

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

**Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Διαχείριση και
Προστασία Περιβάλλοντος**

Μεταπτυχιακή Διατριβή



**Διερεύνηση Σημασίας Παραμέτρων
στην Ανάλυση Κύκλου Ζωής
του Σταθμού Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων
Ευκαρπίας**

Κατερίνα Μαρινίδου

**Επιβλέπων Καθηγητής
Αντώνης Ζορπάς**

Ιούνιος 2018

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

**Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών *Διαχείριση και
Προστασία Περιβάλλοντος***

Μεταπτυχιακή Διατριβή

**Διερεύνηση Σημασίας Παραμέτρων
στην Ανάλυση Κύκλου Ζωής
του Σταθμού Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων
Ευκαρπίας**

Κατερίνα Μαρινίδου

**Επιβλέπων Καθηγητής
Αντώνης Ζορπάς**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στη Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος από τη Σχολή Θετικών Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

Ιούνιος 2018

Αφιερώνεται στους γονείς μου
για την πολύτιμη φροντίδα, αφοσίωση
και αγάπη που μου προσφέρουν ανιδιοτελώς.

Περίληψη

Η αύξηση της παραγόμενης ποσότητας των αστικών στερεών αποβλήτων (ΑΣΑ) εξαιτίας των καταναλωτικών συνηθειών των ανθρώπων και της βελτίωσης του βιοτικού επιπέδου τους έχει ως συνέπεια τη συσσώρευση αποβλήτων παγκοσμίως, η οποία χαρακτηρίζεται ως ένα από τα πλέον δυσεπίλυτα προβλήματα της εποχής μας. Στην προσπάθεια της παγκόσμιας κοινωνίας για περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος, εξοικονόμησης πρώτων υλών και ενέργειας, η αποτελεσματική και ορθολογική διαχείριση των ΑΣΑ αποτελεί προτεραιότητα για τις σύγχρονες κοινωνίες. Υπό αυτό το πλαίσιο, είναι σαφής η ανάγκη αναθεώρησης των υφιστάμενων πολιτικών και η στροφή προς ορθολογικές και βιωσιμότερες εναλλακτικές διαχείρισης των ΑΣΑ στην Ελλάδα, όπου ακόμη υφίσταται η ανεξέλεγκτη απόρριψη και διάθεση αποβλήτων με αποτέλεσμα την επανειλημμένη παραπομπή και καταδίκη της χώρας στο Δικαστήριο της Ευρωπαϊκής Ένωσης για παράβαση της σχετικής κοινοτικής νομοθεσίας.

Στόχο της μεταπτυχιακής διατριβής αποτελεί η διερεύνηση της περιβαλλοντικής απόδοσης του σταθμού μεταφόρτωσης απορριμμάτων (ΣΜΑ) του Βορειοδυτικού τομέα της Θεσσαλονίκης στην Ευκαρπία καθώς και της συνεισφοράς του στο ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης των ΑΣΑ της πόλης. Η κατασκευή του ΣΜΑ Ευκαρπίας ολοκληρώθηκε το Φεβρουάριο του 2017 και η λειτουργία του ξεκίνησε τον Μάρτιο του 2017. Αποτελεί επομένως ένα ιδανικό αντικείμενο μελέτης για την ανάδειξη της σημασίας του στη διαχείριση των ΑΣΑ και στην απάντηση ερωτημάτων που εγείρονται γύρω από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επιφέρουν οι ΣΜΑ τόσο κατά τη φάση κατασκευής τους, όσο και κατά τη φάση λειτουργίας τους.

Απαραίτητο εργαλείο για την αξιολόγηση της περιβαλλοντικής απόδοσης του ΣΜΑ αποτελεί ανάλυση κύκλου ζωής (ΑΚΖ). Προς το σκοπό αυτό, περιγράφεται η μεθοδολογία της ΑΚΖ, τα πλεονεκτήματα και οι αδυναμίες της και η συνεισφορά της σε θέματα διαχείρισης ΑΣΑ σύμφωνα με τη διεθνή επιστημονική βιβλιογραφία. Στη συνέχεια περιγράφονται τα βασικά χαρακτηριστικά των ΣΜΑ, το νομοθετικό πλαίσιο που τα διέπει στην Ελλάδα καθώς και τα βασικά κριτήρια που πρέπει να εξετάζονται για την επιτυχημένη λειτουργία τους. Δεδομένης της απουσίας (ή της άρνησης παροχής από το φορέα διαχείρισης στερεών αποβλήτων Κεντρικής Μακεδονίας) δεδομένων για την εφαρμογή της ΑΚΖ στο ΣΜΑ Ευκαρπίας, πραγματοποιείται ποιοτική εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεών του και της περιβαλλοντικής απόδοσής του.

Summary

The rising rates of municipal solid waste (MSW) generation due to excessive consumerism and the improved quality of people's life has resulted in the accumulation of MSW worldwide, which constitutes one of the intractable problems of our time. Nowadays that global society strives to reduce pollution, save energy and raw materials, the efficient and rational management of MSW is a top priority. Against this background, there is a clear need to review existing policies and shift to rational and sustainable alternatives of MSW management in Greece, where uncontrolled waste disposal still exists, resulting in the referral and conviction of the country to the Court of Justice of the European Union for breach of relevant Community laws.

This dissertation aims to investigate the environmental performance of the waste transfer station (WTS) of the Northwestern part of Thessaloniki in Efkarpia as well as its contribution to the integrated solid waste management system of the city. The construction of the WTS in Efkarpia was completed in February 2017 and its operation started in March 2017. It is therefore an ideal object of study in order to highlight its importance in the management of MSW and to give answers to concerns regarding the environmental impacts of both the construction and the operation of the WTS.

Life cycle assessment (LCA) is able to provide an overview of the environmental aspects of WTS. A brief presentation of the LCA methodology, its advantages and disadvantages is included in this study. In addition, the applications of the LCA to the MSW management as found in the scientific literature are discussed. The main features of WTS, the Greek legal framework governing them and the basic criteria for WTS's successful operation are given. Due to the lack of data (or denial of data supply by the Solid Waste Management Facility in Kentriki Makedonia) for the implementation of the LCA in the WTS in Efkarpia, the environmental impacts of WTS are assessed qualitatively.

Ευχαριστίες

Θα επιθυμούσα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στους ανθρώπους, χωρίς την αποφασιστική συμβολή των οποίων η ολοκλήρωση αυτής της διπλωματικής εργασίας δε θα ήταν δυνατή. Αρχικά και πρωτίστως, θα επιθυμούσα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον υπεύθυνο Καθηγητή κ. Αντώνη Ζορπά, για την επίβλεψη της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, τις εποικοδομητικές του παρατηρήσεις και την ανεκτίμητη βοήθεια που προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής.

Επιπλέον, τον ευχαριστώ για την καθοδήγησή του σε όλη τη σύνθεση της διατριβής, καθώς επίσης και για τη συνεχή υποστήριξή του.

Επίσης, θα επιθυμούσα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς:

τη Βίκη Νάκου, την Αλεξία Μιχαηλίδου και τον Χρίστο Βλαχοκώστα για το ενδιαφέρον που έδειξαν, το χρόνο που διέθεσαν, καθώς και τις πολύτιμες τους συστάσεις.

Τους καθηγητές μου, από το μεταπτυχιακό πρόγραμμα «Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος» του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου, στους οποίους οφείλω την διεύρυνση των γνώσεων και της σκέψης μου. Η διδασκαλία τους και τα κείμενά τους με βοήθησαν να κατανοήσω περίπλοκους ορισμούς και έννοιες.

Θα ήταν άτοπο να παραλείψω, στο σημείο αυτό, τους Καθηγητές μου από το τμήμα Γεωλογίας της Σχολής Θετικών Επιστημών του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης οι οποίοι ανέλαβαν την πνευματική μου «διάπλασή» μετά τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Οι δάσκαλοι και καθηγητές που είχα την τιμή να με εκπαιδεύσουν στα μαθητικά μου χρόνια, έχουν βάλει το δικό τους λιθαράκι στη διαμόρφωση της προσωπικότητάς μου, έχουν αφήσει το στίγμα τους στη διαμόρφωση του χαρακτήρα μου και τους ευχαριστώ για τις συμβουλές, τις παραινέσεις και τις συστάσεις τους. Τους θυμάμαι πάντα με αγάπη.

Θα επιθυμούσα επίσης να ευχαριστήσω τους συναδέλφους και τους φίλους μου, για τις πληροφορίες που παρείχαν, αλλά κυρίως για τη φιλία, τις προτάσεις και την ενθάρρυνσή τους.

Τέλος, θα επιθυμούσα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένειά μου που με υποστηρίζει σε όλες τις επιλογές της ζωής μου.

Θεσσαλονίκη, Ιούνιος 2018

Κατερίνα Μαρινίδου

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή	1
1.1	Αντικείμενο	2
1.2	Στόχος	3
1.3	Μεθοδολογία	3
2	Ανάλυση Κύκλου Ζωής	5
2.1	Μεθοδολογικό Πλαίσιο DPSIR	5
2.2	Ιστορικό Ανάλυσης Κύκλου Ζωής	7
2.3	ISO 14040-14044	9
2.4	Μεθοδολογία Ανάλυσης Κύκλου Ζωής	10
2.4.1	Προσδιορισμός Στόχου και Πλαισίου της Μελέτης	10
2.4.2	Αναλυτική Απογραφή Δεδομένων	11
2.4.3	Εκτίμηση των Επιπτώσεων	11
2.4.4	Ερμηνεία των Αποτελεσμάτων	18
2.5	Πλεονεκτήματα και αδυναμίες Ανάλυσης Κύκλου Ζωής	19
2.6	Ανάλυση Κύκλου Ζωής και Διαχείριση Αποβλήτων	20
3	Σταθμοί Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων	23
3.1	Νομοθεσία	25
3.2	Θέματα Σχεδιασμού ΣΜΑ	27
3.3	Κριτήρια Αξιολόγησης Πετυχημένης Λειτουργίας	39
3.3.1	Χωροθέτηση ΣΜΑ	39
3.3.2	Λειτουργικά και Κατασκευαστικά Κριτήρια	41
4	Μελέτη Περίπτωσης: ΣΜΑ Ευκαρπίας	46
4.1	Σύνοψη Βασικών Κατασκευαστικών Χαρακτηριστικών	46
4.2	Λειτουργία	49
4.3	Περιβαλλοντική Ανάλυση	49
4.3.1	Φάση Κατασκευής	50
4.3.2	Φάση Λειτουργίας	53
4.3.3	Τέλος Ωφέλιμης Ζωής του ΣΜΑ	57
4.4	Διερεύνηση Σημασίας Σημαντικών Παραμέτρων κατά την Κατασκευή, Λειτουργία και στο Τέλος της Ωφέλιμης Ζωής του ΣΜΑ Ευκαρπίας	57
4.4.1	Φάση Κατασκευής	58
4.4.2	Φάση Λειτουργίας	58
4.4.3	Τέλος Ωφέλιμης Ζωής	59
5	Επίλογος	60
	Βιβλιογραφία	63

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Περισσότερο από κάθε άλλη φορά στην ανθρώπινη ιστορία η τεχνολογική πρόοδος αποτελεί ένδειξη επιτυχίας και ευημερίας, αλλά ταυτόχρονα σοβαρή απειλή για την αειφορία του ανθρώπινου είδους. Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις, όπου οι δραστηριότητες του ανθρώπου δημιουργούν επιπτώσεις που χαρακτηρίζονται συχνά ως μη αναστρέψιμες (Βλαχοκώστας, 2009). Σε παγκόσμιο επίπεδο, η συσσώρευση αποβλήτων είναι δυνατόν να χαρακτηριστεί ως ένα από τα πλέον δυσεπίλυτα προβλήματα της εποχής μας. Είναι αναντίρρητο ότι η έλλειψη σχεδιασμού και ορθολογικής διαχείρισης των διαφόρων ρευμάτων αστικών απορριμμάτων προκαλεί σημαντική υποβάθμιση της ποιότητας της ζωής και δημιουργεί αυξανόμενη αρνητική επίδραση στον άνθρωπο και στο ευρύτερο περιβάλλον του.

Κατά κοινή ομολογία, σε μια σημαντική προσπάθεια της παγκόσμιας κοινότητας για περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος, εξοικονόμησης πρώτων υλών, νερού και ενέργειας αλλά και βελτίωσης της ποιότητας ζωής του ανθρώπου, η ορθολογική και μεθοδική διαχείριση των αποβλήτων καθίσταται αναγκαία προϋπόθεση για την επίτευξη των παραπάνω στόχων. Η διαπίστωση αυτή ώθησε την παγκόσμια κοινότητα στην ανάπτυξη στρατηγικών και δράσεων στις οποίες, εκτός από κοινωνικό-πολιτικά, το ζήτημα της διαχείρισης των αποβλήτων προσεγγίζεται έντονα επιστημονικά. Το αποτέλεσμα των παραπάνω διαδικασιών αποτυπώνεται πρωτίστως στη δημιουργία ειδικών εγκαταστάσεων διαχείρισης, τόσο για τα στερεά όσο και για τα υγρά απόβλητα και στην προώθηση πολλαπλών τεχνολογιών. Οι Σταθμοί Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων (ΣΜΑ) αποτελούν ένα κρίσιμο συστατικό της ορθολογικής διαχείρισης των αστικών στερεών αποβλήτων (ΑΣΑ).

Επιπρόσθετα, αξίζει να υπογραμμιστεί ότι η Ευρωπαϊκή Ένωση δίνει ιδιαίτερη βαρύτητα στα θέματα που αφορούν στον κύκλο ζωής σε ολοκληρωμένα συστήματα

διαχείρισης των ΑΣΑ. Η πρόσφατη Ευρωπαϊκή Οδηγία εισήγαγε το Life-Cycle-Thinking (LCT) στις προτεραιότητες και θεματικές στρατηγικές και στην Οδηγία για τα Απόβλητα (Waste Directive). Εφαρμογή του LCT αποτελεί η χρήση της μεθοδολογίας Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (AKZ). Η AKZ αποτελεί μια ολιστική προσέγγιση για τον υπολογισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων μιας τεχνολογίας επεξεργασίας αποβλήτων ή ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης των ΑΣΑ. Ωστόσο σε πολλές περιπτώσεις της πραγματικής ζωής η δυνατότητα εφαρμογής AKZ μέσω εξειδικευμένων λογισμικών εργαλείων δεν είναι εφικτή λόγω της έλλειψης δεδομένων.

1.1 Αντικείμενο

Με δεδομένο ότι η οικονομική ανάπτυξη θεωρείται συνήθως ότι είναι σε σύγκρουση με τη βιώσιμη ανάπτυξη και την ποιότητα του περιβάλλοντος, μεγάλη πρόκληση περιβαλλοντικής πολιτικής και σε αστικό επίπεδο αποτελεί η βέλτιστη επιλογή εναλλακτικών διαχείρισης των ΑΣΑ από ένα σύνολο διαθέσιμων παρεμβάσεων. Η AKZ είναι δυνατό να αποτελέσει ένα ισχυρό εργαλείο για την υποστήριξη της βέλτιστης απόφασης σε αντίστοιχα ζητήματα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο δίνεται ο ορισμός της AKZ σύμφωνα με τον SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) και περιγράφονται τα βασικά χαρακτηριστικά του μεθοδολογικού πλαισίου που τη διέπει. Για λόγους πληρότητας παρατίθεται μια ιστορική αναδρομή σχετική με την AKZ και καταγράφονται σημαντικές μελέτες που σηματοδότησαν μια σημειολογία για την AKZ (π.χ. η έρευνα της Coca Cola Company το 1969). Στη συνέχεια περιγράφονται τα πρότυπα του Διεθνούς Οργανισμού Τυποποίησης, τα οποία συνθέτουν τα στάδια που εφαρμόστηκαν στο παρελθόν και εφαρμόζονται σήμερα για την πλήρη διεξαγωγή μιας AKZ. Στη συνέχεια περιγράφεται αναλυτικά το μεθοδολογικό πλαίσιο της AKZ και τα τέσσερα βασικά του στάδια. Εν κατακλείδι στο κεφάλαιο 2 συζητώνται τα πλεονεκτήματα, αλλά και οι αδυναμίες μιας προσέγγισης AKZ.

Στην αρχή του τρίτου κεφαλαίου ορίζεται ο ΣΜΑ, περιγράφονται οι κύριες λειτουργίες του και συζητώνται οι βασικές προϋποθέσεις για τη βιώσιμη λειτουργία τους και την ελαχιστοποίηση του κόστους της διαχείρισης των ΑΣΑ. Στη συνέχεια, παρατίθενται βασικά θέματα νομοθεσίας για τη διαχείριση των ΑΣΑ στην Ελλάδα, εστιάζοντας και σε βασικά νομοθετικά ζητήματα που αφορούν στους ΣΜΑ και τη χωροθέτησή τους.

Επιπρόσθετα στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφονται αναλυτικά θέματα που αφορούν στο σχεδιασμό ενός ΣΜΑ, ώστε να αποτυπωθεί μια τυπική διαδικασία μεταφόρτωσης, γεγονός που απαιτείται για την εφαρμογή της ΑΚΖ. Εν κατακλείδι, αποτυπώνονται τα κριτήρια με τα οποία αξιολογείται η λειτουργία ενός ΣΜΑ, τόσο από την οπτική της χωροθέτησης, όσο και στη βάση λειτουργικών και κατασκευαστικών κριτηρίων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο μελετάται η περίπτωση του ΣΜΑ Ευκαρπίας στη βάση και των διαθέσιμων δεδομένων. Στην αρχή του κεφαλαίου συνοψίζονται τα βασικά κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του ΣΜΑ Ευκαρπίας. Στη συνέχεια περιγράφεται συνοπτικά η λειτουργία της μονάδας η οποία ξεκίνησε στις 28 Φεβρουαρίου 2017. Το τέταρτο κεφάλαιο περιλαμβάνει την περιβαλλοντική ανάλυση του ΣΜΑ Ευκαρπίας, η οποία αποτελεί το υπόβαθρο πάνω στο οποίο θα διερευνηθούν οι σημαντικές παράμετροι της ΑΚΖ κατά την κατασκευή, λειτουργία και στο τέλος της ωφέλιμης ζωής του ΣΜΑ Ευκαρπίας. Στη βάση της περιβαλλοντικής ανάλυσης του ΣΜΑ Ευκαρπίας, που πραγματοποιήθηκε στην ενότητα 4.3, πραγματοποιείται η σύνοψη των σημαντικών παραμέτρων που απαιτούνται για μια ΑΚΖ της υπό εξέταση μονάδας και η ποιοτική συγκριτική αξιολόγηση αυτών.

Στο τελευταίο κεφάλαιο του επιλόγου συνοψίζονται τα βασικά συμπεράσματα της εργασίας

1.2 Στόχος

Στόχο της παρούσας εργασίας αποτελεί η διερεύνηση της σημασίας παραμέτρων στην ΑΚΖ του ΣΜΑ Ευκαρπίας. Στη βάση των λειτουργικών και κατασκευαστικών χαρακτηριστικών και της περιβαλλοντικής ανάλυσης, λαμβάνει χώρα σύνοψη των σημαντικών παραμέτρων τόσο για τη φάση της κατασκευής, όσο για τη φάση της λειτουργίας, αλλά και την περίοδο μετά το τέλος της ωφέλιμης ζωής του ΣΜΑ. Στα πλαίσια της εργασίας και με βάση την ανάλυση των επιπτώσεων που πραγματοποιήθηκε στην ενότητα 4.3 λαμβάνει χώρα και ποιοτική αξιολόγηση της σημασίας των σημαντικών παραμέτρων.

1.3 Μεθοδολογία

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας έλαβε χώρα ενδελεχής βιβλιογραφική διερεύνηση σχετική με θέματα διαχείρισης ΑΣΑ και ΑΚΖ. Στη συνέχεια του μεθοδολογικού πλαισίου περιγράφονται οι βασικές δραστηριότητες κατά την κατασκευή, λειτουργία και στο τέλος της ωφέλιμης ζωής του ΣΜΑ Ευκαρπίας. Λαμβάνοντας υπόψη την έλλειψη δεδομένων σχετικά με το ΣΜΑ Ευκαρπίας, το μεθοδολογικό πλαίσιο ακολουθεί μια «αντίστροφη» διαδικασία. Στη βάση ενδελεχούς περιβαλλοντικής ανάλυσης του ΣΜΑ Ευκαρπίας, διερευνώνται οι σημαντικές παράμετροι της ΑΚΖ αντίστοιχα κατά την κατασκευή, λειτουργία και στο τέλος της ωφέλιμης ζωής του ΣΜΑ Ευκαρπίας. Η σύνοψη των σημαντικών παραμέτρων που απαιτούνται για μια ΑΚΖ της υπό εξέταση μονάδας και η ποιοτική συγκριτική αξιολόγηση αυτών ακολουθεί, λαμβάνοντας υπόψη και την αντίστοιχη βιβλιογραφία. Η ανάλυση στα πλαίσια της παρούσας εργασίας και η μεθοδολογική προσέγγιση που ακολουθείται αποκτά ιδιαίτερη σημασία λαμβάνοντας υπόψη την έλλειψη δεδομένων που αντιμετωπίζει ο κάθε μελετητής σε αντίστοιχες περιπτώσεις. Δεν είναι τυχαίο ότι στα πλαίσια της βιβλιογραφικής διερεύνησης που έλαβε χώρα στα πλαίσια της εργασίας δεν βρέθηκαν δημοσιευμένα στοιχεία ΑΚΖ για ΣΜΑ με συγκεκριμένα ποσοτικά δεδομένα.

Κεφάλαιο 2

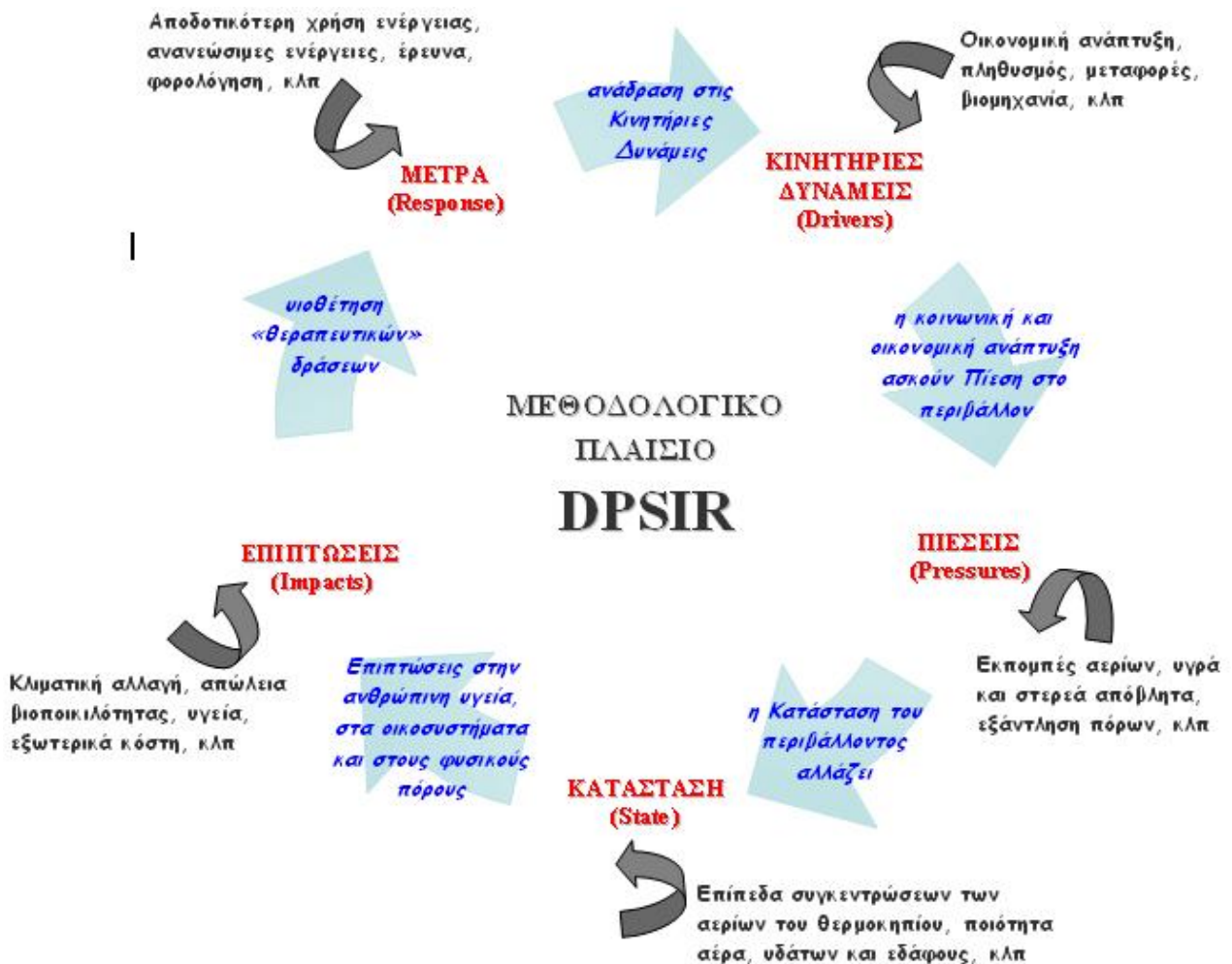
Ανάλυση Κύκλου Ζωής

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (AKZ) σύμφωνα με το Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) είναι «μια τεχνική αποτίμησης της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που συνδέεται με κάποιο προϊόν, διεργασία ή δραστηριότητα προσδιορίζοντας και ποσοτικοποιώντας την ενέργεια και τα υλικά που χρησιμοποιούνται, καθώς και τα απόβλητα που απελευθερώνονται στο περιβάλλον, αποτιμώντας τις επιπτώσεις από τη χρήση της ενέργειας και των υλικών καθώς και των αποβλήτων αναγνωρίζοντας και αποτιμώντας τις δυνατότητες περιβαλλοντικών βελτιώσεων» (Fava et al., 1991. Η περιβαλλοντική επιβάρυνση προκύπτει από την κατανάλωση πόρων, των εκπομπών ρύπων και των μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων (Rebitzer et al., 2004), κατά την εξαγωγή α' υλών, την παραγωγή και παρασκευή υλικών, την κατασκευή, τη χρήση και την κατανάλωση, αλλά και κατά το τέλος ζωής των προϊόντων (συλλογή, επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση, απόθεση αποβλήτων), δηλαδή καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του. Οι καταναλώσεις και οι εκπομπές αυτές είναι υπεύθυνες για μία σειρά περιβαλλοντικών επιπτώσεων, όπως η κλιματική αλλαγή, η μείωση του όζοντος της στρατόσφαιρας, ο σχηματισμός όζοντος στην τροπόσφαιρα, ο ευτροφισμός, η οξίνιση, η μείωση φυσικών πόρων, η κατάχρηση υδάτων και γης κ.ά. (Guinee et al., 2002).

2.1 Μεθοδολογικό Πλαίσιο DPSIR

Πριν την παρουσίαση της AKZ, κρίνεται σκόπιμη η παράθεση της σχέσης μεταξύ πιέσεων, κατάστασης και επιπτώσεων όπως αυτή ορίζεται υπό το πλαίσιο DPSIR (Driving Forces- Pressures - State - Impact - Response) (EEA, 1999). Το πλαίσιο ανάλυσης DPSIR, το οποίο και αποτελεί το πλέον διαδεδομένο πλαίσιο ανάλυσης σε ευρωπαϊκή κλίμακα, απαρτίζεται από πέντε στοιχεία (εικόνα 2.1):

- Η κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη (Κινητήριες Δυνάμεις – Driving Forces) είναι οι πρωταρχικές αιτίες που ασκούν πίεση στο περιβάλλον. Παραδείγματα αποτελούν η ζήτηση για ενέργεια, η βιομηχανία, οι μεταφορές, η γεωργία και η στέγαση.



