

2024-01

þý μ Á^{1 2 ± » »} ¿ ½ Ä^{1 0 ®} » ¿^{3 1} Ã Ä^{1 0 ®} 0 ±

þý⁰ ¿ Ã Ä ¿ » Ì³ · Ã · ¼ · Ç ± ½ ¿ » ¿^{3 1 0} ¿ Í μ

þý “ ± Á ´⁻⁰ ¿ Â , “ μ Î Á^{3 1} ¿ Â

þý œ μ Ä ± Ä Ä Ä Ç^{1 ± 0} Ì Á Ì³ Á ± ¼ ¼ ± ”¹ ¿⁻⁰ · Ã · Â · Ä¹ Ç μ¹ Á ® Ã μ É ½ , £ Ç ¿ » ® Ý^{1 0} ¿ ½ ¿ ¼^{1 0} Î ½

þý ”¹ ¿⁻⁰ · Ã · Â , ± ½ μ Ä¹ Ã Ä ® ¼¹ ¿ · μ ¬ Ä ¿ »¹ Â ¬ Æ ¿ Ä ,

<http://hdl.handle.net/11728/12722>

Downloaded from HEPHAESTUS Repository, Neapolis University institutional repository



Distance Master in Business Administration

[DMDIS600|67]

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ:

**<<ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ>>**

Γαρδίκος Γεώργιος

Καθηγήτρια: Σαμαρά Αγγελική

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2024

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΑΚΤΗ

Ο Γαρδίκος Γεώργιος, γνωρίζοντας τις συνέπειες της λογοκλοπής, δηλώνω υπεύθυνα ότι η παρούσα εργασία με τίτλο «Περιβαλλοντική Λογιστική και Κοστολόγηση Μηχανολογικού Εξοπλισμού» αποτελεί προϊόν αυστηρά προσωπικής εργασίας και όλες οι πηγές που έχω χρησιμοποιήσει έχουν δηλωθεί κατάλληλα στις βιβλιογραφικές παραπομπές και αναφορές. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο ή / και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών.

Ο ΔΗΛΩΝ

ΓΑΡΔΙΚΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα θερμά να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου, κυρία Αγγελική Σαμαρά, για την ανεκτίμητη υποστήριξη και την εξαιρετική καθοδήγησή της κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας. Επίσης, δεν θα μπορούσα να παραλείψω να εκφράσω ότι είμαι ευγνώμων προς την οικογένειά μου για την αδιάκοπη στήριξη και την έμπνευση που μου παρείχαν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου και της διπλωματικής μου εργασίας. Τέλος, εκφράζω τις θερμές μου ευχαριστίες προς το Πανεπιστήμιο Νεάπολις της Πάφου για την αξέχαστη εμπειρία και τις πολύτιμες γνώσεις που μου προσέφερε. Η καθοδήγησή και οι πόροι που μου παρείχε το Πανεπιστήμιο συνέβαλαν ουσιαστικά στην επιτυχή ολοκλήρωση του προγράμματος μου.

Γαρδίκος Γεώργιος

Περίληψη

Πέρα από περιβαλλοντικά προβλήματα όπως η οξείδωση του εδάφους και η εξάντληση των φυσικών πόρων, η κλιματική αλλαγή απειλεί το οικοσύστημα και, κατ' επέκταση, τη θέση της ανθρωπότητας μέσα σε αυτό. Συνεπώς, δεν είναι απροσδόκητο να παρατηρήσουμε μια έντονη αύξηση της πίεσης προς τους οικονομικούς τομείς για να υιοθετήσουν φιλικές προς το περιβάλλον νομοθεσίες και διαδικασίες. Ως αποτέλεσμα, υπάρχει ανάγκη για εργαλεία που αξιολογούν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα ενός προϊόντος κατά τη διάρκεια ολόκληρου του κύκλου ζωής του, από τη σύλληψή του μέχρι την απόρριψή του. Αν λάβουμε όλα αυτά υπόψη, η περιβαλλοντική λογιστική αποτελεί απλά μια καλύτερη μέθοδο λογιστικής σε σχέση με την κανονική λογιστική, με έμφαση στα έξοδα που σχετίζονται με τα απόβλητα, τις πρώτες ύλες που "χάνονται" κατά την παραγωγή και άλλες δαπάνες που συνδέονται άμεσα με περιβαλλοντικά ζητήματα. Η περιβαλλοντική λογιστική μπορεί να παράσχει πολύτιμες εισηγήσεις για διάφορους τύπους επιχειρήσεων, επιτρέποντάς τους να βελτιώσουν τις διαδικασίες παραγωγής και να ενημερώνουν κατάλληλα εξωτερικά μέρη σχετικά με την περιβαλλοντική απόδοση της επιχείρησής τους. Συνεπώς, το κυρίως θέμα της παρούσας εργασίας είναι η περιβαλλοντική λογιστική και η κοστολόγηση μηχανολογικού εξοπλισμού σε μία μονάδα ανακύκλωσης μπουκαλιών. Θα δοθεί μεγάλη βαρύτητα στα στάδια της ανακύκλωσης και θα μελετηθεί η κοστολόγηση του μηχανολογικού εξοπλισμού σε μια μονάδα ανακύκλωσης μπουκαλιών PET. Επίσης Η χρήση της περιβαλλοντικής λογιστικής με τον υπολογισμό δεικτών θα αξιολογήσει την περιβαλλοντική απόδοση της μονάδας έτσι ώστε να ληφθούν πολύτιμα συμπεράσματα και να δοθούν προτάσεις για αποδοτικότερη και αποτελεσματικότερη ανακύκλωση. Τα ευρήματα αναδεικνύουν τη σημασία της μεθόδου PMPC για την καλύτερη αξιολόγηση και σχεδιασμό εγκαταστάσεων ανακύκλωσης, ενώ η περιβαλλοντική λογιστική συμβάλλει στην ολοκληρωμένη κατανόηση της περιβαλλοντικής απόδοσης και της διαδικασίας ανακύκλωσης.

ABSTRACT

Beyond environmental issues such as soil oxidation and depletion of natural resources, climate change poses a threat to the ecosystem and, by extension, humanity's position within it. Consequently, it is not unexpected to observe a significant increase in pressure on economic sectors to adopt environmentally friendly legislation and procedures. As a result, there is a need for tools that assess the environmental footprint of a product throughout its entire life cycle, from conception to disposal. Taking all these into consideration, environmental accounting is simply a better accounting method compared to regular accounting, with a focus on expenses related to waste, raw materials 'lost' during production, and other costs directly linked to environmental issues. Environmental accounting can provide valuable insights for various types of businesses, enabling them to improve production processes and adequately inform external parties about the environmental performance of their business. Therefore, the main focus of this work is environmental accounting and the costing of mechanical equipment in a bottle recycling unit. Significant emphasis will be given to the stages of recycling, and the costing of mechanical equipment in a PET bottle recycling unit will be studied. Additionally, the use of environmental accounting with index calculations will evaluate the environmental performance of the unit, allowing for valuable conclusions and recommendations for more efficient and effective recycling. The findings highlight the importance of the PMPC method for a better evaluation and design of recycling facilities, while environmental accounting contributes to a comprehensive understanding of environmental performance and the recycling process.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή.....	1
1.2 Σκοπός της εργασίας	1
1.3 Δομή διπλωματικής	2
Κεφάλαιο 2ο: Επισκόπηση Βιβλιογραφίας	3
Κεφάλαιο 3ο: Στάδια Κοστολόγησης – Δείκτες Περιβαλλοντικής Λογιστικής και Κοστολόγησης εξοπλισμού.....	6
3.1 Βιομηχανία ανακύκλωσης μπουκαλιών PET	6
3.2 Συνολικό κόστος ιδιοκτησίας.....	8
3.3 Μοντέλο προκαταρκτικής κοστολόγησης μηχανικής διαδικασίας (H’midetaal., 2006).....	11
3.4 Περιβαλλοντική λογιστική	11
3.5 Περιβαλλοντική λογιστική παράλληλα με την κοστολόγηση του μηχανολογικού εξοπλισμού	12
3.6 Χρήση κατάλληλων δεικτών για την περιβαλλοντική λογιστική.....	13
3.7 Λήψη στρατηγικών αποφάσεων.....	15
Κεφάλαιο 4ο: Μεθοδολογία έρευνας.....	16
4.1 Εφαρμογή της PMPC στην ανακύκλωση μπουκαλιών PET	16
4.1.1 Περιβαλλοντική λογιστική στην ανακύκλωση μπουκαλιών PET	17
4.1.2 Ερευνητική μεθοδολογία κόστους μέσω της μεθόδου PMPC	18
4.1.3 Περιβαλλοντική λογιστική για τη βιωσιμότητα	20
4.1.4 Μαθηματικοί υπολογισμοί για PMPC.....	21
4.1.5 Μαθηματικοί υπολογισμοί για περιβαλλοντική λογιστική	23
4.1.6 Ολιστική Προσέγγιση Μεθοδολογίας	24
4.2 Υπολογισμός κόστους μηχανολογικού εξοπλισμού μονάδας ανακύκλωσης PET μέσω της μεθόδου PMPC	25
4.2.1 Μέθοδος PMPC για το πρώτο βήμα (Συλλογή).....	27
4.2.2 Μέθοδος PMPC για το δεύτερο βήμα (Ταξινόμηση).....	30
4.2.3 Μέθοδος PMPC για το τρίτο βήμα (Καθαρισμός)	32
4.2.4 Μέθοδος PMPC για το τέταρτο βήμα (Τεμαχισμός).....	36
4.2.5 Μέθοδος PMPC για το πέμπτο βήμα (Πλύσιμο και στέγνωμα).....	39
4.2.6 Μέθοδος PMPC για το έκτο βήμα (Λιώσιμο και πελλετοποίηση).....	41
4.2.7 Μέθοδος PMPC για το έβδομο βήμα (Έλεγχος ποιότητας)	44
4.2.8 Μέθοδος PMPC για το όγδοο βήμα (Παραγωγή προϊόντων).....	46
4.3 Υπολογισμός δεικτών περιβαλλοντικής λογιστικής για την μονάδα ανακύκλωσης PET	50

4.3.1 Δείκτης κατανάλωσης ενέργειας (ECI).....	50
4.3.2 Δείκτης αποδοτικότητας χρήσης νερού (WUEI).....	57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο: Συμπεράσματα, Περιορισμοί & Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα. 59	
5.1 Συμπεράσματα.....	59
5.2 Τυχόν περιορισμοί πάνω στην Έρευνα	64
5.3 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	64
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	65

Πίνακες

Πίνακας 1 Προτεινόμενοι δείκτες περιβαλλοντικής λογιστικής	15
Πίνακας 2 Κόστος ανά διεργασία.....	26
Πίνακας 3 Αναλυτικά κόστη ανά στάδιο	48
Πίνακας 4 Απαραίτητη ισχύς ανά μηχάνημα	51
Πίνακας 5 Κατανάλωση και κόστος ενέργειας ανά στάδιο κι ανά σενάριο.....	52
Πίνακας 6 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα ανά διεργασία κι ανά σενάριο	54
Πίνακας 7 Δείκτης αποδοτικότητας χρήσης νερού ανά στάδιο κι ανά σενάριο.....	57

Διαγράμματα

Διάγραμμα 1 Μεθοδολογία κόστους μέσω της μεθόδου PMPC.....	19
Διάγραμμα 2 Μεθοδολογία περιβαλλοντικής λογιστικής μέσω της μεθόδου PMPC	21
Διάγραμμα 3 Συνολικό κόστος PMPC σε κάθε στάδιο ανακύκλωσης PET	49
Διάγραμμα 4 Συνολική κατανάλωση ενέργειας ανά στάδιο	53
Διάγραμμα 5 Αποτύπωμα άνθρακα ανά στάδιο	56
Διάγραμμα 6 Δείκτης αποδοτικότητας χρήσης νερού ανά διεργασία	58

Εικόνες

Εικόνα 1 Βήματα διεργασίας ανακύκλωσης φιάλων PET.....	8
Εικόνα 2 Κόστη κατά τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος.....	9
Εικόνα 3 Επιχειρηματικό οικονομικό πλαίσιο	10
Εικόνα 4 Όχημα συλλογής μπουκαλιών PET.....	27
Εικόνα 5 Ποσοστιαία συνεισφορά κόστους για το στάδιο της συλλογής	29
Εικόνα 6 Τυπικός διαλογέας NIR.....	30
Εικόνα 7 Ποσοστιαία συνεισφορά κόστους για το στάδιο της ταξινόμησης	32
Εικόνα 8 Σταθμός πλύσης μπουκαλιών PET.....	33
Εικόνα 9 Μύλος άλεσης για μπουκάλια PET	33
Εικόνα 10 Μηχανή αφαίρεσης ετικετών για μπουκάλια PET	34
Εικόνα 11 Ποσοστιαία συνεισφορά κόστους για το στάδιο του καθαρισμού	36
Εικόνα 12 Τεμαχιστές μπουκαλιών PET	37
Εικόνα 13 Ποσοστιαία συνεισφορά κόστους για το στάδιο του τεμαχισμού.....	38
Εικόνα 14 Πλύσιμο και στέγνωμα μπουκαλιών PET	39
Εικόνα 15 Ποσοστιαία συνεισφορά κόστους για το στάδιο του πλυσίματος & στεγνώματος.....	41
Εικόνα 16 Μηχάνημα για λιώσιμο και πελλετοποίηση μπουκαλιών PET	42
Εικόνα 17 Ποσοστιαία συνεισφορά κόστους για το στάδιο του λιώσιματος & παραγωγής πέλετ	43
Εικόνα 18 Μηχάνημα για έλεγχο ποιότητας μπουκαλιών PET.....	44
Εικόνα 19 Ποσοστιαία συνεισφορά κόστους για το στάδιο του ελέγχου ποιότητας.....	45
Εικόνα 20 Μηχάνημα για παραγωγή μπουκαλιών PET	46
Εικόνα 21 Ποσοστιαία συνεισφορά κόστους για το στάδιο της παραγωγής προϊόντων	47

Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή

Η προστασία του περιβάλλοντος και η διασφάλιση της βιωσιμότητας αποτελούν ζητήματα υψίστης προτεραιότητας στη σύγχρονη κοινωνία. Ο ανθρώπινος παράγοντας και οι βιομηχανικές δραστηριότητες έχουν επιφέρει σημαντικές αλλαγές στο περιβάλλον, προκαλώντας προβλήματα όπως η αύξηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, η εξάντληση των φυσικών πόρων και η απώλεια της βιοποικιλότητας. Προκειμένου να αντιμετωπίσουμε αυτές τις προκλήσεις, η περιβαλλοντική λογιστική και κοστολόγηση μηχανολογικού εξοπλισμού αναδύονται ως σημαντικά εργαλεία.

Η περιβαλλοντική λογιστική και κοστολόγηση συνδυάζουν την κοστολογημένη πληροφορία με περιβαλλοντικά δεδομένα προκειμένου να αξιολογήσουν την επίδραση των επιχειρηματικών αποφάσεων στο περιβάλλον και να αναδείξουν τα οφέλη της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας. Από τη μια πλευρά, η περιβαλλοντική λογιστική παρέχει τη δυνατότητα παρακολούθησης και καταγραφής των περιβαλλοντικών επιδόσεων των επιχειρήσεων, ενώ από την άλλη, η περιβαλλοντική κοστολόγηση επιτρέπει τον υπολογισμό του κόστους των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Ο περιβαλλοντικός μηχανολογικός εξοπλισμός αποτελεί ένα σημαντικό μέρος της εξίσου σημαντικής διαδικασίας που αποβλέπει στη μείωση του ανθρώπινου αποτυπώματος στο περιβάλλον και τη βελτίωση της αποδοτικότητας. Η επένδυση σε περιβαλλοντικό μηχανολογικό εξοπλισμό απαιτεί την εξέταση του συνολικού κόστους, αλλά επίσης την ανάλυση των δυνατοτήτων εξοικονόμησης και την αναδείξη των περιβαλλοντικών οφελών που προκύπτουν από τη χρήση του. Επιπλέον, η περιβαλλοντική λογιστική και κοστολόγηση μπορούν να αποτελέσουν το εργαλείο για την προσδιορισμό των ευκαιριών και των κινδύνων που σχετίζονται με την επένδυση σε περιβαλλοντικό μηχανολογικό εξοπλισμό.

1.2 Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της εργασίας είναι να αναδειχθεί η σημασία της κοστολόγησης και της περιβαλλοντικής λογιστικής, ενώ παράλληλα να καθοριστεί ο τρόπος με τον οποίο μπορούν να προκύψουν συμπεράσματα που θα συμβάλλουν στη βελτιστοποίηση της διαδικασίας ανακύκλωσης. Μέσα από την ανάγνωση της εργασίας, δίνετε απάντηση στα εξής ερευνητικά ερωτήματα:

- 1) Ποια είναι τα στάδια της ανακύκλωσης;
- 2) Πώς μπορούμε να μελετήσουμε την κοστολόγηση του μηχανολογικού εξοπλισμού σε μια μονάδα ανακύκλωσης μπουκαλιών PET και να ενσωματώσουμε τη χρήση της περιβαλλοντικής λογιστικής;
- 3) Ποια είναι τα πλεονεκτήματα της μεθόδου PMPC και πώς μπορεί να παράσχει κρίσιμες πληροφορίες για το πραγματικό κόστος των εργασιών ανακύκλωσης;
- 4) Πώς η ολοκληρωμένη προσέγγιση της PMPC μπορεί να αναδείξει την πολυπλοκότητα και τις οικονομικές απαιτήσεις της δημιουργίας και λειτουργίας μιας εγκατάστασης ανακύκλωσης;

- 5) Πώς τα ευρήματα από την ανάλυση της περιβαλλοντικής λογιστικής μπορούν να παρέχουν πληροφορίες για την τρέχουσα περιβαλλοντική απόδοση και να οδηγήσουν σε μελλοντικές πρωτοβουλίες βιωσιμότητας;
- 6) Πώς η διχοτόμηση στα στάδια της ανακύκλωσης αποτελεί πρόκληση και πώς μπορεί να γίνει βελτιστοποίηση της επιχειρησιακής απόδοσης με ελάχιστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις;
- 7) Ποιες είναι οι προοπτικές για τη βιωσιμότητα των επιχειρήσεων ανακύκλωσης και ποιες πρακτικές μπορούν να υιοθετηθούν για τη μείωση του συνολικού αποτυπώματος άνθρακα;

1.3 Δομή διπλωματικής

Στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται μία εισαγωγή στη περιβαλλοντική λογιστική και στη κοστολόγηση του μηχανολογικού εξοπλισμού όπου αναφέρεται ο σκοπός της εργασίας και θέτονται και τα ερευνητικά ερωτήματα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μία επισκόπηση βιβλιογραφίας πάνω στην περιβαλλοντική λογιστική και στην κοστολόγηση έτσι ώστε να τονιστεί η σημαντικότητά τους και να δοθούν πολύτιμες πληροφορίες από έρευνες.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται τα στάδια της περιβαλλοντικής λογιστικής και θέτονται οι βάσεις για την κοστολόγηση και τη περιβαλλοντική λογιστική όπου θα εφαρμοστούν στο επόμενο κεφάλαιο. Επίσης δίνονται πληροφορίες για τη λήψη των αποφάσεων και για τη μέθοδο κοστολόγησης PMPC παράλληλα με τη χρήση περιβαλλοντικών δεικτών. Αυτό το κεφάλαιο αποτελεί το θεωρητικό υπόβαθρο της εργασίας και εκεί θα στηριχθεί και η μεθοδολογία έρευνας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται έρευνα επάνω στο κόστος και κοστολογείτε με την μέθοδο PMPC η μονάδα ανακύκλωσης PET σύμφωνα με τα βήματα της ανακύκλωσης έτσι ώστε να προσδιοριστούν τα αποτελέσματα. Στη συνέχεια με τη χρήση της περιβαλλοντικής λογιστικής προσδιορίζονται οι περιβαλλοντικοί δείκτες.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση των δεικτών, δίνονται συμπεράσματα και πολύτιμες προτάσεις βελτίωση της βιωσιμότητας της εγκατάστασης, προτάσεις για μελλοντική έρευνα αναφέρονται οι τυχόν περιορισμοί.

Κεφάλαιο 2ο: Επισκόπηση Βιβλιογραφίας

Σύμφωνα με έρευνες, στις περισσότερες αναπτυσσόμενες χώρες, η τεράστια ποσότητα αδιαχείριστων αστικών στερεών αποβλήτων και η αναποτελεσματικότητα του τρέχοντος συστήματος διαχείρισης αποβλήτων έχουν οδηγήσει σε άνευ προηγουμένου επιζήμια επίδραση στην ανθρώπινη υγεία και την ποιότητα του περιβάλλοντος. Για να επιτευχθεί βιώσιμη ανάπτυξη μέσω της μετάβασης από ένα γραμμικό οικονομικό μοντέλο σε μια κυκλική οικονομία, υπάρχει ανάγκη αναμόρφωσης του τομέα διαχείρισης απορριμμάτων. Η έλλειψη ακριβών και αξιόπιστων δεδομένων σχετικά με τα απόβλητα αποτελεί έναν από τους κύριους παράγοντες που εμποδίζουν την ταχεία ανάπτυξη προς τη βιώσιμη διαχείριση των αποβλήτων. Adeleke, etal. (2021) Η γνωστοποίηση των περιβαλλοντικών λογιστικών πληροφοριών βρίσκεται ακόμη σε αρχικό στάδιο. Η κακή καθοδήγηση στους κανονισμούς και οι αδύναμοι ορισμοί οδηγούν τις εταιρείες να γνωστοποιούν τις περιβαλλοντικές τους εκθέσεις με βάση στρατηγικής ενώ οι περιβαλλοντικές δαπάνες και οι γνωστοποιήσεις αποτελούν ευθύνη των εταιρειών. Senn, etal. (2020)

Οι περιβαλλοντικές εκθέσεις πολλές φορές αποκρύπτουν πληροφορίες σχετικά με τις μετρήσεις και τη μεθοδολογία και έτσι γίνονται εύκολα καθοδηγούμενες. Με αυτόν τον τρόπο οι αξιολογήσεις και οι συγκρίσεις γίνονται δύσκολες (Talbot, Boiral, 2018). Ο Godschalk (2008) υποστηρίζει ότι η περιβαλλοντική χρηματοοικονομική λογιστική μπορεί να βοηθήσει στον περιβαλλοντικό προσδιορισμό εσόδων, εξόδων, περιουσιακών στοιχείων και υποχρεώσεων. Αυτό μπορεί να βελτιώσει τη συμμόρφωση με τους περιβαλλοντικούς νόμους, τα Διεθνή Πρότυπα Χρηματοοικονομικής Αναφοράς (IFRS) και τις Γενικά Αποδεκτές Λογιστικές Αρχές (GAAP). Μέσα από την ανακύκλωση και την εξοικονόμηση των απορριμμάτων οι εταιρείες μπορούν να έχουν μικρότερο κόστος αγορών. Μπορούν να προβούν σε πωλήσεις με χαμηλότερες τιμές καθώς και να πουλήσουν απορρίμματα τους ακόμα και σε υψηλότερες τιμές. Suni et al. (2021) Ωστόσο, η ανακύκλωση συναντά πολλά εμπόδια, καθώς η διαχείριση, η συλλογή και η εκτίμηση της τελικής ποιότητας του προϊόντος είναι περίπλοκες διαδικασίες. Πρέπει να καταβληθούν ερευνητικές προσπάθειες για την προεπεξεργασία του ανακυκλωμένου υλικού, συμπεριλαμβανομένων αποτελεσματικών μοντέλων συλλογής αποβλήτων, τεχνολογίας και μεθοδολογιών για την ανάπτυξη δεικτών ποιότητας των αποβλήτων.

Στη συνέχεια, με βάση αυτούς τους δείκτες, θα πρέπει να καθιερωθούν στρατηγικές τοπικής διαδικασίας καθαρισμού και διαλογής που θα μπορέσουν να αποτελέσουν πιθανές ευκαιρίες για προώθηση. Έτσι, ένας συστηματικός ορισμός της διαδικασίας που πρέπει να εκτελεστεί για τον καθαρισμό, τη διαλογή και τη μείωση του μεγέθους, συμπεριλαμβανομένων των δεικτών ποιότητας για καθένα από αυτά είναι μια σημαντική ερευνητική διαδρομή. Επιπλέον, είναι σημαντικό να εντοπιστούν τομείς που παράγουν ομοιογενείς ροές αποβλήτων και που είναι εφικτό να συλλεχθούν. Sanchez et al. (2020) Παρόλο που έχει αποδειχθεί μια μεγάλη ποικιλία τεχνικών στρατηγικών για την ανακύκλωση πλαστικών τόσο με μηχανικά όσο και με χημικά μέσα, η εμπορική επιτυχία αυτών των διαφορετικών στρατηγικών περιορίζεται γενικά είτε από την απόδοση, συμπεριλαμβανομένης της μεγάλης απόκλισης στις βασικές μετρήσεις, είτε από την οικονομία όπου τα προϊόντα μπορούν να ταιριάξουν με απόδοση παρθένων υλικών, αλλά η διαδικασία ανακύκλωσης είναι δαπανηρή. Η επιτυχής δέσμευση πλαστικών απορριμμάτων μετά την κατανάλωση μέσω της

ανακύκλωσης πιθανότατα θα εξαρτηθεί από οικονομικά κίνητρα και κυβερνητικούς κανονισμούς (Vogt, Stokes, Kumar, 2021). Θα πρέπει να προστεθεί ότι το 69% των καταναλωτών ανησυχεί για την επίδραση του πλαστικού στο φυσικό περιβάλλον, γεγονός που δείχνει μια γενική επίγνωση της πλαστικής ρύπανσης. Όταν αγοράζουν προϊόντα, οι καταναλωτές επηρεάζονται από συνήθειες, πεποιθήσεις, γνώσεις και κοινωνικούς κανόνες, οι οποίοι επηρεάζουν τη ζήτηση των καταναλωτών για πλαστικά προϊόντα. Johansen et al. (2022) Είναι σημαντικό οι εταιρείες να εξετάζουν τις τάσεις των καταναλωτών, καθώς και να λαμβάνουν υπόψη και τις ευκαιρίες.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως κάτι που μειώνει δραστικά το κόστος της αγοράς ενός μηχανολογικού εξοπλισμού ανακύκλωσης είναι και οι επιχορηγήσεις. Όταν η κυβέρνηση παρέχει επιδοτήσεις στην κατεύθυνση του οικολογικού σχεδιασμού προϊόντων οδηγεί στην αυξημένη εφαρμογή του οικολογικού σχεδιασμού από τους κατασκευαστές (Yu, Chang, Liu, 2021). Καθώς ο οικολογικός σχεδιασμός μπορεί να μειώσει την κατανάλωση πόρων και την περιβαλλοντική επίπτωση των προϊόντων συνεπάγεται στη μείωση του κόστους των περιβαλλοντικών μηχανημάτων που χρησιμοποιούνται για την ανακύκλωση (Yu, Chang, Liu, 2021). Δεύτερον όσο αφορά τις επιδοτήσεις και το ποσοστό ανακύκλωσης, εάν οι επιδοτήσεις στρέφονται προς την αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης, τότε οι ανακυκλωτές θα έχουν κίνητρα να επενδύσουν σε περιβαλλοντικά μηχανήματα και εξοπλισμό (Yu, Chang, Liu, 2021). Αυτό μπορεί να μειώσει το κόστος της ανακύκλωσης και να καταστήσει την ανακύκλωση πιο βιώσιμη από οικονομική άποψη (Yu, Chang, Liu, 2021). Είναι σημαντικό να σημειώσουμε ότι η κοινωνική ευημερία είναι ένας σημαντικός παράγοντας στον προσδιορισμό των επιδοτήσεων. Αυξημένες επιδοτήσεις που οδηγούν σε αυξημένα ποσοστά ανακύκλωσης μπορεί να βοηθήσουν στη βελτίωση της κοινωνικής ευημερίας (Yu, Chang, Liu, 2021).

