

## ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ: ΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΟ ΟΡΓΑΝΟ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Υπό

*Δημητρίου Α. Γεωργακέλλου\**

### Abstract

The paper "Life Cycle Analysis: a systematic tool in environmental management" examines the new methodology known as LCA which has been developed lately in order to confront and to manage, with a scientific manner, the total impact of products and processes on the environment. The main focus of the paper is on the methodology description and analysis, including also a brief but comprehensive presentation of the principles, the history, the goal definition and the scoping of LCA, as well as a case example from the greek market and an estimation of the methodology perspectives. (JEL classification: Q20)

### 1. Εισαγωγή

Η βιομηχανική παραγωγή αγαθών σχετίζεται με την κατεργασία και μεταποίηση διαφόρων υλικών. Οι δραστηριότητες αυτές πραγματοποιούνται σύμφωνα με τους νόμους και τους κανόνες της φυσικής, της χημείας και άλλων επιστημών. Το γεγονός αυτό έχει, ως γνωστόν, τα εξής δύο αποτελέσματα:

1. Για την πραγματοποίηση των διαφόρων διεργασιών είναι απαραίτητη η κατανάλωση ενέργειας.
2. Παράλληλα με την παραγωγή των αγαθών παράγονται και απόβλητα σε διάφορες μορφές.

Η αντίληψη ότι είναι δυνατή η πραγματοποίηση μιας διεργασίας ή δραστηριότητας η οποία δεν θα καταναλώνει ενέργεια και δεν θα επιβαρύνει το περιβάλλον αποδεσμεύοντας διαφόρων ειδών απόβλητα είναι μύθος. Έτσι, το καλύτερο στο οποίο μπορεί να προσδοκά κανείς είναι η ελαχιστοποίηση τόσο της χρήσης της ενέργειας όσο και της αποδέσμευσης αποβλήτων. Το πρώτο βήμα προς το σκοπό αυτό είναι η ορθή καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης ώστε να αποτελέσει το υπόβαθρο με βάση το οποίο θα κριθεί και θα συγκριθεί κάθε μελλοντική προσπάθεια βελτίωσης [Boustead (1992)].

\* Δρος του Τμήματος Οργανώσεως και Διοικήσεως Επιχειρήσεων του Πανεπιστημίου Πειραιώς.

Η σύγκριση υλικών και διεργασιών προκειμένου να προσδιοριστεί το βέλτιστο από περιβαλλοντικής άποψης δεν είναι καθόλου εύκολη. Πώς μπορεί κανείς να αποφασίσει για το κατά πόσο ένα προϊόν είναι φιλικό προς το περιβάλλον αν δεν λάβει υπόψη του τη διαδικασία παραγωγής του προϊόντος αυτού, τη διανομή και μεταφορά του, τη χρήση του, την απόρριψη του κ.λπ.; Εάν, δηλαδή, δεν καταγράψει και ελέγξει όλα τα στάδια της ζωής του και όχι μόνο μερικά από αυτά; Απαραίτητο όργανο για μια τέτοια ολιστική προσέγγιση του ζητήματος αυτού είναι η *ανάλυση κύκλου ζωής* χωρίς την οποία δεν μπορούμε παρά μόνο υποθέσεις να κάνουμε σχετικά [Bridges et al (1994)]. Η *ανάλυση κύκλου ζωής* - *AKZ (Life Cycle Analysis)* ή *LCA* όπως επικράτησε στη διεθνή βιβλιογραφία είναι μία σχετικά νέα επιστημονική μέθοδος η οποία αναπτύχθηκε για να βοηθήσει στην αντιμετώπιση των οξυμένων, τα τελευταία χρόνια, περιβαλλοντικών προβλημάτων. Σκοπός της είναι να εκτιμήσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις οι οποίες συνδέονται με μια δεδομένη δραστηριότητα που εξετάζεται (π.χ. προϊόν, διεργασία κ.λπ.) καθ' όλο τον κύκλο που διαγράφει από την γέννηση έως το θάνατό της (από την παραγωγή ως την απόρριψη) [Vigon et al (1993), Ross Hume Hall (1990)].

## 2. Ορισμός, Αρχές και Σκοπός της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής

Όπως συνήθως συμβαίνει με κάθε νέα προσπάθεια της επιστήμης, η AKZ έχει κάνει μέχρι σήμερα την εμφάνισή της στη διεθνή βιβλιογραφία με διάφορα ονόματα και παραλλαγές. Η ύπαρξη όλων αυτών των παραλλαγών οφείλεται είτε σε μικροδιαφορές στην μεθοδολογία είτε απλώς σε διαφορετική ονομασία του ίδιου πράγματος. Για τον ίδιο λόγο, έχουν προταθεί και αρκετοί ορισμοί όπου συνήθως ο ένας συμπληρώνει τον άλλο. Σύμφωνα με τους ορισμούς αυτούς:

*Η ανάλυση κύκλου ζωής είναι η διαδικασία καταγραφής και ανάλυσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός προϊόντος (χρήσης ενέργειας και πρώτων υλών, ρύπανση ατμόσφαιρας, νερού, εδάφους κ.ο.κ.) καθ' όλη την διάρκεια του κύκλου ζωής του, από τη σύλληψη μέχρι την απόρριψή του.*

Στον παραπάνω ορισμό, ο όρος «προϊόν» έχει ευρύτερη έννοια καθώς με την AKZ μπορούν επίσης να μελετηθούν και να αναλυθούν μια σειρά από διεργασίες και δραστηριότητες της σύγχρονης κοινωνίας [Kloepffer (1992)].

Η βασική αρχή της μεθόδου, όπως περιγράφηκε πιο πάνω, είναι ότι, *ρύπανση του περιβάλλοντος μπορεί να συμβεί σε οποιοδήποτε στάδιο της ζωής ενός προϊόντος και ότι, αλλαγές σε κάποιο από τα στάδια αυτά είναι*

πιθανόν να έχει θετικές ή αρνητικές συνέπειες στα υπόλοιπα στάδια στον τομέα τόσο της δημιουργίας οποιασδήποτε μορφής ρύπανσης, όσο και της κατανάλωσης ενέργειας και πρώτων υλών. Τα διάφορα περιβαλλοντικά προγράμματα και στρατηγικές εστιάζονται συνήθως στην ρύπανση ενός μόνο μέσου (αέρα, υδάτων ή εδάφους) με αποτέλεσμα συχνά οι προσπάθειες για μείωση της ρύπανσης του μέσου αυτού να έχουν ως συνέπεια την αύξηση της ρύπανσης κάποιου άλλου μέσου. Και, πολλές φορές, το γεγονός αυτό μπορεί να εμφανίζει την μορφή αλυσίδας. Ως παράδειγμα αναφέρεται ότι για την διαχείριση των στερεών αστικών και λοιπών απορριμμάτων επιλέγεται συχνά η λύση της αποτέφρωσης. Η λύση αυτή, όμως, απαιτεί μεγάλες μονάδες καύσης των απορριμμάτων οι οποίες με τη σειρά τους επιβαρύνουν το περιβάλλον με την εκπομπή στον ατμοσφαιρικό αέρα μεγάλων ποσοτήτων αέριων ρυπαντών και μάλιστα πολλές φορές εξαιρετικά επικίνδυνων. Προκειμένου να αποφευχθεί αυτή η αέρια ρύπανση αναπτύχθηκε ειδική τεχνολογία ελέγχου και περιορισμού των ρυπαντών αυτών η οποία με την σειρά της έχει ως επακόλουθο την δημιουργία υγρών ρυπαντών οι οποίοι, αν δεν ελεγχθούν, μολύνουν τα ύδατα. Συνεπώς, η AKZ μπορεί να συντελέσει, όχι μόνο στο να εξακριβωθεί εάν κάποια προτεινόμενη αλλαγή σε προϊόν ή διεργασία έχει ενδεχομένως αρνητικές παρενέργειες στο περιβάλλον, αλλά και στο να καταγραφούν οι παρενέργειες αυτές ποσοτικά [Curran (1993)].

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η ανάλυση κύκλου ζωής είναι μια μεθοδολογία η οποία έχει ως κύριο στόχο τον αντικειμενικό υπολογισμό και ανάλυση των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων οι οποίες σχετίζονται με προϊόντα, διεργασίες ή δραστηριότητες. Αναφέρθηκε επίσης ότι ο σκοπός αυτός επιτυγχάνεται προσδιορίζοντας και καταγράφοντας την χρήση ενέργειας και πρώτων υλών καθώς και την κάθε είδους ρύπανση του περιβάλλοντος η οποία συντελείται καθ' όλη την διάρκεια της ζωής του προϊόντος ή της δραστηριότητας που μελετάται. Αποτέλεσμα της καταγραφής αυτής είναι να καθίσταται δυνατή τόσο η εκτίμηση των συνολικών επιπτώσεων του προϊόντος ή της δραστηριότητας στο περιβάλλον, όσο και η βελτίωση της κατάστασης ύστερα από σχετικές προτάσεις και αλλαγές. Πέρα όμως από τον κύριο αυτό σκοπό, υπάρχουν και άλλοι επιμέρους στόχοι οι οποίοι τίθενται κάθε φορά και ανάλογα με την περίπτωση μπορεί να είναι:

1. ο προσανατολισμός στη λήψη αποφάσεων για το περιβάλλον με βάση επιστημονικές μεθοδολογίες και όχι με αυθαίρετες εκτιμήσεις [Baumgartner and Rubik (1993)],
2. η θέσπιση περιβαλλοντικών κανόνων και ο καθορισμός αντίστοιχων προτεραιοτήτων στη σχεδίαση και παραγωγή διαφόρων προϊόντων [Alber (1985)],

3. η αξιολόγηση ενός υλικού σε σχέση με ένα άλλο σε διάφορες εφαρμογές (π.χ. στη συσκευασία) και γενικά ο προσδιορισμός του ρόλου διαφόρων υλικών στις σύγχρονες στρατηγικές διαχείρισης του περιβάλλοντος [Fava et al (1991)],
4. η δημιουργία ενός επιστημονικού υπόβαθρου με βάση το οποίο θα αποδεικνύεται η αναγκαιότητα υιοθέτησης οικονομικών μέτρων, εφόσον υπάρχουν αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον από προϊόντα ή δραστηριότητες (π.χ. φορολόγηση ορισμένων απορριμμάτων ή αέριων ρυπαντών όπως το CO<sub>2</sub>) [Vohrer (1992)],
5. η ανάδειξη της καλύτερης μεθόδου ανάκτησης των υλικών και γενικά διαχείρισης των αποβλήτων σε σχέση με όλες τις δυνατές εναλλακτικές λύσεις [Sullivan and Ehrenfeld (1994)],
6. η δημιουργία μιας αξιόπιστης βάσης ανταλλαγής πληροφοριών στον τομέα της περιβαλλοντικής διαχείρισης ώστε να είναι ευκολότερη η συνεργασία μεταξύ των διαφόρων φορέων με σκοπό περιβαλλοντικά οφέλη [Fava et al (1991), Berglund and Lawson (1992)],
7. ο εφοδιασμός των επιχειρήσεων με επιχειρήματα που θα τις διευκολύνουν στο πεδίο του οικολογικού μάρκετινγκ (eco-marketing ή green marketing) [Lindfors (1992)] υπό την προϋπόθεση ότι, σε μια τέτοια περίπτωση, η μεθοδολογία της AKZ είναι ομοιόμορφη και τυποποιημένη προκειμένου να μην γίνεται καταστρατήγηση και αντιδεδοντολογική χρήση των διαφόρων στοιχείων (Seglin (1990)),
8. η ανατροπή υφιστάμενων δυσμενών περιβαλλοντικών απόψεων της κοινής γνώμης για διάφορα προϊόντα ή δραστηριότητες που ενδεχομένως να είναι λανθασμένες (π.χ. η αντίληψη πολλών για τη βιομηχανία πλαστικών) [Bevers (1993)],
9. η δημιουργία της βάσης για την εφαρμογή προγραμμάτων ολικής ποιότητας περιβάλλοντος (Environmental Total Quality Programs) [Fouhy (1993), Jackson (1994)],
10. η θέσπιση των επιστημονικών κριτηρίων με βάση τα οποία θα απονέμονται τα οικολογικά σήματα (eco-labels) στα διάφορα προϊόντα [Bingham and Ervin (1991)],
11. η ενημέρωση των πολιτών σχετικά με τις επιπτώσεις στο περιβάλλον από προϊόντα που χρησιμοποιούν και δραστηριότητες που ασκούν. Αυτή επιτυγχάνεται είτε με την κοινοποίηση των αποτελεσμάτων μελετών ανάλυσης κύκλου ζωής σε κάθε ενδιαφερόμενο φορέα (κρατικές αρχές, οικολογικές ομάδες κ.λπ.), είτε με την εφαρμογή της οικολογικής σήμανσης στα

προϊόντα (οικολογική ετικέτα ή οικολογικό σήμα) είτε, τέλος, με την πιστοποίηση αυτών για την περιβαλλοντική τους ποιότητα (certification) [Rubik and Baumgartner (1992 Brussels)], και

12. η αξιολόγηση επενδυτικών σχεδίων σχετικά με την επίδρασή τους στο περιβάλλον [Earl and Moilanen (1995)].

Συνοψίζοντας τα παραπάνω μπορεί να υποστηριχθεί ότι στόχος της ανάλυσης κύκλου ζωής είναι η μέτρηση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης ενός οικονομικού συστήματος κατά την διάρκεια της ζωής του, με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ποσοτική προσέγγιση. Παρόλο που αυτό μέχρι σήμερα είχε να κάνει κυρίως με προϊόντα, η ΑΚΖ σχετίζεται και με οποιοδήποτε άλλο οικονομικό σύστημα, όπως για παράδειγμα πρώτες ύλες, υπηρεσίες, επιχειρησιακές στρατηγικές και κρατικές πολιτικές.