Εικόνα 2.1: Μεθοδολογικό πλαίσιο DPSIR (ΟΡΘ 2008)

- Οι κινητήριες δυνάμεις οδηγούν σε Πιέσεις (Pressures) στο περιβάλλον, για παράδειγμα εκμετάλλευση των πόρων (έδαφος, νερό, ορυκτά καύσιμα κτλ.) και εκπομπές ρύπων.
- Κατά συνέπεια, αλλάζει η Κατάσταση (State) του περιβάλλοντος, όπως η ποιότητα των διαφόρων περιβαλλοντικών μέσων (ατμοσφαιρικός αέρας, έδαφος, νερό κτλ.) και συνεπώς μεταβάλλεται η ικανότητά τους να υποστηρίζουν τη ζήτηση, όπως την παροχή ικανοποιητικών συνθηκών για υγιή διαβίωση, την παροχή επαρκών φυσικών πόρων κτλ.

- Οι αλλαγές στην κατάσταση του περιβάλλοντος μπορεί να έχουν Επιπτώσεις (Impacts) στην ανθρώπινη υγεία, στα οικοσυστήματα κτλ. Η επίδραση μπορεί να εκφραστεί σε σχέση με το μέγεθος της μεταβολής της κατάστασης του περιβάλλοντος.
- Οι επιπτώσεις οδηγούν στην αναγκαιότητα λήψης Μέτρων (Response) για την αντιμετώπισή τους, τα οποία ανάλογα με την υφή τους επιδρούν άμεσα στις κινητήριες δυνάμεις, τις πιέσεις προς το περιβάλλον, όπως επίσης και στην κατάσταση του περιβάλλοντος.

Η ΑΚΖ ως μεθοδολογική προσέγγιση κινείται με απαρχή τις κινητήριες δυνάμεις και μελετά όλες τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των περιβαλλοντικών πιέσεων, της κατάστασης που δημιουργείται λόγω αυτών και των αρνητικών επιδράσεων στο περιβάλλον. Είναι ευνόητο, ότι οι κινητήριες δυνάμεις και οι πιέσεις αποτελούν κυρίως δεδομένα εισόδου σε μια ΑΚΖ, ενώ η κατάσταση και κυρίως οι επιπτώσεις αποτελούν το βασικό εξαγόμενο μιας τέτοιας ανάλυσης. Αξίζει να υπογραμμιστεί ότι η ΑΚΖ, ως ένα σύνολο υπολογιστικών εργαλείων για την ολιστική αποτίμηση της περιβαλλοντικής επίπτωσης που σχετίζονται με ολόκληρη τη διάρκεια της «ζωής» ενός προϊόντος, σκοπεύει στην αναζήτηση και στην ποσοτικοποίηση της περιβαλλοντικής υποβάθμισης που επέρχεται από την παραγωγή ενός προϊόντος ή μιας παραγωγικής διαδικασίας ή μιας υπηρεσίας. Αυτό είναι εφικτό μέσω της παρακολούθησης του προϊόντος ή της υπηρεσίας από την «γέννηση» μέχρι την «ταφή» του, από την εξόρυξη των πρώτων υλών, την παραγωγή, την χρήση μέχρι και την τελική του διάθεση. Στη βάση αυτή είναι σαφές ότι η ΑΚΖ χρησιμοποιεί ως «ομπρέλα» το πλαίσιο DPSIR, με δεδομένο ότι μέσα από αυτήν τη διαδικασία επιτυγχάνεται ο εντοπισμός εκείνων των δραστηριοτήτων που προκαλούν τις σοβαρότερες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις.

2.2 Ιστορικό Ανάλυσης Κύκλου Ζωής

Οι πρώτες μελέτες, στις οποίες εξετάζεται ο κύκλος ζωής προϊόντων και υλικών χρονολογούνται τη δεκαετία 1960 - 1970. Το 1969 η Coca Cola Company χρηματοδότησε έρευνα για τη σύγκριση της κατανάλωσης πόρων και της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που σχετίζονταν με τις συσκευασίες του προϊόντος της (Jensen et al., 1997). Παρόμοιες έρευνες πραγματοποίησαν διάφορες μεγάλες εταιρίες

στις Η.Π.Α. και συγκεκριμένα μεταξύ του 1970 και του 1975 εκπονήθηκαν περίπου δεκαπέντε μελέτες «Ανάλυσης της χρήσης φυσικών πόρων και της επίδρασης στο περιβάλλον». Κατά περίοδο αυτή, το ενδιαφέρον σχετικά με τέτοιου είδους έρευνες ήταν αυξημένο λόγω της πετρελαϊκής κρίσης της εποχής. Στην Ευρώπη, η ανάγκη για ένα εργαλείο για τη σύγκριση της περιβαλλοντικής απόδοσης προϊόντων και διαδικασιών κατέστη προφανή το 1985, όταν δημοσιεύτηκε μία οδηγία της Ευρωπαϊκής Κοινότητας για τη συσκευασία ποτών και αναψυκτικών και ξεκίνησε η ανάπτυξη της οικολογικής σήμανσης. Την περίοδο αυτή στην Ευρώπη, διαφορετικά ονόματα της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής, όπως «Περιβαλλοντική Λογιστική» (Environmental Accounting) από τους Müller-Wenk το 1978 για επιχειρήσεις, το «Οικολογικό Ισοζύγιο» (Eco-Balance) το 1984 από το Bundesamt für Umweltschutz και η «Ανάλυση Γραμμής Προϊόντος» (Product Line Analysis) το 1987 από το Projektgruppe Ökologische Wirtschaft (Andersson et al., 1994).

Ο αριθμός των μελετών που σχετίζονται με τον κύκλο ζωής των προϊόντων και των διαδικασιών βαίνει αυξανόμενος με αποτέλεσμα την πρώτη προσπάθεια εναρμόνισης της μεθόδου από τον Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) το 1991, μέσω της έκδοσης του κώδικα συμπεριφοράς SETAC για την AKZ (Fava et al., 1991). Το 1996 γίνεται η πρώτη προσπάθεια τυποποίησης της μεθοδολογίας της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής από το Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (ISO), οπότε και δημιουργήθηκαν τα πρότυπα ISO 14040-14043 τα οποία αναθεωρήθηκαν και αντικαταστάθηκαν το 2006 από τα πρότυπα ISO 14040 και ISO 14044. Το 1996 άρχισε η έκδοση ενός περιοδικού αποκλειστικά για την AKZ, με την ονομασία International Journal of Life Cycle Assessment.

Τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρήθηκε μια ταχεία ανάπτυξη της AKZ λόγω της αυξανόμενης ευαισθητοποίησης του κοινού για την προστασία του περιβάλλοντος και την ευρεία αποδοχή της αειφόρου ανάπτυξης. Η έρευνά της επεκτάθηκε από την απλή εφαρμογή σε συσκευασίες ποτών και τροφίμων σε σύνθετες εφαρμογές όπως οικιακές συσκευές (π.χ. ψυγεία, πλυντήρια κ.ά.) και δομικά υλικά (π.χ. αλουμίνιο, χάλυβα, κ.ά.). Είναι ενδεικτικό ότι μεταξύ του 1998 και του 2013, καταγράφονται 6616 έρευνες και μελέτες που έχουν δημοσιευθεί σε έγκριτες επιστημονικές βάσεις (Hou et al., 2015). Σύμφωνα με την επιστημονική βιβλιογραφία, τα τελευταία χρόνια παρουσιάζεται

αύξηση των μελετών που αφορούν στην εφαρμογή της AKZ στον τριτογενή τομέα (Michailidou et al., 2016).

2.3 ISO 14040 - 14044

Ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (International Organization for Standardization - ISO) δημοσίευσε το 1996 τα πρότυπα ISO 14040 - 14043 που αφορούσαν στις φάσεις της AKZ και τα οποία αναθεωρήθηκαν και αντικαταστάθηκαν το 2006 από τα πρότυπα ISO 14040 και ISO 14044 (Finkbeiner et al., 2006). Συγκεκριμένα τα πρότυπα ISO 14040-43 περιέγραφαν τα εξής στάδια που εφαρμόζονταν για την πλήρη διεξαγωγή μιας AKZ έως το 2006:

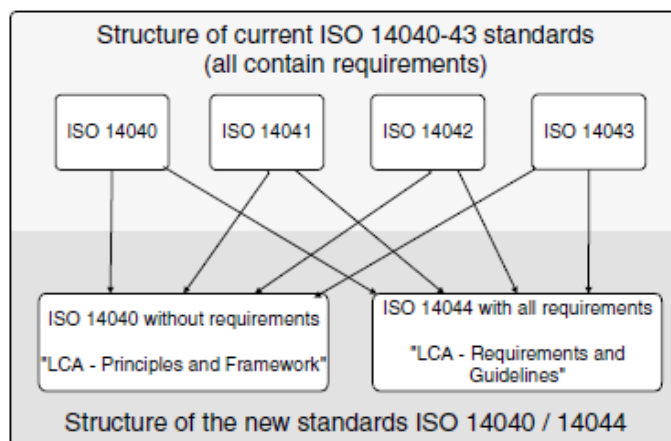
- ISO 14040: Αρχές και οριοθέτηση συστήματος.
- ISO 14041: Προσδιορισμός σκοπού και στόχου και απογραφή δεδομένων.
- ISO 14042: Εκτίμηση επιπτώσεων.
- ISO 14043: Ερμηνεία αποτελεσμάτων.

Η δεύτερη έκδοση των προτύπων της AKZ, του ISO, η οποία ισχύει μέχρι και σήμερα είναι η εξής (Finkbeiner et al., 2006):

- ISO 14040: Αρχές και Πλαίσιο (Principles and framework).
- ISO 14044: Απαιτήσεις και Κατευθυντήριες Γραμμές (Requirements and Guidelines).

Το πρότυπο ISO 14040:2006 παρέχει μια αναλυτική περιγραφή των αρχών της AKZ και το πλαίσιο στο οποίο είναι κατανοητή και προσιτή, τόσο για τους επαγγελματίες όσο και για το κοινό. Το περιεχόμενο των προτύπων του 1996, όλες δηλαδή οι τεχνικές απαιτήσεις, μεταφέρθηκε στα δύο νέα πρότυπα, καθιστώντας το πρότυπο ISO 14044:2006 το βασικό έγγραφο για την AKZ. Και τα δύο νέα πρότυπα περιλαμβάνουν το ίδιο σύνολο των ορισμών, δηλαδή οι ορισμοί του προτύπου ISO 14040, επαναλαμβάνονται στο ISO 14044:2006. Ο λόγος είναι ότι οι επαγγελματίες δεν απαιτείται να χρησιμοποιήσουν κάποιο άλλο έγγραφο παρά μόνο το ISO 14044:2006. Στα δύο νέα πρότυπα απομακρύνθηκαν ασυνέπειες και λάθη που υπήρχαν στα παλαιότερα και βελτιώθηκε η αναγνωσιμότητά τους. Το γενικό πλαίσιο των νέων προτύπων παρουσιάζεται στην εικόνα 2.2.

Συγκεκριμένα το ISO 14040:2006 περιγράφει τις αρχές και το πλαίσιο της AKZ δηλαδή, τον καθορισμό του στόχου και του πεδίου εφαρμογής της, την απογραφή των δεδομένων, την εκτίμηση των επιπτώσεων του κύκλου ζωής και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Επιπλέον ορίζει την υποβολή εκθέσεων και κριτικής της AKZ, τους περιορισμούς της και τη σχέση μεταξύ των ανωτέρω σταδίων (Finkbeiner et al., 2006).



Εικόνα 2.2: Γενικό πλαίσιο των νέων προτύπων ISO (Finkbeiner et al., 2006)

2.4 Μεθοδολογία Ανάλυσης Κύκλου Ζωής

Η μεθοδολογία της AKZ αποτελείται από τέσσερα βασικά στάδια:

1. Προσδιορισμός στόχου (goal) και του πλαισίου (scope) της μελέτης.
2. Αναλυτική απογραφή δεδομένων.
3. Εκτίμηση των επιπτώσεων.
4. Ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

2.4.1 Προσδιορισμός Στόχου και Πλαισίου της Μελέτης

Στο πρώτο στάδιο της AKZ καθορίζεται με σαφήνεια ο στόχος και το πλαίσιο της μελέτης, ορίζεται η λειτουργική μονάδα και τα όρια του συστήματος. Ο καθορισμός στόχου είναι απαραίτητος και για την κατάλληλη επιλογή της μεθόδου αξιολόγησης επιπτώσεων (Powell et al., 1997). Το πλαίσιο εφαρμογής της μελέτης περιγράφει τις σημαντικότερες μεθοδολογικές επιλογές, τις παραδοχές και τους περιορισμούς.

Η διεργασία που μελετάται παρουσιάζεται ως ένα σύστημα το οποίο ορίζεται ως ένα σύνολο διεργασιών συνδεδεμένων μεταξύ τους με ροή μάζας ή ενέργειας. Τα όρια του συστήματος διαχωρίζουν το σύστημα από τον περιβάλλοντα χώρο. Συγκεκριμένα, τα όρια του συστήματος καθορίζουν τις εισροές και εκροές που πρέπει να λαμβάνονται

υπόψη κατά την AKZ, τις διαδικασίες που περιλαμβάνονται, όπως η διαχείριση των αποβλήτων καθώς και τις παραδοχές που γίνονται. Στο στάδιο αυτό επίσης γίνεται και ο ορισμός της λειτουργικής μονάδας, η οποία αποτελεί ένα μέτρο απόδοσης του συστήματος που μελετάται και παρέχει μια αναφορά τόσο για τα εισαγόμενα στοιχεία όσο και για τα αποτελέσματα, δίνοντας τη δυνατότητα σύγκρισης δύο διαφορετικών συστημάτων. Η λειτουργική μονάδα πρέπει να είναι ακριβής, συγκρίσιμη και σχετική με τα στοιχεία εισόδου και εξόδου. Περαιτέρω, η χρησιμότητα των αποτελεσμάτων επηρεάζεται από το αν επιλέχθηκε σωστά η λειτουργική μονάδα. Εάν όντως επιλεγθεί σωστά, τα αποτελέσματα θα έχουν πρακτική εφαρμογή (Jensen et al., 1997). Είναι σαφές ότι εξαιρώντας συγκεκριμένα μέρη, εκτός ορίων του συστήματος, τα αποτελέσματα που θα προκύψουν μπορεί να είναι ανακριβή με άμεση συνέπεια την αλλοίωση του τελικού αποτελέσματος (Tillman et al., 1994).

2.4.2 Αναλυτική Απογραφή Δεδομένων

Το δεύτερο στάδιο της μεθοδολογίας είναι η αναλυτική απογραφή δεδομένων (Life Cycle Inventory – LCI). Αποτελεί μια διαδικασία ποσοτικοποίησης των εισροών και εκροών του συστήματος, σε σχέση με το περιβάλλον του. Ως εισροές ορίζονται οι συνολικές απαιτήσεις σε ενέργεια και πρώτες ύλες. Οι εκροές αφορούν στις ατμοσφαιρικές εκπομπές, στα απόβλητα που καταλήγουν στο νερό και στα στερεά απόβλητα που απελευθερώνονται κατά την παραγωγή ενός προϊόντος ή μιας διεργασίας (Μουσιόπουλος, 2015).

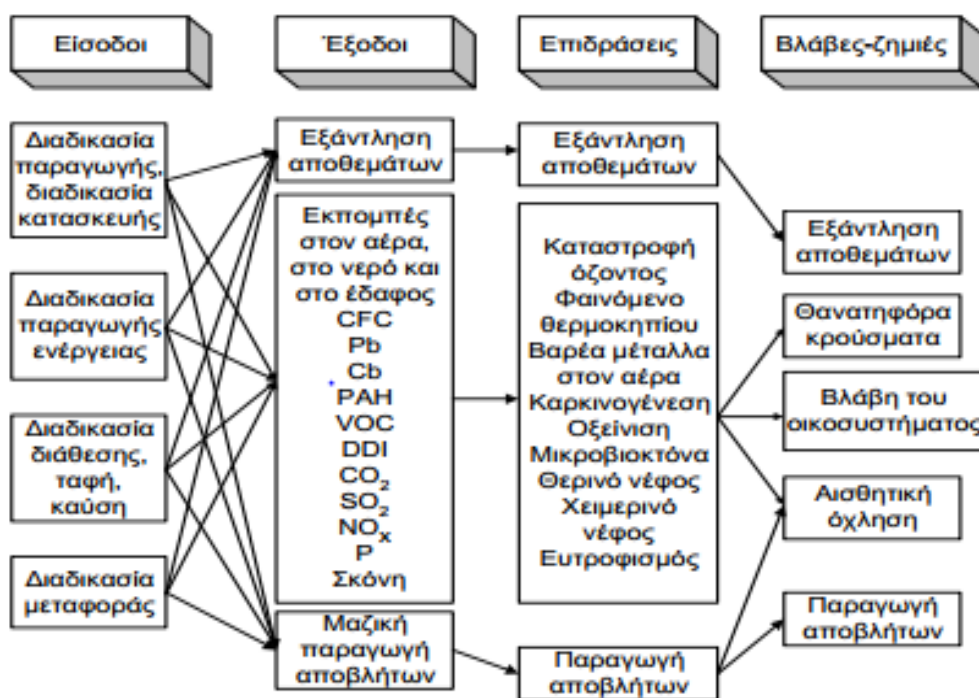
Η συλλογή δεδομένων είναι το στάδιο με τις μεγαλύτερες απαιτήσεις σε πόρους και χρόνο σε μία αξιολόγηση κύκλου ζωής. Η ποιότητα των δεδομένων επηρεάζεται από την πηγή των δεδομένων, τη μέθοδο συλλογής, τον τρόπο παραγωγής τους και το κόστος και το χρόνο συλλογής. Συνεπώς οι πηγές όλων των δεδομένων πρέπει να αναφέρονται λεπτομερώς και να ελέγχονται για την αξιοπιστία τους. Το στάδιο της LCI είναι ιδιαίτερα σημαντικό αφού αποτελεί τη βάση για το επόμενο στάδιο της εκτίμησης των επιπτώσεων (Μουσιόπουλος, 2015).

2.4.3 Εκτίμηση των Επιπτώσεων

Η αξιολόγηση επιπτώσεων αποτελεί το τρίτο στάδιο της AKZ, όπου λαμβάνει χώρα μια ποσοτική ή ποιοτική διαδικασία με στόχο την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, που προκύπτουν με βάση τα δεδομένα του σταδίου της απογραφής

δεδομένων. Συγκεκριμένα εξετάζονται οι επιπτώσεις στο οικοσύστημα, στην ανθρώπινη υγεία και οι επιπτώσεις που παρουσιάζονται από την εξάντληση των φυσικών πόρων (Μουσιόπουλος, 2015). Η σημαντικότερη, ίσως, επιλογή που είναι απαραίτητο να γίνει είναι αυτή του καθορισμού του επιθυμητού επιπέδου ακρίβειας κι έκτασης των αποτελεσμάτων. Αυτό συνήθως εξαρτάται από τον τρόπο που θα παρουσιαστούν αυτά στους ενδιαφερόμενους και την ικανότητα αυτών να αντιληφθούν κάποια αναλυτικά αποτελέσματα. Η εκτίμηση επιπτώσεων κύκλου ζωής συνήθως περιγράφεται ως μια βήμα προς βήμα ερμηνεία του σταδίου της απογραφής και συνίσταται ουσιαστικά σε τρία στάδια, στην ταξινόμηση, το χαρακτηρισμό και την αξιολόγηση, συνήθως με χρήση περιβαλλοντικών δεικτών. Αναλυτικά οι φάσεις της εκτίμησης επιπτώσεων είναι: ταξινόμηση, χαρακτηρισμός, κανονικοποίηση, ομαδοποίηση και στάθμιση.

Κατά την ταξινόμηση, τα δεδομένα του σταδίου της απογραφής ταξινομούνται σε κατηγορίες, με κριτήρια τις επιπτώσεις αυτών. Μερικά περιβαλλοντικά φορτία χρειάζεται να αντιστοιχιστούν σε περισσότερες από μία κατηγορίες. Οι κύριες αυτές κατηγορίες είναι παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας, οξίνιση, καταστροφή του στρώματος του όζοντος, οικοτοξικότητα, ευτροφισμός, σχηματισμός φωτοχημικού νέφους και εξάντληση φυσικών πόρων. Στην εικόνα 2.3 προσδιορίζονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις.



Εικόνα 2.3: Προσδιορισμός περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Μουσιόπουλος, 2015)

Κατά το στάδιο του χαρακτηρισμού ποσοτικοποιούνται οι επιπτώσεις και αθροίζονται όσες ανήκουν στην ίδια κατηγορία. Οι ποσότητες των ουσιών που ανήκουν σε κάθε κατηγορία πολλαπλασιάζονται με αντίστοιχους συντελεστές χαρακτηρισμού, με τελικό σκοπό να αναχθούν σε ισοδύναμες ποσότητες της κάθε ένωσης που αντιστοιχεί στον δείκτη επίπτωσης. Για παράδειγμα, όλες οι εκπομπές οξειδίων όπως NO_x, SO_x, στα αποτελέσματα της ανάλυσης απογραφής προστίθενται με βάση τους παράγοντες εξισορρόπησης τους σε ένα άθροισμα που δείχνει την έκταση της επίπτωσης της όξινης απόθεσης (Coelho and de Brito, 2012). Στη συνέχεια αυτές οι ποσότητες αθροίζονται ώστε κάθε κατηγορία επίπτωσης να προσδιορίζεται από μόνο ένα μέγεθος ισοδύναμης ποσότητας της κάθε ένωσης. Για παράδειγμα, στην κατηγορία επίπτωσης της υπερθέρμανσης του πλανήτη το αποτέλεσμα ανάγεται σε ισοδύναμη μάζα CO₂ (kg CO₂-eq.).

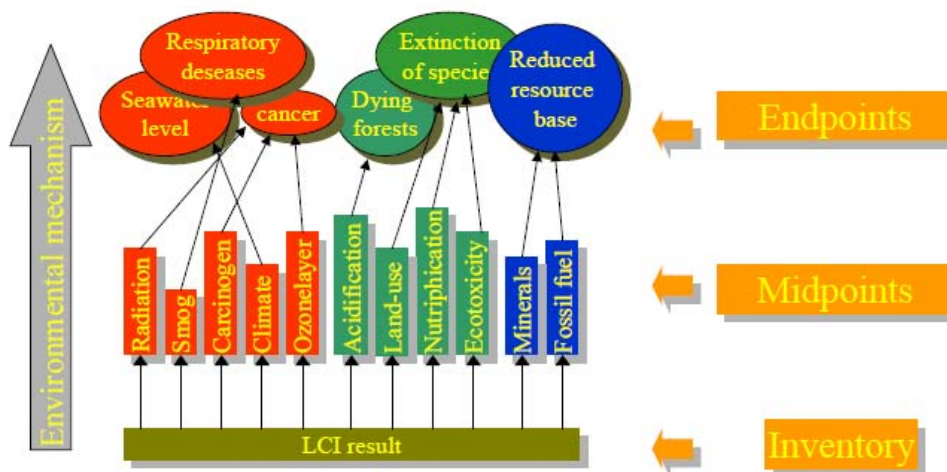
Στο στάδιο της κανονικοποίησης, τα αποτελέσματα για κάθε κατηγορία επίπτωσης κανονικοποιούνται με διαφορετικούς τρόπους με σκοπό να συσχετιστούν με μια τιμή αναφοράς. Η κανονικοποίηση πραγματοποιείται με τη διαίρεση των συνολικών αποτελεσμάτων που προέκυψαν από το στάδιο του χαρακτηρισμού για όλες τις ουσίες που υπάρχουν στο σύστημα, για κάθε κατηγορία επίπτωσης, με μια επιλεγμένη τιμή για την κάθε κατηγορία. Η τιμή που επιλέγεται μπορεί να αναφέρεται σε μια δεδομένη περιοχή όπως σε τοπικό ή παγκόσμιο επίπεδο, καθώς και να αφορά για παράδειγμα στις συνολικές εκπομπές.

Στη φάση της ομαδοποίησης, οι κατηγορίες επιπτώσεων ομαδοποιούνται με βάση συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, όπως οι εκπομπές και ταξινομούνται με ιεραρχική κλιμάκωση.

Στην τελική φάση της στάθμισης, οι συνεισφορές των διαφόρων κατηγοριών των επιπτώσεων επιβαρύνονται με ένα **συντελεστή βαρύτητας** ώστε να είναι εφικτή η μεταξύ τους σύγκριση.

Για την αξιολόγηση των επιπτώσεων του κύκλου ζωής ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας έχουν αναπτυχθεί διαφορετικές μέθοδοι, οι οποίες διαχωρίζονται στις μεθόδους

«ενδιάμεσου σημείου ή αποδέκτη» και στις μεθόδους «τελικού σημείου ή αποδέκτη» (εικόνα 2.4).



Εικόνα 2.4: Σχηματική αναπαράσταση της δομής των μεθόδων αξιολόγησης των επιπτώσεων «ενδιάμεσου σημείου ή αποδέκτη» (midpoints) και στις μεθόδους «τελικού σημείου ή αποδέκτη» (endpoints) (Goedkoop et al., 2010)

Οι «ενδιάμεσου σημείου ή αποδέκτη» μέθοδοι περιορίζουν την ποσοτική μοντελοποίηση σε σχετικά αρχικά στάδια της αλυσίδας αιτίου-αποτελέσματος για να περιορίσουν τις αβεβαιότητες και να ταξινομήσουν και να χαρακτηρίσουν τα αποτελέσματα της απογραφής στις αποκαλούμενες ενδιάμεσες κατηγορίες (midpoint categories). Οι κατηγορίες επιπτώσεων στο ενδιάμεσο επίπεδο ορίζονται στο σημείο εκείνο όπου υπάρχει ένας κοινός μηχανισμός ή κοινά αποδεκτή ομαδοποίηση διαφορετικών ρύπων μέσα σε συγκεκριμένη κατηγορία επιπτώσεων (εικόνα 2.4). Οι περισσότεροι διαδεδομένοι μέθοδοι αξιολόγησης «ενδιάμεσου σημείου ή αποδέκτη» είναι η CML 2001, η TRACI, EDIP 2003 και η ILCD 2016Midpoint (Μιχαηλίδου, 2017). Μερικά παραδείγματα ενδιάμεσων επιπτώσεων είναι (Acero et al., 2014):

- Μείωση αβιοτικών πόρων. Αφορά στην προστασία της ανθρώπινης ευημερίας, της ανθρώπινης υγείας και της υγείας των οικοσυστημάτων. Ο δείκτης αυτής της κατηγορίας επιπτώσεων σχετίζεται με την εξόρυξη ορυκτών και ορυκτών καυσίμων που οφείλονται σε εισροές στο σύστημα. Ο δείκτης μείωσης αβιοτικών ADF (Abiotic Depletion Factor) σχετίζεται με την εξόρυξη ορυκτών και ορυκτών καυσίμων (kg ισοδύναμου αντιμονίου/kg εξόρυξης) με βάση τη συγκέντρωση των αποθεμάτων και το ρυθμό ανάκτησης. Το γεωγραφικό πεδίο εφαρμογής αυτού του δείκτη είναι σε παγκόσμια κλίμακα.