Επιπλέον, η Λογιστική της Περιβαλλοντικής Διαχείρισης ενσωματώνει τόσο περιβαλλοντικές όσο και οικονομικές πληροφορίες με αξιολόγηση της χρήσης πόρων και των δαπανών που σχετίζονται με τον οικονομικό αντίκτυπο μιας εταιρείας στο περιβάλλον. Για να διασφαλιστεί περαιτέρω η βιωσιμότητα μιας εταιρείας, η λογιστική περιβαλλοντικής διαχείρισης περιλαμβάνει επίσης τη δημιουργία, την αξιολόγηση και την εφαρμογή των οικονομικών και μη οικονομικών δεδομένων με σκοπό τη μέγιστη βελτίωση της εταιρικής περιβαλλοντικής και οικονομικής απόδοσης. Bennett et al. (2003) Επιπρόσθετα, δεν είναι σίγουρο ότι η πίεση από τα ενδιαφερόμενα μέρη και το μέγεθος της επιχείρησης είναι οι κινητήριες δυνάμεις πίσω από την υιοθέτηση και τη χρήση περιβαλλοντικών λογιστικών προτύπων. Αντίθετα, υπάρχει μια σύνδεση μεταξύ της ευαισθητοποίησης των ανώτερων στελεχών και της εφαρμογής τεχνικών περιβαλλοντικής λογιστικής. Bennett et al. (2003) Εδώ θα πρέπει να προστεθεί πως η περιβαλλοντική λογιστική έχει σχέση τόσο με τις περιβαλλοντικές επιδόσεις, όσο και με τη διαχείριση του περιβαλλοντικού κινδύνου (Schaltegger, Burritt, 2017). Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν ότι υπάρχει επαρκής ευκαιρία για τις ελληνικές επιχειρήσεις να υιοθετήσουν και να εφαρμόσουν την πράσινη λογιστική, ιδιαίτερα όσον αφορά θέματα όπως η καθορισμός περιβαλλοντικών εξόδων, η ενσωμάτωση της διαχείρισης περιβαλλοντικών κινδύνων στο εταιρικό ήθος, η υλοποίηση τακτικών και πρωτοβουλιών πράσινης λογιστικής για την αντιμετώπιση περιβαλλοντικών κινδύνων, και η πρόβλεψη οικονομικών εξόδων για τη μείωση των περιβαλλοντικών κινδύνων. (Schaltegger, Burritt, 2017).

Επιπρόσθετα, οι έρευνες δείχνουν ότι η παραγωγή πλαστικού έχει αυξηθεί δραματικά, με ετήσιο ρυθμό αύξησης περίπου 10% τα τελευταία χρόνια. Αυτό προκύπτει από το γεγονός της χρήσης τους ως υλικού για τη βιομηχανία και τα πλαστικά πρέπει να ανακυκλώνονται σε μεγάλες ποσότητες άμεσα, τόσο για οικονομικούς όσο και για περιβαλλοντικούς λόγους. Ο διαχωρισμός των πλαστικών σε διάφορες κατηγορίες είναι απαραίτητος για την ανακύκλωση. Έχουν αναπτυχθεί πολλές προσεγγίσεις για τον διαχωρισμό, συμπεριλαμβανομένων των διαχωριστικών τεχνικών που βασίζονται στην πυκνότητα, στην υπερύθρου ανάλυση, στον επίπλευση αφρού, στο διαχωρισμό με υδροκυκλώνες και στον ηλεκτροστατικό διαχωρισμό. (Μπίκα, Σαββούλα Απόστολου, 2018).

Σύμφωνα με μελέτες, είναι γνωστό ότι οι επιχειρήσεις μπορούν να συνεισφέρουν σημαντικά στην επίλυση περιβαλλοντικών προκλήσεων με την υιοθέτηση καλύτερων επιχειρηματικών πρακτικών. Οι επιχειρήσεις είναι πλέον υψηλά κινητοποιημένες να δημιουργήσουν και να υλοποιήσουν καινοτόμα επιχειρηματικά σχέδια με σκοπό την αντιμετώπιση περιβαλλοντικών ζητημάτων. Ένα αυξανόμενο αριθμό επιχειρήσεων έχει καταβάλει προσπάθειες για την αξιολόγηση, τον παρακολούθηση και την αναφορά των περιβαλλοντικών τους επιδόσεων. (Κιουμουρτζίδου, 2009)

Η επιδείνωση των περιβαλλοντικών ανησυχιών έχει καταστήσει την αποτελεσματική διαχείριση στερεών αποβλήτων οικονομικά και περιβαλλοντικά ζωτική. Κατά την εφαρμογή της διαχείρισης στερεών αποβλήτων, η αξιολόγηση των οικονομικών παραγόντων είναι κρίσιμη. Έρευνες δείχνουν ότι η ελαχιστοποίηση των απορριμμάτων είναι οικονομικά εφικτή και βελτιώνει σημαντικά τη διαχείριση του περιβάλλοντος, ιδίως όσον αφορά την παραγωγή αποβλήτων από κτίρια. Οι συνολικές δαπάνες που προκύπτουν κατά τη διαδικασία ανάπτυξης ενός κτισμένου περιουσιακού στοιχείου, όπως ένα κτίριο, περιλαμβάνουν το κόστος κατασκευής. Ένα από τα πιο σημαντικά κριτήρια επιτυχίας για ένα έργο σε οποιοδήποτε σημείο της ύπαρξής του είναι το κόστος κατασκευής, το οποίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τους επαγγελματίες του κλάδου της κατασκευής. Το γεγονός ότι αναδύεται μια νέα κατεύθυνση στον τομέα της επαγγελματικής διαχείρισης του κόστους μπορεί να επηρεάσει μελλοντικά τη τιμολόγηση των κατασκευών. (Sunil et al., 2021).

Επιπρόσθετα, η κλιματική αλλαγή, μαζί με άλλες σοβαρές περιβαλλοντικές προκλήσεις όπως η εξάντληση των φυσικών πόρων και η οξείδωση του εδάφους, απειλεί το οικοσύστημα και, συνεπώς, την ανθρώπινη θέση μέσα σε αυτό. Συνεπώς, δεν είναι έκπληξη το γεγονός ότι η ζήτηση για υιοθέτηση περιβαλλοντικά φιλικών πολιτικών και πρακτικών αυξάνεται γρήγορα μεταξύ των οικονομικών κλάδων. Ως αποτέλεσμα, υπάρχει ανάγκη για εργαλεία που να αξιολογούν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα ενός προϊόντος σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής του, από τον σχεδιασμό έως την απόρριψή του. (Παπουτσάκης, 2022).

Κεφάλαιο 3ο: Στάδια Κοστολόγησης – Δείκτες Περιβαλλοντικής Λογιστικής και Κοστολόγηση εξοπλισμού

3.1 Βιομηχανία ανακύκλωσης μπουκαλιών PET

Η διαδικασία ανακύκλωσης των φιαλών PET (τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο) (Εικόνα 1) είναι μια λεπτομερής και σε πολλά στάδια διαδικασία που έχει σχεδιαστεί για τη μετατροπή των χρησιμοποιημένων πλαστικών φιαλών σε επαναχρησιμοποιήσιμο υλικό. Κάθε βήμα αυτής της διαδικασίας είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση της αποτελεσματικής και ασφαλούς επαναχρησιμοποίησης των υλικών PET. Ακολουθεί μια λεπτομερής ανάλυση:

1. **Συλλογή και μεταφορά:** Το πρώτο βήμα περιλαμβάνει τη συλλογή φιαλών PET από διάφορες πηγές, όπως σπίτια, επιχειρήσεις και κέντρα ανακύκλωσης. Το βήμα αυτό είναι ζωτικής σημασίας, καθώς διασφαλίζει ότι τα υλικά αυτά εκτρέπονται από τους χώρους υγειονομικής ταφής και τους αποτεφρωτήρες, μειώνοντας τη ρύπανση του περιβάλλοντος και τη σπατάλη πόρων.
2. **Διαλογή και διαχωρισμός:** Σε μια εγκατάσταση ανακύκλωσης, τα μπουκάλια που συλλέγονται ταξινομούνται με βάση το χρώμα, τον τύπο και μερικές φορές με βάση το επίπεδο μόλυνσης. Η διαλογή είναι σημαντική επειδή οι διαφορετικοί τύποι πλαστικών λιώνουν σε διαφορετικές θερμοκρασίες και έχουν διαφορετικές ιδιότητες. Η ανάμειξη διαφορετικών τύπων μπορεί να επιμολύνει το ανακυκλωμένο υλικό.
3. **Καθαρισμός:** Τα διαλεγμένα μπουκάλια καθαρίζονται στη συνέχεια για την απομάκρυνση τυχόν μολυσματικών παραγόντων, όπως υπολείμματα τροφίμων, ετικέτες και κόλλες. Αυτό το βήμα είναι απαραίτητο για τη διασφάλιση της καθαρότητας του ανακυκλωμένου υλικού, καθώς η μόλυνση μπορεί να υποβαθμίσει την ποιότητα του ανακυκλωμένου πλαστικού.
4. **Τεμαχισμός και πλύσιμο:** Μετά τον καθαρισμό, τα μπουκάλια τεμαχίζονται σε μικρά κομμάτια. Αυτό αυξάνει την επιφάνεια, καθιστώντας ευκολότερη την απομάκρυνση τυχόν εναπομείναντων ρύπων. Στη συνέχεια, τα τεμαχίδια πλένονται σχολαστικά. Αυτό το βήμα είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση της καθαριότητας και της ποιότητας του ανακυκλωμένου υλικού.
5. **Ξήρανση:** Τα καθαρά τεμαχίδια ξηραίνονται στη συνέχεια για να απομακρυνθεί η τυχόν εναπομείνασα υγρασία. Η υγρασία μπορεί να επηρεάσει τη διαδικασία τήξης και να οδηγήσει σε κακής ποιότητας ανακυκλωμένο υλικό.
6. **Λιώσιμο και πελλετοποίηση:** Τα αποξηραμένα τεμαχίδια λιώνουν και στη συνέχεια διαμορφώνονται σε μικρά σφαιρίδια. Αυτό είναι ένα κρίσιμο βήμα, καθώς μετατρέπει το ανακυκλωμένο PET σε μορφή που μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή νέων προϊόντων. Τα σφαιρίδια είναι επίσης ευκολότερα στη μεταφορά και την αποθήκευση.
7. **Έλεγχος ποιότητας:** Τα σφαιρίδια υποβάλλονται σε διάφορους ποιοτικούς ελέγχους για να διασφαλιστεί ότι πληρούν τα απαιτούμενα πρότυπα. Το βήμα αυτό είναι σημαντικό για τη διατήρηση της ποιότητας και της συνοχής του ανακυκλωμένου υλικού, η οποία είναι απαραίτητη για την επαναχρησιμοποίησή του στην κατασκευή.
8. **Κατασκευή νέων προϊόντων:** Τέλος, αυτά τα σφαιρίδια πωλούνται σε κατασκευαστές που τα χρησιμοποιούν για τη δημιουργία νέων προϊόντων PET. Αυτό θα μπορούσε να περιλαμβάνει νέα μπουκάλια, υλικά συσκευασίας ή ακόμη και ίνες

πολυεστέρα για ρούχα. Αυτό το βήμα κλείνει τον κύκλο ανακύκλωσης, μετατρέποντας τα απόβλητα σε πολύτιμο πόρο.

Κάθε βήμα στη διαδικασία ανακύκλωσης φιαλών PET έχει σχεδιαστεί για να μεγιστοποιεί την ποιότητα και τη χρησιμότητα του ανακυκλωμένου υλικού, ελαχιστοποιώντας παράλληλα τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η διαδικασία όχι μόνο εξοικονομεί φυσικούς πόρους, αλλά μειώνει επίσης τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και την κατανάλωση ενέργειας σε σύγκριση με την παραγωγή νέου PET από πρώτες ύλες (Papadaki_Elisavet_Dip_2020, n.d.).

Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, μια τέτοια βιομηχανία έχει σοβαρό αντίκτυπο στις παγκόσμιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Μερικές εξ αυτών, είναι οι παρακάτω:

- **Μείωση των αποβλήτων:** Η ανακύκλωση φιαλών PET μειώνει σημαντικά τον όγκο των αποβλήτων που αποστέλλονται σε χώρους υγειονομικής ταφής και αποτεφρωτήρες.
- **Εξοικονόμηση ενέργειας:** Απαιτείται λιγότερη ενέργεια για την ανακύκλωση φιαλών PET σε σύγκριση με την παραγωγή νέου υλικού PET από το μηδέν.
- **Μείωση του αποτυπώματος άνθρακα:** Με την ανακύκλωση, η βιομηχανία συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που συνδέονται με την παραγωγή νέου πλαστικού.

Ακολουθώς, υπάρχουν και οικονομικές πτυχές, όπως:

- **Δημιουργία θέσεων εργασίας:** Η βιομηχανία ανακύκλωσης δημιουργεί ευκαιρίες απασχόλησης στη συλλογή, τη διαλογή, την επεξεργασία και την κατασκευή.
- **Αποδοτικότητα κόστους:** Η αποτελεσματική ανακύκλωση μπορεί να είναι οικονομικά επωφελής, καθώς παρέχει φθηνότερες πρώτες ύλες σε σύγκριση με την παραγωγή νέου PET.

Τέλος, όπως είναι φυσιολογικό παρουσιάζονται και διάφορες προκλήσεις:

- **Μόλυνση:** που μπορεί να υποβαθμίσει την ποιότητα του ανακυκλωμένου προϊόντος.
- **Διακυμάνσεις της αγοράς:** Ο κλάδος υπόκειται επίσης σε διακυμάνσεις της αγοράς, οι οποίες επηρεάζουν τη ζήτηση και την τιμή των ανακυκλωμένων υλικών.

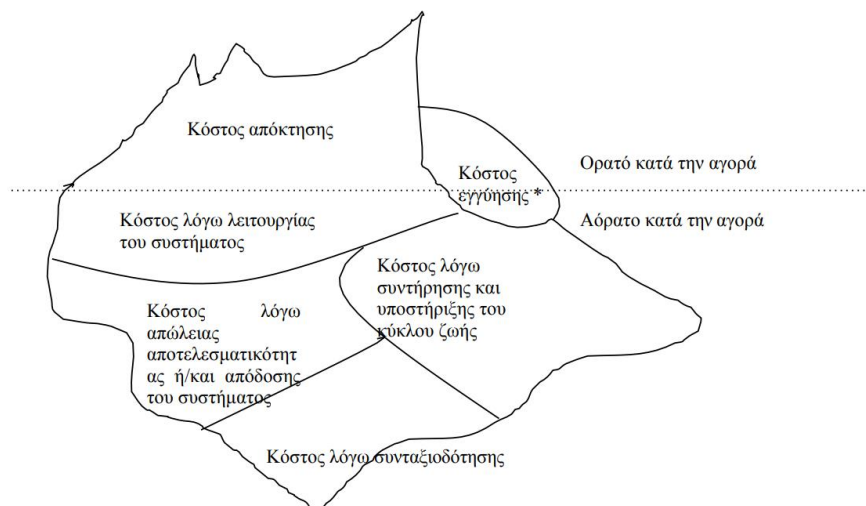
Η βιομηχανία ανακύκλωσης φιαλών PET, επομένως, διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στην προώθηση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας και έχει σημαντικό αντίκτυπο τόσο στην οικολογική διατήρηση όσο και στην οικονομική δραστηριότητα.



Εικόνα 1 Βήματα διεργασίας ανακύκλωσης φιάλων PET

3.2 Συνολικό κόστος ιδιοκτησίας

Η **Εικόνα 2** παρουσιάζει μια ολοκληρωμένη επισκόπηση του κόστους που συνδέεται με την απόκτηση και την ιδιοκτησία ενός συστήματος ή προϊόντος, αντιπαραβάλλοντας το ορατό κόστος κατά τη στιγμή της αγοράς με το λιγότερο εμφανές, αλλά εξίσου σημαντικό, κόστος που προκύπτει κατά τη διάρκεια της λειτουργικής ζωής του συστήματος. Εξισορροπεί επίσης το κόστος αυτό με τα άμεσα οφέλη που μπορούν να ποσοτικοποιηθούν στο σημείο πώλησης, ενώ προειδοποιεί για τα παραπλανητικά κίνητρα που μπορεί να οδηγήσουν σε εσφαλμένο υπολογισμό της συνολικής απαιτούμενης επένδυσης (Ellram, 1995).



Εικόνα 2 Κόστη κατά τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος

Η **Εικόνα 2** περιγράφει τις διάφορες πτυχές του κόστους και τις εκτιμήσεις που εμπλέκονται στον κύκλο ζωής ενός συστήματος ή μιας αγοράς προϊόντος. Στο προσκήνιο βρίσκονται τα έξοδα απόκτησης, τα οποία είναι τα πιο εμφανή κατά τη διάρκεια της αγοράς. Αυτά τα έξοδα είναι τα πρώτα που αντιμετωπίζει ένας αγοραστής και περιλαμβάνουν την αρχική τιμή αγοράς και τυχόν πρόσθετες χρεώσεις που είναι απαραίτητες για την απόκτηση του προϊόντος ή του συστήματος. Αυτά είναι τα πιο ορατά έξοδα και συχνά αποτελούν την πρωταρχική εστίαση κατά τη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

Ωστόσο, πέρα από το απλό κόστος απόκτησης, υπάρχουν **λειτουργικά έξοδα** που μπαίνουν στο παιχνίδι όταν το σύστημα είναι σε χρήση. Πρόκειται για τα έξοδα που προκύπτουν από την καθημερινή λειτουργία του συστήματος, συμπεριλαμβανομένης της κατανάλωσης ενέργειας, της συνήθους συντήρησης και της απαραίτητης εκπαίδευσης των ατόμων για την αποτελεσματική χρήση του συστήματος. Ενώ ορισμένα από αυτά τα έξοδα μπορούν να προβλεφθούν, άλλα μπορεί να γίνουν εμφανή μόνο όταν το σύστημα τεθεί σε χρήση (Ellram, 1993).

Εκτός από τα ορατά λειτουργικά έξοδα, **η προσπάθεια και οι πόροι** που επενδύονται για την επίτευξη της επιθυμητής αποτελεσματικότητας και απόδοσης αντιπροσωπεύουν ένα σημαντικό μέρος των εξόδων του κύκλου ζωής του συστήματος. Οι δαπάνες αυτές είναι συχνά λιγότερο ορατές κατά την αγορά, αλλά είναι ζωτικής σημασίας για να εκπληρώσει το σύστημα τον επιδιωκόμενο σκοπό του. Περιλαμβάνουν διαδικασίες βελτιστοποίησης, αναβαθμίσεις και ενδεχομένως την ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών για τη διατήρηση της συνάφειας και της αποτελεσματικότητας με την πάροδο του χρόνου.

Το **κόστος της συναλλαγματικής ισοτιμίας**, αν και δεν σχετίζεται άμεσα με τη λειτουργικότητα του συστήματος, μπορεί επίσης να επηρεάσει το συνολικό κόστος ιδιοκτησίας. Το κόστος αυτό μπορεί να αυξομειώνεται με βάση τις ισοτιμίες της αγοράς κατά τη στιγμή της αγοράς και κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του συστήματος, ιδίως για συστήματα που περιλαμβάνουν διεθνείς συναλλαγές ή προέρχονται από ξένες αγορές.

Εξίσου σημαντική είναι η εξέταση του **κόστους συντήρησης και υποστήριξης**, το οποίο διασφαλίζει ότι το σύστημα παραμένει λειτουργικό καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του. Το κόστος αυτό δεν είναι πάντα σαφές στην αρχή, αλλά είναι αναπόσπαστο στοιχείο για τη

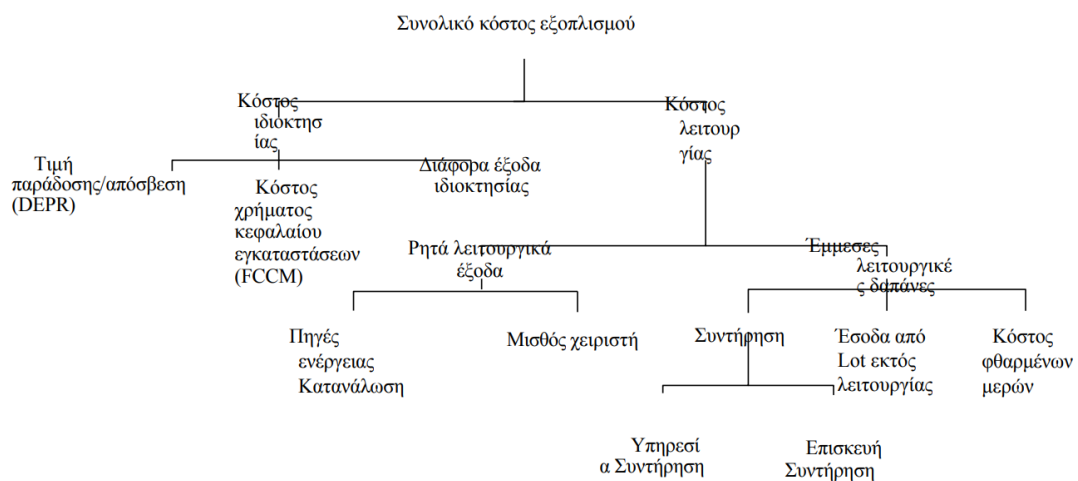
μακροπρόθεσμη λειτουργικότητα. Περιλαμβάνουν την τακτική συντήρηση, τις επισκευές και την υποστήριξη πελατών, που διασφαλίζουν την αποφυγή απροσδόκητων βλαβών και συμβάλλουν στη διατήρηση της αξίας του συστήματος.

Το **κόστος των δυνατοτήτων** παίζει επίσης σημαντικό ρόλο, αν και μπορεί να μην είναι άμεσα εμφανές στο σημείο πώλησης. Το κόστος αυτό σχετίζεται με τη δυνατότητα του συστήματος να επεκτείνει ή να βελτιώσει τα χαρακτηριστικά του για να προσαρμοστεί σε μελλοντικές ανάγκες ή τεχνολογικές εξελίξεις. Η επένδυση σε ένα σύστημα με επεκτάσιμες δυνατότητες μπορεί να οδηγήσει σε μακροπρόθεσμη εξοικονόμηση πόρων, ακόμη και αν συνεπάγεται υψηλότερο αρχικό κόστος.

Το **κόστος εγκατάστασης** είναι πιο άμεσο και συνήθως υπολογίζεται κατά τη στιγμή της αγοράς, καλύπτοντας την εγκατάσταση και την υλοποίηση του συστήματος. Οι δαπάνες αυτές είναι απαραίτητες για να διασφαλιστεί ότι το σύστημα είναι λειτουργικό και σωστά διαμορφωμένο σύμφωνα με τις απαιτήσεις του χρήστη.

Ανάμεσα σε αυτές τις οικονομικές εκτιμήσεις υπάρχουν και τα **αντιληπτά οφέλη** κατά την αγορά, τα οποία μπορούν να λειτουργήσουν ως αντιστάθμισμα του κόστους. Οφέλη όπως οι εγγυήσεις, οι υπηρεσίες μετά την πώληση ή τα πρόσθετα χαρακτηριστικά μπορούν να παρέχουν άμεση αξία και συχνά χρησιμοποιούνται για να δώσουν κίνητρα στον αγοραστή. Αυτά τα οφέλη είναι απτά και συμβάλλουν στην ελκυστικότητα της αγοράς, προσφέροντας διαβεβαίωση και προστιθέμενη αξία.

Η **Εικόνα 3** ζαντικοποτρίζει ένα οικονομικό πλαίσιο για μια επιχείρηση αναλύοντας το συνολικό κόστος ιδιοκτησίας του εξοπλισμού σε κατηγορίες που περιλαμβάνουν την απόκτηση, τη λειτουργία και τη συντήρηση (Elram, 2002).



Εικόνα 3 Επιχειρηματικό οικονομικό πλαίσιο

3.3 Μοντέλο προκαταρκτικής κοστολόγησης μηχανικής διαδικασίας (H'midaetal., 2006)

Αυτή η διπλωματική εργασία προσανατολίζεται στο να χρησιμοποιήσει το **μοντέλο προκαταρκτικής κοστολόγησης μηχανικής διαδικασίας (PMPC)** είναι μια ολοκληρωμένη προσέγγιση που χρησιμοποιείται για την ανάλυση του συνολικού κόστους που σχετίζεται με τον βαρύ βιομηχανικό εξοπλισμό. Το μοντέλο αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε βιομηχανίες όπου το κόστος του εξοπλισμού επηρεάζει σημαντικά τις συνολικές δαπάνες και την αποδοτικότητα. Το πλαίσιο PMPC έχει σχεδιαστεί για να παρέχει μια ολιστική άποψη τόσο του άμεσου όσο και του έμμεσου κόστους που προκύπτει καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του βαρέως εξοπλισμού(Christensenetal., 2005).

Το μοντέλο PMPC διαχωρίζει το κόστος σε δύο κύριες κατηγορίες:

- το κόστος ιδιοκτησίας και
- το κόστος λειτουργίας.

Το **κόστος ιδιοκτησίας** περιλαμβάνει τις αρχικές δαπάνες απόκτησης, την απόσβεση και το κόστος κεφαλαίου των εγκαταστάσεων (FCCM). Πρόκειται για το κόστος που προκύπτει από τη στιγμή της αγοράς του εξοπλισμού μέχρι τη λειτουργία του. Λαμβάνει επίσης υπόψη τα διάφορα έξοδα ιδιοκτησίας, τα οποία μπορεί να περιλαμβάνουν φόρους, ασφάλιση και αποθήκευση.

Το **κόστος λειτουργίας ή λειτουργικό κόστος**, από την άλλη πλευρά, επικεντρώνεται στα έξοδα που προκύπτουν κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του εξοπλισμού. Αυτό περιλαμβάνει την κατανάλωση ενέργειας (όπως καύσιμα ή ηλεκτρική ενέργεια), τους μισθούς του χειριστή και τα έξοδα συντήρησης. Το κόστος συντήρησης διακρίνεται περαιτέρω σε συντήρηση σέρβις, η οποία περιλαμβάνει τη συνήθη συντήρηση, και συντήρηση επισκευής, η οποία αφορά επισκευές μετά από βλάβες ή δυσλειτουργίες. Τα λειτουργικά έξοδα είναι κρίσιμα, καθώς επηρεάζουν άμεσα την αποδοτικότητα και την παραγωγικότητα του εξοπλισμού(Mitchell, 2015).

Το μοντέλο PMPC δεν είναι απλώς ένα εργαλείο εκτίμησης του κόστους, αλλά χρησιμεύει και ως στρατηγικό πλεονέκτημα στη λήψη αποφάσεων. Βοηθά στον προσδιορισμό της σκοπιμότητας της αγοράς εξοπλισμού, στην πρόβλεψη των μακροπρόθεσμων οικονομικών επιπτώσεων και στον εντοπισμό πιθανών τομέων για μείωση του κόστους. Επιπλέον, το μοντέλο PMPC μπορεί να προσαρμοστεί σε διαφορετικούς τύπους εξοπλισμού και σενάρια χρήσης, καθιστώντας το ένα ευέλικτο εργαλείο για διάφορες βιομηχανίες.