### 3. Η Ιστορία και οι Διάφορες Μορφές της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής

Η ιστορία της περιβαλλοντικής εκτίμησης διεργασιών, πρώτων υλών και προϊόντων της βιομηχανίας είναι μικρή ακόμα. Οι πρώτες σχετικές έννοιες έκαναν την εμφάνισή τους στις αρχές της δεκαετίας του 1960 και αναφέρονταν κυρίως στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις μεγάλων κατασκευαστικών έργων. Μία από τις πρώτες εργασίες που δημοσιεύτηκαν σχετικά ήταν αυτή του Harold Smith στη World Energy Conference το 1963. Η εργασία αυτή, η οποία επιχειρούσε να υπολογίσει τη συνολική ενέργεια που χρειαζόταν για την παραγωγή διαφόρων χημικών προϊόντων, ίσως σηματοδότησε την απαρχή των μελετών αυτού του είδους [Fava et al (1991)]. Η ανάλυση κύκλου ζωής έκανε για πρώτη φορά την εμφάνισή της τις τελευταίες δεκαετίες. Αν και χρησιμοποιήθηκε, όμως, από βιομηχανίες, κρατικούς φορείς και άλλους οργανισμούς της Ευρώπης, των Ηνωμένων Πολιτειών και μερικών άλλων χωρών με την μία ή άλλη μορφή, το ενδιαφέρον για την μέθοδο αυτή ως εργαλείο διαχείρισης περιβάλλοντος άρχισε να αυξάνεται μόλις τα τελευταία χρόνια. Η σύγχρονη ανάλυση κύκλου ζωής αρχίζει να εφαρμόζεται ευρύτερα στην δεκαετία του 1960 και αυτό γιατί εκείνη την περίοδο άρχισε να εμφανίζεται εντονότερο το πρόβλημα της μείωσης των πρώτων υλών και της διαθέσιμης ενέργειας, οπότε παρουσιάστηκε η ανάγκη να βρεθούν τρόποι για την όσο το δυνατόν αντικειμενικότερη καταγραφή της απαιτούμενης ενέργειας και των αναγκαίων πρώτων υλών που θα χρειάζονταν στο μέλλον [Curran (1993)].

Τα παραπάνω είχαν ως αποτέλεσμα να εμφανιστούν στις αρχές της δεκαετίας του 1970 εκδόσεις όπως το «The Limits to Growth» και το «A Blueprint for

Survival» τα οποία συμφωνούσαν ότι η όλο και αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας και πρώτων υλών θα οδηγούσε σε εξάντληση των φυσικών πόρων ίσως και μέσα σε λίγες δεκαετίες. Συνέπεια των πρώτων αλλά εντυπωσιακών αυτών προσπαθειών ήταν να αυξηθεί κατακόρυφα το ενδιαφέρον για περισσότερο λεπτομερείς μελέτες σχετικά με τις διεργασίες της βιομηχανίας [Fava et al (1991)]. Βέβαια, αυτές οι πρώτες προσπάθειες εστιάζονταν και αναλώνονταν σε περιορισμένο αριθμό περιβαλλοντικών προβλημάτων ακολουθώντας τις κοινωνικές και πολιτικές επιταγές της εποχής. Έτσι, προβλήματα όπως τα στερεά απορρίμματα και η διαχείριση τους άρχισαν να απασχολούν τις προσπάθειες αυτές αρκετά χρόνια αργότερα [Rubik and Baumgartner (1992 Brussels)].

Στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, στο χρονικό διάστημα ανάμεσα στα τέλη της δεκαετίας του 1960 και στις αρχές της δεκαετίας του 1970, εκπονήθηκαν μια σειρά από μελέτες οι οποίες είχαν ως σκοπό να συγκρίνουν μεταξύ τους διάφορες εναλλακτικές ενεργειακές πηγές. Αν και η ανάλυση έδωσε έμφαση σε ενεργειακά κυρίως χαρακτηριστικά, συμπεριελήφθησαν και εκτιμήσεις γύρω από τους ρυπαντές του αέρα και των υδάτων που συνόδευαν τη χρήση των πηγών αυτών [Fava et al (1991)]. Το 1969, ερευνητές του Midwest Research Institute των Ηνωμένων Πολιτειών, άρχισαν μια έρευνα για λογαριασμό της Coca Cola Company, η οποία ηγείται των προσπαθειών για εδραίωση μεθοδολογιών ανάλυσης κύκλου ζωής στις Η.Π.Α. Παράλληλα, στις αρχές της δεκαετίας του 1970, το ενδιαφέρον της κοινής γνώμης άρχισε να ενθαρρύνει, αλλά και να πιέζει πολλές φορές, την βιομηχανία, να επιβεβαιώσει ότι οι πληροφορίες που ανακοινώνονται γύρω από την στενότητα του πετρελαίου, καθώς και τα στοιχεία που δίνονται στη δημοσιότητα σχετικά με τις επιπτώσεις της παραγωγής προϊόντων στο περιβάλλον, είναι ακριβή και αξιόπιστα. Αυτή η πίεση είχε ως αποτέλεσμα την εκπόνηση δεκαπέντε περίπου μελετών «*ανάλυσης της χρήσης φυσικών πόρων και της επίδρασης στο περιβάλλον*» (*Resource and Environmental Profile Analysis - REPA*) στο χρονικό διάστημα μεταξύ 1970 και 1975 [Hunt and Franklin (1975)]. Εκτός όμως από το αποτέλεσμα αυτό, η πίεση και γενικά όλο το κλίμα της εποχής συνετέλεσαν και σε κάτι σπουδαιότερο. Στο να παραμεριστεί ο σκεπτικισμός που υπήρχε τότε σχετικά με την χρησιμότητα και την αναγκαιότητα των μελετών αυτού του είδους [Fava et al (1991)]. Την ίδια περίοδο, εκτός από τις μελέτες που αναφέρθηκαν πιο πάνω, παρατηρούνται στις Ηνωμένες Πολιτείες κι άλλες σχετικές προσπάθειες, όπως, για παράδειγμα, αυτές του Stanfrod Research Institute για λογαριασμό της εταιρείας Mc Donald's Αμερικής. Δυστυχώς, οι περισσότερες από αυτές είναι εμπιστευτικές εργασίες γραφείων συμβούλων που δεν είδαν ποτέ ολόκληρες το φως της δημοσιότητας [Rubik and Baumgartner (1992 Brussels)].

Ανάλογες προσπάθειες παρατηρούνται και στην Ευρώπη κυρίως στην Γερμανία, την Ελβετία, την Βρετανία και τις σκανδιναβικές χώρες όπου, άλλωστε, οι σχετικές δραστηριότητες εξακολουθούν να είναι πολύ διαδεδομένες. Από τις πιο σημαντικές προτάσεις που έγιναν σχετικά είναι η «Περιβαλλοντική Λογιστική» (Environmental Accounting) για επιχειρήσεις, από τους Mueller - Wenk το 1978, το «Οικολογικό Ισοζύγιο» (Eco-Balance) από το Bundesamt fuer Umweltschutz το 1984 και η «Ανάλυση Γραμμής Προϊόντος» (Product Line Analysis) από το Projektgruppe Oekologische Wirtschaft το 1987. Στη Βρετανία, η πρώτη μελέτη τύπου ανάλυσης κύκλου ζωής πραγματοποιήθηκε το 1972 με αντικείμενο την βιομηχανία γυαλιού. Στα τέλη της δεκαετίας του 1970, οι Boustead και Hancock εκπόνησαν λεπτομερή ανάλυση σχετικά με την απαιτούμενη ενέργεια και τις αναγκαίες πρώτες ύλες για την παραγωγή αλλά και την χρήση ειδών συσκευασίας υγρών η οποία έγινε για λογαριασμό του Βρετανικού Συμβουλίου για τη διαχείριση των απορριμμάτων. Στην Γαλλία, οι μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής βρίσκονται ακόμα στα αρχικά στάδια επηρεαζόμενες από τις διεθνείς συζητήσεις και εμπειρίες. Στην Ιταλία αρκετοί οργανισμοί φαίνεται να δείχνουν κάποιο σχετικό ενδιαφέρον ενώ οι υπόλοιπες χώρες — μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης δεν έχουν ασχοληθεί ακόμα με το θέμα αυτό. Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται από την υπάρχουσα, μέχρι σήμερα, σχετική βιβλιογραφία [Rubik and Baumgartner (1992 Brussels)].

Στην περίοδο από το 1975 μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1980 παρατηρείται μια εξασθένηση του ενδιαφέροντος για αυτού του είδους τις μελέτες καθώς υπήρχε μια φαινομενική ύφεση των πετρελαϊκών κρίσεων ενώ παράλληλα το ενδιαφέρον για το περιβάλλον μετατοπίστηκε σε ζητήματα διαχείρισης επικίνδυνων αποβλήτων [Curran (1993)]. Παρόλα αυτά, κατά την διάρκεια αυτής της περιόδου, μελέτες τύπου ανάλυσης κύκλου ζωής συνεχίστηκαν να εκπονούνται (με έναν ρυθμό περίπου δύο μελέτες το χρόνο, οι περισσότερες από τις οποίες έδιναν έμφαση σε ενεργειακές ανάγκες), με αποτέλεσμα την βελτίωση της μεθοδολογίας [Hunt et al (1992), Midwest Research Institute (1978)]. Ωστόσο, από το 1980 και έπειτα παρατηρείται μια αναθέρμανση του ενδιαφέροντος για μελέτες τύπου ΑΚΖ. Σε αυτό συντελεί η αύξηση των πιέσεων από τις οικολογικές κινήσεις και η δημιουργία από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή της Γενικής Διεύθυνσης για το Περιβάλλον (ΓΔ ΧΙ). Βέβαια, αν και στην αρχή έργο της διεύθυνσης αυτής, ήταν κυρίως η τυποποίηση των περιβαλλοντικών κανονισμών σε όλη την Ευρωπαϊκή Ένωση, το 1985 εισήγαγε την οδηγία 85/339 σχετικά με τους περιέκτες τροφίμων και ποτών η οποία αναφέρονταν στην κατανάλωση πρώτων υλών και ενέργειας καθώς και στην πρόκληση ρύπανσης [Fava et al (1991)]. Όταν, μάλιστα, το πρόβλημα των στερεών απορριμμάτων άρχισε από το 1988 και μετά να παίρνει μεγάλες δια-

στάσεις σε όλο τον κόσμο, τότε οι τεχνικές ανάλυσης κύκλου ζωής επανήλθαν οριστικά ως ένα δυναμικό εργαλείο ανάλυσης των περιβαλλοντικών προβλημάτων. Έτσι, μια σειρά από διάφορες μελέτες, άρθρα, εκδόσεις κ.λπ. σχετικά με τις διάφορες μορφές της μεθοδολογίας αυτής άρχισαν να εμφανίζονται με αυξανόμενους ρυθμούς [Boustead and Hancock (1979), Brown et al (1980), Boustead and Hancock (1981), Bridgwater and Lidgren (1983), Boustead and Lidgren (1984), Boustead (1986)].

Η ανάλυση κύκλου ζωής ανήκει στην κατηγορία των *ολοκληρωτικών περιβαλλοντικών οργάνων* (*integrative environmental tools*) η οποία παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία παραλλαγών. Γενικά, πάντως, μπορούμε να διακρίνουμε δύο διαφορετικούς τύπους μεθόδων, οι οποίες ξεχωρίζουν κυρίως από το γεγονός ότι επιδιώκουν διαφορετικούς σκοπούς. Έτσι, από την μια πλευρά, υπάρχουν τα αναλυτικά εκείνα όργανα τα οποία δίνουν έμφαση σε μια συγκεκριμένη οικονομική δραστηριότητα (για παράδειγμα η κατασκευή ενός έργου) που αποτελεί το άμεσο αντικείμενο. Στην περίπτωση αυτή συναντάμε κυρίως την *Εκτίμηση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων* (*Environmental Impact Assessment - EIA*) και την *Εκτίμηση Κινδύνου* (*Risk Assessment - RA*). Και για τις δύο αυτές μεθόδους υπάρχει σήμερα, σε αρκετά μεγάλο βαθμό, και ξεκάθαρη νομική βάση και μια σειρά τυποποιημένων μεθοδολογιών. Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν όργανα τα οποία διευρύνουν αυτόν τον σκοπό, επιχειρώντας την ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκύπτουν από ολόκληρο τον κύκλο ζωής μιας συγκεκριμένης οικονομικής δραστηριότητας (για παράδειγμα η κυκλοφορία ενός προϊόντος) από την παραγωγή έως την απόρριψή του. Η δεύτερη από τις παραπάνω κατηγορίες διακρίνεται με την σειρά της σε δύο υποκατηγορίες, σε δύο διαφορετικά, δηλαδή, είδη οργάνων: στην *Ανάλυση Ροής Περιεχομένου* (*Substance Flow Analysis - SFA*) και στην *Ανάλυση Κύκλου Ζωής* (*Life Cycle Analysis - LCA*). Στην ανάλυση ροής περιεχομένου η προσοχή εστιάζεται σε ένα συγκεκριμένο περιεχόμενο στοιχείο όπως για παράδειγμα το χλώριο, το κάδμιο ή ο φώσφορος. Η ροή του στοιχείου αυτού αναλύεται δια μέσου όλων των διεργασιών και προϊόντων της δραστηριότητας και ως προς κάθε περιβαλλοντική επίπτωση. Η ανάλυση κύκλου ζωής, από την άλλη, εστιάζει την προσοχή της σε ένα συγκεκριμένο προϊόν, υλικό ή διεργασία μελετώντας κάθε εισροή και εκροή. Οι δύο παραπάνω υποκατηγορίες είναι συμπληρωματικές και μάλιστα πολλές φορές εμφανίζονται ταυτόχρονα [Udo de Haes (1993)].