- Κλιματική αλλαγή. Η κλιματική αλλαγή μπορεί να οδηγήσει σε αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία του οικοσυστήματος, στην ανθρώπινη υγεία και στη διαβίωση των υλικών. Σχετίζεται με τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Το μοντέλο χαρακτηρισμού, όπως αναπτύχθηκε από τη Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) έχει επιλεγεί για την ανάπτυξη του δείκτη χαρακτηρισμού. Ο δείκτης GWP100 (Global Warming Potential) εκφράζεται για χρονική περίοδο 100 ετών (GWP100), σε kg CO₂/kg εκπομπών. Το γεωγραφικό πεδίο εφαρμογής αυτού του δείκτη είναι σε παγκόσμια κλίμακα.
- Μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος. Λόγω της μείωσης του στρατοσφαιρικού όζοντος, το μεγαλύτερο ποσοστό της υπεριώδους ακτινοβολίας UV-B (μήκη κύματος 200-300 nm) φτάνει στην επιφάνεια της γης. Έτσι προκαλούνται επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, στην υγεία των ζώων, στα χερσαία και υδάτινα οικοσυστήματα, στους βιοχημικούς κύκλους και στα υλικά. Αυτή η κατηγορία είναι συνδεδεμένη με τις εκροές και σε παγκόσμια κλίμακα. Το μοντέλο του χαρακτηρισμού έχει αναπτυχθεί από τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό (World Meteorological Organization - WMO) και καθορίζει το δυναμικό καταστροφής του όζοντος από τα διάφορα αέρια, με το δείκτη ODP (Ozone depletion potential) σε kg ισοδύναμου CFC-11/kg εκπομπών. Το γεωγραφικό πεδίο εφαρμογής αυτού του δείκτη είναι σε παγκόσμια κλίμακα και το χρονικό διάστημα είναι άπειρο.
- Τοξικότητα με επιπτώσεις στον άνθρωπο. Η κατηγορία αυτή αφορά στις επιπτώσεις των τοξικών ουσιών στο ανθρώπινο περιβάλλον. Οι κίνδυνοι για την υγεία από την έκθεση στο εργασιακό περιβάλλον δεν περιλαμβάνονται. Οι δείκτες χαρακτηρισμού HTP (Human Toxicity Potentials), υπολογίζονται με τη βάση δεδομένων USES-LCA, περιγράφοντας τη μεταφορά και το χημικό μετασχηματισμό των ουσιών, την έκθεση και τις επιπτώσεις αυτών για άπειρο χρονικό ορίζοντα. Για κάθε τοξική ουσία οι HTP εκφράζονται ως 1,4 ισότοπο διχλωροβενζόλιο DB/kg εκπομπών. Το γεωγραφικό πεδίο εφαρμογής του εν λόγω δείκτη καθορίζει την «τύχη» μιας ουσίας και μπορεί να ποικίλλει μεταξύ της τοπικής και παγκόσμιας κλίμακας.
- Οικοτοξικότητα γλυκού νερού. Ο δείκτης αυτός αναφέρεται στην κατηγορία των επιπτώσεων στα οικοσυστήματα γλυκού νερού, και είναι αποτέλεσμα εκπομπών τοξικών ουσιών στον αέρα, το νερό και το έδαφος. Το δυναμικό οικοτοξικότητας

(FAETP - Freshwater Aquatic Eco-Toxicity Potential) υπολογίζεται με τη βάση δεδομένων USES-LCA, περιγράφοντας τη μεταφορά και το χημικό μετασχηματισμό των ουσιών, την έκθεση και τις επιπτώσεις των τοξικών ουσιών. Ο χρονικός ορίζοντας είναι άπειρος και οι παράγοντες χαρακτηρισμού εκφράζονται ως ισοδύναμα 1,4-διχλωροβενζολίου/kg εκπομπών. Ο δείκτης εφαρμόζεται σε επίπεδο τοπικό, περιφερειακό έως και παγκόσμιο.

- Θαλάσσια και επίγεια οικοτοξικότητα. Η θαλάσσια οικοτοξικότητα αναφέρεται στις επιπτώσεις των τοξικών ουσιών στα θαλάσσια οικοσυστήματα. Η κατηγορία της επίγειας οικοτοξικότητας αναφέρεται στις επιπτώσεις των τοξικών ουσιών στα χερσαία οικοσυστήματα. Όμοια με την οικοτοξικότητα του γλυκού νερού ο δείκτης χαρακτηρισμού είναι το δυναμικό οικοτοξικότητας (FAETP) και υπολογίζεται αντίστοιχα.
- Σχηματισμός φωτοχημικού νέφους. Ο σχηματισμός φωτοχημικού νέφους είναι ο σχηματισμός δραστικών ουσιών, όπως το όζον, τα οποία είναι επιβλαβή για την ανθρώπινη υγεία και τα οικοσυστήματα. Ο δείκτης δημιουργίας φωτοχημικού όζοντος (Photochemical Ozone Creation Potential-POCP) για την εκπομπή ουσιών στον αέρα υπολογίζεται μέσω του μοντέλου UNECE Trajectory και εκφράζεται σε kg ισοδύναμου αιθυλενίου/kg εκπομπών. Το χρονικό διάστημα είναι 5 ημέρες και η γεωγραφική κλίμακα κυμαίνεται μεταξύ τοπικής κλίμακας έως και ηπειρωτικής κλίμακας.
- Οξίνιση. Ουσίες που προκαλούν οξίνιση δημιουργούν ένα ευρύ φάσμα επιπτώσεων στο έδαφος, τα υπόγεια και επιφανειακά ύδατα, τους οργανισμούς, τα οικοσυστήματα και τα υλικά. Ο δείκτης οξίνισης AP (Acidification Potential) για τις ατμοσφαιρικές εκπομπές υπολογίζεται με το προσαρμοσμένο μοντέλο RAINS 10, που περιγράφει την πορεία και την απόθεση των οξειδίων. Τα APs εκφράζονται ως kg ισοδύναμου SO₂/kg εκπομπών. Το χρονικό διάστημα είναι άπειρο και η γεωγραφική κλίμακα κυμαίνεται μεταξύ της τοπικής και της ηπειρωτικής κλίμακας.
- Ευτροφισμός. Ο ευτροφισμός περιλαμβάνει όλες τις επιπτώσεις που οφείλονται σε υπερβολικά επίπεδα των μακρο-θρεπτικών συστατικών στο περιβάλλον που προκαλείται από τις εκπομπές των θρεπτικών συστατικών αζώτου και φωσφόρου στον αέρα, το νερό και το έδαφος. Ο δείκτης ευτροφισμού NP (Nutrification Potential) εκφράζεται ως kg ισοδύναμου PO₄³⁻/kg εκπομπών. Το

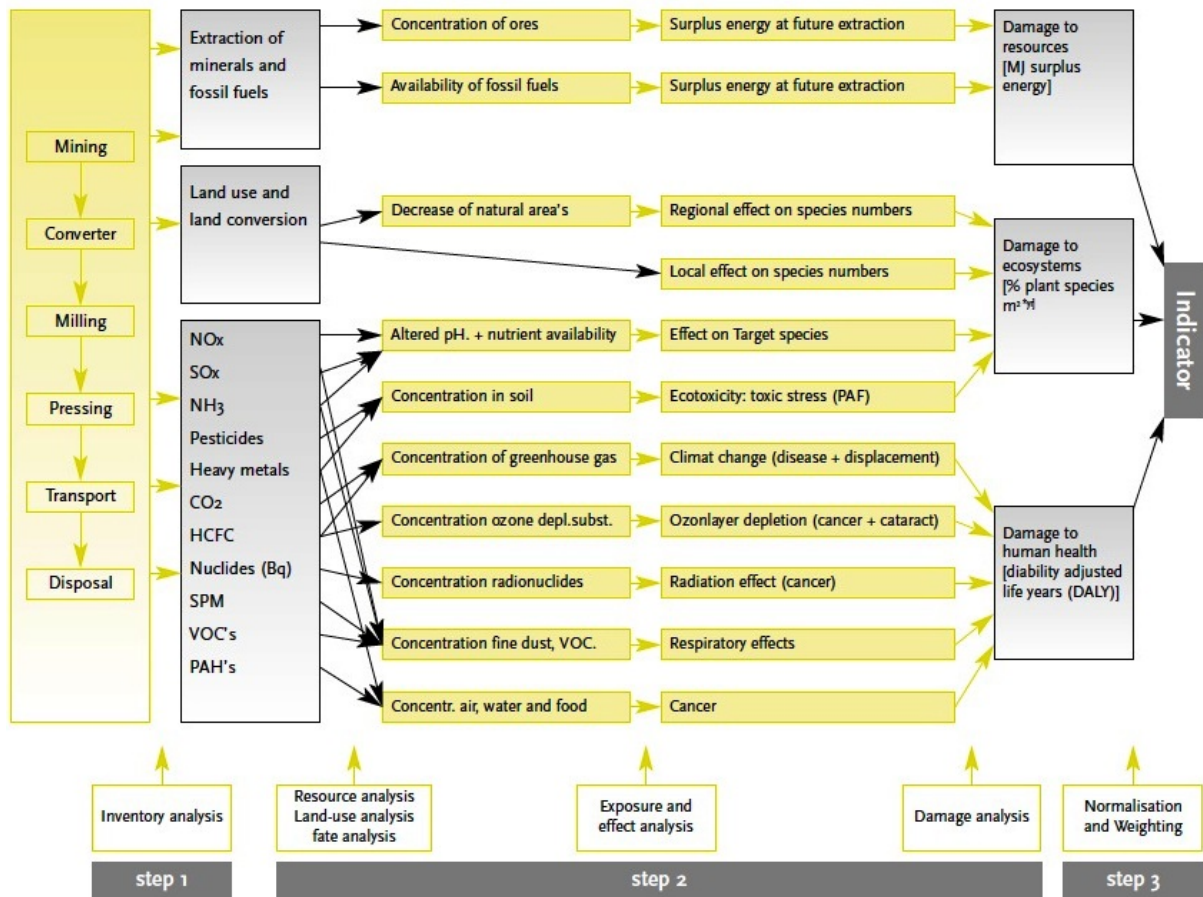
χρονικό διάστημα είναι άπειρο, και η γεωγραφική κλίμακα κυμαίνεται μεταξύ της τοπικής και της ηπειρωτικής κλίμακας.

Η ολοένα αυξανόμενη ανησυχία της επιστημονικής κοινότητας για την κλιματική αλλαγή και η ανάγκη ποσοτικοποίησης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), μεθάνιο (CH₄), υποξείδιο του αζώτου (N₂O), υδροφθοράνθρακες (HFCs), υπερφθοράνθρακες (PFCs), εξαφθοριούχο θείο (SF₆)) για τη λήψη μέτρων ανάσχεσης του φαινομένου, οδήγησε στην ανάπτυξη του αποτυπώματος άνθρακα ή ανθρακικού αποτυπώματος (carbon footprint). Η έννοια του ανθρακικού αποτυπώματος προέρχεται από το οικολογικό αποτύπωμα (ecological footprint). Κοινός τόπος όλων των ορισμών που έχουν αποδοθεί στο ανθρακικό αποτύπωμα, είναι ότι αντιπροσωπεύει την ποσότητα εκπομπών αερίων που ευθύνονται για την κλιματική αλλαγή και προέρχονται από ανθρώπινες δραστηριότητες. Στην επιστημονική βιβλιογραφία ο όρος χρησιμοποιείται για την έκφραση των συνολικών εκπομπών είτε CO₂, είτε των αερίων του θερμοκηπίου εκφρασμένων σε CO₂-eq., που είναι δυνατό να αποδοθούν σε ένα προϊόν, μια επιχείρηση, έναν κλάδο της βιομηχανίας ή σε ολόκληρη την οικονομία (Μιχαηλίδου, 2017). Πλέον σε ορισμένες βάσεις δεδομένων και σε ορισμένα λογισμικά AKZ υπάρχει ξεχωριστή μέθοδος αξιολόγησης επιπτώσεων στην κλιματική αλλαγή, που υπολογίζει το ανθρακικό αποτύπωμα προϊόντων, διαδικασιών και υπηρεσιών.

Στις «τελικού σημείου ή αποδέκτη» μεθόδους μοντελοποιείται η αλυσίδα αιτίου-αποτελέσματος σε σχέση με τη βλάβη που είναι δυνατό να επιφέρουν οι πιέσεις σε τελικούς αποδέκτες, όπως η ανθρώπινη υγεία, η ποιότητα του οικοσυστήματος, η εξάντληση των φυσικών πόρων, η βιοποικιλότητα, η κλιματική αλλαγή κ.ά. (εικόνα 2.5). Οι δύο περισσότερο διαδεδομένες μέθοδοι αξιολόγησης «τελικού σημείου ή αποδέκτη» είναι η Eco-Indicator 99 (εικόνα 2.5) και η EPS 2000 (Μιχαηλίδου, 2017). Οι τρεις βασικοί τελικοί αποδέκτες που εμφανίζονται στις περισσότερες μεθόδους «τελικού σημείου ή αποδέκτη» είναι (Baayen, 2000):

- Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία: εκφράζεται ως ο αριθμός των ετών ζωής που χάνονται και ο αριθμός των ετών ζωής με αναπηρία. Ο δείκτης κατηγοριοποίησης, για τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, είναι ο δείκτης DALY (Disability Adjusted Life Years), ο οποίος αποτελεί μία κλίμακα μέτρησης της μείωσης της ποιότητας υγείας του ανθρώπινου βίου.

- Επιπτώσεις στην ποιότητα του οικοσυστήματος: εκφράζεται ως η εξαφάνιση ειδών μιας ορισμένης περιοχής, κατά τη διάρκεια ενός ορισμένου χρονικού διαστήματος.
- Επιπτώσεις στους φυσικούς πόρους: εκφράζεται ως το πλεόνασμα ενέργειας που απαιτείται για τις μελλοντικές εξαγωγές των μετάλλων και των ορυκτών καυσίμων.



Εικόνα 2.5: Αναπαράσταση του μοντέλου επιπτώσεων της μεθόδου Eco-indicator 99 (Baayen, 2000)

Έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι που συνδυάζουν τις δύο προσεγγίσεις, όπως η Impact 2002+ και η ReCiPe, όπου στο τελικό σημείο, οι κατηγορίες επιπτώσεων ενδιάμεσου σημείου πολλαπλασιάζονται με συντελεστές ζημίας και αθροίζονται στις τελικές ζημίες (Μιχαηλίδου, 2017). Η επιλογή της μεθόδου καθορίζεται από το στόχο και το πλαίσιο της μελέτης καθώς και από τα αποτελέσματα στα οποία προορίζεται να εστιάσει η ΑΚΖ.

2.4.4 Ερμηνεία των Αποτελεσμάτων

Ίσως το πιο ευανάγνωστο και πρακτικό πρότυπο από τα τέσσερα που αφορούν την AKZ είναι το τελευταίο σχετικά με την ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Η ερμηνεία κύκλου ζωής (Life Cycle Interpretation) εμφανίζεται σε κάθε στάδιο μιας AKZ. Μία πλήρης ερμηνεία κύκλου ζωής μπορεί να είναι καθοριστική για τα αποτελέσματα σύγκρισης. Στην ουσία διεξάγεται μια σειρά ελέγχων που πρέπει να γίνουν προκειμένου να διαπιστωθεί αν τα συμπεράσματα από τη μελέτη που πρόκειται να γίνει, υποστηρίζονται επαρκώς από τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται και από τις διαδικασίες που εκτελούνται. Οι αβεβαιότητες που μπορεί να προκύψουν αφορούν κυρίως στην ποιότητα των δεδομένων, στην ορθότητα του μοντέλου, καθώς και στον τυχόν ελλιπή χαρακτήρα του (Rebitzer et al., 2004).

2.5 Πλεονεκτήματα και Αδυναμίες της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής

Η AKZ είναι ένα ευέλικτο εργαλείο, που επιτρέπει μια προσέγγιση από την κούνια μέχρι τον τάφο (cradle-to-grave) ενός προϊόντος, μίας διαδικασίας ή μίας υπηρεσίας. Είναι δυνατό να βοηθήσει στην αποφυγή της μετατόπισης ενός προβλήματος από ένα στάδιο του κύκλου ζωής σε ένα άλλο, από ένα είδος περιβαλλοντικού ζητήματος σε ένα άλλο και από μία τοποθεσία σε άλλη. Οι αποφάσεις που λαμβάνονται με βάση την AKZ ενθαρρύνουν την ελαχιστοποίηση της χρήσης υλικών και ενέργειας των υφιστάμενων διαδικασιών καθώς και την ελαχιστοποίηση ή ακόμη και την αποφυγή λυμάτων, αέριων εκπομπών και επικίνδυνων αποβλήτων. Επιπλέον, η AKZ δίνει την ευκαιρία στο μελετητή να διερευνήσει διεξοδικά εναλλακτικές επιλογές ώστε να οδηγηθεί στην επιλογή της βέλτιστης λύσης για τη βελτίωση της περιβαλλοντικής απόδοσης ενός προϊόντος, μίας διαδικασίας ή μίας υπηρεσίας. Επιτρέπει τη σύγκριση συναφών προϊόντων, στην πάροδο του χρόνου, εξετάζοντας ένα κοινό δείκτη. Τέλος, υποστηρίζει τα Συστήματα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης που εφαρμόζουν οι εταιρίες και είναι δυνατό να συνδυαστεί με άλλα εργαλεία. Στα πλεονεκτήματα της AKZ συγκαταλέγονται η διαφανής διαδικασία αξιολόγησης, η λεπτομερής ανάλυση, η ταυτόχρονη αξιολόγηση πολλών περιβαλλοντικών επιπτώσεων και η ελαχιστοποίηση των κινδύνων από την παράλειψη σημαντικών περιβαλλοντικών πτυχών ενός συστήματος προϊόντος ή μιας υπηρεσίας (Ortiz et al., 2009, Frischknecht et al., 2007). Παράλληλα, αποτιμά και τις έμμεσες περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Berners-Lee et al., 2011) και επιτρέπει το

σχεδιασμό σεναρίων τέλους ζωής για προϊόντα και υπηρεσίες (end-of-life scenarios) (Thollier and Jansen, 2008, Ally and Pryor, 2007).

Η διαθεσιμότητα και η ποιότητα των δεδομένων είναι βασικό και μεγάλο πρόβλημα κατά τη διεξαγωγή μίας AKZ, καθώς δεν είναι σαφές τι απαιτείται να συμβεί, αν υπάρχει έλλειψη δεδομένων ή διαφορές ανάμεσα στις διαφορετικές βάσεις δεδομένων της AKZ. Στις αδυναμίες της AKZ συγκαταλέγονται ο βαθμός λεπτομέρειας και το χρονικό πλαίσιο μιας AKZ που είναι δυνατό να ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό, ανάλογα με το στόχο και το πεδίο εφαρμογής. Είναι μία εκτεταμένη μελέτη που απαιτεί υψηλή τεχνογνωσία και επομένως είναι χρονοβόρα και δαπανηρή (Bala et al., 2010). Το αποτέλεσμα καθορίζεται στο μεγαλύτερο βαθμό από τον ορισμό του σκοπού στο αρχικό στάδιο της μεθόδου. Τέλος, η AKZ δεν εξετάζει τις μελλοντικές αλλαγές στη ζήτηση και την τεχνολογία.

2.6 Ανάλυση Κύκλου Ζωής και Διαχείριση Αστικών Στερεών Αποβλήτων

Η χρήση της AKZ στη διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων (ΑΣΑ) αποτελεί ιδιαίτερη πρόκληση για τρεις κυρίως λόγους. Κάθε μονάδα διαχείρισης ΑΣΑ θεωρείται εκ των προτέρων ως περιβαλλοντικά φιλική. Ωστόσο, οι εγκαταστάσεις διαχείρισης ΑΣΑ απαιτούν έκταση σε γη, καταναλώνουν μη ανανεώσιμους φυσικούς πόρους για τη λειτουργία τους (π.χ. καύσιμα και ηλεκτρική ενέργεια) και εκπέμπουν ατμοσφαιρικούς ρύπους και υγρά απόβλητα (στραγγίσματα). Επομένως, οι εγκαταστάσεις διαχείρισης ΑΣΑ προκαλούν οι ίδιες μια περιβαλλοντική επιβάρυνση και πρέπει να αξιολογηθούν οι αντισταθμίσεις μεταξύ περιβαλλοντικών κερδών και επιβαρύνσεων (Abeliotis, 2011).

Από την άλλη πλευρά, οι εγκαταστάσεις διαχείρισης ΑΣΑ «παράγουν» πολλά χρήσιμα «προϊόντα». Για παράδειγμα, τα Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ) παράγουν διάφορα είδη χαρτιού και χαρτονιού, γυαλιού, πλαστικά, κλπ. Μια εγκατάσταση μηχανικής βιολογικής επεξεργασίας παράγει RDF (refuse derived fuel), που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως στερεό καύσιμο σε τσιμεντοβιομηχανίες και το κομπόστ που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο λιπασμάτων. Οι εγκαταστάσεις θερμικής επεξεργασίας, γνωστές ως waste-to-energy, παράγουν

ηλεκτρισμό και θερμότητα. Συνεπώς, όλα αυτά τα χρήσιμα «προϊόντα» θα πρέπει να πιστώνονται στις εγκαταστάσεις διαχείρισης ΑΣΑ (Abeliotis, 2011).

Τέλος, υπάρχει μεγάλη αβεβαιότητα σε πολλές από τις κύριες διαδικασίες επεξεργασίας ΑΣΑ. Η έλλειψη ποιοτικών δεδομένων όσον αφορά στις πρακτικές διαχείρισης ΑΣΑ είναι διαπιστωμένο πρόβλημα στην ΑΚΖ (McDougall, 2001). Για παράδειγμα, η υγειονομική ταφή, η ευρύτερα χρησιμοποιούμενη μέθοδος διαχείρισης ΑΣΑ, εμφανίζει αβεβαιότητες σχετικά με το χρονικό πλαίσιο των επιπτώσεων της. Δεδομένα που προέρχονται από απευθείας μετρήσεις (όπως η συλλογή των ΑΣΑ και η ανακύκλωση) είναι αξιόπιστα σε αντίθεση με δεδομένα που προέρχονται από μοντελοποιήσεις ή/και εκτιμήσεις (Obersteiner et al., 2007).

Παρά τις αδυναμίες και τις προκλήσεις, η ΑΚΖ είναι ένα εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων, το οποίο, χάρη στην ολιστική του προοπτική για τον ποσοτικό προσδιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, έχει αποδειχθεί ότι παρέχει πολύτιμες πληροφορίες για τον εντοπισμό κατάλληλων λύσεων στη διαχείριση των ΑΣΑ (Liamsanguan and Gheewala, 2008, Reich, 2005, Bjarnadóttir et al., 2002). Στη διεθνή επιστημονική βιβλιογραφία συναντώνται αρκετές μελέτες για την εφαρμογή της ΑΚΖ σε συγκεκριμένες μεθοδολογικές εξελίξεις, σε συγκεκριμένα είδη αποβλήτων ή σε συστήματα διαχείρισης αποβλήτων.

Πιο συγκεκριμένα, η ΑΚΖ έχει εφαρμοστεί για την αξιολόγηση συστημάτων διαχείρισης των ΑΣΑ (π.χ. Menikpura et al., 2012, Banar et al., 2009, Cleary, 2009, de Feo and Malvano, 2009, Buttol et al., 2007) ή συγκεκριμένων ρευμάτων ΑΣΑ, όπως των πλαστικών απορριμμάτων στην Ευρώπη (π.χ. Lazarevic et al., 2010), των απορριμμάτων χαρτιού και χαρτονιού (π.χ. Villanueva and Wenzel, 2007), των οργανικών αποβλήτων (π.χ. Morris et al., 2013), των αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (Hischier et al., 2005) και των βιο-αποβλήτων (π.χ. Bernstad and la Cour Jansen, 2012, Güereka et al., 2006). Έχει χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των συστημάτων ανακύκλωσης (Michaud et al., 2010), της καύσης απορριμμάτων (π.χ. Merrild et al., 2012, Morselli et al., 2005, Mendes et al., 2004), της υγειονομικής ταφής (Manfredi and Christensen, 2009, Moberg et al., 2005).

Επιπλέον, αρκετές μελέτες εστιάζουν στην ΑΚΖ μεμονωμένων μερών ενός συστήματος διαχείρισης των αποβλήτων, όπως διαφορετικά συστήματα συλλογής αποβλήτων (Iriarte et al., 2009), τεχνολογίες προ-επεξεργασίας (Hansen et al., 2007), ανάκτηση ενέργειας από υπολείμματα αποβλήτων και ανακύκλωση υλικών (π.χ. Sciorioni et al., 2009, Gatti et al., 2008, Consonni et al., 2005).

Η ΑΚΖ βρίσκει ευρεία εφαρμογή στη συγκριτική αξιολόγηση διαφορετικών σεναρίων διαχείρισης των ΑΣΑ ολόκληρων πόλεων ή τμημάτων πόλεων σε διάφορες χώρες, όπως στην Ιταλία (π.χ. Blengini et al., 2012, Cherubini et al., 2009, Arena et al., 2003), στην Ισπανία (π.χ. Montejo et al., 2013, Bovea and Powell, 2006, Güereka et al., 2006), στη Λιθουανία (π.χ. Miliūte and Staniškis, 2009), στη Βραζιλία (π.χ. Mendes et al., 2004), στον Καναδά (π.χ. Assamoi and Lawryshyn, 2012), στις Η.Π.Α. (π.χ. Vergara et al., 2011), στην Κίνα (π.χ. Song et al., 2013, Han et al., 2010, Hong et al., 2010), στην Ινδονησία (π.χ. Gunamantha and Sarto, 2012) και στην Αυστραλία (π.χ. Lundie and Peters, 2005).

Όσον αφορά στην εφαρμογή της ΑΚΖ στον κύκλο ζωής ενός ΣΜΑ, αξίζει να αναφερθεί ότι δεν βρέθηκε καμία μελέτη. Οι Bovea et al. (2007) εφάρμοσαν την ΑΚΖ για τη σύγκριση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης από την απευθείας μεταφορά των απορριμμάτων στους χώρους τελικής επεξεργασίας και διάθεσης στην περιοχή Plana της Castellón στην Ισπανία και της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης εάν λειτουργήσει ένα ΣΜΑ για τη μεταφόρτωση των απορριμμάτων πριν την τελική επεξεργασία και διάθεση.

Κεφάλαιο 3

Σταθμοί Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων

Σταθμός Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων (ΣΜΑ) είναι μια εγκατάσταση όπου οδηγούνται τα αστικά απόβλητα που συλλέγονται από τα απορριμματοφόρα και μεταφορτώνονται σε άλλα οχήματα υποδοχής ή οχήματα μεταφόρτωσης τα οποία είναι ειδικά διαμορφωμένα και σχεδιασμένα για μεταφορά. Η μεταφόρτωση των απορριμμάτων μπορεί επίσης να συνδυαστεί και με άλλες διαδικασίες όπως είναι η διαλογή των ανακυκλώσιμων, ο διαχωρισμός των επικίνδυνων αποβλήτων και η συμπίεση των απορριμμάτων. Στο ΣΜΑ καταλήγουν τα απορριμματοφόρα και, αφού εκκενωθούν, επιστρέφουν στο χώρο παραγωγής των απορριμμάτων για τη συνέχιση του έργου της αποκομιδής. Στο ΣΜΑ τα απορρίμματα συμπιέζονται με κατάλληλες πρέσες και φορτώνονται σε απορριμματοκιβώτια (containers) που στη συνέχεια μεταφέρονται με ειδικούς οχηματοσυρμούς (νταλίκες) στο χώρο τελικής διάθεσης δηλαδή σε κάποιο χώρο υγειονομικής ταφής απορριμμάτων ή σε χώρο υγειονομικής ταφής υπολειμμάτων ή σε εγκατάσταση καύσης, ή σε άλλο μεγαλύτερο ΣΜΑ όταν στο σύστημα διαχείρισης υπάρχουν τοπικοί και περιφερειακοί ΣΜΑ. Μέσω ειδικών εγκαταστάσεων υψηλού βαθμού συμπίεσης είναι δυνατό να επιτυγχάνονται πυκνότητες μέχρι και 28 t/m^3 και στη συνέχεια πραγματοποιείται η «δεματοποίηση» των αστικών αποβλήτων τα οποία μεταφέρονται σε μορφή «δεμάτων», με μεταφορικά οχήματα.

