

Interreg
Ελλάδα-Κύπρος

Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης



ACUA



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ



**ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ-
ΕΙΔΙΚΟΣ ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΣ ΚΟΝΔΥΛΙΩΝ ΕΡΕΥΝΑΣ
Περιβαλλοντική αξιολόγηση (6.1.2)**

ΕΚΘΕΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

31/07/2021



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περιεχόμενα

1. Περίληψη.....	3
2. Σκοπός και Αντικείμενο της μελέτης.....	3
3. Λειτουργική Μονάδα	4
4. Απογραφή Δεδομένων	5
5 Αξιολόγηση Επιπτώσεων	5
5.1. Ορισμός κατηγοριών περιβαλλοντικών επιπτώσεων	5
5.2. Ταξινόμηση.....	8
5.3. Χαρακτηρισμός	8
5.4. Κανονικοποίηση	9
6. Αξιολόγηση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων της Πράξης ACUA	10
6.1 Υποσύστημα διαλογής στην πηγή.....	10
6.2 Υποσύστημα AMK.....	15
7. Συνολική Εφαρμογή του Έργου ACUA.....	18
7.1 Σύγκριση του συστήματος ACUA σε σχέση με την υγειονομική ταφή των βιοαποβλήτων	20
8. Ερμηνεία των αποτελεσμάτων- Συμπεράσματα.....	20
8.1 Οφέλη που αναμένονται σε τοπικό, περιφερειακό ή εθνικό επίπεδο.....	22
9. Βιβλιογραφία.....	24

1. Περίληψη

Η παρούσα τεχνική έκθεση πραγματοποιείται στο πλαίσιο του προγράμματος Συνεργασίας Interreg V-A «Ελλάδα - Κύπρος 2014-2020» για την Πράξη με τίτλο **«Συστήματα Αυτόνομης Οικιακής Κομποστοποίησης σε Αστικό Περιβάλλον»** και ακρωνύμιο **«ACUA»** και έχει ως στόχο την περιβαλλοντική αξιολόγηση και την εκτίμηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των δράσεων της Πράξης ACUA στους Δήμους Ηρακλείου, Ρόδου και Λεμεσού.

2. Σκοπός και Αντικείμενο της μελέτης

Σκοπός της περιβαλλοντικής αξιολόγησης είναι η εκτίμηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των δράσεων της Πράξης ACUA στους Δήμους Ηρακλείου, Ρόδου και Λεμεσού. Αντικείμενο της μελέτης είναι η περιβαλλοντική αξιολόγηση για τη πράξη ACUA, που θα λαμβάνει υπόψη της και τις δυο κύριες διαδικασίες της πράξης, δηλαδή:

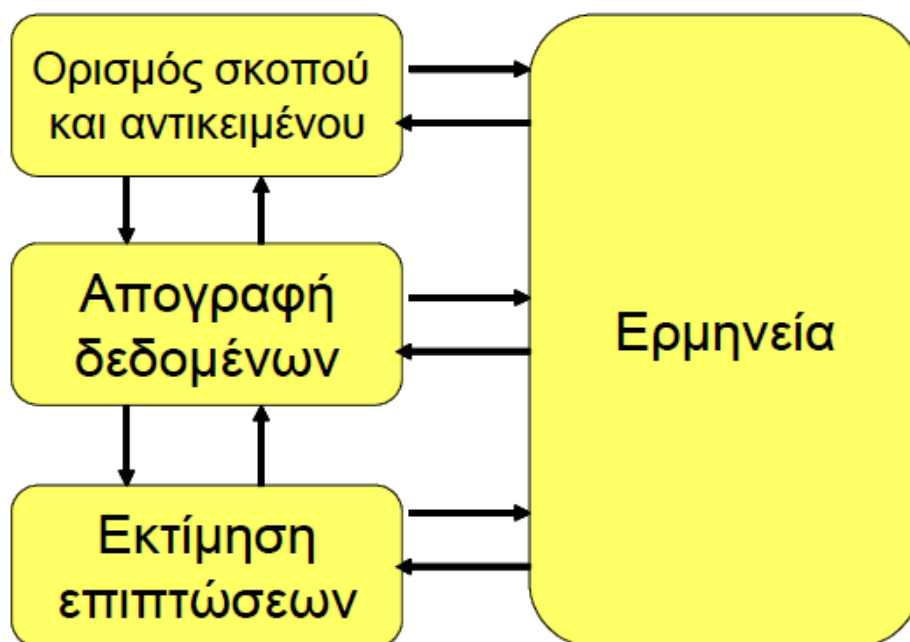
- ✚ Του συστήματος Διαχωρισμού στην πηγή στους χώρους εγκατάστασης των ΑΜΚ (Νοσοκομείο, συσσίτιο, διαμερίσματα κα),
- ✚ Της εφαρμογής των ΑΜΚ.

Η Περιβαλλοντική αξιολόγηση θα βασιστεί στην Αξιολόγηση του Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment). Η (περιβαλλοντική) Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) είναι ένα εργαλείο το οποίο επιτρέπει την ποσοτική εκτίμηση και αξιολόγηση των συνολικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός προϊόντος, διεργασίας ή υπηρεσίας. Ο απώτερος στόχος της εφαρμογής της μεθοδολογίας της ΑΚΖ είναι η επιλογή του καλύτερου προϊόντος, διεργασίας ή υπηρεσίας με κριτήριο την ελάχιστη περιβαλλοντική επίπτωση στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον. Η ΑΚΖ είναι ένα εργαλείο υποστήριξης της λήψης αποφάσεων σε ζητήματα που άπτονται της περιβαλλοντικής πολιτικής διαφόρων ιδιωτικών και δημοσίων φορέων και οργανισμών.

Η εκρηκτική αύξηση της εφαρμογής της μεθοδολογίας της ΑΚΖ σε διάφορων ειδών εφαρμογές, δημιούργησε την ανάγκη για την προτυποποίησή της. Τα πρότυπα αυτά, 4 τον αριθμό σήμερα, έχουν ενταχθεί στην οικογένεια προτύπων περιβαλλοντικής διαχείρισης

ISO 14000. Σύμφωνα με το Διεθνή Οργανισμό για την Προτυποποίηση (ISO), η μεθοδολογία για την Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής των προϊόντων (αγαθών και υπηρεσιών) αποτελείται από τέσσερα στάδια όπως φαίνεται στο Σχήμα 1 (ISO 14040, 1997). Αυτά είναι τα ακόλουθα:

1. Καθορισμός σκοπού και αντικειμένου της μελέτης – Goal and Scope Definition (ISO 14040, 1997).
2. Απογραφή δεδομένων – Life Cycle Inventory (ISO 14041, 1998).
3. Αξιολόγηση επιπτώσεων – Life Cycle Impact Assessment (ISO 14042, 2000) και
4. Ερμηνεία – Life Cycle Interpretation (ISO 14043, 2000).



Σχήμα 1: Η μεθοδολογία της ΑΚΖ σύμφωνα με το πρότυπο ISO 14040.

3. Λειτουργική Μονάδα

Η έννοια της λειτουργικής μονάδας είναι θεμελιώδης στην ΑΚΖ. Είναι το μέτρο της απόδοσης του συστήματος που μελετάται καθώς και το κοινό σημείο αναφοράς όταν συγκρίνονται δύο ή περισσότερα προϊόντα. Η λειτουργική μονάδα αποτελεί τη βάση όλων των υπολογισμών. Για αυτούς τους λόγους λοιπόν, η λειτουργική μονάδα πρέπει να είναι ποσοτικά μετρήσιμη.

Στην τρέχουσα μελέτη, η λειτουργική μονάδα ορίζεται ως "η ετήσια επεξεργασία 150 τόνων βιοαποβλήτων για 5 έτη στον Δήμο Ηρακλείου και Λεμεσού αντίστοιχα και 100 τόνων βιοαποβλήτων στον Δήμο Ρόδου μέσω του συστήματος ACUA ". Όλα τα δεδομένα που θα αναφερθούν στη συνέχεια της μελέτης αναφέρονται ως προς τις εγκατεστημένες μονάδες στους προαναφερόμενους δήμους.

4. Απογραφή Δεδομένων

Στο στάδιο της απογραφής δεδομένων συλλέγονται όλα τα στοιχεία τα οποία σχετίζονται με τις εισροές μάζας και ενέργειας στις διεργασίες που μελετούνται. Πηγή των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για την παρούσα μελέτη αποτελούν τα τεχνικά δελτία της Πράξης ACUA, η βάση δεδομένων του προγράμματος SimaPro και τεχνικά δεδομένα στα οποία αναφέρονται οι βιβλιογραφικές αναφορές.

5 Αξιολόγηση Επιπτώσεων

Η επεξεργασία των δεδομένων της απογραφής δεδομένων γίνεται μέσω του λογισμικού προγράμματος Simapro 5.1. Το πρόγραμμα Simapro είναι ένα εξειδικευμένο λογισμικό για την υπολογιστική υποστήριξη μελετών ΑΚΖ. Περιλαμβάνει βάσεις δεδομένων οι οποίες περιέχουν δεδομένα για τα περισσότερα κατασκευαστικά υλικά, για τους ενεργειακούς πόρους, καθώς και έτοιμα μοντέλα εκτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

5.1. Ορισμός κατηγοριών περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Σκοπός της αξιολόγησης των επιπτώσεων είναι να αντιστοιχηθούν τα ρυπαντικά φορτία που υπολογίστηκαν (π.χ. κιλά διοξειδίου του άνθρακα) σε μεγαλύτερες κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Στην παρούσα μελέτη, για την αξιολόγηση των επιπτώσεων χρησιμοποιείται η μέθοδος CML2 baseline 2000, η οποία συμπεριλαμβάνεται στη βάση δεδομένων του λογισμικού πακέτου Simapro 5.1. Η μέθοδος έχει αναπτυχθεί στο Πανεπιστήμιο του Leiden στην Ολλανδία και είναι από τις πλέον αξιόπιστες παγκοσμίως. Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει τις ακόλουθες δέκα κατηγορίες επιπτώσεων:

Πίνακας 1: Κατηγορίες επιπτώσεων.

Κατηγορία επίπτωσης	Μονάδα μέτρησης
Εξάντληση αβιοτικών πόρων	kg Sb eq.
Παγκόσμια υπερθέρμανση (GWP100)	kg CO ₂ eq.
Μείωση στοιβάδας όζοντος (ODP)	kg CFC-11 eq.
Τοξικότητα προς τον άνθρωπο	kg 1,4-DB eq.
Οικοτοξικότητα γλυκών υδάτων	kg 1,4-DB eq.
Οικοτοξικότητα θαλασσίων υδάτων	kg 1,4-DB eq.
Χερσαία οικοτοξικότητα	kg 1,4-DB eq.
Φωτοχημική οξείδωση	kg C ₂ H ²
Οξίνιση	kg SO ₂ eq.
Ευτροφισμός	kg PO ₄ ⁻⁻ eq.

1. Εξάντληση αβιοτικών φυσικών πόρων (Depletion of abiotic resources)

Η συγκεκριμένη κατηγορία επίπτωσης περιλαμβάνει την προστασία της υγείας τόσο των ανθρώπων όσο και των οικοσυστημάτων. Η κατηγορία αυτή περιγράφει την εξόρυξη α) ορυκτών και β) ορυκτών καυσίμων. Ο συντελεστής αυτός μετρείται σε κιλά αντιμονίου ανά κιλό ορυκτού που εξορύσσεται. Η επίπτωση αυτή αποτιμάται σε παγκόσμια κλίμακα.

2. Κλιματική μεταβολή (Climate change)

Η κλιματική μεταβολή επηρεάζει την υγεία του οικοσυστήματος και των ανθρώπων. Η κλιματική μεταβολή προκαλείται από τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Ο δείκτης αυτός αποτιμάται σε ισοδύναμα κιλά διοξειδίου του άνθρακα ανά κιλό εκπομπής ρύπου. Ο χρονικός ορίζοντας της επίπτωσης είναι τα 100 χρόνια και η γεωγραφική στόχευση της επίπτωσης είναι παγκόσμια.

3. Λέπτυνση στριβάδας στρατοσφαιρικού όζοντος (Stratospheric Ozone depletion)

Η επίπτωση αυτή εκφράζει τις απώλειες σε ανθρώπους, υλικά αγαθά και φυσικά οικοσυστήματα από την αυξημένη εισροή στη Γη της υπεριώδους ακτινοβολίας τύπου Β. Η επίπτωση αυτή αναφέρεται σε παγκόσμια γεωγραφική κλίμακα και αποτιμάται σε ισοδύναμα κιλά CFC-11 ανά κιλό εκπομπής ρύπου.

4. Τοξικότητα προς τον άνθρωπο (Human toxicity)

Η επίπτωση αυτή αποτιμά την επίδραση των τοξικών ουσιών στην υγεία των ανθρώπων. Η επίπτωση αποτιμάται με τη χρήση του δείκτη ο οποίος εκφράζεται ως ισοδύναμα κιλά 1,4-διχλωροβενζολίου ανά κιλό εκπομπής. Ανάλογα με την κατάληξη του κάθε ρύπου, η επίπτωση αυτή μπορεί να κυμαίνεται από τοπική έως παγκόσμια.

5. Οικοτοξικότητα προς τα γλυκά ύδατα (Fresh-water aquatic eco-toxicity)

Αυτή η επίπτωση αναφέρεται στην τοξική επίπτωση προς τα οικοσυστήματα γλυκών υδάτων από τις εκπομπές τοξικών ενώσεων στην ατμόσφαιρα, στα ύδατα και στο έδαφος. Η επίπτωση αποτιμάται με τη χρήση του δείκτη ο οποίος εκφράζεται ως ισοδύναμα κιλά 1,4-διχλωροβενζολίου ανά κιλό εκπομπής ρύπου. Ανάλογα με την κατάληξη του κάθε ρύπου, η επίπτωση αυτή μπορεί να κυμαίνεται από τοπική έως παγκόσμια.

6. Θαλάσσια οικοτοξικότητα (Marine ecotoxicity)

Αυτή η επίπτωση αναφέρεται στην τοξικότητα από εκπομπές τοξικών ουσιών προς το θαλάσσιο οικοσύστημα. Η επίπτωση αποτιμάται με τη χρήση του δείκτη ο οποίος εκφράζεται ως ισοδύναμα κιλά 1,4-διχλωροβενζολίου ανά κιλό εκπομπής ρύπου.

7. Χερσαία οικοτοξικότητα (Terrestrial ecotoxicity)

Αυτή η επίπτωση αναφέρεται στην τοξικότητα από στις εκπομπές τοξικών ουσιών προς το χερσαίο οικοσύστημα. Η επίπτωση αποτιμάται με τη χρήση του δείκτη ο οποίος εκφράζεται ως ισοδύναμα κιλά 1,4-διχλωροβενζολίου ανά κιλό εκπομπής ρύπου.

8. Φωτοχημική οξειδωση (Photo-oxidant formation)

Η φωτοχημική οξειδωση περιγράφει το σχηματισμό ατμοσφαιρικών ρύπων (κυρίως όζοντος) η οποία μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στους ανθρώπους αλλά και

στο οικοσύστημα. Η επίπτωση αυτή εκφράζεται σε ισοδύναμα κιλά αιθυλενίου ανά κιλό εκπομπής ρύπου. Η χρονική διάρκεια της επίπτωσης είναι 5 ημέρες και η γεωγραφική κλίμακα κυμαίνεται από τοπική έως περιφερειακή.

9. Οξίνιση (Acidification)

Οι οξειδωτικές ενώσεις προκαλούν μια ευρεία γκάμα επιπτώσεων στο έδαφος, στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα, και στο οικοσύστημα. Ο δείκτης που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση αυτής της επίπτωσης είναι τα ισοδύναμα κιλά διοξειδίου του θείου (SO₂) ανά κιλό εκπομπής ρύπου. Η γεωγραφική κάλυψη της επίπτωσης κυμαίνεται από το τοπικό έως το παγκόσμιο επίπεδο.

10. Ευτροφισμός (Eutrophication)

Ο ευτροφισμός περιγράφει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις οι οποίες προκαλούνται από την υπερβολική εκπομπή θρεπτικών συστατικών (αζώτου και φωσφόρου) στην ατμόσφαιρα, στα ύδατα και στο έδαφος. Η επίπτωση αυτή εκφράζεται ως ισοδύναμα κιλά φωσφορικών ανά κιλό εκπομπής ρύπου.

5.2. Ταξινόμηση

Μετά τον ορισμό των κατηγοριών των επιπτώσεων, ακολουθεί το στάδιο της ταξινόμησης του κάθε ρυπαντικού φορτίου. Στο στάδιο αυτό, τα ρυπαντικά φορτία ταξινομούνται στις κατηγορίες των επιπτώσεων που ορίστηκαν στο προηγούμενο στάδιο. Σημειώνεται ότι ορισμένα από τα περιβαλλοντικά φορτία κατατάσσονται σε περισσότερες από μια κατηγορίες επιπτώσεων. Για παράδειγμα, τα οξείδια του αζώτου προκαλούν τόσο οξίνιση όσο και ευτροφισμό των υδάτων. Επίσης, αποτελούν τα αρχικά αντιδρώντα στην αντίδραση σχηματισμού της φωτοχημικής οξείδωσης.

5.3. Χαρακτηρισμός

Μετά την ταξινόμηση των ρυπαντικών φορτίων ανά κατηγορία επίπτωσης, ακολουθεί ο χαρακτηρισμός, ο οποίος είναι ένα υποχρεωτικό ποσοτικό βήμα. Το μέγεθος των περιβαλλοντικών επιπτώσεων υπολογίζεται ανά κατηγορία επίπτωσης με τη χρήση συντελεστών ισοδυναμίας, οι οποίοι καθορίζονται κατά το στάδιο της μοντελοποίησης των γραμμικών σχέσεων αιτίου-αποτελέσματος. Για παράδειγμα, όλοι οι ρύποι που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου (διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, υποξείδιο

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο/Ειδικός Λογαριασμός Κονδυλίων και Έρευνας του αζώτου, χλωροφθοράνθρακες) αθροίζονται με βάση τους συντελεστές ισοδυναμίας που έχει θεσπίσει το IPCC.

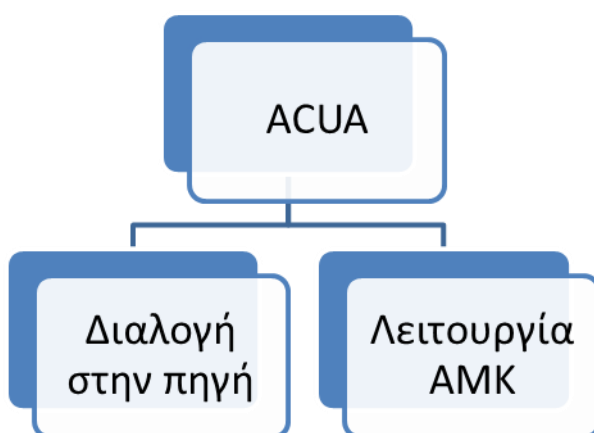
5.4. Κανονικοποίηση

Στο στάδιο της κανονικοποίησης, τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το χαρακτηρισμό συσχετίζονται με το συνολικό (πραγματικό ή προβλεπόμενο) μέγεθος κάθε κατηγορίας επιπτώσεων. Η συσχέτιση αυτή γίνεται διαιρώντας την υπολογισμένη ποσότητα με μια συνολική τιμή αναφοράς. Η συνολική τιμή αναφοράς προκύπτει από τις κατά κεφαλή εκπομπές ή την κατανάλωση φυσικών πόρων σε μια συγκεκριμένη χώρα, περιοχή ή ήπειρο κ.λπ.

Στόχος της κανονικοποίησης είναι να γίνει αντιληπτό το σχετικό μέγεθος των επιπτώσεων του αντικειμένου της μελέτης. Τα αποτελέσματα της μελέτης δεν πρέπει να αφορούν μόνο τη λειτουργική μονάδα του προϊόντος αλλά τις συνολικά χρησιμοποιούμενες μονάδες στην υπό εξέταση γεωγραφική περιοχή. Με λίγα λόγια, η κανονικοποίηση αναδεικνύει το ποιές είναι οι σημαντικότερες από τις 10 κατηγορίες επιπτώσεων. Στην παρούσα μελέτη, η κανονικοποίηση των δεδομένων γίνεται με βάση τις τιμές της Δυτικής Ευρώπης για το έτος 1995.

6. Αξιολόγηση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων της Πράξης ACUA

Το σχηματικό διάγραμμα του τρόπου μοντελοποίησης για την εφαρμογή του προγράμματος ACUA στους εμπλεκόμενους δήμους παρουσιάζεται στο Σχήμα 2. Η εφαρμογή του προγράμματος θα μελετηθεί ως δυο διαφορετικά υποσυστήματα. Συγκεκριμένα, τα δυο υποσυστήματα είναι τα ακόλουθα: α) διαλογή στην πηγή και συλλογή των βιοαποβλήτων, β) η λειτουργία των αυτόνομων μηχανικών κομποστοποιητών (ACUs).



Σχήμα 2: Σχηματική αναπαράσταση του συστήματος ACUA

6.1 Υποσύστημα διαλογής στην πηγή

Το υποσύστημα διαλογής στην πηγή στους Δήμους Ηρακλείου, Ρόδου και Λεμεσού αποτελείται από τα ακόλουθα συστατικά: α) Οικιακοί Κάδοι χωρίς τροχούς 10lt β) τους Πλαστικούς κάδους με πεντάλ 60 lt, γ) του πλαστικούς κάδος με ροδάκια και πεντάλ 360 lt και δ) τους κάδους μηχανικής αποκομιδής των 1100L, δ) τους μεγάλους 140 lt & μικρούς 10 lt κομποστοποιήσιμους σάκους και ε) κάδους ανακύκλωσης εσωτερικών χώρων.

Παραδοχές

1. Χρόνος ζωής για όλους τους κάδους: 5 έτη
2. Οι κομποστοποιήσιμοι σάκοι είναι φτιαγμένοι από καλαμπόκι. Το βάρος των 20 κομποστοποιήσιμων σάκων είναι 1 kg.

Πίνακας 2: Απογραφή δεδομένων για το υποσύστημα διαλογής στην πηγή του Δήμου Ηρακλείου.

Συστατικό	Τεμάχια	Υλικό και βάρος
Οικιακοί Κάδοι χωρίς τροχούς 10lt	66	1 kg 100% παρθένο ανακυκλώσιμο πολυπροπυλένιο (PP) για κάθε κάδο
Κομποστοποιήσιμοι σάκοι 10-20lt	13.200	20 σάκου/kg από καλαμπόκι
Πλαστικός κάδος με ροδάκια και πεντάλ 360 lt	5	31,5 kg HDPE για κάθε κάδο
Πλαστικός κάδος με πεντάλ 60 lt	9	10,5 kg HDPE για κάθε κάδο
Κομποστοποιήσιμες σακούλες 140lt	1.700	20 σάκου/kg από καλαμπόκι

Πίνακας 3: Απογραφή δεδομένων για το υποσύστημα διαλογής στην πηγή του Δήμου Ρόδου.

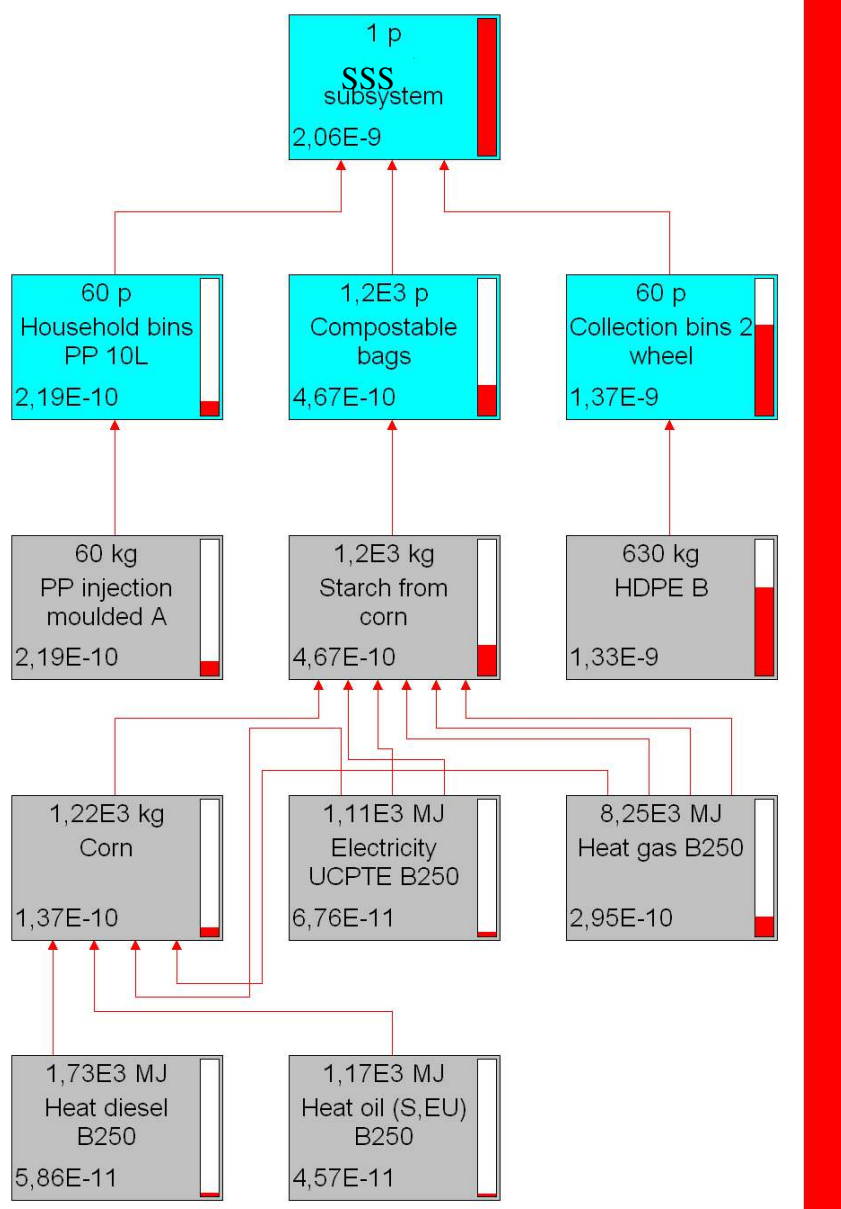
Συστατικό	Τεμάχια	Υλικό και βάρος
Οικιακοί Κάδοι χωρίς τροχούς 10lt	91	1 kg 100% παρθένο ανακυκλώσιμο πολυπροπυλένιο (PP) για κάθε κάδο
Κομποστοποιήσιμοι σάκοι 10-20lt	28.200	20 σάκου/kg από καλαμπόκι
Πλαστικός κάδος με πεντάλ 60 lt	9	10,5 kg HDPE για κάθε κάδο

Πίνακας 4: Απογραφή δεδομένων για το υποσύστημα διαλογής στην πηγή του Δήμου Λεμεσού.

Συστατικό	Τεμάχια	Υλικό και βάρος
Κάδοι απορριμμάτων και ανακύκλωσης εσωτ	42	10,5 kg HDPE για κάθε κάδο

χώρου		
Κομποστοποιήσιμοι σάκοι 140lt	5.500	20 σάκου/kg από καλαμπόκι
Προμήθεια κάδων πλαστικών 360lt & 1100lt	14	31,5 kg HDPE για κάθε κάδο & 52,5 kg HDPE για κάθε κάδο

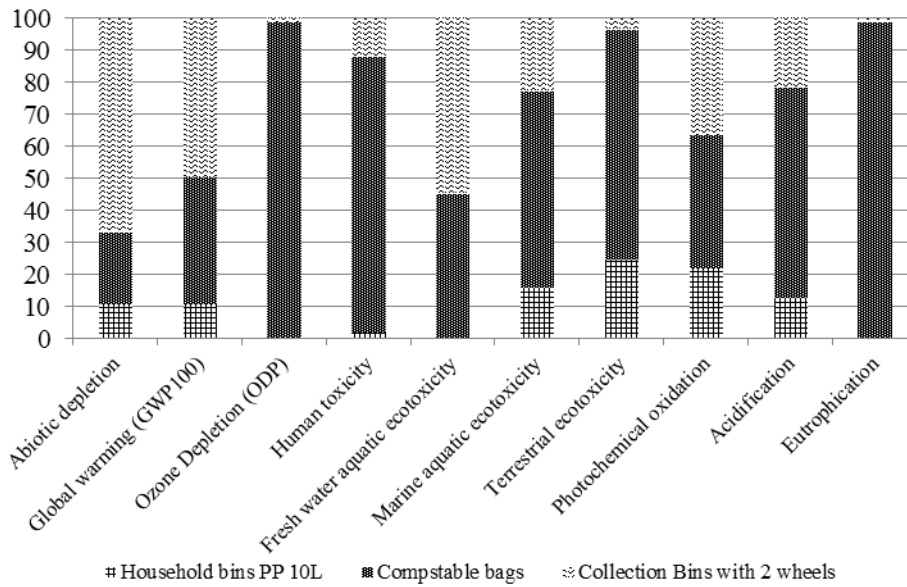
Το διάγραμμα της μοντελοποίησης του υποσυστήματος ΔσΠ (SSS) στον Δήμο Ηρακλείου, Ρόδου και Λεμεσού παρουσιάζεται στο Σχήμα 3 σε ιεραρχικά επίπεδα. Στο κορυφαίο επίπεδο εμφανίζεται ο τίτλος του υποσυστήματος (SSS subsystem). Σε κάθε επόμενο επίπεδο, εμφανίζονται τα συστατικά στοιχεία τα οποία συνθέτουν το υποσύστημα. Τα κόκκινα βέλη σχηματοποιούν τη ροή των περιβαλλοντικών επιπτώσεων προς το κορυφαίο υποσύστημα ενώ οι κόκκινες μπάρες αναπαριστούν τη σχετική συνεισφορά του κάθε συστατικού στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του ιεραρχικά προηγούμενου επιπέδου. Συγκεκριμένα, το σχήμα 3 δηλώνει ότι η κύρια συνεισφορά στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του υποσυστήματος SSS προέρχεται από τους τροχήλατους κάδους.



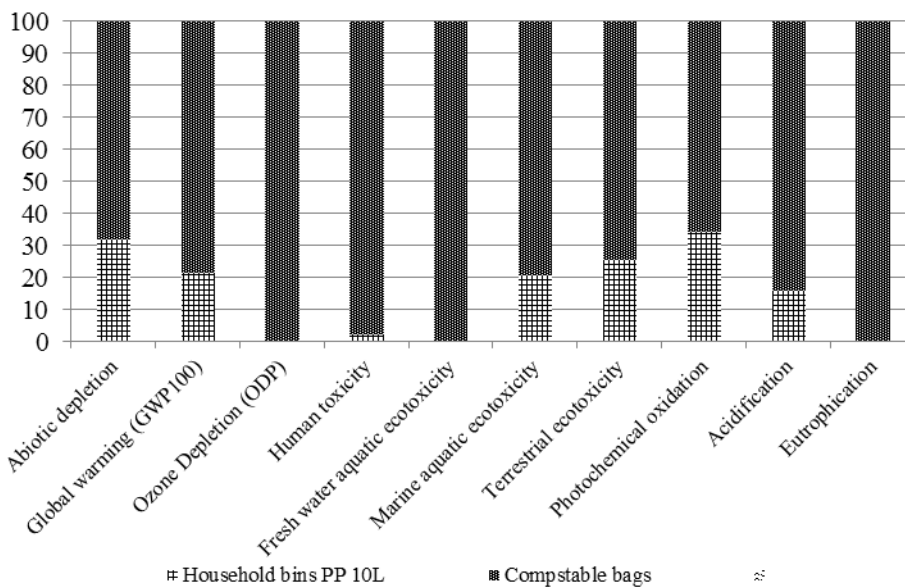
Σχήμα 3: Σχηματική αναπαράσταση των συστατικών του υποσυστήματος SSS.

Τα αποτελέσματα του χαρακτηρισμού για την αξιολόγηση των επιπτώσεων για το υποσύστημα SSS παρουσιάζονται στο Σχήμα 4. Η συνεισφορά των τροχήλατων κάδων συλλογής κυριαρχεί στις κατηγορίες επιπτώσεων α) εξάντληση αβιοτικών πόρων, β) κλιματική αλλαγή και γ) οικοτοξικότητα προς τα γλυκά ύδατα. Η συνεισφορά των κομποστοποιήσιμων σάκων κυριαρχεί στην καταστροφή της στοιβάδας του όζοντος, στην τοξικότητα προς τον άνθρωπο, την χερσαία οικοτοξικότητα, στην οξίνιση και στον ευτροφισμό. Η συνεισφορά των οικιακών κάδων από πολυπροπυλένιο είναι σχετικά χαμηλή σε όλες τις κατηγορίες επιπτώσεων. Αντίστοιχα στο Σχήμα 5, η συνεισφορά των κομποστοποιήσιμων σάκων κυριαρχεί στην καταστροφή της στοιβάδας του όζοντος, στην

τοξικότητα προς τον άνθρωπο, την χερσαία οικοτοξικότητα, στην οξίνιση και στον ευτροφισμό. Η συνεισφορά των οικιακών κάδων από πολυπροπυλένιο είναι σχετικά χαμηλή σε όλες τις κατηγορίες επιπτώσεων.



Σχήμα 4: Αποτελέσματα χαρακτηρισμού των επιπτώσεων για το υποσύστημα SSS στο Δήμο Ηρακλείου & Λεμεσού.



Σχήμα 5: Αποτελέσματα χαρακτηρισμού των επιπτώσεων για το υποσύστημα SSS στο Δήμο Ρόδου.

6.2 Υποσύστημα AMK

Κάθε μεγάλη μονάδα (12.8 m³) αυτόνομης μηχανικής κομποστοποίησης (AMK) ζυγίζει 3 τόνους, ενώ οι μικρές (1,49 & 2,27 m³) ζυγίζουν 750kg & 900kg αντίστοιχα, χωρίς όμως να υπάρχει περαιτέρω ανάλυση των επιμέρους υλικών της. Για τη λειτουργία τους, απαιτείται κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ενώ νερό και λιπαντικό έλαιο απαιτούνται για τη συντήρησή τους (Πίνακας 5).

Παραδοχές

1. Η ετήσια τροφοδοσία των AMK είναι 150 tn βιοαποβλήτων για Δήμο Ηρακλείου & Λεμεσού και 100 tn βιοαποβλήτων για Δήμο Ρόδου.

2. 300 ημέρες λειτουργίας για τους AMK κατ' έτος, για 5 έτη.

Πίνακας 5: Πίνακας απογραφής δεδομένων για το υποσύστημα AMK 12.8 m³.

Συστατικό	Τιμή
Τυπική κατανάλωση ενέργειας για τη λειτουργία των AMK (KWh)	3,22 (ημερησίως)
Νερό για τη συντήρηση του βιοφίλτρου (L)	200 (ανά μήνα)
Λιπαντικό έλαιο για τη συντήρηση των AMK (L)	7 (ετησίως)

Πίνακας 6: Πίνακας απογραφής δεδομένων για το υποσύστημα AMK 1.49 & 2.27 m³.

Συστατικό	Τιμή
Τυπική κατανάλωση ενέργειας για τη λειτουργία των AMK (KWh)	2,25 (ημερησίως)
Νερό για τη συντήρηση του βιοφίλτρου (L)	80 (ανά μήνα)
Λιπαντικό έλαιο για τη συντήρηση των AMK (L)	2 (ετησίως)

Το μίγμα της ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τις επακόλουθες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Στην περίπτωση μας, το

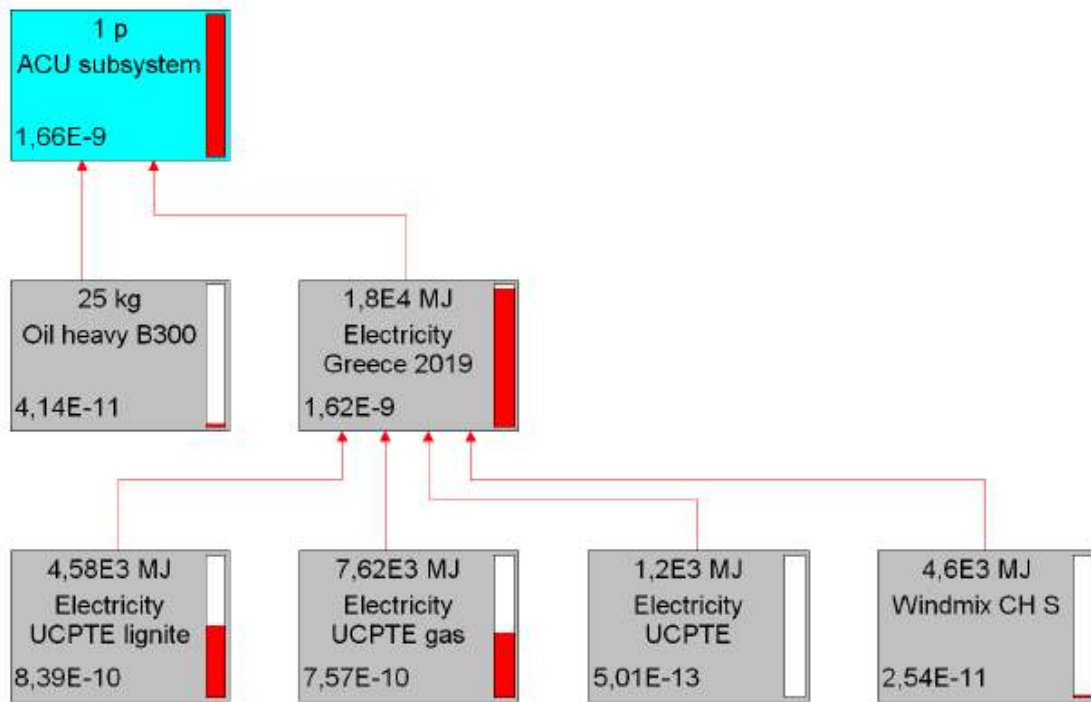
Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο/Ειδικός Λογαριασμός Κονδυλίων και Έρευνας

μίγμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν αυτό για το διασυνδεδεμένο σύστημα στην Ελλάδα κατά το έτος 2019 (ΔΕΛΤΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΝΑΜΜΑΓΩΝ ΗΕΠ ΕΤΟΥΣ 2019) όπως παρουσιάζεται στον παρακάτω Πίνακα

Πίνακας 7: Το μίγμα της ηλεκτρικής ενέργειας για την Ελλάδα το 2019.

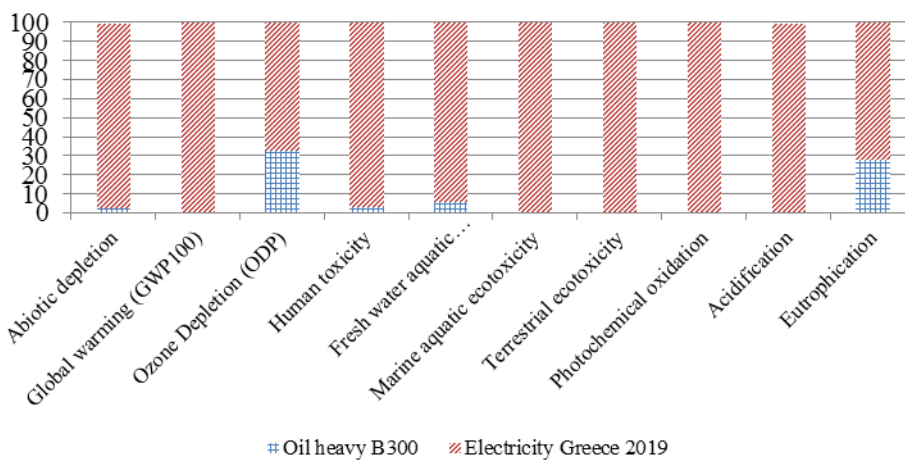
	%
Φυσικό αέριο	42,33
Λιγνίτης	25,43
ΥΗΣ	6,65
Λοιπές ΑΠΕ	25,58
Σύνολο	100,00

Το διάγραμμα της μοντελοποίησης του υποσυστήματος ΑΜΚ στους εμπλεκόμενους δήμους παρουσιάζεται στο Σχήμα 6 σε ιεραρχικά επίπεδα. Στο κορυφαίο επίπεδο εμφανίζεται ο τίτλος του υποσυστήματος (ΑΜΚ subsystem). Σε κάθε επόμενο επίπεδο, εμφανίζονται τα συστατικά στοιχεία τα οποία συνθέτουν το υποσύστημα. Τα κόκκινα βέλη σχηματοποιούν τη ροή των περιβαλλοντικών επιπτώσεων προς το κορυφαίο επίπεδο ενώ οι κόκκινες μπάρες αναπαριστούν τη σχετική συνεισφορά του κάθε συστατικού στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του ιεραρχικά προηγούμενου επιπέδου. Από το Σχήμα 6 είναι ξεκάθαρο ότι η κύρια συνεισφορά στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του υποσυστήματος ΑΜΚ προέρχεται από την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας.

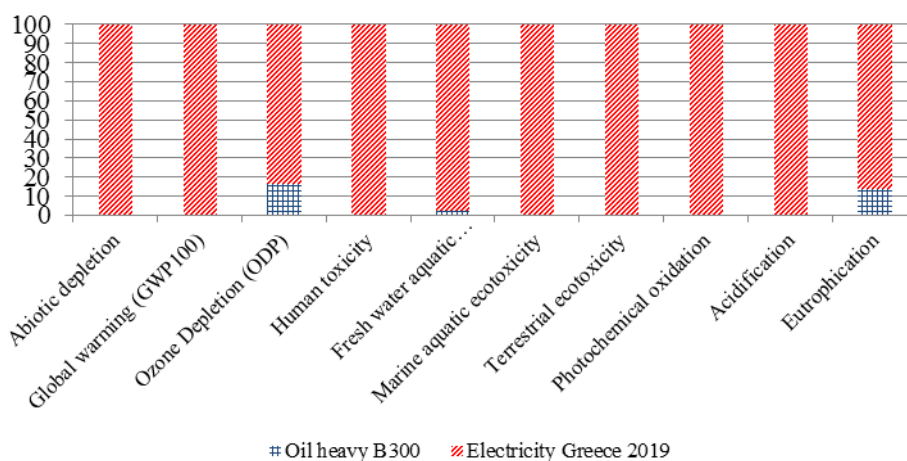


Σχήμα 6: Σχηματική αναπαράσταση των συστατικών του υποσυστήματος AMK.

Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης των επιπτώσεων για το υποσύστημα AMK παρουσιάζονται στα ακόλουθα Σχήματα 7 & 8. Το υποσύστημα αποτελείται από α) την ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται για τη λειτουργία των μονάδων AMK και β) από το λιπαντικό έλαιο για τη συντήρηση των AMK. Από τα Σχήματα αυτά είναι προφανές ότι η συνεισφορά της ηλεκτρικής ενέργειας κυριαρχεί σε κάθε κατηγορία επίπτωσης.



Σχήμα 6: Σχηματική αναπαράσταση των συστατικών του υποσυστήματος AMK 12.8 m³.

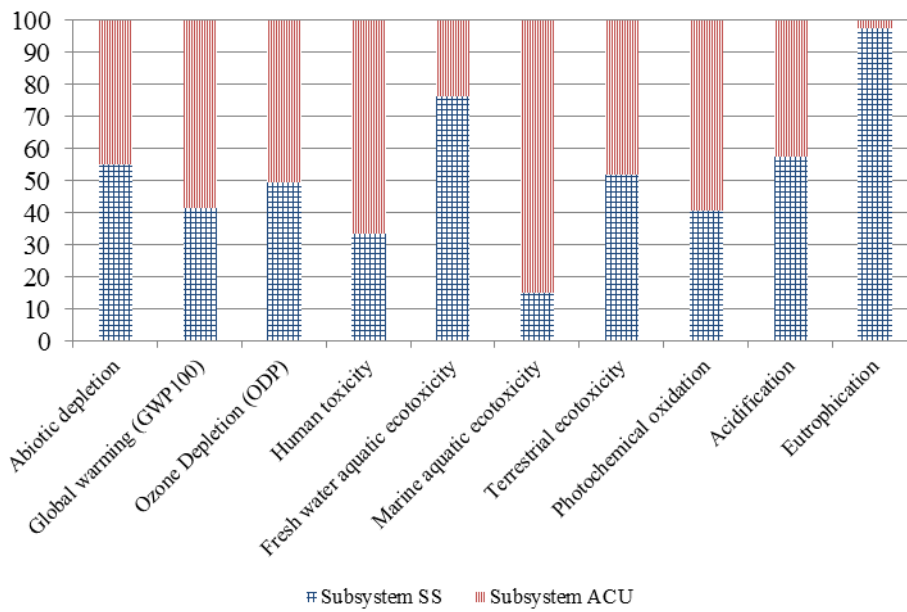


Σχήμα 7: Σχηματική αναπαράσταση των συστατικών του υποσυστήματος

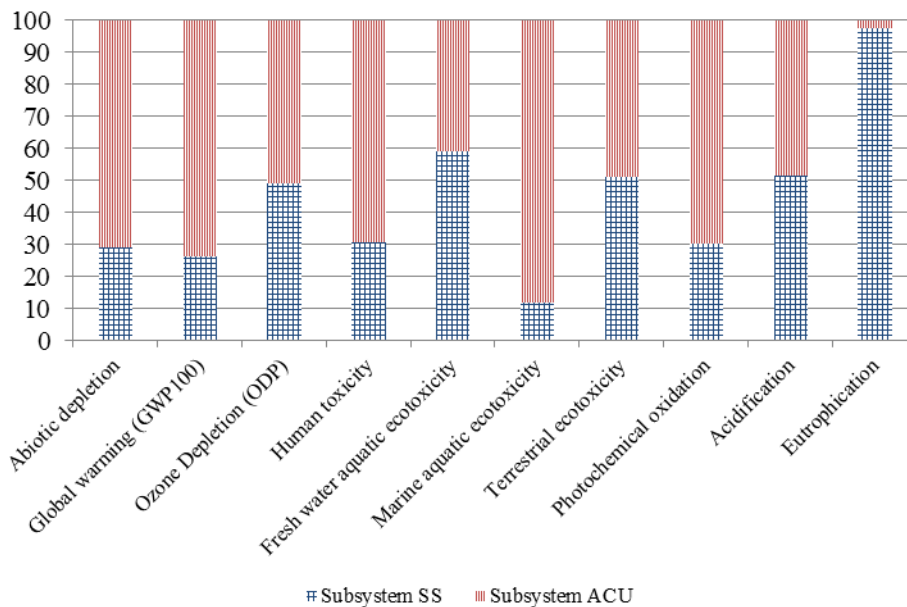
AMK 1.49 & 2.27 m³.

7. Συνολική Εφαρμογή του Έργου ACUA

Μέχρι στιγμής έχουν παρουσιαστεί και αναλυθεί τα 2 υποσυστήματα, το κάθε ένα ξεχωριστά. Στη συνέχεια, θα παρουσιαστεί η ανάλυση για ολόκληρο το σύστημα ACUA, ως άθροισμα των 2 υποσυστημάτων. Τα αποτελέσματα του χαρακτηρισμού για ολόκληρο το σύστημα παρουσιάζεται στα Σχήματα 8 & 9. Το κάθε υποσύστημα αντιπροσωπεύεται με ένα ξεχωριστό χρώμα-μοτίβο. Από τα Σχήματα αυτά, βλέπουμε ότι οι κατηγορίες εξάντληση αβιοτικών πόρων, οικοτοξικότητα γλυκών νερών, χερσαία οικοτοξικότητα, οξίνιση και ευτροφισμός επηρεάζονται από το υποσύστημα διαλογής στην πηγή των βιοαποβλήτων. Το υποσύστημα των AMK συνεισφέρει στην παγκόσμια υπερθέρμανση, μείωση στοιβάδας όζοντος, τοξικότητα προς τον άνθρωπο και οικοτοξικότητα προς τα θαλάσσια ύδατα. Αντίστοιχα για τον Δήμο Ρόδου βλέπουμε ότι οι κατηγορίες Μείωση στοιβάδας όζοντος, οικοτοξικότητα γλυκών νερών, χερσαία οικοτοξικότητα, οξίνιση και ευτροφισμός επηρεάζονται από το υποσύστημα διαλογής στην πηγή των βιοαποβλήτων. Το υποσύστημα των AMK συνεισφέρει στην εξάντληση αβιοτικών πόρων, στην παγκόσμια υπερθέρμανση, τοξικότητα προς τον άνθρωπο και οικοτοξικότητα προς τα θαλάσσια ύδατα.



Σχήμα 8: Αποτελέσματα χαρακτηρισμού των επιπτώσεων για ολόκληρο το σύστημα ACUA σε Δήμο Λεμεσού και Ηρακλείου.



Σχήμα 9: Αποτελέσματα χαρακτηρισμού των επιπτώσεων για ολόκληρο το σύστημα ACUA σε Δήμο Λεμεσού και Ηρακλείου.

7.1 Σύγκριση του συστήματος ACUA σε σχέση με την υγειονομική ταφή των βιοαποβλήτων

Η κύρια παραδοχή που γίνεται είναι ότι η εφαρμογή του συστήματος ACUA στους Δήμους Ηρακλείου, Ρόδου και Λεμεσού εκτρέπει τα βιοαπόβλητα από την υγειονομική ταφή. Για κάθε τόνο βιοαποβλήτων που εκτρέπεται λόγω της μηχανικής κομποστοποίησης αποφεύγεται η εκπομπή 0,21 t CO₂ eq. από την υγειονομική ταφή. Η εφαρμογή του συστήματος ACUA εκτρέπει από την ταφή 400t ετησίως, δηλαδή για τα 5 έτη εφαρμογής του συστήματος εκτρέπονται συνολικά 2.000 t βιοαποβλήτων. Επίσης αξίζει να σημειωθεί ότι εκτρέπονται επίσης 150 tn/ έτος ανακυκλώσιμα στον Δήμο Ρόδου, 200 tn/ έτος στον Δήμο Λεμεσού και 350 tn/ έτος στον Δήμο Ηρακλείου, δηλαδή συνολικά 700 tn/ έτος ανακυκλώσιμα δηλαδή για τα 5 έτη εφαρμογής του συστήματος εκτρέπονται συνολικά 3.500 t ανακυκλώσιμα. Συνεπώς συνολικά εκτρέπονται 5.500 t.

8. Ερμηνεία των αποτελεσμάτων- Συμπεράσματα

Το μελετώμενο έργο είναι ένα έργο ολοκληρωμένης και βιώσιμης διαχείρισης των βιοαποβλήτων στους Δήμους Ηρακλείου, Ρόδου και Λεμεσού το οποίο συμβάλλει ενεργά στο μοντέλο της κυκλικής οικονομίας καθώς προωθεί τη ΔσΠ βιοαποβλήτων τα οποία θα εκτρέπονται από την υγειονομική ταφή και θα οδηγούνται σε μονάδες κομποστοποίησης με τελικό προϊόν εδαφοβελτιωτικό λίπασμα υψηλής αξίας για χρήση σε καλλιέργειες.

Το αδιέξοδο της υγειονομικής ταφής και το πραγματικό κόστος ταφής/ελαχιστοποίηση της υπολειμματικότητας των εγκαταστάσεων

Είναι σαφές ότι ο πρώτος παράγοντας που ωθεί στην ιδέα της επεξεργασίας αποβλήτων, με στόχο τη μείωση του όγκου και της επικινδυνότητας αυτών, είναι η σημερινή τους διαχείριση.

Η υγειονομική ταφή δεν είναι τίποτα παραπάνω από την ασφαλή μεσομακροπρόθεσμη αποθήκευση των αποβλήτων, με στόχο τον έλεγχο και την τεχνικά ορθή διαχείριση των περιβαλλοντικών τους επιπτώσεων.

Η υγειονομική ταφή φέρει σημαντικά μειονεκτήματα που σχετίζονται κυρίως με τη διαρκή κατανάλωση χώρου που απαιτείται και την αναγκαιότητα επεκτάσεων των υφιστάμενων χώρων ή την εξεύρεση νέων χώρων διάθεσης απορριμμάτων.

Σε μία ενότητα, με σαφή γεωγραφικά όρια, η ανεύρεση χώρων για την ταφή των αποβλήτων είναι ιδιαίτερα δύσκολη, πέραν των κοινωνικών αντιδράσεων που δημιουργούνται. Η επιμήκυνση της διάρκειας ζωής ενός ΧΥΤΥ όσο το δυνατόν περισσότερο, αποτελεί μονοσήμαντη λύση. Κατά συνέπεια γίνεται σαφής η αναγκαιότητα μείωσης των εισερχόμενων αποβλήτων στους ΧΥΤΥ μέσω της ΔσΠ των ΑΣΑ και την επεξεργασία των υπολειμμάτων πριν την τελική διάθεση.

Επιπλέον, αυτό που σήμερα θεωρείται ως κόστος ταφής δεν λαμβάνει υπόψη του τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την ταφή, τη μείωση της αξίας της γης που ο ΧΥΤΥ συνεπάγεται, αλλά ούτε και τις απαιτήσεις πλήρους κοστολόγησης των παρεχόμενων υπηρεσιών που προσφέρονται. Το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ότι σε κανέναν ΧΥΤΥ στην Ελλάδα δεν κοστολογείται (επομένως δεν μεταφέρεται και στους χρήστες του ΧΥΤΥ) το κόστος των έργων αποκατάστασης και το κόστος κατασκευής των νέων ΧΥΤΥ (μετά το πέρας της λειτουργίας των υφιστάμενων) με το σκεπτικό ότι αυτά τα χρήματα θα προέλθουν από κοινοτικά ή κρατικά κονδύλια και επομένως δεν αφορούν τους χρήστες. Η πρακτική αυτή έχει σαν αποτέλεσμα να εμφανίζονται πολύ χαμηλά τέλη χρήσης των ΧΥΤΥ, που δυσκολεύουν ακόμα περισσότερο την σύγκριση του κόστους ταφής με τα κόστη επεξεργασίας.

Η εικόνα αυτή είναι όμως πλασματική, το πραγματικό κόστος της υγειονομικής ταφής είναι περίπου 3 φορές μεγαλύτερο από αυτό που σήμερα χρεώνεται στους χρήστες, στις υπό μελέτη περιοχές. Αυτό σημαίνει ότι οι διαφορές κοστολογίου μεταξύ ταφής και επεξεργασίας είναι σημαντικά μικρότερες από τις αρχικά εκτιμώμενες, παραμένοντας βέβαια σημαντικές.

Επιπρόσθετα, η αναμενόμενη ενεργοποίηση διάταξης του Ν. 4042/2012 που επιβάλλει προσθετό ειδικό τέλος ταφής πρόκειται να επιφέρει επιπλέον αύξηση του κόστους ταφής. Συγκεκριμένα ο νόμος ορίζει επιβολή πρόσθετου ειδικού τέλους 35

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο/Ειδικός Λογαριασμός Κονδυλίων και Έρευνας
 €/τόνο από το πρώτο έτος εφαρμογής του και ετήσια αύξηση 5 €/τόνο, έως του ποσού των 60 €/τόνο, για ταφή αποβλήτων που δεν έχουν υποστεί εργασίες επεξεργασίας.

Σε κάθε περίπτωση η υγειονομική ταφή αποτελεί αναπόσπαστο μέρος κάθε ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης αποβλήτων, σε όλο τον κόσμο, εφόσον κάθε διαχείριση θα αφήσει κάποιο τελικό υπόλειμμα και οποιαδήποτε προσπάθεια χρειάζεται να επικεντρωθεί στην μείωση αυτού του υπολείμματος.

Κατά συνέπεια, η εφαρμογή προγραμμάτων διαλογής στην πηγή και η κατασκευή και λειτουργία μονάδας / ων επεξεργασίας οργανικών αποβλήτων σε κεντρικό επίπεδο που θα επιτυγχάνει σημαντική μείωση του όγκου και της επικινδυνότητας των στερεών αποβλήτων (χαμηλή υπολειμματικότητα), είναι ίσως ο μοναδικός τρόπος που θα οδηγήσει σε αύξηση της εκτροπής υλικών από την ταφή, θα επεκτείνει της διάρκειας ζωής των ΧΥΤΥ και θα οδηγήσει σε δραστική μείωση την κατανάλωση γης.

8.1 Οφέλη που αναμένονται σε τοπικό, περιφερειακό ή εθνικό επίπεδο

Τα οφέλη που αναμένονται από το έργο έχουν αναλυθεί διεξοδικά στις προηγούμενες παραγράφους και εδώ μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

- ✚ Δραστική μείωση του όγκου των προς διάθεση αποβλήτων.
- ✚ Αύξηση της εκτροπής υλικών από την ταφή, που οδηγεί σε επέκταση της διάρκειας ζωής των ΧΥΤΥ και θα οδηγήσει σε δραστική μείωση την κατανάλωση γης.
- ✚ Μείωση του βιοαποικοδομήσιμου κλάσματος που οδηγείται στους Χ.Υ.Τ.Υ., προκειμένου να συμβάλει η Περιφέρεια στους στόχους μείωσης που τίθενται από την ΚΥΑ 29407/2002.
- ✚ Καθοριστική μείωση της επικινδυνότητας των προς διάθεση αποβλήτων.
- ✚ Κατακόρυφη μείωση των παραγόμενων στραγγισμάτων στους Χ.Υ.Τ.Υ.
- ✚ Κατακόρυφη μείωση των παραγόμενων ποσοτήτων βιοαερίου στους Χ.Υ.Τ.Υ.

- ✚ Περιορισμός της πιθανότητας ρύπανσης των υδροφόρων οριζόντων και των τελικών επιφανειακών αποδεκτών από εκροές των Χ.Υ.Τ.Υ.
- ✚ Εξάλειψη των αναγκών διαρκούς αναζήτησης νέων εκτάσεων για υγειονομική ταφή και τις συνδεόμενες με αυτό το θέμα κοινωνικές αντιδράσεις.
- ✚ Συμβολή στο μοντέλο της κυκλικής οικονομίας, καθώς το έργο προωθεί την υψηλή ΔσΠ βιοαποβλήτων και την εκτροπή αυτών από την απόθεση τους σε ΧΥΤΥ σε συνδυασμό με την παραγωγή εδαφοβελτιωτικού υψηλής θρεπτικής αξίας για χρήση σε καλλιέργειες.
- ✚ Διασφάλιση της υψηλής προστασίας του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας.
- ✚ Σημαντική μείωση του όγκου και της επικινδυνότητας των στερεών αποβλήτων (χαμηλή υπολειμματικότητα), είναι ίσως ο μοναδικός τρόπος που θα οδηγήσει σε αύξηση της εκτροπής υλικών από την ταφή, θα επεκτείνει της διάρκειας ζωής των ΧΥΤΥ και θα οδηγήσει σε δραστική μείωση την κατανάλωση γης.
- ✚ Εναρμόνιση τόσο με τους εθνικούς όσο και με τους κοινοτικούς στόχους στον τομέα της διαχείρισης των αποβλήτων και εκτιμάται ότι θα συμβάλει στην αλλαγή του προφίλ της περιβαλλοντικής διαχείρισης στην περιοχή αυξάνοντας την ευαισθησία των πολιτών και την τεχνογνωσία των εμπλεκόμενων φορέων.
- ✚ Αύξηση της απασχόλησης με τις νέες θέσεις εργασίας που δημιουργεί.
- ✚ Σημαντική μείωση του όγκου και της επικινδυνότητας των στερεών αποβλήτων (χαμηλή υπολειμματικότητα), είναι ίσως ο μοναδικός τρόπος που θα οδηγήσει σε αύξηση της εκτροπής υλικών από την ταφή, θα επεκτείνει της διάρκειας ζωής των ΧΥΤΥ και θα οδηγήσει σε δραστική μείωση την κατανάλωση γης.

- ✚ Εναρμόνιση τόσο με τους εθνικούς όσο και με τους κοινοτικούς στόχους στον τομέα της διαχείρισης των αποβλήτων και εκτιμάται ότι θα συμβάλει στην αλλαγή του προφίλ της περιβαλλοντικής διαχείρισης στην περιοχή αυξάνοντας την ευαισθησία των πολιτών και την τεχνογνωσία των εμπλεκόμενων φορέων.
- ✚ Αύξηση της απασχόλησης με τις νέες θέσεις εργασίας που δημιουργεί.

9. Βιβλιογραφία

ISO 14040 (2006), Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework, International Organisation for Standardisation (ISO), Geneva

ISO 14044 (2006), Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines, International Organisation for Standardisation (ISO), Geneva

ΔΕΛΤΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΝΑΜΜΑΓΩΝ ΗΕΠ ΕΤΟΥΣ 2019, http://www.enexgroup.gr/fileadmin/groups/EDRETH/DAS_Yearly_Reports/2019_DAS_Yearly_Report.pdf, Ημερομηνία Πρόσβασης 30/07/2021