Στο σημείο αυτό είναι απαραίτητο να διευκρινιστούν δύο έννοιες οι οποίες, όπως θα δούμε στην συνέχεια, σχετίζονται άμεσα με τις μελέτες τύπου ανάλυσης κύκλου ζωής. Πρόκειται για την *Οικολογική Εκτίμηση* (*Ecological*



*Assessment*) και την *Περιβαλλοντική Εκτίμηση (Environmental Assessment)*. Η οικολογική εκτίμηση είναι γενικότερη έννοια η οποία συνδέει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις με τις κοινωνικές και τις οικονομικές. Αντίθετα, η περιβαλλοντική εκτίμηση είναι πιο περιορισμένη έννοια και εστιάζεται μόνο στην φύση και το περιβάλλον. Βέβαια η διάκριση ανάμεσα σε αυτές τις δύο έννοιες είναι λεπτή και όχι πάντοτε εύκολη. Ειδικότερα, οι επιδράσεις στην παραγωγή καθώς και στο περιβάλλον και στην υγιεινή της εργασίας, ενώ αποτελούν τμήμα των οικολογικών εκτιμήσεων μπορούν να συμπεριληφθούν και σε περιβαλλοντικές εκτιμήσεις εάν ο άνθρωπος θεωρηθεί ως τμήμα της φύσης [Καρβούνης (1991)]. Οι πιο γνωστές έννοιες οι οποίες ανήκουν στην κατηγορία των οικολογικών εκτιμήσεων είναι η *Ανάλυση Γραμμής Προϊόντος (Product Line Analysis)* και η *Εκτίμηση Τεχνολογίας (Technological Assessment)* όπου και οι δύο περιλαμβάνουν στην ανάλυσή τους κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις. Στις περιβαλλοντικές εκτιμήσεις τα σημαντικότερα είδη μελετών είναι η *Οικολογική Εξέταση (Eco-Test)* και το *Οικολογικό Σήμα (Eco-Label)* ή *Ετικέτα Προϊόντος (Product Label)* από την μία, όπου η ανάλυση περιλαμβάνει ένα μικρό αριθμό (1 έως 4) περιβαλλοντικών κριτηρίων, και η *Ανάλυση Κύκλου Ζωής (Life Cycle Analysis - LCA)* ή *Οικολογικό Ισοζύγιο (Eco-Balance)* από την άλλη, όπου η ανάλυση περιλαμβάνει έναν απεριόριστα μεγάλο αριθμό περιβαλλοντικών κριτηρίων καταλήγοντας σε αντίστοιχα μεγάλο αριθμό αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα αυτά στη συνέχεια, είτε παρουσιάζονται χωρίς περαιτέρω επεξεργασία, είτε *συγκεντρώνονται* σε λίγες (ή και μία μόνο) περιβαλλοντικές παραμέτρους [Rubik and Baumgartner (1992 Brussels)]. Σημειώνουμε ότι οι όροι ανάλυση κύκλου ζωής (LCA) και οικολογικό ισοζύγιο (eco-balance) εκφράζουν το ίδιο πράγμα. Η διαφορετική ονομασία οφείλεται στο ότι ο πρώτος όρος προέρχεται από τις αγγλόφωνες ερευνητικές ομάδες (ΗΠΑ, Βρετανία κ.λπ.) ενώ ο δεύτερος από τις γερμανόφωνες (Γερμανία, Ελβετία κ.λπ.) [Fecker (1992)].

Οι μελέτες αυτού του είδους διακρίνονται επίσης μεταξύ τους και από το *βαθμό συγκέντρωσης (aggregation)* των αποτελεσμάτων. Η διάκριση αυτή περιλαμβάνει τις *μεθόδους καταγραφής (inventory)* όπου η συγκέντρωση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης σε περιβαλλοντικές παραμέτρους είναι μικρή ή ακόμα και ανύπαρκτη (οπότε έχουμε απλώς παράθεση των αποτελεσμάτων), τις *μεθόδους πολλαπλών σημείων (multi score ή eco-profile)* όπου η συγκέντρωση πραγματοποιείται βάσει ενός αλγορίθμου και είναι μεγαλύτερης έκτασης καταλήγοντας σε λίγες μόνο περιβαλλοντικές παραμέτρους (ενέργεια, αέριοι ρύποι, στερεά απορρίμματα, ρύποι υδάτων κ.ά.) και τέλος τις *μεθόδους απλού σημείου (single score value)* όπου γίνεται προσπάθεια να καταλήξουμε σε μία και μοναδική περιβαλλοντική παράμετρο [Rubik and Baumgartner (1992 Brussels)].

Ένα από τα προβλήματα της ΑΚΖ και γενικά των μελετών αυτού του είδους είναι η συγκεχυμένη κατάσταση που επικρατεί στο θέμα της ορολογίας. Στον πίνακα 1 υπάρχει συγκεντρωμένη η σχετική ορολογία στην αγγλική, την γερμανική και την γαλλική γλώσσα ενώ επιχειρείται και μια απόδοση του κάθε όρου στην ελληνική. Στον πίνακα αυτό, με πιο έντονα γράμματα δίνονται οι αυθεντικοί όροι, δηλαδή στην γλώσσα που αρχικά αναπτύχθηκαν και στην συνέχεια μεταφράστηκαν και στις άλλες (εφόσον βέβαια κάτι τέτοιο είναι καταγεγραμμένο) [Rubik (1991 Heidelberg)]. Πάντως, προκειμένου να αποσαφηνιστεί πλήρως η σχετική με την ανάλυση κύκλου ζωής ονοματολογία, σημειώνονται τα ονόματα με τα οποία η μέθοδος αυτή συναντάται στην βιβλιογραφία. Έτσι, εκτός από *Ανάλυση Κύκλου Ζωής (Life Cycle Analysis)* αναφέρεται ως *Οικολογικό Ισοζύγιο (Eco-Balance)*, *Οικολογικό «Προφίλ» (Eco-Profile)* στην αγγλική και *Oekoprofile* στη γερμανική), *«Ανάλυση από τη Γέννηση έως το Θάνατο» (Gradle-to-Grave Analysis)*, *Ανάλυση Οικολογικού «Προφίλ» Φυσικών Πόρων (Resource Analysis και Resource and Environmental Profile Analysis - REPA)*, *Ανάλυση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Environmental Impact Analysis)*—όρος που μοιάζει αλλά δεν πρέπει να συγχέεται με τον όρο Εκτίμηση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Environmental Impact Assessment) ο οποίος αποδίδει διαφορετικές καταστάσεις— και τέλος *Εκτίμηση ή Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment)*. Πάντως σε ό,τι αφορά στον όρο εκτίμηση του κύκλου ζωής (life cycle assessment) εκφράζονται από ορισμένους επιφυλάξεις σχετικά με το κατά πόσον συμπίπτει πλήρως με τον όρο ανάλυση κύκλου ζωής (life cycle analysis) [Fecker (1992)]. Στην αγγλική ο όρος «analysis» έχει ακριβώς την ίδια έννοια που έχει και στην ελληνική. Επομένως σημαίνει «τον διαχωρισμό των συστατικών στοιχείων ενός συνόλου» και είναι το αντίθετο της σύνθεσης ή «λεπτομερειακής και σε βάθος εξέτασης». Επίσης, στην αγγλική ο όρος «assessment» σημαίνει τη «δράση» ή «μία περίπτωση καθορισμού του ποσοστού ή του ποσού» (π.χ. της επίδρασης κάποιας ενέργειας ή το ποσοστό ή το ποσό φόρου) με επέκταση την έννοια της αξιολόγησης. Εκτίμηση ή αξιολόγηση στη ελληνική σημαίνει υπολογισμός αξίας, μεγέθους, ποιότητας σημασίας, επομένως, και κατά τη γνώμη μας, υπάρχει διαφορά μεταξύ ανάλυσης και εκτίμησης ή αξιολόγησης.

Στον πίνακα 2 αναλύονται οκτώ διαφορετικά είδη μελετών προκειμένου να φανούν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της καθεμιάς από αυτές, αλλά και για να καταδειχθούν οι διαφορές και οι ομοιότητες τους. Η ανάλυση βασίζεται σε επτά θεμελιώδη χαρακτηριστικά των μελετών αυτών σχετικά με την δομή τους και την μεθοδολογία στην οποία βασίζονται και το κριτήριο για την επιλογή τους ήταν κυρίως η αντιπροσωπευτικότητά τους. Ιστορικά, αναπτύχθηκαν για την εκτίμηση των επιπτώσεων διαφόρων αντικειμένων (προϊόντα, κατασκευα-

στικά έργα, τεχνολογίες, επιχειρήσεις κ.λπ.) ενώ οι έξι από αυτές αφορούν σε εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων και μόλις οι δύο σε εκτίμηση οικολογικών (ανάλυση γραμμής προϊόντος και εκτίμηση τεχνολογίας) [Rubik (1991 Berlin), Rubik (1993 Hannover)]. Ένα σημαντικό κομμάτι των περιβαλλοντικών εκτιμήσεων (environmental assessment) με μεγάλη δυναμική τα τελευταία χρόνια είναι εκείνο το οποίο έχει ως αντικείμενο τα προϊόντα. Έχουν προταθεί πολλές σχετικές μεθοδολογίες οι οποίες διαφέρουν συνήθως στον βαθμό πολυπλοκότητας. Οι πιο απλές από αυτές, οι οποίες επικεντρώνονται συνήθως σε μία μόνο επίπτωση, βασίζονται στην έννοια των οικολογικών σημάτων (Green Product Labels και Eco Labels) όπως για παράδειγμα ο «Κυανούς Άγγελος» (der Blaue Engel), με την βοήθεια του οποίου επιχειρούνται εδώ και αρκετά χρόνια στην Γερμανία περιβαλλοντικές αξιολογήσεις προϊόντων [Stoelting and Rubik (1992)].

Πιο σύνθετες μεθοδολογίες είναι οι οικολογικές εξετάσεις ή δοκιμές (ecotests) οι οποίες παρουσιάζονται με διάφορες μορφές και εκδόσεις. Οι επιπτώσεις που μελετώνται με τις οικολογικές εξετάσεις είναι περισσότερες από μία, λιγότερες όμως από τέσσερις. Περισσότερο φιλόδοξες, περιεκτικές και πολύπλοκες μεθοδολογίες είναι αυτές της ανάλυσης κύκλου ζωής (LCA) και της ανάλυσης γραμμής προϊόντος (PLA) [Rubik and Baumgartner (1992 Brussels)]. Σε μια μελέτη ανάλυσης γραμμής προϊόντος, η οποία αποτελεί τυπικό δείγμα μελέτης οικολογικής εκτίμησης, περιλαμβάνονται εκτός από περιβαλλοντικά ζητήματα (όπως η κατανάλωση πρώτων υλών και ενέργειας, η ρύπανση ατμοσφαιρικού αέρα και υδάτων, στερεά απορρίμματα, οι επιπτώσεις στην χλωρίδα και την πανίδα κ.λπ.), και ζητήματα κοινωνικά (όπως οι συνθήκες εργασίας, η ασφάλεια, η προσωπική ελευθερία, η πολιτιστική πληρότητα, η ευελιξία κ.λπ.) καθώς και οικονομικά ζητήματα (όπως το κόστος ανά μονάδα, η ποιότητα του προϊόντος, το μέγεθος παραγωγής κ.λπ.) [Baumgartner (1993), Rubik and Baumgartner (1992), Rubik (1992)].

Σε ό,τι αφορά στη θεματολογία της AKZ περιλαμβάνονται, μεταξύ άλλων, θέματα σχετικά με διάφορα χημικά προϊόντα (π.χ. απορρυπαντικά), με οικοδομικά υλικά (π.χ. πόρτες, παράθυρα κ.λπ. από πλαστικό [Buehl and Roder (1992), Richter (1992)] με τη συσκευασία κ.λπ. [Rubik (1991)]. Η προτίμηση σε συγκεκριμένα υλικά και προϊόντα (όπως τα υλικά συσκευασίας) αντανακλά την ίδια την κυρίαρχη δύναμη που βρίσκεται πίσω από την ανάπτυξη της μεθόδου ανάλυσης του κύκλου ζωής και έχει συντελέσει αποφασιστικά σε αυτήν. Δύναμη που δεν είναι άλλη από την πίεση που αισθάνονται οι υπεύθυνοι ορισμένων βιομηχανιών να αποδείξουν την περιβαλλοντική ανωτερότητα των προϊόντων τους [Le Jeune (1994)]. Μια πίεση η οποία απορρέει από το όλο και πιο μεγάλο ενδιαφέρον της κοινής γνώμης για την εξακρίβωση της σχέσης

μεταξύ του περιβάλλοντος και των προϊόντων αλλά και μεταξύ του περιβάλλοντος και των επιχειρήσεων που τα παράγουν. Αποκορύφωμα της τάσης αυτής είναι τόσο η ίδρυση το 1992 της Εταιρείας για την Προώθηση της Ανάπτυξης της AKZ (SPOLD - Society for the Promotion of LCA Development) όσο και το ότι η AKZ συμπεριελήφθη στα διεθνή πρότυπα περιβαλλοντικής διαχείρισης ISO 14000 όπου ορίζονται οι γενικές απαιτήσεις για τη διενέργεια των AKZ και για τη συγγραφή εκθέσεων με τα αποτελέσματα τους (ISO-14040). Χωρίς αμφιβολία, τα γεγονότα αυτά καταδεικνύουν την ευνοϊκή, για την ανάλυση κύκλου ζωής, δυναμική της διαμορφούμενης κατάστασης σήμερα [Baumgartner and Rubik (1993), Φιλόπουλος και Ζέρβας (1997)].