Η ύπαρξη ΣΜΑ σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης ΑΣΑ, αυξάνει τη συχνότητα και την αποτελεσματικότητα του συστήματος συλλογής και παρέχει ευελιξία στην επιλογή νέων θέσεων για εγκαταστάσεις επεξεργασίας και τελικής διάθεσης μακριά από οικισμούς (Yadav et al., 2018).

Οι κύριες λειτουργίες που διακρίνονται σε ένα ΣΜΑ είναι:

α. Έλεγχος – ζύγιση του απορριμματοφόρου στην είσοδο της εγκατάστασης.

β. Εσωτερική κίνηση προς το χώρο εκφόρτωσης.

γ. Εκφόρτωση του απορριμματοφόρου σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο.

δ. Φόρτωση (κατά κανόνα με συμπίεση) των οχημάτων μακρινής μεταφοράς.

ε. Αποχώρηση των οχημάτων μακρινής μεταφοράς.

στ. Επιστροφή και θέση φόρτωσης των οχημάτων μακρινής μεταφοράς.

Σε όλους τους ΣΜΑ οποιασδήποτε κατηγορίας και τεχνολογίας, οι υπ' αρ.(α), (β), (γ),(ε) και (στ) λειτουργίες είναι περίπου οι ίδιες.

Προϋποθέσεις για να αποτελέσει η μεταφόρτωση παράγοντα ελαχιστοποίησης του κόστους της διαχείρισης των απορριμμάτων είναι (i) η μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων απορριμμάτων σε μεγάλες αποστάσεις, (ii) η χρήση μικρών οχημάτων (ιδιαίτερα σε αστικές περιοχές με στενούς δρόμους), (iii) η εκμετάλλευση του ΣΜΑ από πολλά απορριμματοφόρα.

Στα πλεονεκτήματα της λειτουργίας του ΣΜΑ συγκαταλέγεται το μικρότερο συνολικό κόστος μεταφοράς από το αντίστοιχο κόστος των απορριμματοφόρων που διενεργούν και τη συλλογή. Αυτό οφείλεται αφενός μεν στην οικονομία κλίμακας των μεγάλων οχημάτων μακρινής μεταφοράς, αφετέρου δε στο γεγονός ότι το πλήρωμα των οχημάτων μακρινής μεταφοράς αποτελείται από μόνο ένα άτομο – τον ίδιο τον οδηγό. Απαιτούνται λιγότερα απορριμματοφόρα οχήματα για τη συλλογή αφού τα δρομολόγια θα έχουν μικρότερη διάρκεια οπότε θα μπορούν να εκτελούνται περισσότερα δρομολόγια ανά βάρδια. Επιπλέον, επέρχεται ελάφρυνση του κυκλοφοριακού φόρτου στη διαδρομή μέχρι το χώρο απόθεσης. Διευρύνεται η ακτίνα αναζήτησης χώρων τελικής διάθεσης επομένως μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας, και οι αντίστοιχες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, για τη μεταφορά. Υπάρχει ευχέρεια στη χρήση - δεν απαιτείται εξαιρετικά εξειδικευμένο προσωπικό, αλλά και στην προσαρμογή σε διακυμάνσεις των προς μεταφορά ποσοτήτων, επιλέγοντας μεγέθη και αριθμό οχημάτων μακρινής μεταφοράς. Τέλος, παρέχεται δυνατότητα διαχωρισμού των απορριμμάτων σε επιμέρους κατηγορίες, υλικά-στόχους, στις εγκαταστάσεις του ΣΜΑ και μειώνεται το μέτωπο εργασίας στους χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων καθώς μειώνεται ο ρυθμός άφιξης των προς εκκένωση οχημάτων.

Τα πιο σημαντικά προβλήματα λειτουργίας ενός ΣΜΑ, στα οποία οφείλεται κυρίως η αντίδραση των πολιτών στην εγκατάσταση ΣΜΑ κοντά στον τόπο κατοικίας τους, είναι

ο θόρυβος, η σκόνη καθώς και τα αιωρούμενα σωματίδια. Προκειμένου να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα του θορύβου χρησιμοποιούνται προστατευτικοί ηχοφράκτες και ταυτόχρονα τα οχήματα πρέπει να σβήνουν τη μηχανή κατά τη διάρκεια της αναμονής. Η λύση για την αντιμετώπιση της σκόνης συνίσταται το συχνό κατάβρεγμα ή και η πλήρης «κάλυψη» του ΣΜΑ (Environmental Technology Ltd 2014).

3.1 Νομοθεσία

Η πρώτη διάταξη για τη διαχείριση των αποβλήτων στην Ελλάδα, ήταν η ΥΑ (Υπουργική Απόφαση) ΕΙβ/301/64 «περί συλλογής, αποκομιδής και διάθεσης απορριμμάτων», η οποία και καθόριζε τις τεχνικές προδιαγραφές για τη διαχείριση των απορριμμάτων και πιο συγκεκριμένα για τη συλλογή αλλά και τη διάθεση αυτών. Μέχρι σήμερα έχουν εκδοθεί περισσότεροι από 20 νόμοι, 70 υπουργικές αποφάσεις, 15 προεδρικά διατάγματα (ΠΔ) και πλήθος εγκυκλίων για το πλαίσιο διαχείρισης και την εναλλακτική διαχείριση των απορριμμάτων (αστικά και ειδικά ρεύματα) στη χώρα.

Σε γενικές γραμμές, το νομικό πλαίσιο που διέπει τη διαχείριση των αποβλήτων στην Ελλάδα καθορίζεται από: i) το Νόμο 2939/2001 (ΦΕΚ 179/Α/06.08.2001) «Συσκευασίες και εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών άλλων προϊόντων – Ίδρυση Εθνικού Οργανισμού Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και άλλων Προϊόντων (ΕΟΕΔΣΑΠ) και άλλες διατάξεις», όπως τροποποιήθηκε με το Ν. 3854/10 (ΦΕΚ 94/Α/23.06.2010) «Τροποποίηση της νομοθεσίας για την εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων και τον Εθνικό Οργανισμό Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και Άλλων Προϊόντων (Ε.Ο.Ε.Δ.Σ.Α.Π.) και άλλες διατάξεις» (βλ. και ΚΥΑ (Κοινή Υπουργική Απόφαση) 9268/469/2007) και ii) το Νόμο 4042/2012 (ΦΕΚ 24/Α/13-2-2012) «Ποινική Προστασία του περιβάλλοντος – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/99/ΕΚ – Πλαίσιο παραγωγής και διαχείρισης αποβλήτων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/98/ΕΚ – Ρύθμιση θεμάτων Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής» που ενσωματώνει στο εθνικό δίκαιο την οδηγία-πλαίσιο 2008/98/ΕΕ για τα απόβλητα.

Σημαντικές νομοθετικές διατάξεις προέκυψαν από την ενσωμάτωση των οδηγιών της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα απόβλητα, όπως η ΚΥΑ 29407/3508/2002 (ΦΕΚ 1572 Β) «Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων», προς ενσωμάτωση της Οδηγίας 1999/31/ΕΚ, και η ΚΥΑ 22912/1117/2005 (ΦΕΚ 759 Β) «Μέτρα και όροι για

την πρόληψη και τον περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος από την αποτέφρωση των αποβλήτων», προς ενσωμάτωση της Οδηγίας 2000/76/ΕΚ, ενώ έχει άμεση ισχύ ο Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων (ΕΚΑ), σύμφωνα με το Παράρτημα της Απόφασης 2002/532/ΕΚ, όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει.

Ο σχεδιασμός διαχείρισης αποβλήτων στην Ελλάδα καθορίζεται μέχρι σήμερα από:

- Το εθνικό σχέδιο διαχείρισης για τα μη επικίνδυνα στερεά απόβλητα, το οποίο υιοθετήθηκε το 2003 με την ΚΥΑ 50910/2727/2003 (στο εξής ΕΣΔΑ-2003).
- Το εθνικό σχέδιο διαχείρισης για τα επικίνδυνα απόβλητα (ΕΣΔΕΑ), το οποίο θεσπίστηκε το 2007 με την ΚΥΑ 8668/2007 (στο εξής ΕΣΔΕΑ-2007).

Τα σχέδια έχουν ισχύ για τουλάχιστον 5 έτη και αναθεωρούνται εφόσον προκύψει ανάγκη. Η υλοποίηση του ΕΣΔΑ-2003 εξειδικεύεται στα ΠΕΔΣΑ, τα οποία καθορίζουν τις περιοχές που συγκροτούν τις ενότητες διαχείρισης μη επικίνδυνων στερεών αποβλήτων (διαχειριστικές ενότητες) και τις μεθόδους διαχείρισης που πρέπει να εφαρμόζονται σε κάθε διαχειριστική ενότητα. Τα ΠΕΣΔΑ έχουν ισχύ τουλάχιστον για 5 έτη και αναθεωρούνται, εφόσον προκύψει ειδικώς αιτιολογημένη ανάγκη. Με ευθύνη των περιφερειακών φορέων διαχείρισης στερεών αποβλήτων (ΦοΔΣΑ) εκπονούνται τα περιφερειακά σχέδια διαχείρισης στερεών αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ), τα οποία εγκρίνονται από τα αντίστοιχα περιφερειακά συμβούλια, μετά από γνωμοδότηση των αρμόδιων υπηρεσιών του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΚΑ). Τα περιφερειακά συμβούλια, επιπλέον, ελέγχουν και παρακολουθούν την πορεία υλοποίησης του περιφερειακού σχεδιασμού διαχείρισης των αποβλήτων, στο πλαίσιο του αντίστοιχου εθνικού σχεδιασμού διαχείρισης των αποβλήτων.

Οι σταθμοί μεταφόρτωσης θεωρούνται από τη νομοθεσία δευτερεύουσες εγκαταστάσεις και από τους ΠΕΣΔΑ απαιτείται απλή αναφορά του αριθμού ΣΜΑ που αναμένεται να απαιτηθούν, δίχως περαιτέρω τεκμηρίωση. Συγκεκριμένα, με βάση την ΚΥΑ 50910/2727/2003, στο άρθρο 7 ορίζεται ότι ο Φορέας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων είναι υπεύθυνος για τους σταθμούς μεταφόρτωσης απορριμμάτων, καθώς και για την ομαλή και αποδοτική τους λειτουργία.

Σύμφωνα με την εθνική νομοθεσία, για την κατασκευή ενός σταθμού μεταφόρτωσης απορριμμάτων σε μια περιοχή πρέπει να εκπονηθεί μια μελέτη χωροθέτησης. Σε αυτήν

τη μελέτη για την επιλογή της κατάλληλης τοποθεσίας λαμβάνονται υπόψη κάποια κριτήρια καταλληλότητας ή αποκλεισμού, τα οποία είναι τα ίδια για τη χωροθέτηση όλων των μονάδων επεξεργασίας και διάθεσης.

3.2 Θέματα Σχεδιασμού ΣΜΑ

Ένας ΣΜΑ αποτελείται από (US EPA 2002):

- Τις εισόδους και τις οδούς πρόσβασης.
- Το δίκτυο δρόμων μέσα στο χώρο της μονάδας. Είθισται να υπάρχουν ξεχωριστές διαδρομές για τους ιδιώτες και τα απορριμματοφόρα, για λόγους ασφαλείας αλλά και διασφάλισης της ροής.
- Τις περιοχές αναμονής για τα οχήματα. Ουρές αναμονής μπορεί να προκύψουν στο χώρο ζύγισης κατά την είσοδο και την έξοδο, καθώς και στον χώρο εκφόρτωσης. Αποφεύγονται οι κλειστές στροφές, οι διασταυρώσεις και οι ράμπες με μεγάλη κλίση.
- Τις γεφυροπλάστιγγες για τη ζύγιση και την είσπραξη του αντιτίμου. Τα οχήματα ζυγίζονται τόσο κατά την είσοδο όσο και κατά την έξοδο τους από το ΣΜΑ.
- Τον κύριο χώρο λειτουργίας του σταθμού. Περιλαμβάνει το χώρο εκφόρτωσης και φόρτωσης των απορριμμάτων και τους βοηθητικούς χώρους.
- Το χώρο για μελλοντική επέκταση.
- Το χώρο προσωρινής αποθήκευσης απορριμμάτων. Οι χώροι αυτοί χρησιμοποιούνται είτε για απόθεση σε ώρες αιχμής, είτε για προσωρινή αποθήκευση απορριμμάτων τα οποία πρέπει να διαχωριστούν από τα υπόλοιπα.
- Τα γραφεία ελέγχου και διοίκησης.
- Τους χώρους στάθμευσης των απορριμματοφόρων και των Ι.Χ. οχημάτων των εργαζομένων και επισκεπτών.
- Τον περιβάλλοντα ουδέτερο χώρο, ο οποίος είναι καλυμμένος με δέντρα και άλλες διατάξεις για την απορρόφηση των οχλήσεων που προέρχονται από τη λειτουργία του σταθμού.

Το μέγεθος και η δυναμικότητα ενός ΣΜΑ διαμορφώνονται από τους εξής παράγοντες (US EPA, 2002):

- Την έκταση της περιοχής εξυπηρέτησης.

- Την ποσότητα των παραγόμενων απορριμμάτων, η οποία υπολογίζεται με βάση τον πληθυσμό της περιοχής εξυπηρέτησης και στατιστικά στοιχεία τα οποία αφορούν την παραγωγή απορριμμάτων. Δεν πρέπει να παραλείπονται οι αυξομειώσεις του πληθυσμού που οφείλονται στον τουρισμό.
- Το είδος των οχημάτων που μεταφέρουν τα απορρίμματα από και προς το ΣΜΑ. Τα χαρακτηριστικά των οχημάτων επηρεάζουν το χρόνο φόρτωσης και εκφόρτωσης, το βαθμό συμπίεσης των απορριμμάτων κ.ά.
- Το είδος των απορριμμάτων.
- Το ημερήσιο και ωριαίο πρόγραμμα άφιξης των απορριμμάτων. Σε ωριαία βάση, κατά τη διάρκεια της ημέρας, οι αφίξεις των απορριμμάτων γίνονται κυρίως τις μεσημβρινές ώρες. Η αιχμή αυτή στις αφίξεις έχει ως επακόλουθο την κατασκευή σταθμού μεγαλύτερης δυναμικότητας, άρα πρέπει να προβλεφθεί με όσο το δυνατό μεγαλύτερη ακρίβεια.
- Την αναμενόμενη αύξηση του τονάζ του ΣΜΑ κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του. Πρέπει να λαμβάνονται υπόψη μεταβολές όπως πληθυσμιακές αυξήσεις ή εισαγωγή νέων περιοχών εξυπηρέτησης. Εάν για παράδειγμα υπάρξει μια ετήσια αύξηση του πληθυσμού της τάξης του 3-4%, προκύπτει κατασκευή με διάρκεια ζωής είκοσι χρόνια, δυναμικότητας διπλάσιας από την απαιτούμενη με βάση τον τρέχοντα πληθυσμό.
- Τη συσχέτιση του ΣΜΑ με άλλες υπάρχουσες ή προτεινόμενες μονάδες επεξεργασίας ή τελικής διάθεσης απορριμμάτων.

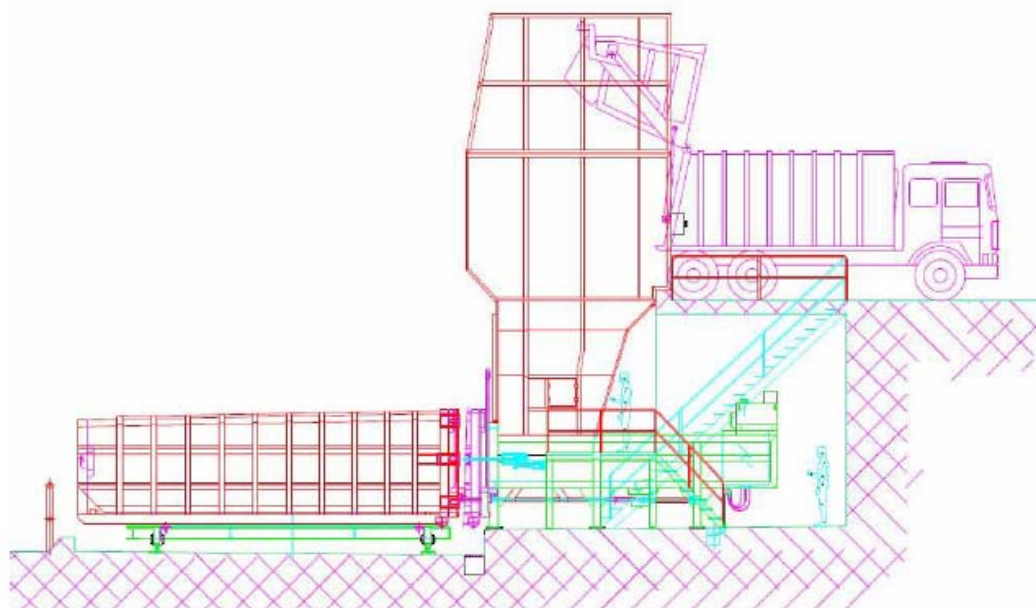
Η επιλογή κατάλληλης θέσης δημιουργίας ενός ΣΜΑ είναι μεγάλη πρόκληση (Ramachandra and Bachamanda, 2007). Στη διεθνή επιστημονική βιβλιογραφία συναντώνται λίγες μελέτες που αφορούν στην ανάπτυξη μοντέλων ή μεθοδολογιών βέλτιστης θέσης κατασκευής σταθμών μεταφόρτωσης απορριμμάτων (Yadav et al., 2018, Jaiswal and Bharat, 2016, Yadav et al. 2016, Simsek et al. 2014, Ashournejad et al., 2013, Chatzouridis and Komilis, 2012, Rafiee et al., 2011, Zhao, 2011, Eiselt, 2006, Chang and Lin, 1997) λαμβάνοντας υπόψη έναν αριθμό κριτηρίων.

Όσον αφορά στη δυναμικότητα υποδοχής και μεταφόρτωσης απορριμμάτων, οι ΣΜΑ διαχωρίζονται ανάλογα με τα φορτία που είναι ικανές να διαχειριστούν τόσο κατά τη διάρκεια μιας ημέρας, όσο και κατά την ώρα αιχμής αφίξεως των οχημάτων. Σύμφωνα

με τις γνωστές τεχνολογίες οι ΣΜΑ ταξινομούνται στις παρακάτω κατηγορίες (ENVIC Ε.Π.Ε., 2012):

- Από 60 – 150 t/ημέρα (μικρής δυναμικότητας).
- Από 150 – 500 t/ημέρα (μέσης δυναμικότητας).
- Από 500 – 3000 t/ημέρα (μεγάλης δυναμικότητας).

Οι ΣΜΑ, επίσης, διακρίνονται σε μόνιμους ή κινητούς. Ως μόνιμος θεωρείται ο σταθμός μεταφόρτωσης όπου όλες οι διαδικασίες για τη «συσκευασία» (φόρτωση με ή χωρίς συμπίεση) των αστικών αποβλήτων, γίνονται στο χώρο των κτιριακών, στεγασμένων ή μη, εγκαταστάσεων του, προκειμένου να μεταφερθούν στο χώρο τελικής διάθεσης τους από ειδικά για το σκοπό αυτό οχήματα (ΥΑ οικ. 114218/1997). Οι μόνιμοι σταθμοί μειονεκτούν σε σχέση με τους κινητούς ως προς την υψηλή δαπάνη κατασκευής και λειτουργίας τους αλλά και η δυσκολία προσαρμογής τους σε μεταβαλλόμενες καταστάσεις. Στην εικόνα 3.1 φαίνεται η διάταξη ενός μόνιμου σταθμού μεταφόρτωσης απορριμμάτων.



Εικόνα 3.1: Σκίτσο μόνιμου σταθμού μεταφόρτωσης σταθερού συμπιεστή όπου κάθε φορά εκφορτώνει μόνο ένα όχημα συλλογής απορριμμάτων (Environmental Technology Ltd., 2014)

Ως κινητός σταθμός μεταφόρτωσης θεωρείται κάθε τύπος φορτηγού οχήματος ή συνδυασμός μεταφορικών οχημάτων, τα οποία έχουν κατάλληλο εξοπλισμό και υπερκατασκευή για τη «συσκευασία» των απορριμμάτων χωρίς τη μεσολάβηση πάγιων εγκαταστάσεων συμπίεσης³³ (ΥΑ οικ. 114218/1997). Η «συσκευασία» των

απορριμμάτων πραγματοποιείται σε απορριμματοκιβώτια, κιβωτάμαξες, τα λεγόμενα containers, που αποτελούν σταθερό ή μεταθετό τμήμα της υπερκατασκευής των μεταφορικών οχημάτων-υποδοχέων (εικόνα 3.2). Οχήματα-υποδοχείς μπορεί να αποτελούν και βαγόνια τρένων. Τα απορριμματοκιβώτια είναι είτε απλής κατασκευής είτε φέρουν υδραυλικό σύστημα συμπίεσης το οποίο στο στάδιο της μεταφόρτωσης συμπιέζει τα απορρίμματα και στο στάδιο της εκφόρτωσης τα εξωθεί με ωθητήρα προς εκφόρτωση (ENVIC Ε.Π.Ε. 2012).



Εικόνα 3.2: Κινητός σταθμός μεταφόρτωσης (Environmental Technology Ltd., 2014)

Η μεταφόρτωση των απορριμμάτων είναι δυνατή είτε μέσω σταθερών συγκροτημάτων συμπίεστών είτε χωρίς τη χρήση σταθερών συμπίεστών. Στην πρώτη περίπτωση είναι δυνατό να εκφορτώνει κάθε φορά μόνο ένα όχημα συλλογής είτε να γίνεται ταυτόχρονη εκφόρτωση περισσότερων του ενός οχημάτων. Στην περίπτωση της εκφόρτωσης ενός μόνο οχήματος, το συγκρότημα του συμπίεστου αποτελείται από (ΥΑ οικ. 114218/1997):

- Μεταλλική ή από σκυρόδεμα χοάνη. Το σύστημα υποδοχής δέχεται τα στερεά απόβλητα είτε απευθείας αν πρόκειται για μεταλλικής κατασκευής χοάνη, οπότε αποτελεί ενιαία κατασκευή και εδράζεται επί του θαλάμου του συμπίεστή είτε με την υποβοήθηση υπάλληλου, με το φορείο συμπίεσης, υδραυλικού προωθητή αν πρόκειται για χοάνη εκ σκυροδέματος, οπότε και ο συμπίεστής εγκαθίσταται κάτω από αυτήν σε ειδικό χώρο.
- Θάλαμο, από τον οποίο τα στερεά απόβλητα εξωθούνται στο συμπλεγμένο απορριμματοκιβώτιο, ανά κύκλο παλινδρόμησης συστήματος υδραυλικού

κύλινδρου, με φορείο χαλύβδινης πλάκας ώθησης, μέχρις ότου επέλθει η πλήρωση, με τον εφικτό βαθμό συμπίεσης στο απορριμματοκιβώτιο.

- Ενσωματωμένο σύστημα στο εμπρόσθιο εξωτερικό τμήμα του θαλάμου, με αυτοματισμό σύμπλεξης αποσύμπλεξης των απορριμματοκιβωτίων, κατά το στάδιο της προσέγγισης του απορριμματοκιβωτίου για πλήρωση και κατά το στάδιο της απομάκρυνσής του μετά την πλήρωση. Το σύστημα αυτό είναι δυνατόν να συμπληρώνεται από υδραυλικό κύλινδρο υποβοήθησης της προσέγγισης και απομάκρυνσης του απορριμματοκιβωτίου, κατά μήκος της παλινδρόμησης του εμβόλου, με ακρίβεια κινήσεων και αυτόματο τρόπο. Σε αντίθετη περίπτωση το έργο αυτό αναλαμβάνεται απευθείας από όχημα του σταθμού, το οποίο είναι δυνατόν να οδηγείται με ακρίβεια στην τελική θέση μέσω απλών συστημάτων.

Η εγκατάσταση του συγκροτήματος συμπληρώνεται και από τις ακόλουθες βασικές διατάξεις, αναγκαίες, για τον αυτόματο έλεγχο και την λειτουργία του (ΥΑ οικ. 114218/1997):

- Υδραυλικό συγκρότημα αντλίας και κλειστό δίκτυο κυκλώματος υδραυλικού ελαίου για τον έλεγχο της λειτουργίας του συστήματος ώθησης και συμπίεσης των αποβλήτων ή και ενεργοποίησης άλλων υδραυλικών συστημάτων.
- Χειριστήριο και όργανα κεντρικού ή και τοπικού ελέγχου με αυτοματισμούς λειτουργίας των εγκαταστάσεων και του σταδίου πλήρωσης του απορριμματοκιβωτίου.
- Πίνακες και δίκτυα ηλεκτρολογικών, ηλεκτρονικών κυκλωμάτων ενεργοποίησης και ελέγχου αυτοματισμών λειτουργίας.

Ανάλογα με το σχεδιασμό και τη δυναμικότητα του σταθμού μεταφόρτωσης και της τεχνολογίας των οχημάτων και των μέσων μεταφοράς είναι δυνατόν να συμπεριλαμβάνονται και πρόσθετες διατάξεις αυτοματισμών λειτουργίας, όπως (ΥΑ οικ. 114218/1997):

- Συστήματα αυτόματης εναλλαγής κενών απορριμματοκιβωτίων στον συμπιεστή για πλήρωση μέσω είτε διαδοχικής μετατόπισης των απορριμματοκιβωτίων με ηλεκτροκίνητο φορείο, που φέρει δύο ή περισσότερα απορριμματοκιβώτια και κινείται επί σιδηροτροχιών έναντι και εγκάρσια του μήκους του θαλάμου του συμπιεστού ή ανάλογης με τον προηγούμενο τρόπο, διαδοχικής μετατόπισης του

συμπιεστή, έναντι τριών ή περισσότερων απορριμματοκιβωτίων διατεταγμένων κατάλληλα ή ηλεκτροκίνητης γερανογέφυρας που είναι δυνατόν να συνεργάζεται με φορείο μετατόπισης του απορριμματοκιβωτίου στην τελική του, κάθε φορά, θέση. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται για κάλυψη των κενών παρουσίας των οχημάτων μεταφοράς του σταθμού ή και για οικονομία οχημάτων.

- Συστήματα πλήρους αυτοματοποίησης των ενδιάμεσων σταδίων όπως της σύμπλεξης και αποσύμπλεξης των απορριμματοκιβωτίων στο θάλαμο του συμπιεστή ή της αυτόματης μεταβίβασης της θύρας φόρτωσης στην πλάκα ώθησης συμπίεσης και αντίστροφα στο πέρας της πλήρωσης κάθε απορριμματοκιβωτίου. Με τον τρόπο αυτό, αποφεύγεται η χειρωνακτική παρέμβαση του ανοίγματος και κλεισίματος της θύρας φόρτωσης του απορριμματοκιβωτίου αλλά και ελαχιστοποιείται η διασπορά αποβλήτων στο δάπεδο κατά την αποσύμπλεξη του απορριμματοκιβωτίου.

