα	K mg/kg	Na mg/kg	Ca mg/kg	Mg mg/kg
H2W4	7.435 ±592	7.288 ±640	4.043 ±244	866 ±58
H3W1	12.105 ±879	1.413 ±79	4.793 ±250	1.179 ±59
H3W2	11.676 ±539	961 ±36	4.592 ±134	926 ±38
H3W3	11.409 ±3.345	835 ±265	4.844 ±1.463	851 ±249
H3W4	8.476 ±1.615	6.121 ±1.032	4.229 ±643	961 ±178
H4W1	14.762 ±1.047	4.141 ±162	4.173 ±231	1.709 ±114
H4W2	11.023 ±923	2.025 ±490	6.167 ±1.632	1.404 ±438
H4W3	9.491 ±406	2.024 ±94	3.501 ±168	763 ±63
H4W4	14.578 ±2.581	4.798 ±212	3.896 ±3.022	1.248 ±359
H5W1	12.834 ±526	6.111 ±1.135	20.011 ±2.575	2.914 ±995
H5W2	5.042 ±903	4.335 ±654	17.066 ±3.988	1.734 ±280
H5W3	15.882 ±453	2.234 ±860	36.997 ± 4.716	2.159 ±864
H5W4	7.144 ±347	2.136 ±501	12.259 ±1.240	2.358 ±566

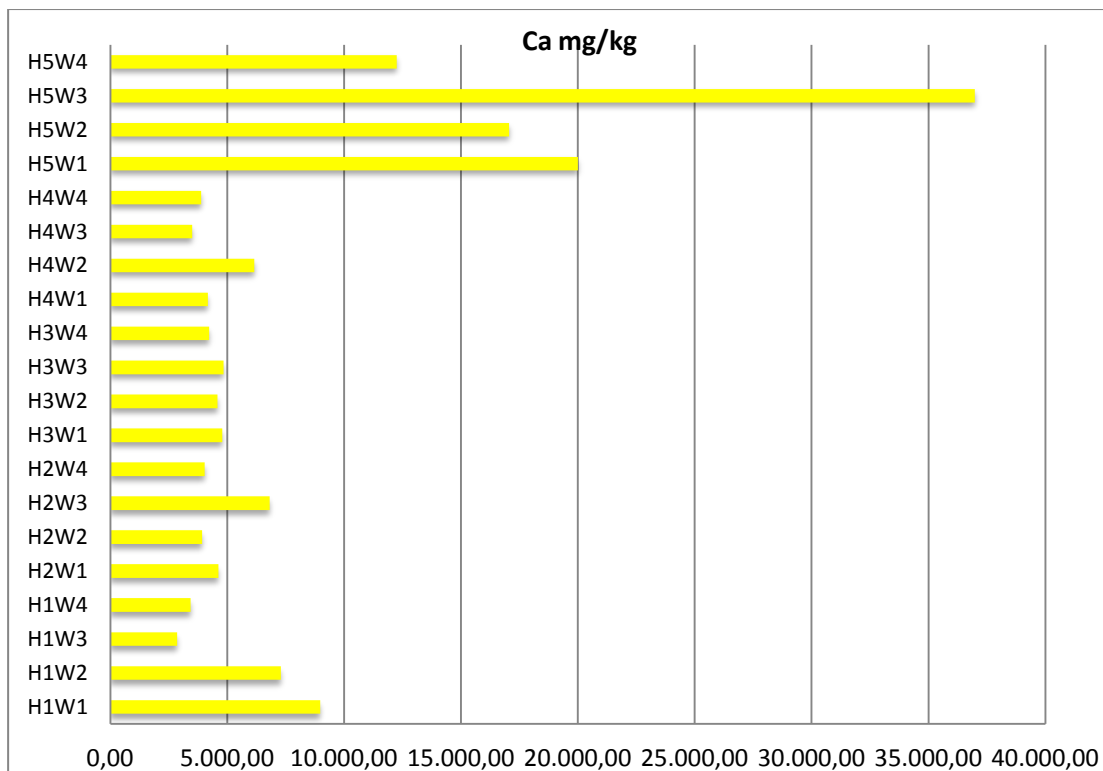
Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζεται η περιεκτικότητα σε ιχνοστοιχεία των δειγμάτων για κάθε επανάληψη. Οι τιμές του καλίου κυμαίνονται από 5.042 mg/kg έως 20.907 mg/kg, του νατρίου κυμαίνονται από 835 mg/kg έως 7.288 mg/kg, του ασβεστίου κυμαίνονται από 2.859 mg/kg έως 36.997mg/kg και του μαγνησίου από 763mg/kg έως 2.914mg/kg.



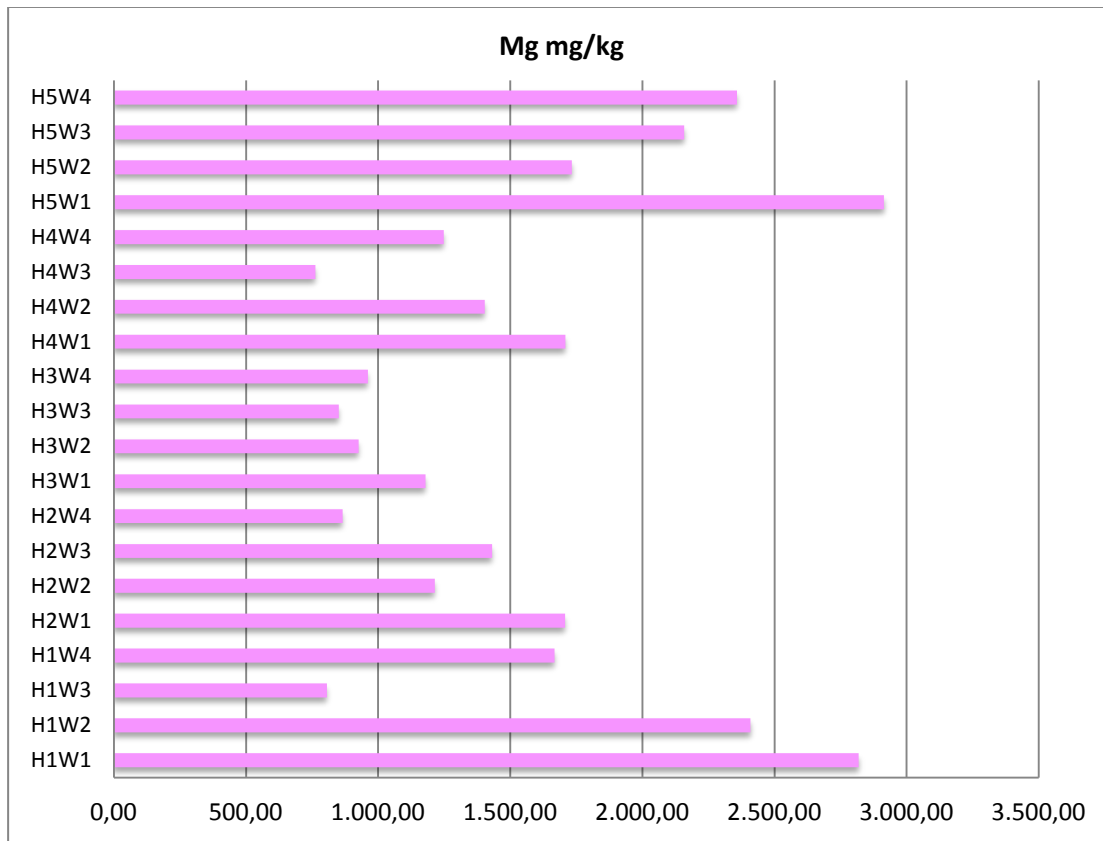
Εικόνα 71: Περιεκτικότητα σε κάλιο των δειγμάτων



Εικόνα 72: Περιεκτικότητα σε νάτριο των δειγμάτων



Εικόνα 73: Περιεκτικότητα σε ασβέστιο των δειγμάτων



Εικόνα 74: Περιεκτικότητα σε μαγνήσιο των δειγμάτων

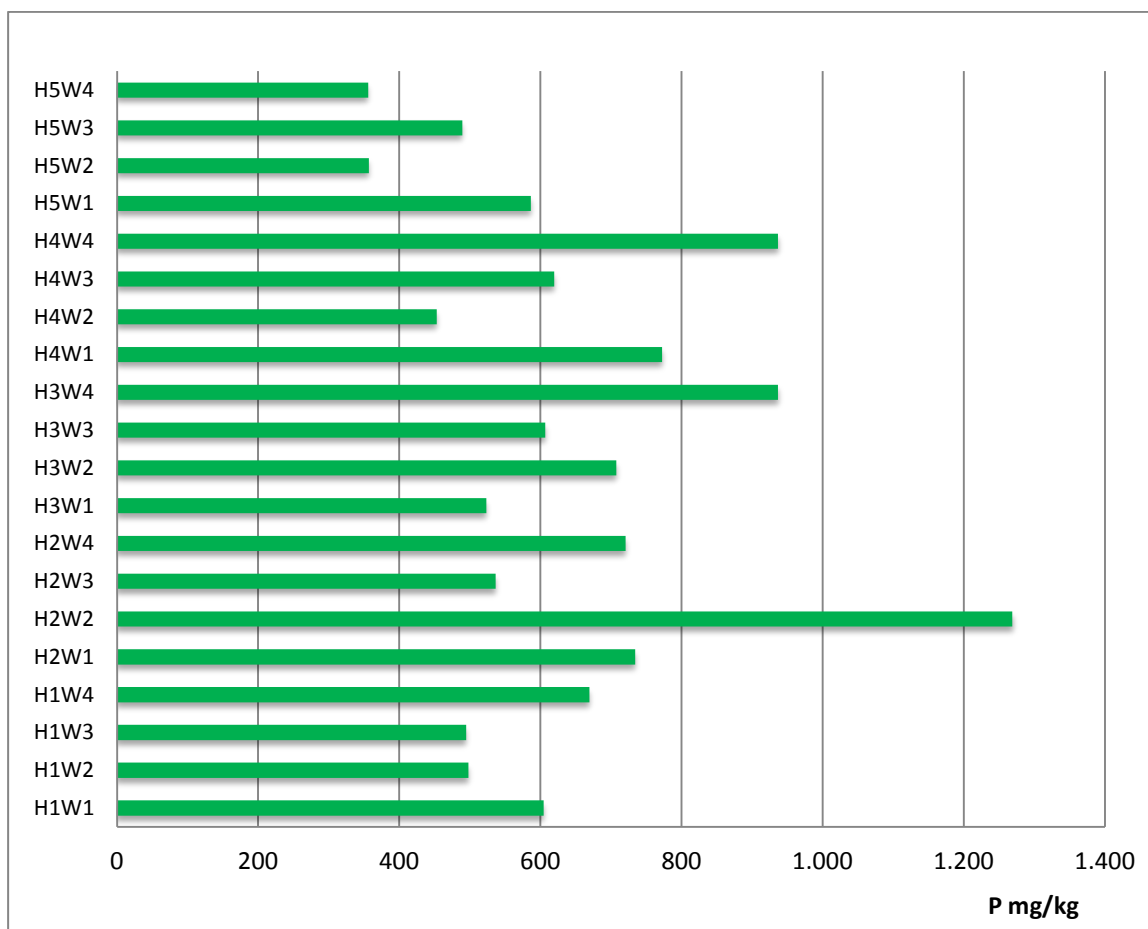
#### 4.2.8 Αποτελέσματα μετρήσεων συγκέντρωσης φωσφόρου στα οικιακά απόβλητα τροφίμων

Στον Πίνακα 26 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της περιεκτικότητας σε φώσφορο των δειγμάτων. Τη μεγαλύτερη τιμή σε φώσφορο, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 75, έχει το δείγμα H2W2 (1269 mg/kg) και την μικρότερη το δείγμα H5W2 (357,4 mg/kg).

Πίνακας 26: Περιεκτικότητα σε φώσφορο και τυπική απόκλιση

Δείγμα	P mg/kg ± stdv
H1W1	604 ±55
H1W2	498 ±33
H1W3	495 ±118
H1W4	669 ±18
H2W1	734 ±90
H2W2	1.269 ±164
H2W3	537 ±12
H2W4	721 ±16
H3W1	523 ±45
H3W2	707 ±6
H3W3	607 ±95

Δείγμα	P mg/kg ± stdv
H3W4	936 ±235
H4W1	772 ±33
H4W2	453 ±29
H4W3	619 ±48
H4W4	936 ±235
H5W1	586 ±22
H5W2	357 ±32
H5W3	489 ±70
H5W4	356 ±16



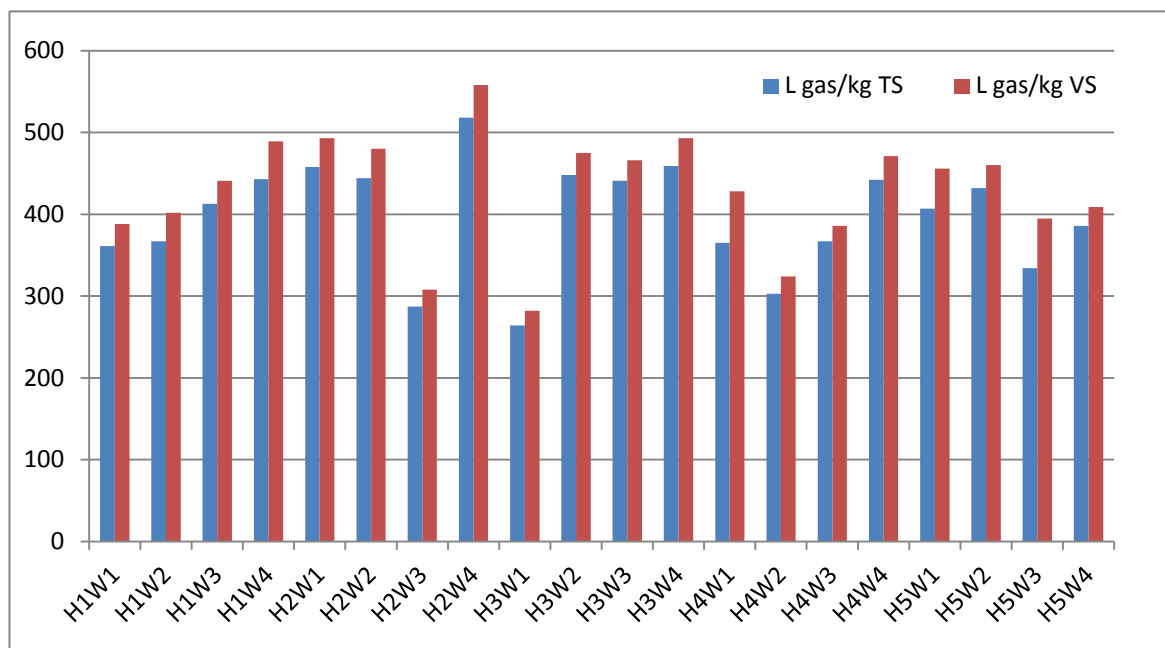
Εικόνα 75: Περιεκτικότητα σε φώσφορο των δειγμάτων

#### 4.3 Παρουσίαση αποτελεσμάτων των BMP tests σχετικά με την παραγωγή βιοαερίου των οικιακών αποβλήτων τροφίμων

Στο Πίνακα 27 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων TOC, L gas/kg TS και L gas/kg VS, για κάθε οικογένεια στο διάστημα των τεσσάρων εβδομάδων.

Πίνακας 27: Αποτελέσματα L CH<sub>4</sub>/kg TS και L CH<sub>4</sub>/kg VS ανά δείγμα

Δείγμα	L gas/kg TS	L gas/kg VS
H1W1	361 ±7	388 ±9
H1W2	367 ±25	402 ±28
H1W3	413 ±0,5	441 ±0,5
H1W4	443 ±10	489 ±10
H2W1	458 ±59	493 ±63
H2W2	444 ±46	480 ±50
H2W3	287 ±10	308 ±11
H2W4	518 ±60	558 ±64
H3W1	264 ±12	282 ±12
H3W2	448 ±2	475 ±2
H3W3	441 ±2	466 ±3
H3W4	459 ±2	493 ±2
H4W1	365 ±1	428 ±2
H4W2	303 ±65	324 ±72
H4W3	367 ±20	386 ±21
H4W4	442 ±12	471 ±13
H5W1	407 ±4	456 ±5
H5W2	432 ±8	460 ±9
H5W3	334 ±25	395 ±28
H5W4	386 ±0,5	409 ±0,5



Εικόνα 76: Αποτελέσματα L CH<sub>4</sub>/kg TS και L CH<sub>4</sub>/kg VS ανά δείγμα

Σχετικά με τις μετρούμενες τιμές σε μεθάνιο το φάσμα τιμών ήταν από 264,5 έως 518,6 L CH<sub>4</sub>/kg TS, γεγονός που αποδεικνύει ότι το οικιακά απόβλητα τροφίμων αποτελούν ένα πολύ ενδιαφέρον υπόστρωμα για την παραγωγή ενέργειας.

## Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα

Στην Ελλάδα τα απόβλητα τροφίμων αποτελούν τομέα προτεραιότητας για τη θέσπιση ποιοτικών στόχων πρόληψης. Για τα απόβλητα τροφίμων ως ειδικός στόχος ορίζεται η προώθηση της μείωσης παραγωγής αποβλήτων τροφίμων κυρίως στα μεγάλα αστικά κέντρα εντός χρονικού ορίζοντα βετίας από την έναρξη ισχύος του εθνικού σχεδίου πρόληψης. Ο στόχος αφορά κυρίως τα νοικοκυριά αλλά μπορεί να επιτευχθεί στη μαζική εστίαση, στο λιανεμπόριο, στη βιομηχανία τροφίμων, στις υγειονομικές μονάδες και καταλύματα.

Στο πλαίσιο της πρόληψης καθώς και της διαχείρισης των απόβλητων τροφίμων έχει δημιουργηθεί η ανάγκη ποσοτικοποίησης της παραγωγής αποβλήτων τροφίμων με αποτέλεσμα στη βιβλιογραφία να παρουσιάζονται διαφορετικοί ορισμοί και κατηγοριοποιήσεις για τα βιοαπόβλητα και τα απόβλητα τροφίμων καθώς επίσης και διάφορες μεθοδολογίες που αποσκοπούν στην εξαγωγή τόσο ποσοτικών όσο και ποιοτικών αποτελεσμάτων.

Με βάση τα αποτελέσματα της καταγραφής η κατηγορία 'φρούτα' συμμετέχει στο μεγαλύτερο ποσοστό με 52%. Ακολουθούν οι κατηγορίες 'λαχανικά' με 38%, 'μαγειρεμένα φαγητά' με 5%, 'κρέας και ψάρια' με 3%, 'αρτοσκευάσματα' με 2% και τέλος η κατηγορία 'διάφορα'. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι το 75% της παραγόμενης ποσότητας αποβλήτων φρούτων δεν μπορεί να αποφευχθεί καθώς είναι κυρίως φλούδες, ενώ το 25% θα μπορούσε εάν τα φρούτα δεν είχαν αφεθεί να χαλάσουν. Ίδια τάση εντοπίζεται και για τα λαχανικά όπου το 78% περιλαμβάνει αναπόφευκτα απόβλητα και το 22% αποφευκτέα. Στην κατηγορία αρτοσκευάσματα το σύνολο της παραγόμενης ποσότητας θα μπορούσε να αποφευχθεί και αυτό οφείλεται στο ότι το παραγόμενο προϊόν δεν καταναλώθηκε έγκαιρα. Σχετικά με τη σύσταση των αποβλήτων φρούτων, το μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνουν τα πορτοκάλια (50%), στη συνέχεια τα μανταρίνια (17%), οι μπανάνες (14%), τα μήλα (9%), τα λεμόνια (7%) και τέλος τα ακτινίδια, οι φράουλες και τα αχλάδια όπου συμμετέχουν με 1% η κάθε κατηγορία ξεχωριστά. Για τα απόβλητα λαχανικών, τη μεγαλύτερη συμμετοχή έχουν οι πατάτες (15%), το μαρούλι (14%), τα κρεμμύδια (13%), τα αγγούρια (10%), τα καρότα (8%) και το μπρόκολο (8%). Στη συνέχεια ακολουθούν τα πράσα και το σπανάκι με 6% το καθένα, η ρόκα με 5%, η πιπεριά, ο μαϊντανός, το λάχανο και η σαλάτα με 3% το κάθε ένα. Τέλος τα φασόλια καθώς και οι ντομάτες συμμετέχουν με 2% και τα μανιτάρια με 1%. Η μέση ημερήσια παραγόμενη ποσότητα ανά άτομο καταγράφηκε ίση με 263 g ανά ημέρα και κυμάνθηκε από 181 έως 313 g/d/c. Λαμβάνοντας υπόψη ότι ενδέχεται οι συμμετέχοντες να μην παρέχουν αντιπροσωπευτικά στοιχεία κατά τη μέθοδο των ημερολογίων καταγραφής αναμένεται ότι η τιμή αυτή είναι υποτιμημένη. Αυτό αποδίδεται στο γεγονός ότι κατά την καταγραφή οι συμμετέχοντες είναι επικεντρωμένοι στα απόβλητα των τροφίμων και χωρίς να το καταλαβαίνουν κάνουν καλύτερη πρόληψη στη δημιουργία αποβλήτων. Ένας άλλος λόγος είναι ότι το θέμα είναι ευαίσθητο και οι άνθρωποι μπορεί να ντρέπονται να αναφέρουν ότι σπαταλούν τόσο πολύ φαγητό γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλη υποτίμηση των δεδομένων. Παρόλα αυτά, η τιμή αυτή είναι ελαφρώς υψηλότερη από το μέσο όρο που δίνεται για την Ευρώπη και το οποίο ισούται με

208g/c/d. Ωστόσο, σημειώνεται ότι για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων τόσο για τη σύσταση όσο και για την ημερήσια παραγωγή απαιτείται η συμμετοχή μεγαλύτερου δείγματος καθώς και η συλλογή στοιχείων και σε άλλες εποχές του έτους.

Σχετικά με τις φυσικοχημικές παραμέτρους, η αρχική υγρασία των δειγμάτων κυμάνθηκε από 70% έως 86%. Οι τιμές pH κυμάνθηκαν σε χαμηλά επίπεδα από 3,48 έως 4,95 ενώ μεγάλη διακύμανση καταγράφηκε στις τιμές αγωγιμότητας (806μS/cm έως 4340μS/cm). Οι τιμές των πτητικών στερεών ήταν για όλα τα δείγματα υψηλές (84,53% σε 95,06%). Το ίδιο ισχύει για τις τιμές του οργανικού άνθρακα (47,9% - 55,6%). Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι δεν παρουσιάστηκε κοινή τάση μεταξύ των παραμέτρων των πτητικών στερεών και του TOC. Οι τιμές του αζώτου κυμαίνονται από 0,94% έως 2,81%. Σε ένα γενικότερο πλαίσιο οι μετρούμενες τιμές αζώτου κυμαίνονται σε σχετικά χαμηλά επίπεδα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η κατηγορία κρέας-ψάρι συμμετέχει με πολύ μικρό ποσοστό 3%. Σχετικά με τα μέταλλα μετρήθηκαν οι συγκεντρώσεις των: χαλκός (Cu), μαγγάνιο (Mn), νικέλιο (Ni), κάδμιο (Cd), μόλυβδος (Pb), χρώμιο (Cr) και ψευδάργυρος (Zn). Σε κανένα δείγμα δεν ανιχνεύτηκε νικέλιο, κάδμιο, μόλυβδος και χρώμιο. Οι τιμές του χαλκού κυμαίνονται από 0mg/kg έως 14,3mg/kg, του μαγγανίου από 2,6mg/kg έως 22 mg/kg και του ψευδαργύρου από 6,9mg/kg έως 83,3mg/kg. Ακόμη μετρήθηκαν και τα ιχνοστοιχεία: Κάλιο (K), Νάτριο (Na), Ασβέστιο (Ca) και Μαγνήσιο (Mg). Οι τιμές του καλίου κυμαίνονται από 5.042 mg/kg έως 20.907 mg/kg, του νατρίου κυμαίνονται από 835mg/kg έως 7.288 mg/kg, του ασβεστίου κυμαίνονται από 2.859 mg/kg έως 36.997 mg/kg και του μαγνησίου από 763mg/kg έως 2.914mg/kg. Τέλος, διακυμάνσεις καταγράφηκαν και στις τιμές φώσφορου από 357 mg/kg έως και 1269 mg/kg.

Σχετικά με τις μετρούμενες τιμές σε μεθάνιο το φάσμα τιμών ήταν από 264,5 έως 518,6 L CH<sub>4</sub>/kg TS, γεγονός που αποδεικνύει ότι το οικιακά απόβλητα τροφίμων αποτελούν ένα πολύ ενδιαφέρον υπόστρωμα για την παραγωγή ενέργειας με τη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης.



## Βιβλιογραφία

**ΕΠΠΕΡΑΑ** (2012): *Οδηγός εφαρμογής προγραμμάτων Διαλογή στη Πηγή & Συστημάτων διαχείρισης των βιοαποβλήτων.*

**Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή** (2013): *Γνωμοδότηση της Ευρωπαϊκής Οικονομικής και Κοινωνικής Επιτροπής με θέμα Η συμβολή της κοινωνίας πολιτών σε μια στρατηγική πρόληψης και μείωσης της απώλειας και της σπατάλης τροφίμων (γνωμοδότηση πρωτοβουλίας).*

**Κάλφας Χαράλαμπος** (2007): Διδακτορική διατριβή: *Παραγωγή βιοαερίου από αναερόβια χώνευση προεπεξεργασμένου και μη ελαιοπολτού, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών.*

**Κομίλης Δημήτριος** (2008): Σημειώσεις για τα ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.

**Μονάδα Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας** (2011α) *Οδηγία Εργασίας ΟΕ-504Α-01: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ pH ΚΑΙ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.*

**Μονάδα Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας** (2011β) *Οδηγία Εργασίας ΟΕ-504Α-12: Προσδιορισμός Υγρασίας σε Στερεά, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.*

**Μονάδα Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας** (2011γ) *Οδηγία Εργασίας ΟΕ-504Α-23: Προσδιορισμός βαρέων μετάλλων και ιχνοστοιχείων σε στερεά, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.*

**Μονάδα Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας** (2012α) *Οδηγία Εργασίας ΟΕ-504Α-24: Προσδιορισμός ΤΟC σε Στερεά, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.*

**Μονάδα Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας** (2012β) *Οδηγία Εργασίας ΟΕ-504Α-25: Προσδιορισμός Ολικού αζώτου σε Στερεά, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.*

**Μπαμπατσούλη Παναγιώτα** (2006): Διπλωματική εργασία: *Παραγωγή Βιοαερίου Σε Συνεχή Αναερόβιο Βιοαντιδραστήρα Τροφοδοτούμενο με την εκροή Υδρογονοπαραγωγού Βιοαντιδραστήρα, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών.*

**Οδηγία 1999/31/ΕΚ** του Συμβουλίου της 26ης Απριλίου 1999 περί υγειονομικής ταφής των αποβλήτων, Επίσημη Εφημερίδα αριθμ. L 182 της 16.7.1999.

**Οδηγία 2008/98/ΕΚ** του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 19ης Νοεμβρίου 2008, για τα απόβλητα και την κατάργηση ορισμένων οδηγιών, ΕΕ L 312 της 22/11/2008.

**Όρλη Ελένη** (2014): Μεταπτυχιακή εργασία με τίτλο: *Ολοκληρωμένη διαχείριση οργανικών αποβλήτων σε βιομηχανίες Τροφίμων - Προτάσεις εφαρμογής ορθής διαχείρισης και αξιοποίησης σε κλάδους της Ελληνικής Βιομηχανίας Τροφίμων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.*

**Σιάμαρης Κυριάκος** (2012): Διπλωματική Εργασία: Διεργασία ξήρανσης με ρεύμα αέρα ως εναλλακτικός τρόπος διαχείρισης του στερεού οργανικού κλάσματος των οικιακών αποβλήτων, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

**ΥΠΕΚΑ** (2014): Εθνικό Στρατηγικό Σχέδιο Πρόληψης Δημιουργίας Αποβλήτων.

**Φουντουλάκης Μιχαήλ** (2005): Διδακτορική διατριβή: Τύχη και επίδραση ξενοβιοτικών ουσιών στην αναερόβια χώνευση υγρών αποβλήτων και ιλύος, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών.

**Adhikari B.K., Barrington S., Martinez J., King S.** *Characterization of food waste and bulking agents for composting.* Waste Manage. 2008;28:795–804

**Beretta, C., Stoessel, F., Baier, U., & Hellweg, S.,** (2013): *Quantifying food losses and the potential for reduction in Switzerland.* Waste Management, 764-773

**C-Tech Innovation** (2004): *United Kingdom Food and Drink Processing Mass Balance. A Biffaward Programme on Sustainable Resource Use.*

**Engström R., Carlsson-Kanyama A.** (2004): *Food losses in food service institutions. Examples from Sweden.* Sweden

**European Commission** (2011): *COM(2011) 571 final, Roadmap to a Resource Efficient Europe.*

Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:

[http://ec.europa.eu/environment/resource\\_efficiency/pdf/com2011\\_571.pdf](http://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/pdf/com2011_571.pdf)

**FAO** (2011): *Global Food Losses and Food Waste .*

**FUSION** (2013): *Report on review of (food) waste reporting methodology and practice.*

**Fung S.O., Wong J.W.C.** *Effect of co-composting food waste with coal fly ash on compost decomposition and odor emission.* In: Kraft E., Bidlingmaier W., De Bertoldi M., Diaz L., editors. ORBIT 2006 Biological Waste Management - From Local to Global. Weimar; Germany: 2006. pp. 371–380.

**Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., Emanuelsson, A.,** (2013): *The methodology of the FAO study "Global food losses and food waste-extent, causes and prevention"-* FAO, 2011.

**Hanssen, O. J., Schakenda, V.,** (2010): *Status and trends for avoidable food waste in Norway 2010.* Report Oestfold Research OR 37.10. ISBN 978-82-7520-636-5

**Hanssen, O. J., Schakenda, V.,** (2011): *Status and trends for avoidable food waste in Norway 2011.* Report Oestfold Research OR 37.10. ISBN 978-82-7520-655-6 (ID 185).

**Malamis D., Moustakas K., Bourka A., Valta K., Skiadi O., Stamatopoulou E., Sotiropoulos A., Panaretou V., Margaritis M., Papadaskalopoulou C., Loizidou M.** (2014): *Compositional analysis of food waste from study sites in Greek municipalities.* Athens 2014 International Conference, 2014, Athens, Greece.

**Marthinsen, J., Sundt, P., Kaysen, O., Kirkevaag, K., (2012):** *Prevention of food waste in restaurants, hotels, canteens and catering.* Nordic Council of Ministers. TemaNord 2012:537.

**Owens J.M. and Chynoweth D.P. (1993):** *Biochemical methane potential of municipal solid waste (MSW) components.* Wat. Sci. Technol, 27, 1-14.

**Silvennoinen K., Katajajuuri J.-M., Hartikainen, H., Jalkanen L., Koivupuro H.K., Reinikainen A (2012):** *Food Waste Volume And Composition In The Finnish Supply Chain: Special Focus On Food Service Sector.*

**WRAP (2008):** *The food we waste.*

**WRAP (2009):** *Household food and drink waste in the UK.*

**WRAP (2011a):** *The composition of waste disposed of by the UK hospitality industry.*

**WRAP (2011b):** *New estimates for household food and drink waste in the UK.*

**WRAP (2011c):** *Resource Maps for Fresh Meat across Retail and Wholesale Supply Chains.*

**WRAP (2011d).** *Resource maps for fish across retail & wholesale supply chains.*

**WRAP (2013):** *Household Food and Drink Waste in the United Kingdom 2012.*