3.4 Περιβαλλοντική λογιστική

Η περιβαλλοντική λογιστική, μια σημαντική εξέλιξη στον τομέα της λογιστικής, συνδυάζει την περιβαλλοντική συνείδηση με τη χρηματοοικονομική διαχείριση. Περιλαμβάνει την αναγνώριση, την τεκμηρίωση και την αναφορά του περιβαλλοντικού κόστους και των περιβαλλοντικών οφελών των δραστηριοτήτων μιας εταιρείας, παρέχοντας έτσι μια πιο διαφοροποιημένη κατανόηση των οικονομικών επιδόσεών της. Η πρακτική αυτή περιλαμβάνει τόσο τις άμεσες όσο και τις έμμεσες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, περιλαμβάνοντας τα πάντα, από τη χρήση πόρων και την κατανάλωση ενέργειας έως την

παραγωγή αποβλήτων και τις εκπομπές, (Schaltegger&Burritt, 2017). Ο πρωταρχικός στόχος της περιβαλλοντικής λογιστικής είναι να δώσει στις επιχειρήσεις μια σαφέστερη εικόνα του πραγματικού κόστους και των ωφελειών των δραστηριοτήτων τους, συμπεριλαμβανομένων των περιβαλλοντικών πτυχών που παραδοσιακά θεωρούνται εξωτερικές της τυπικής χρηματοοικονομικής λογιστικής.

Μία από τις βασικές πτυχές της περιβαλλοντικής λογιστικής είναι η μέτρηση και η γνωστοποίηση των περιβαλλοντικών υποχρεώσεων. Αυτές οι υποχρεώσεις μπορεί να περιλαμβάνουν δαπάνες που σχετίζονται με τον καθαρισμό μολυσμένων χώρων, πρόστιμα για μη συμμόρφωση με περιβαλλοντικούς κανονισμούς ή δαπάνες για την εγκατάσταση εξοπλισμού ελέγχου της ρύπανσης. Επιπλέον, η περιβαλλοντική λογιστική διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στη λήψη αποφάσεων. Βοηθά τις επιχειρήσεις να αξιολογήσουν τις οικονομικές επιπτώσεις διαφόρων περιβαλλοντικών στρατηγικών, όπως η επένδυση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η υιοθέτηση καθαρότερων μεθόδων παραγωγής ή η βελτίωση των πρακτικών διαχείρισης αποβλήτων, (Schaltegger&Burritt, 2017).

Μια άλλη κρίσιμη συνιστώσα της περιβαλλοντικής λογιστικής είναι η συμβολή της στην επικοινωνία με τα ενδιαφερόμενα μέρη. Με την υποβολή εκθέσεων σχετικά με τις περιβαλλοντικές τους επιδόσεις, οι εταιρείες μπορούν να αποδείξουν τη δέσμευσή τους για βιωσιμότητα, ενισχύοντας τη φήμη τους και κερδίζοντας την εμπιστοσύνη των πελατών, των επενδυτών και του κοινού. Αυτή η διαφάνεια εκτιμάται όλο και περισσότερο σε μια παγκόσμια οικονομία όπου οι καταναλωτές και οι επενδυτές έχουν μεγαλύτερη περιβαλλοντική συνείδηση, (Schaltegger&Burritt, 2017).

Επιπλέον, η περιβαλλοντική λογιστική διευκολύνει τη συμμόρφωση με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς και τα πρότυπα αναφοράς. Καθώς οι κυβερνήσεις και οι διεθνείς οργανισμοί επιβάλλουν αυστηρότερους περιβαλλοντικούς κανονισμούς και απαιτήσεις υποβολής εκθέσεων, η περιβαλλοντική λογιστική παρέχει στις επιχειρήσεις τα εργαλεία και τις μεθοδολογίες για να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις αυτές, (Schaltegger&Burritt, 2017).

Η γεφύρωση της περιβαλλοντικής λογιστικής με την ανάλυση κόστους του μηχανολογικού εξοπλισμού δημιουργεί ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο για τις επιχειρήσεις. Επιτρέπει την ενσωμάτωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και του κόστους στην παραδοσιακή χρηματοοικονομική ανάλυση, παρέχοντας μια πιο ολιστική εικόνα των δραστηριοτήτων μιας εταιρείας, (Schaltegger&Burritt, 2017).

3.5 Περιβαλλοντική λογιστική παράλληλα με την κοστολόγηση του μηχανολογικού εξοπλισμού

Η ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής λογιστικής στην ανάλυση κόστους του μηχανολογικού εξοπλισμού αποτελεί σημαντική στροφή προς πιο βιώσιμες επιχειρηματικές πρακτικές. Η συμπερίληψη της περιβαλλοντικής λογιστικής στην ανάλυση του κόστους του μηχανολογικού εξοπλισμού δεν αποτελεί απλώς μια ηθική επιταγή αλλά και μια στρατηγική επιχειρηματική απόφαση. Προωθεί μια ολιστική θεώρηση του κόστους και των οφελών, καθοδηγώντας τις επιχειρήσεις προς βιώσιμες και κερδοφόρες λειτουργίες.

Με την ενσωμάτωση περιβαλλοντικών εκτιμήσεων στην ανάλυση κόστους, οι εταιρείες μπορούν να εντοπίσουν ευκαιρίες για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων,

βελτιστοποιώντας παράλληλα τις οικονομικές επιδόσεις. Επιπλέον, η ενσωμάτωση αυτή υποστηρίζει τους ευρύτερους στόχους της εταιρικής κοινωνικής ευθύνης και της βιωσιμότητας.

Στη βιομηχανία ανακύκλωσης φιαλών PET, η ενσωμάτωση της PMPC και της περιβαλλοντικής λογιστικής αποτελεί ζωτικής σημασίας βήμα για την ολοκληρωμένη ανάλυση κόστους και βιωσιμότητας. Η ενσωμάτωση αυτή επιτρέπει μια πολυδιάστατη θεώρηση του κόστους, λαμβάνοντας υπόψη τόσο οικονομικούς όσο και περιβαλλοντικούς παράγοντες.

- **Ανάλυση κόστους-οφέλους:** Αυτό περιλαμβάνει την αξιολόγηση των οικονομικών οφελών, όπως τα έσοδα από την πώληση ανακυκλωμένων υλικών, έναντι του κόστους PMPC και του περιβαλλοντικού κόστους. Βοηθά στον προσδιορισμό της κερδοφορίας και της βιωσιμότητας των επιχειρήσεων ανακύκλωσης (“Cost-Benefit Analysis,” 1994).
- **Επενδύσεις βιωσιμότητας:** Αυτή η πτυχή εξετάζει την απόδοση των επενδύσεων σε ενεργειακά αποδοτικά ή φιλικά προς το περιβάλλον μηχανήματα και πρακτικές. Είναι ζωτικής σημασίας για την αξιολόγηση των μακροπρόθεσμων οικονομικών και οικολογικών οφελών.
- **Κανονιστική συμμόρφωση:** Η τήρηση των περιβαλλοντικών κανονισμών μπορεί να συνεπάγεται σημαντικό κόστος. Η ενσωμάτωση αυτών των δαπανών στο μοντέλο PMPC διασφαλίζει ότι η βιομηχανία παραμένει συμβατή, ενώ παράλληλα διαχειρίζεται αποτελεσματικά τις οικονομικές επιπτώσεις της.
- **Λήψη στρατηγικών αποφάσεων:** Οι γνώσεις που προκύπτουν από την ενσωμάτωση της PMPC και της περιβαλλοντικής λογιστικής καθοδηγούν κρίσιμες αποφάσεις, όπως η βελτιστοποίηση των διαδικασιών για τη βελτίωση του κόστους και της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας και ο σχεδιασμός μελλοντικών επενδύσεων σε τεχνολογία.

3.6 Χρήση κατάλληλων δεικτών για την περιβαλλοντική λογιστική

Οι συνιστώμενοι δείκτες είναι χρήσιμοι επειδή παρέχουν έναν ολοκληρωμένο και ποσοτικοποιήσιμο τρόπο ενσωμάτωσης των περιβαλλοντικών εκτιμήσεων στην οικονομική ανάλυση του μηχανολογικού εξοπλισμού, βοηθώντας στη λήψη βιώσιμων αποφάσεων και ενισχύοντας την εταιρική ευθύνη (Chapter 8: Environmental Accounting and Indexes 8.1 Introduction, n.d.).

Η χρήση δεικτών για την ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής λογιστικής στη μέθοδο PMPC είναι απαραίτητη για διάφορους λόγους:

1. **Δομημένη ανάλυση:** Η δεικτοδότηση επιτρέπει μια συστηματική και δομημένη προσέγγιση για την ενσωμάτωση περιβαλλοντικών παραγόντων στην ανάλυση κόστους. Βοηθά στην οργάνωση και κατηγοριοποίηση των διαφόρων περιβαλλοντικών δαπανών και επιπτώσεων, καθιστώντας την ανάλυση πιο εύχρηστη και κατανοητή.
2. **Ποσοτικά μετρήσιμα μεγέθη:** Κάθε δείκτης παρέχει συγκεκριμένες, ποσοτικοποιήσιμες μετρήσεις. Αυτή η ποσοτικοποίηση είναι ζωτικής σημασίας για

την ακριβή αξιολόγηση και σύγκριση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων διαφορετικού εξοπλισμού ή λειτουργικών αποφάσεων. Επιτρέπει στις επιχειρήσεις να μετρήσουν τις περιβαλλοντικές τους επιδόσεις με συγκεκριμένους όρους.

3. **Διευκολύνει τη λήψη αποφάσεων:** Με την ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε διακριτούς δείκτες, οι επιχειρήσεις μπορούν ευκολότερα να εντοπίζουν τομείς για βελτίωση και να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις. Για παράδειγμα, το υψηλό κόστος στον δείκτη "Κόστος χρήσης πόρων" μπορεί να ωθήσει μια επιχείρηση να επενδύσει σε πιο αποδοτικό εξοπλισμό.
4. **Συμμόρφωση και διαφάνεια:** Ο δείκτης "Κόστος συμμόρφωσης και κανονιστικών ρυθμίσεων" είναι ιδιαίτερα χρήσιμος για τη διασφάλιση ότι η επιχείρηση πληροί όλους τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς, αποφεύγοντας έτσι τις νομικές κυρώσεις και ενισχύοντας την εταιρική φήμη.
5. **Μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα:** Δείκτες όπως "Κόστος επιπτώσεων κύκλου ζωής" και "Κόστος επενδύσεων βιωσιμότητας" ενθαρρύνουν τις επιχειρήσεις να εξετάζουν τις μακροπρόθεσμες περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις του εξοπλισμού τους. Αυτή η προνοητική προσέγγιση είναι το κλειδί για βιώσιμες επιχειρηματικές πρακτικές.
6. **Δέσμευση των ενδιαφερόμενων μερών:** Οι δείκτες αυτοί διευκολύνουν επίσης την επικοινωνία με τα ενδιαφερόμενα μέρη. Με την υποβολή εκθέσεων σχετικά με αυτές τις συγκεκριμένες μετρήσεις, οι εταιρείες μπορούν να αποδείξουν τη δέσμευσή τους για περιβαλλοντική διαχείριση, η οποία είναι ολοένα και πιο σημαντική για τους πελάτες, τους επενδυτές και τις ρυθμιστικές αρχές.

Το κλειδί είναι η συστηματική παρακολούθηση και ποσοτικοποίηση των σχετικών δαπανών, διασφαλίζοντας ότι όλοι οι υπολογισμοί βασίζονται σε ακριβή και επικαιροποιημένα δεδομένα (Chapter 8: Environmental Accounting and Indexes 8.1 Introduction, n.d.). Αυτό θα επιτρέψει την ολοκληρωμένη και ακριβή ενσωμάτωση του περιβαλλοντικού κόστους στη συνολική ανάλυση της PMPC. Οι βασικοί δείκτες που προτείνονται να υπολογιστούν πρέπει να περιλαμβάνουν:

- **Κόστος περιβαλλοντικών επιπτώσεων:** Ο δείκτης αυτός επικεντρώνεται στο κόστος που σχετίζεται με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του εξοπλισμού, όπως οι εκπομπές και η διάθεση των αποβλήτων.
- **Κόστος χρήσης πόρων:** Αυτός ο δείκτης καλύπτει το κόστος που σχετίζεται με την κατανάλωση πόρων όπως η ηλεκτρική ενέργεια, το νερό και άλλα υλικά.
- **Κόστος επιπτώσεων κύκλου ζωής:** Για τον υπολογισμό αυτού του δείκτη, λάβετε υπόψη το περιβαλλοντικό κόστος που προκύπτει καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του εξοπλισμού, από την παραγωγή έως την απόρριψη.
- **Κόστος συμμόρφωσης και κανονιστικών ρυθμίσεων:** Αυτός ο δείκτης είναι σχετικά πιο εύκολος στον υπολογισμό. Περιλαμβάνει την καταμέτρηση όλων των δαπανών που προκύπτουν από τη συμμόρφωση με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς.
- **Κόστος επενδύσεων βιωσιμότητας:** Αυτός ο δείκτης αφορά το κόστος των επενδύσεων που πραγματοποιούνται σε βιώσιμες τεχνολογίες ή πρακτικές.

Αυτοί οι δείκτες (Πίνακας 1) βοηθούν στην ποσοτικοποίηση των περιβαλλοντικών πτυχών στην ανάλυση κόστους, παρέχοντας μια πιο ολοκληρωμένη κατανόηση του πραγματικού κόστους ιδιοκτησίας και λειτουργίας του εξοπλισμού.

Πίνακας 1 Προτεινόμενοι δείκτες περιβαλλοντικής λογιστικής

Δείκτης	Επεξήγηση	Μετρητικά
Κόστος περιβαλλοντικών επιπτώσεων	Κόστος από τις εκπομπές στον αέρα, τη ρύπανση του νερού, τη μόλυνση του εδάφους κ.λπ.	Κόστος ανά τόνο εκπεμπόμενου CO ₂ , κόστος επεξεργασίας αποβλήτων ανά χιλιόγραμμο
Κόστος χρήσης πόρων	Κόστος που σχετίζεται με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, νερού και άλλων πρώτων υλών.	Κόστος ανά κιλοβατώρα ηλεκτρικής ενέργειας, κόστος ανά κυβικό μέτρο νερού που χρησιμοποιείται
Κόστος επιπτώσεων κύκλου ζωής	Περιβαλλοντικό κόστος σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής του εξοπλισμού, συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής, της λειτουργίας, της συντήρησης και της διάθεσης.	Συνολικό αποτύπωμα άνθρακα του κύκλου ζωής, κόστος διάθεσης στο τέλος του κύκλου ζωής
Κόστος συμμόρφωσης και κανονιστικών ρυθμίσεων	Δαπάνες που σχετίζονται με την τήρηση των περιβαλλοντικών νόμων και κανονισμών.	Κόστος περιβαλλοντικών ελέγχων, καταβληθέντα πρόστιμα, δαπάνες για συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης
Κόστος επένδυσης βιωσιμότητας	Κόστος των επενδύσεων σε φιλικές προς το περιβάλλον τεχνολογίες ή πρακτικές.	Απόδοση της επένδυσης (ROI) για τη βιώσιμη τεχνολογία, εξοικονόμηση κόστους από τον ενεργειακά αποδοτικό εξοπλισμό

3.7 Λήψη στρατηγικών αποφάσεων

Η λήψη στρατηγικών αποφάσεων που ενισχύεται από την ενσωμάτωση της PMPC και της περιβαλλοντικής λογιστικής είναι ζωτικής σημασίας για τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα και κερδοφορία. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει διάφορα στοιχεία:

- **Βελτιστοποίηση της διαδικασίας:** Η ενσωμάτωση επιτρέπει τη λεπτομερή ανάλυση του λειτουργικού κόστους και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, αναδεικνύοντας περιοχές για πιθανή βελτίωση.
- **Μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων:** Οι γνώσεις από την περιβαλλοντική λογιστική καθοδηγούν τις στρατηγικές για την ελαχιστοποίηση του αποτυπώματος άνθρακα και της κατανάλωσης πόρων.
- **Μακροπρόθεσμος σχεδιασμός:** Τα συνδυασμένα δεδομένα από την PMPC και την περιβαλλοντική λογιστική βοηθούν στην πρόβλεψη και τον προγραμματισμό μελλοντικών τεχνολογικών επενδύσεων.
- **Δέσμευση των ενδιαφερομένων μερών:** Αξιοποιώντας τα ολοκληρωμένα δεδομένα από αυτές τις αναλύσεις, ο κλάδος μπορεί να επικοινωνήσει αποτελεσματικά τη δέσμευσή του για βιώσιμες πρακτικές στα ενδιαφερόμενα μέρη, συμπεριλαμβανομένων των επενδυτών, των πελατών και των ρυθμιστικών φορέων.

Μέσω αυτών των στρατηγικών, η βιομηχανία ανακύκλωσης φιαλών PET μπορεί να επιτύχει ισορροπία μεταξύ οικονομικών στόχων και περιβαλλοντικής διαχείρισης, εξασφαλίζοντας βιώσιμη ανάπτυξη και λειτουργία (Schwenk, 1995).

Κεφάλαιο 4ο: Μεθοδολογία έρευνας

Ο σκοπός της έρευνας είναι μελετηθεί η κοστολόγηση μηχανολογικού εξοπλισμού σε μια μονάδα ανακύκλωσης μπουκαλιών PET και η ταυτόχρονη χρήση της περιβαλλοντικής λογιστικής για τον υπολογισμό δεικτών που θα αξιολογούν την περιβαλλοντική απόδοση της μονάδας. Θα εφαρμοστεί η μέθοδος προκαταρκτικής μηχανικής κοστολόγησης διεργασιών (PMPC) στη μονάδα ανακύκλωσης PET που θα παρέχει πολύτιμες πληροφορίες και θα χρησιμοποιηθούν περιβαλλοντικοί δείκτες. Επιπλέον θα προσδιοριστεί το άμεσο και το έμμεσο κόστος της μονάδας ανακύκλωσης αναδεικνύοντας την υποτιμημένη πολυπλοκότητα και τις οικονομικές απαιτήσεις της δημιουργίας και λειτουργίας μιας εγκατάστασης ανακύκλωσης. Επίσης ένας επιμέρους στόχος είναι η κατανόηση της διαδικασίας της ανακύκλωσης βήμα προς βήμα. Τέλος μέσα από την ανάλυση του κόστους και των δεικτών θα δοθούν πολύτιμες προτάσεις, καθώς και τα ευρήματα από αυτή την ανάλυση παρέχουν όχι μόνο ενδεικτικά στοιχεία για την τρέχουσα κατάσταση, αλλά και έναν οδικό χάρτη για μελλοντικές πρωτοβουλίες βιωσιμότητας. Η ερευνητική μεθοδολογία της παρούσας διπλωματικής εργασίας ενσωματώνει τις οικονομικές και περιβαλλοντικές πτυχές μιας μονάδας ανακύκλωσης PET, παρέχοντας μια ολιστική άποψη της σκοπιμότητας και της βιωσιμότητας του έργου. Απαιτεί τη συνεργασία μεταξύ εκτιμητών κόστους, ειδικών σε θέματα περιβάλλοντος και διαχειριστών έργου, ώστε να διασφαλίζεται ότι λαμβάνονται υπόψη όλοι οι παράγοντες. Συνδυάζει τη μέθοδο PMPC για την εκτίμηση του κόστους του μηχανολογικού εξοπλισμού και την περιβαλλοντική λογιστική για τον υπολογισμό των δεικτών βιωσιμότητας απαιτεί μια δομημένη προσέγγιση.

4.1 Εφαρμογή της PMPC στην ανακύκλωση μπουκαλιών PET

Στη βιομηχανία ανακύκλωσης φιαλών PET, η εφαρμογή του μοντέλου PMPC περιλαμβάνει λεπτομερή ανάλυση των οικονομικών πτυχών που σχετίζονται με την απόκτηση, τη λειτουργία και τη συντήρηση των μηχανημάτων ανακύκλωσης.

- i. Κόστος απόκτησης: Η αρχική επένδυση σε μηχανήματα ανακύκλωσης αποτελεί σημαντική δαπάνη. Περιλαμβάνει την τιμή αγοράς, το κόστος εγκατάστασης και τυχόν πρόσθετα έξοδα για τη ρύθμιση των μηχανημάτων. Το κόστος αυτό συχνά αποσβένεται κατά τη διάρκεια της αναμενόμενης διάρκειας ζωής του μηχανήματος για να αντικατοπτρίζει την απόσβεση.
- ii. Κόστος λειτουργίας: Πρόκειται για τα τρέχοντα έξοδα που πραγματοποιούνται κατά τη λειτουργία των μηχανημάτων. Περιλαμβάνουν το κόστος κατανάλωσης ενέργειας, το οποίο μπορεί να είναι σημαντικό δεδομένης της ενεργοβόρας φύσης των διαδικασιών ανακύκλωσης. Το εργατικό κόστος αποτελεί επίσης σημαντική συνιστώσα, καλύπτοντας τους μισθούς των χειριστών και του λοιπού προσωπικού που εμπλέκεται στη διαδικασία ανακύκλωσης.
- iii. Κόστος συντήρησης: Η τακτική συντήρηση είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση της αποτελεσματικότητας και της μακροζωίας των μηχανημάτων. Αυτό περιλαμβάνει συνήθεις ελέγχους, επισκευές και αντικατάσταση φθαρμένων

εξαρτημάτων. Το κόστος συντήρησης είναι μεταβλητό και εξαρτάται από τη χρήση και την κατάσταση του μηχανήματος.

iv. Αποσβέσεις: Ο υπολογισμός της απόσβεσης αποτελεί ουσιαστικό μέρος του μοντέλου PMPC. Περιλαμβάνει τον προσδιορισμό της μείωσης της αξίας των μηχανημάτων με την πάροδο του χρόνου. Συνήθως χρησιμοποιείται η ευθεία απόσβεση, διαιρώντας το αρχικό κόστος του εξοπλισμού με τη διάρκεια της ωφέλιμης ζωής του για να βρεθεί η ετήσια δαπάνη απόσβεσης.

Η ενσωμάτωση αυτών των στοιχείων κόστους στο μοντέλο PMPC επιτρέπει στη βιομηχανία ανακύκλωσης φιαλών PET να αξιολογεί με ακρίβεια την οικονομική βιωσιμότητα των δραστηριοτήτων της. Αυτό περιλαμβάνει την κατανόηση των μακροπρόθεσμων οικονομικών δεσμεύσεων και τον εντοπισμό των τομέων όπου το κόστος μπορεί να βελτιστοποιηθεί. Βοηθά επίσης στον στρατηγικό σχεδιασμό, όπως η απόφαση για το πότε θα αντικατασταθούν ή θα αναβαθμιστούν τα μηχανήματα με βάση την ανάλυση κόστους-οφέλους.

4.1.1 Περιβαλλοντική λογιστική στην ανακύκλωση μπουκαλιών PET

Στο πλαίσιο της βιομηχανίας ανακύκλωσης φιαλών PET, η εφαρμογή της περιβαλλοντικής λογιστικής περιλαμβάνει την αξιολόγηση του κόστους των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε όλη τη διαδικασία ανακύκλωσης. Η προσέγγιση αυτή ποσοτικοποιεί και ενσωματώνει το οικολογικό κόστος των διαφόρων λειτουργιών, από την αρχική συλλογή έως τα τελικά στάδια επανεπεξεργασίας.

- **Χρήση πόρων:** Αυτό περιλαμβάνει την κατανάλωση νερού και ηλεκτρικής ενέργειας, που είναι ζωτικής σημασίας σε λειτουργίες όπως ο καθαρισμός και ο τεμαχισμός των φιαλών PET. Η μέτρηση του όγκου των πόρων που χρησιμοποιούνται και ο πολλαπλασιασμός με το κόστος τους προσφέρει μια σαφή εικόνα αυτής της δαπάνης.
- **Κόστος εκπομπών:** Η βιομηχανία πρέπει να υπολογίζει τις εκπομπές που παράγονται κατά τη διαδικασία ανακύκλωσης, συμπεριλαμβανομένων των εκπομπών που εκλύονται κατά τη μεταφορά και τη λειτουργία των μηχανημάτων. Η εκτίμηση του κόστους αυτών των εκπομπών, συχνά μέσω μηχανισμών τιμολόγησης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, βοηθά στην κατανόηση των οικονομικών τους επιπτώσεων.
- **Διαχείριση αποβλήτων:** Δεν μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν όλα τα υλικά που χρησιμοποιούνται στη διαδικασία ανακύκλωσης PET. Πρέπει να ληφθεί υπόψη το κόστος που συνδέεται με το χειρισμό και τη διάθεση αυτών των αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων των μη ανακυκλώσιμων στοιχείων που διαχωρίζονται από τα μπουκάλια PET.
- **Ανάλυση του κύκλου ζωής:** Η αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του εξοπλισμού από την παραγωγή έως τη διάθεση είναι κρίσιμη. Η ανάλυση αυτή περιλαμβάνει τον αντίκτυπο της παραγωγής των μηχανημάτων

ανακύκλωσης, τις λειτουργικές επιπτώσεις και την ενδεχόμενη διάθεση ή ανακύκλωση των ίδιων των μηχανημάτων.

Η ενσωμάτωση αυτών των περιβαλλοντικών δεικτών στη συνολική χρηματοοικονομική ανάλυση παρέχει μια ολοκληρωμένη εικόνα του πραγματικού κόστους των εργασιών ανακύκλωσης φιαλών PET. Η προσέγγιση αυτή βοηθά όχι μόνο στη λήψη πιο τεκμηριωμένων οικονομικών αποφάσεων αλλά και στην ευθυγράμμιση των λειτουργιών με βιώσιμες και περιβαλλοντικά υπεύθυνες πρακτικές.

4.1.2 Ερευνητική μεθοδολογία κόστους μέσω της μεθόδου PMPC

Ακολουθεί μια ερευνητική μεθοδολογία βήμα προς βήμα με επεξήγηση για κάθε βήμα:

Ορισμός μελέτης περίπτωσης

Καθορισμός των αναγκών της βιομηχανίας μονάδας ανακύκλωσης PET **δυναμικότητας 5000kg/hr**, συμπεριλαμβανομένης της χωρητικότητάς της, της τοποθεσίας και των συγκεκριμένων τεχνολογιών που θα χρησιμοποιηθούν. Οι στόχοι της πρότυπης μονάδας που καλούμαστε να σχεδιάσουμε είναι άρρηκτα συνδεδεμένοι με τα ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας εργασίας, κατάλληλοι για την εφαρμογή της PMPC

Απογραφή εξοπλισμού

Καταγραφή του συνολικού μηχανολογικού εξοπλισμού που απαιτείται για την ανακύκλωση των υλικών PET. Επιπλέον, περιλαμβάνεται η αναφορά στον βοηθητικό εξοπλισμό, περιλαμβανομένων μεταφορικών μέσων, μονάδων αποθήκευσης και συστημάτων ελέγχου.

Έρευνα αγοράς

Ανάλυση των τρεχουσών τιμών αγοράς για κάθε κομμάτι εξοπλισμού. Συγχρόνως, θα μπορούσε να εξεταστεί η πιθανότητα χρήσης μεταχειρισμένου εξοπλισμού ως εναλλακτική λύση για την εξοικονόμηση κόστους, εάν αυτό κρίνεται απαραίτητο αλλά όχι στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία.

Προσφορές προμηθευτών

Διεξάγεται η αίτηση λεπτομερών προσφορών από πολλούς προμηθευτές για τον απαιτούμενο εξοπλισμό. Οι προσφορές είναι πλήρεις και καλύπτουν το συνολικό κόστος από την αγορά του εξοπλισμού μέχρι και την εγκατάστασή του. Στην συγκεκριμένη περίπτωση δεν κρίθηκε αναγκαίο να συμβεί αυτό καθώς πρόκειται για καθαρά ερευνητική εργασία και αρκεστήκαμε στην έρευνα αγοράς του προηγούμενου βήματος.