Η μέθοδος της ταυτόχρονης εκφόρτωσης οχημάτων συλλογής διαφέρει από την προηγούμενη μόνο ως προς την χοάνη, δηλαδή, ως προς το σύστημα υποδοχής των αποβλήτων από τα οχήματα συλλογής και ως προς την τροφοδοσία του συγκροτήματος συμπίεσης. Κατασκευαστικά, το σύστημα αυτό μπορεί να είναι ενιαίο μετά τον συμπιεστή ή να αποτελεί ανεξάρτητο τμήμα του συγκροτήματος συμπίεσης ανάλογα με το σχεδιασμό και τις ειδικότερες απαιτήσεις του ΣΜΑ. Η επιλογή της μεθόδου ενδείκνυται για σταθμούς μέσης έως υψηλής δυναμικότητας με ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του να είναι οι έντονες διακυμάνσεις των αφίξεων φορτίων στην διάρκεια των ωρών λειτουργίας της ημέρας αιχμής και μεταξύ των φορτίων των ημερών μιας τυπικής εβδομάδας έτους. Στην προκειμένη περίπτωση στοχεύεται η αξιοποίηση της δεδομένης δυναμικότητας ενός συγκροτήματος συμπίεσης για την ταυτόχρονη εξυπηρέτηση περισσότερων του ενός οχημάτων συλλογής καθώς και την προσωρινή αποθήκευση ώστε να ελαχιστοποιούνται οι κυκλοφοριακές συμφορήσεις των οχημάτων αποκομιδής. Δηλαδή, επιδιώκεται να αποφευχθεί η εγκατάσταση περισσότερων συγκροτημάτων συμπίεσης. Εφόσον χρησιμοποιηθεί ανεξάρτητο σύστημα υποδοχής μπορούν να τροφοδοτούνται περισσότερα του ενός συγκροτήματα συμπίεσης επιτυγχάνοντας αποθήκευση μεγαλύτερων φορτίων.

Στην περίπτωση μεταφόρτωσης των απορριμμάτων χωρίς τη χρήση σταθερών συμπιεστών, τότε γίνεται απευθείας εκφόρτωση των οχημάτων συλλογής σε ανοικτά απορριμματοκιβώτια ή «ενδιάμεση εκφόρτωση των αποβλήτων σε ευρύ δάπεδο πανταχόθεν κλειστής αίθουσας». Στην απευθείας εκφόρτωση των οχημάτων συλλογής σε ανοικτά απορριμματοκιβώτια, αυτή εκτελείται εκ των άνω, σε ανοικτής οροφής (ή και τμήματος του κελύφους) απορριμματοκιβώτια, τα οποία αποτελούν σταθερά ή μεταθετά τμήματα υπερκατασκευής κινητών σταθμών μεταφόρτωσης (εικόνα 3.3). Ανάλογα με τον σχεδιασμό του χώρου και του τύπου των κινητών σταθμών μεταφόρτωσης, τα απορριμματοκιβώτια είναι είτε (i) απλής κατασκευής, δηλαδή αποτελούνται από το ανοικτής οροφής μεταλλικό κέλυφος με την θύρα εκφόρτωσης, είτε (ii) φέρουν ενσωματωμένο στο εσωτερικό του κελύφους τους το σύστημα αυτοσυμπίεσης για την πλήρωση και οριζόντια εξώθηση του περιεχομένου τους κατά την εκφόρτωση ή κινητό πυθμένα από επιμήκεις ράβδους εναλλασσόμενων παλινδρομικών κινήσεων αντιθέτου φοράς, ανά ομάδες ράβδων, για οριζόντια μετατόπιση και εκφόρτωση του φορτίου. Είναι δυνατό να χρησιμοποιείται και κατάλληλος τύπος μηχανήματος εκτελέσεως τεχνικών έργων (π.χ. λαστιχοφόρος φορτωτής - εκσκαφέας) για την διάστρωση και πύκνωση των στερεών αποβλήτων στο εσωτερικό κάθε απορριμματοκιβωτίου καθώς και για την πλήρωσή τους. Σε διαφορετική περίπτωση, την εργασία διάστρωσης την εκτελεί χειρονακτικά εργάτης, εφοδιασμένος με τα κατάλληλα προστατευτικά μέσα για την ομοιόμορφη πλήρωση του απορριμματοκιβωτίου.

Οι απαιτήσεις σε κτιριακές υποδομές και εξοπλισμό για την περίπτωση εκφόρτωσης των οχημάτων συλλογής σε ανοικτά απορριμματοκιβώτια περιλαμβάνουν (ΥΑ οικ. 114218/1997):

- Διαμόρφωση του οικοπέδου σε δύο ανισόσταθα επίπεδα, με οδό πρόσβασης των οχημάτων συλλογής στο πάνω επίπεδο για την εκφόρτωση και με επιφάνειες επαρκείς για τους αναγκαίους ελιγμούς των οχημάτων στα δυο επίπεδα.
- Διαμόρφωση των θέσεων πλήρωσης των απορριμματοκιβωτίων, με τοιχίο ύψους ανάλογου των χρησιμοποιούμενων κατά περίπτωση μέσων μεταφοράς αλλά και κατασκευής πλατφόρμας από σκυρόδεμα, σχεδιασμένης κατάλληλα για την ασφαλή εκφόρτωση και οδήγηση των οχημάτων στις αντίστοιχες θέσεις καθώς και την ελαχιστοποίηση των διασπορών κατά τις εκφορτώσεις.

- Φυλάκιο ή κτίριο προσωπικού, δίκτυα υποδομής νερού, ρεύματος, τηλεφώνου, αποχέτευσης λυμάτων, ανάλογα με τις ανάγκες που επιβάλλουν οι παράμετροι λειτουργίας και η απόσταση της θέσης του χώρου από τον οικιστικό ιστό και την έδρα του φορέα.
- Προστατευτική περίφραξη του χώρου.
- Απαιτούμενη υποδομή αντιμετώπισης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της λειτουργίας.



Εικόνα 3.3: Εκφόρτωσης των οχημάτων συλλογής σε ανοικτά απορριμματοκιβώτια (R.E. Beck Inc., 2010)

Στην περίπτωση «ενδιάμεσης εκφόρτωσης των αποβλήτων σε ευρύ δάπεδο πανταχόθεν κλειστής αίθουσας», η εκφόρτωση από τα οχήματα συλλογής γίνεται για την προσωρινή αποθήκευσή τους στις περιόδους αιχμής αλλά και την προ-συμπιέσή τους με κατάλληλου τύπου μηχανήματα εκτελέσεως τεχνικών έργων επί του δαπέδου εκφόρτωσης πριν την πλήρωση των ανοικτής οροφής απορριμματοκιβωτίων (ΥΑ οικ. 114218/1997). Μία τέτοια περίπτωση απεικονίζεται στην εικόνα 3.4.

Οι απαιτήσεις σε κτιριακές υποδομές και εξοπλισμό για την περίπτωση «ενδιάμεσης εκφόρτωσης των αποβλήτων σε ευρύ δάπεδο πανταχόθεν κλειστής αίθουσας» περιλαμβάνουν (ΥΑ οικ. 114218/1997):

- Διαμόρφωση του χώρου σε δύο τουλάχιστον διαφορετικής στάθμης επίπεδα. Στο άνω επίπεδο, ανέρχονται τα οχήματα συλλογής για εκφόρτωση, ενώ στο κατώτερο κυκλοφορούν τα οχήματα του σταθμού και λαμβάνουν θέση στις θέσεις εκφόρτωσης. Εφόσον δεν κατασκευασθεί ενδιάμεσο επίπεδο, στο άνω επίπεδο εργάζονται ταυτόχρονα τα μηχανήματα προσυμπιέζοντας και μετακινώντας τα απόβλητα είτε για προσωρινή εναποθήκευση, είτε για απόρριψη στα απορριμματοκιβώτια, όταν αυτό δεν γίνεται απευθείας από τα οχήματα αποκομιδής. Ειδικότερα, στην περίπτωση που κατασκευασθεί ενδιάμεσο επίπεδο, σχηματίζεται δεξαμενή, στην οποία εκφορτώνουν τα οχήματα συλλογής και οι λοιπές εργασίες εκτελούνται από τα ερπυστριοφόρα μηχανήματα που εργάζονται στο δάπεδό της. Το δάπεδο κυκλοφορίας ερπυστριοφόρων οχημάτων πρέπει να είναι βιομηχανικού τύπου, κατάλληλα ενισχυμένο για την κυκλοφορία βαρέων ερπυστριοφόρων μηχανημάτων, με ειδική επεξεργασία σκλήρυνσης για την αποφυγή ταχείας φθοράς, με στιλπνή επιφάνεια. Επιπλέον το δάπεδο πρέπει να έχει κατάλληλες κλίσεις για την απορροή και συγκέντρωση είτε των υγρών αποβλήτων από την συμπίεση των αποβλήτων είτε των υδάτων τακτικής έκπλυσης του δαπέδου, σε κατάλληλους συλλέκτες και αποδέκτες, ύστερα από κατάλληλη επεξεργασία τους.
- Κλειστή αίθουσα, με καλαίσθητη αρχιτεκτονική σχεδίαση και κατάλληλα σχεδιασμένη και διαστασιολογημένη για να στεγάζει όλες τις πιο πάνω λειτουργίες μεταφόρτωσης. Η αίθουσα ενδείκνυται να είναι στο μεγαλύτερο τμήμα της μεταλλικής κατασκευής με επένδυση ανωδεδιομένων φύλλων αλουμινίου και το κατώτερο, τουλάχιστον, τμήμα της περιμετρικής τοιχοποιίας της, από οπλισμένο σκυρόδεμα. Για λόγους ασφαλείας, ενδείκνυται θύρες αυτόματης λειτουργίας, ανυψούμενες και με ελεύθερο άνοιγμα που να υπερκαλύπτει την διέλευση οχήματος συλλογής με την θύρα ανυψωμένη σε θέση εκφόρτωσης (7,5m).
- Διαμόρφωση θέσεων πλήρωσης των απορριμματοκιβωτίων, στο κατώτερο επίπεδο, εξοπλισμένων με υποδοχείς οδήγησης των στερεών αποβλήτων.
- Σύστημα αυτόματης καθοδήγησης των οχημάτων συλλογής και του σταθμού μεταφόρτωσης, κάθε φορά στις αντίστοιχες ενδεδειγμένες θέσεις, μέσω προγράμματος λογισμικού ηλεκτρονικού υπολογιστή, το οποίο θα επεξεργάζεται τα στοιχεία λειτουργίας του σταθμού. Χαρακτηριστικό της μεθόδου είναι ότι παρέχει την δυνατότητα υποδοχής ογκωδών αντικειμένων, χωρίς τον κίνδυνο

εμπλοκών. Επίσης, έχει την δυνατότητα εξυπηρέτησης υψηλών αιχμών φορτίου με ελάχιστο πάγιο, ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό και λειτουργικό κόστος. Όμως ενδείκνυται η χρήση της μόνο για την κατασκευή μονάδων υψηλής δυναμικότητας, άνω των 1.000 tn/ημέρα.

- Αλλιώς, το επενδυτικό κόστος είναι δυνατόν να μην δικαιολογείται, ιδίως αν ληφθούν υπόψη και τα απαιτούμενα μέτρα αντιμετώπισης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στην αισθητική και στην υγιεινή του περιβάλλοντος εργασίας των χειριστών μηχανημάτων αλλά και του περιβάλλοντος χώρου του σταθμού.
- Χρήση ερπυστριοφόρων γαιοπροωθητήρων ή φορτωτών ή εκσκαφών.
- Χρήση λαστιχοφόρων φορτωτών ή εκσκαφών, με ειδικές προστασίες που χρησιμοποιούνται στην ταφή των στερεών αποβλήτων.
- Χρήση ημιρυμουλκούμενων απορριμματοκιβωτίων, απλής κατασκευής ή με κινητό πυθμένα.



Εικόνα 3.4. Εκφόρτωση των οχημάτων συλλογής απορριμμάτων σε ευρύ δάπεδο (R.E. Beck Inc., 2010).

Ανάλογα με το σχεδιασμό, τις παραμέτρους χωροθέτησης και του μεγέθους ενός σταθμού, θα πρέπει να εξετάζεται η χρήση ή όχι του παρακάτω εξοπλισμού:

- Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις όπως γεφυροπλάστιγγα(-ες) διακινουμένων φορτίων και οχημάτων μεταφοράς τους, γεφυροπλάστιγγα(-ες) θέσεων πλήρωσης απορριμματοκιβωτίων, κεντρικό σύστημα αυτομάτου ελέγχου και επεξεργασίας στοιχείων/καταγραφής λειτουργιών, αυτόματης

καθοδήγησης των οχημάτων συλλογής στις κατά περίπτωση ενδεδειγμένες θέσεις εκφόρτωσης, κεντρικό δίκτυο πληροφορικής, on line σύνδεσης χρηστών σταθμού για την λήψη στοιχείων απόδοσης του στόλου οχημάτων τους, υποσταθμός υποβιβασμού τάσης και δίκτυα παροχής ρεύματος, δίκτυο πυρόσβεσης, δίκτυο εσωτερικής επικοινωνίας (τηλεφωνικής και μεγαφωνικής, ραδιοδίκτυο επικοινωνίας οχημάτων μεταξύ τους και με το κέντρο βάσης του σταθμού, σταθμός ανεφοδιασμού καυσίμων οχημάτων, θέρμανσης ή και κλιματισμού ορισμένων χώρων.

- Κτιριακή υποδομή στέγασης των λειτουργιών μεταφόρτωσης, των συστημάτων κεντρικού χειρισμού και ελέγχου λειτουργίας των εγκαταστάσεων μεταφόρτωσης, των αποδυτηρίων και αναψυκτηρίου προσωπικού, του διοικητικού προσωπικού.
- Συνεργείο ηλεκτρομηχανολογικής συντήρησης εγκαταστάσεων και οχημάτων και αποθήκη ανταλλακτικών πρώτης ανάγκης.
- Πλυντήριο οχημάτων και απορριμματοκιβωτίων.
- Μονάδα βιολογικού καθαρισμού υγρών αποβλήτων.
- Λοιποί βοηθητικοί χώροι λειτουργίας του σταθμού όπως θέσεις στάθμευσης οχημάτων μεταφόρτωσης, θέσεις αναμονής οχημάτων συλλογής, θέσεις οχημάτων προσωπικού και επισκεπτών, θέσεις προσωρινής εναπόθεσης των απορριμματοκιβωτίων.
- Χώροι περιμετρικού και εσωτερικού πρασίνου.
- Βοηθητικά οχήματα όπως μικρό φορτηγό αυτοκίνητο για τις μεταφορές των διαφόρων προμηθευόμενων ανταλλακτικών και λοιπών υλικών, γερανοφόρο όχημα για την υποβοήθηση στις επισκευές των ελαστικών επισώτρων των οχημάτων και λοιπές εργασίες συντήρησης καθώς και μηχανικό σάρωθρον καθαρισμού των υπαίθριων και λοιπών χώρων.

Οι υπόχρεοι φορείς διαχείρισης των σταθμών θα πρέπει να διασφαλίζουν ότι τα οχήματα συλλογής δεν θα οδηγούν για μεταφόρτωση:

- Στερεά απόβλητα των οποίων η περιεκτικότητα τους σε υγρασία είναι άνω του 65% κατά βάρος.
- Αδρανή απόβλητα προερχόμενα από επισκευαστικές δραστηριότητες κατοικιών, κατεδαφίσεις, εργασίες εκσκαφής γαιών, καθώς και οποιαδήποτε άλλα αδρανή απόβλητα εμπορικών βιομηχανικών επιχειρήσεων και οργανισμών, τα οποία,

λόγω της φύσης ή σύνθεσης, δεν είναι παρόμοια με τα οικιακά ή και οποιοσδήποτε άλλος τύπος αποβλήτου που ενδεχόμενα στην πράξη είναι ασύμβατο με την χρησιμοποιούμενη τεχνολογία μεταφόρτωσης.

- Πτώματα ζώων ή απόβλητα σφαγείων ζώων ή απόβλητα νοσοκομείων.

Στον πίνακα 3.1 παρουσιάζονται συνοπτικά τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα για τους μόνιμους σταθμούς μεταφόρτωσης στην περίπτωση σταθερών συγκροτημάτων συμπιεστών και στην περίπτωση της απουσίας συμπιεστών.

Πίνακας 3.1: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα σταθερών ΣΜΑ στις περιπτώσεις απευθείας εκφόρτωσης σε απορριμματοκιβώτια, στην εκφόρτωση σε ευρύ δάπεδο και στη μεταφόρτωση μέσω σταθερών συγκροτημάτων συμπιεστών (US EPA, 2002).

	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Απευθείας εκφόρτωσης συλλογής σε ανοικτής οροφής απορριμματοκιβώτια	<ul style="list-style-type: none"> • Απλή κατασκευή και διευθέτηση του χώρου. • Μικρή πιθανότητα για βλάβη ή/και καταστροφή του εξοπλισμού. • Χαμηλό κόστος κεφαλαίου. • Πιθανώς μικρότερες απαιτήσεις σε καθαριότητα: δεν υπάρχει δάπεδο, ή εξοπλισμός συμπίεσης για καθαρισμό και συντήρηση. • Πολύ μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα κτιρίου, αλλά το πλεονέκτημα μπορεί να μειωθεί λόγω της ανάγκης ευρύτερου χώρου για την αναμονή. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ο ΣΜΑ δεν μπορεί να δεχτεί απόβλητα εκτός πριν τοποθετηθεί άδειο container (έλλειψη κενών απορριμματοκιβωτίων σταματούν τη λειτουργία της μονάδας). • Δεν υπάρχει βραχυπρόθεσμη αποθήκευση απορριμμάτων για την κάλυψη των περιόδων αιχμής. Αν δεν παρέχονται πολλοί χώροι εκφόρτωσης σε διαφορετικά απορριμματοκιβώτια, μπορεί να απαιτείται μεγάλος χρόνος αναμονής τις περιόδους αιχμής. • Σχετικά χαμηλό ωφέλιμο φορτίο στα απορριμματοκιβώτια. • Κίνδυνος πτώσης. • Περιορισμένη δυνατότητα εντοπισμού και απομάκρυνσης μη αποδεκτών απορριμμάτων. • Δεν υπάρχει δυνατότητα εκτροπής ειδικών ρευμάτων απορριμμάτων ή ανάκτησης υλικών.

- Απλή κατασκευή και διευθέτηση του χώρου.
- Γενικά λιγότερο δαπανηρή και παρέχει περισσότερη λειτουργική ευελιξία από την απευθείας εκφόρτωση σε απορριμματοκιβώτια.
- Η αποθήκευση παρέχει "αποσύνδεση" μεταξύ της αποκομιδής και της μεταφόρτωσης των απορριμμάτων (Η έλλειψη κενών απορριμματοκιβωτίων δεν διακόπτει τη λειτουργία).
- Δυνατότητα εντοπισμού και απομάκρυνσης μη αποδεκτών απορριμμάτων.
- Επιτρέπει τη διάσπαση ογκωδών αντικειμένων και τη συμπίεση των απορριμμάτων επομένως οικονομικότερη μετακίνηση σε χώρους τελικής διάθεσης.
- Επιτρέπει την αποτελεσματική μεταφορά λόγω της συμπίεσης των απορριμμάτων.
- Κλειστή κατασκευή επομένως αποφυγή εισόδου ομβρίων υδάτων και διαφυγή διασταλαζόντων.
- Παρέχει τη δυνατότητα τελικής διάθεσης μεγαλύτερων ποσοτήτων απορριμμάτων σε μικρό χώρο.
- Ενδείκνυται για ακραίες καιρικές συνθήκες.
- Τα σκουπίδια στο δάπεδο δημιουργού συνθήκες ολισθηρότητας (κίνδυνος πτώσης).
- Δυνατότητα ατυχημάτων μεταξύ απορριμματοφόρων και κινητού εξοπλισμού σταθμού μεταφοράς που μετακινεί/στοιβάζει τα απορρίμματα (ζήτημα ασφάλειας).
- Απαιτείται εξοπλισμός για την επαναφόρτωση των απορριμμάτων από το δάπεδο.
- Απαιτεί πρόσθετο εξοπλισμό ελέγχου πυρκαγιάς γιατί είναι αυξημένος ο κίνδυνος πυρκαγιάς στις σωρούς των απορριμμάτων στο δάπεδο.
- Υψηλό κόστος κεφαλαίου.
- Σχετικά πολύπλοκος εξοπλισμός – σε περίπτωση βλάβης μπορεί να τερματίσει τη λειτουργία του σταθμού μετά τη συμπλήρωση του χώρου βραχυπρόθεσμης αποθήκευσης.
- Ο εξοπλισμός μπορεί να είναι θορυβώδης.
- Απαιτείται ειδικός εξοπλισμός στο χώρο τελικής διάθεσης.

3.3 Κριτήρια Αξιολόγησης Επιτυχημένης Λειτουργίας

Τα κριτήρια επιτυχημένης λειτουργίας ενός ΣΜΑ αναζητούνται και σε όλες τις φάσεις ανάπτυξης του έργου, που είναι η φάση προμελέτης χωροθέτησης, η φάση μελέτης χωροθέτησης και περιβαλλοντικών επιπτώσεων, η φάση κατασκευής και η φάση λειτουργίας.

3.3.1 Χωροθέτηση ΣΜΑ

Για τη βέλτιστη χωροθέτηση ενός σταθμού μεταφόρτωσης πρέπει να ληφθούν υπόψη διάφορα κριτήρια, που από τη φύση τους εν μέρει αντικρούουν το ένα το άλλο. Έτσι είναι σκόπιμο ο σταθμός να καλύπτει τις παρακάτω προϋποθέσεις (ΥΑ οικ. 114218/1997):

- Να είναι κοντά στους χώρους παραγωγής αποβλήτων, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι διαδρομές των απορριμματοφόρων (αυτό επιβάλλει, αν είναι δυνατόν, να βρίσκεται μέσα στον αστικό ιστό).

- Να έχει εύκολη πρόσβαση που, ιδιαίτερα, να επιτρέπει τη γρήγορη μεταφορά των απορριμματοκιβωτίων στο χώρο τελικής διάθεσης (λόγος: ελαχιστοποίηση απαιτούμενου αριθμού απορριμματοκιβωτίων και οχηματοσυρμών).
- Να είναι σε απόσταση ασφαλείας από κατοικίες και προστατευόμενες περιοχές, ώστε να μπορούν να αποκλεισθούν ενοχλήσεις λόγω οσμών, θορύβου κ.λπ.
- Καθορισμός του μεγέθους της εγκατάστασης ανάλογα με την εφαρμοζόμενη τεχνολογία, τον όγκο και τον ρυθμό των εισερχόμενων αποβλήτων.
- Επαρκής χώρος για αναμονή και στάθμευση των οχημάτων αλλά και για την κίνησή τους στους εσωτερικούς δρόμους του ΣΜΑ.
- Ικανότητα του ΣΜΑ να υποδέχεται το μέγιστο αριθμό οχημάτων τουλάχιστον μια φορά κατά τη διάρκεια της επιχειρησιακής ημέρας.
- Δυνατότητα επέκτασης της εγκατάστασης. Κατά τη χωροθέτηση ενός ΣΜΑ πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ενδεχόμενη αύξηση στην καθημερινή παραγωγή αποβλήτων της περιοχής.
- Ύπαρξη χώρου για ανακύκλωση, κομποστοποίηση αλλά και κατάλληλου χώρου για δημόσια ενημέρωση. Αρκετοί ΣΜΑ λειτουργούν ως το κατάλληλο μέρος για τους κατοίκους να ανακυκλώσουν αντικείμενα ή να εναποθέσουν απόβλητα κήπου.
- Ύπαρξη ουδέτερης ζώνης μεταξύ της εγκατάστασης και της γύρω περιοχής. Η ουδέτερη ζώνη μπορεί να είναι κάποιο φυσικό ή τεχνητό χώρισμα όπως δέντρα, φράχτες ή κάποια διαμόρφωση του εξωτερικού χώρου. Όσο πιο κοντά βρίσκεται ο ΣΜΑ σε δασώδη περιοχή τόσο πιο εύκολα δημιουργείται ζώνη προκάλυψης.
- Η ύπαρξη επικλινούς τοπογραφίας της επιλεγείσας περιοχής αποτελεί πλεονέκτημα αφού διευκολύνεται η κατασκευή του ΣΜΑ σε πολλά επίπεδα και αποφεύγονται πολυέξοδες κατασκευές.
- Βασικό τεχνικό κριτήριο χωροθέτησης αποτελεί η ύπαρξη των αναγκαίων υποδομών στην επιλεγείσα περιοχή (δίκτυα ηλεκτροδότησης, ύδρευσης και αποχέτευσης).

Μετά την επιλογή του βέλτιστου χώρου για την κατασκευή του σταθμού μεταφόρτωσης, ακολουθεί ο σχεδιασμός της ίδιας της εγκατάστασης. Το βασικό μέγεθος που προσδιορίζει το μέγεθος του σταθμού και επιδρά στον όλο σχεδιασμό είναι η ποσότητα απορριμμάτων που πρέπει να είναι σε θέση να δέχεται ο σταθμός, η λεγόμενη ικανότητα μεταφόρτωσης. Δευτερευόντως ενδιαφέρει και ο μέγιστος

προβλεπόμενος ρυθμός προσαγωγής των απορριμμάτων, δηλαδή η διακίνηση απορριμμάτων σε ώρα αιχμής. Οι βασικοί παράμετροι επιλογής εξοπλισμού της μεταφόρτωσης και διαστασιολόγησης της εγκατάστασης κατά τον αρχικό σχεδιασμό του ΣΜΑ που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι (ΥΑ οικ. 114218/1997):

- Το ωφέλιμο φορτίο ανά διαδρομή που πρόκειται να μεταφερθεί και βρίσκεται σε συνάρτηση με την τεχνολογία των οχημάτων και τις χωρητικότητες των εξεταζόμενων μέσων περιοριζόμενων από τα αντίστοιχα όρια που θέτει ο κώδικας οδικής κυκλοφορίας (ΚΟΚ). Συγκριτικά, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και το αντίστοιχο μέσο ωφέλιμο φορτίο που μεταφέρεται από τα οχήματα συλλογής της εξεταζόμενης περιοχής.
- Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά και η σύνθεση των αποβλήτων αλλά κυρίως το κατά περίπτωση μέσο τυπικό ειδικό βάρος (στους χώρους προσωρινής αποθήκευσης και κατά την εκφόρτωση από τα οχήματα συλλογής), σε συνδυασμό με την κατά περίπτωση μέθοδο μεταφόρτωσης, τον αναμενόμενο βαθμό συμπίεσης και το αντίστοιχο ανά διαδρομή επιτρεπόμενο ωφέλιμο φορτίο προκειμένου να τεκμηριωθεί αν συμφέρει ή όχι η συμπίεση των αποβλήτων σε συσχετισμό και με την αντίστοιχη ανάλυση κόστους - οφέλους.
- Ο κατά περίπτωση απαιτούμενος χρόνος μεταφόρτωσης, αναλυμένος ανά λειτουργικό στάδιο, στο σταθμό, σε συνάρτηση με τους χρόνους και την δυναμικότητα της μεταφοράς, για την τεκμηρίωση της κατά περίπτωση διαστασιολόγησης της μονάδας και του αντίστοιχου απαιτούμενου αριθμού των μέσων μεταφοράς.

Σε αυτά θα πρέπει, βέβαια, να προσθέσουμε το κριτήριο της κοινωνικής αποδοχής. Για την αύξηση του βαθμού της κοινωνικής αποδοχής οι φορείς διαχείρισης θα πρέπει να λάβουν υπόψη τους εξής παράγοντες (US EPA, 2002):

- Μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στη γύρω περιοχή. Παραδείγματα αποτελούν η χρήση οχημάτων εναλλακτικών καυσίμων ή η χρήση ειδικών φίλτρων για τα σωματίδια στα οχήματα.
- Συνεργασία των διαχειριστών του ΣΜΑ με όλους τους φορείς που ασχολούνται με τη διαχείριση απορριμμάτων ώστε να περιοριστεί ο όγκος των παραγόμενων αποβλήτων.
- Καθαρισμός των οδών πρόσβασης από τα διασκορπισμένα απορρίμματα.
- Περιορισμούς στο ωράριο λειτουργίας της εγκατάστασης.

- Περιορισμούς στα δρομολόγια των οχημάτων.
- Οικονομική συνεργασία με εξωτερικούς φορείς ώστε να βοηθήσουν στην επίβλεψη της κατασκευής και λειτουργίας της εγκατάστασης.
- Ανάθεση της φύλαξης της εγκατάστασης σε κάποια εταιρεία φύλαξης ή τη χρήση ειδικών καταγραφικών μηχανημάτων (video).
- Απόδοση ανταποδοτικών τελών στην τοπική κοινωνία.
- Χρήση της εγκατάστασης από τους κατοίκους και τις τοπικές επιχειρήσεις χωρίς κάποια οικονομική επιβάρυνση.
- Προτίμηση των τοπικών κατοίκων για τη στελέχωση της εγκατάστασης με εργαζόμενους.
- Χρηματοδότηση για βελτίωση του οδικού δικτύου ή άλλων έργων κοινής ωφέλειας.
- Ύπαρξη κέντρου εκπαίδευσης και πληροφόρησης.
- Οικονομική υποστήριξη δραστηριοτήτων της τοπικής κοινότητας.

3.3.2 Λειτουργικά και Κατασκευαστικά Κριτήρια

Τα λειτουργικά και κατασκευαστικά κριτήρια αφορούν στις τεχνικές προδιαγραφές που πρέπει να πληροί ένας ΣΜΑ και περιλαμβάνουν κατασκευαστικές οδηγίες, οδηγίες για την οργάνωση και λειτουργία αλλά και ανάλυση του απαραίτητου μηχανολογικού εξοπλισμού που είναι αναγκαίος για την ομαλή διεξαγωγή των εργασιών (ΥΑ οικ. 114218/1997).

Ο σχεδιασμός και η κατασκευή του συγκροτήματος συμπίεσης αλλά και των επιμέρους συμπληρωματικών διατάξεων που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο θα πρέπει να διασφαλίζουν υποχρεωτικά, ως ενιαίο σύνολο, αλλά και μεμονωμένα, την εκπλήρωση των ειδικών απαιτήσεων απόδοσης και ασφαλούς λειτουργίας στην περίπτωση εκφόρτωσης ενός απορριμματοφόρου κάθε φορά στην περίπτωση της ταυτόχρονης εκφόρτωσης απορριμματοφόρων.

Στην περίπτωση της απευθείας εκφόρτωσης των οχημάτων συλλογής σε ανοικτής οροφής απορριμματοκιβώτια, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη (ΥΑ οικ. 114218/1997):

- Η αντιανεμική προστασία των θέσεων εκφόρτωσης, με πετάσματα καλαίσθητης κατασκευής, για την αποφυγή διασπορών ελαφρών αντικειμένων.

- Μέτρα ασφαλούς οδήγησης των απορριμματοκιβωτίων, κατά την εκφόρτωσή τους, για την αποφυγή διασποράς αντικειμένων στον περιβάλλοντα χώρο. Στην περίπτωση αυτή, ενδείκνυται η κατασκευή επιδαπέδιων οδηγών επακριβούς οριοθέτησης των μέσων μεταφοράς στις αντίστοιχες θέσεις καθώς και μεταλλικών πετασμάτων οδήγησης των απορριπτόμενων αντικειμένων στο εσωτερικό των απορριμματοκιβωτίων.
- Η ελεύθερη επιφάνεια των απορριμματοκιβωτίων, που πρέπει να σκεπάζεται αμέσως μετά την πλήρωσή τους, είτε με μουσαμά, είτε με άλλο ενδεδειγμένο τρόπο, για την αποφυγή διασποράς αντικειμένων τόσο κατά την αναμονή τους όσο και κατά την διάρκεια της μεταφοράς. Παράλληλα περιορίζονται οι οσμές.
- Η προσωρινή αποθήκευση των αποβλήτων, που πρέπει να γίνεται αποκλειστικά εντός των απορριμματοκιβωτίων και όχι στον υπαίθριο χώρο του σταθμού.
- Οι οδοί εσωτερικής και εξωτερικής κυκλοφορίας των οχημάτων, που πρέπει να είναι ασφαλτοστρωμένοι και σχεδιασμένοι κατά τρόπο που να διασφαλίζουν την ασφαλή διέλευση και διακίνηση των οχημάτων.
- Οι εκπομπές θορύβου, σκόνης και αιωρούμενων στερεών από τις εκφορτώσεις.

Στην περίπτωση της ενδιάμεσης εκφόρτωσης σε ευρύ δάπεδο πανταχόθεν κλειστής αίθουσας έχουν ανάλογη εφαρμογή τα παραπάνω σημεία συμπεριλαμβάνοντας τα ακόλουθα:

- Απαιτείται ειδική μελέτη εκτίμησης και αντιμετώπισης των υγρών αποβλήτων από την συμπίεση των αποβλήτων, των οσμών, της σκόνης και των στερεών σωματιδίων κατά τρόπο που οι τελικές εκπομπές να μην υπερβαίνουν τα όρια που θέτει η εκάστοτε ισχύουσα νομοθεσία.
- Κατά το σχεδιασμό του χώρου και την επιλογή των μηχανημάτων, απαιτείται, αντίστοιχα, ειδική μέριμνα για την διασφάλιση αποφυγής ατυχημάτων από τις λειτουργίες μεταφόρτωσης, ειδικής προστασίας των χειριστών μηχανημάτων από τις έντονα ανθυγιεινές συνθήκες στο μέγιστο εφικτό βαθμό (πρόβλεψη κλιματιζόμενων θαλάμων μηχανημάτων, με ειδικές προδιαγραφές στη στεγανοποίηση θυρών, στο φίλτρο συστήματος ανανεώσεως αέρα, στην ανθεκτικότητα της κατασκευής του, στην ηχομόνωσή του και εκπλήρωση των σχετικών όρων της σχετικής νομοθεσίας).

Στην περίπτωση μεταφόρτωσης των απορριμμάτων μέσω σταθερών συγκροτημάτων όπου κάθε φορά εκφορτώνει μόνο ένα όχημα συλλογής πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι κάτωθι ειδικές απαιτήσεις απόδοσης και ασφαλούς λειτουργίας:

- Ασφάλεια έναντι του κινδύνου τυχαίας πτώσης ανθρώπου στην χοάνη τροφοδοσίας.
- Εξασφάλιση επαρκούς χωρητικότητας προσωρινής αποθήκευσης υλικού, στην χοάνη τροφοδοσίας ώστε να μην απαιτείται η διακοπή του εκάστοτε σταδίου εκφόρτωσης οχήματος συλλογής από υπερπλήρωσή της καθώς και να μην παρουσιάζονται νεκροί χρόνοι τροφοδοσίας του θαλάμου στο διάστημα, δηλαδή, που μεσολαβεί μεταξύ της έναρξης δύο διαδοχικών εκφορτώσεων.
- Αποφυγή εμπλοκών αντικειμένων (ογκωδών ή επιμηκών υλικών) στην χοάνη τροφοδοσίας ή στην είσοδο του θαλάμου.
- Αποφυγή επικάθισης του απορριπτόμενου υλικού στο πλευρό της χοάνης, το οποίο είναι πολύ πιθανό να συμβαίνει λόγω των τάσεων προσφύσεως των οργανικών υλών επί του ελάσματος και των συγκεκριμένων συνθηκών που δημιουργούνται στο χώρο αυτό.
- Αποφυγή πτώσης υλικών ή διαφυγής μικρο-απορριμμάτων, πίσω από την πλάκα συμπίεσης, στο στάδιο προώθησης και συμπίεσης των στερεών αποβλήτων στο container.
- Κατά το πέρας της πλήρωσης κάθε απορριμματοκιβωτίου θα πρέπει να παρέχεται αυτόματη οπτικοακουστική προειδοποίηση στο χειριστή, με επαρκή ακρίβεια, ως προς το επικείμενο πέρας του κύκλου φόρτωσης και ως προς το βάρος, το οποίο, δεν πρέπει να υπερβαίνει το κατά περίπτωση επιτρεπόμενο όριο μεταφοράς.
- Η επιφάνεια της εγκάρσιας διατομής του φορείου πρέπει να είναι επαρκώς μικρότερη της αντίστοιχης διατομής του θαλάμου και της επιφάνειας της θύρας φόρτωσης του container με τέτοιο τρόπο που να δημιουργείται κενό στο άνω μέρος του φορείου κατά το στάδιο εισχώρησής του στον θάλαμο και στην θύρα φόρτωσης του container.
- Αποφυγή ή περιορισμό των εκπομπών και κυρίως της διασποράς των υλικών κόνεως και μικροσωματιδίων κατά τις εκφορτώσεις, των υγρών αποβλήτων από την συμπίεση και του θορύβου.
- Το συγκρότημα συμπίεσης ή κάθε τμήμα του, θα πρέπει να πληροί τις απαιτήσεις των σχετικών διατάξεων της νομοθεσίας περί μηχανών

Στην περίπτωση μεταφόρτωσης των απορριμμάτων μέσω σταθερών συγκροτημάτων όπου πραγματοποιείται ταυτόχρονη εκφόρτωση περισσοτέρων του ενός απορριμματοφόρων πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι κάτωθι ειδικές απαιτήσεις απόδοσης και ασφαλούς λειτουργίας (ΥΑ οικ. 114218/1997):

- Να παρέχει την δυνατότητα ταυτόχρονης και ασφαλούς υποδοχής, για εκφόρτωση δύο τουλάχιστον οχημάτων συλλογής, κάθε φορά.
- Να διαθέτει ικανή χωρητικότητα σε ωφέλιμο όγκο για την προσωρινή αποθήκευση του απορριπτόμενου φορτίου, ανάλογα με την κατά περίπτωση διαστασιολόγηση του σταθμού μεταφόρτωσης και τις λοιπές παραδοχές για τον σκοπό αυτό.
- Να διαθέτει όλο εκείνο τον εξοπλισμό που απαιτείται για την ασφαλή μετακίνηση του εναποθηκευμένου φορτίου των αποβλήτων όπως η τροφοδοσία του θαλάμου του συμπιεστή, (με την κατάλληλη συχνότητα και δοσομετρία, λαμβανομένων υπόψη των χαρακτηριστικών της εγκατάστασης ώστε να αποφεύγονται αντίστοιχα οι νεκροί χρόνοι λειτουργίας και οι εμπλοκές στην διέλευση του υλικού) ή η τεχνολογία παρεμπόδισης τοπικών συσσωρεύσεων υλικού στα σημεία εκφόρτωσής του (οι οποίες θα είχαν ως αποτέλεσμα αφενός την πρόκληση υπερχειλίσεων και διασποράς υλικών στις παρυφές της τάφρου και αφετέρου την μη εκμετάλλευση ενός σημαντικού μέρους της δεδομένης χωρητικότητας του συστήματος).
- Να επιτρέπει την ολοσχερή εκκένωσή του, από υλικά, στο πέρας της λειτουργίας χωρίς την χειρωνακτική παρέμβαση.
- Ο σχεδιασμός του και η χωροθέτησή του να παρέχει ευχερή και επαρκή οπτικό έλεγχο των λειτουργιών του στο χειριστή.
- Να παρέχει την δυνατότητα ευχερούς οπτικοακουστικού ελέγχου των σταδίων λειτουργίας του, μέσω κεντρικού χειριστηρίου, και να περιλαμβάνει διατάξεις αυτόματου εναρμονισμού των λειτουργιών του με αυτές του συμπιεστή, όπως και διατάξεις αυτομάτου παύσης της λειτουργίας σε περιπτώσεις κινδύνου βλάβης ή ατυχήματος.

Κεφάλαιο 4

Μελέτη Περίπτωσης: ΣΜΑ Ευκαρπίας

Ο σταθμός μεταφόρτωσης απορριμμάτων (ΣΜΑ) του Βορειοδυτικού Πολεοδομικού Συγκροτήματος Θεσσαλονίκης (ΠΣΘ) βρίσκεται στο Δήμο Παύλου Μελά. Η κατασκευή του ολοκληρώθηκε στις 28 Φεβρουαρίου 2017 (ΦΟΔΣΑ, 2018). Στο ΣΜΑ Ευκαρπίας εκτιμάται ότι θα μεταφορτώνεται το 60% των αστικών στερεών αποβλήτων (ΑΣΑ) του Δήμου Θεσσαλονίκης και τα ΑΣΑ των Δήμων Παύλου Μελά, Αμπελοκήπων–Μενεμένης, Νεάπολης–Συκεών, Ωραιοκάστρου, Δέλτα, Κορδελιού–Ευόσμου και Χαλκηδόνας. Υπολογίζεται ότι εξυπηρετεί περίπου 700.000 κατοίκους. Κατά κοινή ομολογία, η λειτουργία του ΣΜΑ Ευκαρπίας θα επιφέρει μακροπρόθεσμα θετικές επιπτώσεις, τουλάχιστον έμμεσες, λαμβανομένου υπόψη ότι πρόκειται για ένα έργο προστασίας του περιβάλλοντος, που δρα υποστηρικτικά σε ένα σύγχρονο σύστημα διαχείρισης των ΑΣΑ της περιοχής μελέτης. Η ορθή περιβαλλοντική διαχείριση σαφώς επιδρά θετικά στην ανάπτυξη της περιβαλλοντικής συνείδησης, αλλά και στην ευρυθμότερη αρμονία του κοινωνικού ιστού.

4.1 Σύνοψη Βασικών Κατασκευαστικών Χαρακτηριστικών

Ο ΣΜΑ Ευκαρπίας είναι σταθερού τύπου, αποτελείται δηλαδή από μόνιμα εγκατεστημένα συστήματα συμπίεσης και φόρτωσης απορριμμάτων. Ξεκινά τη λειτουργία του με δυναμικότητα 1.100 τόνους απορριμμάτων ανά ημέρα. Ο σχεδιασμός του όμως έγινε με δυναμικότητα έως 2.340 τόνους, ώστε να μπορεί να καλυφθεί σε κάθε περίπτωση, ο μέγιστος αριθμός απορριμμάτων.

Το έργο έχει διαμορφωθεί σε δύο επίπεδα. Στο πάνω επίπεδο βρίσκεται ο χώρος ελιγμών των απορριματοφόρων και το κτίριο όπου εισέρχονται για την εκκένωσή τους (εικόνα 4.1). Στο κάτω επίπεδο βρίσκεται το σύστημα υποδοχής των απορριμμάτων, το σύστημα συμπίεσης και πλήρωσης των απορριματοκιβωτίων, καθώς και η πλατεία φόρτωσης των συρμών. Για την εύρυθμη λειτουργία του έχουν εγκατασταθεί τέσσερις πρέσες συμπίεσης (εικόνα 4.2) με αντίστοιχα συστήματα αυτόματης εναλλαγής απορριματοκιβωτίων (ΦΟΔΣΑ, 2018).



Εικόνα 4.1: Πάνω επίπεδο σταθμού μεταφόρτωσης απορριμμάτων Ευκαρπίας Θεσσαλονίκης όπου φαίνονται οι εισοδοί των απορριματοφόρων (ΦΟΔΣΑ, 2018)

Στον ίδιο χώρο θα δημιουργηθεί κέντρο διαλογής ανακυκλώσιμων υλικών (ΚΔΑΥ) δυναμικότητας 28.000 τόνων ετησίως. Η μονάδα θα έχει τη δυνατότητα διαλογής διαφόρων τύπων χαρτιού, σιδηρών υλικών, αλουμινίου, πλαστικών και γυαλιού. Αναλυτικά, τα επιμέρους τμήματα, στα οποία θα χωρίζεται ο χώρος της διαδικασίας διαλογής του ΚΔΑΥ, ανάλογα με τις λειτουργίες του, είναι ένα τμήμα εισόδου υλικών, ένα τμήμα τροφοδοσίας-προδιαλογής, ένα τμήμα κυρίως διαλογής και ένα τμήμα προώθησης των υλικών συσκευασίας προς κατανάλωση. Τα υλικά διαλογής θα συλλέγονται σε κλωβούς προσωρινής αποθήκευσης και στη συνέχεια θα οδηγούνται στο τμήμα συμπίεσης, για τη μείωση του όγκου μεταφοράς τους, όπου και θα δεματοποιούνται. Στη συνέχεια θα αποθηκεύονται προσωρινά, έτσι ώστε να μεταφερθούν στους παραγωγούς. Τα υπολείμματα της διαλογής θα συγκεντρώνονται σε απορριματοκιβώτια και θα οδηγούνται ή στον χώρο υγειονομικής ταφής

απορριμμάτων Μαυροράχης ή σε αδειοδοτημένη μονάδα επεξεργασίας στερεών αποβλήτων (ΦΟΔΣΑ, 2018).



Εικόνα 4.2: Κάτω επίπεδο σταθμού μεταφόρτωσης απορριμμάτων Ευκαρπίας Θεσσαλονίκης όπου φαίνονται οι τέσσερις πρέσες συμπίεσης (ΦΟΔΣΑ, 2018)

Τέλος, υπάρχει το κτίριο διοίκησης για την εξυπηρέτηση του συνόλου του έργου (ΣΜΑ και ΚΔΑΥ), όπου θα υπάρχουν τα γραφεία διοίκησης (χωριστά για κάθε επιμέρους εγκατάσταση ΣΜΑ-ΚΔΑΥ), ο χώρος εστίασεως προσωπικού, χώρους υγιεινής (WC, αποδυτήρια, λουτρά), χώρος για την αποθήκευση υλικών και ανταλλακτικών, το λεβητοστάσιο και το ζυγιστήριο.

Για την απρόσκοπτη λειτουργία του ΣΜΑ και του ΚΔΑΥ, έχουν κατασκευασθεί στο χώρο των εγκαταστάσεών τους κάποια επιπλέον έργα όπως έργα περιφράξης και περιμετρικής δενδροφύτευσης στο σύνολο του οικοπέδου, έργα διαμόρφωσης εισόδου (πύλη, ζυγιστήριο) και τοποθέτηση του απαραίτητου εξοπλισμού ζύγισης (γεφυροπλάστιγγα, ηλεκτρονικοί υπολογιστές, σύστημα αυτόματης διαδικασίας ελέγχου, ζύγισης, καταγραφής και καθοδήγησης των απορριμματοφόρων οχημάτων). Επίσης, έργα εσωτερικής ασφαλτόστρωσης, έργα φωτισμού του περιβάλλοντος χώρου και των εγκαταστάσεων, δημιουργία χώρων στάθμευσης επιβατικών αυτοκινήτων προσωπικού και επισκεπτών, δημιουργία χώρων στάθμευσης, αναμονής και ελιγμών απορριμματοφόρων και απορριμματοκιβωτίων. Τέλος, αναφέρονται τα έργα τοποθέτησης συστήματος πυρανίχνευσης και πυρασφάλειας, έργα κατασκευής των

απαραίτητων δικτύων ύδρευσης και αποχέτευσης λυμάτων, έργα κατασκευής δικτύου απορροής ομβρίων υδάτων, έργα κατασκευής συστήματος εξαερισμού-αεραγωγών που συνδυάζεται με σύστημα αποκονίωσης/απόσμησης για τον πλήρη καθαρισμό του αέρα από τις σκόνες και τις οσμές, όπως προβλέπει η σχετική νομοθεσία, τοποθέτηση δεξαμενής αποθήκευσης νερού/πυρόσβεσης με αντλιοστάσιο, εγκατάσταση μονάδας επεξεργασίας λυμάτων, εγκατάσταση πλυντηρίου οχημάτων, εγκατάσταση σταθμού υγρών καυσίμων με δύο δεξαμενές και διπλή αντλία (πετρέλαιο και βενζίνη), δημιουργία αποθήκης υλικών και μηχανημάτων και τέλος δημιουργία συνεργείου οχημάτων-μηχανημάτων.

4.2 Λειτουργία

Τα απορριμματοφόρα μετά την είσοδό τους στον ΣΜΑ Ευκαρπίας κατευθύνονται προς ζύγιση στις ειδικές γεφυροπλάστιγγες και στη συνέχεια στο κτίριο μεταφόρτωσης. Οι ηλεκτροκίνητες θύρες του κτιρίου είναι πλήρως αυτοματοποιημένες, για να αποφεύγεται η έκλυση αερίων ρύπων και σκόνης στο περιβάλλον. Η εκκένωση των απορριμματοφόρων γίνεται στον ειδικό χώρο. Τα απορρίμματα, μέσω χοανών κατευθύνονται στο κάτω επίπεδο από όπου ξεκινά η συμπίεσή τους και η πλήρωση των απορριμματοκιβωτίων. Οι πρέσες συμπίεσης διαθέτουν αυτόματο μηχανισμό για το άνοιγμα και κλείσιμο τους, ενώ έχουν προβλεφθεί κανάλια αποχέτευσης, για τη συλλογή, μεταφορά και επεξεργασία των υγρών αποβλήτων. Όλη η διαδικασία είναι πλήρως αυτοματοποιημένη.

Στη λειτουργία του ΣΜΑ συμπεριλαμβάνεται μονάδα επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων τεχνολογίας MBBR. Επίσης, έχει προβλεφθεί σύστημα αέριας αντιρρύπανσης. Ο βεβαρημένος αέρας οδηγείται στο σύστημα αποκονίωσης και στη συνέχεια στο σύστημα απόσμησης για τον πλήρη καθαρισμό του. Στο χώρο λειτουργεί ακόμη πλυντήριο για το πλύσιμο και την απολύμανση των απορριμματοκιβωτίων και των οχημάτων, ώστε να διασφαλίζονται όλες οι απαιτούμενες συνθήκες υγιεινής και καθαριότητας (ΦΟΔΣΑ, 2018).

4.3 Περιβαλλοντική Ανάλυση

Η περιβαλλοντική ανάλυση του ΣΜΑ Ευκαρπίας αποτελεί το υπόβαθρο πάνω στο οποίο θα διερευνηθούν οι σημαντικές παράμετροι της ΑΚΖ κατά την κατασκευή, λειτουργία και στο τέλος της ωφέλιμης ζωής του.

Καταρχήν, αξίζει να υπογραμμιστεί ότι μια πολύ σημαντική παράμετρος για μια ολοκληρωμένη ΑΚΖ στο ΣΜΑ Ευκαρπίας αποτελεί και ο συνυπολογισμός της ενέργειας που καταναλώθηκε για την παραγωγή τσιμέντου για τα κτιριακά του ΣΜΑ, αλλά και όλων των ΗΜ και του απαραίτητου εξοπλισμού για τη λειτουργία της μονάδας.

4.3.1 Φάση Κατασκευής

Τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται συνήθως σε εργοτάξια κατασκευής ΣΜΑ μπορούν να διακριθούν στη φάση των εκσκαφών και στη φάση της ανέγερσης των εγκαταστάσεων. Κατά τις εκσκαφές: (i) Αερόσφουρα (27 kg), (ii) Φορτωτής (Wheeled loader 90 kW), (iii) Φορτηγά (tracked loader/lorry), (iv) Εκσκαφέας (dozer 201 KW). Κατά την ανέγερση εγκαταστάσεων: (i) Αναμείκτης Μπετόν (Truck mixer for concrete) (ii) Αντλία Μπετόν (Lorry mounted concrete pump), (iii) Γερανός&Fork Lift, (iv) Οδοστρωτήρας (Compressor), (v) Δομητές Μπετόν (Poker vibrators).

Τα αέρια απόβλητα της φάσης κατασκευής του ΣΜΑ, συνίστανται στα κάτωθι:

(α) Καυσαέρια οχημάτων και μηχανημάτων κατασκευής του έργου

Κατά τη φάση κατασκευής τους ΣΜΑ τα μηχανήματα που χρησιμοποιήθηκαν είναι κυρίως ντιζελοκίνητα. Οι παραγόμενες εκπομπές που οφείλονται στην καύση και η σύσταση των παραγόμενων καυσαερίων περιλαμβάνουν μονοξείδιο του άνθρακα (CO), διοξείδιο του θείου (SO₂), οξείδια του αζώτου (NO_x), πτητικούς υδρογονάνθρακες, αιθάλη (κάπνα). Επιπρόσθετα, σκόνη σε μορφή αιωρούμενων σωματιδίων (PM) κατά τη φάση κατασκευής εκλύεται από τις κάτωθι αιτίες: (i) σκόνη κατά την κίνηση οχημάτων και μηχανημάτων, (ii) σκόνη κατά την εκτέλεση χωματουργικών εργασιών.

Στο σενάριο της χειρότερης περίπτωσης, κατά την οποία όλα τα οχήματα και μηχανήματα του εργοταξίου ήταν σε ταυτόχρονη λειτουργία για τις οικοδομικές εργασίες, λόγω της φύσης της εργασίας που επιτελούσε το κάθε μηχάνημα, προκύπτει ότι αυτά παρέμειναν μόνιμα στην περιοχή του εργοταξίου. Εξαίρεση αποτελούσαν τα φορτηγά οχήματα, τα οποία πραγματοποιούσαν μεταφορές αδρανών υλικών. Κατά τη φάση κατασκευής ο μικρός αριθμός των χρησιμοποιούμενων οχημάτων εντός του

χώρου του εργοταξίου σε συνδυασμό με την απόστασή τους από οικισμούς δεν δημιούργησαν επιπτώσεις στην ποιότητα της ατμόσφαιρας της περιοχής. Τουλάχιστον κατά τη διερεύνηση που έλαβε χώρα στα πλαίσια της παρούσας εργασίας δεν αναφέρονται πουθενά συναφή ζητήματα κατά την κατασκευή. Η υπό εξέταση περιοχή δεν αντιμετωπίζει πρόβλημα σε CO, SO₂, NO_x, VOC, αιθάλη (κάπνα) στη βάση και των διαθέσιμων μετρήσεων από το Δίκτυο Μέτρησης Ποιότητας Αέρα της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας. Ούτε κατά τη φάση κατασκευής έλαβε χώρα περιστατικό αέριας ρύπανσης που να αποδοθεί στην εργοταξιακή δραστηριότητα σχετικά με το ΣΜΑ Ευκαρπίας. Ωστόσο, αυτό αποτελεί σημαντική παράμετρος της ΑΚΖ είναι η δραστηριότητα των οχημάτων και των μηχανημάτων κατά την κατασκευή (activity rate) και κατ' επέκταση οι εκπομπές από την εργοταξιακή λειτουργία και οι επιπτώσεις που πιθανόν έχουν αυτές.

Αναφορικά με τα δρομολόγια φορτηγών για τη δημιουργία οδού πρόσβασης των εγκαταστάσεων, τη μεταφορά και φορτοεκφόρτωση πρώτων υλών και αδρανών υλικών κατά τη φάση της κατασκευής, η επίδραση στην ποιότητα αέρα, με βάση το μικρό αριθμό δρομολογίων, την όδευση ως επί το πλείστον μακριά από πυκνοκατοικημένες περιοχές, την γειτνίαση με τον αυτοκινητόδρομο και την υφιστάμενη ποιότητα της ατμόσφαιρας, δεν επέφεραν καμία ουσιαστικά αύξηση των συγκεντρώσεων των αερίων ρύπων στην περιοχή. Αυτό ισχύει και για τη σκόνη κατά τη μεταφορά και φορτοεκφόρτωση αδρανών υλικών. Ωστόσο σημαντική παράμετρος της ΑΚΖ είναι η δραστηριότητα των φορτηγών οχημάτων και κατ' επέκταση οι εκπομπές από τα φορτηγά και κυρίως το ανθρακικό αποτύπωμα αυτών και η συμβολή στο φαινόμενο της κλιματικής μεταβολής.

(β) Υγρά και στερεά απόβλητα φάσης κατασκευής ΣΜΑ

Αρχικά, μια πολύ σημαντική παράμετρος για μια ολοκληρωμένη ΑΚΖ στο ΣΜΑ Ευκαρπίας αποτελεί και ο συνυπολογισμός της κατανάλωσης νερού κατά τη διαδικασία κατασκευής. Στη βάση της κατανάλωσης προκύπτουν υγρά απόβλητα που παράχθηκαν από την φάση κατασκευής του ΣΜΑ Ευκαρπίας: (i) αστικά λύματα, (ii) επιφανειακές απορροές, (iii) ειδικά απόβλητα.

Σχετικά με τα αστικά απόβλητα, τόσο από πλευράς ποιότητας, όσο και από πλευράς ποσότητας κατά τη φάση κατασκευής του ΣΜΑ, η επίπτωσή τους στο περιβάλλον είναι

δυνατόν να θεωρηθεί εξαιρετικά μικρή για να προκαλέσει αλλοιώσεις στα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος και με δεδομένο ότι τέτοια λύματα δεν διατέθηκαν ανεξέλεγκτα.

Αναφορικά με τις επιφανειακές απορροές κατά τη φάση της κατασκευής, λόγω της διακίνησης και της χρήσης αδρανών υλικών όπως προϊόντα εκσκαφής, μπάζα και δομικά υλικά ήταν βεβαρυμένες εξαιτίας της παράσυρσης υλικών και λάσπης μέσω υδατοπτώσεων (π.χ. βαρέα μέταλλα, γράσα, λάδια, υδρογονάνθρακες). Ωστόσο, δεν αναφέρθηκαν κατά την κατασκευή του έργου σημαντικές επιπτώσεις με δεδομένο ότι οι ποσότητες των παραγόμενων ρύπων είναι μικρές και τηρούνταν και οι περιβαλλοντικοί όροι. Το ίδιο ισχύει και για τα ειδικά υγρά απόβλητα, όπως λιπαντικά (λάδια, γράσα) που προέρχονται από τη συντήρηση των μηχανημάτων και οχημάτων που χρησιμοποιούνται στο εργοτάξιο.

Σχετικά με τα στερεά απόβλητα, τα οποία προκύπτουν κατά τη φάση κατασκευής, αυτά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε οικιακά και σε προϊόντα εκσκαφών. Τα οικιακά οφείλονται στο προσωπικό του εργοταξίου. Αναφορικά με αρνητικές επιπτώσεις από τα προϊόντα εκσκαφών είναι δυνατόν να προκληθούν σε περίπτωση διάθεσής τους σε ακατάλληλη τοποθεσία ή με ακατάλληλο τρόπο. Οι όποιες εκσκαφές προέκυψαν στο ΣΜΑ Ευκαρπίας χρησιμοποιήθηκαν για την επιχωμάτωση του χώρου. Ωστόσο, κατά τη φάση της κατασκευής δεν αναφέρθηκαν προβλήματα από την παραγωγή στερεών αποβλήτων στο ΣΜΑ Ευκαρπίας. Σε κάθε περίπτωση, ως παράμετρος για μια ολοκληρωμένη ΑΚΖ στο ΣΜΑ Ευκαρπίας αποτελεί ο συνυπολογισμός της δραστηριότητας η οποία οδηγεί σε υγρά και στερεά απόβλητα που παράγονται κατά τη φάση της κατασκευής.

(γ) Λοιπές επιπτώσεις κατά τη φάση της κατασκευής

Κατά τη φάση κατασκευής του ΣΜΑ, παράγεται θόρυβος που δύναται να προκαλέσει ηχορύπανση και που κυρίως μπορεί να αποδοθεί στην κυκλοφορία των φορτηγών μεταφοράς υλικών κατασκευής και στη λειτουργία των μηχανημάτων για τις εργασίες που εκτελούνται εντός του εργοταξίου. Ωστόσο, είναι αναγκαίο να υπογραμμιστεί ότι η αύξηση της υφιστάμενης στάθμης θορύβου ήταν πολύ αποσπασματική και δεν επέφερε σημαντική περιβαλλοντική όχληση.

Επιπρόσθετα, είναι αναγκαίο να ληφθούν υπόψη οι όποιες πιθανές επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα και τα οικολογικά στοιχεία της περιοχής κατά τη φάση κατασκευής ΣΜΑ: (i) επιπτώσεις στη χλωρίδα και (ii) επιπτώσεις στην πανίδα. Οι επιπτώσεις αυτές δεν ήταν σημαντικές κατά τη φάση της κατασκευής. Άλλες λοιπές επιπτώσεις θα μπορούσαν να είναι αισθητικές επιπτώσεις, επιπτώσεις στο ισοζύγιο υπόγειων υδάτων, επιπτώσεις στα τοπογραφικά, υδρολογικά και γεωλογικά χαρακτηριστικά, επιπτώσεις στο κοινωνικό - οικονομικό περιβάλλον της περιοχής και αρνητικές επιπτώσεις σε δίκτυα (π.χ. αύξηση του κυκλοφοριακού σε ώρες αιχμής κίνησης των φορτηγών κτλ.). Σε κάθε περίπτωση ως παράμετρος για μια ολοκληρωμένη ΑΚΖ στο ΣΜΑ Ευκαρπίας αποτελεί ο συνυπολογισμός των δραστηριοτήτων που οδηγούν σε όποιες λοιπές επιπτώσεις από τις εργοταξιακές δραστηριότητες κατά τη φάση της κατασκευής. Σε κάθε περίπτωση αξίζει να σημειωθεί ότι οι επιπτώσεις αυτές είναι οι συνήθεις επιπτώσεις των τεχνικών έργων, οι οποίες αφενός είναι συνήθως αμελητέες, αφετέρου μπορούν με τα κατάλληλα μέτρα, τα οποία επιβάλλει και η σχετική νομοθεσία εκτέλεσης τεχνικών έργων, να μετριασθούν και να αντιμετωπισθούν.

4.3.2 Φάση λειτουργίας

- **Επιπτώσεις από τη λειτουργία του ΣΜΑ**

Εκτός από τη φάση της κατασκευής στο πλαίσιο μιας ολιστικής ΑΚΖ για το ΣΜΑ Ευκαρπίας είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη και η φάση της λειτουργίας. Καταρχήν, αξίζει να υπογραμμιστεί ότι μια πολύ σημαντική παράμετρος για μια ολοκληρωμένη ΑΚΖ στο ΣΜΑ Ευκαρπίας κατά τη φάση της λειτουργίας αποτελεί και ο συνυπολογισμός της ενέργειας που καταναλώθηκε για τη λειτουργία ΗΜ εξοπλισμού της μονάδας. Επίσης, είναι αναγκαίο να συνυπολογιστούν και ποσότητες νερού που καταναλώνεται (Eshet et al., 2007).

Η λειτουργία του ΣΜΑ όπως περιγράφεται στην ενότητα 4.2 αναφέρεται σε δραστηριότητες που είναι δυνατό να οδηγήσουν σε περιβαλλοντικό φορτίο που κυρίως περιλαμβάνει:

(α) Οσμές

Οι οσμές είναι ίσως η κυριότερη περιβαλλοντική πίεση σε ένα ΣΜΑ κατά τη φάση της λειτουργίας του. Πρόβλημα δημιουργίας όχλησης από οσμές, παρουσιάζεται σε ένα ΣΜΑ, μόνο στην καθυστέρηση μεταφοράς των ΑΣΑ από την εγκατάσταση του ΣΜΑ στις

εγκαταστάσεις επεξεργασίας και στον χώρο υγειονομικής ταφής απορριμμάτων ή στον χώρο υγειονομικής ταφής υπολειμμάτων ή και υπό συνθήκες μη ορθής τήρησης των κανόνων καθαριότητας του σταθμού από το αρμόδιο προσωπικό. Αξίζει να τονιστεί, ότι επικινδυνότητα υπάρχει στην περίπτωση βλαβών ή/και δυσλειτουργιών και η επίδραση αναμένεται να γίνεται εντονότερη με επικρατούντες βόρειους ή/και βορειοδυτικούς ανέμους που συνήθως αναφέρονται στην περιοχή, ειδικά τη χειμερινή περίοδο. Για το λόγο αυτό, είναι σημαντικό να τηρηθούν οι φυτεύσεις δενδροφραχτών. Στην περίπτωση του ΣΜΑ Ευκαρπίας τα απορριμματοφόρα κοντέινερ είναι κλειστού τύπου. Με τον τρόπο αυτό ελαχιστοποιείται η παρουσία οσμών στον περιβάλλοντα χώρο του ΣΜΑ, αλλά και ευρύτερα στην υπό μελέτη περιοχή.

Κατά τη λειτουργία του ΣΜΑ ως σήμερα, η έκλυση δυσάρεστων οσμών, λόγω αποσύνθεσης της οργανικής ύλης εκτιμάται ότι είναι ελάχιστη διότι τα προσκομιζόμενα απορρίμματα μεταφορτώνονται και απομακρύνονται στον κατάλληλο χρόνο προς τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας και τον χώρο υγειονομικής ταφής απορριμμάτων Μαυροράχης. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι εργασίες τακτικού ελέγχου και συντήρησης των απορριμματοκιβωτίων είναι σημαντικό να γίνονται κατά τακτά χρονικά διαστήματα, ώστε να ελαχιστοποιείται η πιθανότητα βλάβης τους και κατ' επέκταση εκπομπής οσμών.

(β) Σκόνη

Η λειτουργία ενός ΣΜΑ συνδέεται με την έκλυση αιωρούμενων σωματιδίων και σκόνης (Barrat and Fuller, 2014) Η ομαλή καθημερινή λειτουργία του ΣΜΑ Ευκαρπίας, δεν έχει αναφερθεί ότι συνοδεύεται ιδιαίτερα από τη δημιουργία αιωρούμενων σωματιδίων και σκόνης. Φυσικά σε αυτό συμβάλλει και η ασφαλιτοστρωση των οδών εγκαταστάσεων του ΣΜΑ. Έκλυση χαμηλών επίπεδων εκπομπών σκόνης είναι δυνατό να αποδοθούν κατά τη φορτοεκφόρτωση των ΑΣΑ από τα απορριμματοφόρα. Ωστόσο, δεν προκαλούν σημαντική επίπτωση αν λάβουμε υπόψη ότι οι χοάνες που χρησιμοποιούνται στο ΣΜΑ είναι κλειστού τύπου. Επιπρόσθετα τα ΑΣΑ χαρακτηρίζονται από αυξημένη υγρασία.

(γ) Υγρά και στερεά απόβλητα

Υγρά απόβλητα προκαλούνται από το πλύσιμο του χώρου και από τα λύματα του προσωπικού της εγκατάστασης. Ιδιαίτερα για τα αστικά λύματα που παράγονται κατά τη δραστηριότητα του προσωπικού είναι σαφές ότι πρόκειται για κοινά λύματα σε

ασήμαντες ποσότητες. Κατά συνέπεια δεν αναμένονται επιπτώσεις άξιες λόγου από αυτά. Παράλληλα, δεν αναμένονται σημαντικά στέρεα απόβλητα σε ένα ΣΜΑ λαμβάνοντας υπόψη την απευθείας μεταφόρτωση στα κλειστού τύπου κοντέινερ.

(δ) Θόρυβος, χλωρίδα, πανίδα και φυσιογνωμία της περιοχής

Η λειτουργία του ΣΜΑ δεν έχει αναφερθεί ότι προκαλεί σημαντικές επιπτώσεις σε θόρυβο (κυκλοφορία των απορριμματοφόρων και λειτουργία του εξοπλισμού εντός του χώρου), στη χλωρίδα και την πανίδα με δεδομένο ότι τηρούνται οι περιβαλλοντικοί όροι (π.χ. φυτεύσεις δενδροφραχτών). Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι η δενδροφύτευση αυτή τη στιγμή δεν είναι επαρκής. Είναι σημαντικό η περιμετρική δενδροφύτευση του χώρου να πραγματοποιηθεί με ψηλά δέντρα με παρόμοια χαρακτηριστικά με αυτά της ήδη υπάρχουσας βλάστησης στη περιοχή, έτσι ώστε αφενός να εξασφαλίζεται η πλήρης οπτική απόκρυψη του χώρου και αφετέρου να μη διαταραχθεί η φυσιογνωμία της περιοχής.

- **Ανθρακικό αποτύπωμα και ρύποι από την κυκλοφορία των απορριμματοφόρων**

Συνήθης δυνητική πηγή όχλησης σε συστήματα διαχείρισης ΑΣΑ είναι η κυκλοφορία οχημάτων (απορριμματοφόρων και λοιπών οχημάτων) προς τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας και το χώρο υγειονομικής ταφής απορριμμάτων, μέσω οικισμών ή πλησίον κατοικιών. Στην περίπτωση του ΣΜΑ Ευκαρπίας, η διαμετακόμιση των ΑΣΑ πραγματοποιείται σε κάποια απόσταση από τους γύρω οικισμούς και μέσω ενός καλά ανεπτυγμένου οδικού δικτύου.

Κατά τη φάση λειτουργίας του έργου, η ατμοσφαιρική επιβάρυνση προκαλείται κυρίως από τις εκπομπές των απορριμματοφόρων (CO, SO₂, NO_x, VOC, αιθάλη, CO₂) και τα συσχετιζόμενα καυσαέρια από τα οχήματα, τα οποία χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά των ΑΣΑ, αλλά και για λοιπές χρήσεις, τόσο στο οδικό δίκτυο της περιοχής, όσο και στην οδό πρόσβασης των εγκαταστάσεων.

Ανθρακικό αποτύπωμα: Οι εκπομπές CO₂ από τα απορριμματοφόρα αποτελούν το ανθρακικό αποτύπωμα από την οδική κυκλοφορία που είναι δυνατό να αποδοθεί στο ΣΜΑ Ευκαρπίας. Το ανθρακικό αυτό αποτύπωμα είναι το περισσότερο σημαντικό που πρέπει να σχολιαστεί. Υπογραμμίζεται, ότι ο σκοπός του ΣΜΑ ως ενδιάμεσο

διακομιστικό κέντρο και η λειτουργία του στην περιοχή αναμένεται να προκαλέσει μεγάλη μείωση του κόστους μεταφοράς, τόσο σε καύσιμα, όσο και σε εργατοώρες, αλλά και σε δαπάνες συντήρησης οχημάτων. Ο ΣΜΑ πρόκειται να μειώσει και το κόστος μεταφοράς των απορριμμάτων για τους δήμους, τα απορριμματοφόρα των οποίων έπρεπε μέχρι τώρα να διανύουν ακόμη και 100 km για κάθε δρομολόγιο μεταφοράς σκουπιδιών στον χώρο υγειονομικής ταφής απορριμμάτων της Μαυροράχης. Σε κάθε περίπτωση, μια πολύ σημαντική παράμετρος για μια ολοκληρωμένη ΑΚΖ στο ΣΜΑ Ευκαρπίας αποτελεί και ο συνυπολογισμός της δραστηριότητας των απορριμματοφόρων που οδηγεί στην εκτίμηση ανθρακικού αποτυπώματος από την κυκλοφορία των απορριμματοφόρων στην ευρύτερη περιοχή, αλλά και η συγκριτική αξιολόγησή του με μια πιθανή μελέτη ΑΚΖ ολόκληρου του συστήματος διαχείρισης ΑΣΑ της ευρύτερης περιοχής, ώστε να σταθμιστεί το κόστος-όφελος στο φαινόμενο της κλιματικής μεταβολής. Αυτό φυσικά αποτελεί μελλοντική πρόκληση και αντικείμενο μιας άλλης εργασίας.

Αέρια απόβλητα: Λαμβάνοντας υπόψη, ότι τοπικά η κυκλοφορία αυξάνεται σε ετήσια βάση συνάγεται ότι και η επιβάρυνση της εγγύτερης περιοχής από τις αέριες εκπομπές της οδικής κυκλοφορίας θα αυξάνονται σημαντικά. Ωστόσο, η οδός προσπέλασης δεν έχει επηρεάσει σημαντικά την ποιότητα αέρα της ευρύτερης περιοχής, με δεδομένο ότι διευκολύνει τις μετακινήσεις με σταθερές ταχύτητες και άρα με μικρότερες ατμοσφαιρικές εκπομπές.

Υγρά απόβλητα: Η οδική κυκλοφορία ούτως ή άλλως σχετίζεται με κάποιο περιβαλλοντικό φορτίο στο έδαφος από από χημικά προϊόντα της λειτουργίας του οδικού άξονα (άσφαλτος, ελαστικά, ψευδάργυρος (Zn), χρώμιο (Cr), χαλκός (Cu), σίδηρος (Fe), λάδια, μόλυβδος (Pb) κλπ.), που σε συνδυασμό με τα όμβρια ύδατα, σε περιπτώσεις οδών αυξημένης κίνησης, και εάν συντρέχουν οι αντίστοιχες γεωλογικές – υδρογεωλογικές συνθήκες, θα μπορούσαν να έχουν εν δυνάμει επίπτωση στην ποιότητα του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα. Γενικότερα, αναμένεται μια ελαφρύτατη επίπτωση στα παρόδια εδάφη από την κυκλοφορία των απορριμματοφόρων, χωρίς να προκύπτουν επιπτώσεις για τα υπόγεια ύδατα.

Στερεά απόβλητα: Η κυκλοφορία των απορριμματοφόρων, δε σχετίζεται με καμία σημαντική πηγή παραγωγής στερεών αποβλήτων. Ωστόσο, ένα σύνηθες φαινόμενο,

είναι η διάχυση ελαφρών αντικειμένων και μικρών σκουπιδιών με τη βοήθεια του αέρα. Το φαινόμενο της διαφυγής από τα απορριμματοφόρα κατά μήκος της διαδρομής των οχημάτων έχει επίπτωση κυρίως στην αισθητική του περιβάλλοντος χώρου και όχι τόσο σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Ηχορύπανση από την οδική κυκλοφορία: Κατά τη φάση λειτουργίας, η ηχορύπανση οφείλεται στα οχήματα (είτε από τις μηχανές εσωτερικής καύσης, είτε από τα συστήματα πέδησης) που χρησιμοποιούν το δρόμο για τη μεταφορά ή/και για άλλες χρήσεις στο χώρο του ΣΜΑ. Η λειτουργία του ΣΜΑ Ευκαρπίας παρουσιάζει χαμηλή στάθμη θορύβου, που δεν υπερβαίνει τα όρια για τη λήψη μέτρων προστασίας από το θόρυβο.

Επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον: Για την περίπτωση του ΣΜΑ Ευκαρπίας, δεν αναμένονται μακροπρόθεσμα επιπτώσεις στη χλωρίδα από αέριους ρύπους που μπορούν να αποδοθούν στην αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου κατά τη φάση λειτουργίας του έργου. Κατά κοινή ομολογία οι σημερινές συνθήκες είναι σχεδόν, παρόμοια επηρεασμένες, ενώ ακόμα και με την αύξηση της κίνησης, οι επιπτώσεις παραμένουν ασήμαντες.

4.3.3 Τέλος ωφέλιμης ζωής του ΣΜΑ

Η αξιολόγηση των επιπτώσεων είναι αναγκαίο να συμπεριλαμβάνει και την περίοδο μετά το τέλος της ωφέλιμης ζωής του ΣΜΑ Ευκαρπίας. Κατά κύριο λόγο, αυτή η αξιολόγηση περιλαμβάνει τις διαδικασίες κατεδάφισης των κτιρίων του ΣΜΑ και τη διαχείριση των αποβλήτων εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων. Επίσης σε περίπτωση που ο Η/Μ δεν μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί, απαιτείται η ορθή διαχείρισή του ως απόβλητα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Αν και είναι πολύ δύσκολο να εκτιμηθεί με ασφάλεια η περίοδος μετά το τέλος του κύκλου ζωής και η ορθή διαχείριση της σε αχρηστία μονάδας, είναι μια σημαντική παράμετρος που πρέπει να ληφθεί υπόψη σε μια ολιστική προσέγγιση ΑΚΖ.

4.4 Διερεύνηση Σημασίας Σημαντικών Παραμέτρων κατά την Κατασκευή, Λειτουργία και στο Τέλος της Ωφέλιμης Ζωής του ΣΜΑ Ευκαρπίας

Στη βάση της περιβαλλοντικής ανάλυση του ΣΜΑ Ευκαρπίας, που πραγματοποιήθηκε στην ενότητα 4.3, πραγματοποιείται η σύνοψη των σημαντικών παραμέτρων που απαιτούνται για μια ΑΚΖ της υπό εξέταση μονάδας. Η σύνοψη λαμβάνει χώρα τόσο για τη φάση της κατασκευής, όσο για τη φάση της λειτουργίας, αλλά και την περίοδο μετά το τέλος της ωφέλιμης ζωής του ΣΜΑ. Στα πλαίσια της ανάλυσης και με βάση την ποιοτική ανάλυση των επιπτώσεων που πραγματοποιήθηκε στην ενότητα 4.3, γίνεται και μια προσπάθεια αξιολόγησης της σημασίας των σημαντικών παραμέτρων. Η ανάλυση αυτή αποκτά ιδιαίτερη σημασία λαμβάνοντας υπόψη την έλλειψη δεδομένων που αντιμετωπίζει ο κάθε μελετητής σε αντίστοιχες περιπτώσεις. Δεν είναι τυχαίο, ότι στα πλαίσια της βιβλιογραφικής διερεύνησης που έλαβε χώρα στα πλαίσια της εργασίας, δεν βρέθηκε ΑΚΖ για ΣΜΑ με συγκεκριμένα ποσοτικά δεδομένα.

4.4.1 Φάση Κατασκευής

Στο πλαίσιο του υλικού που παρουσιάστηκε έως αυτό το σημείο και στη βάση της ποιοτικής ανάλυσης των επιπτώσεων που πραγματοποιήθηκε στην ενότητα 4.3, οι παράμετροι της ΑΚΖ για το ΣΜΑ Ευκαρπίας κατά τη φάση κατασκευής και η ποιοτική συγκριτική αξιολόγησή τους αποτυπώνεται στον πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1: Αξιολόγηση σημαντικών παραμέτρων της ΑΚΖ για το ΣΜΑ Ευκαρπίας κατά τη φάση της κατασκευής

α/α	Παράμετρος ΑΚΖ	Μονάδα	Αξιολόγηση σημαντικότητας
	Ενεργειακή κατανάλωση για την παραγωγή όλων των ΗΜ συστημάτων & εξοπλισμού της μονάδας.	KWh/έτος	Χαμηλή ως Μέτρια
	Ενεργειακή κατανάλωση για την παραγωγή τσιμέντου της κτιριακής υποδομής της μονάδας.	KWh/έτος	Υψηλή
	Κατανάλωση νερού για την παραγωγή όλων των ΗΜ συστημάτων & εξοπλισμού της μονάδας.	m ³ /έτος	Χαμηλή ως Μέτρια
	Κατανάλωση νερού για την παραγωγή τσιμέντου της κτιριακής υποδομής της μονάδας.	m ³ /έτος	Μέτρια ως Υψηλή
	Κατανάλωση νερού κατά τη φάση των εκσκαφών.	m ³ /έτος	Υψηλή
	Κατανάλωση νερού κατά τη φάση ανέγερσης των εγκαταστάσεων.	m ³ /έτος	Μέτρια ως Υψηλή
	Κατανάλωση λοιπών πρώτων υλών κατά τη φάση των εκσκαφών.	Μονάδα πρώτης ύλης / έτος	Μέτρια
	Κατανάλωση λοιπών πρώτων υλών κατά τη φάση ανέγερσης των εγκαταστάσεων.	Μονάδα πρώτης ύλης / έτος	Μέτρια
	Δραστηριότητα οχημάτων πλην φορτηγών.	km/έτος	Χαμηλή
	Δραστηριότητα φορτηγών οχημάτων για τη δημιουργία οδού πρόσβασης.	km/έτος	Χαμηλή

Δραστηριότητα φορτηγών οχημάτων για τη μεταφορά και την εκφόρτωση πρώτων υλών και αδρανών υλικών.	km/έτος	Μέτρια
Ενεργειακή κατανάλωση όλων των μηχανήματων για τις χωματοουργικές εργασίες.	KWh/έτος	Υψηλή
Ενεργειακή κατανάλωση όλων των μηχανήματων για τις οικοδομικές εργασίες.	KWh/έτος	Χαμηλή

4.4.2 Φάση Λειτουργίας

Στο πλαίσιο του υλικού που παρουσιάστηκε έως αυτό το σημείο και στη βάση της ποιοτικής ανάλυσης των επιπτώσεων που πραγματοποιήθηκε στην ενότητα 4.3, οι παράμετροι της AKZ για το ΣΜΑ Ευκαρπίας κατά τη φάση λειτουργίας και η ποιοτική συγκριτική αξιολόγησή τους αποτυπώνεται στον πίνακα 4.2.

Πίνακας 4.2: Αξιολόγηση σημαντικών παραμέτρων της AKZ για το ΣΜΑ Ευκαρπίας κατά τη φάση λειτουργίας

α/α	Παράμετρος AKZ	Μονάδα	Αξιολόγηση σημαντικότητας
	Δυναμικότητα απορριμμάτων.	t/έτος	Υψηλή
	Ενεργειακή κατανάλωση ΗΜ εξοπλισμού και αυτοματοποιημένων διαδικασιών της μονάδας (πρέσες κτλ.).	KWh/ έτος	Υψηλή
	Ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων της μονάδας.	KWh/ έτος	Χαμηλή
	Ενεργειακή κατανάλωση βιολογικού καθαρισμού.	KWh/ έτος	Μέτρια
	Υγρασία απορριμμάτων	%	Χαμηλή
	Κατανάλωση νερού για πλύσεις οχημάτων.	m ³ / έτος	Υψηλή
	Κατανάλωση νερού για πότισμα .δενδροφύτευσης.	m ³ / έτος	Μέτρια
	Κατανάλωση νερού για χρήσεις του προσωπικού της μονάδας.	m ³ / έτος	Χαμηλή
	Δραστηριότητα απορριμματοφόρων για τη μεταφορά και την εκφόρτωση.	km/έτος	Υψηλή
	Δραστηριότητα λοιπών οχημάτων πλην απορριμματοφόρων.	km/έτος	Χαμηλή

4.4.3 Τέλος Ωφέλιμης Ζωής

Στο πλαίσιο του υλικού που παρουσιάστηκε έως αυτό το σημείο και στη βάση της ποιοτικής ανάλυσης των επιπτώσεων που πραγματοποιήθηκε στην ενότητα 4.3, οι παράμετροι της AKZ για το ΣΜΑ Ευκαρπίας κατά τη φάση μετά το τέλος της ωφέλιμης ζωής του και η ποιοτική συγκριτική αξιολόγησή τους αποτυπώνεται στον πίνακα 4.3.

Πίνακας 4.3: Αξιολόγηση σημαντικών παραμέτρων της AKZ για το ΣΜΑ Ευκαρπίας κατά τη φάση του τέλους ζωής

α/α	Παράμετρος AKZ	Μονάδα	Αξιολόγηση σημαντικότητας
	Ενεργειακή κατανάλωση ΗΜ εξοπλισμού για κατεδάφιση των κτιρίων της μονάδας.	KWh/ έτος	Υψηλή

Ενεργειακή κατανάλωση για την ανακύκλωση των ΑΗΗΕ της μονάδας.	KWh/ημέρα	Μέτρια
Κατανάλωση νερού για κατεδάφιση των κτιρίων της μονάδας.	m ³ /ημέρα	Χαμηλή
Δραστηριότητα φορτηγών οχημάτων για τη μεταφορά και την εκφόρτωση ΑΕΚΚ της μονάδας.	km/έτος	Μέτρια
Δραστηριότητα φορτηγών οχημάτων για τη μεταφορά και την εκφόρτωση ΑΗΗΕ της μονάδας.	km/έτος	Χαμηλή

Κεφάλαιο 5

Επίλογος

Οι στόχοι της πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης και των κρατών μελών στον τομέα του περιβάλλοντος αποσκοπούν ιδιαίτερα στη διατήρηση, την προστασία και τη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος, την προστασία της υγείας του ανθρώπου και τη συνετή και ορθολογική χρησιμοποίηση των φυσικών πόρων. Η πολιτική αυτή στηρίζεται στην αρχή της προφύλαξης και στις αρχές της προληπτικής δράσης, της επανόρθωσης των καταστροφών του περιβάλλοντος, κατά προτεραιότητα στην πηγή, καθώς και στην αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει». Έτσι, κρίνεται απαραίτητη η συμβολή στην προστασία της ανθρώπινης υγείας και στην περιβαλλοντικά ενδεδειγμένη αξιοποίηση και διάθεση όλων των ρευμάτων των αποβλήτων.

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή αναδεικνύεται πρωτίστως η σημασία της ΑΚΖ στο πλαίσιο μιας ολιστικής προσέγγισης για περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος, εξοικονόμησης πρώτων υλών, νερού και ενέργειας αλλά και βελτίωσης της ποιότητας ζωής του ανθρώπου. Η αποτίμηση της περιβαλλοντικής απόδοσης ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας και πολύ περισσότερο η συγκριτική ανάλυση μεταξύ προϊόντων ή υπηρεσιών είναι μια εργασία έντονης διεπιστημονικότητας και

πολυπλοκότητας. Προς αυτήν την κατεύθυνση είναι αναγκαία η ενδεδειγμένη ανάλυση όλων των διαθέσιμων δεδομένων σε όλο τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας. Ιδιαίτερως για τα συστήματα διαχείρισης αποβλήτων, η AKZ καθίσταται ένα σημαντικό εργαλείο για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιδόσεων ενός ολοκληρωμένου συστήματος. Η αυξανόμενη πολυπλοκότητα της διαχείρισης των αποβλήτων, η επιτακτική ανάγκη για την ορθολογική διαχείριση των φυσικών πόρων που φθίνουν και η αυξανόμενη ζήτηση για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας καθιστά τη χρήση περισσότερο λεπτομερών προτύπων και λογιστικών εργαλείων περιβαλλοντικής αξιολόγησης. Το Life Cycle Thinking αποτελεί μια προσέγγιση που είναι δυνατόν να υποστηρίξει τη βέλτιστη λήψη αποφάσεων, ενισχύοντας τη σημασία της μοντελοποίησης με εργαλεία AKZ για πιο βιώσιμες στρατηγικές διαχείρισης των αποβλήτων.

Η παρούσα διατριβή εστίασε στην περίπτωση των ΣΜΑ. Όπως αναφέρθηκε, οι ΣΜΑ θεωρούνται από τη νομοθεσία δευτερεύουσες εγκαταστάσεις, πλην όμως σημαντικές, και από τους ΠΕΣΔΑ απαιτείται απλή αναφορά του αριθμού ΣΜΑ που αναμένεται να απαιτηθούν, δίχως περαιτέρω τεκμηρίωση. Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής διερευνήθηκαν ποιοτικά οι βασικοί παράμετροι που παίζουν ρόλο στην περίπτωση της εφαρμογής AKZ με μελέτη περίπτωσης τον ΣΜΑ Ευκαρπίας. Πραγματοποιήθηκε και μια προσπάθεια εκτίμησης της σημασίας των παραμέτρων στην AKZ του υπό εξέταση ΣΜΑ. Αναλύθηκαν με λεπτομέρεια τα λειτουργικά και κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του ΣΜΑ. Τα χαρακτηριστικά αυτά αποτέλεσαν το υπόβαθρο για να πραγματοποιηθεί μια περιβαλλοντική ανάλυση, ώστε να καταγραφούν οι σημαντικοί παράμετροι τόσο για τη φάση της κατασκευής, όσο για τη φάση της λειτουργίας, αλλά και την περίοδο μετά το τέλος της ωφέλιμης ζωής του ΣΜΑ. Στα πλαίσια της εργασίας και με βάση την ανάλυση των επιπτώσεων που πραγματοποιήθηκε στην ενότητα 4.3 λαμβάνει χώρα και ποιοτική αξιολόγηση της σημασίας των σημαντικών παραμέτρων.

Στο σημείο αυτό αξίζει να υπογραμμιστεί το εξής: Η AKZ είναι ένα σημαντικό υπολογιστικό μεθοδολογικό πλαίσιο για την εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων των διάφορων στρατηγικών διαχείρισης των αποβλήτων. Το σημείο που είναι αναγκαίο να προσεχθεί ιδιαίτερα σε μια AKZ είναι η διαθεσιμότητα των δεδομένων. Το πιο δύσκολο σημείο, η εύρεση ή/και η εκτίμηση των δεδομένων, αυτών που είναι απαραίτητα για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων. Στο δημόσιο τομέα της

Ελλάδας συνήθως δεν υπάρχουν τεκμηριωμένα δεδομένα ή δεν υπάρχουν καθόλου δεδομένα γενικότερα. Επίσης, πολλές φορές αν και μπορεί κάποια δεδομένα να υπάρχουν, δεν γίνονται δημόσια διαθέσιμα από τις σχετικές υπηρεσίες γεγονός που έρχεται ορισμένες φορές και σε αντίθεση με την ευρωπαϊκή νομοθεσία για την περιβαλλοντική πληροφορία.

Λαμβάνοντας υπόψη την έλλειψη δεδομένων σχετικά με το ΣΜΑ Ευκαρπίας, το μεθοδολογικό πλαίσιο που υιοθετήθηκε ουσιαστικά ακολούθησε μια «αντίστροφη» διαδικασία με στόχο την ποιοτική συγκριτική αξιολόγηση. Στη βάση ενδελεχούς περιβαλλοντικής ανάλυσης του ΣΜΑ Ευκαρπίας, διερευνήθηκαν οι σημαντικές παράμετροι της ΑΚΖ αντίστοιχα κατά την κατασκευή, λειτουργία και στο τέλος της ωφέλιμης ζωής του. Η ανάλυση στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας και η μεθοδολογική προσέγγιση αποκτά ιδιαίτερη σημασία λαμβάνοντας υπόψη την έλλειψη δεδομένων που αντιμετωπίζει ο κάθε μελετητής σε αντίστοιχες περιπτώσεις. Δεν είναι τυχαίο ότι στο πλαίσιο της βιβλιογραφικής διερεύνησης που έλαβε χώρα στα πλαίσια της εργασίας δεν βρέθηκαν δημοσιευμένα στοιχεία ΑΚΖ για ΣΜΑ με συγκεκριμένα ποσοτικά δεδομένα.

Σε κάθε περίπτωση λαμβάνοντας υπόψη:

- τη διαθεσιμότητα και την ποιότητα των δεδομένων ως βασικό ζήτημα κατά τη διεξαγωγή μίας ΑΚΖ,
- το βαθμό λεπτομέρειας που απαιτείται για τα προβλήματα διαχείρισης αποβλήτων,
- την υψηλή τεχνογνωσία που απαιτείται,

ως μελλοντική πρόκληση θα μπορούσε να αναφερθεί η διερεύνηση των σημαντικών παραμετρών της εφαρμογής ΑΚΖ για το ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης αποβλήτων της Περιφερειακής Ενότητας Θεσσαλονίκης αντίστοιχα κατά την κατασκευή, λειτουργία και στο τέλος της ωφέλιμης ζωής, όπως και για το μικρό υποσύστημά του, αυτό του ΣΜΑ Ευκαρπίας.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση

Abeliotis, K. (2011). Life Cycle Assessment in Municipal Solid Waste Management. Kumar, S. (ed.) *Integrated Waste Management-Volume I*. INTECH Open Access Publisher, DOI: 10.5772/20421. Available from: <https://www.intechopen.com/books/integrated-waste-management-volume-i/life-cycle-assessment-in-municipal-solid-waste-management> [Πρόσβαση: 15.01.2018].

Acero, A.P., Rodríguez, C. and Citroth, A. (2015). Impact Assessment Methods in Life Cycle Assessment and Their Impact Categories. Berlin, Germany: GreenDelta GmbH Διαθέσιμο στη <https://www.openlca.org/wp-content/uploads/2015/11/LCIA-METHODS-v.1.5.4.pdf> [Πρόσβαση: 12.01.2018].

Ally, J. and Pryor, T. (2007). Life-cycle Assessment of Diesel, Natural Gas and Hydrogen Fuel Cell Bus Transportation Systems. *Journal of Power Sources*, 170(2), 401-411.

Anderson, K., Ohlsson, T. and Ollson, P. (1994). Life Cycle Assessment (LCA) of Food Products and Productions Systems. *Trends in Food Science & Technology*, 5(5), 34-38.

Arena, U., Mastellone, M.L. and Perugini, F. (2003). The Environmental Performance of Alternative Solid Waste Management Options: a Life Cycle Assessment Study. *Chemical Engineering Journal*, 96(1-3), 207-222.

Ashournejad, Q., Taheri, M. and Abbaspour, R.A. (2013). Using Fuzzy Analysis Network Process (Fuzzy ANP) in Recognizing Optimum Place of Transfer Stations for Solid Waste in Esfahan. *Journal of Environmental Studies*, 39 (3), 165-177.

Assamoi, B. and Lawryshyn, Y. (2012). The Environmental Comparison of Landfilling vs. Incineration of MSW Accounting for Waste Diversion. *Waste Management*, 32(5), 1019-1030.

Baayen, H. (2000). *Eco-indicator 99 Manual for Designer*. The Hague, the Netherlands: Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment.

Bala, A., Raugei, M., Benveniste, G., Gazulla, C. and Fullana-I-Palmer, P. (2010). Simplified Tools for Global Warming Potential Evaluation: When “Good Enough” is Best. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 15(5), 489–498.

Banar, M., Cokaygil, Z. and Ozkan, A. (2009). Life Cycle Assessment of Solid Waste Management Options for Eskisehir, Turkey. *Waste Management*, 29(1), 54–62.

Barratt, B.M. and Fuller, G.W. (2014). Intervention Assessments in the Control of PM10 Emissions from an Urban Waste Transfer Station. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 16(6), 1328-1337.

Berners-Lee, M., Howard, D.C., Moss, J., Kaivanto, K. and Scott, W.A. (2011). Greenhouse Gas Footprinting for Small Businesses - the Use of Input-Output Data. *Science of the Total Environment*, 409(5), 883-891.

Bernstad, A. and la Cour Jansen, J. (2012). Review of Comparative LCAs of Food Waste Management Systems – Current Status and Potential Improvements. *Waste Management*, 32/12, 2439–2455.

Bjarnadóttir, H.J., Fridriksson, G.B., Johnsen, T. and Sletsen, H. (2002). Guidelines for the Use of LCA in the Waste Management Sector. Nordtest Report TR 517. Nordtest, Espoo, Finland.

Blengini, G.A., Fantoni, M., Busto, M., Genon, G. and Zanetti, C. (2012). Participatory Approach, Acceptability and Transparency of Waste Management LCAs: Case Studies of Torino and Cuneo. *Waste Management*, 32(9), 1712-1721.

Bovea, M.D. and Powell, J.C. (2006). Alternative Scenarios to Meet the Demands of Sustainable Waste Management. *Journal of Environmental Management*, 79(2), 115-132.

Bovea, M.D., Powell, J.C., Gallardo, A. and Capuz-Rizo, S.F. (2007). The Role Played by Environmental Factors in the Integration of a Transfer Station in a Municipal Solid Waste Management System. *Waste Management*, 27(4), 545-553.

Buttol, P., Masoni, P., Bonoli, A., Goldoni, S., Belladonna, V. and Cavazzuti, C. (2007). LCA of Integrated MSW Management Systems: Case Study of the Bologna District. *Waste Management*, 27(8), 1059-1070.

Chang, N.-B. and Lin, Y.T. (1997). Optimal Siting of Transfer Station Locations in a Metropolitan Solid Waste Management System. *Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 32(8), 2379-2401.

Chatzouridis, C. and Komilis, D. (2012). A Methodology to Optimally Site and Design Municipal Solid Waste Transfer Stations Using Binary Programming. *Resources, Conservation and Recycling*, 60, 89-98.

Cherubini, F., Bargigli, S. and Ulgiati, S. (2009). Life Cycle Assessment (LCA) of Waste Management Strategies: Landfilling, Sorting Plant and Incineration. *Energy*, 34(12), 2116-2123.

Cleary, J. (2009). Life Cycle Assessments of Municipal Solid Waste Management Systems: A Comparative Analysis of Selected Peer-reviewed Literature. *Environment International*, 35(8), 1256-1266.

Coelho, A. and de Brito, J. (2012). Influence of Construction and Demolition Waste Management on the Environmental Impact of Buildings. *Waste Management*, 32(3), 532-541.

Consonni, S., Giugliano, M. and Grosso, M. (2005). Alternative Strategies for Energy Recovery from Municipal Solid Waste. Part A: Mass and Energy Balances. *Waste Management*, 25(2), 123-135.

de Feo, G. and Malvano, C. (2009). The Use of LCA in Selecting the Best MSW Management System. *Waste Management*, 29(6), 1901–1915.

EEA (European Environmental Agency) (1999) Environmental Indicators: Typology and Overview. Technical report No 25. Available at <https://www.eea.europa.eu/publications/TEC25> [Πρόσβαση: 18.01.2018].

Eiselt, H.A. (2006). Locating Landfills and Transfer Stations in Alberta. *INFOR*, 44(4), 285-298.

Eshet T., Baron, M.G. and Shechter, M. (2007). Externalities from Landfills and Transfer Stations; Applying and Testing the Benefit Transfer Method. Lehmann, E.C. (ed.) *Landfill Research Focus*. New York: Nova Science Publishers Inc.

Fava, J.A., Denison, E., Jones, B., Curran, M.A., Vigon, B., Selke, S. and Barnum, J. (eds.) (1991) *A Technical Framework for Life-cycle Assessment*. Washington DC: Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC).

Finkbeiner, M., Inaba, A., Tan, R., Christiansen, K. and Klüppel, H.J. (2006). The New International Standards for LCA ISO 14040 and ISO 14044. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 11(2), 80-85.

Frischknecht, R., Althaus, H.J., Bauer, C., Doka, G., Heck, T., Jungbluth, N., Kellenberger, D. and Nemecek, T. (2007). The environmental relevance of capital goods in life cycle assessments of products and services. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 12, 7-17.

Gatti, J.B., de Castilho Quieroz, G. and Corrêa Garcia, E.E. (2008). Recycling of Aluminium Can in Terms of Life Cycle Inventory (LCI). *International Journal of Life Cycle Assessment*, 13(3), 219-225.

Güereca, L.P., Gassó, S., Baldasano, J.M. and y Jiménez-Guerrero, P. (2006). Life Cycle Assessment of Two Biowaste Management Systems for Barcelona, Spain. *Resources, Conservation and Recycling*, 49(1), 32 - 48.

Guinée, J.B. (ed.), Gorrée, M., Heijungs, R., Huppes, G., Kleijn, R., Koning, A. de Oers, L. van Wegener Sleeswijk, A., Suh, S., Udo de Haes, H.A., de Bruijn, J.A., van Duin, R. and Huijbregts, M.A.J. (2002). *Handbook on Life Cycle Assessment: Operational Guide to the ISO Standards*. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Gunamantha, M. and Sarto (2012). Life Cycle Assessment of Municipal Solid Waste Treatment to Energy Options: Case Study of Kartamantul Region, Yogyakarta. *Renewable Energy*, 41, 277-284.

Han, H., Shude Li, J.L. and Quian, G. (2010). Comparison of Green-house Gas Emission Reductions and Landfill Gas Utilization between a Landfill System and an Incineration System. *Waste Management & Research*, 28(4), 315-321.

Hansen, T.L., Jansen, J.I.C., Davidsson, A. and Christensen, T.H. (2007). Effects of Pretreatment Technologies on Quantity and Quality of Source-sorted Municipal Organic Waste for Biogas Recovery. *Waste Management*, 27(3), 398-405.

Hischier, R., Wäger, P. and Gaughhofer, J. (2005). Does WEEE Recycling Make Sense from an Environmental Perspective? The Environmental Impacts of the Swiss Take-back and Recycling Systems for Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). *Environmental Impact Assessment Review*, 25(5), 525-539

Hong, J., Li, X. and Zhaojie, C. (2010). Life Cycle Assessment of Four Municipal Solid Waste Management Scenarios in China. *Waste Management*, 30(11), 2362-2369.

Hou, Q., Mao, G., Zhao, L., Du, H. and Zuo, J. (2015). Mapping the Scientific Research on Life Cycle Assessment: a Bibliometric Analysis. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 20(4), 541-555.

Iriarte, A., Gabarrell, X. and Rieradevall, J. (2009). LCA of Selective Waste Collection Systems in Dense Urban Areas. *Waste Management* 29(2), 903-914.

Jaiswal, A. and Bharat, A. (2016). Exploring Criteria to Locate Solid Waste Transfer Station in an Urban Area. *Journal of Solid Waste Technology and Management*, 42(1), 58-65.

Jensen, A.A., Hoffman, L., Møller, B.T., Schmidt, A., Christiansen, K., Elkington, J. and van Dijk, F. (1997). Life Cycle Assessment: A Guide to Approaches, Experiences and Information Sources. Environmental Issues Series, Number 6, European Environmental Agency, Διαθέσιμο στο <https://www.eea.europa.eu/publications/GH-07-97-595-EN-C> [Πρόσβαση: 15.01.2018].

Lazarevic, D., Aoustin, E., Buclet, N. and Brandt, N. (2010). Plastic Waste Management in the Context of a European Recycling Society: Comparing Results and Uncertainties in a Life Cycle Perspective. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(2), 246-259.

Liamsanguan, C. and Gheewala, S.H. (2008). LCA: a Decision Support Tool for Environmental Assessment of MSW Management Systems. *Journal of Environmental Management*, 87(1), 132-138.

Lundie, S. and Peters, G.M. (2005). Life Cycle Assessment of Food Waste Management Options. *Journal of Cleaner Production*, 13(3), 275-286.

Manfredi, S. and Christensen, T.H. (2009). Environmental Assessment of Solid Waste Landfilling Technologies by Means of LCA-modeling. *Waste Management*, 29(1), 32-43.

McDougall, F.R., White, P., Franke M. and Hindle, P. (2001). *Integrated Waste Management: A Life Cycle Inventory*. Oxford UK: Blackwell Science.

Mendes, M.R., Aramaki, T. and Hanaki, K. (2004). Comparison of the Environmental Impact of Incineration and Landfilling in São Paulo City as Determined by LCA. *Resources, Conservation and Recycling*, 41(1), 47-63.

- Menikpura, S.N.M., Gheewala, S.H. and Bonnet, S. (2012). Framework for Life Cycle Sustainability Assessment of Municipal Solid Waste Management Systems with an Application to a Case Study in Thailand. *Waste Management & Research*, 30(7), 708-719.
- Merrild, H., Larsen, A.W. & Christensen, T.H. (2012). Assessing Recycling versus Incineration of Key Materials in Municipal Waste: the Importance of Efficient Energy Recovery and Transport Distances. *Waste Management*, 32(5), 1009-1018.
- Michailidou, A.V., Vlachokostas, Ch., Moussiopoulos, N. and Maleka, D. (2016). Life Cycle Thinking Used for Assessing the Environmental Impacts of Tourism Activity for a Greek Tourism Destination. *Journal of Cleaner Production*, 111(B), 499-510.
- Michaud, J., Farrant, L., Jan, O., Kjær, B. and Bakas, I. (2010). *Environmental benefits of recycling*. Waste and Resources Action Programme (WRAP), UK.
- Miliūte, J. and Staniškis, J.K. (2009). Application of Life-cycle Assessment in Optimisation of Municipal Waste Management Systems: the Case of Lithuania. *Waste Management & Research*, 28(4), 298-308.
- Moberg, A., Finnveden, G., Johansson, J. and Lind, P. (2005). Life Cycle Assessment of Energy from Solid Waste – Part 2: Landfilling Compared to Other Treatment Methods. *Journal of Cleaner Production*, 13, 231-240.
- Montejo, C., Tonini, D., Márquez, M.C. and Astrup, T.F. (2013). Mechanical-Biological Treatment: Performance and Potentials. An LCA of 8 MBT Plants Including Waste Characterization. *Journal of Environmental Management*, 128, 661-673.
- Morris, J., Scott Matthews, H. and Morawski, C. (2013). Review and Meta-analysis of 82 Studies on End-of-life Management Methods for Source Separated Organics. *Waste Management*, 33(3), 545-551.
- Morselli, L., Bartoli, M., Bertacchini, M., Brighetti, A., Luzi, J., Passarini, F. and Masoni, P. (2005). Tools for Evaluation of Impact Associated with MSW Incineration: LCA and Integrated Environmental Monitoring System. *Waste Management*, 25(2), 191-196.

Obersteiner, G., Binner, E., Mostbauer, P. and Salhofer, S. (2007). Landfill Modelling in LCA –A Contribution Based on Empirical Data. *Waste Management*, 27(8), S58-S74.

Ortiz, O., Castells, F. and Sonnemann, G. (2009). Sustainability in the Construction Industry: A Review of Recent Developments Based on LCA. *Construction and Building Materials*, 23(1), 28-39.

Powell, J.C., Pearce, D.W. and Craighill, A.L. (1997). Approaches to Valuation in LCA Impact Assessment. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 2(1), 11-15.

R.W. Beck Inc. (2010). How to Plan, Design and Financing Small Transfer Stations and Citizens' Collection Stations. Διαθέσιμο στη http://www.nctcog.org/envir/SEELT/disposal/Planning_Designing_and_Financing_CCS_s_TSs.pdf [Πρόσβαση: 19.01.2018].

Rafiee R, Khorasani, N., Mahiny, A.S, Darvishsefat, A.A., Danekar, A. and Hasan, S.E. (2011). Siting Transfer Station for Municipal Solid Waste Using a Spatial Multi-criteria Analysis. *Environmental and Engineering Geoscience*, 17(2), 143-154.

Ramachandra, T.V.R. and Bachamanda, S. (2007). Environmental Audit of Municipal Solid Waste Management. *International Journal of Environmental Technology and Management*, 7(3/4), 369-391.

Rebitzer, G., Ekvall, T., Frischknecht, R., Hunkeler, D., Norris, G., Rydberg, T., Schmidt, W.-P., Suh, S., Weidema, B.P. and Pennington, D.W. (2004). Life Cycle Assessment: Part 1: Framework, Goal and Scope Definition, Inventory Analysis, and Applications. *Environment International*, 30(5), 701-720.

Reich, M.C. (2005). Economic Assessment of Municipal Waste Management Systems–Case Studies Using a Combination of Life Cycle Assessment (LCA) and Life Cycle Costing (LCC). *Journal of Cleaner Production*, 13(3), 253-263.

Scipioni, A., Mazzi, A., Niero, M. and Boatto, T. (2009). LCA to Choose among Alternative Design Solutions: the Case Study of a New Italian Incineration Line. *Waste Management*, 29 (9), 2462-2474.

Simsek, C., Elci, A., Gunduz, O. and Taskin, N. (2014). An Improved Landfill Site Screening Procedure under NIMBY Syndrome Constraints. *Landscape and Urban Planning*, 132, 1-15.

Song, Q., Wang, Z. and Li, J. (2013). Environmental Performance of Municipal Solid Waste Strategies Based on LCA Method: a Case Study of Macau. *Journal of Cleaner Production*, 57, 92-100.

Thollier, K. and Jansen, B. (2008). Reducing Life Cycle Impacts of Housing and Computers in Relation with Paper. *Journal of Cleaner Production*, 16(7), 790-800.

Tillman, A.-M., Ekvall, T., Baumann, H. and Rydberg, T. (1994). Choice of System Boundaries in Life Cycle Assessment. *Journal of Cleaner Production*, 2(1), 21-29.

US EPA - United States Environmental Protection Agency (2002). *Waste Transfer Stations: A Manual for Decision-Making*. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-03/documents/r02002.pdf> [Πρόσβαση: 16.01.2018].

Vergara, S.E., Damgaard, A. and Horvath, A. (2011). Boundaries Matter: Greenhouse Gas Emission Reductions from Alternative Waste Treatment Strategies for California's Municipal Solid Waste. *Resources, Conservation and Recycling*, 57, 87-97.

Villanueva, A. and Wenzel, H. (2007). Paper Waste – Recycling, Incineration or Landfilling? A Review of Existing Life Cycle Assessments. *Waste Management*, 27(8), S29-S46.

Yadav, V., Karmakar, S., Dikshit, A.K. and Bhurjee, A.K. (2018). Interval-valued Facility Location: an Appraisal of Municipal Solid Waste Management System. *Journal of Cleaner Production*, 171, 250-263.

Yadav, V., Karmakar, S., Dikshit, A.K. and Vanjari, S. (2016). A Feasibility Study for the Locations of Waste Transfer Stations in Urban Centers: a Case Study on the City of Nashik, India. *Journal of Cleaner Production*, 126, 191-205.

Zhao, G.C (2011). A Novel Optimization Model for Location of Waste Transfer Stations. *Advanced Materials Research*, 214, 578-582.

Ελληνόγλωσση

Βλαχοκώστας, Χ. (2009). *Διερεύνηση σκοπιμότητας στρατηγικών αντιρρύπανσης σε δομημένο αστικό περιβάλλον*. Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

ENVIC Ε.Π.Ε. (2012) *Μελέτη Εξειδίκευσης του Δικτύου Σταθμών Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων Περιφέρειας Ηπείρου*. Διαθέσιμη στο reproe.gr/esp2007/images/stories/meletes/sma/first_edition/meleti_sma_epirus.pdf [Πρόσβαση: 10.01.2018].

Environmental Technology Ltd (2014). *Μελέτη Εκτίμησης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων για την Ανέγερση Σταθμού Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων στα Διοικητικά Όρια του Δήμου Σωτήρας*. Διαθέσιμη στην ιστοσελίδα: [www.moa.gov.cy/moa/environment/environmentnew.nsf/All/6ef579a0d8235e80c2257f290067628f/\\$file/mp20150390101.pdf](http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environmentnew.nsf/All/6ef579a0d8235e80c2257f290067628f/$file/mp20150390101.pdf) [Πρόσβαση: 16.01.2018].

Μιχαηλίδου, Α. (2017). *Ανάπτυξη Μεθοδολογίας Αποτίμησης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων από Παρεμβάσεις με Στόχο την Τουριστική Ανάπτυξη*. Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Μουσιόπουλος, Ν., Ντζιαχρήστος, Λ. & Σλίνη, Θ. (2015). *Τεχνική προστασία περιβάλλοντος* [ηλεκτρ. βιβλ.]. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών

Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/1022> [Πρόσβαση: 05.01.2018]

ΦΟΔΣΑ (2018). Επίσημη ιστοσελίδα Φορέα Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων Κεντρικής Μακεδονίας <https://fodsakm.gr/> [Πρόσβαση: 15.01.2018].

ΥΠΕΚΑ (2018). Επίσημη ιστοσελίδα Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας της Ελλάδας <http://www.ypeka.gr> [Πρόσβαση: 16.01.2018].

Τσομπάνογλου Γ. και Kreith F. (2009). *Εγχειρίδιο Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα.

ΟΡΘ (Οργανισμός Ρυθμιστικού Σχεδίου και Προστασίας Περιβάλλοντος Θεσσαλονίκης) (2008). *Σύστημα Δεικτών Περιβάλλοντος και Αειφορίας για τη Θεσσαλονίκη*. Τελική έκθεση ερευνητικού προγράμματος.

ΥΑ οικ. 114218/1997. ΦΕΚ 1016/Β/1997 - Κατάρτιση πλαισίου προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων