



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Επίδραση της διαδικασίας βελτίωσης της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς άχρηστου ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού στα βασικά χαρακτηριστικά της αρχικής σχεδίασής του

Διατριβή που υπεβλήθη για τη μερική ικανοποίηση των απαιτήσεων για την απόκτηση Διδακτορικού Διπλώματος

Υπό την

Αναστασία Κατσαμάκη

Χανιά 2011



TECHNICAL UNIVERSITY OF CRETE
DEPARTMENT OF PRODUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT
DIVISION OF PRODUCTION ENGINEERING

**INFLUENCE OF IMPROVEMENT OF ENVIRONMENTAL BEHAVIOR
OF WASTES OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC EQUIPMENT IN
REDESIGN PROCESS**

Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of
Doctor of Philosophy

By

Anastasia Katsamaki

Chania, 2011

Αναστασία Ν. Κατσαμάκη (tesikt@otenet.gr)

© Copyright Πολυτεχνείο Κρήτης. All rights reserved.

Έτος: 2011



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

**Επίδραση της διαδικασίας βελτίωσης της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς
άχρηστου ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού στα βασικά χαρακτηριστικά
της αρχικής σχεδίασής του**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΤΗΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΣ Ν. ΚΑΤΣΑΜΑΚΗ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΥΧΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ Π.Κ.

Επιβλέπων Καθηγητής

Νικόλαος Μπιλάλης

Συμβουλευτική Επιτροπή

Νικόλαος Μπιλάλης

Βασίλειος Μουστάκης

Γεώργιος Ταγαράς

Η διδακτορική διατριβή εγκρίθηκε από την Επταμελή Εξεταστική Επιτροπή την

Ν. Μπιλάλης

Καθηγητής ΠΚ

Β. Μουστάκης

Καθηγητής ΠΚ

Γ. Ταγαράς

Καθηγητής ΑΠΘ

Β. Δεδούσης

Καθηγητής

Παν. Πειραιά

Γ. Σταυρουλάκης

Καθηγητής ΠΚ

Α. Αντωνιάδης

Αν. Καθηγητής ΠΚ

Θ. Κοντογιάννης

Αν. Καθηγητής ΠΚ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Καταλυτικός παράγοντας που οδήγησε στην επανεκτίμηση της φάσης σχεδίασης σε σχέση με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των προϊόντων ήταν η Βιομηχανική Επανάσταση. Η μεγάλη ανάπτυξη, σε συνδυασμό με τις προφανείς αρνητικές επιδράσεις στο περιβάλλον, ήταν αυτή που ευαισθητοποίησε αρχικά στο Ηνωμένο Βασίλειο και στη συνέχεια και σε άλλες χώρες μεμονωμένα άτομα αλλά και οργανισμούς να διαμαρτυρηθούν, ενώ οδήγησε σε άνθηση των περιβαλλοντικών επιστημών και των θεωριών αποκατάστασης του περιβάλλοντος.

Πιο πρόσφατα το 1970 η πετρελαϊκή κρίση οδήγησε σε παγκόσμιο προβληματισμό για το μέλλον του περιβάλλοντος και έθεσε τις βάσεις για τη θέσπιση οδηγιών και νομοθεσίας με κριτήριο την προστασία του περιβάλλοντος καθώς και την ανάπτυξη νέων πεδίων μελέτης όπως τη σχεδίαση με κριτήριο το περιβαλλοντικό κόστος και την εξοικονόμηση ενέργειας. Παράλληλα προέκυψαν και άλλα ζητήματα όπως το ποιος έχει την ευθύνη από τις αρνητικές επιπτώσεις χρήσης ενός προϊόντος στο καθένα από τα στάδια της ζωής του. Η ανακάλυψη της τρύπας του όζοντος το 1985 πάνω από την Ανταρκτική οδήγησε στην απαγόρευση χρήσης επικίνδυνων προς το περιβάλλον ουσιών, ενώ η έκρηξη στο Τσέρνομπιλ το 1986 ενίσχυσε την ήδη υπάρχουσα περιβαλλοντική αφύπνιση στις Ευρωπαϊκές χώρες.

Στη δεκαετία του '90 το κλείσιμο των χωματερών και η άρνηση των πολιτών σε πολλές περιπτώσεις στο άνοιγμα νέων χώρων υγειονομικής ταφής (σύνδρομο NINBY - not in my back yard) αύξησε τα ήδη υπάρχοντα προβλήματα διαχείρισης των στερεών αποβλήτων καθώς και την κοινωνική απαίτηση να αναλάβουν οι παραγωγοί των προϊόντων τις ευθύνες τους όσον αφορά τη διαχείριση των προϊόντων που έχουν δημιουργήσει μετά τη απόσυρσή τους από την αγορά. Το 1992 στο Συμβούλιο των Εθνών στο Ρίο ντε Τζανέιρο τα περιβαλλοντικά προβλήματα καθώς και οι ευθύνες των βιομηχανιών συζητήθηκαν έντονα. Στα επόμενα χρόνια και όσον αφορά το κομμάτι της σχεδίασης πολλές βιομηχανίες και φορείς εισήγαγαν σταδιακά στη φάση της σχεδίασης των προϊόντων τους και την περιβαλλοντική διάσταση.

Σύντομο Βιογραφικό Σημείωμα

Η Α. Κατσαμάκη είναι απόφοιτος του Τμήματος Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης. Επιπλέον είναι κάτοχος Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στον Τομέα «Συστήματα Διοίκησης» του τμήματος ΜΠΔ από το Πολυτεχνείο Κρήτης.

Έχει συμμετάσχει στη συγγραφή άρθρων σε επιστημονικά περιοδικά και πρακτικά διεθνών συνεδρίων. Επιπλέον έχει εκπονήσει πλήθος μελετών και έχει συμμετάσχει στην υποβολή και υλοποίηση σε περισσότερα από 50 ερευνητικά και εκπαιδευτικά προγράμματα. Στα ερευνητικά της ενδιαφέροντα περιλαμβάνονται θέματα σχετικά διαχείριση περιβάλλοντος, εξοικονόμηση ενέργειας, αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών, βελτιστοποίηση γραμμών παραγωγής και εκπαιδευτικών δομών.

Ευχαριστίες

Καταρχήν ευχαριστώ θερμά τον Καθηγητή του Πολυτεχνείου Κρήτης κ. Νικόλαο Μπιλάλη για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα και την πολύτιμη καθοδήγηση που μου παρείχε.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της τριμελούς επιτροπής Καθηγητή κ. Γεώργιο Ταγαρά και Καθηγητή κ. Βασίλειο Μουστάκη για τις κριτικές παρατηρήσεις τους.

Για την εύρεση των δεδομένων που χρησιμοποίησα στην εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας και τις πολύτιμες συμβουλές του θα ήθελα να ευχαριστήσω το συνάδελφό μου Μηχανικό Παραγωγής και Διοίκησης Δρ. Ιωάννη Κατσίγιαννη.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Αναπληρωτή Καθηγητή του Πολυτεχνείου Κρήτης κ. Αριστομένη Αντωνιάδη για τις συμβουλές και την υποστήριξή του σε όλο το διάστημα εκπόνησης της παρούσας διατριβής.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου που μου συμπαραστάθηκαν ο καθένας με το δικό του τρόπο σε όλη τη διάρκεια αυτής της προσπάθειας.

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΑΤΑ

1. **Katsamaki A., Bilalis N.** Lean Framework for Planning Redesign Proposals to Optimize EOL Environmental Behavior in WEEE Products, *accepted to be published in International Journal of Sustainable Engineering*
2. **Katsamaki A., Bilalis N.** Redesign Proposals for Electrical and Electronic Products Based on Lean Thinking Principles, *submitted to be published in International Journal of Product Lifecycle Management*
3. **Katsamaki A., Bilalis N., Antoniadis A., Maravelakis E.** Implementation of Reverse Logistics in the Determination and Formulation of Product End-Of-Life Strategies, 4th International Conference: "New Horizons in Industry, Business and Education (NHIBE 2005)", Corfu, August 2005, *Best Paper Award*
4. **Katsamaki A., Bilalis N.** Design Influences in End of Life Treatment of Wastes of Electrical and Electronic Equipment: State of Art and Perspectives, 6th International Conference of Product Lifecycle Management, University of Bath, UK, July 2009
5. **Katsamaki A., Bilalis N.** Product Redesign with Emphasis in the Improvement of Environmental Behavior, 7th International Conference on Product Lifecycle Management, University of Bremen, Germany, 12-14 July 2010
6. **Katsamaki A., Antoniadis A., Bilalis N.** Exploitation of EOL Treatment Strategies Using Lean Thinking Methodology. Application on Electrical and Electronic Products, APMS 2010 International Conference, Como Italy, October 2010
7. **Katsamaki A., Bilalis N.** Redesign Propositions for Electrical and Electronic Equipment for the Optimization of their End-of-Life Treatment Concerning the Environment, 5th International Conference on Advances in Mechanical Engineering and Mechanics, Hammamet Tunisia, December 2010
8. **Katsamaki A., Bilalis N., Dedoussis V.** Lean Thinking Process in the Determination of Design Suggestions to Optimize Treatment of WEEE, ICME 2011: International Conference on Manufacturing Engineering, 28-30/11/2011, Venice Italy

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	8
ΣΥΝΤΟΜΟ ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ	
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	9
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΑΤΑ	10
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	13
ABSTRACT	15
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	16
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	17
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	20
1.1 Περιοχή Έρευνας	21
1.2 Αντικείμενο της Εργασίας	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΤΡΕΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	28
2.1 Στρατηγικές Διαχείρισης ΑΗΗΕ	28
2.1.1 Πιθανές Διαδρομές για ένα Προϊόν ΗΗΕ μετά την Ολοκλήρωση της Χρήσιμης Ζωής του	28
2.1.2 Πιθανές Στρατηγικές Διαχείρισης Προϊόντων ΑΗΗΕ και Ιεράρχησή τους	29
2.1.3 Διαδικασία Επιλογής και Αξιολόγησης ΣΤΔ για ΑΗΗΕ	33
2.2 Αποσυναρμολόγηση σε Προϊόντα ΑΗΗΕ	36
2.2.1 Σχεδίαση Προϊόντος και Αποσυναρμολόγηση	40
2.2.2 Αποσυναρμολόγηση Προϊόντων ΑΗΗΕ με Βάση την Ακολουθούμενη Διαδικασία Τελικής Διαχείρισής τους	43
2.3 Παρακολούθηση Περιβαλλοντικής Συμπεριφοράς ΑΗΗΕ	47
2.3.1 Περιβαλλοντικοί Δείκτες και Εργαλεία Εκτίμησης της Περιβαλλοντικής Επίδρασης	47
2.3.2 Περιβαλλοντικά Συστήματα Διαχείρισης	51
2.3.3 Δείκτες Μέτρησης Περιβαλλοντικής Συμπεριφοράς ΑΗΗΕ	52
2.4 Επανασχεδίαση Προϊόντων ΗΗΕ	54
2.4.1 Επανασχεδίαση Προϊόντων ΗΗΕ ως Μέρος του Συνολικού Κύκλου Ζωής τους	54
2.4.2 Επίδραση της Περιβαλλοντικής Σχεδίασης στη Διαδικασία Βελτίωσης ενός Προϊόντος	58
2.4.3 Περιβαλλοντική Διάσταση της Επανασχεδίασης	60
2.4.4 Μέθοδοι Μείωσης της Αρνητικής Περιβαλλοντικής Επίδρασης του ΗΗΕ	61
2.4.5 Επίδραση της Επανασχεδίασης στη Διαχείριση ενός Προϊόντος ΑΗΗΕ σε Σχέση με το Περιβάλλον	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	71
3.1 Διατύπωση Συνολικού Προβλήματος	71
3.2 Λιπή Σκέψη	72
3.2.1 Εξέλιξη και Βιβλιογραφική Ανασκόπηση της Θεωρίας της Λιτής Σκέψης	72
3.2.2 Βασικές Αρχές της Λιτής Σκέψης	74
3.3 Βήματα Προσαρμογής Συνολικού Προβλήματος στις Αρχές της Λιτής Σκέψης	78

3.3.1	Προσαρμογή Επιμέρους Σταδίων Ανάλυσης στις Αρχές της Λιτής Σκέψης και Ορισμός των Χρησιμοποιούμενων Ενοιών	79
3.4	Προτεινόμενη Μεθοδολογία	85
3.4.1	Για το Στάδιο Ανάλυσης EOLT_A	85
3.4.1.1	Έναρξη Υλοποίησης Σταδίου Ανάλυσης EOLT_A	86
3.4.1.2	Υλοποίηση Απαιτούμενων Εργασιών στο Στάδιο Ανάλυσης EOLT_A	88
3.4.2	Για το Στάδιο Ανάλυσης EOLT_B	99
3.4.2.1	Έναρξη Υλοποίησης Σταδίου Ανάλυσης EOLT_B	102
3.4.2.2	Υλοποίηση Απαιτούμενων Εργασιών στο Στάδιο Ανάλυσης EOLT_B	109
3.4.3	Για το Στάδιο Ανάλυσης EOLT_C	111
3.4.3.1	Έναρξη Υλοποίησης Σταδίου Ανάλυσης EOLT_C	112
3.4.3.2	Υλοποίηση Απαιτούμενων Εργασιών στο Στάδιο Ανάλυσης EOLT_C	114
3.4.4	Για το Στάδιο Ανάλυσης REDP_A	117
3.4.5	Για το Στάδιο Ανάλυσης REDP_B	120
3.4.5.1	Πιθανές Χρησιμοποιούμενες Μέθοδοι και Εργαλεία	123
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΗΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ		125
4.1	Εφαρμογή: Μετασχηματιστής (Μ/Σ)	125
4.2	Βασικοί Σταθμοί Εξέλιξης των Μ/Σ ως τη Σημερινή Εποχή	127
4.3	Παρουσίαση του Μ/Σ που Χρησιμοποιήθηκε	132
4.4	Προσαρμογή των Αρχών της Λιτής Σκέψης σε Μ/Σ Διανομής Λαδιού για τα Πέντε Στάδια της Προτεινόμενης Ανάλυσης	134
4.4.1	Στάδιο Ανάλυσης EOLT_A	134
4.4.2	Στάδιο Ανάλυσης EOLT_B	139
4.4.3	Στάδιο Ανάλυσης EOLT_C	144
4.4.4	Στάδιο Ανάλυσης REDP_A	148
4.4.5	Στάδιο Ανάλυσης REDP_B	150
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΙΘΑΝΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ		157
5.1	Σύνοψη της Εκτελούμενης Εργασίας και των Αποτελεσμάτων της	157
5.2	Συμβολή και Πρωτοτυπία της Εργασίας	161
5.3	Μελλοντικές Κατευθύνσεις Έρευνας	162
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		163
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι. Για το Νομικό Καθεστώς σε Ε.Ε. και Ελλάδα		182
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ. Ανασκόπηση Κανόνων και Εργαλείων Επανασχεδίασης Προϊόντος για το Περιβάλλον		189

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διδακτορική διατριβή ασχολείται με την αξιοποίηση δεδομένων στη φάση της σχεδίασης και ανάπτυξης ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών προϊόντων που προέρχονται από την εφαρμογή της διαχείρισής τους μετά το τέλος της χρήσιμης ζωής τους. Επιπλέον συμβάλει στη διαδικασία επιλογής της βέλτιστης Στρατηγικής Τελικής Διαχείρισης (ΣΤΔ) και στην εξαγωγή δεδομένων από την εφαρμογή της που αφορούν τις περιβαλλοντικές επιδράσεις, την ελαχιστοποίηση του απαιτούμενου χρόνου και την αξιοποίηση επιμέρους τμημάτων και υλικών που παράγονται.

Το βασικό ζητούμενο στα παραπάνω είναι να αναζητηθούν και να ληφθούν υπόψη στη φάση επανασχεδίασης ενός υπάρχοντος προϊόντος Ηλεκτρικού Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΗΗΕ) δεδομένα που θα βελτιώνουν την περιβαλλοντική συμπεριφορά μετά το τέλος της χρήσιμης ζωής του λαμβάνοντας υπόψη το σενάριο ΣΤΔ που επιλέγεται να εφαρμοστεί μετά την απόσυρσή του. Το οικονομικό κόστος δεν αποτελεί κριτήριο σε κανένα στάδιο της ανάλυσης που πραγματοποιείται.

Τα προϊόντα τα οποία εξετάζονται, όπως προαναφέρθηκε, προέρχονται από την κατηγορία προϊόντων ΗΗΕ όπως αυτά ορίζονται στην οδηγία 2002/96/ΕΕ που αφορά τη διαδικασία διαχείρισης Άχρηστου Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) αφού αυτός ολοκληρώσει τη χρήσιμη ζωή του.

Συνοψίζοντας η συγκεκριμένη εργασία επιχειρεί να δώσει λύσεις μέσα από μια ποιοτική και ποσοτική προσέγγιση στα εξής θέματα:

1. Επιλογή της βέλτιστης ΣΤΔ για προϊόντα ΑΗΗΕ με βάση την αξιοποίηση των δεδομένων που υπάρχουν διαθέσιμα τη στιγμή της απόσυρσης.
2. Συλλογή δεδομένων και εξαγωγή συμπερασμάτων από την εφαρμογή της επιλεγμένης ΣΤΔ.
3. Σύνδεση των αποτελεσμάτων από την εφαρμογή της επιλεγμένης ΣΤΔ με τη φάση της σχεδίασης του προϊόντος. Διαμόρφωση προτάσεων προς τη φάση της σχεδίασης.

Επιμέρους προβλήματα που εξετάζονται στα πλαίσια μελέτης των παραπάνω θεμάτων είναι και τα εξής:

- Εύρεση της διαδικασίας και του βαθμού της απαιτούμενης αποσυναρμολόγησης.
- Εκτίμηση της αποτελεσματικότητας της εφαρμοζόμενης ΣΤΔ.

Η σύνδεση της φάσης σχεδίασης ενός προϊόντος με τη φάση διαχείρισης μετά την απόσυρσή του είναι ένα πρόβλημα που δεν έχει μελετηθεί, ως σήμερα, εκτενώς στη βιβλιογραφία γιατί στη φάση της σχεδίασης βασικοί στόχοι, ανάλογα με το προϊόν, είναι συνήθως η διαμόρφωση προϊόντων με ελάχιστο κόστος, μέγιστο περιθώριο κέρδους, κάλυψη μέγιστου μεριδίου αγοράς, αντικατάσταση χωρίς ζημιά υπάρχοντος προϊόντος που έχει ολοκληρώσει τον τεχνολογικό κύκλο ζωής του και όχι ο περιβαλλοντικός σχεδιασμός με απώτερο στόχο τη βελτίωση της συμπεριφορά του προϊόντος αφού αυτό ολοκληρώσει τη χρήση του. Παρόλα αυτά η φάση της σχεδίασης είναι η πλέον κατάλληλη να παρέμβει κάποιος, προκειμένου να διαμορφώσει ένα προϊόν με τη βέλτιστη δυνατή συμπεριφορά αφού αυτό ολοκληρώσει τη χρήσιμη ζωή του, αφού υπάρχει ευελιξία σε πιθανές αλλαγές που θα βοηθήσουν σε αυτήν την κατεύθυνση. Για αυτόν το λόγο άλλωστε και πολλές είναι οι κυβερνήσεις που διαμορφώνουν συγκεκριμένο πλαίσιο νομοθεσίας ή άλλων οδηγιών με βάση το οποίο υπάρχει η ευθύνη του παραγωγού προκειμένου να ασκείται πίεση στις εταιρείες κατασκευής να κατασκευάζουν προϊόντα ΗΗΕ που ελαχιστοποιούν τον περιβαλλοντικό φόρτο καθ' όλη την ύπαρξή τους.

Η επίλυση των θεμάτων που πραγματεύεται η συγκεκριμένη εργασία εμπειρείχε πολλές δυσκολίες. Ο λόγος είναι ότι μελετάει ένα πρόβλημα υπαρκτό, με πολιτικές πολλές φορές προεκτάσεις, με πολλούς αποφασίζοντες που εμπλέκονται, με διάφορες ποιοτικές και ποσοτικές παραμέτρους, που αντιμετωπίζεται σε παγκόσμιο επίπεδο με βάση διαφορετικές νομοθεσίες, ενώ χρόνο με το χρόνο γίνεται όλο και πιο δύσκολο στην επίλυσή του. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι, σύμφωνα με εκτιμήσεις του 2007 παράγονται ανά έτος 20 ως 50 εκατ. τόνοι ΑΗΗΕ σε παγκόσμια κλίμακα, ενώ εκτιμάται ότι οι παραγόμενες ποσότητες αυξάνουν ανά έτος κατά 3-5% φορές πιο γρήγορα από τις υπόλοιπες κατηγορίες απορριμμάτων. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με εκτιμήσεις, που προέρχονται από την Ευρωπαϊκή Ένωση το 2009, σύμφωνα με τις οποίες περίπου το 1/3 του ΑΗΗΕ υπόκειται σε σωστή επεξεργασία και τα υπόλοιπα 2/3 καταλήγουν σε χωματερές ή μεθόδους διαχείρισης που δεν πληρούν τις απαιτούμενες προδιαγραφές, φανερώνουν τη σοβαρότητα και τις ολοένα μεγαλύτερες αρνητικές επιπτώσεις που χρειάζεται να αντιμετωπιστούν. Το μεγαλύτερο όμως πρόβλημα που χρειάστηκε να αντιμετωπιστεί ήταν ότι αν και πρόκειται για μια εργασία που προσπαθεί να μελετήσει το πρόβλημα μέσα από μια αναλυτική προσέγγιση και το συνδυασμό διαφόρων επιστημών εντούτοις το ζητούμενο δεν είναι τόσο να δοθούν συγκεκριμένες λύσεις μέσω ποσοτικών μεθόδων αλλά να επιχειρηθεί να δοθεί ένα γενικευμένο πλαίσιο ανάλυσης. Τα χαρακτηριστικά που χρειάζεται να περιλαμβάνει το συγκεκριμένο πλαίσιο είναι να μπορεί να προσαρμοστεί και να δώσει αποτελέσματα, ρεαλιστικά στην υλοποίησή τους, σε συγκεκριμένες κατηγορίες προϊόντων, λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη τις ανάγκες και ιδιαιτερότητες του ευρύτερου συνόλου καθώς και το γεγονός ότι χρειάζεται σε κάθε περίπτωση να φιλτραρισθεί ένας τεράστιος όγκος διαθέσιμης πληροφορίας, ώστε να επιλεγούν τα απαιτούμενα δεδομένα και στη συνέχεια η αποδοτική ανάλυσή τους να οδηγήσει στη διατύπωση άμεσων και ωφέλιμων προς τη φάση της σχεδίασης, προτάσεων. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για το σκοπό αυτό σε όλα τα στάδια ανάλυσης διαμορφώθηκε με βάση τις αρχές της λιτής σκέψης που βασίζεται στην απλοποίηση των διαδικασιών που μελετάει και την απόρριψη όλων των περιττών στοιχείων που δεν προσθέτουν αξία στον επιδιωκόμενο στόχο.

ABSTRACT

The research seeks to exploit data from the design and the End of Life (EOL) stage that aid in formulating optimal EOL Treatment Strategies (EOL_TS) for a wide range of electrical and electronic products. The results of these EOL strategies applications and the initial data from the design stage are analyzed afterwards to identify improvements in the product design stage that would improve the environmental behavior after the end of the product useful life. The cost of this process is not taken under consideration. The products examined are electric and electronic products as defined in the 2002/96/EU Directive.

First the methodology determines which possible EOL_TS can be applied based on the qualitative and quantitative available data and the system restrictions. Second the choice of the optimal EOL treatment strategy takes place according to the products' technical characteristics. Afterwards, the data of the selected EOL treatment strategy application are analyzed and conclusions are exported. The results from this procedure are related with the product design phase characteristics which can influence the product behavior concerning the environment and certain proposals for the design stage are written down.

Additionally, two more problems that are examined in the frame of the main problem concern:

- The determination of the required process, steps and degree of product disassembly.
- Evaluation of the EOL treatment strategy effectiveness.

The proposed method that was developed to handle all these issues was based on lean thinking principles. Lean thinking is a method that constitutes of five stages namely, specify value, identify the value stream, make the value flow, let the customer pull the process and pursue perfection.

Lean thinking has been successfully applied in manufacturing and operations' optimization problems. In this thesis lean thinking was chosen as the best appropriate method because the main issue was to handle a complicated situation with many parameters and unpredicted factors and lean thinking is based in the principle of simplifying difficult problems, analyze them thoroughly and exclude from further analysis all data that does not add any value in the solving procedure.

The method proposed consists of five stages that are the following:

- Isolate the necessary data to be searched for the examined problem.
- Choose the best end-of-life treatment strategy that minimizes the negative effects on the environment.
- Apply and evaluate the results of the end-of-life treatment strategy performed.
- Collect from the design stage all possible product characteristics that could affect the product end-of-life behavior and can be improved.
- Combine the product design characteristics from the previous stage with the results of product end-of-life environmental behavior and propose certain actions in the design stage to improve in a greater extent this behavior.

After the method presentation a small application is presented concerning the end-of-life behavior of an oil distribution transformer. The results showed that it is possible to connect design and EOL stage and the environment can have benefits from this connection.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Σελ.

Πίνακας 1. Παρουσίαση και Περιγραφή Πιθανών ΣΤΔ κατά τη Διαχείριση Άχρηστου Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ)	30
Πίνακας 2. Προσαρμογή του Υπό Μελέτη Προβλήματος στις Αρχές της Λιτής Σκέψης	84
Πίνακας 3. Προκαταρκτικές Ερωτήσεις στο Στάδιο EOLT_A	89
Πίνακας 4. Κατάσταση Δεδομένων για την Καταγραφή των Διαθέσιμων Μέσων	92
Πίνακας 5. Κατάσταση Δεδομένων για την Καταγραφή Κερδών από το Αποσυρόμενο Προϊόν	92
Πίνακας 6. Τεχνολογικά Χαρακτηριστικά του Αποσυρόμενου Προϊόντος	93
Πίνακας 7. Διαδικασία Αποσυναρμολόγησης του Αποσυρόμενου Προϊόντος	95
Πίνακας 8. Ορισμός και Κατάταξη Περιβαλλοντικών Στόχων	116
Πίνακας 9. Απαιτούμενα Δεδομένα από το Στάδιο EOLT_A και Πηγές Αναζήτησης	138
Πίνακας 10. Επιμέρους Χαρακτηριστικά Σχεδίασης που Επιλέγονται ως Πιθανά για Βελτίωση	149
Πίνακας 11. Περιβαλλοντικά Χαρακτηριστικά που Προέκυψαν από το Στάδιο EOLT_C	151
Πίνακας 12. Προτεινόμενα Χαρακτηριστικά Σχεδίασης και Πιθανά Περιβαλλοντικά Χαρακτηριστικά που Επηρεάζουν	151
Πίνακας 13. Συγκεντρωτικός Πίνακας Συνδυασμών Περιβαλλοντικών Χαρακτηριστικών και Προτάσεων Βελτίωσης προς τη Φάση Σχεδίασης	152
Πίνακας 14. Απαιτούμενα Ελάχιστα Ποσοστά Ανακύκλωσης και Αξιοποίησης για την κάθε Κατηγορία Άχρηστου Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) σύμφωνα με την Οδηγία 2002/96	185
Πίνακας 15. Κανόνες Σχεδίασης για τον Έλεγχο της Δομής του Προϊόντος	191
Πίνακας 16. Κανόνες Σχεδίασης για το Προϊόν	192
Πίνακας 17. Κανόνες για τα Τελικά Στάδια Παραγωγής	193
Πίνακας 18. Χρησιμοποιούμενα Εργαλεία Επανασχεδίασης για το Περιβάλλον	194

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	Σελ.
Σχήμα 1. Πεδία μελέτης και στάδια διεξαγόμενης ανάλυσης σε συνδυασμό με την ευθεία και ανάστροφη πορεία εξέλιξης ενός προϊόντος ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΗΗΕ)	26
Σχήμα 2. Πιθανές ενέργειες μετά την απόσυρση ενός προϊόντος ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΗΗΕ)	30
Σχήμα 3. Εξέλιξη κόστους και οφέλους από τη διαδικασία της αποσυναρμολόγησης σε συνάρτηση με το βάθος αποσυναρμολόγησης	39
Σχήμα 4. Σύγκριση κόστων αποσυναρμολόγησης και απόρριψης σε χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ)	40
Σχήμα 5. Περιγραφή πιθανότερου σεναρίου αποσυναρμολόγησης σε σχέση με την κάθε πιθανή στρατηγική τελικής διαχείρισης (ΣΤΔ)	47
Σχήμα 6. Πορεία εργασιών κατά τη σχεδίαση και επανασχεδίαση ενός προϊόντος	56
Σχήμα 7. Παρατηρούμενες αλληλεξαρτήσεις κατά τη φάση της επανασχεδίασης	57
Σχήμα 8. Γενικευμένη διαδικασία επανασχεδίασης	58
Σχήμα 9. Βαθμός περιβαλλοντικού οφέλους σε σχέση με τα ακολουθούμενα στάδια κατά την ανάπτυξη ενός προϊόντος	59
Σχήμα 10. Διαδικασία ανάπτυξης προϊόντος σε σχέση με τις δυνατότητες σχεδίασης	60
Σχήμα 11. Εφαρμογή μεθόδων επανασχεδίασης προϊόντων	63
Σχήμα 12. Σχηματική περιγραφή του υπό μελέτη προβλήματος	71
Σχήμα 13. Γενικευμένη πορεία εφαρμογής της θεωρίας της λιτής σκέψης	77
Σχήμα 14. Διαδικασία επιλογής των δεδομένων που θα αναζητηθούν στο στάδιο ανάλυσης EOLT_A	98
Σχήμα 15. Χάρτης προτεινόμενης υλοποίησης σταδίου ανάλυσης EOLT_A	99
Σχήμα 16. Πιθανά χρησιμοποιούμενα διαγράμματα κατά τη λήψη αποφάσεων	101
Σχήμα 17. Πιθανές διαδρομές για ένα προϊόν ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΗΗΕ) μετά την απόσυρσή του	102
Σχήμα 18. Κύκλοι Comet	106
Σχήμα 19. Αρχικά βήματα ανάλυσης της μεθοδολογίας που ανέπτυξαν οι Rao et al. (2010)	108
Σχήμα 20. Χάρτης προτεινόμενης υλοποίησης σταδίου ανάλυσης EOLT_B	111
Σχήμα 21. Γραφική απεικόνιση εκτιμώμενης καταγραφής και αξιολόγησης της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς ενός προϊόντος μετά την τελική διαχείρισή του	115
Σχήμα 22. Χάρτης προτεινόμενης υλοποίησης σταδίου ανάλυσης EOLT_C	117
Σχήμα 23. Χάρτης προτεινόμενης υλοποίησης σταδίου ανάλυσης REDP_A	120

Σχήμα 24. Χάρτης προτεινόμενης υλοποίησης σταδίου ανάλυσης REDP_B	122
Σχήμα 25. Αρχή λειτουργίας ενός μετασχηματιστή (Μ/Σ)	126
Σχήμα 26. Εξέλιξη στη μορφή των μετασχηματιστών από το 1886 ως το 1936	128
Σχήμα 27. Μετασχηματιστής (Μ/Σ) διανομής λαδιού	132
Σχήμα 28. Επιμέρους τμήματα τριφασικού μετασχηματιστή (Μ/Σ) λαδιού 630 kVA, 20/0,4 kV	134
Σχήμα 29. Υλοποιούμενες ενέργειες στο στάδιο ανάλυσης EOLT_B	144
Σχήμα 30. Υλοποιούμενες ενέργειες στο στάδιο ανάλυσης EOLT_C	148
Σχήμα 31. Διαδικασία αναζήτησης χαρακτηριστικών σχεδίασης	149
Σχήμα 32. Μήτρα τελικών αποτελεσμάτων από το στάδιο ανάλυσης REDP_B	155
Σχήμα 33. Περιβαλλοντικές οδηγίες και φάσεις του κύκλου ζωής ενός προϊόντος	189
Σχήμα 34. Μέθοδος υπολογισμών για σχεδίαση προϊόντων με βάση τη θεωρία των Graedel et al (1996)	197
Σχήμα 35. Διαδικασία εκτίμησης κατά την εφαρμογή της Environmental Effect Analysis (EEA)	198
Σχήμα 36. Σχέση στρατηγικών οικολογικής σχεδίασης της μεθόδου LiDS με τα στάδια ζωής ενός προϊόντος και με την τελική διαχείριση μετά την απόσυρσή του	200
Σχήμα 37. Smart EcoDesign Electronics Strategy Wheel – μέθοδος LiDS	201

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ.

AHHE	Άχρηστος Ηλεκτρικός Ηλεκτρονικός Εξοπλισμός
HHE	Ηλεκτρικός Ηλεκτρονικός Εξοπλισμός
M/Σ	Μετασχηματιστής
ΣΤΔ	Στρατηγική Τελικής Διαχείρισης
ΧΥΤΑ	Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων
CAD	Computer Aided Design
CNC	Computer Numerical Control
DfA	Design for Assembly
DfD	Design for Disassembly
DfE	Design for the Environment
EEA	Environmental Effect Analysis / European Union Agency
EI	Environmental Influence
EMS	Environmental Management Systems
EOL	End of Life
EOLT	End of Life Treatment
EOL_TS	End of Life Treatment Strategy
EOLT_A	End of Life Treatment Strategy Phase A
EOLT_B	End of Life Treatment Strategy Phase B
EOLT_C	End of Life Treatment Strategy Phase C
InC	Incineration
LCA	Life Cycle Analysis
LiDS	Life Cycle Design Strategy
LT	Lean Thinking
MIPS	Material Intensity per Service
NRC	National Research Council
PBB	Polybrominated Biphenyl
PBDE	Polybrominated Diphenyl Ether
PCB	Polychlorinated Biphenyl
PLM	Product Lifecycle Management
QfD	Quality Function Deployment
R4D	Research for Design
ReC	Recycle
REDP_A	Redesign Phase A
REDP_B	Redesign Phase B
ReM	Remanufacture
ReU	Reuse

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από την εποχή της Βιομηχανικής Επανάστασης οι απαιτήσεις σε αγαθά έχουν αυξηθεί σημαντικά. Η συμπεριφορά των καταναλωτών, οι συνεχείς απαιτήσεις για όλο και καλύτερα προϊόντα και η ταχεία ανάπτυξη και βελτίωση των χρησιμοποιούμενων τεχνολογιών – υλικών έχουν οδηγήσει στην ολοένα και μεγαλύτερη μείωση του κύκλου ζωής σε όλα τα προϊόντα. Επιπλέον και οι καταναλωτές σε όλο και μεγαλύτερο βαθμό πετάνε προϊόντα πριν αυτά φτάσουν στο τέλος της χρήσιμης ζωής τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ότι οι ποσότητες των απορριμμάτων ακολουθούν αυξητική πορεία που έχει ως επακόλουθο την επιβάρυνση του περιβάλλοντος και τη δημιουργία άλλων προβλημάτων. Η βέλτιστη επεξεργασία των αποβλήτων θα επέτρεπε την επαναχρησιμοποίηση ή την ανακύκλωση των συστατικών και των υλικών αυτού του εξοπλισμού. Τα μέταλλα, τα πλαστικά, το γυαλί, οι τυπωμένοι πίνακες κυκλωμάτων, το ξύλο, το λάστιχο και τα υπόλοιπα υλικά θα μπορούσαν να αφαιρεθούν και να αντιμετωπιστούν χωριστά.

Το κύριο πρόβλημα είναι ότι αυτήν την περίοδο τα ΑΗΗΕ δεν αντιμετωπίζονται κατάλληλα στις περισσότερες χώρες. Είτε αποθηκεύονται από τους ανθρώπους που θεωρούν ότι τα υλικά αυτά έχουν ακόμα αξία ή απλά πετιούνται μαζί με τα υπόλοιπα απόβλητα. Μερικές χώρες θεωρούν επίσης μια ικανοποιητική λύση να εξαγάγουν τα ΑΗΗΕ για ανακύκλωση στις υπανάπτυκτες χώρες, ανεξάρτητα από τους όρους επεξεργασίας εκεί. Σε πολλές χώρες, ακόμα και σήμερα, τα ΑΗΗΕ αποτεφρώνονται ή οδηγούνται σε χώρους υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ). Αυτό επιβαρύνει ιδιαίτερα τον αέρα, το έδαφος και τον υδροφόρο ορίζοντα με βαριά μέταλλα, διοξίνες και φουράνια. Το ενδιαφέρον λοιπόν για τη διαχείριση των συγκεκριμένων προϊόντων, στο τέλος της χρήσιμης ζωής τους, μέρα με τη μέρα μεγαλώνει λόγω της όλο και αυξανόμενης περιβαλλοντικής ευαισθησίας καθώς και εξαιτίας της ευρείας αναγνώρισης του οικονομικού οφέλους που μπορεί να προέλθει μέσα από την αποδοτική ανάκτηση εξαρτημάτων ή υλικών μετά τη χρήσιμη ζωή τους. Ψυγεία, τηλεοράσεις, Η/Υ, ιατρικός εξοπλισμός, όργανα μέτρησης, κινητά τηλέφωνα, παιχνίδια, εργαλεία κηπουρικής, κ.α., όταν περιέρχονται σε αχρηστία περιλαμβάνουν μια ευρεία ποικιλία υλικών και αποτελούν μια πιθανή πηγή εσόδων.

Αποτέλεσμα των παραπάνω και δεδομένου ότι υπάρχει αυξημένο ενδιαφέρον από τις εταιρείες κατασκευής, προκειμένου να δώσουν προϊόντα φιλικά προς το περιβάλλον στο μέγιστο βαθμό, είναι η επιτακτική ανάγκη ύπαρξης πληροφορίας που να οδηγεί στη λήψη των καλύτερων αποφάσεων. Σε αυτό το σημείο σημαντικό εμπόδιο στην αποδοτική εκμετάλλευση του προϊόντος μετά το τέλος της ζωής του είναι η πληροφορία που χάνεται μετά τη διοχέτευσή του στην αγορά.

Νέες προσεγγίσεις που εξετάζουν τις περιβαλλοντικές επιδράσεις των προϊόντων μέσω ολόκληρου του κύκλου ζωής τους έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια. Από τη βιομηχανική οικολογία, η οποία προσπαθεί να βελτιστοποιήσει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των επιχειρήσεων με την εξέτασή τους ως οικοσύστημα, στην καθαρότερη παραγωγή, η οποία δείχνει σε όλους, τους τρόπους για να καταστεί ένα προϊόν φιλικότερο προς το περιβάλλον. Εντούτοις, αυτές οι προσπάθειες είναι ακόμα κυρίως θεωρητικές και είναι μακριά από το να χρησιμοποιηθούν ευρέως στη βιομηχανία.

Μερικές νομοθετικές πρωτοβουλίες και συλλογικές προσπάθειες έχουν ληφθεί επίσης για να λύσουν αυτό το πρόβλημα. Η Σύμβαση της Βασιλείας, για παράδειγμα, στοχεύει στη μείωση της παραγωγής και των μετακινήσεων των επιβλαβών αποβλήτων (έχει ενσωματωθεί στην Ελληνική Νομοθεσία με τον Ν2203/1994). Η Ευρωπαϊκή Ένωση επιχείρησε να δώσει λύση στο πρόβλημα των ΑΗΗΕ συγκεκριμένα με την έκδοση το Φεβρουάριο του 2003 των οδηγιών 2002/95/EC και 2002/96/EC στη μείωση των επικίνδυνων ουσιών και στη διαχείριση των ΑΗΗΕ.

Οι πρωτοβουλίες από τους παραγωγούς υπάρχουν επίσης. Από τα αρχικά σχέδια στις φάσεις του τέλους ζωής, οι προσπάθειες γίνονται προκειμένου να μειώσουν την κατανάλωση υλικού και ενέργειας. Πράγματι, οι περισσότερες περιβαλλοντικές επιδράσεις που προκαλούνται από τον ΗΗΕ είναι τα αποτελέσματα από τη χρήση της ενέργειας για την αρχική παραγωγή και τη χρήση τους κατά τη διάρκεια ζωής τους. Όσον αφορά το στάδιο μετά το τέλος της χρήσιμης ζωής τους οι καινοτομίες που κατά καιρούς αναπτύσσονται αφορούν κύρια προσπάθειες να βελτιώσουν τη δυνατότητα για αποκατάσταση των χρησιμοποιούμενων προϊόντων, να διευκολύνουν την αποσυναρμολόγηση και για να καταστήσουν την ανακύκλωση πιθανή.

Οι φορείς χάραξης πολιτικής θεωρούν τη συμμετοχή των παραγωγών σε αυτήν την περιοχή ανεπαρκή. Για να ενισχύσουν το σχέδιο για μείωση των περιβαλλοντικών επιδράσεων του ΗΗΕ μέσω ολόκληρου του κύκλου ζωής τους, μερικές χώρες εισάγουν την εκτεταμένη αρχή ευθύνης των παραγωγών στη νομοθεσία τους. Σύμφωνα με αυτές τις νομοθεσίες, οι παραγωγοί είναι αρμόδιοι για τη διαχείριση των αποβλήτων ως αποτέλεσμα των προϊόντων τους. Αυτή η ευθύνη είναι συνολικά οικονομική, φυσική και πληροφοριακή. Αυτό σημαίνει ότι οι παραγωγοί πρέπει να καλύπτουν τη δαπάνη για τη διαχείριση των αποβλήτων, πρέπει να εξασφαλίζουν ότι τα απόβλητα υπόκεινται σε κατάλληλη επεξεργασία καθώς και ότι θα πρέπει να παρέχουν στην κυβέρνηση, στις επιχειρήσεις επεξεργασίας και στους καταναλωτές τις απαιτούμενες πληροφορίες σχετικά με τον αντίκτυπο των προϊόντων τους. Στην πράξη η εκτεταμένη ευθύνη των παραγωγών εφαρμόζεται συλλογικά ή ατομικά.

Με βάση τα παραπάνω προκύπτει ότι είναι επιτακτική η ανάγκη σωστής διαχείρισης των προϊόντων ΗΗΕ που έχουν περιέλθει σε αχρηστία. Το παραπάνω συμπέρασμα σε συνδυασμό με το γεγονός ότι σύμφωνα με έρευνες εκτιμάται πως το 60-80% των επιδράσεων ενός προϊόντος και το 70-80% του συνολικού κόστους του κατά τη διάρκεια της ζωής του καθορίζονται από τη φάση της σχεδίασης, έχει οδηγήσει τα τελευταία χρόνια στην εκτεταμένη έρευνα σε περιοχές όπως τη Σχεδίαση για το Περιβάλλον (DfE: Design for Environment), τη Σχεδίαση για Αποσυναρμολόγηση (DfD: Design for Disassembly) και τη Διαχείριση του Κύκλου Ζωής ενός Προϊόντος (PLM: Product Lifecycle Management).

1.1 Περιοχή Έρευνας

Βασική περιοχή μελέτης τα τελευταία χρόνια στη σχεδίαση και διαμόρφωση ενός προϊόντος είναι ο προσδιορισμός της επίδρασής του στο περιβάλλον. Τα χαρακτηριστικά που χρειάζεται να διαμορφωθούν στα πλαίσια της πραγματοποιούμενης, σε κάθε περίπτωση, ανάλυσης θα πρέπει να απεικονίζουν στο μέγιστο βαθμό την άμεση και έμμεση περιβαλλοντική επίδραση.

Στη συγκεκριμένη εργασία τα προϊόντα στα οποία επικεντρώνεται η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε είναι προϊόντα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΗΗΕ). Οι λόγοι που οδήγησαν στη συγκεκριμένη απόφαση είναι ότι τα τελευταία χρόνια οι ποσότητες του ΗΗΕ στην καθημερινή ζωή αυξάνονται με γοργούς ρυθμούς ενώ βρίσκονται σχεδόν σε όλες τις ανθρώπινες δραστηριότητες ιδιαίτερα στις ανεπτυγμένες χώρες.

Συγχρόνως, ο χρησιμοποιούμενος ΗΗΕ γίνεται όλο και περισσότερο σύνθετος σαν δομή και σαν σύσταση επιμέρους υλικών που καθιστούν δύσκολη ως αδύνατη την παρακολούθηση και την καταγραφή τους. Επιπλέον, πολλά από τα χρησιμοποιούμενα υλικά προκαλούν σοβαρή ζημιά στο περιβάλλον και έχουν δυσμενή αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία. Επομένως, γίνεται όλο και πιο επιτακτική η ανάγκη της παρακολούθησης της πορείας τους καθ' όλη τη διάρκεια της

χρήσιμης ζωής τους καθώς και της πορείας που ακολουθούν μετά την απόσυρσή τους από την αγορά.

Βασικά ερωτήματα για το παραπάνω θέμα που έχουν διατυπωθεί ως σήμερα και έχουν αποτελέσει πεδίο μελέτης είναι τα εξής:

- *Πως η διαθεσιμότητα της πληροφορίας για ένα προϊόν επηρεάζει τη διαδικασία αποσυναρμολόγησής του καθώς και την παραπέρα διαχείρισή του στο τέλος της διάρκειας της ζωής του (όσον αφορά το κόστος, το χρόνο αποσυναρμολόγησης και το ποσοστό των υλικών που ανακτώνται μέσα από τη συγκεκριμένη διαδικασία);*

Ενδεικτικές εργασίες, μεταξύ άλλων, στο συγκεκριμένο θέμα που έχουν διατυπώσει σχετικές απόψεις εξετάζουν τα εξής: Μοντελοποίηση των απαιτούμενων κινήσεων κατά την αποσυναρμολόγηση προκειμένου να εκτιμηθούν οι απαιτούμενοι χρόνοι και τα απαιτούμενα μέσα και να καταγραφούν οι παράγοντες που επηρεάζουν τη διαδικασία (Yi H-C *et al.*, 2003), η διατύπωση οδηγιών που διευκολύνουν και επιταχύνουν τη διαδικασία της αποσυναρμολόγησης (Cambell *et al.*, 2003), η ποσοτική εκτίμηση της επίδρασης της διαθέσιμης πληροφορίας στη διαδικασία αποσυναρμολόγησης και παραπέρα διαχείρισης (Parlikad *et al.*, 2006). Επίσης, πολλοί είναι και οι ερευνητές που προτείνουν τη δημιουργία γενετικών και ευρετικών αλγορίθμων για την επιτάχυνση της διαδικασίας εύρεσης της βέλτιστης πορείας αποσυναρμολόγησης με κριτήρια περιβαλλοντικά ή / και οικονομικά με βάση και τα πιθανά σενάρια τελικής διαχείρισης (Hula *et al.*, 2003, Andres *et al.*, 2007) ή για την εύρεση του βέλτιστου επιπέδου αποσυναρμολόγησης (Kang *et al.*, 2010).

- *Για ένα δεδομένο προϊόν ποια είναι η απαιτούμενη πληροφορία για τη λήψη αποφάσεων στο τέλος της χρήσιμης ζωής του;*

Απόψεις ερευνητών και για το συγκεκριμένο θέμα έχουν διατυπωθεί μέσα από τη διεθνή βιβλιογραφία όπου προτείνουν την ποσοτική και ποιοτική λήψη δεδομένων από εξωτερικούς παράγοντες ή με βάση συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του προϊόντος (Boks, 2002, Rose *et al.*, 1998, Ongondo *et al.*, 2011) ή την ποσοτική εκτίμηση της απαιτούμενης ενέργειας στα πιθανά σενάρια της επαναπώλησης με ή χωρίς προηγούμενη επεξεργασία του άχρηστου προϊόντος σε δευτερεύουσα αγορά ή τη διαχείρισή του με κάποια συγκεκριμένη στρατηγική όπως ανακύκλωση για την ανάκτηση υλικών (Williams *et al.*, 2003). Άλλες εργασίες προτείνουν την εύρεση του οικονομικού και χρονικού ορίου αποσυναρμολόγησης σε κάθε περίπτωση πριν την επιλογή της τελικής μεθόδου διαχείρισης (Willems *et al.*, 2004), ή για τα προϊόντα που δεν είναι γνωστός ο κατασκευαστής τους («ορφανά» προϊόντα) ποιες είναι οι πληροφορίες που χρειάζεται να αντληθούν και να αξιοποιηθούν κατά την απόσυρσή τους (Mahadevan *et al.*, 2007).

- *Πότε η υπάρχουσα πληροφορία στο τέλος της χρήσιμης ζωής ενός προϊόντος θεωρείται επαρκής για τη λήψη απόφασης όσον αφορά τη βέλτιστη διαχείρισή του;*

Με βάση το δεδομένο ότι θα πρέπει να ληφθούν υπόψη δεδομένα τόσο για το ίδιο το προϊόν όσο και για τις επιδράσεις του στο εξωτερικό περιβάλλον καθώς και για την απαιτούμενη ενέργεια, όσον αφορά την παραπέρα διαχείρισή του, έχουν καταγραφεί στη βιβλιογραφία διάφορες προσπάθειες διαμόρφωσης κατάλληλων συστημάτων διαχείρισης δεδομένων ή δεικτών

περιβαλλοντικής διαχείρισης μέσα από ερωτηματολόγια ή άλλα μέσα αναζήτησης δεδομένων (Stobbe *et al.*, 2001, Azzone *et al.*, 1996) για την αξιοποίηση της απαιτούμενης πληροφορίας ή για τον ορισμό προτεραιοτήτων ως προς το ποιοι στόχοι θα πρέπει να ικανοποιηθούν μέσα από την τελική διαχείριση (Hwang *et al.*, 2002, Tukker *et al.*, 2006) ή για την επιτυχή εφαρμογή μιας βέλτιστης μέσης συμβιβαστικής λύσης (Bufardi *et al.*, 2004).

- *Ποια είναι η οικονομική και περιβαλλοντική επίπτωση του κάθε δεδομένου;*

Μέχρι σήμερα έχουν προταθεί διάφορες προσεγγίσεις για τις μετρήσεις των επιπτώσεων στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία με την παράλληλη εκτίμηση του άμεσου και έμμεσου κόστους που σημαίνει η διαχείριση της κάθε επίπτωσης (Macaulay *et al.*, 2003, Komoto *et al.*, 2008), μέσα από την προσομοίωση των πιθανών σεναρίων της αναστροφής πορείας ενός προϊόντος μετά την απόσυρσή του. Επιπλέον, υπάρχουν εργασίες που έχουν ασχοληθεί με την κατάταξη των πλέον σημαντικών παραγόντων που επηρεάζουν το στάδιο μεταφοράς και διαχείρισης των προϊόντων ΑΗΗΕ με παράλληλη εκτίμηση του εμπλεκόμενου κόστους για διάφορα σενάρια εφαρμογής ΣΤΔ (Kara *et al.*, 2007).

- *Ποιο είναι το σημείο μέχρι το οποίο η συλλογή και διαχείριση της πληροφορίας είναι οικονομικά βιώσιμη;*

Εδώ στόχος συνήθως είναι η ελαχιστοποίηση του απαιτούμενου κόστους οπότε επιλέγονται στρατηγικές διαχείρισης όπου τόσο τα βήματα που χρειάζεται να ακολουθηθούν όσο και τα αναμενόμενα αποτελέσματα είναι γνωστά με βάση τις πληροφορίες που μπορούν με ευκολία να ανακτηθούν (De Ron *et al.*, 1995). Άλλος στόχος σε πολλές περιπτώσεις είναι επίσης η ενημέρωση της αγοράς μέσα από κατάλληλους μηχανισμούς με ή χωρίς ανταποδοτικά οφέλη για τα αρνητικά αποτελέσματα που μπορεί να έχει η μη-κατάλληλη διάθεση των προϊόντων μετά την ολοκλήρωση της χρήσιμης ζωής τους, ώστε να εξασφαλίζεται η καλύτερη δυνατή συνεργασία όλων των εμπλεκόμενων μερών (Bhuiie *et al.*, 2004). Προσπάθειες έχουν γίνει επίσης για τη διαμόρφωση απλών μοντέλων αξιοποίησης της διαθέσιμης πληροφορίας που συνδέεται με το ίδιο το προϊόν ή εξωτερικούς παράγοντες ή το κόστος με απώτερο στόχο τη μεγιστοποίηση της φιλικής προς το περιβάλλον παραπέρα πορείας (Zhou *et al.*, 2006). Σε άλλες περιπτώσεις έχουν διαμορφωθεί πιο σύνθετα μοντέλα που εξετάζουν και τις υπάρχουσες συσχετίσεις μεταξύ των δεδομένων ή περιλαμβάνουν και πρόσθετες παραμέτρους που χρειάζεται να εκτιμηθούν πριν την εφαρμογή τους (Shih *et al.*, 2006) ή συσχετίζουν τη στρατηγική διαχείρισης που εφαρμόζεται με συγκεκριμένους στόχους που θα πρέπει να επιτευχθούν υπό αβέβαιο περιβάλλον το οποίο εξαρτάται από τη διαθέσιμη σε κάθε περίπτωση πληροφορία (Chan, 2008).

- *Πως μπορούν να προσαρμοστούν τα υπάρχοντα πληροφοριακά συστήματα από τη μελέτη του κύκλου ζωής ενός προϊόντος στη λήψη των απαιτούμενων δεδομένων για τη λήψη αποφάσεων μετά την απόσυρσή του;*

Εργασίες στη συγκεκριμένη περιοχή έρευνας έχουν ασχοληθεί με τη διαμόρφωση υπαρχόντων εργαλείων ανάλυσης ώστε να δίνουν ενδείξεις στο σχεδιαστή για τις επιπτώσεις της σχεδίασης στην ποιότητα αποσυναρμολόγησης ή ανακύκλωσης κατά την απόσυρση ενός προϊόντος τόσο όσον αφορά το εμπλεκόμενο κόστος όσο και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Hesselbach *et al.*, 1998, Lee *et al.*, 2001). Επίσης, υπάρχουν εργασίες που έχουν γίνει και αφορούν τη μελέτη

αποδοτικών συστημάτων αντίστροφης διαχείρισης όπου σε κάθε σημείο του δικτύου ελέγχεται τόσο η αποδοτικότητα της εφαρμοζόμενης μεθόδου διαχείρισης όσο και η περιβαλλοντική συμπεριφορά σε σχέση με τις διοικητικές αποφάσεις που λαμβάνονται (Srivastava, 2008, Wadhwa *et al.*, 2009).

- *Η υπάρχουσα νομοθεσία σε ποια σημεία επηρεάζει την τελικά χρησιμοποιούμενη τεχνική – ποια είναι τα περιθώρια δράσης που δίνει;*

Πολλές είναι οι εργασίες που έχουν γίνει στη συγκεκριμένη περιοχή όπου και αποτυπώνουν τα πλέον εφαρμοζόμενα σενάρια τελικής διαχείρισης σε διάφορες περιοχές του κόσμου (Boks *et al.*, 1998, Babu *et al.*, 2007, Wenzhi *et al.*, 2006) ή περιγράφουν τις επιπτώσεις της νομοθεσίας στις ευθύνες προμηθευτών και πελατών (Low *et al.*, 1998, Walther *et al.*, 2005) καθώς και στο συνολικό πρόβλημα διαχείρισης της συγκεκριμένης κατηγορίας απορριμμάτων (Toffel *et al.*, 2008).

- *Πως επιμερίζεται η ευθύνη για τη διαχείριση ενός προϊόντος στο τέλος;*

Με δεδομένο ότι χρειάζεται να ελαχιστοποιηθεί ο περιβαλλοντικός φόρτος που προκαλείται από τη συγκεκριμένη κατηγορία απορριμμάτων κατά τη διαχείρισή τους (Sasaki, 2004), ότι το ζητούμενο είναι η βελτιστοποίηση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς με βάση τα διαθέσιμα μέσα και τις απαιτήσεις (Wolfgang *et al.*, 2005) όπου όμως εκτός από την περιβαλλοντική διάσταση και το κόστος και η προσπάθεια για συνεχή τεχνολογική βελτίωση επηρεάζουν σημαντικά (Abu Bakar *et al.*, 2008a).

1.2 Αντικείμενο της Εργασίας

Η συνεισφορά στην έρευνα της εργασίας αυτής είναι στα δύο παρακάτω γενικά πεδία μελέτης:

Πεδίο Μελέτης 1: Επιλογή ενεργειών διαχείρισης προϊόντων ΑΗΗΕ από τη στιγμή της απόσυρσής τους από την αγορά με βασικό κριτήριο τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Πεδίο Μελέτης 2: Διατύπωση προτάσεων προς το στάδιο της σχεδίασης, οι οποίες εφόσον εφαρμοστούν σε μελλοντική επανασχεδίαση θα συμβάλουν στη βελτίωση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς του προϊόντος μετά την απόσυρσή του.

Το ενδιαφέρον που παρουσιάζουν και τα δύο παραπάνω πεδία μελέτης είναι σημαντικό γιατί ως μοναδική προτεραιότητα τίθενται οι επιπτώσεις στο περιβάλλον οπότε το περιβάλλον δεν αποτελεί ένα επιμέρους κριτήριο μιας ευρύτερης ανάλυσης όπου το κόστος είναι το βασικό κριτήριο. Ο λόγος που γίνεται αυτό είναι για να αναδειχθούν στο μέγιστο βαθμό οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και οι αρνητικές συνέπειές τους που σε μια ευρύτερη ανάλυση με περισσότερα κριτήρια υποβαθμίζεται η σπουδαιότητά τους. Η απαίτηση αυτή ενισχύεται και από το γεγονός ότι τα υπό μελέτη προϊόντα ΑΗΗΕ παρουσιάζουν πολλά ιδιαίτερα χαρακτηριστικά όπως:

- Αυξάνουν δραματικά οι ποσότητές τους χρόνο με το χρόνο ως συνέπεια της συνεχώς αυξανόμενης τεχνολογικής ανάπτυξης των τελευταίων χρόνων.

- Εμπεριέχουν πολλές φορές επικίνδυνα υλικά για το περιβάλλον που η διαχείρισή τους εγκυμονεί σε αρκετές περιπτώσεις και άμεσες αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία.
- Παρουσιάζουν πολύπλοκη δομή ως προϊόντα και μεγάλη ποικιλομορφία γεγονός που δυσκολεύει την αυτοματοποίηση των απαιτούμενων εργασιών μετά την απόσυρσή τους.

Βασικό πρόβλημα σε όλα τα στάδια της ανάλυσης που ακολουθεί ήταν το γεγονός πως επιδιώχθηκε, προκειμένου η προτεινόμενη διαδικασία να μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε είδος ΑΗΗΕ, να διαμορφωθεί μια συγκεκριμένη σειρά ενεργειών, όπου ανάλογα με το υπό μελέτη προϊόν και άλλα εξωτερικά δεδομένα, να προσαρμόζονται τα επιμέρους χρησιμοποιούμενα εργαλεία ανάλυσης σε κάθε περίπτωση. Η θεωρία στην οποία βασίστηκε η διαμόρφωση του βασικού πλαισίου ανάλυσης είναι η Λιτή Σκέψη. Πρόκειται για μια θεωρία που ξεκίνησε από την Ιαπωνία στην προσπάθεια ελαχιστοποίησης των δραστηριοτήτων που απορροφούν πόρους χωρίς να δημιουργούν αξία με πολλές εφαρμογές σε παγκόσμιο επίπεδο κύρια στη βελτίωση γραμμών παραγωγής και διαδικασιών διοχέτευσης προϊόντων σε αγορές. Ονομάζεται λιτή σκέψη γιατί βασίζεται στο γεγονός ότι προσφέρει έναν τρόπο προσδιορισμού της αξίας, της βέλτιστης διεύθυνσης της ακολουθίας της παραγωγής αξίας και της συνεχούς βελτίωσης του επιθυμητού αποτελέσματος με ολοένα λιγότερη προσπάθεια και χρησιμοποιούμενα μέσα (Womack *et al.*, 2003).

Ο λόγος που επιλέχθηκε η συγκεκριμένη μέθοδος αν και διαφέρει από τις κλασσικές εφαρμογές, όπου και συναντάται στη βιβλιογραφία ήταν ότι καλύπτει τις ανάγκες της συγκεκριμένης ανάλυσης και συγκεκριμένα:

- Πρόκειται για μια μέθοδο που μπορεί να εξαλείψει σε όλα τα στάδια ανάλυσης τη σπατάλη (ή muda στα ιαπωνικά) δηλαδή την πληροφορία που δεν συνεισφέρει στην εύρεση της βέλτιστης ΣΤΔ και την αναζήτηση προτάσεων για τη φάση της σχεδίασης οπότε το υπό μελέτη πρόβλημα απλοποιείται σημαντικά.
- Δεν βασίζεται στις ήδη υπάρχουσες μεθόδους που ακολουθούνται αλλά απαιτεί τη ριζική αναδιάταξη των επιμέρους ενεργειών για την επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος το οποίο μπορεί να βελτιωθεί σταδιακά ακόμα περισσότερο στο μέλλον με σταδιακές βελτιώσεις.

Όπως περιγράφεται αναλυτικά και στη συνέχεια, οι αρχές της Λιτής Σκέψης προσαρμόστηκαν σε όλα τα στάδια της προτεινόμενης μεθόδου που είναι τα εξής:

Στα πλαίσια του Πεδίου Μελέτης 1:

Όσον αφορά την επιλογή της εφαρμοζόμενης ΣΤΔ του προϊόντος
(End of Life treatment – EOLT)

Στάδιο ανάλυσης 1 (EOLT_A): Επιλογή απαιτούμενων δεδομένων που χρειάζεται να συλλεχθούν μετά την απόσυρση ενός προϊόντος ΑΗΗΕ

Στάδιο ανάλυσης 2 (EOLT_B): Διαδικασία επιλογής της βέλτιστης ΣΤΔ

Στάδιο ανάλυσης 3 (EOLT_C): Διαδικασία εφαρμογής της επιλεγμένης ΣΤΔ και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων

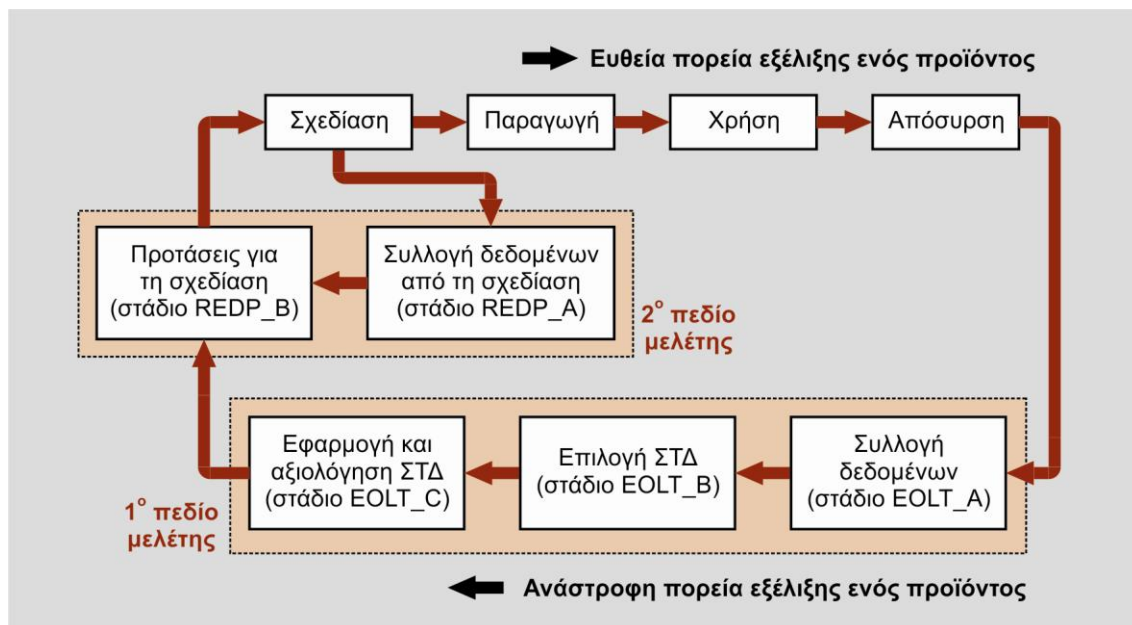
Στα πλαίσια του Πεδίου Μελέτης 2:

Όσον αφορά τη φάση της επανασχεδίασης
(Redesign phase – REDP)

Στάδιο ανάλυσης 4 (REDP_A): Επιλογή χαρακτηριστικών από τη φάση σχεδίασης που μπορούν να υποστούν αλλαγές σε μελλοντική επανασχεδίαση προκειμένου να βελτιωθεί η περιβαλλοντική συμπεριφορά ενός προϊόντος ΗΗΕ μετά την απόσυρσή του

Στάδιο ανάλυσης 5 (REDP_B): Διατύπωση προτάσεων προς τη φάση σχεδίασης με βάση τα αποτελέσματα των σταδίων ανάλυσης EOLT_C και REDP_A

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι θέσεις των δύο πεδίων μελέτης σε σχέση με τα πέντε στάδια ανάλυσης της προτεινόμενης μεθόδου και τη συνολική πορεία του προϊόντος στην αγορά.



Σχήμα 1. Πεδία μελέτης και στάδια διεξαγόμενης ανάλυσης σε συνδυασμό με την ευθεία και ανάστροφη πορεία εξέλιξης ενός προϊόντος ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΗΗΕ)

Αναμενόμενα οφέλη από την εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας είναι η διατύπωση προτάσεων, στο στάδιο της επανασχεδίασης των προϊόντων, προς τις εταιρείες κατασκευής προϊόντων ΗΗΕ, η καθοδήγηση των φορέων που έχουν την ευθύνη διαχείρισης μετά τη χρήση καθώς και το ευρύτερο κοινωνικό σύνολο αφού απώτερος στόχος όλης της αρχικής ιδέας είναι η βελτίωση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς προϊόντων που έχουν περιέλθει σε αχρηστία.

Μέχρι σήμερα οι πιθανές ΣΤΔ του ΑΗΗΕ που έχουν ολοκληρώσει τον κύκλο της χρήσιμης ζωής τους εφαρμόζονται ανάλογα με την υπάρχουσα υποδομή και είναι προεπιλεγμένες ενώ και στις περιπτώσεις που υπάρχει περιθώριο επιλογής η επιλογή αυτή γίνεται με βάση δεδομένα που

καταγράφονται τη στιγμή της απόσυρσης ή, σε σπάνιες περιπτώσεις, βασίζεται και σε δεδομένα που αφορούν τη χρήση του προϊόντος πριν την απόσυρση.

Η αξιολόγηση παραμέτρων από το στάδιο της τελικής διαχείρισης και η αξιοποίηση αυτής της πληροφορίας για τη διατύπωση προτάσεων από το στάδιο σχεδίασης είναι βασικό πλεονέκτημα για τον κάθε κατασκευαστή και τους πιθανούς επενδυτές, ενώ και τα οφέλη που προσφέρει μπορούν να είναι σημαντικά σε οικονομικό και περιβαλλοντικό επίπεδο καθώς και στην προώθηση, διαχείριση και προβολή της εταιρείας στην ευρύτερη αγορά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΤΡΕΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

"The whole of science is nothing more than a refinement of everyday thinking", A. Einstein

2.1 Στρατηγικές Διαχείρισης ΑΗΗΕ

2.1.1 Πιθανές Διαδρομές για ένα Προϊόν ΗΗΕ μετά την Ολοκλήρωση της Χρήσιμης Ζωής του

Για οποιοδήποτε προϊόν ΑΗΗΕ ο κατασκευαστής, ή όποιος έχει την ευθύνη σε κάθε περίπτωση, χρειάζεται να προχωρήσει σε συγκεκριμένες ενέργειες προκειμένου να χειριστεί τις πιέσεις που του ασκούνται από τη νομοθεσία, το κοινωνικό σύνολο ή από αλλού όσον αφορά τη διαχείριση του ΑΗΗΕ μετά την απόσυρσή του. Οι πιθανές εναλλακτικές ανάλογα με τα περιθώρια που υπάρχουν από τη νομοθεσία ή τις υπάρχουσες υποδομές είναι οι εξής (Toffel, 2003):

- *Δεν κάνω τίποτα:* Δεν υπάρχουν κανονισμοί αποκομιδής και οι εταιρείες δεν έχουν κάποια πολιτική για το θέμα αυτό με βάση τη νομοθεσία.
- *Ανάμιξη πελατών:* Οι κατασκευαστές ενημερώνουν τους πελάτες για την ανακύκλωση και τους προσφέρουν ανταποδοτικά οφέλη αν βοηθάνε προς την κατεύθυνση αυτή. Βοηθάνε την αποκομιδή, φροντίζουν να μειωθούν στο ελάχιστο τα κόστη ανακύκλωσης, ενισχύουν τις υπάρχουσες υποδομές στις εγκαταστάσεις ανακύκλωσης.
- *Μακροπρόθεσμη Συμφωνία:* Ο κατασκευαστής συντάσσει ένα μακροπρόθεσμο συμβόλαιο με κάποια εταιρεία ανακύκλωσης και πιθανόν ανάκτησης άχρηστων προϊόντων της όπου μπορεί να έχει αναλάβει ή ίδια το κομμάτι της αποκομιδής.
- *Κοινοπραξία με Εταιρεία Ανακύκλωσης:* Ο κατασκευαστής μπορεί να αποφασίσει να συμπράξει σε μια κοινή ομάδα με μια εταιρεία ανακύκλωσης όπου ανάλογα με το τι θα συμφωνηθεί ο καθένας έχει το ρόλο του στην αποκομιδή, ανακύκλωση, επιδιόρθωση, διάθεση στο εμπόριο ή επαναχρησιμοποίηση συγκεκριμένων εξαρτημάτων ως πρώτες ύλες.
- *Κοινοπραξία με Ανταγωνιστές ή Δημιουργία μιας Εταιρείας Διαχείρισης:* Προκειμένου να μειωθούν τα κόστη αποκομιδής αρκετοί κατασκευαστές μπορούν να συνεργαστούν φτιάχνοντας εταιρεία ή εταιρείες που έχουν την ευθύνη για την αποκομιδή και τη διαχείριση των άχρηστων κομματιών σε κάποια αρχικά τουλάχιστον στάδια που περιλαμβάνουν το διαχωρισμό τους και ίσως κάποια αρχική επεξεργασία τους πριν σταλούν στην κάθε εταιρεία από την οποία προέρχονται π.χ. οι μηχανές μιας χρήσης. Ειδικά για μικρές χώρες ίσως είναι η καλύτερη λύση. Για παράδειγμα τέσσερις ευρωπαϊκές εταιρείες που έχουν το 14% των απορριμμάτων ΗΗΕ στην Ευρώπη (Braun, Electrolux, Sony, Hewlett Packard) από τη δεκαετία του '90 συνεργάζονται στην ανακύκλωση των προϊόντων τους προκειμένου να μειώσουν το κόστος που έχει αυτή η διαδικασία για τον καθένα χωριστά.

Σημαντικά θέματα που επηρεάζουν την πορεία ενός προϊόντος ΗΗΕ μετά την απόσυρσή του σε σχέση με την επίδραση στο περιβάλλον και τα οποία χρειάζεται να ληφθούν υπόψη είναι τα εξής:

- Ποιοι είναι οι εμπλεκόμενοι σε αυτή τη διαδικασία και ποιος είναι ο ρόλος τους;

- Ποια είναι τα περιβαλλοντικά θέματα που χρειάζεται να εξεταστούν και πως αυτά ενσωματώνονται στη διαδικασία αξιολόγησης;
- Πόση είναι η ανεκτή περιβαλλοντική επιβάρυνση σε σχέση με το περιθώριο κόστους;

Η επίλυση των παραπάνω θεμάτων στην πράξη παρουσιάζει αρκετές δυσκολίες. Ο λόγος είναι ότι χρειάζεται να ληφθούν υπόψη και πολλές άλλες παράμετροι, όχι πάντα άμεσα συνδεδεμένες με τα παραπάνω θέματα που σχετίζονται:

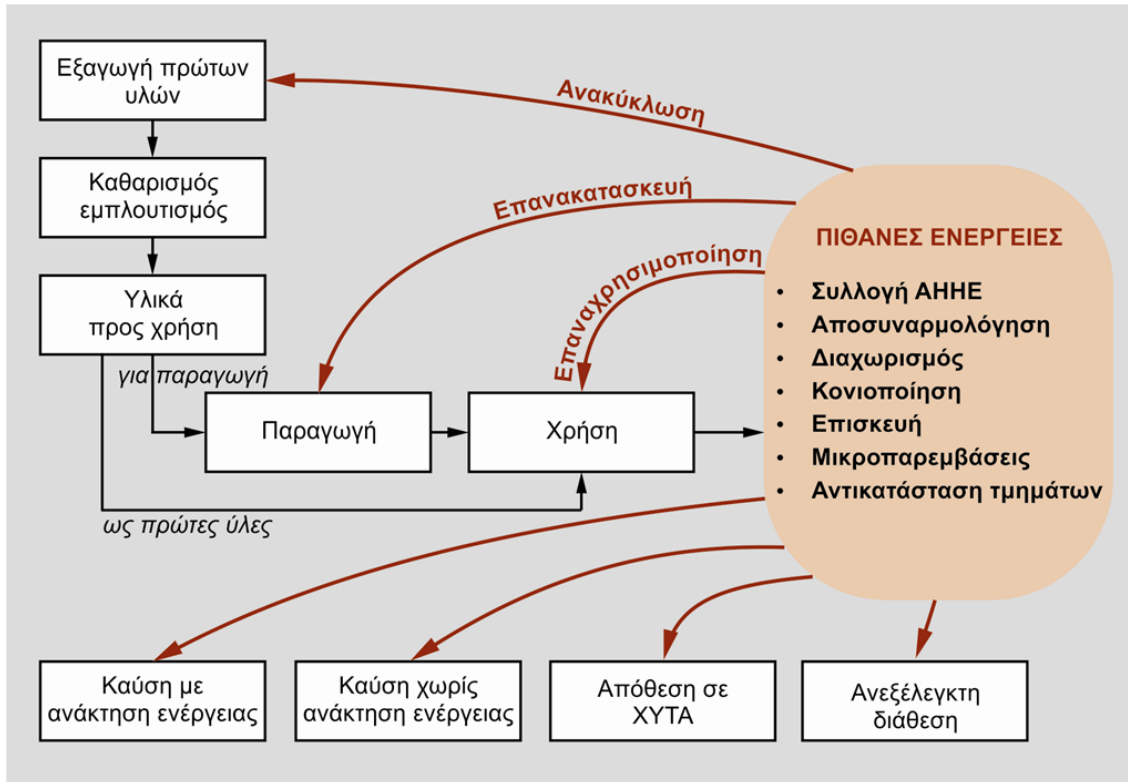
- με την κατάσταση των προϊόντων ΑΗΗΕ κατά την απόσυρση που δεν είναι γνωστή εκ των προτέρων,
- με το γεγονός ότι πρόκειται για προϊόντα με μη-ομογενή και πολύπλοκη μορφή όσον αφορά τόσο τα υλικά όσο και τα επιμέρους τμήματά τους,
- με την κοινωνική αφύπνιση και επιθυμία για μείωση των αρνητικών επιδράσεων προς το περιβάλλον
- με το γεγονός ότι πολλά από τα χρησιμοποιούμενα υλικά είναι τοξικά και επικίνδυνα τόσο για την ανθρώπινη υγεία όσο και για το περιβάλλον. Για παράδειγμα, το κάδμιο από την μπαταρία ενός και μόνο κινητού τηλεφώνου μπορεί να μολύνει ως και 600.000 λίτρα νερού.

Παρόλα αυτά ισχύει το γεγονός ότι τα προϊόντα ΑΗΗΕ έχουν μεγάλη απομένουσα αξία εφόσον υποστούν κατάλληλη επεξεργασία (Schluer *et al.*, 2009). Για τους παραπάνω λόγους πολλοί είναι οι ερευνητές που έχουν ασχοληθεί όχι μόνο με τις πιθανές ΣΤΔ προϊόντων ΑΗΗΕ αλλά και τα αποτελέσματα από την εφαρμογή τους. Ενδεικτικά αναφέρονται οι εργασίες των He *et al.* (2006), Gungor *et al.* (1999) και Bohr (2007) που παρουσίασαν για διάφορες χώρες εντός και εκτός της Ε.Ε. τις πιθανές ενέργειες και τα οφέλη της τελικής διαχείρισης όσον αφορά οικιακό ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό μετά την απόσυρσή του με βάση τη βέλτιστη συμπεριφορά ως προς το περιβάλλον και τη μέγιστη ανάκτηση υλικών, του Boks C. (2002), των Huisman *et al.* (2004), Zhang *et al.* (2000) και Dehghanian *et al.* (2009), που διερεύνησαν τους τεχνικούς και οικονομικούς παράγοντες που επηρεάζουν τη διαδικασία διαχείρισης ΑΗΗΕ καθώς και πιθανά σενάρια που μπορεί να χρειαστεί να αντιμετωπιστούν λόγω του μεγάλου βαθμού αβεβαιότητας για διάφορες κατηγορίες προϊόντων ΗΗΕ ευρείας κατανάλωσης, των Goggin *et al.* (2000) και Gernuks *et al.* (2007), που παρουσίασαν από την πλευρά των κατασκευαστών τις πιέσεις και τις απαιτούμενες ενέργειες που πρέπει να υλοποιήσουν κατά τη συλλογή και τελική διαχείριση των προϊόντων τους ΑΗΗΕ, των Ferguson *et al.* (2004) που εξέτασαν τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από την επανακατασκευή προϊόντων ΑΗΗΕ σε σχέση με την προώθηση νέων προϊόντων, των Ansems *et al.* (2002), Lim *et al.* (2010) και Chancerel *et al.* (2009b) που παρουσίασαν τρόπους βελτίωσης της διαχείρισης των βαρέων και πολύτιμων μετάλλων από τα ΑΗΗΕ ως προς τις περιβαλλοντικές και τις οικονομικές τους επιπτώσεις και των Toffel M.W. (2003) και Nhorom *et al.* 2008, που μελέτησαν τις υπάρχουσες στρατηγικές τελικής διαχείρισης προϊόντων ΑΗΗΕ σε σχέση με την υπάρχουσα νομοθεσία με ιδιαίτερη έμφαση σε προϊόντα με μεγάλη διάρκεια ζωής.

2.1.2 Πιθανές Στρατηγικές Διαχείρισης Προϊόντων ΑΗΗΕ και Ιεράρχησή τους

Οι ΣΤΔ αποτελούν την εφαρμοζόμενη σειρά ενεργειών που συνδέονται με το προϊόν από τη στιγμή που αυτό φτάνει στο τέλος της χρήσιμης ζωής του. Στο στάδιο αυτό θεωρείται ότι φτάνει όταν η λειτουργία του εν λόγω προϊόντος δεν ικανοποιεί τις απαιτήσεις αυτού που το

χρησιμοποιεί. Η εφαρμογή μιας ΣΤΔ περιλαμβάνει τη χρήση μηχανικών μέσων ή / και χειρωνακτικής εργασίας που συνδέεται με την ανάκτηση αξίας και την ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιδράσεων σε κοινωνία και περιβάλλον (Banerjee, 2001, Bufardi *et al.*, 2009, Ongondo *et al.*, 2011). Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται μια γενικευμένη προσέγγιση των πιθανών ενεργειών που μπορεί να συναντήσει κάποιος σε αυτό το στάδιο σε σχέση με το συνολικό κύκλο ζωής.



Σχήμα 2: Πιθανές ενέργειες μετά την απόσυρση ενός προϊόντος ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΗΗΕ)

Με βάση την υπάρχουσα βιβλιογραφία (Ishii *et al.*, 1994, Dickinson *et al.*, 2003, Hischer *et al.*, 2005, Klausner *et al.*, 2000, Matthews *et al.*, 1997, Rose *et al.*, 2002, Teunter *et al.*, 2004, De Bree, 2006, Gehin *et al.*, 2007, Chancerel *et al.*, 2009a, Gamberini *et al.*, 2008, Li *et al.*, 2006) οι πιθανές στρατηγικές που μπορούν να εφαρμοστούν για προϊόντα ΑΗΗΕ χωρίς να παραβιάζουν την υπάρχουσα νομοθεσία παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 1. Παρουσίαση και Περιγραφή Πιθανών ΣΤΔ κατά τη Διαχείριση Άχρηστου Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ)

Πιθανές ΣΤΔ	Γενική Περιγραφή
Επισκευή, Μικρές Παρεμβάσεις	Η επισκευή χρησιμοποιείται για την παράταση ζωής ενός υπάρχοντος προϊόντος ΗΗΕ που δεν λειτουργεί και την επαναδιάθεσή του στην ίδια ή σε δευτερεύουσα αγορά. Οι μικρές παρεμβάσεις (φρεσκάρισμα) επίσης έχουν ως στόχο την παράταση ή τη βελτίωση της λειτουργίας ενός προϊόντος που λειτουργεί και την επαναδιάθεσή του στην αγορά (Mukhopadhyay <i>et al.</i> , 2006) σε τιμή που

συνήθως κυμαίνεται σε ύψος χαμηλότερο του 50% σε σχέση με το αντίστοιχο νέο προϊόν (Pearse, 2009). Το πιθανότερο είναι ότι τόσο η επισκευή όσο και το φρεσκάρισμα ενός προϊόντος συνοδεύονται από μερική αποσυναρμολόγηση ως το απαιτούμενο επίπεδο ενώ ενδέχεται να συνοδεύεται και από αντικατάσταση επιμέρους τμημάτων που έχουν βλάβη ή χρειάζεται να αλλαχθούν. Παραδείγματα προϊόντων που συχνά χρησιμοποιείται η συγκεκριμένη μέθοδος είναι φωτοτυπικά μηχανήματα, μεγάλες οικιακές συσκευές, κ.α.

Επανακατασκευή Πρόκειται για μια διαδικασία όπου λογικά μεγάλες ποσότητες του ίδιου προϊόντος ή ομοειδών προϊόντων ΗΗΕ μεταφέρονται σε κατάλληλο χώρο και αποσυναρμολογούνται. Τα επιμέρους τμήματα υπόκεινται σε καθαρισμό και έλεγχο και επισκευάζονται εφόσον αυτό είναι δυνατό ή αποσύρονται. Στη συνέχεια γίνεται η επανακατασκευή νέων προϊόντων στην παλιά τους μορφή ή με μικρές προσαρμογές (Nnorom *et al.*, 2010). Παραδείγματα προϊόντων που συχνά χρησιμοποιείται η συγκεκριμένη μέθοδος είναι αυτοκίνητα, υπολογιστές, μεγάλα μηχανήματα, κ.α. (Aksoy *et al.*, 2004, Aras, 2004, Galbreth, 2006).

Επαναχρησιμοποίηση Το προϊόν ΗΗΕ μετά την απόσυρσή του επαναδιατίθεται σε δευτερεύουσα αγορά στην υπάρχουσα μορφή του. Παραδείγματα προϊόντων που συχνά χρησιμοποιείται η συγκεκριμένη μέθοδος είναι αυτοκίνητα, οικιακές συσκευές, κ.α. ((Jorjani *et al.*, 2004).

Ανακύκλωση Συνοδεύεται από μερική, ολική ή καθόλου αποσυναρμολόγηση. Βασίζεται στην ανάκτηση επιμέρους υλικών προϊόντων ΗΗΕ για τη μετέπειτα αξιοποίησή τους. Στόχος είναι η καθαρότητα των υλικών που προκύπτουν στο μέγιστο βαθμό, η καταρχήν απομάκρυνση των επικίνδυνων και πολύτιμων υλικών. Συχνά συνοδεύεται και από κονιοποίηση για τη μείωση του όγκου των υλικών που υπόκεινται σε επεξεργασία (Abu Bakar *et al.*, 2008). Ο διαχωρισμός των επιμέρους υλικών ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους γίνεται με τη χρήση μεθόδων μηχανικής διαλογής όπως κοσκίνισμα σε πρωτοβάθμιο, δευτεροβάθμιο ή τριτοβάθμιο επίπεδο, βαλλιστικός διαχωρισμός, μαγνητικός διαχωρισμός, κ.α. (Κυο, 2010). Παραδείγματα προϊόντων που συχνά χρησιμοποιείται η συγκεκριμένη μέθοδος είναι σε προϊόντα ηλεκτρονικού και τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού, μεγάλα μηχανήματα και γενικά σε όλα τα προϊόντα που μπορούν να αξιοποιηθούν τα επιμέρους υλικά που προκύπτουν από τη διαδικασία της ανακύκλωσης (Cui *et al.*, 2003, Sodhi *et al.*, 2001).

Καύση Λειτουργεί με περίσσεια οξυγόνου και έχει ως στόχο την ανάκτηση ενεργειακού περιεχομένου. Ως πλεονεκτήματα έχει τη μείωση του όγκου και του βάρους των επιμέρους τμημάτων ΗΗΕ ενώ μπορεί να συνυπάρχει με προγράμματα ανάκτησης γυαλιού και μετάλλων. Βασικά μειονεκτήματα είναι το πολύ υψηλό κόστος επένδυσης και λειτουργίας, η εκπομπή επικίνδυνων αερίων όπως διοξίνες, φουράνια και βαρέα μέταλλα, η παραγωγή επικίνδυνης στάχτης και σκουριάς τα οποία πρέπει να οδηγηθούν σε χώρους ταφής με αυστηρούς όρους ασφαλείας. Τα παραπάνω μειονεκτήματα περιορίζουν τη δυνατότητα εφαρμογής της σε εξαιρετικές περιπτώσεις και για συγκεκριμένα υλικά (Maczulak, 2010).

Διάθεση σε ΧΥΤΑ Αφού εξαντληθούν οι δυνατότητες αξιοποίησης του ΑΗΗΕ ότι απομένει οδηγείται σε ΧΥΤΑ ακολουθώντας όλους τους κανόνες για την ασφαλή απόθεσή του.

Από τις παραπάνω πιθανές στρατηγικές καμία δεν μπορεί να θεωρηθεί ως βέλτιστη για την κάθε περίπτωση προϊόντος ΑΗΗΕ λόγω της ποικιλομορφίας που έχουν ως προϊόντα (ως προς τις διαστάσεις, τα χρησιμοποιούμενα υλικά, τη διαδικασία συναρμολόγησης, τους κινδύνους που εμπεριέχουν, τις συνθήκες χρήσης, κ.α.), λόγω των διαφορετικών χαρακτηριστικών που έχουν ανάλογα με τη χρονική στιγμή της απόσυρσης, που εξαρτώνται από την τεχνολογική και πραγματική διάρκεια ζωής και λόγω άλλων εξωτερικών παραγόντων που ενδέχεται να επηρεάσουν τη συγκεκριμένη διαδικασία. Επιπλέον, η διαχείριση στο τέλος της χρήσιμης ζωής επηρεάζεται από την υπάρχουσα υποδομή, την τεχνολογία και τα χαρακτηριστικά της δευτερεύουσας αγοράς.

Για το λόγο αυτό και πολλοί είναι αυτοί που επιχειρήσαν να βρουν όχι μια και μόνο βέλτιστη λύση που να καλύπτει όλα τα προϊόντα, αλλά να ιεραρχήσουν τις χρησιμοποιούμενες τεχνικές με βάση συγκεκριμένα σε κάθε περίπτωση κριτήρια. Για παράδειγμα, σύμφωνα με τον Lansink η ιεραρχία των στόχων από τις πιθανές ενέργειες για τα προϊόντα ΑΗΗΕ είναι (Lansink *et al.*, 1980):

- πρόληψη δημιουργίας απορριμμάτων →
- επαναχρησιμοποίηση στην υπάρχουσα μορφή ή επιμέρους τμημάτων →
- ανακύκλωση →
- καύση με εξοικονόμηση ενέργειας ή χωρίς εξοικονόμηση ενέργειας →
- υγειονομική ταφή

Η συγκεκριμένη ιεραρχία είναι γνωστή ως 3Rs (reduce – reuse – recycle) και έχει ως βασικό στόχο την εξαγωγή του μέγιστου οφέλους από τα ΑΗΗΕ και την ελαχιστοποίηση των παραγόμενων αποβλήτων (Kaebernick, 2004, Nicol *et al.*, 2007). Μια τέτοια προσέγγιση προφανώς επιδιώκει και τη μείωση των ποσοτήτων των επικίνδυνων ουσιών ενώ μπορεί να προτείνει αλλαγές και στην παραγωγική διαδικασία. Ανάλογα έχουν προταθεί και άλλες ιεραρχίες που με βάση τα κριτήρια που χρησιμοποιούν διαφέρουν λίγο ή πολύ από την παραπάνω. Το δύσκολο σημείο είναι ότι ακόμα και στην περίπτωση που το κριτήριο είναι μοναδικό, και συγκεκριμένα η ελαχιστοποίηση των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, μπορούν να διαμορφωθούν παραπάνω από μια ιεραρχίες επιλογής μεθόδων δράσης ανάλογα με τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την αποδοτικότητα της κάθε πιθανής ΣΤΔ (Huisman, 2003, Jofre *et al.*, 2005). Σε γενικές γραμμές η επικρατούσα άποψη είναι ότι όσον αφορά την προστασία του περιβάλλοντος το καλύτερο σενάριο είναι η παράταση του χρόνου ζωής του κάθε προϊόντος μέσω επισκευής ή η επαναδιοχέτευσή του στην αγορά για επαναχρησιμοποίηση ενώ έπονται επαναχρησιμοποίηση επιμέρους τμημάτων, η ανακύκλωση με ή χωρίς αποσυναρμολόγηση. Επιπλέον επιχείρημα για αυτήν την άποψη είναι ότι τα επισκευασμένα ή ανακυκλωμένα επιμέρους εξαρτήματα μειώνουν το κόστος επισκευής ή κατασκευής ενώ δημιουργείται μια νέα πηγή πρώτων υλών.

Μια δεύτερη άποψη, διαφορετική από την παραπάνω, ιεραρχεί τις πιθανές ΣΤΔ ως προς το περιβάλλον με βάση το περιβαλλοντικό όφελος. Με βάση αυτήν την προσέγγιση προηγείται η ανάκτηση υλικών για επαναχρησιμοποίηση που γίνεται μέσω της ανακύκλωσης με ή χωρίς αποσυναρμολόγηση, ακολουθεί η καύση με ανάκτηση ή χωρίς ανάκτηση ενέργειας και έπονται οι υπόλοιπες πιθανές ΣΤΔ με τελική επιλογή την απόθεση σε ΧΥΤΑ (Wongdeethai, 2006).

Η άποψη αυτή κερδίζει όλο και περισσότερο έδαφος τα τελευταία χρόνια καθώς έχει διαπιστωθεί σε πολλές περιπτώσεις ότι η παράταση του χρόνου ζωής σε ένα προϊόν ΗΗΕ έχει ως αποτέλεσμα την αυξανόμενη κατανάλωση ενέργειας κατά τη χρήση του σε σχέση με την κατανάλωση που θα είχε το προϊόν που θα το αντικαθιστούσε στην αγορά, ενώ σε πολλές περιπτώσεις η επαναχρησιμοποίηση έχει ως αποτέλεσμα την παράταση χρήσης επικίνδυνων

ουσιών που θα έπρεπε να μην υπάρχουν στην αγορά με βάση την υπάρχουσα νομοθεσία. Επιπλέον, η επαναχρησιμοποίηση ενός προϊόντος σε δευτερεύουσα αγορά δεν διασφαλίζει ότι μετά από κάποια χρόνια όταν θα αποσυρθεί το προϊόν εκ νέου θα βρίσκεται σε ένα περιβάλλον που θα το οδηγήσει στην κατάλληλη διαχείρισή του και δεν θα πεταχτεί ανεξέλεγκτα ή δεν θα προωθηθεί σε κάποια χώρα του τρίτου κόσμου με μη-ασφαλείς διαδικασίες αποσυναρμολόγησης και παραπέρα διαχείρισης.

Τέλος, υπάρχουν περιπτώσεις που στην ιεραρχία των πιθανών ΣΤΔ για ένα προϊόν προτείνονται σύνθετες λύσεις προκειμένου να βρεθεί η καλύτερη ενδιάμεση βέλτιστη και εφαρμόσιμη λύση. Για παράδειγμα η Dell δεν χρησιμοποιεί τους Η/Υ που ανακτά όταν πουλάει σε πελάτες προϊόντα της αλλά πουλάει ορισμένα από τα εξαρτήματά τους σε άλλους και κονιοποιεί τα υπόλοιπα δίνοντας τα σε χυτήρια ή παραγωγούς πλαστικών πρώτων υλών. Ανάλογη πολιτική έχει εφαρμόσει και η HP για τα 39 εκατ. μελάνια εκτυπωτών που έχει συλλέξει από το 1992.

2.1.3 Διαδικασία Επιλογής και Αξιολόγησης ΣΤΔ για ΑΗΗΕ

Πριν τη διαδικασία επιλογής της ΣΤΔ που θα εφαρμοστεί σε κάθε περίπτωση υπάρχουν διάφορα θέματα στα οποία θα πρέπει να δοθούν απαντήσεις (Verdev *et al.*, 2006, Yoruk, 2004, Miettinen *et al.*, 1997, Bhutta *et al.*, 2011) όπως:

- Ποια είναι η διαδικασία καταγραφής και αξιοποίησης της διαθέσιμης πληροφορίας (πως κατηγοριοποιείται και διαμορφώνεται η διαθέσιμη πληροφορία καθώς και ποιες είναι οι απαιτούμενες εργασίες επεξεργασίας δεδομένων που χρειάζεται να γίνουν); (Parlikad *et al.*, 2004, Cao L., 2005, Ravi *et al.*, 2005, Spengler *et al.*, 2002, Luttrupp *et al.*, 2009).
- Ποιοι είναι οι εμπλεκόμενοι στη συγκεκριμένη διαδικασία (τόσο στη διαδικασία λήψης απόφασης όσο και στην εφαρμογή της επιλεγμένης ΣΤΔ); (Goosey, 2004, Stevels *et al.*, 1999, Grunow *et al.*, 2009).
- Ποια είναι η υπάρχουσα ή απαιτούμενη υποδομή σε μηχανήματα, εξοπλισμό και τεχνογνωσία (Jeon *et al.*, 2006, Gregory *et al.*, 2006); (δεν έχει νόημα η επιλογή μιας στρατηγικής που δεν μπορεί να εφαρμοστεί)
- Για το κάθε υλικό που περιέχεται στο αντίστοιχο προϊόν ΑΗΗΕ ποιες είναι οι δυνατότητες μετέπειτα αξιοποίησής του; (Gibson *et al.*, 2006).
- Για την κάθε πιθανή ΣΤΔ ποιες είναι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και ποια είναι τα όρια που δεν πρέπει να ξεπεραστούν (Wager *et al.*, 2011);
- Ποια είναι τα ανεκτά όρια κατανάλωσης ενέργειας για την εφαρμογή της κάθε ΣΤΔ καθώς και ποια είναι τα επίπεδα ανάκτησης ενέργειας;
- Ποια είναι τα διαχειριστικά θέματα που θα πρέπει να υλοποιηθούν παράλληλα με την εφαρμογή της κάθε ΣΤΔ (όπως σημεία συλλογής ΑΗΗΕ, χώροι αποθήκευσης, σημεία αποσυναρμολόγησης, μεταφορά, άλλα οικονομικά θέματα); (Beullens, 2004, Cramer *et al.*, 1996, Georgiadis *et al.*, 2004, Istvan *et al.*, 2000, Knemeyer, 2002, Wagner *et al.*, 2004, Webster *et al.*, 2007, Zikopoulos *et al.*, 2008, Gutierrez *et al.*, 2010).

Η επιλογή της βέλτιστης ΣΤΔ αποτελεί ένα πολυκριτήριο πρόβλημα. Στην υπάρχουσα βιβλιογραφία υπάρχουν διαθέσιμα μια σειρά από διαφορετικά, σε μικρό ή μεγάλο βαθμό, εργαλεία και μέθοδοι ανάλυσης ανάλογα με το υπό μελέτη πρόβλημα (Rao *et al.*, 2010). Ενδεικτικά αναφέρονται τα εξής:

- Ανάπτυξη πολυκριτήριας διαδικασίας λήψης αποφάσεων για την επιλογή της καλύτερης δυνατής ΣΤΔ με βάση τις προτιμήσεις και τις επιδόσεις των πιθανών στρατηγικών ως

προς συγκεκριμένα περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά κριτήρια (Bufardi *et al.*, 2004, Hula *et al.*, 2003, Chan, 2008, Bereketli *et al.*, 2011).

- Για την περίπτωση που οι πιθανές ΣΤΔ είναι συγκεκριμένες ανάπτυξη πολυκριτήριου εργαλείου, που θα δίνει τις βέλτιστες συνθήκες εφαρμογής για συγκεκριμένες ΣΤΔ, όπως για παράδειγμα τον απαιτούμενο ελάχιστο ρυθμό απόσυρσης προϊόντων ΗΗΕ, το ρυθμό ζήτησης για τα αποτελέσματα μετά την εφαρμογή της επιλεγμένης ΣΤΔ (υλικά, επιμέρους τμήματα, προϊόντα ή ενέργεια), κ.α. (Guide *et al.*, 2003, Rousis *et al.*, 2008).
- Για την περίπτωση που η εφαρμοζόμενη ΣΤΔ είναι προκαθορισμένη ανάπτυξη πολυκριτήριου μοντέλου για τον καθορισμό της σειράς των απαιτούμενων εργασιών (Saleem, 1997) ή διαμόρφωση κατάλληλου μοντέλου αναλυτικού ή ευρετικού για τη βελτιστοποίηση των απαιτούμενων συνθηκών για την εφαρμογή συγκεκριμένης μεθοδολογίας (Shih, 2001).
- Ανάπτυξη εργαλείου λήψης αποφάσεων όπου το μοντέλο αποφάσεων διαμορφώνεται ως ένα πολυπαραμετρικό πρόβλημα βελτιστοποίησης υπό περιορισμούς που καθορίζει τότε ένα προϊόν θα πρέπει να αποσύρεται από την αγορά καθώς και ποια επιμέρους τμήματά του θα πρέπει να οδηγηθούν προς επαναχρησιμοποίηση, ή ανακύκλωση ή τελική απόθεση (Mangun, 2002).
- Εφαρμογή πολυπαραμετρικής μεθόδου λήψης αποφάσεων που επιτρέπει τον υπολογισμό ενός συνολικού δείκτη ανακύκλωσης με βάση τις τιμές συγκεκριμένων παραμέτρων που περιλαμβάνουν την απαιτούμενη ενέργεια, την επίδραση στο περιβάλλον αλλά και άλλες γενικές οικονομικές και τεχνικές παραμέτρους (Ardente *et al.*, 2003, Walther *et al.*, 2008).
- Εφαρμογή μεθοδολογίας που με βάση δεδομένα από τη δομή του προϊόντος και τις γεωμετρικές σχέσεις ανάμεσα στα επιμέρους τμήματά του να διαμορφώνει ένα μοντέλο για την επιλογή της ακολουθούμενης ΣΤΔ που θα πρέπει να ακολουθηθεί και να ορίζει το απαιτούμενο βάθος αποσυναρμολόγησης (Gonzalez *et al.*, 2005, Erdos *et al.*, 2001).
- Ανάπτυξη ενός πολυκριτήριου εξελικτικού αλγορίθμου για την επιλογή της βέλτιστης ΣΤΔ με στόχο τη μεγιστοποίηση της αξίας ανάκτησης ενός προϊόντος ΑΗΗΕ λαμβάνοντας υπόψη το κόστος ανάκτησης και την ποιότητα του τελικού αποτελέσματος (Jun *et al.*, 2007, Chan *et al.*, 2007).
- Ανάπτυξη μιας πολυκριτήριας μεθοδολογίας λήψης αποφάσεων όπου λαμβάνεται υπόψη και η γνώμη ειδικών (Wadhwa *et al.*, 2009).
- Ανάπτυξη ενός πολυκριτηριακού πίνακα που μέσα από μεταβλητές όπως η εξέταση της απομένουσας αξίας, τα φυσικά χαρακτηριστικά του προϊόντος, ο αναμενόμενος περιβαλλοντικός φόρτος, η ευκολία αποσυναρμολόγησης του κάθε επιμέρους τμήματος και οι εκτιμώμενες ποσότητες ΑΗΗΕ προς διαχείριση εκτιμάται η αξία της κάθε εναλλακτικής ΣΤΔ (Iakovou *et al.*, 2009).
- Διαμόρφωση μιας πολυκριτήριας μεθοδολογίας για την επιλογή της κατάλληλης ΣΤΔ με βάση τις απαντήσεις σε συγκεκριμένα ερωτήματα όπως για παράδειγμα (Lee *et al.*, 2001):
 - Αν το προϊόν είναι κατασκευασμένο από μέταλλα χωρίς κράματα τότε η ανακύκλωση είναι η καλύτερη μέθοδος.
 - Αν είναι από πολυμερή υλικά σε 1^ο στάδιο προτείνεται ανακύκλωση αλλιώς ανακύκλωση και καύση για την ανάκτηση ενέργειας.
 - Αν είναι από κεραμικά υλικά προτείνεται ανακύκλωση ή απόθεση σε ΧΥΤΑ.

- Αν είναι από ελαστομερές ή από σύνθετο υλικό προτείνονται με τη σειρά ανακύκλωση ή καύση αλλιώς απόθεση σε ΧΥΤΑ.
- Αν περιέχει επικίνδυνα υλικά προτείνεται ειδική διαχείριση ανάλογα με τα υλικά.

Σε όλες τις περιπτώσεις (Jofre *et al.*, 2005) ισχύουν τα παρακάτω:

- Η εκτεταμένη ευθύνη του παραγωγού με βάση και την υπάρχουσα νομοθεσία είναι δεδομένη.
- Οι τρέχουσες εφαρμοζόμενες μέθοδοι ΣΤΔ όσον αφορά τα προϊόντα ΑΗΗΕ παρουσιάζουν οικονομικά και περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα συγκρινόμενα με τις παραδοσιακές μεθόδους απόθεσης που εφαρμόζονταν εκτεταμένα τα προηγούμενα χρόνια.
- Κάθε εναλλακτικό σενάριο διαχείρισης έχει τις δικές του επιπτώσεις σε οικονομικό, περιβαλλοντικό και κοινωνικό επίπεδο και χρειάζεται να βρεθεί η καλύτερη δυνατή συμβιβαστική λύση.

Η εκτίμηση της αποδοτικότητας της εφαρμοζόμενης ΣΤΔ εξαρτάται από τη στρατηγική που επιλέχθηκε και τις παραμέτρους που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της αποδοτικότητάς της. Στη συγκεκριμένη ερευνητική περιοχή έχουν επίσης αναπτυχθεί πολλές μέθοδοι όπως:

- Διαμόρφωση βέλτιστου σεναρίου εφαρμογής της επιλεγμένης ΣΤΔ και σύγκριση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την πραγματική εφαρμογή. Πχ. για την εκτίμηση της αποδοτικότητας της ανακύκλωσης η σύγκριση του βέλτιστου σεναρίου ανακύκλωσης με την πραγματική εφαρμογή θα μπορούσε να περιλαμβάνει κάποια κατάλληλη συνάρτηση αξιολόγησης που συνδυάζει την περιβαλλοντική επίδραση, την ικανότητα ανακύκλωσης και την αποδοτικότητα της ανάκτησης (Yu *et al.*, 2000).
- Εφαρμογή μεθόδου όπου το πρόβλημα της μοντελοποίησης και εκτίμησης της αποτελεσματικότητας της εφαρμοζόμενης ΣΤΔ που είναι η ανακύκλωση αντιμετωπίζεται σε τρία στάδια (Kiritsis *et al.*, 2003) που είναι:
 - Δημιουργία γραφήματος ανάκτησης του προϊόντος.
 - Δημιουργία αλγορίθμου για τη λήψη βέλτιστων σχεδίων αποσυναρμολόγησης που μεγιστοποιούν την απόδοση.
 - Εφαρμογή της εφαρμοζόμενης ΣΤΔ με τη μορφή γραφήματος ανάκτησης με ερωτήσεις για την εύρεση των επιτρεπόμενων περιθωρίων μείωσης τυχόν αρνητικών επιδράσεων του βέλτιστου σχεδίου που έχει επιλεγεί ως επιθυμητός στόχος.
- Δημιουργία ενός ολοκληρωμένου μοντέλου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ανακύκλωση και ανάκτηση υλικών με βάση τη βελτιστοποίηση των απαιτούμενων εργασιών οπότε επιτυγχάνεται μεγιστοποίηση της ανακτώμενης αξίας (Reimer *et al.*, 2000).
- Διερεύνηση πως για ένα προϊόν μπορεί να επιτευχθεί η βέλτιστη επανακατασκευή του με βάση τη μελέτη πέντε συγκεκριμένων σημείων που είναι τα εξής (Sundin, 2004):
 - Η επανακατασκευή του προϊόντος είναι περιβαλλοντικά προτιμητέα σε σχέση με την κατασκευή ενός νέου προϊόντος και/ή την ανακύκλωση των υλικών;
 - Ποια βήματα πρέπει να περιληφθούν σε μια διαδικασία αποσυναρμολόγησης;
 - Ποιες ιδιότητες για ένα προϊόν χρειάζονται για την παρακολούθηση της διαδικασίας αποσυναρμολόγησης;

- ο Πως μπορεί να αυξηθεί η αποδοτικότητα των εγκαταστάσεων αποσυναρμολόγησης;
- ο Πως η σχεδίαση της αποσυναρμολόγησης μπορεί να περιληφθεί στα περιβαλλοντικά συστήματα διαχείρισης στο στάδιο της κατασκευής;

Οι απαντήσεις στα παραπάνω συνδυάζονται σε μια γενετική διαδικασία που καταλήγει πως ένα προϊόν μπορεί να ανακτηθεί και να επαναχρησιμοποιηθεί ενώ συγκρίνονται οι περιβαλλοντικές επιδράσεις των επαναχρησιμοποιούμενων προϊόντων με τα αντίστοιχα νέα προϊόντα ή προϊόντα που προέρχονται από ανακυκλωμένες πρώτες ύλες.

2.2 Αποσυναρμολόγηση σε Προϊόντα ΑΗΗΕ

Η αποσυναρμολόγηση είναι το πρώτο κρίσιμο βήμα στη διαδικασία διαχείρισης ενός προϊόντος ΑΗΗΕ. Αποτελεί τη μεθοδική αφαίρεση επιμέρους τμημάτων από προϊόντα που έχουν αποσυρθεί μέσα από μια σειρά ενεργειών ((Hu *et al.*, 2002, Gupta *et al.*, 1996, Lambert *et al.*, 2005, Oralic *et al.*, 2010). Η ακολουθούμενη πορεία έχει αποτελέσει αντικείμενο μελέτης για πολλούς επιστήμονες. Συνήθως τα θέματα που μελετώνται σχετίζονται με τα εξής:

- ελαχιστοποίηση των απαιτούμενων πόρων (κόστος, χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός, ανθρώπινο δυναμικό, κ.α.) για την ολοκλήρωση της διαδικασίας,
- μεγιστοποίηση του βαθμού αυτοματοποίησης (Nakamura *et al.*, 2011) και
- βέλτιστη ποιότητα των επιμέρους τμημάτων και υλικών που ανακτώνται (Duflo *et al.*, 2008, Johansson, 2008).

Η ανάγκη που ώθησε αρχικά την ανάπτυξη των εργασιών της συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης ήταν η ανάγκη αλλαγής επιμέρους εξαρτημάτων κατά τη διάρκεια ζωής προϊόντων. Η απαίτηση αυτή είχε ως αποτέλεσμα τη σταδιακή ανάπτυξη συγκεκριμένων προδιαγραφών για αυτά τα επιμέρους εξαρτήματα. Η ταχεία ανάπτυξη της επιστήμης της πληροφορικής στο 2^ο μισό του 20^{ου} αιώνα επηρέασε επίσης πολύ αφού:

- Εμφανίζονται οι εργαλειομηχανές αριθμητικού ελέγχου (CNC) στα τέλη της δεκαετίας του '60 ενώ μετά τη δεκαετία του '70 η χρήση ρομπότ επεκτείνεται όλο και περισσότερο στους τομείς παραγωγής και συναρμολόγησης.
- Στη διαδικασία σχεδίασης τα συστήματα σχεδίασης με χρήση υπολογιστή (CAD) χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό μετά τη δεκαετία του '70 οπότε και σε πρώτη φάση αναπτύσσονται εικονικά πρωτότυπα για το κάθε προϊόν με τα οποία μπορούν να ελεγχθούν και να τροποποιηθούν πριν ακόμα φτάσει το προϊόν στη φάση της παραγωγής.
- Όσον αφορά τα ίδια τα προϊόντα πλέον σε όλο και μικρότερο χρονικό διάστημα νέα προϊόντα βγαίνουν στην αγορά σε βελτιωμένη μορφή, με περισσότερες χρήσεις, πιο πολύπλοκη μορφή που περιλαμβάνουν όλο και μεγαλύτερο ποσό πληροφορίας.

Μέσα από τις θεωρίες "Assembly Oriented Design" που εφαρμόστηκε εντατικά μετά τις αρχές της 10ετίας του '80 και τη θεωρία "Design for Assembly" (DfA) (Boothroyd *et al.*, 2009) που διατυπώθηκε αρχικά το 1982 εξετάζεται για 1^η φορά η σχέση σχεδίασης ενός προϊόντος και της συναρμολόγησης του. Η θεωρία του "Concurrent Engineering" (Prasad *et al.*, 1997, Rochowiak *et al.*, 1993) που διατυπώθηκε για πρώτη φορά περίπου το 1987, στα μεθυστερα στάδια

εφαρμογής της σχετίζεται και με τη διαδικασία της αποσυναρμολόγησης, αφού αφορά την υλοποίηση παράλληλων εργασιών τόσο κατά την παραγωγή όσο και στις υπόλοιπες φάσεις του κύκλου ζωής ενός προϊόντος με απώτερο στόχο τη μείωση του απαιτούμενου χρόνου παραγωγής προϊόντων πολύπλοκης μορφής (εφαρμογές σε οπτικά συστήματα, αυτοκινητοβιομηχανίες και ηλεκτρονικά είδη). Η διατύπωση της θεωρίας της σχεδίασης για αποσυναρμολόγηση (Design for Disassembly – DfD) που ακολουθεί είναι επέκταση της σχεδίασης για συναρμολόγηση αλλά διαφέρει σημαντικά. Πρόκειται για θεωρία που έγινε γνωστή στις αρχές της δεκαετίας του '90. Από τότε ξεκίνησε και η ιδέα δημιουργίας εργοστασίων αποσυναρμολόγησης με μεγάλο βαθμό αυτοματισμού των επιμέρους εργασιών. Σταδιακά τα όλο και πιο σύνθετα προβλήματα που δημιουργούνται με τα χρόνια κατά την αποσυναρμολόγηση απαιτούν την εφαρμογή συστημάτων λήψης απόφασης για την επίλυσή τους και συνήθως μελετώνται ακολουθώντας μια ιεραρχική διαδικασία.

Οι λόγοι που οδήγησαν στη συστηματική μελέτη της αποσυναρμολόγησης ξεκίνησαν από την επιθυμία ανάκτησης πολύτιμων και χρήσιμων υλικών, την καταρχήν απομάκρυνση επικίνδυνων υλικών, την αντιμετώπιση της πρόκλησης για την περιβαλλοντική διαχείριση των προϊόντων αφού αυτά αποσυρθούν από την αγορά, την ανάγκη για την αντιμετώπιση όλο και μεγαλύτερων ποσοτήτων μεγάλης ποικιλομορφίας πολύπλοκων προϊόντων που αποσύρονταν από την αγορά καθώς και από το αναμενόμενο όφελος που μπορεί να αποφέρει σε όποιον την εφαρμόζει.

Για κάθε προϊόν ΑΗΗΕ που αποσύρεται οι πιθανές εργασίες αποσυναρμολόγησης που μπορούν να εφαρμοστούν μπορούν να ομαδοποιηθούν στις εξής (Δημόπουλος, 2004):

- Καταστροφικές διαδικασίες (που μπορεί να είναι τεμαχισμός, κονιοποίηση ή διαχωρισμός του προϊόντος).
- Μη – καταστροφικές ή μερικώς καταστροφικές διαδικασίες που υλοποιούνται μέσα από τη σταδιακή αφαίρεση επιμέρους τμημάτων του προϊόντος.

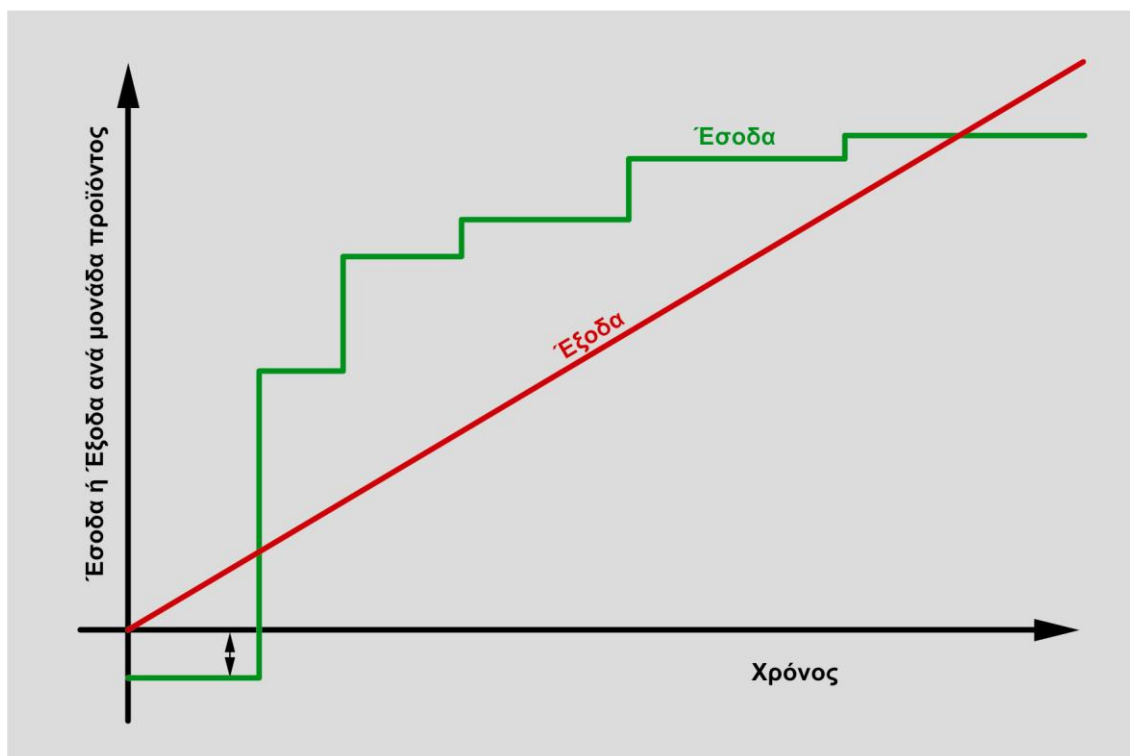
Μερικά από τα πλέον πιθανά σενάρια που μπορεί να συναντήσει κάποιος σε προϊόντα ΑΗΗΕ είναι τα εξής:

- Όταν ένα προϊόν είναι μη αποσυναρμολογήσιμο ή η αποσυναρμολόγησή του δεν συμφέρει οικονομικά τότε είναι προτιμότερη η χρήση της τεχνικής του τεμαχισμού και μετέπειτα διαχωρισμού ή της κονιοποίησης και μετέπειτα διαχωρισμού.
- Όταν πρόκειται για προϊόν που δεν συναντάται συχνά στη φάση τελικής διαχείρισης ή για επιμέρους τμήματα που δεν συναντώνται συχνά ή υπάρχουν ελλιπή στοιχεία όσον αφορά τη δομή και σύστασή τους ή υπάρχει ελαστικότητα όσον αφορά τις πιθανές φθορές που μπορεί να έχουν υποστεί κατά τη χρήση τους, τότε ενδείκνυται η εφαρμογή χειρωνακτικής αποσυναρμολόγησης.
- Όταν πρόκειται για προϊόν που συναντάται συχνά σε φάσεις αποσυναρμολόγησης ή για προϊόν για το οποίο υπάρχουν αναλυτικά δεδομένα και σχέδια όσον αφορά τη δομή και σύστασή του, οπότε η διαδικασία της αποσυναρμολόγησης μπορεί να σχεδιαστεί και να προβλεφθεί με ακρίβεια ή όταν πρόκειται για προϊόν που απαιτεί λεπτούς και ακριβείς χειρισμούς για να μην υπάρξουν φθορές ή απαιτεί χειρισμούς που θα αποτρέπουν πιθανά ατυχήματα ή άλλες βλάβες τότε αναζητούνται αυτοματοποιημένες λύσεις που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν.

Τα τυποποιημένα εργαλεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη διαδικασία της αποσυναρμολόγησης είναι πολλά και διαφορετικά προκειμένου να καλύπτουν κάθε ανάγκη (Bufardi *et al.*, 2004, Feldmann *et al.*, 1999, Gehin *et al.*, 2007, Sundin, 2004). Στόχος είναι η

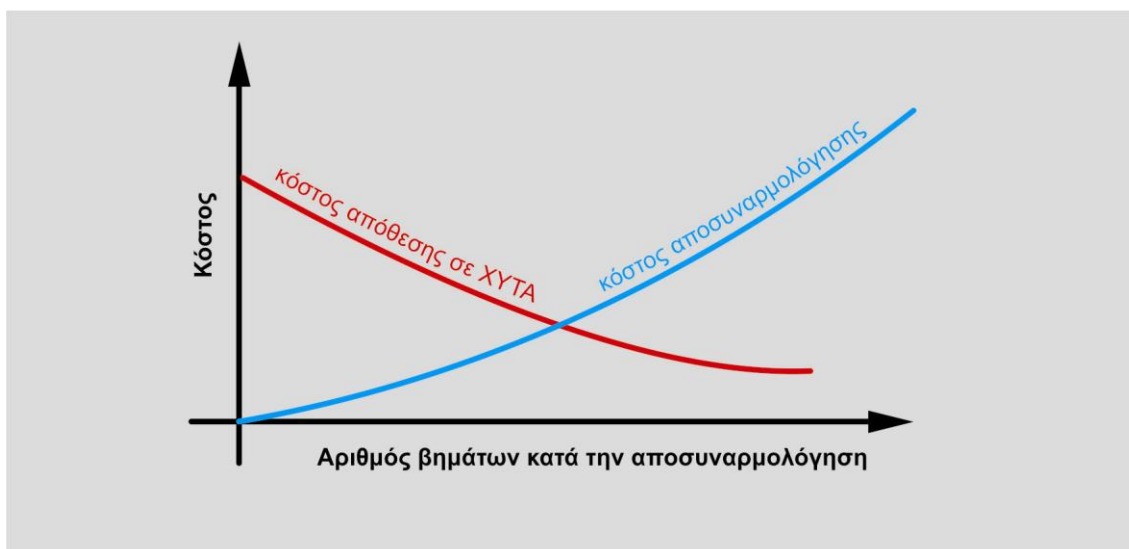
χρήση εργαλείων που βοηθούν στον εύκολο εντοπισμό και διαχωρισμό των επιθυμητών επιμέρους συνόλων κατά την εκτελούμενη διαδικασία. Εκτός από τα εργαλεία άλλα βοηθητικά μέσα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι άλλα διαθέσιμα δεδομένα όπως πίνακες υλικών συμβατών μεταξύ τους που μπορούν να υποστούν μαζί επεξεργασία, πίνακες συνδέσμων και συνδέσεων που έχουν χρησιμοποιηθεί, σχέδια προϊόντος, κ.α. Η αποσυναρμολόγηση μπορεί να έχει βασικό ρόλο στο τελικό στάδιο ζωής ενός προϊόντος ΑΗΗΕ μετά την απόσυρσή του αφού μπορεί για παράδειγμα να χρειάζεται να σχεδιαστεί ώστε να συλλέγονται επιμέρους τμήματα από συγκεκριμένα υλικά ή μπορεί να γίνεται με στόχο ότι τα επιμέρους τμήματα θα επαναχρησιμοποιηθούν ή θα επισκευαστούν οπότε θα πρέπει να μην είναι καταστροφική (Brennan *et al.*, 1994, Ishii, 1995, Lambert, 1997, Yang *et al.*, 2009). Η εφαρμογή της μη - καταστροφικής ή της μερικώς - καταστροφικής αποσυναρμολόγησης ως προς τα επιμέρους τμήματα ενός προϊόντος, που απομακρύνονται σταδιακά σε ένα ασφαλές και καθαρό περιβάλλον και καταλήγει σε υψηλό βαθμό ανάκτησης, είναι μεν ένα επιθυμητό και πιθανό σενάριο πλην όμως συνοδεύεται από υψηλό κόστος και μεγάλη απαιτούμενη χρονική διάρκεια. Για το λόγο αυτό αν και η αποσυναρμολόγηση είναι μια επιθυμητή διαδικασία στην πράξη εφαρμόζεται ως ένα ορισμένο σημείο (Bhootra, 2002).

Το κριτήριο με βάση το οποίο αποφασίζεται η πορεία και το βάθος στο οποίο φτάνει η αποσυναρμολόγηση είναι σε κάθε περίπτωση το συνολικό όφελος η διαφορά δηλαδή της απαιτούμενης δαπάνης και του κέρδους που προκύπτει. Με άλλα λόγια, το πρόβλημα του ορισμού του βέλτιστου επιπέδου αποσυναρμολόγησης έγκειται στο να βρεθεί το σημείο ισορροπίας ανάμεσα στους διαθέσιμους πόρους για την υλοποίηση της απαιτούμενης αποσυναρμολόγησης και τα οφέλη που προσφέρει. Τεχνικές υπολογισμού του κόστους αποσυναρμολόγησης, των εσόδων και του κέρδους υπάρχουν αρκετές ανάλογα με τον στόχο που εξυπηρετεί η αποσυναρμολόγηση (Feldmann *et al.*, 1999, Lambert, 2002, Navin, 1994, Guidice *et al.*, 2006). Σε όλες τις περιπτώσεις το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι όσο προχωράει η διαδικασία αποσυναρμολόγησης το κόστος συνεχώς αυξάνει, τα έσοδα μετά από ένα σημείο σταθεροποιούνται οπότε αναπόφευκτα το κέρδος παρουσιάζει στην αρχή μια αυξητική τάση που φτάνει σε ένα μέγιστο σημείο πέρα από το οποίο παρουσιάζει πτώση. Η πορεία αυτή φαίνεται και στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 3. Εξέλιξη κόστους και οφέλους από τη διαδικασία της αποσυναρμολόγησης σε συνάρτηση με το βάθος αποσυναρμολόγησης (Lambert *et al.*, 2005)

Μια άλλη ενδιαφέρουσα εργασία όσον αφορά την αποσυναρμολόγηση έχει γίνει από τους Graedel και Allenby το 1996 οποίοι μελέτησαν πως σχετίζεται το κόστος αποσυναρμολόγησης και τελικής απόθεσης προϊόντων που έχουν αποσυρθεί με τα απαιτούμενα βήματα που πρέπει να γίνουν κατά την αποσυναρμολόγηση. Με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη μελέτη τους υποστηρίζουν ότι, προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί το κόστος τελικής διαχείρισης ενός προϊόντος, θα πρέπει η αποσυναρμολόγηση να απαιτεί τον ελάχιστο αριθμό απαραίτητων βημάτων που πρέπει να υλοποιηθούν, αλλιώς η απόθεση σε ΧΥΤΑ είναι η πιο συμφέρουσα, από οικονομική άποψη, λύση καθώς το κόστος της αποσυναρμολόγησης αυξάνει όπως φαίνεται και στο σχήμα που ακολουθεί. Οπότε ένας βασικός στόχος κατά τη σχεδίαση για την αποσυναρμολόγηση είναι η σχεδίαση προϊόντων για τα οποία έχει διασφαλιστεί ότι κατά την αποσυναρμολόγηση τους ακολουθείται η βέλτιστη δυνατή διαδρομή.



Σχήμα 4. Σύγκριση κόστους αποσυναρμολόγησης και απόρριψης σε χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) (Graedel *et al.*, 1996)

Διαχρονικά, τα δύο βασικά προβλήματα που απασχολούν τους ερευνητές, ως προς την αποσυναρμολόγηση, είναι τα εξής:

- Εύρεση της βέλτιστης σειράς εργασιών.
- Εύρεση του βέλτιστου επιπέδου με βάση τη μετέπειτα ΣΤΔ που έχει επιλεγεί να εφαρμοστεί.

2.2.1 Σχεδίαση Προϊόντος και Αποσυναρμολόγηση

Στη διαδικασία συναρμολόγησης στόχος είναι η κατασκευή ενός προϊόντος σύμφωνα με τις προδιαγραφές που έχουν τεθεί βάζοντας τα επιμέρους τμήματά του σε συγκεκριμένες θέσεις και με συγκεκριμένο τρόπο. Σε αυτήν τη διαδικασία ο αριθμός των επιμέρους τμημάτων, η ποιότητά τους, η σύσταση των υλικών είναι στοιχεία ήδη γνωστά. Στη διαδικασία της αποσυναρμολόγησης συχνά έχουν συμβεί στο προϊόν αναμενόμενες ή μη-αναμενόμενες αλλαγές στα επιμέρους τμήματά του (έχουν υποστεί αλλοιώσεις ή έχουν επιδιορθωθεί ή έχουν επισκευαστεί κ.α.) και συνήθως δεν είναι διαθέσιμη η πληροφορία για το τι ακριβώς έχει συμβεί. Τα σημεία στη διάρκεια της ζωής ενός προϊόντος που μπορούν να γίνουν ενέργειες και να ληφθούν αποφάσεις που θα επηρεάσουν την απόδοση της αποσυναρμολόγησης είναι το στάδιο σχεδίασης του προϊόντος καθώς και το στάδιο πριν την έναρξη της αποσυναρμολόγησης.

Η λήψη αποφάσεων στη φάση της σχεδίασης για την αποσυναρμολόγηση δυσκολεύεται από το γεγονός ότι η σχεδίαση προηγείται κατά πολύ της διαδικασίας αποσυναρμολόγησης οπότε θα πρέπει να γίνουν προβλέψεις για τις συνθήκες που θα υπάρχουν στη δεδομένη χρονική στιγμή (Gurta *et al.*, 1994). Στην κατεύθυνση αυτή έχει αναπτυχθεί η θεωρία της σχεδίασης για αποσυναρμολόγηση (DfD: Design for Disassembly) που σαν θεωρία σχετίζεται με τη σχεδίαση για το περιβάλλον. Στόχος της συγκεκριμένης θεωρίας είναι η διατύπωση προτάσεων στη φάση της σχεδίασης όσον αφορά την εξωτερική εικόνα του προϊόντος, τις θέσεις και λειτουργίες των επιμέρους τμημάτων και τις σχέσεις που υπάρχουν ανάμεσά τους, στη μελέτη των γεωμετρικών χαρακτηριστικών και των υλικών που αποτελούν τα επιμέρους τμήματα, στην προτεινόμενη χρήση συγκεκριμένων μέσων σύνδεσης, στις επικαλύψεις των χρησιμοποιούμενων επιμέρους

τμημάτων και γενικά οι επεμβάσεις σε όλα τα σημεία που μπορούν να δυσκολέψουν την εργασία της αποσυναρμολόγησης (Dong *et al.*, 2006, Ilgin *et al.*, 2010, Viswanathan, 2000). Για τα προϊόντα ΑΗΗΕ, πιο συγκεκριμένα, στόχος είναι η μείωση της πολυπλοκότητας της δομής σχεδιάζοντας προϊόντα με όσο το δυνατό λιγότερα επιμέρους τμήματα, την αύξηση χρήσης κοινών ή συμβατών στην κατεργασία μεταξύ τους υλικών και τη χρήση μέσων σύνδεσης που μπορούν με ευκολία να αφαιρεθούν (Lee *et al.*, 2004, ElSayed *et al.*, 2010). Προβλήματα που χρειάζεται να αντιμετωπιστούν είναι τα εξής:

- Ποια από τα παραπάνω χαρακτηριστικά θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη;
- Πως επηρεάζονται;
- Ποια είναι τα περιθώρια μεταβολής που υπάρχουν;
- Με ποιες στρατηγικές συνδέεται το καθένα από τα παραπάνω θέματα;

Όσον αφορά τα μέσα σύνδεσης ή τις συγκολλήσεις θα πρέπει κατά τη φάση της σχεδίασής τους να ελέγχεται πως θα αφαιρεθούν κατά την αποσυναρμολόγηση ώστε να προκαλούν τις λιγότερες δυνατές φθορές στα επιμέρους τμήματα που συνδέουν. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν πίνακες με ενδεικτικά μέσα σύνδεσης μεταλλικά ή πλαστικά που προτείνονται ώστε η διαδικασία της αποσυναρμολόγησης να βελτιστοποιείται όσον αφορά την ποιότητα και τους χρόνους που απαιτεί. Για παράδειγμα οι Kang *et al.* (2000) σχεδίασαν βάσεις για διάφορα ηλεκτρονικά προϊόντα με απώτερο στόχο να σχεδιάσουν τμήματα και προϊόντα που μπορούν πιο εύκολα και οικονομικά να διαλυθούν, να αποσυναρμολογηθούν και να ανακυκλωθούν.

Σύμφωνα με τους Lambert και Gupta (2005) οι αρχές σχεδίασης που συνδέονται άμεσα με την αποδοτική και αποτελεσματική αποσυναρμολόγηση χρειάζεται να περιλαμβάνουν το σύνολο ή μέρος των εξής:

Κατάλληλη σύνθεση χρησιμοποιούμενων υλικών

- Αποφυγή χρήσης απαγορευμένων ουσιών όπως το κάδμιο, ο αμίαντος, κ.α.
- Αποφυγή χρήσης πιθανών επικίνδυνων ουσιών. Για τις τυχόν επικίνδυνες ουσίες, που δεν μπορεί να αποφευχθεί η χρήση τους, να υπάρχει δυνατότητα αφαίρεσής τους κατά την αποσυναρμολόγηση σε όσο το δυνατό πιο αρχικά στάδια.
- Υλικά που είναι ακόμα δύσκολο να ανακυκλωθούν (πχ. σύνθετα υλικά) θα πρέπει να χρησιμοποιούνται στο μικρότερο δυνατό βαθμό.

Κατάλληλες μηχανικές ιδιότητες του προϊόντος

- Η δομή του προϊόντος θα πρέπει να είναι ορατή με την ελάχιστη δυνατή προσπάθεια και να αποφεύγεται η ύπαρξη μη-προσβάσιμων περιοχών (πχ. οι επιμέρους σύνδεσμοι θα πρέπει να είναι όσο το δυνατό πιο χαλαροί προκειμένου να υπάρχει εύκολη πρόσβαση στο εσωτερικό του προϊόντος ή για το διαχωρισμό του προϊόντος σε επιμέρους τμήματα με την ελάχιστη δυνατή προσπάθεια).
- Το προϊόν θα πρέπει να έχει μια ιεραρχική και βαθμωτή δομή, γεγονός που θα διευκολύνει το χωρισμό του σε επιμέρους λειτουργικές μονάδες.
- Οι συνδέσεις που χρησιμοποιούνται θα πρέπει να είναι στο μέγιστο βαθμό αναστρέψιμες και να μην καταστρέφονται κατά την αποσυναρμολόγηση.
- Τα επιμέρους τμήματα θα πρέπει να είναι φτιαγμένα από όσο το δυνατό πιο ομογενή υλικά.
- Ο αριθμός των χρησιμοποιούμενων υλικών θα πρέπει να είναι στο μέγιστο βαθμό περιορισμένος.

- Τα χρησιμοποιούμενα υλικά θα πρέπει να έχουν τη μέγιστη δυνατή καθαρότητα.
- Ο αριθμός των διαφορετικών τύπων συνδέσμων θα πρέπει επίσης να είναι περιορισμένος στο μέγιστο βαθμό
- Οι εκτελούμενες εργασίες κατά την αποσυναρμολόγηση θα πρέπει να γίνονται με τη χρήση όσο το δυνατό λιγότερων διαφορετικών εργαλείων
- Ο αριθμός των ακολουθούμενων κατευθύνσεων εντός του προϊόντος κατά την αποσυναρμολόγηση θα πρέπει να είναι ο μικρότερος δυνατός.
- Ελαχιστοποίηση στη χρήση συνδέσεων που καταστρέφονται κατά την αποσυναρμολόγηση
- Μεγιστοποίηση χρήσης μετάλλων και πολύτιμων υλικών (έχουν μεγαλύτερη απόδοση στην ανακύκλωση). Ακολουθούν πλαστικά και μετά τα υπόλοιπα υλικά.
- Μεγιστοποίηση χρήσης ανακυκλώσιμων υλικών.

Διαθεσιμότητα της απαιτούμενης πληροφορίας

- Τα πλαστικά μέρη θα πρέπει να περιέχουν κάποια μορφή κωδικοποίησης προκειμένου να δείχνει τη σύνθεσή τους. Δεδομένου ότι τα πλαστικά είναι υλικά που μπορούν να ανακυκλωθούν πλήρως και χωρίζονται σε επτά βασικές κατηγορίες (PET, HDPE, PVC, LDPE, PP, PS, υπόλοιπα), θα πρέπει να επιδιώκεται η χρήση πλαστικών από όσο το δυνατό λιγότερες κατηγορίες.
- Θα πρέπει να είναι διαθέσιμα τα φύλλα του προϊόντος που περιλαμβάνουν δεδομένα πάνω στη σύνθεση των επιμέρους υλικών καθώς και τη μάζα και γεωμετρία των επιμέρους τμημάτων τους.

Οι σχεδιαστές είναι προφανές ότι δεν έχουν την εμπειρία σχεδίασης με βάση την αποσυναρμολόγηση και την τελική διαχείριση ενός προϊόντος μετά την απόσυρσή του. Για το λόγο αυτό και πολλές μέθοδοι έχουν αναπτυχθεί λαμβάνοντας υπόψη τις γνώσεις και επιθυμίες των σχεδιαστών όπως για παράδειγμα η οικο-αρχιτεκτονική (eco-architecture) ανάλυση (Kwak *et al.*, 2009) που ανέπτυξε μια μεθοδολογία μέσα από την οποία το προϊόν παρουσιάζεται ως ένα σύνολο επιμέρους τμημάτων στο τέλος της χρήσιμης ζωής τους οπότε και στη συνέχεια η βέλτιστη ΣΤΔ μπορεί να επιλεγεί εκ των προτέρων με βάση την επιθυμητή οικο-αρχιτεκτονική. Άλλη μέθοδος προτείνει τη δημιουργία διαφόρων τρισδιάστατων μορφών του προϊόντος, δοκιμάζοντας διάφορους συνδυασμούς επιμέρους τμημάτων, μέσων, και σειράς συναρμολόγησής τους, οπότε στη συνέχεια με τη χρήση ενός γενετικού αλγορίθμου να είναι δυνατός ο ορισμός της βέλτιστης δομής από τις εναλλακτικές που διαπιστώθηκαν ότι μπορούν να εφαρμοστούν (Chu *et al.*, 2009). Με χρήση λοιπόν διαφόρων προσεγγίσεων όπως βάσεις δεδομένων, δημιουργία αλγορίθμων και χρήση πακέτων σχεδίασης, εργαλείων δηλαδή που ήδη είναι γνωστά στους σχεδιαστές, είναι δυνατό να δοθεί η απαραίτητη γνώση για τις απαιτήσεις αποσυναρμολόγησης στα αρχικά στάδια σχεδίασης. Σχετικές εφαρμογές για παράδειγμα που έχουν γίνει σε προϊόντα της LG έδειξαν βελτίωση της διαδικασίας ανακύκλωσης κατά 15%.

Πιθανά κριτήρια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της καλής σχεδίασης ενός προϊόντος όσον αφορά την αποσυναρμολόγησης του είναι:

- Η ποσοτικοποίηση της ευκολίας αποσυναρμολόγησης που αποτελεί κριτήριο της καλής σχεδίασης του προϊόντος και μετρείται με βάση τους χρόνους αποσυναρμολόγησης (Kroll *et al.*, 1999, Galantucci *et al.*, 2004).
- Η χρήση πιο σύνθετων δεικτών που λαμβάνουν υπόψη τους διάφορα πρακτικά θέματα και θέματα εργονομίας που σχετίζονται με την αποσυναρμολόγηση (απαιτούμενος

χρόνος, χρήση εργαλείων, προσβασιμότητα, απαιτούμενη προσπάθεια) (Das *et al.*, 2000, Desai *et al.*, 2003, Tseng *et al.*, 2009).

- Η κατάλληλη σήμανση σημείων όπου θα πρέπει να γίνεται ο διαχωρισμός και τα οποία θα πρέπει να τοποθετούνται κατά τη συναρμολόγηση.
- Η εφαρμογή πιο καινοτόμων τεχνικών όπως η χρήση συνδέσμων που λύνονται με θερμοκρασία ή άσκηση πίεσης σε συγκεκριμένα σημεία.
- Η χρήση συνδέσμων που ανοίγουν κάτω από την επίδραση κατάλληλου μαγνητικού πεδίου (για μεταλλικά επιμέρους τμήματα), κ.α.

Φανερό είναι ότι οι παράγοντες που χρειάζεται να αξιολογηθούν είναι πολλοί και δεν μπορεί να εξεταστεί μόνο ένα κριτήριο σε κάθε περίπτωση. Επιπλέον, και το κόστος αποσυναρμολόγησης, που είναι ανάλογο με τον απαιτούμενο χρόνο και το ποσοστό των επιμέρους τμημάτων που αποσπώνται από το προϊόν, χρειάζεται να ληφθεί υπόψη (Zhang, 1997).

2.2.2 Αποσυναρμολόγηση Προϊόντων ΑΗΗΕ με Βάση την Ακολουθούμενη Διαδικασία Τελικής Διαχείρισής τους

Μια γενική περιγραφή και καταγραφή των προβλημάτων που αφορούν τη διαδικασία της αποσυναρμολόγησης έχουν αποτελέσει αντικείμενο έρευνας από πολλούς ερευνητές μεταξύ των οποίων είναι οι Moyer *et al.* (1997), Ilgin *et al.* (2010) και Lambert *et al.* (2005). Επίσης πολλές είναι οι μελέτες που συναντάει κάποιος στη βιβλιογραφία για την τυποποίηση των εργαλείων αποσυναρμολόγησης (Bhootra, 2002, Feldmann *et al.*, 1999, Das *et al.*, 2002, Seliger *et al.*, 1993, Knoth *et al.*, 2005). Σε όλες τις περιπτώσεις τα θέματα που εξετάζονται είναι ο καθορισμός του επιθυμητού επιπέδου αποσυναρμολόγησης, η διαχείριση ενώσεων και συνδέσεων, ο βαθμός στον οποίο το προϊόν έχει καταστραφεί, ο απαραίτητος εξοπλισμός για την αποσυναρμολόγηση, η διαχείριση των επικίνδυνων υλικών που είναι απαραίτητο να απομονωθούν, καθώς και η βέλτιστη σειρά εργασιών που χρειάζεται να πραγματοποιηθούν. Πρόκειται για μια μελέτη κόστους – οφέλους σε σχέση πάντα με τα επιθυμητά αποτελέσματα από τη συγκεκριμένη διαδικασία (Teunter, 2004, Tumkor *et al.*, 2007).

Η σειρά εργασιών σε μια διαδικασία αποσυναρμολόγησης ξεκινάει από το προϊόν που χρειάζεται να αποσυναρμολογηθεί και καταλήγει στην κατάσταση όπου όλα τα επιμέρους τμήματα που χρειάζεται να αποσυναρμολογηθούν για την παραπέρα αξιοποίηση του προϊόντος έχουν αποσυναρμολογηθεί με επιτυχία, οπότε το τελικό αποτέλεσμα είναι πλήρης ή μερική αποσυναρμολόγηση (Gungor *et al.*, 1997, Gupta *et al.*, 2006, Matsumoto *et al.*, 2009).

Η ακολουθία των εκτελούμενων εργασιών και το βάθος στο οποίο φτάνει η αποσυναρμολόγηση εξαρτάται από το συνδυασμό του ανθρώπινου παράγοντα, των γεωμετρικών χαρακτηριστικών και των λοιπών διαθέσιμων δεδομένων για το προϊόν στο κάθε στάδιο ανάλυσης καθώς εξελίσσεται η αποσυναρμολόγηση (Guidice, 2010). Πρόσθετα στοιχεία που μπορούν να βοηθήσουν την πραγματοποιούμενη ανάλυση είναι τα σχέδια συναρμολόγησης και οι πίνακες δεδομένων υλικών εφόσον είναι διαθέσιμα. Με βάση τα παραπάνω η διαδικασία της αποσυναρμολόγησης μπορεί να είναι διαδραστική ή αυτοματοποιημένη ή συνδυασμός των δύο. Προφανές είναι ότι όσο πιο πολύπλοκη μορφή έχει ένα προϊόν τόσο περισσότερες εναλλακτικές διαδρομές υπάρχουν κατά την αποσυναρμολόγηση που θα πρέπει να ελεγχθούν, προκειμένου να επιλεγεί η βέλτιστη διαδρομή, ενώ απαιτούνται περισσότερα δεδομένα και υπολογισμοί που χρειάζεται να γίνουν (Lambert, 2002). Για την απλοποίηση του συγκεκριμένου προβλήματος πιθανές λύσεις είναι:

- Η μελέτη του προϊόντος ως προς ομάδες επιμέρους τμημάτων του οπότε και η διαδικασία αναζήτησης γίνεται σε λιγότερα βήματα (Lee, 1994, Dong *et al.*, 2006).
- Η μεγιστοποίηση του βαθμού αυτοματοποίησης της απαιτούμενης εργασίας (Zussman, 1995).
- Η διαμόρφωση ενός έμπειρου συστήματος που θα απλοποιεί την απαιτούμενη εργασία και θα αποτελεί το μέσο συνεργασίας όλων των εμπλεκόμενων που ευθύνονται για την επιτυχή αποσυναρμολόγηση (Tumkor *et al.*, 2007, Duta *et al.*, 2008).
- Η ομαδοποίηση των επιμέρους εργασιών ανάλογα με τον εξοπλισμό που απαιτούν (Andres *et al.*, 2007).
- Η σταδιακή επιλογή των βημάτων αποσυναρμολόγησης μέσα από πίνακα αποσυναρμολόγησης που δημιουργείται και περιλαμβάνει όλες τις πιθανές διαδρομές (Huang *et al.*, 2002) ή μέσα από δέντρο αποσυναρμολόγησης όπου και παρουσιάζονται γραφικά όλα τα πιθανά βήματα σε κάθε στάδιο της διαδικασίας αποσυναρμολόγησης (Seo *et al.*, 2001, Gurta *et al.*, 1994, Ishii *et al.*, 1996, Kim, 2006). Πλεονέκτημα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι ότι δίνει και την ευκαιρία εκτίμησης του απαιτούμενου χρόνου αποσυναρμολόγησης. Τα δεδομένα που χρειάζονται στην περίπτωση αυτή είναι εκτιμήσεις των χρόνων αφαίρεσης των επιμέρους τμημάτων σε όλη τη διαδικασία. Στην πράξη αυτό γίνεται με τη χρήση πινάκων που υπάρχουν στη βιβλιογραφία (Dowie *et al.*, 1994) που δίνουν εκτιμώμενους χρόνους για διάφορες εργασίες κατά την αποσυναρμολόγηση οποιουδήποτε προϊόντος.

Η εύρεση της βέλτιστης σειράς των εκτελούμενων εργασιών κατά την αποσυναρμολόγηση είναι ένα μαθηματικό πρόβλημα το οποίο μέχρι και σήμερα έχει μελετηθεί εκτενώς και σύμφωνα με τους Lambert *et al.* (2005) οι μέθοδοι που κατά καιρούς έχουν εφαρμοστεί μπορούν να ομαδοποιηθούν στις εξής κατηγορίες:

- *Ευρετικές μέθοδοι:* Χρησιμοποιούν κανόνες συνήθως σε αλγοριθμική μορφή που με συστηματικό τρόπο καταλήγουν σε «καλές» λύσεις. Είναι γρήγορες μέθοδοι μεν αλλά δεν εφαρμόζονται με επιτυχία σε προϊόντα όπου δεν μπορούν να τεθούν κανόνες από την αρχή (Gungor *et al.*, 1998, Erdos *et al.*, 2001, Kuo *et al.*, 2000, Shih *et al.*, 2007).
- *Μεταευρετικές μέθοδοι:* Περιλαμβάνουν τεχνικές μοντελοποίησης και αναζήτησης που δεν οδηγούν άμεσα στο βέλτιστο αλλά χρησιμοποιώντας ασαφείς ιδιότητες υπάρχει σύγκλιση σε κάποιο αποτέλεσμα με έναν μη-προβλεπόμενο τρόπο. Υπάρχουν πολλές μεταευρετικές μέθοδοι όπως η ασαφής λογική, οι γενετικοί αλγόριθμοι, οι αποικίες μυρμηγκιών, οι προσομοιώσεις, κ.α. (Imtananavich *et al.*, 2004, Gonzalez *et al.*, 2006, Diaz *et al.*, 2007, Gerner *et al.*, 2005, Hui *et al.*, 2008).
- *Ακριβείς μέθοδοι:* Περιλαμβάνουν αλγορίθμους αναζήτησης που είτε διασχίζουν όλες τις πιθανές λύσεις συστηματικά είτε συγκλίνουν σε μια βέλτιστη λύση χωρίς να εξετάσουν πρώτα όλες τις πιθανές λύσεις. Συνήθως εδώ εφαρμόζονται απλοί αλγόριθμοι (πχ. γραμμικοί) ή αλγόριθμοι που αποκλείουν σε πρώτη φάση συγκεκριμένες περιοχές πιθανών λύσεων για παραπέρα αναζήτηση. Τέτοιοι αλγόριθμοι εφαρμόζονται σε προβλήματα ακέραιου προγραμματισμού καθώς και σε προβλήματα δυαδικού (0-1) ακέραιου προγραμματισμού. Οι δυαδικοί αλγόριθμοι χρησιμοποιούνται συχνά σε προβλήματα αποσυναρμολόγησης. Η αναζήτηση της βέλτιστης λύσης συνήθως απλοποιείται σε γραμμικά ή δυαδικά προβλήματα.

Άλλη εφαρμοζόμενη μέθοδος για την επίλυση προβλημάτων αποσυναρμολόγησης είναι τα Petri Nets (Singh *et al.*, 2003, Moore *et al.*, 2001, Tiwari *et al.*, 2001, Zussman *et al.*, 1998, Tang *et al.*, 2006). Η εφαρμογή τους βασίζεται στη διαμόρφωση του πίνακα πιθανών μεταβάσεων με βάση τις πιθανές διαδρομές σε ένα διάγραμμα AND/OR αποσυναρμολόγησης και η σχεδίαση στη συνέχεια του δικτύου Petri με βάση το οποίο η διαδικασία αποσυναρμολόγησης μπορεί να μελετηθεί τόσο στο σύνολό της όσο και σε κάθε χρονική στιγμή.

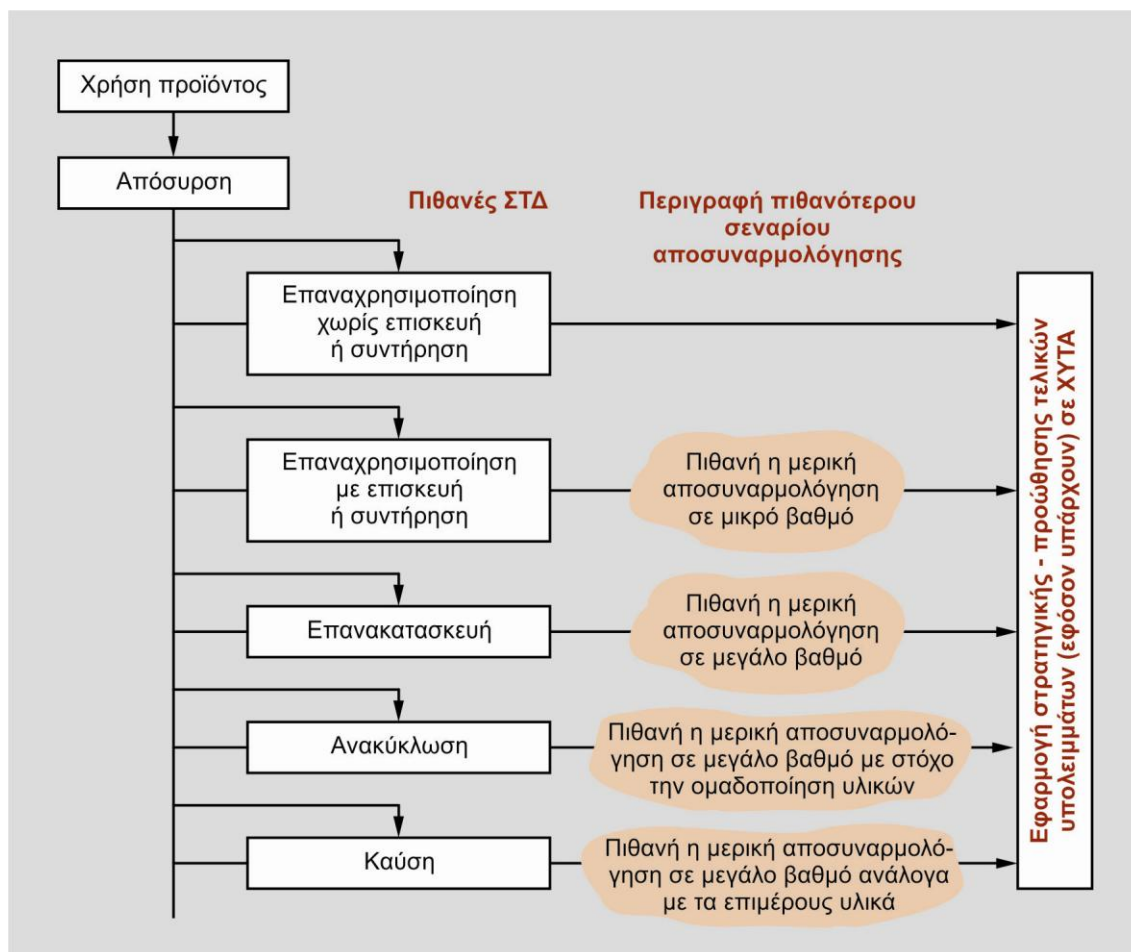
Η επιτυχία της οποιασδήποτε ΣΤΔ εξαρτάται από την πορεία που θα ακολουθήσει η απαιτούμενη αποσυναρμολόγηση που χρειάζεται να προηγηθεί. Για το λόγο αυτό και το ενδιαφέρον των επιστημόνων για τη σχεδίαση, εκτίμηση και υλοποίηση της αποσυναρμολόγησης είναι μεγάλο. Οι πιθανές ΣΤΔ που μπορούν να εφαρμοστούν σύμφωνα και με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω μπορεί να είναι η επαναχρησιμοποίηση του προϊόντος με ή χωρίς προηγούμενη επισκευή, η επανακατασκευή, η ανακύκλωση, η καύση, η ασφαλής απόθεση ή συνδυασμοί των παραπάνω. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν θεωρίες που έχουν διατυπωθεί για την επιτυχή εφαρμογή της αποσυναρμολόγησης σε σχέση με συγκεκριμένες ΣΤΔ και αφορούν την πρόβλεψη από τη φάση του σχεδιασμού ενεργειών αποσυναρμολόγησης, που διευκολύνουν και επιταχύνουν τη διαδικασία. Για παράδειγμα η τοποθέτηση σε κοντινές θέσεις επιμέρους τμημάτων που θα υποστούν την ίδια διαχείριση, η χρήση κατάλληλων μέσων σύνδεσης, η άμεση ανάκτηση των τμημάτων που θα επαναχρησιμοποιηθούν (Masui *et al.*, 2003, Kuo, 2000, Gungor *et al.*, 1998) ή των υλικών που θα προκύψουν από την ανακύκλωση (Abu Bakar *et al.*, 2008b, Cao H., 2005), κ.α. Πολλές επίσης είναι και οι εργασίες που έχουν γίνει πάνω στη διαχείριση συγκεκριμένων προϊόντων ΑΗΗΕ όπου εξετάζεται και το πρόβλημα της βελτιστοποίησης της αποσυναρμολόγησης. Ενδεικτικά αναφέρονται εφαρμογές σε οικιακές συσκευές όπως καφετιέρες (Harjula *et al.*, 1996), ηλεκτρικές σκούπες (Kanai *et al.*, 1999), ψυγεία (Krikke *et al.*, 2001, Stoor *et al.*, 1998), πλυντήρια (Yamaguchi *et al.*, 2007, Zussmann *et al.*, 1994), προϊόντα τηλεπικοινωνιακού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού όπως τηλεφωνικές συσκευές (Al-Okush, 1999, Osibanjo *et al.*, 2007, Lambert *et al.*, 2007, Scahrnhorst *et al.*, 2005), υπολογιστές (Kuo, 2000, Bhuie *et al.*, 2004, Boks, 2002, Ferrer, 1997, Ravi *et al.*, 2005, Williams *et al.*, 2003), πλακέτες τυπωμένων κυκλωμάτων (Johnson *et al.*, 1998, Luda *et al.*, 2011), διαμορφωτές (modems) (Iakovou *et al.*, 2009), ή και σε πιο πολύπλοκες συσκευές όπως οθόνες τηλεοράσεων και υπολογιστών (Heart, 2008, Geskin *et al.*, 2002, Lundy, 2006, Macauley *et al.*, 2003, Kim *et al.*, 2009), φωτοτυπικά μηχανήματα (Krikke *et al.*, 1999) αυτοκίνητα (Cao, 2005), φωτοβολταϊκά στοιχεία (Fthenakis, 2000, Okkenhaug, 2010, Monier *et al.*, 2011), ή σε ορφανά προϊόντα (προϊόντα δηλαδή που πλέον δεν παράγονται ή προέρχονται από παραγωγούς που δεν δραστηριοποιούνται τη δεδομένη χρονική στιγμή) (Mahadevan *et al.*, 2007), κ.α. Η προτεινόμενη πορεία αποσυναρμολόγησης σε κάθε περίπτωση διαφέρει ανάλογα με το προϊόν και τη μέθοδο τελικής διαχείρισης που έχει επιλεγεί να εφαρμοστεί. Σε γενικές γραμμές, ανάλογα με τα διαθέσιμα δεδομένα, διαμορφώνεται ένα γράφημα με τις πιθανές διαδρομές αποσυναρμολόγησης. Η πορεία που τελικά ακολουθείται αποφασίζεται με βάση συγκεκριμένα κριτήρια και εφαρμόζοντας μεθόδους από αυτές που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Ενδεικτικά, κριτήρια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το σκοπό αυτό είναι τα εξής:

- Χωριστή μελέτη υλικών, συνδέσμων, ενώσεων ποσοτικά και ποιοτικά.
- Ενσωμάτωση πληροφορίας για το προϊόν σε ένα γράφημα ανάκτησης του προϊόντος ή δημιουργία της βέλτιστης διαδρομής αποσυναρμολόγησης για τις περιπτώσεις επισκευής ή ανακύκλωσης.

- Εκτίμηση της τελικής αξίας του προϊόντος χρησιμοποιώντας and/or γραφήματα, διαπίστωση των αδυναμιών στη σχεδίαση και διατύπωση προτάσεων βελτίωσης (Pnueli *et al.*, 1997).
- Με τη βοήθεια διαφορετικών προφίλ ενός προϊόντος κατά τη φάση της σχεδίασής του και τη χρήση ενός κατάλληλου εργαλείου ο σχεδιαστής να λαμβάνει τις βέλτιστες αποφάσεις για ένα προϊόν όσον αφορά τις απαιτούμενες εργασίες κατά την επανακατασκευή του (Gehin *et al.*, 2007).
- Μελέτη επίδρασης ποιοτικών παραμέτρων στο προϊόν σε όλες τις φάσεις της ζωής του όπως επίδραση της πράσινης εικόνας της εταιρείας στη ζήτηση του προϊόντος, η εφαρμογή συγκεκριμένων ενεργειών κατά την απόσυρση του προϊόντος, η επίδραση των πρακτικών προβολής για την κατάλληλη διαχείριση προϊόντων που αποσύρονται από την αγορά, κ.α. (Georgiadis *et al.*, 2004).
- Μελέτη επίδρασης ανάμεσα στα υλικά που επιλέγονται κατά τη φάση της κατασκευής με την εφαρμοζόμενη ΣΤΔ με βάση τη μελέτη συγκεκριμένων τεχνικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών παραγόντων (Chan *et al.*, 2007).
- Ανάπτυξη αλγορίθμου επιλογής των βέλτιστων ΣΤΔ ενώ το προϊόν βρίσκεται στη φάση της σχεδίασης που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν για το μέλλον με βάση συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του προϊόντος (Rose *et al.*, 2002).

Γενική παρουσίαση των διαφορετικών προσεγγίσεων που υπάρχουν για τη διαδικασία αποσυναρμολόγησης ΑΗΗΕ μπορεί να δει κάποιος στις εργασίες από τους Moyer *et al.* (1997) και Lambert *et al.* (2005). Εκτός από τις παραπάνω υπάρχουν και άλλες εργασίες που έχουν ασχοληθεί με το πρόβλημα της διαμόρφωσης προδιαγραφών και τη σχεδίαση κατάλληλων εργαλείων αποσυναρμολόγησης (Bhootra, 2002, Feldmann *et al.*, 1999, Das *et al.*, 2002, Seliger *et al.*, 1993). Σε όλες τις περιπτώσεις τα θέματα που εξετάζονται είναι ο προσδιορισμός του επιθυμητού επιπέδου αποσυναρμολόγησης, η κατάλληλη διαχείριση των σημείων που υπάρχουν σύνδεσμοι και συνδέσεις, ο βαθμός καταστροφής του προϊόντος, ο απαιτούμενος εξοπλισμός, η διαχείριση των επικίνδυνων υλικών που χρειάζεται να απομονωθούν σε πρώτη φάση καθώς και η βέλτιστη σειρά αποσυναρμολόγησης. Σε πολλές περιπτώσεις ως κριτήριο τερματισμού της διαδικασίας αποσυναρμολόγησης χρησιμοποιείται η εφαρμογή μιας ανάλυσης κόστους – οφέλους σε συνδυασμό με τα παραπάνω κριτήρια (Teunter, 2004, Tumkor *et al.*, 2007).

Συνοψίζοντας, η διαδικασία και το είδος αποσυναρμολόγησης συνδέεται άμεσα με τη μετέπειτα εφαρμογή της ήδη επιλεγμένης ΣΤΔ. Σχηματικά με βάση όσα αναφέρθηκαν ως αυτό το σημείο η περιγραφή της απαιτούμενης αποσυναρμολόγησης σε σχέση με την κάθε πιθανή ΣΤΔ φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί:



Σχήμα 5. Περιγραφή πιθανότερου σεναρίου αποσυναρμολόγησης σε σχέση με την κάθε πιθανή στρατηγικής τελικής διαχείρισης (ΣΤΔ)

2.3 Παρακολούθηση Περιβαλλοντικής Συμπεριφοράς ΑΗΗΕ

2.3.1 Περιβαλλοντικοί Δείκτες και Εργαλεία Εκτίμησης της Περιβαλλοντικής Επίδρασης

Οι δείκτες χρησιμοποιούνται εδώ και πολλά χρόνια στη διαδικασία καταγραφής και αξιολόγησης πληροφορίας. Οι αρχικές εφαρμογές τους ήταν κύρια στην περιγραφή οικονομικών μεγεθών και ποιοτικών δεδομένων σταδιακά όμως η χρήση τους επεκτάθηκε και σε άλλους επιστημονικούς τομείς. Δεν αποτελούν τίποτα άλλο από συμπιεσμένη πληροφορία πολύπλοκων διαδικασιών. Κυρίως χρησιμοποιούνται στην ποιοτική ή ποσοτική μέτρηση της αποδοτικότητας μιας διαδικασίας ή στη σύγκριση διαφορετικών καταστάσεων ενός συγκεκριμένου συστήματος (Persson, 2001).

Οι περιβαλλοντικοί δείκτες (eco-indicators) διαμορφώθηκαν αρχικά στην προσπάθεια μέτρησης της επίδρασης στο περιβάλλον ενεργειών ή προϊόντων και προκειμένου να δείξουν την κατεύθυνση που θα πρέπει να ακολουθηθεί προς τη βιώσιμη ανάπτυξη (Hammond *et al.*, 1995). Συνοπτικά, σήμερα οι περιβαλλοντικοί δείκτες χρησιμοποιούνται για τρεις κυρίως σκοπούς (Smeets *et al.*, 1999):

- Παροχή πληροφορίας σε περιβαλλοντικά προβλήματα.
- Υποστήριξη της λήψης μέτρων και της θέσπισης προτεραιοτήτων αναγνωρίζοντας σε κάθε περίπτωση τους πλέον σημαντικούς παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη.
- Παρακολούθηση των επιδράσεων από την εφαρμογή συγκεκριμένων πολιτικών.

Επιπλέον, οι περιβαλλοντικοί δείκτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την αποτύπωση της κοινωνικής αφύπνισης σε περιβαλλοντικά θέματα.

Οι περισσότεροι περιβαλλοντικοί δείκτες χρησιμοποιούν για τη διαμόρφωσή τους βιολογικές, φυσικές και χημικές παραμέτρους. Η παρακολούθηση της εξέλιξής τους και η διαχείρισή τους βασίζεται στις αλληλεξαρτήσεις ανάμεσα στο περιβάλλον και τον άνθρωπο. Η σχέση αυτή επηρεάζεται από την κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη, την αύξηση της πίεσης που υφίσταται το περιβάλλον, την επιβάρυνση της ανθρώπινης υγείας, την κατάσταση των υλικών που λαμβάνονται από το περιβάλλον, κ.α. Προφανώς η πραγματικότητα είναι πολύ πιο σύνθετη και δεν μπορεί να περιγραφεί με απλές σχέσεις εξάρτησης. Οι περιβαλλοντικοί δείκτες χρησιμοποιούνται προκειμένου να αποτυπώσουν με έναν απλό και συνοπτικό τρόπο όλα τα επιμέρους στοιχεία από την αλυσίδα συσχετίσεων και να υποστηρίξουν τη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Σε καμία περίπτωση δεν αποφασίζουν για τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν και τις ενέργειες που χρειάζεται να γίνουν μελλοντικά (Zhang *et al.*, 2011, Wen *et al.*, 2009).

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Περιβαλλοντική Επιτροπή (European Environment Agency, EEA) οι περιβαλλοντικοί δείκτες ταξινομούνται σε τέσσερις ομάδες και προκύπτουν από τις απαντήσεις στις εξής ερωτήσεις (Gabrielsen *et al.*, 2003):

1. *Τι συμβαίνει στο περιβάλλον και τους ανθρώπους; (τύπος Α ή περιγραφικοί δείκτες)*

Πρόκειται για δείκτες που περιγράφουν την πραγματική κατάσταση σε σχέση με τα βασικά περιβαλλοντικά θέματα όπως την κλιματική αλλαγή, τη μόλυνση του περιβάλλοντος, τα απόβλητα, τη δημογραφική και οικονομική ανάπτυξη, την καταναλωτική συμπεριφορά, τη χρήση πόρων καθώς και την ποιοτική και ποσοτική περιγραφή φυσικών, χημικών και βιολογικών φαινομένων. Χαρακτηριστικό τους είναι ότι απεικονίζουν την υπάρχουσα κατάσταση χωρίς να εξετάζουν πως θα έπρεπε να είναι η συγκεκριμένη κατάσταση.

2. *Έχει επιπτώσεις αυτό που συμβαίνει; (τύπος Β ή δείκτες εφαρμογής)*

Πρόκειται για δείκτες που συγκρίνουν και μετράνε την απόσταση της πραγματικής κατάστασης με μια συγκεκριμένη κατάσταση αναφοράς που είναι η επιθυμητή κατάσταση. Μπορεί να αναφέρονται σε εθνικούς ή διεθνείς στόχους ή σε άλλους επιθυμητούς στόχους. Παραδείγματα τέτοιων δεικτών είναι οι εκπομπές CO₂ / κράτος μέλος και η σύγκρισή τους με τα επιθυμητά επίπεδα ή οι εκπομπές αέριων ρύπων πχ αζώτου ή φωσφόρου σε σχέση με τα εθνικά όρια του κάθε κράτους μέλους.

3. *Υπάρχει βελτίωση; (τύπος Γ ή δείκτες απόδοσης)*

Η περιβαλλοντική απόδοση μπορεί να περιγραφεί με απλούς δείκτες που αποτυπώνουν τα όρια εκπομπών, τη δημιουργία αποβλήτων ή την κατανάλωση ενέργειας ή με πιο σύνθετους δείκτες όπως είναι για παράδειγμα ο MIPS (Material Intensity Per Service) δείκτης. Ο συγκεκριμένος δείκτης χρησιμοποιείται για να εκφράσει την επίδραση στο κάθε υλικό από την κάθε εξεταζόμενη ενέργεια όπως για παράδειγμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη σύγκριση των ποσοτήτων ενέργειας και χρησιμοποιούμενων πόρων για τη μεταφορά ενός ατόμου για απόσταση πχ. 100

μιλίων με διαφορετικά μέσα μεταφοράς. Οι δείκτες απόδοσης αποτυπώνουν το κατά πόσο μια κοινωνία βελτιώνει την ποιότητα των προϊόντων και υπηρεσιών της σε σχέση με τους χρησιμοποιούμενους πόρους, τις εκπομπές και τα απόβλητα ανά μονάδα παραγόμενου προϊόντος ή υπηρεσίας.

4. Στο σύνολο υπάρχει βελτίωση; (τύπος Δ ή δείκτες συνολικής απεικόνισης)

Πρόκειται για πιο γενικευμένους δείκτες μέτρησης της συνολικής βιωσιμότητας ή της αξιολόγησης εθνικών πολιτικών και χρησιμεύουν στην κατανόηση των αιτιών που οδηγούν σε βελτιώσεις που καταγράφονται. Για την Ευρωπαϊκή Ένωση σχετικά αποτελέσματα δημοσιεύονται στις αναφορές της ΕΕΑ από το 2001 ως σήμερα.

Η εκτίμηση της συνολικής περιβαλλοντικής συμπεριφοράς ενός προϊόντος αφορά το σύνολο του κύκλου ζωής του οπότε χρειάζεται να εξεταστούν τα στάδια της παραγωγής, διανομής, χρήσης και διαχείρισης μετά την απόσυρσή του. Σύμφωνα με τους Bennett *et al.* (1998) τα πιθανά εργαλεία εκτίμησης είναι τρία και συγκεκριμένα τα *eco-points*, το *eco-compass* και το *eco-costing*, ενώ η καταλληλότητα των εργαλείων που χρησιμοποιούνται σε κάθε περίπτωση ελέγχεται με βάση το κατά πόσο ικανοποιούν τα εξής:

1. Υποδεικνύουν τις περιοχές που θα πρέπει να προσεχθούν στη σχεδίαση ενός προϊόντος και τη διαδικασία ανάπτυξής του.
2. Επιλέγουν ανάμεσα σε διαφορετικά προϊόντα ή σε διαφορετικά σχέδια του ίδιου προϊόντος τα πλέον κατάλληλα.
3. Διασφαλίζουν ότι τα προϊόντα ικανοποιούν συγκεκριμένα κριτήρια και / ή δεν δημιουργούν μεγαλύτερα περιβαλλοντικά προβλήματα.
4. Γνωστοποιούν την περιβαλλοντική συμπεριφορά των προϊόντων σε πελάτες ή άλλους ενδιαφερόμενους.

Eco-points: Έχουν αναπτυχθεί διάφορες μορφές *eco-points* με πιο γνωστές τις μορφές που αναπτύχθηκαν από τις εταιρείες Philips και Voigno. Δίνουν τη δυνατότητα για το κάθε στάδιο του κύκλου ζωής ενός προϊόντος να συλλέγονται δεδομένα για τα υλικά, διαδικασίες, χρήσεις ή ότι άλλο απαραίτητο δεδομένο είναι διαθέσιμο και στη συνέχεια τα δεδομένα αυτά να εισάγονται σε κάποιο κατάλληλο λογισμικό πακέτο που μέσα από υπολογισμούς δίνει κάποια βαθμολογία για τα κριτήρια που έχουν τεθεί. Η βαθμολογία των *eco-points* βασίζεται ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο λογισμικό στην καταγραφή της διαφοράς από την τιμή στόχο που εξαρτάται από το είδος της κάθε επίδρασης που μελετάται και την αντίστοιχη μονάδα μέτρησης που έχει.

Eco-compass: Αναπτύχθηκαν από τη Dow Chemicals προκειμένου να δώσουν μια απλοποιημένη οπτική απεικόνιση των δεδομένων ενός προϊόντος από τη συνολική διάρκεια ζωής του. Βασίζονται στους δείκτες απόδοσης και μελετάνε την ποσότητα απαιτούμενης ενέργειας ανά μονάδα λειτουργίας, την απαιτούμενη ποσότητα υλικού ανά μονάδα παραγωγής ή επισκευής ή συντήρησης, τους πιθανούς περιβαλλοντικούς κινδύνους καθώς και κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία, την εξοικονόμηση πόρων, τη διαχείριση του προϊόντος μετά την απόσυρσή του (μέσα από την επαναχρησιμοποίηση, επανακατασκευή και ανακύκλωση) και την επέκταση του χρόνου ζωής του μέσα από την επισκευή του. Η βαθμολογία τους αποτυπώνεται σε μια κλίμακα από 0 ως 5 όπου ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο δείκτη το 0 σημαίνει την τιμή που φτάνει μέχρι ένα μέρος του επιθυμητού στόχου και σταδιακά καθώς ανεβαίνει η κλίμακα οι τιμές

της συμβολίζουν υψηλότερα ποσοστά επίτευξης για το δείκτη, που φτάνουν μέχρι πολλαπλάσια του επιθυμητού στόχου.

Eco-costing: Η συγκεκριμένη προσέγγιση αναλύει τα περιβαλλοντικά κόστη που δημιουργούνται από ένα προϊόν. Τα κόστη αυτά μπορεί να είναι κόστη εσωτερικά που επιβαρύνουν τους εμπλεκόμενους στη διαδικασία παραγωγής, διακίνησης, χρήσης και τελικής διαχείρισης ενός προϊόντος και κόστη εξωτερικά που επιβαρύνουν την κοινωνία γενικότερα.

Η εφαρμογή των παραπάνω εργαλείων εξαρτάται σε κάθε περίπτωση από τα διαθέσιμα δεδομένα και τις βασικές περιβαλλοντικές επιδράσεις που εξετάζονται. Σε κάθε περίπτωση τόσο οι παραπάνω μέθοδοι όσο και οποιοσδήποτε άλλες μέθοδοι χρησιμοποιούνται δεν μπορούν να εκτιμήσουν με απόλυτη ακρίβεια την περιβαλλοντική επίδραση ενός προϊόντος. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν σε κάθε περίπτωση απαιτούν ερμηνεία ενώ χρήσιμο είναι να χρησιμοποιούνται όσο το δυνατόν περισσότερες μέθοδοι ώστε τα συμπεράσματα να είναι πιο ασφαλή (Gameson, 1998, Olthoorn *et al.*, 2000, Ogilvie, 1992).

Άλλα εργαλεία που έχουν αναπτυχθεί με στόχο παράλληλα με την καταγραφή των περιβαλλοντικών επιδράσεων και τη διατύπωση μέτρων βελτίωσης είναι η Αποδοτικότητα Διασφάλισης Πόρων (Resource Conservation Efficiency – RCE) που μελετάει τις επιδράσεις των πρακτικών διαχείρισης απορριμμάτων σε διάφορα οικοσυστήματα και διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές (Kaufman *et al.*, 2010), το EcoBlock (Hunkeler *et al.*, 2003) που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της συνολικής περιβαλλοντικής συμπεριφοράς ενός προϊόντος καταγράφοντας τη συμπεριφορά του ως προς την κατανάλωση νερού, υλικών, ενέργειας, γης, δαπανών και τη δημιουργία μόλυνσης, ο παράγοντας X (Factor-X) που μετράει κατά πόσο υπάρχει βελτίωση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς ενός προϊόντος σε χρονικό διάστημα πέντε ετών με βάση συγκεκριμένους δείκτες (Aoe, 2006), οι Eco-Indicators 95 και 99 που μελετάνε τις επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία, στην ποιότητα των οικοσυστημάτων και την επάρκεια πόρων (Ministry of Housing Netherlands, 2000) και άλλα στα οποία μπορεί να ανατρέξει κάποιος και να μελετήσει ανάλογα με το ζητούμενο κάθε φορά και τα διαθέσιμα δεδομένα, κ.α.

Εξίσου σημαντική είναι και η μελέτη της περιβαλλοντικής επίδρασης κατά την ανάπτυξη μιας νέας τεχνολογίας ή ενός νέου προϊόντος αφού εκτιμάται ότι τα περιβαλλοντικά προβλήματα που δημιουργεί ένα προϊόν σε ποσοστό που υπερβαίνει το 80% καθορίζονται από επιλογές που έχουν γίνει στο στάδιο της σχεδίασης (Dewulf, 2003). Η αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την αξιοποίηση νέων τεχνολογιών και τη δημιουργία νέων προϊόντων βασίζεται σε πρώτη φάση στη σύγκριση αποτελεσμάτων από τη χρήση των προηγούμενων τεχνολογιών (Kunnapari *et al.*, 2009) ή στη σταδιακή συγκέντρωση νέων δεδομένων καθώς το νέο προϊόν περνάει στη φάση της μαζικής παραγωγής και της εισόδου του στην αγορά (Nielsen *et al.*, 2002).

Συμπερασματικά από τις παραπάνω εργασίες προκύπτει ότι η μελλοντική ανάπτυξη ενός προϊόντος σαφώς επηρεάζεται από επιλογές που γίνονται πριν από τη διαδικασία ανάπτυξής του, στη φάση δηλαδή ανάπτυξης της τεχνολογίας στην οποία θα βασιστεί. Η μελέτη των περιβαλλοντικών θεμάτων σε αυτό το πρώιμο στάδιο περιλαμβάνει πολλές προκλήσεις και δυσκολίες μεν αφού χρειάζεται να υπάρξει ισορροπία σε αντικρουόμενους στόχους (περιβαλλοντικούς, οικονομικούς, κοινωνικούς, ηθικούς) (Jones *et al.*, 2001) αλλά μπορεί να δώσει προτάσεις που θα βοηθήσουν στο μέγιστο βαθμό τον περιορισμό των αρνητικών μελλοντικών επιδράσεων σε περιβάλλον και ανθρώπινη υγεία.

2.3.2 Περιβαλλοντικά Συστήματα Διαχείρισης

Στο χρονικό διάστημα από το 1994 ως το 1996 μόνο στις ΗΠΑ περισσότερες από 600 εταιρείες καταδικάστηκαν για πράξεις τους που επιβάρυναν το περιβάλλον (Goldsmith *et al.*, 2001). Με τα χρόνια η ποινικοποίηση και επιβολή προστίμων σε όλο και περισσότερες εταιρείες σε όλο τον κόσμο σε συνδυασμό με την κοινωνική αφύπνιση συνέβαλαν αποφασιστικά στην ανάπτυξη των περιβαλλοντικών συστημάτων διαχείρισης (Environmental Management Systems – EMS) ειδικά μετά τα μέσα της δεκαετίας του '80. Η εφαρμογή ενός EMS αλλάζει όχι μόνο τη σχέση μιας εταιρείας με τον κρατικό μηχανισμό αλλά προκαλεί σημαντικές αναδιαμορφώσεις σε όλα τα επίπεδα λειτουργίας και εντός της εταιρείας ενώ παρέχει στη διοίκηση αξιόπιστη πληροφόρηση σε συνεχή βάση για τον καθορισμό του αν η περιβαλλοντική συμπεριφορά ενός οργανισμού ικανοποιεί τα κριτήρια που έχουν τεθεί (Jasch, 2000). Οι προσπάθειες που γίνονται εστιάζονται κύρια στην καταγραφή των περιβαλλοντικών επιδράσεων όχι μόνο μέσα από μια γενική ποιοτική προσέγγιση αλλά μέσα από τη μελέτη και καταγραφή ποσοτικών δεικτών ανάλυσης των χρησιμοποιούμενων υλικών, των εκτελούμενων εργασιών και των εκπομπών προς το περιβάλλον.

Πολλές είναι οι εταιρείες σήμερα που προωθούν ποικιλία στρατηγικών σε ανεξάρτητες ή συντονισμένες προσπάθειες μέσα από εμπορικούς οργανισμούς προκειμένου να μειώσουν τις τυχόν πιέσεις που θα δεχτούν στο μέλλον πάνω στη λειτουργία τους από την επίσημη εφαρμογή οδηγιών που θα τις υποχρεώνουν να συμβάλουν ουσιαστικά στην επίλυση της διαχείρισης των ΑΗΗΕ (στο Παράρτημα I παρουσιάζεται η τρέχουσα νομοθεσία σε Ελλάδα και Ευρωπαϊκό επίπεδο όσον αφορά τη διαχείριση ΑΗΗΕ). Αρχικά στη Γερμανία πολλές εταιρείες δέχτηκαν εθελοντικά να πάρουν πίσω τα προϊόντα ΑΗΗΕ τους από πελάτες χωρίς χρέωση, ενώ με τα χρόνια ακολούθησαν και άλλες χώρες. Στην αρχή οι πρωτοβουλίες αυτές να μην έγιναν για τη βελτίωση της εικόνας της κάθε εταιρείας. Για παράδειγμα η Kodak εφάρμοσε ένα εθελοντικό πρόγραμμα για να ξεπεράσει την αρνητική εικόνα που απέκτησε από τις μηχανές μιας χρήσεως μετά το 1987, που διέθεσε για 1^η φορά το συγκεκριμένο προϊόν στην αγορά. Σε αντιστάθμισμα της κακής εικόνας τόσο η Kodak όσο και η Fuji άρχισαν να εφαρμόζουν προγράμματα αποκομιδής και ανακύκλωσης καταφέροντας να συλλέγουν το 90% των μηχανών μιας χρήσης βελτιώνοντας έτσι και την εικόνα του προϊόντος (δεδομένα από την ηλεκτρονική σελίδα www.kodak.com). Σταδιακά η παραπάνω διαδικασία αποδείχτηκε ότι μπορούσε να προσφέρει και άλλα οφέλη. Η εταιρεία οικιακού εξοπλισμού Frigidaire ήταν από τις πρώτες που εφάρμοσαν σχεδιαστικές αλλαγές στη διευκόλυνση αποσυναρμολόγησης και ανακύκλωσης των προϊόντων της από ανεξάρτητους φορείς ανακύκλωσης (Smith *et al.*, 1996) ενώ και η εταιρεία IBM μέσα από τη συλλογή των άχρηστων προϊόντων της μελέτησε τις φθορές τους και προχώρησε σε βελτιωτικές κινήσεις στη σχεδίαση των επόμενων μοντέλων (Grenchus *et al.*, 1998). Και άλλες εταιρείες όμως όπως η Nike μέσα από τη διαδικασία ανάκτησης των αποσυρόμενων προϊόντων της κατάφερε όχι μόνο να αποκομίσει κέρδος αλλά να βελτιώσει το προφίλ της εταιρείας και να αυξήσει το μερίδιό της στην αγορά (Staikos *et al.*, 2007). Πολλές εταιρείες επίσης εθελοντικά χρησιμοποιούν διαδικασίες ανάκτησης υλικών οπότε το κόστος παραγωγής μειώνεται. Για παράδειγμα η Xerox Corporation έχει εξοικονομήσει πόρους εκατ. δολαρίων σε κόσθη λογιστικά, αποθεμάτων και αρχικών υλών αποσυναρμολογώντας τα μηχανήματα ΑΗΗΕ τους, τα οποία καθαρίζονται, διαχωρίζονται, επισκευάζονται και στη συνέχεια τοποθετούνται σε νέα μηχανήματα όπου χρησιμοποιούνται και πρώτες ύλες που προέρχονται από ανακύκλωση (Guide *et al.*, 2002). Επίσης και η Ford έχει κάνει προσπάθειες να μειώσει τις ποσότητες που πηγαίνουν στις χωματερές (Lang, 1995). Με τον τρόπο αυτό κέρδισε μία πηγή εξαρτημάτων και ήρθε πιο κοντά

στους πελάτες της αφού συνέλεγε τα αποσυρόμενα αυτοκίνητα, τα αποσυναρμολογούσε και πουλούσε τα επιμέρους μέρη τους ως ανταλλακτικά. Αυτές και άλλες ανάλογες προσπάθειες δεν είχαν πάντα επιτυχία. Ο λόγος είναι ότι παρά τις εθελοντικές προσπάθειες για τη μικρότερη επιβάρυνση του περιβάλλοντος μεγάλος αριθμός κρατών θεωρούσαν για πολλά χρόνια την επιβολή νομοθεσίας και κανόνων αρνητικά στοιχεία αφού θα επηρέαζαν σημαντικά την ικανότητά τους για την αποστολή και προώθηση των προϊόντων των εταιρειών τους σε διεθνές επίπεδο. Επιπλέον, η διαδικασία συλλογής και διαχείρισης προϊόντων που αποσύρονται από την αγορά είναι μια ιδιαίτερα δαπανηρή διαδικασία. Παρόλα αυτά η όλο και αυξανόμενη κοινωνική αφύπνιση σε συνδυασμό με την όλο και μεγαλύτερη υποβάθμιση που καταγράφεται όσον αφορά την ποιότητα του περιβάλλοντος, τις κλιματικές αλλαγές, τα αποτελέσματα από τις φυσικές καταστροφές και την εξάλειψη φυσικών πόρων έχουν συμβάλει στην αναθεώρηση της στάσης πολλών κρατών και διεθνών οργανισμών (Krikke *et al.*, 2003).

2.3.3 Δείκτες Μέτρησης Περιβαλλοντικής Συμπεριφοράς ΑΗΗΕ

Σύμφωνα με την υπάρχουσα κοινοτική οδηγία, που έχει ήδη ενσωματωθεί στις κρατικές νομοθεσίες των κρατών μελών της ΕΕ, η απαραίτητη πληροφορία για τη διαχείριση των προϊόντων ΑΗΗΕ χρειάζεται να είναι διαθέσιμη σε όποιον έχει την ευθύνη της τελικής διαχείρισης ενώ οι παραγωγοί είναι αυτοί που έχουν την ευθύνη συλλογής και διαχείρισης των προϊόντων ΑΗΗΕ μετά την απόσυρσή τους. Στα τελευταία χρόνια η ερευνητική δραστηριότητα στο πεδίο της αναζήτησης για το πώς η σχεδίαση για το περιβάλλον μπορεί να επηρεάσει θετικά τα αποτελέσματα από την εφαρμογή της οποιασδήποτε ΣΤΔ έχει επιλεγεί να εφαρμοστεί, έχει δώσει στοιχεία για το ποια περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά χρειάζεται να συλλέγονται προκειμένου να ικανοποιείται η υπάρχουσα νομοθεσία. Ενδεικτικά αναφέρονται τα αποτελέσματα μελέτης που έχει γίνει στο Stanford στις αρχές της δεκαετίας του 2000 (Rose, 2000) όπου και καταγράφονται συγκεκριμένες παράμετροι που θα πρέπει να εξετάζονται κατά την αξιολόγηση ως προς την περιβαλλοντική συμπεριφορά των προϊόντων ΑΗΗΕ μετά από μελέτη και αξιολόγηση αποτελεσμάτων πολλών προϊόντων στο τελικό στάδιο διαχείρισής τους και οι οποίες είναι οι εξής:

- Η αντίληψη των αλληλεξαρτήσεων μεταξύ των επιμέρους τμημάτων ενός προϊόντος και των λειτουργιών του.
- Οι λόγοι για τους οποίους το προϊόν περιέρχεται σε αχρηστία (επειδή δεν λειτουργεί ή επειδή έχει αντικατασταθεί από άλλα προϊόντα μεταγενέστερης τεχνολογίας).
- Ο αριθμός των διαφορετικών υλικών που περιλαμβάνει.
- Ο αριθμός των επιμέρους τμημάτων του.
- Αν περιλαμβάνει επικίνδυνα υλικά.
- Την ποσότητα ρύπων ή σκουριάς που περιλαμβάνει που εμποδίζει την επαναχρησιμοποίηση ή ανακύκλωσή του.
- Οι διαστάσεις του προϊόντος.
- Αν έχουν ληφθεί υπόψη κατά τη σχεδίαση του προϊόντος οι αρχές περιβαλλοντικής σχεδίασης.
- Σε τι ποσοστό περιλαμβάνει υλικά ή επιμέρους τμήματα που μπορούν να αποφέρουν σημαντικό κέρδος με την ανακύκλωση ή επαναχρησιμοποίησή τους.

Η παραπάνω προσέγγιση πραγματεύεται μεν ένα σημαντικό πρόβλημα αλλά παράλληλα έχει ένα σημαντικό μειονέκτημα που είναι ότι θα πρέπει να είναι γνωστή εξαρχής η ΣΤΔ που θα ακολουθηθεί επιλέγοντας μία από τις παρακάτω, σε σειρά κατάταξης, εναλλακτικές:

- επιμήκυνση του χρόνου ζωής (επισκευή),
- επαναχρησιμοποίηση,
- επανακατασκευή,
- ανακύκλωση μετά από αποσυναρμολόγηση,
- ανακύκλωση μετά από κονιοποίηση, και
- απόθεση σε ΧΥΤΑ,

Αυτό το δεδομένο δεν ισχύει όμως σε κάθε περίπτωση. Συνεπώς, το κλειδί στην επιτυχή συλλογή πληροφοριών και αξιολόγηση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς ενός προϊόντος ΑΗΗΕ θα πρέπει να αναζητηθεί στη συνεργασία των σχεδιαστών – κατασκευαστών και εμπλεκόμενων στη διαδικασία τελικής διαχείρισης. Χωρίς τη συνεργασία των τριών αυτών ομάδων δεν μπορεί να υπάρχει η απαιτούμενη διάχυση και συλλογή πληροφορίας που θα οδηγήσει στη σωστή αξιολόγηση, τη μετέπειτα διατύπωση προτάσεων και τη λήψη διορθωτικών μέτρων (Hume *et al.*, 2002). Και εδώ οι περιβαλλοντικοί δείκτες που χρησιμοποιούνται εκτιμούν την επίδραση στο περιβάλλον καθώς και την πρόοδο στην πραγματοποίηση στόχων πολιτικής διαχείρισης και παρακολούθησης του περιβάλλοντος (Palerm, 2000). Στην κατεύθυνση αυτή μελέτες που έχουν γίνει προτείνουν με βάση τις τιμές περιβαλλοντικών, οικονομικών και τεχνικών δεικτών, τη δημιουργία πλάνων ανάκτησης για προϊόντα ΑΗΗΕ που αποσύρονται (Mukhopadhyay *et al.*, 2006, Dewhurst, 1992), αλγορίθμους για την εκτίμηση της βέλτιστης πορείας ενός προϊόντος μετά την απόσυρσή του (Navin, 1994, Jiangang *et al.*, 2003) και ειδικότερα για την εύρεση της βέλτιστης πορείας αποσυναρμολόγησης και επισκευής (Subramani *et al.*, 1991), καθώς και μεθόδους για την εξέταση των επιδράσεων ανάμεσα στην κατάλληλη επιλογή υλικών στην κατασκευαστική διαδικασία σε σχέση με την επιλεγμένη ΣΤΔ (Chan, 2008). Εκτός από τις παραπάνω εργασίες όμως υπάρχουν και πιο γενικευμένες προσεγγίσεις όπως για παράδειγμα των Georgiadis *et al.* (2004) που εξετάζει την επίδραση συγκεκριμένων ποιοτικών περιβαλλοντικών θεμάτων στη μακροπρόθεσμη συμπεριφορά της προμηθευτικής αλυσίδας ενός απλού προϊόντος με την ανάκτηση του προϊόντος μέσα από ένα δυναμικό μοντέλο προσομοίωσης. Τα περιβαλλοντικά θέματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η επίδραση από το πράσινο προφίλ της εταιρείας στις απαιτήσεις του πελάτη, η υποχρέωση να παραλαμβάνονται πίσω οι ποσότητες των προϊόντων που αποσύρονται που τίθεται με βάση τη νομοθεσία και οι ενέργειες προώθησης των κρατικών ή άλλων φορέων για τη σωστή διαδικασία απόσυρσης των προϊόντων που έχει λήξει η διάρκεια ζωής τους.

Η μέτρηση της περιβαλλοντικής επίδρασης της εφαρμογής της κάθε πιθανής ΣΤΔ εξαρτάται από το προϊόν που διαχειρίζεται. Μπορεί να εκτιμηθεί εφόσον διαμορφωθούν οι κατάλληλες μεταβλητές για την κάθε ΣΤΔ και οριστεί ένα σημείο αναφοράς που δεν θα πρέπει να ξεπεραστεί. Για παράδειγμα αν υποθεθεί ότι μελετάται ένα προϊόν που αποσύρεται μετά από 15 χρόνια χρήσης ο εκτιμώμενος χρόνος ζωής θα δώσει την πληροφορία αν υπάρχει το περιθώριο επανακατασκευής και επαναδιοχέτευσης στην αγορά. Ή αν επιλεγεί η ανακύκλωση το γεγονός αυτό θα περιορίσει τη ζήτηση μη-ανακυκλωμένων πρώτων υλών από το περιβάλλον. Σύμφωνα με την Rose (2000), μετρήσεις που έγιναν για διάφορα προϊόντα της εταιρείας Philips όσον αφορά την περιβαλλοντική τους συμπεριφορά για διαφορετικά σενάρια ΣΤΔ έδειξαν ότι η βασική παράμετρος που επηρεάζει αρνητικά την περιβαλλοντική συμπεριφορά είναι σε κάθε περίπτωση οι απαιτούμενες ποσότητες ενέργειας.

2.4 Επανασχεδίαση Προϊόντων ΗΗΕ

Η σχεδίαση ενός προϊόντος είναι ένα σύνολο ενεργειών που στόχο έχει τη δημιουργία ή τη βελτίωση ενός ήδη υπάρχοντος προϊόντος. Εμπνέεται και επηρεάζεται από εσωτερικούς και εξωτερικούς παράγοντες καθώς και από τους στόχους που καλείται να εξυπηρετήσει. Είναι μια πολύπλοκη ανθρώπινη δραστηριότητα που δεν έχει συγκεκριμένους κανόνες και προδιαγεγραμμένη πορεία. Οπότε το αποτέλεσμα και οι ενέργειες που θα χρειαστεί να γίνουν σε κάθε περίπτωση δεν είναι με απόλυτη σιγουριά γνωστά στοιχεία από την αρχή. Κοινό χαρακτηριστικό όμως όλων των προσπαθειών σχεδίασης είναι ότι κατά την υλοποίησή τους θα χρειαστεί να ληφθούν αποφάσεις σε διάφορα στάδια και για διάφορα θέματα οπότε με ασφάλεια θα μπορούσε κάποιος να διατυπώσει την άποψη ότι η σχεδίαση δεν είναι τίποτα άλλο από μια διαδικασία λήψης αποφάσεων. Επίσης περιέχει τόσο την ποσοτική πλευρά όσο και τη θεωρητική διαισθητική θεώρηση. Η θεώρηση αυτής της διαδικασίας μόνο ως προς μια δέσμη παραγόντων κάθε φορά π.χ. της ποιότητας ή του κόστους ή του περιβάλλοντος μπορεί να βοηθήσει στο να εξαχθούν συμπεράσματα αφού ο στόχος κάθε φορά είναι πιο ξεκάθαρος. Και σε αυτήν την περίπτωση όμως καλό θα είναι, από οποιαδήποτε σκοπιά και αν γίνεται η προσπάθεια βελτίωσης των χαρακτηριστικών ενός προϊόντος, να λαμβάνεται υπόψη και η γενικότερη εικόνα οπότε η τυχόν βελτίωση σε μια διάσταση να μην επηρεάζει αρνητικά και σε σημαντικό βαθμό τη συνολική εικόνα του προϊόντος.

Όσον αφορά την επανασχεδίαση αυτή συμβαίνει όταν αναζητούνται λύσεις για τη βελτιστοποίηση ενός υπάρχοντος σχεδίου με στόχο να καλυφθούν στο μέγιστο βαθμό οι απαιτήσεις της αγοράς. Πριν ολοκληρωθεί όμως η φάση της επανασχεδίασης υπάρχουν οριακές συνθήκες ή περιορισμοί, που αποτελούν και τις δυνάμεις που επηρεάζουν τις αποφάσεις που λαμβάνονται και οι οποίες σε συνεχή βάση επανεκτιμούν, επαναορίζουν και επανακατατεθούν την ακολουθούμενη πορεία σχεδίασης ως ότου επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα.

2.4.1 Επανασχεδίαση Προϊόντων ΗΗΕ ως Μέρος του Συνολικού Κύκλου Ζωής τους

Η έννοια του κύκλου ζωής είναι μια έννοια που συναντάται σε οτιδήποτε ζει, αναπτύσσεται, διαμορφώνεται και υλοποιείται στον κόσμο. Σε όλες τις περιπτώσεις η γενική αντίληψη αναφέρει ότι ο κύκλος ζωής περιλαμβάνει 4 στάδια που είναι:

- η σύλληψη,
- η ανάπτυξη,
- η ωρίμανση και
- η παρακμή.

Ανάλογα με το πού χρησιμοποιείται η έννοια του κύκλου ζωής είναι δυνατόν να διαφοροποιηθεί η ονομασία των τεσσάρων αυτών σταδίων ή να προστεθούν και άλλα ενδιάμεσα στάδια, ώστε να περιγράφεται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο η κάθε περίπτωση χωρίς να αλλάζει το τελικό αποτέλεσμα. Για ένα προϊόν ο κύκλος ζωής περιέχει φάσεις και μηχανισμούς ελέγχου, ενώ αποτελεί μια απεικόνιση της σειράς των απαιτούμενων εργασιών κατά τη διάρκεια δημιουργίας και χρήσης του. Ένας τυπικός κύκλος ζωής ενός προϊόντος, περιέχει τέσσερις φάσεις, μετά τη σύλληψη του προϊόντος που είναι οι εξής (Saaksvuori *et al.*, 2008):

- Σύλληψη (αρχική διαμόρφωση ιδέας)

- Σχεδίαση (ανάπτυξη ιδέας, έλεγχος, επαλήθευση)
- Υλοποίηση (παραγωγή, πώληση, διανομή)
- Χρήση – απόσυρση (λειτουργία, συντήρηση, ανακύκλωση, τελική απόθεση)

Με βάση την παραπάνω περιγραφή το κάθε προϊόν χωρίζεται σε φάσεις που έχουν μια χρονική αλληλουχία μεταξύ τους, ενώ στο τέλος της κάθε φάσης μπορεί να υπάρχει σημείο ελέγχου της πορείας υλοποίησης σε μια προσπάθεια διασφάλισης της επιτυχίας του τελικού αποτελέσματος όπως περιγράφεται και στη μέθοδο State-Gate που εφαρμόζεται στα επιμέρους στάδια ανάπτυξης νέων προϊόντων προκειμένου να αυξήσουν τις πιθανότητες επιτυχίας του τελικού αποτελέσματος (Cooper, 2006). Επιπλέον, ανάλογα με το προϊόν μπορεί ανάμεσα ή κατά τη διάρκεια των διαφόρων σταδίων να υπάρχουν και άλλα δευτερεύοντα στάδια όπως για παράδειγμα:

- Στο στάδιο χρήσης επιδιόρθωση ή συντήρηση του προϊόντος με μερική ή ολική αποσυναρμολόγηση.
- Στο στάδιο της χρήσης αναβάθμιση του προϊόντος με την πρόσθεση ή την αντικατάσταση λειτουργιών.
- Στο στάδιο της απόσυρσης έλεγχος του προϊόντος, αποσυναρμολόγηση μερική ή ολική, ανακύκλωση, επαναχρησιμοποίηση με την ίδια ή διαφορετική χρήση.

Η σχεδίαση είναι η πρώτη φάση σε έναν κύκλο ζωής ενός προϊόντος. Οι διαφορετικοί τύποι της που μπορεί να συναντήσει κάποιος μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής (Otto *et al.*, 2001):

- Σχεδίαση για τη λήψη ενός πρωτότυπου νέου προϊόντος.
- Σχεδίαση για τη λήψη ενός αναμορφωμένου υπάρχοντος προϊόντος με βελτιωμένη συμπεριφορά ως προς την εκτέλεση της ίδιας εργασίας με το αρχικό προϊόν.
- Σχεδίαση για τη λήψη ενός αναμορφωμένου υπάρχοντος προϊόντος το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για την εκτέλεση μιας διαφοροποιημένης εργασίας σε σχέση με το αρχικό προϊόν από το οποίο προήλθε.

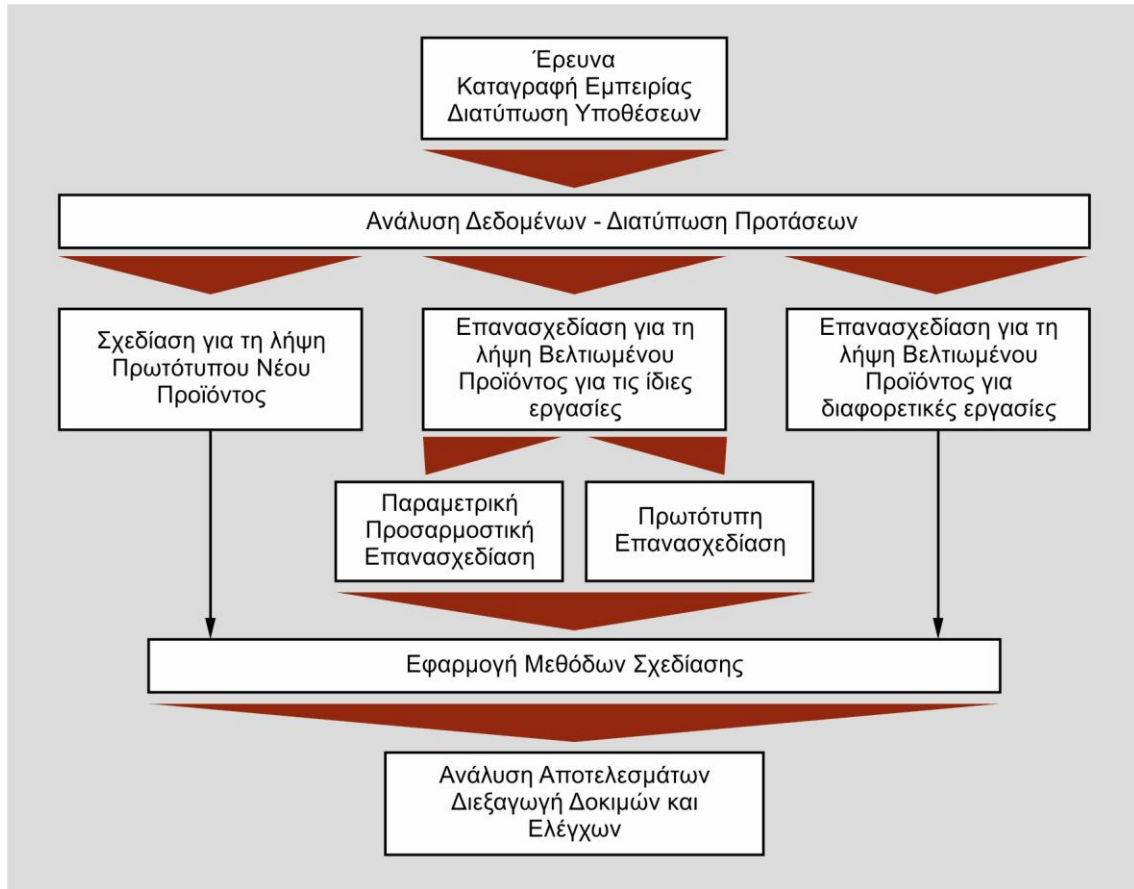
Συνοψίζοντας λοιπόν οι τύποι σχεδίασης για ένα οποιοδήποτε προϊόν είναι ο σχεδιασμός ενός νέου προϊόντος καθώς και ο προσαρμοστικός σχεδιασμός όπου για ένα γνωστό προϊόν γίνονται προσαρμογές στη σχεδίασή του προκειμένου να ανταποκρίνεται καλύτερα στις εργασίες που ήδη εκτελεί ή για να καλύπτει διαφορετικό φάσμα εργασιών. Στην περίπτωση αυτή γίνονται αλλαγές σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του προϊόντος και η εργασία που υλοποιείται καλείται επανασχεδίαση. Η φάση της επανασχεδίασης για ένα προϊόν που συνεχίζει να εκτελεί τις ίδιες εργασίες περιλαμβάνει:

- την παραμετρική επανασχεδίαση,
- την προσαρμοστική επανασχεδίαση και
- την πρωτότυπη επανασχεδίαση (ξεκινάει από ένα υπάρχον προϊόν και καταλήγει σε ένα εντελώς νέο προϊόν).

Αυτό που δεν θα πρέπει να ξεχνάει κάποιος κατά τη φάση της επανασχεδίασης είναι ότι υπάρχει ήδη ένα προϊόν και απαιτείται:

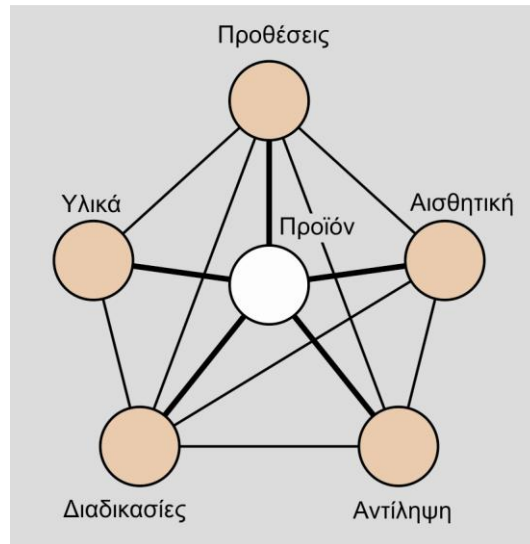
- η κατανόηση της αγοράς προτού γίνουν ενέργειες επανασχεδίασης του,
- η πλήρης κατανόηση για το τι κάνει το προϊόν για το τι θα πρέπει να κάνει καθώς και για το τι είναι επιθυμητό να κάνει.

Γραφικά τα είδη σχεδίασης που περιγράφηκαν παραπάνω παρουσιάζονται στο σχήμα που ακολουθεί:



Σχήμα 6. Πορεία εργασιών κατά τη σχεδίαση και επανασχεδίαση ενός προϊόντος

Η παραπάνω διαδικασία είναι σύνθετη, με δυνατότητα ανατροφοδότησης σε κάθε στάδιό της και όχι προδιαγεγραμμένη από την αρχή. Σε γενικές γραμμές απαιτείται η καταγραφή των απαιτήσεων που θα πρέπει να καλύπτονται από το προϊόν, η καταγραφή της αξιολόγησης της απόδοσης του προϊόντος σε συγκεκριμένα στάδια και για συγκεκριμένες λειτουργίες καθώς και η ανάπτυξη ιδεών που θα μπορούσαν να ενσωματωθούν στο προϊόν. Με άλλα λόγια γίνονται αλλαγές πάνω σε ένα προϊόν γνωρίζοντας τη συμπεριφορά του ως τη δεδομένη χρονική στιγμή οπότε υπάρχει η δυνατότητα μοντελοποίησης, ανάλυσης και πειραματισμού πάνω στην πραγματική του μορφή. Επίσης είναι γνωστή και η αντίδραση της αγοράς πάνω στο συγκεκριμένο προϊόν. Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζονται σε γενικευμένη μορφή οι αλληλεξαρτήσεις που επηρεάζουν τη φάση επανασχεδίασης ενός προϊόντος όπως έχουν διατυπωθεί από τους Ashby και Johnson το 2002.

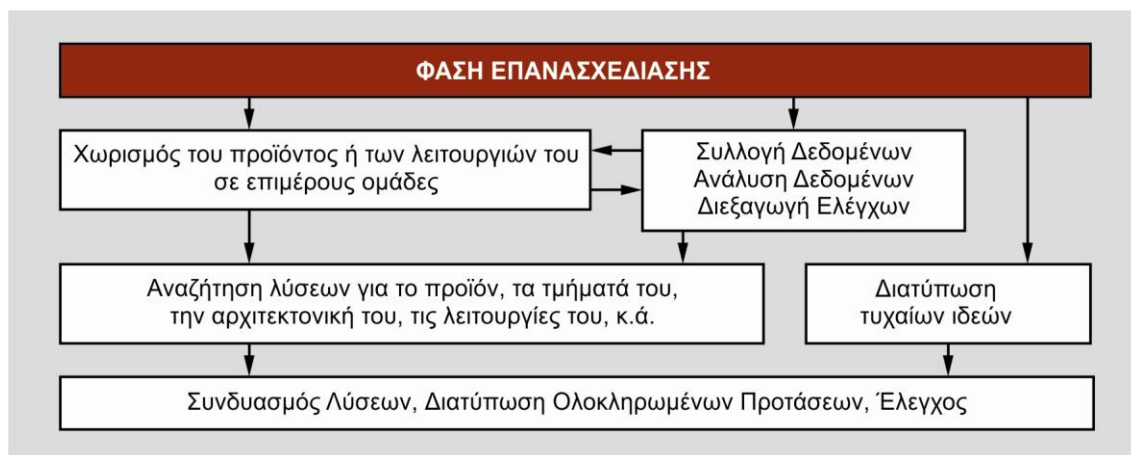


Σχήμα 7. Παρατηρούμενες αλληλεξαρτήσεις κατά τη φάση της επανασχεδίασης

Όσον αφορά τα προϊόντα ΗΗΕ η συνήθης σειρά εργασιών στη φάση της επανασχεδίασής τους είναι η εξής (Dewulf, 2003):

1. *Χωρισμός του προβλήματος σε πολλά μικρότερα.* Με τον τρόπο αυτό μπορούν να δημιουργηθούν πολλές ιδέες πάνω στη βελτίωση των μικρών επιμέρους προβλημάτων απλής μορφής που διαμορφώνονται.
2. *Συλλογή δεδομένων και ανάλυσή τους.* Διατύπωση προδιαγραφών που υπάρχουν και προδιαγραφών που είναι επιθυμητές. Έλεγχος καλής λειτουργίας του τελικού προϊόντος για τις εργασίες που έχει προγραμματιστεί να υλοποιεί. Αναφορά κόστους για την κάθε προτεινόμενη αλλαγή. Έλεγχος λοιπών επιθυμητών ή ελάχιστων ορίων που θα πρέπει να πληρούνται (πραγματικός χρόνος ζωής, τεχνολογικός χρόνος ζωής, ανάγκες συντήρησης, ανάγκες επισκευής, απαιτούμενη τεχνογνωσία, απαιτήσεις μεταφοράς, σύνταξη οδηγιών λειτουργίας, δυνατότητες αποσυναρμολόγησης, χρήση μη-απαγορευμένων ή μη-επιθυμητών υλικών, κ.α.).
3. *Διατύπωση τυχαίων ιδεών από ομάδα σχεδιαστών και μετέπειτα ανάλυσή τους.* Η συγκεκριμένη ενέργεια δίνει καλά αποτελέσματα εφόσον διατυπωθούν πολλές ιδέες. Οι τυχαίες ιδέες που θα διατυπωθούν μπορούν να είναι διαισθητικές ή να προκύπτουν έμμεσα ως λογική συνέχεια των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί.

Συνοπτικά οι παραπάνω εργασίες παρουσιάζονται στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 8. Γενικευμένη διαδικασία επανασχεδίασης

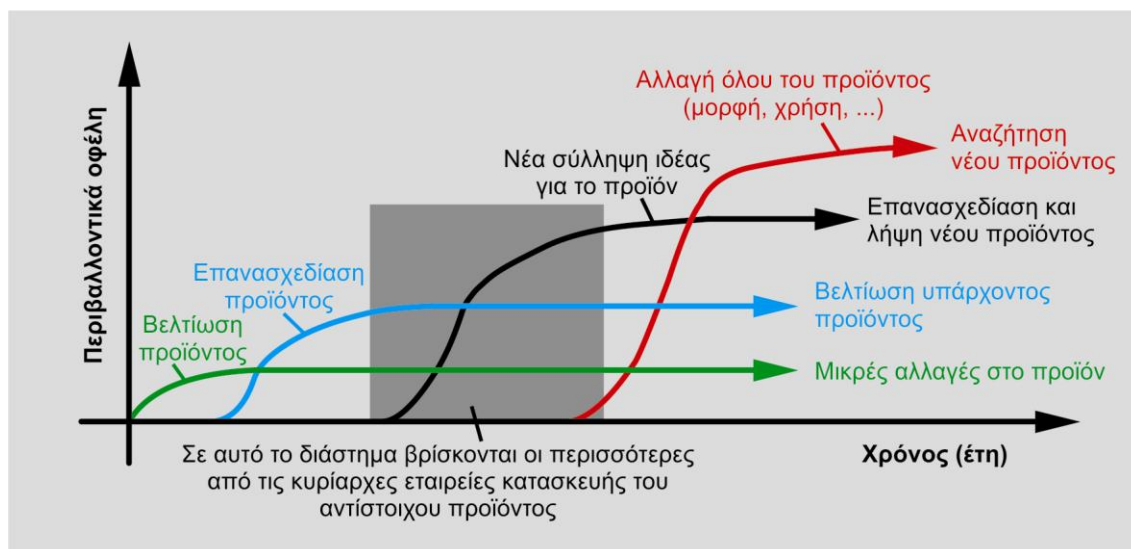
Ακολουθεί η υλοποίηση των προτάσεων που διατυπώθηκαν μέσα από μια ιδιαίτερα πολύπλοκη, μη-γραμμική και επαναληπτική διαδικασία για να ληφθεί σε φυσική μορφή το επιθυμητό αποτέλεσμα για το προϊόν που επανασχεδιάζεται.

2.4.2 Επίδραση της Περιβαλλοντικής Σχεδίασης στη Διαδικασία Βελτίωσης ενός Προϊόντος

Προκειμένου ένα προϊόν να βελτιωθεί όσον αφορά την περιβαλλοντική του συμπεριφορά είναι απαραίτητο να βελτιωθεί όχι μόνο ως προς τα χαρακτηριστικά του που σχετίζονται με το περιβάλλον αλλά και ως προς τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του. Ίσως δηλαδή να χρειάζεται να προστεθούν αρκετά καινοτόμα στοιχεία που εκτός από την περιβαλλοντική συμπεριφορά θα αλλάξουν και τη γενικότερη συμπεριφορά του (Seider *et al.*, 2003, Telenko *et al.*, 2008).

Όσα περιγράφηκαν ως αυτό το σημείο για την επανασχεδίαση είναι πολλές φορές διαδικασίες που απαιτούν χρόνια για την εφαρμογή τους. Αυτό που καθορίζει το απαιτούμενο χρονικό διάστημα είναι το τι χρειάζεται να αναμορφωθεί. Είναι προφανές ότι όσο πιο βαθιά είναι η ανάλυση που θα διεξαχθεί και όσο πιο μεγάλη ελευθερία υπάρχει για αλλαγές πάνω στο προϊόν τόσο πιο αυξημένα θα είναι τα περιβαλλοντικά οφέλη (Boks *et al.*, 2007).

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζονται εκτιμήσεις για τα πιθανά περιβαλλοντικά οφέλη σε σχέση με τον εκτιμώμενο απαιτούμενο χρόνο για να επιτευχθούν για διαφορετικά σενάρια επέμβασης στο στάδιο σχεδίασης ενός προϊόντος.

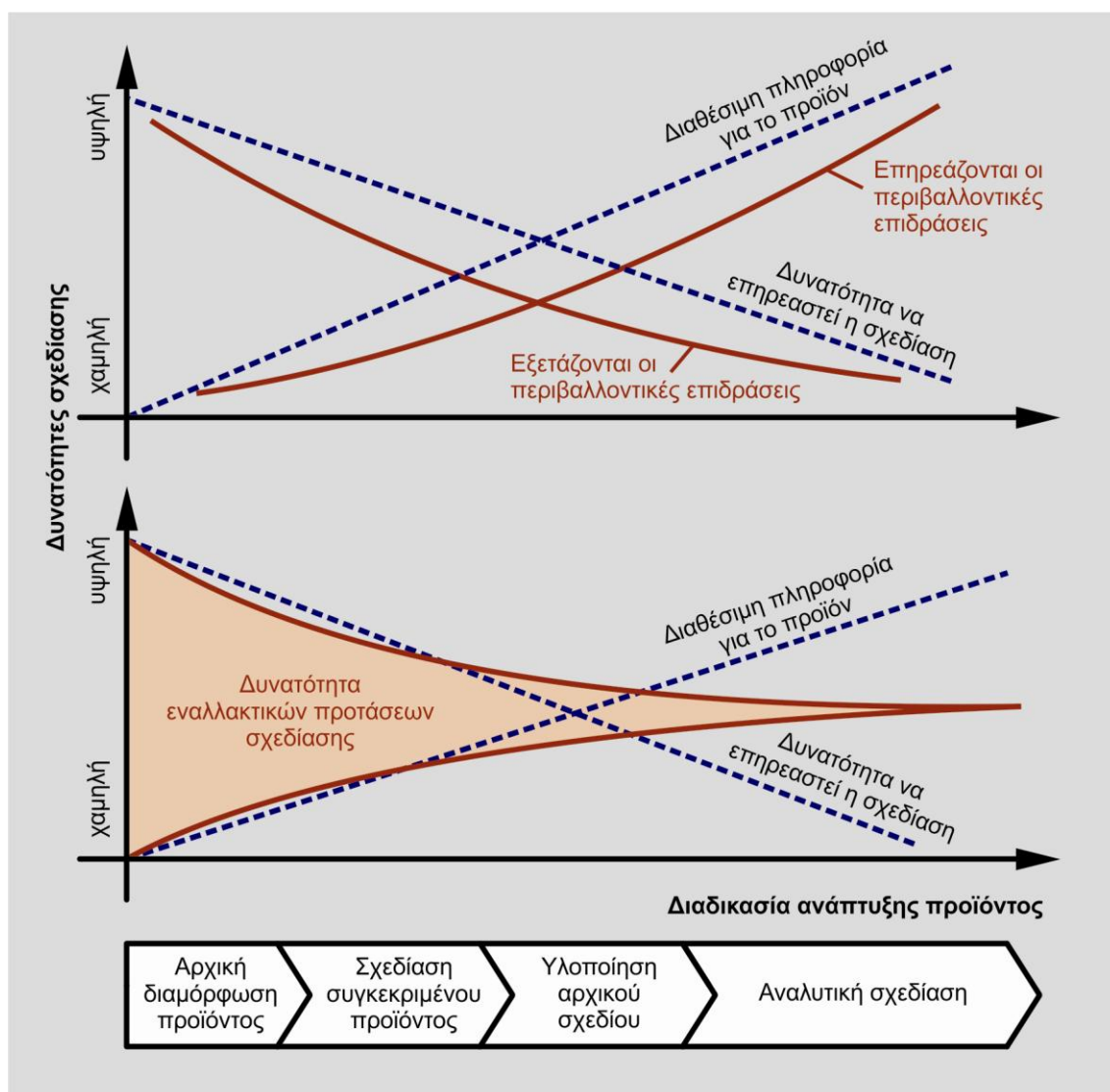


Σχήμα 9. Βαθμός περιβαλλοντικού οφέλους σε σχέση με τα ακολουθούμενα στάδια κατά την ανάπτυξη ενός προϊόντος (Ishii *et al.*, 1994, Charter *et al.*, 1997).

Στο σχήμα που ακολουθεί (Σχήμα 10) παρουσιάζεται η αναμενόμενη διαδικασία ανάπτυξης ενός προϊόντος σε σχέση με τα περιθώρια που υπάρχουν για τη διατύπωση προτάσεων για τη σχεδίαση και για την περιβαλλοντική του συμπεριφορά ανάλογα με το αν το προϊόν βρίσκεται στο στάδιο της αρχικής διαμόρφωσής του ή στο στάδιο της σχεδίασης συγκεκριμένης ιδέας ή στην αναλυτική σχεδίασή του.

Οι εργασίες που μπορούν να γίνουν κατά τη διαμόρφωση ενός προϊόντος βρίσκονται λίγο ή πολύ μέσα σε αυστηρά πλαίσια. Σύμφωνα με τους Ulrich και Eppinger (2004) ισχύει ότι όσο περισσότερο δημιουργείται ένα προϊόν μέσα σε αυστηρά πλαίσια τόσο πιο εξασφαλισμένη είναι η ποιότητα του τελικού αποτελέσματος. Επίσης υποστηρίζουν ότι η ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης σε ένα προϊόν από την αρχή της δημιουργίας του δίνει την ευκαιρία σε εταιρείες να βελτιώσουν την περιβαλλοντική συμπεριφορά του. Στην ίδια κατεύθυνση και η Ritzgen (2000) προτείνει ότι η περιβαλλοντική διάσταση θα πρέπει να εξετάζεται και να λαμβάνει υπόψη εκτός από τα πρώτα στάδια σχεδίασης και τα στάδια που ακολουθούν. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η περιβαλλοντική συνείδηση και γνώση και δημιουργούνται ευκολότερα δεσμεύσεις ότι οι αλλαγές που οφείλονται στην ανάγκη βελτίωσης του περιβάλλοντος θα γίνουν αποδεκτές, ενώ θα αναπτυχθούν και υποστηρικτικά εργαλεία που θα αλλάξουν, εφόσον απαιτείται, μελλοντικές διαδικασίες κατασκευής διανομής ή χρήσης του προϊόντος.

Για το ποιες είναι οι επιμέρους παράμετροι σχεδίασης που επηρεάζονται κατά τη σχεδίαση ενός προϊόντος, με στόχο αυτό να είναι φιλικό προς το περιβάλλον, έχουν διατυπωθεί διάφορες θεωρίες (Behrendt *et al.*, 1997, Olundh, 2006, Ishii, 1995, Hur *et al.*, 2005, Yang *et al.*, 2011). Το σημαντικό είναι ότι οποιοσδήποτε παράμετροι σχεδίασης και δεδομένα εξεταστούν χρειάζεται να λαμβάνουν υπόψη και παράγοντες που προέρχονται μέσα από τις ανάγκες και τους περιορισμούς που χρειάζεται να καλυφθούν. Για παράδειγμα, στην πράξη ενδέχεται να υπάρχουν περιορισμοί στις περιβαλλοντικές βελτιώσεις που μπορούν να εφαρμοστούν σε κάθε περίπτωση όπως το να απαιτείται οι προτεινόμενες βελτιώσεις να μην υποβαθμίζουν τις λειτουργίες του προϊόντος, την ποιότητά του ή την αναλογία κόστους/όφελους όσον αφορά την ικανοποίηση του πελάτη από το συγκεκριμένο προϊόν.



Σχήμα 10. Διαδικασία ανάπτυξης προϊόντος σε σχέση με τις δυνατότητες σχεδίασης (Behrendt *et al.*, 1997)

2.4.3 Περιβαλλοντική Διάσταση της Επανασχεδίασης

Όπως έχει καταγραφεί από τη βιβλιογραφία στο υποθετικό σενάριο όπου ο συνολικός ρυθμός ανάπτυξης είναι της τάξης του 3% ανά έτος, θα εξαχθούν, θα υποστούν επεξεργασία και θα πεταχτούν περισσότερα προϊόντα στα επόμενα 25 χρόνια από ότι έχουν πεταχτεί στη συνολική πορεία της ανθρωπότητας ως σήμερα...

Ο καταναλωτικός χαρακτήρας της σημερινής κοινωνίας και η διαφήμιση έχουν αυξήσει την επιθυμία των καταναλωτών, ειδικά στις ανεπτυγμένες χώρες, για νέα προϊόντα και την αντικατάσταση προϊόντων που δεν έχουν περιέλθει ακόμα σε αχρηστία. Η βιομηχανική σχεδίαση έχει μεγάλη ευθύνη σε αυτό το σημείο. Σε συγκεκριμένες περιόδους έχει συμβάλει σημαντικά στη δημιουργία αχρηστίας ΗΗΕ. Ο λόγος είναι ότι σχεδιάζει προϊόντα που είναι ελκυστικά στον καταναλωτή μόνο όταν είναι καινούργια και ωθεί τον καταναλωτή να αγοράζει τα πιο πρόσφατα

μοντέλα που μπαίνουν στην αγορά πείθοντάς τον ότι με αυτόν τον τρόπο καλύπτει κάποια κοινωνική ή ψυχολογική του ανάγκη. Βέβαια αυτή είναι μόνο η μισή εικόνα. Στα είδη ΗΗΕ η τεχνολογία συχνά εξελίσσεται τόσο γρήγορα που η απόκτηση ενός νέου μοντέλου έχει σαφή πλεονεκτήματα στην ευρύτητα των λειτουργιών που καλύπτει. Επίσης σε πολλές περιπτώσεις τα υπάρχοντα είδη ΗΗΕ μπορεί να λειτουργούν πλην όμως δεν είναι συμβατά με άλλα είδη ΗΗΕ πιο πρόσφατα που έχουν διοχετευτεί στην αγορά, οπότε η αντικατάστασή τους είναι επιτακτική. Οπότε το πρόβλημα της συσσώρευσης όλο και μεγαλύτερων ποσοτήτων άχρηστου ΗΗΕ δυστυχώς όλο και διογκώνεται γεγονός που επιβαρύνει και το περιβάλλον .

Η δημιουργία προϊόντων ΗΗΕ μπορεί να έχει αρνητικές επιδράσεις στο περιβάλλον σε διάφορα στάδια του κύκλου ζωής τους όπως:

- Πριν την εισαγωγή τους στην αγορά εφόσον χρησιμοποιούνται υψηλά ρυπογόνες ή ενεργοβόρες τεχνικές κατά την παρασκευή τους ή λόγω της κατανάλωσης μεγάλων ποσοτήτων πρώτων υλών ή λόγω της χρήσης επικίνδυνων προς το περιβάλλον πρώτων υλών, κ.α..
- Κατά τη χρήση τους εφόσον απαιτείται η κατανάλωση μεγάλης ποσότητας ενέργειας.
- Κατά την απόσυρσή τους εφόσον δεν υπόκεινται σε οποιαδήποτε επεξεργασία πριν πεταχθούν ή στις περιπτώσεις που ακόμα και η επεξεργασία οδηγεί σε αποτελέσματα που βλάπτουν το περιβάλλον.

Είναι φανερό ότι οι ευκαιρίες αρνητικής επίδρασης ενός προϊόντος ΗΗΕ στο περιβάλλον είναι πολλές και ποικίλες. Αντίστοιχα πολλές είναι και οι ευκαιρίες πρόληψης μέσα από διαδικασίες όπως η συντήρηση, η ανακύκλωση, η επαναχρησιμοποίηση ή η επανακατασκευή. Το να επανασχεδιαστεί ένα προϊόν καλύπτοντας μια μόνο παράμετρο από τα παραπάνω (πχ. μη-χρήση επικίνδυνων υλικών) δεν είναι αρκετό. Απαιτείται να μελετηθούν όλες οι εμπλεκόμενοι παράμετροι σε όλα τα στάδια ζωής του ώστε το τελικό αποτέλεσμα να είναι το καλύτερο δυνατό όσον αφορά την αποδοτικότητα του τελικού αποτελέσματος (Sun *et al.*, 2003, Kurk *et al.*, 2008, Yung *et al.*, 2011).

2.4.4 Μέθοδοι Μείωσης της Αρνητικής Περιβαλλοντικής Επίδρασης του ΗΗΕ

Οι μέθοδοι σχεδίασης που έχουν καταγραφεί στη διεθνή βιβλιογραφία με βάση το περιβάλλον είναι πολλές και διαφορετικές ανάλογα με τους στόχους που καλούνται να καλύψουν, το προϊόν που πραγματεύονται, τους εξωτερικούς παράγοντες που επηρεάζουν και την πορεία του προϊόντος στην αγορά (Misra, 2008, Vezzoli, 2008, Elghaffar, 2007). Μερικές από τις πλέον γνωστές είναι:

- Η Πράσινη Σχεδίαση (Green Design) (Burall, 1991, Mackenzie, 1997), που εστιάζει σε μεμονωμένα θέματα που σχετίζονται με την περιβαλλοντική συμπεριφορά του προϊόντος,
- Η Οικολογική Σχεδίαση (Ecological Design) (Van der Ryn *et al.*, 1996) και η Οικολογική Επανασχεδίαση (EcoRedesign) (McAloone, 1998), όπου το περιβάλλον και οι αρνητικές επιπτώσεις σε αυτό καθ' όλη τη διάρκεια ζωής ενός προϊόντος εξετάζονται από τα πρώτα στάδια σχεδίασής του,
- Η Σχεδίαση με Βάση τον Κύκλο Ζωής (Life Cycle Design) (Hendrickson *et al.*, 2006, Curran, 1996), όπου το προϊόν σχεδιάζεται με βάση τη συμπεριφορά του σε όλα τα στάδια ζωής του,

- Η Συνειδητή Περιβαλλοντικά Σχεδίαση (Environmentally Conscious Design) (Kutz, 2007), όπου το προϊόν σχεδιάζεται με βάση συγκεκριμένες προδιαγραφές που ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις που έχουν τεθεί όσον αφορά την περιβαλλοντική του συμπεριφορά,
- Η Σχεδίαση που έχει Επιρροές από την Οικολογία (Eco-effective Design) (Van der Ryn *et al.*, 1996), όπου κατά τη σχεδίαση λαμβάνεται υπόψη μεταξύ άλλων και η επίδραση στο περιβάλλον, κ.α.

Κοινό σημείο σε όλες τις παραπάνω μεθόδους είναι ότι στοχεύουν να ενσωματώσουν βασικά περιβαλλοντικά θέματα στα πρώτα στάδια σχεδίασης και επανασχεδίασης ενός οποιουδήποτε προϊόντος. Μερικά από τα βασικά θέματα που απασχολούν σήμερα τους ερευνητές είναι τα εξής:

- Πως θα καταγραφούν οι βασικές περιβαλλοντικές απόψεις σε ένα προϊόν;
- Ποιοι είναι οι τύποι της περιβαλλοντικής πληροφορίας που θα πρέπει να είναι διαθέσιμες για τη δημιουργία και εξέλιξη των ιδεών περιβαλλοντικής σχεδίασης και επανασχεδίασης;
- Πως θα εκτιμηθούν – αξιολογηθούν οι ιδέες της περιβαλλοντικής σχεδίασης και επανασχεδίασης;

Η επανασχεδίαση ενός προϊόντος δεν είναι μια συνήθης διαδικασία. Γίνεται εφόσον διαπιστώνεται από την αγορά η ανάγκη για να γίνει. Επίσης είναι μια διαδικασία που μπορεί να υλοποιηθεί ευκολότερα εφόσον το εξεταζόμενο προϊόν έχει τα εξής χαρακτηριστικά (Bashir, 1999, Umeda *et al.*, 2008):

- Αποτελείται από επιμέρους διακριτά τμήματα, γεγονός που διευκολύνει την αντικατάσταση εξαρτημάτων που έχουν υποστεί βλάβη ή χρειάζεται να αντικατασταθούν με άλλα πιο αναβαθμισμένα.
- Τα επιμέρους εξαρτήματα και τμήματα του προϊόντος ακολουθούν συγκεκριμένες προδιαγραφές που επιτρέπουν τη χρήση τους σε περισσότερα του ενός προϊόντα.
- Υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής κανόνων αποσυναρμολόγησης που διευκολύνουν το διαχωρισμό του προϊόντος στα επιμέρους τμήματά του.
- Τα υλικά από τα οποία αποτελείται και τα οποία προέρχονται από τα περίπου 100.000 διαθέσιμα υλικά είναι γνωστά τόσο όσον αφορά τη σύστασή τους όσο και για τις ιδιότητες και τη συμπεριφορά που έχουν σε διάφορες συνθήκες και μεθόδους κατεργασίας.

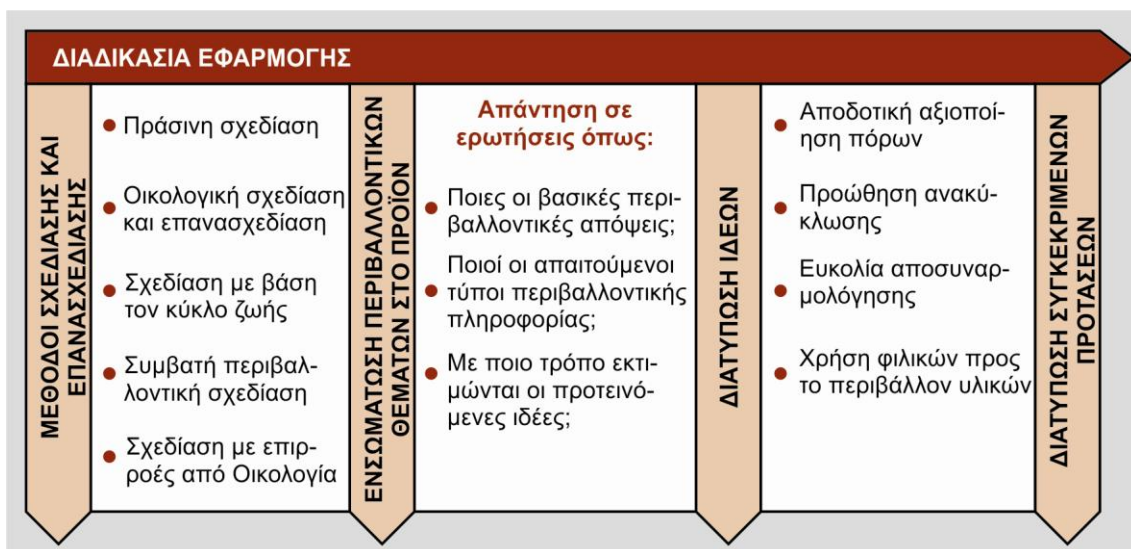
Εστιάζοντας και πάλι στην επανασχεδίαση η εκτίμηση των πληροφοριών και η χρήση των περιβαλλοντικών εργαλείων θα πρέπει να είναι μια απλή διαδικασία, ενώ και το αποτέλεσμα θα πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να δίνει ακριβή περιβαλλοντική πληροφορία για το υπό μελέτη προϊόν. Επιπλέον, η πληροφορία που θα προκύψει θα πρέπει να μπορεί να φτάσει στο σημείο δημιουργίας των ιδεών περιβαλλοντικής επανασχεδίασης και να τις επηρεάσει (Tukker *et al.*, 2006). Τέλος, η εκτίμηση των ιδεών περιβαλλοντικής επανασχεδίασης θα πρέπει να είναι αντικειμενική και κατά προτίμηση βασισμένη σε ποσοτικές ή ημι-ποσοτικές μεθόδους. Μέχρι σήμερα δεν υπάρχουν μέθοδοι περιβαλλοντικής επανασχεδίασης που να καλύπτουν ταυτόχρονα όλα τα παραπάνω θέματα. Στην πράξη οι πιο συνηθισμένες ιδέες που καλούνται να εξεταστούν μέσα από την επανασχεδίαση με κριτήριο το περιβάλλον είναι οι εξής:

- Αποδοτική αξιοποίηση των φυσικών πόρων που απαιτούνται από ένα προϊόν σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής του.

- Προώθηση της επαναχρησιμοποίησης, επανακατασκευής και ανακύκλωσης ενός προϊόντος μετά το τέλος της χρήσιμης ζωής του.
- Χρήση των κατάλληλων υλικών (χρήση υλικών με τη μικρότερη δυνατή περιβαλλοντική επίδραση, υλικών που μπορούν να ανακυκλωθούν, υλικών που έχουν το μικρότερο δυνατό βάρος, υλικών που μπορούν εύκολα να ταυτοποιηθούν, υλικών που σε ανακυκλωμένη μορφή μπορούν να αξιοποιηθούν, κ.α.
- Ελαχιστοποίηση των διαφορετικών υλικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα προϊόν, γεγονός που απλοποιεί τη διαδικασία διαχωρισμού διαφορετικών υλικών.
- Σχεδίαση προϊόντων που μπορούν εύκολα να αποσυναρμολογηθούν.

Πολλά είναι τα σχετικά εργαλεία και μεθοδολογίες μελέτης που έχουν αναπτυχθεί από πανεπιστήμια, ερευνητικούς φορείς ή εταιρείες ανεξάρτητα ή μέσα από συνεργασία τους όπως έγινε για παράδειγμα με τις Philips Electronics, το Technical University of Delft και την Ολλανδική Κυβέρνηση που διαμόρφωσαν περιβαλλοντικά εργαλεία μελέτης του κύκλου ζωής προϊόντων όπως το λογισμικό IdeMat αρχικά το οποίο στη συνέχεια εξελίχθηκε στα λογισμικά EcoScan, Eco-It και SimaPro τα οποία χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα (Kutz, 2007, Alting *et al.*, 1995, Stevels, 2000). Σύμφωνα με τους Baumann *et al.* (2002) υπάρχουν περισσότερες από 150 διαφορετικές μέθοδοι μέτρησης και ανάλυσης της περιβαλλοντικής επίδρασης που προκαλείται σε όλα τα στάδια ζωής ενός προϊόντος. Τα εργαλεία αυτά μπορεί να είναι από απλές λίστες καταγραφής ως πιο σύνθετα υπολογιστικά έμπειρα συστήματα και χρησιμοποιούν διαφορετικές τεχνικές προσέγγισης. Παρόλα αυτά τόσο οι Baumann *et al.* (2002) όσο και ο Lindahl (2005) υποστηρίζουν ότι περιορισμένος αριθμός από αυτά χρησιμοποιείται στην πράξη από εταιρείες σχεδίασης και κατασκευής κατά τη διαμόρφωση των προϊόντων τους. Στο Παράρτημα II παρουσιάζονται αρκετά από τα χρησιμοποιούμενα εργαλεία ανάλυσης που καταγράφονται στη διεθνή βιβλιογραφία χωρισμένα ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους. Πρόκειται για εργαλεία, στοιχεία των οποίων χρησιμοποιήθηκαν και στην προτεινόμενη ανάλυση της συγκεκριμένης εργασίας στη συνέχεια.

Στο σχήμα που ακολουθεί περιγράφεται συνοπτικά η απαιτούμενη πληροφορία που χρειάζεται να συλλεχθεί κατά την επανασχεδίαση ενός προϊόντος ως προς το περιβάλλον.



Σχήμα 11. Εφαρμογή μεθόδων επανασχεδίασης προϊόντων

2.4.5 Επίδραση της Επανασχεδίασης στη Διαχείριση ενός Προϊόντος ΑΗΗΕ σε Σχέση με το Περιβάλλον

Αρκετές είναι οι μελέτες που έχουν γίνει σχετικά με τη σύνδεση της φάσης σχεδίασης με τις πιθανές ΣΤΔ προϊόντων μετά το τέλος της χρήσιμης ζωής τους. Στην εργασία των Pnueli και Zussman (1997) υπάρχει μια γενική παρουσίαση των μεθόδων που είχαν παρουσιαστεί ως τη δεδομένη χρονική στιγμή. Βασικές επιδιώξεις σε αυτές τις μελέτες ήταν η εκτίμηση της αξίας στο τέλος της ζωής επιμέρους υλικών, τμημάτων και μέσων σύνδεσης και πως μπορεί να αυξηθεί καθώς πως μπορεί να δημιουργηθεί η βέλτιστη διαδρομή αποσυναρμολόγησης για επισκευή ή ανακύκλωση. Οι ίδιοι οι Pnueli και Zussman στην εργασία τους παρουσίασαν έναν αλγόριθμο για την εκτίμηση της αξίας ενός προϊόντος, μετά τη λήξη της χρήσιμης ζωής του χρησιμοποιώντας and/or γραφήματα και παράλληλα διαπιστώνοντας αδυναμίες στη σχεδίαση, οπότε με βάση τις αδυναμίες αυτές διατύπωσαν κατάλληλες σχεδιαστικές τροποποιήσεις που θα μπορούσαν να προταθούν. Στη συνέχεια ακολούθησαν και άλλες εργασίες όπως των Gehin *et al.* (2007), όπου με βάση τη μελέτη διαφορετικών πιθανών προφίλ από την επανακατασκευή συγκεκριμένων προϊόντων δημιούργησαν μια βάση δεδομένων με στόχο να βοηθήσει το σχεδιαστή να πάρει τις βέλτιστες αποφάσεις κατά τη επανασχεδίασή του καθώς και η εργασία των Chu *et al.* (2009), όπου χρησιμοποιώντας γενετικούς αλγορίθμους αναζήτησαν τη βέλτιστη διαμόρφωση της δομής ενός προϊόντος που θα βελτιστοποιούσε την τελική διαχείρισή του. Πλεονέκτημα από την εφαρμογή των παραπάνω μεθόδων είναι ότι διευκολύνεται η προσέγγιση ενός οποιουδήποτε προβλήματος αφού αυτό αναλύεται σε πολλά μικρότερα. Μειονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι η εφαρμογή των συγκεκριμένων μεθόδων συνεπάγεται πολλές απλοποιήσεις.

Μέχρι σήμερα το πρόβλημα της συσχέτισης της φάσης σχεδίασης με τη βέλτιστη ΣΤΔ που εφαρμόζεται για το κάθε προϊόν ΑΗΗΕ παραμένει ένα δύσκολο στην προσέγγισή του πρόβλημα. Ο λόγος είναι ότι προφανώς στην πράξη τεχνικά και μη-τεχνικά θέματα, αποφάσεις των εμπλεκόμενων και οικονομικά θέματα υπαγορεύουν την εφαρμογή συγκεκριμένων ΣΤΔ ενώ τα βασικά κριτήρια που διαμορφώνουν τις προτάσεις επανασχεδίασης είναι σε πρώτο βαθμό τεχνικά και οικονομικά και σε δευτερεύον βαθμό περιβαλλοντικά. Επιπλέον όμως, ακόμα και στην περίπτωση που το περιβάλλον είναι καθοριστικός παράγοντας, για τη διατύπωση προτάσεων επανασχεδίασης χρειάζεται παράλληλα να ικανοποιούνται και άλλοι, πολλές φορές, αντικρουόμενοι στόχοι οπότε είναι δύσκολο για το σχεδιαστή να εκτιμήσει τη σημαντικότητα των αντικρουόμενων στόχων και να ορίσει την κατάταξη των προτάσεων επανασχεδίασης που έχει στη διάθεσή του. Πιθανή λύση σε αυτό το πρόβλημα θα μπορούσε να είναι να δοθεί στο σχεδιαστή παράλληλα ένα σύνολο κανόνων που συνδέουν τη φάση σχεδίασης με τη φάση της τελικής διαχείρισης. Στην κατεύθυνση αυτή οι Lagerstedt *et al.* (2003) πρότειναν ένα σύνολο κανόνων που περιελάμβαναν ένα σύνολο οδηγιών που διαμορφώθηκαν με βάση και τα εργαλεία από τις εφαρμοζόμενες τεχνικές επανασχεδίασης με βάση το περιβάλλον και ήταν οι εξής:

- Δεν επιτρέπεται η χρήση τοξικών ουσιών.
- Περιορισμός κατανάλωσης ενέργειας και πρώτων υλών σε παραγωγή και διανομή.
- Περιορισμός καταναλισκόμενης ενέργειας και πόρων στη φάση της χρήσης ειδικά για προϊόντα που έχουν τις σημαντικότερες αρνητικές περιβαλλοντικές επιδράσεις κατά τη χρήση τους.
- Επιδίωξη της εφαρμογής της συντήρησης ειδικά για προϊόντα που στηρίζουν τη λειτουργία ευρύτερων συστημάτων.

- Προώθηση της επιμήκυνσης ζωής των προϊόντων ειδικά για προϊόντα που έχουν τις σημαντικότερες επιδράσεις στο περιβάλλον σε φάσεις της ζωής τους εκτός της χρήσης τους.
- Επιδίωξη χρήσης δομικών χαρακτηριστικών (structural features) και υψηλής ποιότητας υλικών για την ελαχιστοποίηση του βάρους των προϊόντων: αυτά θα πρέπει να μην σχετίζονται με την ευελιξία, τη δύναμη της επίδρασής τους ή άλλες λειτουργικές τους ιδιότητες.
- Χρήση καλύτερων υλικών, εργασιών επεξεργασίας επιφανειών των προϊόντων με βάση και την επίδραση στο περιβάλλον ή δομικές αλλαγές προκειμένου να προστατευτούν τα προϊόντα από τη φθορά, τη διάβρωση και τη σκόνη, κ.α.
- Φροντίδα για αναβάθμιση σε προτεραιότητα, επισκευής και ανακύκλωσης μέσα από την καλή προσέγγιση των τμημάτων του προϊόντος, χρήση κατάλληλης σήμανσης, ύπαρξη εγχειριδίου που περιέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες ύπαρξη επιμέρους διακριτών τμημάτων, επιδίωξη χρήσης καθαρών υλικών και όχι κραμάτων.
- Χρήση του ελάχιστου αριθμού συνδέσεων, συγκολλήσεων, και σύμφωνα με τις υπάρχουσες γνώσεις για την αντοχή τους.

Η διαδικασία σύνδεσης της φάσης επανασχεδίασης με τη φάση της τελικής διαχείρισης μετά την απόσυρση ενός προϊόντος ΑΗΗΕ είναι ένα πρόβλημα με πολλές διαστάσεις που εξαρτάται κύρια από τη στρατηγική διαχείρισης που επιλέγεται να εφαρμοστεί σε κάθε περίπτωση. Σε γενικές γραμμές μετά την εκτίμηση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης ενός προϊόντος ΑΗΗΕ, με οποιοδήποτε εργαλείο επιλεγεί από τη βιβλιογραφία ή διαμορφωθεί ανάλογα με τα δεδομένα και τις ανάγκες της ανάλυσης, είναι δυνατό να προταθούν προτάσεις επανασχεδίασης προκειμένου να μειωθούν ή και να εξαλειφθούν οι τυχόν αρνητικές περιβαλλοντικές επιδράσεις που καταγράφηκαν. Σε αυτό το σημείο αρκετές είναι οι μελέτες που έχουν γίνει και παρουσιάζονται στη συνέχεια. Για την καλύτερη παρουσίαση της βιβλιογραφικής ανασκόπησης οι κατηγορίες μεθόδων επανασχεδίασης που ερευνήθηκαν στη διεθνή βιβλιογραφία για προϊόντα ΑΗΗΕ και παρουσιάζονται στη συνέχεια είναι ομαδοποιημένες ως εξής:

1. Ενέργειες επανασχεδίασης για ανακύκλωση.
2. Ενέργειες επανασχεδίασης για επανακατασκευή.
3. Ενέργειες επανασχεδίασης για ελαχιστοποίηση χρήσης υλικών και χρήσης επικίνδυνων υλικών.
4. Ενέργειες επανασχεδίασης για την αποδοτική χρήση και κατανάλωση ενέργειας ή για επιμήκυνση του χρήσιμου χρόνου ζωής.
5. Ενέργειες επανασχεδίασης με βάση τις υπάρχουσες οδηγίες και κανόνες.

Επανασχεδίαση για ανακύκλωση: Η επανασχεδίαση του προϊόντος εδώ έχει ως στόχο την υποστήριξη της αποδοτικής οικονομικά ανακύκλωσης και της διευκόλυνσης ανάκτησης και συγκέντρωσης των υλικών που βρίσκονται σε ένα προϊόν (Masanet *et al.*, 2007, Georgiadis *et al.*, 2010). Για να ανακυκλωθεί ένα υλικό θα πρέπει καταρχήν να υπάρχει ζήτηση για αυτό ανεξάρτητα από το πόσο εύκολο είναι να συγκεντρωθεί. Οπότε το βέλτιστο σενάριο είναι να χρησιμοποιούνται υλικά που μπορούν να ανακυκλωθούν όπως τα μέταλλα και τα πλαστικά και έχουν πολλές χρήσεις. Άλλες βασικές αρχές με βάση τη βιβλιογραφία που θα πρέπει να ακολουθούνται κατά την επανασχεδίαση προκειμένου η αποδοτικότητα της ανακύκλωσης να βελτιωθεί είναι οι εξής (Bras, 1997, Behrendt *et al.*, 1997, Rahimifard *et al.*, 2009):

- Ελαχιστοποίηση των διαφορετικών υλικών σε ένα προϊόν.

- Χρήση ανακυκλώσιμων υλικών.
- Περιορισμός στη χρήση υλικών που μολύνουν το περιβάλλον.
- Σημείωση στο κάθε επιμέρους τμήμα ενός προϊόντος που αποτελείται από ένα ή περισσότερα συνθετικά υλικά με έναν τυποποιημένο κωδικό που παραπέμπει άμεσα στο υλικό από το οποίο αποτελείται.

Πολλοί είναι οι ερευνητές που έχουν ασχοληθεί με την αποδοτικότητα της ανακύκλωσης σε προϊόντα ΑΗΗΕ ή με τη μέτρηση της αποδοτικότητας ενεργειών στη φάση σχεδίασης που αποσκοπούν στη βελτίωση της συμπεριφοράς του προϊόντος όσον αφορά την ανακύκλωσή του. Ενδεικτικά αναφέρονται εργασίες που ανέπτυξαν μαθηματικά μοντέλα ή μεθόδους ιεραρχίας προτιμήσεων για την εκτίμηση της απόδοσης της διαδικασίας διαχωρισμού υλικών κατά την τελική διαχείριση (Knight *et al.*, 2000, Liu *et al.*, 2002, Wright *et al.*, 2005) ή διαμόρφωσαν κατάλληλους περιβαλλοντικούς δείκτες ανακύκλωσης για την παρακολούθηση και αξιολόγηση της διαδικασίας ανακύκλωσης (Ardente *et al.*, 2003).

Επανασχεδίαση για επανακατασκευή:

Η επανακατασκευή είναι μια από τις πιθανές ΣΤΔ ενός προϊόντος αφού αυτό αποσυρθεί από την αγορά μεταφερθεί σε μια ειδική εγκατάσταση και αποσυναρμολογηθεί στον επιθυμητό βαθμό. Πρόκειται για μια τυποποιημένη διαδικασία, ανάλογη με τη διαδικασία παραγωγής, κατά την οποία σε πρώτη φάση τα επιμέρους τμήματα του προϊόντος μπαίνουν σε μια σειρά, επιθεωρούνται (αν δεν πληρούνται οι επιθυμητές προδιαγραφές τότε το προϊόν απορρίπτεται από την παραπέρα επεξεργασία), καθαρίζονται ως ένα επιθυμητό επίπεδο και αποσυναρμολογούνται. Έπεται ο καθαρισμός και η επιθεώρηση των επιμέρους τμημάτων που προέκυψαν από την αποσυναρμολόγηση. Στη συνέχεια τα επιμέρους τμήματα του προϊόντος διοχετεύονται εκ νέου σε μια διαδικασία κατασκευής. Οπότε η επανασχεδίαση ενός προϊόντος για επανακατασκευή έχει ως στόχο για τα επιμέρους τμήματά του όταν αποσυναρμολογούνται, να μπορούν να καθαριστούν εύκολα, να ελέγχονται εύκολα και να επαναχρησιμοποιούνται στη συνέχεια. Προφανές είναι ότι τα επανακατασκευασμένα προϊόντα στις περισσότερες περιπτώσεις έχουν μικρότερους χρόνους ζωής ενώ αν και μετά από ένα σημείο κατά την επανακατασκευή ακολουθείται η διαδικασία της αρχικής κατασκευής εντούτοις η αβεβαιότητα για την ποιότητα των επιμέρους τμημάτων, οι έλεγχοι που χρειάζεται να γίνουν και η ανάγκη πρόβλεψης τυχόν προβλημάτων διαφοροποιούν σημαντικά τις απαιτούμενες εργασίες σε κάθε περίπτωση (Nnorom *et al.*, 2010). Σε σημαντικό βαθμό επίσης οι εργασίες επανακατασκευής επηρεάζονται και από το ρυθμό απόσυρσης αντίστοιχων προϊόντων όπου υπάρχει αβεβαιότητα στους χρόνους και τις ποσότητες επιστροφών. Για το λόγο αυτό και πολλοί είναι οι σχετικοί αλγόριθμοι πρόβλεψης που έχουν αναπτυχθεί (Marx-Gomez *et al.*, 2002, Linton *et al.*, 2005, Kelle *et al.*, 1989). Προκειμένου η συγκεκριμένη διαδικασία να καταλήξει σε μια κατάσταση όπου έχει προκύψει από το προϊόν να μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί χρειάζεται να έχουν γίνει προσεκτικές επιλογές όσον αφορά τα χρησιμοποιούμενα υλικά για τη δομή τους, την επιφάνειά τους ή τη σήμανση που έχουν. Κρίσιμο σημείο μελέτης εδώ είναι η διασφάλιση της βέλτιστης σχεδίασης για την αποσυναρμολόγηση και τη μετέπειτα επιθεώρηση που απαιτείται πριν περάσει το προϊόν στη φάση της επανακατασκευής (Heigmann *et al.*, 2004). Στη βιβλιογραφία υπάρχουν διάφορες εργασίες που έχουν γίνει στο συγκεκριμένο χώρο όπως για παράδειγμα η εργασία του Sundin E. (2004) που παρουσίασε μια γενική διαδικασία που περιελάμβανε όλα τα απαιτούμενα στάδια για να επανέλθει ένα προϊόν μετά το τέλος της χρήσιμης ζωής του ξανά στην αγορά. Σε αυτήν τη διαδρομή το προϊόν ήταν απαραίτητο να έχει ορισμένα χαρακτηριστικά.

Για το σκοπό αυτό κατασκευάστηκε ένας πίνακας που έδειχνε τη σχέση ανάμεσα στο κάθε απαιτούμενο χαρακτηριστικό και το κάθε βήμα επανακατασκευής προκειμένου στο τέλος το προϊόν να έχει τις επιθυμητές ιδιότητες. Άλλη σχετική μελέτη έχει γίνει από τους Gehin *et al.* (2007) που μέσα από τη χρήση διαφορετικών προφίλ του προϊόντος δημιουργήθηκε ένας βοηθητικός μηχανισμός λήψης αποφάσεων για το σχεδιαστή όσον αφορά την επανασχεδίαση ενός προϊόντος για την επανακατασκευή του.

Το πρώτο βήμα στην αποδοτική επανασχεδίαση ενός προϊόντος είναι να ενισχύσει τη συνολική επαναχρησιμοποίηση ενός προϊόντος (ή επιμέρους τμημάτων του). Στο σημείο αυτό εξίσου σημαντική βαρύτητα με τις τεχνικές απαιτήσεις έχουν και οι απαιτήσεις της αγοράς. Η επανακατασκευή άλλωστε αποτελεί μέρος μιας ευρύτερης στρατηγικής. Οπότε χρειάζεται να λαμβάνεται υπόψη και η λειτουργικότητα του τελικού αποτελέσματος. Στην πράξη άλλωστε κατά την επανασχεδίαση ενός προϊόντος ο στόχος δεν είναι πάντα η επανακατασκευή του συνολικού προϊόντος, αφού αυτό συχνά καταλήγει να είναι μια ασύμφορη λύση, αλλά επιμέρους τμημάτων του. Επιπλέον, η επανακατασκευή ενός προϊόντος στο σύνολό του μπορεί να είναι επιβλαβής για το περιβάλλον ειδικά σε προϊόντα ΗΗΕ όπου η χρήση προϊόντων παλιάς τεχνολογίας μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένες ποσότητες απαιτούμενης ενέργειας σε σύγκριση με τα προϊόντα νεώτερης τεχνολογίας για την ίδια χρήση.

Επανασχεδίαση για την ελαχιστοποίηση χρήσης υλικών και χρήσης επικίνδυνων υλικών:

Η ελαχιστοποίηση χρήσης υλικών και ιδιαίτερα επικίνδυνων υλικών δεν είναι απλά ένας επιθυμητός περιβαλλοντικός στόχος για την επανασχεδίαση αλλά πολλές φορές πρόκειται για υποχρεωτικό στόχο με βάση την υπάρχουσα νομοθεσία που πρέπει να εφαρμοστεί.

Αρχικά όσον αφορά τη μείωση των ποσοτήτων των χρησιμοποιούμενων υλικών σε προϊόντα ΗΗΕ αυτή μπορεί να γίνει σε τρεις τομείς: στη φάση της συσκευασίας και διανομής, στη φάση της παραγωγής και πάνω στο ίδιο το προϊόν (Ishii *et al.*, 1994). Πολλές εταιρείες όπως για παράδειγμα εταιρείες κατασκευής ηλεκτρονικών υπολογιστών έχουν προγράμματα επιστροφής για τα μέσα συσκευασίας των υπολογιστών που πουλάνε. Και στη φάση της παραγωγής όμως μπορούν να γίνουν πολλές φορές βελτιώσεις ώστε να περιοριστούν οι ποσότητες των πρώτων υλών. Για παράδειγμα το 1997 η Chrysler παρουσίασε στην αγορά ένα νέο αυτοκίνητο με πλαστικά ταμπλώ που δεν χρειαζόταν βαφή. Αντί λοιπόν να βελτιωθεί το σύστημα βαφής κατά την παραγωγή εξαλείφθηκε εντελώς αυτό το κομμάτι και οι αρνητικές του επιπτώσεις χωρίς να υποβαθμίζεται το τελικό αποτέλεσμα (Otto *et al.*, 2001). Τις περισσότερες φορές πάντως οι αλλαγές που γίνονται προς αυτήν την κατεύθυνση έχουν ως στόχο το ίδιο το προϊόν. Οπότε για τη διατύπωση προτάσεων προς την επανασχεδίαση χρειάζεται το κάθε τμήμα του προϊόντος να εξεταστεί για να προταθούν τυχόν τρόποι ελάττωσης των εξαρτημάτων από τα οποία αποτελείται ή της αντικατάστασης των χρησιμοποιούμενων υλικών με υλικά που έχουν καλύτερες ιδιότητες (Ashby *et al.*, 2002).

Οι στόχοι εδώ είναι:

- Η χρήση όσο το δυνατό συμβατών μεταξύ τους υλικών, υλικών δηλαδή που μπορούν να υποστούν μαζί επεξεργασία οπότε δεν χρειάζεται να αποσυναρμολογηθούν τα αντίστοιχα τμήματα.
- Να μην υποβαθμίζονται τα προϊόντα που προέρχονται από ανακυκλωμένα υλικά να χρησιμοποιούνται σε κάθε περίπτωση όσο το δυνατό άτφια υλικά χωρίς προσμίξεις.

Μέσα από πίνακες υλικών όπου παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά τους ή άλλα υλικά που έχουν ανάλογες ιδιότητες ή υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν μαζί σε μια κατασκευή είναι

δυνατό να αναζητηθούν τα απαραίτητα δεδομένα για την παραπάνω ανάλυση ανάλογα με το υπό μελέτη προϊόν. Η ιδέα της μείωσης των χρησιμοποιούμενων πρώτων υλών είναι μια μάλλον προφανής ιδέα αφού το όφελος προς το περιβάλλον δεν αμφισβητείται. Παρόλα αυτά στην πράξη συνήθως είναι πολύ δύσκολη στην εφαρμογή της αφού απαιτεί σημαντικές αλλαγές στο προϊόν και τη μορφή του λαμβάνοντας υπόψη παράλληλα και το γεγονός ότι δεν πρέπει να μειωθεί η λειτουργικότητα του τελικού αποτελέσματος ούτε και το κόστος της όλης προσπάθειας να επιβαρύνει πάνω από ένα ανεκτό όριο την τιμή του προϊόντος στην αγορά. Ανάλογα θέματα προκύπτουν και για τη μείωση των αποβλήτων στη φάση της παραγωγής αφού μπορεί να απαιτούν την εφαρμογή πιο δαπανηρών μεθόδων παραγωγής ή τη χρήση πιο ακριβού εξοπλισμού. Τέλος και στη συσκευασία τα προβλήματα που χρειάζεται να λυθούν είναι πολλές φορές σημαντικά αφού χρειάζεται να διασφαλίζεται η άριστη κατάσταση του προϊόντος κατά τη μεταφορά του από το χώρο της παραγωγής στο χώρο της αγοράς και της μετέπειτα χρήσης του (Vezzoli *et al.*, 2008). Παρόλα αυτά υπάρχουν και πολλά πλεονεκτήματα πέρα από την περιβαλλοντική διάσταση που συνδέονται με την εξοικονόμηση κόστους γεγονός που οδηγεί όλο και περισσότερες εταιρείες να αναζητούν τρόπους μείωσης των χρησιμοποιούμενων υλικών. Ειδικά σε προϊόντα ΗΗΕ η εξέλιξη της τεχνολογίας και οι σχετικές ανακαλύψεις (πχ. μικροεπεξεργαστές) έχουν συμβάλει ουσιαστικά στη συνεχή μείωση των διαστάσεων άρα και των απαιτούμενων υλικών των προϊόντων που διοχετεύονται στην αγορά (Seliger, 2007). Όσον αφορά τη μείωση στο μέγιστο βαθμό της χρήσης επικίνδυνων υλικών αν και πάλι πρόκειται για έναν προφανή στόχο εντούτοις πολλές φορές ειδικά στο παρελθόν λόγω άγνοιας ή για οικονομικούς λόγους δεν αποτέλεσε βασική αρχή στη σχεδίαση και επανασχεδίαση ενός προϊόντος. Παρόλα αυτά τα τελευταία χρόνια η έντονη περιβαλλοντική ανησυχία έχει οδηγήσει κατά καιρούς σε διατύπωση νομοθετικών διατάξεων ή καταλόγων με ουσίες από περιβαλλοντικούς φορείς που επισημαίνουν τις επικίνδυνες ουσίες για το περιβάλλον τόσο σε διεθνές, κοινοτικό και εθνικό επίπεδο. Οπότε η αντικατάσταση υλικών που έχουν βρεθεί να έχουν αρνητικές επιδράσεις στο περιβάλλον με άλλα υλικά που έχουν λιγότερες ή μηδαμινές επιπτώσεις είναι επιθυμητή και επιδιώκεται στην επανασχεδίαση για τη βελτίωση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς του προϊόντος.

Επανασχεδίαση για την αποδοτική χρήση και κατανάλωση ενέργειας και για επιμήκυνση του χρόνου ζωής:

Μεταξύ των στόχων που χρειάζεται να έχει η επανασχεδίαση ενός προϊόντος ΗΗΕ για τη βελτίωση της περιβαλλοντικής του συμπεριφοράς είναι η ελαχιστοποίηση της ενέργειας που καταναλώνει το προϊόν σε όλα τα στάδια ζωής του μέσα από την αποδοτική χρήση της και την ελαχιστοποίηση των απωλειών καθώς και η επιμήκυνση του χρόνου ζωής (Truttmann *et al.*, 2006, Gibson *et al.*, 2006).

Όσον αφορά την απαιτούμενη ενέργεια ένα σημαντικό μέρος της περιβαλλοντικής επίδρασης ενός προϊόντος ΗΗΕ είναι η ενέργεια που καταναλώνει ειδικά στη φάση της χρησιμοποίησής του. Επιθυμητό είναι η απαιτούμενη αυτή ενέργεια να είναι η ελάχιστη δυνατή. Για το πώς μπορεί να γίνει αυτό υπάρχουν γενικές οδηγίες από τη βιβλιογραφία όπου μπορεί να ανατρέξει κανείς σχετικά και είναι ανάλογες με το προϊόν και το είδος χρήσης του. Η επιμήκυνση του χρόνου ζωής ενός προϊόντος είναι πολλές φορές ένας αντικρουόμενος στόχος με την κατανάλωση ενέργειας από περιβαλλοντική σκοπιά για ένα προϊόν (Behrendt *et al.*, 1997). Κατά τη σχεδίασή τους όλα τα προϊόντα έχουν έναν προδιαγεγραμμένο χρόνο ζωής, ένα χρονικό διάστημα μετά το οποίο ο χρήστης τους, χωρίς όμως αυτό να είναι υποχρεωτικό, θα θελήσει να το αντικαταστήσει με ένα άλλο προϊόν άσχετα από το αν το συγκεκριμένο προϊόν έχει περιέλθει

σε αχρηστία. Στην πραγματικότητα υπάρχουν πολλές εξαιρέσεις όπου ο χρόνος ζωής που έχει προδιαγραφεί από το σχεδιαστή δεν ισχύει στην πραγματικότητα. Για παράδειγμα τα αυτοκίνητα έχουν ένα προδιαγεγραμμένο χρόνο ζωής της τάξης των δώδεκα χρόνων αν και υπάρχουν κλασσικά μοντέλα αυτοκινήτων που έχουν διατηρηθεί για πολύ περισσότερο καιρό στην αγορά. Τα αεροσκάφη DC3 είχαν κατά τη σχεδίασή τους προδιαγεγραμμένο χρόνο ζωής της τάξης των είκοσι χρόνων και εξήντα χρόνια μετά ακόμα χρησιμοποιούνται. Ο Πύργος του Eiffel είχε έναν χρόνο ζωής της τάξης των δύο χρόνων και έχουν περάσει περισσότερα από εκατό χρόνια από τη δημιουργία του και αποτελεί ακόμα και σήμερα το σύμβολο του Παρισιού. Γενικός κανόνας είναι ότι τα κλασσικά προϊόντα που χαρακτηρίζονται από ποιότητα, καινοτόμες χρήσεις και έχουν κάποια συμβολική αξία συνήθως ξεπερνάνε τον αρχικά προδιαγεγραμμένο χρόνο ζωής στην αγορά (Charman, 2005). Στα είδη ΗΗΕ η μεγάλη ποικιλία προϊόντων και ο υψηλός ρυθμός τεχνολογικής εξέλιξης, που οδηγεί σε όλο και μεγαλύτερη αναβάθμιση των παρεχομένων λειτουργιών, έχει ως αποτέλεσμα ο προδιαγεγραμμένος χρόνος ζωής να είναι στις περισσότερες περιπτώσεις μεγαλύτερος από τον πραγματικό χρόνο χρήσης των εν λόγω προϊόντων. Αυτό δεν είναι απαραίτητα αρνητικό για το περιβάλλον γιατί συνήθως τα προϊόντα όσο εξελίσσονται τεχνολογικά είναι πιο αποδοτικά και καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια κατά τη χρήση τους. Πρόβλημα ίσως αποτελούν τα προϊόντα μεγάλων διαστάσεων που συχνά δεν παρουσιάζουν σημαντικές βελτιώσεις όσον αφορά την περιβαλλοντική τους συμπεριφορά στις εξελιγμένες μορφές τους ενώ παράλληλα η απόσυρσή τους δημιουργεί προβλήματα που σχετίζονται με την επεξεργασία των επιμέρους τμημάτων τους, τη διαχείριση των υλικών τους, κ.α. Σε γενικές γραμμές πάντως τα προϊόντα ΗΗΕ περιέρχονται σε αχρηστία και αντικαθίστανται εξαιτίας πέντε βασικών παραγόντων:

- Υποβαθμισμένη λειτουργία, κόπωση που προκαλείται από τη φυσιολογική φθορά ενός προϊόντος μετά από πολλές χρήσεις του.
- Περιβαλλοντική ή χημική υποβάθμιση των εσωτερικών επιμέρους τμημάτων του.
- Καταστροφή που προκαλείται από ατυχήματα ή μη-κατάλληλη χρήση.
- Χρήση νέας τεχνολογίας που ωθεί την αντικατάσταση ενός προϊόντος.
- Αλλαγές στη μόδα του προϊόντος.

Επίσης ειδικά στην κατηγορία του ΗΗΕ τα προϊόντα που αντικαθίστανται συχνά λειτουργούν όταν αποσύρονται από την αγορά οπότε ένα συνηθισμένο σενάριο ΣΤΔ είναι η επανακατασκευή που περιορίζεται σε ένα απλό εξωτερικό έλεγχο και η μετέπειτα επαναδιοχέτευση των ίδιων προϊόντων στην ίδια ή σε μια δευτερεύουσα αγορά.

Επανασχεδίαση με βάση τις υπάρχουσες οδηγίες και κανόνες:

Η επανασχεδίαση του προϊόντος γίνεται έτσι ώστε να διασφαλίζεται ότι εφαρμόζονται οι σχετικοί κανόνες και περιορισμοί που υπάρχουν. Υπάρχουν δύο είδη κανονισμών που μπορεί να συναντήσει κάποιος. Οι υποχρεωτικοί κανόνες που ισχύουν μέσω των εθνικών νομοθεσιών καθώς και οι προτεινόμενες οδηγίες που μπορεί να έχουν διαμορφωθεί από οργανισμούς ή άλλους φορείς και δεν είναι υποχρεωτική η εφαρμογή τους. Εκτός από την υπάρχουσα νομοθεσία (βλέπε Παράρτημα Ι), για την Ευρώπη και για τον ΗΗΕ που μας ενδιαφέρει ως κατηγορία προϊόντων, υπάρχουν προγράμματα σήμανσης για την περιβαλλοντική συμπεριφορά, προδιαγραφές ποιότητας (ISO 14000) και άλλες οδηγίες που μπορούν να δώσουν χρήσιμες συμβουλές για την επανασχεδίαση με βάση το περιβαλλοντικό όφελος (Moisio *et al.*, 2003, δεδομένα από την ηλεκτρονική σελίδα www.ecodesignarc.info).

Κλείνοντας το συγκεκριμένο κεφάλαιο συμπερασματικά από τα παραπάνω προκύπτουν τα εξής:

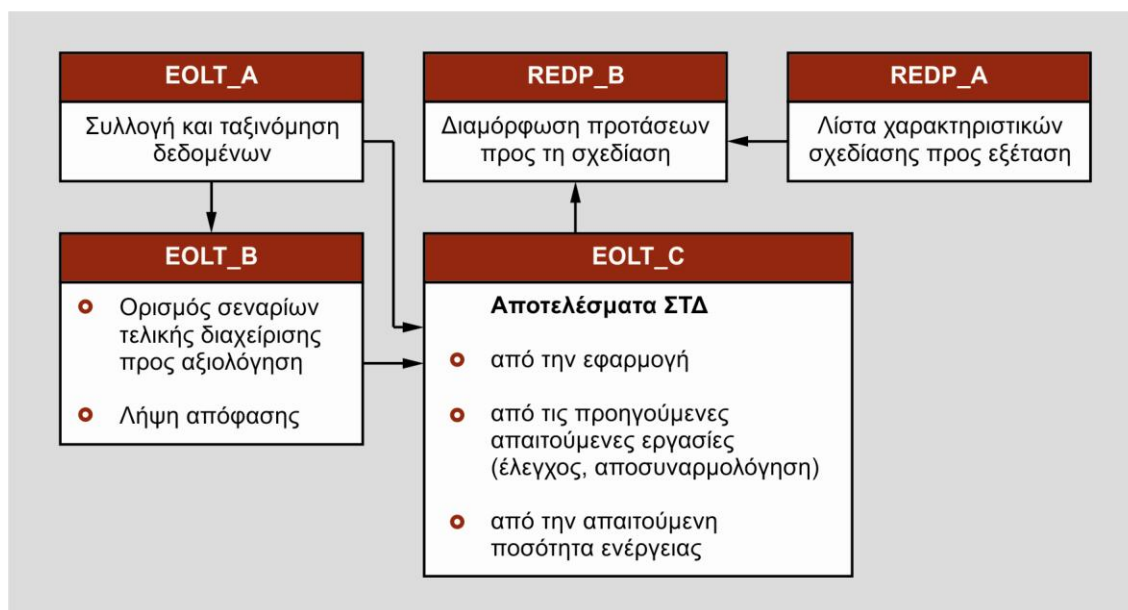
- Η περιβαλλοντική επίδραση των ΗΗΕ προέρχεται από την κατανάλωση φυσικών πόρων και τις εκπομπές ρυπαντών σε αέρα, νερό και έδαφος. Παρόλα αυτά τα τελευταία 20 χρόνια τα θέματα διαχείρισης προϊόντων ΑΗΗΕ στο τέλος της χρήσιμης ζωής τους και οι ποσότητες που τελικά αποτίθενται στο περιβάλλον χωρίς επεξεργασία παρουσιάζουν για τους μελετητές όλο και μεγαλύτερο ενδιαφέρον. Η αναγκαιότητα εφαρμογής της νομοθεσίας που έχει θεσπιστεί πιέζει τους κατασκευαστές να εξετάσουν πως θα διαχειρίζονται σωστά τα συγκεκριμένα προϊόντα καθώς και τα θέματα που αφορούν την ανακύκλωση, την αποσυναρμολόγηση και τη γενικότερη διαχείρισή τους. Η εργασίες αυτές μέσα από έρευνα πολλών ετών έχει διαπιστωθεί ότι θα πρέπει να ξεκινάνε πολύ νωρίτερα από το στάδιο της απόσυρσης και συγκεκριμένα από το στάδιο σχεδίασης. Οι κανόνες, μέθοδοι, εργαλεία που διατυπώθηκαν παραπάνω δίνουν σε γενικές γραμμές τα τυπικά σημεία στα οποία θα πρέπει να επικεντρωθεί κάποιος για την επανασχεδίαση φιλικών προς το περιβάλλον προϊόντων ΗΗΕ.
- Σε σχέση με το θέμα της διαχείρισης του ΗΗΕ που έχει περιέλθει σε αχρηστία η ιεραρχία που αφορά τη διαχείριση απορριμμάτων και χρησιμοποιείται για τον περιορισμό των προβλημάτων που δημιουργούν προτείνει να δίνεται προτεραιότητα στην επαναχρησιμοποίηση και επανακατασκευή και στη συνέχεια στην ανακύκλωση ή την ανάκτηση πριν την απόθεση σε κατάλληλα διαμορφωμένο χώρο.
- Όσον αφορά τη χρήση συγκεκριμένων υλικών υπάρχουν αντικρουόμενες απόψεις σε σχέση με την επιδίωξη περιορισμού αξιοποίησης υλικών που βρίσκονται σε έλλειψη ή υλικών που δεν είναι ανακυκλώσιμα ενώ τα σύνθετα υλικά είναι λιγότερο επιθυμητά από τη στιγμή που δύσκολα μπορούν να χωριστούν στα επιμέρους καθαρά υλικά από τα οποία αποτελούνται, οπότε και έχουν μικρή ικανότητα να ανακυκλωθούν.
- Η επιλογή της κατάλληλης ΣΤΔ αποτελεί ένα περιβαλλοντικό πρόβλημα το οποίο είναι πολύπλοκο. Ο λόγος είναι ότι εκτός από τα προφανή σημεία που θα πρέπει εκ των προτέρων να εξεταστούν όπως είναι ο βαθμός αποσυναρμολόγησης που θα απαιτηθεί και οι πόροι που θα πρέπει να είναι διαθέσιμοι υπάρχουν και άλλα θέματα που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη όπως οι ανάγκες της αγοράς, η αξιοποίηση και η περιβαλλοντική συμπεριφορά των προϊόντων που θα προκύψουν, κ.α.
- Η εκτίμηση της αποδοτικότητας μιας ΣΤΔ είναι ένα πολυκριτήριο πρόβλημα με επιμέρους παράγοντες το κόστος, την περιβαλλοντική επιβάρυνση και τον τεχνικό παράγοντα. Το κόστος είναι η πιο απλή παράμετρος στη χρήση της αφού περιλαμβάνει δεδομένα που μπορούν εύκολα να βρεθούν ή να εκτιμηθούν ενώ έπεται σε βαθμό δυσκολίας ο τεχνικός παράγοντας. Για τη μέτρηση της επίδρασης στο περιβάλλον μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατάλληλοι δείκτες που διαμορφώνονται με βάση το βάρος ή την επικινδυνότητα ή άλλα χαρακτηριστικά του κάθε υλικού ή με βάση εκτιμώμενες μελλοντικές επιδράσεις. Εκτός από τους παραπάνω όρους η μέτρηση της αποδοτικότητας μιας ΣΤΔ μπορεί να περιλαμβάνει και ποιοτικούς όρους που αποτυπώνουν επιμέρους θέματα εφαρμογής ή τον κοινωνικό αντίκτυπο ή άλλους παράγοντες μη-μετρήσιμους.
- Η φάση σχεδίασης ενός προϊόντος είναι το πλέον κρίσιμο στάδιο στον καθορισμό των χαρακτηριστικών του και της συμπεριφοράς του μετά την απόσυρσή του. Ο τρόπος με τον οποίο συνδέονται οι φάσεις της σχεδίασης και τελικής διαχείρισης εξαρτάται τόσο από την ΣΤΔ που έχει επιλεγεί όσο και από το προϊόν γενικότερα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

"We can't solve problems by using the same kind of thinking we used when we created them". A. Einstein

3.1 Διατύπωση Συνολικού Προβλήματος

Σύμφωνα με το αντικείμενο της εργασίας, όπως περιγράφηκε στην ενότητα 1.2, το πρόβλημα το οποίο μελετάται χωρίζεται στα εξής επιμέρους υποπροβλήματα:



Σχήμα 12: Σχηματική περιγραφή του υπό μελέτη προβλήματος

Αν και βασικός στόχος είναι η διαμόρφωση μιας υποδομής που θα βοηθήσει στη διατύπωση προτάσεων προς τη φάση της σχεδίασης, που θα βελτιώνει την περιβαλλοντική συμπεριφορά του προϊόντος μετά την απόσυρσή του (στάδιο REDP_B), εντούτοις όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα τα προβλήματα που τελικά εξετάζονται μέχρι να φτάσει κάποιος στο συγκεκριμένο στάδιο ανάλυσης είναι περισσότερα. Ο λόγος είναι ότι το αρχικό πρόβλημα είναι μέρος μιας γενικότερης διαδικασίας αφού η περιβαλλοντική συμπεριφορά ενός προϊόντος μετά την απόσυρσή του εξαρτάται άμεσα από τη ΣΤΔ που επιλέγεται να εφαρμοστεί σε κάθε περίπτωση ενώ και η διαδικασία επιλογής της κατάλληλης ΣΤΔ είναι ένα πρόβλημα που συνδέεται άμεσα με τη διαθέσιμη πληροφορία και αξιολόγησή της που θα αναδείξει την καλύτερη στρατηγική σε κάθε περίπτωση. Η δυσκολία που χρειάζεται να αντιμετωπιστεί είναι ότι απαιτείται να συσχετιστούν δύο διαφορετικά στάδια στον κύκλο ζωής ενός προϊόντος που απέχουν χρονικά μεταξύ τους ενώ έχουν και διαφορετικό χαρακτήρα. Το στάδιο της σχεδίασης συνδυάζει εκτός από τη μελέτη του προϊόντος, εμπειρία, διορατικότητα, λήψη των σωστών εξωτερικών ερεθισμάτων από την αγορά ενώ το στάδιο της απόσυρσης επικεντρώνεται στο προϊόν και την αναζήτηση στοιχείων που το αφορούν, στοιχεία τα οποία συνήθως δεν είναι διαθέσιμα.

Η μέθοδος που προτείνεται για την προσέγγιση του παραπάνω προβλήματος στο σύνολό του είναι η εφαρμογή των αρχών της λιτής σκέψης σε όλα τα στάδια ανάλυσης. Ο λόγος είναι

εξαιτίας των χαρακτηριστικών του προβλήματος, της πολυμορφίας των πιθανών προϊόντων ΗΗΕ που χρειάζεται να ληφθούν υπόψη καθώς και το γεγονός ότι το προτεινόμενο σύστημα στοχεύει να αποτελέσει ένα εργαλείο που θα βοηθήσει τον αποφασίζοντα στη λήψη της τελικής απόφασης αφού λαμβάνει υπόψη μόνο τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, απαιτείται να γίνει απλοποίησή του στο μέγιστο βαθμό περιλαμβάνοντας τη δυνατότητα μελέτης οποιουδήποτε πιθανού σεναρίου.

Η λιτή σκέψη μπορεί να βοηθήσει προς αυτήν την κατεύθυνση αφού αποτελεί μια διαφορετική οπτική ανάλυση σε προβλήματα που φαίνονται δύσκολο να αναλυθούν και δεν είναι ορατοί οι παράγοντες που μπορούν να βελτιώσουν την υφιστάμενη κατάσταση γιατί υπάρχουν πρακτικές παγιωμένες που εφαρμόζονται χωρίς να αναζητούνται καλύτερες λύσεις.

Στη συνέχεια και πριν την εξέταση και προσαρμογή του συγκεκριμένου προβλήματος στις αρχές της λιτής σκέψης περιγράφεται αναλυτικά τόσο η προτεινόμενη μέθοδος ανάλυσης όσο και η διαδικασία προσαρμογής της στο δεδομένο πρόβλημα.

3.2 Λιτή Σκέψη

Πρόκειται για μεθοδολογία που μέχρι σήμερα έχει εφαρμοστεί με επιτυχία σε γραμμές παραγωγής επιχειρήσεων με στόχο τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας τους μέσα από την πλήρη αναμόρφωσή τους. Βασίζεται στην προσπάθεια που καταβάλλεται σταδιακά για πολύπλοκα προβλήματα ώστε να απομονωθούν τα στοιχεία αυτά που μπορούν να επηρεάσουν θετικά το τελικό αποτέλεσμα χωρίς τον αποκλεισμό πληροφορίας που θα μπορούσε να βελτιώσει ακόμα περισσότερο το τελικό αποτέλεσμα. Το βασικό χαρακτηριστικό που οδήγησε στην επιλογή της συγκεκριμένης μεθόδου για την εξέταση του υπό μελέτη προβλήματος είναι ότι πρόκειται για μέθοδο που μέσα από την εφαρμογή της προσπαθεί να απλοποιήσει στο μέγιστο βαθμό το υπό μελέτη πρόβλημα διαμορφώνοντας ένα λιτό περιβάλλον μέσα στο οποίο ο λήπτης αποφάσεων έχει τη δυνατότητα να δει καθαρά τις πιθανές ενέργειες που θα μπορούσαν να βελτιώσουν το τελικό αποτέλεσμα. Η εφαρμογή της λιτής σκέψης σε ένα οποιοδήποτε πρόβλημα έχει ως στόχο τη μετατροπή του από ένα σύνθετο πρόβλημα σε ένα απλό – λιτό πρόβλημα. Το μεγαλύτερο πρόβλημα σε αυτήν τη μετάβαση είναι πως θα καθοδηγηθεί η διαδικασία από την αναμόρφωση του υπό μελέτη συστήματος από την αρχική πολύπλοκη δομή του σε μια απλοποιημένη δομή όπου οι απαντήσεις θα προκύπτουν με μεγαλύτερη ευκολία. Αυτό που θα πρέπει να τονιστεί είναι ότι η λιτή σκέψη δεν προσφέρει νέα δεδομένα ούτε ανακαλύπτει κάτι νέο για το υπό μελέτη πρόβλημα. Απλά αποτελεί μια μεθοδολογία αντιμετώπισης μιας δεδομένης κατάστασης όπου προσπαθεί να βελτιώσει στο σύνολό της και όχι μόνο σε επιμέρους σημεία της. Αυτό μπορεί να το πετύχει εφόσον η δεδομένη κατάσταση είναι απολύτως κατανοητή οπότε και μπορούν να προταθούν οι κατάλληλες βελτιωτικές κινήσεις (McCarron, 2006).

3.2.1 Εξέλιξη και Βιβλιογραφική Ανασκόπηση της Θεωρίας της Λιτής Σκέψης

Ένας από τους πρώτους που εφάρμοσαν τις αρχές της λιτής σκέψης ήταν ο Henry Ford που χρησιμοποίησε καινοτόμα εργαλεία και εστίασε στην ολοκληρωμένη ανάπτυξη προϊόντων. Αυτός που θεωρείται όμως ο δημιουργός της λιτής σκέψης είναι ο Taiichi Ohno από την Ιαπωνία που μέσα από την εργασία του στην Toyota διαμόρφωσε και εξέλιξε τη θεωρία της λιτής σκέψης στην απλοποίηση των διαδικασιών κατά την παραγωγή αυτοκινήτων. Επικεντρώθηκε σε εργασίες όπως μείωση των χρόνων εργασίας, απλοποίηση διαδικασιών, μείωση των αποθεμάτων, συμμετοχή των εργαζομένων σε όλα τα επίπεδα παραγωγής. Καθιέρωσε την εργασία σε ομάδες,

την κατανομή ευθύνης γεγονός που ενίσχυσε το έδαφος για τη διατύπωση και εφαρμογή επιμέρους βελτιώσεων μέσα από τη συλλογική εργασία (kaizen όπως αποκαλείται στα Ιαπωνικά) καθώς και την επιβράβευση των ομάδων σε περίπτωση επιτυχίας.

Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν πολλές αναφορές που σχετίζονται με την περιγραφή και τις εφαρμογές της λιτής σκέψης. Οι Womack και Jones (2003) παρουσιάζουν μια εκτεταμένη ανάλυση για τα πλεονεκτήματα χρήσης της λιτής σκέψης, χωρίς να εκτείνονται σε λεπτομέρειες εφαρμογής της συγκεκριμένης θεωρίας, μέσα από καταρχήν απλές εφαρμογές όπως είναι μια εταιρεία κατασκευής ποδηλάτων για να φτάσει σε πιο σύνθετες περιπτώσεις όπως είναι η βελτίωση της παραγωγικής αλυσίδας της Porsche ή της Pratt & Whitney που είναι ο μεγαλύτερος κατασκευαστής στρατιωτικών συστημάτων εκτόξευσης. Μεγαλύτερη εμβάθυνση στον τρόπο καταγραφής των ρευμάτων ροής και της αξίας τους γίνεται σε άλλες εργασίες (Womack *et al.*, 2005, Rother *et al.*, 2002, Marchwinski *et al.*, 2008) όπου περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία καταγραφής των ρευμάτων ροής σε επίπεδο εγκαταστάσεων, υποδομών, γραμμών παραγωγής και κατανομής της ευθύνης μιας εταιρείας. Εργασίες που περιγράφουν συγκεκριμένες εφαρμογές της λιτής σκέψης σε διάφορους τομείς υπάρχουν καταγεγραμμένες στη διεθνή βιβλιογραφία όπως για το φαρμακευτικό τομέα (Stratton, 2004, Wood, 2010), τον τομέα κατασκευής επίπλων (Medeiros *et al.*, 2009), την ανάπτυξη λογισμικού (Porpendieck, 2002), τη συντήρηση προϊόντων (Srinivasan *et al.*, 2001). Επίσης, υπάρχουν και εργασίες όπου γίνεται προσπάθεια εφαρμογής των αρχών της λιτής σκέψης στη διαδικασία ανάπτυξης και παραγωγής ενός προϊόντος (Sorli *et al.*, 2010), που διερευνούν τη διαδικασία ανάπτυξης ενός νέου προϊόντος βασιζόμενοι σε υπάρχοντα δεδομένα και στις ανάγκες της αγοράς, παρακολουθώντας παράλληλα την όλη διαδικασία μέχρι την επιτυχή ολοκλήρωσή της. Συμπληρωματικά στα παραπάνω μπορεί να συναντήσει κάποιος στη βιβλιογραφία και άλλες σχετικές εργασίες όπως την εργασία των Schuh *et al.* (2010) που με βάση τις αρχές της λιτής σκέψης παρακολουθούν τη σταδιακή αύξηση αξίας ενός προϊόντος καθώς αυτό αναπτύσσεται σταδιακά μέχρι να φτάσει στην τελική του μορφή, την εργασία των Al-Ashaab *et al.* (2010) που αναζητούν την εφαρμογή των αρχών της λιτής σκέψης σε όλα τα στάδια σχεδίασης και ανάπτυξης ενός νέου προϊόντος και την εργασία των Flores *et al.* (2010) που παρακολουθούν και προτείνουν με βάση τις αρχές της λιτής σκέψης τις αλλαγές που χρειάζεται να γίνουν μέσα σε μια εταιρεία κατά τη δημιουργία ενός νέου προϊόντος. Τέλος, μια σχετική εφαρμογή παρουσιάζεται και από τους Haque και Moore (2004) που μελετούν το πρόβλημα δημιουργίας ενός νέου προϊόντος μέσα από το πρίσμα της λιτής σκέψης ξεκινώντας από την αρχική σύλληψη της ιδέας και φτάνει στην τελική εισαγωγή του στην αγορά. Στόχος είναι η δημιουργία ενός ρεύματος που καθοδηγεί τη διαδικασία εξέλιξης ενός προϊόντος το οποίο ορίζεται και καθοδηγείται από τις επιθυμίες του πελάτη με την ελάχιστη σπατάλη. Απώτεροι στόχοι είναι η ελαχιστοποίηση της σπατάλης και των περιπτώσεων ενεργειών σε όλα τα ενδιάμεσα στάδια και η σύνδεση των ενδιάμεσων σταδίων που δημιουργούν αξία σε μια σειρά. Βασική διαφορά με τις κλασικές μεθοδολογίες (life cycle approach, concurrent engineering) είναι ότι με τη λιτή σκέψη η ανάλυση βασίζεται στον ορισμό της αξίας και την εξάλειψη της σπατάλης και δεν επικεντρώνεται στο τι πρέπει να γίνει και γιατί. Σύμφωνα με τον Cloke B. (2000) η ανάπτυξη νέων προϊόντων με βάση τις αρχές της λιτής σκέψης είναι δυνατή εφόσον οι νέες ιδέες προέρχονται από νέους ή σημαντικούς πελάτες. Προκειμένου δε να αναζητηθούν οι νέες αυτές ιδέες χρειάζεται να υπάρχει στενή επαφή με τους πελάτες, να καταγραφούν οι απαιτήσεις και τα αναμενόμενα οφέλη.

Σε όλες τις παραπάνω εφαρμογές η λιτή σκέψη αποτελεί μια απλή δομή που διαμορφώνει μια αναλυτική διαδρομή με την ελάχιστη σπατάλη που κατευθύνεται από τις απαιτήσεις του τελικού πελάτη που για την εφαρμογή του νέου προϊόντος δεν είναι άλλος από το ίδιο προϊόν και οι

απαιτήσεις που χρειάζεται να ικανοποιούνται αφορούν την ποιότητα και την επιτυχημένη πορεία του στην αγορά. Επιπλέον μέσα από τις παραπάνω εφαρμογές προκύπτει ότι η επιτυχημένη εφαρμογή της προτεινόμενης μεθόδου δεν υλοποιείται με την εφαρμογή μέρους των απαιτούμενων ενεργειών και τεχνικών. Η επιτυχία της μεθόδου βασίζεται στην εφαρμογή της προτεινόμενης ανάλυσης σε όλα τα στάδια.

3.2.2 Βασικές Αρχές της Λιτής Σκέψης

1^η Βασική Αρχή: Αξία

Η αφετηρία στην εφαρμογή της λιτής σκέψης είναι η αξία που ορίζεται από τον τελικό πελάτη – αποδέκτη και εκφράζεται σε σχέση με ένα προϊόν ή υπηρεσία που θα πρέπει να καλύπτει τις ανάγκες του πελάτη στο επιθυμητό επίπεδο και σε συγκεκριμένα χρονικά πλαίσια. Οπότε τα ερωτήματα που αναζητούν απάντηση είναι:

- ποιος είναι ο πελάτης για τα αποτελέσματα / προϊόντα που αναμένονται να προκύψουν καθώς και ποια είναι η σχέση μεταξύ πελάτη και τελικού καταναλωτή,
- τι είναι η αξία και ποιες δραστηριότητες ή πόροι είναι απολύτως απαραίτητοι για τη δημιουργία της.

Όλα τα υπόλοιπα αποτελούν άχρηστη πληροφορία (εκτιμάται κατά μέσο όρο πως το 95% των επιμέρους ενεργειών σε ένα πρόβλημα αποτελούν ενέργειες που δεν προσθέτουν αξία).

Ο πελάτης σε αυτή τη γενική προσέγγιση δεν είναι άλλος από το σύνολο των απαιτήσεων που θα πρέπει να ικανοποιεί το τελικό αποτέλεσμα σε όλη την πορεία μέχρι την τελική διαμόρφωσή του.

Η δημιουργία – προσδιορισμός της αξίας ξεκινάει από τον παραγωγό – δημιουργό που έχει και την ευθύνη για το συγκεκριμένο προϊόν ή υπηρεσία που μελετάται και βασίζεται τόσο στις ανάγκες του πελάτη όσο και στα διαθέσιμα μέσα. Ο τρόπος για να επιτευχθεί αυτό είναι σε πρώτη φάση να αγνοείται η υπάρχουσα κατάσταση και τεχνολογία και να θεωρείται το τελικό προϊόν ή υπηρεσία και η επιθυμητή του μορφή ως η αρχή της ανάλυσης οπότε η εργασία που απαιτείται είναι η αναδρομή σε όλη την πορεία και η δημιουργία αξίας όπου μπορεί να γίνει αυτό. Η παροχή λάθος προϊόντων ή υπηρεσιών ακόμα και με το σωστό τρόπο θεωρείται ως άχρηστη πληροφορία και πρέπει να αποφεύγεται.

Το δύσκολο σημείο σε αυτό το στάδιο είναι να καταφέρει κάποιος από την αρχή να ορίσει σωστά την αξία. Ο λόγος είναι ότι συνήθως οι περισσότεροι δημιουργοί περιορίζονται να κατασκευάζουν κάποια παραλλαγή αυτού που έχουν ήδη δημιουργήσει ενώ οι περισσότεροι πελάτες περιμένουν κάτι παρόμοιο με αυτό που είχαν λάβει χωρίς να σκέφτονται τι είναι αυτό που πραγματικά χρειάζονται. Οπότε συνήθως εφαρμόζονται οι προφανείς λύσεις βελτίωσης που είναι να αλλάξουν κάποια χαρακτηριστικά ή να μειωθεί το κόστος αντί να γίνει μια πιο διεξοδική ανάλυση.

2^η Βασική Αρχή: Ρεύμα Αξίας

Αποτελεί το σύνολο των επιμέρους ενεργειών που απαιτούνται για να αξιολογηθεί το εξεταζόμενο προϊόν ή υπηρεσία ως προς:

- τη διαδικασία επίλυσης προβλημάτων,
- τη διαδικασία διαχείρισης πληροφοριών και
- τη διαδικασία μετατροπής από την αρχική κατάσταση στο τελικά παρεχόμενο προϊόν ή υπηρεσία

Με άλλα λόγια είναι οι ενέργειες αυτές που όταν γίνονται με σωστό τρόπο και με τη σωστή σειρά παράγουν το προϊόν ή την υπηρεσία που έχει αξία για τον πελάτη. Ο μηχανισμός για να επιτευχθεί αυτό απαιτεί τη συνεργασία και την επικοινωνία όλων των εμπλεκόμενων επιμέρους μονάδων ώστε να δημιουργηθεί ένα κανάλι για όλο το ρεύμα αξίας αποκλείοντας την ύπαρξη άχρηστης πληροφορίας.

Ο κανόνας που ακολουθείται σε αυτό το στάδιο είναι ότι όπως οι δραστηριότητες που δεν μπορούν να μετρηθούν δεν μπορούν να διοικηθούν σωστά έτσι και οι δραστηριότητες που είναι απαραίτητες για τη δημιουργία και τελική διαμόρφωση ενός προϊόντος ή υπηρεσίας δεν μπορούν να βελτιωθούν, να προσαρμοστούν σε νέα δεδομένα αν δεν μπορούν να προσδιοριστούν με ακρίβεια και να βρεθούν οι σχέσεις που τις συνδέουν μεταξύ τους. Οπότε ο αρχικός στόχος είναι η χαρτογράφηση του ρεύματος αξίας που απεικονίζει κάθε απαιτούμενη ενέργεια για τον αρχικό σχεδιασμό, δημιουργία, δοκιμή και τελική διαμόρφωση του υπό μελέτη προϊόντος ή υπηρεσίας. Στόχος είναι η ταξινόμηση αυτών των ενεργειών σε 3 κατηγορίες που είναι οι εξής:

1. ενέργειες που δημιουργούν αξία
2. ενέργειες που δεν δημιουργούν μεν αξία αλλά είναι απαραίτητες στα πλαίσια βελτίωσης του προϊόντος ή υπηρεσίας
3. ενέργειες που δεν δημιουργούν αξία και δεν χρειάζονται οπότε και χρειάζεται να καταργηθούν

3^η Βασική Αρχή: Ροή

Μόλις προσδιοριστεί με ακρίβεια η αξία και χαρτογραφηθεί πλήρως το ρεύμα αξίας για το συγκεκριμένο προϊόν ή υπηρεσία που μελετάται και εξαλειφθούν οι εμφανείς σπατάλες ενέργειας το επόμενο βήμα είναι να εξασφαλιστεί ότι τα υπόλοιπα βήματα παραγωγής αξίας θα ρέουν χωρίς να παρατηρούνται καθυστερήσεις, αναμονές και αναξιοποίητοι διαθέσιμοι πόροι κατά την πορεία υλοποίησης. Το βασικό πρόβλημα σε αυτό το σημείο είναι ότι ο τρόπος σκέψης της ροής δεν είναι ο προφανής τρόπος που όλοι έχουν μάθει μέσα από μια κοινή λογική που λέει ότι οι δραστηριότητες πρέπει να ομαδοποιούνται ώστε να εκτελούνται με μεγαλύτερη απόδοση και σε λιγότερο χρόνο. Η λιτή εναλλακτική λύση προτείνει τον επανακαθορισμό των λειτουργιών, τμημάτων και εργασιών με τρόπο ώστε να έχουν θετική συνεισφορά στη δημιουργία και ροή της αξίας. Για να γίνει αυτό χρειάζεται αρχικά να υπάρχει συνεχής παρακολούθηση του προϊόντος ή υπηρεσίας από την αρχή του ως την ολοκλήρωσή του και να αγνοηθούν οι μέθοδοι που υπήρχαν ως σήμερα όσον αφορά τις απαιτούμενες εργασίες και τη σειρά εκτέλεσής τους έτσι ώστε να είναι δυνατή η αναθεώρηση εργασιακών πρακτικών και εργαλείων ώστε να εξαλειφθούν τυχόν καθυστερήσεις, ανάδρομες ροές και άλλες ανεπιθύμητες ενέργειες που επηρεάζουν αρνητικά το τελικό αποτέλεσμα.

4^η Βασική Αρχή: Έλεγχος

Το πρώτο ορατό αποτέλεσμα από την αλλαγή θεώρησης του προβλήματος σε ομαδοποιημένες εργασίες ή παρτίδες σε ομάδες προϊόντων ή υπηρεσιών και ροής είναι η μείωση του απαιτούμενου χρόνου για τη μετάβαση από τη σύλληψη της αρχικής ιδέας στην πραγματοποίησή της. Το γεγονός αυτό διευκολύνει τη λήψη τυχόν διορθωτικών μέτρων στην περίπτωση που αυτό χρειάζεται να γίνει μέχρι να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Το βασικό βέβαια που δεν πρέπει να ξεχνάει αυτός που εφαρμόζει τη συγκεκριμένη θεωρία είναι ότι σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να παράγεται κάτι που δεν χρειάζεται ή δεν το έχει ζητήσει ο πελάτης στον οποίο απευθύνεται το προϊόν ή υπηρεσία που αναδιαμορφώνεται μέσα από τη λιτή σκέψη. Η λύση που προτείνεται μέσα από αυτήν τη βασική αρχή είναι η δημιουργία ενός

συστήματος, απαλλαγμένου από χρόνους υστέρησης και συσσώρευσης δεδομένων, ικανού να μαθαίνει από μόνο του, να αναλύει αυτά που διαπιστώνει και να ανταποκρίνεται άμεσα στις απαιτήσεις.

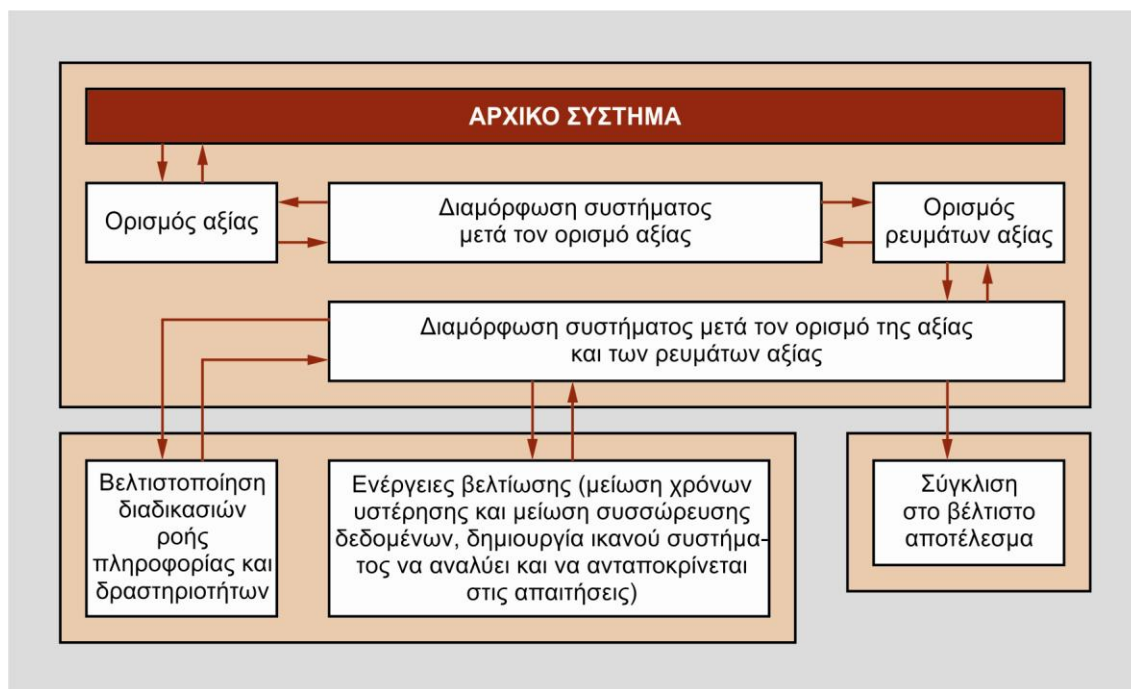
5^η Βασική Αρχή: Τελειότητα

Μετά τον προσδιορισμό της αξίας, τη χαρτογράφηση του ρεύματος αξίας, την εξασφάλιση της συνεχούς ροής παραγωγής βημάτων αξίας και τη δυνατότητα έλξης αξίας από τη διαδικασία που είναι υπό μελέτη, γίνεται σταδιακά κατανοητό ότι δεν υπάρχει τέλος στη διαδικασία μείωσης προσπάθειας, χρόνου, χώρου, κόστους, σφαλμάτων και γενικότερα βελτιστοποίησης του προϊόντος ή υπηρεσίας που θα λάβει ο τελικός αποδέκτης. Οπότε η τελειότητα είναι το επόμενο αναμενόμενο βήμα. Η ταχύτητα με την οποία θα φτάσει κάποιος στην τελειότητα ή το επιθυμητό αποτέλεσμα εξαρτάται από την ταχύτητα ροής αξίας και την απόλυτη εξάλειψη της άχρηστης πληροφορίας, από τη συνεργασία των επιμέρους τμημάτων την κατανομή ευθύνης και η αναμόνιση των εκτελούμενων εργασιών με τους διαθέσιμους πόρους.

Σύμφωνα με τους Womack και Jones (1994) μπορούν να οριστούν έξι ακόμα συμπληρωματικές αρχές για τη λιτή διαδικασία που είναι οι εξής:

1. Ολοκληρωτική επίλυση του προβλήματος του πελάτη διασφαλίζοντας ότι όλα τα αγαθά και υπηρεσίες συνεργάζονται και αποδίδουν στον επιθυμητό βαθμό.
2. Δεν υπάρχει χάσιμο χρόνου για τον πελάτη.
3. Ο πελάτης λαμβάνει ακριβώς αυτό που θέλει.
4. Αυτό που χρειάζεται σε κάθε χρονική στιγμή λαμβάνεται ακριβώς στη θέση που χρειάζεται.
5. Αυτό που χρειάζεται σε κάθε χρονική στιγμή λαμβάνεται στη θέση που χρειάζεται και ακριβώς τη δεδομένη στιγμή που χρειάζεται.
6. Υπάρχει συνεχής διατύπωση ολοκληρωμένων λύσεων προκειμένου να ελαχιστοποιείται ο χαμένος χρόνος για τον πελάτη.

Είναι προφανές ότι η λιτή σκέψη είναι μια γενική μεθοδολογία που ανάλογα με το πρόβλημα που προσπαθεί να επιλύσει, μπορεί να χρειαστεί να επεκταθεί και σε πρόσθετες ενέργειες προκειμένου να λάβει το βέλτιστο αποτέλεσμα. Οπότε η εφαρμογή της αν και βασίζεται σε τυποποιημένες αρχές εντούτοις διαφοροποιείται από πρόβλημα σε πρόβλημα. Μια γενικευμένη παρουσίαση της πορείας εφαρμογής της θεωρίας της λιτής σκέψης με βάση και όσα αναφέρθηκαν παραπάνω και η οποία θα εφαρμοστεί στη συνέχεια φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 13. Γενικευμένη πορεία εφαρμογής της θεωρίας της λιτής σκέψης

Τέλος, σύμφωνα και πάλι με τους Womack και Jones (2003) ενέργειες που μπορούν να διευκολύνουν την εφαρμογή της λιτής σκέψης είναι τα εξής:

- Να υπάρχει κάποιος υπεύθυνος ή συντονιστής με τις κατάλληλες γνώσεις που θα μπορεί να διακρίνει τη γενικότερη εικόνα και θα δοκιμάζει άμεσα διάφορα σενάρια μέχρι να πετύχει το επιθυμητό αποτέλεσμα.
- Να αρχίζει η εφαρμογή της μεθόδου με το ρεύμα αξίας δημιουργώντας θεαματικές αλλαγές στην εκτέλεση συνηθισμένων επιμέρους εργασιών και σταδιακά να διευρύνεται η περιοχή μέσα στην οποία γίνονται αλλαγές μέχρι να περιλάβει όλες τις δραστηριότητες του υπό μελέτη συστήματος. Η σχετική θεωρία της μεθόδου προτείνει να ξεκινήσει κάποιος από μια δραστηριότητα που αποδίδει πολύ άσχημα και παράλληλα είναι σημαντική για το υπό μελέτη σύστημα. Ο λόγος είναι ότι τα περιθώρια αποτυχίας θα είναι περιορισμένα, το δυναμικό βελτίωσης σημαντικό ενώ η μέγιστη αξιοποίηση υπαρχόντων πόρων και πλεονεκτημάτων του συστήματος θα είναι μονόδρομος.
- Στην πράξη το δύσκολο σημείο είναι να ξεπεραστεί η αρχική αδράνεια που υπάρχει σε οποιοδήποτε παραδοσιακό σύστημα και να ξεκινήσει η εφαρμογή της μεθόδου. Συνήθως υπάρχει κάποιος καταλύτης αλλαγής (πχ. κάποια κρίση) που δίνει την εναρκτήρια ώθηση. Παράλληλα όμως πρέπει να υπάρχει και η αποφασιστικότητα για ριζική και άμεση βελτίωση του υπάρχοντος συστήματος.
- Στη φάση εφαρμογής της μεθόδου προηγείται η χαρτογράφηση των ρευμάτων αξίας που βοηθάει στον προσδιορισμό της σπατάλης οπότε και ξεκινάνε οι ενέργειες εξάλειψής της. Σταδιακά όσο θα βελτιώνεται η συμπεριφορά του υπό μελέτη συστήματος είναι σημαντικό να αναπροσαρμοστούν οι αρχικοί στόχοι στα νέα δεδομένα προκειμένου το αποτέλεσμα να είναι το βέλτιστο δυνατό. Για το λόγο αυτό και δεν χρειάζονται οι μακροσκελείς προγραμματισμοί, οι προσομοιώσεις και η εξέταση εναλλακτικών σεναρίων. Η φιλοσοφία της μεθόδου είναι η άμεση εφαρμογή των προτάσεων που προκύπτουν από τη μελέτη

των δεδομένων, η συνεχής παρακολούθηση και η δυνατότητα προσαρμοστικών κινήσεων σε οποιαδήποτε στιγμή κριθεί αυτό απαραίτητο.

- Βασικό σημείο από όπου ξεκινάνε όλα είναι η καλή επίδοση στον εντοπισμό και την εξυπηρέτηση των αναγκών του πελάτη ή όπως αναφέρουν και οι Womack και Jones (2003) στο βιβλίο τους «... να ακούγεται η φωνή του πελάτη...».
- Επίσης σημαντικό στοιχείο για την επιτυχή εφαρμογή της μεθόδου σε κάθε περίπτωση είναι η προσαρμογή της λογικής της λιτής σκέψης στις διάφορες νοοτροπίες και περιστάσεις και η πεποίθηση ότι πάντα υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης.

3.3 Βήματα Προσαρμογής Συνολικού Προβλήματος στις Αρχές της Λιτής Σκέψης

Η εφαρμογή των αρχών της Λιτής Σκέψης στα δεδομένα της συγκεκριμένης εργασίας έγινε σταδιακά όπως άλλωστε απαιτεί και η ίδια η θεωρία. Επιθυμητό αποτέλεσμα ήταν να προταθεί ένα μοντέλο δράσης που εκτείνεται πέρα από τη διατύπωση και μόνο προτάσεων προς τη φάση της σχεδίασης και βοηθάει στη μελέτη όλων των σταδίων μέσα από μια διαφορετική οπτική. Επίσης το συγκεκριμένο μοντέλο θα έπρεπε να είναι όσο το δυνατό πιο ευέλικτο από τη στιγμή που υπάρχει αβεβαιότητα για την ποσότητα και το είδος της διαθέσιμης σε κάθε περίπτωση πληροφορίας και να αποτελεί βοηθητικό εργαλείο για το λήπτη απόφασης. Μέσα από την περιγραφή του προβλήματος και τις αρχές της Λιτής Σκέψης τα σημεία στα οποία δόθηκε ιδιαίτερη βαρύτητα στη φάση προσαρμογής και διαμόρφωσης της προτεινόμενης μεθόδου ανάλυσης ήταν τα εξής:

- Ορισμός του επιθυμητού αποτελέσματος που θα ικανοποιούσε τις απαιτήσεις σε συνδυασμό και με τους διαθέσιμους πόρους και χρόνο. Η διατύπωση προτάσεων προς τη σχεδίαση είναι φανερό ότι μπορεί να περιλαμβάνει και προτάσεις που διαφοροποιούν σημαντικά το υπάρχον προϊόν ή προτάσεις που είναι οικονομικά ανέφικτο να εφαρμοστούν για ένα προϊόν που διατίθεται σε ευρεία αγορά. Οπότε πολύ εύκολα θα μπορούσε η επεξεργασία των δεδομένων να δώσει προτάσεις που ναι μεν θα ήταν ελκυστικές αλλά στην πράξη ανεφάρμοστες. Οπότε η πρόκληση σε αυτό το σημείο που χρειαζόταν να αντιμετωπιστεί απαιτούσε ότι σε κανένα στάδιο της πραγματοποιούμενης ανάλυσης δεν θα έπρεπε να ξεχνάει κάποιος τα διαθέσιμα μέσα, τις λειτουργίες και δυνατότητες του προϊόντος και τα χαρακτηριστικά της αγοράς στην οποία απευθυνόταν.
- Να υπάρχει επαρκής διαθέσιμη πληροφορία πριν την υλοποίηση των εργασιών που απαιτούσαν λήψη αποφάσεων ή διατύπωση προτάσεων προκειμένου τα αποτελέσματα που προκύπτουν να είναι τα καλύτερα δυνατά και να υπάρχει παράλληλα η δυνατότητα άμεσης ανταπόκρισης σε περιπτώσεις που παρουσιαστούν προβλήματα.
- Οι υλοποιούμενες ενέργειες να συμβαδίζουν με τους στόχους που έχουν εξαρχής τεθεί.
- Να έχει ληφθεί μέριμνα για την ύπαρξη ενός συστήματος ελέγχου και αξιολόγησης της ακολουθούμενης πορείας δράσης, προκειμένου να υπάρχει η δυνατότητα εντοπισμού τυχόν αδυναμιών που χρειάζεται να διορθωθούν καθώς να υπάρχει κάθε χρονική στιγμή διαθέσιμη η γνώση για το που βρίσκεται η τρέχουσα κατάσταση του συστήματος.
- Να μην υποτιμάται η σημασία που έχει η ελαχιστοποίηση του απαιτούμενου χρόνου και κόστους για την ολοκλήρωση της όλης διαδικασίας. Αν και στόχος της πραγματοποιούμενης ανάλυσης, όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι η βελτίωση της

περιβαλλοντικής συμπεριφοράς είναι φανερό ότι μια διαδικασία που απαιτεί πολύ χρόνο ή αυξημένους πόρους δύσκολα εφαρμόζεται στην πράξη.

- Να λαμβάνονται υπόψη και εξωτερικοί παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την πραγματοποιούμενη ανάλυση αφού τυχόν αλλαγές στο εξωτερικό περιβάλλον μπορούν να επηρεάσουν θετικά ή αρνητικά το τελικό αποτέλεσμα.
- Να υπάρχει αναλυτική καταγραφή της πορείας υλοποίησης της προτεινόμενης μεθόδου σε συνδυασμό με την πορεία αξιοποίησης των διαθέσιμων δεδομένων καθώς και να είναι ορατές οι αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των διαφορετικών σταδίων ανάλυσης.
- Να οριστούν κριτήρια που εξετάζουν την ποιότητα των τελικών αποτελεσμάτων ή ποιες είναι οι ελάχιστες προϋποθέσεις που θα πρέπει να ισχύουν για να θεωρηθεί ότι η συμβολή της προτεινόμενης μεθόδου ήταν θετική.

Η διαδικασία προσαρμογής του υπό μελέτη προβλήματος στις αρχές της λιτής σκέψης περιελάμβανε τα εξής βήματα:

- Προσαρμογή επιμέρους σταδίων ανάλυσης στις αρχές της λιτής σκέψης και ορισμός σε κάθε στάδιο των εννοιών της αξίας, της δημιουργίας αξίας, του πελάτη, του παραγωγού, των αναμενόμενων αποτελεσμάτων, του ρεύματος αξίας, της ροής, της έλξης και της τελειότητας.
- Διαμόρφωση του πλαισίου της προτεινόμενης μεθοδολογίας για το κάθε επιμέρους στάδιο ανάλυσης όπου θα πρέπει να φαίνονται καθαρά οι αρχικοί στόχοι, τα επιθυμητά αποτελέσματα, το στάδιο ελέγχου, τα απαιτούμενα δεδομένα και η πορεία εξέλιξης.
- Ενδεικτικές μέθοδοι ανάλυσης και εργαλεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το κάθε στάδιο ανάλυσης με βάση τη μορφή του προβλήματος που χρειάζεται να αντιμετωπιστεί σε κάθε περίπτωση και τη φύση των διαθέσιμων δεδομένων.

3.3.1 Προσαρμογή Επιμέρους Σταδίων Ανάλυσης στις Αρχές της Λιτής Σκέψης και Ορισμός των Χρησιμοποιούμενων Εννοιών

Πριν την αναλυτική μελέτη των επιμέρους σταδίων η λιτή σκέψη ξεκινάει με τον ορισμό των λιτών αρχών τόσο στα επιμέρους στάδια όσο και στο συνολικό πρόβλημα.

Αξία: Ο ορισμός της αξίας από την πλευρά τόσο του πελάτη όσο και των λοιπών εμπλεκόμενων γίνεται με βάση το κάθε προϊόν, την υπάρχουσα πληροφορία, τα διαθέσιμα μέσα καθώς και με βάση τους στόχους που χρειάζεται να επιτευχθούν. Για τον ορισμό της αξίας λαμβάνονται υπόψη οι ανάγκες τόσο των άμεσα όσο και των έμμεσα εμπλεκόμενων. Πιθανοί τρόποι για να καταγραφούν οι ανάγκες αυτές είναι μέσω ερωτηματολογίων, συνεντεύξεων, δοκιμών ή μέσα από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας. Ο σωστός ορισμός της αξίας είναι ένα δύσκολο και σημαντικό βήμα. Η μεγαλύτερη δυσκολία είναι ότι στην πράξη οι περισσότεροι δεν θέλουν να ακολουθήσουν διαφορετική πορεία δράσης από την πορεία που ήδη ακολουθούν και επιθυμούν μόνο μικρές αλλαγές. Οπότε δεν μελετάνε το πρόβλημα στο σύνολό του και δεν καταλήγουν σε λύσεις που θα μπορούσαν να δώσουν πολύ πιο καλά αποτελέσματα. Επίσης πρόβλημα στην πράξη αποτελεί και το γεγονός ότι για τον κάθε εμπλεκόμενο είναι πολύ πιθανό ότι η επιθυμητή αξία είναι διαφορετική. Από τα παραπάνω το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι ο προσδιορισμός της αξίας είναι καλό να γίνεται από μια ομάδα ατόμων με εμπειρία τόσο από το στάδιο σχεδίασης όσο και από το στάδιο τελικής διαχείρισης του υπό μελέτη προϊόντος, που θα εστιάσουν στην αξία που πραγματικά αναζητείται χρησιμοποιώντας την εμπειρία τους ή και σε

συνεργασία με άλλα άτομα που μπορούν να βοηθήσουν για το σκοπό αυτό με βάση τα διαθέσιμα μέσα.

Στη γενικευμένη εκδοχή της προτεινόμενης μεθοδολογίας που διαμορφώθηκε στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας ως αξία σε όλα τα στάδια εξέλιξης του προβλήματος ορίζεται η θετική επίδραση στο περιβάλλον από τη χρονική στιγμή απόσυρσης ενός προϊόντος ΗΗΕ και μετά.

Δημιουργία αξίας – Παραγωγός: Η αξία δημιουργείται από τον παραγωγό που είναι το ίδιο το προϊόν περιλαμβάνει δε τα δεδομένα που συλλέγονται, αξιοποιούνται, κατευθύνουν τη διαδικασία επεξεργασίας του αποσυρόμενου προϊόντος και διατυπώνουν προτάσεις για τη φάση της σχεδίασης μέσα από την αξιολόγηση του τελικού αποτελέσματος. Οι ενέργειες κατά την εφαρμογή της προτεινόμενης μεθόδου κατευθύνονται από το λήπτη αποφάσεων που παρακολουθεί και συντονίζει. Ενδεχόμενο πρόβλημα σε αυτό το σημείο αποτελεί το γεγονός ότι η περιβαλλοντική συμπεριφορά ενός προϊόντος περιλαμβάνει εκτός από τη βραχυπρόθεσμη και τη μακροπρόθεσμη συμπεριφορά του που πολλές φορές, επειδή δεν είναι άμεσα ορατή, μπορεί να υποτιμηθεί.

Πελάτης - Αναμενόμενα Αποτελέσματα: Ο πελάτης είναι αυτός που ωφελείται από τη συγκεκριμένη διαδικασία και τα αποτελέσματά της. Πελάτης, ανάλογα με το προϊόν και την αγορά από την οποία αυτό προέρχεται, μπορεί να είναι το περιβάλλον ή ο αρχικός κατασκευαστής του προϊόντος αν σύμφωνα με τη νομοθεσία ευθύνεται για τη διαχείριση μετά την απόσυρσή του ή το κοινωνικό σύνολο που θα ωφεληθεί άμεσα από τη βελτίωση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς του. Πελάτες επίσης είναι και οι χρήστες των προϊόντων που ωφελούνται επίσης από την όλη διαδικασία αφού τα προϊόντα που χρησιμοποιούν μετά τη λήξη της χρήσιμης ζωής τους αναμένεται να εμπεριέχουν λιγότερους κινδύνους όσον αφορά την περιβαλλοντική τους συμπεριφορά. Τα αναμενόμενα αποτελέσματα σε κάθε περίπτωση είναι δεδομένα, πληροφορίες και παραγόμενη γνώση που συμβάλουν στην επίτευξη της επιθυμητής αξίας.

Ρεύμα αξίας: Ορίζεται ως η χαρτογράφηση των απαιτούμενων ενεργειών, η οργάνωση, η βελτίωση, η τελειοποίηση, η εύρεση των σημείων σύνδεσης μεταξύ τους και η ευρύτερη διαχείρισή τους προκειμένου να οδηγήσουν στη μεγιστοποίηση της τελικής αξίας.

Για το στάδιο ανάλυσης EOLT_A το ρεύμα αξίας περιλαμβάνει την εύρεση και εφαρμογή κατάλληλων μεθόδων συλλογής δεδομένων που θα συγκεντρώσουν όλα τα απαραίτητα δεδομένα και θα αντλήσουν όλα τα απαραίτητα στοιχεία με τον απαιτούμενο βαθμό ακρίβειας για την πραγματοποίηση της μετέπειτα ανάλυσης ενώ θα αποκλείσουν τα δεδομένα που δεν απαιτείται να αναζητηθούν. Επιπλέον ευθύνεται για την καταγραφή των λαμβανόμενων δεδομένων σε βάσεις από όπου μπορούν εύκολα να ανακτηθούν στη συνέχεια καθώς και την ευθύνη για τη λειτουργία του μηχανισμού επαλήθευσης της ακρίβειας των δεδομένων που έχουν ληφθεί προκειμένου να μην οδηγηθεί η ανάλυση σε λανθασμένες αποφάσεις. Το ρεύμα αξίας σε όλη την πορεία αναζήτησης και αξιολόγησης δεδομένων για την εφαρμογή της βέλτιστης ΣΤΔ περιλαμβάνει τις απαιτούμενες ενέργειες και χρήση των κατάλληλων εργαλείων που θα αποκαλύψουν δεδομένα τα οποία δημιουργούν αξία. Διαμορφώνεται δε μέσα από κατάλληλες ερωτήσεις που κατευθύνουν την πορεία αναζήτησης.

Για το στάδιο ανάλυσης EOLT_B που αφορά το στάδιο επιλογής ΣΤΔ το ρεύμα αξίας περιλαμβάνει την κατάταξη των πιθανών ΣΤΔ που η εφαρμογή τους μπορεί να οδηγήσει στην επίτευξη της μέγιστης επιθυμητής αξίας. Ο στόχος είναι σαφής και συγκεκριμένος και δεν περιλαμβάνει απλά τη σύγκριση με πρακτικές που ισχύουν σε ανάλογες εφαρμογές. Η σύγκριση με παλιότερες πρακτικές χρησιμοποιείται στα πλαίσια άντλησης πληροφορίας που μπορεί να

αξιοποιηθεί για την επίτευξη του επιθυμητού στόχου. Επιπλέον στόχος κατά τη διαμόρφωση του ρεύματος αξίας είναι να εντοπιστούν όλες οι άχρηστες πληροφορίες και οι στρατηγικές που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν και να εξαλειφθούν. Έτσι το αποτέλεσμα που θα προκύψει δεν θα είναι ένα σχετικό συγκριτικό βελτιωμένο πλαίσιο αναζήτησης αλλά ένα απόλυτο γενικευμένο πρότυπο μεθόδων και ενεργειών που θα μπορούν να προσαρμοστούν με ευκολία σε οποιαδήποτε εφαρμογή.

Για το στάδιο ανάλυσης EOLT_C το ρεύμα αξίας περιλαμβάνει όλες τις εκτελούμενες ενέργειες κατά την εφαρμογή της επιλεγμένης ΣΤΔ και τη μετέπειτα αξιολόγησή της με απώτερο στόχο πάντα την επίτευξη της επιθυμητής αξίας.

Τέλος, για τα στάδια ανάλυσης REDP_A και REDP_B το ρεύμα αξίας αποτελεί τη διαδρομή των ενεργειών που συνδέει τα δύο διαφορετικά σύνολα δεδομένων που είναι τα χαρακτηριστικά του προϊόντος που προέρχονται από το τμήμα σχεδίασης με τα αποτελέσματα από εφαρμογή της επιλεγμένης ΣΤΔ.

Ροή: Η ροή ορίζεται ως το βήμα που αποσκοπεί στην εξάλειψη εμποδίων, καθυστερήσεων ή άλλων προβλημάτων κατά τη συλλογή της πληροφορίας. Ενέργειες που βοηθάνε προς αυτήν την κατεύθυνση είναι η συστηματική αναζήτηση, η μελέτη παλαιότερων ανάλογων προβλημάτων, η αξιοποίηση εργαλείων που μπορούν να διευκολύνουν τη διαδικασία αναζήτησης (πχ. βάσεις δεδομένων, αναλύσεις προσομοίωσης, κ.α.), η εκτέλεση παράλληλων εργασιών στις διαδικασίες αναζήτησης λήψης και αξιοποίησης δεδομένων, η κατάργηση προσκομμάτων και των καθυστερήσεων στην επίτευξη της επιθυμητής αξίας, η αξιοποίηση δεδομένων από έμπειρους εξωτερικούς αναλυτές καθώς και η διαισθητική σκέψη που μπορεί να οδηγήσει στην αναζήτηση και μελέτη και άλλων στοιχείων που δεν είχαν αξιοποιηθεί ως σήμερα.

Για τα στάδια ανάλυσης EOLT_A και EOLT_B η ροή είναι ίσως το πιο δύσκολο μέρος στην πραγματοποιούμενη ανάλυση αφού στην πράξη η πορεία των προϊόντων ΗΗΕ μετά την απόσυρσή τους, λόγω της πολύπλοκης μορφής τους και των ιδιομορφιών που παρουσιάζουν, συνήθως περιλαμβάνει πολλές καθυστερήσεις ή μη-ολοκληρωμένη διαχείριση, γεγονός που μπορεί να περιορίσει την εφαρμογή συγκεκριμένων στρατηγικών ή να απαιτεί τη συλλογή πρόσθετων δεδομένων που δεν είναι διαθέσιμα. Η προσπάθεια στο προτεινόμενο σύστημα ανάλυσης θα είναι η καταγραφή των απαιτούμενων ενεργειών λαμβάνοντας υπόψη τη σειρά εκτέλεσής τους καθώς και ποιες ενέργειες μπορούν να γίνουν παράλληλα συμβάλλοντας με τον τρόπο αυτό στην ελαχιστοποίηση του απαιτούμενου χρόνου για την επίτευξη της επιθυμητής αξίας γεγονός που έμμεσα συμβάλλει στη μεγιστοποίησή της από τη στιγμή που η μεγιστοποίηση των ποσοτήτων προϊόντων ΑΗΗΕ που υπόκεινται σε κατάλληλη επεξεργασία συμβάλλει στη μεγιστοποίηση των επιθυμητών περιβαλλοντικών αποτελεσμάτων που έχουν εξαρχής τεθεί.

Στο στάδιο ανάλυσης EOLT_C η ροή αποσκοπεί τόσο στην εξάλειψη των τυχόν νεκρών χρόνων και την αναζήτηση επιμέρους εργασιών που μπορούν να εκτελεστούν παράλληλα όσο και στην επιτυχή εκτέλεση των επιμέρους βημάτων προκειμένου η αξιολόγηση του τελικού αποτελέσματος να έχει λάβει υπόψη όλα τα στοιχεία που προέκυψαν. Στην πράξη πολλά είναι τα προβλήματα που μπορεί να παρουσιαστούν στην εφαρμογή και αξιολόγηση μιας ΣΤΔ λόγω ελλιπούς πληροφόρησης ή από λάθος δεδομένα που μπορεί να οφείλονται σε αλλαγές που έχουν συμβεί στο προϊόν κατά τη διάρκεια της χρήσιμης ζωής του (πχ. αντικαταστάσεις επιμέρους τμημάτων) ή σε άλλους λόγους. Οπότε είναι απαραίτητο να υπάρχει μηχανισμός παρακολούθησης των εκτελούμενων εργασιών προκειμένου να αντιμετωπίζεται οτιδήποτε μη-αναμενόμενο προκύψει.

Για τα στάδια ανάλυσης REDP_A και REDP_B η ροή περιλαμβάνει τη σύνδεση των χαρακτηριστικών που προτείνονται από τη σχεδίαση ως χαρακτηριστικά που θα μπορούσαν να βελτιωθούν με τις προτάσεις που διατυπώνονται με βάση τα αποτελέσματα αξιολόγησης της εφαρμοζόμενης ΣΤΔ. Τα οφέλη είναι προφανή αφού ελαχιστοποιείται ο απαιτούμενος χρόνος της πραγματοποιούμενης ανάλυσης και ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος να μείνουν αναξιοποίητα δεδομένα που θα μπορούσαν να συμβάλουν στη διατύπωση προτάσεων σχεδίασης για τη βελτίωση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς. Βοηθητικές ενέργειες σε αυτήν την κατεύθυνση μπορούν να είναι ο ορισμός σημείων ελέγχου ή η δημιουργία βοηθητικών ερωτήσεων που κατευθύνουν τη διαδικασία αξιολόγησης και αναζήτησης.

Έλξη: Η έλξη στη λιτή σκέψη αντιπροσωπεύει την αρχή σύμφωνα με την οποία δεν θα πρέπει να δημιουργείται ένα προϊόν ή να παρέχεται μια υπηρεσία που δεν χρειάζεται στο τελικό αποτέλεσμα. Αν και θεωρητικά είναι κατανοητό στην πράξη η τήρηση αυτής της αρχής είναι ένα αρκετά πολύπλοκο θέμα.

Για το στάδιο ανάλυσης EOLT_A αν και οι προηγούμενες αρχές λαμβάνουν υπόψη ότι απαιτείται η αναζήτηση και αξιοποίηση μόνο της απαραίτητης πληροφορίας υπάρχει και η συγκεκριμένη αρχή που ελέγχει και εγγυάται ότι:

- δεν αναζητείται πληροφορία που δεν απαιτείται
- δεν συλλέγεται πληροφορία που δεν μπορεί να αξιοποιηθεί.

Εργαλεία που μπορούν να βοηθήσουν εδώ είναι και πάλι η γνώμη εμπειρων ατόμων που έχουν διαχειριστεί ανάλογα προβλήματα, η αξιοποίηση ανάλογων προηγούμενων εφαρμογών, η εύρεση συσχετίσεων ανάμεσα στην πληροφορία που μπορεί να εξαλείψει την αναζήτηση δεδομένων που καλύπτονται από την υπάρχουσα πληροφορία και δεν έχουν να προσφέρουν κάτι περισσότερο στην πραγματοποιούμενη ανάλυση και η πραγματοποίηση σχετικών ελέγχων σε συγκεκριμένα στάδια της πορείας αναζήτησης.

Στα στάδια ανάλυσης EOLT_B και EOLT_C η έλξη σημαίνει την επεξεργασία των πληροφοριών που είναι απαραίτητες για τη μετέπειτα ανάλυση καθώς και την αξιολόγηση των πιθανών ΣΤΔ που μπορούν να χρησιμοποιηθούν με βάση τις υπάρχουσες συνθήκες και δυνατότητες. Πιο αναλυτικά για τα δύο αυτά στάδια η έλξη εμπλέκεται στην εξάλειψη άσκοπων ενεργειών:

- στη διαδικασία αποσυναρμολόγησης όπου ο στόχος είναι να φτάσει ως το στάδιο που απαιτείται για την εφαρμογή της επιλεγμένης ΣΤΔ,
- στην εφαρμογή της επιλεγμένης ΣΤΔ όπου ο στόχος είναι να εκτελεστούν οι απαιτούμενες ενέργειες και μόνο για τη λήψη του τελικού αποτελέσματος
- στη διαδικασία αξιολόγησης όπου ο στόχος είναι η αξιολόγηση να περιλαμβάνει το σύνολο των αποτελεσμάτων που μπορούν να περιγράψουν την περιβαλλοντική συμπεριφορά του τελικού αποτελέσματος.

Στα στάδια ανάλυσης REDP_A και REDP_B η έλξη αποσκοπεί στη λήψη μέτρων που θα διασφαλίσουν ότι δεν θα παρασυρθεί η διαδικασία διατύπωσης προτάσεων προς τη σχεδίαση σε άλλα κριτήρια εκτός της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς αφού όλα τα στάδια ανάλυσης που έχουν προηγηθεί εκτελέστηκαν με βάση το συγκεκριμένο σκεπτικό ενώ παράλληλα δεν θα παραληφθεί πληροφορία που θα μπορούσε να αξιοποιηθεί στη φάση της σχεδίασης με θετικές συνέπειες προς το περιβάλλον.

Προκειμένου να ελεγχθεί ή να βελτιωθεί η επιτυχής εφαρμογή της έλξης καθώς και η αποτελεσματικότητα των ενεργειών που προτείνει στο υπό μελέτη πρόβλημα μια λύση είναι ο

έλεγχος της διαδικασίας που πραγματοποιήθηκε να επαναληφθεί με ανάστροφη πορεία από το τελικό σύνολο διατύπωσης προτάσεων προς τα πίσω οπότε και είναι πιο εύκολα διακριτή τυχόν άχρηστη πληροφορία που έχει προωθηθεί προς το στάδιο της σχεδίασης ενώ φαίνονται και τυχόν κενά σε χαρακτηριστικά σχεδίασης για τα οποία δεν διατυπώθηκαν προτάσεις αν και ήταν εφικτό να συμβεί.

Τελειότητα: Έχει επιτευχθεί εφόσον οι επιμέρους εργασίες πραγματοποιούνται με ικανοποιητικά αποτελέσματα στο σύνολό τους. Σε πρώτη φάση κρίνεται από το άτομο ή την ομάδα ατόμων που διεξάγουν τη συγκεκριμένη ανάλυση, ενώ η επαλήθευση για την τελική της εικόνα κρίνεται από το αποτέλεσμα της διαδικασίας, αν δηλαδή η εφαρμοζόμενη ΣΤΔ έχει βέλτιστη συμπεριφορά όσον αφορά το περιβάλλον σε σύγκριση με άλλες μεθόδους ή με τους στόχους που είχαν τεθεί καθώς και αν διατυπώθηκαν προτάσεις προς τη σχεδίαση που ενσωματώθηκαν στο προϊόν και βελτίωσαν την περιβαλλοντική του συμπεριφορά.

Μετά λοιπόν τον προσδιορισμό της αξίας και τη διαμόρφωση του ρεύματος αξίας που θα καθοδηγήσει τη ροή και την έλξη για την επίτευξη του βέλτιστου αποτελέσματος ακολουθεί το στάδιο της τελειότητας. Σε κάθε πρόβλημα είναι φανερό ότι όσο και να γίνονται βελτιωτικές κινήσεις πάντα με το χρόνο μπορούν να βρεθούν και άλλες βελτιωτικές κινήσεις που θα εξαλείψουν κόπο, χρόνο ή θα δώσουν ένα πιο επιθυμητό αποτέλεσμα. Κάτι τέτοιο βέβαια στην πράξη δεν συμβαίνει αφού υπάρχει η αρχή της μειούμενης απόδοσης ενώ και οι τυχόν ενέργειες βελτίωσης έχουν πάντα ένα κόστος χωρίς να μπορούν να οδηγήσουν στην απόλυτη τελειότητα, την πλήρη δηλαδή εξαφάνιση της σπατάλης. Παρόλα αυτά επιδιώκεται είτε μέσα από γενικευμένες είτε από μεμονωμένες ενέργειες η διόρθωση τυχόν σφαλμάτων που θα οδηγήσουν στο βέλτιστο αποτέλεσμα. Στο προτεινόμενο σύστημα αυτό επιτυγχάνεται με ελέγχους που συμβαίνουν σε συγκεκριμένα σημεία της πραγματοποιούμενης ανάλυσης οπότε τα αποτελέσματα που προκύπτουν αξιολογούνται από το λήπτη απόφασης που αναλαμβάνει την ευθύνη να προτείνει κατάλληλα διορθωτικά μέτρα ανάλογα με το προϊόν και τα λοιπά δεδομένα σε κάθε περίπτωση.

Για τα στάδια ανάλυσης EOLT_A και EOLT_B τα σημεία στα οποία επιλέχθηκε να πραγματοποιείται έλεγχος είναι μετά την επιλογή των δεδομένων που θα πρέπει να συλλεχθούν και μετά την κατάταξη των πιθανών ΣΤΔ αντίστοιχα. Δεν αποκλείεται βέβαια και η περίπτωση τυχόν προβλήματα μετά τη διαδικασία συλλογής των δεδομένων να οδηγήσει στον επανέλεγχο των δεδομένων που θα πρέπει να συλλεχθούν ενώ και τυχόν προβλήματα μετά την κατάταξη και επιλογή της βέλτιστης ΣΤΔ και πριν την ολοκλήρωση της εφαρμογής της μπορούν επίσης να οδηγήσουν στον επανέλεγχο της διαδικασίας αξιοποίησης των υπαρχόντων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για την επιλογή της προτεινόμενης ΣΤΔ ή στη λήψη διορθωτικών μέτρων που θα καθιστούν τη βέλτιστη λύση εφαρμόσιμη.

Για το στάδιο ανάλυσης EOLT_C η τελειότητα επιτυγχάνεται εφόσον το τελικό αποτέλεσμα από την εφαρμογή της ΣΤΔ είναι δυνατό να αξιολογηθεί όσον αφορά την περιβαλλοντική του συμπεριφορά και το αποτέλεσμα που προκύπτει κρίνεται ως ικανοποιητικό. Η κρίση του τελικού αποτελέσματος ανάλογα με το υπό μελέτη προϊόν είναι δυνατό να γίνει συγκρινόμενη με τα αποτελέσματα αξιολόγησης από την εφαρμογή διαφορετικών ΣΤΔ (εφόσον αυτά είναι διαθέσιμα) ή με βάση την ικανοποίηση συγκεκριμένων ελάχιστων απαιτήσεων που έχουν τεθεί εξ αρχής από το λήπτη αποφάσεων στην εφαρμογή της προτεινόμενης προσέγγισης.

Για τα στάδια ανάλυσης REDP_A και REDP_B η τελειότητα έχει επιτευχθεί εφόσον υπάρχουν προτάσεις προς τη φάση της σχεδίασης που είναι δυνατό στο μέλλον, εφόσον ελεγχθούν όσον αφορά την αποτελεσματικότητά τους, να εφαρμοστούν. Ο αριθμός των πιθανών προτάσεων που

θα προκύψουν (ολοκληρωμένων και μη) και ο βαθμός στον οποίο είναι εφικτή η εφαρμογή τους είναι θέματα ενδιαφέροντα μεν αλλά ξεφεύγουν από τους σκοπούς της συγκεκριμένης εργασίας. Ο λόγος είναι ότι τυχόν προτεινόμενες προτάσεις για τη βελτίωση σχεδίασης ενός προϊόντος χρειάζεται να ελεγχθούν στο στάδιο σχεδίασης ως προς την εφαρμοσιμότητά τους, ως προς τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του προϊόντος και σε σχέση με τις λειτουργίες του προϊόντος που δεν θα πρέπει να τις καταργούν ή να τις περιορίζουν.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται συνοπτικά η προσαρμογή του προβλήματος και των επιμέρους σταδίων του στις αρχές της λιτής σκέψης.

Πίνακας 2. Προσαρμογή του Υπό Μελέτη Προβλήματος στις Αρχές της Λιτής Σκέψης

EOLT_A & EOLT_B	Αξία	Θετική επίδραση στο περιβάλλον από τη χρονική στιγμή απόσυρσης του εν λόγω προϊόντος και μετά μέσα από την εφαρμογή της βέλτιστης ΣΤΔ.
	Ρεύμα Αξίας	Απαιτούμενες ενέργειες και οργάνωσή τους για τη μεγιστοποίηση της επιθυμητής αξίας.
	Ροή	Υλοποίηση επιμέρους ενεργειών λαμβάνοντας υπόψη τα διαθέσιμα δεδομένα, τους απαιτούμενους περιορισμούς, ελαχιστοποίηση νεκρών χρόνων και κατάργηση εμποδίων στην προσπάθεια επίτευξης της επιθυμητής αξίας.
	Έλξη	Επιλογή των απαραίτητων και μόνο πληροφοριών καθώς και αξιολόγηση των πιθανών και μόνο ΣΤΔ που μπορούν να εφαρμοστούν.
	Τελειότητα	Διεξαγωγή ελέγχων μετά την επιλογή των δεδομένων που θα συλλεχθούν και την κατάταξη των πιθανών ΣΤΔ για τη διόρθωση τυχόν σφαλμάτων μέχρι να οδηγηθεί η διαδικασία σε ένα αποδεκτό αποτέλεσμα.
EOLT_C	Αξία	Βαθμός καταγραφής θετικής περιβαλλοντικής επίδρασης από την εφαρμογή της επιλεγμένης ΣΤΔ.
	Ρεύμα Αξίας	Απαιτούμενες ενέργειες και οργάνωσή τους για τη μεγιστοποίηση της επιθυμητής αξίας.
	Ροή	Υλοποίηση επιμέρους ενεργειών λαμβάνοντας υπόψη τυχόν περιορισμούς, ελαχιστοποίηση νεκρών χρόνων και κατάργηση εμποδίων στην προσπάθεια επίτευξης της επιθυμητής αξίας.
	Έλξη	Υλοποίηση των απαιτούμενων και μόνο βημάτων αποσυναρμολόγησης, υλοποίηση των απαιτούμενων και μόνο ενεργειών για την εφαρμογή της επιλεγμένης ΣΤΔ, αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και μόνο αυτών που μπορούν να περιγράψουν την περιβαλλοντική συμπεριφορά του τελικού αποτελέσματος.
	Τελειότητα	Διεξαγωγή ελέγχων για το κατά πόσο το αποτέλεσμα που προέκυψε μπορεί να αξιολογηθεί ως προς την περιβαλλοντική του συμπεριφορά καθώς και αν κρίνεται ως ικανοποιητικό.
REDP_A & REDP_B	Αξία	Βαθμός κάλυψης με προτάσεις βελτίωσης ως προς το περιβάλλον από το στάδιο εφαρμογής της επιλεγμένης ΣΤΔ των χαρακτηριστικών σχεδίασης που επιλέχθηκαν προς διερεύνηση από το στάδιο σχεδίασης.
	Ρεύμα Αξίας	Απαιτούμενες ενέργειες και οργάνωσή τους για τη μεγιστοποίηση της επιθυμητής αξίας.
	Ροή	Υλοποίηση επιμέρους ενεργειών λαμβάνοντας υπόψη περιορισμούς σε χαρακτηριστικά του προϊόντος που δεν θα πρέπει να αλλαχθούν ή να καταργηθούν.

Έλξη	Υλοποίηση των απαιτούμενων και μόνο ενεργειών διατύπωσης προτάσεων προς το στάδιο σχεδίασης που σχετίζονται με περιβαλλοντική συμπεριφορά.
Τελειότητα	Διεξαγωγή ελέγχων για το κατά πόσο διατυπώθηκαν προτάσεις βελτίωσης ως προς το περιβάλλον για τα χαρακτηριστικά που επιλέχθηκαν για αξιολόγηση καθώς και αν υπήρξε πληροφορία από την αξιολόγηση της επιλεγμένης ΣΤΔ που θα μπορούσε να αξιοποιηθεί και δεν έγινε αυτό.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η προτεινόμενη μεθοδολογία προσέγγισης σε ένα γενικευμένο πλαίσιο με βάση τις αρχές της Λιτής Σκέψης όπως αυτές περιγράφηκαν παραπάνω. Αυτό που θα πρέπει να τονιστεί μια ακόμα φορά είναι ότι προκειμένου η συγκεκριμένη προσέγγιση να έχει αποτέλεσμα και να μπορεί να καθοδηγήσει τα βήματα ανάλυσης κατά την εφαρμογή της σε οποιοδήποτε προϊόν ΑΗΗΕ θα πρέπει να εφαρμόζεται σε όλα τα στάδια ανάλυσης όπου όμως τα στάδια αυτά δεν αποτελούν τίποτα άλλο παρά μέρος ενός συνόλου για το οποίο αναζητείται η τελειότητα.

3.4 Προτεινόμενη Μεθοδολογία

3.4.1 Για το Στάδιο Ανάλυσης EOLT_A

Το στάδιο της συλλογής δεδομένων απαιτεί συστηματική αναζήτηση και αποτελεί τη βάση για τα επόμενα στάδια ανάλυσης. Προφανώς η συγκεκριμένη διαδικασία διευκολύνεται σημαντικά όταν τα δεδομένα που χρειάζεται να μελετηθούν είναι τα λιγότερα δυνατά γεγονός που συμβαδίζει και με τις αρχές της λιτής σκέψης. Στην πράξη πιθανοί τρόποι για να επιτευχθεί το επιθυμητό αυτό αποτέλεσμα είναι παραπάνω από ένας. Για παράδειγμα θα μπορούσαν να αγνοηθούν οι ως σήμερα ανάλογες εφαρμογές και να αναζητηθούν δεδομένα από όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ή να γίνει μια αποκλειστικά ποιοτική ή ποσοτική ανάλυση ή να αναζητηθούν συγκεκριμένα δεδομένα (πχ. μόνο για τα χρησιμοποιούμενα υλικά ή για την απαιτούμενη αποσυναρμολόγηση) ή να χρησιμοποιηθούν διάφορες τεχνικές αναζήτησης δεδομένων αξιοποιώντας τις διαφορετικές πιθανές πηγές αναζήτησης. Το θέμα είναι ότι όποια προσέγγιση και αν ακολουθηθεί θα πρέπει σε κάθε περίπτωση το πρόβλημα να αποδομηθεί πλήρως και να μελετηθεί σταδιακά και συστηματικά. Στις περιπτώσεις δε που διαπιστώνεται ότι υπάρχει απόκλιση από τον επιθυμητό στόχο να διερευνώνται εκ νέου τα δεδομένα και να προτείνονται διορθωτικές κινήσεις.

Η προτεινόμενη διαδικασία για την προσέγγιση του συγκεκριμένου σταδίου ανάλυσης σύμφωνα με τις αρχές της λιτής σκέψης που ακολουθεί είναι μια μικτή διαδικασία ευθείας και αναστροφής αναζήτησης δεδομένων. Ο λόγος ήταν ότι από τη στιγμή που αυτό που ενδιαφέρει είναι το αποτέλεσμα της διαδικασίας αναζήτησης δεδομένων έπρεπε να οριστούν οι απαιτούμενες προϋποθέσεις που θα έπρεπε να πληρούνται στη χρονική στιγμή πριν την επιλογή της βέλτιστης ΣΤΔ και στη συνέχεια να αναζητηθούν τρόποι απλοποίησης της πορείας μέχρι να επιτευχθούν τα επιθυμητά αυτά αποτελέσματα από τη χρονική στιγμή απόσυρσης του προϊόντος και μετά.

Σε κάθε περίπτωση γνωστά στοιχεία αναζητούνται καταρχήν από την υπάρχουσα βιβλιογραφία και αφορούν δεδομένα για το προϊόν, την απαιτούμενη υποδομή, τους εμπλεκόμενους στη συγκεκριμένη διαδικασία, τους περιορισμούς και τις αναμενόμενες επιπτώσεις. Σε επόμενο στάδιο και ανάλογα με τις υπάρχουσες συνθήκες επιλέγονται και τα πρόσθετα δεδομένα που θα χρειαστεί να αναζητηθούν. Σχετική βιβλιογραφική ανασκόπηση για τις πιθανές κατηγορίες δεδομένων που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν υπάρχει στην ενότητα 2.1.3 της παρούσας

εργασίας. Ενδεικτικές μελέτες που ασχολούνται με την αναζήτηση δεδομένων για προϊόντα ΑΗΗΕ οποιαδήποτε μορφής είναι πχ. οι μελέτες των Ravi *et al.* (2005) που συλλέγουν δεδομένα που σχετίζονται με οικονομικούς παράγοντες, νομοθεσία και περιβαλλοντικά θέματα και των Ferguson *et al.* (2001) που ανάλογα με τις υπάρχουσες συνθήκες μετά τη φάση της απόσυρσης ορίζεται η απαιτούμενη πληροφορία που χρειάζεται να ληφθεί από χαρακτηριστικά του προϊόντος και της αγοράς.

Προφανώς η διαδικασία επιλογής των δεδομένων που θα αναζητηθούν καθώς και η παραπέρα διαδικασία αναζήτησης μπορεί να ξεκινήσει οποιαδήποτε χρονική στιγμή κατά τη διάρκεια ζωής του προϊόντος και να εμπλουτίζεται με δεδομένα καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής ως και τη στιγμή που το προϊόν έχει αποσυρθεί και ο λήπτης απόφασης καλείται να επιλέξει τη στρατηγική με την οποία θα το διαχειριστεί. Το πιθανό σενάριο να συλλεχθούν όλα τα δεδομένα στην πράξη είναι σπάνιο ή ανέφικτο. Οι λόγοι μπορεί να είναι έλλειψη χρημάτων ή διαθέσιμου χρόνου ή αδυναμίας να βρεθούν όλα τα δεδομένα ή να μην απαιτείται. Το μόνο απαραίτητο να ισχύει είναι ότι τη χρονική στιγμή επιλογής της βέλτιστης ΣΤΔ χρειάζεται να υπάρχουν δεδομένα που θα καλύπτουν τις ανάγκες της μετέπειτα ανάλυσης χωρίς να χάνεται χρήσιμη πληροφορία ενώ παράλληλα θα πρέπει να μην έχει συλλεχθεί πληροφορία που δεν μπορεί να αξιοποιηθεί ή δεν απαιτείται για τη συνέχεια.

Αυτό που αναζητείται μέσα από την εφαρμογή των αρχών της λιτής σκέψης είναι η ενδιάμεση πορεία που χρειάζεται να ακολουθηθεί. Η προτεινόμενη διαδικασία περιλαμβάνει τη σταδιακή αναζήτηση των δεδομένων που θα συλλεχθούν είτε μέσα από απαντήσεις σε συγκεκριμένες ερωτήσεις που σχετίζονται με το προϊόν και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του, είτε από τον αναλυτή που έχει επαρκή εμπειρία ώστε να μπορεί να διακρίνει τα όρια στην πληροφορία που θα χρειαστεί για να προχωρήσει στα επόμενα στάδια ανάλυσης.

Ανάλογα με τη μορφή των δεδομένων που αποφασίζεται να αναζητηθούν η διαδικασία μπορεί να περιλαμβάνει τη λήψη μετρήσεων, την αναζήτηση δεδομένων από το στάδιο σχεδίασης και κατασκευής του προϊόντος, τις απαντήσεις από ειδικούς, την αναζήτηση δεδομένων μέσα από ερωτηματολόγια ή προηγούμενες μελέτες, την καταγραφή των διαθέσιμων μέσων στο στάδιο της παραπέρα διαχείρισης του προϊόντος μετά το στάδιο της απόσυρσης, τις ανάγκες της αγοράς, κ.α. Έπεται ο έλεγχος επάρκειας των δεδομένων που επιλέχθηκαν και εφόσον διαπιστωθούν παραλείψεις ή δεδομένα που δεν απαιτούνται αναπροσαρμόζεται το σύνολο των δεδομένων που θα αναζητηθούν μέχρι να φτάσει η διαδικασία σε ένα αποδεκτό αποτέλεσμα. Στη συνέχεια ακολουθεί η διαδικασία εύρεσης και συλλογής των δεδομένων όπου και πάλι υπάρχει μηχανισμός ελέγχου για τις περιπτώσεις που δεν είναι δυνατή η συλλογή των δεδομένων που έχουν επιλεγεί, οπότε και αναπροσαρμόζεται το σύνολο των δεδομένων προς αναζήτηση.

Τα δεδομένα που επιλέγονται σε κάθε περίπτωση διαφέρουν ανάλογα με το προϊόν ή άλλους εξωτερικούς παράγοντες. Προκειμένου να διευκολυνθεί η συγκεκριμένη εργασία και δεδομένου ότι μιλάμε για προϊόντα ΗΗΕ διαμορφώνεται αρχικά μια κατάσταση πιθανών δεδομένων προς αναζήτηση με βάση προηγούμενες μελέτες της βιβλιογραφίας και στη συνέχεια ο αναλυτής ορίζει τις απαιτήσεις που θα πρέπει να διαθέτει το σύνολο των δεδομένων με βάση το οποίο θα γίνει η επιλογή της βέλτιστης ΣΤΔ ή ακολουθεί συγκεκριμένους κανόνες που ο ίδιος ορίζει και οι οποίοι καθοδηγούν τη διαδικασία επιλογής των δεδομένων που τελικά θα αναζητηθούν.

3.4.1.1 Έναρξη Υλοποίησης Σταδίου Ανάλυσης EOLT_A

Η υλοποίηση του σταδίου ανάλυσης EOLT_A ξεκινάει με βάση τα εξής δεδομένα:

Ορισμός αρχικών στόχων: Οι αρχικοί στόχοι μπορεί να είναι προφανείς και γνωστοί από την αρχή ή να απαιτείται να αναζητηθούν εφόσον οριστούν τα επιθυμητά αποτελέσματα. Σε κάθε περίπτωση ορίζονται ανάλογα με το υπό μελέτη προϊόν και τις εξωτερικές συνθήκες. Στη γενικευμένη μορφή του προβλήματος που πραγματεύεται η συγκεκριμένη εργασία ο αρχικός στόχος σε κάθε στάδιο ανάλυσης είναι η αξία που αναζητείται μέσα από την προσέγγιση του προβλήματος με τη λιτή σκέψη. Για το στάδιο ανάλυσης EOLT_A η αξία αυτή είναι η διαμόρφωση του κατάλληλου συνόλου δεδομένων που θα πρέπει να αναζητηθούν στη συνέχεια. Το σύνολο αυτό των δεδομένων θα πρέπει να καλύπτει τις εξής βασικές αρχές:

- Τα δεδομένα που θα συλλεχθούν θα πρέπει να αξιοποιηθούν στο σύνολό τους στα επόμενα στάδια της ανάλυσης.
- Τα δεδομένα που θα συλλεχθούν δεν θα πρέπει να επικαλύπτονται μεταξύ τους αλλά το καθένα από αυτά να συμβάλει στα επόμενα στάδια ανάλυσης.
- Για τα δεδομένα που θα συλλεχθούν θα πρέπει να γίνουν προσπάθειες να είναι στο μέγιστο βαθμό ακριβή ενώ εφόσον εμπεριέχουν ποσοστό αβεβαιότητας αυτή θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη.
- Τα δεδομένα που θα συλλεχθούν θα πρέπει να συμβάλουν στη θετική και ομαλή ροή εξέλιξης του προτεινόμενου συστήματος χωρίς να αφήνουν κενά ή καθυστερήσεις.

Επιπλέον όμως και ακολουθώντας τη μεθοδολογία της λιτής σκέψης θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και τα εξής:

- Το σύνολο των δεδομένων που θα αναζητηθούν θα πρέπει να ορίζεται σωστά ξεκινώντας από αυτό που θέλει ο τελικός αποδέκτης (το περιβάλλον ή η κοινωνία στην προκειμένη περίπτωση) και όχι ο παραγωγός.
- Τα πιθανά δεδομένα προς αναζήτηση που θα προκύψουν από την ανάλυση θα πρέπει να συνδυάζονται μεταξύ τους ώστε να μπορούν να αξιοποιηθούν στη συνέχεια στο σύνολό τους.
- Θα πρέπει να οριστεί ένα κόστος – στόχος για τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά που ορίζουν την περιβαλλοντική συμπεριφορά του τελικού αποτελέσματος, με βάση την ποσότητα πόρων και προσπάθειας που απαιτείται για να προκύψει το τελικό σύνολο δεδομένων που θα χρησιμοποιηθεί για τη συνέχεια, αν αφαιρεθεί η ορατή σπατάλη. Από τη στιγμή που θα οριστεί το κόστος-στόχος ανάλογα με το υπό μελέτη προϊόν θα έχουν τεθεί οι βάσεις καθοδήγησης και ελέγχου και των επόμενων απαιτούμενων ενεργειών ώστε το τελικό αποτέλεσμα να έχει τη μέγιστη αξία για τον πελάτη.

Καταστάσεις πιθανών δεδομένων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν: Το στάδιο EOLT_A αποτελεί τον τροφοδότη στοιχείων για την επίλυση του προβλήματος που ακολουθεί. Η συλλογή δεδομένων που θα πραγματοποιηθεί θα πρέπει να συμβάλει στη βέλτιστη διαχείριση του αποσυρόμενου προϊόντος. Επειδή η μορφή και τα χαρακτηριστικά του αποσυρόμενου προϊόντος ποικίλουν σε σημαντικό βαθμό ανάμεσα στα πιθανά προϊόντα και τις εξωτερικές συνθήκες που μπορεί να συναντήσει κάποιος, απαιτείται αρχικά η διαμόρφωση ενός γενικευμένου πλαισίου καταγραφής εξωτερικών δεδομένων που θα μπορούσαν να επηρεάσουν άμεσα ή έμμεσα τη μετέπειτα πορεία ανάλυσης από όπου θα επιλεγούν τα δεδομένα που ταιριάζουν στην κάθε περίπτωση.

Τα δεδομένα που μπορούν να αξιοποιηθούν για ένα προϊόν μετά την απόσυρσή του στη διαδικασία επιλογής της βέλτιστης στρατηγικής παραπέρα διαχείρισής του είναι προφανές ότι μπορεί να αφορούν το ίδιο το προϊόν ή άλλους παράγοντες όπως πχ. την εξωτερική αγορά και

τις δυνατότητες που υπάρχουν για επαναπώληση, τις εργασίες συντήρησης ή αναβάθμισης που έχουν γίνει κατά τη χρήση του και τα διαθέσιμα μέσα διαχείρισης μετά την απόσυρσή του σε συνδυασμό με τα απαιτούμενα μέσα για την κάθε πιθανή στρατηγική.

Σύμφωνα με τις αρχές της λιτής σκέψης η αναζήτηση των δεδομένων πρέπει να γίνει ακολουθώντας συγκεκριμένους κανόνες ώστε να ελαχιστοποιηθεί η συλλογή δεδομένων που δεν δημιουργούν αξία για τη συνέχεια, χωρίς όμως παράλληλα να χάνεται πληροφορία χρήσιμη στη διαδικασία επιλογής ΣΤΔ, που μπορεί να οδηγήσει στην επιλογή λιγότερο φιλικών προς το περιβάλλον λύσεων.

Με βάση την προηγούμενη περιγραφή του προβλήματος και τη σχετική βιβλιογραφία (βλέπε ενότητα 2.1.3) οι γενικές κατηγορίες των δεδομένων που σχετίζονται έμμεσα ή άμεσα και μπορούν να περιγράψουν την πιθανή συμπεριφορά ενός προϊόντος μετά την απόσυρσή του είναι οι εξής:

- Δεδομένα Περιγραφής της Τρέχουσας Κατάστασης.
- Δεδομένα για το Προϊόν.
- Δεδομένα από τα Προηγούμενα Στάδια του Κύκλου Ζωής του Προϊόντος (Σχεδίαση – Κατασκευή – Χρήση – Απόσυρση).
- Δεδομένα για τις Συνθήκες κατά την Εφαρμογή της Επιλεγμένης ΣΤΔ.

Τα δεδομένα που περιλαμβάνονται στις παραπάνω κατηγορίες είναι προφανές ότι για τη συλλογή τους απαιτούν πολύ χρόνο και διαθέσιμους οικονομικούς πόρους. Οπότε και απαιτείται να βρεθεί μια διαδικασία που θα κατευθύνει τον μελετητή, ανάλογα με το προϊόν και τις υπάρχουσες συνθήκες, να επιλέγει και να καταλήγει σε ένα υποσύνολο από τα παραπάνω δεδομένα που θα πρέπει να συγκεντρώσει για τη μετέπειτα επιλογή της βέλτιστης ΣΤΔ. Η μέθοδος που προτείνεται στο συγκεκριμένο σημείο είναι να ξεκινήσει η μελέτη από τη συλλογή συγκεκριμένων δεδομένων μέσα από τη διατύπωση ερωτήσεων που με βάση τις απαντήσεις που θα δοθούν θα ακολουθηθεί συγκεκριμένη πορεία επιλογής των δεδομένων που χρειάζεται να αναζητηθούν.

3.4.1.2 Υλοποίηση Απαιτούμενων Εργασιών στο Στάδιο Ανάλυσης EOLT_A

Διατύπωση προκαταρκτικών ερωτήσεων: Η διαδικασία αναζήτησης δεδομένων στο στάδιο ανάλυσης EOLT_A είναι μια χρονοβόρα εργασία επειδή περιλαμβάνει πολλά δεδομένα που χρειάζεται να ληφθούν υπόψη και αρκετούς εξωγενείς παράγοντες που μπορούν να εμποδίσουν την επιτυχή εφαρμογή της προτεινόμενης ΣΤΔ. Κρίθηκε λοιπόν αναγκαίο να γίνει μια καταρχήν αναζήτηση για βασικά δεδομένα που έχει φανεί από πρακτικές εφαρμογές ως σήμερα ότι επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό τη μετέπειτα πορεία τελικής διαχείρισης προκειμένου να χαραχτεί μια πορεία και για τη συνέχεια πάνω στην οποία θα κινηθεί η αναζήτηση δεδομένων.

Οδηγός λοιπόν σε αυτήν την αρχική αναζήτηση ήταν και πάλι προϋπάρχουσες σχετικές ερευνητικές εργασίες όπου ενδεικτικά ορισμένες παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο (βλέπε ενότητα 2.1.3). Η προτεινόμενη μέθοδος ξεκινάει με την αναζήτηση απαντήσεων σε συγκεκριμένες ερωτήσεις οι οποίες είναι οι εξής:

1^η ερώτηση: *Μέχρι σήμερα για το υπό εξέταση προϊόν ποιες είναι οι ΣΤΔ που εφαρμόζονται για τη διαχείριση του ίδιου ή ομοειδών προϊόντων;*

Στόχος της πρώτης ερώτησης είναι να δώσει μια πρώτη εκτίμηση για την πιθανή ΣΤΔ που θα επιλεγεί στο τέλος της διαδικασίας χωρίς προφανώς το αποτέλεσμα που θα προκύψει να

αποτελεί την τελική επιλογή. Άλλωστε το πλεονέκτημα που έχει ο λήπτης απόφασης εκτός από το να μάθει ποιες οι πιθανές ΣΤΔ που εφαρμόζονται και σε ποιο ποσοστό, είναι ότι έχει τη δυνατότητα ανάλογα με την εμπειρία του και μετά από σχετική έρευνα να μελετήσει τους λόγους για τους οποίους επιλέγονται συνήθως οι συγκεκριμένες στρατηγικές καθώς και τα αποτελέσματα που δίνουν με έμφαση στα περιβαλλοντικά οφέλη. Στην προτεινόμενη μεθοδολογία τα δεδομένα από τη συγκεκριμένη ερώτηση συλλέγονται προκειμένου να αξιοποιηθούν στο στάδιο ανάλυσης EOLT_C οπότε και προβλέπεται η σύγκριση των αποτελεσμάτων της προτεινόμενης ΣΤΔ με τα αποτελέσματα των άλλων στρατηγικών που έχουν εφαρμοστεί σε ανάλογες περιπτώσεις με απώτερο στόχο ανάλογα με το τι θα προκύψει την επιβεβαίωση ότι η προτεινόμενη στρατηγική ήταν μια καλή λύση ή την ανάγκη επανεξέτασης της προτεινόμενης μεθόδου ή της εφαρμογής της. Άλλωστε σε οποιοδήποτε σύστημα η γνώση της προηγούμενης ιστορίας είναι χρήσιμο να αξιοποιείται και σίγουρα αποτελεί μια καλή βάση για οποιαδήποτε μελλοντική ενέργεια.

2^η ερώτηση: *Περιέχει το προϊόν υλικά που έχει απαγορευτεί η χρήση τους σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία;*

Στόχος της δεύτερης ερώτησης είναι να διασφαλίσει πως ακολουθείται και στην προτεινόμενη ανάλυση ένας βασικός περιορισμός που ακολουθείται και στην πράξη στη διαχείριση προϊόντων ΑΗΗΕ και είναι πως εφόσον υπάρχουν επικίνδυνα υλικά θα πρέπει στη διαδικασία τελικής διαχείρισης να λαμβάνεται υπόψη το συγκεκριμένο θέμα ως βασικό κριτήριο σε οποιαδήποτε σειρά ενεργειών επιλεγεί και να συλλέγονται όλα τα απαραίτητα δεδομένα για αυτό το θέμα. Η καταρχήν απομάκρυνση των απαγορευμένων - επικίνδυνων υλικών είναι προφανώς η πλέον ασφαλής λύση πλην όμως στην πράξη ενδέχεται να χρειάζεται να γίνουν προκαταρκτικές ενέργειες για την πραγματοποίηση αυτού του στόχου.

3^η ερώτηση: *Το υπό μελέτη προϊόν είναι «ορφανό» (άγνωστου κατασκευαστή) ή όχι;*

Στόχος της τρίτης ερώτησης είναι να διαπιστώσει τι θα χρειαστεί να γίνει στη μετέπειτα ανάλυση και πόσο εύκολη είναι η διαδικασία επιλογής της κατάλληλης ΣΤΔ στην περίπτωση που ο κατασκευαστής δεν είναι γνωστός ή πρόκειται για προϊόν που έχει κατασκευαστεί από εταιρεία που δεν λειτουργεί πλέον οπότε η ευθύνη της τελικής διαχείρισης δεν είναι ξεκάθαρη. Είναι φανερό ότι για τα «ορφανά προϊόντα» η διαδικασία συλλογής της απαιτούμενης πληροφορίας είναι πιο δύσκολη αφού δεν υπάρχει κατασκευαστής να δώσει στοιχεία ενώ και η ευθύνη για τη συλλογή των άχρηστων προϊόντων και παραπέρα διαχείρισή τους επίσης είναι πρόβλημα αφού δεν υπάρχει ο παραγωγός ή αυτός που διοχέτευσε το προϊόν στην αγορά που θα πάρει την ευθύνη για την καταρχήν συλλογή και μετέπειτα διαχείρισή του. Εκτός αυτού όμως είναι προφανές ότι για «ορφανά προϊόντα» δεν έχει νόημα η υλοποίηση των σταδίων REDP_A και REDP_B αφού δεν υπάρχει κάποιος που έχει την ευθύνη του προϊόντος άρα και της επανασχεδίασής του.

Αναλυτικά οι παραπάνω τρεις ερωτήσεις με τις πιθανές απαντήσεις φαίνονται στη συνέχεια:

Πίνακας 3. Προκαταρκτικές Ερωτήσεις στο Στάδιο EOLT_A

1 ^η ερώτηση	Ποιες είναι οι εφαρμοζόμενες ΣΤΔ για τα ίδια ή	<ul style="list-style-type: none">• Επαναχρησιμοποίηση• Επανακατασκευή• Ανακύκλωση	% εφαρμογής ____ - αποτελέσματα % εφαρμογής ____ - αποτελέσματα % εφαρμογής ____ - αποτελέσματα
---------------------------	--	--	---

	ομοειδή προϊόντα	<ul style="list-style-type: none"> • Καύση • Τίποτα • Δεν γνωρίζω 	<p>% εφαρμογής ____ - αποτελέσματα</p> <p>% εφαρμογής ____ - αποτελέσματα</p>
2 ^η ερώτηση	Περιέχει το προϊόν επικίνδυνα - απαγορευμένα υλικά	<ul style="list-style-type: none"> • Ναι • Όχι • Δεν γνωρίζω 	<p>Αναφορά υλικών</p> <p>Σε τι % υπάρχουν</p> <p>Σε ποιες θέσεις βρίσκονται μέσα στο προϊόν;</p> <p>Προχωρώ στο επόμενο βήμα</p> <p>Σταδιακή αποσυναρμολόγηση και αναζήτηση υλικών, % και θέσεων</p>
3 ^η ερώτηση	Πρόκειται για «ορφανό» προϊόν ή όχι;	<ul style="list-style-type: none"> • Ναι • Όχι 	<p>Αναζήτηση δεδομένων από τη βιβλιογραφία ή από τη μελέτη του προϊόντος</p> <p>Προχωρώ στο επόμενο βήμα</p>

Ορισμός κανόνων για τον αποκλεισμό μη-απαραίτητων δεδομένων: Ανάλογα με το υπό μελέτη προϊόν ενδέχεται να υπάρχουν δεδομένα τα οποία σίγουρα δεν χρειάζεται να συλλεχθούν οπότε αποκλείονται εξ αρχής από την παραπέρα διερεύνηση προκειμένου να επιταχυνθεί η σχετική διαδικασία. Για να διευκολυνθεί η διαδικασία αποκλεισμού δεδομένων που δεν προσφέρουν τίποτα στην προτεινόμενη διαδικασία ανάλυσης μπορούν να οριστούν κανόνες για τον αποκλεισμό των δεδομένων που δεν θα επιλεγούν στη μετέπειτα διαδικασία συλλογής.

Ενδεικτικοί μερικοί τέτοιοι κανόνες που μπορεί να ορίσει ο λήπτης απόφασης ανάλογα με τις συνθήκες είναι οι εξής:

- Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω για «ορφανά προϊόντα» δεν εξετάζονται τα στάδια ανάλυσης REDP_A και REDP_B γιατί δεν τίθεται θέμα επισκευής ή επανακατασκευής τους και επαναδιοχέτευσή τους στη συνέχεια στην αγορά. Οπότε δεδομένα που σχετίζονται με τις προοπτικές της αγοράς ή της εφαρμογής των συγκεκριμένων στρατηγικών μπορούν να αποκλειστούν από την παραπέρα εξέταση.
- Για ένα προϊόν που είναι γνωστό ότι έχει χαμηλές προοπτικές πωλήσεων μετά από επανακατασκευή ή επισκευή είναι πολύ πιθανό ότι στην πράξη τα δύο συγκεκριμένα σενάρια έχουν μικρές πιθανότητες εφαρμογής αφού είναι οι μικρές και οι πιθανότητες τα προϊόντα να επαναδιοχετευτούν στην αγορά και να αποδώσουν το επιθυμητό όφελος. Και στη συγκεκριμένη μεθοδολογία όμως, όπου αναζητείται το μέγιστο περιβαλλοντικό όφελος, είναι πολύ πιθανό ότι ο λήπτης απόφασης να αποκλείσει τις συγκεκριμένες δύο στρατηγικές εφόσον ισχύουν οι δεδομένες συνθήκες. Ο λόγος είναι ότι ναι μεν η επισκευή ή η επανακατασκευή είναι δύο στρατηγικές που έχουν κάποια άμεσα περιβαλλοντικά οφέλη, αφού το άχρηστο προϊόν δεν αποσύρεται, εντούτοις μακροπρόθεσμα η τυχόν επιλογή τους είναι πολύ πιθανό να προκαλέσει μεγαλύτερα περιβαλλοντικά προβλήματα αφού η περιβαλλοντική επιβάρυνση είναι το άθροισμα της επιβάρυνσης από την εφαρμογή της επιλεγμένης ΣΤΔ και από το απομένον προϊόν που

είναι πολύ πιθανό να μην επαναχρησιμοποιηθεί και να βρεθεί πάλι σε αχρηστία μετά από κάποιο μικρό χρονικό διάστημα.

- Η καταρχήν απομάκρυνση των επικίνδυνων υλικών, εφόσον υπάρχουν, απαιτεί να υπάρχουν διαθέσιμα όλα τα απαιτούμενα μέσα αλλιώς θα πρέπει να αποκλειστούν όλα τα πιθανά σενάρια τελικής διαχείρισης και να μεταφερθεί το προϊόν σε εγκαταστάσεις που έχουν τη δυνατότητα να το επεξεργαστούν με ασφάλεια.

Διαδικασία επιλογής αναζήτησης των δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια: Η επιλογή των απαιτούμενων δεδομένων που χρειάζεται να συλλεχθούν βασίζεται καταρχήν στο γεγονός ότι χρειάζεται να επιλεγεί για το αποσυρόμενο προϊόν η βέλτιστη συνδυαστική λύση των επιμέρους ενεργειών:

- Επανακατασκευή / Επισκευή
- Επαναχρησιμοποίηση
- Ανακύκλωση
- Καύση

Η επιλογή ανάμεσα στις παραπάνω στρατηγικές ή ανάμεσα σε συνδυαστικά σενάρια των παραπάνω στρατηγικών απαιτεί καταρχήν να αναζητηθούν συγκεκριμένα δεδομένα που θα καταγράφουν σε κάθε περίπτωση τα πιθανά περιβαλλοντικά οφέλη, που λίγο πολύ όλες οι παραπάνω στρατηγικές διαχείρισης έχουν. Παράλληλα χρειάζεται να αναζητηθούν και εξωτερικά δεδομένα που δεν σχετίζονται μεν άμεσα με το ίδιο το προϊόν αλλά επηρεάζουν έμμεσα τη συμπεριφορά μετά την απόσυρσή του. Σε σχέση με την κάθε πιθανή ΣΤΔ οι πηγές από τις οποίες χρειάζεται να αντληθούν δεδομένα αναφέρονται στη συνέχεια. Ακολουθεί αναλυτική κατηγοριοποίηση των πιθανών δεδομένων προς αναζήτηση στους Πίνακες 4, 5, 6 και 7.

Σε σχέση με την επανακατασκευή - επισκευή – επαναχρησιμοποίηση προϊόντος ή επιμέρους τμημάτων του:

- Δυνατότητες πώλησης επανακατασκευασμένου - επισκευασμένου - επαναχρησιμοποιημένου προϊόντος στην ίδια ή σε δευτερεύουσα αγορά
- Αναμενόμενος χρόνος χρήσιμης ζωής / τεχνολογικός χρόνος ζωής
- Κατανάλωση ενέργειας κατά τη χρήση επανακατασκευασμένου – επισκευασμένου – επαναχρησιμοποιημένου προϊόντος / κατανάλωση ενέργειας χρήσης νέου προϊόντος
- Μερίδιο αγοράς επανακατασκευασμένου – επισκευασμένου – επαναχρησιμοποιημένου προϊόντος / Μερίδιο αγοράς νέου προϊόντος (στην ίδια ή σε δευτερεύουσα αγορά)
- Απαιτούμενο κόστος, χρόνος και κατανάλωση ενέργειας για την ολοκλήρωση της επανακατασκευής - επισκευής

Σε σχέση με την ανακύκλωση:

- Δυνατότητες αξιοποίησης προϊόντων που προέρχονται από την ανακύκλωση

Σε σχέση με την καύση:

- Δυνατότητες αξιοποίησης ή αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας
- Ύπαρξη κατάλληλης υποδομής που διασφαλίζει την ελαχιστοποίηση των παραγόμενων υγρών, στερεών και αερίων υπολειμμάτων

Η χρονική στιγμή που ο λήπτης απόφασης καλείται να αξιολογήσει την εφαρμογή της κάθε πιθανής ΣΤΔ που θα εφαρμόσει είναι η στιγμή που έχει ήδη συλλέξει όλη την απαιτούμενη

πληροφορία χωρίς περιττά στοιχεία. Πριν από αυτό όμως και δεδομένου ότι τα προϊόντα που εξετάζονται είναι προϊόντα ΑΗΗΕ, προϊόντα δηλαδή που εμπεριέχουν σημαντική τεχνολογία, περίπλοκη συνδεσμολογία και υλικά που σχεδόν στο σύνολό τους απαιτούν συγκεκριμένες τεχνικές διαχείρισης είναι απαραίτητο σε αυτό το στάδιο να έχει ελεγχθεί και η δυνατότητα εφαρμογής των πιθανών ΣΤΔ. Οπότε τα δεδομένα που καταρχήν απαιτούνται να συλλεχθούν προκειμένου να επιβεβαιωθεί αν είναι εφικτή η εφαρμογή της οποιασδήποτε επιλεγμένης ΣΤΔ φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 4. Κατάσταση Δεδομένων για Καταγραφή των Διαθέσιμων Μέσων

Περιγραφή	
1. Διαθέσιμη τεχνολογία	Αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στον ορισμό των πιθανών ΣΤΔ που μπορούν να χρησιμοποιηθούν εφόσον επιλεγούν.
2. Διαθέσιμα μέσα / ευθύνη	#
3. Διαθέσιμος χρόνος και κόστος για την επεξεργασία των αποσυρόμενων προϊόντων	#
4. Διαθέσιμος εξοπλισμός και μέσα προστασίας - ευθύνη	#
5. Διαθέσιμες εγκαταστάσεις και αποθηκευτικοί χώροι - ευθύνη	#
6. Διαθέσιμοι χώροι αρχικής συλλογής / ευθύνη	#
7. Διαθέσιμο ανθρώπινο δυναμικό	#
8. Διαθέσιμο δίκτυο συλλογής αποσυρόμενων προϊόντων / ευθύνη	Μπορεί να εκφραστεί σε κάποια κλίμακα με βάση δεδομένα όπως αν υπάρχουν κίνητρα στον καταναλωτή για την επιστροφή του άχρηστου προϊόντος, αν υπάρχουν σημεία συλλογής, ποιος έχει την ευθύνη της συλλογής, τις διαστάσεις και το βάρος του προϊόντος, κ.α.

Επίσης σε αυτό το στάδιο και πριν την αναζήτηση της βέλτιστης ΣΤΔ χρειάζεται να είναι γνωστά και δεδομένα που αφορούν τις δυνατότητες λήψης κέρδους από το αποσυρόμενο προϊόν, γεγονός που μπορεί να είναι καθοριστικό στη διαδικασία επιλογής. Πιθανά δεδομένα προς αναζήτηση, ανάλογα με το προϊόν και τις ιδιαιτερότητες της αγοράς, φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 5. Κατάσταση Δεδομένων για την Καταγραφή Κερδών από το Αποσυρόμενο Προϊόν

Περιγραφή	
1. Μεριδίδια αγοράς	Για το προϊόν πριν την απόσυρσή του (εκτίμηση ποσοστού με βάση τις πωλήσεις, το εύρος της αγοράς στην οποία κινείται το προϊόν και τα μερίδια αγοράς των ανταγωνιστών).
2. Δυνατότητες επαναπώλησης στην ίδια ή σε δευτερεύουσα	Εκτιμήσεις συγκεκριμένες ή σε διαστήματα τιμών ή περιγραφικές με βάση προηγούμενες μελέτες έρευνας της αγοράς, επιδόσεις

αγορά	ανταγωνιστών ή απαντήσεις σε σχετικά ερωτηματολόγια.
3. Δυνατότητες αξιοποίησης επιμέρους τμημάτων	Με βάση την υπάρχουσα εμπειρία αν επιμέρους τμήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως έχουν, ή αφού καθαριστούν ή αφού αντικατασταθούν επιμέρους τμήματά τους στην ίδια ή σε άλλη αγορά για την κατασκευή του συγκεκριμένου προϊόντος ή σε διαφορετική χρήση. Η απάντηση μπορεί να είναι θετική ή αρνητική και η τυχόν θετική απάντηση να συνοδεύεται από σχετική αιτιολόγηση.
4. Περιορισμοί νομοθεσίας	Όσον αφορά τις ελάχιστες απαιτούμενες ποσότητες που θα πρέπει να υποστούν ορθή διαχείριση, τη διαδικασία ή τον τόπο ή τις συνθήκες διαχείρισης συγκεκριμένων υλικών. Η απάντηση μπορεί να είναι θετική ή αρνητική και η τυχόν θετική απάντηση να συνοδεύεται από σχετική αιτιολόγηση.
5. Κίνητρα για τις επιστροφές προϊόντων ΑΗΗΕ	Κίνητρα για τους καταναλωτές. Η απάντηση μπορεί να είναι θετική ή αρνητική και η τυχόν θετική απάντηση να συνοδεύεται από την καταγραφή των κινήτρων (επιστροφή ποσού, έκπτωση σε μελλοντική αγορά άλλα ανταποδοτικά οφέλη) καθώς και από ποιόν δίνονται τα κίνητρα (από τον παραγωγό ή κάποιο κρατικό φορέα).

Με βάση τα αναφερόμενα ως το συγκεκριμένο σημείο τα διαθέσιμα δεδομένα προέρχονται από τις εξής κατηγορίες:

- Απαντήσεις στις τρεις προκαταρκτικές ερωτήσεις.
- Πιθανές ΣΤΔ που θα μπορούσαν να επιλεγούν και ομάδες δεδομένων που σχετίζονται άμεσα με την κάθε πιθανή ΣΤΔ.
- Δεδομένα σχετικά με τις υπάρχουσες δυνατότητες κατά την εφαρμογή της βέλτιστης ΣΤΔ.
- Δεδομένα σχετικά με τις δυνατότητες λήψης κέρδους από την εφαρμογή της επιλεγμένης ΣΤΔ.

Έχει μείνει να οριστούν σε κάθε περίπτωση τα δεδομένα που σχετίζονται με αυτό καθαυτό το αποσυρόμενο προϊόν και την κατάσταση στην οποία αυτό βρίσκεται. Τα δεδομένα αυτά χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες που αφορούν τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά και τη διαδικασία αποσυναρμολόγησης. Το ποια δεδομένα επιλέγονται από τις δύο αυτές κατηγορίες για να συλλεχθούν στη συνέχεια εξαρτάται από τον αποφασίζοντα και από την αναζήτηση που έχει προηγηθεί. Τα πιθανά δεδομένα από τα οποία γίνεται η επιλογή και για τις δύο αυτές κατηγορίες παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν:

Πίνακας 6. Τεχνολογικά Χαρακτηριστικά του Αποσυρόμενου Προϊόντος

1. Λειτουργεί το προϊόν ή όχι; Λόγοι απόσυρσης;	Στο πρώτο ερώτημα οι πιθανές απαντήσεις είναι λειτουργεί ή δεν λειτουργεί. Στο δεύτερο ερώτημα που σχετίζεται άμεσα με το πρώτο ερώτημα οι πιθανές απαντήσεις είναι τρεις. Δεν λειτουργεί, είναι ξεπερασμένο τεχνολογικά ή άλλοι λόγοι (που μπορούν να περιγραφούν).
2. Πραγματικός Χρόνος Χρήσιμης Ζωής	Είναι ο χρόνος από τη στιγμή που διοχετεύεται στην αγορά και ξεκινά η χρήση του από τον τελικό χρήστη μέχρι τη στιγμή της

	απόσυρσής του.
3. Εκτιμώμενος τεχνολογικός χρόνος ζωής	Διαφέρει ανάλογα με το προϊόν (πχ. σε αυτοκίνητα είναι περισσότερο από 10 έτη ενώ σε Η/Υ είναι λιγότερο από έτος). Είναι ο χρόνος που ένα μοντέλο διοχετεύεται για 1 ^η φορά σε μια αγορά μέχρι τη στιγμή που σταματάει η παραγωγή του.
4. Αριθμός υλικών – ποσοστιαία σύσταση ή βάρη	Τα επιμέρους υλικά και οι ποσότητές τους μπορούν να είναι δεδομένα διαθέσιμα από τον παραγωγό ή να βρεθούν μέσα από κατάλληλη αναζήτηση. Η μορφή τους είναι συγκεκριμένα ποσοτικά δεδομένα σε μορφή πίνακα ή σε κάποια άλλη κατάλληλη μορφή καταχώρησης δεδομένων όπου σε κάθε περίπτωση παρουσιάζονται τα διαφορετικά υλικά που αποτελούν το προϊόν και οι ποσότητες αυτών.
5. Αριθμός υλικών και ποσότητές τους που μπορούν να υποστούν ανακύκλωση	Μπορούν να βρεθούν από τον κατασκευαστή ή μετά από αναζήτηση. Η μορφή τους είναι συγκεκριμένα ποσοτικά δεδομένα σε μορφή πίνακα ή σε κάποια άλλη κατάλληλη μορφή καταχώρησης δεδομένων όπου σε κάθε περίπτωση παρουσιάζονται τα διαφορετικά υλικά και οι ποσότητές τους που μπορούν να οδηγηθούν σε ανακύκλωση
6. Ενεχόμενοι κίνδυνοι	Περιγραφικό δεδομένο που περιλαμβάνει πιθανούς κινδύνους κατά την τελική επεξεργασία ή τον αριθμό και τις θέσεις επικίνδυνων ή απαγορευμένων υλικών που χρειάζεται να αφαιρεθούν ή τον ορισμό συγκεκριμένων συνθηκών που θα πρέπει να ισχύουν καθ' όλη τη διάρκεια της διαχείρισης του προϊόντος μετά την απόσυρσή του (πχ. θερμοκρασία) προκειμένου να μην γίνει επικίνδυνο.
7. Διαστάσεις και βάρος του προϊόντος	Πρόκειται για δεδομένα που μπορούν να είναι διαθέσιμα από τον παραγωγό ή να υπολογιστούν στο τέλος (λαμβάνοντας υπόψη τυχόν αλλαγές που ίσως έχουν γίνει στο προϊόν κατά τη διάρκεια εργασιών συντήρησης ή επισκευής).
8. Βαθμός καθαρότητας προϊόντος	Η κατάσταση του προϊόντος μετά την απόσυρσή του είναι σημαντική γιατί μπορεί να απαιτούνται προκαταρκτικές εργασίες πριν την εφαρμογή οποιαδήποτε ΣΤΔ. Ως δεδομένο μπορεί να εκφραστεί σε κλίμακα ποσοτική που έχει διαμορφωθεί για αυτό το λόγο.
9. Άλλα διαθέσιμα δεδομένα	Είδος χρήσης (περιγραφή ανάλογα με το προϊόν αν ήταν σύμφωνα με τις προδιαγραφές του, ένταση και ώρες χρήσης), προφίλ χρήστη (μορφωτικό επίπεδο, άνδρας ή γυναίκα ή παιδί χρήση στη δουλειά ή στο σπίτι, κ.α.). Περιλαμβάνει ποιοτικά δεδομένα.
10. Ιστορικό συντηρήσεων και επισκευών	Αριθμός – περιγραφή εργασιών που έγιναν (αντικαταστάσεις επιμέρους τμημάτων, άλλες εργασίες).
11. Το προϊόν είχε κατασκευαστεί σύμφωνα με τις προδιαγραφές;	Αυτό μπορεί να ελεγχθεί μετά την απόσυρση του προϊόντος και η απάντηση ενδέχεται να είναι καταφατική ή αρνητική. Τυχόν αρνητική απάντηση θα πρέπει να συνοδεύεται από την καταγραφή των αλλαγών και των επιπτώσεων που έχουν αφού μπορεί να αποκλείουν συγκεκριμένες στρατηγικές που θα μπορούσαν να επιλεγούν από την παραπέρα διαχείριση.

Πίνακας 7. Διαδικασία Αποσυναρμολόγησης του Αποσυρόμενου Προϊόντος

1. Ύπαρξη διαγραμμάτων συναρμολόγησης	Είναι διαθέσιμα είτε από τον κατασκευαστή, είτε είναι προφανής η διαδικασία συναρμολόγησης ανάλογα με τη μορφή του προϊόντος.
2. Ύπαρξη διαγραμμάτων αποσυναρμολόγησης	Είναι διαθέσιμα είτε από τον κατασκευαστή, είτε είναι προφανής η διαδικασία αποσυναρμολόγησης ανάλογα με τη μορφή του προϊόντος, είτε χρειάζεται να γίνει σταδιακή αποσυναρμολόγηση του προϊόντος προκειμένου να καταγραφούν τα επιμέρους βήματα.
3. Υπάρχει δυνατότητα πλήρους αποσυναρμολόγησης;	Ενδέχεται να μην είναι δυνατό αυτό αν το προϊόν περιλαμβάνει τμήματα με επικίνδυνα υλικά ή τμήματα που δεν υπάρχει η δυνατότητα αποσυναρμολόγησής τους. Οπότε η απάντηση είναι θετική ή αρνητική.
4. Εκτιμώμενος χρόνος για πλήρη ή μερική αποσυναρμολόγηση	Μπορεί να εκτιμηθεί ανάλογα με το διαθέσιμο εξοπλισμό και εγκαταστάσεις ή να υπολογιστεί από δοκιμές.
5. Διαθεσιμότητα απαιτούμενων μέσων για την αποσυναρμολόγηση	Η διαθεσιμότητα των απαιτούμενων μέσων μπορεί να επηρεάσει τις πιθανές ΣΤΔ που μπορούν να εφαρμοστούν. Περιλαμβάνει την περιγραφή του διαθέσιμου εξοπλισμού και λοιπών μέσων καθώς και τι απαιτείται για τη σταδιακή αποσυναρμολόγηση.
6. Βήματα αποσυναρμολόγησης και πιθανές διαδρομές αποσυναρμολόγησης	Εφόσον είναι διαθέσιμο το διάγραμμα αποσυναρμολόγησης μπορεί να σχεδιαστεί ένα διάγραμμα που να περιγράφονται τα πιθανά βήματα αποσυναρμολόγησης και που μπορεί να σταματήσει ανάλογα με την κάθε πιθανή ΣΤΔ που τελικά εφαρμόζεται. Η πορεία της απαιτούμενης αποσυναρμολόγησης (αριθμός βημάτων και περιγραφή της διαδικασίας) είναι το ζητούμενο.
7. Αριθμός μόνιμων συνδέσεων	Ο αριθμός των μόνιμων συνδέσεων είναι ένα συγκεκριμένο ποσοτικό δεδομένο που μπορεί να είναι γνωστό από τον κατασκευαστή, να βρεθεί μέσα από το διάγραμμα συναρμολόγησης εφόσον είναι διαθέσιμο ή να βρεθεί με την αποσυναρμολόγηση του προϊόντος. Αφορά τον αριθμό των συνδέσεων που κατά την αποσυναρμολόγηση απαιτείται η καταστροφή τους γεγονός που συνήθως επηρεάζει και την κατάσταση των επιμέρους τμημάτων στα σημεία σύνδεσης.
8. Αριθμός μη - μόνιμων συνδέσεων	Ισχύουν τα ίδια που ισχύουν και για τον αριθμό των μόνιμων συνδέσεων. Αφορά τον αριθμό των συνδέσεων που κατά την αποσυναρμολόγηση μπορούν να αφαιρεθούν χωρίς να επηρεάζουν την κατάσταση των επιμέρους τμημάτων που συνδέουν.
9. Θέσεις μόνιμων συνδέσεων	Εφόσον είναι διαθέσιμα τα διαγράμματα αποσυναρμολόγησης ή/και συναρμολόγησης είναι δυνατό να σημειωθούν οι θέσεις των μόνιμων συνδέσεων που χρειάζεται να είναι γνωστές κατά την αποσυναρμολόγηση.
10. Θέσεις μη - μόνιμων συνδέσεων	Εφόσον είναι διαθέσιμα διαγράμματα αποσυναρμολόγησης ή/και συναρμολόγησης είναι δυνατό να σημειωθούν οι θέσεις των μη-

		μόνιμων συνδέσεων που χρειάζεται να είναι γνωστές κατά την αποσυναρμολόγηση.
11. Αριθμός ανεξάρτητων τμημάτων	επιμέρους	Το ζητούμενο είναι ο αριθμός των επιμέρους τμημάτων στα οποία μπορεί να χωριστεί το προϊόν και από εκεί και πέρα να υποστούν τα επιμέρους τμήματα την απαιτούμενη επεξεργασία ή να αξιοποιηθούν στην τρέχουσα μορφή τους. Μπορούν να βρεθούν με βάση τα διαγράμματα αποσυναρμολόγησης ή/και συναρμολόγησης, τα βήματα αποσυναρμολόγησης και την κατανομή επιμέρους υλικών με κατάλληλες ιδιότητες.
12. Αριθμός μοναδιαίων τμημάτων	ανεξάρτητων επιμέρους	Είναι ο αριθμός των επιμέρους τμημάτων στα οποία χωρίζεται το προϊόν εφόσον υποστεί πλήρη αποσυναρμολόγηση. Μπορεί να βρεθεί από τον κατασκευαστή ή να προκύψει εφόσον είναι διαθέσιμα τα διαγράμματα συναρμολόγησης ή/και αποσυναρμολόγησης.

Σε κάθε περίπτωση οι παραπάνω κατηγορίες δεδομένων θα πρέπει να εξετάζονται και να δίνουν επαρκείς πληροφορίες γιατί μπορούν να επηρεάσουν άμεσα τόσο τη ΣΤΔ που θα επιλεγεί όσο και τη μετέπειτα περιβαλλοντική συμπεριφορά της.

Στην πράξη σπάνια είναι διαθέσιμα όλα τα παραπάνω δεδομένα ακόμα και μετά από εντακτική αναζήτηση. Συνήθης πρακτική είναι ο λήπτης απόφασης πριν προχωρήσει σε πραγματικές αποφάσεις που θα εφαρμόσει να μπορεί να επιστρέψει και να αναζητήσει πρόσθετα δεδομένα ενώ και στην περίπτωση που αντιληφθεί ότι κάποιο δεδομένο δεν συμβάλει στη διαδικασία επιλογής γιατί καλύπτεται από τα υπόλοιπα διαθέσιμα δεδομένα να μπορεί να το αποκλείσει από τη μελλοντική ανάλυση του ίδιου ή ομοειδούς προϊόντος. Με άλλα λόγια στην πράξη ο λήπτης απόφασης σταδιακά χτίζει μια βάση δεδομένων όπου βρίσκονται τα δεδομένα που επιλέγει να αναζητήσει και όσο η βάση αυτή εμπλουτίζεται με νέα δεδομένα τόσο πιο πιθανό είναι η βέλτιστη ΣΤΔ που θα προκύψει να δώσει καλύτερα αποτελέσματα.

Οπότε η διαδικασία που ακολουθείται στο πρώτο βήμα ανάλυσης είναι η εξής:

- Καταγραφή των περιορισμών που υπάρχουν ως προς τα διατιθέμενα μέσα και άλλους εξωτερικούς παράγοντες.
- Αναζήτηση απαντήσεων σε συγκεκριμένες αρχικές ερωτήσεις που δίνουν τις αρχικές κατευθυντήριες γραμμές που θα ακολουθήσει η διεξαγόμενη ανάλυση και συμβάλει στον περιορισμό του απαιτούμενου χρόνου και της προσπάθειας για την αναζήτηση των απαιτούμενων δεδομένων.

Ως αυτό το σημείο έχει γίνει αναφορά σε αναζήτηση δεδομένων για την επιλογή ΣΤΔ ή για τη διεξαγωγή ελέγχων που έχουν ως στόχο να αποκλείσουν τυχόν μη-συμφέρουσες λύσεις ή λύσεις που δεν μπορούν να εφαρμοστούν με βάση την υπάρχουσα κατάσταση και τα διαθέσιμα μέσα. Τι γίνεται όμως με τον έλεγχο επάρκειας των δεδομένων που θα αξιολογήσουν τις πιθανές στρατηγικές που είναι εφικτές να εφαρμοστούν;

Προβλήματα που μπορεί να προκύψουν στη συγκεκριμένη διαδικασία σχετίζονται με την αξιοπιστία των πηγών αναζήτησης που χρησιμοποιούνται, αν τα στοιχεία που συλλέγονται είναι ποσοτικά ή/και ποιοτικά καθώς και ο βαθμός αβεβαιότητας που εμπεριέχουν. Τα μέσα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη συλλογή των απαιτούμενων δεδομένων μπορεί να είναι απλές μέθοδοι όπως μελέτη σχεδίων και δεδομένων από τον κατασκευαστή, μετρήσεις, μελέτη βιβλιογραφίας, ερωτηματολόγια προς την αγορά και απόψεις ειδικών ή πιο σύνθετες μέθοδοι

όπως στατιστικές αναλύσεις, επεξεργασία δεδομένων, εύρεση συσχετίσεων, κ.α. Σε κάθε περίπτωση ο λήπτης απόφασης έχει την ευθύνη να προχωρήσει σε όλες τις απαιτούμενες αναλύσεις, ανάλογα με τα μέσα που διαθέτει, που θα του δώσουν επαρκή και αξιόπιστα δεδομένα για να προχωρήσει στη διαδικασία αξιολόγησης.

Έλεγχος επάρκειας – Επιθυμητά αποτελέσματα: Μετά την προκαταρκτική ανάλυση τα πιθανά σενάρια για τον λήπτη απόφασης είναι τα εξής:

- Το υπό μελέτη προϊόν περιέχει ή δεν περιέχει επικίνδυνα υλικά ή το θέμα αυτό δεν είναι γνωστό και πρέπει να ερευνηθεί.
- Το υπό μελέτη προϊόν είναι ή δεν είναι «ορφανό».

Ανάλογα με το σενάριο που ισχύει οι μετέπειτα ενέργειες είναι οι εξής:

Για τη 2^η ερώτηση: Αν το προϊόν δεν περιέχει επικίνδυνα υλικά η ανάλυση συνεχίζεται χωρίς παραπέρα διερεύνηση στο συγκεκριμένο θέμα. Αν το προϊόν περιέχει επικίνδυνα υλικά και είναι γνωστά τα πάντα σχετικά με αυτά, αυτό σημαίνει ότι τα αντίστοιχα δεδομένα είναι διαθέσιμα και θα ληφθούν υπόψη στη μετέπειτα διαδικασία επιλογής στρατηγικής. Αν το προϊόν περιέχει επικίνδυνα υλικά και δεν είναι γνωστά όλα τα δεδομένα που σχετίζονται με αυτά ή αν δεν είναι γνωστό αν το συγκεκριμένο προϊόν περιέχει επικίνδυνα υλικά η ανάλυση πρέπει να εστιαστεί στο συγκεκριμένο θέμα και να αναζητηθούν όλα τα απαιτούμενα δεδομένα πριν την επιλογή οποιασδήποτε στρατηγικής.

Για την 3^η ερώτηση: Αν το προϊόν δεν είναι «ορφανό» η ανάλυση προχωράει αναζητώντας τα απαιτούμενα δεδομένα. Το πρόβλημα υπάρχει αν το προϊόν είναι «ορφανό» και τα διαθέσιμα δεδομένα είναι περιορισμένα. Στην περίπτωση αυτή η προτεραιότητα είναι στην αναζήτηση όσο το δυνατό περισσότερων δεδομένων που μπορούν να αξιοποιηθούν για τη συνέχεια. Το πρόβλημα σε αυτό το σημείο είναι ότι ενδέχεται τα δεδομένα που θα συλλεχθούν να περιέχουν σημαντικό ποσοστό αβεβαιότητας γεγονός που δυσκολεύει την εύρεση της βέλτιστης ΣΤΔ.

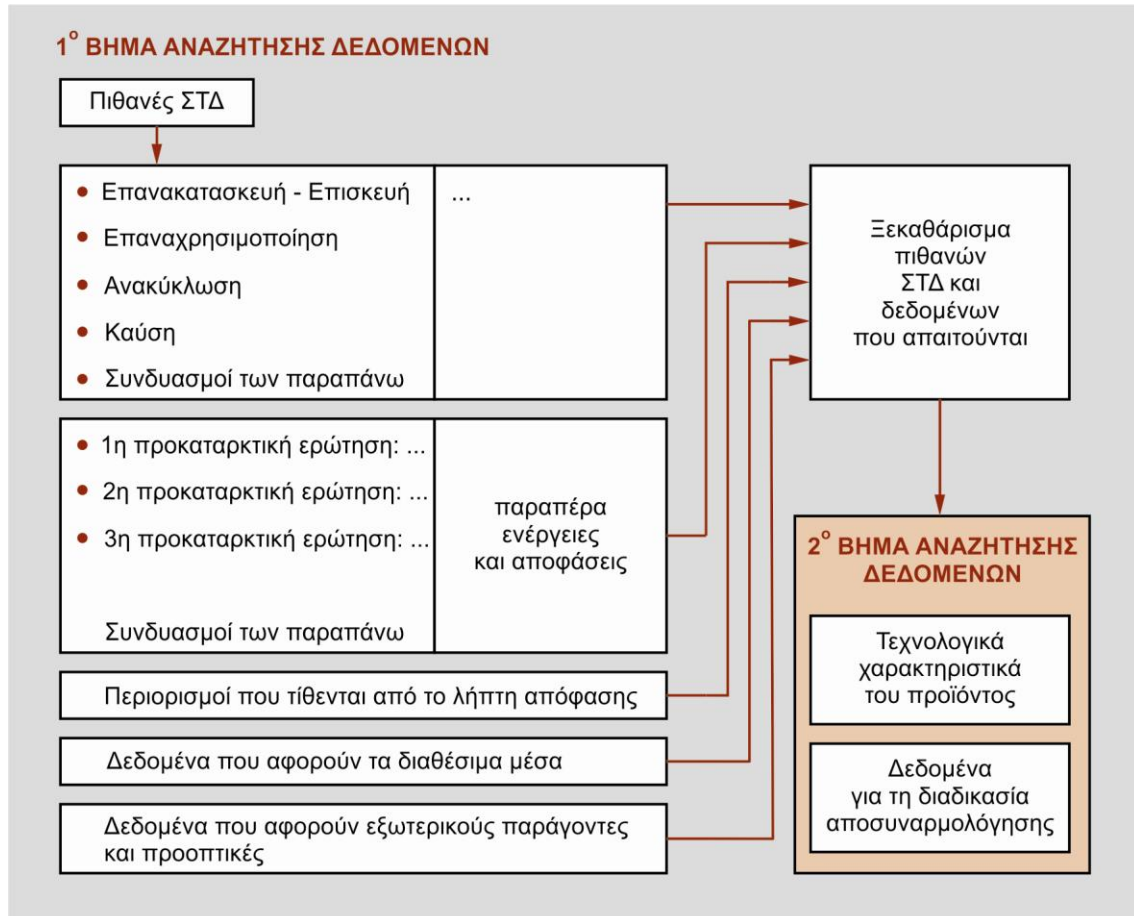
Σε κάθε περίπτωση οι απαντήσεις στις παραπάνω ερωτήσεις αποτελούν οδηγούς στην παραπέρα αναζήτηση των απαιτούμενων δεδομένων όσον αφορά το ίδιο το προϊόν που ακολουθεί στο δεύτερο βήμα ανάλυσης.

Ο έλεγχος επάρκειας αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία επιλογής των δεδομένων που θα αναζητηθούν εστιάζεται στο αν καλύπτουν τις πιθανές ΣΤΔ, έχουν καλύψει τους περιορισμούς που θα επηρεάσουν την εξέλιξη στα επόμενα στάδια, έχουν συλλέξει όλα τα απαιτούμενα δεδομένα για την απαιτούμενη αποσυναρμολόγηση και έχουν καταγράψει το σύνολο των τεχνολογικών και λοιπών χαρακτηριστικών του προϊόντος που επηρεάζουν άμεσα τη μετέπειτα περιβαλλοντική συμπεριφορά του. Ανάλογες μελέτες ή γνώμες ειδικών μπορούν να κατευθύνουν το συγκεκριμένο έλεγχο ενώ το θετικό στοιχείο είναι ότι ακόμα και αν διαπιστωθούν στη συνέχεια ελλείψεις υπάρχει η δυνατότητα επιστροφής και αναζήτησης πρόσθετων δεδομένων.

Τελική επιλογή δεδομένων προς αναζήτηση – Αναζήτηση: Με βάση την ανάλυση που έχει προηγηθεί έχει διαμορφωθεί ο πίνακας των δεδομένων που θα αναζητηθούν στη συνέχεια. Στο συγκεκριμένο πίνακα εκτός από τα δεδομένα θα πρέπει να υπάρχουν και οι μονάδες μέτρησης που θα χρησιμοποιηθούν σε κάθε περίπτωση καθώς και τα ανεκτά επίπεδα αβεβαιότητας για τα αποτελέσματα που θα ληφθούν.

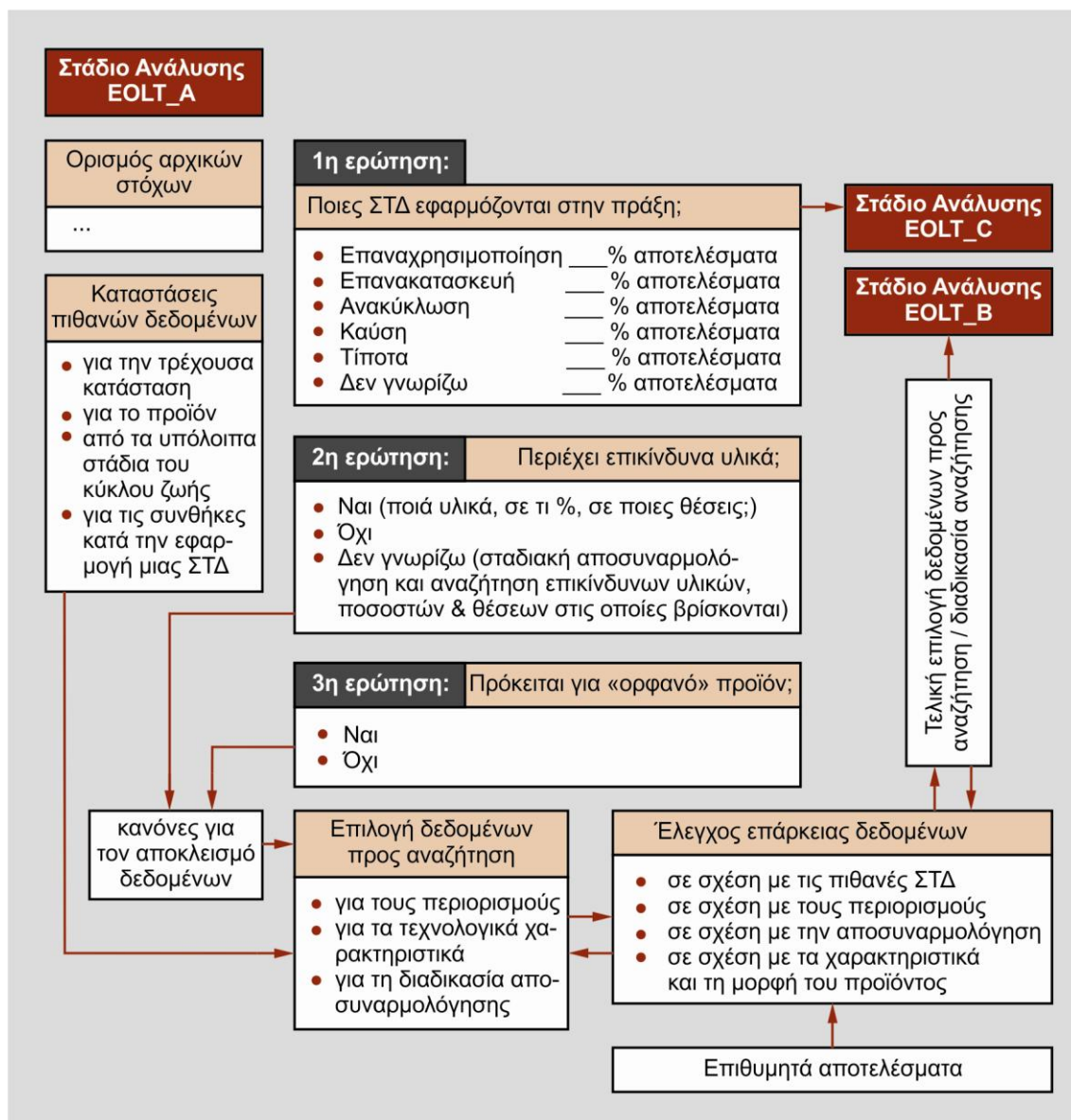
Οι μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη συλλογή των δεδομένων είναι πολλές και διαφορετικές ανάλογα με τις συνθήκες, το είδος των δεδομένων που αναζητείται και το διαθέσιμο χρόνο που υπάρχει για το σκοπό αυτό. Για παράδειγμα αναφέρονται η αναζήτηση στοιχείων από

τον κατασκευαστή, η διεξαγωγή μετρήσεων, η αναζήτηση δεδομένων από τη βιβλιογραφία, η διεξαγωγή έρευνας μέσω ερωτηματολογίων, η αναζήτηση δεδομένων από έμπειρους μελετητές, κ.α. Συνοψίζοντας τα δεδομένα που προκύπτουν καθώς ολοκληρώνεται το στάδιο EOLT_A θα περιέχονται σε μια ενιαία ή επιμέρους βάσεις δεδομένων και σε μια γενικευμένη μορφή τα εξής στοιχεία:



Σχήμα 14: Διαδικασία επιλογής των δεδομένων που θα αναζητηθούν στο στάδιο ανάλυσης EOLT_A

Η ροή του συνόλου των εκτελούμενων εργασιών που πραγματοποιούνται καθ' όλη τη διάρκεια υλοποίησης του σταδίου ανάλυσης EOLT_A παρουσιάζονται στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 15. Χάρτης προτεινόμενης υλοποίησης σταδίου ανάλυσης EOLT_A

3.4.2 Για το Στάδιο Ανάλυσης EOLT_B

Το στάδιο ανάλυσης EOLT_B αφορά την επιλογή της βέλτιστης ΣΤΔ και ακολουθεί αμέσως μετά την εύρεση των απαιτούμενων δεδομένων. Ξεκινάει με την απομάκρυνση των επικίνδυνων – απαγορευμένων υλικών εφόσον έχει διαπιστωθεί ότι υπάρχουν ή την αναζήτηση και μετέπειτα απομάκρυνση τους εφόσον υπάρχουν υπόνοιες ότι βρίσκονται στο αποσυρόμενο προϊόν. Στη συνέχεια αναζητείται η βέλτιστη ΣΤΔ ενώ το υπό μελέτη προϊόν βρίσκεται στην αρχική του μορφή ή έχει υποστεί μερική ή ολική αποσυναρμολόγηση.

Η διαδικασία επιλογής ΣΤΔ διευκολύνεται όταν βασίζεται στην εξέταση όσο το δυνατό λιγότερων πιθανών στρατηγικών διαχείρισης και τη χρήση όσο το δυνατόν πιο απλοποιημένων κριτηρίων που θα κατευθύνουν τον αποφασίζοντα στην τελική του απόφαση.

Όσον αφορά τις πιθανές ΣΤΔ που εφαρμόζονται στην πράξη σε προϊόντα ΑΗΗΕ ισχύει ότι λόγω της φύσης των συγκεκριμένων προϊόντων (πολύπλοκη δομή, συνδυασμός πολλών

διαφορετικών υλικών, χρήση σύνθετων υλικών, κ.α.) είναι λίγο πολύ συγκεκριμένες (όπως παρουσιάστηκαν και στην ενότητα 2.1.2). Πιο συγκεκριμένα συνήθειες πρακτικές είναι η αρχική επεξεργασία που μπορεί να περιλαμβάνει καθαρισμό ή/και μερική ή ολική αποσυναρμολόγηση και στη συνέχεια οι πιθανές διαδρομές είναι η επαναδιάθεση επιμέρους τμημάτων ή του συνολικού προϊόντος, επισκευή, ανακύκλωση ή καύση (βλέπε ενότητα 2.1.2).

Η προτεινόμενη διαδικασία επιλογής της βέλτιστης ΣΤΔ που ακολουθήθηκε στη συγκεκριμένη εργασία δεν έχει σκοπό να αναζητήσει πρόσθετες τεχνικές ή να ανακηρύξει την καλύτερη στρατηγική διαχείρισης. Ως δεδομένο θεωρείται ότι οι γνωστές και πιθανές ΣΤΔ έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ενώ το ποια από αυτές θεωρείται ως βέλτιστη εξαρτάται από το προϊόν και τις ιδιαίτερες συνθήκες που ισχύουν σε κάθε περίπτωση. Η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε βασίστηκε στο γεγονός ότι όλες οι πιθανές στρατηγικές διαχείρισης μπορούν να εφαρμοστούν στο συνολικό προϊόν ή σε επιμέρους τμήματά του σε μια σύνθετη στρατηγική οπότε και αυτό που αναζητείται είναι το σύνθετο αυτό σενάριο που δίνει τα βέλτιστα αποτελέσματα ως προς το περιβάλλον. Προφανώς η προσέγγιση αυτή έχει δυσκολίες στην εφαρμογή της γιατί απαιτεί να εξεταστούν πολλά συνδυαστικά σενάρια πλην όμως έχει και πλεονεκτήματα όπως για παράδειγμα ότι δεν αποκλείει ενέργειες που μπορεί να είναι βέλτιστες και δεν θα είχαν ληφθεί υπόψη αν η εφαρμοζόμενη ΣΤΔ ήταν προαποφασισμένη.

Για την απλοποίηση του παραπάνω προβλήματος μπορούν να γίνουν κάποιες θεωρήσεις προκειμένου να μη ληφθούν υπόψη σε συγκεκριμένες συνθήκες πιθανές ΣΤΔ που δεν μπορούν να επιλεγούν. Προφανώς ο αναλυτής του συστήματος έχει το περιθώριο να θέσει ακόμα περισσότερους περιορισμούς ώστε να διευκολύνει ακόμα περισσότερο τη διαδικασία επιλογής χωρίς βέβαια να εξαλείφει πιθανές στρατηγικές που είναι εφικτές και έχουν θετική συμβολή στην ελαχιστοποίηση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης.

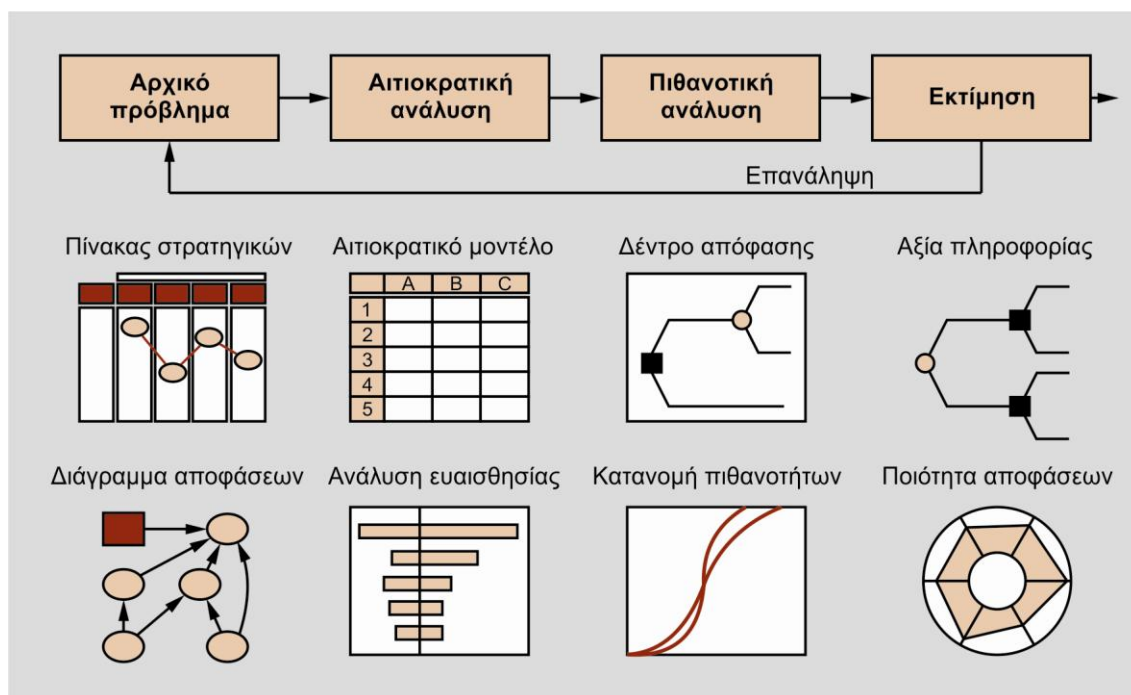
Η προτεινόμενη προσέγγιση συμβαδίζει με τις αρχές της λιτής σκέψης αφού βασίζεται μεν σε προηγούμενες μελέτες πλην όμως επιχειρεί να θέσει το πρόβλημα σε νέα πλαίσια οπότε υπάρχει η ελευθερία ανάλογα με τα δεδομένα που είναι διαθέσιμα και τη μορφή στην οποία βρίσκονται αυτά, να επιλέγεται η εφαρμογή της κατάλληλης στρατηγικής. Με δεδομένη δε την παρουσία πολλαπλών και πολλές φορές αλληλοσυγκρουόμενων κριτηρίων σπάνια υπάρχει μια απόλυτα βέλτιστη ΣΤΔ. Οπότε αυτό που αναζητείται είναι η επιλογή της βέλτιστης πορείας που θα οδηγήσει στο επιθυμητό αποτέλεσμα της ελαχιστοποίησης της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης.

Η επιλογή των κριτηρίων και των μεθόδων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επιλογή της βέλτιστης ΣΤΔ είναι πρόβλημα που απασχολεί διαχρονικά τους ερευνητές. Στη συνέχεια η προτεινόμενη ανάλυση ξεκινάει από ένα ευρύ σύνολο κριτηρίων από όπου ο λήπτης απόφασης θα πρέπει να επιλέξει καταρχήν τα κριτήρια που θα χρησιμοποιήσει στην ανάλυση που πραγματοποιεί με βάση του τι επιδιώκει από την εφαρμογή της συγκεκριμένης ΣΤΔ, από τα χαρακτηριστικά του προϊόντος και τα διαθέσιμα δεδομένα. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν ανάλογα με τα δεδομένα στα οποία βασίζονται (ποσοτικά, ποιοτικά, με μεγάλο ή μικρό ή μηδενικό ποσοστό αβεβαιότητας, κ.α.) αξιολογούνται προκειμένου να καταλήξει η ανάλυση στις πιθανές λύσεις και από εκεί να επιλεγεί η βέλτιστη προτεινόμενη λύση. Οι μεθοδολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν προέρχονται από τη θεωρία της ανάλυσης αποφάσεων. Σκοπός της ανάλυσης αποφάσεων είναι να δώσει κατευθύνσεις δράσεων σε ένα περιβάλλον με πολλές εναλλακτικές και αβεβαιότητα. Όσο γνωστή και να είναι η κατάσταση στην οποία βρίσκεται κάποιος πριν τη λήψη μιας απόφασης πάντα υπάρχει ένα ποσοστό αβεβαιότητας το οποίο μπορεί να αποτυπωθεί μέσα από πιθανότητες ή κατανομές πιθανοτήτων που μπορούν να διαμορφωθούν είτε με βάση πειραματικά αποτελέσματα, είτε με τις γνώμες ειδικών είτε με

άλλους τρόπους. Οι προτιμήσεις, ποιες είναι δηλαδή οι επιθυμίες του λήπτη απόφασης, συνήθως καταγράφονται ως προς τις εξής τρεις διαστάσεις:

- Την αξία που μπορεί να αποτυπωθεί μέσα από μια κατάλληλη συνάρτηση που βαθμολογεί ή κατατάσσει τις επιμέρους επιθυμίες ή δίνει τις μεταβολές των αρχικών συνθηκών που μπορούν να αλλάξουν την αρχική κατάταξή τους.
- Το χρόνο ή πόση θα είναι η απομένουσα αξία σε σχέση με την αξία που καταγράφεται τη στιγμή λήψης της απόφασης.
- Το μέγιστο ανεκτό βαθμό επικινδυνότητας οπότε επιλέγεται η λύση που δεν υπερβαίνει το όριο αυτό σε σχέση με το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Η κατάταξη των πιθανών λύσεων και η εύρεση της βέλτιστης απόφασης λαμβάνεται με βάση κανόνες που έχουν διαμορφωθεί εξ αρχής οι οποίοι αξιολογούν τις εναλλακτικές και τις κατατάσσουν. Τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται στη συγκεκριμένη διαδικασία εξαρτώνται από την πολυπλοκότητα του συστήματος, τα δεδομένα που χρειάζεται να υποστούν επεξεργασία και το βαθμό αβεβαιότητας που περιλαμβάνεται σε κάθε βήμα της πραγματοποιούμενης ανάλυσης. Για απλά προβλήματα πιθανά διαγράμματα αποφάσεων ανάλογα με το στάδιο στο οποίο βρίσκεται η πραγματοποιούμενη ανάλυση και το είδος της ανάλυσης που πραγματοποιείται φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί:



Σχήμα 16. Πιθανά χρησιμοποιούμενα διαγράμματα κατά τη λήψη αποφάσεων (NRC,2001)

Μετά τον ορισμό της μεθοδολογίας ανάλυσης, των κριτηρίων επιλογής και των πιθανών ΣΤΔ που μπορούν να εφαρμοστούν ακολουθεί το κύριο μέρος της ανάλυσης όπου και προκύπτει η κατάταξη των πιθανών λύσεων. Η βέλτιστη λύση που είναι και το επιθυμητό αποτέλεσμα στο συγκεκριμένο στάδιο θα πρέπει να ελεγχθεί στη συνέχεια με βάση τα διαθέσιμα μέσα και τους λοιπούς περιορισμούς, δεδομένα που έχουν συλλεχθεί στο στάδιο ανάλυσης EOLT_A και εφόσον διαπιστωθεί ότι δεν διαπιστώνονται προβλήματα στην εφαρμογή της προχωράει η

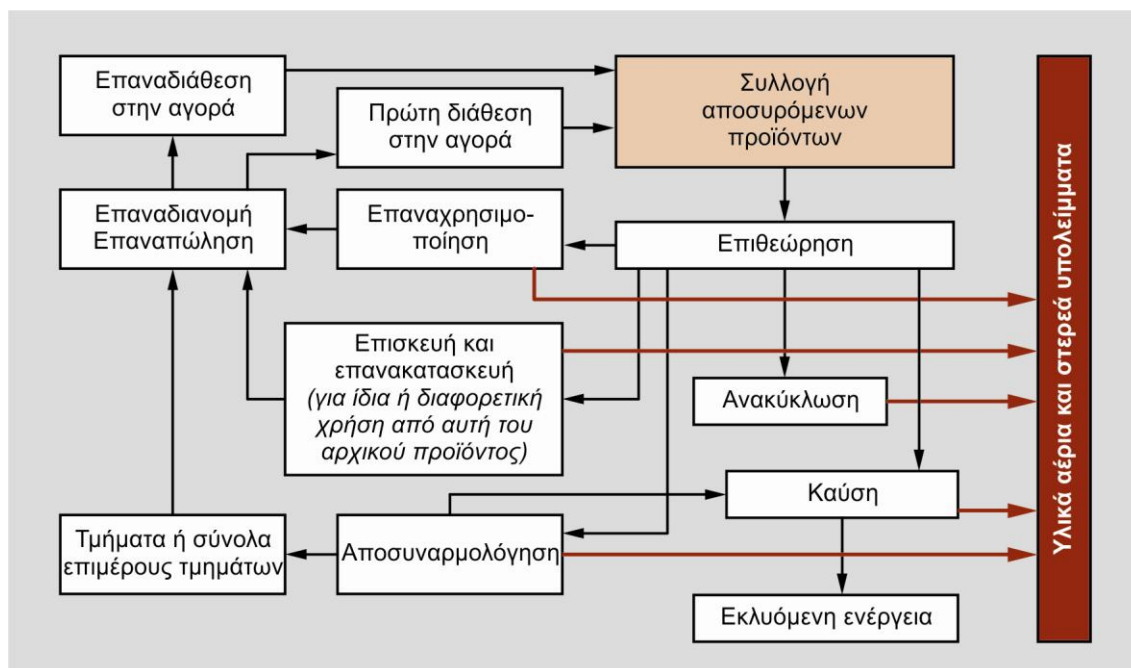
ανάλυση στο επόμενο στάδιο. Σε αντίθετη περίπτωση ελέγχεται ως προς την εφαρμοσιμότητά της η αμέσως επόμενη βέλτιστη λύση.

3.4.2.1 Έναρξη Υλοποίησης Σταδίου Ανάλυσης EOLT_B

Αρχικοί Στόχοι: Και σε αυτό το στάδιο στη γενικευμένη μορφή του η αξία που αναζητείται μέσα από την προσέγγιση του προβλήματος με τη λιτή σκέψη είναι η βελτιστοποίηση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς του υπό μελέτη προϊόντος. Συμπληρωματικά μπορούν να οριστούν και επιμέρους στόχοι εφόσον κρίνεται ως απαραίτητο όπως για παράδειγμα:

- Η ΣΤΔ που θα επιλεγεί θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη της το σύνολο των δεδομένων που μπορούν να επηρεάσουν τη μετέπειτα εφαρμογή της ως προς το περιβάλλον.
- Η ΣΤΔ που θα επιλεγεί θα πρέπει να αφορά το σύνολο του αποσυρόμενου προϊόντος και όχι μόνο επιμέρους τμημάτων του.

Πιθανές ΣΤΔ προς αξιολόγηση: Με βάση την υπάρχουσα βιβλιογραφία (βλέπε ενότητα 2.1) πιθανά μεμονωμένα σενάρια ΣΤΔ σε προϊόντα ΑΗΗΕ μετά την απόσυρσή τους παρουσιάζονται στο σχήμα που ακολουθεί. Στην πράξη οι παρακάτω πιθανές ενέργειες εφαρμόζονται μεμονωμένα ή σε σύνθετα σενάρια τελική διαχείρισης. Επίσης φαίνονται και τα σημεία από τα οποία μετά τη διαχείριση προκύπτουν υπολείμματα τα οποία ανάλογα με το είδος και τη μορφή τους χρειάζεται να υποστούν παραπέρα διαχείριση ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι αρνητικές τους επιπτώσεις προς το περιβάλλον.



Σχήμα 17. Πιθανές διαδρομές για ένα προϊόν ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΗΗΕ) μετά την απόσυρσή του

Το συγκεκριμένο πρόβλημα ανάλογα με τα διαθέσιμα δεδομένα μπορεί να δυσκολέψει αρκετά αφού η πολύπλοκη δομή και η ποικιλία των υλικών και λοιπών χαρακτηριστικών που έχουν τα προϊόντα ΑΗΗΕ απαιτούν σχεδόν πάντα την αποσυναρμολόγηση του αποσυρόμενου προϊόντος

ως τον ελάχιστο απαιτούμενο βαθμό και στη συνέχεια τη διαχείριση του τελικού αποτελέσματος χρησιμοποιώντας στις περισσότερες περιπτώσεις παραπάνω από μια ΣΤΔ. Τα προβλήματα δε που καταγράφονται στη βιβλιογραφία από τις ως τώρα εφαρμοζόμενες τεχνικές ΣΤΔ είναι ότι συνήθως οι χρησιμοποιούμενες στρατηγικές είναι προαποφασισμένες, δεν υπάρχουν οι απαιτούμενες υποδομές οπότε τα προϊόντα ΑΗΗΕ στοιβάζονται χωρίς παραπέρα αξιοποίηση, ενώ και τα διαθέσιμα δεδομένα τις περισσότερες φορές είναι ελλιπή οπότε συχνά προκύπτουν μη -αναμενόμενες καταστάσεις που χρειάζεται να αντιμετωπιστούν και ανατρέπουν τον αρχικό προγραμματισμό.

Με βάση λοιπόν τα παραπάνω για το συγκεκριμένο πρόβλημα οι πιθανές εναλλακτικές κατευθύνσεις που μπορεί να ακολουθήσει ο λήπτης απόφασης κατά την επιλογή της βέλτιστης ΣΤΔ είναι μεμονωμένες ενέργειες ή συνδυασμοί των παρακάτω:

1. *ReU*: Επαναχρησιμοποίηση του προϊόντος ΑΗΗΕ στη μορφή που έχει ή υλοποίηση ορισμένων εργασιών επισκευής ή αντικατάστασης πάνω σε αυτό (μετά από μερική αποσυναρμολόγηση) και στη συνέχεια διοχέτευσή του εκ νέου στην ίδια ή σε διαφορετική αγορά.
2. *ReM*: Επανακατασκευή (μετά από μερική ή ολική αποσυναρμολόγηση), επιθεώρηση, καθαρίσμα και επαναχρησιμοποίηση ορισμένων από τα εξαρτήματά του στην παραγωγή νέων προϊόντων (με την ίδια ή με διαφορετική χρήση από το αρχικό προϊόν)
3. *ReC*: Ανακύκλωση του προϊόντος με ή χωρίς αποσυναρμολόγηση. Εργασίες διαχωρισμού ή ανακύκλωσης ή κονιοποίησης ολικού προϊόντος ή επιμέρους υλικών και στη συνέχεια ταξινόμηση και επαναχρησιμοποίηση των υλικών που προκύπτουν
4. *InC*: Καύση (με ή χωρίς ανάκτηση ενέργειας)

Η απόθεση (ασφαλής και μη) είναι μέθοδος που δεν αποτελεί ανεξάρτητη επιθυμητή στρατηγική αφού πρόκειται για μέθοδο που εφαρμόζεται εφόσον εξαντληθεί η αξιοποίηση των υπολοίπων στρατηγικών. Οι λόγοι είναι το αυξημένο κόστος που απαιτείται για τη σωστή εφαρμογή της (ασφαλής απόθεση) καθώς και το γεγονός ότι η εφαρμογή της δεν έχει σίγουρα θετική επίδραση στο περιβάλλον. Οπότε οι στρατηγικές που οδηγούν σε πλήρη αξιοποίηση του αποσυρόμενου προϊόντος είναι προτιμότερες από περιβαλλοντική άποψη αφού αξιοποιούν το σύνολο του αποσυρόμενου προϊόντος και της απομένουσας αξίας του σε αντίθεση με τις στρατηγικές που δημιουργούν και υπολείμματα.

Σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία (Rose, 2000) όσον αφορά στα προϊόντα ΑΗΗΕ μερικές ιδιαιτερότητες που ισχύουν για τις πιθανές ΣΤΔ και οι οποίες θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στη διαδικασία επιλογής τους είναι οι εξής:

- Στην πράξη κατά την επαναχρησιμοποίηση – επανακατασκευή προκειμένου να είναι συμφέρουσα οικονομικά η συγκεκριμένη διαδικασία χρειάζεται να υπάρχουν διαθέσιμες μεγάλες ποσότητες αποσυρόμενων προϊόντων που συλλέγονται σε ένα κεντρικό σημείο όπου και υπόκεινται στην απαιτούμενη επεξεργασία πριν την επαναδιοχέτευσή τους στην αγορά. Ενδεικτικά σε μελέτη που πραγματοποίησε ο Lund το 1996, αναφέρεται ότι για τις ΗΠΑ εκτιμάται πως το 46% των αυτοκινήτων, το 23% των ηλεκτρονικών συσκευών, το 14% από τους *toner* εκτυπωτών, το 12% από λάστιχα αυτοκινήτων και το 5% από τα υπόλοιπα είδη ΑΗΗΕ επαναδιοχετεύονται στην αγορά.
- Στην ανακύκλωση ανάλογα με το προϊόν μπορεί να έχει προηγηθεί ή όχι αποσυναρμολόγηση χειρωνακτική ή αυτοματοποιημένη. Για τη διαδικασία ανακύκλωσης υπάρχει συγκεκριμένος εξοπλισμός και σειρά ενεργειών που μπορούν να γίνουν

ανάλογα με το προϊόν και τα υλικά. Τα μεταλλικά υλικά παρουσιάζουν πιο εύκολη συμπεριφορά στη διαχείριση, διαχωρισμό και ανάκτησή τους σε αντίθεση με τα πλαστικά υλικά. Παρόλα αυτά με τα χρόνια έχει σχεδιαστεί κατάλληλος εξοπλισμός και έχουν αναπτυχθεί κατάλληλες τεχνικές διαχείρισης οπότε είναι εφικτή η διαχείριση πλήθους διαφορετικών υλικών.

- Η αποσυναρμολόγηση χρειάζεται είτε στη διαδικασία απομάκρυνσης επικίνδυνων ή/και απαγορευμένων υλικών είτε στα πλαίσια εφαρμογής της επιλεγμένης ΣΤΔ. Επειδή πρόκειται για διαδικασία ακριβή σε κόστος που απαιτεί ανάλογα με τα εμπόδια που συναντάει κατανάλωση ενέργειας ο στόχος είναι να χρησιμοποιείται ως εκεί που απαιτείται. Πολλοί είναι οι ερευνητές που ασχολούνται στην εύρεση της βέλτιστης αποσυναρμολόγησης που θα δώσει επιμέρους τμήματα και υλικά που εμπεριέχουν τη μέγιστη δυνατή αξία στον ελάχιστο δυνατό χρόνο και ακολουθούμενα βήματα. Για το σκοπό αυτό έχουν αναπτυχθεί διάφορες μορφές αλγορίθμων και μεθοδολογιών προσέγγισης όπως περιγράφηκαν και στην ενότητα 2.2. Για τη συνέχεια η απαιτούμενη αποσυναρμολόγηση μετά την απομάκρυνση τυχόν επικίνδυνων ή απαγορευμένων υλικών θεωρείται ότι αποτελεί μέρος της αντίστοιχης ΣΤΔ που εφαρμόζεται.

Πιθανά κριτήρια στη διαδικασία επιλογής ΣΤΔ: Η επιλογή των κριτηρίων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν γίνεται με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα και τις πιθανές στρατηγικές. Στόχος είναι σε πρώτη φάση να αποκλείονται σίγουρα οι ΣΤΔ που δεν είναι δυνατό να εφαρμοστούν και στη συνέχεια να συνδυάζονται οι απομένουσες πιθανές ΣΤΔ στο βέλτιστο σενάριο. Οι διαφορετικές πιθανές ΣΤΔ και το ποσοστό συμμετοχής τους στην τελική διαχείριση προκύπτει δοκιμάζοντας μικρές αλλαγές στα συνδυαστικά σενάρια τελικής διαχείρισης μέσα από την αξιοποίηση των δεδομένων του προβλήματος. Το θετικό στοιχείο μέσα από τη συγκεκριμένη προσέγγιση είναι ότι δεν υπάρχει περίπτωση να μη ληφθεί υπόψη κάποια επιμέρους πιθανή ΣΤΔ που θα μπορούσε να είναι η βέλτιστη. Επίσης μέσα από τη συγκεκριμένη διαδικασία είναι πολύ πιο εύκολο να δοκιμαστούν εναλλακτικά σενάρια ώστε μέσα από την κατάταξή τους να καταλήγει η ανάλυση στη βέλτιστη λύση. Στην πράξη είναι προτιμότερη η αναζήτηση κατάταξης πιθανών συνδυαστικών σεναρίων ΣΤΔ από την αναζήτηση της βέλτιστης μόνο λύσης αφού συχνά υπάρχουν δυσκολίες στην εφαρμογή της βέλτιστης μεθόδου που δεν είχαν προβλεφθεί. Εκτός αυτού ο λήπτης απόφασης ενδέχεται να απαιτείται να λάβει υπόψη του και πρόσθετα στοιχεία που δεν σχετίζονται μόνο με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις αλλά και με άλλες επιπτώσεις όπως τον απαιτούμενο χρόνο διαχείρισης, το κόστος, κ.α. Με βάση λοιπόν το γεγονός ότι οι επιμέρους πιθανές ΣΤΔ είναι οι:

- Επαναχρησιμοποίηση / Επισκευή
- Επανακατασκευή
- Ανακύκλωση
- Καύση

Τα προτεινόμενα κριτήρια που συνδέονται άμεσα ή έμμεσα με τις παραπάνω πιθανές ΣΤΔ και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αναδείξουν με βάση τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί ποιο συνδυαστικό σενάριο θα πρέπει να ακολουθηθεί είναι τα εξής:

Κριτήρια που αφορούν τις υπάρχουσες συνθήκες και δεν αποτελούν κριτήρια αξιολόγησης:

Κριτήριο 1: Ασφαλής διαχείριση επικίνδυνων υλικών.

Κριτήριο 2: Απαιτούμενες εγκαταστάσεις και εξοπλισμός.

Κριτήριο 3: Απαιτούμενη τεχνογνωσία.

Κριτήριο 4: Λοιπά απαιτούμενα μέσα (χρήματα, μέσα προστασίας, αποθηκευτικοί χώροι, μέσα μεταφοράς).

Για τα παραπάνω κριτήρια αναζητούνται απαντήσεις με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα και ο στόχος είναι στη συνέχεια ανάλογα με τις τιμές τους να αποκλειστούν πιθανές στρατηγικές που δεν μπορούν να εφαρμοστούν με βάση τις υπάρχουσες συνθήκες.

Κριτήρια που χρησιμοποιούνται όταν δεν έχουν αποκλειστεί από τη διαδικασία αξιολόγησης οι επιλογές της επανακατασκευής, της επισκευής και της επαναχρησιμοποίησης:

Κριτήριο 5: Προοπτικές επαναδιοχέτευσης προϊόντος ή επιμέρους τμημάτων του σε δευτερεύουσα αγορά μετά από επισκευή ή επανακατασκευή.

Κριτήριο 6: Προοπτικές επαναδιοχέτευσης προϊόντος ή επιμέρους τμημάτων του σε δευτερεύουσα αγορά χωρίς επισκευή.

Κριτήρια που χρησιμοποιούνται όταν δεν έχει αποκλειστεί από τη διαδικασία αξιολόγησης η επιλογή της ανακύκλωσης:

Κριτήριο 7: Απαιτούμενος χρόνος και κατανάλωση ενέργειας για τη ομαδοποίηση επιμέρους υλικών.

Κριτήριο 8: Απαιτούμενος χρόνος για τη διαδικασία ανακύκλωσης και λήψη υλικών που μπορούν να επανα-αξιοποιηθούν.

Κριτήρια που εξετάζονται σε οποιοδήποτε πιθανό σενάριο τελικής διαχείρισης:

Κριτήριο 9: Απαιτούμενος χρόνος και βήματα αποσυναρμολόγησης.

Κριτήριο 10: Υγρά απόβλητα κατά την επεξεργασία.

Κριτήριο 11: Στερεά απόβλητα κατά την επεξεργασία.

Κριτήριο 12: Αέρια απόβλητα κατά την επεξεργασία.

Για τη συνέχεια θεωρείται ότι τα παραπάνω κριτήρια είναι ισοδύναμα εκτός αν η εφαρμοζόμενη μέθοδος επιβάλλει να τεθούν προτεραιότητες (ο λήπτης απόφασης έχει το περιθώριο σε οποιαδήποτε περίπτωση αν το επιθυμεί να θέσει βάρη στα επιμέρους κριτήρια ώστε να τα διαβαθμίσει σε σχέση με τη σπουδαιότητά τους).

Πιθανές μεθοδολογίες προσέγγισης του προβλήματος:

Στην ενότητα 2.1.3 παρουσιάζονται ενδεικτικά μερικές από τις πολλές εργασίες που έχουν γίνει στο συγκεκριμένο αντικείμενο. Οι προτεινόμενες μέθοδοι που μπορεί να συναντήσει κάποιος εκεί είναι πολλές. Αναζήτηση περιβαλλοντικών και άλλων δεικτών, μοντέλα λήψης αποφάσεων, σύνθετα μοντέλα γραμμικού ή μη-γραμμικού προγραμματισμού, γενετικούς αλγορίθμους, ασαφή διαγράμματα, κ.α. Σε κάθε περίπτωση η βαρύτητα δίνεται στην εφαρμογή μιας προαποφασισμένης μεθόδου ενώ στις περισσότερες περιπτώσεις και η εφαρμοζόμενη ΣΤΔ είναι προαποφασισμένη και αυτό που αναζητείται είναι η μοντελοποίηση της εφαρμογής της και η αξιολόγησή της στη συνέχεια. Η διαφορά στη συγκεκριμένη εργασία είναι πως από την αρχή θεωρήθηκε ότι:

- δεν υπάρχει κάποια προαποφασισμένη μέθοδος που μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε περίπτωση,
- στόχος της ανάλυσης δεν ήταν η διαμόρφωση μιας πολύπλοκης συνάρτησης που θα απαντάει σε συγκεκριμένα ερωτήματα αλλά η εύρεση απλών, συστηματικών μεθόδων που θα καθοδηγούν στην αναζήτηση του επιθυμητού αποτελέσματος που είναι η

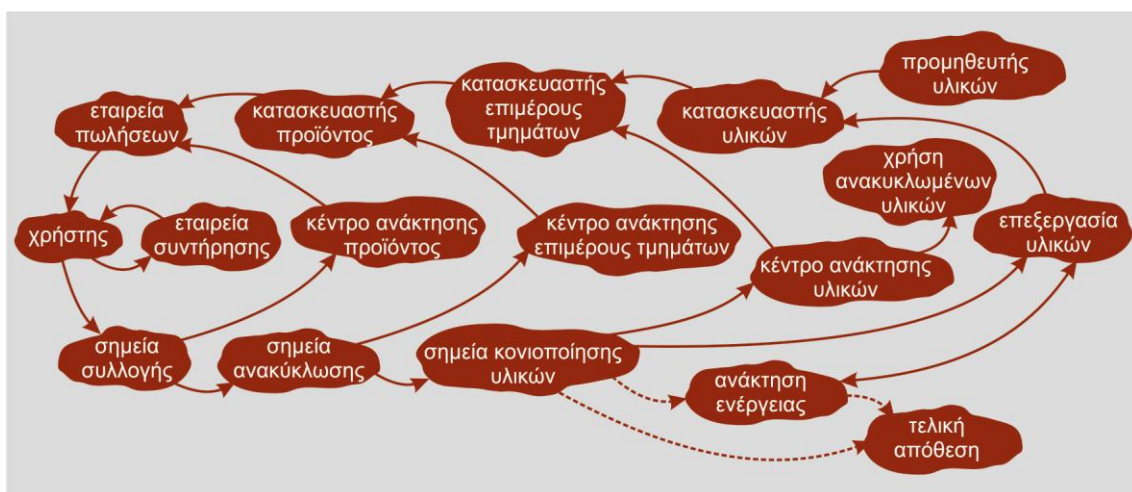
βέλτιστη ΣΤΔ αφού απορρίψει εξαρχής τα πιθανά σενάρια που δεν μπορούν να εφαρμοστούν.

Με βάση λοιπόν τις παραπάνω θεωρήσεις η μορφή της πιθανής μεθόδου που επιλέγεται για τη διεξαγόμενη ανάλυση εξαρτάται κάθε φορά από τα διαθέσιμα δεδομένα και την επιλογή του λήπτη απόφασης με βάση την εμπειρία του και αφού εκτιμήσει την υφιστάμενη κατάσταση. Με βάση αυτά τα δεδομένα πιθανές μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν (χωρίς να αποκλείονται άλλες μέθοδοι αν κριθεί ότι είναι πιο αποδοτικές) είναι οι εξής:

- Χρήση μεθόδων αναζήτησης που έχουν διαμορφωθεί από εταιρείες προκειμένου να ενισχύσουν τη φιλική προς το περιβάλλον εικόνα τους και να διαχειριστούν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τα αποσυρόμενα προϊόντα τους

Στη συγκεκριμένη κατηγορία ενδεικτικά αναφέρονται οι Κύκλοι του Comet. Πρόκειται για μεθοδολογία που δημιουργήθηκε από τον επιχειρηματικό όμιλο Ricoh (<http://www.ricoh.com>) το 1994 ως βοηθητικό εργαλείο στην προσπάθεια υιοθέτησης φιλικών προς το περιβάλλον προσεγγίσεων για τα αποσυρόμενα προϊόντα της. Οι λόγοι για τους οποίους προτιμήθηκε η συγκεκριμένη προσέγγιση είναι ότι πρόκειται για μια εύκολη στην εφαρμογή και κατανόησή της, ενώ θετικό κρίνεται και το γεγονός ότι ξεκίνησε από έναν φορέα που ευθύνεται για διαχείριση προϊόντων ΑΗΗΕ και μέσα από τη συγκεκριμένη προσέγγιση είχε ως στόχο να δει το συγκεκριμένο πρόβλημα από τη σκοπιά του περιβάλλοντος.

Βασίζεται στο γεγονός ότι σε μια κοινωνία το επιθυμητό σενάριο είναι να ελαχιστοποιεί την αρνητική επίδραση στο περιβάλλον που μπορεί να προκαλέσει μέσα από τις ενέργειές της. Οπότε η προτεραιότητα που υπάρχει είναι η συνεχής επαναχρησιμοποίηση των πόρων και να ελαχιστοποιούνται οι ποσότητες των αποβλήτων που επιστρέφουν στο περιβάλλον. Το συγκεκριμένο σκεπτικό αποτυπώνεται σε διαγράμματα που αποτελούνται από κύκλους όπου ο κάθε κύκλος αντιπροσωπεύει μια διαφορετική πιθανή αντιμετώπιση των άχρηστων προϊόντων μετά την απόσυρσή τους. Όσο πιο μικρός είναι ο κάθε κύκλος τόσο πιο αποδοτική είναι η προτεινόμενη διαδικασία αντιμετώπισης όσον αφορά τις περιβαλλοντικές της επιπτώσεις. Ενδεικτική μορφή του διαγράμματος των κύκλων Comet, όπως παρουσιάστηκε στην αρχική του μορφή, φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί:



Σχήμα 18. Κύκλοι Comet (πηγή: www.ricoh.com)

Χαρακτηριστικά σημεία στο παραπάνω διάγραμμα είναι ότι στο 1^ο επίπεδο βρίσκονται αυτοί που εμπλέκονται στη διοχέτευση προϊόντων, επιμέρους τμημάτων και υλικών σε μια αγορά ενώ στο 3^ο και τελευταίο επίπεδο βρίσκονται αυτοί που εμπλέκονται στη συλλογή προϊόντων, επιμέρους τμημάτων και υλικών μετά την απόσυρσή τους. Άλλο χαρακτηριστικό είναι ότι η πορεία κατά τη δημιουργία και αξιοποίηση πόρων ακολουθεί πορεία από δεξιά προς αριστερά ενώ τα βέλη που κινούνται από αριστερά προς τα δεξιά αφορούν προϊόντα και υλικά που αποσύρονται και προχωράνε σε στάδια. Οπότε με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα και τα κριτήρια που επιλέγονται αναζητείται η ΣΤΔ που οδηγεί στη βέλτιστη δημιουργία και αξιοποίηση πόρων.

- Μοντελοποίηση της αρνητικής περιβαλλοντικής επίδρασης

Η αρνητική περιβαλλοντική επίδραση μπορεί να μοντελοποιηθεί με βάση τα αποτελέσματα μετρήσεων σε πειράματα που εκτελούνται σε συγκεκριμένα προϊόντα. Για παράδειγμα αναφέρεται η περίπτωση της Philips που εδώ και πολλά χρόνια διεξάγει ελέγχους σε προϊόντα της που αποσύρονται οπότε και μελετώνται παράμετροι όπως η απαιτούμενη ενέργεια για την παραπέρα διαχείρισή τους, η επίδραση των επιμέρους υλικών στο περιβάλλον, η συσκευασία και η σύνθεση του προϊόντος. Προκειμένου να ποσοτικοποιηθεί η περιβαλλοντική συμπεριφορά με βάση τις παραπάνω παραμέτρους διεξάγονται σχετικά πειράματα οπότε και προϊόντα που έχουν αποσυρθεί αποσυναρμολογούνται και καταγράφονται επιμέρους υλικά και ποσότητές τους, συνδέσεις, κ.α. Με βάση τις μετρήσεις αυτές στη συνέχεια διεξάγεται μια ανάλυση του συνολικού κύκλου ζωής του προϊόντος χρησιμοποιώντας το εργαλείο Ecoscan που εξετάζει την περιβαλλοντική συμπεριφορά ενός προϊόντος σε όλα τα στάδια ζωής του (Goedkoop *et al.*, 1996). Η εφαρμογή της παραπάνω διαδικασίας στο πρόβλημα της συγκεκριμένης εργασίας μπορεί να δώσει ποσοτικά αποτελέσματα για την εκτίμηση της περιβαλλοντικής επίδρασης και για τα διάφορα πιθανά σενάρια τελικής διαχείρισης. Για να είναι αξιοποιήσιμα τα αποτελέσματα που προκύπτουν από μια τέτοια διαδικασία θα πρέπει να οριστεί ένα σημείο αναφοράς όπου για συγκεκριμένες συνθήκες (πχ. για ένα προϊόν μετά από 5 χρόνια χρήσιμης ζωής με χωρίς αντικατάσταση επιμέρους τμημάτων, με εργασίες συντήρησης όποτε είχε οριστεί από τον κατασκευαστή ποια είναι η περιβαλλοντική επίδραση των πιθανών στρατηγικών της επισκευής, της επαναπώλησης και της ανακύκλωσης;). Η περιβαλλοντική επίδραση καθεμιάς πιθανής ΣΤΔ περιλαμβάνει τη μελέτη διαφορετικών παραμέτρων που χρειάζεται να εκτιμηθούν. Για παράδειγμα το σενάριο της επαναχρησιμοποίησης δεν εξετάζει την περιβαλλοντική επίδραση υπολειμμάτων ενώ πχ. το σενάριο της ανακύκλωσης δεν εξετάζει την περιβαλλοντική επίδραση που έχει το προϊόν που επαναδιοχετεύεται στην αγορά και καταναλώνει μεγαλύτερες ποσότητες ενέργειας επειδή είναι παλιότερης τεχνολογίας και μεγαλύτερης ηλικίας από ένα αντίστοιχο νέο προϊόν.

Οπότε η εκτιμώμενη περιβαλλοντική επίδραση σε αναλογία με ανάλογες σχέσεις που εκτιμούν την περιβαλλοντική επίδραση σε όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής (Rose, 2000) μπορεί να διατυπωθεί από μια γενικευμένη σχέση της μορφής:

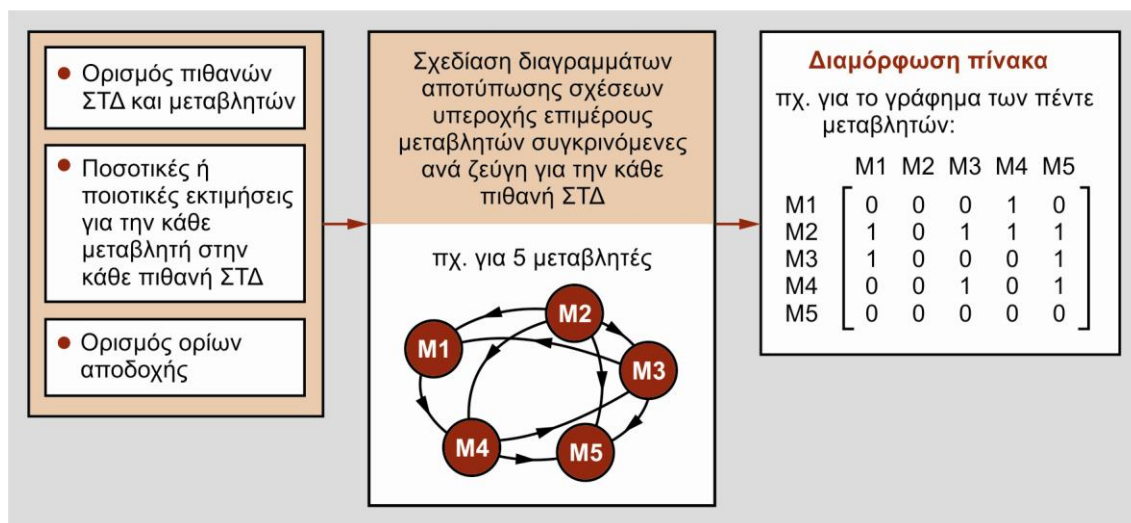
$$\text{Environmental influence (EI)} = \text{EI}_{\text{ReU}} + \text{EI}_{\text{ReM}} + \text{EI}_{\text{ReC}} + \text{EI}_{\text{Inc}}$$

όπου για τον κάθε όρο, που αποτελεί μια πιθανή ΣΤΔ (που περιλαμβάνει και την απαιτούμενη αποσυναρμολόγηση), ο υπολογισμός της περιβαλλοντικής επίδρασης γίνεται με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα και τα κριτήρια που επιλέγονται σε όλο το εύρος που μπορεί να εφαρμοστεί.

Οπότε με βάση τις εκτιμήσεις (κατάταξη των επιμέρους πιθανών ΣΤΔ) που προκύπτουν ο λήπτης απόφασης διαμορφώνει το τελικό βέλτιστο σύνθετο σενάριο που μπορεί να εφαρμοστεί. Μια τέτοια προσέγγιση στην πράξη απαιτεί να έχουν προηγηθεί πολλές ώρες επεξεργασίας και λήψης μετρήσεων σε αποσυρόμενα προϊόντα προκειμένου να ληφθούν αξιόπιστα και κατάλληλα δεδομένα που θα εκτιμήσουν την περιβαλλοντική επίδραση.

- Χρήση γραφημάτων και πινάκων

Ενδεικτικά στη συγκεκριμένη κατηγορία μπορεί να εφαρμοστεί η μεθοδολογία που έχουν αναπτύξει οι Rao και Padmanabhan (2010). Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη μέθοδο καταρχήν ορίζονται οι πιθανές ΣΤΔ που είναι εφαρμόσιμες εφόσον επιλεγούν. Με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα ορίζονται τιμές ή ποιοτικές εκτιμήσεις για επιμέρους μεταβλητές στην κάθε πιθανή ΣΤΔ και τα όρια στα οποία θα πρέπει να βρίσκονται προκειμένου η συνολική ΣΤΔ σε κάθε περίπτωση να είναι αποδεκτή. Οι τιμές αυτές συγκρίνονται μεταξύ τους ανά ζεύγη και καταγράφονται οι σχέσεις υπεροχής. Σχεδιάζεται για την κάθε πιθανή ΣΤΔ ένα γράφημα με κόμβους τις χρησιμοποιούμενες μεταβλητές και για την αποτύπωση των σχέσεων υπεροχής σχεδιάζονται βέλη που κινούνται από την πλέον σημαντική μεταβλητή στη λιγότερο σημαντική. Τα στοιχεία από το κάθε διάγραμμα καταχωρούνται σε έναν πίνακα όπου τοποθετούνται μονάδες στις θέσεις που υπάρχουν σχέσεις υπεροχής και μηδενικά στις θέσεις που δεν υπάρχει σχέση μεταξύ των επιμέρους μεταβλητών. Συνοπτικά η παραπάνω διαδικασία παρουσιάζεται στο σχήμα που ακολουθεί:



Σχήμα 19. Αρχικά βήματα ανάλυσης της μεθοδολογίας που ανέπτυξαν οι Rao *et al.* (2010)

Με βάση τους πίνακες που περιγράφουν τις σχέσεις υπεροχής μεταξύ των επιμέρους μεταβλητών και το διάνυσμα των τιμών της κάθε μεταβλητής για την κάθε ΣΤΔ η συγκεκριμένη μέθοδος προτείνει τη διαμόρφωση ενός νέου πίνακα που δεν είναι τίποτα άλλο από τον χαρακτηριστικό πίνακα στη θεωρία γραφημάτων. Οπότε από εκεί μπορεί να εκτιμηθεί η σχέση υπεροχής για την κάθε επιμέρους μεταβλητή ανάμεσα στις διαφορετικές πιθανές ΣΤΔ και να υπολογιστεί ένας συνολικός δείκτης επιλογής για την κάθε πιθανή στρατηγική.

- Χρήση κάποιου περιβαλλοντικού δείκτη που θα εκτιμηθεί για την κάθε πιθανή ΣΤΔ

Ενδεικτική μέθοδος στη συγκεκριμένη κατηγορία είναι η χρήση του Eco-indicator 99 όπως διατυπώθηκε από τους Goedkoop και Spriensma (2001). Οι περιβαλλοντικοί δείκτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν εύκολα για την ποσοτικοποίηση περιβαλλοντικών επιδράσεων. Συνήθως ο Eco-indicator 99 χρησιμοποιείται ως μέρος ευρύτερης ανάλυσης όπου λαμβάνονται υπόψη και πρόσθετοι παράγοντες (κοινωνικοί, οικονομικοί) στη διεξαγόμενη ανάλυση (Dehghanian *et al.*, 2009) αφού δεν αποτελεί κάτι άλλο εκτός από έναν δείκτη οπότε η πληροφορία που δίνει είναι περιορισμένη εντούτοις ειδικά σε περιπτώσεις που αναζητούνται γρήγορες λύσεις ή σε περιπτώσεις που η επιλογή της βέλτιστης ΣΤΔ έχει ήδη πραγματοποιηθεί ή σε περιπτώσεις που αναζητείται μια γρήγορη πιθανή ΣΤΔ που θα εξεταστεί στη συνέχεια θα μπορούσε να δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Κατά τον υπολογισμό του χρησιμοποιεί διαθέσιμα δεδομένα για την εκτίμηση τριών επιμέρους κριτηρίων που είναι η ανθρώπινη υγεία, η οικολογική ποιότητα και η κατανάλωση πόρων. Στη συνέχεια οι εκτιμήσεις για τα τρία αυτά κριτήρια ομαδοποιούνται σε ένα κριτήριο με βαρύτητες 40%, 40% και 20% αντίστοιχα και βαθμολογείται η κάθε πιθανή εναλλακτική ΣΤΔ. Για περισσότερες πληροφορίες μπορεί κάποιος να ανατρέξει στη διεθνή βιβλιογραφία και να βρει σχετικές εφαρμογές (Corti *et al.*, 2004, Aman, 2006).

Με βάση τα παραπάνω και τη φύση του προβλήματος επιλέγεται η μέθοδος που σε κάθε περίπτωση κρίνεται ως πλέον κατάλληλη. Προφανώς υπάρχει και το περιθώριο να χρησιμοποιηθεί και μια οποιαδήποτε άλλη μέθοδος που κρίνεται ότι θα δώσει καλύτερα αποτελέσματα.

3.4.2.2 Υλοποίηση Απαιτούμενων Εργασιών Σταδίου Ανάλυσης EOLT_B

Διαδικασία απομάκρυνσης επικίνδυνων – απαγορευμένων υλικών εφόσον υπάρχουν: Αποτελεί ένα βασικό σημείο της προτεινόμενης ανάλυσης με βάση το οποίο η βασική μέριμνα όσον αφορά την προστασία του περιβάλλοντος είναι καταρχήν να απομακρυνθούν κατά προτεραιότητα σε πρώτο στάδιο τα απαγορευμένα υλικά που μπορεί να περιέχει ένα προϊόν από τη φάση της επεξεργασίας. Γενικά για τα επικίνδυνα υλικά επειδή η τρέχουσα νομοθεσία επιτρέπει σε ορισμένες περιπτώσεις περιορισμένη και ελεγχόμενη χρήση τους και μεν είναι δυνατό να επαναχρησιμοποιηθούν σύμφωνα με τους κανόνες αλλά αυτό καλό θα ήταν να αποφεύγεται εφόσον υπάρχουν εναλλακτικές λύσεις. Ο λόγος εκτός από το προφανές ότι μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία και το ευρύτερο περιβάλλον είναι ότι για το συγκεκριμένο προϊόν μπορεί μεν αυτή τη στιγμή η νομοθεσία να επιτρέπει αυτή τη στιγμή την περιορισμένη χρήση του (πχ. επιτρέπεται η χρήση εξασθενούς χρωμίου μόνο ως αντιδιαβρωτικό μέσο ψυκτικού συστήματος από ανθρακούχο χάλυβα στα ψυγεία απορρόφησης) όμως η τάση που υπάρχει στο μέλλον είναι να διαμορφωθεί ακόμα πιο αυστηρή νομοθεσία όσον αφορά τη χρήση επικίνδυνων ουσιών οπότε είναι πιθανό στο μέλλον να αποτελεί απαγορευμένο υλικό. Ανάλογα με το υπό μελέτη προϊόν και τα διαθέσιμα δεδομένα από το προηγούμενο στάδιο ανάλυσης ο λήπτης απόφασης μπορεί σε πρώτη φάση να θέσει τους κανόνες που θα περιορίσουν τα πιθανά σενάρια ΣΤΔ που χρειάζεται να εξετάσει για τη συνέχεια.

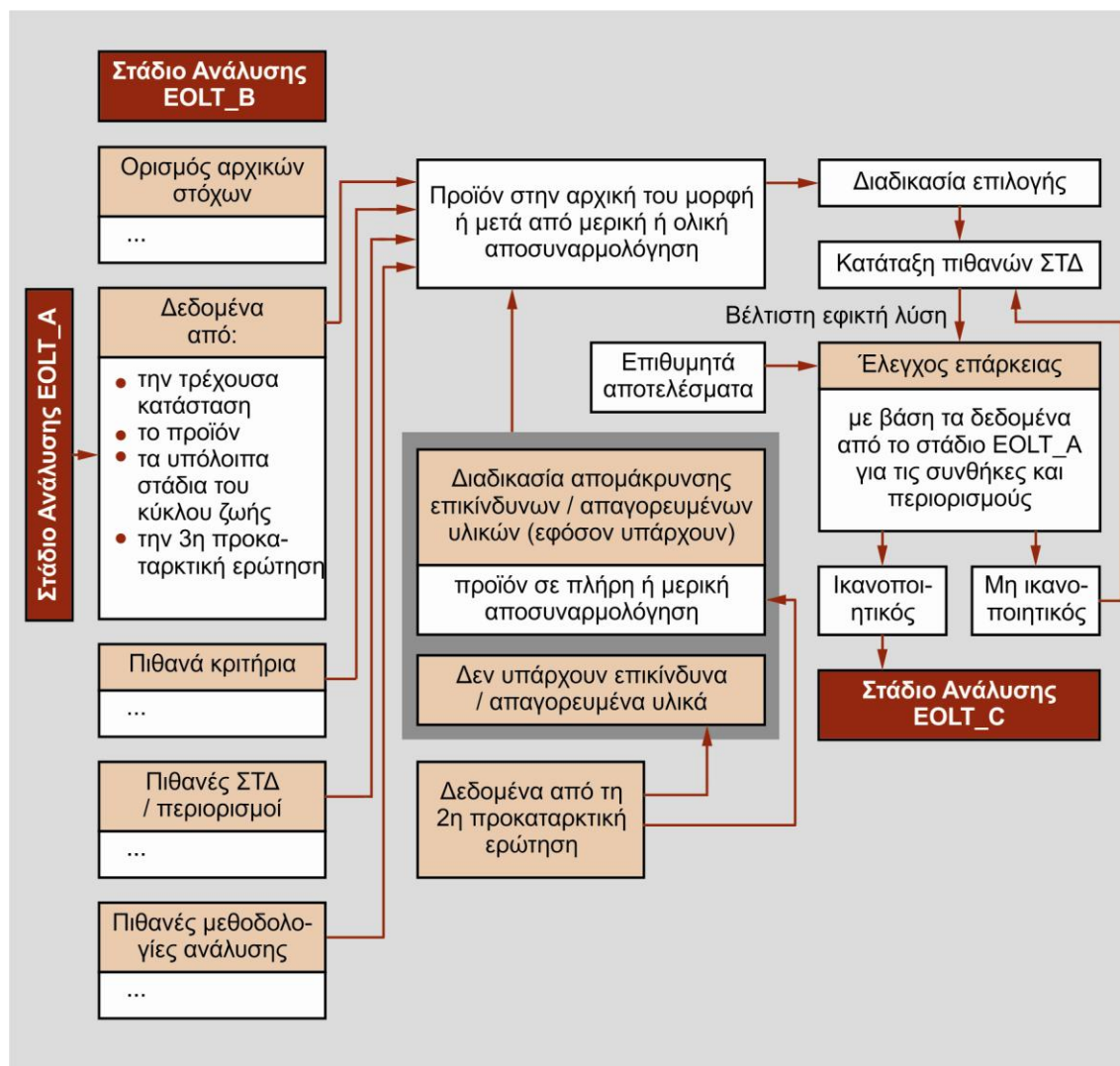
Μερικές τέτοιες γενικευμένες θεωρήσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι οι εξής:

- Για τα μη - ταξινομημένα ΑΗΗΕ (ορφανά προϊόντα για τα οποία υπάρχει ελλιπής πληροφόρηση) μετά την αρχική επιθεώρηση δεν υπάρχει η επιλογή της επαναχρησιμοποίησης.
- Για τα μη - ταξινομημένα ΑΗΗΕ μετά τον αρχικό έλεγχο δεν υπάρχει η επιλογή της επανακατασκευής.

- Για τα απαγορευμένα υλικά η μόνη επιτρεπτή διαδικασία είναι η συγκέντρωσή τους και στη συνέχεια η απόσυρσή τους χωρίς παραπέρα επεξεργασία ή επαναχρησιμοποίηση (η πιθανή παραπέρα επεξεργασία τους δεν εξετάζεται γιατί χρειάζεται να ληφθούν υπόψη και πρόσθετοι παράγοντες οπότε ξεφεύγει από τους στόχους της παρούσας εργασίας).
- Τα ΑΗΗΕ τα οποία θα υποστούν οποιαδήποτε επεξεργασία χρειάζεται λόγω της πολυπλοκότητάς τους να υποστούν αποσυναρμολόγηση σε μερικό ή πλήρη βαθμό.

Έλεγχος εφαρμοσιμότητας της προτεινόμενης ΣΤΔ – Επιθυμητά αποτελέσματα: Μετά την τυχόν απομάκρυνση επικίνδυνων υλικών ακολουθεί με βάση τα δεδομένα ο ορισμός των πιθανών ΣΤΔ από τον αποφασίζοντα. Στη συνέχεια μέσα από μια μεθοδολογία που επιλέγεται και πάλι από το λήπτη απόφασης κατατάσσονται οι εναλλακτικές ΣΤΔ και επιλέγεται για παραπέρα έλεγχο η βέλτιστη από αυτές. Ο έλεγχος πραγματοποιείται όσον αφορά τα δεδομένα σχετικά με τους περιορισμούς και τις συνθήκες του κάθε προβλήματος οπότε και εξετάζεται αν η προτεινόμενη λύση είναι και εφαρμόσιμη. Στην περίπτωση που η απάντηση είναι θετική η επιλεγμένη ΣΤΔ αποτελεί το επιθυμητό αποτέλεσμα από το συγκεκριμένο στάδιο ανάλυσης και προχωράει στο επόμενο στάδιο που είναι η εφαρμογή της. Σε περίπτωση που η βέλτιστη προτεινόμενη ΣΤΔ δεν κρίνεται ως εφαρμόσιμη λύση ο λήπτης απόφασης έχει τη δυνατότητα να εξετάσει την αμέσως επόμενη σε σειρά εναλλακτική μέχρι να καταλήξει στην ΣΤΔ που τελικά θα επιλέξει.

Στο σχήμα που ακολουθεί περιγράφονται συνοπτικά τα βήματα που ακολουθήθηκαν κατά την υλοποίηση των επιμέρους εργασιών στο στάδιο ανάλυσης EOLT_B.



Σχήμα 20. Χάρτης προτεινόμενης υλοποίησης σταδίου ανάλυσης EOLT_B

3.4.3 Για το Στάδιο Ανάλυσης EOLT_C

Το πρόβλημα της αξιολόγησης της εφαρμοζόμενης ΣΤΔ αν και είναι ένα στάδιο που έχει μελετηθεί εκτενώς στη βιβλιογραφία εντούτοις παρουσιάζει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον και τις περισσότερες δυσκολίες αφού οι μελέτες που έχουν γίνει ως σήμερα δεν έχουν καταλήξει σε τυποποιημένες μεθόδους εφαρμογής και αξιολόγησης για την κάθε πιθανή ΣΤΔ στο κάθε προϊόν ενώ όσον αφορά και τις επιπτώσεις από την εφαρμογή της κάθε ΣΤΔ στο περιβάλλον αυτές είναι και θετικές και αρνητικές. Οπότε για τη συνέχεια η ανάλυση που πραγματοποιείται στοχεύει στο να επιβεβαιώσει ότι η βέλτιστη προτεινόμενη λύση τελικής διαχείρισης έχει τις ελάχιστες στο σύνολο περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Η αξιολόγηση της εφαρμοζόμενης ΣΤΔ είναι ουσιαστικά το στάδιο που απεικονίζει τα αποτελέσματα της διεξαγόμενης ανάλυσης. Και αυτό γιατί ναι μεν ο στόχος είναι η διατύπωση προτάσεων προς τη φάση της σχεδίασης (στάδιο REDP_B) αλλά το στάδιο REDP_B είναι θεωρητικό και διαπιστώνει αν τα αποτελέσματα που έδωσε είναι ικανοποιητικά μόνο εφόσον εφαρμοστούν κατά την επανασχεδίαση του προϊόντος και στη συνέχεια βρεθεί το προϊόν εκ νέου στη φάση τελικής διαχείρισης οπότε αξιολογείται αν έχει βελτιωθεί η περιβαλλοντική του

συμπεριφορά στο στάδιο EOLT_C. Οπότε αν εξαιρέσει κάποιος ενδιάμεσα σημεία ελέγχου ή τις γνώμες ειδικών, που μπορούν να αποφανθούν με βάση τα ευρήματα για την περιβαλλοντική συμπεριφορά του υπό μελέτη προϊόντος, το στάδιο EOLT_C είναι το στάδιο που μπορεί να δώσει πέρα από κάθε αμφιβολία την πραγματική εικόνα.

Η διαδικασία που προτείνεται σε αυτό το στάδιο είναι ο ορισμός μιας ευρύτερης ομάδας κριτηρίων από την οποία θα επιλέγονται τα κριτήρια που θα χρησιμοποιούνται για την καταγραφή και αξιολόγηση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς σε κάθε περίπτωση ανάλογα με τη ΣΤΔ που τελικά επιλέχθηκε και εφαρμόστηκε. Τα κριτήρια στα οποία θα βασιστεί η διαδικασία αξιολόγησης προκειμένου να δώσει αποτελέσματα που να μπορούν να αξιοποιηθούν από τα μετέπειτα στάδια ανάλυσης χρειάζεται να σχετίζονται με τις παραμέτρους που θα περιγράψουν τις προτάσεις προς τη φάση της σχεδίασης στο στάδιο REDP_B. Για το λόγο αυτό και ο ορισμός των κριτηρίων ξεκινάει ανάστροφα με βάση την προκαταρκτική ανάλυση που έχει πραγματοποιηθεί στα στάδια REDP_A και REDP_B. Η βελτίωση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς ανάλογα με το προϊόν μπορεί να περιλαμβάνει επιδιώξεις που σχετίζονται για παράδειγμα με τις παραγόμενες ποσότητες απορριμμάτων, την ευκολία διαχείρισής τους, την επικινδυνότητα των απαιτούμενων εργασιών κατά τη διαχείρισή τους, κ.α. Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας αξιολόγησης υπάρχει και η δυνατότητα, εφόσον ο λήπτης απόφασης το επιθυμεί σύγκρισης των αποτελεσμάτων που προέκυψαν με τα αποτελέσματα από τις μέχρι σήμερα εφαρμοζόμενες ΣΤΔ (για να πραγματοποιηθεί η συγκεκριμένη ανάλυση τα απαιτούμενα δεδομένα συλλέγονται στην προκαταρκτική ανάλυση του σταδίου ανάλυσης EOLT_A).

3.4.3.1 Έναρξη Υλοποίησης Σταδίου Ανάλυσης EOLT_C

Ορισμός αρχικών στόχων: Στο στάδιο EOLT_C οι αρχικοί στόχοι σχετίζονται με την επιτυχή εφαρμογή της επιλεγμένης ΣΤΔ, την αξιόπιστη αξιολόγηση και καταγραφή της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς αυτής της εφαρμογής καθώς και τη δυνατότητα από το τελικό αποτέλεσμα αξιολόγησης να μπορούν να προκύψουν στοιχεία που θα είναι αξιοποιήσιμα στα επόμενα επίπεδα.

Στατιστικά δεδομένα εφαρμοζόμενων ΣΤΔ στα ίδια ή ομοειδή προϊόντα: Είναι τα αποτελέσματα που έχουν καταγραφεί από το στάδιο ανάλυσης EOLT_A σε μια από τις προκαταρκτικές ερωτήσεις που τέθηκαν. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον έλεγχο του σταδίου ανάλυσης EOLT_C για την αξιολόγηση του αποτελέσματος που προέκυψε.

Αν δεν είναι γνωστές οι πολιτικές ΣΤΔ που εφαρμόζονται στο ίδιο προϊόν αναζητούνται οι πιθανές ΣΤΔ που εφαρμόζονται σε προϊόντα με ανάλογα χαρακτηριστικά. Από στοιχεία των εταιρειών που πραγματοποιούν την τελική διαχείριση ή τους παραγωγούς ή τη βιβλιογραφία αναζητούνται αναμενόμενα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή των μεθόδων που χρησιμοποιούνται. Στην πράξη είναι πιθανό ότι συνήθως υπάρχει κάποια ΣΤΔ που εφαρμόζεται σε συντριπτικό ποσοστό σε σχέση με τις άλλες μεθόδους. Στην περίπτωση αυτή πρέπει να αναζητηθούν οι λόγοι που γίνεται αυτό καθώς και τα αντίστοιχα δεδομένα που το επιβεβαιώνουν γιατί είναι πιθανό ότι μπορεί να αποτελεί και τη βέλτιστη λύση. Το γεγονός αυτό ενισχύεται και από τη μελέτη του 2000 όπου η Rose C. στη διδακτορική της διατριβή [239] συνέκρινε για 37 διαφορετικά προϊόντα τις ΣΤΔ που εφαρμόζονται στην πράξη με τις βέλτιστες ΣΤΔ που πρότεινε μέσα από έναν αλγόριθμο που λάμβανε υπόψη του συγκεκριμένα χαρακτηριστικά από το προϊόν και τη συμπεριφορά του στην αγορά και κατέληξε ότι στο 86% των περιπτώσεων οι προτεινόμενες ΣΤΔ ήταν ίδιες με τις ήδη εφαρμοζόμενες. Τα

χαρακτηριστικά που χρησιμοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη μέθοδο ήταν ο πραγματικός - τεχνολογικός χρόνος ζωής, ο αριθμός των επιμέρους τμημάτων, ο βαθμός λειτουργικότητας του συνολικού προϊόντος και των επιμέρους τμημάτων του καθώς και η συχνότητα και οι αιτίες για την επανασχεδίαση του συγκεκριμένου προϊόντος.

Εφόσον για την προτεινόμενη μέθοδο τα στατιστικά αποτελέσματα από τις συνήθως εφαρμοζόμενες μεθόδους δώσουν καλύτερα περιβαλλοντικά αποτελέσματα είναι φανερό ότι όλα τα προηγούμενα στάδια ανάλυσης θα πρέπει να επανεκτιμηθούν. Σε αντίθετη περίπτωση το αποτέλεσμα αποτελεί μια επιβεβαίωση ότι η ανάλυση που έχει πραγματοποιηθεί βρίσκεται σε καλό δρόμο.

Προτεινόμενη ΣΤΔ προς εφαρμογή: Πρόκειται για το αποτέλεσμα της διαδικασίας επιλογής στο στάδιο EOLT_B. Στο συγκεκριμένο στάδιο καταρχήν γίνεται η εφαρμογή της προτεινόμενης μεθόδου. Εφόσον η διαδικασία ολοκληρωθεί με επιτυχία συνεχίζονται οι εργασίες που προβλέπονται στο συγκεκριμένο στάδιο. Σε αντίθετη περίπτωση επιστρέφουμε στο στάδιο ανάλυσης EOLT_B όπου και ανάλογα με το πρόβλημα που προέκυψε στην εκτέλεση της προτεινόμενης στρατηγικής γίνονται διορθώσεις προκειμένου να είναι δυνατή η εφαρμογή της ή επιλέγεται η αμέσως καλύτερη προτεινόμενη ΣΤΔ.

Πιθανές παράμετροι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την καταγραφή των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την εφαρμογή της επιλεγμένης ΣΤΔ: Οι πιθανές παράμετροι που αποφασίστηκε ότι θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την καταγραφή και αξιολόγηση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς προέρχονται από χαρακτηριστικά του προϊόντος που έχουν ήδη αναφερθεί και παραπάνω κατά την αναζήτηση των κατάλληλων δεδομένων και τη διαμόρφωση των κριτηρίων αξιολόγησης της κάθε πιθανής ΣΤΔ και είναι οι εξής:

- **Παράμετρος 1:** Παραγόμενες ποσότητες υπολειμμάτων σε υγρή, αέρια και στερεή μορφή που δεν μπορούν να υποστούν οποιαδήποτε επεξεργασία και μένουν αναξιοποίητες.
- **Παράμετρος 2:** Ποσότητες προϊόντων ΑΗΗΕ που επαναδιοχετεύονται στην αγορά μετά από επαναχρησιμοποίηση, επισκευή ή επανακατασκευή.
- **Παράμετρος 3:** Καταναλισκόμενη ενέργεια καθ' όλη τη διάρκεια υλοποίησης της προτεινόμενης ΣΤΔ (για την απαιτούμενη αποσυναρμολόγηση, για την ομαδοποίηση των επιμέρους υλικών που θα οδηγηθούν σε ανακύκλωση, για τις απαιτούμενες εργασίες επανακατασκευής επιμέρους τμημάτων ή του συνολικού προϊόντος).
- **Παράμετρος 4:** Χρόνος και βάθος απαιτούμενης αποσυναρμολόγησης (ο μεγαλύτερος χρόνος συνεπάγεται μεγαλύτερη απαιτούμενη προσπάθεια, πιθανά μεγάλος αριθμός μόνιμων συνδέσεων, μεγάλο βάθος αποσυναρμολόγησης ή μη-ύπαρξη δεδομένων για την πορεία που πρέπει να ακολουθηθεί κατά την αποσυναρμολόγηση).
- **Παράμετρος 5:** Ποσοστά ανάκτησης επιμέρους υλικών που μπορούν να αξιοποιηθούν (ως πρώτες ύλες που προέρχονται από ανακύκλωση σε παραγωγικές διαδικασίες ή να διοχετευτούν εκ νέου στην αγορά για διαφορετικές χρήσεις). Μπορεί να γίνει χειρωνακτικά ή με κατάλληλα μηχανικά μέσα ανάλογα με το υλικό. Ανάλογα με την ποσότητα και ποιότητα του τελικού αποτελέσματος (βαθμός καθαρότητας, διατήρηση αρχικών χαρακτηριστικών) ακολουθεί η παραπέρα αξιοποίησή του με τρόπο που να μην επιβαρύνει το περιβάλλον.
- **Παράμετρος 6:** Βαθμός επικινδυνότητας των απαιτούμενων εργασιών (εργασιών καθαρισμού, διαχωρισμού επιμέρους τμημάτων, ομαδοποίησης υλικών, κ.α.). Η

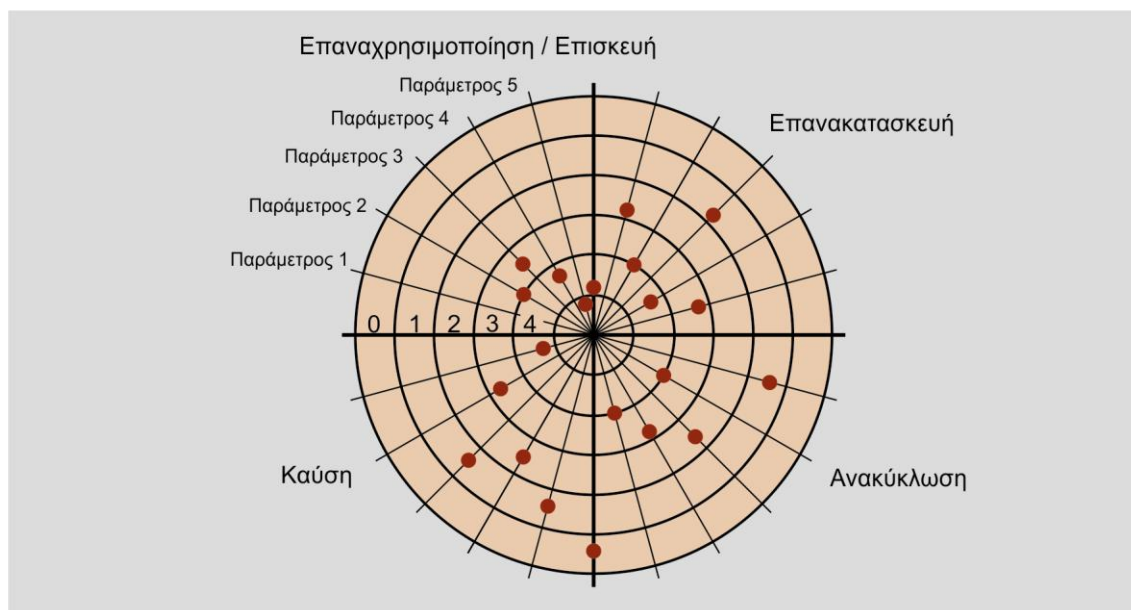
διαχείριση προϊόντων ΑΗΗΕ προφανώς εμπεριέχει πολλούς κινδύνους που αυξάνονται καθώς σε πολλές απαιτούμενες εργασίες δεν υπάρχουν αυτοματοποιημένες δομές αλλά εμπλέκεται ο ανθρώπινος παράγοντας. Προφανές είναι ότι σε κάθε περίπτωση εφαρμογής μιας ΣΤΔ θα πρέπει να έχουν καταγραφεί οι πιθανοί κίνδυνοι και να έχουν ληφθεί όλα τα απαραίτητα μέτρα για την αποφυγή τους (χρήση προστατευτικών μέσων, χρήση κατάλληλων εργαλείων, συνθήκες εργασίας, κ.α.). Προφανώς η συγκεκριμένη παράμετρος είναι ποιοτική οπότε μπορεί να δοθεί περιγραφικά σε αντίθεση με τις προηγούμενες παραμέτρους για τις οποίες μπορούν να γίνουν μετρήσεις και να προκύψουν αριθμητικά αποτελέσματα.

Η παραπάνω λίστα μπορεί να διευρυνθεί εφόσον κριθεί απαραίτητο.

Θεωρήσεις κατά την εφαρμογή της προτεινόμενης μεθόδου: Είναι οι απλοποιήσεις ή οι παραδοχές που γίνονται από το λήπτη απόφασης ανάλογα με το προϊόν, την εφαρμοζόμενη ΣΤΔ και τα διαθέσιμα δεδομένα προκειμένου να διευκολυνθεί η διαδικασία. Για παράδειγμα μπορεί ανάλογα με το διαθέσιμο εξοπλισμό και προσωπικό οι απαιτούμενες εργασίες να χρειάζεται να γίνουν με μια συγκεκριμένη σειρά, η μελέτη και η αναζήτηση δευτερευουσών αγορών να βρίσκεται σε εξέλιξη ή να παρουσιάζει προβλήματα οπότε να απαιτείται τυχόν επανακατασκευασμένα προϊόντα ή εξαρτήματα που έχουν ανακτηθεί να φυλάγονται μέχρι να διοχετευτούν εκ νέου στην αγορά, κ.α.

3.4.3.2 Υλοποίηση Απαιτούμενων Εργασιών στο Στάδιο Ανάλυσης EOLT_C

Εφαρμογή της προτεινόμενης λύσης και τελική επιλογή των παραμέτρων που θα χρησιμοποιηθούν για την καταγραφή και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων: Μετά την επιτυχή εφαρμογή της προτεινόμενης ΣΤΔ τα αποτελέσματα που προέκυψαν καταγράφονται στις παραμέτρους που επιλέγονται να χρησιμοποιηθούν στην κάθε περίπτωση (επιλέγονται όσοι παράμετροι μπορούν να λάβουν αποτελέσματα με βάση την εφαρμογή της επιλεγμένης ΣΤΔ). Η καταγραφή των αποτελεσμάτων προφανώς μπορεί να γίνει μέσα από τη λήψη μετρήσεων για τις πέντε πρώτες παραμέτρους και καταγραφή των αποτελεσμάτων σε σχετικούς πίνακες ενώ για την έκτη παράμετρο όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η εκτίμηση είναι ποιοτική. Στην περίπτωση που δεν είναι δυνατή η διεξαγωγή μετρήσεων γιατί πχ. δεν υπάρχει ο απαιτούμενος χρόνος ή δεν υπάρχουν τα απαιτούμενα μέσα ή η ανάλυση στο σύνολό της είναι θεωρητική και δεν έχει τύχει να εφαρμοστεί στην πράξη, υπάρχουν περιγραφικές μέθοδοι με βάση τις οποίες ένας έμπειρος ερευνητής στο αντικείμενο μπορεί να αξιολογήσει έστω και θεωρητικά την αποτελεσματικότητα της εφαρμοζόμενης μεθόδου. Σε μια τέτοια περίπτωση θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μια μέθοδος όπου οπτικά θα καταγράφονται για την κάθε πιθανή ΣΤΔ στο ποσοστό που περιλαμβάνεται στη βέλτιστη ΣΤΔ τα αποτελέσματα των 6 παραμέτρων με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία και την εμπειρία του μελετητή με τιμές που θα λαμβάνονται σε κάθε περίπτωση από κατάλληλα διαμορφωμένη 5βαθμη κλίμακα. Η συγκεκριμένη προτεινόμενη μέθοδος βασίζεται στα composite target plots που χρησιμοποιούνται συχνά από εταιρείες στην καταγραφή της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος (Al-Okush, 1999). Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται μια ενδεικτική μορφή ενός τέτοιου γραφήματος που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί.



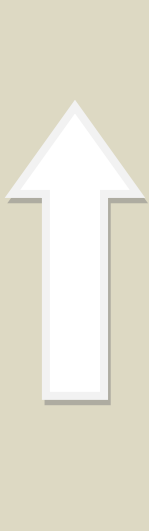
Σχήμα 21. Γραφική απεικόνιση εκτιμώμενης καταγραφής και αξιολόγησης της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς ενός προϊόντος μετά την τελική διαχείρισή του

Όσο πιο κοντά βρίσκονται οι εκτιμήσεις για την κάθε παράμετρο προς το κέντρο του κύκλου τόσο καλύτερη είναι η εκτιμώμενη περιβαλλοντική συμπεριφορά του τελικού προϊόντος.

Αξιολόγηση αποτελεσμάτων της προτεινόμενης λύσης: Με βάση προηγούμενες μελέτες (Gottberg *et al.*, 2006, Heo, 2001, Boks *et al.*, 2001, Grenchus *et al.*, 2001, Mathieux *et al.*, 2008, Simpson *et al.*, 2001, Weger *et al.*, 2003) μια γενική κατηγοριοποίηση των περιβαλλοντικών στόχων που θα πρέπει να επιδιώκεται η βελτίωσή τους μέσα από την επανασχεδίαση ενός προϊόντος ΗΗΕ, άσχετα από την εφαρμοζόμενη ΣΤΔ, παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί (η φορά του βέλους κινείται από τον λιγότερο σημαντικό προς τον πλέον σημαντικό στόχο). Προφανές είναι ότι η παρακάτω σειρά ανάλογα με τα επιμέρους περιβαλλοντικά προβλήματα που πιέζουν για μια πιο άμεση αντιμετώπιση, τις ιδιαιτερότητες του υπό μελέτη προϊόντος καθώς και η εμπειρία και διορατικότητα του χειριστή του συγκεκριμένου προβλήματος μπορούν να ανακατανεύμουν τις προτεραιότητές της. Ο ορισμός των περιβαλλοντικών στόχων που αξιολογείται σε κάθε περίπτωση γίνεται από το λήπτη απόφασης ή κάποια έμπειρη ομάδα με βάση το είδος των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, το χρονικό ορίζοντα της επίδρασής τους ή άλλα χαρακτηριστικά που επιθυμούν να καταγραφούν. Το επιθυμητό αποτέλεσμα είναι η αξιολόγηση του συνόλου των περιβαλλοντικών επιπτώσεων μέσα από την εφαρμογή της επιλεγμένης σε κάθε περίπτωση ΣΤΔ όπου η ροή των δεδομένων και αποτελεσμάτων πραγματοποιείται χωρίς προβλήματα.

Πίνακας 8. Ορισμός και Κατάταξη Περιβαλλοντικών Στόχων

Ελαχιστοποίηση των ποσοτήτων των παραγόμενων ΑΗΗΕ
Ελαχιστοποίηση χρήσης υλικών που μπορούν να προκαλέσουν αυξημένη ρύπανση
Ελαχιστοποίηση χρήσης επικίνδυνων και τοξικών υλικών
Επιδίωξη σχεδίασης προϊόντων που μπορούν να ανακτηθούν τα υλικά τους και να επαναχρησιμοποιηθούν
Επιδίωξη σχεδίασης προϊόντων με βάση ανακυκλωμένα υλικά
Επιδίωξη σχεδίασης προϊόντων που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν οπότε παρατείνεται ο χρόνος της χρήσιμης ζωής τους
Ελαχιστοποίηση τελικών υπολειμμάτων που οδηγούνται σε τελική ασφαλή διάθεση
Ελαχιστοποίηση απαιτούμενης ποσότητας ενέργειας μετά την απόσυρση για την παραπέρα βέλτιστη επεξεργασία



Για τη συγκεκριμένη εργασία και με βάση όσα αναφέρθηκαν ως αυτό το σημείο οι προτεινόμενοι πιθανοί περιβαλλοντικοί στόχοι για τους οποίους αναζητούνται αποτελέσματα αξιολόγησης με βάση τα αποτελέσματα της εφαρμοζόμενης ΣΤΔ λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη και τα δεδομένα που προκύπτουν τόσο από την εφαρμογή της επιλεγμένης ΣΤΔ όσο και από άλλες ενέργειες που γίνονται μετά την απόσυρση του προϊόντος και είναι οι εξής:

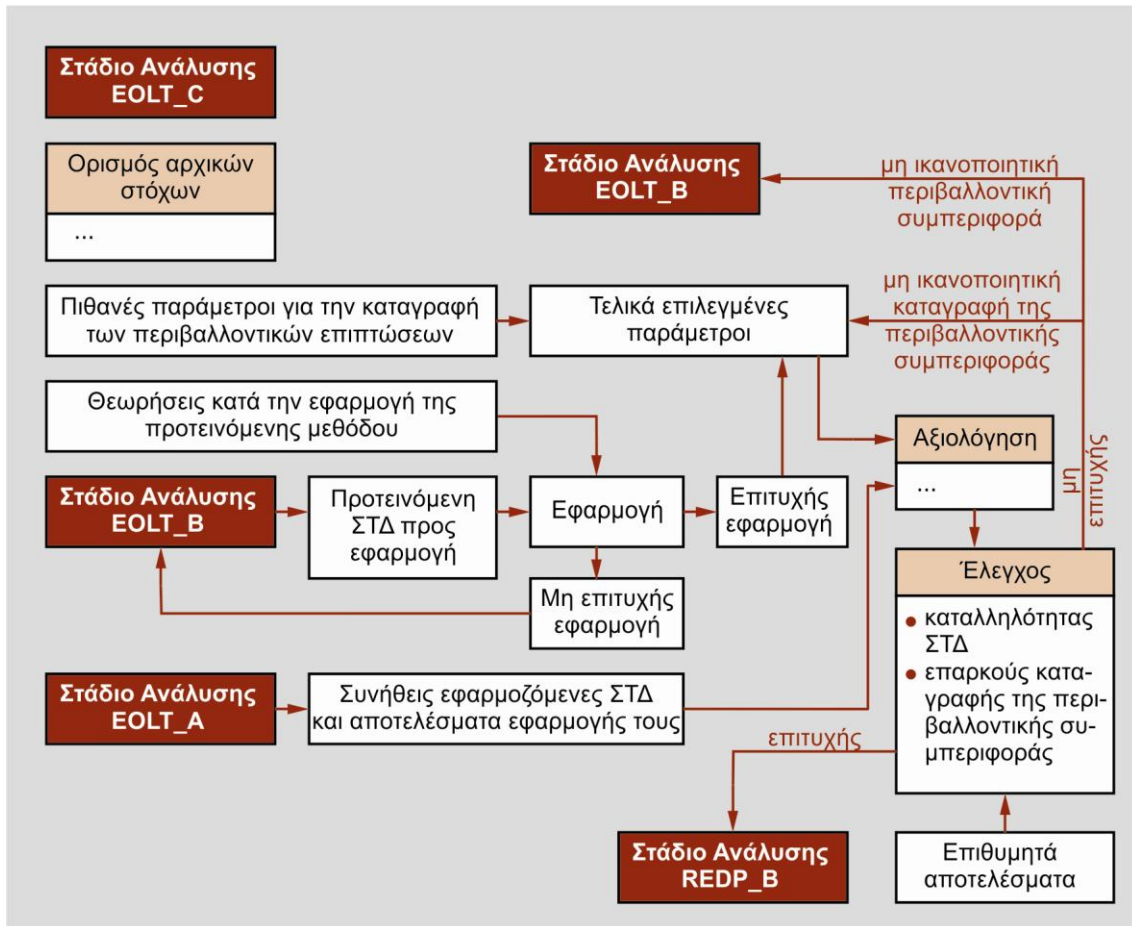
- Ως προς την ελαχιστοποίηση των ποσοτήτων επικίνδυνων και απαγορευμένων υλικών.
- Ως προς την ελαχιστοποίηση της απαιτούμενης προσπάθειας για την απομάκρυνση των επικίνδυνων και απαγορευμένων υλικών.
- Ως προς την ελαχιστοποίηση των ποσοτήτων ΑΗΗΕ που οδηγούνται σε παραπέρα επεξεργασία.
- Ως προς την ελαχιστοποίηση της απαιτούμενης ενέργειας κατά την απαιτούμενη αποσυναρμολόγηση.
- Ως προς την ελαχιστοποίηση του απαιτούμενου χρόνου αποσυναρμολόγησης.
- Ως προς τη μεγιστοποίηση της ανάκτησης υλικών από τη διαδικασία της ανακύκλωσης.
- Ως προς τη μεγιστοποίηση της αξιοποίησης των υλικών που προέρχονται από την ανακύκλωση.
- Ως προς την ελαχιστοποίηση των στερεών υπολειμμάτων.
- Ως προς την ελαχιστοποίηση των αέριων υπολειμμάτων.
- Ως προς την ελαχιστοποίηση των υγρών υπολειμμάτων.

Παράλληλα υπάρχει η δυνατότητα σύγκρισης των αποτελεσμάτων με τα αντίστοιχα αποτελέσματα από παλιότερες εφαρμογές άλλων ΣΤΔ που έχουν καταγραφεί στο στάδιο EOLT_A και διερεύνησης στη συνέχεια των τυχόν αποκλίσεων για το που οφείλονται καθώς και να προταθούν διορθωτικές ενέργειες που μπορούν να βελτιώσουν το τελικό αποτέλεσμα.

Έλεγχος αποτελέσματος: Πραγματοποιείται αφού ολοκληρωθεί και η διαδικασία της αξιολόγησης και αφορά τον έλεγχο της καταλληλότητας της εφαρμοζόμενης ΣΤΔ καθώς και της επαρκούς καταγραφής της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς μέσα από τις παραμέτρους και τους περιβαλλοντικούς στόχους που αξιολογήθηκαν, γεγονός που συμβάλει στην επίτευξη του

επιθυμητού στόχου που είναι η βέλτιστη διαχείριση του προϊόντος μετά την απόσυρσή του καθώς και η όσο το δυνατό πιο πλήρης καταγραφή της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς που παρουσιάζει μέσα σε αυτήν τη διαδικασία. Στις περιπτώσεις που τα αποτελέσματα του ελέγχου κρίνονται ως μη-ικανοποιητικά πιθανές ενέργειες είναι είτε η επανεκτίμηση των παραμέτρων που υπολογίζονται προκειμένου να καταγράφεται η συνολική περιβαλλοντική συμπεριφορά είτε η επανεκτίμηση της ΣΤΔ που εφαρμόστηκε.

Στο σχήμα που ακολουθεί περιγράφονται συνοπτικά τα προτεινόμενα βήματα ανάλυσης κατά την υλοποίηση του σταδίου EOLT_C:



Σχήμα 22. Χάρτης προτεινόμενης υλοποίησης σταδίου ανάλυσης EOLT_C

3.4.4 Για το Στάδιο Ανάλυσης REDP_A

Εκτιμάται ότι το 75% του κόστους ενός προϊόντος σε όλα τα στάδια ζωής του προσδιορίζεται στο στάδιο σχεδίασης (Al-Okush, 1999). Μια εταιρεία επανασχεδιάζει προϊόντα καταλήγοντας σε μικρές ή μεγάλες αλλαγές με βάση τις απαιτήσεις των πελατών, τα προϊόντα των ανταγωνιστών και την τεχνολογική εξέλιξη στο συγκεκριμένο χώρο (Stone *et al.*, 1999). Η τεχνολογική εξέλιξη συμβάλει στην βελτίωση της απόδοσης ή την προσθήκη νέων λειτουργιών σε ένα προϊόν. Οι απαιτήσεις των πελατών και η συμπεριφορά των ανταγωνιστών συνήθως ωθούν σε αναβάθμιση ή σε αισθητικές αλλαγές στον εξωτερικό σχεδιασμό. Προφανώς οι αλλαγές στις λειτουργίες ενός

προϊόντος είναι πιο σύνθετες αφού στοχεύουν στη βελτίωση της συμπεριφοράς ως προς την απόδοση του προϊόντος γενικότερα (Allen *et al.*, 1998).

Για τα προϊόντα ΗΗΕ που στην πλειοψηφία τους έχουν μικρό τεχνολογικό χρόνο ζωής οι πιθανές ενέργειες επανασχεδίασης είναι συχνές και αναμενόμενες και αφορούν τόσο τις λειτουργίες τους όσο και την αισθητική τους. Πιο συγκεκριμένα την περιβαλλοντική συμπεριφορά ενός προϊόντος ΗΗΕ μετά την απόσυρσή του μπορούν να την επηρεάσουν τόσο αλλαγές στη σχεδίαση όσο και άλλες αποφάσεις που λαμβάνονται στα υπόλοιπα στάδια του κύκλου ζωής του ή εξωτερικές αλλαγές που δεν είναι καν ορατές και δεν μπορούν να ελεγχθούν ούτε από το τμήμα σχεδίασης ούτε από αυτόν που έχει την ευθύνη της τελικής διαχείρισης. Σχετικά με το πόσο συχνά διοχετεύονται στην αγορά επανασχεδιασμένα προϊόντα ΗΗΕ είναι κάτι που εξαρτάται από την εταιρεία, τον ανταγωνισμό, την πολιτική μάρκετινγκ που ακολουθεί και την πρόοδο που έχει σημειώσει το τμήμα έρευνας και ανάπτυξης και διαθέτει. Στην πράξη μεγάλες εταιρείες παραγωγής ΗΗΕ, πχ. Philips, παρουσιάζουν σε ετήσια βάση επανασχεδιασμένα προϊόντα με αισθητικές αλλαγές σε μεγάλες εκθέσεις ενώ κατά μέσο όρο παρουσιάζουν επανασχεδιασμένα προϊόντα με μεγάλες αλλαγές κάθε 3-3,5 έτη (Rose, 2000).

Στην πράξη για το συγκεκριμένο στάδιο ανάλυσης η απομόνωση των χαρακτηριστικών σχεδίασης για τα οποία θα πρέπει να αναζητηθούν κατάλληλες ενέργειες που θα βελτιώσουν τη μελλοντική περιβαλλοντική συμπεριφορά μετά την απόσυρση είναι μια εργασία που απαιτεί τη συνεργασία και του τμήματος σχεδίασης. Η μεγαλύτερη δυσκολία είναι να απομονωθούν τα κατάλληλα χαρακτηριστικά που οι αλλαγές πάνω σε αυτά θα οδηγήσουν στην επιθυμητή βελτίωση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς. Η εργασία αυτή στην πράξη είναι μια συνεχής διαδικασία αναζήτησης αφού τα πιθανά χαρακτηριστικά του προϊόντος που μπορούν να βελτιωθούν μεταβάλλονται ανάλογα με την τεχνολογική εξέλιξη, τις απαιτήσεις της αγοράς και τη θέση του υπό μελέτη προϊόντος σε αυτήν.

Επειδή βέβαια το να επανασχεδιαστεί ένα προϊόν με βάση μόνο τους παραπάνω στόχους και με παρεμβάσεις μόνο στα παραπάνω χαρακτηριστικά είναι ανέφικτο χρειάζεται να γίνει κατανοητό ότι το προϊόν που θα μπορούσε να προκύψει από τις προτάσεις επανασχεδίασης που θα διατυπωθούν δεν θα πρέπει να υστερεί από τον προκάτοχό του όσον αφορά την απόδοσή του, τις λειτουργίες που εκτελεί και την αισθητική του. Οπότε αν και ο στόχος της ανάλυσης είναι ξεκάθαρος το υπό μελέτη πρόβλημα χρειάζεται να τεθεί σε πιο γενικές βάσεις, γεγονός που δυσκολεύει ακόμα περισσότερο το πρόβλημα που χρειάζεται να αντιμετωπιστεί.

Η προσέγγιση που επιλέχθηκε ήταν η σταδιακή και συστηματική μελέτη προκειμένου να επιλεγούν όλες οι πιθανές επεμβάσεις στο στάδιο της σχεδίασης που θα μπορούσαν να βελτιώσουν την περιβαλλοντική συμπεριφορά σε συνεργασία πάντα με το τμήμα σχεδίασης και υπό την καθοδήγηση έμπειρων αναλυτών. Πιο συγκεκριμένα τα στάδια της προτεινόμενης ανάλυσης είναι τα εξής:

- Για την κάθε κατηγορία περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών που αξιολογούνται στο στάδιο EOLT_C αναζητούνται χαρακτηριστικά σχεδίασης με βάση προηγούμενες μελέτες της βιβλιογραφίας (Rose, 2000, Otto *et al.*, 2001). Τα αποτελέσματα καταγράφονται σε πίνακες από όπου στη συνέχεια ανάλογα με το προϊόν και τα επιμέρους χαρακτηριστικά του θα αναζητηθούν τα χαρακτηριστικά για τα οποία αναζητούνται προτάσεις βελτίωσης στο στάδιο REDP_B.
- Για το κάθε χαρακτηριστικό σχεδίασης που καταγράφεται ως πιθανό να αναζητηθούν ενέργειες βελτίωσής του καταγράφεται η τρέχουσα κατάστασή του, τα όρια στα οποία μπορεί να κινηθεί και οι τυχόν επιπτώσεις που θα έχουν προτεινόμενες αλλαγές στη γενικότερη συμπεριφορά του προϊόντος.

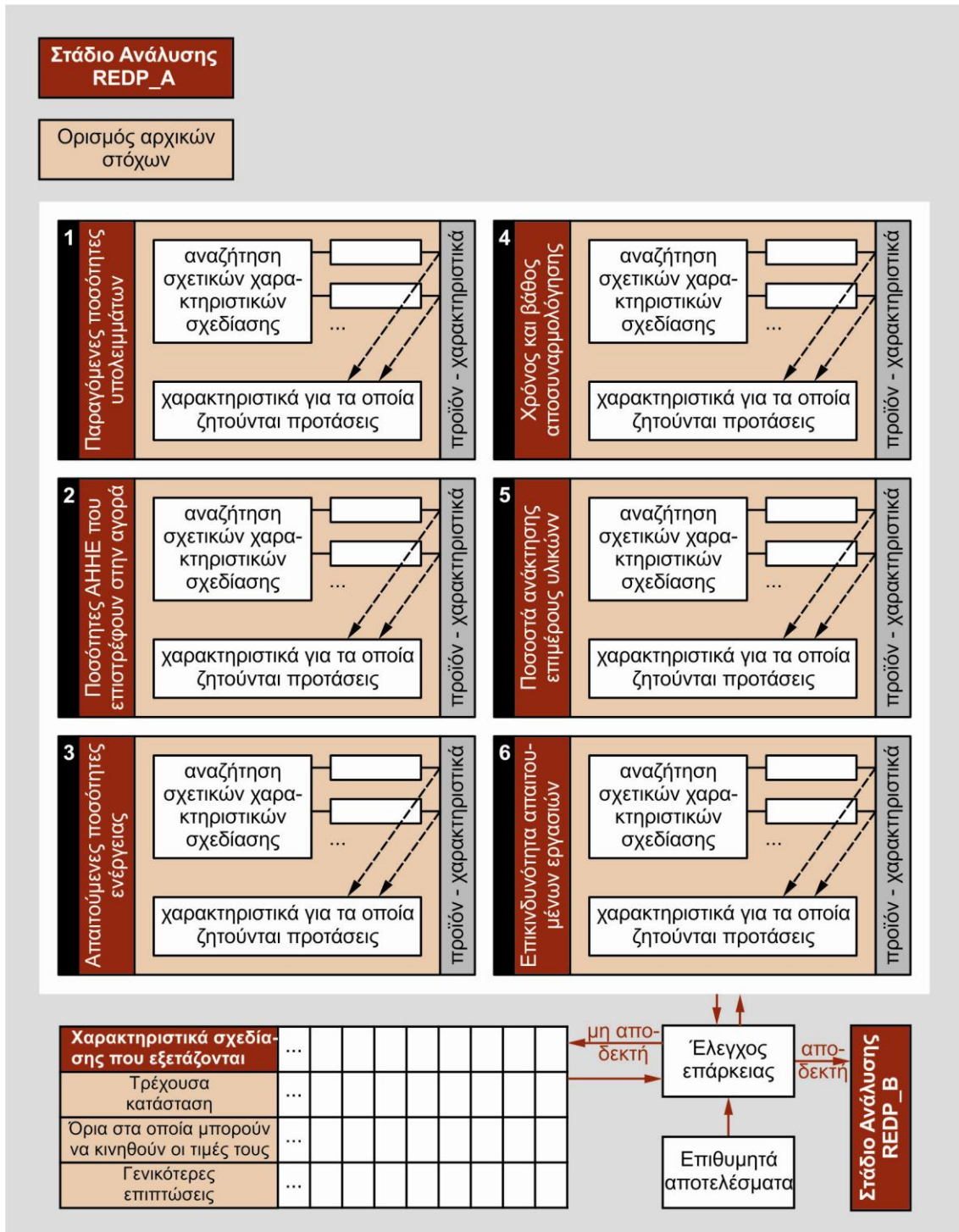
- Με βάση τα αποτελέσματα από το προηγούμενο βήμα εργασίας αποφασίζεται αν τελικά θα συμπεριληφθεί το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό σχεδίασης στον κατάλογο των χαρακτηριστικών που θα εξεταστούν στο στάδιο της διατύπωσης προτάσεων προς τη φάση της σχεδίασης.

Ορισμός αρχικών στόχων: Ο στόχος σε αυτό το στάδιο ανάλυσης είναι να συλλεχθεί το σύνολο των πιθανών χαρακτηριστικών τα οποία ενδεχόμενα επηρεάζουν την περιβαλλοντική συμπεριφορά του προϊόντος μετά την απόσυρσή του και να εξεταστεί στη συνέχεια με βάση τα αποτελέσματα από τα στάδια EOLT_C και REDP_B αν υπάρχουν προτάσεις αλλαγής τους στη φάση επανασχεδίασης.

Στη συνέχεια για την καθεμία από τις έξι κατηγορίες παραμέτρων που καταγράφονται στο στάδιο EOLT_C αναζητούνται σχετικά χαρακτηριστικά από τη φάση της σχεδίασης και από αυτά απομονώνονται τα χαρακτηριστικά που θα προωθηθούν για παραπέρα διερεύνηση. Τα χαρακτηριστικά για τα οποία θα αναζητηθεί παραπέρα διερεύνηση και θα γίνει προσπάθεια βελτίωσής τους εξαρτώνται από το υπό μελέτη προϊόν, την πορεία του στην αγορά, τις υπάρχουσες συνθήκες, τα περιθώρια που υπάρχουν για βελτίωση, της ανάγκης του καταναλωτή και τις επιθυμίες της φάσης σχεδίασης. Ο λόγος για τον οποίο ξεκινάει η αναζήτηση των χαρακτηριστικών που θα μελετηθούν από το στάδιο ανάλυσης EOLT_C είναι για να διασφαλίζεται ότι στο στάδιο REDP_B, όπου τα εισερχόμενα δεδομένα είναι αυτά που προκύπτουν από τα στάδια ανάλυσης EOLT_C και REDP_A, ότι μπορούν να συνδυαστούν με ευκολία και να δώσουν προτάσεις για τη φάση της επανασχεδίασης.

Έλεγχος επάρκειας: Αξιολογείται από το λήπτη απόφασης σε συνεργασία με το τμήμα σχεδίασης. Το επιθυμητό αποτέλεσμα είναι να υπάρχουν χαρακτηριστικά σχεδίασης πιθανά για να βελτιωθούν που να σχετίζονται με το σύνολο των παραμέτρων που καταγράφουν την περιβαλλοντική συμπεριφορά του προϊόντος. Στην περίπτωση που ο έλεγχος είναι μη-αποδεκτός είτε γιατί ο λήπτης απόφασης θεωρεί ότι δεν έχει καταγράψει για εξέταση ικανό αριθμό χαρακτηριστικών σχεδίασης σε σχέση με τα περιβαλλοντικά προβλήματα που διαπιστώνονται μετά την απόσυρση του προϊόντος, είτε γιατί θεωρεί ότι πρέπει να συλλεχθούν περισσότερα στοιχεία για τα υπό μελέτη χαρακτηριστικά ώστε οι προτάσεις που θα διατυπωθούν στη συνέχεια να είναι εφικτές και να κινούνται στη σωστή κατεύθυνση η ανάλυση επιστρέφει στα προηγούμενα στάδια μέχρι το αποτέλεσμα που θα προκύψει να είναι αποδεκτό.

Στο σχήμα που ακολουθεί περιγράφονται τα βήματα της γενικευμένης ανάλυσης που περιγράφηκε παραπάνω.



Σχήμα 23. Χάρτης προτεινόμενης υλοποίησης σταδίου ανάλυσης REDP_A

3.4.5 Για το Στάδιο Ανάλυσης REDP_B

Αφορά το στάδιο όπου με βάση τα αποτελέσματα από τα στάδια EOLT_C και REDP_A θα πρέπει να διατυπωθούν συγκεκριμένες προτάσεις για τη φάση της επανασχεδίασης που θα μπορούν να εξεταστούν από την ομάδα σχεδίασης για πιθανή μελλοντική αξιοποίηση. Προκειμένου να διευκολυνθεί η διαδικασία κρίθηκε απαραίτητο ότι τα αποτελέσματα που θα προκύψουν:

- Να έχουν εκφραστεί σε μορφή που μπορούν να αξιοποιηθούν από το στάδιο σχεδίασης,
- Να στηρίζονται στα συμπεράσματα από την αξιολόγηση της εφαρμοζόμενης ΣΤΔ.

Με βάση λοιπόν τα παραπάνω στάδια η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν η εξής:

- **Βήμα 1:** Για το κάθε πιθανό χαρακτηριστικό σχεδίασης που έχει κριθεί από το στάδιο ανάλυσης REDP_A ότι θα μπορούσε να βελτιωθεί επιλέγονται τα πιθανά περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με αυτό. Οπότε προκύπτει ένας πίνακας με στήλες τα επιλεγμένα προς μελέτη χαρακτηριστικά σχεδίασης και τα πιθανά περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά που επηρεάζουν.
- **Βήμα 2:** Από τα αποτελέσματα στο στάδιο ανάλυσης EOLT_C καταγράφονται χωριστά τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά για τα οποία απαιτείται να γίνουν ενέργειες βελτίωσης και τα χαρακτηριστικά που η επίδοσή τους κρίνεται ως ικανοποιητική, οπότε δεν απαιτούνται αλλαγές για τη βελτίωσή τους. Οπότε και εδώ προκύπτει ένας πίνακας με στήλες τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά για τα οποία χρειάζονται να γίνουν αλλαγές και τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά που δεν χρειάζεται να αλλαχθούν.
- **Βήμα 3:** Τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά από το στάδιο EOLT_C τα οποία κρίνεται ότι θα πρέπει να βελτιωθούν κατατάσσονται με βάση το βαθμό σημαντικότητας που έχουν ως προς τη βελτίωση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς του τελικού αποσυρόμενου προϊόντος.

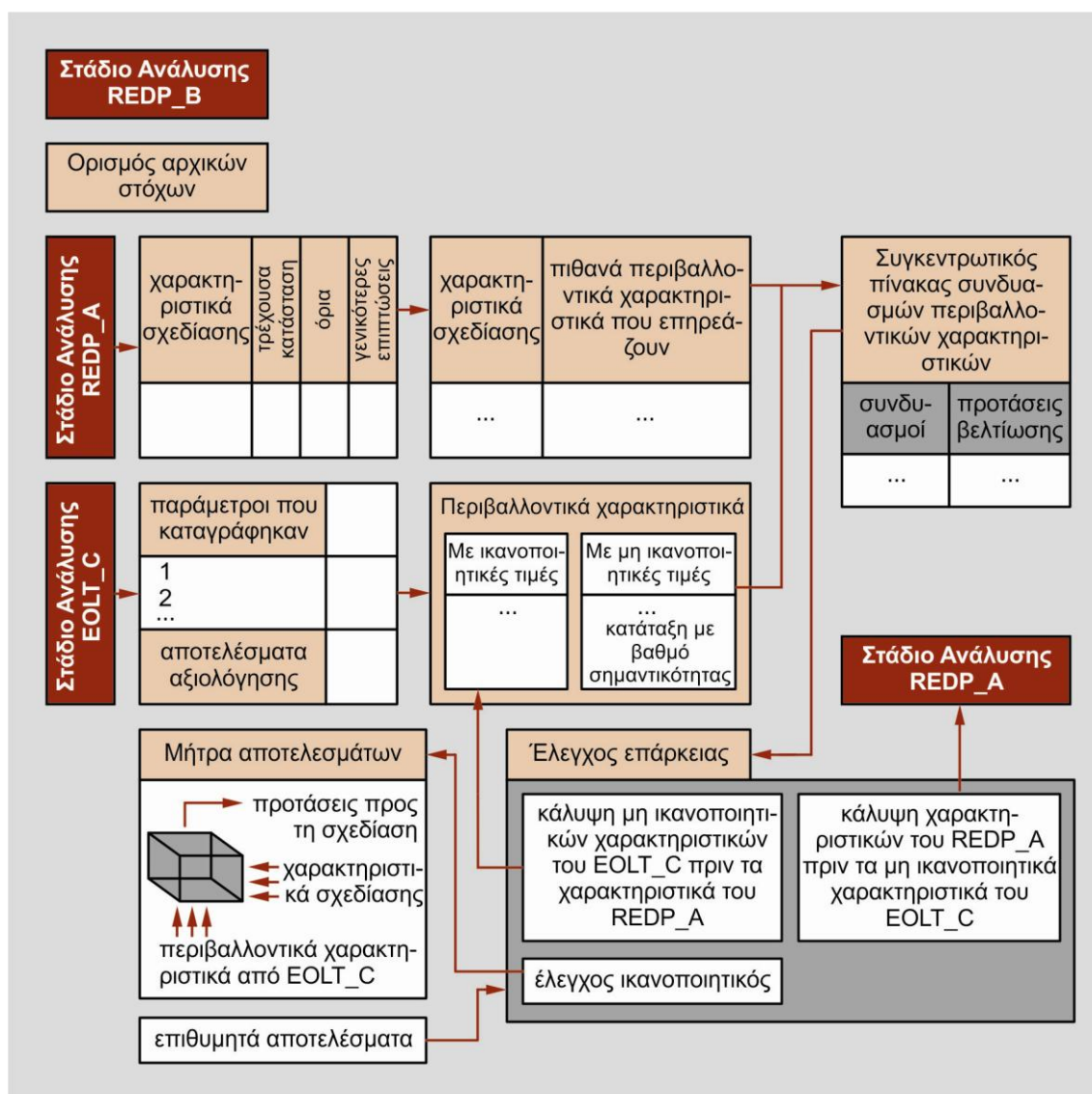
Στη συνέχεια συνδυάζονται τα στοιχεία που έχουν προκύψει από το βήμα 1 και το βήμα 3 ξεκινώντας από το πλέον σημαντικό περιβαλλοντικό χαρακτηριστικό και αναζητούνται πιθανές ενέργειες για τη βελτίωσή του, μέσα από τη βιβλιογραφία, τη μελέτη των αποτελεσμάτων που έχουν προκύψει ως αυτό το σημείο, τις γνώμες ειδικών, τη διεξαγωγή πειραμάτων, κ.α. Όταν εξαντληθεί πρώτη η λίστα των περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών από το στάδιο EOLT_C που κρίνεται ότι θα πρέπει να βελτιωθεί η ανάλυση συνεχίζεται και στα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά που είχαν ικανοποιητική συμπεριφορά για την πιθανή περίπτωση που και εδώ μπορούν να διατυπωθούν προτάσεις βελτίωσης που θα βελτιώσουν ακόμα περισσότερο το τελικό αποτέλεσμα. Στην περίπτωση που στην ανάλυση που πραγματοποιείται εξαντληθεί πρώτη η λίστα από το 1^ο βήμα χρειάζεται να γίνει εκ νέου έλεγχος μήπως βρεθεί κάποιο χαρακτηριστικό σχεδίασης που δεν ελήφθη υπόψη στο στάδιο ανάλυσης REDP_A.

Οι προτεινόμενες αλλαγές τοποθετούνται σε μια μήτρα ανάλυσης τριών διαστάσεων (χαρακτηριστικά σχεδίασης – περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά από το στάδιο ανάλυσης EOLT_C – προτάσεις βελτίωσης) που τα περιεχόμενά της, εφόσον ολοκληρωθεί, αποτελούν την πρόταση που θα παραδοθεί στο στάδιο σχεδίασης. Ο λόγος που τα στοιχεία δίνονται μέσα από μια τρισδιάστατη μήτρα είναι για να μπορεί κάποιος εύκολα τόσο στο παρόν όσο και στο μέλλον να παρακολουθήσει το συλλογισμό με βάση τον οποίο διατυπώθηκαν οι συγκεκριμένες προτάσεις. Ακολουθεί ο έλεγχος επάρκειας όπου ο λήπτης απόφασης έχει μια τελευταία ευκαιρία να ελέγξει των αξιοπιστία των στοιχείων που προέκυψαν στη μήτρα ανάλυσης καθώς και τις αντιστοιχίσεις μεταξύ τους προκειμένου να είναι βέβαιος ότι το τελικό αποτέλεσμα της ανάλυσης όταν θα φτάσει στο στάδιο της σχεδίασης θα καλύπτει τις ανάγκες της όπως αυτές διατυπώθηκαν μέσα από το στάδιο ανάλυσης REDP_A. Σε αντίθετη περίπτωση τα παραπάνω βήματα ανάλυσης επαναλαμβάνονται μέχρι να επιτευχθεί η επιθυμητή τελειότητα και να τερματιστεί η ανάλυση.

Προφανώς και σε αυτό το στάδιο ο ζητούμενος αρχικός στόχος είναι η θετική περιβαλλοντική επίδραση που επιδιώκεται από τις προτάσεις που προωθούνται προς τη φάση της σχεδίασης ως προς τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του προϊόντος που έχουν προαποφασιστεί. Παρόλα αυτά

η συγκεκριμένη θεώρηση έχει αρκετές δυσκολίες στην παρακολούθηση της επίτευξής της από τη στιγμή που η διαπίστωση για το κατά πόσο οι προτάσεις που προωθήθηκαν στη σχεδίαση συμβάλουν πραγματικά στη βελτίωση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς του προϊόντος μετά την απόσυρσή του, εφόσον επιλεγούν να εφαρμοστούν, μπορεί να ελεγχθεί μόνο μετά τη διαχείριση των αντίστοιχων προϊόντων ΑΗΗΕ δηλαδή σε μια διαφορετική χρονική στιγμή, γεγονός που δυσκολεύει την παρακολούθηση υλοποίησης του επιθυμητού στόχου. Παρόλα αυτά για τη συγκεκριμένη εργασία θεωρείται ότι η προτεινόμενη μέθοδος έχει εκπληρώσει τους στόχους της εφόσον είναι σε θέση να διατυπώσει πιθανές προτάσεις προς τη σχεδίαση που είναι και το επιθυμητό αποτέλεσμα. Το κομμάτι της μελέτης και δοκιμαστικής εφαρμογής των προτάσεων αυτών αν και ενδιαφέρον ξεφεύγει από τους σκοπούς της εργασίας οπότε δεν εξετάζεται.

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι υλοποιούμενες εργασίες όπως περιγράφηκαν παραπάνω για το συγκεκριμένο στάδιο ανάλυσης.



Σχήμα 24. Χάρτης προτεινόμενης υλοποίησης σταδίου ανάλυσης REDP_B

3.4.5.1 Πιθανές Χρησιμοποιούμενες Μέθοδοι και Εργαλεία

Παραδοσιακά η διαδικασία επανασχεδίασης υπαρχόντων προϊόντων απαιτούσε την επίλυση ενός ντετερμινιστικού προβλήματος που αποτύπωνε σε μαθηματική μορφή την απαιτούμενη προσπάθεια και τους απαιτούμενους πόρους προκειμένου να επιτευχθούν τα επιθυμητά τεχνικά και αισθητικά χαρακτηριστικά για το αναμορφωμένο προϊόν λαμβάνοντας υπόψη διάφορους τεχνικούς και οικονομικούς περιορισμούς (Sheehan *et al.*, 2007).

Για την αναζήτηση μιας αξιόπιστης λογικής διαδικασίας που θα βοηθήσει στη διατύπωση προτάσεων επανασχεδίασης που θα είναι αποδεκτές και εφικτές στην εφαρμογή τους έχουν επίσης προταθεί διάφορες θεωρίες που δίνουν βαρύτητα στον ποιοτικό έλεγχο των αποτελεσμάτων (θεωρία Taguchi, αρχές Deming για τον ποιοτικό έλεγχο, εφαρμογή συναρτήσεων ποιότητας, κ.α.). Το πλεονέκτημά τους είναι ότι πρόκειται για πιο ευέλικτες θεωρίες στην εφαρμογή τους που μπορούν να αξιοποιήσουν το μεγαλύτερο μέρος από τα διαθέσιμα δεδομένα. Η εξέλιξη βέβαια στο συγκεκριμένο πεδίο ανάλυσης δεν σταματάει εδώ. Στη φάση της σχεδίασης σήμερα υπάρχουν μεγάλη ποικιλία από εργαλεία που μπορούν να αξιοποιηθούν, υπολογιστικά μέσα, διαθέσιμα υλικά με όλο και πιο βελτιωμένες ιδιότητες, κ.α. Η βέλτιστη αξιοποίηση των παραπάνω όμως απαιτεί καταρχήν την πλήρη κατανόηση των εργασιών που απαιτούνται και του επιθυμητού αποτελέσματος (Yung *et al.*, 2011, Michelini *et al.*, 2011).

Η θεωρία Research for Design (R4D) κινείται σε αυτήν την κατεύθυνση αφού μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη διαμόρφωση βάσεων γνώσεων που οδηγούν στη εξαγωγή κατάλληλων προτάσεων προς τη φάση της σχεδίασης. Η εφαρμογή της επικεντρώνεται στο να δώσει στο σχεδιαστή την κατάλληλη συγκεκριμένη πληροφορία που απαιτεί σε πραγματικό χρόνο. Διαφέρει από την έρευνα σε τμήματα R&D που συνήθως αφορά βασική έρευνα. Η θεωρία R4D επικεντρώνεται σε πραγματικά προϊόντα και πραγματικές συνθήκες και στοχεύει να δώσει όλα τα εφόδια ώστε σε οποιαδήποτε στιγμή να μπορεί να ανατρέξει στη βάση δεδομένων που περιέχει ότι πληροφορία έχει συλλεχθεί και να μεταφράσει τα δεδομένα αυτά σε νέα επανασχεδιαζόμενα προϊόντα γρήγορα και αποδοτικά (NRC, 2001). Η σωστή εφαρμογή της απαιτεί να υπάρχει συνεχής επικοινωνία και συλλογή πληροφορίας μεταξύ των διαφορετικών ομάδων που εμπλέκονται καθ' όλη τη διάρκεια ζωής ενός προϊόντος καθώς και να αξιοποιεί όλα τα τεχνολογικά ευρήματα που σχετίζονται με το προϊόν ή τις εκτελούμενες εργασίες κατά τη σχεδίασή του. Λίγο πολύ οι αρχές της R4D προσαρμοσμένες στις ιδιαιτερότητες και απαιτήσεις του υπό μελέτη προβλήματος ακολουθήθηκαν και στο στάδιο ανάλυσης REDP_B.

Άλλα πιθανά εργαλεία που μπορούν να επίσης να χρησιμοποιηθούν με επιτυχία είναι πολλά. Ενδεικτικά αναφέρονται (NRC, 2001):

- Η Pugh Method, όπου με βάση τις γνώμες πελατών και δεδομένα από τη φάση της σχεδίασης σχεδιάζεται ένας πίνακας αποφάσεων που διερευνά πιθανές σχεδιαστικές αλλαγές σε σχέση με συγκεκριμένα κριτήρια. Ο πίνακας συμπληρώνεται με (+), (-) και (0) ανάλογα με το αν η πρόταση που διατυπώνεται βελτιώνει, χειροτερεύει ή δεν αλλάζει σε τίποτα την υφιστάμενη κατάσταση.
- Η Quality Function Deployment, που ξεκίνησε στα πλαίσια της προσπάθειας ανάπτυξης καινοτόμων προϊόντων βασίζεται στις προτάσεις των πελατών προκειμένου να διαμορφώσει ένα βέλτιστο ποιοτικό αποτέλεσμα. Και εδώ τα δεδομένα καταχωρούνται σε πίνακα προκειμένου να οργανωθούν όπου γίνεται προσπάθεια να συσχετιστούν οι απαιτήσεις των πελατών που αποτυπώνουν τις απαιτήσεις της αγοράς με σχεδιαστικές παραμέτρους μέσα από αριθμητικές τιμές που καταγράφονται στον πίνακα.

- Η Decision Matrix Technique όπου μέσα από συγκεκριμένα επιμέρους κριτήρια που μετράνε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της κάθε πιθανής σχεδιαστικής πρότασης υπολογίζεται μια συνολική τιμή που κατατάσσει τις πιθανές προτάσεις.
- Η Analytical Hierarchy Process που αποτελεί μια πολυκριτήρια ανάλυση όπου σταδιακά κατατάσσονται οι πιθανές εναλλακτικές και οργανώνεται η υπάρχουσα πληροφορία (Hur *et al.*, 2005).

Κοινό χαρακτηριστικό στις παραπάνω μεθόδους είναι ότι περιλαμβάνουν σχετικά υψηλά επίπεδα υποκειμενικών εκτιμήσεων.

Εκτός από τα παραπάνω μπορούν να χρησιμοποιηθούν και εργαλεία που βασίζονται στην ποιότητα και αβεβαιότητα που περιλαμβάνει η διαδικασία σχεδίασης όπως:

- Η Projected Latent Structure (ή PLS Partial Least Squares) όπου η βαρύτητα δίνεται περισσότερο στην πρόβλεψη των επιπτώσεων από τις προτάσεις που διατυπώνονται και λιγότερο στην κατανόηση του πώς σχετίζονται με το προϊόν και τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του.
- Η Taguchi Method όπου η βαρύτητα δίνεται στη στατιστική σχεδίαση και ανάλυση πειραμάτων προκειμένου να βρεθούν οι πιθανές μεταβολές σε χαρακτηριστικά που μπορούν να βελτιώσουν το τελικό αποτέλεσμα και πώς αυτές επηρεάζουν το συνολικό αποτέλεσμα.
- Η Six Sigma βασίζεται στην αρχή πώς όταν οι μετρήσεις ενός χαρακτηριστικού προσεγγίζονται από μια κανονική κατανομή τότε το 95% των μετρήσεων που θα διεξαχθούν θα βρίσκονται στο διάστημα $\pm 2\sigma$. Για την επιτυχή παραγωγή ενός προϊόντος αυτό σημαίνει ότι 5% των παραγόμενων προϊόντων θα έχουν ελάττωμα ενώ στο διάστημα $\pm 6\sigma$ θα υπάρχουν στατιστικά 3,4 ελαττωματικά προϊόντα στο ένα εκατομμύριο. Στη διαδικασία της σχεδίασης η συγκεκριμένη μέθοδος έχει μια πιο διευρυμένη εφαρμογή αφού χρησιμοποιείται για την καταγραφή της ποιότητας εφαρμοζόμενων στρατηγικών, και εργαλείων ανάλυσης για τη βελτίωση ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας. Η συγκεκριμένη μέθοδος έχει εφαρμογές σε πολλές εταιρείες όπως η Motorola, η Texas Instrument, η General Electric στον ορισμό προβλημάτων, τη χρήση διαγραμμάτων, τη διεξαγωγή αναλύσεων, τον έλεγχο υποθέσεων, τη διεξαγωγή πειραμάτων, κ.α.

Άλλα εργαλεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή εναλλακτικών είναι θεωρίες που μέσα από αυτές διαμορφώνεται ένα περιβάλλον για να υποστηρίξει το λήπτη απόφασης. Ενδεικτικά αναφέρεται η Triz method που βασίζεται στην προώθηση εργασιών που συμβάλουν στη δημιουργία νέων προτάσεων μέσα από τη μελέτη αντικρουόμενων στόχων (Yang *et al.*, 2011), η Dym's που κατατάσσει τα επιμέρους τμήματα σε αυτά που απαιτούν επιτακτικά αλλαγές σε σχέση με άλλα ή σε αυτά που απαιτούν την εφαρμογή κλασικών μεθόδων σε σχέση με άλλα που απαιτούν πιο καινοτόμες προσεγγίσεις, η Suh's axiomatic όπου το πρόβλημα εξετάζεται από τέσσερις διαφορετικές οπτικές που είναι του πελάτη, των λειτουργικών απαιτήσεων, των σχεδιαστικών παραμέτρων και των μεταβλητών του προϊόντος ή της διαδικασίας και αναζητείται τι είναι επιθυμητό να επιτευχθεί και πώς μπορεί να επιτευχθεί αυτό. Τέλος, υπάρχουν και άλλα πιθανά εργαλεία από το χώρο της διοίκησης του μάρκετινγκ και της οικονομικής ανάλυσης που μπορούν να εφαρμοστούν με επιτυχία ανάλογα με τις συνθήκες του προβλήματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΗΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

"Everything should be made as simple as possible, but not simpler", A. Einstein

4.1 Εφαρμογή: Μετασχηματιστής (Μ/Σ)

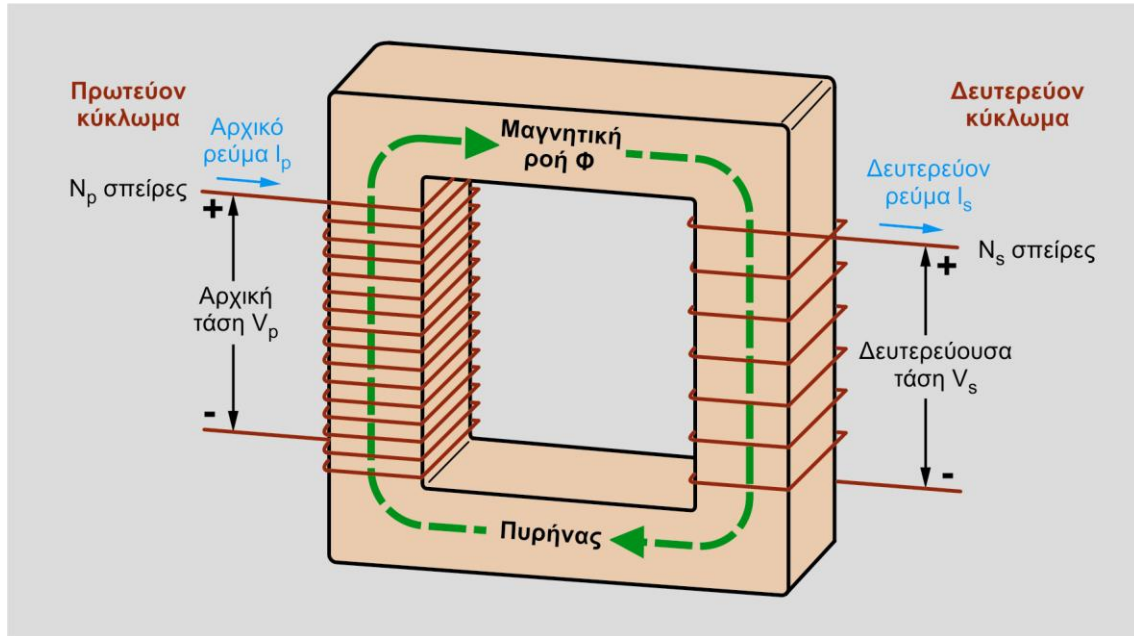
Γενικά Χαρακτηριστικά: Τα τελευταία χρόνια υπάρχει έντονο ενδιαφέρον για τη διαχείριση των μετασχηματιστών (Μ/Σ) αφού ολοκληρώσουν τη χρήσιμη ζωή τους. Ο κύριος λόγος για αυτό είναι πως χρόνο με το χρόνο υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός από Μ/Σ που ολοκληρώνουν τη χρήσιμη ζωή τους δεδομένου ότι μετά τη δεκαετία του '60 η συνεχής αύξηση της βιομηχανικής δραστηριότητας είχε ως αποτέλεσμα τη συνεχώς αυξανόμενη χρήση Μ/Σ. Οπότε με δεδομένο το γεγονός ότι υπό φυσιολογικές συνθήκες ο χρόνος ζωής ενός Μ/Σ υπερβαίνει τα 30 έτη γίνεται εύκολα κατανοητό ότι τα προβλήματα που προκύπτουν σχετικά με την τελική διαχείριση και αντικατάστασή τους αυξάνονται συνεχώς χρόνο με το χρόνο.

Ένας Μ/Σ είναι ένα προϊόν μεγάλων διαστάσεων, μεγάλης αναμενόμενης διάρκειας ζωής που ακολουθεί σχετικά αργό ρυθμό σχεδιαστικών αλλαγών στο χρόνο σε σχέση με άλλα προϊόντα ΗΗΕ. Χρησιμοποιείται από συγκεκριμένη κατηγορία πελατών όπως για παράδειγμα στην Ελλάδα από τη ΔΕΗ, ΔΕΚΟ (ΟΤΕ, ΟΣΕ, ΗΣΑΠ, κ.α.), Τράπεζες, Υπουργεία και Ιδιωτικές Επιχειρήσεις, όπου η ΔΕΗ είναι ο βασικός χρήστης αφού εκτιμάται ότι διαθέτει πάνω από 140.000 μετασχηματιστές (Μ/Σ) διανομής (Ραΐσιος, 2001). Σε παγκόσμιο επίπεδο υπολογίζεται ότι ο αριθμός των Μ/Σ που βρίσκονται σε χρήση σήμερα υπερβαίνει τα 100.000.000. Κατά τη σχεδίαση ενός Μ/Σ μπορούν να ληφθούν υπόψη σε μικρό ή μεγάλο βαθμό κριτήρια οικονομικά, ενεργειακής απόδοσης, ασφαλούς λειτουργίας και περιβαλλοντικής συμπεριφοράς. Το ζητούμενο σε κάθε περίπτωση είναι να διατυπώνονται προτάσεις σχεδίασης που έχουν ανεκτό κόστος σε σχέση με την ενεργειακή απόδοση του τελικού αποτελέσματος. Στην εφαρμογή που ακολουθεί ο στόχος αυτός δεν εξετάζεται αφού τα ζητούμενα είναι η βέλτιστη περιβαλλοντική συμπεριφορά του Μ/Σ μετά την απόσυρσή του και η διατύπωση προτάσεων προς τη φάση της σχεδίασης που μπορούν να βοηθήσουν στη συγκεκριμένη κατεύθυνση. Στη συνέχεια και πριν την παρουσίαση της εφαρμογής παρουσιάζονται συνοπτικά δεδομένα που σχετίζονται με τους μετασχηματιστές, τη λειτουργία και την εξέλιξή τους στο χρόνο.

Η λειτουργία του Μ/Σ: Ο Μ/Σ αποτελεί μια διάταξη που χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές όπως στους σταθμούς ηλεκτρικής ενέργειας, σε οικιακές συσκευές, σε συσκευές ήχου, στην τηλεφωνία και σε διάφορες άλλες ηλεκτρονικές διατάξεις. Η λειτουργία του βασίζεται σε δύο αρχές: Πρώτον, ότι ένα ηλεκτρικό ρεύμα μπορεί να δημιουργήσει ένα μαγνητικό πεδίο (ηλεκτρομαγνητισμός) και δεύτερον ότι ένα εναλλασσόμενο μαγνητικό πεδίο εντός ενός πηνίου δημιουργεί μια διαφορά τάσης στα άκρα του πηνίου (ηλεκτρομαγνητική επαγωγή). Πρόκειται για μια συσκευή που μεταφέρει ηλεκτρική ενέργεια από ένα πρωτεύον κύκλωμα σε ένα δευτερεύον μέσω επαγωγικά συνδεδεμένων ηλεκτρικών αγωγών. Το εναλλασσόμενο ρεύμα στο πρώτο κύκλωμα (πρωτεύον) δημιουργεί ένα εναλλασσόμενο μαγνητικό πεδίο το οποίο στη συνέχεια προκαλεί μια εναλλασσόμενη τάση στο δευτερεύον κύκλωμα. Με άλλα λόγια αλλάζοντας το ρεύμα στο πρωτεύον κύκλωμα, αλλάζει η ένταση του μαγνητικού πεδίου και από τη στιγμή που

το αλλαγμένο μαγνητικό πεδίο εκτείνεται στο δευτερεύον πηνίο δημιουργείται διαφορά τάσης στο δευτερεύον κύκλωμα.

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται ένα απλό σχέδιο μετασχηματιστή. Ρεύμα περνάει μέσα από το πρωτεύον κύκλωμα δημιουργώντας ένα μαγνητικό πεδίο. Το πρωτεύον και το δευτερεύον κύκλωμα τυλίγονται γύρω από έναν πυρήνα υψηλής διαπερατότητας, ο οποίος συνήθως είναι σίδηρος ή κάποιο κράμα σιδήρου γεγονός που διασφαλίζει ότι το μεγαλύτερο μέρος του παραγόμενου μαγνητικού πεδίου που παράγεται στο πρωτεύον κύκλωμα περνάει μέσω του πυρήνα στο δευτερεύον κύκλωμα.



όπου: $V_s / V_p = I_p / I_s = N_s / N_p$

Σχήμα 25. Αρχή λειτουργίας ενός μετασχηματιστή (M/Σ)

Οι μετασχηματιστές θεωρούνται από τις πλέον αποδοτικές ηλεκτρικές συσκευές με απόδοση στην πράξη της τάξης του 99%. Στην ιδανική περίπτωση η απόδοση θα ήταν 100% αλλά στην πράξη υπάρχουν απώλειες στα τυλίγματα, στον πυρήνα και τα υπόλοιπα επιμέρους μέρη του μετασχηματιστή. Πιο αναλυτικά οι απώλειες σε έναν μετασχηματιστή μπορεί να είναι:

- Απώλειες κενού φορτίου που οφείλονται στο υλικό του πυρήνα και είναι απώλειες μαγνητικής υστέρησης (από την τάση του υλικού να συγκρατήσει το μαγνητισμό) ή απώλειες δινορευμάτων που δημιουργούνται από τις τάσεις επαγωγής που αναπτύσσονται (απώλειες θερμότητας). Πρόκειται για απώλειες που είναι ανεξάρτητες από το φορτίο, εμφανίζονται όποτε είναι ενεργοποιημένος ο M/Σ, άρα έχουν σταθερή τιμή και εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά του μαγνητικού υλικού και τη διαδικασία κατασκευής του πυρήνα.
- Απώλειες φορτίου που είναι απώλειες στις αντιστάσεις ή στα τυλίγματα ή στα υπόλοιπα μέρη ενός M/Σ ενώ εξαρτώνται από το ρεύμα του φορτίου (Olivares-Galvan *et al.*, 2009).

Οι στόχοι στη σχεδίαση και εξέλιξη των M/Σ σήμερα εστιάζονται στον ορισμό τιμών για συγκεκριμένα χαρακτηριστικά (υλικά, διαστάσεις, συναρμολόγηση, μόνωση, ψύξη, κ.α.) με βάση

συγκεκριμένες προδιαγραφές που θα πρέπει να ικανοποιούνται προκειμένου το τελικό αποτέλεσμα να συνδυάζει ελάχιστο βάρος, διαστάσεις, κόστος και να έχει βέλτιστη επίδοση κατά τη λειτουργία του. Επίσης προβλήματα που απασχολούν τη σχεδίαση είναι οι επιπτώσεις από τις μηχανικές και θερμικές καταπονήσεις και η ικανότητα αντοχής σε μεταβατικά φαινόμενα και υπερτάσεις. Σε οποιαδήποτε περίπτωση η ανάλυση ή σχεδίαση ενός Μ/Σ ξεκινάει από το γεγονός ότι είναι μια συσκευή ΗΗΕ που περιλαμβάνει τα εξής:

- Επιμέρους τμήματα από διάφορα υλικά, κυρίως μεταλλικά.
- Τα βασικά τμήματα στα οποία βασίζεται και η λειτουργία του είναι τα δύο τυλίγματα που είναι από αλουμίνιο ή χαλκό και ο πυρήνας που είναι από πυριτιούχο χάλυβα ή άμορφο σίδηρο.
- Σύστημα μόνωσης που μπορεί να είναι κάποιος τύπος ελαίου (ορυκτελαίου ή συνθετικού ή φυτικού ελαίου) ή ξηρού τύπου οπότε το μέσο μόνωσης μπορεί να είναι ο αέρας και τα τυλίγματα να είναι μονωμένα με κατάλληλα υλικά.

4.2 Βασικοί Σταθμοί Εξέλιξης των Μ/Σ ως τη Σημερινή Εποχή

Η βασική αρχή στην οποία βασίζεται η λειτουργία ενός Μ/Σ που είναι η μαγνητική επαγωγή παρουσιάστηκε αρχικά από τον Μ. Faraday το 1831 χωρίς να επιδιωχθεί η πρακτική χρήση της. Ο πρώτος Μ/Σ με στόχο τη χρήση του στην πράξη κατασκευάστηκε το 1836 με σπειροειδή κυκλώματα από τον Ιρλανδό κληρικό Ν. Callan που βασίστηκε στην αρχή ότι όσο περισσότερες σπείρες έχει το πρωτεύον κύκλωμα τόσο μεγαλύτερο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο δημιουργεί. Στα χρόνια ανάμεσα στο 1830 ως το 1870 υπήρξαν βελτιώσεις στη μορφή και τα υλικά που χρησιμοποιούνταν για τα κυκλώματα με στόχο να έχουν τη δυνατότητα να διαχειρίζονται μεγαλύτερες τάσεις. Σταδιακά επίσης αντικαταστάθηκε η χρήση του συνεχούς ρεύματος από εναλλασσόμενο. Αποδοτικές μορφές σχεδίασης με δύο κυκλώματα (πρωτεύον και δευτερεύον) κοντά στη σημερινή μορφή εμφανίζονται μετά το 1880. Η πρώτος Μ/Σ για εμπορική χρήση κατασκευάστηκε το 1886 από τον W. Stanley έχει σχήμα Ε με πυρήνα από πλάκες σιδήρου.

Στη συγκεκριμένη πατέντα χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά ο όρος «μετασχηματιστής». Ακολούθησε το 1887 η εταιρεία E. Thomson που εφάρμοσε πρώτη την ιδέα χρήσης ορυκτελαίου σαν μέσο ψύξης και μόνωσης (Myers *et al.*, 1981). Το 1889 ο Ρώσος μηχανικός Μ. Dolino-Dobronolsky ανέπτυξε τον πρώτο τριφασικό Μ/Σ που χρησιμοποιούσε τρία εναλλασσόμενα ρεύματα με διαφορά φάσης 120° ανά δύο. Οι περισσότεροι Μ/Σ που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι τριφασικοί. Τέλος, το 1891 ο Ν. Tesla ανακάλυψε το πηνίο Tesla που αποτελεί μια μορφή κυκλώματος που χρησιμοποιείται για την παραγωγή υψηλών τιμών τάσεων και ρεύματος και χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές όπως το φωτισμό, τη δημιουργία ακτίνων-χ, την ασύρματη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας, κ.α.

Στα χρόνια που ακολούθησαν από το 1886 μέχρι το 1936 η εξέλιξη των Μ/Σ φαίνεται επιγραμματικά στο σχήμα που ακολουθεί:



Σχήμα 26. Εξέλιξη στη μορφή των μετασχηματιστών από το 1886 ως το 1936

Πιο συγκεκριμένα στοιχεία για την εξέλιξη επιμέρους στοιχείων των Μ/Σ που μπορούν να δώσουν και εναύσματα για τη μετέπειτα διατύπωση προτάσεων στη φάση σχεδίασης είναι τα εξής:

Πυρήνας: Η πιο σημαντική καινοτομία στα πιθανά χρησιμοποιούμενα υλικά για τον πυρήνα ήταν η χρήση του χάλυβα πυριπίου το 1932. Με τα χρόνια οι ιδιότητες του χρησιμοποιούμενου χάλυβα βελτιώθηκαν. Όσον αφορά τα υλικά επικάλυψης στόχος είναι η βελτίωση της ικανότητας μόνωσης. Αυτό που επιδιώκεται είναι η δημιουργία όσο το δυνατό πιο λεπτών στρωμάτων επικάλυψης που ικανοποιούν τις απαιτήσεις μόνωσης. Η βέλτιστη συμπεριφορά του πυρήνα επηρεάζεται από το πόσο λεπτά είναι τα χρησιμοποιούμενα φύλλα από χάλυβα που χρησιμοποιούνται σε βαθμό που να επιτυγχάνεται ελαχιστοποίηση των απωλειών από τα κυκλοφορούντα ρεύματα. Όσον αφορά τη μορφή των πυρήνων η μαζική παραγωγή τους οδήγησε σε πολλές προτάσεις. Η γνωστή μορφή C χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά περίπου το 1940. Ο πυρήνας σε μορφή C δημιουργείται από ένα συνεχόμενο λεπτό κομμάτι χάλυβα που διπλώνεται σε μορφή ορθογώνιου το οποίο στη συνέχεια υφίσταται ανόπτιση. Ο πυρήνας σχηματίζεται από δύο επιμέρους κομμάτια C που συναρμολογούνται γύρω από ένα πηνίο. Μετά τα μέσα του '50 ξεκίνησε η ευρεία χρήση των πυρήνων τυλιχτού τύπου που διαμορφώνονταν σε μια κυβική μορφή ενώ ακολουθούσε η ανόπτυσή τους για την εξωτερίκευση των μηχανικών ιδιοτήτων τους. Οι περισσότεροι πυρήνες σήμερα στους Μ/Σ διανομής είναι τυλιχτού τύπου. Τα επιμέρους φύλλα από τα οποία αποτελούνται είναι κομμένα όπου η κάθε άκρη δεν ευθυγραμμίζεται με την προηγούμενη για πολύ λίγο ώστε να διευκολύνεται η αποσυναρμολόγηση και να ελαχιστοποιείται η απώλεια ενέργειας στο συνολικό πυρήνα ενώ το

χρησιμοποιούμενο υλικό είναι τις περισσότερες φορές ασάλι με προσθήκη πυριτίου. Στόχος είναι η διαμόρφωση ενός πυρήνα απλής μορφής και διαδικασίας κατασκευής. Σε αυτήν την κατεύθυνση οι πυρήνες που κατασκευάζονται επιθυμητό είναι να αποτελούνται από όσο το δυνατό λιγότερα επιμέρους φύλλα ενώ και στα σημεία σύνδεσης επιθυμητό είναι να χρησιμοποιούνται υλικά με μεγάλη διαπερατότητα.

Από τις αρχές του '80 και μετά η μεγάλη αύξηση στο κόστος της ενέργειας οδήγησε στη χρήση των άμορφων πυρήνων χάλυβα. Στην περίπτωση αυτή το άμορφο μέταλλο ψύχεται από την υγρή μορφή σε πολύ λίγο χρόνο ώστε να μην προλαβαίνει να λάβει κρυσταλλική δομή. Οπότε το μέταλλο που προκύπτει είναι ισοδύναμο σαν υλικό με γυαλί. Η συγκεκριμένη μορφή πυρήνων έχει πλεονεκτήματα όπως ότι μπορεί να είναι μικρότερου μεγέθους από τους συμβατικούς πυρήνες ενώ έχει πολύ μικρές απώλειες αλλά και μειονεκτήματα όπως ότι το υλικό που χρησιμοποιείται είναι πιο εύθραυστο ενώ και το απαιτούμενο κόστος της διαδικασίας διαμόρφωσης του πυρήνα είναι πολύ μεγαλύτερο.

Πηνία: Κατασκευάζονται από χαλκό ή αλουμίνιο όπου ενδιάμεσα μονώνονται με χαρτί. Λωρίδες από το αγώγιμο υλικό συγκολλούνται ή χαλκοκολλούνται κατά μήκος της άκρης του φύλλου στην αρχή και το τέλος και στη συνέχεια διαμορφώνεται το πηνίο. Για την ενδιάμεση μόνωση μπορούν να χρησιμοποιηθούν μικρά κομμάτια από διαμάντι σε πεπιεσμένο χαρτί που ενισχύει και την αντοχή του και δίνει καλύτερα αποτελέσματα από τη χρήση ρητίνης σε όλη την επιφάνεια του πεπιεσμένου χαρτιού. Όσον αφορά τη μορφή τους οι περιελίξεις έχουν συνήθως κυκλική μορφή, είναι διαμορφωμένες σε διαφορετικά επίπεδα και είναι επικαλυμμένες με σμάλτο. Ανάμεσα στα επίπεδα υπάρχει αναδιπλωμένο χαρτί προκειμένου να δίνει στο πηνίο την επιθυμητή σταθερότητα και μόνωση για την τάση ανάμεσα στα διάφορα επίπεδα. Το μειονέκτημα της παραπάνω μορφής είναι ότι κατά την ξήρανση του πηνίου ο μόνος δρόμος για την αφαίρεση της υγρασίας είναι από τα άκρα του πηνίου γεγονός που απαιτεί κάποιο χρόνο. Μια λύση για αυτό είναι να χρησιμοποιηθούν πολλά μικρά πολυεπίπεδα πηνία. Ο χαλκός είναι το βασικό υλικό που χρησιμοποιείται. Στις αρχές της δεκαετίας του '60 η αστάθεια στην αγορά χαλκού οδήγησε στην αναζήτηση και άλλων υλικών οπότε ξεκίνησε εκτενώς και η χρήση αλουμινίου. Η χρήση κυκλικών περιελίξεων από αλουμίνιο στο πρωτεύον πηνίο ήταν εκτενώς διαδεδομένη στις αρχές της δεκαετίας του '70. Σήμερα στους Μ/Σ διανομής χρησιμοποιούνται τόσο το αλουμίνιο όσο και ο χαλκός και η επιλογή γίνεται συνήθως με βάση οικονομικά κριτήρια. Η ενδιάμεση χρήση χαρτιού ως μονωτικό υλικό έχει το μειονέκτημα ότι μπορεί να δημιουργήσει μη-επιθυμητά κενά. Για το λόγο αυτό και συχνά οι σπείρες διαπλάτνονται σε κυκλική ή τετραγωνική μορφή.

Η τάση σήμερα στη σχεδίαση των πηνίων στους Μ/Σ εστιάζεται στην κατασκευή υπεραγώγιμων Μ/Σ υψηλής θερμοκρασίας (HTS, High Temperature Superconducting) που κατασκευάζονται με τη χρήση κατάλληλων υλικών στα δύο τυλίγματα (περιλαμβάνουν και προσθήκη πλαστικών ενισχυμένων με ίνες γυαλιού) ενώ ως μέσο ψύξης χρησιμοποιείται το υγρό άζωτο. Τα βασικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν οι συγκεκριμένοι Μ/Σ είναι ότι μπορούν να έχουν μικρότερο μέγεθος και βάρος, μεγαλύτερη απόδοση, μειωμένο κίνδυνο πυρκαγιάς και μικρότερο κίνδυνο για το περιβάλλον (Kummeth *et al.*, 2000).

Υλικά ψύξης και μόνωσης: Η μόνωση σε έναν Μ/Σ επηρεάζει το βαθμό στον οποίο μπορεί να αντέξει υπερτάσεις ή άλλες μη-αναμενόμενες καταστάσεις κατά τη λειτουργία του που μπορεί να τον οδηγήσουν σε αχρηστία. Με τα χρόνια η ποιότητα των υλικών μόνωσης υποβαθμίζεται λόγω υγρασίας, καταπονήσεων κατά τη λειτουργία, κ.α. Το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο μονωτικό μέσο για πηνία υψηλής τάσης είναι η επικάλυψη με σμάλτο και η τοποθέτηση χαρτιού ανάμεσα

στα διαφορετικά επίπεδα. Για τα πηνία χαμηλής τάσης αρκεί η τοποθέτηση χαρτιού ανάμεσα στα επίπεδα. Η χρήση του χαρτιού ως υλικό μόνωσης ξεκίνησε το 1958. Με τον καιρό η χρήση του αναδιπλωμένου χαρτιού αντικαθίσταται από συνθετικές πολυμερείς επικαλύψεις ή συνθετικά υφάσματα. Ουσίες που έχουν χρησιμοποιηθεί ως ψυκτικά είναι τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB ή askarels) τα οποία χρησιμοποιήθηκαν εκτενώς μέχρι την απαγόρευσή τους εξαιτίας των αρνητικών επιδράσεων που είχαν σε περιβάλλον και ανθρώπινη υγεία και οι υδρογονάνθρακες υψηλού μοριακού βάρους που χαρακτηρίζονται από υψηλή θερμοκρασία ανάφλεξης (της τάξης των 300°C) αλλά έχουν ως βασικά μειονεκτήματα το υψηλό κόστος και μειωμένη ικανότητα ψύξης εξαιτίας του υψηλότερου ιξώδους που οφείλεται στο μεγάλο μοριακό βάρος. Άλλα υλικά που έχουν δοκιμαστεί είναι κάποια είδη σιλικόνης (πχ. polydimethylsiloxane) που ως λύση αν και έχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα έχουν υψηλό κόστος καθώς και μίγματα τετραχλωροαιθανίου και ορυκτελαίων που για μερικά χρόνια αποτελούσαν τη μόνη λύση αλλά με τα χρόνια έπαψε να ισχύει αυτό γιατί πρόκειται για μη-βιοδιασπάσιμα υλικά που παράγουν τοξικά υποπροϊόντα με αρνητικές επιπτώσεις στην επιδείνωση της τρύπας του όζοντος στην ατμόσφαιρα.

Η λύση στην οποία υπάρχει μέχρι και σήμερα έντονη ερευνητική δραστηριότητα είναι η αντικατάσταση στους Μ/Σ λαδιού των ορυκτελαίων που δεν είναι βιοδιασπάσιμα υλικά με συνθετικούς υδρογονάνθρακες, σιλικόνες ή φυσικούς εστέρες, οπότε ο Μ/Σ παραμένει εμβαπτισμένος σε υγρό χωρίς τους κινδύνους του ορυκτελαίου, ενώ και η αναφλεξιμότητα σε περίπτωση πυρκαγιάς περιορίζεται σημαντικά. Οι συνθετικοί εστέρες έχουν εφαρμογές κύρια σε εγκαταστάσεις που μπορούν να καλύψουν το υψηλό κόστος που συνεπάγεται η χρήση τους ενώ η έρευνα για τη χρήση φυσικών εστέρων από φυτικούς σπόρους υπάρχει σήμερα σε πολλές ερευνητικές ομάδες σε ΗΠΑ, Σουηδία, Φινλανδία, κ.α (US Patent 5,959,851, 1999, Abeyesundara *et al.*, 2001). Είναι πιθανό ότι στα επόμενα χρόνια οι φυσικοί εστέρες θα δώσουν υλικά με καλύτερες συνδυαστικές ιδιότητες υψηλής θερμοκρασίας, σταθερότητας, ικανότητας βιοδιάσπασης και κόστος ως εναλλακτική λύση απέναντι στα ορυκτέλαια (Oommen *et al.*, 1997, Martin *et al.*, 2006).

Επιπλέον μελέτες γίνονται για τη χρήση αερίων ως μονωτικών και ψυκτικών μέσων όπως το εξαφθοριούχο θείο (SF₆), οι αλογονούχοι υδρογονάνθρακες, το άζωτο, που επίσης έχουν ελάχιστες αρνητικές περιβαλλοντικές επιδράσεις, ελάχιστη τοξικότητα και είναι χημικά και θερμικά σταθερά σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών. Το SF₆ θεωρείται πως έχει την καλύτερη συμπεριφορά αφού έχει μεγάλη διηλεκτρική σταθερά οπότε συμβάλει στη σβέση ηλεκτρικών τόξων και την ασφαλή λειτουργία του Μ/Σ (Παπαναγιώτογλου, 2006).

Προστασία του Μ/Σ έναντι σε πιθανές αστοχίες: Οι πιθανές αστοχίες που μπορούν να συμβούν σε έναν Μ/Σ οφείλονται σε παρατεταμένα βραχυκυκλώματα ή στη διαρκή υπερφόρτιση ή σε σφάλματα της μόνωσης. Τα σημαντικά αρνητικά αποτελέσματα που μπορεί να προκύψουν από τις παραπάνω αστοχίες είναι η πρόκληση έκρηξης ή / και πυρκαγιάς γεγονός που μπορεί να προκαλέσει σημαντικό αρνητικό κόστος. Ενδεικτικά αξίζει να αναφερθεί ότι στην Ελλάδα πολλές από τις πυρκαγιές που έχουν εκδηλωθεί τα τελευταία χρόνια έχουν ξεκινήσει ή έχουν επεκταθεί εξαιτίας των 132.000 περίπου Μ/Σ που βρίσκονται σε δασικές περιοχές και οι οποίοι στις περισσότερες περιπτώσεις υπόκεινται σε ελλιπή συντήρηση. Η αιτία που δημιουργεί την πρόκληση των παραπάνω αρνητικών καταστάσεων υπό συγκεκριμένες συνθήκες είναι η συσσώρευση θερμότητας. Συγκεκριμένα αν σε κάποιο τμήμα του Μ/Σ υπάρχει ανάπτυξη θερμότητας με μεγαλύτερο ρυθμό από το ρυθμό απαγωγής που εξαρτάται από τη χρησιμοποιούμενη μέθοδο ψύξης, τότε η θερμότητα αυτή συνεχίζει να σωρεύεται μέχρι να οδηγήσει στα παραπάνω μη-επιθυμητά αποτελέσματα. Στην πράξη οι Μ/Σ είναι σχεδιασμένοι

έτσι ώστε να αντέχουν σε τιμές ρεύματος βραχυκυκλώματος για μερικά δευτερόλεπτα χωρίς να προκαλούνται βλάβες (ακόμα και στις περιπτώσεις υπερφορτίσεων που μπορεί η μέγιστη τιμή του ρεύματος να υπερβαίνει κατά πολύ την ονομαστική τιμή).

Για την προστασία ενός Μ/Σ σε συγκεκριμένες δυσάρεστες καταστάσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν βοηθητικά μέσα για προληπτική παρακολούθηση όπως θερμομέτρα λαδιού ή θερμίστορ ή άλλα κατάλληλα μέσα για την αντιμετώπιση τυχόν δυσάρεστων καταστάσεων όπως ασφάλειες σκόνης, διακόπτες ισχύος και ο ηλεκτρονόμος Buchholz. Οι ασφάλειες σκόνης αποτελούν τη φθηνότερη άρα και μια αρκετά ελκυστική λύση. Το όνομά τους το έχουν πάρει από τη σκόνη χαλαζία που περιέχουν στο εσωτερικό τους. Η λειτουργία τους βασίζεται στο γεγονός ότι σε υψηλές τιμές ρεύματος άρα και σε υψηλές ποσότητες θερμότητας λιώνει μέρος από το εξωτερικό τους περίβλημα οπότε η σκόνη χαλαζία μετατρέπεται σε ένα στερεό υλικό υψηλής αντίστασης που περιορίζει το ρεύμα βραχυκύκλωσης. Οι διακόπτες ισχύος είναι συσκευές προστασίας διακοπής και αποκατάστασης ηλεκτρικών κυκλωμάτων σε περιπτώσεις βραχυκυκλώματος. Η λειτουργία τους βασίζεται στο γεγονός ότι κατά τη στιγμή της ενεργοποίησής του δημιουργείται ηλεκτρικό τόξο μεταξύ των επαφών του το οποίο σβήνει με τη διέλευση λαδιού ή χρησιμοποιείται εξαφθοριούχο θείο υπό πίεση για την ψύξη του τόξου ανάλογα με τον τύπο του διακόπτη. Έχουν μεγαλύτερο κόστος και μπορούν να ρυθμιστούν εύκολα ώστε να συνεργάζονται με τους ηλεκτρονόμους της ΔΕΗ που μπορεί να είναι ηλεκτρομηχανολογικοί, ηλεκτρονικοί ή ψηφιακοί.

Ο ηλεκτρονόμος Buchholz συναντάται στους Μ/Σ με δοχείο διαστολής και χρησιμεύει στις περιπτώσεις που διαπιστωθούν οποιεσδήποτε μεταβολές π.χ. υπερθέρμανση, δημιουργία κενών (φουσαλίδες) στο εσωτερικό της δεξαμενής, ανάπτυξη δινορευμάτων, μεταβολές στη ροή του λαδιού οπότε και στους δύο θαλάμους με λάδι από τους οποίους αποτελείται πέφτει η στάθμη του λαδιού οπότε και κλείνει ένας μαγνητικός διακόπτης που δίνει σήμα για τη συνολική απενεργοποίηση του Μ/Σ.

Συντήρηση Μ/Σ: Οι εργασίες συντήρησης έχουν ως στόχο να προλάβουν τυχόν αστοχίες σε διάφορα μέρη ενός Μ/Σ με απώτερο στόχο την επέκταση του χρόνου ζωής. Τα τελευταία χρόνια στο συγκεκριμένο τομέα υπάρχει σημαντική πρόοδος ειδικά μετά την ανάπτυξη της μικροηλεκτρονικής οπότε και κατασκευάστηκαν όργανα καταγραφής των κατάλληλων μεγεθών και αναμετάδοσής τους σε κέντρα παρακολούθησης. Η τάση στη συντήρηση σήμερα είναι η μείωση του κόστους που αυτό μεταφράζεται είτε σε μείωση του απαιτούμενου χρόνου για συντήρηση ή στην πλήρη εξάλειψή της ως διαδικασία. Η αύξηση του χρόνου ανάμεσα σε δύο συντηρήσεις εξοικονομεί επίσης τόσο χρηματικούς πόρους όσο και απαιτούμενο εργατικό δυναμικό αυξάνοντας παράλληλα όμως τον κίνδυνο για την εμφάνιση τυχόν αστοχίας. Μεγέθη που χρειάζεται να ληφθούν υπόψη σε μια διαδικασία συντήρησης είναι τα εξής:

- Απαιτούμενες ενέργειες για την αντικατάσταση ενός Μ/Σ.
- Διαδικασία μετακίνησης του Μ/Σ.
- Διαδικασία ψύξης για την επισκευή ή την αγορά ενός νέου.
- Στάδια αποσυναρμολόγησης και επανασυναρμολόγησης.
- Διαδικασία τοποθέτησης και χρήσης ενός κινητού Μ/Σ κατά τη διάρκεια συντήρησης.
- Διαχείριση των ελαίων μονάδας που έχει τεθεί εκτός λειτουργίας.
- Διαδικασία επαναγεμίματος με έλαιο Μ/Σ που έχει επισκευαστεί ή είναι καινούργιος.
- Καταγραφή δυσαρέσκειας πελατών.

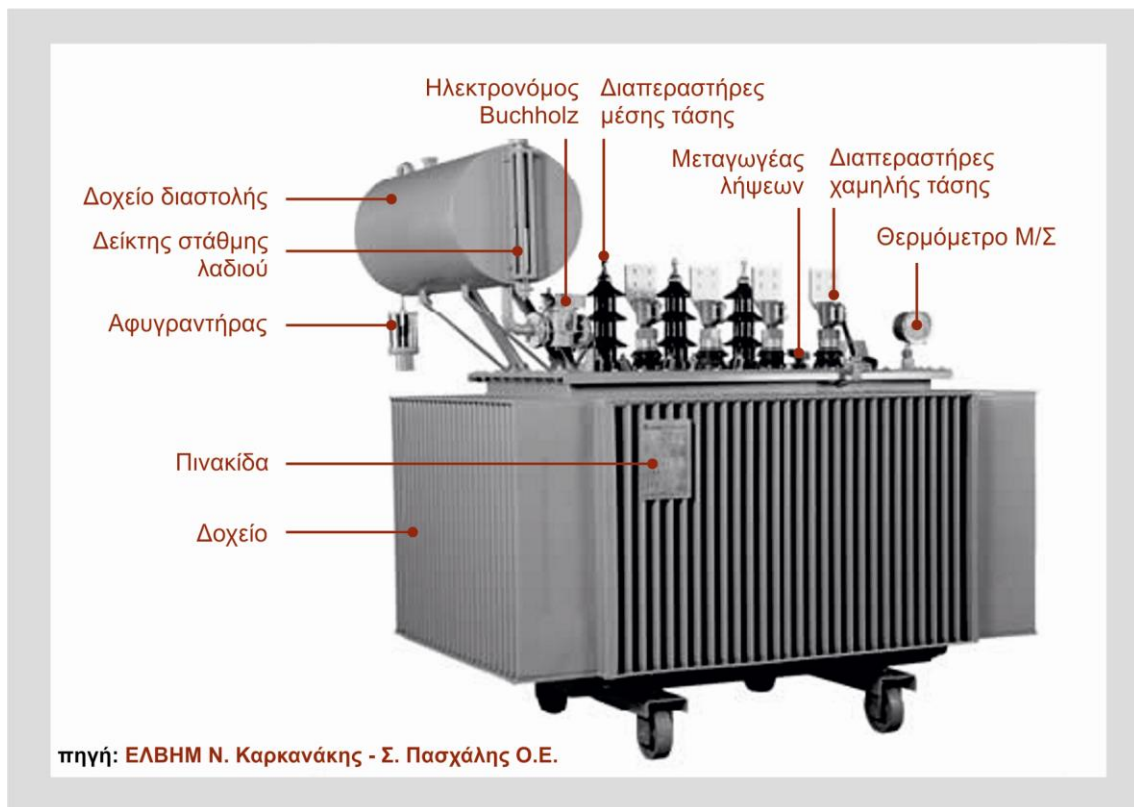
Ο χρόνος και το κόστος για ένα πρόγραμμα συντήρησης δεν πρέπει να θεωρούνται ως χαμένος χρόνος και κόστος αντίστοιχα. Στην πράξη υπάρχουν πολλά συστήματα παρακολούθησης και

καθοδήγησης που καθορίζουν και τις χρονικές στιγμές που χρειάζεται να γίνει συντήρηση. Παρόλα αυτά στην πράξη είναι θετικό να υπάρχει και επιπρόσθετη επιθεώρηση π.χ. σε ετήσια βάση που μπορεί να καταγράψει ασήμαντες αποκλίσεις πριν ακόμα δημιουργήσουν κάποιο ορατό πρόβλημα.

Με βάση όσα αναφέρθηκαν ως αυτό το σημείο είναι φανερό ότι έχουν γίνει αρκετές σχεδιαστικές βελτιώσεις που αποσκοπούν στη βέλτιστη απόδοση και τη βελτίωση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς. Βαρύτητα έχει δοθεί ως σήμερα στο στάδιο χρήσης. Οπότε έχει ενδιαφέρον να δει κάποιος τα αποτελέσματα ανάλυσης της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς από μια διαφορετική οπτική.

4.3 Παρουσίαση του Μ/Σ που Χρησιμοποιήθηκε

Το προϊόν που χρησιμοποιήθηκε ενδεικτικά για τη συνέχεια για την εφαρμογή της προτεινόμενης μεθόδου είναι ένας τριφασικός Μ/Σ διανομής λαδιού 630 kVA, 20/0,4 kV ο οποίος εξετάστηκε αρχικά όσον αφορά την αποσυναρμολόγησή του και στη συνέχεια όσον αφορά τη διατύπωση προτάσεων για τη βελτίωση της συμπεριφοράς μετά την απόσυρσή του. Ενδεικτικά στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται ένας Μ/Σ με τα παραπάνω χαρακτηριστικά εταιρείας που δραστηριοποιείται ως και σήμερα.

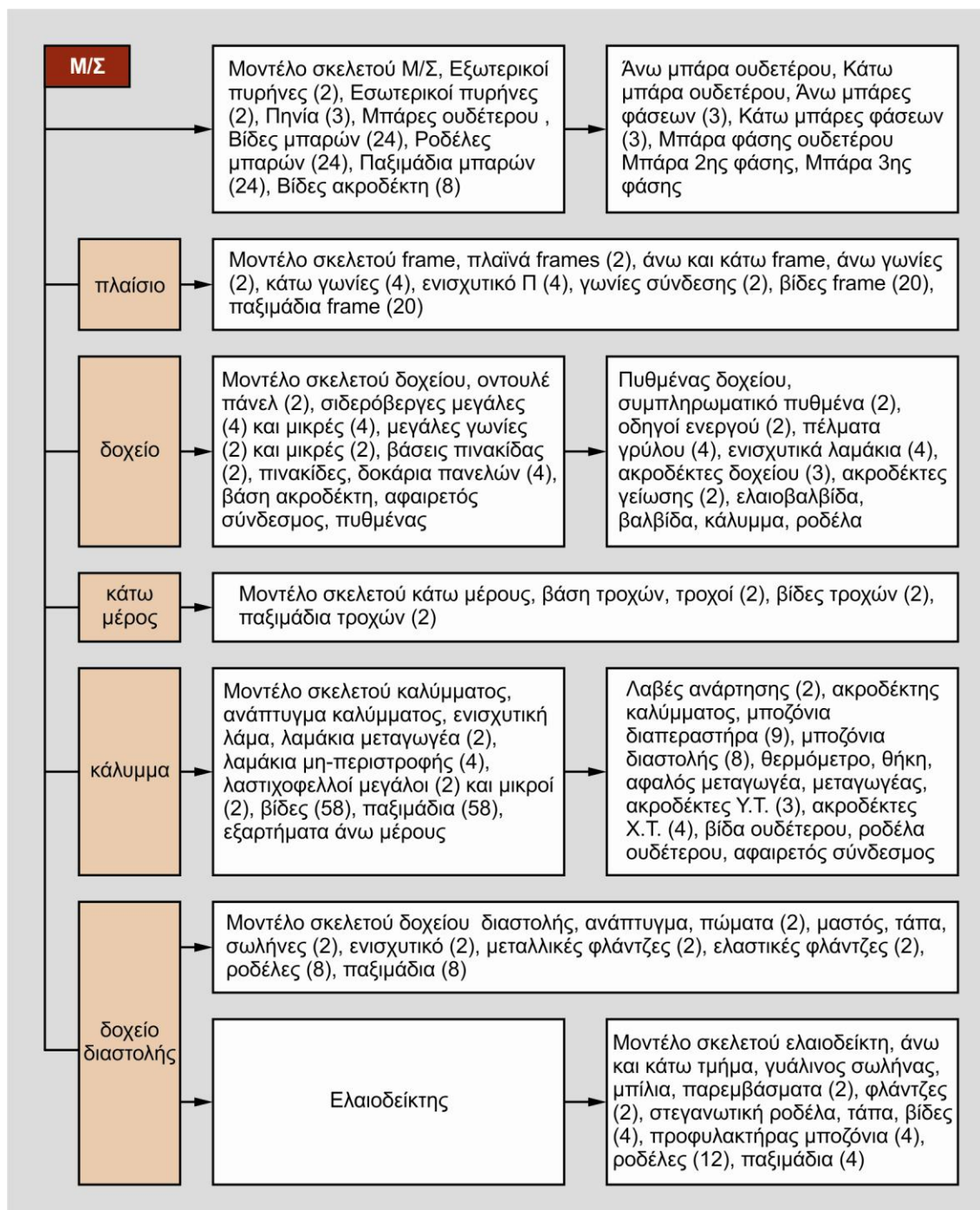


Σχήμα 27. Μετασχηματιστής (Μ/Σ) διανομής λαδιού

Πληροφορίες ήδη γνωστές για τον παραπάνω Μ/Σ, που θα αξιοποιηθούν στη συνέχεια, είναι οι εξής:

- Ο πυρήνας είναι τεχνολογίας τυλιχτού πυρήνα (τα ελάσματα είναι τυλιχτά σε μορφή πυρήνα από κομμένα φύλλα) και κατασκευάζεται από μαγνητική λαμαρίνα χαμηλών απωλειών. Η λαμαρίνα κόβεται σε φύλλα τυποποιημένων διαστάσεων και τυλίγεται σε μορφή κυλίνδρου. Στη συνέχεια διαμορφώνεται σε ειδική πρέσα και λαμβάνει τη μορφή πυρήνα ορθογωνικής διατομής. Ακολουθεί η ανόπτυσή του ώστε να ανακτήσει πλήρως τις ηλεκτρικές και φυσικές ιδιότητες του μαγνητικού υλικού.
- Τα πηνία που περιλαμβάνει είναι ορθογώνιας διατομής. Στα πηνία χαμηλής τάσης χρησιμοποιείται φύλλο χαλκού ή αγωγός ορθογώνιας διατομής. Στα πηνία μέσης τάσης χρησιμοποιείται σύρμα χαλκού ή αγωγός ορθογώνιας διατομής. Το μονωτικό υλικό μεταξύ των στρώσεων είναι εποξική κόλλα. Η κατασκευή τους ολοκληρώνεται με την ξήρανσή τους σε φούρνο θερμοκρασίας 100° C όπου πολυμερίζεται η κόλλα και σχηματίζεται ένα συμπαγές σύνολο.
- Το χρησιμοποιούμενο ψυκτικό μέσο είναι λάδι. Η αρχική πλήρωση γίνεται σε υψηλό κενό ώστε να διασφαλίζεται ότι το λάδι θα πάει παντού και δεν θα υπάρχει υγρασία ή αέρας που θα μπορούσε να προκαλέσει αστοχία.
- Επίσης είναι διαθέσιμα και τα διαγράμματα αποσυναρμολόγησης σε οποιοδήποτε επίπεδο είναι επιθυμητό να γίνει αυτό.
- Τέλος, από τη στιγμή που πρόκειται για ένα προϊόν γνωστής εταιρείας που κατασκευάζεται ακόμα και σήμερα είναι γνωστά και τα υλικά που χρησιμοποιούνται για όλα τα επιμέρους τμήματά του.

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται ένας ενδεικτικός κατάλογος των επιμέρους τμημάτων του παραπάνω Μ/Σ:



Σχήμα 28: Επιμέρους τμήματα τριφασικού μετασχηματιστή (M/Σ) διανομής λαδιού 630 kVA, 20/0,4 kV (Κατσιγιαννης, 2003)

4.4 Προσαρμογή των Αρχών της Λιτής Σκέψης σε M/Σ Διανομής Λαδιού για τα Πέντε Στάδια της Προτεινόμενης Ανάλυσης

4.4.1 Στάδιο Ανάλυσης EOLT_A

Ένας Μ/Σ διανομής είναι ένα προϊόν με μεγάλη αναμενόμενη διάρκεια ζωής ενώ με βάση όσα αναφέρθηκαν και παραπάνω ακολουθεί σε σχέση με άλλα προϊόντα ΗΗΕ αργό ρυθμό αλλαγών όσον αφορά τη μορφή και τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του. Η συλλογή των απαιτούμενων δεδομένων για την επιλογή και μετέπειτα εφαρμογή της βέλτιστης ΣΤΔ είναι το πρώτο βήμα στην πραγματοποιούμενη ανάλυση. Σύμφωνα με το χάρτη των απαιτούμενων προς υλοποίηση ενεργειών όπως διατυπώθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο (βλέπε Σχήμα 15) χρειάζεται να γίνουν οι εξής ενέργειες:

Ορισμός αρχικών στόχων: Αναζήτηση των απαιτούμενων δεδομένων για την επιλογή και μετέπειτα εφαρμογή της βέλτιστης ΣΤΔ.

Καταστάσεις πιθανών δεδομένων: Με βάση τις γενικές κατηγορίες πιθανών δεδομένων που περιγράφηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, συζητήσιμες με σχετικούς ερευνητές, την υπάρχουσα βιβλιογραφία (Bartley *et al.*, 1997, Jarman *et al.*, 2009, Belanger *et al.*, 1999) και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του υπό μελέτη προϊόντος, τα δεδομένα που επιλέγονται σε πρώτη φάση ως πιθανά για να αναζητηθούν είναι τα εξής:

- | | |
|--|---|
| Για τρέχουσα κατάσταση: | <ul style="list-style-type: none">• Πόσοι νέοι Μ/Σ διοχετεύονται στην αγορά ανά έτος;• Πόσοι αποσύρονται ανά έτος; Γιατί;• Αναμενόμενη και πραγματική διάρκεια ζωής. |
| Για το προϊόν: | <ul style="list-style-type: none">• Επιμέρους τμήματα, υλικά, συνδέσεις.• Διαδικασία αποσυναρμολόγησης.• Δυνατότητες ανακύκλωσης επιμέρους υλικών.• Επικίνδυνα υλικά.• Αιτία αστοχίας |
| Από τα υπόλοιπα στάδια του κύκλου ζωής: | <ul style="list-style-type: none">• Συνθήκες χρήσης.• Εκτελούμενες εργασίες συντήρησης κατά τη διάρκεια χρήσης |
| Για τις υπάρχουσες συνθήκες κατά την εφαρμογή της ΣΤΔ: | <ul style="list-style-type: none">• Διαθέσιμα μέσα.• Δυνατότητες παραπέρα αξιοποίησης προϊόντων ανακύκλωσης.• Επικινδυνότητα εκτελούμενων εργασιών. |

Για την επιλογή των δεδομένων που τελικά θα αναζητηθούν ακολουθείται η εξής διαδικασία:

Διατύπωση προκαταρκτικών ερωτήσεων:

- **1^η ερώτηση:** Ποιες ΣΤΔ εφαρμόζονται στην πράξη;

Η τελική διαχείριση ενός Μ/Σ στην πράξη συνοδεύεται από υψηλό κόστος για αυτόν που έχει τη σχετική ευθύνη. Προφανείς εναλλακτικές που ακολουθούνται ανάλογα με τα διαθέσιμα μέσα και τις συνθήκες που επικρατούν είναι η επισκευή, η αναβάθμιση του προϊόντος και η μη-επαναχρησιμοποίηση (White, 1998).

Η επισκευή θεωρείται λύση σχετικά χαμηλού κόστους παρόλα αυτά απαιτεί συγκεκριμένες προϋποθέσεις που θα πρέπει να πληρεί το τελικό αποτέλεσμα ώστε να μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί.

Η αναβάθμιση αποτελεί μια λύση υψηλότερου κόστους λόγω των δοκιμών που χρειάζεται να γίνουν και της αναζήτησης λύσεων που πολλές φορές δεν είναι προφανείς.

Η μη-επαναχρησιμοποίηση και αντικατάσταση του προϊόντος έχει τα πλεονεκτήματα ότι δίνει στην αγορά ένα νέο βελτιωμένο προϊόν με καλύτερες ιδιότητες, μεγαλύτερη απόδοση. Μειονέκτημα στη συγκεκριμένη επιλογή είναι το κόστος διαχείρισης του άχρηστου προϊόντος που αποσύρεται αφού τα προφανή κέρδη βρίσκονται μόνο στην αξιοποίηση ορισμένων από τα υλικά όπως ο χαλκός ενώ οι απαιτούμενες εργασίες που χρειάζεται να γίνουν είναι πολλές.

Πιο συγκεκριμένα για την Ελλάδα και σύμφωνα με τη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ) οι εφαρμοζόμενες ΣΤΔ για τους Μ/Σ περιλαμβάνουν μόνο τη μερική αποσυναρμολόγησή τους προκειμένου να λάβουν όλα τα πολύτιμα υλικά (χαλκός, ασάλι, αλουμίνιο, κ.α.) και επιμέρους τμήματα που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν ενώ τα υπόλοιπα τμήματα πετάγονταν σε χώρους υγειονομικής ταφής υπολειμμάτων (ΧΥΤΥ). Η παραπάνω ΣΤΔ έχει εγκαταλειφθεί τα τελευταία χρόνια εξαιτίας της υπάρχουσας νομοθεσίας και των δυνατοτήτων παραπέρα αξιοποίησης των υπόλοιπων τμημάτων. Σήμερα όλοι οι Μ/Σ μετά την απόσυρσή τους συλλέγονται και πωλούνται σε συγκεκριμένες εταιρείες που είναι υπεύθυνες για την παραπέρα διαχείρισή τους. Πριν ξεκινήσει η τελική διαχείριση αφαιρείται το ορυκτέλαιο το οποίο συλλέγεται χωριστά σε ειδικούς αποθηκευτικούς χώρους ενώ αυτό που μένει προωθείται σε κατάλληλες εταιρείες σε άλλες χώρες για παραπέρα επεξεργασία.

Συνοψίζοντας, στην πράξη επιλέγεται η επισκευή εφόσον είναι εφικτή. Αλλιώς το προϊόν αποσύρεται, υπόκειται σε κάποια αρχική επεξεργασία για να σταλεί στη συνέχεια σε κατάλληλες εγκαταστάσεις για την τελική διαχείριση.

- **2^η ερώτηση:** Περιέχει επικίνδυνα υλικά;

Το 1932 όπου υπήρχε μεγάλη ανησυχία για την ευφλεκτότητα των Μ/Σ ξεκίνησε η χρήση πολυχλωριωμένων διφαινυλίων (PCB ή askarels). Αν και επρόκειτο για μέσα ψύξης μη-εύφλεκτα παρουσίαζαν το μειονέκτημα ότι μπορούσαν να αποσυντεθούν σε περίπτωση εκδήλωσης ηλεκτρικού τόξου ή φωτιάς οπότε και διαμορφώνονταν υδροχλωρικό οξύ, τοξικά φουράνια και διοξίνες ουσίες επιβλαβείς για το περιβάλλον και τον άνθρωπο. Το γεγονός αυτό οδήγησε στην απαγόρευση χρήσης τους το 1977. Οπότε είναι προφανές ότι πολλοί μετασηματιστές που εξακολουθούν να λειτουργούν ως και σήμερα μπορούν να περιέχουν τις συγκεκριμένες επικίνδυνες ουσίες. Για την Ελλάδα η ΔΕΗ υποστηρίζει ότι δεν έχει χρησιμοποιήσει ποτέ Μ/Σ διανομής με πλήρωση πολυχλωριωμένων διφαινυλίων. Η δήλωση αυτή ενισχύεται και από το γεγονός ότι από το 1952 ως σήμερα σε όλους τους ελέγχους προδιαγραφών δεν έχει προδιαγραφεί η πλήρωση Μ/Σ με πολυχλωριωμένα διφαινύλια. Σε αντίθεση με την Ελλάδα σε άλλες χώρες όπως η Γαλλία, Αγγλία, Γερμανία, κ.α.. τα ποσοστά των Μ/Σ που περιέχουν πολυχλωριωμένα διφαινύλια υπερβαίνει το 25% (Dinelli *et al.*, 1997). Παρόλα αυτά και για την Ελλάδα μπορεί αν και είναι χαμηλά τα ποσοστά να υπάρχουν Μ/Σ με πολυχλωριωμένα διφαινύλια αφού εκτός από τη ΔΕΗ και άλλοι φορείς διαθέτουν Μ/Σ (ΟΤΕ, ΗΣΑΠ, κ.α.) που σε πολλές περιπτώσεις έχουν κατασκευαστεί στο εξωτερικό πριν φτάσουν στην Ελλάδα. Ο συγκεκριμένος Μ/Σ, που χρησιμοποιείται ενδεικτικά ως παράδειγμα μελέτης στη συγκεκριμένη εργασία δεν περιλαμβάνει επικίνδυνα υλικά.

- **3^η ερώτηση:** Πρόκειται για «ορφανό» προϊόν;

Πολλές είναι οι εταιρείες που δραστηριοποιούνται διεθνώς στην κατασκευή Μ/Σ. Επειδή πρόκειται για προϊόν με μεγάλη αναμενόμενη διάρκεια ζωής είναι προφανές ότι κατά την απόσυρσή τους πολλοί από τους Μ/Σ μπορεί να έχουν κατασκευαστεί από εταιρείες που δεν υπάρχουν πια. Στην περίπτωση αυτή τα διαθέσιμα δεδομένα για τα υλικά και τα χαρακτηριστικά του Μ/Σ μπορεί να είναι γνωστά σε περιορισμένο βαθμό γεγονός που περιορίζει τις πιθανές

ενέργειες που μπορούν να γίνουν στην παραπέρα διαχείρισή τους. Οπότε η λύση που υπάρχει είναι να αναζητηθούν μέσα από τη βιβλιογραφία ή από ειδικούς τα απαιτούμενα δεδομένα και ανάλογα με το τι θα συλλεχθεί να διατυπώνονται οι πιθανές στρατηγικές από τις οποίες θα επιλεγεί η στρατηγική που τελικά θα εφαρμοστεί. Ο συγκεκριμένος Μ/Σ, που χρησιμοποιείται ενδεικτικά ως παράδειγμα μελέτης στη συγκεκριμένη εργασία δεν είναι «ορφανό» προϊόν αφού τόσο το συγκεκριμένο μοντέλο όσο και η κατασκευάστρια εταιρεία υπάρχουν ως και σήμερα.

Κανόνες για τον αποκλεισμό δεδομένων: Ορισμένα από τα πιθανά δεδομένα προς αναζήτηση δεν χρειάζεται να αναζητηθούν επειδή δεν επηρεάζουν τη διαδικασία επιλογής της βέλτιστης ΣΤΔ καθώς και τη μετέπειτα απόδοσή της. Για τη γενικότερη περίπτωση μελέτης ενός Μ/Σ ενδεικτικοί κανόνες που μπορούν να εφαρμοστούν (εφόσον ο αποφασίζων το κρίνει απαραίτητο) για τον περιορισμό των απαιτούμενων δεδομένων είναι οι εξής:

- Εφόσον ο πραγματικός χρόνος ζωής βρίσκεται πολύ κοντά στον αναμενόμενο χρόνο ζωής άσχετα από την αιτία αστοχίας η μόνη πιθανή ΣΤΔ είναι η καταρχήν αφαίρεση των υγρών, η μερική αποσυναρμολόγηση και μετέπειτα επεξεργασία. Οπότε δεν υπάρχει διαδικασία επιλογής αλλά μόνο εφαρμογής της ΣΤΔ.
- Εφόσον ο Μ/Σ διαπιστώνεται ότι περιέχει επικίνδυνα υλικά (είτε από τη φάση της κατασκευής του είτε κατά τη συντήρηση ή επισκευή κατά τη χρήση του) και πάλι η μόνη πιθανή ΣΤΔ σχετίζεται με την καταρχήν αφαίρεση των υγρών, τη μετέπειτα αφαίρεση των επικίνδυνων υλικών και στη συνέχεια την απαιτούμενη αποσυναρμολόγηση που απαιτείται για την παραπέρα διαχείριση.
- Εφόσον ο Μ/Σ έχει κατασκευαστεί από εταιρεία που δεν λειτουργεί πλέον η μόνη πιθανή ΣΤΔ να είναι και πάλι η καταρχήν αφαίρεση των υγρών, η αφαίρεση των επικίνδυνων υλικών και να συνεχίζεται η διαδικασία διαχείρισης όπου αποκλείονται τα σενάρια της επισκευής και επαναχρησιμοποίησης.

Επιλογή δεδομένων προς αναζήτηση: Με βάση τα βήματα της προτεινόμενης μεθόδου και τη σχετική βιβλιογραφία τα δεδομένα που επιλέγονται προς αναζήτηση για το συγκεκριμένο τύπο Μ/Σ είναι τα εξής:

Δεδομένα που σχετίζονται με τους περιορισμούς που τίθενται από το λήπτη απόφασης

- Διαθέσιμα μέσα (εγκαταστάσεις, εξοπλισμός, ανθρώπινο δυναμικό, μέσα προστασίας)

Δεδομένα που σχετίζονται με τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά του προϊόντος

- Αναμενόμενη και πραγματική διάρκεια ζωής (σε έτη).
- Επιμέρους τμήματα (καταγραφή και πλήθος τους).
- Επιμέρους υλικά (είδη και ποσότητες).
- Επικίνδυνα υλικά (είδη και ποσότητες).
- Εκτελούμενες εργασίες συντήρησης κατά τη διάρκεια χρήσης
- Επικινδυνότητα εκτελούμενων εργασιών.
- Αιτιολόγηση αστοχίας.

Δεδομένα που σχετίζονται με τη διαδικασία αποσυναρμολόγησης του προϊόντος

- Διαδικασία αποσυναρμολόγησης (διάγραμμα σταδιακής απομάκρυνσης επιμέρους τμημάτων).

Δεν κρίνεται απαραίτητο να αναζητηθούν στατιστικά στοιχεία για τους αποσυρόμενους Μ/Σ ανά έτος γιατί θεωρείται ως δεδομένο ότι οι ποσότητες των αποσυρόμενων Μ/Σ αυξάνουν χρόνο με το χρόνο. Επίσης δεν κρίνεται απαραίτητο σε αυτό το στάδιο να αναζητηθούν δεδομένα για την ανακυκλωσιμότητα των χρησιμοποιούμενων υλικών ή της παραπέρα αξιοποίησης επιμέρους τμημάτων επειδή εφόσον επιλεχθεί η στρατηγική της απόσυρσης είναι εύκολο από τη στιγμή που είναι γνωστά τα χρησιμοποιούμενα υλικά και επιμέρους τμήματα σε κάθε περίπτωση να βρεθούν τα απαιτούμενα δεδομένα.

Επιθυμητά αποτελέσματα: Τα επιθυμητά αποτελέσματα με βάση τα παραπάνω δεδομένα είναι να μπορεί να γίνει καταρχήν η επιλογή της βέλτιστης ΣΤΔ και κατά δεύτερον η εφαρμογή και αξιολόγησή της.

Έλεγχος επάρκειας δεδομένων: Μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους όπως:

- Παρουσίαση της κατάστασης των δεδομένων προς αναζήτηση σε ειδικούς οπότε και κρίνουν αν τα δεδομένα είναι επαρκή ή χρειάζεται να προστεθούν ή να αφαιρεθούν κάποια από αυτά.
- Ανάλυση συσχετίσεων οπότε και διαπιστώνονται τυχόν υπερκαλύψεις που υπάρχουν οπότε και είναι δυνατός ο περιορισμός των δεδομένων προς αναζήτηση.
- Έλεγχος εκ των υστέρων με βάση την αποτελεσματικότητα της προτεινόμενης ΣΤΔ και καταγραφή για τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην πραγματοποιούμενη ανάλυση. Ο συγκεκριμένος τρόπος αποτελεί απλά επιβεβαίωση για το βαθμό στον οποίο τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα κατάλληλα ή όχι.

Η συγκεκριμένη εφαρμογή επειδή παρουσιάζεται σε θεωρητική βάση χωρίς να έχουν αναζητηθεί στοιχεία από την ίδια την εταιρεία αλλά μόνο ότι στοιχεία στάθηκε δυνατό να συλλεχθούν από την υπάρχουσα βιβλιογραφία θεωρείται ότι σε αυτό το στάδιο τα παραπάνω δεδομένα είναι επαρκή.

Τελική επιλογή δεδομένων προς αναζήτηση / αναζήτηση: Εφόσον ολοκληρωθούν τα παραπάνω στάδια ανάλυσης επιβεβαιώνεται αν τα παραπάνω δεδομένα είναι επαρκή και θα πρέπει να αναζητηθούν με τα διαθέσιμα μέσα ή χρειάζεται να γίνουν αλλαγές. Εφόσον δεν υπάρχουν αλλαγές η λίστα των δεδομένων προς αναζήτηση και οι πηγές αναζήτησης φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 9. Απαιτούμενα Δεδομένα από το Στάδιο EOLT_A και Πηγές Αναζήτησης

Αναμενόμενη και πραγματική διάρκεια ζωής (σε έτη)	Η αναμενόμενη διάρκεια ζωής με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία είναι της τάξης των 30-40 ετών. Η πραγματική διάρκεια μπορεί να αναζητηθεί από τον τελικό χρήστη.
Επιμέρους τμήματα (καταγραφή και πλήθος τους)	Είναι δεδομένο που μπορεί να αναζητηθεί από τη βιβλιογραφία ή την κατασκευάστρια εταιρεία ή με την αποσυναρμολόγηση του αποσυρόμενου προϊόντος.
Διαδικασία αποσυναρμολόγησης (διάγραμμα σταδιακής απομάκρυνσης)	Αν δεν υπάρχουν διαγράμματα αποσυναρμολόγησης από την κατασκευάστρια εταιρεία η διαδικασία αποσυναρμολόγησης μπορεί να βασιστεί στα διαγράμματα συναρμολόγησης εφόσον είναι διαθέσιμα ή στην πράξη θα χρειαστεί να γίνεται σταδιακά μέχρι τον απαιτούμενο βαθμό

επιμέρους τμημάτων)	προκειμένου να εφαρμοστεί η ΣΤΔ που έχει επιλεγεί.
Επιμέρους υλικά (είδη και ποσότητες)	Μπορούν να αναζητηθούν από την κατασκευάστρια εταιρεία ή από την υπάρχουσα βιβλιογραφία ή να εκτιμηθούν με βάση Μ/Σ άλλων εταιρειών.
Επικίνδυνα υλικά (είδη και ποσότητες)	Μπορούν να αναζητηθούν από την κατασκευάστρια εταιρεία ή από την υπάρχουσα βιβλιογραφία.
Διαθέσιμα μέσα	Ανάλογα με το σενάριο που θα επιλεγεί, αναζητούνται τα διαθέσιμα μέσα μεταφοράς, συσκευασίας, τεχνογνωσίας, εγκαταστάσεων, αποθηκευτικών χώρων, μέσων προστασίας, δεξαμενών συλλογής ελαίων, κ.α. Τα δεδομένα αυτά ανάλογα με τη ΣΤΔ που θα επιλεγεί θα καθορίσουν το κατά πόσο είναι εφαρμόσιμη η προτεινόμενη λύση ή πρέπει να εφαρμοστεί κάποια άλλη λιγότερο καλή λύση.
Εκτελούμενες εργασίες συντήρησης	Είναι δεδομένο που μπορεί να αναζητηθεί από το χρήστη του προϊόντος ή την εταιρεία που είχε την ευθύνη συντήρησης. Είναι απαιτούμενο δεδομένο γιατί ενδέχεται να έχουν γίνει εργασίες αντικατάστασης ή προσθήκες που να επηρεάζουν τα αρχικά δεδομένα για τα επιμέρους υλικά και τμήματα που αποτελούν το υπό μελέτη προϊόν.
Επικινδυνότητα εργασιών	Ένας Μ/Σ είναι εξοπλισμός που παρουσιάζει ιδιαιτερότητες ως προς τα σημεία που θα πρέπει να προσεχθούν από τη στιγμή που περιέρχεται σε κατάσταση αχρηστίας προκειμένου να μην είναι επικίνδυνη η διαχείρισή του στα επόμενα στάδια τόσο για τα άτομα που εμπλέκονται σε αυτή τη διαδικασία όσο και για το περιβάλλον. Οι πιθανές πηγές κινδύνου εξαρτώνται από τα αίτια αστοχίας, τα διαθέσιμα μέσα ενώ μπορούν να αναζητηθούν τόσο μέσα από την υπάρχουσα βιβλιογραφία όσο και με τη βοήθεια ειδικών στο συγκεκριμένο τομέα.
Αιτίες αστοχίας	Όπως αναφέρονται αναλυτικά και στη συνέχεια αιτίες αστοχίας μπορεί να είναι κάποια φυσική καταστροφή, πυρκαγιά, υπερφόρτιση, υποβάθμιση του υλικού μόνωσης ή/και του μέσου ψύξης, ελαττώματα κατασκευαστικά ή σχεδίασης ή κάποια άλλη βλάβη στα επιμέρους τμήματα. Η αιτία αστοχίας μπορεί να είναι ορατή ή να χρειάζεται να αναζητηθεί γεγονός που θα πρέπει να γίνει γιατί αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την κατάσταση του Μ/Σ τη στιγμή της απόσυρσης οπότε επηρεάζει άμεσα και τη ΣΤΔ που θα επιλεγεί.

4.4.2 Στάδιο Ανάλυσης EOLT_B

Σύμφωνα με το Σχήμα 19 (βλέπε Κεφάλαιο 3) το συγκεκριμένο στάδιο ανάλυσης βασίζεται στα εξής αρχικά και ήδη γνωστά δεδομένα:

Δεδομένα ήδη γνωστά από το στάδιο ανάλυσης EOLT_A

- Για την τρέχουσα κατάσταση
- Για το προϊόν
- Από τα υπόλοιπα στάδια του κύκλου ζωής του προϊόντος
- Από την 3^η προκαταρκτική ερώτηση

Πιθανά κριτήρια για την επιλογή της βέλτιστης ΣΤΔ (από τα 12 πιθανά κριτήρια που παρουσιάστηκαν στο 3^ο κεφάλαιο)

Με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του υπό μελέτη προϊόντος και το γεγονός ότι στις πιθανές ΣΤΔ περιλαμβάνονται η επισκευή και ανακύκλωση αφού πρόκειται για τις στρατηγικές που κύρια εφαρμόζονται και στην πράξη, τα πιθανά κριτήρια αξιολόγησης είναι και τα 12 κριτήρια που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Πιθανές ΣΤΔ και περιορισμοί

Οι γενικές κατηγορίες πιθανών ΣΤΔ όπως παρουσιάστηκαν στην περιγραφή της προτεινόμενης μεθόδου είναι οι εξής:

- επαναχρησιμοποίηση / επισκευή
- επανακατασκευή
- ανακύκλωση
- καύση

Με βάση την 1^η προκαταρκτική ερώτηση από το στάδιο ανάλυσης EOLT_A οι πιθανές ενέργειες σε πραγματικές εφαρμογές μετά τη λήξη της χρήσιμης ζωής σχετίζονται άμεσα με τις 3 πρώτες γενικές κατηγορίες ΣΤΔ. Η καύση αποκλείεται και στη συγκεκριμένη ανάλυση εξαιτίας των δυσκολιών στην εφαρμογή της που την καθιστούν ως πιθανή μέθοδο μόνο σε συγκεκριμένες περιπτώσεις και συνθήκες αλλά και εξαιτίας των χαρακτηριστικών του υπό μελέτη προϊόντος. Από τα παραπάνω και τις απόψεις ειδικών στο χώρο (Forsyth, 2007, White, 1998) οι ΣΤΔ που προτείνονται ως πιθανές και εξετάζονται είναι οι εξής:

ΣΤΔ1:

Μπορεί να περιλαμβάνει ορισμένες ή το σύνολο των παρακάτω εργασιών:

Επισκευή και επαναδιοχέτευση στην αγορά

- Αντικατάσταση ελαίων
- Συσκευασία και μεταφορά του Μ/Σ σε κατάλληλες εγκαταστάσεις για την παραπέρα επεξεργασία του.
- Μερική ή ολική αποσυναρμολόγηση και επανασυναρμολόγηση
- Αντικατάσταση επιμέρους τμημάτων του Μ/Σ που έχουν φθορές με αντίστοιχα τμήματα που καλύπτουν τις απαιτούμενες προδιαγραφές
- Αξιοποίηση τμημάτων που αντικαταστάθηκαν σε επαναχρησιμοποίηση ή ανακύκλωση

ΣΤΔ2:

Μπορεί να περιλαμβάνει ορισμένες ή το σύνολο των παρακάτω εργασιών:

Αναβάθμιση

- Αντικατάσταση ελαίων – τοποθέτηση ή μη νέου μέσου ψύξης
- Συσκευασία και μεταφορά του Μ/Σ σε κατάλληλες εγκαταστάσεις για την παραπέρα επεξεργασία του
- Μερική ή ολική αποσυναρμολόγηση και επανασυναρμολόγηση
- Αντικατάσταση συγκεκριμένων τμημάτων με άλλα κατάλληλα τμήματα με βελτιωμένη συμπεριφορά
- Αξιοποίηση τμημάτων που αντικαταστάθηκαν σε επαναχρησιμοποίηση ή ανακύκλωση

ΣΤΔ3:

Μπορεί να περιλαμβάνει ορισμένες ή το σύνολο των παρακάτω εργασιών:

Ανακύκλωση

- Αφαίρεση ελαίων
- Συσκευασία και μεταφορά του Μ/Σ σε κατάλληλες εγκαταστάσεις για την παραπέρα επεξεργασία του
- Μερική ή ολική αποσυναρμολόγηση

- Αφαίρεση συγκεκριμένων τμημάτων για επαναχρησιμοποίηση
- Αφαίρεση συγκεκριμένων τμημάτων για παραπέρα ανακύκλωση συγκεκριμένων υλικών

Από τα παραπάνω γενικευμένα πιθανά σενάρια αποκλείονται από τη μετέπειτα ανάλυση οι εξής πιθανές ενέργειες:

- Επισκευή με αναμόρφωση του τελικού αποτελέσματος σε άλλη μορφή από την αρχική μορφή – αναβάθμιση προϊόντος (ΣΤΔ2). Δεν προτείνεται ως πιθανή στρατηγική επειδή στην πράξη η τελική διαχείριση των Μ/Σ γίνεται με ευθύνη των τελικών χρηστών οπότε ο χώρος στον οποίο γίνονται οι απαιτούμενες εργασίες (μερική αποσυναρμολόγηση) δεν είναι συνήθως η κατασκευάστρια εταιρεία ή κάποιος χώρος που διαθέτει τα απαιτούμενα μέσα. Εκτός αυτού η αναμενόμενη εικόνα ενός Μ/Σ κατά την απόσυρσή του είναι είτε ένας κατεστραμμένος Μ/Σ είτε ένας Μ/Σ μετά από πολλά χρόνια χρήσης οπότε τυχόν εργασίες αναβάθμισης το πιθανότερο θα έχουν υψηλό κόστος και μεγάλη αβεβαιότητα για την επιτυχία του τελικού αποτελέσματος.
- Πλήρης αποσυναρμολόγηση και επισκευή - επανακατασκευή (*πιθανή μορφή εφαρμογής της ΣΤΔ1*) για τους λόγους που αποκλείστηκε και η παραπάνω λύση.

Τυχόν περιορισμοί όσον αφορά την επιλογή μιας οποιασδήποτε ΣΤΔ προκύπτουν από τα διαθέσιμα μέσα και την ύπαρξη ή όχι των απαιτούμενων γνώσεων. Επιπλέον αν υπάρχει κάποια πολιτική πχ. αντικατάστασης των Μ/Σ με άλλους καλύτερης τεχνολογίας είναι πιθανό και το σενάριο της επισκευής να μην είναι πιθανό. Στην πράξη επίσης πολλές είναι οι περιπτώσεις που Μ/Σ τίθενται σε αχρηστία όχι εξαιτίας του χρόνου ή των συνθηκών λειτουργίας τους αλλά λόγω δολιοφθοράς (για την αφαίρεση υλικών όπως για παράδειγμα του χαλκού). Στην περίπτωση αυτή το σενάριο της επισκευής μπορεί να απαιτεί μεγάλο αριθμό εργασιών που χρειάζεται να γίνουν, οπότε η εφαρμογή της ανακύκλωσης να είναι η καλύτερη λύση, όπου όμως και εδώ η ακολουθούμενη διαδικασία θα πρέπει να υποστεί ορισμένες αλλαγές εξαιτίας των αλλαγών που υπάρχουν στο αποσυρόμενο προϊόν.

Πιθανές μεθοδολογίες ανάλυσης

Η διαδικασία ανάλυσης και επιλογής της κατάλληλης σε κάθε περίπτωση ΣΤΔ εξαρτάται τα διαθέσιμα δεδομένα σχετικά με την κατάσταση του Μ/Σ και τα διαθέσιμα μέσα. Μερικές πιθανές προσεγγίσεις που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν είναι οι εξής:

1^η πιθανή προσέγγιση: Επειδή στη συγκεκριμένη εφαρμογή υπάρχουν μόνο δύο πιθανές ΣΤΔ η διαδικασία επιλογής είναι λίγο πολύ απλή οπότε δεν χρειάζεται κάποια ιδιαίτερη διαδικασία ανάλυσης.

Ως επιθυμητός στόχος μπορεί να θεωρηθεί ότι εφόσον είναι δυνατή η επισκευή τότε θα πρέπει να προτιμάται ως διαδικασία αφού με τον τρόπο αυτό αποτρέπεται η διοχέτευση στο περιβάλλον ενός άχρηστου προϊόντος γεγονός που συνεπάγεται σημαντικό περιβαλλοντικό όφελος. Άλλος επιθυμητός στόχος μπορεί να σχετίζεται με την απόσυρση τυχόν επικίνδυνων υλικών οπότε στην περίπτωση που υπάρχουν επικίνδυνα υλικά να υπάρχει μόνο το σενάριο της ανακύκλωσης. Άλλο κριτήριο μπορεί να είναι ο βαθμός επικινδυνότητας για τη διαχείριση του αποσυρόμενου προϊόντος και η διαθεσιμότητα κατάλληλων εγκαταστάσεων και εξοπλισμού όπου στην περίπτωση που δεν είναι διαθέσιμα τα απαιτούμενα μέσα και πάλι η επιλογή της απόσυρσης και

αποστολής σε εγκαταστάσεις συγκεκριμένων προδιαγραφών για παραπέρα επεξεργασία να είναι η μόνη πιθανή λύση.

Οι συγκεκριμένες προσεγγίσεις αν και έχουν λογική και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα εντούτοις δεν συμβαδίζουν με τη φιλοσοφία της λιτής σκέψης που απαιτεί την μελέτη ενός προβλήματος στο σύνολό του προκειμένου οι λύσεις που θα διατυπωθούν να μην προκύπτουν από αποσπασματικές πληροφορίες που μπορεί να οδηγήσουν σε υποβέλτιστες λύσεις.

2^η πιθανή προσέγγιση: Να εξετάζεται αποκλειστικά και μόνο η πραγματική διάρκεια ζωής σε σχέση με την αναμενόμενη. Είναι προφανές ότι οι φθορές και η πιθανή αστοχία σε έναν Μ/Σ αυξάνουν όσο αυξάνει και η διάρκεια της χρήσης του. Οπότε θα μπορούσε να οριστεί ένα ποιοτικό κριτήριο που να προτείνει ως μόνη πιθανή ΣΤΔ την απόσυρση και ανακύκλωση εφόσον η ηλικία του αποσυρόμενου Μ/Σ υπερβαίνει μια συγκεκριμένη διάρκεια (πχ. πραγματικός χρόνος ζωής $\geq 2/3$ αναμενόμενης διάρκειας ζωής) ενώ στην περίπτωση που η ηλικία του Μ/Σ είναι μικρότερη από το παραπάνω όριο να εξετάζεται καταρχήν η πιθανή στρατηγική της επισκευής και να εφαρμόζεται εφόσον αυτό είναι εφικτό. Η συγκεκριμένη προσέγγιση αν και έχει λογική παρόλα αυτά δεν προτείνεται γιατί η ηλικία ενός Μ/Σ δεν αποτελεί αιτία βλάβης ενώ προφανώς ένας Μ/Σ που υπόκειται στις απαιτούμενες εργασίες συντήρησης και λειτουργεί σε κανονικές συνθήκες μπορεί να έχει διάρκεια ζωής πολύ μεγαλύτερη από την αρχικά προδιαγεγραμμένη. Οπότε ο χρόνος ζωής είναι ένα χαρακτηριστικό που από μόνο του δεν μπορεί να δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα στη συγκεκριμένη περίπτωση ενώ δεν υπακούει και τη γενικότερη φιλοσοφία της λιτής σκέψης που απαιτεί την προσεκτική ανάλυση ενός προβλήματος στο σύνολό του πριν τη διατύπωση τυχόν προτάσεων.

3^η πιθανή προσέγγιση: Πρόκειται για πιο ολοκληρωμένη διαδικασία αξιολόγησης που λαμβάνει υπόψη και τα πιθανά κριτήρια που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σύμφωνα με την προτεινόμενη μέθοδο.

Διαμόρφωση ενός σύνθετου κριτηρίου που να περιλαμβάνει περισσότερα από ένα θέματα προς εξέταση. Σε αυτήν την κατεύθυνση χρειάζεται να διαμορφωθεί μια συνάρτηση αξιολόγησης σύνθετης μορφής, που περιλαμβάνει ερωτήσεις με την ίδια ή με διαφορετική βαρύτητα, με ποσοτικές και ποιοτικές πιθανές απαντήσεις και ανάλογα με τα αποτελέσματα που λαμβάνονται να επιλέγεται και η ΣΤΔ που θα ακολουθηθεί στη συνέχεια. Οι ερωτήσεις που προτείνονται για το συγκεκριμένο προϊόν για τη διαμόρφωση της συγκεκριμένης συνάρτησης παρουσιάζονται στη συνέχεια. Ως παραλλαγή ανάλογα με τους στόχους της ανάλυσης θα μπορούσαν να δοθούν και διαβαθμίσεις στις επιμέρους ερωτήσεις προκειμένου η τελική επιλογή να ικανοποιεί στο μέγιστο βαθμό και πιο συγκεκριμένους στόχους.

Ερωτήσεις με ποσοτικές απαντήσεις:

1. Ποιος είναι ο πραγματικός και αναμενόμενος χρόνος ζωής; (σε έτη)
2. Πόσα εκτιμώνται ότι είναι τα απαιτούμενα βήματα πλήρους αποσυναρμολόγησης; (ακέραιος αριθμός διακριτών βημάτων αποσυναρμολόγησης)
3. Πόσα εκτιμώνται ότι είναι τα απαιτούμενα βήματα μερικής αποσυναρμολόγησης για την εφαρμογή της ΣΤΔ της επισκευής; (ακέραιος αριθμός διακριτών βημάτων αποσυναρμολόγησης)

4. Πόσα εκτιμώνται ότι είναι τα απαιτούμενα βήματα μερικής αποσυναρμολόγησης για την εφαρμογή της ΣΤΔ της ανακύκλωσης; (ακέραιος αριθμός διακριτών βημάτων αποσυναρμολόγησης)
5. Ποια είναι τα ποσοστά των επιμέρους υλικών του Μ/Σ που μπορούν να οδηγηθούν σε ανακύκλωση σε σχέση με το συνολικό προϊόν; (ποσοτική εκτίμηση)

Ερωτήσεις με ποιοτικές απαντήσεις:

6. Ποιος είναι ο βαθμός επάρκειας των διαθέσιμων μέσων; (αξιολόγηση σε κάποια προκαθορισμένη αριθμητική κλίμακα)
7. Ποια είναι η αιτία αστοχίας που οδήγησε σε απόσυρση του Μ/Σ; (εξωτερικό αίτιο, κατασκευαστικό ελάττωμα, φθορά υλικών, υλικό μόνωσης, υλικό ψύξης)
8. Ποια είναι η τρέχουσα κατάσταση του Μ/Σ τη στιγμή της απόσυρσης; (πλήρως κατεστραμμένος, έχουν αφαιρεθεί υλικά, δεν λειτουργεί χωρίς άλλα στοιχεία)
9. Ποιες είναι οι προοπτικές αξιοποίησης των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την εφαρμογή της κάθε πιθανής ΣΤΔ; (επαναχρησιμοποίηση Μ/Σ, επαναχρησιμοποίηση επιμέρους τμημάτων σε δευτερεύουσες αγορές, χρήση ανακυκλωμένων υλικών, δεν είναι ορατές οι προοπτικές)

Τέλος υπάρχει και η ερώτηση για την οποία έχει ήδη αναζητηθεί απάντηση από τις προκαταρκτικές ερωτήσεις του προηγούμενου σταδίου ανάλυσης:

- «Υπάρχουν ή όχι επικίνδυνα υλικά;» (πιθανές απαντήσεις ναι – όχι – δεν γνωρίζω),

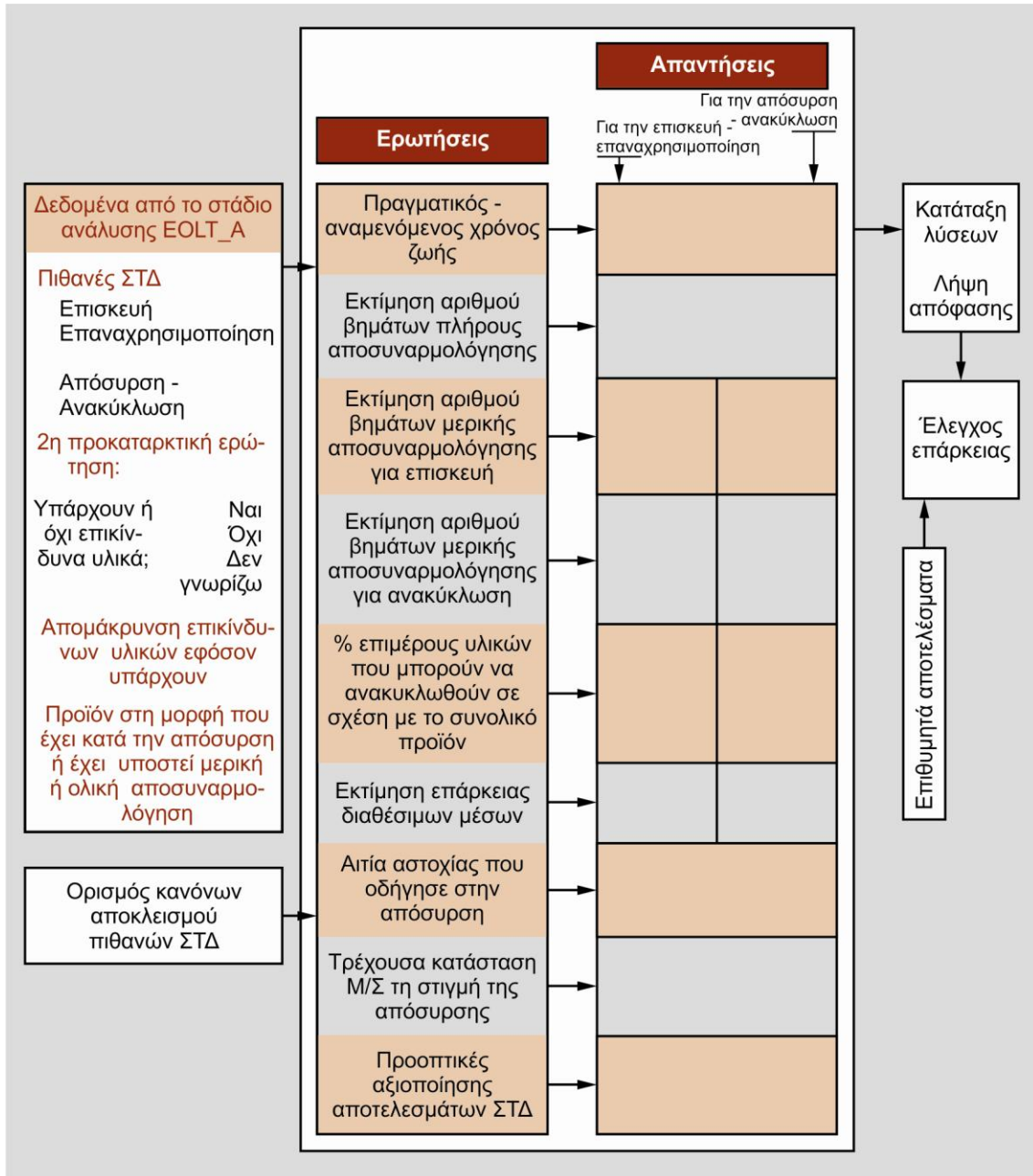
όπου εφόσον διαπιστωθεί ότι υπάρχουν ή χρειάζεται να αναζητηθούν πρόσθετα στοιχεία για να απαντηθεί το συγκεκριμένο ερώτημα τότε θα πρέπει πρώτα να αναζητηθούν τα στοιχεία αυτά και σε κάθε περίπτωση που υπάρχουν επικίνδυνα υλικά να απομακρύνονται πριν τη συνέχιση της πραγματοποιούμενης ανάλυσης.

Με βάση λοιπόν τα παραπάνω δεδομένα και σύμφωνα με την προτεινόμενη μέθοδο η διαδικασία που προτείνεται περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

1. Απομάκρυνση των επικίνδυνων ουσιών (εφόσον έχει διαπιστωθεί ότι υπάρχουν). Το πρώτο βήμα εδώ είναι η απομάκρυνση καταρχήν των ελαίων που μπορεί να αποτελούν και αυτά επικίνδυνες ουσίες (με βάση όσα αναφέρθηκαν παραπάνω) και στη συνέχεια μερική αποσυναρμολόγηση του Μ/Σ μέχρι να απομακρυνθούν και όσα άλλα τμήματα περιλαμβάνουν επικίνδυνες ουσίες οπότε πρέπει να υποστούν χωριστή διαχείριση.
2. Για το άχρηστο προϊόν που σε αυτό το στάδιο είτε βρίσκεται στην αρχική του μορφή είτε έχει περάσει από μερική ή ολική αποσυναρμολόγηση θα πρέπει να επιλεγεί η βέλτιστη ΣΤΔ. Με βάση όσα αναφέρθηκαν παραπάνω οι πιθανές ΣΤΔ είναι δύο ενώ από τις παραπάνω πιθανές προσεγγίσεις η 3^η προσέγγιση είναι η πιο ολοκληρωμένη και προβλέπεται να δώσει τα πιο αξιόπιστα αποτελέσματα εφόσον υπάρχουν επαρκή δεδομένα για να εφαρμοστεί.
3. Από την κατάταξη των δύο πιθανών ΣΤΔ επιλέγεται η βέλτιστη λύση για την οποία ακολουθεί ένας προκαταρκτικός έλεγχος επάρκειας όπου γίνεται επιβεβαίωση ότι μπορεί να εφαρμοστεί με βάση τα διαθέσιμα μέσα. Παράλληλα ελέγχεται η προτεινόμενη ΣΤΔ και για τα αναμενόμενα αποτελέσματά της με βάση το γεγονός ότι το επιθυμητό αποτέλεσμα στο συγκεκριμένο στάδιο ανάλυσης είναι οι ελάχιστες αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις που θα εκτιμηθούν στο επόμενο στάδιο ανάλυσης. Εφόσον από τη συγκεκριμένη ανάλυση δεν προκύψει ικανοποιητικό αποτέλεσμα θα πρέπει να

αναζητηθούν τα αίτια και να επανεξεταστούν τα χρησιμοποιούμενα κριτήρια στο συγκεκριμένο στάδιο ανάλυσης.

Με βάση τα παραπάνω η διαδικασία ανάλυσης που ακολουθείται περιγράφεται στο σχήμα που ακολουθεί:



Σχήμα 29. Υλοποιούμενες ενέργειες στο στάδιο ανάλυσης EOLT_B

4.4.3 Στάδιο Ανάλυσης EOLT_C

Οι αρχικοί στόχοι στο συγκεκριμένο στάδιο ανάλυσης αφορούν τόσο την επιτυχή υλοποίηση της ΣΤΔ που επιλέχθηκε όσο και την ολοκληρωμένη καταγραφή των επιπτώσεων που είχε η

εφαρμογή αυτή στο περιβάλλον. Όσον αφορά την εφαρμογή τα προφανή πιθανά αποτελέσματα είναι να μην είναι επιτυχής οπότε θα πρέπει να γίνει επιστροφή στο προηγούμενο στάδιο ανάλυσης ή να είναι επιτυχής. Σε αυτήν τη δεύτερη περίπτωση αυτό που χρειάζεται να γίνει στη συνέχεια είναι η επιλογή των κατάλληλων παραμέτρων που θα καταγράψουν το σύνολο των επιπτώσεων που προέκυψαν. Η συγκεκριμένη επιλογή γίνεται με βάση όσα περιγράφηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο αλλά και με βάση τις ιδιαιτερότητες του υπό μελέτη προϊόντος και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που έχουν καταγραφεί από παλιότερες εφαρμογές ως οι πλέον αναμενόμενες ή / και ως οι πλέον επιβλαβείς για το περιβάλλον (Budin, 2002, King *et al.*, 2006). Για τη συγκεκριμένη εφαρμογή του Μ/Σ οι παράμετροι που προτείνονται στο συγκεκριμένο στάδιο ανάλυσης είναι οι εξής:

Παράμετρος 1: Παραγόμενες ποσότητες υπολειμμάτων σε υγρή μορφή

Η συγκεκριμένη παράμετρος επιλέγεται με το σκεπτικό ότι σε κάθε περίπτωση σήμερα η διαδικασία τελικής διαχείρισης ενός Μ/Σ περιλαμβάνει την αφαίρεση των ελαίων, διαδικασία που απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή αφού ενδέχεται να περιέχει επικίνδυνα υλικά τόσο για την ανθρώπινη υγεία όσο και για το περιβάλλον αν και τυχόν διαρροή ελαίου θα έχει σε κάθε περίπτωση καταστροφικές επιπτώσεις αφού ακόμα και στις περιπτώσεις που δεν περιέχει επικίνδυνα υλικά οι επιπτώσεις μπορεί να είναι καταστροφικές (ενδεικτικά αναφέρεται ότι 1 λίτρο ορυκτελαίου εφόσον πεταχτεί ανεξέλεγκτα μπορεί να μολύνει 100.000 – 1.000.000 λίτρα νερού).

Στο υποθετικό σενάριο όπου ο Μ/Σ είναι Μ/Σ διανομής λαδιού η τελική διαχείριση στο αρχικό στάδιο της περιλαμβάνει την αφαίρεση των ελαίων εργασία που χρειάζεται να γίνεται με προσοχή ενώ παράλληλα χρειάζεται να υπάρχουν κατάλληλες εγκαταστάσεις αποθήκευσης και εξοπλισμός μεταφοράς των άχρηστων ελαίων μετά την απόσυρσή τους. Οπότε οι κίνδυνοι για τη συγκεκριμένη παράμετρο είναι σημαντικοί σε οποιαδήποτε ΣΤΔ όσον αφορά τα υγρά υπολείμματα. Όσον αφορά τα τυχόν υπολείμματα άλλης μορφής το πρόβλημα είναι μεν λιγότερο δύσκολο να αντιμετωπιστεί εξαρτάται δε άμεσα από την κατάσταση του Μ/Σ κατά την απόσυρσή του και το διαθέσιμο εξοπλισμό κατά την εφαρμογή οποιασδήποτε ΣΤΔ.

Παράμετρος 2: Ποσοστά ανάκτησης επιμέρους υλικών που μπορούν να υποστούν ανακύκλωση

Πρόκειται για μια παράμετρο που εξετάζεται σε όλες τις περιπτώσεις τελικής διαχείρισης ΑΗΗΕ αφού η φύση των υλικών που περιλαμβάνουν δεν δίνει πολλά περιθώρια παραπέρα αξιοποίησής τους αν δεν είναι δυνατή η επαναχρησιμοποίηση στην τρέχουσα μορφή τους.

Στο υποθετικό σενάριο και πάλι η ανάκτηση των επιμέρους υλικών μπορεί να φτάσει σε υψηλά ποσοστά αφού το μεγαλύτερο μέρος των χρησιμοποιούμενων υλικών είναι μέταλλα που σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις έχουν υψηλή ικανότητα ανακύκλωσης.

Παράμετρος 3: Ποσοστά ανάκτησης επιμέρους τμημάτων που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν

Με βάση το σκεπτικό που διαμορφώθηκε και η προηγούμενη παράμετρος κρίνεται ως σημαντικό να εξεταστεί παράλληλα και η συγκεκριμένη παράμετρος ειδικά στην περίπτωση ενός Μ/Σ όπου το πιθανότερο σενάριο είναι τα επιμέρους τμήματά του να μην βρίσκονται σε καλή κατάσταση λόγω γήρανσης ή εξαιτίας της καταστροφής που έχει υποστεί ο Μ/Σ (έκρηξη ή πυρκαγιά) πριν την απόσυρσή του.

Παράμετρος 4: Απαιτούμενος χρόνος για την εφαρμογή της προτεινόμενης ΣΤΔ

Σχετίζεται άμεσα με τη μορφή και τα χαρακτηριστικά του Μ/Σ. Επηρεάζεται από το βαθμό αποσυναρμολόγησης που τελικά θα χρειαστεί να υποστεί το προϊόν, τον αριθμό των μόνιμων συνδέσεων, τον αριθμό των διαφορετικών επιμέρους τμημάτων και υλικών που αποτελούν τον Μ/Σ, κ.α. Επηρεάζεται επίσης και από άλλες παραμέτρους όπως τον απαιτούμενο χρόνο για τη συσκευασία και μεταφορά του Μ/Σ στο χώρο που θα υποστεί τις εργασίες που περιλαμβάνει η τελική διαχείρισή του, το χρόνο αποθήκευσής που μπορεί να απαιτείται μέχρι να οδηγηθεί στην τελική επεξεργασία του ανάλογα με τη δυναμικότητα του συγκεκριμένου χώρου, κ.α. Η αξιολόγησή του έχει νόημα εφόσον συγκρίνεται με τους απαιτούμενους χρόνους εφαρμογής άλλων μεθόδων ΣΤΔ που χρησιμοποιούνται στην πράξη.

Παράμετρος 5: Βαθμός επικινδυνότητας των απαιτούμενων εργασιών

Η επικινδυνότητα των απαιτούμενων εργασιών για τον άνθρωπο εφόσον δεν υπάρχει κάτι απρόβλεπτο (πχ. απομένοντα επικίνδυνα υλικά που δεν ήταν γνωστό από την ανάλυση που διεξήχθη ότι υπάρχουν) δεν διαφέρει από τους συνήθεις κινδύνους κατά την επεξεργασία οποιουδήποτε προϊόντος ΑΗΗΕ που αντιμετωπίζονται εφόσον έχουν ληφθεί όλα τα απαραίτητα μέτρα προστασίας. Οι συγκεκριμένοι κίνδυνοι μπορεί να προκύψουν από τα υλικά και τις εργασίες που απαιτούνται στη φάση της τελικής διαχείρισης. Η συγκεκριμένη παράμετρος περιλαμβάνει τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά στοιχεία. Προκειμένου λοιπόν να ληφθούν υπόψη όλες οι διαστάσεις της μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια ποιοτική κλίμακα συγκεκριμένη πχ. από 1-5 όπου η κάθε διαβάθμιση αντιστοιχεί σε συγκεκριμένα περιθώρια πιθανών συνθηκών προκειμένου να βαθμολογηθεί ο βαθμός επικινδυνότητας. Μια ενδεικτική τέτοια διαβάθμιση θα μπορούσε να είναι η εξής:

- 1: Δεν υπάρχουν επικίνδυνα υλικά, επικίνδυνες εργασίες, κακές συνθήκες εργασίας
- 2: Δεν υπάρχουν επικίνδυνα υλικά, επικίνδυνες εργασίες, κακές συνθήκες εργασίας. Υπάρχουν κίνδυνοι διαρροής εξαιρετικά ρυπογόνων υλικών προς το περιβάλλον κατά τη φάση της τελικής διαχείρισης.
- 3: Δεν υπάρχουν επικίνδυνα υλικά αλλά υπάρχουν επικίνδυνες εργασίες και / ή κακές συνθήκες εργασίας.
- 4: Υπάρχουν επικίνδυνα υλικά που μπορούν να αφαιρεθούν άμεσα με ευκολία.
- 5: Υπάρχουν επικίνδυνα υλικά που απαιτούν χρόνο και προσπάθεια προκειμένου να αφαιρεθούν.

Προκειμένου να αξιολογηθούν στη συνέχεια τα αποτελέσματα που προκύπτουν χρειάζεται να οριστούν οι περιβαλλοντικοί στόχοι, να τοποθετηθούν σε μια σειρά κατάταξης και στη συνέχεια να αξιολογηθούν τα αποτελέσματα που προέκυψαν ως προς τον κάθε στόχο χωριστά ενώ το τελικό αποτέλεσμα χρειάζεται και αυτό να συγκριθεί με τυχόν αποτελέσματα, εφόσον είναι διαθέσιμα, από άλλες ανάλογες εφαρμογές προκειμένου να διαπιστωθεί αν η προτεινόμενη λύση θα πρέπει να προτιμηθεί και στο μέλλον.

Οι περιβαλλοντικοί στόχοι που επιλέγονται ως μέσα αξιολόγησης με σειρά κατάταξης από τον πλέον σημαντικό στο λιγότερο σημαντικό είναι οι εξής:

1^{ος} περιβαλλοντικός στόχος: Ελαχιστοποίηση υπολειμμάτων

Τα αναξιοποίητα υπολείμματα οποιασδήποτε μορφής για το κάθε προϊόν ΑΗΗΕ αποτελούν το πλέον σημαντικό πρόβλημα που χρειάζεται να αντιμετωπιστεί γιατί, εφόσον υπάρχουν, χρειάζεται να βρεθούν τρόποι διαχείρισής τους που θα ελαχιστοποιούν την περιβαλλοντική επιβάρυνση. Το πρόβλημα εδώ είναι πως ότι δεν ανακυκλώνεται ή δεν επαναχρησιμοποιείται στην ίδια ή σε διαφορετική χρήση αποτελεί υπόλειμμα που μπορεί να έχει σημαντική ή ελάχιστη αρνητική επίδραση αλλά σε κάθε περίπτωση δεν μπορεί να πεταχτεί ανεξέλεγκτα.

2^{ος} περιβαλλοντικός στόχος: Ελαχιστοποίηση απαιτούμενου χρόνου για την ασφαλή απομάκρυνση επικίνδυνων υλικών

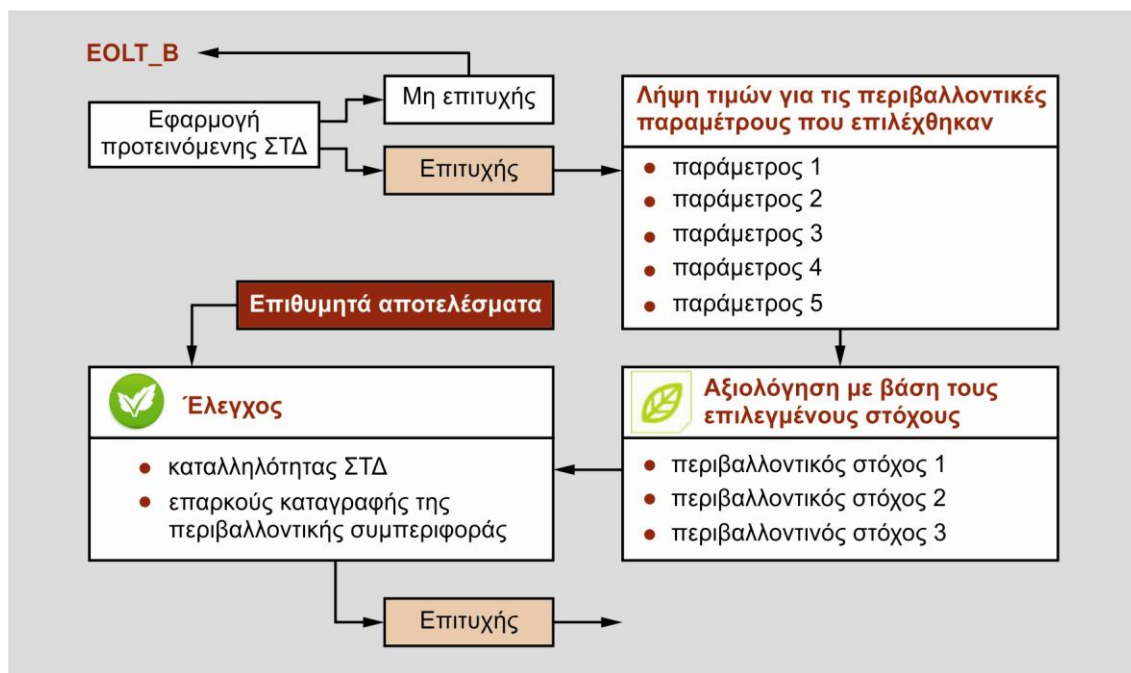
Όσο υπάρχουν Μ/Σ που μπορεί να περιέχουν επικίνδυνα υλικά ο συγκεκριμένος στόχος είναι σημαντικός. Η ασφαλής απομάκρυνση εκτός από τον κατάλληλο εξοπλισμό, το εκπαιδευμένο προσωπικό και τα κατάλληλα μέσα ενισχύεται εφόσον πραγματοποιείται όσο το δυνατό πιο σύντομα μετά την απόσυρση του άχρηστου προϊόντος περιορίζοντας έτσι τον πιθανό κίνδυνο να βρεθούν ανεξέλεγκτα επικίνδυνα υλικά στο περιβάλλον.

3^{ος} περιβαλλοντικός στόχος: Ελαχιστοποίηση απαιτούμενων ενεργειών κατά τη φάση της τελικής επεξεργασίας

Και αυτός ο περιβαλλοντικός στόχος ενισχύει την προσπάθεια να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος να βρεθούν επιμέρους τμήματα ή υλικά ανεξέλεγκτα στο περιβάλλον πριν την ολοκλήρωση της διαδικασίας τελικής διαχείρισης. Επιπλέον όμως στοχεύει και στην ελαχιστοποίηση της απαιτούμενης ενέργειας για την υλοποίηση της ΣΤΔ που επιλέχθηκε. Σημαντική παράμετρος που επηρεάζει την απαιτούμενη ενέργεια είναι η απαιτούμενη διαδικασία και βήματα αποσυναρμολόγησης που χρειάζεται να γίνουν.

Ακολουθεί ο έλεγχος της αποτελεσματικότητας της ΣΤΔ με βάση τις παραμέτρους που εξετάζονται και τους στόχους που έχουν τεθεί. Παράλληλα αξιολογούνται ως προς τις ίδιες παραμέτρους και στόχους τυχόν αποτελέσματα που υπάρχουν διαθέσιμα από εφαρμογές στην πράξη άλλων ΣΤΔ, όπως έχουν καταγραφεί στην 1^η προκαταρκτική ερώτηση. Εφόσον ο έλεγχος που διεξάγεται κρίνεται ως επιτυχής καταγράφονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν και συνεχίζεται η ανάλυση στο επόμενο στάδιο. Αν ο έλεγχος δεν δώσει τα επιθυμητά αποτελέσματα τότε είτε χρειάζεται να οριστούν πρόσθετες ή διαφορετικές παράμετροι που να καταγράφουν καλύτερα τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις είτε χρειάζεται να ελεγχθεί η εφαρμογή ή η επιλογή της ΣΤΔ που τελικά εφαρμόστηκε. Ο συγκεκριμένος έλεγχος απαιτεί εκτός από την ανάλυση των δεδομένων και την ύπαρξη κάποιου έμπειρου ατόμου ή έμπειρης ομάδας που να μπορεί να αξιολογήσει την περιβαλλοντική συμπεριφορά με βάση τα δεδομένα και να διακρίνει όποια επίπτωση δεν έχει ληφθεί υπόψη στη διεξαγόμενη ανάλυση.

Συνοπτικά η παραπάνω ακολουθούμενη διαδικασία περιγράφεται στο σχήμα που ακολουθεί:



Σχήμα 30. Υλοποιούμενες ενέργειες στο στάδιο ανάλυσης EOLT_C

4.4.4 Στάδιο Ανάλυσης REDP_A

Από τα αρχικά δεδομένα που παρουσιάστηκαν για τους Μ/Σ φανερό είναι πως πρόκειται για προϊόντα που έχουν υποστεί βελτιώσεις και μια ικανοποιητική εξέλιξη με το χρόνο δεδομένου ότι πλέον οι παρατηρούμενες απώλειες κατά τη λειτουργία τους είναι ελάχιστες γεγονός που ήταν και παραμένει ο βασικός επιθυμητός στόχος στα τμήματα σχεδίασης. Παράλληλα με τον παραπάνω στόχο έχουν γίνει και αρκετές σχεδιαστικές βελτιώσεις όσον αφορά τα χρησιμοποιούμενα υλικά αφού τα χρησιμοποιούμενα μέταλλα που αποτελούν και το μεγαλύτερο μέρος ενός Μ/Σ ανακυκλώνονται εύκολα ενώ ακόμα και για τα έλαια όπου υπήρξαν αρκετά προβλήματα με τη χρήση επικίνδυνων υλικών ισχύει ότι σταδιακά και όσο αποσύρονται Μ/Σ με επικίνδυνα υλικά η κατάσταση βελτιώνεται, δεδομένου ότι πλέον έχει απαγορευτεί η χρήση επικίνδυνων ελαίων, ενώ παράλληλα πολλοί είναι οι ερευνητές που αναζητούν τύπους ελαίων που να μπορούν να χρησιμοποιηθούν και να προέρχονται από φυσικά προϊόντα (Oommen et al., 1997, δεδομένα από την ηλεκτρονική σελίδα www.waverlyia.com).

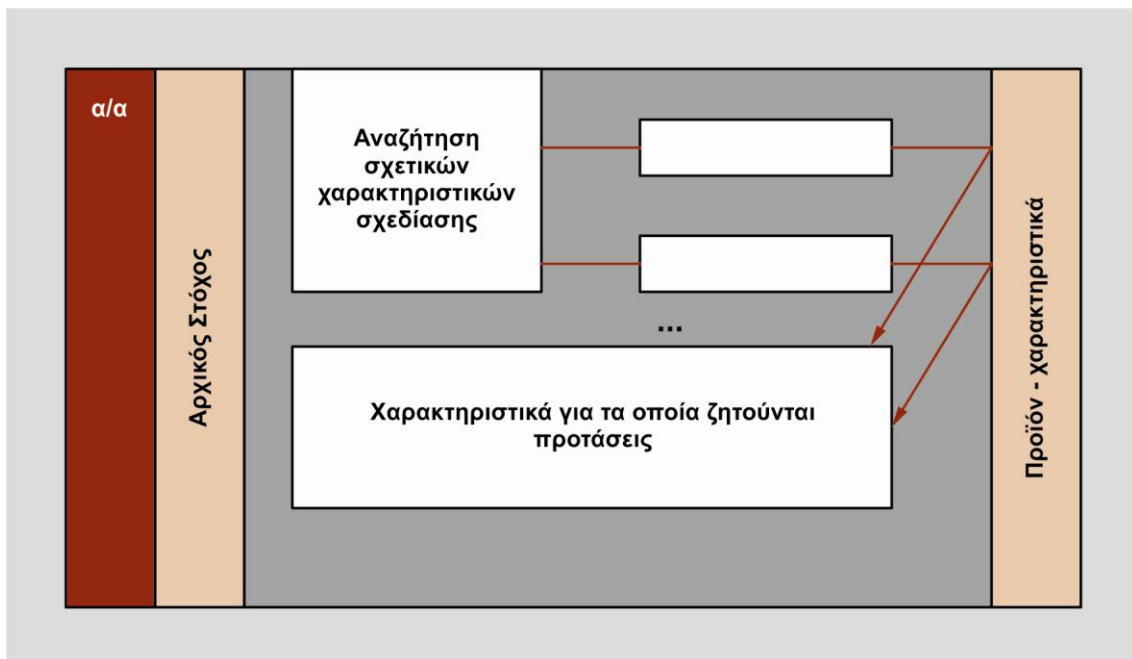
Η μελέτη του Μ/Σ και των προτεινόμενων σχεδιαστικών βελτιώσεων μέσα από τη λιτή σκέψη για το στάδιο μετά την απόσυρση και με κριτήριο τη βέλτιστη συμπεριφορά ως προς το περιβάλλον σκοπό έχει να αποκαλύψει και άλλα σημεία στη φάση της σχεδίασης εκτός από τα χρησιμοποιούμενα υλικά που μπορούν να υποστούν μικρές ή μεγάλες αλλαγές και να εξυπηρετούν παράλληλα το συγκεκριμένο στόχο. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί προφανώς από τη συνεργασία του αναλυτή του συγκεκριμένου προβλήματος με το τμήμα σχεδίασης ενώ καλό θα είναι στην πράξη οι απαιτούμενες εργασίες στο συγκριμένο στάδιο να γίνονται από άτομα με πολύ εμπειρία και γνώσεις που θα μπορούν να δουν πέρα από τις προφανείς λύσεις που κατά καιρούς δοκιμάζονται στη φάση σχεδίασης και άλλες προτάσεις λιγότερο προφανείς.

Βασικός στόχος στο συγκεκριμένο στάδιο ανάλυσης είναι να καταγραφούν όλα τα πιθανά χαρακτηριστικά που θα μπορούσαν να βελτιωθούν και τα οποία μπορούν να επηρεάσουν την

περιβαλλοντική συμπεριφορά του προϊόντος μετά την απόσυρσή του. Οι αρχικοί στόχοι που προτείνονται από την περιγραφή της μεθόδου είναι οι εξής:

1. Παραγόμενες ποσότητες υπολειμμάτων
2. Ποσότητες ΑΗΗΕ που επιστρέφουν στην αγορά
3. Απαιτούμενες ποσότητες ενέργειας
4. Χρόνος και βάθος αποσυναρμολόγησης
5. % ανάκτησης επιμέρους υλικών
6. Επικινδυνότητα απαιτούμενων εργασιών
7. Μεγιστοποίηση πραγματικού χρόνου ζωής

Ακολουθώντας την προτεινόμενη ανάλυση όπως διατυπώθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο ξεκινάει η διαδικασία αναζήτησης για καθεμιά από τις έξι κατηγορίες παραμέτρων όπως φαίνεται και στο σχήμα που ακολουθεί:



Σχήμα 31. Διαδικασία αναζήτησης χαρακτηριστικών σχεδίασης

Στη συνέχεια για τον καθένα από τους παραπάνω στόχους αναζητούνται σχετικά χαρακτηριστικά από τη φάση της σχεδίασης. Από αυτά τα χαρακτηριστικά απομονώνονται αυτά που θα διερευνηθούν περισσότερο. Για τη συγκεκριμένη εφαρμογή και με βάση τις ιδιαιτερότητες του υπό μελέτη προϊόντος επιλέγονται για τους έξι περιβαλλοντικούς στόχους 10 χαρακτηριστικά σχεδίασης για τα οποία κρίνει το τμήμα σχεδίασης ότι εξυπηρετούν το συγκεκριμένο στόχο ενώ παράλληλα έχουν περιθώρια βελτίωσης και παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 10. Επιμέρους Χαρακτηριστικά Σχεδίασης που Επιλέγονται ως Πιθανά για Βελτίωση

Αρχικός στόχος 1: Για τις παραγόμενες ποσότητες υπολειμμάτων

- Χρήση υλικών που δεν αφήνουν αναξιοποίητα υπολείμματα κατά την τελική επεξεργασία τους

- Ελαχιστοποίηση διαστάσεων και χρησιμοποιούμενων ποσοτήτων υλικών του Μ/Σ
- Ύπαρξη κατάλληλων και απαιτούμενων οργάνων ελέγχου και παρακολούθησης ενός Μ/Σ προκειμένου να αποτρέπονται στο μέγιστο βαθμό αστοχίες.
- Εξ' αρχής προγραμματισμός εργασιών συντήρησης ώστε να διασφαλίζεται στο μέγιστο βαθμό η όσο το δυνατό μεγαλύτερη διάρκεια χρήσιμης ζωής.

Αρχικός στόχος 2 και 5: Για τις ποσότητες των ΑΗΗΕ που επιστρέφουν στην αγορά και τα % ανάκτησης επιμέρους υλικών

- Χρήση επιμέρους τμημάτων που μπορούν να αποσπαστούν και να επαναχρησιμοποιηθούν.
- Χρήση υλικών που μπορούν να υποστούν ανακύκλωση και στη συνέχεια να επαναχρησιμοποιηθούν.

Αρχικός Στόχος 3 και 4: Για τις απαιτούμενες ποσότητες ενέργειας και το χρόνο και βάθος αποσυναρμολόγησης

- Ελάχιστος αριθμός επιμέρους χρησιμοποιούμενων τμημάτων.
- Ελάχιστος αριθμός μόνιμων συνδέσεων.

Αρχικός Στόχος 6: Για την επικινδυνότητα των απαιτούμενων εργασιών

- Ενέργειες διευκόλυνσης διαχείρισης υλικών που μπορεί να προκαλέσουν περιβαλλοντικά προβλήματα.
- Λήψη προληπτικών μέτρων σε περίπτωση αστοχίας για την ελαχιστοποίηση του κινδύνου περιβαλλοντικής επιβάρυνσης.

Αρχικός Στόχος 7: Για τη μεγιστοποίηση του πραγματικού χρόνου ζωής

- Ενέργειες εξάλειψης συνθηκών που μπορούν να οδηγήσουν σε αστοχία
- Κατάλληλη συντήρηση Μ/Σ κατά τη διάρκεια της χρήσιμης ζωής του

Στη συνέχεια τα παραπάνω χαρακτηριστικά σχεδίασης καταγράφονται από το τμήμα σχεδίασης σε έναν πίνακα όπου επιπλέον υπάρχουν περιγραφή ανάλογα με το προϊόν και τα διαθέσιμα δεδομένα από το τμήμα σχεδίασης της τρέχουσας κατάστασής τους, τυχόν περιοριστικά όρια ως προς τις αλλαγές που μπορούν να υποστούν και διατύπωση των αναμενόμενων επιπτώσεων που θα έχουν τυχόν αλλαγές στα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Ο συγκεκριμένος πίνακας προωθείται στη συνέχεια για διερεύνηση στο στάδιο REDP_B όπου και θα διατυπωθούν τυχόν προτάσεις σχεδίασης που θα προκύψουν. Ο έλεγχος επάρκειας που εκτελείται στη συνέχεια έχει ως στόχο να ελέγξει για μια ακόμα φορά ότι τα χαρακτηριστικά σχεδίασης που αναζητούνται περιλαμβάνουν το σύνολο των πιθανών σχεδιαστικών παρεμβάσεων που θα μπορούσαν να βελτιώσουν την περιβαλλοντική συμπεριφορά στο στάδιο απόσυρσης.

4.4.5 Στάδιο Ανάλυσης REDP_B

Βασίζεται στην αξιοποίηση των αποτελεσμάτων που έχουν προκύψει από τα στάδια EOLT_C και REDP_A.

Βήμα 1^ο: Με βάση τον πίνακα αξιολόγησης που προέκυψε από το στάδιο ανάλυσης EOLT_C καταγράφονται χωριστά τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά που είχαν αποδεκτές τιμές όσον αφορά τις περιβαλλοντικές τους επιδράσεις και χωριστά τα κρίσιμα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να βελτιωθούν με σειρά σημαντικότητας που ορίζεται από την έκταση των αρνητικών επιδράσεων που προκαλούν.

Ας υποθεθεί ότι ισχύει το σενάριο όπου οι παράμετροι 1 και 4 δεν έχουν ικανοποιητικές τιμές για τον αναλυτή του προβλήματος ενώ οι παράμετροι 2, 3, 5 και 6 έχουν τιμές αποδεκτές οπότε οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις στις οποίες παραπέμπουν είναι εντός των αποδεκτών ορίων. Στην περίπτωση αυτή ο πίνακας που διαμορφώνεται θα μπορούσε να έχει την εξής μορφή:

Πίνακας 11. Περιβαλλοντικά Χαρακτηριστικά που Προέκυψαν από το Στάδιο EOLT_C

Με ικανοποιητικές τιμές	Με μη-ικανοποιητικές τιμές (κατάταξη με βαθμό σημαντικότητας)
Παράμετρος 2: % ανάκτησης επιμέρους υλικών που μπορούν να υποστούν ανακύκλωση	Παράμετρος 1: Παραγόμενες ποσότητες υπολειμμάτων σε υγρή μορφή
Παράμετρος 3: % ανάκτησης επιμέρους τμημάτων που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν	Παράμετρος 4: Απαιτούμενος χρόνος για την εφαρμογή της προτεινόμενης ΣΤΔ
Παράμετρος 5: Βαθμός επικινδυνότητας των απαιτούμενων εργασιών	

Βήμα 2^ο: Ο πίνακας που έχει διαμορφωθεί με τα χαρακτηριστικά σχεδίασης που ορίστηκαν, την τρέχουσα κατάστασή τους, τα όρια και τις γενικότερες επιπτώσεις χρησιμοποιείται στη διαμόρφωση ενός δεύτερου πίνακα όπου για το κάθε χαρακτηριστικό σχεδίασης αναφέρονται τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά που πιθανά επηρεάζουν προκειμένου να αναζητηθούν ενέργειες βελτίωσης στη συνέχεια.

Συνεχίζοντας στο ίδιο υποθετικό σενάριο με τα παραπάνω ο πίνακας που διαμορφώνεται θα μπορούσε να έχει την εξής μορφή:

Πίνακας 12. Προτεινόμενα Χαρακτηριστικά Σχεδίασης και Πιθανά Περιβαλλοντικά Χαρακτηριστικά που Επηρεάζουν

Χαρακτηριστικά σχεδίασης	Σχετικά περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά
Χρήση υλικών που δεν αφήνουν αναξιοποίητα υπολείμματα κατά την τελική επεξεργασία τους	Παράμετροι 1, 2, 3
Ελαχιστοποίηση διαστάσεων και χρησιμοποιούμενων ποσοτήτων υλικών του Μ/Σ	Παράμετροι 1, 2, 3, 4
Ύπαρξη κατάλληλων και απαιτούμενων οργάνων ελέγχου και παρακολούθησης ενός Μ/Σ προκειμένου να αποτρέπονται στο μέγιστο βαθμό αστοχίες.	Παράμετρος 5
Χρήση επιμέρους τμημάτων που μπορούν να αποσπαστούν και να επαναχρησιμοποιηθούν.	Παράμετρος 3
Χρήση υλικών που μπορούν να υποστούν ανακύκλωση και στη συνέχεια να επαναχρησιμοποιηθούν.	Παράμετροι 1, 2
Ελάχιστος αριθμός επιμέρους χρησιμοποιούμενων τμημάτων.	Παράμετρος 4
Ελάχιστος αριθμός μόνιμων συνδέσεων.	Παράμετρος 4

Ενέργειες διευκόλυνσης διαχείρισης υλικών που μπορεί να προκαλέσουν περιβαλλοντικά προβλήματα.	Παράμετροι 4, 5
Λήψη προληπτικών μέτρων σε περίπτωση αστοχίας για την ελαχιστοποίηση του κινδύνου περιβαλλοντικής επιβάρυνσης.	Παράμετρος 5

Υπάρχουν επίσης και τα παρακάτω χαρακτηριστικά σχεδίασης που δεν επηρεάζονται από κάποιο συγκεκριμένο περιβαλλοντικό χαρακτηριστικό από τη φάση της τελικής διαχείρισης πλην όμως η βελτιστοποίησή τους συμβάλει θετικά στην ελαχιστοποίηση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης οπότε και λαμβάνονται υπόψη στη διατύπωση προτάσεων στη συνέχεια αφού είναι δυνατό να διατυπωθούν προτάσεις για αυτά με βάση τις πληροφορίες που έχουν συλλεχθεί για το προϊόν μέχρι και τη στιγμή της απόσυρσης, ενώ σχετίζονται άμεσα με τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την επιλογή της βέλτιστης ΣΤΔ:

- Αιτίες αστοχίας
- Εξ' αρχής προγραμματισμός εργασιών συντήρησης ώστε να διασφαλίζεται στο μέγιστο βαθμό η όσο το δυνατό μεγαλύτερη διάρκεια χρήσιμης ζωής

Βήμα 3^ο: Από τα δύο προηγούμενα βήματα συνδυάζονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν σε έναν πίνακα που περιλαμβάνει τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά και τις πιθανές προτάσεις προς τη φάση σχεδίασης που θα μπορούσαν να τα βελτιώσουν.

Για το παραπάνω υποθετικό σενάριο ο συνδυασμός των αποτελεσμάτων από τους δύο πίνακες θα μπορούσε να δώσει τα εξής αποτελέσματα:

Πίνακας 13. Συγκεντρωτικός Πίνακας Συνδυασμών Περιβαλλοντικών Χαρακτηριστικών και Προτάσεων Βελτίωσης προς τη Φάση Σχεδίασης

Περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά	Προτάσεις βελτίωσης προς τη σχεδίαση (αναφέρονται ενδεικτικές προτάσεις που θα μπορούσαν να διατυπωθούν)
Παράμετρος 1: Παραγόμενες ποσότητες υπολειμμάτων σε υγρή μορφή	Χρήση κενού ή υλικού σε αέρια μορφή ως μέσο μόνωσης ή ψύξης. Αντικατάσταση ορυκτελαίων με φυσικά ή συνθετικά έλαια. Ελαχιστοποίηση διαστάσεων Μ/Σ.
Παράμετρος 2: % ανάκτησης επιμέρους υλικών που μπορούν να υποστούν ανακύκλωση	Χρήση υλικών μεγάλης καθαρότητας. Αποφυγή χρήσης επικαλύψεων, συγκολλήσεων και μόνιμων συνδέσεων. Χρήση υλικών που μπορούν να υποστούν ανακύκλωση και στη συνέχεια να επαναχρησιμοποιηθούν. Σήμανση επιμέρους τμημάτων με τα υλικά που περιέχουν.
Παράμετρος 3: % ανάκτησης επιμέρους τμημάτων που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν	Χρήση επιμέρους τμημάτων με συγκεκριμένες προδιαγραφές και πολλές πιθανές χρήσεις. Μεγιστοποίηση αριθμού επιμέρους τμημάτων που μπορούν να αφαιρεθούν με μη-καταστροφική

	αποσυναρμολόγηση.
Παράμετρος 4: Απαιτούμενος χρόνος για την εφαρμογή της προτεινόμενης ΣΤΔ	Διαθεσιμότητα κατάλληλων μέσων και εγκαταστάσεων για την τελική διαχείριση. Ελαχιστοποίηση μόνιμων συνδέσεων. Ελάχιστος αριθμός επιμέρους τμημάτων. Καταγραφή εργασιών που έχουν γίνει σε συντηρήσεις κατά τη χρήση.
Παράμετρος 5: Βαθμός επικινδυνότητας των απαιτούμενων εργασιών	Διαθεσιμότητα απαιτούμενης τεχνογνωσίας. Διαθεσιμότητα απαιτούμενων μέσων προστασίας. Διαθεσιμότητα κατάλληλων εγκαταστάσεων και εξοπλισμού για τη συσκευασία, μεταφορά και παραπέρα διαχείριση του αποσυρόμενου προϊόντος. Ειδική σήμανση για τα τυχόν επικίνδυνα υλικά που είναι γνωστό ότι περιλαμβάνονται. Λήψη κατάλληλων μέτρων για την αποτροπή έκλυσης υγρών στο περιβάλλον σε περίπτωση ατυχήματος (πχ. με την τοποθέτηση κάποιου απορροφητικού φράγματος γύρω από τον κάθε Μ/Σ οπότε ακόμα και σε μια πιθανή διαρροή αυτή να είναι περιορισμένη και τα εκλυόμενα υγρά να μπορούν να συλλεχθούν με ευκολία. Τα τμήματα που περιέχουν επικίνδυνα υλικά να αφαιρούνται με ευκολία και να βρίσκονται όσο το δυνατό πιο γρήγορα στη διαδικασία αποσυναρμολόγησης.

Για τα δύο άλλα χαρακτηριστικά που δεν σχετίζονται άμεσα με τα περιβαλλοντικά αποτελέσματα της εφαρμογής της επιλεγμένης ΣΤΔ αλλά μπορούν να επηρεάσουν την επιλογή της ΣΤΔ που θα ακολουθηθεί και σχετίζονται έμμεσα με τελική περιβαλλοντική επιβάρυνση η διαδικασία ανάλυσης που ακολουθείται για τη διατύπωση προτάσεων είναι η εξής:

Δεδομένη κατάσταση: Τρεις είναι οι βασικοί παράγοντες που οδηγούν έναν Μ/Σ σε αχρηστία αν θεωρηθεί ότι δεν υπάρχει εξαρχής κάποιο κατασκευαστικό πρόβλημα:

- Οξυγόνο
- Νερό
- Θερμοκρασία

Και οι τρεις αυτοί παράγοντες θα πρέπει να ελεγχθούν τόσο στη φάση σχεδίασης όσο και στη φάση λειτουργίας με τον καλύτερο δυνατό τρόπο ώστε ο χρόνος της χρήσιμης ζωής να είναι μέγιστος. Η λειτουργία ενός Μ/Σ εκτιμάται ότι είναι 30-40 έτη κάτω από ιδανικές συνθήκες. Ένας Μ/Σ σχεδιάζεται και ελέγχεται προκειμένου να έχει τη διηλεκτρική και μηχανική αντοχή που απαιτείται με κάποιο περιθώριο να υπάρχουν υπερβάσεις τιμών για μικρά χρονικά διαστήματα. Η φυσιολογική διαδικασία γήρανσης είναι αναμενόμενο να οδηγήσει κάποια στιγμή σε αστοχία. Η αστοχία ενός Μ/Σ στη βιβλιογραφία αντιμετωπίζεται ως ένα μέγεθος που μπορεί να εκφραστεί με τη θεωρία πιθανοτήτων αφού τρεις είναι οι βασικές παράμετροι που το ελέγχουν: σχεδίαση,

ηλικία και εξωτερικοί παράγοντες (William *et al.*, 2003, Emsley *et al.*, 1994). Από στοιχεία εταιρειών προκύπτει ότι συχνές αιτίες αστοχιών είναι η ποιότητα του υλικού μόνωσης, η ύπαρξη οξυγόνου στο χρησιμοποιούμενο έλαιο, η ύπαρξη υγρασίας στο χρησιμοποιούμενο μονωτικό μέσο, η εκδήλωση εκρήξεων ή πυρκαγιών στο εξωτερικό περιβάλλον, οι φυσικές καταστροφές, η ύπαρξη ελαττωμάτων στις φάσεις της σχεδίασης και κατασκευής, τα χαλαρά τυλίγματα λόγω χρόνου (Rajurkar *et al.*, 2010). Η ηλικία δεν αποτελεί αιτία αστοχίας μεν αλλά είναι προφανές ότι για έναν Μ/Σ όσο αυξάνει η ηλικία του σταδιακά παρουσιάζει περισσότερα προβλήματα. Παρόλα αυτά ένας Μ/Σ δεν αχρηστεύεται μόνο λόγω ηλικίας. Αναλύσεις που έχουν πραγματοποιηθεί όμως στην πράξη δείχνουν ότι ο μέσος χρόνος ζωής ενός Μ/Σ πριν συμβεί κάποια αστοχία είναι της τάξης των 14-18 ετών (Bartley, 1997).

Πιθανοί δείκτες που μπορούν να αποτυπώσουν την πιθανότητα αστοχίας είναι ο πραγματικός χρόνος ζωής, η σχεδίαση, τα αποτελέσματα διαγνωστικών ελέγχων, η ηλικία του μέσου μόνωσης και τα αποτελέσματα από μια διεξαγόμενη ανάλυση επικινδυνότητας. Οι πιθανοί παράγοντες αστοχίας στην πράξη είναι:

- διαρροές
- ύπαρξη υγρασίας
- προβλήματα υπερθέρμανσης
- βλάβη σε όργανο ελέγχου
- τοπική βλάβη

Προτάσεις βελτίωσης προς τη φάση σχεδίασης που θα μπορούσαν να βελτιώσουν τη συμπεριφορά των δύο παραπάνω χαρακτηριστικών είναι:

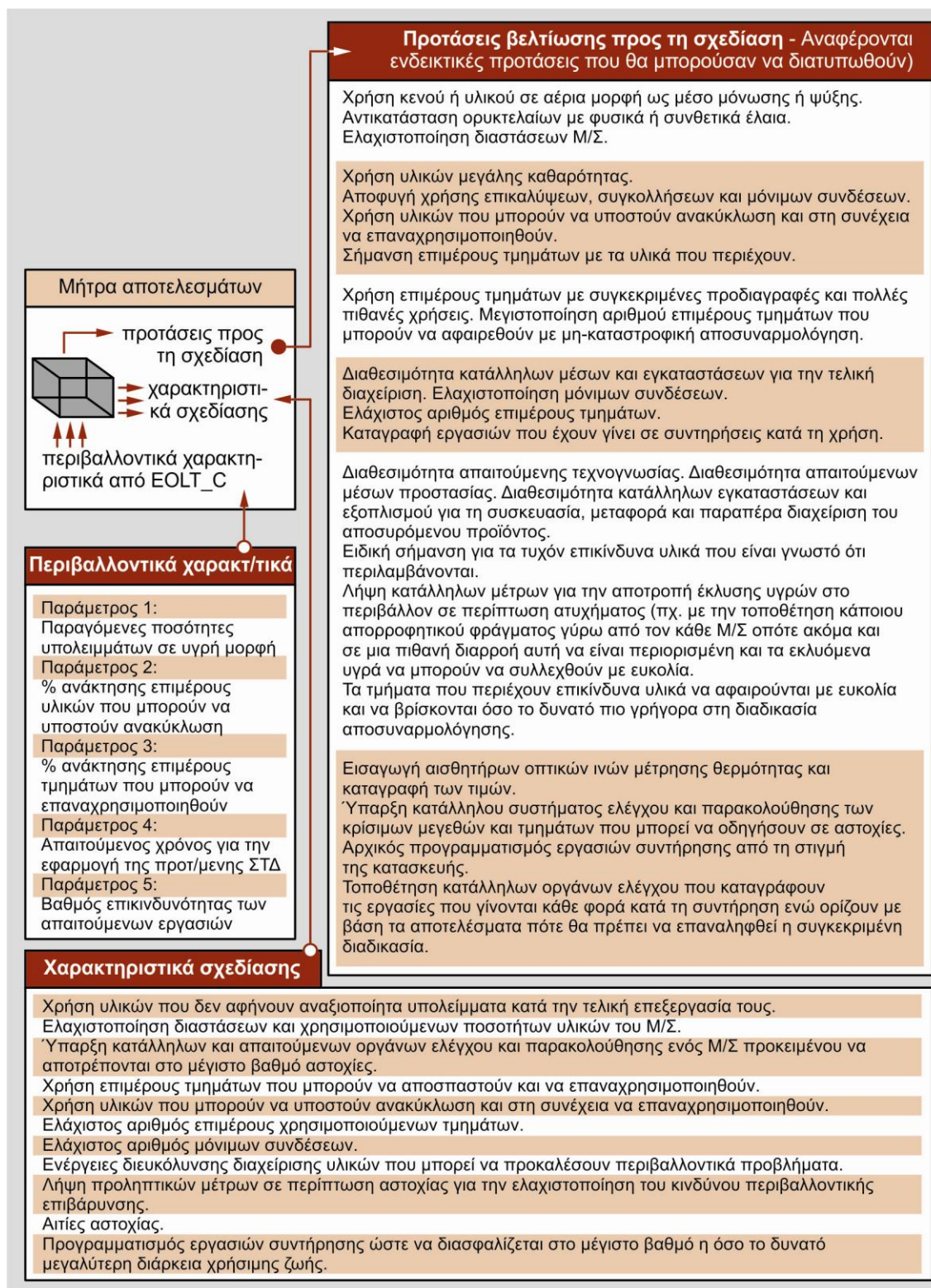
- Εισαγωγή αισθητήρων οπτικών ινών μέτρησης θερμότητας και καταγραφή των τιμών.
- Ύπαρξη κατάλληλου συστήματος ελέγχου και παρακολούθησης των κρίσιμων μεγεθών και τμημάτων που μπορεί να οδηγήσουν σε αστοχίες.
- Αρχικός προγραμματισμός εργασιών συντήρησης από τη στιγμή της κατασκευής.
- Τοποθέτηση κατάλληλων οργάνων ελέγχου που καταγράφουν τις εργασίες που γίνονται κάθε φορά κατά τη συντήρηση ενώ ορίζουν με βάση τα αποτελέσματα πότε θα πρέπει να επαναληφθεί η συγκεκριμένη διαδικασία.

Βήμα 4^ο: Ακολουθεί ο έλεγχος επάρκειας που ελέγχει:

- Το βαθμό κάλυψης των μη-ικανοποιητικών περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών από χαρακτηριστικά σχεδίασης που θα μπορούσαν να τα επηρεάσουν.
- Το βαθμό κάλυψης των χαρακτηριστικών σχεδίασης που σχετίζονται με την περιβαλλοντική συμπεριφορά στο τέλος.

Εφόσον ο έλεγχος κρίνει τα αποτελέσματα ως:

- μη-ικανοποιητικά γίνεται έλεγχος προς τα πίσω τόσο στο συγκεκριμένο στάδιο ανάλυσης όσο και στα στάδια REDP_A και EOLT_C προκειμένου να γίνουν οι κατάλληλες διορθωτικές ενέργειες
- ικανοποιητικά διαμορφώνεται ένας τρισδιάστατος πίνακας αποτελεσμάτων που παρουσιάζει τις προτάσεις βελτίωσης προς εξέταση από τη φάση σχεδίασης σε συνδυασμό με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τα χαρακτηριστικά σχεδίασης που θα μπορούσαν να βελτιωθούν. Για την παραπάνω υποθετική εφαρμογή ένας τέτοιος πίνακας φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 32. Μήτρα τελικών αποτελεσμάτων από το στάδιο ανάλυσης REDP_B

Η διαδικασία επίλυσης του προβλήματος χρησιμοποιώντας την προτεινόμενη μεθοδολογία σταματάει εδώ. Η επιτυχής ή μη εξαγωγή χρήσιμων προτάσεων προς τη φάση της σχεδίασης μπορεί να επιβεβαιωθεί μόνο μέσα από την πρακτική υλοποίηση των παραπάνω προτάσεων από το τμήμα σχεδίασης και τη μετέπειτα αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν όταν

το νέο προϊόν περιέλθει εκ νέου σε αχρηστία. Οπότε μόνο τότε μπορεί κάποιος με βεβαιότητα να πει αν τα αποτελέσματα της προτεινόμενης ανάλυσης ήταν θετικά.

Συνοψίζοντας για τις μελλοντικές προοπτικές στη σχεδίαση των Μ/Σ:

Οικολογικοί Μ/Σ δεν υπάρχουν και δεν προβλέπεται να υπάρξουν. Πιθανά στα επόμενα χρόνια θα χρησιμοποιούνται όλο και περισσότεροι Μ/Σ που δεν θα χρησιμοποιούν ορυκτέλαια ή θα κατασκευάζονται με υπεραγωγίμα υλικά (που σήμερα κατασκευάζονται πειραματικά ή σε περιορισμένες εφαρμογές) όπου χρησιμοποιείται υγροποιημένο άζωτο ως μέσο ψύξης. Σ' αυτήν την τεχνολογία ήδη εργάζονται πολλοί άνθρωποι ανά τον κόσμο. Επιπλέον, από τις αρχές της δεκαετίας του '60 άρχισαν να κατασκευάζονται Μ/Σ ξηρού τύπου, τα τυλίγματα των οποίων εμποτίζονται με μια εποξική ρητίνη υπό κενό. Η ρητίνη αυτή δεν είναι τοξική. Όταν προκύψει βραχυκύκλωμα, η θερμοκρασία δε μεταδίδεται μακριά από το σφάλμα. Οι Μ/Σ αυτοί δεν έχουν δοχείο και διάφορα άλλα εξαρτήματα. Μειονέκτημα που αποτρέπει μέχρι και σήμερα την ευρεία χρήση τους είναι τόσο το κόστος ενός τέτοιου Μ/Σ που είναι σχεδόν το διπλάσιο από το κόστος ενός συμβατικού με πλήρωση λαδιού αλλά και το κόστος συντήρησης που είναι αρκετά υψηλό.

Οι συζητήσεις που γίνονται τα τελευταία χρόνια στην Ε.Ε. σχετικά με το κείμενο της νέας οδηγίας για την οικολογική σχεδίαση προϊόντων περιλαμβάνει τους Μ/Σ σε χωριστή κατηγορία και σημειώνει ότι οι σημαντικότερες αρνητικές περιβαλλοντικές επιδράσεις δημιουργούνται στο στάδιο της χρήσης και οφείλονται στην υψηλή κατανάλωση ενέργειας. Τα δικά μας συμπεράσματα είναι ότι τόσο στο στάδιο της χρήσης όσο και στο στάδιο της τελικής διαχείρισης πολλά είναι αυτά που μπορούν να αλλάξουν προκειμένου η περιβαλλοντική συμπεριφορά ενός Μ/Σ να βελτιωθεί σε σημαντικό βαθμό. Το ποιος από αυτές τις αλλαγές που προτείνονται μπορούν να πραγματοποιηθούν είναι ένα θέμα που χρειάζεται να εξεταστεί από το στάδιο σχεδίασης ενώ προφανώς εξαρτάται και από άλλους παράγοντες όπως είναι οι προτεραιότητες που τίθενται και οι διαθέσιμοι πόροι.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΙΘΑΝΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

"Not everything that counts can be counted and not everything that can be counted counts", A. Einstein

Στη συνέχεια ακολουθεί μια συνοπτική παρουσίαση της εργασίας και καταγράφονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν. Συνοπτικά παρουσιάζονται και τα καινοτόμα στοιχεία της προτεινόμενης μεθοδολογίας καθώς και οι παρατηρήσεις που προέκυψαν από την προσπάθεια εφαρμογής της στην πράξη. Επιπλέον, προτείνονται μελλοντικές κατευθύνσεις στις οποίες μπορεί να οδηγηθεί η έρευνα καθώς και βελτιώσεις που μπορούν να εξεταστούν και να εφαρμοστούν για την προτεινόμενη μεθοδολογία στην πράξη.

5.1 Σύνοψη της Εκτελούμενης Εργασίας και των Αποτελεσμάτων της

Στη σημερινή εποχή τα προϊόντα ΗΗΕ στην πλειοψηφία τους παρουσιάζουν μια προσεκτικά καλλιεργημένη εικόνα που περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων και την ελαχιστοποίηση του αρνητικού αντίκτυπού τους προς το περιβάλλον σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής τους. Στην κατεύθυνση αυτή η συγκεκριμένη εργασία έχει ως στόχο να συμβάλει στην ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων προς το περιβάλλον προϊόντων ΗΗΕ μετά τη λήξη της χρήσιμης ζωής τους.

Ο λόγος που η ανάλυση επικεντρώθηκε στη συγκεκριμένη γενική κατηγορία προϊόντων είναι ότι παρουσιάζουν σημαντικές ιδιαιτερότητες σε σχέση άλλα προϊόντα που απαιτείται να ληφθούν υπόψη. Ενδεικτικά αναφέρονται οι εξής:

- περιέχουν πολλές επικίνδυνες για το περιβάλλον ουσίες,
- σε πολλές περιπτώσεις περιέρχονται σε αχρηστία αφού ολοκληρώσουν τον τεχνολογικό κύκλο ζωής τους και ενώ εξακολουθούν να λειτουργούν κανονικά,
- η επεξεργασία τους απαιτεί εξειδικευμένο εξοπλισμό και προσωπικό,
- οι ποσότητες που αποσύρονται από την αγορά είναι αυξητικές χρόνο με το χρόνο.

Η ισχύουσα νομοθεσία σε διεθνές επίπεδο όσον αφορά τα απόβλητα ΑΗΗΕ, όπου εφαρμόζεται ή προβλέπεται να τεθεί σε ισχύ στο μέλλον, δίνει προτεραιότητα στα εξής θέματα:

- να μειώσει το περιβαλλοντικό βάρος από τα άχρηστα καταναλωτικά ηλεκτρονικά προϊόντα και
- να ενθαρρύνει τη βιομηχανία να είναι πιο προσεκτική με τις πρώτες ύλες που επιλέγει λαμβάνοντας υπόψη και τις επιπτώσεις που έχει η χρήση τους στο περιβάλλον.

Στα πλαίσια αναζήτησης λύσεων για τη βέλτιστη τελική διαχείριση των προϊόντων ΑΗΗΕ έχουν αναπτυχθεί διάφορες πιθανές στρατηγικές που εφαρμόζονται ανάλογα με τις συνθήκες και τα επιθυμητά αποτελέσματα. Οι στρατηγικές αυτές με βάση τη μορφή που λαμβάνει το προϊόν μετά την επεξεργασία του χωρίζονται στις εξής γενικές κατηγορίες:

- Επαναχρησιμοποίηση στη μορφή που έχει ή υλοποίηση ορισμένων εργασιών αποκατάστασης πάνω σε αυτό και στη συνέχεια επαναδιοχέτευση του προϊόντος στην ίδια ή σε διαφορετική αγορά για ίδια ή διαφορετική χρήση.

- Επανακατασκευή – αποσυναρμολόγηση σε επιμέρους συστατικά, επιθεώρηση, καθάρισμα και χρησιμοποίηση ορισμένων από τα εξαρτήματά του στην παραγωγή νέων προϊόντων (για ίδια ή διαφορετική χρήση από το αρχικό προϊόν).
- Ολοκληρωτική καταστροφή (ανακύκλωση, αποσυναρμολόγηση ή κονιοποίηση - καταστροφή του προϊόντος) και στη συνέχεια ταξινόμηση και επαναχρησιμοποίηση των υλικών που προκύπτουν.

Οι χρονικές στιγμές στις οποίες μπορεί να επέμβει κάποιος στη διαδικασία διαχείρισης των προϊόντων ΑΗΗΕ μετά την απόσυρσή τους από την αγορά, προκειμένου να περιορίσει τις αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι:

- Στο στάδιο τελικής διαχείρισης μετά την ολοκλήρωση του χρήσιμου χρόνου ζωής.
- Στο στάδιο σχεδίασης και κατασκευής του προϊόντος.
- Στο στάδιο χρήσης του προϊόντος.

Ως σήμερα οι περισσότερες μελέτες εστιάζουν τις ενέργειές τους στη στιγμή που το προϊόν αποσύρεται από την αγορά, όπου η κατάσταση στην οποία αυτό βρίσκεται είναι γνωστή χωρίς αμφιβολία. Συνεπώς, η παραπέρα επεξεργασία του είναι ένα πρόβλημα συγκεκριμένο που δεν κρύβει αβεβαιότητες και περιλαμβάνει μικρό εύρος πιθανών επιλογών που μπορούν να γίνουν.

Τα τελευταία χρόνια όμως υπάρχουν ερευνητικές προσπάθειες που εστιάζουν στην αναζήτηση παρέμβασης στα στάδια σχεδίασης και χρήσης με απώτερο στόχο τη διαμόρφωση κατάλληλων χαρακτηριστικών που θα πρέπει να έχει το προϊόν κατά την απόσυρσή του από την αγορά προκειμένου να διευκολυνθεί η παραπέρα διαχείρισή του με το ελάχιστο κόστος (σύμφωνα με τους Pnueli and Zussman (1997) εκτιμάται ότι για τα προϊόντα ΑΗΗΕ μόλις το 10 - 20% του κόστους ανακύκλωσης εξαρτάται από τη βελτιστοποίηση της ίδιας της διαδικασίας ανακύκλωσης, ενώ το υπόλοιπο ποσοστό είναι ήδη προκαθορισμένο από τη φάση σχεδίασης του προϊόντος και δεν μειώνεται εκ των υστέρων).

Στην κατεύθυνση αυτή και η συγκεκριμένη εργασία επιχειρεί να συνδέσει τα στάδια σχεδίασης και τελικής διαχείρισης για προϊόντα ΗΗΕ με απώτερο στόχο τη διατύπωση προτάσεων βελτίωσης στο στάδιο σχεδίασης με στόχο την ελαχιστοποίηση της αρνητικής περιβαλλοντικής επίδρασης στο στάδιο της διαχείρισης μετά την απόσυρση. Η σύνδεση των δύο αυτών σταδίων αν και δύσκολη στην πράξη λόγω της χρονικής διαφοράς ανάμεσά τους, αποσκοπεί στην παραπέρα αναζήτηση βελτίωσης της διαδικασίας τελικής διαχείρισης και την επέκταση των ενεργειών δράσης. Το υπό μελέτη πρόβλημα χωρίστηκε σε πέντε διακριτά στάδια ανάλυσης που ήταν τα εξής:

Αναζήτηση των απαιτούμενων δεδομένων

Η επιλογή των δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν γίνεται μέσα από αναζήτηση σε υπάρχουσες βάσεις δεδομένων που σχετίζονται με την περιγραφή της τρέχουσας κατάστασης, των προηγούμενων σταδίων του κύκλου ζωής του, των χαρακτηριστικών του συγκεκριμένου προϊόντος καθώς και των διαθέσιμων μέσων. Βοηθητικό ρόλο στη διαδικασία επιλογής έχουν οι απαντήσεις σε προκαταρκτικές ερωτήσεις που σχετίζονται με το αν το προϊόν περιέχει επικίνδυνα υλικά καθώς και αν πρόκειται για «ορφανό» προϊόν. Συγκεκριμένοι κανόνες που ορίζονται από τον αναλυτή μπορούν να βοηθήσουν στον αποκλεισμό δεδομένων που δεν χρειάζεται να εξεταστούν στη συνέχεια ενώ η διαδικασία επιλογής συνεχίζεται με βάση τους περιορισμούς που υπάρχουν, τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά και τα απαιτούμενα βήματα αποσυναρμολόγησης. Ακολουθεί ο έλεγχος επάρκειας για τα δεδομένα που καταλήγει η

παραπάνω διαδικασία ότι θα πρέπει να αναζητηθούν με βάση συγκεκριμένα κριτήρια που έχουν διατυπωθεί εξ αρχής για τις ελάχιστες προϋποθέσεις που θα πρέπει να ισχύουν. Εφόσον τα αποτελέσματα του ελέγχου είναι επαρκή έπεται το στάδιο αναζήτησης των δεδομένων που επιλέχθηκαν.

Επιλογή της βέλτιστης ΣΤΔ

Με βάση τα αποτελέσματα από το προηγούμενο στάδιο ανάλυσης, ορίζονται τα κριτήρια, οι πιθανές ΣΤΔ, οι περιορισμοί που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι πιθανές μεθοδολογίες που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν προκειμένου να επιλεγεί η βέλτιστη ΣΤΔ μέσα από την κατάταξη των πιθανών στρατηγικών. Εφόσον από το προηγούμενο στάδιο έχει διαπιστωθεί ότι το προϊόν περιέχει επικίνδυνα – απαγορευμένα υλικά προηγείται η ασφαλής απομάκρυνσή τους. Με βάση προκαθορισμένα επιθυμητά αποτελέσματα ακολουθεί ο έλεγχος επάρκειας της λύσης που προτείνεται.

Εφαρμογή της ΣΤΔ και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν

Ακολουθεί η εφαρμογή της προτεινόμενης ΣΤΔ προσαρμοσμένη στις ιδιαιτερότητες του κάθε προϊόντος. Εφόσον η εφαρμογή της ολοκληρώνεται ακολουθεί η αξιολόγησή της που γίνεται με βάση τις τιμές συγκεκριμένων παραμέτρων που επιλέγονται για την καταγραφή των περιβαλλοντικών επιπτώσεων λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη από το ιστορικό του προϊόντος τις μεθόδους τελικής διαχείρισης που συνήθως χρησιμοποιούνται. Ο έλεγχος που ακολουθεί αφορά τόσο στην καταλληλότητα της ΣΤΔ όσο και στην επαρκή καταγραφή της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς μετά την εφαρμογή της με βάση προκαθορισμένα επιθυμητά αποτελέσματα.

Καταγραφή από το στάδιο σχεδίασης των πιθανών χαρακτηριστικών που θα μπορούσαν, εφόσον υποστούν αλλαγές, να συμβάλλουν στη βελτίωση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς μετά την απόσυρση του προϊόντος

Το συγκεκριμένο στάδιο χρονικά μπορεί να προηγηθεί από τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή αφού δεν σχετίζεται με τα 3 προηγούμενα στάδια ανάλυσης. Αφορά στην αναζήτηση και τελική επιλογή χαρακτηριστικών σχεδίασης που κρίνεται ότι θα πρέπει να εξεταστούν ως προς τα περιθώρια βελτίωσής τους προκειμένου να βελτιωθούν τα παρακάτω μεγέθη:

- Παραγόμενες ποσότητες υπολειμμάτων
- Ποσότητες ΑΗΗΕ που επιστρέφουν στην αγορά
- Απαιτούμενες ποσότητες ενέργειας
- Χρόνος και βάθος αποσυναρμολόγησης
- Ποσοστά ανάκτησης επιμέρους υλικών
- Επικινδυνότητα απαιτούμενων εργασιών

Ο έλεγχος που ακολουθεί, με βάση προκαθορισμένα επιθυμητά αποτελέσματα, αφορά στο αν καταγράφηκαν τα δεδομένα που θα μπορούσαν να βελτιωθούν και το γεγονός αυτό να επηρεάζει θετικά την τελική περιβαλλοντική συμπεριφορά του προϊόντος.

Συνδυασμός των προηγούμενων αποτελεσμάτων για τη διατύπωση προτάσεων προς τη φάση της σχεδίασης που θα μπορούσαν, εφόσον είναι εφικτές, να εφαρμοστούν για να ληφθούν τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Για το καθένα από τα χαρακτηριστικά σχεδίασης που επιλέγονται να εξεταστούν αντιστοιχούν πιθανά περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά του προϊόντος που ενδέχεται να επηρεάζουν. Επιπλέον

οι παράμετροι που αξιολογήθηκαν κατά την εφαρμογή της προτεινόμενης ΣΤΔ ομαδοποιούνται με βάση το αν οι τιμές που έλαβαν κρίθηκαν ως ικανοποιητικές ή όχι. Τα παραπάνω δεδομένα συγκεντρώνονται σε έναν πίνακα που περιλαμβάνει τους συνδυασμούς χαρακτηριστικών σχεδίασης και περιβαλλοντικών παραμέτρων που δεν έλαβαν ικανοποιητικές τιμές καθώς και τις πιθανές προτάσεις βελτίωσης. Ο έλεγχος επάρκειας που ακολουθεί με βάση προκαθορισμένα επιθυμητά αποτελέσματα ελέγχει αν για το σύνολο των περιβαλλοντικών παραμέτρων που δεν έλαβαν ικανοποιητική τιμή υπάρχουν χαρακτηριστικά σχεδίασης με τα οποία έχουν σχετιστεί. Εφόσον αυτό συμβαίνει προκύπτει μια μήτρα τελικών αποτελεσμάτων που θα λάβει το τμήμα σχεδίασης για παραπέρα διερεύνηση που περιλαμβάνει τις προτάσεις από την ανάλυση που προηγήθηκε.

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για το καθένα από τα παραπάνω πέντε στάδια ανάλυσης ήταν η λιτή σκέψη. Πρόκειται για μια μέθοδο που αποσκοπεί με τη λιγότερη προσπάθεια, τα λιγότερα διαθέσιμα μέσα και το λιγότερο χρόνο να παράγει αξία και να φτάσει στο επιθυμητό αποτέλεσμα από τον τελικό αποδέκτη. Ξεκίνησε μετά το Β' Παγκόσμιο Πόλεμο από την προσπάθεια καλύτερης οργάνωσης και διαχείρισης, τη βελτιστοποίηση σχέσεων πελατών με εταιρείες και την οργάνωση εφοδιαστικών αλυσίδων και παραγωγικών διεργασιών για να επεκταθεί σταδιακά στη μελέτη του συνόλου των δραστηριοτήτων μιας εταιρείας. Συνοψίζεται σε πέντε αρχές που είναι ο ορισμός αξίας, ο ορισμός του ρεύματος αξίας, η εξασφάλιση της αδιάλειπτης ροής αξίας, η δυνατότητα του πελάτη να έλκει αξία από τον παραγωγό και η τελική αναζήτηση της τελειότητας. Οι λόγοι που επιλέχθηκε η συγκεκριμένη μέθοδος ανάλυσης είναι οι εξής:

- Η αναζήτηση της αξίας σε όλα τα στάδια ανάλυσης είναι σταθερή και αφορά τη βέλτιστη περιβαλλοντική συμπεριφορά του αποσυρόμενου προϊόντος προς το περιβάλλον.
- Το υπό μελέτη πρόβλημα στο σύνολό του παρουσιάζει πολλές δυσκολίες στην ανάλυσή του που οφείλονται στον υψηλό βαθμό διαφοροποίησης ανάμεσα στα πιθανά προϊόντα ΗΗΕ που μπορεί να χρειαστεί να μελετηθούν, στο μεγάλο αριθμό εμπλεκομένων που μπορούν να επηρεάσουν τη διαδικασία λήψης αποφάσεων και στο μεγάλο αριθμό εξωτερικών παραγόντων που επίσης μπορούν να επηρεάσουν καθοριστικά την εφικτότητα και αποτελεσματικότητα των προτεινόμενων σε κάθε περίπτωση λύσεων. Οπότε ήταν απαραίτητο να βρεθεί ένα γενικευμένο μεθοδολογικό πλαίσιο που να λαμβάνει υπόψη τον πολυδιάστατο χαρακτήρα του προβλήματος και να απλοποιεί τη διαδικασία ανάλυσης στο μέγιστο βαθμό ώστε να είναι εφικτή η εφαρμογή του σε πραγματικά προβλήματα.
- Στην ίδια κατεύθυνση πρόσθετα πλεονεκτήματα που προσφέρει η λιτή σκέψη ήταν πως από τη φύση της έχει ως βασικό στόχο την εξάλειψη της άχρηστης πληροφορίας οπότε και μέσα από τη συγκεκριμένη εφαρμογή το γεγονός που συνέβαλε στο να διαμορφωθεί ένα πρόβλημα που αναζητά και μελετάει τις απαραίτητες και μόνο πληροφορίες γεγονός που απλοποίησε και επιτάχυνε και τη διαδικασία διατύπωσης λύσεων.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν ήταν τα εξής:

- Να διαμορφωθεί ένα πλαίσιο επιλογής της βέλτιστης ΣΤΔ με βάση μόνο τα δεδομένα που σχετίζονται με τη συγκεκριμένη απόφαση και στη συνέχεια μέσα από την εφαρμογή της προτεινόμενης ΣΤΔ να δώσει προτάσεις προς τη σχεδίαση που σχετίζονται αποκλειστικά και μόνο με τη βελτιστοποίηση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς του αποσυρόμενου προϊόντος.

- Να εστιάσει καθ' όλη τη διάρκεια της πραγματοποιούμενης ανάλυσης στην ελάχιστη περιβαλλοντική επιβάρυνση που ορίστηκε ως η αξία που θα πρέπει να μεγιστοποιηθεί, παραμερίζοντας όλα τα δεδομένα που δεν μπορούσαν να συμβάλουν στην υλοποίησή του. Σε όλα τα στάδια ανάλυσης δεν υπήρχαν περιορισμοί που να αποκλείουν δεδομένα ή θέματα προς εξέταση εφόσον αυτά μπορούσαν να συμβάλλουν στην επίτευξη της επιθυμητής αξίας. Ανάλογα με το προϊόν και τα δεδομένα που είχαν καταγραφεί ο αναλυτής είχε το περιθώριο να διαμορφώσει το υπό μελέτη πρόβλημα, τόσο σύνθετο όσο χρειαζόταν, προκειμένου να αναζητήσει και να καταγράψει όλες τις πιθανές προτάσεις που θα μπορούσαν να βελτιώσουν το υπό μελέτη προϊόν.

Η εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας σε έναν μετασχηματιστή διανομής έδειξε ότι αν και πρόκειται για μια μέθοδο γενικευμένης μορφής ώστε να μπορεί να καλύψει όλα τα είδη ΗΗΕ μπορεί να εφαρμοστεί και στην πράξη ακόμα και στην περίπτωση που δεν υπάρχει πρόσβαση σε όλα τα δεδομένα που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν. Στην περίπτωση αυτή απλά ο ρόλος του αναλυτή είναι πολύ πιο δύσκολος οπότε απαιτείται να έχει επαρκή εμπειρία την οποία θα χρειαστεί για να κατευθυνθεί την πορεία αναζήτησης και τη λήψη αποφάσεων.

5.2 Συμβολή και Πρωτοτυπία της Εργασίας

Τα τμήμα σχεδίασης κύρια και σε μικρότερο βαθμό τα υπόλοιπα τμήματα που ασχολούνται με εργασίες οργάνωσης μιας εταιρείας δημιουργίας προϊόντων ΗΗΕ ευθύνονται για την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων και την επίδραση που αυτά έχουν στο περιβάλλον καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους. Λίγα είναι τα εργαλεία που έχουν δημιουργηθεί και απευθύνονται στη φάση της σχεδίασης δίνοντας προτεραιότητα στις ποικίλες και αρκετές φορές αλληλοσυγκρουόμενες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Και στο στάδιο της τελικής διαχείρισης όμως τα εργαλεία ανάλυσης που χρησιμοποιούνται δίνουν χρήσιμη πληροφορία για την επιτυχή εφαρμογή της κάθε στρατηγικής ή προσπαθούν απλά να καταγράψουν τις επιπτώσεις που αυτή έχει κατά την εφαρμογή της. Δεν ασχολούνται με την ευρύτερη εικόνα του προϊόντος και πως μπορεί αυτή να βελτιωθεί στο σύνολό της.

Η κύρια συνεισφορά της εργασίας ήταν ότι ανέπτυξε ένα γενικευμένο πλαίσιο προσέγγισης ενός πολυδιάστατου προβλήματος όπως είναι το πρόβλημα της τελικής διαχείρισης προϊόντων που αποσύρονται από την αγορά, με δυνατότητα εφαρμογής σε πλήθος διαφορετικών προϊόντων που ανήκουν στην ευρύτερη κατηγορία των προϊόντων ΗΗΕ.

Βασικές διαφοροποιήσεις από τις κλασσικές μεθόδους ανάλυσης είναι ότι προσπαθεί να απλοποιήσει ένα σύνθετο πρόβλημα ώστε να προκύψουν τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα με τη λιγότερη δυνατή προσπάθεια και να προταθούν ενέργειες για τις οποίες δεν ήταν προφανής από την αρχή η χρησιμότητα για την επιλογή τους. Η εργασία αυτή έχει ως βασικό στόχο την ελάχιστη περιβαλλοντική επιβάρυνση και δεν λαμβάνει υπόψη το κόστος οπότε είναι προφανές ότι δεν μπορεί να αποτελέσει από μόνη της τη μέθοδο ανάλυσης και λήψης απόφασης. Σίγουρα όμως μπορεί να αποτελέσει ένα βοηθητικό εργαλείο που θα κατευθύνει τη λήψη απόφασης μέσα από την πληθώρα πληροφορίας που διαθέτει ή μπορεί να αναζητήσει, τους περιορισμούς και τις διαφορετικές επιδιώξεις των εμπλεκόμενων (κοινωνία, δημοτικές αρχές, κράτος, παραγωγοί, πωλητές, κ.α.) να διακρίνει βασικά σημεία που θα πρέπει να λάβει υπόψη του στην ανάλυση που πραγματοποιεί. Αποτελεί ένα αντικειμενικό εργαλείο με συγκεκριμένα στάδια ανάλυσης που

μπορούν να δώσουν ξεκάθαρες απαντήσεις και στοιχεία που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν στη συνέχεια. Επίσης βοηθάει στην κατάταξη των προτεραιοτήτων για μελλοντικές σχεδιαστικές παρεμβάσεις πάνω σε ένα προϊόν καθώς και να είναι άμεσα αντιληπτός ο αντίκτυπος των προτεινόμενων ενεργειών προς τη φάση σχεδίασης. Η αναζήτηση που πραγματοποιήθηκε για τη διαμόρφωση του προτεινόμενου πλαισίου ανάλυσης έδειξε ότι αν και θα έπρεπε να προταθεί ένα γενικευμένο πλαίσιο που να μπορεί να προσαρμοστεί στις ιδιαιτερότητες του οποιουδήποτε προϊόντος παράλληλα χρειαζόταν να υπάρχουν συγκεκριμένα πλαίσια στα οποία θα έπρεπε να κινηθεί η όλη διαδικασία ώστε το τελικό αποτέλεσμα να μπορεί να είναι και εφαρμόσιμο.

Τέλος, σημαντική συνεισφορά αποτελεί και το γεγονός ότι η προτεραιότητα σε όλα τα βήματα ανάλυσης ήταν το περιβάλλον γεγονός που συμβαδίζει με τις ανάγκες και τις προτεραιότητες ευρύτερων κοινωνικών ομάδων αφού η συνεχής υποβάθμιση του περιβάλλοντος έχει μεγιστοποιήσει την αφύπνιση όλων σε παγκόσμιο επίπεδο προκειμένου να αναστραφεί αυτή η πορεία.

5.3 Μελλοντικές Κατευθύνσεις Έρευνας

Η προτεινόμενη μέθοδος ανάλυσης θα μπορούσε να διαφοροποιηθεί στο μέλλον πάντα μέσα στα πλαίσια εφαρμογής των αρχών της λιτής σκέψης προκειμένου να δίνει καλύτερα αποτελέσματα και σε λιγότερο χρόνο. Πιθανές ενέργειες στη συγκεκριμένη κατεύθυνση θα μπορούσαν να είναι η ύπαρξη μηχανισμού καταγραφής της απαιτούμενης πληροφορίας καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του προϊόντος σε μορφή που να μπορεί να αξιοποιηθεί άμεσα μετά την απόσυρση του προϊόντος και η ελαχιστοποίηση των νεκρών χρόνων σε όλα τα στάδια της πραγματοποιούμενης ανάλυσης. Όσον αφορά την ίδια τη μέθοδο ανάλυσης, όπως προτείνεται παραπάνω, πιθανές αλλαγές που θα μπορούσαν να ενσωματωθούν σε αυτήν είναι οι εξής:

1. Επέκταση της προτεινόμενης μεθοδολογίας προκειμένου να περιλαμβάνει και πρόσθετα κριτήρια εκτός από τα περιβαλλοντικά.
2. Επέκταση της προτεινόμενης μεθοδολογίας προκειμένου να αναζητούνται προτάσεις για τη φάση της σχεδίασης με βάση τη συμπεριφορά του προϊόντος και στα υπόλοιπα στάδια ζωής του (παραγωγή, συσκευασία, διανομή, χρήση, συλλογή).
3. Να αναζητούνται πιθανές ενέργειες σε όλα τα στάδια ζωής του προϊόντος που θα μπορούσαν να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα της τελικής διαχείρισής του.
4. Να εξετάζονται και οι μακροπρόθεσμες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την τελική διαχείριση ΑΗΗΕ.

Κλείνοντας, θα πρέπει να τονιστεί ότι η συγκεκριμένη εργασία μπορεί να κατευθύνει σχεδιαστές προϊόντων στη βελτίωση των προϊόντων τους, τελικούς διαχειριστές προϊόντων ΑΗΗΕ στην καλύτερη αξιοποίησή τους, διοικητικά στελέχη να δώσουν μια περιβαλλοντική διάσταση στα προϊόντα που χειρίζονται, γεγονός που θα τα κάνει πιο ελκυστικά στον τελικό καταναλωτή και λήπτες αποφάσεων να διαμορφώσουν πλαίσια κανονισμών μέσα από νομοθεσίες, οδηγίες ή απλούς κανόνες που θα μεγιστοποιούν τη βαρύτητα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στη διαδικασία λήψης αποφάσεων τόσο στη φάση σχεδίασης όσο και στη φάση τελικής διαχείρισης των προϊόντων ΑΗΗΕ.

BIBLIOΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **Abeyundara D.C., Weerakoon C., Lucas J.R., Gunatunga K.A.I., Obadage K.C.** Coconut Oil as an Alternative to Transformer Oil, ERU Symposium, Nov. 2001
2. **Abu Bakar M.S., Rahimifard S.** An Integrated Framework for Planning of Recycling Activities in Electrical and Electronic Sector, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 21(6), pag. 617-630, 2008
3. **Abu Bakar M.S., Rahimifard S.** Ecological and Economical Assessment of End-of-Life Waste Recycling in the Electrical and Electronic Recovery Sector, International Journal of Sustainable Engineering, 1-4, pag. 261-277, 2008
4. **Aksoy H.K., Gupta S.M.** Remanufacturing Control in Multistage Systems with Stochastic Recovery Rates, Proceedings of the SPIE International Conference on Environmentally Conscious Manufacturing IV, Pennsylvania, 2004
5. **Al-Ashaab A., Flores M., Khan M., Maksimovic M., Alam R., Shehab E., Doultsinou A., Sopelanad A.** The Industrial KBE Requirements of the LeanPPD Model, Advances in Production Management Systems (APMS) International Conference, Italy, 2010
6. **Allen K., Carlson-Skalak S.** Defining Product Architecture in Conceptual Design, Design Engineering Technical Conference, ASME, USA, 1998
7. **Al-Okush H. F.** Assessing the Impact of Design for Environmental Guidelines: A Case Study of Office Telephones, MSc Thesis, New Jersey Institute of Technology, 1999
8. **Alting L., Legarth J.B.** Life Cycle Engineering and Design, Annals of the CIRP, 44(2), 1995
9. **Aman L.** LCA of Utilization of Used Tyres, IVL Swedish Environmental Research Institute, 2006
10. **Andres C., Lozano S., Adenso-Diaz A.** Disassembly Sequence Planning in a Disassembly Cell Context, Robotics and Computer – Integrated Manufacturing, 23, pag. 690-695, 2007
11. **Ansems A., Van Gijlswijk R., Huisman J.** End of Life Control and Management of Heavy Metals Out of Electronics, IEEE 0-7803-7214-X, 2002
12. **Aoe T.** Eco-efficiency Factor X for Electrical and Electronic Products and a Case Study on Home Appliances in a Household, Materials Transactions, 47(3), pag. 913-922, 2006
13. **Aras N., Boyaci T., Verter V.** The Effect of Categorizing Returned Products in Remanufacturing, IIE Transactions, 36, pag. 319-331, 2004
14. **Ardente F., Beccali G., Cellura M.** Eco-sustainable Energy and Environmental Strategies in Design for Recycling: the software “ENDLESS”, Ecological Modelling, 163, pag. 101-118, 2003
15. **Ashby M.F., Johnson K.** Materials and Design: The Art and Science of Material Selection in Product Design, Butterworth – Heinemann Publications, 2002
16. **Azzone G., Noci G., Manzini R., Welford R.** Defining Environmental Performance Indicators: An Integrated Framework, Business Strategy and the Environment, 5, pag. 69-80, 1996
17. **Babu B.R., Parande A.K., Basha C.A.** Electrical and Electronic Waste: A Global Environmental Problem, Waste Management and Research, 25, pag. 307-318, 2007

18. **Bakar M.S., Rahimifard S.** An Integrated Framework for Planning of Recycling Activities in Electrical and Electronic Sector, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, vol. 21(6), pag. 617-630, 2008
19. **Banerjee S.B.** Corporate Environmental Strategies and Actions, *Management Decision*, 39(1), pag. 36-44, 2001
20. **Bartley W.H.** Keeping the Lights On: An Action Plan for America' s Aging Utility Transformers, Hartford Steam Boiler Inspection and Insurance Co., 1997
21. **Bashir H., Thompson V.** Estimating Design Complexity, *Journal of Engineering Design*, 10, pag. 244-257, 1999
22. **Baumann A., Boons F., Bragd A.** Mapping the Green Product Development Field: Engineering, Policy and Business Perspectives, *Journal of Cleaner Production*, 10(5), pag. 409-425, 2002
23. **Behrendt S., Jasch C., Peneda M.C., Van Weenen H.** Life Cycle Design, Springer, 1997
24. **Belanger M.** Transformer Diagnosis: Part 2. A Look at the Reference Data for Interpreting Test Results, *The Electricity Forum*, 1999
25. **Bennett M., James P., Hughes A.** Tools for Evaluating the Whole Life Environmental Performance of Products, University of Bradford, ISSN 1363-6839, 1998
26. **Bereketli I., Genevois M.E., Albayrak Y.E., Ozyol M.** WEEE Treatment Strategies' Evaluation Using Fuzzy LINMAP Method, *Expert Systems with Applications*, vol. 28, pag. 71-79, 2011
27. **Beullens P.** Reverse Logistics in Effective Recovery of Products from Waste Materials, *Reviews in Environmental Science & Bio/Technology*, 3, pag.283-306, 2004
28. **Bhootra A.A.** Disassembly Optimization Problem, M.Sc. Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, 2002
29. **Bhuie A.K., Ogunseitan O.A., Saphores M., Shapiro A.A.** Environmentally and Economic Trade – offs in Consumer Electronic Products Recycling: A Case Study of Cell Phones and Computers, *IEEE International Symposium on Electronics and the Environment*, 0-7803-8250-1, 2004
30. **Bhutta M.K.S., Omar A., Yang X.** Electronic Waste: A Growing Concern in Today's Environment, *Economics Research International*, 2011
31. **Bohr P.** The Economics of Electronics Recycling: New Approaches to Extended Producer, PhD Thesis, Fakultat VII Wirtschaft & Management den Technischen Universitat Berlin, 2007
32. **Boks C.** The Relative Importance of Uncertainty Factors in Product End-of-Life Scenarios, Delft Univ., PhD Thesis, 2002
33. **Boks C., Nilsson J., Masui K., Suzuki K., Rose C., Lee B.H.** An International Comparison of Product End-of-Life Scenarios and Legislation for Consumer Electronics, *IEEE International Symposium on Electronics and the Environment*, USA, pag. 19-24, 1998
34. **Boks C., Stevels A.** Essential Perspectives for Design for Environment; Experiences from the Electronics Industry, *International Journal of Production Research*, vol. 45(18-19), pag. 4021-4039, 2007
35. **Boks C., Stevels A.** Ranking Ecodesign Priorities from Quantitative Uncertainty Assessment for End-of-Life Scenarios, *IEEE*,0-7803-6655-7/01, 2001
36. **Boothroyd G., Dewhurst P., Knight W.** Product Design for Manufacture and Assembly, 2nd Edition, Taylor & Francis, 2009

37. **Bras B.** Incorporating Environmental Issues in Product Design and Realization, Industry and Environment, 20(1-2), 1997
38. **Brennan L., Gupta S.M., Taleb K.N.** Operations Planning Issues in a Assembly / Disassembly Environment, International Journal of Operations and Production Management, 14(9), pag. 57-67, 1994
39. **Brezet, Van Hemel.** Smart Ecodesign. Electronics Strategy Wheel (source: LIDS Wheel: Ecodesign a Promising Approach), UNEP/Delft University, 1997
40. **Budin K.J.** Transformer Mid-Life Refurbishment – Prevention or Cure?, TechCon Asia Pacific, 2002
41. **Bufardi A., Gheorghe R., Kiritsis D., Xirouchakis P.** Multicriteria Decision-aid Approach for Product End-of-Life Alternative Selection, International Journal of Production Research, 42(16), pag. 3139-3157, 2004
42. **Bufardi A., Kiritsis D.** Environmental Criteria in a MCDM Context (chapter from the book with the title: Web-Based Green Products Life Cycle Management Systems: Reverse Supply Chain Utilization, Author: Hsiao-Fan Wang, National Tsing Hua University), 2009
43. **Burall P.** Green Design, London, 1991
44. **Cambell M.I., Hasan A.** Design Evaluation Method for the Disassembly of Electronic Equipment, ICED, Stockholm, 2003
45. **Cao H.** Design of a Web-Based Decision Support System for End-of-Life Vehicles, 2005
46. **Cao L.** Recycling of Electrical and Electronic Waste, M.Sc. Thesis, University of Stuttgart, 2005
47. **Chan J.W.K.** Product End-of-life Options Selection: Grey Relational Analysis Approach, International Journal of Production Research, 46(11), pag. 2889-2912, 2008
48. **Chan J.W.K., Tong T.K.L.** Multi-criteria Material Selections and End-of-Life Product Strategy: Grey Relational Analysis Approach, Materials and Design, 28, pag. 1539-1546, 2007
49. **Chancerel P., Rotter S.** Recycling – Oriented Characterization of Small Waste Electrical and Electronic Equipment, Waste Management, vol. 29, pag. 2336-2352, 2009
50. **Chancerel P., Rotter V.S.** Stop Wasting Gold – How a Better Mining of End-of-Life Electronic Products Would Save Precious Resources, World Resources Forum, Davos, Switzerland, 2009
51. **Chapman J.** Emotionally Durable Design, Earthscan, London, 2005
52. **Charter M., Chick A.** Editorial Notes, Journal of Sustainable Product Design, 1, pag. 5-6, 1997
53. **Charter M., Tischner U.** Sustainable Solutions – Developing Products and Services for the Future, 2001
54. **Chu C., Luh Y., Li T., Chen H.** Economical Green Product Design Based on Simplified Computer – Aided Product Structure Variation, Computers in Industry, 60, pag. 485-500, 2009
55. **Cloke B.** Lean Products Starts with Lean Design, Advanced Manufacturing Magazine, 2000
56. **Consoli F. et al.** Guidelines for Life-Cycle Assessment: A Code of Practice, SETAC, 1993
57. **Cooper R.G.** Formula for Success in New Product Development, Working Paper No. 23, The Product Development Institute, Canada, 2006
58. **Corti A., Lombardi L.** End Life Tyres: Alternative Final Disposal Processes Compared by LCA, Energy, 29, 2089-2108, 2004

59. **Cramer J.M., Stevels A.L.N.** A Model for the Take-Back of Discarded Consumer Electronics Products, *Engineering Science and Education Journal*, 1996
60. **Cui J., Forssberg E.** Mechanical Recycling of Waste Electric and Electronic Equipment: A Review, *Journal of Hazardous Materials B99*, pag. 243-263, 2003
61. **Curran M. A.** *Environmental Life-Cycle Assessment*, McGraw Hill, 1996
62. **Das S.K., Naik S.** Process Planning for Product Disassembly, *International Journal of Production Research*, 40(6), pag. 1335-1355, 2002
63. **Das S.K., Yedlarajah P., Narendra R.** An Approach for Estimating the End-of-Life Product Disassembly Effort and Cost, *International Journal of Production and Research*, 38(3), pag. 657-673, 2000
64. **De Bree M.A.** *Waste and Innovation*, MSc Thesis, Delft University of Technology, 2006
65. **Dehghanian F., Mansour S.** Designing Sustainable Recovery Network of End-of-Life Products Using Genetic Algorithm, *Resources Conservation and Recycling*, 53, 559-570, 2009
66. **De Ron A., Penev K.** Disassembly and Recycling of Electronic Consumer Products: An Overview, *Technovation*, 15(6), pag. 363-374, 1995
67. **Desai A., Mital A.** Evaluation of Disassemblability to Enable Design for Disassembly in Mass Production, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 32, pag. 265-281, 2003
68. **Dewhurst P.** Design for Disassembly: The Basis for Efficient Service and Recycling, Report 63, University of Rhode Island, Kingston, RI, 1992
69. **Dewulf W.** A Proactive Approach to Ecodesign: Methods and Tools. PhD Dissertation, Katholieke Universiteit Leuven, 2003
70. **Diaz B. A., Carbajal S. C., Gupta S.M.** A Path-Relinking Approach for a Bi-Criteria Disassembly Sequencing Problem, *Computers & Operations Research*, 2007
71. **Dickinson D.A., Caudill R.J.** Sustainable Product and Material End-of-Life Management: An Approach for Evaluating Alternatives, *IEEE*, 0-7803-7743-5, 2003
72. **Dinelli G., Quattroni G., Como G., Quintavalle R., De Nigris M., Pignini A.** PCB Contaminated Distribution Transformers: Problems and Solutions, *Electricity Distribution*, Part 1: Contributions, CIREN, 14th International Conference and Exhibition, IEEE, UK, 1997
73. **Dong T., Zhang L., Tong R., Dong J.** A Hierarchical Approach to Disassembly Sequence Planning for Mechanical Product, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 30, pag. 507-520, 2006
74. **Dowie T., Kelly P.** Estimation of Disassembly Times, Technical Report DDR/TR15, Manchester Metropolitan University, 1994
75. **Duflou J.R., Seliger G., Kara S., Umeda Y., Ometto A., Willems B.** Efficiency and Feasibility of Product Disassembly: A Case-Based Study, *CIRP Annals – Manufacturing Technology*, vol. 57, pag. 583-600, 2008
76. **Duta L., Filip F.G., Zamfirescu C.** Multi Life Cycle Center for Electronic Products, 1st International Conference on Complexity and Intelligence of the Artificial and Natural Complex Systems, Medical Applications of the Complex Systems, Biomedical Computing, pag. 55-61, 2008
77. **EC Directive 2003/108** of 8.12.2003 amending Directive 2002/96/EC on waste electrical and electronic equipment (WEEE)
78. **EC Directive 2009/125** of 21.10.2009 establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for energy-related products.
79. **EC Proposal on the Directive 2002/95/EC**, 810/4, 2008
80. **EC Proposal on the Directive 2002/96/EC**, 809/4, 2008

81. **Elghaffar M.E.** Life-Cycle Assessment Tools for Maintenance Management and Resource Conservation, Ass. Univ. Bull. Environ. Res., 10(1), 2007
82. **ElSayed A., Kongar E., Gupta S.M.** A Genetic Algorithm to End-of-Life Disassembly Sequencing for Robotic Disassembly, Proceedings of the Northeastern Decision Sciences Institute Conference, Virginia, pag. 402-408, 2010
83. **Emsley A.M., Stevens G.C.** Review of Chemical Indicators of Degradation of Cellulosic Electrical Paper Insulation in Oil-Filled Transformers, Science, Measurement and Technology, IEE Proceedings, 141(5), pag. 324-334, 1994
84. **Erdos G., Kis T, Xirouchakis P.** Modelling and evaluating product end-of-life options, International Journal of Production Research, 39(6), pag. 1203-1220, 2001
85. **Fava J., Denison R., Jones B., Curran M.A., Vigon B., Selke S., Barnum J.** A Technical Framework for Life-Cycle Assessment, SETAC, 1994
86. **Fava J. et al.** A Conceptual Framework for Life-Cycle Impact Assessment, SETAC, 1993
87. **Feldmann, K., Trautner, S., Meedt, O.** Innovative Disassembly Strategies Based on Flexible Partial Destructive Tools, Annual Reviews in Control, 23, pag.159-164, 1999
88. **Fergusson N., Browne J.** Issues in End-of-Life Product Recovery and Reverse Logistics, Production Planning & Control, 12(5), 534-547, 2001
89. **Ferguson M.E., Toktay L.B.** The Effect of Competition on Recovery Strategies, 2004
90. **Ferrer G.** The Economics of Personal Computer Remanufacturing, Resources Conservation and Recycling, 21, pag. 79-108, 1997
91. **Fiksel J.** Design for the Environment, McGraw Hill, 1996
92. **Flores M., Diaz D., Tucci C., Al-Ashaab A., Sorli M., Sopelana A., Paris A.** The Wheel of Change Framework: Towards Lean in Product Development, Advances in Production Management Systems (APMS) International Conference, Italy, 2010
93. **Forsyth B.** Transformer Remanufacturing and Renewal, TechCon, USA, 2007
94. **Fthenakis V.M.** End-of-Life Management and Recycling of PV Modules, Energy Policy, 28, pag. 1051-1058, 2000
95. **Gabrielsen P., Bosch P.** Environmental Indicators: Typology and Use in Reporting, EEA Internal Working Paper, 2003
96. **Galantucci I.M., Percoco G., Spina R.** Assembly and Disassembly Planning by Using Fuzzy Logic & Genetic Algorithms, International Journal of Advanced Robotic Systems, vol. 1(2), pag. 67-74, 2004
97. **Galbreth M.R.** Managing Condition Variability in Remanufacturing, PhD Thesis, Vanderbilt University, Tennessee, 2006
98. **Gamberini R., Gebennini E., Grassi A., Mora C., Bianca R.** An Innovative Model for WEEE Recovery Network Management in Accordance with the EU Directives, International Journal of Environmental Technology and Management, vol. 8(4), pag. 348-368, 2008
99. **Gameson T.** Private Sector Methods for Weighting Environmental Indicators, Final Report for the Forward Studies Unit of the European Commission, EUR 18655, 1998
100. **Gehin, A., Zwolinski, P., Brissaud, D.** A Tool to Implement Sustainable End-of-Life Strategies in the Product Development Phase, Journal of Cleaner Production, 1(11), 2007
101. **Georgiadis P., Besiou M.** Environmental and Economical Sustainability of WEEE Closed-Loop Supply Chains with Recycling: A System Dynamics Analysis, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 47, pag. 475-493, 2010
102. **Georgiadis P., Vlachos D.** Decision Making in Reverse Logistics Using System Dynamics, Yugoslav Journal of Operations Research, 14(2), pag. 259-272, 2004

103. **Gerner S., Kobeissi A., David B., Binder Z., Descotes-Genon B.** Integrated Approach for Disassembly Processes Generation and Recycling Evaluation of an End-of-life Product, *International Journal of Production Research*, 43(1), pag. 195-222, 2005
104. **Gernuks M., Buchgeister J., Schebek L.** Assessment of Environmental Aspects and Determination of Environmental Targets within Environmental Management Systems (EMS) – Development of a Procedure for Volkswagen, *Journal of Cleaner Production*, vol. 15, pag. 1063-1075, 2007
105. **Geskin E.S., Goleberg B., Caudill R.** Development of Advanced CRT Disassembly Technology, 0-7803-7214-X, IEEE, 2002
106. **Gibson K., Tierney J.K.** Electronic Waste Management and Disposal Issues and Alternatives, *Environmental Claims Journal*, 18(4), pag. 321-332, 2006
107. **Goedkoop M.J.** The Eco-Indicator 95, Final Report, NOH report 9523, Netherlands, 1995
108. **Goedkoop M., Demmeers M., Collingnon M.** The Eco-indicator 95: Weighting Method for Environmental Effects that Damage Ecosystems of Human Health on a European Scale, TNO, Netherlands, 1996
109. **Goedkoop M., Spriensma R.** Eco-indicator 99. A Damage Oriented Method for Life Cycle Assessment. Methodology Report, 2001
110. **Goggin K., Browne J.** The Resource Recovery Level Decision for End-of-Life Products, *Production Planning and Control*, 11(7), pag. 628-640, 2000
111. **Goldsmith P.D., Basak R.** Incentive Contracts and Environmental Performance Indicators, *Environmental and Resource Economics*, 20, pag. 259-279, 2001
112. **Gonzalez B., Diaz B.A.** A Bill of Materials-Based Approach for End-of-Life Decision Making in Design for the Environment, *International Journal of Production Research*, 13(10), pag. 2071-2099, 2005
113. **Gonzalez B., Diaz B.A.** A Scatter Search Approach to the Optimum Disassembly Sequence Problem, *Computers & Operations Research*, Elsevier, 33, 1776-1793, 2006
114. **Goosey M.** End-of-Life Electronics Legislation – An Industry Perspective, *Circuit World*, 30(2), pag. 41-45, 2004
115. **Gottberg A., Morris J., Pollard S., Mark-Herbert C., Cook M.** Producer Responsibility, Waste Minimization and the WEEE Directive: Case Studies in Eco-design from the European Lighting Sector, *Science of the Total Environment*, 359, 38-56, 2006
116. **Graedel T., Allenby B.** Design for the Environment, Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1996
117. **Gregory J., Atlee J., Kirchain R.** A Process-Based Model of End-of-Life Electronics Recycling, *Proceedings of the IEEE International Symposium on Electronics and the Environment*, San Francisco, 2006
118. **Grenchus E., Johnson S., McDonnell D.** Improving Environmental Performance Through Reverse Logistics at IBM, IEEE, 0-7803-6655-7/01, 2001
119. **Grenchus E., Keene R., Nobs C., Brinkley A., Kirby J.R., Pitts D., Wadehra I.** Linking Demanufacturing Operations with Product DfE Initiatives, *Proceedings of the IEEE International Symposium on Electronics and the Environment*, USA, pag. 270-274, 1998
120. **Grunow M., Gobbi C.** Designing the Reverse Network for WEEE in Denmark, *CIRP Annals – Manufacturing Technology*, vol. 58, pag. 391-394, 2009
121. **Guide V.D.R. JR., Pentico D.W.** A Hierarchical Decision Model for Re-manufacturing and Re-use, *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 6(1-2), 2003
122. **Guide D., Van Wassenhove L.** Closed Loop Supply Chains, *Proceedings of the IWDL 2001*, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Springer Verlag, Berlin, 2002
123. **Guidice F.** Disassembly Depth Distribution for Ease of Service: A Rule-Based Approach, *Journal of Engineering Design*, 21(4), pag. 375-411, 2010

124. **Guidice F., La Rosa G., Risitano A.** Product Design for the Environment. A Life Cycle Approach, Taylor & Francis, 2006
125. **Guinee J.B.** Handbook on Life Cycle Assessment: Operational Guide to the ISO Standards, Kluwer Academic Publ., Netherlands, 2002
126. **Gungor A., Gupta S.M.** An Evaluation Methodology for Disassembly Processes, Computers & Industrial Engineering, 33 (1-2), pag. 329-332, 1997
127. **Gungor A., Gupta S.M.** Disassembly Sequence Planning for Products with Defective Parts in Product Recovery, Computers & Industrial Engineering, 35(1-2), 161-164, 1998
128. **Gungor A., Gupta S.M.** Issues in Environmentally Conscious Manufacturing and Product Recovery: A Survey, Computers and Industrial Engineering, 36, pag. 811-853, 1999
129. **Gupta S.M., Lambert A.J.D.** Optimum Disassembly Sequencing, Dept. of Mechanical and Industrial Engineering, Northeastern Univ. Boston, 2006
130. **Gupta M., Taleb N.** Scheduling Disassembly, International Journal of Production Research, 32, pag. 1857-1866, 1994
131. **Gupta S.M., McLean C.R.** Disassembly of Products, Proceedings of the 19th International Conference on Computers & Industrial Engineering, 31(1-2), pag. 225-228, 1996
132. **Gutierrez E., Adenso-Diaz B., Lozano S., Gonzalez-Torre P.** A Competing Risks Approach for Time Estimation of Household WEEE Disposal, Waste Management, vol. 30, pag. 1643-1652, 2010
133. **Hammond A., Adriaanse A., Rodenburg E., Bryant D., Woodward R.** Environmental Indicators, World Resources Institute, 1995
134. **Haque B., Moore M.J.** Applying Lean Thinking to New Product Introduction, Journal of Engineering Design, vol.15(1), pag. 1-31, 2004
135. **Harjula T., Rapoza B., Knight W.A., Boothroyd G.** Design for Disassembly and the Environment, Annals of the CIRP, 45, pag. 109-114, 1996
136. **He W., Li G., Ma X., Wang H., Huang J., Xu M., Huang C.** WEEE Recovery Strategies and the WEEE Treatment Status in China, Journal of Hazardous Materials, B136, pag. 502-512, 2006
137. **Hendrickson C.T., Horvath A., Joshi S., Lave L.** Economic Input-Output Models for Environmental Life Cycle Assessment, Environmental Science and Technology, 32(7), pag 184-191, 1998
138. **Hendrickson C.T., Lave L.B., Matthews H.S.** Environmental Life Cycle Assessment of Goods and Services, Resources for the Future Publ., 2006
139. **Heo Youngchai,** Methodology for Prioritizing DfE Strategies Based on LCA and AHP, M.Sc. Thesis, Ajou Univ. 2001
140. **Herat S.** Recycling of Cathode Ray Tubes CRTs in Electronic Waste, Clean, 36(1), pag. 19-24, 2008
141. **Herrmann J.W., Cooper J., Gupta S.K., Hayes C.C., Ishii K., Kazmer D., Sandborn P.A., Wood W.H.** New Directions in Design for Manufacturing, DETC2004-57770, Proceedings of DETC' 04, ASME 2004
142. **Hesselbach J., Kuhn M.** Disassembly Evaluation of Electronic & Electrical Products, IEEE Proceedings on Electronics and Environment, pag. 79-81, 1998
143. **Hischier R., Wager P., Gauglhofer J.** 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, pag. 525-539, 2005
144. **Hoffman W.** A Tiered Approach to Design for Environment. Clean Electronics Products and Concepts, Institution of Electrical Engineers, UK, 1995

145. **Hu D., Hu L., Li C.** Mechanical Product Disassembly Sequence and Path Planning Based on Knowledge and Geometric Reasoning, *International Journal in Advanced Manufacturing Technology*, 19, pag. 688-696, 2002
146. **Huang Y.M., Huang C-T.** Disassembly Matrix for Disassembly Processes of Products, *International Journal of Production Research*, 40(2), pag. 255-273, 2002
147. **Hui W., Dong Z., Guanghong D.** A Genetic Algorithm for Product Disassembly Sequence Planning, *Neurocomputing*, 71, pag. 2720-2726, 2008
148. **Huisman J.** The QUERTY/EE Concept, PhD Thesis, Delft University, 2003
149. **Huisman J. Stevels A.** Eco-efficient Implementation of Electronic Waste Policies in Practice, *IEEE 0-7803-8250-1*, 2004
150. **Hula A., Jalali K., Hamza K., Skerlos S.J., Saitou K.** Multi-criteria Decision-Making for Optimization of Product Disassembly Under Multiple Situations, *Environmental Science and Technology*, 37, pag. 5303-5313, 2003
151. **Hume A., Grimes S., Boyce J.** Environmental Product Attributes in End-of-Life Management in the UK. Part I: An End-of-Life Eco-declaration for Waste IT and Office Equipment, *International Journal of Environment and Pollution*, 18(2), pag. 109-125, 2002
152. **Hunkeler D., Rebitzer G., Inaba A.** Environmental Performance Indicators and Application of Life Cycle Thinking to Product Development and Corporate Management, *International Journal of LCA B*, 55(1), pag. 55-58, 2003
153. **Hur T., Lee J., Ryu J., Kwon E.** Simplified LCA and Matrix Methods in Identifying the Environmental Aspects of a Product System, *Journal of Environmental Management*, vol. 75, pag. 229-237, 2005
154. **Hwang J-S. Heo Y-C., Lee K-M.** Environmental-Cost Analysis Diagram of a Waste Product for the Identification and Prioritization of Product Elements Requiring Improvement and its Application to a Waste Refrigerator, *The Journal of Sustainable Product Design*, 2, pag. 43-52, 2002
155. **Iakovou E., Moussiopoulos N., Xanthopoulos A., Achillas Ch., Michailidis N., Chatzipanagioti M., Koroneos C., Bouzakis K. D., Kikis V.** A Methodological Framework for End-Of-Life Management of Electronic Products, *Resources, Conservation and Recycling*, 53, pag. 329-339, 2009
156. **Ilgin M.A., Gupta S.M.** Environmentally Conscious Manufacturing and Product Recovery (ECMPRO): A Review of the State of the Art, *Journal of Environmental Management*, 91, pag. 563-591, 2010
157. **Imtavanich P., Gupta S.M.** Mutli-Criteria Decision Making for Disassembly – To – Order System Under Stochastic Yields, *Proceedings of the SPIE International Conference on Environmentally Conscious Manufacturing IV*, 2004
158. **Ishii K.** Life-Cycle Engineering Design, *ASME Journal of Mechanical Design*, 117, pag. 42-47, 1995
159. **Ishii K., Eubanks C.F., Di Marco P.** Design for Product Retirement and Material Life-Cycle, *Materials and Design Journal*, 15(4), pag. 225-233, 1994
160. **Ishii K., Lee B.** Reverse Fishbone Diagram: A Tool in Aid of Design for Product Retirement, *Proceedings of the Design for Manufacturability Conference (ASME)*, 1996
161. **Istvan Z., Garamvolgyi E.** Reverse Logistics and Management of End-of-Life Electric Products, *07803-5962-3, IEEE*, 2000
162. **Jarman P., Wang Z., Zhong Q., Ishak T.** End-of-Life Modeling for Power Transformers in Aged Power System Networks, paper C105, *Cigre* 2009
163. **Jasch C.** Environmental Performance Evaluation and Indicators, *Journal of Cleaner Production*, 8, pag. 79-88, 2000

164. **Jeon H-B., Kim J-G., Kim H-J., Lee D-H.** A Two-Stage Heuristic for Disassembly Scheduling with Capacity Constraints, *International Journal of Management Science*, vol. 12(1), 2006
165. **Jiangang G., Dong X., Haifeng C., Guan hong D., Jinsong W.** Disassembly AND/OR Graph Model for “Disassembly for Recycling”, *IEEE International Symposium on Electronics and the Environment*, 2003
166. **Jofre S., Morioka T.** Waste Management of Electric and Electronic Equipment: Comparative Analysis of End-of-life Strategies, *Journal of Materials Cycles Waste Management*, 7, pag. 24-32, 2005
167. **Johansson G.** Product Innovation for Sustainability: On Product Properties for Efficient Disassembly, *International Journal of Sustainable Engineering*, vol. 1(1), pag. 32-41, 2008
168. **Johnson M.R., Wang M.H.** Economical Evaluation of Disassembly Operations for Recycling Remanufacturing and Reuse, *International Journal of Production Research*, 36(12), pag. 3227-3252, 1998
169. **Jones E., Harrison D., McLaren J.** Managing Creative Eco-Innovation, *The Journal of Sustainable Product Design*, 1, pag. 27-39, 2001
170. **Jorjani S. Leu J., Scott C.** Model for the Allocation of Electronics Components to Reuse Options, *International Journal of Production Research*, 42(6), pag. 1131-1145, 2004
171. **Jun H.B., Cusin M., Kiritsis D., Xirouchakis P.** A Multi-Objective Evolutionary Algorithm for EOL Product Recovery Optimization: Turbocharger Case Study, *International Journal of Production Research*, 45, pag. 4573-4594, 2007
172. **Kaebnick H.** Reducing Waste Through Re-use and Recycling of Industrial Products, *Univ. of New Wales*, 2004
173. **Kanai S., Sasaki R., Kishinami T.** Representation of Product and Graph Structural Properties of Assembly Petri Net. Searching by Linear Programming, *Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pag. 2286-2293, 1999
174. **Kang C.M., Kwak M.J., Cho N.W., Hong Y.S.** Automatic Derivation of Transition Matrix for End-of-life Decision Making, *International Journal of Production Research*, 48(11), pag. 3269-3298, 2010
175. **Kang H.Y., Lee C., Jung J.W.** Ecodesign Application to Electronic Products Using the New Software Tool, *IEEE*, 2000
176. **Kara, S., Manmek, P., Kaebnick H.** An Integrated Methodology to Estimate the External Environmental Costs of Products, *CIRP Annals*, 56(1), 2007
177. **Kaufman S.M., Krishnan N., Themelis N.J.** A Screening Life Cycle Metric to Benchmark the Environmental Sustainability of Waste Management Systems, *Environmental Science Technology*, 44, pag. 5949-5955, 2010
178. **Kelle P., Silver E.A.** Forecasting the Returns of Reusable Containers, *Journal of Operations Management*, 8, pag. 17-35, 1989
179. **Kim H.J.** Dynamic Process and Operation Planning for Hybrid Disassembly (from the book with the title: *Innovation in Life Cycle Engineering and Sustainable Development*, Brissaud D., Tichkiewitch S., Zwolinski P., Springer), 2006
180. **Kim H.J., Kernbaum S., Seliger G.** Emulation – Based Control of a Disassembly System for LCD Monitors, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 40, pag. 383-392, 2009
181. **King A.M., Burgess S.C., Ijomah W. and McMahon C.A.** Reducing Waste: Repair, Recondition, Remanufacture or Recycle? *Sustainable Development*, vol. 14(4), pag. 257-267, 2006

182. **Kiritsis D., Bufardi A., Xirouchakis P.** Multi-Criteria Decision Aid for Product End of Life Options Selection, 0-7803-7743-5/03, IEEE, 2003
183. **Klausner M., Hedrickson C.T.** Reverse-Logistics Strategy for Product Take-Back, Interfaces, 30(3), pag. 156-165, 2000
184. **Knemeyer A.M.** A Qualitative Examination of Factors Affecting Reverse Logistics Systems for End-of-life Computers, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 32(6), pag. 455-479, 2002
185. **Knigh W.A., Sodhi M.** Design for Bulk Recycling: Analysis of Materials Separation, CIRP Annals – Manufacturing Technology, 49, pag. 83-86, 2000
186. **Knoth R., Kopacek B., Kopacek P.** Genetic Algorithms: A Decision Tool in Industrial Disassembly, Proceedings of the IEEE Symposium on Electronics and the Environment, pag. 194-198, 2005
187. **Komoto H., Tomiyama T.** Integration of a Service CAD and a Life Cycle Simulator, CIRP Annals – Manufacturing Technology, 57, pag. 9-12, 2008
188. **Krikke H., Bloemhof-Ruwaard J., Van Wassenhove L.** Design of Closed Loop Supply Chains: A Production and Return Network for Refrigerators, ERS-2001-46-LIS, 2001
189. **Krikke H.R., Le Blanc H.M., Van de Velde S.** Creating Value from Returns, Center of Applied Research Working Paper, no. 2003-02, Netherlands, 2003
190. **Krikke H.R., Van Harten A., Schuur P.C.** Reverse Logistic Network Re-Design for Copiers, OR Spectrum, 21, pag. 381-409, 1999
191. **Kroll E., Carver B.S.** Disassembly Analysis through Time Estimation and Other Metrics, Robotics and Computer Integrated Manufacturing, 15(3), pag. 191-200, 1999
192. **Kummeth P., Schlosser R., Masek P., Schmidt H., Albrecht C., Breifelder D., Neumuller H-W.** Development and Test of a 100 kVA Superconducting Transformer Operated at 77 K, Supercond. Sci. Technol., 13, pag. 503-505, 2000
193. **Kunnari E., Valkama J., Keskinen M., Mansikkamaki P.** Environmental Evaluation of New Technology: Printed Electronics Case Study, Journal of Cleaner Production, 17, pag. 791-799, 2009
194. **Kuo T.C.** Disassembly Sequence and Cost Analysis for Electromechanical Products, Robotics and Computer Integrated Manufacturing, 16, pag. 43-54, 2000
195. **Kuo T.C.** The Construction of a Collaborative Design Platform to Support Waste Electrical and Electronic Equipment Recycling, Robotics and Computer Integrated Manufacturing, vol. 26, pag. 100-108, 2010
196. **Kuo T.C., Zhang H.C., Huang S.H.** Disassembly Analysis for Electromechanical Products: A Graph-Based Heuristic Approach, International Journal of Production Research, 38(5), pag. 993-1007, 2000
197. **Kurk F., Eagan P.** The Value of Adding Design-for-the-Environment to Pollution Prevention Assistance Options, Journal of Cleaner Production, vol. 16, pag. 722-726, 2008
198. **Kutz M.** Environmentally Conscious Mechanical Design, Wiley, 2007
199. **Kwak M.J., Hong Y.S., Cho N.W.** Eco-architecture Analysis for End-of-Life Decision Making, International Journal of Production Research, 47, pag. 6233-6259, 2009
200. **Lagerstedt J., Luttrupp C., Lindfors L.G.** Functional Priorities in LCA and Design for Environment, International Journal of Life Cycle Assessment, 8, pag. 160-166, 2003
201. **Lambert A.J.D.** Disassembly Optimum Disassembly Sequences in Electronic Equipment, Computers and Industrial Engineering, 43, pag. 553-575, 2002
202. **Lambert A.J.D.** Optimal Disassembly of Complex Products, International Journal of Production Research, 35(9), pag. 2509-2523, 1997

203. **Lambert A.J.D., Gupta S.M.** Disassembly Modeling for Assembly, Maintenance, Reuse, and Recycling, CRC Press, 2005
204. **Lambert A.J.D., Gupta S.M.** Methods for Optimum and Near Optimum Disassembly Sequencing, International Journal of Production Research, 46(11), pag. 2845-2865, 2007
205. **Lang N.A.** Auto Industry Targets Fluff for Recycling, Waste Age, vol. 26(1), pag. 80-, January 1995
206. **Lansink M., Kamer T. Vergaderjaar**, 15 800, 21, Netherland, 1979-1980
207. **Lee D.H., Xirouchakis P.** A Two-Stage Heuristic for Disassembly Scheduling with Assembly Product Structure, Journal of the Operational Research Society, 55, pag. 287-297, 2004
208. **Lee S.** Subassembly Identification and Evaluation for Assembly Planning, IEEE T. Syst. Man Cyb., 24, pag 493-593, 1994
209. **Lee S.G., Lye S.W., Khoo M.K.** A Multi-Objective Methodology for Evaluating Product End-of-Life Options and Disassembly, Int. J. of Manufacturing Technology, 18, pag. 148-156, 2001
210. **Li W.H.G., Ma X., Wang H., Huang J., Xu M., Huang C.** WEEE Recovery Strategies and the WEEE Treatment Status in China, Journal of Hazardous Materials, vol. B136, pag. 502-512, 2006
211. **Lim S.R., Schoenung J.M.** Toxicity Potentials from Waste Cellular Phones and a Waste Management Policy Integrated Consumer, Corporate and Government Responsibilities, Waste Management, vol. 30, pag. 1653-1660, 2010
212. **Lindahl M.** Engineering Designers; Requirements on Design for Environment. Methods and Tools, PhD Thesis, Royal Institute of Technology, Stockholm, 2005
213. **Lindahl M., Tingstrom J.** A Small Textbook on Environmental Effect Analysis, University of Kalmar, 2001
214. **Lindfors L.G. et al.** Nordic Guidelines on Life-Cycle Assessment, Nordic Council of Ministers, Copenhagen, 1995
215. **Linton J.D., Yeomans J.S., Yoogalingam R.** Recovery and Reclamation of Durable Goods: A Study of Television CRTs, Resources, Conservation and Recycling, 43, pag. 337-352, 2005
216. **Liu Z.F., Liu X.P., Wang S.W., Liu G.F.** Recycling Strategy and a Recyclability Assessment Model Based on an Artificial Neural Network, Journal of Materials Processing Technology, 129, pag. 500-506, 2002
217. **Low M.K., Williams D.J.** European Environmental Legislation in Electronics and Its Potential Impact on Far Eastern Suppliers, IEEE.CPMT Electronics Packaging Technology Conference, 1998
218. **Luda M.P.** Recycling of Printed Circuit Boards (from the book with the title: Integrated Waste Management volume II, Kumar S., InTech), 2011
219. **Lund R.T.** The Remanufacturing Industry: Hidden Giant, Boston University, 1996
220. **Lundy C.** An Environmental Systems Analysis of Cathode Ray Tube, Waste Management, M.Sc. Thesis Florida University, 2006
221. **Luttropp C., Johansson J.** Improved Recycling with Life Cycle Information Tagged to the Product, Journal of Cleaner Production, no. 1-9, 2009
222. **Macauley M., Palmer K., Shih J-S.** Dealing with Electronic Waste: Modeling the Costs and Environmental Benefits of Computer Monitor Disposal, Journal of Environmental Management, 68, pag. 13-22, 2003
223. **Mackenzie D.** Green Design: Design for the Environment, London, Laurence King Publ. Ltd, 1997

224. **Maczulak A.** Waste Treatment. Reducing Global Waste, Facts on File Inc., NY, USA, 2010
225. **Mahadevan B., Deb M.** A Survey Based Framework for Recovery and Remanufacturing. Issues of Orphan Products, POMS 18th Annual Conference, Texas, 4-7/5/2007
226. **Mangun D., Thurston D.L.** Incorporating Component Reuse, Remanufacture, and Recycle into Product Portofolio Design, IEEE Transactions on Engineering Management, 49(4), 2002
227. **Marchwinski C., Shook J., Schroeder A.** Lean Lexicon, 4th Edition, Lean Enterprise Institute, USA, 2008
228. **Martin D., Khan I., Dai J., Wang Z.D.** An Overview of the Suitability of Vegetable Oil Dielectrics for Use in Large Power Transformers, Euro TechCon 2006
229. **Marx-Gomez J., Rautenstrauch C., Nurnberger A., Kruse R.** Neuro-fuzzy Approach to Forecast Returns of Scrapped Products to Recycling and Remanufacturing Knowledge-Based Systems, 15, pag. 119-128, 2002
230. **Masanet E., Horwach A.** Assessing the Benefits of Design for Recycling for Plastics in Electronics: A Case Study of Computer Enclosures, Materials and Design, 28(6), pag. 1801-1811, 2007
231. **Masui K., Mizuhara K., Ishii K., Rose C.M.** Development of Products Embedded Disassembly Process Based on End-of-Life Strategies, 1st International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, Tokyo, 2003
232. **Mathieux F., Froelich D., Moszkowicz P.** ReSICLED: A New Recovery-Conscious Design Method for Complex Products Based on a Multicriteria Assessment of the Recoverability, Journal of Cleaner Production, 277-298, 16, 2008
233. **Matsumoto M., Mishima N., Kondoh S.** Tele-Inverse Manufacturing – An International E-Waste Recycling Proposal, International Journal of Automation Technology, vol. 3(1), 2009
234. **Matthews H.S., McMichael F.C., Hendrickson C.T, Hart D.J.** Disposition and End-of-Life Options for Personal Computers, Carnegie Mellon University Green Design Initiative Technical Report, 10, 1997
235. **McAloone T.** Industry Experiences of Environmentally Conscious Design Integration: An Exploratory Study, PhD Thesis, Cranfield University, 1998
236. **McCarron B.** Introduction to “Lean Thinking”, CIPFA Performance Improvement Network, 2006
237. **Medeiros A.P., Seibel S., Jorge R.N., Fernandes A.A.** Lean Thinking and Product Innovation in the Furniture Industry, ASME International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, DETC2009, USA, 2009
238. **Miettinen P., Hamalainen R.P.** How to Benefit from Decision Analysis in Environmental Life Cycle Assessment (LCA), European Journal of Operational Research, vol. 102, pag. 279-294, 1997
239. **Ministry of Housing,** Spatial Planning and the Environment. Eco-Indicator 99. Manual for Designers, Netherlands, 2000
240. **Michelini R.C., Razzoli R.P.** Life-Style Design Driven Eco-Protection, International Journal of Environmentally Conscious Design and Manufacturing, vol. 14(3), 2011
241. **Misra K. B.** Handbook of Performability Engineering, Springer, 2008
242. **Moisio J., Tuominen K.** Environmental Management System ISO 14001, Benchmarking Ltd, Finland, 2003

243. **Monier V., Hestin M.** Study on Photovoltaic Panels Supplementing the Impact Assessment for a Recast of the WEEE Directive, Final Report, Project ENV.G.4/FRA/2007/0067, 2011
244. **Moore K.E., Gungor A., Gupta S.M.** Petri Net Approach to Disassembly Process Planning for Products with Complex AND/OR Precedence Relationships, *European Journal of Operational Research*, 135, 428-449, 2001
245. **Moyer L., Gupta S.M.** Environmental Concerns and Recycling / Disassembly Efforts in the Electronics Industry, *Journal of Manufacturing*, 7(1), pag. 1-22, 1997
246. **Mukhopadhyay S.K., Setaputra R.** The Role of 4PL as the Reverse Logistics Integrator: Optimal Pricing and Return Policies, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 36(9), pag. 716-729, 2006
247. **Myers S.D., Kelly J., J., Parrish R.H.** A Guide to Transformer Maintenance, Transformer Maintenance Institute, Ohio, 1981
248. **Nakamura S., Yamasue E.** Hybrid LCA of a Design for Disassembly Technology: Active Disassembling Fasteners of Hydrogen Storage Alloys for Home Appliances, *Environmental Science and Technology*, 2011
249. **Navin Chandra D.** The Recovery Problem in Product Design, *Journal of Engineering Design*, 5(1), pag. 67-87, 1994
250. **Nicol S., Thompson S.** Policy Options to Reduce Consumer Waste to Zero: Comparing Product Stewardship and Extended Producer Responsibility for Refrigerator Waste, *Waste Management Research*, 25, pag. 227-233, 2007
251. **Nielsen P.H., Wenzel H.** Integration of Environmental Aspects in Product Development: A Stepwise Procedure Based on Quantitative Life Cycle Assessment, *Journal of Cleaner Production*, 10(3), pag. 247-257, 2002
252. **Nnorom I.C., Osibanjo O.** Overview of Electronic Waste (E-Waste) Management Practices and Legislations and their Poor Applications in the Developing Countries, *Resources Conservation and Recycling*, vol. 52, pag. 843-858, 2008
253. **Nnorom I.C., Osibanjo O.** Overview of Prospects in Adopting Remanufacturing of End-of-Life Electronic Products in the Developing Countries, *International Journal of Innovation, Management and Technology*, vol. 1(3), 2010
254. **NRC (National Research Council)**, Theoretical Foundations for Decision Making in Engineering Design, National Academic Press, USA, 2001
255. **Ogilvie S.M.** A Review of the Environmental Impact of Recycling, Warren Spring Laboratory, Stevenage UK, 1992
256. **Okkenhaug G.** Environmental Risks Regarding the Use and Final Disposal of CdTe PV Modules, NGI Report, Norway, 2010
257. **Olivares-Galvan J.C., Georgilakis P.S., Ocon-Valdez R.** Electric Power Components and Systems, 37(9), pag. 1046-1062, 2009
258. **Olsthoorn X., Tuleca D., Wehrmeyer W., Wagner M.** Environmental Indicators for Business: A Review of the Literature and Standardization Methods, Manuscript CpDH/2000/000311, *Journal of Cleaner Production*, 2000
259. **Olundh G.** Modernizing Ecodesign. Ecodesign for Innovative Solutions, PhD Thesis, KTH Industrial Engineering and Management, Stockholm, 2006
260. **Ongondo F.O., Williams I.D.** Are WEEE in Control? Rethinking Strategies for Managing Waste Electrical and Electronic Equipment (chapter included in the book with the title: Integrated Waste Management, Volume II, Kumar S., InTech), 2011
261. **Ongondo F.O., Williams I.D., Cherrett T.J.** How are WEEE Doing? A Global Review of the Management of Electrical and Electronic Wastes, *Waste Management*, vol. 30, pag. 863-869, 2010

262. **Oommen T.V., Claiborne C.C., Mullen C.T.** Biodegradable Electrical Insulation Fluids, Electrical Insulation Conference Proceedings, Illinois, USA, pag. 465-468, IEEE, 1997
263. **Opalic M., Kljajin M., Vuckovic K.** Disassembly Layout in WEEE Recycling Process, *Strojarstvo*, vol. 52(1), pag. 51-58, 2010
264. **Osibanjo O., Nnorom I.C.** The Challenge of Electronic Waste (E-Waste) Management in Developing Countries, *Waste Management Research*, 25, pag. 489-501, 2007
265. **Otto K., Wood K.** Product Design. Techniques in Reverse Engineering and New Product Development, Prentice Hall, 2001
266. **Palerm J.R.** Κατευθυντήριες Γραμμές για τη Διατύπωση και την Αξιολόγηση των Περιβαλλοντικών Ισχυρισμών, Ε.Ε. Γενική Δ/ση Υγείας & Προστασίας των Καταναλωτών, 2000
267. **Partikad A.K., McFarlane D.** Investigating The Role of Product Information In End-Of-Life Decision Making, Proc. 11th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing, 2004
268. **Parlikad A.K., McFarlane D.C., Kulkarni A.G.** Improving Product Recovery Decisions Through Product Information, *Innovations in Life Cycle Engineering and Sustainable Development*, Springer, pag. 153-172, 2006
269. **Pearse II J.A.** The Profit-Making Allure of Product Reconstruction, *MIT Sloan Management Review*, Jan. 2009
270. **Persson J.G.** Eco-Indicators in Product Development, Proc. Inst. Mech. Engineers, 215, Part B, 2001
271. **Pnueli Y., Zussman E.** Evaluating the End-of-Life Value of a Product and Improving it by Redesign, *International Journal of Production Research*, 35(4), pag. 921-942, 1997
272. **Poppendieck M.** Principles of Lean Thinking, Poppendieck.LLC, 2002
273. **Prasad B., Ganesan S.** Advances in Concurrent Engineering, CE97 Proceedings, 1997
274. **Rahimifard S., Abu Bakar M.S., Williams D.J.** Recycling Process Planning for the End-of-Life Management of Waste from Electrical and Electronic Equipment, *CIRP Annals – Manufacturing Technology*, vol. 58, pag. 5-8, 2009
275. **Rajurkar S.S., Nandapurkar J.G., Kulkarni A.R.** Analysis of Power Transformer Failure in Transmission Utilities, 16th National Power Systems Conference, India, 2010
276. **Rao R.V., Padmanabhan K.K.** Selection of Best Product End-of-Life Scenario Using Digraph and Matrix Methods, *Journal of Engineering Design*, 21(4), pag. 455-472, 2010
277. **Ravi V., Shankar R., Tiwari M.K.** Analyzing Alternatives in Reverse Logistics for End-of-Life Computers: ANP and Balanced Scorecard Approach, *Computer & Industrial Engineering*, 48, pag. 327-356, 2005
278. **Reimer B., Sodhi M.S., Knight W.A.** Optimizing Electronics End-of-Life Disposal Costs, IEEE, 0-7803-5962-3, 2000
279. **Ritzen S.** Integrating Environmental Aspects into Product Development: Proactive Measures, PhD Thesis, Royal Institute of Technology, Sweden, 2000
280. **Rochowiak D., Interrante L.** Concurrent Engineering and Design: Person – Centered and Computer – Assisted, AAI Technical Report WS-93-07, 1993
281. **Rose C.M.** Design for the Environment: A Method for Formulation Product End-of-Life Strategies, PhD Thesis, Stanford University, 2000
282. **Rose C.M., Masui K., Ishii K.** How Product Characteristics Determine End-of-Life Strategies, IEEE International Symposium on Electronics and the Environment, NJ, USA, Proceedings, pag. 322-327, 1998
283. **Rose C.M., Stevels A., Ishii K.** Method for Formulating Product End-Of-Life Strategies for Electronics Industry, *Journal of Electronics Manufacturing*, 11(2), pag. 185-196, 2002
284. **Rother M., Shook J.** Learning to See, Brookline, The Lean Enterprise Institute, 2002

285. **Rousis K., Moustakas K., Malamis S., Papadopoulos A., Loizidou M.** Multi-criteria Analysis for the Determination of the Best WEEE Management Scenario in Cyprus, Waste Management, vol. 28, pag. 1941-1954, 2008
286. **Saaksvuori A., Immonen A.** Product Lifecycle Management, Springer, 3rd edition, 2008
287. **Saleem S.A.** A Sustainable Decision Support System for the Demanufacturing Process of Product Take-Back Based on Concepts of Industrial Ecology, Univ. of Jordan, 1997
288. **Sasaki K.** Examining the Waste from Electrical and Electronic Equipment Management Systems in Japan and Sweden, MSc Thesis, Lund University, 2004
289. **Sahrnhorst W., Althaus H-J., Classen M., Jolliet O., Hilty L.M.** The End of Life Treatment of Second Generation Mobile Phone Networks: Strategies to Reduce the Environmental Impact, Environmental Impact Assessment Review, vol. 25, pag. 540-566, 2005
290. **Schluep M., Hagelueken C., Kuehr R., Magalini F., Mauer C., Meskers C., Mueller E., Wang F.** Recycling from E-Waste to Resources, UNEP, 2009
291. **Schuh G., Lenders M., Rauhut M.** Lean Innovation – Introducing Takt Time to Product Development Processes, Advances in Production Management Systems (APMS) International Conference, Italy, 2010
292. **Seider W.D., Seader J.D., Lewin D.R.** Product & Process Design Principles, 2nd Edition, Wiley, 2003
293. **Seliger G.** Sustainability in Manufacturing: Recovery of Resources in Product and Material Cycles, Springer Science and Business Media, 2007
294. **Seliger G., Hentschel C., Kriwet A.** Design for Disassembly in the Framework of Life-Cycle Design, 1st CIRP Seminar on Life Cycle Engineering, Copenhagen, 1993
295. **Seo K.K., Park J.H., Jang D.S.** Optimal Disassembly Sequence Using Genetic Algorithms Considering Economic and Environmental Aspects, International Journal of Advanced Manufacturing Technologies, 18, pag. 371-380, 2001
296. **Sheehan J., Sheil J.** Investigating the Relationship Between Design – for – Reliability Design - for – the – Environment Investment and Field Warranty and End – of – Life Costs, Quality Technology and Quantitative Management, vol. 4(2), pag. 251-263, 2007
297. **Sherwin C., Evans S.** EcoDesign Innovation: Is “early” always the “best”? Proceedings of IEEE International Symposium, San Francisco, USA, pag. 112-117, 2000
298. **Shih L-H.** Reverse Logistics System Planning for Recycling Electrical Appliances and Computers in Taiwan, Resources Conservation and Recycling, 32, 55-72, 2001
299. **Shih L-H., Chang Y-S., Lin Y-T.** Intelligent Evaluation Approach for Electronic Product Recycling Via Case-Based Reasoning, Advanced Engineering Informatics, 20, pag. 137-145, 2006
300. **Shih L-H., Lee S-C.** Optimizing Disassembly and Recycling Process for EOL LCD-Type Products: A Heuristic Method, IEEE Transactions of Electronics Packaging Manufacturing, vol. 30(3), pag. 213-220, 2007
301. **Simpson T.W., Maier J.R.A., Mistree F.** Product Platform Design: Method and Application, Resources of Engineering Design, 13, 2-22, 2001
302. **Singh A.K., Tiwari M.K., Mukhopadhyay S.K.** Modeling and Planning of the Disassembly Processes Using an Enhanced Expert Petri Net, International Journal of Production Research, 41(16), pag. 3761-3792, 2003
303. **Smeets E., Weterings R.** Environmental Indicators: Typology and Overview, Technical Report No 25, European Environmental Agency, Copenhagen, 1999
304. **Smith M.T., Roy R., Potter S.** The Commercial Impacts of Green Product Development, The Open University, DIG-05, UK, 1996

305. **Sodhi M.S., Reimer B.** Models for Recycling Electronics End-of-Life Products, OR Spektrum, 23, 97-115, 2001
306. **Sorli M., Sopolana A., Taisch M., Al-Shaab A., Keast J., Flores M., Skotic D., Martinez L.** Applying Lean Thinking Concepts to New Product Development, Advances in Production Management Systems (APMS) International Conference, Italy, 2010
307. **Spengler T., Walther G., Hesselbach J., Ohlendorf M.** Product Assessment and Recycling Data Analysis as Precondition for Efficient WEEE Recycling, Going Green, CARE Innovation, Vienna, 2002
308. **Srinivasan M., Jones D., Miller A.** Applying Theory of Constraints Principles and Lean Thinking at the Marine Corps Maintenance Center, Defense Acquisition Review Journal, 2001
309. **Srivastava S.K.** Network Design for Reverse Logistics, Omega, 36, pag. 535-548, 2008
310. **Staikos T., Rahimifard S.** A Decision-Making Model for Waste Management in the Footwear Industry, International Journal of Production Research, vol. 45(18-19), pag. 4403-4422, 2007
311. **Steen B.** A Systematic Approach to Environmental Priority Strategies in Products Development (EPS), Chalmers Univ. of Tech., Sweden, 1999
312. **Stevens A.** Applied Eco-Design at Philips Consumer Electronics and Delft University of Technology, Ten Years of Dynamic Development, AR17-G00-5051-182, 2000
313. **Stevens A.L.N., Ram A.A.P., Deckers E.** Take-back of Discarded Consumer Electronic Products from the Perspective of the Producer Conditions for Success, Journal of Cleaner Production, 7, pag. 383-389, 1999
314. **Stobbe I., Middendorf A., Schischke K., Petermann C., Muller J., Reichl H.** Meeting Data Requirements by Using the IZM/EE – Toolbox for a Screening Assessment of the Environmental Impacts of Electronic Products, European Conference on Electronics and the Environments, GreenPack-Project, Oslo, 2001
315. **Stone R.B., Wood K.L., Crawford R.H.** Using Quantitative Functional Models to Develop Product Architectures, Quantitative Functional Model, Revised 12/10/99
316. **Stoop M.L.M., Lambert A.J.D.** Processing of Discarded Refrigerators in the Netherlands, Technovation, 18(2), pag. 101-110, 1998
317. **Stratton S.D.** The Application of Lean Thinking to Pharmaceutical Quality Systems, Defining the FDA as the Customer, MSc Thesis, California State University Dominguez Hills, 2004
318. **Subramani A.K., Dewhurst P.** Automatic generation of product disassembly sequences, Annals CIRP, 40, pag. 115-118, 1991
319. **Sun J., Han B., Ekwaro-Osire S., Zhang H-C.** Design for Environment: Methodologies, Tools and Implementation, Transactions of the SDPS, 7(1), pag. 59-75, 2003
320. **Sundin E.** Product And Process Design For Successful Remanufacturing, Linkoping Studies in Science and Technology, Sweden, PhD Thesis, Dissertation No. 906. 2004
321. **Tang Y., Zhou M.** Learning-Embedded Disassembly Petri Net for Process Planning, IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 2006
322. **Telenko C., Seepersad C.C., Webber M.E.** A Compilation of Design for Environment Principles and Guidelines, Proceedings of IDETC/CIE, New York, ASME, 2008
323. **Teunter R.H.** Determining Optimal Disassembly and Recovery Strategies, Erasmus Univ. Rotterdam, Econometric Institute Report EI2004-09, 2004
324. **Tiwari M.K., Sinha N., Kumar S., Rai R., Mukhopadhyay S.K.** A Petri Net Based Approach to Determine the Disassembly Strategy of a Product, International Journal of Production Research, 40(5), pag. 1113-1129, 2001

325. **Toffel M.W.** The Growing Strategic Importance of End-of-Life Product Management, IEEE Engineering Management Review, 2003
326. **Toffel M.W., Stein A., Lee K.L.** Extending Producer Responsibility: An Evaluation Framework for Product Take-Back Policies, Working Paper 09-026, Harvard Business School, 2008
327. **Topfer K.** The Launch of the UNEP-SETAC Life Cycle Initiative, International Journal of Life Cycle Assessment, 7, 191, 2002
328. **Truttman N., Rechberger H.** Contribution to Resource Conservation by Reuse of Electrical and Electronic Household Appliances, Resources Conservation and Recycling, 48(3), pag. 249-262, 2006
329. **Tseng H-E., Chang C-C., Cheng C-J.** Disassembly – Oriented Assessment Methodology for Product Modularity, International Journal of Production Research, pag. 1-24, 2009
330. **Tukker A., Eder P., Suh S.** Environmental Impacts of Products, Journal of Industrial Ecology, 10(3), 2006
331. **Tumkor S., Senol G.** Disassembly Precedence Graph Generation, International Symposium on Assembly and Manufacturing, IEEE, USA, 2007
332. **Umeda Y., Fukushima S., Tonoike K., Kondoh S.** Product Modularity for Life Cycle Design, CIRP Annals, Manufacturing Technology, 57, pag. 13-16, 2008
333. **Ulrich K.T., Eppinger S.D.** Product Design and Development, McGraw Hill, 2004
334. **U.S. Patent No. 5,958,851 September 28, 1999**, “Soybean Based Transformer Oil and Transmission Line Fluid” (Inventors: Cannon and Honary, Waverly Light & Power, Waverly, 1A)
335. **Van der Ryn S., Cowan S.** Ecological Design, Island Press, USA, 1996
336. **Vezzoli C., Manzini E.** Design for Environmental Sustainability, Springer, 2008
337. **Verdev M., Bohanec M., Dzeroski S.** Decision Support for a Waste Electrical and Electronic Equipment Treatment System, IS, 2006
338. **Vigon B.W.** Life-Cycle Assessment: Inventory Guidelines and Principles, Lewis Publishers, 1994
339. **Viswanathan S.** Investigation in the Design of Products and Factories for End-of-Life Disassembly, MSc Thesis, Univ. of Missouri-Rolla, 2000
340. **Wadhwa S., Madaan J., Chan F.T.S.** Flexible Decision Modeling of Reverse Logistics System: A Value Adding MCDM Approach for Alternative Selection, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 25, pag. 460-469, 2009
341. **Wager P.A., Hischier R., Eugster M.** Environmental Impacts of the Swiss Collection and Recovery System for Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE): A Follow-Up, Science of the Total Environment, vol. 409, pag. 1746-1756, 2011
342. **Wagner S.M., Schwab A.P.** Setting the Stage for Successful Electronic Reverse Auctions, Journal of Purchasing & Supply Management, 10, pag. 11-26, 2004
343. **Walther G., Spengler T.** Impact of WEEE-directive on reverse logistics in Germany, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 35(5), pag. 337-361, 2005
344. **Walther G., Spengler T., Queiruga D.** Facility Location Planning for Treatment of Large Household Appliances in Spain, International Journal of Environmental Technology and Management, vol. 8(4), pag. 405-425, 2008
345. **Webster S., Mitra S.** Competitive Strategy in Remanufacturing and the Impact of Take-Back Laws, Journal of Operations Management, 25, pag. 1123-1140, 2007
346. **Weger O., Birkhofer H.** Environmentally – Motivated Changes in the Product Development, CIRP Seminar on Life Cycle Engineering, Copenhagen, Denmark, 2003

347. **Wen L., Lin C-H., Lee S-C.** Review of Recycling Performanc Indicators: A Study on Collection Rate in Taiwan, *Waste Management*, vol. 29, pag. 2248-2256, 2009
348. **Wenzel H., Hauschild M., Alting L.** *Environmental Assessment of Products*, Vol. 1-2, Chapman & Hall, London, 1997
349. **Wenzhi He, Guangming Li, Xingfa Ma, Hua Wang, Juwen Huang, Min Xu, Chunjie Huang** WEEE Recovery Strategies and the WEEE Treatment Status in China, *Journal of Hazardous Materials B136*, pag. 502-512, 2006
350. **White A.** Replacement versus Refurbishment. End of Life Options for Power Transformers, *IEE Colloquium Transformer Life Management*, 510, pag. 10, London, 1998
351. **Willems B., Dewulf W., Duflou J.** End-of-Life Strategy Selection: A Linear Programming Approach to Manage Innovations in Product Design, *International Journal of Production Engineering and Computers*, 6(7), pag.45-53, 2004
352. **William H. Bartley P.E.** Analysis of Transformer Failures, *Proc. International Association of Engineering Insurers*, 36th Annual Conference, Stockholm, 2003
353. **Williams E.D., Sasaki Y.** Energy Analysis of End-of-Life Options for Personal Computers: Resell, Upgrade, Recycle, 0-7803-7743-5, IEEE, 2003
354. **Wolfgang W., Mo K. L., Tae J.I., Hee H.J.** Ecodesign in Twelve Steps – Providing Systematic Guidance for Considering Environmental Aspects and Stakeholder Requirements in Product Design and Development, *International Conference on Engineering Design*, Melbourne, ICED 05, 2005
355. **Womack J.P., Jones D.T.** From Lean Production to the Lean Enterprise, *Harvard Business Review*, March-April 1994
356. **Womack J.P., Jones D.T.** *Lean Solutions: How Companies and Customers can Create Value and Wealth Together*, Simon & Schuster, London, 2005
357. **Womack J.P., Jones D.T.** *Lean Thinking*, The Free Press, 2003
358. **Wongdeethai A.** Recycling – Oriented Assessment Tool ReOAT V.0.9, PhD Thesis, BTU Cottbus, 2006
359. **Wood R.** Lean Ambition, *Chemical Engineer*, 828, pag.30-31, 2010
360. **Wright E., Azapagic A., Stevens G., Mellor W., Clift R.** Improving Recyclability by Design: A Case Study of Fibre Optic Cable, *Resources Conservation and Recycling*, 44, pag. 37-50, 2005
361. **Yamaguchi H., Itsubo N., Lee S-Y., Motoshita M., Inaba A., Ichinobe M., Yamamoto N., Miyano Y.** Lifecycle Management Methodology Using Lifecycle Cost Benefit Analysis for Washing Machines, 3rd International Conference on Life Cycle Management, Zurich, 2007
362. **Yang C.J., Chen J.L.** Accelerating Preliminary Eco-Innovation Design for Products that Integrates Case-Based Reasoning and TRIZ Method, *Journal of Cleaner Production*, vol. 19, pag. 998-1006, 2011
363. **Yang J., Xiang D., Wang J., Guanghong D., Zhang H.** Removal Force Models for Component Disassembly from Waste Printed Circuit Board, *Resources Conservation and Recycling*, vol. 53(8), pag. 448-454, 2009
364. **Yi H-C., Park Y-C., Lee K-S.** A Study on the Method of Disassembly Time Evaluation of a Product Using Work Factor Method, IEEE, 0-7803-7952-7, 2003
365. **Yoruk S.** Some Strategic Problems in Remanufacturing and Refurbishing, B.Sc. Thesis, University of Florida, 2004
366. **Yu Y., Jin K., Zhang H.C.** A Decision-Making Model for Materials Management of End-of-Life Electronic Products, *Journal of Manufacturing Systems*, 19(2), 2000

367. **Yung W.K.C., Chan H.K., So J.H.T., Wong D.W.C., Choi A.C.K., Yue T.M.** A Life-Cycle Assessment for Eco-redesign of a Consumer Electronic Product, *Journal of Engineering Design*, vol. 22(2), pag. 69-85, 2011
368. **Zhang B.A.** Cost Model for Multi-Lifecycle Engineering Design, M.Sc. Thesis, New Jersey Institute of Technology, 1997
369. **Zhang S., Fossberg E., Van Houwelingen J., Rem P., Wei L-Y.** End-of-Life Electric and Electronic Equipment Management Towards the 21st Century, *Waste Management and Research*, 18, 73-85, 2000
370. **Zhang L., Zhan Y., Liu Z.F., Zhang H.C., Li B.B.** Development and Analysis of Design for Environmental Oriented Design Parameters, *Journal of Cleaner Production*, vol. 19, pag. 1723-1733, 2011
371. **Zhou X., Schoenung J.M.** Applications of Environmental Accounting Information to the Decision-Making for the Environmentally Conscious Design and End-of-Life Management of Cellular Phones, 1-4244-0351-0/06, IEEE, 2006
372. **Zikopoulos C., Tagaras G.** On the Attractiveness of Sorting before Disassembly in Remanufacturing, *IIE Transactions*, 40, pag. 313-323, 2008
373. **Zussman E.** Planning of Disassembly Systems. *Assembly Automation*, 15(4), pag. 20-23, 1995
374. **Zussman E., Kriwet A., Seliger G.** Disassembly – Oriented Assessment Methodology to Support Design for Recycling, *Annals of the CIRP*, 43(1), 1994
375. **Zussman E., Zhou M., Caudill R.** Disassembly Petri Net Approach to Modelling and Planning Disassembly Processes of Electronic Products, 0-7803-4295-X, 1998

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

376. **Δημόπουλος Π.** Ανακύκλωση Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού. Η πρόκληση της Αποσυναρμολόγησης, Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ 2004
377. **Κατσιγιαννης Ι.** Top-Down Design Methodology, Μεταπτυχιακή Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2003
378. **Παπαναγιώτογλου Μ.Σ.** Θερμοκρασιακή Σταθερότητα του Εξαφθοριούχου Θείου, Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, 2006
379. **Ραΐσιος Π.** Έλαια Μετασχηματιστών: Γιατί η ΔΕΗ δεν χρησιμοποίησε ποτέ Μετασχηματιστές με Clophen, Σύγχρονη Τεχνική Επιθεώρηση, Ιανουάριος, 2001

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Για το Νομικό Καθεστώς σε Ε.Ε. και Ελλάδα

Βρυξέλλες, 11 Ιουλίου 2005

Ηλεκτρονικά και ηλεκτρικά απόβλητα: η Επιτροπή κινεί διαδικασία εναντίον εννέα κρατών μελών:

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ζήτησε επισήμως από οκτώ κράτη μέλη (Εσθονία, Φινλανδία, Γαλλία, Ελλάδα, Ιταλία, Μάλτα, Πολωνία και το Ηνωμένο Βασίλειο) να μεταφέρουν στις εθνικές τους νομοθεσίες τρεις οδηγίες της ΕΕ σχετικές με τα περιβαλλοντικά προβλήματα που προκαλούνται λόγω των αυξανόμενων διαρκώς ποσοτήτων ηλεκτρονικών και ηλεκτρικών απορριμμάτων. Η μεταφορά αυτή έπρεπε να έχει πραγματοποιηθεί μέχρι τις 13 Αυγούστου έτους 2004. Σε περίπτωση που κάποιο κράτος μέλος δεν συμμορφωθεί προς το αίτημα αυτό, η Επιτροπή θα ήταν δυνατόν να προσφύγει εναντίον του στο Ευρωπαϊκό Δικαστήριο. Οι υπόψη οδηγίες έχουν σκοπό να διασφαλιστεί ότι τα ηλεκτρονικά απορρίμματα τα οποία συχνά περιέχουν επικίνδυνα υλικά δεν απορρίπτονται απλώς αλλά συλλέγονται, ανακυκλώνονται και επαναχρησιμοποιούνται ενώ τα υπολείμματα διατίθενται καταλλήλως. Η κίνηση διαδικασίας αποτελεί μέρος σειράς αποφάσεων για παραβάσεις σχετικές με περιβαλλοντικά θέματα εναντίον διαφόρων κρατών μελών τις οποίες επί του παρόντος η Επιτροπή ανακοινώνει.

Midday Express, 20/7/2005 10:38:50 πμ.

2001-2002: Η SONY ξόδεψε 86 εκατ. \$ για την αντικατάσταση περιφερειακών καλωδίων σε 1,3 εκατ. Playstations επειδή, σύμφωνα με τον Ολλανδικό νόμο, περιείχαν περισσότερο κάδμιο από το μέγιστο επιτρεπόμενο.

Από τα μέσα της δεκαετίας του '70 έχουν αρχίσει να διαμορφώνονται οδηγίες και νομοθεσίες προκειμένου να υπάρχουν διαδικασίες πρόληψης και διαχείρισης περιβαλλοντικών κρίσεων. Σε γενικές γραμμές στόχος της νομοθεσίας είναι να προλάβει τις δυσάρεστες επιδράσεις στο περιβάλλον από συγκεκριμένες ενέργειες (για παράδειγμα ορισμός των υλικών που μπορούν να πεταχτούν μετά τη χρησιμοποίησή τους ή με ποιο τρόπο και σε ποιο χώρο θα πρέπει να γίνει η απόθεσή τους). Σε πολλές περιπτώσεις η νομοθεσία που έχει διαμορφωθεί θέτει μεγάλα πρόστιμα γεγονός που ενθαρρύνει τις εταιρείες να ανταποκριθούν άμεσα. Με τον τρόπο αυτό δίνεται κίνητρο στη βιομηχανία να βρει εναλλακτικούς τρόπους διαχείρισης που δεν βλάπτουν το περιβάλλον προκειμένου να αντιμετωπίσει τα προβλήματά της. Η νομοθεσία που έχει διαμορφωθεί όσον αφορά την εκτεταμένη ευθύνη του παραγωγού ή τη διαδικασία αποκομιδής των άχρηστων προϊόντων αφού έχει ολοκληρωθεί ο κύκλος ζωής τους απαιτεί από τους παραγωγούς να παρακολουθούν από κοντά τα τελευταία στάδια χρήσης των προϊόντων τους στην αγορά.

Πολλές από τις εταιρείες των ΗΠΑ που πουλάνε προϊόντα σε πολλές Ευρωπαϊκές Αγορές απαιτείται να διαμορφώσουν μια διαδικασία αποκομιδής των προϊόντων από τους καταναλωτές μετά τη χρήση τους. Το προσωρινό σύστημα λήψης προϊόντων που ισχύει στην Ολλανδία για μεγάλες ηλεκτρονικές συσκευές ξεκίνησε τον Ιανουάριο του 1999 ενώ για τις μικρότερες συσκευές ξεκίνησε τον Απρίλιο του 2000. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι ότι οι καταναλωτές πληρώνουν ένα ποσό χωριστά για την αποκομιδή στο τέλος κατά την αγορά του προϊόντος. Τα προϊόντα συλλέγονται σε κέντρα συλλογής των οποίων τη διαχείριση έχουν αναλάβει οι δημοτικές αρχές. Υπάρχουν συγκεκριμένα σημεία συλλογής για ορισμένα προϊόντα. Τα περισσότερα από τα προϊόντα ανακυκλώνονται από μικρές τοπικές εταιρείες οι οποίες μοιράζονται τα κέρδη ή το σχετικό κόστος με τους παραγωγούς.

Στην Ιαπωνία η φιλοσοφία που υπάρχει προβλέπει για το χειρισμό των περιβαλλοντικών προβλημάτων, τη βιομηχανία τη διαχείριση και το κοινό να ενεργούν από κοινού και σε συνεργασία μεταξύ τους. Η ισχύουσα νομοθεσία στην Ιαπωνία από το 2001 επιδιώκει την αξιοποίηση των αποσυρόμενων προϊόντων ΑΗΗΕ από οργανισμούς που σχετίζονται με την παραγωγή, κατασκευή, διανομή, κατανάλωση και διάθεσή τους. Η νομοθεσία απαιτεί τα εξής ελάχιστα ποσοστά ανακύκλωσης (όσον αφορά το βάρος) στις εξής κατηγορίες προϊόντων: ψυγεία (50%), air conditioners (60%), τηλεοράσεις (55%) και πλυντήρια (50%). Η λογική που υπάρχει είναι ότι αν οι παραγωγοί είναι οικονομικά υπεύθυνοι για τη διαχείριση στο τέλος του κύκλου ζωής του κάθε προϊόντος τότε θα έχουν το οικονομικό κίνητρο να σχεδιάσουν τα προϊόντα τους με λιγότερους κινδύνους και περισσότερα ανακυκλώσιμα υλικά. Η λογική παρόλα αυτά δεν δίνει πάντα τις καλύτερες λύσεις. Σε πολλές περιπτώσεις εταιρειών ηλεκτρονικών ειδών, που είναι οι παγκόσμιοι κυρίαρχοι της αγοράς στις καινοτόμες τεχνικές σχεδίασης, σχεδιάζονται προϊόντα με ελαχιστοποιημένες αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον ή διευκολύνεται η ανακύκλωση ή γενικότερα η διαχείριση στο τέλος της χρήσιμης ζωής τους, όπου όμως το πρόσθετο οικονομικό φορτίο περνάει στο σύνολό του στον πελάτη.

Σε πολλές χώρες ο βιομηχανικός τομέας έχει αναπτύξει δραστηριότητες στην ανάπτυξη εθελοντικών προγραμμάτων επαναχρησιμοποίησης, επαναδιαμόρφωσης και ανακύκλωσης ηλεκτρονικών προϊόντων. Ενδεικτικά αναφέρεται για το Ηνωμένο Βασίλειο το συμβούλιο της βιομηχανίας για την ανακύκλωση του ηλεκτρονικού εξοπλισμού που έχει αναπτύξει μια εθνική στρατηγική για τη διαχείριση των ηλεκτρονικών προϊόντων. Ανάλογοι οργανισμοί ανακύκλωσης είναι η Cycle για τη Γερμανία, η Suico για την Ελβετία και η NVMP για την Ολλανδία.

Και μεμονωμένες εταιρείες όμως κινούνται στην ίδια κατεύθυνση όπως για παράδειγμα οι IBM, DEC, Hewlett Packard, Rank Xerox και Grundig που παίρνουν ήδη πίσω τις χρησιμοποιημένες συσκευές τους ενώ οι Toshiba και Hitachi έχουν αναπτύξει και ερευνητικά προγράμματα με στόχο τη μείωση του χρόνου αποσυναρμολόγησης των άχρηστων προϊόντων που συλλέγουν.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση μέχρι σήμερα έχει υπάρξει πρωτοπόρος στη θέσπιση νομοθεσίας για τα ηλεκτρονικά απόβλητα. Με τη θέσπιση σχετικών οδηγιών που δηλώνουν ότι όλες οι διεθνείς εταιρείες θα πρέπει να υπακούνε σε ενιαίους κανόνες διαχείρισης για τα ηλεκτρονικά άχρηστα προϊόντα πάνω από σύνορα χάραξε έναν αρχικό δρόμο για τη διαχείριση των ηλεκτρονικών αποβλήτων. Τον Ιούνιο του 2001, οι Υπουργοί Περιβάλλοντος της Ε.Ε. συμφώνησαν στη γενική αρχή ενεργοποίησης ειδικών οδηγιών σε εφαρμογή. Το γεγονός αυτό είχε για τα επιμέρους κράτη μέλη τις εξής επιπτώσεις:

1. Ελαχιστοποίηση ή κατάργηση της χρήσης επικίνδυνων υλικών.
2. Προώθηση σχεδίασης για ανακύκλωση.
3. Οι παραγωγοί έχουν την ευθύνη για την τελική διαχείριση των προϊόντων τους μετά τη λήξη της χρήσιμης ζωής τους, την κωδικοποίηση των νέων προϊόντων που εισάγουν στην αγορά και την παροχή της απαιτούμενης πληροφορίας στους εμπλεκόμενους που σε κάθε περίπτωση ασχολούνται στη διαχείριση μετά την απόσυρσή τους.
4. Διαμόρφωση κατάλληλων συστημάτων για τη χωριστή συλλογή των προϊόντων ΑΗΗΕ με δεδομένο ότι τα επιμέρους νοικοκυριά έχουν τη δυνατότητα της δωρεάν επιστροφής.
5. Οι παραγωγοί θα πρέπει να διαμορφώσουν και να χρηματοδοτήσουν κατάλληλα συστήματα προκειμένου να διασφαλίσουν ακριβείς διαδικασίες επαναχρησιμοποίησης / ανακύκλωσης των προϊόντων ΑΗΗΕ για τα οποία έχουν την ευθύνη διαχείρισής τους.
6. Υπάρχει στόχος για την κάθε χώρα συλλογής τουλάχιστον 4 κιλών ΑΗΗΕ ανά άτομο του συνολικού πληθυσμού σε ετήσια βάση. Οι υπηρεσίες συλλογής θα πρέπει να

προσφέρονται από τους ενδιαμέσους εμπόρους, τους δήμους ή γενικότερα το φορέα που έχει αναλάβει τη σχετική ευθύνη. Τα άχρηστα προϊόντα θα πρέπει να συλλέγονται χωριστά και να προ-επεξεργάζονται έτσι ώστε η βέλτιστη ανάκτηση να είναι δυνατή και να περιλαμβάνει τους λιγότερους δυνατούς κινδύνους.

7. Οι ρυθμοί ανάκτησης βρίσκονται ανάμεσα στο 70 ως 90% των αγαθών που συλλέγονται (το ποσοστό εξαρτάται από την επιμέρους κατηγορία ΑΗΗΕ). Σε κάθε περίπτωση τα επικίνδυνα υλικά θα πρέπει να απομακρύνονται και να προωθούνται σύμφωνα με αυστηρές περιγραφές. Ενθαρρύνεται επίσης η επαναχρησιμοποίηση της προμηθευτικής αλυσίδας, παρόλα αυτά μόνο στα πλαστικά υπάρχουν στόχοι που έχουν τεθεί (5% του βάρους των νέων παραγόμενων καταναλωτικών ηλεκτρονικών προϊόντων).

Πιο συγκεκριμένα, η υπάρχουσα νομοθεσία που σχετίζεται με τη διαχείριση ΑΗΗΕ περιλαμβάνει στις εξής οδηγίες και αποφάσεις της Ε.Ε.:

- **Οδηγία 2002/96/EC:** Εκδόθηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο στις 27/1/2003 και αφορά τη διαχείριση αποβλήτων ειδών ΗΗΕ (Wastes of Electrical and Electronic Equipment, WEEE).
- **Οδηγία 2003/108/EC:** Εκδόθηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο στις 8/12/2003 τροποποιώντας ορισμένα από τα άρθρα της οδηγίας 2002/96/EC (EC Directive 2003/108).
- **Οδηγία 2002/95/EC:** Εκδόθηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο στις 27/1/2003 και αφορά την απαγόρευση ή τον περιορισμό χρήσης συγκεκριμένων επικίνδυνων ουσιών σε ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά προϊόντα (Restriction of Hazardous Substances, RoHS).
- **Οδηγία 2005/32/EC:** Εκδόθηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο στις 6/7/2005 για τη θέσπιση πλαισίου προκειμένου να καθοριστούν οι απαιτήσεις οικολογικού σχεδιασμού όσον αφορά τα προϊόντα που καταναλώνουν ενέργεια και για την τροποποίηση της οδηγίας 92/42/ΕΟΚ του Συμβουλίου και των οδηγιών 96/57/EC και 2000/55/EC.
- **Απόφαση Κοινοβουλίου 2004/249/EC** στις 11/3/2004 που αφορά αξιολόγηση αποτελεσμάτων εφαρμογής της οδηγίας 2002/96/EC στα κράτη-μέλη.
- **Απόφαση Κοινοβουλίου 2005/369/EC** στις 3/5/2005 που θέτει κανόνες για την παρακολούθηση και συμμόρφωση των κρατών μελών και την καθιέρωση συγκεκριμένων δελτίων για τα δεδομένα για τους σκοπούς της οδηγίας 2002/96/EC.
- **Απόφαση Κοινοβουλίου 2005/618/EC** στις 18/8/2005 που τροποποίησε την οδηγία 2002/95/EC θέτοντας τις μέγιστες επιτρεπτές συγκεντρώσεις για συγκεκριμένες επικίνδυνες ουσίες σε ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά προϊόντα.
- **Αποφάσεις Κοινοβουλίου 2005/717/EC στις 13/10/2005 και 2005/747/EC** στις 21/10/2005 που επίσης τροποποίησαν την οδηγία 2002/95/EC απαγορεύοντας τη χρήση συγκεκριμένων επικίνδυνων ουσιών σε προϊόντα ΗΗΕ.

Πιο αναλυτικά η Οδηγία 2002/96/EC της ΕΕ σχετικά με τα προϊόντα ΑΗΗΕ (27.1.2003), είναι η οδηγία που δημιουργήθηκε για τη διαχείριση των αποβλήτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών ειδών θέτοντας απαιτήσεις για τη σωστή συλλογή, ανάκτηση και ανακύκλωση ηλεκτρονικών αγαθών προκειμένου να περιοριστεί η περιβαλλοντική επίπτωση από τη χρήση τους κατά τη διάρκεια της χρήσιμης ζωής τους και κατά την τελική τους απόθεση.

Στη συγκεκριμένη οδηγία δίνεται βαρύτητα στα ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά άχρηστα υλικά ενώ βάζει την αρχή της ευθύνης του παραγωγού. Οπότε από τις 13/8/2005 για τα προϊόντα ΑΗΗΕ οικιακής προέλευσης ισχύει ότι:

- Οι παραγωγοί προϊόντων ΗΗΕ υποχρεούνται να οργανώνουν ή να συμμετέχουν σε διαδικασίες συλλογής, μεταφοράς και επεξεργασίας των προϊόντων τους αφού αυτά αποσυρθούν από την αγορά.
- Τα κράτη-μέλη χρειάζεται να διαμορφώσουν μηχανισμούς για την επιστροφή των προϊόντων ΑΗΗΕ που προκύπτουν. Επιπλέον θα πρέπει να διαθέτουν όλη την απαραίτητη υποδομή επεξεργασίας, αξιοποίησης και ανακύκλωσης των προϊόντων ΑΗΗΕ υπακούοντας σε κάθε περίπτωση συγκεκριμένα ελάχιστα πρότυπα ποιότητας όπως αυτά έχουν οριστεί για το κάθε κράτος.
- Οι προμηθευτές είναι υπεύθυνοι μετά την πώληση να παίρνουν πίσω τα προϊόντα τους όταν φτάσουν σε αχρηστία χωρίς χρέωση.
- Οι χρήστες των προϊόντων έχουν την υποχρέωση να επιστρέφουν χωρίς επιβάρυνση τις συσκευές ΗΗΕ όταν περιέρχονται σε αχρηστία σε συγκεκριμένα σημεία συλλογής.

Η παραπάνω ημερομηνία δεν τηρήθηκε από τα περισσότερα κράτη-μέλη της ΕΕ λόγω δυσκολιών που παρατηρήθηκαν στη διαμόρφωση του κατάλληλου πλαισίου.

Όσον αφορά τα προϊόντα ΑΗΗΕ μη-οικιακής προέλευσης τα κράτη-μέλη χρειάζεται να εξασφαλίσουν ότι οι παραγωγοί ή τρίτοι που ενεργούν για λογαριασμό τους, μεριμνούν για τη συλλογή και αυτών των αποβλήτων. Σύμφωνα με την οδηγία 2003/108/EC το κόστος διαχείρισης των μη-οικιακών προϊόντων ΑΗΗΕ που έχουν διοχετευτεί στην αγορά μετά τις 13/8/2005 επιβαρύνει αποκλειστικά και μόνο τον παραγωγό.

Η εφαρμογή της οδηγίας για τα προϊόντα ΑΗΗΕ της Ε.Ε. από τον Αύγουστο του 2005 επιβάλλει τη μελέτη και άλλων θεμάτων όπως την αποσυναρμολόγηση προϊόντων που έχει λήξει η χρήση τους, την ανακύκλωσή τους, την εκμετάλλευση της απομένουσας αξίας, την επισκευή τους, την επαναχρησιμοποίησή τους, κ.α., ενώ ενθαρρύνει τη σχεδίαση και παραγωγή προϊόντων ΗΗΕ που έχουν λάβει υπόψη τους τη διευκόλυνση της αποσυναρμολόγησης, της ανάκτησης, της επαναχρησιμοποίησης και της ανακύκλωσης των άχρηστων ηλεκτρικών – ηλεκτρονικών υλικών ή και των επιμέρους τμημάτων τους. Η εφαρμογή της συγκεκριμένης οδηγίας είχε ως στόχους:

- Την ελαχιστοποίηση των δημιουργούμενων ποσοτήτων ΑΗΗΕ μέσα από την εφαρμογή επιμέρους μεθόδων διαχείρισης όπως η επαναχρησιμοποίηση, η ανακύκλωση, η επανακατασκευή ή μέσα από συνδυασμούς αυτών.
- Τη βελτίωση των περιβαλλοντικών παραμέτρων που επηρεάζονται από τον κύκλο ζωής των ηλεκτρικών – ηλεκτρονικών συσκευών.

Τα προϊόντα τα οποία και πραγματεύεται η συγκεκριμένη οδηγία καθώς και τα απαιτούμενα ποσοστά τα οποία έπρεπε να έχουν επιτευχθεί ως τις 31/12/2006 είναι τα εξής:

Πίνακας 14. Απαιτούμενα Ελάχιστα Ποσοστά Ανακύκλωσης και Αξιοποίησης για την κάθε Κατηγορία Άχρηστου Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) σύμφωνα με την Οδηγία 2002/96

Κατηγορία προϊόντος	Απαιτούμενο ελάχιστο % ανακύκλωσης και	Απαιτούμενο ελάχιστο % του βαθμού
---------------------	--	-----------------------------------

	επαναχρησιμοποίησης του μέσου βάρους ανά συσκευή	αξιοποίησης του μέσου βάρους ανά συσκευή
Μεγάλες οικιακές συσκευές	75%	80%
Μικρές οικιακές συσκευές	50%	70%
Εξοπλισμός πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών	65%	75%
Καταναλωτικά είδη (Η/Υ, ραδιόφωνα, τηλεοράσεις, κ.α.)	65%	75%
Φωτιστικά είδη	50%	70%
Ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά εργαλεία (εξαιρούνται τα μεγάλης κλίμακας σταθερά βιομηχανικά εργαλεία)	50%	70%
Παιχνίδια, εξοπλισμός ψυχαγωγίας και αθλητισμού	50%	70%
Ιατροτεχνικός εξοπλισμός (εξαιρούνται τα εμφυτεύσιμα και μολυσμένα)		
Όργανα παρακολούθησης και ελέγχου	50%	70%
Συσκευές αυτόματης διανομής	75%	80%
Λαμπτήρες εκκενώσεως αερίου	80%	80%

Επίσης ως τις 31/12/2006 τα κράτη-μέλη χρειαζόταν να έχουν εξασφαλίσει την επίτευξη χωριστής συλλογής τουλάχιστον 4 κιλών ΑΗΗΕ αστικής προέλευσης κατά μέσο όρο ανά κάτοικο και ανά έτος ενώ οι προμηθευτές χρειαζόταν να έχουν πληροφορίες για την επαναχρησιμοποίηση ή το χειρισμό κάθε νέου ηλεκτρικού – ηλεκτρονικού προϊόντος μέσα στο πρώτο έτος από τη στιγμή που αυτό διοχετεύεται στην αγορά.

Συμπληρωματικά στην οδηγία 2002/96/EC υπάρχει η οδηγία 2002/95/EC που αφορά τον περιορισμό χρήσης ορισμένων επικίνδυνων ουσιών σε είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Ο λόγος είναι ότι τα προϊόντα ΑΗΗΕ είτε υπόκεινται σε κατάλληλη επεξεργασία, ανακύκλωση, επαναχρησιμοποίηση, κ.α. όπου υπάρχει αυξημένος κίνδυνος λόγω των επικίνδυνων υλικών που περιέχουν για την υγεία και το περιβάλλον, είτε δεν υπόκεινται σε επεξεργασία και καταλήγουν μαζί με τα υπόλοιπα απορρίμματα οπότε λόγω των επικίνδυνων ουσιών που περιέχουν δημιουργούν επίσης κινδύνους. Με βάση λοιπόν τις διαθέσιμες επιστημονικές και τεχνικές πληροφορίες προτείνονται συγκεκριμένα μέτρα προκειμένου οι κίνδυνοι που υπάρχουν τόσο για τους χρήστες όσο και για τους εμπλεκόμενους μετά το τέλος της ζωής τους να περιοριστούν. Ο τρόπος για να επιτευχθεί αυτό είναι να περιοριστεί η χρήση επικίνδυνων ουσιών. Τα προϊόντα που περιλαμβάνει η συγκεκριμένη οδηγία είναι τα ίδια με τις δέκα κατηγορίες προϊόντων της οδηγίας 2002/96/EC περιλαμβανομένων και των οικιακών φωτιστικών σωμάτων.

Σύμφωνα λοιπόν με τη συγκεκριμένη οδηγία τα κράτη-μέλη θα πρέπει το αργότερο ως τις 1 Ιουλίου του 2006 να έχουν διασφαλίσει ότι τα προϊόντα ΗΗΕ που διοχετεύονται στην αγορά δεν περιέχουν μόλυβδο, υδράργυρο, κάδμιο, εξασθενές χρώμιο, πολυβρωμοδιφαινύλια (PBB) ή πολυβρωμοδιφαιθυλαθέρη (PBDE). Επιτρέπεται μόνο ο προσδιορισμός σε συγκεκριμένα υλικά και κατασκευαστικά στοιχεία ανώτατων τιμών συγκέντρωσης των παραπάνω ουσιών. Η συγκεκριμένη προθεσμία δεν τηρήθηκε από τα περισσότερα κράτη-μέλη. Στην Ελλάδα η προσαρμογή στις οδηγίες 2002/95/EC και 2002/96/EC έγινε με τη θεσμοθέτηση του ΠΔ117/5.3.2004 (ΦΕΚΑ 82/2004) για την προσαρμογή στην οδηγία 2002/95 και με το ΦΕΚΑ 12/3.2.2006 για την προσαρμογή στην οδηγία 2002/96.

Άλλη οδηγία που έχει τεθεί σε ισχύ είναι η Οδηγία 2005/32/EC (6.7.2005) και αφορά τη θέσπιση ενός πλαισίου για τον ορισμό των απαιτήσεων οικολογικής σχεδίασης για την ενεργειακή χρήση

των προϊόντων. Με τη συγκεκριμένη οδηγία τροποποιούνται οι προηγούμενες οδηγίες 92/42/EEC, 96/57/EC και 2000/55/EC της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Στη συγκεκριμένη οδηγία δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα στη σχεδίαση των προϊόντων με κριτήριο τη βέλτιστη συμπεριφορά τους στο περιβάλλον και τη βελτιστοποίηση στη χρήση της ενέργειας κατά τη χρήση τους. Όπως περιγράφεται στη συγκεκριμένη οδηγία οι απαιτήσεις της οικολογικής σχεδίασης έχουν ως στόχο να βελτιώσουν την περιβαλλοντική συμπεριφορά του προϊόντος. Οι επιμέρους παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη και σχετίζονται με τη σχεδίαση του προϊόντος είναι οι εξής:

- επιλογή πρώτων υλών και χρήση τους
- κατασκευή
- συσκευασία, μεταφορά και διανομή
- εγκατάσταση και συντήρηση
- χρήση
- κατάσταση στο τέλος της χρήσιμης ζωής του μετά τη χρήση του για πρώτη φορά και μέχρι την τελική απόθεσή του

Για την κάθε φάση του κύκλου ζωής οι ακόλουθες περιβαλλοντικές παράμετροι είναι δυνατό να εξεταστούν:

- προβλεπόμενη κατανάλωση υλικών (επικίνδυνων ή μη) – ενέργειας και άλλων πόρων (π.χ. νερό)
- εκλυόμενες εκπομπές σε αέρα, νερό και έδαφος
- άλλες μορφές ρύπανσης (θόρυβος, ακτινοβολίες, ηλεκτρομαγνητικά πεδία)
- αναμενόμενες ποσότητες δημιουργίας απορριμμάτων από τη χρήση των υλικών
- πιθανότητες για επαναχρησιμοποίηση – ανακύκλωση και ανάκτηση των υλικών και / ή της ενέργειας λαμβάνοντας υπόψη και την Οδηγία 2002/96/EC.

Σήμερα η αποδοτική διαχείριση των προϊόντων ΑΗΗΕ εξακολουθεί να έχει πολλά προβλήματα. Οι λόγοι είναι οι εξής:

- Εκτιμάται ότι μικρό μέρος της ποσότητας των προϊόντων ΑΗΗΕ ακολουθεί την επιθυμητή πορεία διαχείρισης ενώ το μεγαλύτερο μέρος πετάγεται μαζί με τα υπόλοιπα αστικά απόβλητα ή ακολουθεί κάποια διαδικασία διαχείρισης χωρίς προεργασία και χωρίς να εξετάζεται αν είναι η κατάλληλη. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα να χάνονται σημαντικές ποσότητες υλικών που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν ενώ ελευθερώνονται μεγάλες ποσότητες επικίνδυνων υλικών συμβάλλοντας με τον τρόπο αυτό στην περιβαλλοντική υποβάθμιση.
- Ο στόχος των 4 κιλών ανά άτομο και ανά έτος με βάση τον τρόπο ζωής και το μεγάλο αριθμό ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών που χρησιμοποιεί το κάθε άτομο είναι για ορισμένα από τα κράτη-μέλη πολύ ελαστικός στόχος και για άλλα κράτη πολύ δύσκολος να επιτευχθεί.
- Στην οδηγία 2002/96/EC δεν υπάρχει στόχος για επαναχρησιμοποίηση συσκευών στην υπάρχουσα μορφή τους.
- Διαφοροποιεί τις απαιτήσεις για τον παραγωγό ανάλογα με το κράτος-μέλος στο οποίο ανήκει γεγονός που μπορεί να αυξήσει τη γραφειοκρατία για τον προμηθευτή που διακινεί προϊόντα πολλών κρατών.
- Υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις ότι γίνεται υποβαθμισμένη επεξεργασία προϊόντων ΑΗΗΕ στην ΕΕ σε πολλές χώρες ενώ σε πολλές περιπτώσεις υπάρχει και παράνομη εξαγωγή φορτίων εκτός ΕΕ.

Το γεγονός αυτό έχει οδηγήσει τα τελευταία χρόνια σε επανεξέταση των οδηγιών 2002/95/EC και 2002/96/EC που ισχύουν σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης. Σχετικές προτάσεις έχουν κατατεθεί από το Δεκέμβριο του 2008 και για τις δύο οδηγίες προς συζήτηση η οποία συνεχίζεται ως σήμερα (EC Proposal for Directives 810/4-809/4, 2008).

Βασικό χαρακτηριστικό τόσο της υπάρχουσας νομοθεσίας όσο και των προτάσεων επανεξέτασής τους είναι ότι το τελικό κόστος διαχείρισης για τα ΑΗΗΕ επιβαρύνει τους παραγωγούς οπότε από κει και πέρα επιβαρύνει και τους καταναλωτές. Τα ερωτήματα λοιπόν που προκύπτουν στο σημείο αυτό και αξίζουν την προσοχή μας είναι τα εξής:

- Ποια είναι η σημασία του συγκεκριμένου κόστους;
- Τα περιβαλλοντικά οφέλη που θα προκύψουν από τη μείωση των ποσοτήτων των απορριμμάτων θα πραγματοποιηθούν;

Όμως και στο κομμάτι της επανασχεδίασης κρίθηκε απαραίτητη η θέσπιση αλλαγών στην οδηγία 2005/32/EC. Βασικός λόγος ήταν η ανάγκη παραπέρα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των προϊόντων λαμβάνοντας υπόψη τους διάφορους πιθανούς τρόπους χρησιμοποίησης και άλλα χαρακτηριστικά σχεδίασης καθώς και το γεγονός ότι δεν είναι γενικός κανόνας πως τα συγκεκριμένα προϊόντα εξαντλούν το μέγιστο δυνατό χρόνο ζωής οπότε και η περιβαλλοντική επιβάρυνση δεν οφείλεται μόνο στην παλαιότητά τους. Το αποτέλεσμα ήταν στις 21/10/2009 να τεθεί σε ισχύ η οδηγία 2009/125/EC (EC Directive 2009/125) που ορίζει ένα γενικό πλαίσιο απαιτήσεων σχεδίασης σε τεχνικό και οικονομικό επίπεδο φιλικών προς το περιβάλλον για προϊόντα που καταναλώνουν κατά τη χρήση τους ποσότητες ενέργειας διατηρώντας παράλληλα τις λειτουργικές τους δυνατότητες τόσο σε μεγάλους όσο και σε μικρούς και μικρομεσαίους κατασκευαστές. Μέσα από τη συγκεκριμένη οδηγία ενθαρρύνεται και η πληροφόρηση των καταναλωτών σχετικά με την περιβαλλοντικά σωστή χρήση των εν λόγω προϊόντων. Ως τις 21/10/2011 θα πρέπει να έχει δημοσιοποιηθεί ένα πλάνο εργασίας που να περιλαμβάνει τις ομάδες των προϊόντων που αποτελούν τις προτεραιότητες στην εφαρμογή των νέων μέτρων στα επόμενα τρία χρόνια ενώ το 2012 η ΕΕ θα ελέγξει την αποτελεσματικότητα της οδηγίας εξετάζοντας τη μεθοδολογία επιλογής των περιβαλλοντικών παραμέτρων και την αποτελεσματικότητά τους σε σχέση με την αποτύπωση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς του κάθε προϊόντος σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής του, τα περιθώρια εφαρμογής βελτιωτικών μέτρων, τους μηχανισμούς παρακολούθησης της αγοράς καθώς και οποιοδήποτε άλλο παράγοντα επηρεάζει τη συγκεκριμένη διαδικασία. Ανάλογα με τα αποτελέσματα που θα προκύψουν θα εξεταστεί και η μελλοντική επέκτασή της και σε προϊόντα που δεν σχετίζονται με την κατανάλωση ενέργειας.

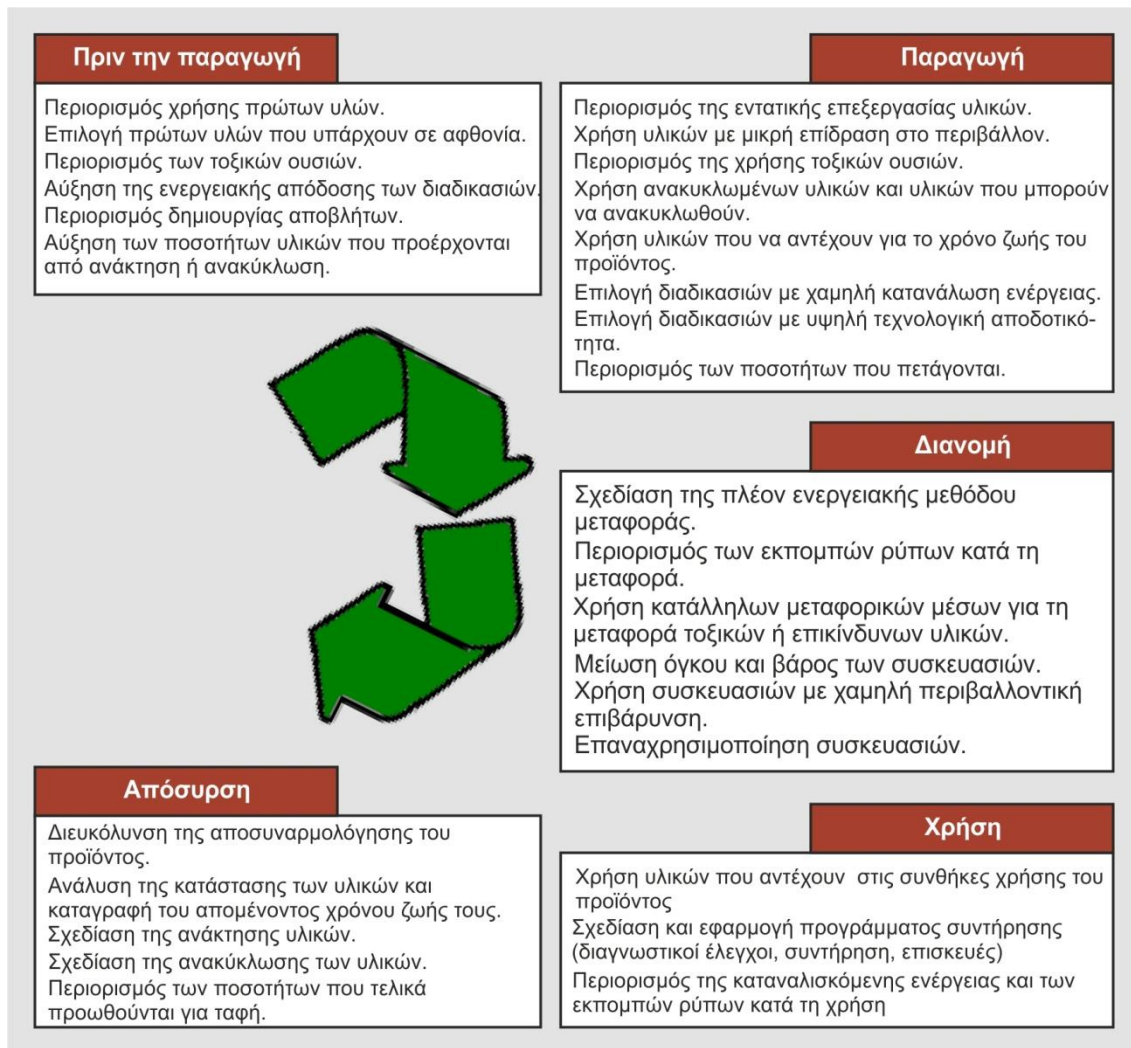
Κλείνοντας την ενότητα, για την υπάρχουσα νομοθεσία στην Ευρώπη θα πρέπει να αναφερθεί πως σύμφωνα με υπολογισμούς υπάρχει η εκτίμηση ότι σήμερα, 6 χρόνια περίπου μετά την εφαρμογή της σχετικής οδηγίας 2002/96/EC, μόλις το 1/3 της ποσότητας των ΑΗΗΕ υπόκειται σε διαδικασία κατάλληλης διαχείρισης ενώ τα 2/3 πετάγονται ανεξέλεγκτα ή αποθηκεύονται σε χώρους που δεν χρησιμοποιούνται ή αποστέλλονται σε τρίτους για παραπέρα διαχείριση που δεν ικανοποιούν τις απαιτούμενες προδιαγραφές (αποστολή σε τρίτες χώρες, συλλογή από ιδιώτες, κ.α.).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

Ανασκόπηση Κανόνων και Εργαλείων Επανασχεδίασης Προϊόντος για το Περιβάλλον

Ακολουθούμενοι Κανόνες κατά την Επανασχεδίαση Προϊόντος για το Περιβάλλον

Κατά τη διατύπωση και υλοποίηση των προτάσεων επανασχεδίασης μια ολοκληρωμένη προσέγγιση απαιτεί τον έλεγχο όλων των σταδίων ζωής ενός προϊόντος ως προς την εφαρμογή συγκεκριμένων περιβαλλοντικών οδηγιών. Αυτό δεν είναι πάντα εύκολο να γίνει γιατί ενδέχεται οι περιβαλλοντικές οδηγίες απλά να επηρεάζουν άλλα στάδια του κύκλου ζωής και όχι τη σχεδίαση. Για αυτό το λόγο μια ακόμα πιο ολοκληρωμένη ανάλυση απαιτεί παράλληλα με τη μελέτη της επανασχεδίασης ενός προϊόντος και τη μελέτη της ακολουθούμενης διαδικασίας στο σύνολό της. Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζονται προτεινόμενες περιβαλλοντικές οδηγίες σε σχέση με το κάθε στάδιο στον κύκλο ζωής ενός προϊόντος όπως έχουν διατυπωθεί από τους Guidice, *et al.* το 2006.



Σχήμα 33. Περιβαλλοντικές οδηγίες και φάσεις του κύκλου ζωής ενός προϊόντος

Η μελέτη του κύκλου ζωής του προϊόντος για τη διατύπωση προτάσεων περιβαλλοντικής βελτίωσης ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του '70. Στα τέλη της δεκαετίας του '80 έγινε κατανοητό ότι θα πρέπει να υπάρχει διατύπωση κοινής μεθοδολογικής προσέγγισης για την περιβαλλοντική εκτίμηση των προϊόντων και ότι τα προτεινόμενα εργαλεία θα πρέπει να έχουν κοινή δομή. Η δομή που επικράτησε τελικά χαρακτηρίζεται από δύο στάδια που είναι η ακολουθούμενη πορεία των αποβλήτων σε όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής και η μετέπειτα επίδρασή τους στο περιβάλλον (Fava *et al.*, 1993, Consoli *et al.*, 1993).

Σήμερα τα εργαλεία ανάλυσης για τη διατύπωση προτάσεων επανασχεδίασης σε σχέση με τη βελτίωση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς του προϊόντος στο συνολικό κύκλο ζωής του, προέρχονται είτε από την εφαρμογή των οδηγιών κατά ISO 14040 (που αφορούν τη διαχείριση περιβαλλοντικών συστημάτων), είτε από τη SETAC (Society of Toxicology and Chemistry) και τη συνεργασία SETAC – UNEP (United Nations Environmental Program) που μετά το 2002 δημιούργησαν την UNEP/SETAC Life Cycle Initiative (Topfer, 2002), είτε από την εφαρμογή άλλων εργαλείων όπως αναπτύχθηκαν στο Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Επιστημών στο Πανεπιστήμιο του Leiden στην Ολλανδία (Guinee, 2002) το 1992, στο Ινστιτούτο Περιβαλλοντικής Έρευνας στη Σουηδία το 1992 (Steen, 1999), από την Υπηρεσία Περιβαλλοντικής Προστασίας (EPA) στις ΗΠΑ το 1993 (Vigon, 1994), από το Πανεπιστήμιο του Carnegie Mellon στις ΗΠΑ το 1995 (Hendrickson *et al.*, 1998), από το Συμβούλιο Υπουργών της Βόρειας Ευρώπης στη Δανία το 1995 (Lindfors, 1995), από το Τεχνικό Πανεπιστήμιο της Δανίας και την Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος της Δανίας το 1997 (Wenzel *et al.*, 1997) και άλλους πολλούς που ασχολήθηκαν και ασχολούνται ως σήμερα στη συγκεκριμένη ερευνητική περιοχή. Στην πράξη εκτός από τα παραπάνω χρησιμοποιούνται και αρκετά ακόμα εργαλεία ανάλυσης που έχουν αναπτυχθεί τόσο από ερευνητικές ομάδες όσο και από τη βιομηχανία (π.χ. το Eco-indicator 95 που αναπτύχθηκε στην Ολλανδία στη δεκαετία του '90 (Goedkoop, 1995), κ.α.). Οι διαφορές μεταξύ των παραπάνω εργαλείων δεν είναι σημαντικές και οφείλονται κύρια στις κατηγορίες των προϊόντων όπου εφαρμόζονται, τα διαθέσιμα δεδομένα που αναλύουν και τα αποτελέσματα που χρειάζεται να εξαγάγουν από την εφαρμογή τους.

Όσον αφορά τη διατύπωση προτάσεων επανασχεδίασης προκειμένου το τελικό προϊόν να προκαλεί τη λιγότερη δυνατή βλάβη στο περιβάλλον στο στάδιο μετά την απόσυρσή του ενδεικτικά αναφέρονται οι εργασίες της Ένωσης Γερμανών Μηχανικών VDI (1993), της Βρετανικής Ένωσης Μηχανικών Διαχείρισης ΗΗΕ (1993), του Πανεπιστημίου του Manchester (1994), της General Electric Plastics (1995) και μεμονωμένων ερευνητών όπως του Fiksel (1996) και του Bras (1997). Όλοι οι παραπάνω έχουν δώσει οδηγίες σχεδίασης για τον έλεγχο της δομής του προϊόντος, της επιλογής των κατάλληλων υλικών, της σήμανσης και της συναρμολόγησης (Otto *et al.*, 2001).

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι πλέον σημαντικοί κανόνες όπως έχουν διατυπωθεί στη βιβλιογραφία παράλληλα με την αιτιολόγηση που οδήγησε στη διατύπωσή τους.

Πίνακας 15. Κανόνες Σχεδίασης για τον Έλεγχο της Δομής του Προϊόντος (Otto *et al.*, 2001)

	Κανόνας	Αιτιολόγηση
ΓΕΝΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ	Σχεδίαση προϊόντος ώστε να είναι πολυλειτουργικό	Είναι πιο οικολογική η χρήση ενός προϊόντος για πολλές χρήσεις παρά πολλών προϊόντων όπου το καθένα χρησιμοποιείται για ένα είδος χρήσης
	Ελαχιστοποίηση επιμέρους τμημάτων. Δημιουργία επιμέρους τμημάτων με πολλαπλές εφαρμογές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διαφορετικά προϊόντα	Μειώνονται οι χρόνοι και τα απαιτούμενα μέσα για την αποσυναρμολόγηση
	Δημιουργία προϊόντων που έχουν όσο το δυνατό περισσότερα ανεξάρτητα τμήματα με χωριστές λειτουργίες	Διευκολύνονται οι επιλογές της επισκευής, αναβάθμισης και ανακύκλωσης
	Εύκολη εύρεση σημείων διαχωρισμού και τεμαχισμού του προϊόντος	Επιταχύνεται η αποσυναρμολόγηση και η διαχείριση του προϊόντος
	Ορισμός των τμημάτων που μπορούν να επανακατασκευαστούν	Μειώνεται η κατανάλωση πρώτων υλών
	Ορισμός επαναχρησιμοποιήσιμων υλικών ή αναλωσίμων μέσα στο προϊόν	Μειώνεται η κατανάλωση πρώτων υλών
ΕΙΔΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ	Σχεδίαση επαναχρησιμοποιήσιμων τμημάτων	Διευκολύνονται οι επιλογές της επισκευής, αναβάθμισης ή ανακύκλωσης
	Συγκέντρωση μη-ανακυκλώσιμων τμημάτων σε υποσυστήματα που μπορούν εύκολα να απομακρυνθούν	Επιταχύνεται η αποσυναρμολόγηση
	Αποφυγή χρήσης ελατηρίων, τροχαλιών, κ.α. Προσπάθεια ενσωμάτωσης αυτών των λειτουργιών σε επιμέρους τμήματα του προϊόντος	Μειώνονται οι χρόνοι και τα απαιτούμενα μέσα για την αποσυναρμολόγηση
	Συγκέντρωση τμημάτων που έχουν τη μεγαλύτερη αξία σε σημεία από όπου μπορούν εύκολα να ανακτηθούν	Βελτιστοποιούνται τα αποτελέσματα της μερικής αποσυναρμολόγησης
	Δημιουργία τμημάτων που μπορούν εύκολα να αποσυναρμολογηθούν	Διευκολύνεται και επιταχύνεται η χειρονακτική αποσυναρμολόγηση
	Αποφυγή τοποθέτησης μετάλλων σε πλαστικά τμήματα	Διευκολύνεται ο διαχωρισμός και η κονιοποίηση
	Ενσωμάτωση δυνατότητας μη-λειτουργίας για τα διάφορα επιμέρους συστήματα στο προϊόν όταν αυτά δεν χρησιμοποιούνται	Περιορίζεται η κατανάλωση ενέργειας για μη-χρησιμοποιούμενα τμήματα
	Συγκέντρωση επιμέρους τμημάτων με το ίδιο υλικό	Περιορίζεται η ανάγκη αποσυναρμολόγησης κατά την ανακύκλωση

Πίνακας 16. Κανόνες Σχεδίασης για το Προϊόν (Otto *et al.*, 2001)

	Κανόνας	Αιτιολόγηση
ΚΑΝΟΝΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ	Αποφυγή χρήσης υλικών με πιθανές επιβλαβείς επιπτώσεις. Χρήση μη - απαγορευμένων υλικών.	Πρόκληση ανεπιθύμητων επιδράσεων.
	Ελαχιστοποίηση του αριθμού των χρησιμοποιούμενων υλικών.	Διευκολύνεται η διαδικασία της ανακύκλωσης.
	Για επισυναπτόμενα τμήματα χρήση των ίδιων ή συμβατών υλικών με το κυρίως προϊόν.	Περιορίζεται η ανάγκη αποσυναρμολόγησης και ταξινόμησης.
	Σήμανση του χρησιμοποιημένου υλικού ή υλικών σε όλα τα τμήματα του προϊόντος.	Η ακριβής ταυτοποίηση και ταξινόμηση των υλικών αυξάνει την αξία τους.
	Χρήση υλικών που προέρχονται από ανακύκλωση.	Συμβάλει στη χρήση υλικών που προέρχονται από ανακύκλωση.
	Χρήση υλικών που μπορούν να ανακυκλωθούν και υλικών μέγιστης δυνατής καθαρότητας.	Ελαχιστοποίηση παραγόμενων αποβλήτων και μεγιστοποίηση της αξίας του προϊόντος μετά την απόσυρσή του από την αγορά.
	Αποφυγή χρήσης σύνθετων υλικών.	Πρόκειται για υλικά μη-απλής μορφής που ανακυκλώνονται δύσκολα.
	Χρήση υλικών ανθεκτικών σε μεγάλες πιέσεις σε σχέση με το βάρος τους για τα κινούμενα τμήματα.	Περιορίζεται η κίνηση βάρους άρα και η απαιτούμενη ενέργεια.
	Επιδίωξη χρήσης απλών κραμάτων μετάλλων σε σχέση με τα πιο σύνθετα.	Τα μέταλλα απλής μορφής μπορούν να ανακυκλωθούν και να χρησιμοποιηθούν σε περισσότερες εφαρμογές.
	Επιδίωξη χρήσης ενός μετάλλου στα επιμέρους τμήματα και διαφορετικού ή διαφορετικών στις συνδέσεις.	Τα κράματα από αλουμίνιο, ασάλι και μαγνήσιο είναι άμεσα διαχωρίσιμα μετά από κονιοποίηση και ανακυκλώσιμα.
Τα τμήματα με τα επικίνδυνα υλικά θα πρέπει να έχουν εμφανή σήμανση και να μπορούν να μετακινηθούν με ευκολία.	Απομακρύνονται άμεσα τα τμήματα που ενέχουν κινδύνους και έχουν αρνητική αξία.	
ΚΑΝΟΝΕΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΣΥΝΔΕΞΕΙΣ ΤΩΝ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΤΜΗΜΑΤΩΝ	Ελαχιστοποίηση του αριθμού των συνδέσεων.	Η αφαίρεση των συνδέσεων αποτελεί χρονοβόρα διαδικασία στη διαδικασία αποσυναρμολόγησης.
	Ελαχιστοποίηση των απαιτούμενων εργαλείων για την αφαίρεση των συνδέσεων.	Οι αλλαγές των χρησιμοποιούμενων εργαλείων κοστίζουν σε χρόνο.
	Εύκολη αφαίρεση συνδέσεων.	Εξοικονομείται χρόνος στη διαδικασία της αποσυναρμολόγησης.
	Τα σημεία όπου υπάρχουν συνδέσεις θα πρέπει να προσεγγίζονται με ευκολία.	Οι πολλές κινήσεις επιβραδύνουν τη χειρονακτική αποσυναρμολόγηση.
	Επιμέρους εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται για ενώσεις επιμέρους τμημάτων θα πρέπει να εντοπίζονται με	Ειδικά εργαλεία μπορεί να μην είναι διαθέσιμα.

ευκολία και εύκολα να αποσπώνται στη συνέχεια με τη χρήση όχι ειδικών εργαλείων.	
Επιδίωξη χρήσης συνδέσεων από υλικό (ή υλικά) συμβατό (ή συμβατά) με τα μέρη που συνδέει.	Πιθανά εξαλείφει την ανάγκη αποσυναρμολόγησης.
Αν δύο επιμέρους τμήματα δεν είναι συμβατά μεταξύ τους θα πρέπει να επιδιώκεται να είναι εύκολα διαχωρίσιμα μεταξύ τους.	Δεν απαιτείται ο διαχωρισμός τους για την παραπέρα ανακύκλωσή τους.
Περιορισμός χρήσης συγκολλήσεων από υλικό(ή υλικά) μη-συμβατό (ή συμβατά) με τα επιμέρους τμήματα που συνδέει.	Πολλές συγκολλήσεις προκαλούν φθορά στα επιμέρους τμήματα ή τα χρησιμοποιούμενα υλικά.
Ελαχιστοποίηση στη χρήση καλωδίσεων εσωτερικά του προϊόντος.	Προσπάθεια ύπαρξης ευέλικτων επιμέρους τμημάτων που μπορούν εύκολα να μετακινηθούν. Επίσης πιθανή χρήση χαλκού στα καλώδια μπορεί να διαβρώσει τυχόν τμήματα από ατσάλι.
Οι συνδέσεις θα πρέπει να είναι σχεδιασμένες ώστε αν δεν είναι δυνατή η αφαίρεσή τους η επόμενη εναλλακτική λύση να είναι το να σπάνε.	Η κοπή είναι μια γρήγορη αποσυναρμολόγηση.

Πίνακας 17. Κανόνες για τα Τελικά Στάδια Παραγωγής (Otto *et al.*, 2001)

	Κανόνας	Αιτιολόγηση
ΚΑΝΟΝΕΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΩΝ	Διασφάλιση συμβατότητας του μελανιού όταν είναι απαραίτητη η εκτύπωση πάνω σε επιμέρους τμήματα.	Διασφάλιση της μέγιστης δυνατής αξίας για τα υλικά που ανακτώνται.
	Αποφυγή χρήσης χρωμάτων μη-συμβατών σε επιμέρους τμήματα – προτιμάται η χρήση εκτυπωμένων πινακίδων ή προσθηκών με σήμανση πάνω στο κάθε τμήμα.	Οι εργασίες απομάκρυνσης - σήμανσης από χρώματα μπορούν να προκαλέσουν μερική φθορά των υλικών.
	Επιδίωξη χρήσης μη - επενδυμένων μετάλλων που ανακυκλώνονται πιο εύκολα από αυτά που έχουν επένδυση.	Μερικά είδη επικαλύψεων δεν επιτρέπουν τη μετέπειτα ανακύκλωση.
	Χρήση δεδομένων σήμανσης ηλεκτρονικής μορφής.	Τα συγκεκριμένα τμήματα μπορούν εύκολα να επαναχρησιμοποιηθούν.

Οι παραπάνω κανόνες εκτός από εργαλεία καταγραφής της περιβαλλοντικής επίδρασης ενός προϊόντος δημιουργούν και τις προϋποθέσεις διατύπωσης προτάσεων για τη βελτίωσή του. Στην πράξη αφού αναπτυχθούν κάποιες προτάσεις επανασχεδίασης μπορούν να εξεταστούν οι συγκεκριμένοι κανόνες καθώς και τα αποτελέσματα που δίνουν, οπότε ανάλογα να γίνουν πρόσθετες τροποποιήσεις στα αρχικά σχέδια προκειμένου να βελτιωθεί το τελικό αποτέλεσμα. Άλλοι ανάλογοι και συγκεκριμένοι κανόνες επανασχεδίασης, ανάλογα με το υπό μελέτη προϊόν, μπορούν να δημιουργηθούν ανάλογα και με τα αποτελέσματα που έχουν καταγραφεί από τη μέχρι τη συγκεκριμένη στιγμή διακίνησή του στην αγορά.

Στη συγκεκριμένη εργασία οι παρακάτω κανόνες αποτέλεσαν τη βάση, από όπου αντλήθηκαν τα σημεία μελέτης στη φάση της επανασχεδίασης μέσα από την προτεινόμενη μεθοδολογία για προϊόντα ΗΗΕ.

Εργαλεία Επανασχεδίασης για το Περιβάλλον

Σύμφωνα με τους Charter και Tischner (2001) τα υπάρχοντα εργαλεία επανασχεδίασης προϊόντος για το περιβάλλον χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες που είναι οι εξής:

Πίνακας 18. Χρησιμοποιούμενα Εργαλεία Επανασχεδίασης για το Περιβάλλον (Charter *et al.*, 2001)

Εργαλεία που βοηθούν την περιβαλλοντική ανάλυση των δυνατών και των αδύνατων σημείων ενός προϊόντος

Ενδεικτικά εργαλεία σε αυτήν την κατηγορία είναι η Μέθοδος Συνολικής Απαιτούμενης Ενέργειας (Cumulated Energy Demand – CED), η Προσέγγιση του Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment – LCA), η MIPS Ανάλυση, οι Λίστες Ελέγχου, η ABC Ανάλυση, κ.α.

Τα εργαλεία στη συγκεκριμένη κατηγορία είναι τόσο απλά ποιοτικά εργαλεία, όπου λαμβάνονται απαντήσεις μέσω ερωτηματολογίων, όπως είναι οι λίστες ελέγχου, όσο και ποσοτικά εργαλεία όπως είναι η LCA και η MIPS ανάλυση.

Εργαλεία που θέτουν προτεραιότητες και συλλέγουν τις πλέον σημαντικές επεμβάσεις βελτίωσης που χρειάζεται να γίνουν

Ενδεικτικά εργαλεία σε αυτήν την κατηγορία είναι οι Λίστες Ανακύκλωσης ή Οικολογικής Σχεδίασης ή Στρατηγικής, ο Πίνακας Κυριαρχίας (Dominance Matrix), ο Πίνακας MET, ο Τροχός Οικολογικής Σχεδίασης, κ.α.

Τα συγκεκριμένα εργαλεία χρησιμοποιούνται με βάση το σκεπτικό ότι η Οικολογική Σχεδίαση αποτελεί μέρος της ανάπτυξης ενός προϊόντος και δεν είναι ανεξάρτητη διαδικασία. Συγκεντρώνουν όλη την απαραίτητη πληροφορία σε έναν χάρτη οπότε διακρίνεται η υπάρχουσα κατάσταση ενώ συγκρίνονται οι πιθανές εναλλακτικές. Επίσης διευκολύνουν τη διατύπωση νέων προτάσεων προς μελέτη ενώ χρησιμοποιούνται κυρίως στα αρχικά στάδια υποστήριξης και ανάπτυξης προϊόντων.

Εργαλεία που υποστηρίζουν τη δημιουργία ιδεών στη φάση σχεδίασης

Ενδεικτικά εργαλεία σε αυτήν την κατηγορία είναι οι Έμπειροι Κανόνες (Expert Rules), Εμπειροτεχνικές Μέθοδοι (Rules of Thumbs), Τεχνικές Δημιουργικότητας (Creativity Techniques), κ.α.

Τα συγκεκριμένα εργαλεία χρησιμοποιούνται κυρίως στο Βιομηχανικό Σχεδιασμό για την έμπνευση των σχεδιαστών.

Εργαλεία που υποστηρίζουν τη φάση σχεδίασης του προϊόντος σε συνάρτηση και με άλλα κριτήρια

Ενδεικτικά εργαλεία σε αυτήν την κατηγορία είναι η προσέγγιση Κόστους / Κέρδους, ο Έλεγχος Κερδοφορίας, το Σπίτι της Περιβαλλοντικής Ποιότητας (House of Environmental Quality - HoEQ), η Συνολική Προσέγγιση Κόστους (Total Cost Accounting – TCA), το Κόστος του Κύκλου Ζωής (Life Cycle Costing – LCC), ο Πίνακας Αξιολόγησης, το Διάγραμμα Χαρτοφυλακίου (Portfolio Diagram), κ.α.

Τα συγκεκριμένα εργαλεία χρησιμοποιούνται στις περιπτώσεις που χρειάζονται και άλλα στοιχεία όπως π.χ. τεχνικοοικονομική ανάλυση προκειμένου να αξιολογηθεί η φάση της σχεδίασης και οι προτεινόμενες λύσεις σε ένα πιο γενικό πλαίσιο.

Μια άλλη κατηγοριοποίηση των παραπάνω εργαλείων είναι με βάση το γεγονός αν πραγματοποιούν ποσοτική ή ποιοτική ανάλυση. Βασική διαφορά ανάμεσα στα δύο αυτά είδη ανάλυσης είναι ότι τα ποιοτικά εργαλεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακόμα και όταν το προϊόν δεν έχει εισαχθεί ακόμα στην αγορά αφού στην περίπτωση αυτή μπορούν να εξεταστούν διάφορες ιδέες και σενάρια για την περιβαλλοντική συμπεριφορά του καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του. Αναλυτική παρουσίαση ορισμένων από τα παραπάνω πλέον χρησιμοποιούμενα εργαλεία, που χρησιμοποιήθηκαν και στην παρούσα εργασία, παρουσιάζεται στη συνέχεια.

Μέθοδος SETAC

Ενδεικτικά στη συνέχεια παρουσιάζονται ορισμένα από τις πλέον χρησιμοποιούμενα εργαλεία ανάλυσης. Ένα από αυτά είναι η μέθοδος SETAC. Αναπτύχθηκε από τη Society of Toxicology and Chemistry (SETAC) και αφορά την ανάπτυξη μιας διαδικασίας όπου γίνεται εκτίμηση του κύκλου ζωής του υπό μελέτη προϊόντος (Life Cycle Assessment – LCA). Με τη συγκεκριμένη προσέγγιση είναι δυνατή η κατανόηση των περιβαλλοντικών επιδράσεων σε όλα τα στάδια ζωής του, την κατασκευή, τη χρήση και την τελική απόθεσή του.

Η ακολουθούμενη διαδικασία αποτελείται από τέσσερα στάδια που είναι τα εξής (Fava *et al.*, 1994):

Ορισμός στόχων: Ποιος είναι ο σκοπός της περιβαλλοντικής ανάλυσης;

Η μείωση της χρήσης ενέργειας διαφέρει από τη μείωση χρήσης τοξικών υλικών ή την επανασχεδίαση ενός προϊόντος για την πιο εύκολη αποσυναρμολόγησή του. Οπότε η πρώτη εργασία είναι να οριστεί ο στόχος καθώς και τα όρια όπου θα κινηθεί η ανάλυση που θα διεξαχθεί. Για τη μέτρηση του αποτελέσματος χρειάζεται να οριστεί ανάλογα με το στόχο μια συνάρτηση καθώς και μια λειτουργική μονάδα μέτρησης για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και τη σύγκριση των εναλλακτικών προτάσεων.

Περιβαλλοντικές επιδράσεις: Περιγράφεται η σειρά των εργασιών πάνω στον κύκλο ζωής του προϊόντος που σχετίζονται με το στόχο που έχει τεθεί. Σε κάθε στάδιο εξετάζονται δεδομένα που αφορούν τα χρησιμοποιούμενα υλικά ή την ενέργεια που καταναλώνεται ή τις σχέσεις μεταξύ των επιμέρους σταδίων. Καταγράφονται τα δεδομένα που προκύπτουν, τα επιθυμητά αποτελέσματα καθώς και η διαδρομή του προϊόντος.

Ανάλυση επιδράσεων: Μετά τη χαρτογράφηση της πορείας του προϊόντος και των ροών εισόδου και εξόδου για το κάθε στάδιο του κύκλου ζωής το επόμενο βήμα περιλαμβάνει την ποσοτικοποίηση αυτών των ροών σε σχέση με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Στη συνέχεια πραγματοποιείται σχετική ανάλυση.

Στο στάδιο αυτό συνήθως χρησιμοποιούνται δύο τρόποι που είναι οι εξής:

1. Χρήση μη αριθμητικών μεθόδων αλλά και μεθόδων εκτίμησης περιβαλλοντικών επιδράσεων όπως είναι οι μέθοδοι AT&T Environmentally Responsible Product Assessment Method, η Motorola's Product Lifecycle Matrix (Hoffman, 1995), η Environmental Impact Factors Analysis (EIFA) (Ishii *et al.*, 1996). Άλλη μέθοδος πιο σύνθετη είναι η Weighted Sum Method (Goedkoop, 1995) όπου προκειμένου να εκτιμήσει τις επιδράσεις υλικών και διαδικασιών χρησιμοποιεί εκτιμώμενες αριθμητικές τιμές. Η ολοκληρωμένη ανάλυση απαιτεί τον υπολογισμό των αριθμητικών τιμών που

εκτιμήθηκαν μέσα από τη διαμόρφωση του προτεινόμενου προϊόντος και την ανάλυσή του σε όλο τον κύκλο ζωής του.

2. Χρησιμοποιώντας πραγματικά δεδομένα ή εκτιμήσεις υπολογίζονται οι περιβαλλοντικές επιδράσεις που αφορούν τη μέτρηση της περιβαλλοντικής επίδρασης σε διάφορα στάδια και παραμέτρους ανάλυσης. Παρόλα αυτά η ομάδα σχεδίασης θα επιθυμούσε να προκύπτει μια απλή ενιαία διαβάθμιση των περιβαλλοντικών επιδράσεων. Για τη δημιουργία μιας τέτοιας κατάταξης είναι απαραίτητη η σύνθεση των επιμέρους στόχων σε μια υποκειμενική κλίμακα σχετικής κατάταξης των διαφορετικών τύπων των περιβαλλοντικών επιδράσεων.

Ερμηνεία αποτελεσμάτων: Μετά την πραγματοποίηση της ανάλυσης τα αποτελέσματα που προκύπτουν μπορούν να διερευνηθούν για τα αίτια τυχόν προβλημάτων και για τη διατύπωση διορθωτικών ενεργειών ή προτάσεων βελτίωσης του σχεδίου του προϊόντος με κριτήριο τη βελτιστοποίηση της περιβαλλοντικής επίδρασης και τη σύγκριση των εναλλακτικών προτάσεων. Στη συνέχεια οι προτάσεις που αποφασίζεται ότι θα μπορούσαν να εφαρμοστούν εξετάζονται πιο αναλυτικά και διαμορφώνονται στην τελική τους μορφή βασισμένες σε ποσοτικές μετρήσεις ή ποιοτικές εκτιμήσεις.

Μέθοδος Υπολογισμών των Graedel – Allenby

Μια από τις ποσοτικές μεθόδους, που αναφέρθηκε και παραπάνω είναι αυτή που έχει αναπτυχθεί από τον Graedel *et al.* στο AT&T Bell Laboratory το 1995 και αφορά βασικές οδηγίες και προσέγγιση μέσω πίνακα για την περιγραφή της συνολικής πορείας ενός προϊόντος (Graedel *et al.*, 1996).

Πιο αναλυτικά ο κύκλος ζωής του προϊόντος χωρίζεται σε 5 μέρη που είναι:

- η εξαγωγή των απαιτούμενων πόρων,
- η κατασκευή,
- η συσκευασία και μεταφορά,
- η χρήση και
- η διαχείρισή του αφού αποσυρθεί.

Για καθένα από αυτά τα 5 στάδια εξετάζονται 5 περιβαλλοντικά κριτήρια τα οποία βαθμολογούνται οπότε στο τέλος προκύπτουν 25 τιμές για την εκτίμηση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς για το κάθε προϊόν. Τα 5 κριτήρια που χρησιμοποιούνται είναι:

- η επιλογή των υλικών,
- η απαιτούμενη ενέργεια,
- τα στερεά – υγρά και αέρια κατάλοιπα.

Η βαθμολογία του κάθε κριτηρίου στο κάθε στάδιο μπορεί να λαμβάνει βαθμολογία από 0-4 όπου το 0 είναι η χειρότερη επίδοση όσον αφορά την περιβαλλοντική συμπεριφορά και το 4 η καλύτερη. Το πώς επιλέγονται οι τιμές σε κάθε περίπτωση εξαρτάται από το προϊόν και συγκεκριμένες ερωτήσεις που χρειάζεται να απαντηθούν σε κάθε περίπτωση. Η συνολική βαθμολογία προκύπτει συνδυάζοντας τις επιμέρους 25 τιμές. Ο πιο εύκολος τρόπος για να γίνει αυτό είναι να υπολογιστεί το άθροισμα των επιμέρους τιμών. Η τιμή που προκύπτει είναι μια συνολική αξιολόγηση του προϊόντος όσον αφορά την περιβαλλοντική του συμπεριφορά και ονομάζεται R_{EPRT} (Environmentally Responsible Product Rating). Οι τιμές που μπορεί να πάρει προφανώς είναι από 0 ως 100. Αν και λαμβάνεται μια τιμή στο τέλος εντούτοις το ενδιαφέρον και η χρησιμότητα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι οι επιμέρους τιμές που υπολογίζονται αφού

μπορούν να καθοδηγήσουν τη διατύπωση προτάσεων για τη βελτίωση της σχεδίασης. Στο σχήμα που ακολουθεί περιγράφεται σε μια γενικευμένη μορφή η παραπάνω προτεινόμενη μέθοδος:

Στάδια κύκλου ζωής	Περιβαλλοντικές παράμετροι					Σύνολο
	1. Υλικά	2. Χρήση ενέργειας	3. Στερεά υπολείμματα	4. Υγρά υπολείμματα	5. Αέρια υπολείμματα	
A. Πριν την κατασκευή	A.1	A.2	A.3	A.4	A.5	
B. Κατασκευή	B.1	B.2	B.3	B.4	B.5	
Γ. Διανομή και συσκευασία	Γ.1	Γ.2	Γ.3	Γ.4	Γ.5	
Δ. Χρήση και συντήρηση	Δ.1	Δ.2	Δ.3	Δ.4	Δ.5	
Ε. Τέλος της διάρκειας ζωής	E.1	E.2	E.3	E.4	E.5	
Σύνολο						

Σχήμα 34. Μέθοδος υπολογισμών για σχεδίαση προϊόντων με βάση τη θεωρία των Graedel et al (1996) (Graedel et al., 1996)

Κατά την εφαρμογή της μεθόδου μαζί με τον πίνακα υπάρχει και μια σειρά από ερωτήσεις για το καθένα από τα 25 τετράγωνα που έχουν δημιουργηθεί από αυτόν που διεξάγει την ανάλυση κάθε φορά. Για την κάθε ερώτηση υπάρχει βαθμονομημένη κλίμακα και υπολογίζεται το άθροισμα σε γραμμές και στήλες. Με τον τρόπο αυτό ο κάθε ενδιαφερόμενος έχει τις απαιτούμενες πληροφορίες για το ποιά είναι η μεγαλύτερη περιβαλλοντική επίδραση καθώς και σε ποιο στάδιο της ζωής του προϊόντος συμβαίνει. Οι ερωτήσεις που θα χρησιμοποιηθούν εξαρτώνται από το προϊόν και τις ανάγκες της εταιρείας που σχεδιάζει και κατασκευάζει το προϊόν. Τα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι ότι είναι απλή στην εφαρμογή της και δίνει άμεσα αποτελέσματα.

Environmental Effect Analysis (EEA)

Μια άλλη μέθοδος που επίσης χρησιμοποιείται πολύ είναι η μέθοδος EEA. Αναπτύχθηκε σταδιακά από εταιρείες και ανώτατα ιδρύματα της Σουηδίας (University of Kalmar, Volvo, consulting agency HRM / Ritline, κ.α.) (Lindahl, 2001). Βασίζεται στην ποιοτική εκτίμηση σφαλμάτων και των επιδράσεών τους (Failure Modes and Effects Analysis, FMEA). Και σε αυτήν την περίπτωση το εργαλείο που διαμορφώθηκε χρησιμοποιείται σε αρχικά στάδια της ανάπτυξης του προϊόντος.

Στόχος είναι να καταγραφούν οι βασικές δραστηριότητες που συνδέονται σε κάθε στάδιο της ζωής του προϊόντος. Στη συνέχεια καταγράφονται οι περιβαλλοντικές επιδράσεις που συνδέονται με τις συγκεκριμένες δραστηριότητες. Μέσα από αυτήν τη διαδικασία προκύπτει ένας περιβαλλοντικός αριθμός προτεραιότητας (Environmental Priority Number, EPN) που υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τρεις μεταβλητές: **S** για θέματα ελέγχου, **I** για θέματα δημόσιας εικόνας και **O** για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι παραπάνω παράμετροι μπορούν να λάβουν τιμές από 1 ως 3 με βάση το βαθμό στον οποίο έχουν περιβαλλοντικά αποδεκτή συμπεριφορά με το 1 να είναι η καλύτερη δυνατή βαθμολογία και το 3 η χειρότερη. Ο δείκτης

EPN υπολογίζεται προσθέτοντας τους τρεις παραπάνω αριθμούς. Υπάρχει και μια τέταρτη παράμετρος η F που αφορά την επιθυμητή βελτίωση που επικεντρώνεται στην απαιτούμενη προσπάθεια σε χρόνο, κόστος και τεχνική δυνατότητα που υπάρχει για τη βελτίωση του κάθε προϊόντος. Παίρνει τιμές σε μια κλίμακα από 1 ως 9 όπου το 1 σημαίνει πως δεν υπάρχει δυνατότητα βελτίωσης και το 9 ότι υπάρχει πολύ μεγάλη πιθανότητα βελτίωσης. Αφού ολοκληρωθεί η εκτίμηση των παραπάνω παραμέτρων τα αποτελέσματα καταχωρούνται σε έναν πίνακα εκτίμησης ο οποίος μια ενδεικτική μορφή του οποίου φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να καθοριστούν οι αλλαγές που χρειάζεται να γίνουν στο σχέδιο του προϊόντος προκειμένου αυτό να βελτιωθεί καθώς και να δοθούν πληροφορίες σχετικά με πιθανά προβλήματα που μπορούν να παρουσιαστούν στη λειτουργικότητα του προϊόντος μετά από επιλεγμένες ενέργειες επανασχεδίασης.

Στο συγκεκριμένο πίνακα οι προτάσεις για σχεδιαστικές αλλαγές καθώς και οι αποφάσεις που λαμβάνονται καταγράφονται οπότε οι δείκτες EPN και F επανεκτιμώνται προκειμένου να διασφαλιστεί ότι θα προκύψει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται μια αξιόπιστη καταγραφή των πιθανών αλλαγών που μπορούν να συμβούν στη σχεδίαση του κάθε προϊόντος καθώς και εκτιμήσεις για τα αποτελέσματα που θα προκύψουν με το τελικό αποτέλεσμα. Στο σχήμα που ακολουθεί περιγράφεται σε μια γενικευμένη μορφή η παραπάνω μέθοδος.

Όνομασία κομματιού		Αριθμός κομματιού		Αριθμός σχεδίου		Προμηθευτής		Ημερομηνία	
Λειτουργία				Άλλες πληροφορίες				Υπεύθυνος ΕΕΑ	
Περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά κύκλου ζωής			Εκτίμηση	Προτεινόμενες ενέργειες προς υλοποίηση			Εκτίμηση	Πραγματοποίηση	
Φάση κύκλου ζωής	Δραστηριότητα	Περιβαλλοντική επίδραση	EPN S I O F	Προτεινόμενες ενέργειες	Περιβαλλοντικές επιδράσεις	EPN S I O F	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ		
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮			

Σχήμα 35. Διαδικασία εκτίμησης κατά την εφαρμογή της Environmental Effect Analysis (EEA) (Kutz, 2007)

Μέθοδος LiDS (Smart Ecodesign Electronics Strategy Wheel)

Μια από τις πλέον χρησιμοποιούμενες μεθόδους είναι η μέθοδος LiDS (Smart Ecodesign Electronics Strategy Wheel) που αναπτύχθηκε από τη SETAC σε συνεργασία με το UNEP (United Nations Environmental Program) μετά το 2002 όπως αναφέρθηκε και παραπάνω. Η μέθοδος LiDS wheel είναι ένα εργαλείο χρήσιμο για τη σχεδίαση φιλικών προς το περιβάλλον

προϊόντων. Επίσης αποτελεί έναν απλό τρόπο αξιολόγησης ενός νέου ή αναμορφωμένου προϊόντος χρησιμοποιώντας το παλιό σχέδιο σαν σημείο αναφοράς (Brezet *et al.*, 1997).

Η μέθοδος LiDS wheel δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καθορίσει τον πραγματικό περιβαλλοντικό αντίκτυπο ενός προϊόντος, καθώς είναι μια συγκριτική μέθοδος. Χρησιμοποιείται για να μειώσει τις αρνητικές επιδράσεις προς το περιβάλλον, για να μειώσει την ποσότητα του χρησιμοποιούμενου υλικού και ενέργειας και για να αποφευχθεί η χρήση τοξικών ουσιών πάνω στον κύκλο ζωής του προϊόντος χρησιμοποιώντας ποιοτικές οδηγίες για τη συγκεκριμένη προσέγγιση.

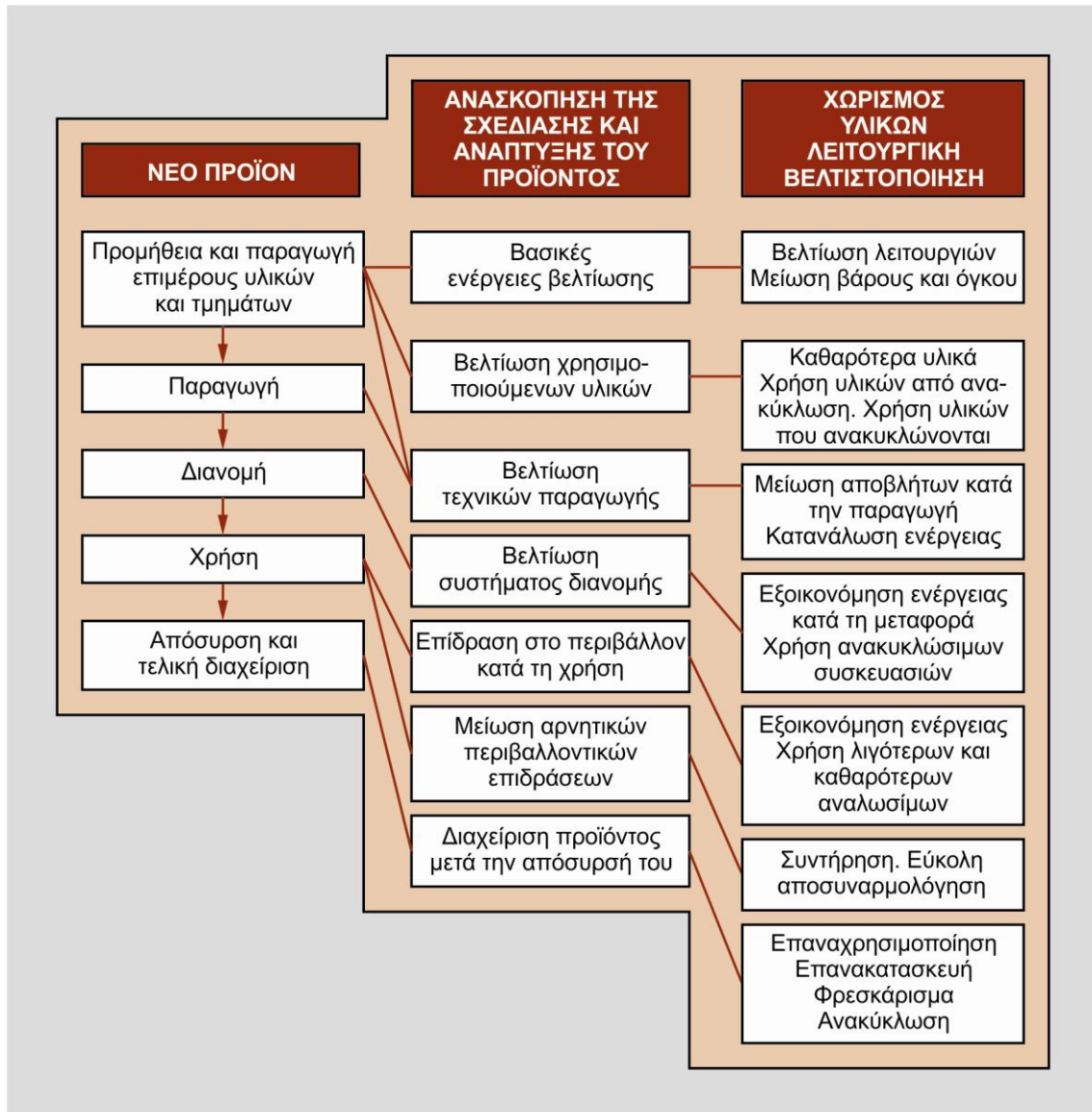
Η χρήση της ευνοείται στις περιπτώσεις που:

- Δεν υπάρχουν διαθέσιμα πολλά δεδομένα στο αρχικό στάδιο σχεδίασης του προϊόντος.
- Χρειάζεται να γίνει μια αποτύπωση των βασικών προβληματικών περιοχών.
- Απαιτείται να δοθούν προτάσεις για παραπέρα μελέτη με τη χρήση άλλων πιο αναλυτικών μεθόδων.

Πρόκειται για μια εφαρμογή που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της έρευνας για τις στρατηγικές μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Είναι βασισμένη εν μέρη στο περιβαλλοντικό πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών PROMISE Manual και προσαρμόστηκε από το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας του Καναδά. Παρέχει ένα βασικό πλαίσιο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί συστηματικά στην ανασκόπηση ολόκληρου του κύκλου ζωής ενός προϊόντος. Είναι ένα εργαλείο το οποίο μπορεί να:

- Κινητοποιήσει τη δημιουργική διαδικασία παραγωγής
- Βοηθήσει στην οπτικοποίηση της τρέχουσας περιβαλλοντικής επίδοσης
- Υπογραμμίσει τις δυνατότητες για βελτίωση

Η οπτικοποίηση της δημιουργίας και λειτουργίας ενός προϊόντος απαιτεί μία ισορροπία λειτουργικών, οικονομικών, και περιβαλλοντικών στοιχείων. Ο κύκλος που έχει τα οκτώ σημεία που μελετώνται ξεκινάει με τις νέες ιδέες για το προϊόν, τις σχεδιαστικές ανάγκες, την επιλογή υλικών, την παραγωγή, τη διανομή και τη χρήση καθώς και το τέλος του χρόνου ζωής του προϊόντος. Παρόλο που οι στρατηγικές είναι αριθμημένες διαδοχικά βασισμένες στον κύκλο ζωής του προϊόντος, η σειρά εφαρμογής των στρατηγικών δεν είναι η ίδια για κάθε προϊόν. Με άλλα λόγια, δεν υπάρχει ένας σωστός τρόπος εφαρμογής των στρατηγικών, αλλά η σειρά των απαιτούμενων ενεργειών εξαρτάται από τις ανάγκες την εταιρίας ή του οργανισμού γενικότερα καθώς και από την παραγωγή του προϊόντος. Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται ο τρόπος σύνδεσης της κάθε στρατηγικής με το κάθε στάδιο στη ζωή ενός προϊόντος καθώς και με τη συμπεριφορά του μετά την απόσυρσή του.



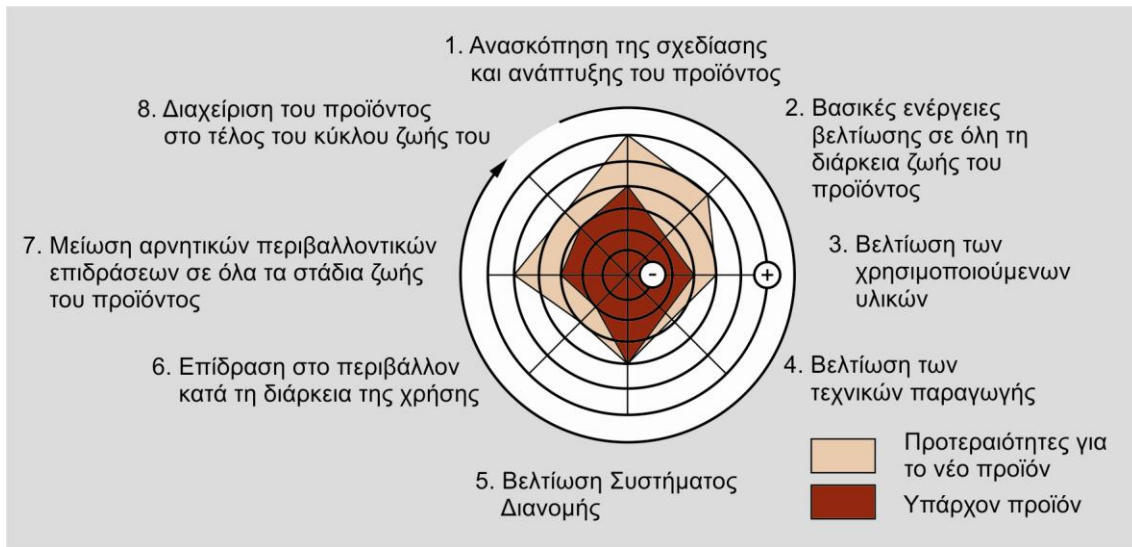
Σχήμα 36: Σχέση στρατηγικών οικολογικής σχεδίασης της μεθόδου LiDS με τα στάδια ζωής ενός προϊόντος και με την τελική διαχείριση μετά την απόσυρσή του (Olundh, 2006)

Τέλος, παρουσιάζεται και οπτικά η εφαρμογή της παραπάνω διαδικασία των οκτώ επιμέρους σταδίων που εξετάζονται με τη συγκεκριμένη μέθοδο. Όπως φαίνεται σε αυτό το σχήμα τα οκτώ στάδια είναι ισοδύναμα μεταξύ τους.

Διαδικασία εφαρμογής του “Smart ecoDesign Electronics Strategy Wheel”:

1. Επιλογή προϊόντος.
2. Διαμόρφωση μιας ομάδας αλληλοσχετιζόμενων σημείων που θα μελετηθούν (π.χ. 5-10 όπως περιβάλλον, ποιότητα, μηχανική σχεδίαση, προμήθεια, εφοδιασμός κ.λπ.).
3. Απάντηση των ερωτήσεων που έχουν διαμορφωθεί σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής.
4. Χρησιμοποίηση των απαντήσεων για τον καθορισμό της θέσης του προϊόντος στο διάγραμμα του “Smart ecoDesign Electronics Strategy Wheel”.
5. Τοποθέτηση σήμανσης σε κάθε σημείο πάνω στο διάγραμμα και ένωση των σημείων που προέκυψαν.

Πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι ότι πρόκειται για μια απλή στην εφαρμογή της μέθοδο που δεν δίνει μεν αποτελέσματα ακριβείας αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μια αρχική εκτίμηση προσδιορισμού των περιβαλλοντικών δυνατοτήτων και αδυναμιών ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας. Συγκεκριμένα, όσο πιο κοντά στο κέντρο του διαγράμματος του Smart ecoDesign Strategy Wheel βρίσκεται κάποιο προϊόν αυτό είναι ένδειξη χαμηλής ποιότητας περιβαλλοντικής συμπεριφοράς ενώ επιθυμητό είναι να βρίσκεται όσο το δυνατό πιο κοντά στον εξωτερικό κύκλο.



Σχήμα 37. Smart EcoDesign Electronics Strategy Wheel – μέθοδος LiDS

Ενδεικτικές χρησιμοποιούμενες ερωτήσεις για το κάθε στάδιο του κύκλου ζωής παρουσιάζονται στη συνέχεια:

Στάδιο 1: Ανασκόπηση της Σχεδίασης και Ανάπτυξης του Προϊόντος και

Στάδιο 2: Βασικές Ενέργειες Βελτίωσης σε όλη τη Διάρκεια Ζωής του Προϊόντος

Πως ικανοποιεί το προϊόν στην Νέα ιδέα	
πραγματικότητα τις κοινωνικές ανάγκες;	
- Ποιες είναι οι πρωτεύουσες και δευτερεύουσες λειτουργίες του προϊόντος, συστήματος ή υπηρεσίας που μελετάται;	- Ανάλυση στα επιμέρους υλικά.
- Πραγματοποιεί το προϊόν ή υπηρεσία ή σύστημα αυτές τις λειτουργίες αποτελεσματικά και σε ικανοποιητικό βαθμό;	- Χρήση του προϊόντος σε περισσότερες από μία εργασίες.
- Ποιες ανάγκες του χρήστη ικανοποιεί το προϊόν ή υπηρεσία ή σύστημα;	- Καταγραφή και ανάλυση των λειτουργιών.
- Μπορεί το προϊόν ή υπηρεσία ή σύστημα να επεκταθεί ή να βελτιωθεί προκειμένου	- Λειτουργική βελτιστοποίηση του προϊόντος καθώς και των επιμέρους εξαρτημάτων του.
	- Χαμηλή κατανάλωση της ενέργειας.
	- Καθαρότερη πηγή ενέργειας
	- Ελάχιστα απαιτούμενα αναλώσιμα.
	- Καθαρότερα αναλώσιμα
	- Αύξηση της αξιοπιστίας κατά τη χρήση του

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> να ικανοποιήσει τις ανάγκες των χρηστών σε μεγαλύτερο βαθμό; - Μπορεί αυτή η ανάγκη να αλλάξει με το πέρασμα του χρόνου; - Σε ποιο βαθμό το προϊόν είναι αξιόπιστο και έχει την επιθυμητή διάρκεια ζωής; - Ποιες είναι οι διαδικασίες που χρησιμοποιούνται για την αποσυναρμολόγησή του, τον καθαρισμό του και τη συντήρησή του; | <ul style="list-style-type: none"> καθώς και της διάρκειάς ζωής του. - Απλή και μη-χρονοβόρα διαδικασία αποσυναρμολόγησης, καθαρισμού και συντήρησης. - Αποφυγή δημιουργίας εξεζητημένων μη-λειτουργικών σχεδίων. - Προώθηση της επισκευής και επαναχρησιμοποίησης των προϊόντων. |
|---|---|

Στάδιο 3: Βελτίωση των Χρησιμοποιούμενων Υλικών

<p>Τι προβλήματα μπορούν να προκύψουν στην παραγωγή και προμήθεια των υλικών και των εξαρτημάτων;</p>	<p>Eco-design στρατηγική 1: Προμήθεια υλικών/εξαρτημάτων</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Πόσα και τι τύπου πλαστικά και καουτσούκ χρησιμοποιούνται; - Πόσα και τι τύπου μέταλλα χρησιμοποιούνται; - Πόσα και τι τύπου άλλων υλικών (γυαλί, κεραμικά, κ.λπ.) χρησιμοποιούνται; - Σε ποιο βαθμό και τι επικαλύψεις χρησιμοποιούνται; - Ποιο είναι το περιβαλλοντικό προφίλ των εξαρτημάτων; - Πόση είναι η απαιτούμενη ενέργεια για να μεταφερθούν τα εξαρτήματα και τα υλικά; 	<ul style="list-style-type: none"> - Καθαριστής υλικών - Ανανεώσιμα υλικά - Χαμηλής περιεκτικότητας σε ενέργεια υλικά - Ανακυκλωμένα υλικά - Ανακυκλώσιμα υλικά
	<p>Eco-design στρατηγική 2: Χρήση υλικών/εξαρτημάτων</p>
	<ul style="list-style-type: none"> - Μείωση του βάρους Μείωση του όγκου (μεταφορά)

Στάδιο 4: Βελτίωση των Τεχνικών Παραγωγής

<p>Τι προβλήματα μπορούν να προκύψουν στη διαδικασία συναρμολόγησης / παραγωγής in-house ή ex-house;</p>	<p>Eco-design στρατηγική 3: Διαδικασία συναρμολόγησης/ παραγωγής (in-house/ex-house)</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Πόσοι και ποιοι τύποι διαδικασιών συναρμολόγησης/παραγωγής χρησιμοποιούνται; (συμπεριλαμβάνοντας τις συνδέσεις, επεξεργασίες επιφάνειας, τύπωση και τοποθέτηση ετικέτας) - Πόσα και τι τύπου βοηθητικών υλικών και διαλυτικών χρησιμοποιούνται; Π.χ. για καθαρισμό, κόψιμο, λάδι για γεωτρήση κ.λπ. - Πόσο υψηλή είναι η κατανάλωση 	<ul style="list-style-type: none"> - Εναλλακτικές τεχνικές συναρμολόγησης/ παραγωγής - Λιγότερα βήματα για συναρμολόγηση/ παραγωγή - Χαμηλότερη/ καθαρότερη κατανάλωση ενέργειας - Λιγότερα απόβλητα από τη διαδικασία συναρμολόγησης/ παραγωγής - Λιγότερα/ καθαρότερα αναλώσιμα από τη διαδικασία συναρμολόγησης/ παραγωγής

- ενέργειας;
- Πόσα απόβλητα παράγονται;
- Πόσα προϊόντα δεν ανταποκρίνονται στους στόχους ποιότητας που έχουν τεθεί;

Στάδιο 5: Βελτίωση Συστήματος Διανομής

Τι προβλήματα παρουσιάζονται στη διανομή του προϊόντος στον καταναλωτή;	Eco-design στρατηγική 4: Χρήση υλικών
<ul style="list-style-type: none">- Τι τύποι συσκευασιών μεταφοράς χρησιμοποιούνται. Ποιος ο όγκος, διαστάσεις τους, υλικά και ικανότητα επαναχρησιμοποίησής τους για μεταφορά για χονδρική και λιανική πώληση;- Ποια μέσα μεταφοράς χρησιμοποιούνται;- Είναι η μεταφορά οργανωμένη ικανοποιητικά;	<ul style="list-style-type: none">- Μείωση βάρους- Μείωση όγκου (κατά τη μεταφορά)
	Eco-design στρατηγική 5: Σύστημα διανομής (in-house/ex-house)
	<ul style="list-style-type: none">- Λιγότερες επαναχρησιμοποιούμενες συσκευασίες- Ικανοποιητική οργάνωση των σχετικών θεμάτων διαχείρισης- Αποδοτική χρήση της ενέργειας στον τρόπο μεταφοράς

Στάδιο 6: Επίδραση στο Περιβάλλον κατά τη Διάρκεια της Χρήσης και

Στάδιο 7: Μείωση Αρνητικών Περιβαλλοντικών Επιδράσεων σε όλα τα Στάδια Ζωής του Προϊόντος

Πως παρουσιάζονται τα προβλήματα όταν χρησιμοποιείται, λειτουργεί, εξυπηρετεί, επιδιορθώνεται το προϊόν, η υπηρεσία ή το σύστημα;	Eco-design στρατηγική 6: Αντίκτυπο κατά τη διάρκεια χρήσης
<ul style="list-style-type: none">- Πόση και τι είδους ενέργεια απαιτείται σε όλα τα στάδια ζωής του προϊόντος και στο τέλος ζωής του προϊόντος;- Πόσα και τι είδους αναλώσιμα χρειάζονται;- Ποιά είναι η διάρκεια ζωής σύμφωνα με	<ul style="list-style-type: none">- Χαμηλότερη χρήση ενέργειας- Καθαρότερη πηγή ενέργειας- Λιγότερα αναλώσιμα- Καθαρότερα αναλώσιμα
	Eco-design στρατηγική 7: Αρχικός χρόνος ζωής

- τις τεχνικές προδιαγραφές;
 - Πόση συντήρηση και επιδιορθώσεις χρειάζονται;
 - Τι είδους και πόσα βοηθητικά υλικά και ενέργεια απαιτούνται για τη λειτουργία, εξυπηρέτηση και επιδιόρθωση;
 - Μπορεί το προϊόν ή το σύστημα να αποσυναρμολογηθεί από έναν μη εξειδικευμένο εργαζόμενο;
 - Απαιτείται αντικατάσταση ή επισκευή κατεστραμμένων τμημάτων μετά την αποσυναρμολόγηση για την επαναχρησιμοποίηση του προϊόντος;
 - Πόσο ισχυρή είναι η σχέση παραγωγού – χρήστη;
 - Ποιος είναι ο πραγματικός χρόνος ζωής;
 - Αξιοπιστία και ανθεκτικότητα
 - Ευκολότερη συντήρηση και επιδιόρθωση
 - Πρότυπη δομή προϊόντος
 - Κλασική σχεδίαση (αναφέρεται σε προϊόντα που είναι απίθανο να βρεθούν εκτός ζήτησης)
 - Ισχυρή σχέση προϊόντος-χρήστη
-

Στάδιο 8: Διαχείριση Προϊόντος στο Τέλος του Κύκλου Ζωής του

Ποια προβλήματα μπορούν να προκύψουν από την αποκατάσταση και τελική απόθεση ενός προϊόντος, υπηρεσίας ή συστήματος;

- Πως ένα προϊόν ή σύστημα μπορεί να αποσυρθεί και να βρεθεί σε χώρο τελικής απόθεσης;
- Ποια εξαρτήματα ή επιμέρους συναρμολογήσεις μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν;
- Ποια υλικά είναι ανακυκλώσιμα;
- Είναι τα υλικά που χρησιμοποιούνται αναγνώρισιμα;
- Μπορούν να αποσπασθούν σε μικρό χρόνο;
- Χρησιμοποιούνται αταίριαστα στοιχεία, επικαλύψεις επιφανειών ή αυτοκόλλητα;
- Υπάρχουν επικίνδυνα εξαρτήματα που μπορούν να αφαιρεθούν εύκολα;

Eco-design στρατηγική 8: Διαχείριση Τέλους Χρόνου Ζωής (EOL) (in-house/ ex-house)

- Επαναχρησιμοποίηση του προϊόντος ή των εξαρτημάτων/ υποσυναρμολογήσεων.
 - Σχεδίαση προϊόντος με κριτήριο την εύκολη αποσυναρμολόγησή του.
 - Σχεδίαση με κριτήριο την ελαχιστοποίηση των επιμέρους τμημάτων από τα οποία αποτελείται το προϊόν.
 - Επανακατασκευή / Ανακαίνιση.
 - Ανακύκλωση υλικών. Μέγιστη χρήση ανακυκλώσιμων υλικών καθώς και υλικών κατασκευής που προέρχονται από ανακύκλωση.
 - Αποφυγή χρήσης πολλών διαφορετικών υλικών.
 - Ασφαλής αποτέφρωση.
-