#### 4. Περιγραφή της Μεθοδολογίας και των Στοιχείων της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν έως τώρα, γίνεται αντιληπτό ότι η φιλοσοφία της AKZ βασίζεται σε συνδυασμό αρχών και νόμων, της φυσικής από την μία, και της διοίκησης των επιχειρήσεων από την άλλη. Έτσι, η όλη διαδικασία και ανάλυση στηρίζεται στις θεμελιώδεις αρχές της θερμοδυναμικής, στην αρχή διατήρησης της μάζας και στους άλλους νόμους της φυσικής, ενώ παράλληλα ο τρόπος συλλογής και επεξεργασίας των στοιχείων μοιάζει με εκείνον της κατάρτισης των ισολογισμών και των καταστάσεων αποτελεσμάτων χρήσεως των επιχειρήσεων. Όπως δηλαδή προσπαθούμε να καταγράψουμε και να μελετήσουμε την ροή των χρημάτων και γενικά των κεφαλαίων μέσα σε μία επιχείρηση με τις παραπάνω καταστάσεις, έτσι και με την ανάλυση κύκλου ζωής επιχειρούμε να καταγράψουμε την ροή ενέργειας και πρώτων υλών αλλά και την εκροή ρυπαντών σε κάθε φάση της ζωής ενός προϊόντος, όχι αυθαίρετα αλλά με την βοήθεια των φυσικών νόμων [Beever (1993)].

Αυτή η ροή της ενέργειας και των πρώτων υλών καθώς και των κάθε είδους ρυπαντών, φαίνεται παραστατικά στο διάγραμμα 1 [Thalmann (1998)]. Στο διάγραμμα αυτό, ο όρος *σύστημα* δηλώνει εκείνο το τμήμα της ζωής του προϊόντος το οποίο εξετάζουμε κάθε φορά. Το σύστημα προσδιορίζεται κάθε φορά επακριβώς από τα *όρια του* τα οποία είναι καθορισμένα εκ των προτέρων με κάθε λεπτομέρεια και παραμένουν σταθερά σε όλη την διάρκεια της ανάλυσης. Εννοείται πως τα όρια του συστήματος μπορεί να συμπεριλάβουν από μερικά στάδια (υποσυστήματα) έως όλη την ζωή του υπό εξέταση προϊόντος ή διεργασίας. Στην περίπτωση που τα όρια του συστήματος περιλαμβάνουν ολόκληρο τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος, τότε στο διάγραμμα 2 φαίνονται τα υποσυστήματα από τα οποία συνήθως αποτελείται το υπό μελέτη σύστημα [Vigon et al (1993)].

Στο πρώτο στάδιο της *εξόρυξης, απόκτησης, παραλαβής των πρώτων υλών* περιλαμβάνονται όλες εκείνες οι δραστηριότητες οι οποίες έχουν σχέση με την άντληση των πρώτων υλών και της ενέργειας από το υπέδαφος, τον αέρα ή την επιφάνεια του εδάφους όπως για παράδειγμα του πετρελαίου. Το δεύτερο στάδιο της *παραγωγής* περιλαμβάνει τις διεργασίες επεξεργασίας των πρώτων υλών και άλλων υλικών για την παραγωγή του τελικού ή ενδιάμεσου προϊόντος, όπως για παράδειγμα τις διαδικασίες μετατροπής του πετρελαίου σε πολυμερείς ρητίνες οι οποίες με την σειρά τους μετατρέπονται σε μια σειρά από χρήσιμα προϊόντα όπως πλαστικές φιάλες [Fava et al (1991)]. Πολλές δραστηριότητες περιλαμβάνονται στο επόμενο στάδιο *διανομής και μεταφοράς*. Συγκεκριμένα το προϊόν συσκευάζεται, μεταφέρεται και διανέμεται προς πώληση. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι *μεταφορά* δεν πραγματοποιείται βέβαια μόνο στο παρόν στάδιο αλλά σχεδόν σε κάθε στάδιο της ζωής του προϊόντος με συνέπεια να πρέπει να λαμβάνεται κάθε φορά υπόψη. Το τέταρτο στάδιο *χρήσης και συντήρησης* περιλαμβάνει την χρησιμοποίηση του προϊόντος μετά την πώλησή του. Τέλος, τα δύο τελευταία στάδια *ανακύκλωσης και διαχείρισης των απορριμμάτων του*, αναφέρονται στις τελευταίες φάσεις της ζωής του προϊόντος κατά τις οποίες έχει πλέον μεταβληθεί από χρήσιμο προϊόν σε απόρριμμα, και το οποίο ενδεχομένως ανακυκλώνεται [Curran (1993)].

Μία πλήρης μελέτη ανάλυσης κύκλου ζωής αποτελείται από τρία μέρη. Από τρεις συνιστώσες ή στοιχεία της μεθόδου. Τα στοιχεία αυτά, τα οποία αποτελούν το τεχνικό πλαίσιο στο οποίο βασίζεται όλη η μεθοδολογία, είναι μεν ως ένα βαθμό αυτόνομα, όχι όμως και ανεξάρτητα μεταξύ τους αφού, όπως θα δούμε στην συνέχεια, αλληλοσχετίζονται, επηρεάζοντας το ένα το άλλο [Curran (1993), Udo de Haes (1993)]. Συγκεκριμένα, κάθε μελέτη ανάλυσης κύκλου ζωής αποτελείται από τα εξής τρία στοιχεία [Keoleian and Menerey (1993), Fava et al (1992)]:

- *Καταγραφή Κύκλου Ζωής (Life Cycle Inventory Analysis)*: στο μέρος αυτό της ΑΚΖ καταγράφεται κάθε τι το οποίο είτε εισέρχεται από το περιβάλλον (πρώτες ύλες, ενέργεια κ.λπ.) είτε εξέρχεται σε αυτό (προϊόντα, αέριοι και λοιποί ρύποι, παραπροϊόντα, απορρίμματα κ.λπ.) ως αποτέλεσμα κάθε είδους δραστηριότητας που έχει σχέση με το προϊόν από την γέννησή του έως τον θάνατό του.
- *Ανάλυση Επιπτώσεων Κύκλου Ζωής (Life Cycle Impact Analysis)*: σε αυτό το τμήμα της μελέτης αναλύονται οι επιπτώσεις στο περιβάλλον καθώς και οι κάθε είδους επιδράσεις σε αυτό οι οποίες οφείλονται στις εισροές και στις εκροές που διαπιστώθηκαν στο προηγούμενο μέρος της καταγραφής.

- *Ανάλυση Βελτιώσεων Κύκλου Ζωής (Life Cycle Improvement Analysis):* στο μέρος αυτό επιχειρείται να διερευνηθούν δυνατότητες βελτίωσης του προϊόντος και των σχετικών με αυτό δραστηριοτήτων από περιβαλλοντικής σκοπιάς, με βάση τα αποτελέσματα των δύο προηγούμενων τμημάτων της ανάλυσης κύκλου ζωής.

Αν και όλοι σχεδόν οι ερευνητές συμφωνούν με τον παραπάνω διαχωρισμό, δηλαδή την ύπαρξη, τουλάχιστον, αυτών των τριών στοιχείων ή σταδίων, ελάχιστες είναι οι περιπτώσεις μελετών ΑΚΖ που τα περιλαμβάνουν και τα τρία. Αντίθετως, η συντριπτική πλειοψηφία των μελετών ανάλυσης κύκλου ζωής μέχρι σήμερα συνίσταται σχεδόν αποκλειστικά από το στάδιο της καταγραφής και μόνο. Οι κυριότεροι λόγοι για τους οποίους συμβαίνει αυτό είναι οι εξής [Fava et al (1991)]:

1. Το στάδιο της καταγραφής πρέπει να προηγείται οπωσδήποτε των δύο άλλων με συνέπεια να είναι σπάνιες οι περιπτώσεις μελετών ανάλυσης κύκλου ζωής που να μην περιλαμβάνουν την καταγραφή της κατάστασης. Αντίθετα, κάτι τέτοιο αφενός δεν είναι πάντοτε απαραίτητο για τα στάδια της ανάλυσης των επιπτώσεων και των βελτιώσεων και αφετέρου πολλές φορές απλά αποφεύγεται.
2. Η μεθοδολογία με βάση την οποία πραγματοποιείται το στάδιο της καταγραφής κύκλου ζωής έχει αναπτυχθεί σε ικανοποιητικό βαθμό με αποτέλεσμα να υπάρχει σήμερα το απαραίτητο θεωρητικό υπόβαθρο για την εκπόνηση αξιόπιστων σχετικών μελετών. Αντίθετα, δεν φαίνεται να συμβαίνει το ίδιο και στην περίπτωση των δύο άλλων σταδίων δηλαδή της ανάλυσης επιπτώσεων κύκλου ζωής και κυρίως της ανάλυσης βελτιώσεων κύκλου ζωής, των οποίων η ανάπτυξη παρουσιάζει πολλά σημεία που δεν έχουν ακόμα διευκρινισθεί πλήρως.
3. Πολλές φορές είναι αρκετό απλώς το στάδιο της καταγραφής κύκλου ζωής για να φανούν ευκαιρίες για μείωση της ρύπανσης και κατανάλωσης ενέργειας και πρώτων υλών. Στην περίπτωση αυτή τα δύο άλλα στοιχεία χρησιμοποιούνται για να εξασφαλίσουν ότι οι ενδεχόμενες αλλαγές θα φέρουν τα βέλτιστα αποτελέσματα χωρίς, ταυτοχρόνως, να δημιουργήσουν άλλου είδους, συνεπαγόμενες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις.

Η δομή της καταγραφής κύκλου ζωής μπορεί να δοθεί και με την μορφή μήτρας όπως αυτή που εικονίζεται στον πίνακα 3. Στον πίνακα αυτό, κατακόρυφα δίνονται όλοι ή ορισμένοι από τους δείκτες και τα κριτήρια που περιγράφουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που μας ενδιαφέρουν (περιβαλλοντικά πεδία). Οριζόντια περιλαμβάνονται τα διάφορα στάδια της ζωής του προϊόντος

που μελετάμε (για παράδειγμα απόκτηση πρώτων υλών, παραγωγή, χρήση, τελική διάθεση κ.λπ.). Ο καθορισμός και η χρησιμοποίηση των περιβαλλοντικών πεδίων και των σταδίων, είναι, ίσως, το πιο κρίσιμο σημείο στην όλη διαδικασία [Official Journal of the European Communities (1992), Graedel et al (1995)].

Εκτός από τα τρία στοιχεία από τα οποία αποτελείται η ΑΚΖ και τα οποία παρουσιάστηκαν παραπάνω, μερικοί υποστηρίζουν ότι χρειάζεται να συμπεριληφθεί και ένα ακόμη. Συγκεκριμένα, υποστηρίζεται ότι είναι απαραίτητο να προστεθεί και ένα τέταρτο στοιχείο της ανάλυσης κύκλου ζωής στο αρχικό τμήμα της μελέτης, το οποίο θα προσδιορίζει το συγκεκριμένο σκοπό της. Το στοιχείο αυτό έχει ονομασθεί *Καθορισμός Στόχων και Περιορισμών (Goal Definition and Scoping)* [Umweltbundesamt (1992), Udo de Haes (1993)] και προτείνεται προκειμένου να καθορίζονται στους κόλπους του, εξ αρχής, τα εξής:

- ο σκοπός της ανάλυσης,
- μία σύντομη περιγραφή της ανάλυσης, δηλαδή
  - τα όρια του συστήματος,
  - τα απαιτούμενα δεδομένα,
  - οι αναγκαίες υποθέσεις,
  - οι αναγκαστικοί περιορισμοί,
- η λειτουργική μονάδα (functional unit), και
- η εκτίμηση της ποιότητας των υφιστάμενων δεδομένων [Consoli et al (1993)].

Στο στοιχείο αυτό, δηλαδή, θα περιγράφονται οι λόγοι για τους οποίους έγιναν συγκεκριμένες παραδοχές και επιλογές, τέθηκαν ορισμένοι περιορισμοί και όρια και γενικά θα εξηγούνται κάποια επίμαχα σημεία επί της μεθοδολογίας και του τρόπου εφαρμογής της, συνδέοντάς τα με τους στόχους της ανάλυσης. Μάλιστα, ορισμένοι δέχονται την αναγκαιότητα αυτού του στοιχείου αλλά προτείνουν να ενσωματωθεί με εκείνο της καταγραφής [Fava et al (1991)]. Με τον όρο «λειτουργική μονάδα» (functional unit ή σπανιότερα equivalent usage ratio) εννοείται ο προσδιορισμός του τύπου και της ποσότητας των υπηρεσιών τις οποίες τα υπό μελέτη προϊόντα θεωρείται ότι προσφέρουν και με βάση αυτά πρέπει να γίνει η ανάλυση και η σύγκριση. Για παράδειγμα, είναι υπό εξέταση το πόσο σκόπιμο είναι να συγκρίνει κανείς γενικώς χάρτινες φιάλες με γυάλινες επαναπληρώσιμες, διότι οι δεύτερες, ακόμη και αν είναι του ίδιου όγκου μπορούν να χρησιμοποιηθούν περισσότερες φορές ενώ οι

πρώτες μόνο μία. Ίσως ήταν ορθότερο να καθοριστεί ως λειτουργική μονάδα «η συσκευασία χ λίτρων» [Udo de Haes (1992 και 1993)].

Επιστρέφοντας στον πίνακα 3 που αναφέρθηκε παραπάνω, θα πρέπει να σημειωθεί ότι ένα από τα κυριότερα προβλήματα στην σύνθεση του πίνακα αυτού είναι η επιλογή των περιβαλλοντικών πεδίων, των δεικτών και των κριτηρίων εκείνων, δηλαδή, που περιγράφουν την επιβάρυνση του περιβάλλοντος (κατακόρυφος άξονας). Προκειμένου να γίνει η επιλογή των πεδίων αυτών, υπάρχουν τρεις κατευθύνσεις προς τις οποίες πρέπει να προσανατολιστεί κανείς. Η φύση, η κοινωνία και η οικονομία. Όμως, όπως έχει τονιστεί, οι μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής λαμβάνουν υπόψη τους μόνο την περιβαλλοντική επιβάρυνση, αν και ορισμένες μελέτες οι οποίες έχουν εκπονηθεί σε σκανδιναβικές κυρίως χώρες, περιλαμβάνουν στην έρευνά τους τις επιπτώσεις στις συνθήκες εργασίας και την υγιεινή της εργασίας έτσι που να μοιάζουν με μελέτες ανάλυσης γραμμής προϊόντος. Πάντως, ακόμα και για την περιβαλλοντική, μόνο, διάσταση των επιπτώσεων, είναι απαραίτητο να επιλέγονται οι πιο σοβαρές επιδράσεις στο περιβάλλον και να περιγράφονται με δείκτες και κριτήρια. Οι δείκτες, σε αυτή τη φάση της μελέτης, προσφέρονται για την ποσοτική ανάλυση ενώ τα κριτήρια για την ποιοτική, Το πρόβλημα ωστόσο είναι ότι δεν υπάρχει ένα μοναδικό σύνολο από κριτήρια και δείκτες για όλες τις μελέτες ΑΚΖ. Έτσι, ο συνολικός αριθμός των δεικτών θα μπορούσε να είναι πολύ μεγάλος. Έχουν προταθεί πάνω από διακόσιοι με αποτέλεσμα ορισμένοι από αυτούς, σχεδόν πάντα, να παραλείπονται είτε γιατί είναι λιγότερο σημαντικοί ή γιατί είναι πολύ δύσκολος ο προσδιορισμός τους [Baumgartner and Rubik (1993)].

Σε ό,τι αφορά στην ανάλυση των επιπτώσεων του κύκλου ζωής έχουμε να τονίσουμε ότι η αντικειμενική επεξήγηση των αποτελεσμάτων της καταγραφής είναι απαραίτητη προκειμένου να αξιοποιηθεί η ανάλυση κύκλου ζωής. Ωστόσο, αυτό το τμήμα της ΑΚΖ δεν έχει αναπτυχθεί ακόμα πλήρως και γενικά οι γνώμες για το πώς πρέπει να ερμηνεύονται τα αποτελέσματα της καταγραφής, ως ένα βαθμό, διαφοροποιούνται. Κάτι τέτοιο βέβαια, ήταν αναμενόμενο αφού το να σταθμίσεις γεγονότα χωρίς εμφανή σχέση μεταξύ τους κάθε άλλο παρά εύκολο ή απλό πράγμα είναι. Έτσι, ερωτήσεις του τύπου:

- τι έχει μεγαλύτερη επίδραση στο περιβάλλον, η όξινη βροχή ή τα αέρια που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου; ή
- ποιά κατάσταση είναι χειρότερη, η ρύπανση ενός ποταμού ή η καταστροφή του στρώματος του όζοντος της ατμόσφαιρας;



είναι πολύ δύσκολο να απαντηθούν καθώς πίσω από κάθε κριτήριο ή επιχείρημα ελλοχεύει το υποκειμενικό στοιχείο.

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί το γεγονός ότι έχει αρχίσει να διαμορφώνεται σε ορισμένους η αντίληψη πως η ανάλυση επιπτώσεων του κύκλου ζωής ουσιαστικά περιλαμβάνει δύο ειδών αναλύσεις: (α) ομαδοποίηση των αποτελεσμάτων της καταγραφής σε μια σειρά από κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων, και (βλ. στάθμιση των κατηγοριών αυτών προκειμένου να καταλήξουμε σε έναν συγκεκριμένο, κατά το δυνατόν μικρό, αριθμό παραμέτρων που να προσδιορίζουν τελικά το συνολικό περιβαλλοντικό φορτίο το οποίο οφείλεται στο προϊόν που εξετάζεται. Έτσι, βάσει αυτής της αντίληψης, η ανάλυση των επιπτώσεων κύκλου ζωής πραγματοποιείται σε τρία διαδοχικά βήματα [Jackson (1994)]:

1. *Ταξινόμηση* των αποτελεσμάτων της καταγραφής σε καλά καθορισμένες κατηγορίες ανάλογα με την επίδραση (εξάντληση φυσικών πόρων, αύξηση θερμοκρασίας πλανήτη, όξινη βροχή κ.λπ.),
2. *Χαρακτηρισμός* της συμβολής σε κάθε κατηγορία επίδρασης στο περιβάλλον, και
3. *Αξιολόγηση* των διαφόρων κατηγοριών.

Οι δυνατότητες βελτίωσης του προϊόντος καθώς και των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με αυτό εξετάζονται, όπως είδαμε, στην ανάλυση των βελτιώσεων του κύκλου ζωής του προϊόντος. Αυτό το στοιχείο της ΑΚΖ είναι το ίδιο με το προηγούμενο ελλιπώς ανεπτυγμένο για παρόμοιους φυσικά λόγους. Μάλιστα υπάρχουν και μερικοί ερευνητές οι οποίοι θέτουν το ερώτημα κατά πόσο έχει νόημα η ανάλυση βελτιώσεων κύκλου ζωής να αποτελεί τμήμα της ανάλυσης κύκλου ζωής προτείνοντας ταυτοχρόνως να είναι ανεξάρτητο και αυτόνομο [Udo de Haes (1993)]. Άλλοι ερευνητές γίνονται πιο συγκεκριμένοι επί του θέματος προτείνοντας η ανάλυση κύκλου ζωής να περιλαμβάνει τα εξής τέσσερα στοιχεία: καθορισμός σκοπού, καταγραφή, ανάλυση επιπτώσεων, και αξιολόγηση. Στην περίπτωση αυτή η έννοια της βελτίωσης του υπό εξέταση προϊόντος εμπεριέχεται σε κάθε μία από τις παραπάνω συνιστώσες ως «διερεύνηση δυνατοτήτων βελτίωσης» όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται [Udo de Haes (1992)].

Βέβαια τα παραπάνω δεν αποτελούν παρά μόνο μία πρόταση ορισμένων ερευνητών. Η σημερινή κατάσταση, η οποία φαίνεται να είναι η μόνη αποδεκτή από το σύνολο των εμπλεκόμενων με την ανάλυση κύκλου ζωής (φορείς, ερευνητές, εταιρείες κ.λπ.), είναι αυτή η οποία περιγράφηκε λεπτομερώς παρα-

πάνω. Θα πρέπει να σημειωθεί, πάντως, ότι όσο η ανάλυση κύκλου ζωής γίνεται ευρύτερα γνωστή και διαδίδεται η χρήση της, τόσο οι διαφορές στην μεθοδολογία, την επεξήγηση των αποτελεσμάτων και την στάθμιση των κατηγοριών θα αμβλύνονται με φυσικό επακόλουθο η τεχνική αυτή να αποκτήσει ακόμα μεγαλύτερη αξία στην προσπάθεια για αντικειμενική αξιολόγηση και διαχείριση των διαφόρων δραστηριοτήτων και προϊόντων.

##### 5. Εφαρμογή της Μεθοδολογίας AKZ για τον Προσδιορισμό των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Γυάλινης Φιάλης 1 lt Εμφιαλωμένου Νερού της Ελληνικής Αγοράς

Προκειμένου η παρούσα παρουσίαση της ανάλυσης κύκλου ζωής να είναι πιο πλήρης, στη συνέχεια παρουσιάζονται συνοπτικά τα κυριότερα στοιχεία και τα αποτελέσματα από την πρώτη προσπάθεια εφαρμογής της μεθοδολογίας αυτής στην Ελλάδα. Συγκεκριμένα, αντικείμενο της πρώτης αυτής προσπάθειας είναι ο προσδιορισμός των κυριότερων επιπτώσεων που προκαλούνται στο περιβάλλον κατά τη διάρκεια της ζωής γυάλινης φιάλης εμφιαλωμένου νερού της ελληνικής αγοράς, όγκου ενός λίτρου, ενώ επίσης εξετάζεται και η επίδραση διαφόρων παραμέτρων της ανάλυσης όπως είναι η ανακύκλωση και η επαναπλήρωση των κενών φιαλών στα αποτελέσματα.

Ο υπολογισμός των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της φιάλης νερού που εξετάζεται πραγματοποιείται με βάση τα ισοζύγια μάζας και ενέργειας που προκύπτουν από τον κύκλο ζωής της. Ο κύκλος ζωής της συγκεκριμένης φιάλης ξεκινάει με την παραγωγή της πρώτης ύλης από την οποία παράγεται η φιάλη, στη συνέχεια αυτή η πρώτη ύλη μεταφέρεται σε ειδική μονάδα όπου μορφοποιείται και μετατρέπεται σε φιάλες. Οι φιάλες αυτές αφού μεταφερθούν στο σημείο πλήρωσής τους και γεμίσουν με νερό, μεταφέρονται στα σημεία διάθεσής τους προκειμένου να πουληθούν και να χρησιμοποιηθούν από τους καταναλωτές. Στη συνέχεια ένα μέρος των φιαλών επιστρέφει στις μονάδες πλήρωσης όπου επαναπληρώνεται και επαναχρησιμοποιείται, ένα άλλο μέρος ανακυκλώνεται (ένα ποσοστό από αυτές χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για την παραγωγή νέων φιαλών), ενώ το υπόλοιπο τμήμα των φιαλών καταλήγει στα αστικά απορρίμματα από όπου συλλέγεται και οδηγείται είτε σε χώρους ταφής είτε σε μονάδες αποτέφρωσης.

Για την παραγωγή του γυαλιού σε μορφή μάζας χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες ανθρακική σόδα (ορυκτή ή συνθετική), χαλαζιακή άμμος καθώς και υαλοτρίμματα (scraps), δηλαδή γυαλιά τα οποία προέρχονται από ανακύ-

κλώση. Έτσι, οι δραστηριότητες οι οποίες συνθέτουν το συγκεκριμένο υποσύστημα σε αυτή την περίπτωση είναι η απόκτηση και επεξεργασία αυτών των πρώτων υλών, η μεταφορά τους στη μονάδα παραγωγής γυαλιού και η μετατροπή τους σε γυαλί. Η μορφοποίηση των μαζών γυαλιού σε γυάλινες φιάλες (forming) επιτυγχάνεται σε δύο στάδια: είτε αρχικά πραγματοποιείται προμορφοποίηση εμφυσώντας αέρα και στη συνέχεια ακολουθεί η τελική μορφοποίηση με τον ίδιο τρόπο (Blow and Blow), είτε αρχικά εφαρμόζεται πίεση προκαλώντας προ-μορφοποίηση και ακολουθεί η τελική μορφοποίηση με εμφύσηση αέρα (Press and Blow).

Η ανακύκλωση των κενών φιαλών είναι του τύπου *Διαλογή στην Πηγή* και ειδικότερα *Συλλογή σε Κάδους*. Σε ό,τι αφορά στο ποσοστό των φιαλών που ανακυκλώνονται ισχύουν τα εξής: από όσες κενές φιάλες δεν οδηγούνται προς επαναπλήρωση, ένα ποσοστό συλλέγεται προκειμένου να ανακυκλωθεί ενώ οι υπόλοιπες καταλήγουν στα αστικά απορρίμματα. Από τις συλλεγόμενες αυτές φιάλες, ένα άλλο ποσοστό χάνεται στην πορεία και δεν χρησιμοποιείται ποτέ στην παραγωγή αντί πρωτογενούς πρώτης ύλης ενώ στο τμήμα των φιαλών που απομένει προστίθεται ποσό ανακυκλούμενου υλικού το οποίο προέρχεται από διαφορετικές πηγές ανακύκλωσης. Το συνολικό ποσό του ανακυκλούμενου υλικού που προκύπτει, καταλήγει στην παραγωγή των νέων φιαλών όπου χρησιμοποιείται στη θέση πρωτογενούς πρώτης ύλης.

Στους πίνακες 4, 5 και 6 παρουσιάζονται οι κυριότερες επιπτώσεις που προκαλούνται στο περιβάλλον από την εξεταζόμενη φιάλη, όπως προσδιορίζονται με τη βοήθεια της AKZ, συναρτήσεως των ποσοστών επαναπλήρωσης, ανακύκλωσης και περιεχόμενου ανακυκλούμενου υλικού αντίστοιχα. Από τις περιβαλλοντικές αυτές επιπτώσεις, οι τιμές που χαρακτηρίζουν την υφιστάμενη κατάσταση δίνονται στην πρώτη στήλη και των τριών πινάκων καθώς τα ποσοστά επαναπλήρωσης, ανακύκλωσης και περιεχομένου ανακυκλούμενου υλικού που ισχύουν σήμερα στην ελληνική αγορά για τη γυάλινη φιάλη νερού είναι αντίστοιχα 0%, 25,3% και 41,18%. Τα στοιχεία τα οποία χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων προέρχονται από πρωτογενείς πηγές και ιδιωτικές μετρήσεις, από υπάρχουσες μελέτες και δημοσιεύσεις, από τη διεθνή βιβλιογραφία και από εκτιμήσεις, προϋπολογισμούς, κανονισμούς και νόμους. Αν και, γενικά προτιμούνται οι πρωτογενείς πηγές στοιχείων, στην πράξη χρησιμοποιούνται και οι αντίστοιχες δευτερογενείς (μελέτες, βιβλιογραφία, νομοθεσία κ.λπ.) καθώς συχνά παρουσιάζουν τόσο αναγκαία αξιοπιστία όσο και αυξημένη ακρίβεια. Άλλωστε, πολλές φορές κάτι τέτοιο είναι αναπόφευκτο κυρίως λόγω έλλειψης επαρκών πρωτογενών πηγών.

Σύμφωνα με τον πίνακα 4, η επίδραση της επαναπλήρωσης των φιαλών στα αποτελέσματα της AKZ είναι θετική αφού μειώνεται τόσο η κατανάλωση ενέργειας και νερού όσο και η αποδέσμευση αέριων, υγρών και στερεών αποβλήτων. Συγκεκριμένα, με εξαίρεση κυρίως τις εκπομπές οξειδίων του αζώτου και διοξειδίου του θείου, η μείωση των υπολοίπων μεγεθών είναι ιδιαίτερα σημαντική. Μάλιστα, εάν οι διαδρομές που κάνει μία φιάλη αυξηθούν μόλις από 1 σε 2, παρατηρούμε ότι επιτυγχάνεται μια μείωση στην κατανάλωση και την παραγωγή αποβλήτων που μπορεί να φτάσει μέχρι και 50%. Γενικά, μία μικρή αύξηση των διαδρομών μια φιάλης (5-10 διαδρομές) είναι αρκετή για να βελτιώσει σε σημαντικό βαθμό την περιβαλλοντική απόδοση. Αντιθέτως, περαιτέρω αύξηση των διαδρομών (> 10 διαδρομές) συνεχίζει μεν να βελτιώνει την κατάσταση αλλά (με εξαίρεση ίσως την αποδέσμευση στερεών αποβλήτων) σε μικρότερο βαθμό ενώ από ένα σημείο και μετά (> 20 διαδρομές) η περιβαλλοντική απόδοση που επιτυγχάνεται είναι αρκετά κοντά στην ιδανική περίπτωση των άπειρων διαδρομών (100% επαναπλήρωση φιαλών).

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 5, η αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης, δηλαδή του ποσοστού των απορριπτόμενων φιαλών από γυαλί το οποίο ανακυκλώνεται, έχει ως συνέπεια τόσο θετικές όσο και αρνητικές επιπτώσεις στην περιβαλλοντική απόδοση. Συγκεκριμένα παρατηρείται ότι οι εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα και οργανικών πτητικών ενώσεων βελτιώνονται, η κατανάλωση νερού και οι εκπομπές υδροχλωρίου και υγρών αποβλήτων παραμένουν σταθερές, ενώ η κατανάλωση ενέργειας και η αποδέσμευση σωματιδίων, οξειδίων του αζώτου, υδρογονανθράκων και διοξειδίου του θείου επιδεινώνεται. Ωστόσο, ενώ οι παραπάνω μεταβολές (τόσο οι θετικές όσο και οι αρνητικές) στην περιβαλλοντική απόδοση της γυάλινης φιάλης είναι, ακόμα και σε υψηλά ποσοστά ανακύκλωσης, μικρής έκτασης, δεν συμβαίνει το ίδιο για τα στερεά απόβλητα τα οποία παρουσιάζουν σημαντική μείωση η οποία, μάλιστα, γίνεται ακόμα μεγαλύτερη για ποσοστά ανακύκλωσης άνω του 75%. Ο λόγος για τον οποίο κάποια περιβαλλοντικά μεγέθη στην περίπτωση που εξετάζουμε χειροτερεύουν, σε αντίθεση με άλλα τα οποία βελτιώνονται ή παραμένουν σταθερά, είναι ο εξής: κατά την ανακύκλωση ενός ποσοστού απορριμμάτων γυάλινων φιαλών έχουμε μια μείωση της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος (π.χ. κατανάλωση ενέργειας, αποδέσμευση αποβλήτων κ.λπ.) η οποία επιτυγχάνεται επειδή αυτό το ποσοστό των απορριπτόμενων φιαλών τελικά αποφεύγει τα στάδια της συλλογής και διαχείρισης των απορριμμάτων αφού ανακυκλώνεται. Ταυτόχρονα, όμως, παρατηρείται μια αύξηση της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος η οποία οφείλεται στο γεγονός ότι το ίδιο ποσοστό των φιαλών που απορρίπτονται καθώς ανακυκλώνεται επιβαρύνει το περιβάλλον εξαιτίας της δραστηριότητας της ανακύκλωσης. Έτσι, ανάλογα με τη διαφορά μεταξύ της

αντίστοιχης μείωσης και αύξησης της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης, καθορίζεται κάθε φορά και η επίδραση στο τελικό αποτέλεσμα.

Συμπερασματικά, αυτό το οποίο προκύπτει από τον πίνακα 5 είναι ότι η αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης των γυάλινων φιαλών, όταν δεν συνοδεύεται από αντίστοιχη αύξηση του ποσού του ανακυκλούμενου υλικού που χρησιμοποιείται στην παραγωγή νέων φιαλών, επιδρά μεν θετικά στη αποδέσμευση στερεών αποβλήτων μειώνοντας αυτά σε σημαντικό βαθμό, έχει όμως και κάποιο περιβαλλοντικό κόστος το οποίο εμφανίζεται ως αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης καθώς και των εκπομπών ορισμένων αερίων αποβλήτων.

Σε ό,τι αφορά στο ποσοστό του περιεχομένου ανακυκλούμενου υλικού, δηλαδή του ποσοστού του προερχόμενου από ανακύκλωση υλικού το οποίο χρησιμοποιείται στη παραγωγική διαδικασία στη θέση της πρωτογενούς πρώτης ύλης, παρατηρούμε τα εξής (πίνακας 6): αύξηση του ποσοστού αυτού έχει ως συνέπεια μία σχετική βελτίωση της περιβαλλοντικής απόδοσης των γυάλινων φιαλών η οποία για άλλα μεγέθη είναι περισσότερο έντονη (κατανάλωση νερού, εκπομπές σωματιδίων, υδρογονανθράκων, υδροχλωρίου και υγρών αποβλήτων) κυρίως για ποσοστά άνω του 75%, ενώ για άλλα μεγέθη είναι λιγότερο έντονη (κατανάλωση ενέργειας, εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα, οξειδίων του αζώτου, διοξειδίου του θείου, οργανικών πτητικών ενώσεων και στερεών αποβλήτων). Από τα παραπάνω φαίνεται ότι αύξηση του ποσοστού αυτού, όταν δεν συνοδεύεται από ταυτόχρονη αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης, επιδρά μεν θετικά στα αποτελέσματα της ΑΚΖ χωρίς, ωστόσο, να επιτυγχάνονται εντυπωσιακές βελτιώσεις κυρίως σε ό,τι αφορά στην κατανάλωση ενέργειας και στην αποδέσμευση στερεών αποβλήτων.

## 6. Συμπεράσματα - Προοπτικές

Σε ό,τι αφορά στις προοπτικές της μεθόδου και στο πώς προδιαγράφεται σήμερα η κατάσταση σχετικά με την ανάλυση κύκλου ζωής, μπορεί να υποστηριχθεί ότι η μεθοδολογία αυτή είναι απαραίτητη για τη σωστή και επιστημονική διαχείριση του περιβάλλοντος. Ωστόσο, η μέθοδος δεν έχει φτάσει ακόμα στο ανώτατο σημείο ανάπτυξης αφού ακόμα εξελίσσεται. Έτσι, τρία είναι τα σημεία στα οποία, ενδεχομένως, να οδηγηθούμε στο μέλλον [Udo de Haes (1993)]:

- Πρώτον, η ανάλυση κύκλου ζωής μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο αποδεικνύοντας την ισχύ, την εγκυρότητα και την νομιμότητα λύσεων που έχουν προταθεί ή επιλεγεί ήδη. Αυτό σημαίνει ότι, ενώ για συνήθη

θέματα θα ακολουθούνται οι γνωστές πρακτικές, λεπτομερείς μελέτες ΑΚΖ θα γίνονται σε ειδικές περιπτώσεις. Παραδείγματος χάριν, μια βιομηχανία θα μπορεί να ακολουθεί δική της πολιτική σε θέματα προκαθορισμένα από τις αρμόδιες αρχές, εφόσον μπορεί να αποδείξει την χρησιμότητά τους με μελέτες ΑΚΖ.

- Δεύτερον, υπάρχει η προοπτική ανάπτυξης απλούστερων μεθόδων. Στο σημείο αυτό πρέπει να ξεκαθαριστεί το εξής: αν κατά την φάση πραγματοποίησης μιας μελέτης ΑΚΖ αποφασιστεί να μην δοθεί μεγάλο βάρος σε κάποιους τομείς, ή και να παραληφθούν ακόμα, αυτό δεν έχει καμία σχέση με απλούστερες μεθόδους. Αν, επιπλέον, αποφασιστεί να περιοριστούν οι στόχοι της μελέτης παραλείποντας στάδια της ζωής του υπό εξέταση προϊόντος, καταργώντας συντελεστές της μεθοδολογίας ή κάποιες υποκατηγορίες της μεθόδου, τότε το αποτέλεσμα δεν είναι ένα παράδειγμα απλούστερης μεθόδου, απλώς είναι μία ημιτελής μελέτη ΑΚΖ. Γεγονός είναι πάντως ότι σήμερα δεν φαίνεται ορατή κάποια απλούστερη μέθοδος παρά μόνον κάποιες προβλέψεις, όπως για παράδειγμα *η χρήση δεικτών* (π.χ. δείκτης συνολικής ενέργειας ο οποίος αντιπροσωπεύει και αντικατοπτρίζει την ποσότητα των εκπομπών προς το περιβάλλον), ή *η χρήση οικονομικών πινάκων εισροών — εκροών* (για την ανάλυση ανώτερου βαθμού διεργασιών) κ.τλ.
- Τρίτον, είναι σχεδόν βέβαιη η ανάπτυξη λογισμικού (software) για ηλεκτρονικούς υπολογιστές, καθώς και βάσεων δεδομένων (databases) προκειμένου να διευκολυνθεί η υλοποίηση των ΑΚΖ που συχνά είναι χρονοβόρος, πολύπλοκη και πολυδιάστατη διαδικασία.

Ανεξάρτητα, πάντως, από τα παραπάνω, η ανάλυση κύκλου ζωής έχει ήδη αρχίσει να προσφέρει ένα πολύ ισχυρό επιστημονικό υπόβαθρο για την διαχείριση του περιβάλλοντος ενώ η σημασία της αναμένεται να γίνεται στο μέλλον όλο και πιο σημαντική. Κι αυτό για επιχειρήσεις οι οποίες προσβλέπουν πέρα από το βραχυπρόθεσμο κέρδος. Για εκείνες που συγκεντρώνουν το ενδιαφέρον τους στον πελάτη, που προωθούν τη συνεργασία με τους προμηθευτές και εφαρμόζουν προγράμματα διοίκησης ολικής ποιότητας (TQM) [Baumgartner (1993), Favre (1994)].

## ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Ορολογία μελετών εκτίμησης οικολογικών και περιβαλλοντικών επιπτώσεων

| ΑΓΓΛΙΚΗ   | ΓΕΡΜΑΝΙΚΗ  | ΓΑΛΛΙΚΗ   | ΕΛΛΗΝΙΚΗ                                       |
|---|--|---|--|
| Cost Benefit Analysis                                       | Kosten Nutzen Rechnung                                   | Analyse Cout Benefice   | Ανάλυση Κόστους Ωφέλειας                       |
| Eco-Balance   | <b>Oekobilanz</b>  | Ecobilan  | Οικολογικό Ισοζύγιο                            |
| Eco-Label   | <b>Umweltzeichen</b>                                     | Ecolabel  | Οικολογικό Σήμα (Ετικέτα)                      |
| Ecological Accounting                                       | <b>Oekologische Buchhaltung</b>                          | Comptabilite environnement                                      | Οικολογική Λογιστική                           |
| Eco-Test  | <b>Oeko-Test</b>   | -   | Οικολογική Εξέταση                             |
| Environmental Impact Analysis for Products (EIA)            | <b>Produkt - Umwelt-vertraeglichkeits-pruefung (UVP)</b> | Analyse des impacts environnement produits                      | Ανάλυση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Προϊόντων   |
| Life Cycle Analysis (LCA)                                   | Lebenszyklen-bewertung (LCA)                             | Analyse du cycle de vie   | Ανάλυση Κύκλου Ζωής                            |
| Life Cycle Inventory (LCI)                                  | -  | Comptabilite du cycle de vie                                    | Καταγραφή Κύκλου Ζωής                          |
| Material and Energy Accounts                                | Stoff- und Energiebilanzen                               | Bilans matiere et energie                                       | Ισοζύγια Υλικών και Ενέργειας                  |
| Material Flow Analysis                                      | Stoffflußrechnung  | Analyse des flux matieres                                       | Ανάλυση Ροής Υλικών                            |
| Product Assessment  | Produktfolge-abschaetzung                                | -   | Εκτίμηση Προϊόντος                             |
| Product Line Analysis                                       | <b>Produktlinieanalyse (PLA)</b>                         | -   | Ανάλυση Γραμμής Προϊόντος                      |
| <b>Resource &amp; Environmental Profile Analysis (REPA)</b> | -  | Analyse des impacts environnement d' utilisation des ressources | Ανάλυση του Οικολογικού "Προφύλ" Φυσικών Πόρων |
| <b>Technology Assessment (TA)</b>                           | Technologiefolgenabschaetzung (TFA)                      | -   | Εκτίμηση Τεχνολογίας                           |
| Use Value Analysis  | Nutzwert Analyse   | Impact Environnement Produit                                    | Ανάλυση Αξίας Χρήσης                           |

## ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Σύγκριση μελετών εκτίμησης οικολογικών και περιβαλλοντικών επιπτώσεων

| ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ                          | ΕΙΔΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ |    |   |    |   |    |     |    |
|---|---------------|----|---|----|---|----|-----|----|
|   | 1             | 2  | 3 | 4  | 5 | 6  | 7   | 8  |
| <i>Αντικείμενο Μελέτης</i>              |               |    |   |    |   |    |     |    |
| Τεχνολογία                              |               |    |   |    |   | ■  |     |    |
| Υλικό και Προϊόν                        | ■             | ■  | □ | ■  | □ | □  | ■   | □  |
| Κατασκευαστικό Έργο                     |               |    | ■ |    |   |    |     |    |
| Επιχείρηση                              |               |    |   |    | ■ |    |     | ■  |
| <i>Εμβέλεια Μελέτης</i>                 |               |    |   |    |   |    |     |    |
| Μερική                                  | ■             | ■  | ■ |    | ■ | ■  |     | ■  |
| Κύκλος Ζωής                             |               |    |   | ■  | □ | □  | ■   | □  |
| <i>Εκτιμώμενες Επιπτώσεις</i>           |               |    |   |    |   |    |     |    |
| Περιβαλλοντικές                         | ■             | ■  | ■ | ■  | ■ | ■  | ■   | ■  |
| Κοινωνικές                              |               | □  |   |    |   | ■  | ■   |    |
| Οικονομικές                             |               |    |   |    |   | ■  | ■   |    |
| <i>Τελικές Παράμετροι Αποτελέσματος</i> |               |    |   |    |   |    |     |    |
| Μία                                     | ■             |    |   |    |   |    |     |    |
| Αρκετές                                 |               | ■  | ■ | ■  | ■ |    |     | ■  |
| Πολλές                                  |               |    |   |    |   | ■  | ■   |    |
| <i>Χρόνος Εκπόνησης Μελέτης</i>         |               |    |   |    |   |    |     |    |
| Εκ των Υστέρων                          | ■             | ■  |   | ■  | ■ | □  | ■   | ■  |
| Εκ των Προτέρων                         |               |    | ■ | ■  |   | ■  | ■   |    |
| <i>Εκτίμηση Αποτελεσμάτων</i>           |               |    |   |    |   |    |     |    |
| Μονοδιάστατη (φυσική)                   | ■             | ■  | □ | □  | □ |    |     | ■  |
| Μονοδιάστατη (οικονομική)               |               |    |   |    |   |    |     |    |
| Πολυδιάστατη                            |               |    | ■ | ■  | ■ | ■  | ■   |    |
| <i>Εμπλεκόμενοι Φορείς</i>              |               |    |   |    |   |    |     |    |
| Υπεύθυνοι Εκπόνησης Μελέτης             | ΥΕ            | εμ | Υ | Υ  | Υ | Κ  | ΥεΕ | ΥΚ |
| Αποδέκτες Μελέτης                       | Π             | Π  | Ε | ΥΕ | Υ | ΚΠ | ΥΕΠ | ΥΚ |

Όπου :

|   |                               |   |                           |   |                         |
|---|-------------------------------|---|---------------------------|---|-------------------------|
|   | Είδος Μελέτης                 | 6 | Εκτίμηση Τεχνολογίας      | Υ | Υπεύθυνοι Επιχειρήσεων  |
| 1 | Οικολογικό Σήμα               | 7 | Ανάλυση Γραμμής Προϊόντος | Κ | Κρατικές Υπηρεσίες      |
| 2 | Οικολογική Εξέταση            | 8 | Οικολογική Λογιστική      | Π | Πολίτες - Καταναλωτές   |
| 3 | Εκτίμηση Περιβαλ. Επιπτώσεων  |   | <b>Σύμβολο</b>            | ε | Ένωση Καταναλωτών       |
| 4 | Ανάλυση Κύκλου Ζωής           | ■ | Πλήρης Εφαρμογή           | μ | Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης |
| 5 | Ισοζύγιο Υλικών και Ενέργειας | □ | Μερική Εφαρμογή           | Ε | Ελεγκτικοί Φορείς       |



## ΠΙΝΑΚΑΣ 3

Παράδειγμα απλοποιημένης μήτρας ανάλυσης κύκλου ζωής (ΑΚΖ)

| <i>Περιβαλλοντικά<br/>Πεδία</i> | <i>Στάδια Κύκλου Ζωής</i>       |                 |                |              |                           |
|---------------------------------|---------------------------------|-----------------|----------------|--------------|---------------------------|
|                                 | <i>Απόκτηση<br/>πρώτων υλών</i> | <i>Παραγωγή</i> | <i>Διανομή</i> | <i>Χρήση</i> | <i>Τελική<br/>Διάθεση</i> |
| Κατανάλωση<br>Πρώτων Υλών       |                                 |                 |                |              |                           |
| Κατανάλωση<br>Ενέργειας         |                                 |                 |                |              |                           |
| Παραγωγή<br>Απορριμμάτων        |                                 |                 |                |              |                           |
| Ρύπανση<br>του Εδάφους          |                                 |                 |                |              |                           |
| Ρύπανση<br>Αέρα                 |                                 |                 |                |              |                           |
| Ρύπανση<br>Υδάτων               |                                 |                 |                |              |                           |
| Επίδραση<br>στο Οικοσύστημα     |                                 |                 |                |              |                           |

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

Εφαρμογή της μεθοδολογίας ΑΚΖ για τον προσδιορισμό των επιπτώσεων που προκαλούνται στο περιβάλλον από γυάλινη φιάλη 1 lt εμφιαλωμένου νερού της ελληνικής αγοράς, συναρτήσει του ποσοστού επαναπλήρωσης (αριθμού διαδρομών)

| Ποσοστό<br>Επαναπλήρωσης<br>(%)  | 0       | 50      | 80      | 90     | 95     | 96     | 97     | 100    |
|--|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Αριθμός<br>Διαδρομών   | 1       | 2       | 5       | 10     | 20     | 25     | 30     | ∞      |
| <i>Κατανάλωση Ενέργειας (MJ/1000 lt) και Νερού (kg/1000 lt)</i>                      |         |         |         |        |        |        |        |        |
| Ενέργεια   | 36656,3 | 21810,5 | 12903,0 | 9933,9 | 8449,3 | 8152,4 | 7855,5 | 6964,7 |
| Νερό   | 644,13  | 322,1   | 128,8   | 64,4   | 32,2   | 25,8   | 19,3   | 0      |
| <i>Αποδέσμευση Αέριων Αποβλήτων (gr/1000 lt)</i>                                     |         |         |         |        |        |        |        |        |
| Σωματίδια  | 2512,9  | 1399,3  | 731,1   | 508,4  | 397,0  | 374,8  | 352,5  | 285,7  |
| Μονοξείδιο<br>του Άνθρακα  | 238,9   | 188,9   | 159,0   | 149,0  | 144,0  | 143,0  | 142,0  | 139,0  |
| Υδρογονάνθρακες  | 528,1   | 280,6   | 132,1   | 82,6   | 57,9   | 52,9   | 48,0   | 33,1   |
| Οξείδια του Αζώτου   | 2814,1  | 2467,8  | 2260,1  | 2190,8 | 2156,2 | 2149,3 | 2142,3 | 2121,6 |
| Διοξείδιο του Θείου  | 4892,5  | 4393,8  | 4094,6  | 3994,8 | 3944,9 | 3935,0 | 3925,0 | 3895,1 |
| Οργανικές Πτητικές<br>Ενώσεις  | 93,2    | 78,0    | 68,8    | 65,8   | 64,3   | 64,0   | 63,7   | 62,7   |
| <i>Αποδέσμευση Υγρών (gr/1000 lt) και Στερεών Αποβλήτων (cm<sup>3</sup>/1000 lt)</i> |         |         |         |        |        |        |        |        |
| Αιωρούμενα<br>Σωματίδια  | 0,277   | 0,139   | 0,055   | 0,028  | 0,014  | 0,011  | 0,008  | 0      |
| Διαλυμένα<br>Σωματίδια   | 495,7   | 247,9   | 99,1    | 49,6   | 24,8   | 19,8   | 14,9   | 0      |
| BOD  | 0,277   | 0,139   | 0,055   | 0,028  | 0,014  | 0,011  | 0,008  | 0      |
| COD  | 0,83    | 0,42    | 0,17    | 0,08   | 0,04   | 0,03   | 0,02   | 0      |
| Στερεά<br>Απόβλητα   | 183011  | 91505,7 | 36602,3 | 18301  | 9150,6 | 7320,5 | 5490,3 | 0      |

Σημείωση: BOD, COD είναι δείκτες ρύπανσης.

## ΠΙΝΑΚΑΣ 5

Εφαρμογή της μεθοδολογίας ΑΚΖ για τον προσδιορισμό των επιπτώσεων που προκαλούνται στο περιβάλλον από γυάλινη φιάλη 1 lt εμφιαλωμένου νερού της ελληνικής αγοράς, συναρτήσει του ποσοστού ανακύκλωσης

| Ποσοστό Ανακύκλωσης (%)  | 25,3     | 50       | 75       | 100     |
|--|----------|----------|----------|---------|
| <i>Κατανάλωση Ενέργειας (MJ/1000 lt) και Νερού (kg/1000 lt)</i>                      |          |          |          |         |
| Ενέργεια   | 36656,3  | 36739,61 | 36823,95 | 36908,3 |
| Νερό   | 644,13   | 644,13   | 644,13   | 644,13  |
| <i>Αποδέσμευση Αέριων Αποβλήτων (gr/1000 lt)</i>                                     |          |          |          |         |
| Σωματίδια  | 2512,9   | 2521,4   | 2530,0   | 2538,6  |
| Μονοξείδιο του Άνθρακα   | 238,9    | 236,2    | 233,4    | 230,6   |
| Υδρογονάνθρακες  | 528,1    | 528,6    | 529,0    | 529,5   |
| Οξείδια του Αζώτου   | 2814,1   | 2842,3   | 2870,8   | 2899,3  |
| Διοξείδιο του Θείου  | 4892,5   | 4956,7   | 5021,8   | 5086,8  |
| Υδροχλώριο   | 9,87     | 9,87     | 9,87     | 9,87    |
| Οργανικές Πτητικές Ενώσεις   | 93,2     | 92,4     | 91,6     | 90,8    |
| <i>Αποδέσμευση Υγρών (gr/1000 lt) και Στερεών Αποβλήτων (cm<sup>3</sup>/1000 lt)</i> |          |          |          |         |
| Αιωρούμενα Σωματίδια   | 0,277    | 0,277    | 0,277    | 0,277   |
| Διαλελυμένα Σωματίδια  | 495,7    | 495,7    | 495,7    | 495,7   |
| BOD  | 0,277    | 0,277    | 0,277    | 0,277   |
| COD  | 0,83     | 0,83     | 0,83     | 0,83    |
| Έλαια  | 6,67     | 6,67     | 6,67     | 6,67    |
| Στερεά Απόβλητα  | 183011,4 | 124309,4 | 64894,4  | 5479,4  |

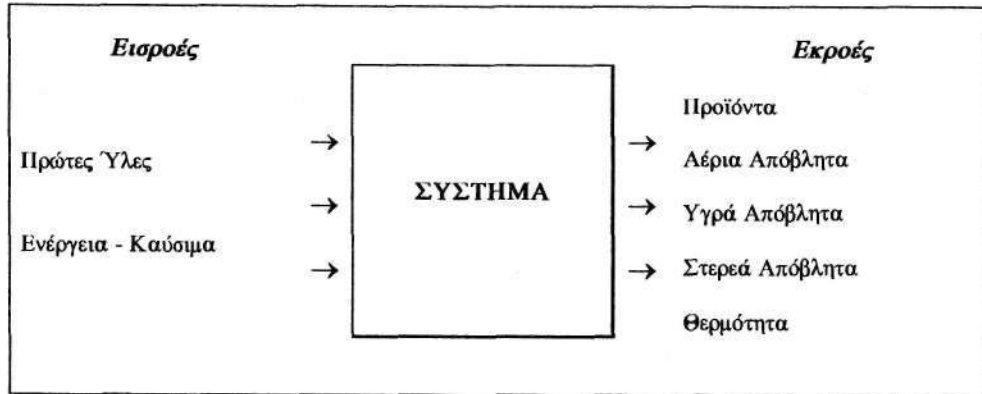
Σημείωση: BOD, COD είναι δείκτες ρύπανσης.

## ΠΙΝΑΚΑΣ 6

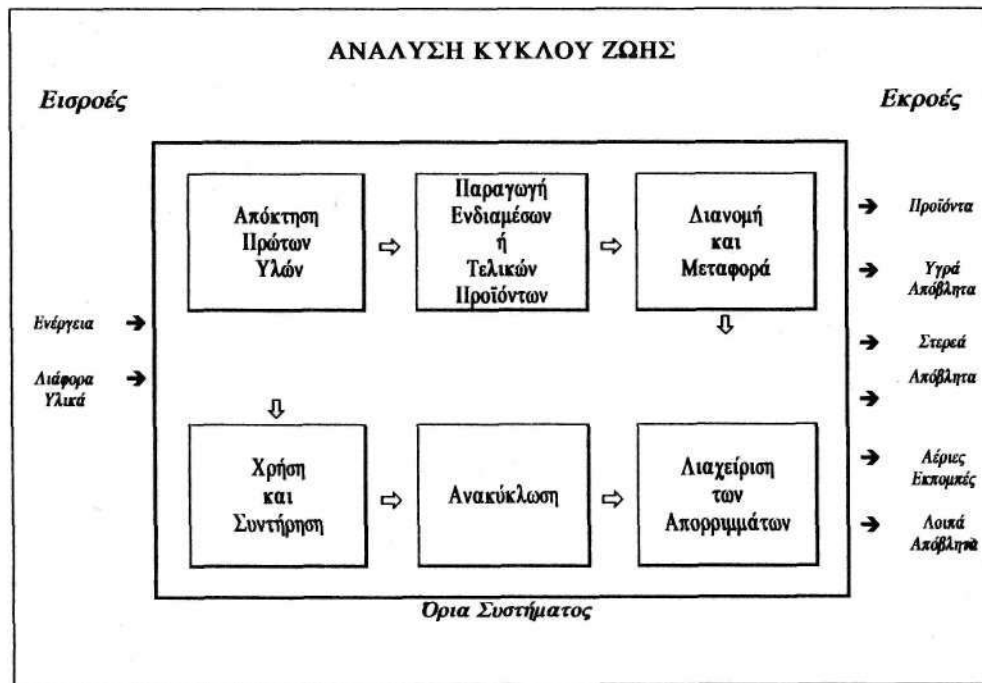
Εφαρμογή της μεθοδολογίας ΑΚΖ για τον προσδιορισμό των επιπτώσεων που προκαλούνται στο περιβάλλον από γυάλινη φιάλη 1 lt εμφιαλωμένου νερού της ελληνικής αγοράς, συναρτήσει του ποσοστού περιεχομένου ανακυκλούμενου υλικού

| Ποσοστό Περιεχομένου Ανακυκλούμενου Υλικού (%)                                       | 41,18    | 50       | 75       | 100      |
|--|----------|----------|----------|----------|
| <i>Κατανάλωση Ενέργειας (MJ/1000 lt) και Νερού (kg/1000 lt)</i>                      |          |          |          |          |
| Ενέργεια   | 36656,3  | 36268,3  | 35168,5  | 34068,8  |
| Νερό   | 644,13   | 547,55   | 273,78   | 0        |
| <i>Αποδέσμευση Αέριων Αποβλήτων (gr/1000 lt)</i>                                     |          |          |          |          |
| Σωματίδια  | 2512,9   | 2180,4   | 1238,0   | 295,7    |
| Μονοξείδιο του Άνθρακα   | 238,9    | 235,8    | 226,8    | 217,8    |
| Υδρογονάνθρακες  | 528,1    | 461,4    | 272,2    | 83,0     |
| Οξείδια του Αζώτου   | 2814,1   | 2731,3   | 2496,8   | 2262,3   |
| Διοξείδιο του Θείου  | 4892,5   | 4755,9   | 4368,5   | 3981,1   |
| Υδροχλώριο   | 9,87     | 8,39     | 4,19     | 0        |
| Οργανικές Πτητικές Ενώσεις   | 93,2     | 93,1     | 92,9     | 92,7     |
| <i>Αποδέσμευση Υγρών (gr/1000 lt) και Στερεών Αποβλήτων (cm<sup>3</sup>/1000 lt)</i> |          |          |          |          |
| Λιωρούμενα Σωματίδια   | 0,277    | 0,236    | 0,120    | 0,003    |
| Διαλελυμένα Σωματίδια  | 495,7    | 422,5    | 214,9    | 7,27     |
| BOD  | 0,277    | 0,236    | 0,120    | 0,003    |
| COD  | 0,83     | 0,71     | 0,36     | 0,01     |
| Έλαια  | 6,67     | 5,69     | 2,89     | 0,01     |
| Στερεά Απόβλητα  | 183011,4 | 182378,4 | 180584,3 | 178790,2 |

Σημείωση: BOD, COD είναι δείκτες ρύπανσης.



Διάγραμμα 1: Ροή ενέργειας, υλικών και ρυπαντών σε ένα σύστημα



Διάγραμμα 2: Τα υποσυστήματα του συστήματος του κύκλου ζωής προϊόντος

## Βιβλιογραφία

- Alber S.* (1985), "Oekobilanzen von Verpackungssystemen: Fallbeispiele fuer Oesterreich Institut fuer Wirtschaft und Umwelt des Oesterreichischen Arbeitskammertages", *Informationen zur Umweltpolitik*, Nr 25, pp. 1-31.
- Baumgartner T.* (1993), "Oekologische Produktentwicklung und Produktlinienanalyse", *Bauwelt*, Heft 6, pp. 244-247.
- Baumgartner T., Rubik F.* (1993), "Evaluation Techniques for Eco-Balances and Life Cycle Assessment", *European Environment*, No 3, pp. 18-22.
- Beevers A.*, (1993), "Calculating the Complete Story", *European Plastics News*, April, pp. 18-19.
- Berglund R. L., Lawson C. T.* (1992), "Preventing Pollution in the CPI", *Chemical Engineering*, February Supplement, pp. 17-30.
- Bingham G, Ervin C.* (1991), *Getting the Source - Strategies for Reducing Municipal Solid Waste*, Executive Summary - Excerpts from: "The Final Report of the Strategies for Source Reduction Steering Committee", World Wild Fund and The Conservation Foundation, Maryland.
- Boustead I.* (1986), "Energy Utilization", *Encyclopedia of Packaging Technology*, John Wiley and Sons, New York, pp. 266-270.
- Boustead I.* (1992), *Eco-Balance Methodology for Commodity Thermoplastics* European Centre for Plastics in the Environment - PWMI, Brussels.
- Boustead I., Hancock G. F.* (1979), *Handbook of Industrial Energy Analysis*, Ellis Horwood Limited / John Wiley & Sons, New York.
- Boustead I., Hancock G. F.* (1981), *Energy and Packaging*, Ellis Horwood Limited / John Wiley & Sons, New York.
- Boustead I., Lidgren K.* (1984), *Problems in Packaging: The Environmental Issue*, Ellis Horwood Limited / John Wiley & Sons, New York.
- Bridges J. S., Curran M. A., Hoagland N. T.* (1994), "Industrial Pollution Research Opportunities Using Life-Cycle Assessment Methodologies", Presented at the ASME Joint International Power Generation Conference, Phoenix, October 2-6.
- Bridgwater A. V., Lidgren K.* (1983), *Energy in Packaging and Waste*, Van Nostrand Reinhold (UK) Co. Ltd, Berkshire.
- Brown H. L., Hamel B. B. et al.* (1980), *Energy Analysis of 108 Industrial Processes*, Report to the U.S. Department of Energy, Philadelphia.
- Buehl R., Roder H.* (1992), *Ecobalances*, European Vinyls Corporation, Brussels,
- Consoli F. et al.* (1993), "Guidelines for Life-Cycle Assessment: A Code of Practice", From the SETAC Workshop, held at Sesimbra, Portugal, 31 March - 3 April.

- Curran M. A.* (1993), "Broad-Based Environmental Life Cycle Assessment", *Environ. Sci. Tech* no 1., vol. 27, No 3, pp. 430-436.
- Earl G., Moilanen T.* (1995), "A Practical Model for Economic Evaluation of Environmental Investment", *Chemical Technology Europe*, Vol. 2, No 5, pp. 17-19.
- Fava J. A., Consoli F., Denison R. A.* (1992), "Analyses of Product Life-Cycle Assessment Applications", *Life-Cycle Assessment - Workshop Report*, Society of Environmental Toxicology and Chemistry, April, pp. 125-131.
- Fava J. A., Denison R., Jones B., Curran M. A., Vigon B. et al.* (1991), *A Technical Framework for Life-Cycle Assessments*, SETAC Foundation, Vermont.
- Favre C. J.* (1994), "ISO Standardization concerning Quality and Environmental Management", Presented at the Federation of Greek Industries (FGI) Conference: Environmental Leadership - Business Strategies and Implementation, Athens, May 18.
- Fecker I.* (1992), *How to calculate an Ecological Balance*, EMPA, Report No 222, St. Gallen.
- Fouhy K.* (1993), "Life Cycle Analysis Sets New Priorities", *Chemical Engineering*, Vol. 100, No 7, pp. 30-39.
- Graedel T. E. et al.* (1995), "Matrix Approaches to Abridged Life Cycle Assessment", *Environmental Science and Technology*, Vol. 29, No 3, pp. 134-139.
- Hunt R. G., Franklin W. E.* (1975), "Resource and Environmental Profile Analysis of Beer Containers", *Chemtech*, August, pp. 474-481.
- Hunt R. G., Sellers J. D., Franklin W. E.* (1992), "Resource and Environmental Profile Analysis: A Life Cycle Environmental Assessment for Products and Procedures", *Environ. Impact Assess. Rev.*, No 12, pp. 245-269.
- Jackson S. L.* (1994), "Certification of Environmental Management Systems - ISO 9000 and Competitive Advantage", *Environmental TQM*, McGraw - Hill, pp. 33-42.
- Καρθούνης Σ. Κ.* (1991), *Διαχείριση του Περιβάλλοντος*, Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Πειραιάς.
- Keoleian G. A., Menerey D.* (1993), *Life Cycle Design Guidance Manual - Environmental Requirements and the Product System*, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- Kloepffer W.* (1992), "Survey of Activities", *Life-Cycle Assessment - Workshop Report*, Society of Environmental Toxicology and Chemistry, April, pp. 29-33.
- Le Jeune J. E. G.* (1994), "Eco-Errors", *Packaging Technology International*, No 2, pp. 26-27.
- Lindfors L. -G.* (1992), "Evaluation in Relation to Applications of LCA", *Life-Cycle Assessment -Workshop Report*, Society of Environmental Toxicology and Chemistry, April, pp. 107-109.
- Midwest Research Inst.* (1978), *Resource and Environmental Profile Analysis of Five Milk Container Systems*, Prepared for the "Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste", Kansas City.

- Official Journal of the European Communities* (1992), Annex I: Indicative Assessment Matrix, No L9916, 11.4.
- Richter K.* (1992), Oekobilanzen von Bauprodukten am Beispiel "Fenster" - Systemgrenzen und Schlussfolgerungen, EMPA, Duebendorf.
- Ross Hume Hall* (1990), *Health and the Global Environment*, Policy Press, UK.
- Rubik F.* (1993), Stellungnahme zum Fragenkatalog der Enquetekommission "Schutz des Menschen und der Umwelt" zur Expertenanhörung Oekobilanzen / Produktlinienanalyse, Institut fuer Oekologische Wirtschaftsforschung, IOeW - Diskussionspapier 22, Heidelberg.
- Rubik F.* (1991), Produktbilanzen: Die Produktlinienanalyse und verwandte Konzepte Institut fuer oekologisches Recycling (Ed.): Perspektive Abfallvermeidung - Oekologische Abfallwirtschaft., Berlin.
- Rubik F.* (1991), "Oekologische Produktbilanzierung: Ein Ueberblick", Verlag der oekologischen Briefe, Oekologische Briefe, Nr. 49, pp. 17-19.
- Rubik F.* (1992), "Instrumente zur oekologischen Bewertung von Produkten: Methodik und Funktionen der Produktlinienanalyse", Sonderdruck aus "Jahrbuch der Absatz - und Verbrauchsforschung", herausgegeben von der GfK-Nuernberg, Heft 4, pp. 318-341.
- Rubik F.* (1993), Konzeptionen sozio-oekologischer Bilanzierungen im Ueberblick Heinz Bernd (Hg.): Sozio-oekologische Gewinn - und Verlustrechnung, Protokoll eines Workshops der IG Chemie - Papier - Keramik, Hannover.
- Rubik F., Baumgartner T.* (1992), Technological Innovation in the Plastics Industry and its Influence on the Environmental Problems of the Plastic Waste: Evaluation of Eco-Balances, Monitor - Sast Activity (sast project No 7), Commission of the European Communities, Brussels.
- Rubik F., Baumgartner T.* (1992), "Produktlinienanalyse", DJU - Umweltschutz - Berater, 12 Erg.-Lfg., Juli 4.9.4.1., pp. 1-18.
- Seglin J. L.* (1990), *The McGraw Hill 36 - Hour Marketing Course*, McGraw, New York.
- Stoelting P., Rubik F.* (1992), Uebersicht ueber oekologische Produktbilanzen, Institut fuer Oekologische Wirtschaftsforschung (IOeW), Heidelberg.
- Sullivan M. S., Ehrenfeld J. R.* (1994), "Reducing Life Cycle Environmental Impacts: An Industry Survey of Emerging Tools and Programs", *Environmental TQM*, McGraw-Hill, pp. 283-304.
- Thalmann W. R.* (1988), "Oeko - Ausweis fuer die Verpackungspraxis", *Verpackungs - Rundschau*, Heft 9, pp. 939-942.
- Udo de Haes H. A.* (1992), "General Framework for Environmental Life-Cycle Assessment of Products", *Life-Cycles Assessment - Workshop Report*, Society of Environmental Toxicology and Chemistry, April, pp. 21-28.
- Udo de Haes H. A.* (1993), "Life Cycle Assessment: Designing for Sustainability", *Propack 93 - The Packaging Function: Environmental Issues Today and Tomorrow*, Conference Proceedings, 16-17 March.



*Umweltbundesamt* (1992), *Oekobilanzen fuer Produkte - Bedeutung - Sachstand - Perspectiven*, Texte 38, Berlin.

*Φιλόπουλος Β. Α., Ζερβός Μ.* (1997), «Τα Πρότυπα ISO 14000 και οι Επιπτώσεις τους στις Επιχειρήσεις», *Plant Management*, No 142, pp. 32-36.

*Vigon B. W., Tolle D. A. et al.* (1993), *Life Cycle Assessment: Inventory Guidelines and Principles*, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.

*Vohrer M.* (1992), "Waste Management in a Closed - Loop Economy", *Beverage Can Makers Europe News*, Nr 7, December, pp. 1-3.