Ανάλυση ιστορικών δεδομένων

Λεπτομερής ανάλυση ιστορικών δεδομένων που αφορούν παρόμοια έργα, με σκοπό τη σύγκριση των δαπανών. Κατά τη διαδικασία αυτή, λαμβάνουμε υπόψη τον πληθωρισμό και τυχόν τεχνολογικές βελτιώσεις που έχουν εφαρμοστεί στον εξοπλισμό. Επιπλέον, εξετάζουμε τις τάσεις της αγοράς που ενδέχεται να επηρεάσουν το κόστος του έργου. Για την ανάγκη αυτού του βήματος, βρήκαμε τυπικές τιμές για ολοκληρωμένα συστήματα από έρευνα αγοράς και βεβαιωθήκαμε πως τα οικονομικά μεγέθη που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία ήταν ορθά.

Υπολογισμός άμεσου κόστους

Υπολογίζεται το άμεσο κόστος του εξοπλισμού, λαμβάνοντας υπόψη την τιμή αγοράς του, το κόστος αποστολής, το κόστος εγκατάστασης και τα έξοδα που απαιτούνται για τη θέση του σε λειτουργία. Κατά την εκτέλεση αυτού του υπολογισμού, πραγματοποιείται επίσης η περαιτέρω συνυπολογισμός τυχόν φόρων και δασμών που εφαρμόζονται, καθώς και τυχόν διαθέσιμες επιδοτήσεις ή κίνητρα που μπορεί να επηρεάσουν το τελικό κόστος.

Υπολογισμός έμμεσου κόστους

Υπολογισμός του έμμεσου κόστους, το οποίο περιλαμβάνει διάφορα στοιχεία. Καταρχάς, λαμβάνεται υπόψη το κόστος κατάρτισης του προσωπικού που απαιτείται για το έργο. Στη συνέχεια, εξετάζονται τυχόν τροποποιήσεις της υποδομής που ενδέχεται να απαιτηθούν και συνδέονται με το κόστος του έργου. Επίσης, συμπεριλαμβάνονται οι δαπάνες για τυχόν πιθανές καθυστερήσεις και υπερβάσεις κόστους, με σκοπό τη διαχείριση του έργου. Αυτά τα στοιχεία συνυπολογίζονται ώστε να προσδιοριστεί το συνολικό έμμεσο κόστος του έργου, που αντανάκλα τις πρόσθετες δαπάνες και τις αναγκαίες διαχειριστικές ενέργειες για την επιτυχή υλοποίησή του.

Η ακριβής μεθοδολογία παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα (Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.):



Διάγραμμα 1 Μεθοδολογία κόστους μέσω της μεθόδου PMPC

4.1.3 Περιβαλλοντική λογιστική για τη βιωσιμότητα

- **Προσδιορισμός πόρων**

Ανάλυση και προσδιορισμός όλων των πόρων που θα καταναλωθούν από τη μονάδα ανακύκλωσης. Αυτή η διαδικασία βοηθά στον καθορισμό των απαιτούμενων πόρων και στη διαχείριση τους με αποδοτικό τρόπο, εξασφαλίζοντας την ομαλή λειτουργία της μονάδας ανακύκλωσης και την ελαχιστοποίηση των απωλειών και των δαπανών.

- **Προφίλ εκπομπών και αποβλήτων**

Ανάλυση των πιθανών εκπομπών και των αποβλήτων που παράγονται από τη λειτουργία της μονάδας ανακύκλωσης, όπως τις εκπομπές στον αέρα, τις απορρίψεις υγρών αποβλήτων και τα στερεά απόβλητα.

- **Αξιολόγηση κύκλου ζωής**

Λεπτομερής αξιολόγηση του κύκλου ζωής του μηχανολογικού εξοπλισμού, με σκοπό τον προσδιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του από την παραγωγή έως τη διάθεσή του.

- **Υπολογισμός δεικτών βιωσιμότητας**

Υπολογισμός δεικτών βιωσιμότητας για τη μονάδα, χρησιμοποιώντας καθιερωμένες μεθοδολογίες όπως το GlobalReportingInitiative (GRI) ή τα πρότυπα ISO για καθοδήγηση(Choudharyetal., 2019).

- **Αξιολόγηση κι ανάλυση αποτελεσμάτων**

Δίνετε έμφαση στην ανάλυση και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων από τους δείκτες βιωσιμότητας. Η ορθή ερμηνεία των αποτελεσμάτων μπορεί να οδηγήσει σε καλές στρατηγικές αποφάσεις.

- **Συσχέτιση κόστους-βιωσιμότητας**

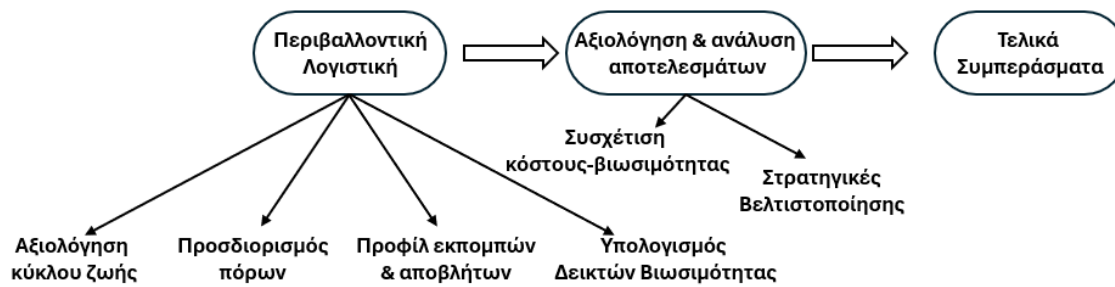
Συσχέτιση κόστος από το PMPC με τους δείκτες βιωσιμότητας. Ανάλυση του τρόπου με τον οποίο το κόστος του εξοπλισμού σχετίζεται με την περιβαλλοντική απόδοση.

- **Στρατηγικές βελτιστοποίησης**

Ανάπτυξη στρατηγικών για τη βελτιστοποίηση τόσο του κόστους όσο και της βιωσιμότητας. Εξέταση εναλλακτικών τεχνολογιών ή διαδικασιών που θα μπορούσαν να βελτιώσουν τους δείκτες βιωσιμότητας διατηρώντας ή μειώνοντας το κόστος.

- **Τελικά συμπεράσματα**

Η ακριβής μεθοδολογία παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα (**Διάγραμμα 2**):



Διάγραμμα 2 Μεθοδολογία περιβαλλοντικής λογιστικής μέσω της μεθόδου PMPC

4.1.4 Μαθηματικοί υπολογισμοί για PMPC

Οι παρακάτω λεπτομερείς εξισώσεις χρησιμοποιούνται για τη μοντελοποίηση του κόστους όλων των βημάτων στη διαδικασία ανακύκλωσης PET. Αυτές οι εξισώσεις παρέχουν ένα πλαίσιο για τον υπολογισμό του προκαταρκτικού κόστους μηχανικής διαδικασίας για το στάδιο συλλογής μιας διαδικασίας ανακύκλωσης PET. Εισάγοντας το πραγματικό κόστος σε αυτές τις εξισώσεις, προσδιορίζουμε τη συνολική επένδυση που απαιτείται για την εγκατάσταση.

Κόστος μηχανημάτων

Το κόστος αυτό είναι το άμεσο κόστος αγοράς των μηχανημάτων που χρησιμοποιούνται για το κάθε βήμα. Πρόκειται για το άμεσο κόστος αγοράς των πρωτογενών μηχανημάτων που απαιτούνται για κάθε στάδιο της διαδικασίας ανακύκλωσης. Το κόστος αντικατοπτρίζει την τιμή αγοράς νέων μηχανημάτων από έναν προμηθευτή. Στην παρούσα εργασία προήλθε μέσα από έρευνα αγοράς κι επικοινωνία με προμηθευτές.

Κόστος εγκατάστασης και θέσης σε λειτουργία

Οι δαπάνες αυτές καλύπτουν τα έξοδα εγκατάστασης και εκκίνησης των μηχανημάτων. Υπολογίζεται συνήθως ως ποσοστό του κόστους του μηχανήματος, το οποίο εδώ θεωρούμε πως είναι 10%.

Κόστος εγκατάστασης

$$= \text{Κόστος μηχανημάτων} \times \text{Ποσοστό για την εγκατάσταση}$$

Κόστος κατάρτισης

Αυτό αφορά τα έξοδα εκπαίδευσης του προσωπικού για το χειρισμό των νέων μηχανημάτων. Μια κατ' αποκοπήν τιμή ανά τύπο μηχανήματος, εδώ θεωρούμε ότι είναι 5.000€ ανά τύπο.

$$\begin{aligned} & \text{Κόστος κατάρτισης} \\ & = \text{Αριθμός διαφορετικών τύπων μηχανημάτων} \\ & \times \text{Κόστος κατάρτισης ανά τύπομηχανής} \end{aligned}$$

Τροποποιήσεις υποδομής:

Τροποποιήσεις υποδομής είναι κόστος κατ' αποκοπή για τροποποιήσεις υποδομής. Ένα προκαθορισμένο κατ' αποκοπή κόστος. Στην παρούσα εργασία ορίζεται ως **50,000€** ανά στάδιο για να καλύψει τις ανάγκες για όλη την εγκατάσταση.

Κόστος αποστολής και χειρισμού

Πρόκειται για τα έξοδα μεταφοράς και διαχείρισης των μηχανημάτων από τον προμηθευτή στην εγκατάσταση. Υπολογίζεται ως ποσοστό του κόστους των μηχανημάτων. Στην παρούσα εργασία ορίζεται ως 5%.

$$\begin{aligned} & \text{Κόστη μεταφοράς} \\ & = \text{Κόστος μηχανημάτων} \times \text{Ποσοστό Διαχείρισης Αποστολής} \end{aligned}$$

Διαχείριση έργου και διοικητικά έξοδα:

Οι δαπάνες αυτές περιλαμβάνουν τα έξοδα διαχείρισης του έργου και τα διοικητικά έξοδα που σχετίζονται με την απόκτηση και την ομαλή λειτουργία των μηχανημάτων.

$$\text{Διαχείριση έργου} = \text{Κόστοςμηχανημάτων} \times \text{Ποσοστό διαχείρισης έργου}$$

Κόστος απρόβλεπτων δαπανών:

Πρόκειται για ένα αποθεματικό ταμείο για την κάλυψη απρόβλεπτων δαπανών ή υπερβάσεων κόστους. Υπολογίζεται ως ποσοστό του συνόλου των άμεσων και έμμεσων δαπανών πριν από την απρόβλεπτη δαπάνη, στην παρούσα εργασία το θεωρούμε ίσο με 10%.

$$\begin{aligned} & \text{Απρόβλεπτα} \\ & = (\text{Συνολικό άμεσο και έμμεσο κόστος πριν από την απρόβλεπτη δαπάνη}) \\ & \quad \times \text{Ποσοστό απρόβλεπτων δαπανών} \end{aligned}$$

Συνολικό κόστος PMPC:

Το άθροισμα όλων των ανωτέρω δαπανών, που αντιπροσωπεύει το συνολικό εκτιμώμενο κόστος για τη προμήθεια, αποστολή αλλά και τη λειτουργία κάθε σταδίου της διαδικασίας ανακύκλωσης.

Συνολικό κόστος PMPC

$$\begin{aligned} &= \text{Κόστος μηχανημάτων} + \text{Κόστος εγκατάστασης} \\ &+ \text{Κόστος εκπαίδευσης} + \text{Τροποποιήσεις υποδομής} \\ &+ \text{Κόστος αποστολής και χειρισμού} + \text{Διαχείριση έργου} \\ &+ \text{Απρόβλεπτα} \end{aligned}$$

4.1.5 Μαθηματικοί υπολογισμοί για περιβαλλοντική λογιστική

Στην παρούσα εργασία, θα χρησιμοποιηθούν τρεις δείκτες της περιβαλλοντικής λογιστικής:

1. Δείκτης κατανάλωσης ενέργειας (**ECI**),
2. Δείκτης ανθρακικού αποτυπώματος (**CFI**) και
3. Δείκτης αποδοτικότητας χρήσης νερού (**WUEI**)

Οι εξισώσεις αυτές παρέχουν ένα πλαίσιο για την ποσοτικοποίηση της ενεργειακής και υδατικής απόδοσης, καθώς και του αποτυπώματος άνθρακα της εγκατάστασης ανακύκλωσης μπουκαλιών PET. Διευκολύνουν τη λεπτομερή κατανόηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της εγκατάστασης ανά μονάδα παραγωγής, βοηθώντας στον εντοπισμό τομέων για βελτίωση και στη συγκριτική αξιολόγηση των επιδόσεων σε σχέση με τα πρότυπα του κλάδου ή τους στόχους βιωσιμότητας.

Δείκτης κατανάλωσης ενέργειας (ECI)

Ο Δείκτης Κατανάλωσης Ενέργειας (ECI) μετρά την ποσότητα ενέργειας που χρησιμοποιείται ανά μονάδα προϊόντος κατά τη διαδικασία ανακύκλωσης. Αποτελεί κρίσιμο δείκτη της ενεργειακής απόδοσης της εγκατάστασης, αντικατοπτρίζοντας πόση ενέργεια απαιτείται για την επεξεργασία κάθε φιάλης.

$$ECI = \frac{\sum P_{total} \times \Omega_{\text{ρες Λειτουργίας}}}{\text{Συνολικός Αριθμός Μπουκαλιών}}$$

όπου,

- Η ζήτηση ισχύος κάθε μηχανής μετριέται σε κιλοβάτ (kW).
- Ετήσιες ώρες λειτουργίας είναι ο συνολικός αριθμός ωρών λειτουργίας της μονάδας σε ένα έτος.
- Ο συνολικός αριθμός φιαλών που επεξεργάζονται είναι η συνολική παραγωγή της εγκατάστασης σε ένα έτος.

Δείκτης ανθρακικού αποτυπώματος (CFI)

Το CFI υπολογίζεται με βάση τη συνολική κατανάλωση ενέργειας και το δείκτη ανθρακικού αποτυπώματος της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Ο τύπος έχει ως εξής:

$$CFI = \text{Συνολική κατανάλωση ενέργειας} \\ \times \text{Δείκτης ανθρακικού αποτυπώματος της ηλεκτρικής ενέργειας}$$

όπου,

- **Συνολική κατανάλωση ενέργειας** είναι η συνολική ενέργεια που χρησιμοποιείται από τη μονάδα σε ένα έτος, η οποία υπολογίζεται ως το άθροισμα της ενέργειας που χρησιμοποιείται από κάθε μηχάνημα (ζήτηση ισχύος κάθε μηχανήματος \times ετήσιες ώρες λειτουργίας).
- **Δείκτης ανθρακικού αποτυπώματος** της ηλεκτρικής ενέργειας είναι η ποσότητα εκπομπών CO₂ ανά μονάδα καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (συνήθως μετράται σε kgCO₂eq/kWh ή tnCO₂eq/MWh).

Δείκτης αποδοτικότητας χρήσης νερού (WUEI)

Ο δείκτης WUEI υπολογίζεται με βάση την ωριαία ζήτηση νερού των αντίστοιχων σταδίων της εγκατάστασης και τις συνολικές ώρες λειτουργίας. Ο τύπος έχει ως εξής:

$$WUEI = \frac{\sum \text{Water Demand} \times \text{Ώρες Λειτουργίας}}{\text{Συνολικός Αριθμός Μπουκαλιών}}$$

όπου,

- Η ωριαία ζήτηση νερού κάθε σταδίου μετριέται σε λίτρα ανά ώρα (L/h).
- Οι ετήσιες ώρες λειτουργίας είναι όπως ορίζονται ανωτέρω.
- Ο συνολικός αριθμός φιαλών που επεξεργάζονται είναι η συνολική παραγωγή της εγκατάστασης σε ένα έτος.

4.1.6 Ολιστική Προσέγγιση Μεθοδολογίας

Στην παρούσα μελέτη, χρησιμοποιήσαμε μια σχολαστική και ολοκληρωμένη προσέγγιση για την αξιολόγηση των λειτουργιών μιας εγκατάστασης ανακύκλωσης μπουκαλιών PET **δυναμικότητας 5000kg/hr**, συνδυάζοντας τη μέθοδο της προκαταρκτικής μηχανικής κοστολόγησης διεργασιών (PMPC) με την περιβαλλοντική λογιστική. Αυτή η διπλή προσέγγιση παρείχε μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση τόσο των οικονομικών όσο και των περιβαλλοντικών πτυχών των λειτουργιών της εγκατάστασης, επιτρέποντας μια ολιστική κατανόηση της αποδοτικότητας, της βιωσιμότητας και της οικονομικής βιωσιμότητάς της.

Η εφαρμογή της μεθόδου PMPC ήταν καίριας σημασίας για την προσέγγιση του κόστους που σχετίζεται με τον μηχανολογικό εξοπλισμό που είναι απαραίτητος για τη

διαδικασία ανακύκλωσης. Η μέθοδος PMPC επεκτάθηκε πέρα από το άμεσο κόστος αγοράς των μηχανημάτων, καταγράφοντας μια σειρά έμμεσων δαπανών, όπως η εγκατάσταση, η εκπαίδευση, οι τροποποιήσεις υποδομών, η αποστολή, η διαχείριση του έργου και ο σχεδιασμός έκτακτης ανάγκης. Αυτή η λεπτομερής ανάλυση κόστους παρείχε ένα ρεαλιστικό οικονομικό περίγραμμα, απαραίτητο για τον προϋπολογισμό και τον στρατηγικό σχεδιασμό των λειτουργιών της εγκατάστασης.

Παράλληλα, η μελέτη ενσωμάτωσε την Περιβαλλοντική Λογιστική για τη μέτρηση των πρακτικών βιωσιμότητας της εγκατάστασης. Αυτό επιτεύχθηκε με την ανάπτυξη και τον υπολογισμό τριών περιβαλλοντικών δεικτών: του Δείκτη Κατανάλωσης Ενέργειας (ECI), του Δείκτη Ανθρακικού Αποτυπώματος (CFI) και του Δείκτη Αποδοτικότητας Χρήσης Νερού (WUEI). Ο δείκτης ECI επικεντρώθηκε στην ενέργεια που χρησιμοποιείται ανά μονάδα παραγωγής, ο CFI ποσοτικοποίησε τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που σχετίζονται με την κατανάλωση ενέργειας και ο WUEI αξιολόγησε την αποδοτικότητα της χρήσης νερού. Η ευθυγράμμιση αυτών των δεικτών με αναγνωρισμένα πρότυπα όπως το ISO και το GRInυπογράμμισε τη δέσμευση της εγκατάστασης σε διεθνώς αποδεκτές πρακτικές βιωσιμότητας (*Post Consumer Polyethylene Terephthalate (PET) Recyclates-Specification*, 2023).

Η συγχώνευση της μεθόδου PMPC με την περιβαλλοντική λογιστική στην παρούσα μελέτη παρείχε μια διαφοροποιημένη και διπλή προοπτική για τις λειτουργίες της εγκατάστασης. Ενώ η μέθοδος PMPC προσέφερε μια σε βάθος οικονομική εικόνα, ζωτικής σημασίας για την αποτελεσματική λήψη αποφάσεων σχετικά με τις επενδύσεις και τη λειτουργία, η περιβαλλοντική λογιστική έριξε φως στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της εγκατάστασης, εντοπίζοντας περιοχές για βελτίωση της βιωσιμότητας. Αυτή η ολοκληρωμένη προσέγγιση όχι μόνο εξισορρόπησε την αξιολόγηση της οικονομικής σκοπιμότητας και του περιβαλλοντικού αντίκτυπου της εγκατάστασης, αλλά και χάραξε μια πορεία για την εγκατάσταση ώστε να ενισχύσει τη λειτουργική της αποδοτικότητα και να υιοθετήσει βιώσιμες πρακτικές.

4.2 Υπολογισμός κόστους μηχανολογικού εξοπλισμού μονάδας ανακύκλωσης PET μέσω της μεθόδου PMPC

Στην παρούσα ενότητα θα παρουσιαστούν οι αναλυτικοί υπολογισμοί για κάθε επιμέρους στάδιο της μονάδας ανακύκλωσης μπουκαλιών PET, όπως αναλύθηκαν στην ενότητα της μεθοδολογίας.

Η ανάλυσή μας ξεκίνησε με μια εις βάθος εξέταση των μηχανημάτων που απαιτούνται σε κάθε στάδιο της διαδικασίας ανακύκλωσης φιαλών PET. Αυτό κυμαινόταν από το αρχικό στάδιο συλλογής, που περιλαμβάνει φορτηγά και κάδους συλλογής, μέχρι το στάδιο της τελικής παραγωγής του προϊόντος, που απαιτεί εξελιγμένες γραμμές εξώθησης. Για κάθε κομμάτι του εξοπλισμού, προσδιορίσαμε το άμεσο κόστος αγοράς με βάση τις τρέχουσες τιμές της αγοράς που αντλήσαμε από

πλατφόρμες όπως η Alibaba, διασφαλίζοντας ότι οι εκτιμήσεις μας βασίζονται σε οικονομικά δεδομένα του πραγματικού κόσμου.

Αλλά ο οικονομικός μας έλεγχος δεν σταμάτησε στην τιμή αγοράς των μηχανημάτων. Η μέθοδος PMPC μας καθοδήγησε να εξετάσουμε ένα φάσμα έμμεσων δαπανών που συχνά παραβλέπονται αλλά είναι ζωτικής σημασίας για μια ρεαλιστική εκτίμηση των οικονομικών απαιτήσεων της εγκατάστασης. Αυτά περιλάμβαναν το κόστος εγκατάστασης και θέσης σε λειτουργία, τα έξοδα για την εκπαίδευση του προσωπικού στη λειτουργία των νέων μηχανημάτων, το κόστος που σχετίζεται με την τροποποίηση της υποδομής της εγκατάστασης για να φιλοξενήσει τον εξοπλισμό, τα έξοδα αποστολής και διακίνησης, τα έξοδα διαχείρισης του έργου και ένα ταμείο απρόβλεπτων δαπανών για την κάλυψη απρόβλεπτων δαπανών που θα μπορούσαν να προκύψουν κατά τη φάση της υλοποίησης.

Τα αποτελέσματα αυτής της ανάλυσης PMPC μας έδωσαν μια σαφή εικόνα της συνολικής επένδυσης που απαιτείται για τη δημιουργία και τη λειτουργία της εγκατάστασης ανακύκλωσης μπουκαλιών PET. Αυτή η ολοκληρωμένη εκτίμηση κόστους είναι ανεκτίμητη για τον στρατηγικό σχεδιασμό και τον προϋπολογισμό, προσφέροντας στους ενδιαφερόμενους, τους επενδυτές και τους διαχειριστές των εγκαταστάσεων έναν λεπτομερή οικονομικό οδικό χάρτη για τη δημιουργία και τη λειτουργία της εγκατάστασης.

Για την επίτευξη του στόχου μας, χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω κόστη, τα οποία προέκυψαν από έρευνα αγοράς αλλά κι από επικοινωνία με διάφορους προμηθευτές στην Ελληνική αγορά.

Πίνακας 2 Κόστος ανά διεργασία

α/α	Διεργασία	Μηχανήματα	Κόστος
Στάδιο 1	Συλλογή	Φορτηγά	25.000 €
		Κάδοισυλλογής	35 €
Στάδιο 2	Ταξινόμηση	Διαλογείς NIR (Near Infrared).	100.000 €
Στάδιο 3	Καθάρισμα	Σταθμοί πλυσίματος	12.500 €
		Μύλοι	34.000 €
		Αφαίρεση ετικετών	6.000 €
Στάδιο 4	Τεμαχισμός	Καταστροφείς ή Κοκκοποιητές	31.500 €
Στάδιο 5	Πλύσιμο και στέγνωμα	Πλυντήρια	12.500 €
Στάδιο 6	Τήξη και σφαιροποίηση	Εξωθητήρες, ή σφαιροποιητές	44.000 €
Στάδιο 7	Έλεγχος ποιότητας	Μηχανές Φασματοσκοπίας	8.750 €
Στάδιο 8	Κατασκευή Προϊόντων	Γραμμές Εξώθησης	37.500 €

4.2.1 Μέθοδος PMPC για το πρώτο βήμα (Συλλογή)

Κόστος μηχανημάτων

Το κόστος αυτό είναι το άμεσο κόστος αγοράς των μηχανημάτων που χρησιμοποιούνται για το κάθε βήμα. Πρόκειται για το άμεσο κόστος αγοράς των πρωτογενών μηχανημάτων που απαιτούνται για κάθε στάδιο της διαδικασίας ανακύκλωσης. Το κόστος αντικατοπτρίζει την τιμή αγοράς νέων μηχανημάτων από έναν προμηθευτή. Στην παρούσα εργασία προήλθε μέσα από έρευνα αγοράς κι επικοινωνία με προμηθευτές.



Εικόνα 4 Όχημα συλλογής μπουκαλιών PET

$$\text{Κόστος μηχανημάτων} = \text{Κόστος για φορτηγά}$$

$$\Rightarrow \text{Κόστος μηχανημάτων} = 25,000$$

Κόστος εγκατάστασης και θέσης σε λειτουργία

Οι δαπάνες αυτές καλύπτουν τα έξοδα εγκατάστασης και εκκίνησης των μηχανημάτων. Υπολογίζεται συνήθως ως ποσοστό του κόστους του μηχανήματος, το οποίο εδώ θεωρούμε πως είναι 10%.

Κόστος εγκατάστασης

$$= \text{Κόστος μηχανημάτων} \times \text{Ποσοστό για την εγκατάσταση} \Rightarrow$$

$$\text{Κόστος εγκατάστασης} = 25,000\text{€} \times 0.10 = 2,500\text{€}$$

Κόστος κατάρτισης

Αυτό αφορά τα έξοδα εκπαίδευσης του προσωπικού για το χειρισμό των νέων μηχανημάτων. Μια κατ' αποκοπήν τιμή ανά τύπο μηχανήματος, εδώ θεωρούμε ότι είναι 5.000€ ανά τύπο. Σε αυτό το στάδιο όμως, θεωρούμε πως στο κόστος κατάρτισης γι' αυτήν την διαδικασία θα περιλαμβάνεται τόσο η αποκόμιση διπλώματος οδήγησης του ανάλογου οχήματος όσο κι ο ετήσιος μισθός του εργαζομένου.

Κόστος κατάρτισης

$$= \text{Αριθμός διαφορετικών τύπων μηχανημάτων} \\ \times \text{Κόστος κατάρτισης ανά τύπο μηχανής} \Rightarrow$$

$$\text{Κόστος κατάρτισης} = 10,000\text{€}$$

Τροποποιήσεις υποδομής

Τροποποιήσεις υποδομής είναι κόστος κατ' αποκοπή για τροποποιήσεις υποδομής. Ένα προκαθορισμένο κατ' αποκοπή κόστος. Στην παρούσα εργασία ορίζεται ως **50,000€** ανά στάδιο (π.χ. για χώρο στάθμευσης) για να καλύψει τις ανάγκες για όλη την εγκατάσταση.

Κόστος αποστολής και χειρισμού

Πρόκειται για τα έξοδα μεταφοράς και διαχείρισης των μηχανημάτων από τον προμηθευτή στην εγκατάσταση. Υπολογίζεται ως ποσοστό του κόστους των μηχανημάτων. Στην παρούσα εργασία ορίζεται ως **5%**.

$$\text{Κόστη μεταφοράς} = \text{Κόστος μηχανημάτων} \times \% \text{ Διαχείρισης Αποστολής} \Rightarrow$$

$$\text{Κόστη μεταφοράς} = 1,250\text{€}$$

Διαχείριση έργου και διοικητικά έξοδα:

Οι δαπάνες αυτές περιλαμβάνουν τα έξοδα διαχείρισης του έργου και τα διοικητικά έξοδα που σχετίζονται με την απόκτηση και την ομαλή λειτουργία των μηχανημάτων. Έστω το ποσοστό για την διαχείριση και τα διοικητικά έξοδα ότι είναι ίσο με 5%.

$$\text{Διαχείριση έργου} = \text{Κόστος μηχανημάτων} \times \text{Ποσοστό διαχείρισης έργου} = \\ > \text{Διαχείριση έργου} = 1,250\text{€}$$

Κόστος απρόβλεπτων δαπανών:

Πρόκειται για ένα αποθεματικό ταμείο για την κάλυψη απρόβλεπτων δαπανών ή υπερβάσεων κόστους. Υπολογίζεται ως ποσοστό του συνόλου των άμεσων και

έμμεσων δαπανών πριν από την απρόβλεπτη δαπάνη, στην παρούσα εργασία το θεωρούμε ίσο με 10%.

Απρόβλεπτα

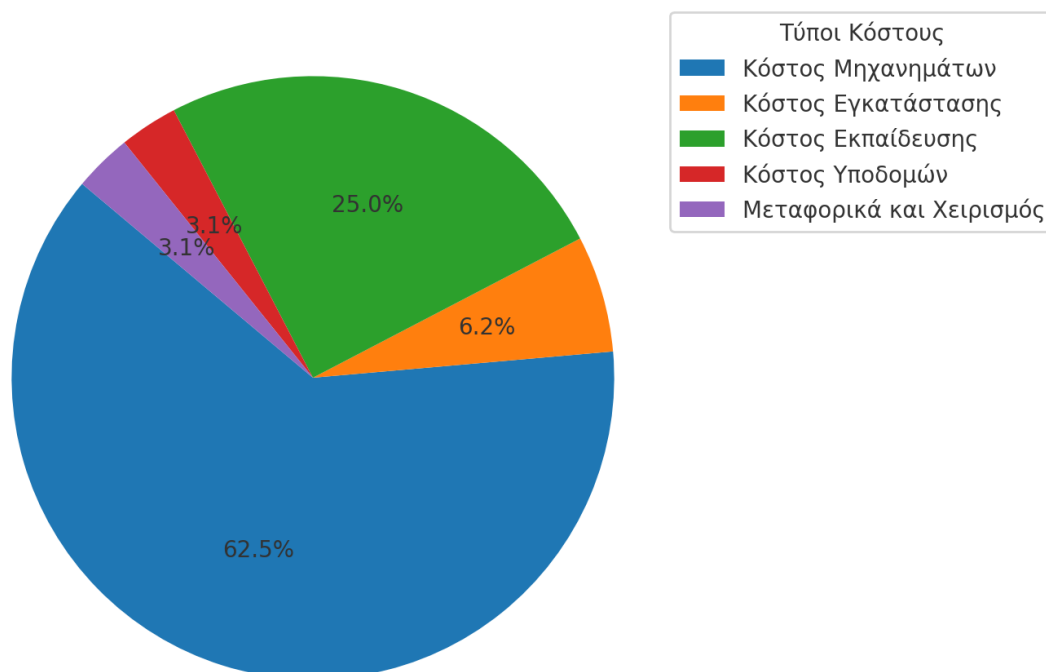
= (Συνολικό άμεσο και έμμεσο κόστος πριν από την απρόβλεπτη δαπάνη)

× Ποσοστό απρόβλεπτων δαπανών

$$\begin{aligned} \text{Απρόβλεπτα} &= (25,000\text{€} + 2,500\text{€} + 10,000\text{€} + 50,000\text{€} + 1,250\text{€} + 1,250\text{€} \\ &= 90,000\text{€}) \times 0,1 \Rightarrow \end{aligned}$$

$$\text{Απρόβλεπτα} = 9,000\text{€}$$

Διανομή Κόστους για Συλλογή



Εικόνα 5 Ποσοστιαία συνεισφορά κόστους για το στάδιο της συλλογής

Συνολικό κόστος PMPC:

Το άθροισμα όλων των ανωτέρω δαπανών, που αντιπροσωπεύει το συνολικό εκτιμώμενο κόστος για τη προμήθεια, αποστολή αλλά και τη λειτουργία κάθε σταδίου της διαδικασίας ανακύκλωσης.

Συνολικό κόστος PMPC

$$\begin{aligned} &= \text{Κόστος μηχανημάτων} + \text{Κόστος εγκατάστασης} \\ &+ \text{Κόστος εκπαίδευσης} + \text{Τροποποιήσεις υποδομής} \\ &+ \text{Κόστος αποστολής και χειρισμού} + \text{Διαχείριση έργου} \\ &+ \text{Απρόβλεπτα} \end{aligned}$$

Συνολικό κόστος PMPC (συλλογή)

$$\begin{aligned} &= 25,000\text{€} + 2,500\text{€} + 10,000\text{€} + 50,000\text{€} + 1,250\text{€} \\ &+ 1,250\text{€} + 9,000\text{€} = 99,000\text{€} \end{aligned}$$

4.2.2 Μέθοδος PMPC για το δεύτερο βήμα (Ταξινόμηση)

Κόστος μηχανημάτων



Εικόνα 6 Τυπικός διαλογέας NIR

$$\text{Κόστος μηχανημάτων} = \text{Κόστος για διαλογέα NIR} \Rightarrow$$

$$\text{Κόστος μηχανημάτων} = 100,000\text{€}$$

Κόστος εγκατάστασης και θέσης σε λειτουργία

Κόστος εγκατάστασης

$$= \text{Κόστος μηχανημάτων} \times \text{Ποσοστό για την εγκατάσταση} \Rightarrow$$

$$\text{Κόστος εγκατάστασης} = 100,000\text{€} \times 0.10 = 10,000\text{€}$$

Κόστος κατάρτισης

Σε αυτό το στάδιο έχουμε μόνο τον διαλογέα NIR (Near-infrared sorting)

Κόστος κατάρτισης

$$= \text{Αριθμός διαφορετικών τύπων μηχανημάτων} \\ \times \text{Κόστος κατάρτισης ανά τύπο μηχανής} \Rightarrow$$

$$\text{Κόστος κατάρτισης} = 5,000\text{€}$$

Τροποποιήσεις υποδομής

Στην παρούσα εργασία ορίζεται ως **50,000€** ανά στάδιο (π.χ. για χώρο στάθμευσης) για να καλύψει τις ανάγκες για όλη την εγκατάσταση.

Κόστος αποστολής και χειρισμού

$$\text{Κόστη μεταφοράς} = \text{Κόστος μηχανημάτων} \times \% \text{ Διαχείρισης Αποστολής} \Rightarrow$$

$$\text{Κόστη μεταφοράς} = 5,000\text{€}$$

Διαχείριση έργου και διοικητικά έξοδα:

$$\text{Διαχείριση έργου} = \text{Κόστος μηχανημάτων} \times \text{Ποσοστό διαχείρισης έργου} = \\ > \text{Διαχείριση έργου} = 5,000\text{€}$$

Κόστος απρόβλεπτων δαπανών:

Απρόβλεπτα

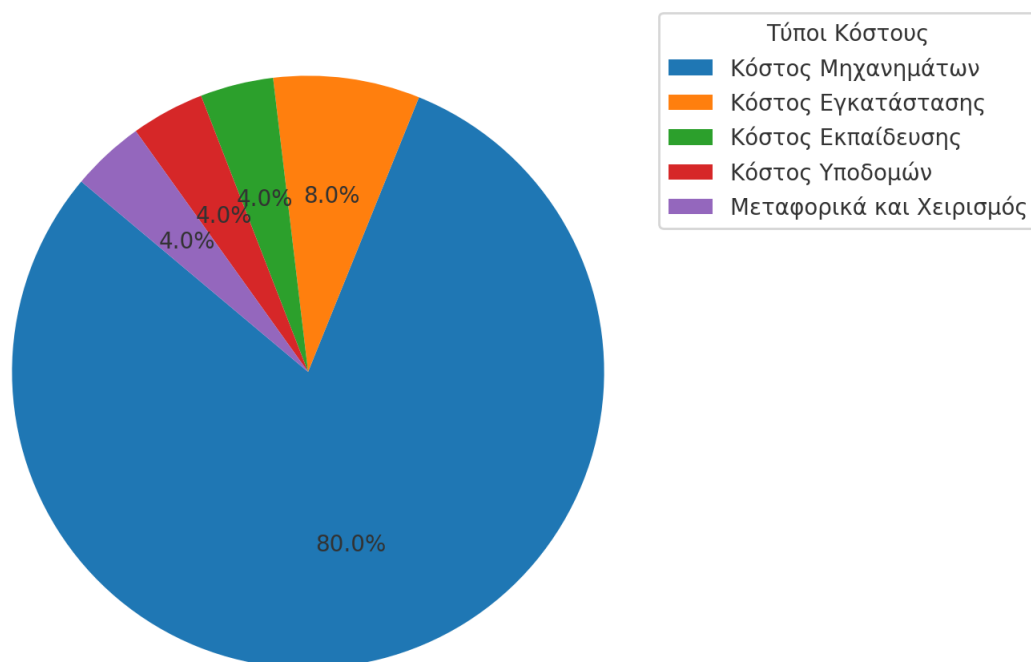
$$= (\text{Συνολικό άμεσο και έμμεσο κόστος πριν από την απρόβλεπτη δαπάνη})$$

$$\times \text{Ποσοστό απρόβλεπτων δαπανών}$$

$$\text{Απρόβλεπτα} = (100,000\text{€} + 5,000\text{€} + 10,000\text{€} + 50,000\text{€} + 5,000\text{€} \\ + 5,000\text{€} = 175,000\text{€}) \times 0,1 \Rightarrow$$

$$\text{Απρόβλεπτα} = 17,500\text{€}$$

Διανομή Κόστους για Ταξινόμηση



Εικόνα 7 Ποσοστιαία συνεισφορά κόστους για το στάδιο της ταξινόμησης

Συνολικό κόστος PMPC:

Συνολικό κόστος PMPC

$$\begin{aligned} &= \text{Κόστος μηχανημάτων} + \text{Κόστος εγκατάστασης} \\ &+ \text{Κόστος εκπαίδευσης} + \text{Τροποποιήσεις υποδομής} \\ &+ \text{Κόστος αποστολής και χειρισμού} + \text{Διαχείριση έργου} \\ &+ \text{Απρόβλεπτα} \end{aligned}$$

$$\text{Συνολικό κόστος PMPC (ταξινόμηση)} = 192,500\text{€}$$

4.2.3 Μέθοδος PMPC για το τρίτο βήμα (Καθαρισμός)

Κόστος μηχανημάτων



Εικόνα 8 Σταθμός πλύσης μπουκαλιών PET



Εικόνα 9 Μύλος άλεσης για μπουκάλια PET



Εικόνα 10 Μηχανή αφαίρεσης ετικετών για μπουκάλια PET

Κόστος μηχανημάτων

= Κόστος για σταθμό πλύσης PET + Κόστος για μύλους άλεσης
+ Κόστος για μηχανήματα αφαίρεσης ετικετών =>

Κόστος μηχανημάτων = 12,500 € + 34,000€ + 6,000€ =>

Κόστος μηχανημάτων = 52,500€

Κόστος εγκατάστασης και θέσης σε λειτουργία

Κόστος εγκατάστασης

= Κόστος μηχανημάτων x Ποσοστό για την εγκατάσταση =>

Κόστος εγκατάστασης = 52,500€ × 0.10 = 5,250€

Κόστος κατάρτισης

Σε αυτό το στάδιο έχουμε τρία διαφορετικά μηχανήματα.

Κόστος κατάρτισης

= Αριθμός διαφορετικών τύπων μηχανημάτων
× Κόστος κατάρτισης ανά τύπο μηχανής =>

$$\text{Κόστος κατάρτισης} = 15,000\text{€}$$

Τροποποιήσεις υποδομής

Στην παρούσα εργασία ορίζεται ως **50,000€** ανά στάδιο (π.χ. για χώρο στάθμευσης) για να καλύψει τις ανάγκες για όλη την εγκατάσταση.

Κόστος αποστολής και χειρισμού

$$\text{Κόστη μεταφοράς} = \text{Κόστος μηχανημάτων} \times \% \text{ Διαχείρισης Αποστολής} \Rightarrow$$

$$\text{Κόστη μεταφοράς} = 2,625\text{€}$$

Διαχείριση έργου και διοικητικά έξοδα:

$$\begin{aligned} \text{Διαχείριση έργου} &= \text{Κόστος μηχανημάτων} \times \text{Ποσοστό διαχείρισης έργου} = \\ &> \text{Διαχείριση έργου} = 2,625\text{€} \end{aligned}$$

Κόστος απρόβλεπτων δαπανών:

Απρόβλεπτα

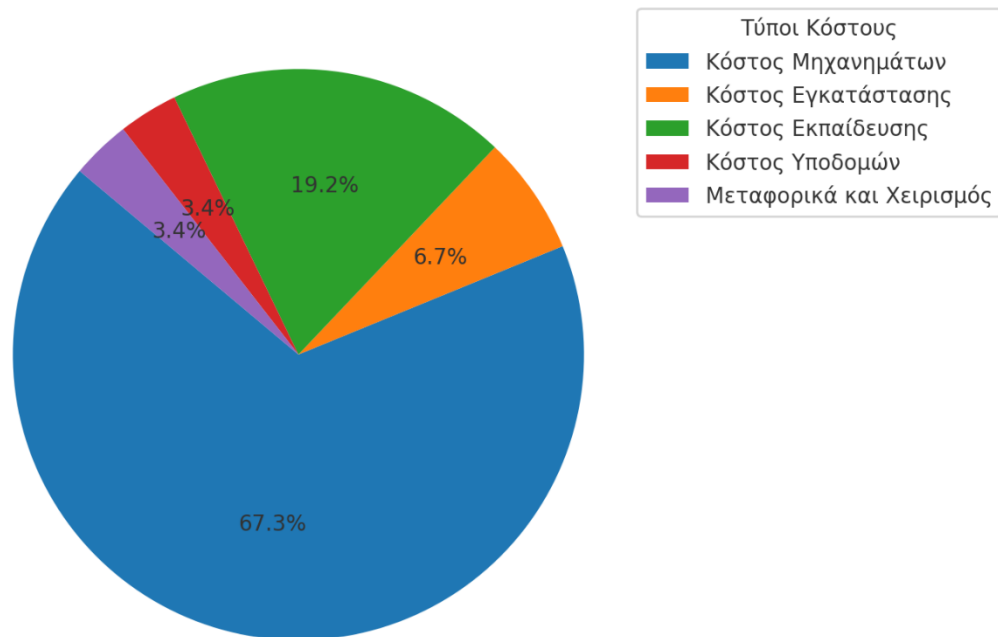
= (Συνολικό άμεσο και έμμεσο κόστος πριν από την απρόβλεπτη δαπάνη)

× Ποσοστό απρόβλεπτων δαπανών

$$\begin{aligned} \text{Απρόβλεπτα} &= (52,500\text{€} + 5,250\text{€} + 15,000\text{€} + 50,000\text{€} + 2,625\text{€} \\ &+ 2,625\text{€} = 128,000\text{€}) \times 0,1 \Rightarrow \end{aligned}$$

$$\text{Απρόβλεπτα} = 12,800\text{€}$$

Διανομή Κόστους για Καθαρισμός



Εικόνα 11 Ποσοστιαία συνεισφορά κόστους για το στάδιο του καθαρισμού

Συνολικό κόστος PMPC:

Συνολικό κόστος PMPC

= Κόστος μηχανημάτων + Κόστος εγκατάστασης
+ Κόστος εκπαίδευσης + Τροποποιήσεις υποδομής
+ Κόστος αποστολής και χειρισμού + Διαχείριση έργου
+ Απρόβλεπτα

Συνολικό κόστος PMPC (καθαρισμός) = 140,800€

4.2.4 Μέθοδος PMPC για το τέταρτο βήμα (Τεμαχισμός)

Κόστος μηχανημάτων



Εικόνα 12 Τεμαχιστές μπουκαλιών PET

Κόστος μηχανημάτων = Κόστος για τεμαχιστές PET =>

Κόστος μηχανημάτων = 31,500 €

Κόστος εγκατάστασης και θέσης σε λειτουργία

Κόστος εγκατάστασης

= Κόστος μηχανημάτων x Ποσοστό για την εγκατάσταση =>

Κόστος εγκατάστασης = 31,500€ × 0.10 = 3,150€

Κόστος κατάρτισης

Σε αυτό το στάδιο έχουμε μόνο τον τεμαχιστή./

Κόστος κατάρτισης

*= Αριθμός διαφορετικών τύπων μηχανημάτων
× Κόστος κατάρτισης ανά τύπο μηχανής =>*

Κόστος κατάρτισης = 5,000€

Τροποποιήσεις υποδομής

Στην παρούσα εργασία ορίζεται ως **50,000€** ανά στάδιο (π.χ. για χώρο στάθμευσης) για να καλύψει τις ανάγκες για όλη την εγκατάσταση.

Κόστος αποστολής και χειρισμού

Κόστη μεταφοράς = Κόστος μηχανημάτων × % Διαχείρισης Αποστολής =>

Κόστη μεταφοράς = 1,575€

Διαχείριση έργου και διοικητικά έξοδα:

$$\text{Διαχείριση έργου} = \text{Κόστος μηχανημάτων} \times \text{Ποσοστό διαχείρισης έργου} = \\ > \text{Διαχείριση έργου} = 1,575\text{€}$$

Κόστος απρόβλεπτων δαπανών:

Απρόβλεπτα

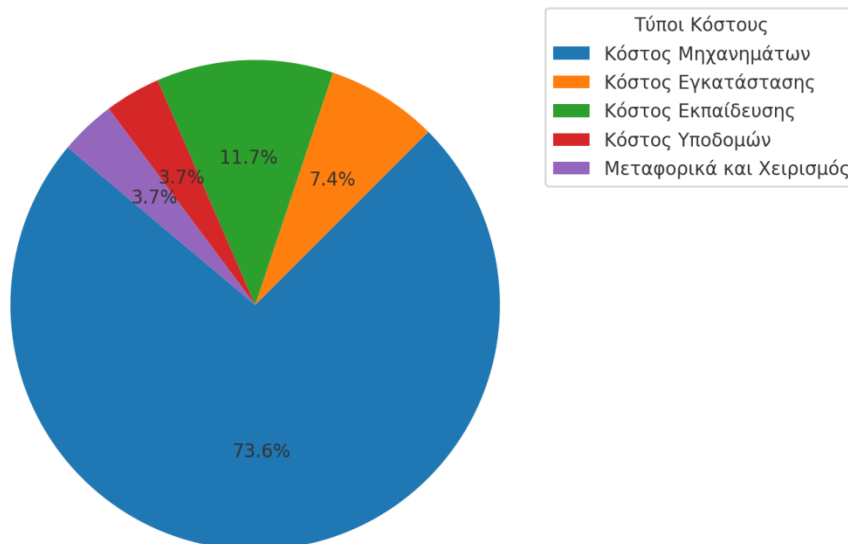
= (Συνολικό άμεσο και έμμεσο κόστος πριν από την απρόβλεπτη δαπάνη)

× Ποσοστό απρόβλεπτων δαπανών

$$\text{Απρόβλεπτα} = (31,500\text{€} + 3,150\text{€} + 5,000\text{€} + 50,000\text{€} + 1,575\text{€} + 1,575\text{€} \\ = 92,800\text{€}) \times 0,1 \Rightarrow$$

$$\text{Απρόβλεπτα} = 9,280\text{€}$$

Διανομή Κόστους για Καταστροφή



Εικόνα 13 Ποσοστιαία συνεισφορά κόστους για το στάδιο του τεμαχισμού

Συνολικό κόστος PMPC:

Συνολικό κόστος PMPC

$$= \text{Κόστος μηχανημάτων} + \text{Κόστος εγκατάστασης} \\ + \text{Κόστος εκπαίδευσης} + \text{Τροποποιήσεις υποδομής} \\ + \text{Κόστος αποστολής και χειρισμού} + \text{Διαχείριση έργου} \\ + \text{Απρόβλεπτα}$$

$$\text{Συνολικό κόστος PMPC (τεμαχισμός)} = 102,080\text{€}$$

4.2.5 Μέθοδος PMPC για το πέμπτο βήμα (Πλύσιμο και στέγνωμα)

Κόστος μηχανημάτων



Εικόνα 14 Πλύσιμο και στέγνωμα μπουκαλιών PET

Κόστος μηχανημάτων = Κόστος για τεμαχιστές PET =>

Κόστος μηχανημάτων = 12,500 €

Κόστος εγκατι

Κόστος εγκατάστ

= Κοστος μηχανηματων x ποσοστο για την εγκατάσταση =>

Κόστος εγκατάστασης = 12,500€ × 0.10 = 1,250€

Κόστος κατάρτισης

Κόστος κατάρτισης

*= Αριθμός διαφορετικών τύπων μηχανημάτων
× Κόστος κατάρτισης ανά τύπο μηχανής =>*

Κόστος κατάρτισης = 5,000€

Τροποποιήσεις υποδομής

Στην παρούσα εργασία ορίζεται ως **50,000€** ανά στάδιο (π.χ. για χώρο στάθμευσης) για να καλύψει τις ανάγκες για όλη την εγκατάσταση.

Κόστος αποστολής και χειρισμού

Κόστη μεταφοράς = Κόστος μηχανημάτων × % Διαχείρισης Αποστολής =>

$$\text{Κόστη μεταφοράς} = 625\text{€}$$

Διαχείριση έργου και διοικητικά έξοδα:

Διαχείριση έργου = Κόστος μηχανημάτων × Ποσοστό διαχείρισης έργου =>

$$\text{Διαχείριση έργου} = 625\text{€}$$

Κόστος απρόβλεπτων δαπανών:

Απρόβλεπτα

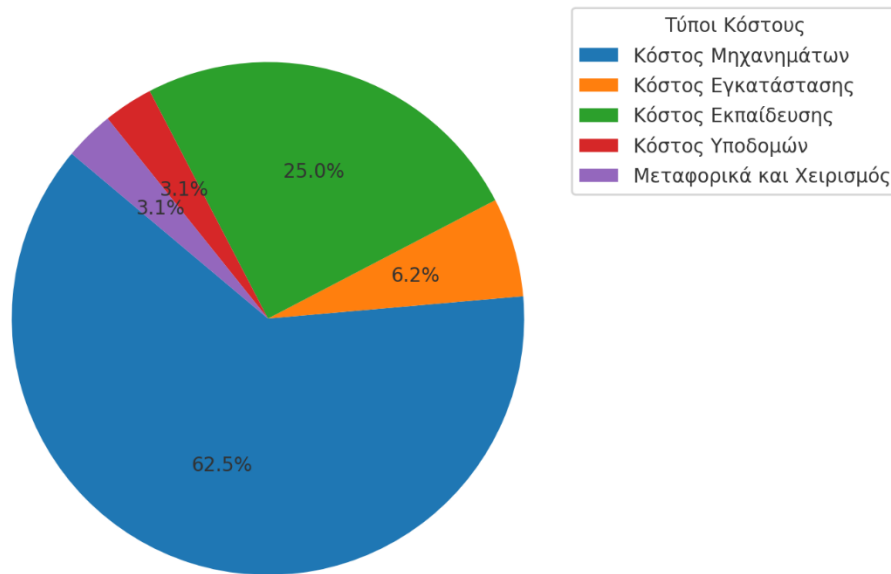
= (Συνολικό άμεσο και έμμεσο κόστος πριν από την απρόβλεπτη δαπάνη)

× Ποσοστό απρόβλεπτων δαπανών

$$\begin{aligned} \text{Απρόβλεπτα} &= (12,500\text{€} + 1,250\text{€} + 5,000\text{€} + 50,000\text{€} + 625\text{€} + 625\text{€} \\ &= 70,000\text{€}) \times 0,1 \Rightarrow \end{aligned}$$

$$\text{Απρόβλεπτα} = 7,000\text{€}$$

Διανομή Κόστους για Πλύσιμο και Στέγνωμα



Εικόνα 15 Ποσοστιαία συνεισφορά κόστους για το στάδιο του πλυσίματος & στεγνώματος

Συνολικό κόστος PMPC:

Το άθροισμα όλων των ανωτέρω δαπανών, που αντιπροσωπεύει το συνολικό εκτιμώμενο κόστος για τη προμήθεια, αποστολή αλλά και τη λειτουργία κάθε σταδίου της διαδικασίας ανακύκλωσης.

Συνολικό κόστος PMPC

$$\begin{aligned} &= \text{Κόστος μηχανημάτων} + \text{Κόστος εγκατάστασης} \\ &+ \text{Κόστος εκπαίδευσης} + \text{Τροποποιήσεις υποδομής} \\ &+ \text{Κόστος αποστολής και χειρισμού} + \text{Διαχείριση έργου} \\ &+ \text{Απρόβλεπτα} \end{aligned}$$

$$\text{Συνολικό κόστος PMPC (πλύσιμο&στεγνώμα)} = 77,000\text{€}$$

4.2.6 Μέθοδος PMPC για το έκτο βήμα (Λιώσιμο και πελλετοποίηση)

Κόστος μηχανημάτων



Εικόνα 16 Μηχάνημα για λιώσιμο και πελλετοποίηση μπουκαλιών PET

$$\text{Κόστος μηχανημάτων} = \text{Κόστος για τεμαχιστές PET} \Rightarrow$$

$$\text{Κόστος μηχανημάτων} = 44,000 \text{ €}$$

Κόστος εγκατάστασης και θέσης σε λειτουργία

Κόστος εγκατάστασης

$$= \text{Κόστος μηχανημάτων} \times \text{Ποσοστό για την εγκατάσταση} \Rightarrow$$

$$\text{Κόστος εγκατάστασης} = 44,000\text{€} \times 0.10 = 4,400\text{€}$$

Κόστος κατάρτισης

Κόστος κατάρτισης

$$= \text{Αριθμός διαφορετικών τύπων μηχανημάτων}$$

$$\times \text{Κόστος κατάρτισης ανά τύπο μηχανής} \Rightarrow$$

$$\text{Κόστος κατάρτισης} = 5,000\text{€}$$

Τροποποιήσεις υποδομής

Στην παρούσα εργασία ορίζεται ως **50,000€** ανά στάδιο (π.χ. για χώρο στάθμευσης) για να καλύψει τις ανάγκες για όλη την εγκατάσταση.

Κόστος αποστολής και χειρισμού

$$\text{Κόστη μεταφοράς} = \text{Κόστος μηχανημάτων} \times \% \text{ Διαχείρισης Αποστολής} \Rightarrow$$

$$\text{Κόστη μεταφοράς} = 2,200\text{€}$$

Διαχείριση έργου και διοικητικά έξοδα:

$$\text{Διαχείριση έργου} = \text{Κόστος μηχανημάτων} \times \text{Ποσοστό διαχείρισης έργου} =$$

$$> \text{Διαχείριση έργου} = 2,200\text{€}$$

Κόστος απρόβλεπτων δαπανών:

Απρόβλεπτα

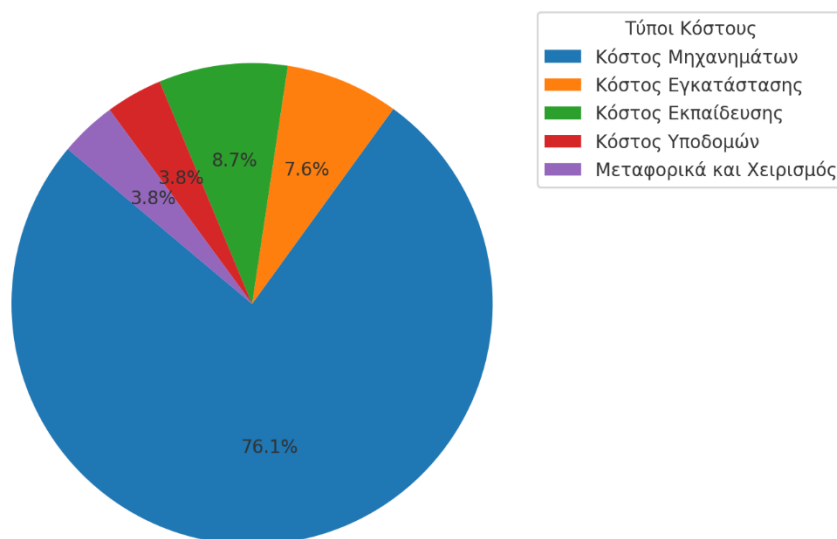
= (Συνολικό άμεσο και έμμεσο κόστος πριν από την απρόβλεπτη δαπάνη)

× Ποσοστό απρόβλεπτων δαπανών

$Απρόβλεπτα = (44,000€ + 4,400€ + 5,000€ + 50,000€ + 2,200€ + 2,200€ = 107,800€) \times 0,1 \Rightarrow$

$Απρόβλεπτα = 10,780€$

Διανομή Κόστους για Λιώσιμο και Παραγωγή Πέλετ



Εικόνα 17 Ποσοστιαία συνεισφορά κόστους για το στάδιο του λιώσιματος & παραγωγής πέλετ

Συνολικό κόστος PMPC:

Το άθροισμα όλων των ανωτέρω δαπανών, που αντιπροσωπεύει το συνολικό εκτιμώμενο κόστος για τη προμήθεια, αποστολή αλλά και τη λειτουργία κάθε σταδίου της διαδικασίας ανακύκλωσης.

Συνολικό κόστος PMPC

= Κόστος μηχανημάτων + Κόστος εγκατάστασης
+ Κόστος εκπαίδευσης + Τροποποιήσεις υποδομής
+ Κόστος αποστολής και χειρισμού + Διαχείριση έργου
+ Απρόβλεπτα

Συνολικό κόστος PMPC (λιώσιμο και πελλετοποίηση) = 118,580€

4.2.7 Μέθοδος PMPC για το έβδομο βήμα (Έλεγχος ποιότητας)

Κόστος μηχανημάτων



Εικόνα 18 Μηχάνημα για έλεγχο ποιότητας μπουκαλιών PET

Κόστος μηχανημάτων = Κόστος για τεμαχιστές PET =>

Κόστος μηχανημάτων = 8,750

Κόστος εγκατάστασης και θέσης σε λειτουργία

Κόστος εγκατάστασης

= Κόστος μηχανημάτων x Ποσοστό για την εγκατάσταση =>

Κόστος εγκατάστασης = 8,750€ × 0.10 = 875€

Κόστος κατάρτισης

Κόστος κατάρτισης

= Αριθμός διαφορετικών τύπων μηχανημάτων

× Κόστος κατάρτισης ανά τύπο μηχανής =>

Κόστος κατάρτισης = 5,000€

Τροποποιήσεις υποδομής

Στην παρούσα εργασία ορίζεται ως **50,000€** ανά στάδιο (π.χ. για χώρο στάθμευσης) για να καλύψει τις ανάγκες για όλη την εγκατάσταση.

Κόστος αποστολής και χειρισμού

Κόστη μεταφοράς = Κόστος μηχανημάτων × % Διαχείρισης Αποστολής =>

Κόστη μεταφοράς = 437,5€

Διαχείριση έργου και διοικητικά έξοδα:

$$\text{Διαχείριση έργου} = \text{Κόστος μηχανημάτων} \times \text{Ποσοστό διαχείρισης έργου} \Rightarrow$$

$$\text{Διαχείριση έργου} = 437,5\text{€}$$

Κόστος απρόβλεπτων δαπανών:

Απρόβλεπτα

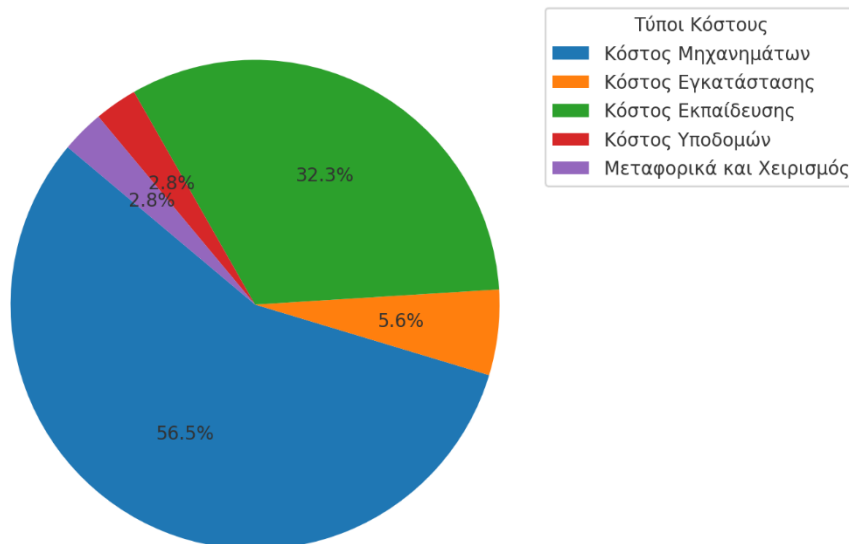
= (Συνολικό άμεσο και έμμεσο κόστος πριν από την απρόβλεπτη δαπάνη)

× Ποσοστό απρόβλεπτων δαπανών

$$\text{Απρόβλεπτα} = (8,750\text{€} + 875\text{€} + 5,000\text{€} + 50,000\text{€} + 437.50\text{€} \\ + 437.50\text{€} = 65,500\text{€}) \times 0,1 \Rightarrow$$

$$\text{Απρόβλεπτα} = 6,550\text{€}$$

Διανομή Κόστους για Έλεγχο Ποιότητας



Εικόνα 19 Ποσοστιαία συνεισφορά κόστους για το στάδιο του ελέγχου ποιότητας

Συνολικό κόστος PMPC:

Το άθροισμα όλων των ανωτέρω δαπανών, που αντιπροσωπεύει το συνολικό εκτιμώμενο κόστος για τη προμήθεια, αποστολή αλλά και τη λειτουργία κάθε σταδίου της διαδικασίας ανακύκλωσης.

Συνολικό κόστος PMPC

$$\begin{aligned} &= \text{Κόστος μηχανημάτων} + \text{Κόστος εγκατάστασης} \\ &+ \text{Κόστος εκπαίδευσης} + \text{Τροποποιήσεις υποδομής} \\ &+ \text{Κόστος αποστολής και χειρισμού} + \text{Διαχείριση έργου} \\ &+ \text{Απρόβλεπτα} \end{aligned}$$

$$\text{Συνολικό κόστος PMPC (Ποιοτικός Έλεγχος)} = 72,050\text{€}$$

4.2.8 Μέθοδος PMPC για το όγδοο βήμα (Παραγωγή προϊόντων)

Κόστος μηχανημάτων



Εικόνα 20 Μηχάνημα για παραγωγή μπουκαλιών PET

Κόστος μηχανημάτων = Κόστος για γραμμές εξώθησης =>

Κόστος μηχανημάτων = 37,500 €

Κόστος εγκατάστασης και θέσης σε λειτουργία

Κόστος εγκατάστασης

= Κόστος μηχανημάτων x Ποσοστό για την εγκατάσταση =>

Κόστος εγκατάστασης = 37,500€ × 0.10 = 3,750€

Κόστος κατάρτισης

Κόστος κατάρτισης

= Αριθμός διαφορετικών τύπων μηχανημάτων

× Κόστος κατάρτισης ανά τύπο μηχανής =>

Κόστος κατάρτισης = 5,000€

Τροποποιήσεις υποδομής

Στην παρούσα εργασία ορίζεται ως **50,000€** ανά στάδιο (π.χ. για χώρο στάθμευσης) για να καλύψει τις ανάγκες για όλη την εγκατάσταση.

Κόστος αποστολής και χειρισμού

Κόστη μεταφοράς = Κόστος μηχανημάτων × % Διαχείρισης Αποστολής =>

$$\text{Κόστη μεταφοράς} = 1,875\text{€}$$

Διαχείριση έργου και διοικητικά έξοδα:

$$\text{Διαχείριση έργου} = \text{Κόστος Μηχανημάτων} \times \text{Ποσοστό διαχείρισης έργου} =$$

$$>$$

$$\text{Διαχείριση έργου} = 1,875\text{€}$$

Κόστος απρόβλεπτων δαπανών:

Απρόβλεπτα

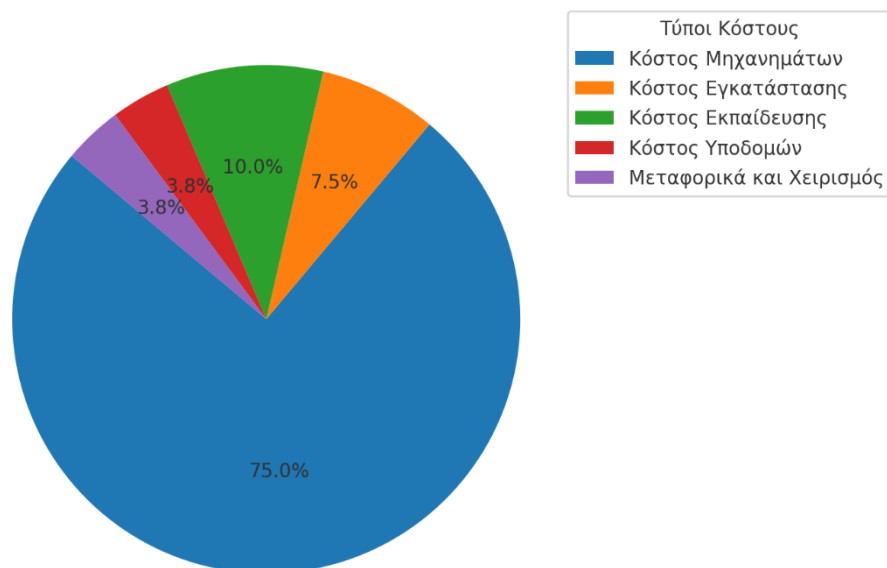
= (Συνολικό άμεσο και έμμεσο κόστος πριν από την απρόβλεπτη δαπάνη)

× Ποσοστό απρόβλεπτων δαπανών

$$\text{Απρόβλεπτα} = (37,500\text{€} + 3,750\text{€} + 5,000\text{€} + 0,000\text{€} + 1,875\text{€} + 1,875\text{€} = 100,000\text{€}) \times 0,1 \Rightarrow$$

$$\text{Απρόβλεπτα} = 10,000\text{€}$$

Διανομή Κόστους για Παραγωγή Προϊόντων



Εικόνα 21 Ποσοστιαία συνεισφορά κόστους για το στάδιο της παραγωγής προϊόντων

Συνολικό κόστος PMPC:

Το άθροισμα όλων των ανωτέρω δαπανών, που αντιπροσωπεύει το συνολικό εκτιμώμενο κόστος για τη προμήθεια, αποστολή αλλά και τη λειτουργία κάθε σταδίου της διαδικασίας ανακύκλωσης.

Συνολικό κόστος ΡΜΡC

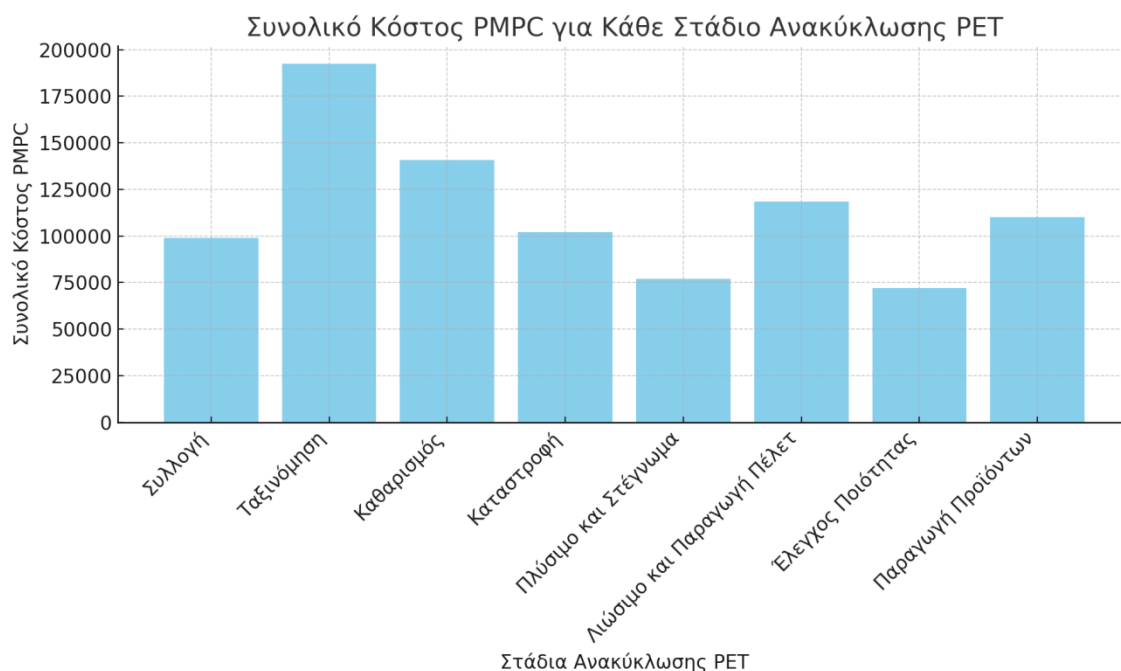
= Κόστος μηχανημάτων + Κόστος εγκατάστασης
+ Κόστος εκπαίδευσης + Τροποποιήσεις υποδομής
+ Κόστος αποστολής και χειρισμού + Διαχείριση έργου
+ Απρόβλεπτα

Συνολικό κόστος ΡΜΡC (Ποιοτικός Έλεγχος) = 110,000€

Τα αναλυτικά κόστη ανά στάδιο παρουσιάζονται στον **Πίνακα 2** και στο **Διάγραμμα 3**.

Πίνακας 3 Αναλυτικά κόστη ανά στάδιο

Βήμα	Κόστος Μηχανημάτων	Κόστος εγκατάστασης	Κόστος Εκπαίδευσης	Κόστος Υποδομής	Αποστολή και Διακίνηση	Διαχείριση έργου	Απρόβλεπτα	Συνολικό κόστος ΡΜΡC
Συλλογή	25,000 €	2,500 €	10,000 €	50,000 €	1,250 €	1,250 €	9,000 €	99,000 €
Ταξινόμηση	100,000 €	10,000 €	5,000 €	50,000 €	5,000 €	5,000 €	17,500 €	192,500 €
Καθάρισμα	52,500 €	5,250 €	15,000 €	50,000 €	2,625 €	2,625 €	12,800 €	140,800 €
Τεμαχισμός	31,500 €	3,150 €	5,000 €	50,000 €	1,575 €	1,575 €	9,280 €	102,080 €
Πλύσιμο και στέγνωμα	12,500 €	1,250 €	5,000 €	50,000 €	625 €	625 €	7,000 €	77,000 €
Τήξη και σφαιροποίηση	44,000 €	4,400 €	5,000 €	50,000 €	2,200 €	2,200 €	10,780 €	118,580 €
Έλεγχος ποιότητας	8,750 €	875 €	5,000 €	50,000 €	438 €	438 €	6,550 €	72,050 €
Κατασκευή Προϊόντων	37,500 €	3,750 €	5,000 €	50,000 €	1,875 €	1,875 €	10,000 €	110,000 €



Διάγραμμα 3 Συνολικό κόστος PMPC σε κάθε στάδιο ανακύκλωσης PET

Αυτό το διάγραμμα αναπαριστά οπτικά το συνολικό κόστος που συνδέεται με κάθε στάδιο της διαδικασίας ανακύκλωσης φιαλών PET. Το διάγραμμα αναδεικνύει αποτελεσματικά τη σχετική οικονομική επένδυση που απαιτείται σε κάθε στάδιο της διαδικασίας ανακύκλωσης. Ειδικότερα, στάδια όπως η "Διαλογή" και ο "Καθαρισμός" παρουσιάζουν σημαντικά υψηλότερο κόστος σε σύγκριση με άλλα, όπως ο "Ποιοτικός έλεγχος" και το "Πλύσιμο και στέγνωμα". Αυτή η διαφορά στο κόστος αντανακλά τη διαφορετική πολυπλοκότητα και τις απαιτήσεις σε πόρους κάθε σταδίου. Για παράδειγμα, το στάδιο "Διαλογή" απαιτεί εξελιγμένο εξοπλισμό, όπως οι διαχωριστές NIR, οδηγώντας σε υψηλότερο συνολικό κόστος. Το διάγραμμα χρησιμεύει ως πολύτιμο εργαλείο για την κατανόηση της κατανομής του κόστους σε όλη τη διαδικασία ανακύκλωσης PET, προσφέροντας πληροφορίες σχετικά με το ποια στάδια είναι τα πιο απαιτητικά σε πόρους και πού θα μπορούσαν να διερευνηθούν πιθανές βελτιστοποιήσεις του κόστους.

4.3 Υπολογισμός δεικτών περιβαλλοντικής λογιστικής για την μονάδα ανακύκλωσης PET

Η ανάλυσή μας ξεκίνησε με τον υπολογισμό του δείκτη ECI, ο οποίος προσέφερε πληροφορίες σχετικά με την ενεργειακή απόδοση της διαδικασίας ανακύκλωσης. Αξιολογώντας την ενέργεια που καταναλώνεται ανά μονάδα παραγωγής, μπορέσαμε να προσδιορίσουμε τη λειτουργική αποδοτικότητα και να εντοπίσουμε τα στάδια της διαδικασίας ανακύκλωσης που ήταν ιδιαίτερα ενεργοβόρα. Ο δείκτης αυτός χρησίμευσε ως κρίσιμο εργαλείο για τη συγκριτική αξιολόγηση της ενεργειακής χρήσης της εγκατάστασης σε σχέση με τα πρότυπα του κλάδου και για τον εντοπισμό πιθανών περιοχών για εξοικονόμηση ενέργειας και βελτίωση της αποδοτικότητας.

Ο δείκτης CFI, μια άλλη καίρια πτυχή της περιβαλλοντικής μας ανάλυσης, ποσοτικοποίησε τις συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που σχετίζονται με την ενεργειακή κατανάλωση της εγκατάστασης. Μεταφράζοντας τη χρήση ενέργειας σε εκπομπές ισοδύναμου CO₂, ο δείκτης αυτός παρείχε μια σαφή εικόνα του αποτυπώματος άνθρακα της εγκατάστασης. Ο δείκτης CFI ήταν απαραίτητος για την κατανόηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των λειτουργιών της εγκατάστασης και για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των μέτρων που αποσκοπούν στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Τέλος, ο δείκτης WUEI μας επέτρεψε να αξιολογήσουμε την αποτελεσματικότητα της χρήσης νερού εντός της εγκατάστασης. Σε μια εποχή όπου η εξοικονόμηση νερού είναι όλο και πιο κρίσιμη, ο δείκτης αυτός ανέδειξε τις πρακτικές διαχείρισης νερού της εγκατάστασης, απεικονίζοντας την ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται ανά μονάδα παραγωγής. Ο δείκτης WUEI συνέβαλε καθοριστικά στον εντοπισμό ευκαιριών για πρωτοβουλίες εξοικονόμησης νερού και στη διασφάλιση ότι οι λειτουργίες της εγκατάστασης ευθυγραμμίζονταν με τις αρχές της βιώσιμης χρήσης του νερού.

4.3.1 Δείκτης κατανάλωσης ενέργειας (ECI)

Για τον υπολογισμό του δείκτη κατανάλωσης ενέργειας (ECI) λαμβάνουμε υπ' όψιν τον παρακάτω πίνακα 3, που εμπεριέχει την ισχύ κάθε μηχανήματος που συνεισφέρει στην διαδικασία ανακύκλωσης μπουκαλιών PET. Οι συγκεκριμένες τιμές αντλήθηκαν μέσα από έρευνα αγοράς και διερευνήθηκαν με προμηθευτές για την εγκυρότητα και την τάξη μεγέθους τους.

Πίνακας 4 Απαραίτητη ισχύς ανά μηχάνημα

α/α	Διεργασία	Μηχανήματα	Κόστος	Ενέργεια (kW)
Στάδιο 1	Συλλογή	Φορτηγά	25,000	
		Κάδοι συλλογής	35	
Στάδιο 2	Ταξινόμηση	Διαλογείς NIR (Near Infrared).	100,000	36
Στάδιο 3	Καθάρισμα	Σταθμοί πλυσίματος	12,500	5
		Μύλοι	34,000	45
		Αφαίρεση ετικετών	6,000	50
Στάδιο 4	Τεμαχισμός	Καταστροφείς ή Κοκκοποιητές	31,500	45
Στάδιο 5	Πλύσιμο και στέγνωμα	Πλυντήρια	12,500	5
Στάδιο 6	Τήξη και σφαιροποίηση	Εξωθητήρες, ή σφαιροποιητές	44,000	50
Στάδιο 7	Έλεγχος ποιότητας	Μηχανές Φασματοσκοπίας	8,750	2
Στάδιο 8	Κατασκευή Προϊόντων	Γραμμές Εξώθησης	37,500	60
Σύνολο			311,785	298

Για τις ανάγκες της μοντελοποίησης και των υπολογισμών των ενεργειακών καταναλώσεων, χρησιμοποιούνται δύο σενάρια κατά τα οποία:

- **1ο σενάριο:** Η εγκατάσταση λειτουργεί συνέχεια καθ'όλη την διάρκεια ενός έτους. Επομένως, οι ώρες λειτουργίας είναι $365\text{days} \times 24\text{ hrs} = 8,760$ ώρες
- **2ο σενάριο:** Η εγκατάσταση λειτουργεί τις εργάσιμες μέρες ενός έτους. Επομένως, οι ώρες λειτουργίας αντιστοιχούν σε $265\text{days} \times 24\text{ hrs} = 6,360$ ώρες.

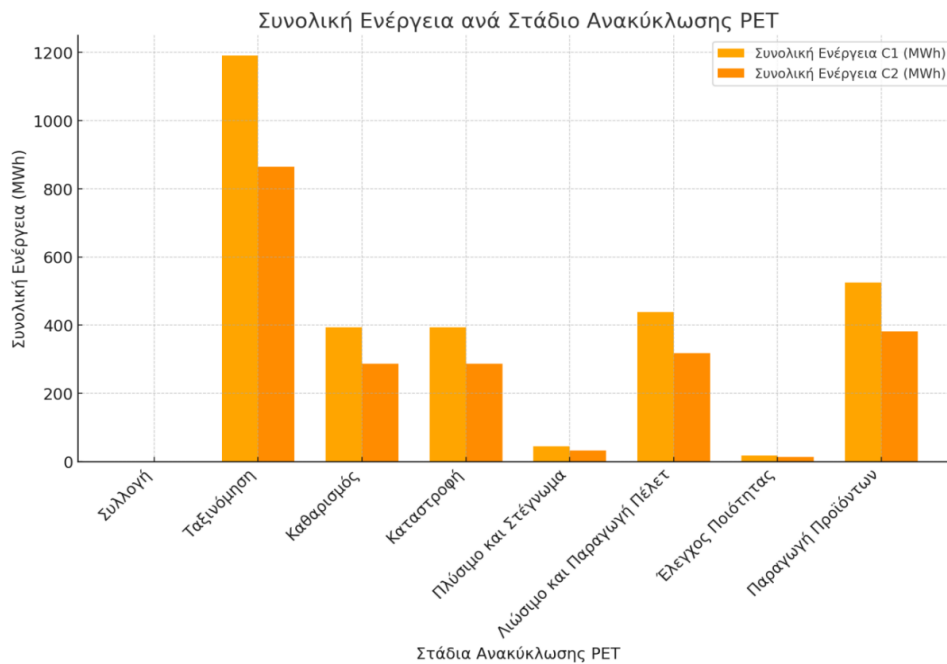
Τα αποτελέσματα από την μοντελοποίηση παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 4. Για τον υπολογισμό του κόστους ενέργειας χρησιμοποιήθηκε συντελεστής κόστους ενέργειας ανά μονάδα ενέργειας, δηλαδή **0.25€/kWh**.

Παρατηρώντας τον παρακάτω πίνακα, καταλήγουμε πως η ανάλυση των ενεργειακών πτυχών μιας εγκατάστασης ανακύκλωσης φιαλών PET, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 4, προσφέρει κρίσιμες πληροφορίες για τη λειτουργική δυναμική και τα ζητήματα βιωσιμότητας της διαδικασίας.

Πίνακας 5 Κατανάλωση και κόστος ενέργειας ανά στάδιο κι ανά σενάριο

α/α	Διεργασία	Μηχανήματα	Ενέργεια (kW)	Συνολική ενέργεια Σ1 (MWh)	Συνολική ενέργεια Σ2 (MWh)	Κόστος Ενέργειας Σ1	Κόστος Ενέργειας Σ2
Στάδιο 1	Συλλογή	Φορτηγά					
		Κάδοι συλλογής					
Στάδιο 2	Ταξινόμηση	Διαλογείς NIR (Near Infrared).	36	315.36	228.96	78,840 €	57,240 €
Στάδιο 3	Καθάρισμα	Σταθμοί πλυσίματος	5	43.8	31.8	10,950 €	7,950 €
		Μύλοι	45	394.2	286.2	98,550 €	71,550 €
		Αφαίρεση ετικετών	50	438	318	109,500 €	79,500 €
Στάδιο 4	Τεμαχισμός	Καταστροφείς ή Κοκκοποιητές	45	394.2	286.2	98,550 €	71,550 €
Στάδιο 5	Πλύσιμο και στέγνωμα	Πλυντήρια	5	43.8	31.8	10,950 €	7,950 €
Στάδιο 6	Τήξη και σφαιροποίηση	Εξωθητήρες, ή σφαιροποιητές	50	438	318	109,500 €	79,500 €
Στάδιο 7	Έλεγχος ποιότητας	Μηχανές Φασματοσκοπίας	2	17.52	12.72	4,380 €	3,180 €
Στάδιο 8	Κατασκευή Προϊόντων	Γραμμές Εξώθησης	60	525.6	381.6	131,400 €	95,400 €
Σύνολο			298	2610.48	1895.28	652,620 €	473,820 €

Ειδικότερα, τα στάδια της διαλογής, του τεμαχισμού, της τήξης και της σφαιροποίησης, καθώς και της παραγωγής προϊόντων αναδεικνύονται ως τα πιο ενεργοβόρα συστατικά της διαδικασίας ανακύκλωσης. Τα στάδια αυτά χρησιμοποιούν μηχανήματα που απαιτούν σημαντική εισροή ενέργειας, με το στάδιο της διαλογής να χρησιμοποιεί διαχωριστές NIR που λειτουργούν με 36 kW, τα στάδια του τεμαχισμού και της παραγωγής προϊόντων να χρησιμοποιούν μηχανήματα με 45 kW και 60 kW αντίστοιχα, και το στάδιο της τήξης και της πελλετοποίησης να απαιτεί 50 kW. Αυτή η υψηλή κατανάλωση ενέργειας αντικατοπτρίζει τον πολύπλοκο και απαιτητικό σε πόρους χαρακτήρα αυτών των διαδικασιών, οι οποίες είναι καθοριστικές για τη μετατροπή των συλλεγόμενων φιαλών PET σε επαναχρησιμοποιήσιμα υλικά και τελικά προϊόντα.



Διάγραμμα 4 Συνολική κατανάλωση ενέργειας ανά στάδιο

Η συνολική κατανάλωση ενέργειας σε αυτά τα στάδια ποσοτικοποιείται με βάση δύο σενάρια λειτουργίας, Σ1 και Σ2, τα οποία διαφέρουν ως προς τις ετήσιες ώρες λειτουργίας τους. Η ανάλυση με βάση τα σενάρια υπογραμμίζει την άμεση συσχέτιση μεταξύ της διάρκειας λειτουργίας και της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται. Τα στάδια με υψηλότερες λειτουργικές ενεργειακές απαιτήσεις, όπως η διαλογή, ο τεμαχισμός, η τήξη και η πελλετοποίηση και η παραγωγή προϊόντων, παρουσιάζουν σημαντική αύξηση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στο σενάριο πλήρων ωρών λειτουργίας (Σ1) σε σύγκριση με το σενάριο μειωμένων ωρών λειτουργίας (Σ2). Η διαφοροποίηση αυτή αναδεικνύει τον αντίκτυπο των ωρών λειτουργίας στο συνολικό ενεργειακό αποτύπωμα της διαδικασίας ανακύκλωσης.

Παρατηρούμε πως η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας για την εγκατάσταση ισούται με:

$$\begin{aligned} \text{Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας (Σ1)} &= \text{Ενεργειακή ζήτηση} \times \text{Ώρες λειτουργίας} \\ \Rightarrow \text{Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας} &= 2.610,48 \text{ MWh/yr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας (Σ2)} &= \text{Ενεργειακή ζήτηση} \times \text{Ώρες λειτουργίας} \\ \Rightarrow \text{Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας} &= 1.895,28 \text{ MWh/yr} \end{aligned}$$

Για τον υπολογισμό του δείκτη ECI, διαιρούμε την δυναμικότητα της μονάδας με το βάρος ενός μπουκαλιού PET (<https://www.woodmac.com/news/feature/aluminium-vs-plastic-who-will-win-the-water-bottle-war/>) θα κανονικοποιήσουμε την κατανάλωση ενέργειας ανά μπουκάλι PET ώστε να ευνοούνται οι συγκρίσεις με άλλες πρότυπες μονάδες και να μπορεί να φανεί αξιόλογος για τους σκοπούς της περιβαλλοντικής λογιστικής.

Για 5000 kg/hr και μέσο βάρος φιάλης 0,02 kg, το σύνολο ανέρχεται σε περίπου 2.190.000.000 φιάλες που επεξεργάζονται σε ένα έτος, το οποίο αντιστοιχεί σε περίπου **0,001192 kWh ανά φιάλη**.

Ο δείκτης ECI είναι ένα άμεσο μέτρο της ενεργειακής απόδοσης των διεργασιών της εγκατάστασης. Ο δείκτης ECI 0,001192 kWh ανά φιάλη είναι αρκετά χαμηλός, υποδεικνύοντας υψηλό επίπεδο ενεργειακής απόδοσης στη λειτουργία ανακύκλωσης. Καταδεικνύει ότι η εγκατάσταση διαχειρίζεται αποτελεσματικά τη χρήση ενέργειας, γεγονός που είναι κρίσιμο δεδομένης της αύξησης του κόστους της ενέργειας και της παγκόσμιας έμφασης στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για περιβαλλοντική βιωσιμότητα.

Ο υπολογισμένος δείκτης ECI χρησιμεύει επίσης ως αξιολόγηση των υφιστάμενων πρακτικών και τεχνολογιών της εγκατάστασης. Τα αποτελέσματα του ECI είναι ελπιδοφόρα, αλλά αποτελούν μόνο ένα μέρος ενός ολοκληρωμένου προφίλ βιωσιμότητας και αποδοτικότητας. Για να ενισχύσει περαιτέρω την περιβαλλοντική της διαχείριση, η εγκατάσταση θα μπορούσε να εξετάσει το ενδεχόμενο εφαρμογής ενός συστήματος ενεργειακής διαχείρισης σύμφωνα με τα πρότυπα ISO 50001, και να διερευνήσει πρόσθετες δυνατότητες ανάκτησης ενέργειας και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Δείκτης ανθρακικού αποτυπώματος (CFI)

Θεωρώντας πως ο δείκτης ισοδύναμων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα για την χρήση του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα για το 2023 ισούται με 0,344gr/kWh, υπολογίζουμε τον δείκτη του ανθρακικού αποτυπώματος (Πίνακας 5).

Ο δείκτης αποτυπώματος άνθρακα (CFI) χρησιμεύει ως κρίσιμο μέτρο για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων μιας εγκατάστασης ανακύκλωσης μπουκαλιών PET. Αυτή η ολοκληρωμένη μέτρηση περιλαμβάνει τις συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που προκύπτουν από τη χρήση ενέργειας της εγκατάστασης. Ο CFI αντικατοπτρίζει τη συμβολή της εγκατάστασης στην κλιματική αλλαγή, παρέχοντας μια βάση για τη μέτρηση της αποτελεσματικότητας των στρατηγικών που εφαρμόζονται για την ελαχιστοποίηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Ένας καλά διαχειριζόμενος CFI καταδεικνύει την αφοσίωση της εγκατάστασης στην περιβαλλοντική διαχείριση και τη δέσμευσή της σε βιώσιμες πρακτικές. Αποτελεί ανεκτίμητη μέτρηση για τα ενδιαφερόμενα μέρη, συμπεριλαμβανομένων των ρυθμιστικών φορέων, των καταναλωτών και των επενδυτών, οι οποίοι εστιάζουν όλο και περισσότερο στο αποτύπωμα άνθρακα των δραστηριοτήτων τους και των επιχειρηματικών τους εταίρων.

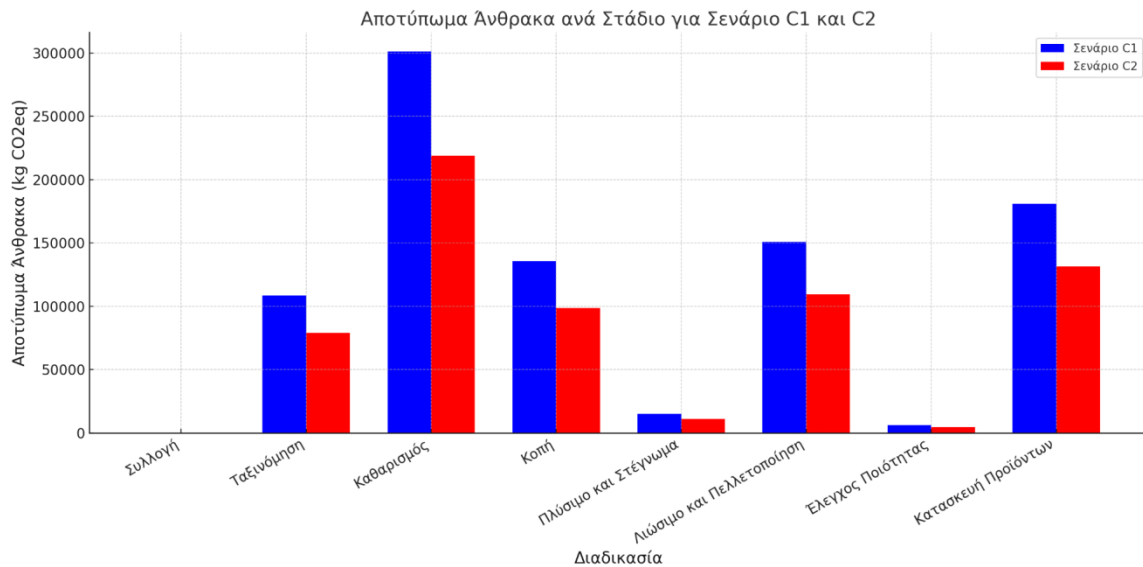
Πίνακας 6 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα ανά διεργασία κι ανά σενάριο

α/α	Διεργασία	Μηχανήματα	Ενέργεια (kW)	Κόστος Ενέργειας Σ1	Κόστος Ενέργειας Σ2
Στάδιο 1	Συλλογή	Φορτηγά			
		Κάδοι συλλογής			
Στάδιο 2	Ταξινόμηση	Διαλογείς NIR (Near Infrared).	36	108.48	78.76
Στάδιο 3	Καθάρισμα	Σταθμοί πλυσίματος	5	15.07	10.94
		Μύλοι	45	135.60	98.45
		Αφαίρεση ετικετών	50	150.67	109.39
Στάδιο 4	Τεμαχισμός	Καταστροφείς ή Κοκκοποιητές	45	135.60	98.45
Στάδιο 5	Πλύσιμο και στέγνωμα	Πλυντήρια	5	15.07	10.94
Στάδιο 6	Τήξη και σφαιροποίηση	Εξωθητήρες, ή σφαιροποιητές	50	150.67	109.39
Στάδιο 7	Έλεγχος ποιότητας	Μηχανές Φασματοσκοπίας	2	6.03	4.38
Στάδιο 8	Κατασκευή Προϊόντων	Γραμμές Εξώθησης	60	180.81	131.27
Σύνολο			298	898.01	651.98

Τα παρεχόμενα δεδομένα απεικονίζουν το αποτύπωμα άνθρακα μιας εγκατάστασης ανακύκλωσης φιαλών PET σε διάφορα στάδια της λειτουργίας της, όπως μετράται σε μετρικούς τόνους ισοδύναμου CO₂ (tn CO₂eq) για δύο διαφορετικά σενάρια λειτουργίας: C1 και C2.

Στην παρούσα ανάλυση μιας εγκατάστασης ανακύκλωσης, ορισμένα στάδια παρουσιάζουν σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις λόγω του υψηλού αποτυπώματος άνθρακα. Το στάδιο της διαλογής, που χρησιμοποιεί διαχωριστές εγγύς υπέρυθρης ακτινοβολίας (NIR), και το στάδιο του καθαρισμού, που περιλαμβάνει σταθμούς πλύσης, μύλους και συσκευές αφαίρεσης ετικετών, είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρα. Οι συσκευές αφαίρεσης ετικετών στο στάδιο καθαρισμού συμβάλλουν περισσότερο στο αποτύπωμα άνθρακα. Ομοίως, τα στάδια τεμαχισμού και τήξης, στα οποία χρησιμοποιούνται τεμαχιστές και εξωθητές, έχουν επίσης υψηλό αποτύπωμα άνθρακα λόγω της σημαντικής ενέργειας που απαιτείται για τη διάσπαση και τη μετατροπή των πλαστικών υλικών.

Αντίθετα, το στάδιο πλύσης και ξήρασης έχει χαμηλότερο αποτύπωμα άνθρακα, παρόμοιο με το αρχικό στάδιο καθαρισμού, υποδηλώνοντας μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ωστόσο, το στάδιο της κατασκευής του προϊόντος, που περιλαμβάνει γραμμές εξώθησης, έχει ως αποτέλεσμα το υψηλότερο αποτύπωμα άνθρακα από όλα τα στάδια, υποδεικνύοντας ότι ο τελικός μετασχηματισμός των ανακυκλωμένων υλικών σε νέα προϊόντα είναι η φάση με τη μεγαλύτερη ένταση άνθρακα.



Διάγραμμα 5 Αποτύπωμα άνθρακα ανά στάδιο

Ο ποιοτικός έλεγχος, ο οποίος χρησιμοποιεί μηχανήματα φασματομετρίας, έχει το χαμηλότερο αποτύπωμα άνθρακα, γεγονός που υποδηλώνει ότι είναι το λιγότερο ενεργοβόρο στάδιο. Τα επιχειρησιακά δεδομένα αποκαλύπτουν ότι το αποτύπωμα άνθρακα για κάθε στάδιο είναι χαμηλότερο στο σενάριο G2 σε σύγκριση με το G1, πιθανότατα λόγω των μειωμένων ωρών λειτουργίας στο G2. Αυτό αναδεικνύει την άμεση συσχέτιση μεταξύ του χρόνου λειτουργίας και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, προσφέροντας μια σαφή διέξοδο για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων με την προσαρμογή των επιχειρησιακών προγραμμάτων.

Τα δεδομένα παρέχουν εικόνα ότι τα πιο ενεργοβόρα στάδια - η διαλογή, ο καθαρισμός, ο τεμαχισμός, η τήξη και η παραγωγή προϊόντων - είναι επίσης οι κύριοι συντελεστές του αποτυπώματος άνθρακα της εγκατάστασης. Αυτές οι γνώσεις είναι ζωτικής σημασίας για τον εντοπισμό πιθανών περιοχών για τη βελτιστοποίηση της ενέργειας και τη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα, ιδίως στα στάδια με τις υψηλότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Τα μέτρα θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν επενδύσεις σε πιο ενεργειακά αποδοτικά μηχανήματα, βελτιστοποίηση των ωρών λειτουργίας και ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Για επεξεργασία 5000 kg/ώρα και μέσο βάρος φιάλης 0,02 kg, επεξεργάζονται περίπου 2,19 δισεκατομμύρια φιάλες ετησίως, που ισοδυναμεί με περίπου 0,0205 kg ισοδύναμου CO₂ ανά φιάλη. Η αναλογία αυτή αντιπροσωπεύει τον δείκτη ανθρακικού αποτυπώματος ανά χιλιόγραμμο επεξεργασμένης φιάλης PET, λαμβάνοντας υπόψη τις συνολικές εκπομπές CO₂ για τη λειτουργία (898.010 τόνοι ισοδύναμου CO₂) έναντι της μέγιστης λειτουργικής ικανότητας της εγκατάστασης (υποθέτοντας 8760 ώρες λειτουργίας σε 5000 kg/hr). Ο δείκτης αυτός είναι μια σημαντική μετρική, καθώς συγκρίνει την αποδοτικότητα της εγκατάστασης ως προς τον άνθρακα και παρέχει ένα απτό μέτρο που μπορεί να συγκριθεί με τα πρότυπα του κλάδου ή να χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό στόχων βελτίωσης. Για παράδειγμα,

ένας χαμηλότερος δείκτης ανθρακικού αποτυπώματος θα υποδείκνυε μια πιο φιλική προς το περιβάλλον λειτουργία, υποδηλώνοντας λιγότερες εκπομπές CO₂ ανά μονάδα επεξεργασμένου υλικού. Αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί με διάφορα μέσα, όπως η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ή η βελτιστοποίηση των επιχειρησιακών διαδικασιών.

4.3.2 Δείκτης αποδοτικότητας χρήσης νερού (WUEI)

Ο Δείκτης Αποδοτικότητας Χρήσης Νερού (WUEI) για κάθε σχετική διεργασία στην εγκατάσταση ανακύκλωσης φιαλών PET υπολογίστηκε με βάση τις φανταστικές τιμές ζήτησης νερού που παρέχονται για τα σενάρια Γ1 και Γ2. Ο δείκτης WUEI είναι ένα μέτρο των λίτρων νερού που χρησιμοποιούνται ανά χιλιόγραμμο επεξεργασμένου PET.

Για τους υπολογισμούς:

- Η ζήτηση νερού για τη διαδικασία **καθαρισμού** είναι 5000 λίτρα ανά ώρα για το C1 και 4500 λίτρα ανά ώρα για το C2.
- Η ζήτηση νερού για το **πλύσιμο και το στέγνωμα** είναι 3000 λίτρα ανά ώρα για το C1 και 2700 λίτρα ανά ώρα για το C2.
- Η ζήτηση νερού για την **τήξη και τη σφαιροποίηση** είναι 4000 λίτρα ανά ώρα για το C1 και 3600 λίτρα ανά ώρα για το C2.

Δεδομένου ότι η μονάδα λειτουργεί με δυναμικότητα 5000 kg ανά ώρα, ο δείκτης WUEI υπολογίζεται διαιρώντας την ωριαία ζήτηση νερού με την ωριαία δυναμικότητα επεξεργασίας. Ακολουθεί ο προκύπτων πίνακας 6 του δείκτη αποδοτικότητας χρήσης νερού (WUEI) για τις συγκεκριμένες διεργασίες και στα δύο σενάρια:

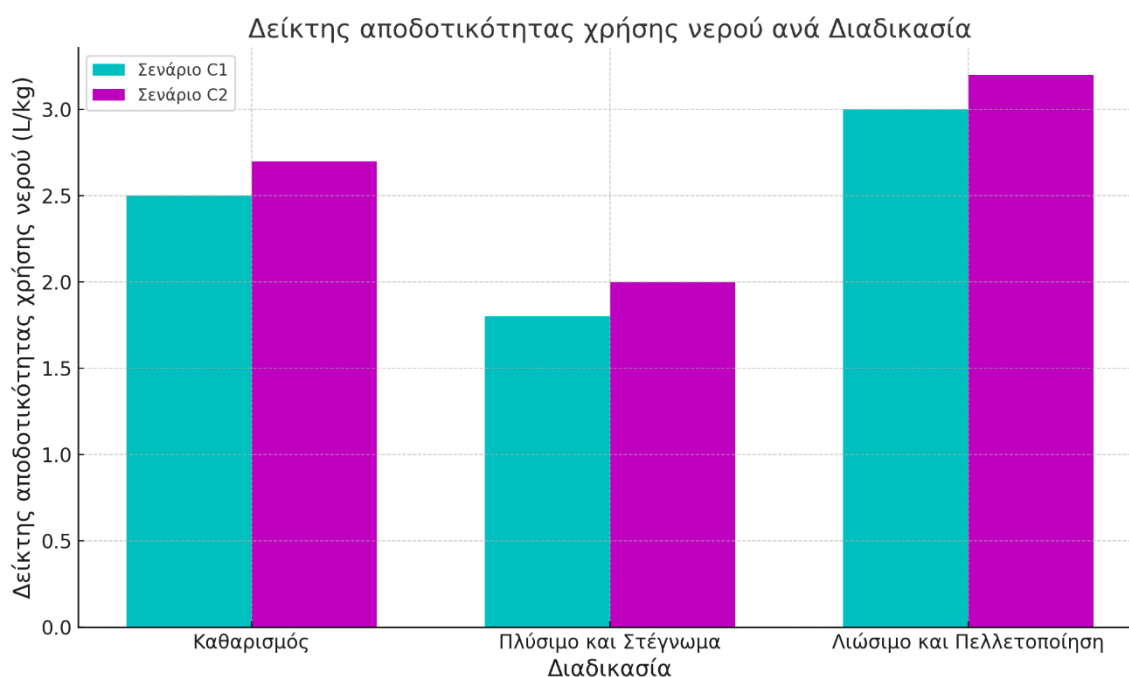
Πίνακας

Πίνακας 7 Δείκτης αποδοτικότητας χρήσης νερού ανά στάδιο κι ανά σενάριο

Process	WUEI (L/kg)	Σ1 WUEI (L/kg)	Σ2 WUEI (L/kg)
Καθαρισμός (Cleaning)	1.0		0.90
Πλύσιμο και Στέγνωμα (Washing and Drying)	0.6		0.54
Λιώσιμο και Πελλετοποίηση (Melting and Pelletizing)	0.8		0.72

Ο δείκτης WUEI παρέχει πληροφορίες για την αποδοτικότητα της διαδικασίας ανακύκλωσης όσον αφορά το νερό, με χαμηλότερες τιμές να υποδηλώνουν αποδοτικότερη χρήση νερού ανά μονάδα παραγωγής. Οι δείκτες αυτοί είναι ζωτικής σημασίας για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας της κατανάλωσης νερού της εγκατάστασης και για τον εντοπισμό πιθανών περιοχών για βελτίωση της εξοικονόμησης νερού.

Στα συγκεκριμένα δεδομένα, οι τιμές του δείκτη WUEI στα διάφορα στάδια της διαδικασίας ανακύκλωσης ποικίλλουν, με το στάδιο καθαρισμού να παρουσιάζει δείκτη WUEI 1,0 L/kg στο πρώτο σενάριο (C1) και 0,9 L/kg στο δεύτερο (C2) (**Διάγραμμα 6**). Τα στοιχεία αυτά υποδηλώνουν ότι κάθε φιάλη PET που επεξεργάζεται στο στάδιο καθαρισμού απαιτεί ένα λίτρο νερού στο πρώτο σενάριο, το οποίο βελτιώνεται οριακά στο δεύτερο σενάριο. Η βελτίωση αυτή υποδηλώνει ότι η εγκατάσταση μπορεί να χρησιμοποιεί πιο αποτελεσματικές στρατηγικές ή τεχνολογίες διαχείρισης του νερού κατά τη φάση καθαρισμού για το σενάριο C2, όπως ενισχυμένη ανακυκλοφορία νερού ή αποτελεσματικότερη χρήση συστημάτων επεξεργασίας νερού.



Διάγραμμα 6 Δείκτης αποδοτικότητας χρήσης νερού ανά διεργασία

Το στάδιο πλύσης και ξήρανσης παρουσιάζει WUEI 0,6 L/kg για το C1 και 0,54 L/kg για το C2, υποδεικνύοντας ότι η διαδικασία αυτή είναι συγκριτικά πιο αποδοτική ως προς το νερό από το στάδιο καθαρισμού. Η χαμηλότερη τιμή του δείκτη αντικατοπτρίζει καλά την ικανότητα της εγκατάστασης να χρησιμοποιεί το νερό με σύνεση κατά τη διάρκεια αυτών των διεργασιών, και η περαιτέρω μείωση στο C2 υποδηλώνει πρόσθετες βελτιστοποιήσεις ή αυστηρότερα μέτρα εξοικονόμησης νερού.

Το στάδιο τήξης και σφαιροποίησης παρουσιάζει δείκτη WUEI 0,8 L/kg για το C1 και βελτιώνεται σε 0,72 L/kg για το C2, το οποίο είναι αξιοσημείωτο δεδομένου ότι αυτή η διαδικασία είναι συνήθως λιγότερο υδροβόρα από το πλύσιμο. Ο δείκτης WUEI εδώ μπορεί να επηρεάζεται από τη χρήση νερού στα συστήματα ψύξης, τα οποία είναι απαραίτητα για τη διαδικασία πελλετοποίησης. Η μείωση στο δεύτερο σενάριο θα μπορούσε να αποδοθεί στην υιοθέτηση πιο προηγμένων, αποδοτικών ως προς το νερό τεχνολογιών ψύξης ή στην εφαρμογή ενός συστήματος κλειστού κύκλου που μειώνει τη σπατάλη νερού.

Οι διακυμάνσεις του WUEI μεταξύ των δύο σεναρίων για κάθε διεργασία παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τις λειτουργικές προσαρμογές της εγκατάστασης και τις πιθανές αποδοτικότητες που επιτυγχάνονται μέσω της μείωσης των ωρών λειτουργίας ή της βελτιωμένης διαχείρισης της διεργασίας στο C2. Τα δεδομένα υποδηλώνουν ότι υπάρχουν ευκαιρίες για μείωση της χρήσης νερού, ιδίως στο στάδιο του καθαρισμού, που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε σημαντική συνολική εξοικονόμηση νερού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο: Συμπεράσματα, Περιορισμοί & Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα

5.1 Συμπεράσματα

Στο πλαίσιο της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας και της λειτουργικής αποδοτικότητας, η αξιολόγηση συγκεκριμένων δεικτών απόδοσης σε μια εγκατάσταση ανακύκλωσης φιαλών PET είναι ζωτικής σημασίας. Οι δείκτες αυτοί, ιδίως ο δείκτης ανθρακικού αποτυπώματος (CFI), ο δείκτης κατανάλωσης ενέργειας (ECI) και ο δείκτης αποδοτικότητας χρήσης νερού (WUEI), χρησιμεύουν ως σημεία αναφοράς για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και της χρήσης των πόρων της εγκατάστασης. Η ενσωμάτωση αυτών των δεικτών σε μια διαδικασία πιστοποίησης ISO υπογραμμίζει τη δέσμευση της εγκατάστασης για συνεχή βελτίωση και τήρηση των διεθνών προτύπων. Μια καλά δομημένη προσέγγιση για τη διαχείριση και τη βελτίωση αυτών των δεικτών, ευθυγραμμισμένη με τις απαιτήσεις της πιστοποίησης ISO, όχι μόνο ενισχύει τις περιβαλλοντικές και λειτουργικές επιδόσεις της εγκατάστασης, αλλά υποστηρίζει επίσης τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα και την τοποθέτηση στην αγορά.

Ο CFI παρέχει ένα μέτρο των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που σχετίζονται με κάθε κιλό υλικού PET που υφίσταται επεξεργασία. Αποτελεί άμεσο δείκτη της συμβολής της εγκατάστασης στην κλιματική αλλαγή και συμβάλλει καθοριστικά στον εντοπισμό των σταδίων της διαδικασίας ανακύκλωσης που είναι τα πιο ανθρακούχα. Αξιολογώντας το CFI, η εγκατάσταση μπορεί να εφαρμόσει στοχευμένες στρατηγικές για τη μείωση των εκπομπών, όπως η βελτιστοποίηση της χρήσης ενέργειας, η μετάβαση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ή η βελτίωση της απόδοσης των μηχανημάτων ανακύκλωσης.

Ο δείκτης ECI αξιολογεί την ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για την επεξεργασία μιας μονάδας υλικού PET. Αυτός ο δείκτης είναι κρίσιμος για τον εντοπισμό των περιοχών εντός της εγκατάστασης όπου μπορεί να ελαχιστοποιηθεί η κατανάλωση ενέργειας. Χαμηλότερες τιμές ECI αντικατοπτρίζουν υψηλότερη ενεργειακή απόδοση, συμβάλλοντας στην εξοικονόμηση κόστους και σε περιβαλλοντικά οφέλη. Οι στρατηγικές για τη βελτίωση του δείκτη ECI μπορεί να περιλαμβάνουν την

αναβάθμιση σε πιο ενεργειακά αποδοτικό εξοπλισμό, τη βελτίωση της ολοκλήρωσης της διαδικασίας ή την ανάκτηση ενέργειας από την απορριπτόμενη θερμότητα.

Ο δείκτης WUEI μετρά τον όγκο του νερού που χρησιμοποιείται ανά μονάδα επεξεργασμένου PET. Αποτελεί βασικό δείκτη για την αξιολόγηση της διαχείρισης του νερού από την εγκατάσταση, υποδεικνύοντας πόσο αποτελεσματικά χρησιμοποιείται το νερό στη διαδικασία ανακύκλωσης. Ένας χαμηλότερος δείκτης WUEI υποδηλώνει πιο αποτελεσματική χρήση του νερού, η οποία όχι μόνο εξοικονομεί έναν ζωτικό πόρο αλλά και μειώνει το συνολικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα της εγκατάστασης. Βελτιώσεις στον δείκτη WUEI μπορούν να επιτευχθούν μέσω μέτρων όπως η ανακύκλωση νερού, η χρήση συστημάτων ψύξης κλειστού κυκλώματος και η εφαρμογή προηγμένων τεχνολογιών επεξεργασίας νερού.

Η ενσωμάτωση αυτών των δεικτών στο πλαίσιο πιστοποίησης ISO, όπως το ISO 14001 για τα συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης, καταδεικνύει μια στιβαρή προσέγγιση στην περιβαλλοντική διακυβέρνηση και τη διαχείριση των πόρων. Η διαδικασία πιστοποίησης κατά ISO απαιτεί συστηματική αξιολόγηση των περιβαλλοντικών πτυχών και επιπτώσεων της εγκατάστασης, θέτοντας στόχους βελτίωσης με βάση τους δείκτες που αναφέρθηκαν παραπάνω. Περιλαμβάνει τη δημιουργία ενός αποτελεσματικού συστήματος διαχείρισης που περιλαμβάνει την ανάπτυξη πολιτικής, τον προγραμματισμό και τους λειτουργικούς ελέγχους, όλα με στόχο την ενίσχυση των περιβαλλοντικών επιδόσεων.

Επιπλέον, η επιδίωξη της πιστοποίησης ISO μπορεί να ενισχύσει τη φήμη και την αξιοπιστία της εγκατάστασης, να προσφέρει ανταγωνιστικό πλεονέκτημα και να διασφαλίσει τη συμμόρφωση με τις νομικές και κανονιστικές απαιτήσεις. Ευθυγραμμίζει επίσης τις λειτουργίες της εγκατάστασης με τους ευρύτερους στόχους της βιώσιμης ανάπτυξης και της εταιρικής κοινωνικής ευθύνης.

Η ενσωμάτωση των CFI, ECI και WUEI στο πλαίσιο υποβολής εκθέσεων GRI όχι μόνο υπογραμμίζει τη δέσμευση της εγκατάστασης για βιώσιμες πρακτικές, αλλά και ενισχύει τη δέσμευση των ενδιαφερόμενων μερών και ευθυγραμμίζει τον οργανισμό με τους παγκόσμιους στόχους βιωσιμότητας. Αυτή η δομημένη προσέγγιση στην υποβολή εκθέσεων ενισχύει τη λογοδοσία και τη συνεχή βελτίωση των περιβαλλοντικών επιδόσεων, τοποθετώντας την εγκατάσταση ως υπεύθυνο και διαφανή παράγοντα στον κλάδο της ανακύκλωσης.

Η ενσωμάτωση του Δείκτη Ανθρακικού Αποτυπώματος (CFI), του Δείκτη Κατανάλωσης Ενέργειας (ECI) και του Δείκτη Αποδοτικότητας Χρήσης Νερού (WUEI) στο πλαίσιο της Παγκόσμιας Πρωτοβουλίας για την Υποβολή Εκθέσεων (GRI) ενισχύει σημαντικά την υποβολή εκθέσεων βιωσιμότητας και τη διαφάνεια μιας εγκατάστασης ανακύκλωσης φιαλών PET. Το GRI, ένα κορυφαίο πρότυπο για την υποβολή εκθέσεων βιωσιμότητας, παρέχει ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο για τους οργανισμούς ώστε να επικοινωνούν τον αντίκτυπό τους σε κρίσιμα ζητήματα

βιωσιμότητας, συμπεριλαμβανομένων των περιβαλλοντικών επιδόσεων, της κατανάλωσης ενέργειας και της χρήσης πόρων.

Ο Δείκτης Ανθρακικού Αποτυπώματος ευθυγραμμίζεται άμεσα με αρκετούς δείκτες GRI, ιδίως εκείνους που σχετίζονται με τις εκπομπές και την κλιματική αλλαγή. Η αναφορά του CFI σύμφωνα με το πλαίσιο GRI επιτρέπει στην εγκατάσταση να γνωστοποιεί τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε μια δομημένη και παγκοσμίως αναγνωρισμένη μορφή. Αυτό όχι μόνο αποδεικνύει τη δέσμευση της εγκατάστασης για τη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα, αλλά παρέχει επίσης στα ενδιαφερόμενα μέρη σαφή και συγκρίσιμα δεδομένα σχετικά με τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο της. Το πλαίσιο GRI ενθαρρύνει τη λεπτομερή υποβολή εκθέσεων, οι οποίες θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με πρωτοβουλίες για τη μείωση των εκπομπών, επενδύσεις σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και προσπάθειες για τη βελτίωση της λειτουργικής αποδοτικότητας.

Ο δείκτης κατανάλωσης ενέργειας είναι ζωτικής σημασίας για την υποβολή εκθέσεων GRI, ιδίως στο πλαίσιο του GRI 302: Ενέργεια. Ο δείκτης αυτός παρέχει ποσοτικοποιήσιμα δεδομένα σχετικά με την ενεργειακή απόδοση των λειτουργιών της εγκατάστασης. Με την αναφορά του δείκτη ECI, η εγκατάσταση μπορεί να παρουσιάσει τις στρατηγικές της για τη διαχείριση της κατανάλωσης ενέργειας, όπως η χρήση ενεργειακά αποδοτικών τεχνολογιών, η βελτιστοποίηση των διαδικασιών παραγωγής και η πιθανή μείωση της εξάρτησης από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Αυτή η διαφανής αναφορά της χρήσης ενέργειας και της αποδοτικότητας υποστηρίζει τα ενδιαφερόμενα μέρη στην κατανόηση του ενεργειακού αποτυπώματος της εγκατάστασης και των προσπαθειών της για βιώσιμη διαχείριση της ενέργειας.

Ο δείκτης αποδοτικότητας χρήσης νερού είναι ιδιαίτερα σημαντικός για τον GRI 303: Νερό και υγρά απόβλητα. Η αναφορά του δείκτη WUEI επιτρέπει στην εγκατάσταση να γνωστοποιεί με διαφάνεια τη χρήση και την αποδοτικότητά της σε σχέση με το νερό, αναδεικνύοντας τις προσπάθειες για την εξοικονόμηση και τη διαχείριση του νερού. Αυτό θα μπορούσε να περιλαμβάνει πρωτοβουλίες όπως συστήματα ανακύκλωσης νερού, τεχνολογίες εξοικονόμησης νερού και αποτελεσματική επεξεργασία λυμάτων. Μια τέτοια αναφορά είναι ζωτικής σημασίας, ιδίως για τα ενδιαφερόμενα μέρη που ανησυχούν για τη λειψυδρία και τον αντίκτυπο της εγκατάστασης στους τοπικούς υδάτινους πόρους.

Η ενσωμάτωση αυτών των δεικτών στη διαδικασία υποβολής εκθέσεων GRI ενισχύει την βιωσιμότητα της εγκατάστασης, παρέχοντας μια ολοκληρωμένη εικόνα της περιβαλλοντικής της διαχείρισης. Επιτρέπει στην εγκατάσταση να θέτει σημεία αναφοράς, να παρακολουθεί την πρόοδο με την πάροδο του χρόνου και να εντοπίζει τομείς για βελτίωση. Επιπλέον, η υποβολή εκθέσεων GRI διευκολύνει τη συγκρισιμότητα με τους ομοειδείς του κλάδου, βοηθώντας τα ενδιαφερόμενα μέρη στη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων.

Επιπλέον, η ευθυγράμμιση με τα πρότυπα GRI μπορεί να βελτιώσει τη φήμη και την αξιοπιστία της εγκατάστασης σε θέματα βιωσιμότητας, οδηγώντας ενδεχομένως σε αυξημένη εμπιστοσύνη των επενδυτών και πιστότητα των πελατών. Προετοιμάζει επίσης την εγκατάσταση να ανταποκριθεί στην αυξανόμενη ζήτηση για διαφάνεια στις περιβαλλοντικές επιδόσεις από τις ρυθμιστικές αρχές, τους καταναλωτές και την ευρύτερη κοινότητα.

Πρωταρχική εστίαση θα πρέπει να είναι η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Η αναβάθμιση σε πιο ενεργειακά αποδοτικά μηχανήματα μπορεί να μειώσει τη χρήση ενέργειας και το συνολικό αποτύπωμα άνθρακα. Η ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η ηλιακή ή η αιολική ενέργεια, μειώνει περαιτέρω την εξάρτηση από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και μειώνει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Η στόχευση στη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα, οι πρωτοβουλίες αντιστάθμισης εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, όπως η επένδυση σε εξωτερικά έργα αναδάσωσης ή ανάπτυξης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, μπορεί να είναι πολύτιμες. Η ενίσχυση της αποδοτικότητας των διαδικασιών ανακύκλωσης, όπως η βελτίωση των σταδίων διαλογής και καθαρισμού, μπορεί να αποφέρει υψηλότερη παραγωγή ανακυκλώσιμων υλικών, μειώνοντας έτσι την ανάγκη για παραγωγή νέων υλικών, η οποία είναι συνήθως πιο εντατική σε άνθρακα.

Η βελτίωση της αποδοτικότητας της χρήσης του νερού είναι ένας άλλος κρίσιμος τομέας. Η εφαρμογή συστημάτων ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης νερού, ιδίως σε στάδια υψηλής ζήτησης, όπως το πλύσιμο και η ψύξη, μπορεί να μειώσει σημαντικά τη συνολική κατανάλωση νερού της εγκατάστασης.

Πέρα από τις λειτουργικές αλλαγές, η προώθηση μιας κουλτούρας βιωσιμότητας εντός του οργανισμού είναι ζωτικής σημασίας. Η τακτική παρακολούθηση, η υποβολή εκθέσεων και η αξιολόγηση των επιδόσεων όσον αφορά αυτούς τους δείκτες μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό των τομέων βελτίωσης και στην παρακολούθηση της προόδου με την πάροδο του χρόνου.

Η εμπλοκή των ενδιαφερομένων μερών, συμπεριλαμβανομένων των τοπικών κοινοτήτων, των ρυθμιστικών φορέων και των πελατών, σχετικά με τις πρωτοβουλίες βιωσιμότητας της εγκατάστασης μπορεί να ενισχύσει τις σχέσεις και να βελτιώσει τη φήμη της εγκατάστασης. Η επιδίωξη σχετικών πιστοποιήσεων, όπως το ISO 14001 για τα συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης, παρέχει μια δομημένη προσέγγιση για τη διαχείριση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και αποδεικνύει τη συμμόρφωση με τα διεθνή πρότυπα. Τέλος, η επένδυση σε έρευνα και ανάπτυξη και η συνεργασία με ακαδημαϊκά ιδρύματα μπορεί να ανοίξει το δρόμο για καινοτόμες λύσεις ανακύκλωσης.

Υιοθετώντας μια ολοκληρωμένη στρατηγική που αφορά την ενεργειακή απόδοση, τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και τη χρήση νερού, μαζί με ευρύτερες οργανωτικές και πολιτιστικές αλλαγές, η μονάδα ανακύκλωσης φιαλών PET μπορεί

να ενισχύσει σημαντικά τη βιωσιμότητά της, να ευθυγραμμιστεί με τους παγκόσμιους περιβαλλοντικούς στόχους και να καθιερωθεί ως ηγέτης στις υπεύθυνες πρακτικές ανακύκλωσης.

Στην παρούσα εργασία σκοπός ήταν να μελετηθεί η κοστολόγηση μηχανολογικού εξοπλισμού σε μια μονάδα ανακύκλωσης μπουκαλιών PET και η ταυτόχρονη χρήση της περιβαλλοντικής λογιστικής για τον υπολογισμό δεικτών που θα αξιολογούν την περιβαλλοντική απόδοση της μονάδας.

Η εφαρμογή της μεθόδου προκαταρκτικής μηχανικής κοστολόγησης διεργασιών (PMPC) στη μονάδα ανακύκλωσης PET παρείχε κρίσιμες πληροφορίες για το πραγματικό κόστος των εργασιών ανακύκλωσης. Η ολοκληρωμένη προσέγγιση της μεθόδου PMPC, η οποία περιλαμβάνει τόσο το άμεσο κόστος των μηχανημάτων όσο και ένα φάσμα έμμεσων δαπανών, ανέδειξε τη συχνά υποτιμημένη πολυπλοκότητα και τις οικονομικές απαιτήσεις της δημιουργίας και λειτουργίας μιας εγκατάστασης ανακύκλωσης. Λαμβάνοντας υπόψη όλες τις πτυχές της επένδυσης, η μέθοδος PMPC προσφέρει ένα πιο ακριβές και ρεαλιστικό οικονομικό πλαίσιο, το οποίο είναι ζωτικής σημασίας για τον στρατηγικό σχεδιασμό, τον προϋπολογισμό και τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα της εγκατάστασης. Η μέθοδος PMPC παρέχει το σπουδαίο πλεονέκτημα της εκτίμησης και ανάλυσης του πολύπλευρου κόστους των εργασιών ανακύκλωσης φιαλών PET, το οποίο περιλαμβάνει τόσο άμεσα (εμφανή) όσο και έμμεσα (κρυφά) έξοδα, παρέχοντας έτσι ένα ισχυρό πλαίσιο που είναι απαραίτητο για τον ολοκληρωμένο οικονομικό σχεδιασμό και τη διασφάλιση της οικονομικής βιωσιμότητας της εγκατάστασης. Με τη συμπερίληψη των έμμεσων δαπανών στην ανάλυση, η μέθοδος PMPC αποκάλυψε ένα πολύπλοκο οικονομικό τοπίο, κρίσιμο για τη λήψη στρατηγικών αποφάσεων.

Τα ευρήματα από την ανάλυση της περιβαλλοντικής λογιστικής μας δεν είναι μόνο ενδεικτικά της τρέχουσας περιβαλλοντικής επίδοσης της εγκατάστασης, αλλά παρέχουν επίσης έναν οδικό χάρτη για μελλοντικές πρωτοβουλίες βιωσιμότητας. Τα αποτελέσματα αυτά προσφέρουν πολύτιμες πληροφορίες για τα ενδιαφερόμενα μέρη, επιτρέποντάς τους να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις που εξισορροπούν τη λειτουργική αποδοτικότητα με την περιβαλλοντική υπευθυνότητα. Η ολοκληρωμένη προσέγγισή μας για την Περιβαλλοντική Λογιστική διασφαλίζει ότι οι προσπάθειες βιωσιμότητας της εγκατάστασης είναι μετρήσιμες, διαφανείς και ευθυγραμμισμένες με τα παγκόσμια περιβαλλοντικά πρότυπα, ενισχύοντας τη δέσμευσή της να είναι ένας οργανισμός με περιβαλλοντική συνείδηση. Η διχοτόμηση της διαδικασίας ανακύκλωσης αποτελεί πρόκληση καθώς τα στάδια που είναι ζωτικής σημασίας για την παραγωγή υψηλής ποιότητας έχουν επίσης σημαντικές απαιτήσεις σε πόρους, γεγονός που απαιτεί καινοτόμες προσεγγίσεις για την ενίσχυση της λειτουργικής αποδοτικότητας με ελάχιστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι στρατηγικές βελτίωσης θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν τη βελτιστοποίηση της διαδικασίας και την ενσωμάτωση τεχνολογιών αιχμής, οικολογικά αποδοτικών.

Οι προοπτικές βιωσιμότητας της εγκατάστασης εξαρτώνται από την υιοθέτηση πρακτικών που μειώνουν το αποτύπωμα άνθρακα, όπως η αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η ενίσχυση της ανάκτησης υλικών και ο εξορθολογισμός της διαχείρισης αποβλήτων, συμβάλλοντας έτσι σε ένα πιο πράσινο παράδειγμα ανακύκλωσης και στην παγκόσμια ατζέντα βιωσιμότητας.

Συνολικά, παρατηρείται ένα θεμελιώδες αντιστάθμισμα στη διαδικασία ανακύκλωσης, τα στάδια που είναι κρίσιμα για τη μετατροπή και τη δημιουργία ανακυκλωμένων προϊόντων υψηλής ποιότητας είναι επίσης τα πιο απαιτητικά σε πόρους και περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Αυτή η διχοτόμηση αποτελεί πρόκληση για τη βελτιστοποίηση της επιχειρησιακής απόδοσης με παράλληλη ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών συνεπειών. Η κατανόηση αυτών των δυναμικών είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη στρατηγικών για την ενίσχυση της βιωσιμότητας των επιχειρήσεων ανακύκλωσης, ενδεχομένως μέσω επενδύσεων σε πιο ενεργειακά αποδοτικές τεχνολογίες ή μέσω της υιοθέτησης πρακτικών που μειώνουν το συνολικό αποτύπωμα άνθρακα.

5.2 Τυχόν περιορισμοί πάνω στην Έρευνα

Η έρευνα αντιμετώπισε περιορισμούς, κυρίως την έλλειψη άμεσης πρόσβασης σε συγκεκριμένα στοιχεία κόστους στην ελληνική αγορά. Αυτό κατέστησε αναγκαία την εξάρτηση από διεθνείς πλατφόρμες όπως η Alibaba και διαβουλεύσεις με επαγγελματίες για την εκτίμηση του κόστους, οι οποίες ενδέχεται να μην αποτυπώνουν πλήρως τις τοπικές διακυμάνσεις των τιμών. Κατά συνέπεια, ένα σημαντικό μέρος των λειτουργικών αναγκών της εγκατάστασης και των εκτιμήσεων κόστους βασίζεται σε υποθέσεις που, αν και τεκμηριωμένες, ενδέχεται να μην αντικατοπτρίζουν πλήρως τις μοναδικές οικονομικές συνθήκες και τις συνθήκες της αγοράς στην Ελλάδα. Αυτός ο περιορισμός υπογραμμίζει τη σημασία των τοπικών δεδομένων για μελλοντικές μελέτες, ώστε να ενισχυθεί η ακρίβεια των αναλύσεων κόστους και βιωσιμότητας.

5.3 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Για τους μελλοντικούς ερευνητές που παρακολουθούν την εφαρμογή των μεθόδων PMPC και της περιβαλλοντικής λογιστικής σε μονάδες ανακύκλωσης PET, τα επόμενα βήματα περιλαμβάνουν τη διερεύνηση της σχέσης κόστους-αποτελεσματικότητας και βιωσιμότητας των αναδυόμενων τεχνολογιών, τη διεξαγωγή διαχρονικών μελετών για την παρακολούθηση των μακροπρόθεσμων επιπτώσεων, την ανάλυση της επιρροής των αλλαγών πολιτικής και τη σύγκριση των δεικτών αναφοράς του κλάδου για την απόκτηση βέλτιστων πρακτικών. Επιπλέον, η κατανόηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ της συμπεριφοράς των καταναλωτών και των διαδικασιών ανακύκλωσης θα είναι ζωτικής σημασίας για τη διαμόρφωση ενός πιο

βιώσιμος μέλλοντος στην ανακύκλωση πλαστικών. Επιπρόσθετα για μελλοντικούς ερευνητές που παρακολουθούν την εφαρμογή των μεθόδων PMPC και της περιβαλλοντικής λογιστικής σε μονάδες ανακύκλωσης PET, η πορεία προς τα εμπρός θα μπορούσε να περιλαμβάνει:

- Διερεύνηση του αντίκτυπου των αναδυόμενων τεχνολογιών στη μείωση του κόστους και τη βελτίωση των περιβαλλοντικών επιδόσεων.
- Αξιολόγηση της μακροπρόθεσμης βιωσιμότητας των εφαρμοζόμενων πρακτικών και των οικονομικών και περιβαλλοντικών αποτελεσμάτων τους.
- Εξέταση της επιρροής των εξελισσόμενων περιβαλλοντικών πολιτικών και κανονισμών στις λειτουργικές και οικονομικές πτυχές των εγκαταστάσεων ανακύκλωσης.
- Σύγκριση των επιδόσεων με τα σημεία αναφοράς του κλάδου και εντοπισμός βέλτιστων πρακτικών για ευρύτερη εφαρμογή.
- Κατανόηση της επιρροής της συμπεριφοράς των καταναλωτών στον κλάδο της ανακύκλωσης και διερεύνηση στρατηγικών για την ενθάρρυνση βιώσιμων καταναλωτικών πρακτικών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Adeleke, O., Akinlabi, S., Jen, T. C., & Dunmade, I. (2021). Towards sustainability in municipal solid waste management in South Africa: a survey of challenges and prospects. *Transactions of the Royal Society of South Africa*.

Benyathiar, P., Kumar, P., Carpenter, G., Brace, J., & Mishra, D. K. (2022). Polyethylene Terephthalate (PET) Bottle-to-Bottle Recycling for the Beverage Industry: A Review. *Polymers*.

Carrera, B., Mata, J. B., Piñol, V. L., & Kim, K. (2023). Environmental sustainability: A machine learning approach for cost analysis in plastic recycling classification. *Resources, Conservation and Recycling*.

Choudhary, K., Sangwan, K. S., & Goyal, D. (2019). Environment and economic impacts assessment of PET waste recycling with conventional and renewable sources of energy. *Procedia CIRP*.

Christensen, P., Dysert, L. R., Bates, J., Burton, D., Creese, R. C., & Hollmann, J. (2005). Cost Estimate Classification system-as applied in engineering, procurement, and construction for the process industries. *AACE International Recommended Practices*.

CSR.ERT.GR. (2019). *Οδηγίες για Σωστή Ανακύκλωση. Environmental Accounting and Indexes*.

Cost-Benefit Analysis. (1994). In R. Layard & S. Glaister (Eds.), *Cost-Benefit Analysis*. Cambridge University Press.

ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΕΛΕΓΚΤΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ (2020), Μέτρα της ΕΕ για την αντιμετώπιση του προβλήματος των πλαστικών αποβλήτων

Ellram, L. M. (1993). A Framework for Total Cost of Ownership. *The International Journal of Logistics Management*.

Ellram, L. M. (1995). Total cost of ownership. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*.

Ellram, L. M. (2002). Total cost of ownership. *Handbuch Industrielles Beschaffungsmanagement: Internationale Konzepte—Innovative Instrumente—Aktuelle Praxisbeispiele*.

Godschalk, S.K., (2008). Does corporate environmental accounting make business sense? In *Environmental management accounting for cleaner production* (pp. 249-265). Springer, Dordrecht.

Gudlaugsson, B., Ahmed, T. G., Dawood, H., Ogwumike, C., Short, M., & Dawood, N. (2023). Cost and Environmental Benefit Analysis: An Assessment of Renewable Energy Integration and Smart Solution Technologies in the InteGRIDy project. *Cleaner Energy Systems*.

Honma, S., & Hu, J. L. (2021). Cost efficiency of recycling and waste disposal in Japan. *Journal of Cleaner Production*.

Hossain, T. (2023). *Techniques, applications, and prospects of recycled polyethylene terephthalate bottle: A review - Md Tanvir Hossain, Md Abdus Shahid, Nadim Mahmud, Md Abu Darda, Abdullah Bin Samad, 2023*. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*.

H'mida, F., Martin, P., & Vernadat, F. (2006). Cost estimation in mechanical production: The Cost Entity approach applied to integrated product engineering. *International Journal of Production Economics*.

Langer, E., Bortel, K., Waskiewicz, S., & Lenartowicz-Klik, M. (2020). Methods of PET Recycling. In *Plasticizers Derived from Post-Consumer*.

Lu, Z., Hasselström, L., Finnveden, G., & Johansson, N. (2022). Cost-benefit analysis of two possible deposit-refund systems for reuse and recycling of plastic packaging in Sweden. *Cleaner Waste Systems*.

Maulidati, N., Cahyo, A. D. N., Djamari, D. W., Fikri, M. R., & Triawan, F. (2021). Development of sorting system for plastic bottle waste management. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*.

Mitchell, C. (2015). *An Introduction to defining Cost Estimates for Mechanical and Electrical Services using the NRM1*.

Osorio, A., & Zhang, M. (2022). Incentivizing environmental investments: The contest-based subsidy allocation mechanism. *Journal of Cleaner Production*.

Pereira, B., Pereira, A. and Vanessa Medeiros Corneli (2023). REVERSE LOGISTICS: A CASE STUDY IN RELATION TO POST-CONSUMER RECYCLED PET BOTTLES (RPET) OF MINERAL WATER.

PET recycling grows. (2001). *Plastics, Additives and Compounding*.

Pinter, E., Welle, F., Mayrhofer, E., Pechhacker, A., Motloch, L., Lahme, V., ... & Tacker, M. (2021). Circularity study on PET bottle-to-bottle recycling. *Sustainability*.

Post consumer polyethylene Terephthalate (PET) recycles-Specification. (2023).

Poulakis, J. G., & Papaspyrides, C. D. (2001). Dissolution/reprecipitation: A model process for PET bottle recycling. *Journal of Applied Polymer Science*.

Rahim, N. H. A., & Khatib, A. N. H. M. (2021). Development of PET bottle shredder reverse vending machine. *International Journal of Advanced Technology and Engineering Exploration*.

Senn, J., & Giordano-Spring, S. (2020). The limits of environmental accounting disclosure: enforcement of regulations, standards and interpretative strategies. *Accounting, Auditing & Accountability Journal*.

Sunil, K. P., Pradip, M. V., Bapurao, P. K., Dhanaji, W. P., & Gaikwad, M. V. (2021). A BENEFITS COST ANALYSIS ON THE ECONOMIC FEASIBILITY OF CONSTRUCTION WASTE MANAGEMENT. *INTERNATIONAL JOURNAL*.

Sanchez, F. A. C., Boudaoud, H., Camargo, M., & Pearce, J. M. (2020). Plastic recycling in additive manufacturing: A systematic literature review and opportunities for the circular economy. *Journal of Cleaner Production*.

Schaltegger, S., & Burritt, R. (2017). *Contemporary Environmental Accounting*. Routledge.

Schwenk, C. (1995). Strategic decision making. *Journal of Management*

Sunil, K. P., Pradip, M. V., Bapurao, P. K., Dhanaji, W. P., & Gaikwad, M. V. (2021). A BENEFITS COST ANALYSIS ON THE ECONOMIC FEASIBILITY OF CONSTRUCTION WASTE MANAGEMENT. *INTERNATIONAL JOURNAL*.

- Stefan Schaltegger, Roger Burritt. (2017). *Contemporary Environmental Accounting*.
- Talbot, D. and Boiral, O. (2018). “GHG Reporting and Impression Management: An Assessment of Sustainability Reports from the Energy Sector”. *Journal of Business Ethics*.
- Yaw, M. and Korankye, G. (2023). The state of ethical decision-making research in accounting: A retrospective assessment from 1987 to 2022. *Business Ethics, the Environment and Responsibility*
- Yu, H., Chang, X., & Liu, W. (2021). Cost-based subsidy and performance-based subsidy in a manufacturing-recycling system considering product eco-design. *Journal of Cleaner Production*
- Vogt, B. D., Stokes, K. K., & Kumar, S. K. (2021). Why is recycling of postconsumer plastics so challenging?. *ACS Applied Polymer Materials*
- Jabłońska, B. (2018). Water consumption management in polyethylene terephthalate (PET) bottles washing process via wastewater pretreatment and reuse. *Journal of Environmental Management*
- Jabłońska, B., Kielbasa, P., Korenko, M., & Drózdź, T. (2019). Physical and Chemical Properties of Waste from PET Bottles Washing as A Component of Solid Fuels. *Energies*
- Johansen, M. R., Christensen, T. B., Ramos, T. M., & Syberg, K. (2022). A review of the plastic value chain from a circular economy perspective. *Journal of Environmental Management*,
- Waleola Ayo, A., Olukunle, O., & Adelabu, D. (2017). Development of a Waste Plastic Shredding Machine. *International Journal of Waste Resources*
- Welle, F. (2011). Twenty years of PET bottle to bottle recycling—An overview. *Resources, Conservation and Recycling*

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αυγουστίνος Ιωάννου (2022). *Η τεχνολογία Blockchain και η εφαρμογή της στην εφοδιαστική αλυσίδα, δημοσίευση στο ProQuest*.
- Κιουμουρτζίδου, Μ. (2009). Επιχειρήσεις και περιβάλλον: περιβαλλοντικά κόστη και η μέτρησή τους.

Μπίκα, Σαββούλα Απόστολου (2018). Ανακύκλωση PET από μίγματα πολυμερών με την τεχνική της επίπλευσης και αξιοποίησή του μέσω βαφής. Aristotle University of Thessaloniki Institutional Repository.

Νικόλαος Kotsyfos (2019). *Νέος Αναπτυξιακός Νόμος / Μηχανολογικός Εξοπλισμός*. Δημοσίευση στο kei.gr

Παπαϊωάννου, Ή.-Α. (2020). Κοστολόγηση ιατρικών υπηρεσιών με τη μέθοδο της κατά δραστηριότητας κοστολόγησης (activity-based costing).

Παπουτσάκης, Ι. (2022). Επισκόπηση των εφαρμογών της μεθόδου LCA (Life Cycle Assessment) στη αξιολόγηση κύκλου ζωής φιαλών PET και αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού.