

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών
Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας
και Περιβαλλοντικής Μηχανικής

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ

Επιμέλεια: Καθηγητής **Ν. ΜΟΥΣΙΟΠΟΥΛΟΣ**
Α. ΜΠΟΥΡΑ



Β' ΕΚΔΟΣΗ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 1999

Περιεχόμενα

Πρόλογος

Αναλυτική παρουσίαση της μεθοδολογίας κατά τη διεξαγωγή μιας μελέτης Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (AKZ) <i>A. Μπούρα</i>	1
Ανάλυση Κύκλου Ζωής - οικολογικό σήμα - ISO 14040 <i>A. Ξανθούλη - Κάτσου</i>	19
Εφαρμογή συστήματος περιβαλλοντικής διαχείρισης σύμφωνα με το ISO 14001 στην Σήμενς Τήλε Βιομηχανική Α.Ε. <i>A. Σταφυλίδης</i>	27
Ανάλυση Κύκλου Ζωής - προβληματισμοί στη βιομηχανία τροφίμων <i>Γ. Γαλάνης</i>	45
Ανάλυση Κύκλου Ζωής στη χημική βιομηχανία <i>X. Κορωναίος</i>	61
Ανάλυση Κύκλου Ζωής εκπομπών αερίων ρύπων από καύσιμα οχημάτων <i>Z. Σαμαράς και Α. Ντζιαχρήστος</i>	77
Διαχείριση απορριμμάτων και Ανάλυση Κύκλου Ζωής: δύο αλληλοσυμπληρούμενες θεματικές ενότητες <i>A. Καραγιαννίδης</i>	89
About the complexity of LCA applications in the field of waste management <i>Δ. Παπαμελετίου και L. Bontoux</i>	97
Ανάλυση Κύκλου Ζωής, οικολογικά υλικά και διεργασίες φιλικές προς το περιβάλλον <i>Δ.Ν.Τσιπάς, Ι.Κικέμοι Κιπλάγατ και Ο.Χαϊντάρ</i>	103
Ανάλυση Κύκλου Ζωής στην ενεργειακή τεχνική <i>N. Μουσιόπουλος, Α. Μπούρα και Α. Παπαδόπουλος</i>	115

Εισηγητές	129
Ερωτηματολόγιο HELCANET	131

Πρόλογος

Το Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής (ΕΜΘΠΜ) του Α.Π.Θ. τον τελευταίο χρόνο δραστηριοποιείται έντονα στον τομέα της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής - AKZ (LCA: Life Cycle Analysis). Το πολύ ισχυρό αυτό εργαλείο μπορεί να συμβάλει στη διαμόρφωση περιβαλλοντικών νόμων, να βοηθήσει τους κατασκευαστές να αναλύσουν τις διεργασίες τους και να βελτιώσουν τα προϊόντα τους καθώς επίσης και να διευκολύνει τους καταναλωτές παρέχοντάς τους τις πληροφορίες που χρειάζονται όταν πρόκειται να επιλέξουν μεταξύ διαφορετικών προϊόντων.

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής είναι μια τεχνική που αναπτύχθηκε τα τελευταία χρόνια προκειμένου να συμβάλει στην ορθότερη διαχείριση του περιβάλλοντος. Ουσιαστικά πρόκειται για μία νέα μεθοδολογία που έχει ως αντικείμενο την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων που συνδέονται με ένα προϊόν, μια διεργασία ή μια δραστηριότητα και η οποία επιτρέπει στον κατασκευαστή να προσδιορίσει ποσοτικά την ενέργεια και τις πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται και τα στερεά, υγρά ή αέρια απόβλητα που δημιουργούνται σε κάθε στάδιο της ζωής ενός προϊόντος, από την αρχή της δημιουργίας του μέχρι το τέλος της ζωής του. Η διεξαγωγή μιας μελέτης Ανάλυσης Κύκλου Ζωής περιλαμβάνει λεπτομερείς μετρήσεις κατά την κατασκευή ενός προϊόντος από τη στιγμή της παραγωγής των πρώτων υλών και του είδους της ενέργειας που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή, συσκευασία και μεταφορά του προϊόντος έως την χρήση του, την πιθανή επαναχρησιμοποίηση ή ανακύκλωσή του και την τελική του διάθεση. Τελικός σκοπός της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής είναι η αξιολόγηση των δυνατοτήτων περιορισμού των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, σε συνδυασμό με την ορθολογική χρήση πρώτων υλών και ενέργειας.

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (AKZ) ως δομημένο εργαλείο αναπτύχθηκε τα τελευταία χρόνια. Στην Ευρώπη η ανάπτυξη της τεχνικής του ως εργαλείο δομήθηκε ιδιαίτερα μέσω της εξάπλωσης της οικολογικής σήμανσης (Eco-labelling). Όπως είναι γνωστό η απόδοση οικολογικού σήματος σε ένα προϊόν προϋποθέτει την διενέργεια Ανάλυσης Κύκλου Ζωής του προϊόντος. Μέχρι σήμερα το Ευρωπαϊκό οικολογικό σήμα έχει αποδοθεί σε 191 προϊόντα. Σε διεθνές επίπεδο αναμένεται ακόμη μεγαλύτερη εξάπλωση της AKZ και μέσω της ένταξής του στην σειρά προτύπων ISO 14000. Το ISO 14040 είναι το πρότυπο που αναφέρεται στην AKZ ως εργαλείο περιβαλλοντικής διαχείρισης και αναπτύσσεται ιδιαίτερα τον τελευταίο καιρό.

Ο τρόπος με τον οποίο εξετάζονται τα περιβαλλοντικά θέματα μέσα από μια AKZ είναι ο ευρύτερος δυνατός έως σήμερα και γι' αυτό το Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής διακρίνοντας τις νέες τάσεις και εξελίξεις αποφάσισε από αρκετά νωρίς να υιοθετήσει την AKZ όχι μόνο σαν εργαλείο αλλά ως συνολικό

τρόπο σκέψης και αντιμετώπισης των περιβαλλοντικών προβλημάτων. Με βασικό στόχο την ενημέρωση, ιδιαίτερα της ελληνικής βιομηχανίας, προς άμεση εκμετάλλευση και αξιοποίηση της ΑΚΖ, το Εργαστήριο οργάνωσε στις 16 Δεκεμβρίου 1997 το πρώτο Σεμινάριο στην Ελλάδα σε θέματα Ανάλυσης Κύκλου Ζωής. Οι εισηγητές του Σεμιναρίου προέρχονταν από την ακαδημαϊκή κοινότητα (Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Columbia University), την βιομηχανία (ΣΗΜΕΝΣ ΤΗΛΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ Α.Ε., ΓΕΝΙΚΗ ΤΡΟΦΙΜΩΝ Α.Ε.) και εθνικούς φορείς (Ανώτατο Συμβούλιο Απονομής Οικολογικού Σήματος-ΑΣΑΟΣ, ΥΠΕΧΩΔΕ). Στην εκδήλωση εκπροσωπήθηκε και το Κοινό Ερευνητικό Κέντρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Εξαιτίας του αυξημένου ενδιαφέροντος που επιδείχθηκε από το κοινό (στην πλειοψηφία εκπρόσωποι βιομηχανίας) το Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής αποφάσισε να προχωρήσει στην έκδοση του παρόντος τεύχους που περιέχει τις εισηγήσεις του Σεμιναρίου. Επίσης πρωτοστάτησε στη σύσταση του Ελληνικού Δικτύου Ανάλυσης Κύκλου Ζωής HELCANET (Hellenic Life Cycle Assessment Network), στο οποίο μπορεί να ενταχθεί κάθε ενδιαφερόμενος αποστέλλοντας συμπληρωμένο το ερωτηματολόγιο που βρίσκεται στο τέλος του τεύχους.

Στο σημείο αυτό επιθυμούμε να ευχαριστήσουμε όλους τους εισηγητές για την συνεισφορά τους στην επιτυχία της εκδήλωσης.

Θεσσαλονίκη, Ιούλιος 1998

Καθ. Νικόλαος Μουσιόπουλος
Πρόεδρος Τμήματος Μηχανολόγων ΑΠΘ
Πρόεδρος της Οργανωτικής Επιτροπής
του Σεμιναρίου και του HELCANET

Αγγελική Μπούρα
Συντονίστρια του Σεμιναρίου
και του HELCANET

Αναλυτική παρουσίαση της μεθοδολογίας κατά τη διεξαγωγή μιας μελέτης Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (AKZ)

A. Μπούρα

*Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης*

Εισαγωγή

Η μελέτη Ανάλυσης Κύκλου Ζωής είναι ένα σύνολο συστηματικών διεργασιών με σκοπό την συλλογή και εξέταση των στοιχείων εισόδου και εξόδου των ενεργειακών ισοζυγίων και ισοζυγίων μάζας και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέονται με αυτά και προσδιορίζονται απευθείας μέσω της λειτουργίας του προϊόντος ή του συστήματος εξυπηρέτησης κατά την διάρκεια του κύκλου ζωής.

Πρόκειται δηλαδή για ένα εργαλείο περιβαλλοντικής διαχείρισης και λήψης αποφάσεων που σκοπό έχει να αποτιμήσει τις επιδράσεις από την χρήση ενέργειας και την επεξεργασία υλικών, συμπεριλαμβανομένης της απόρριψης αποβλήτων στο περιβάλλον, και να εκτιμήσει τις δυνατότητες επίτευξης περιβαλλοντικών βελτιώσεων σε συνδυασμό με την ορθολογική χρήση πρώτων υλών και ενέργειας.

Το πολύ ισχυρό αυτό εργαλείο μπορεί να συμβάλει στη διαμόρφωση περιβαλλοντικών νόμων, να βοηθήσει τους κατασκευαστές να αναλύσουν τις διεργασίες τους και να βελτιώσουν τα προϊόντα τους καθώς επίσης και να διευκολύνει τους καταναλωτές παρέχοντάς τους τις πληροφορίες που χρειάζονται όταν πρόκειται να επιλέξουν μεταξύ διαφορετικών προϊόντων.

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (AKZ) ως εργαλείο αναπτύχθηκε τα τελευταία χρόνια. Στην Ευρώπη η ανάπτυξή της συνδυάστηκε με την εξάπλωση της οικολογικής σήμανσης (Κανονισμός EOK 880/92): Η θέσπιση κριτηρίων για την απονομή οικολογικού σήματος σε ένα προϊόν προϋποθέτει την διενέργεια Ανάλυσης Κύκλου Ζωής του προϊόντος. Μέχρι σήμερα το Ευρωπαϊκό οικολογικό σήμα έχει απονεμηθεί σε 192 προϊόντα. Σε διεθνές επίπεδο αναμένεται ακόμη μεγαλύτερη εξάπλωση της AKZ μέσω της ένταξής της στη σειρά προτύπων ISO 14000. Το ISO 14040 είναι το πρότυπο που αναφέρεται στην AKZ ως εργαλείο περιβαλλοντικής διαχείρισης και αναπτύσσεται ιδιαίτερα τον τελευταίο καιρό σε παγκόσμια κλίμακα.

1 Ιστορική αναδρομή

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής ως έννοια υπάρχει εδώ και 35 χρόνια. Στις τελευταίες δύο δεκαετίες ο κόσμος άρχισε να συνειδητοποιεί ότι η κατανάλωση πρώτων υλών, όσο και οι διαδικασίες μετατροπής τους, έχουν αρνητικές επιπτώσεις στα αποθέματα ενέργειας και στο περιβάλλον που απειλείται να καταστραφεί από την αλόγιστη χρήση των φυσικών πόρων.

1960 - 1970

Κατά τη δεκαετία του '60 αρχίζει να απασχολεί τους ειδικούς το «πεπερασμένο» των ενεργειακών αποθεμάτων καθώς και των αποθεμάτων πρώτων (ακατέργαστων) υλών. Η πρώτη Ανάλυση Κύκλου Ζωής πραγματοποιήθηκε από την Coca Cola το 1969. Η εν λόγω εταιρία ανέθεσε στο Midwest Research Institute την διεξαγωγή έρευνας σχετικής με την τυποποίηση των προϊόντων της. Η έρευνα θα αναζητούσε νέα υλικά εμφιάλωσης με λιγότερες ενεργειακές απώλειες και περιβαλλοντικές επιπτώσεις και θα αξιολογούσε τα ήδη χρησιμοποιούμενα υλικά. Αυτή η μέθοδος έγινε γνωστή ως REPA (Resource and Environmental Profile Analysis).

1970 - 1980

Κατά τη δεκαετία του '70 και άλλες εταιρείες στις ΗΠΑ πραγματοποίησαν παρόμοιες, και προς την ίδια κατεύθυνση έρευνες. Οι ανάλογες έρευνες στην Γηραιά Ήπειρο έγιναν γνωστές ως έρευνες οικολογικού ισοζυγίου (Ecobalances). Όσο κλιμακωνόταν η πετρελαϊκή κρίση, το ενδιαφέρον για ΑΚΖ μεγάλωνε. Από τις αρχές της δεκαετίας του '80, το ενδιαφέρον της Αμερικής για ΑΚΖ έφθινε σταδιακά, λόγω της εξασθένησης της επίδρασης που ασκούσε η ενεργειακή κρίση. Από την άλλη στην Ευρώπη το ενδιαφέρον αυξανόταν: σύντομα μετά την ίδρυσή της, η Περιβαλλοντική Διεύθυνση της Ευρωπαϊκής Κοινότητας έθεσε το έτος 1985 ως θέμα έρευνας τη συσκευασία των υγρών τροφίμων. Το αποτέλεσμα ήταν να ανατεθεί σε μέλη εταιρειών η επιμέλεια της ενέργειας και της κατανάλωσης ακατέργαστων υλών, όπως και η έρευνα παραγωγής προβληματικών συσκευασιών τροφίμων. Αυτό τελικά ενθάρρυνε τη χρήση του οικολογικού ισοζυγίου στην Ευρώπη.

1980 - 1990

Στα τέλη της δεκαετίας του '80 και όσο η παραγωγή και διάθεση επιζήμιων, για το περιβάλλον, συσκευασιών αναγνωριζόταν ολοένα και περισσότερο ως θέμα μείζονος σημασίας, η ΑΚΖ ανέκυψε πάλι ως μέθοδος για την ανάλυση των περιβαλλοντικών προβλημάτων στη Αμερική και την Ευρώπη. Δεν είναι τυχαίο το γεγονός ότι την ίδια περίοδο η ανακύκλωση των συσκευασιών άρχισε να κερδίζει έδαφος.

1990 - 1995

Το 1990 μια ΑΚΖ που διεξήχθη από τον Arthur D. Little αναφορικά με τις βρεφικές πάνες και χρηματοδοτήθηκε από την Procter & Gamble, αποτέλεσε ορόσημο στις σχετικές μελέτες. Η έρευνα έδειξε ότι οι πάνες μιας χρήσεως δεν ήταν τελικά τόσο επιβλαβείς για το περιβάλλον συγκριτικά με τις επαναχρησιμοποιούμενες υφασμάτινες. Μέχρι εκείνη τη στιγμή το κοινό διατηρούσε την αντίληψη ότι οι πάνες μιας χρήσης γέμιζαν τις χωματερές της χώρας. Από τότε και μετά η εκδήλωση ενδιαφέροντος για

την ΑΚΖ από βιομηχανίες, κυβερνήσεις και ακαδημαϊκά ιδρύματα σε διεθνές επίπεδο αυξάνει συνεχώς.

1995 - Σήμερα

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής χρησιμοποιείται σήμερα ευρύτατα τόσο σε ποσοτικές αναλύσεις κύκλου ζωής όσο και στον σχεδιασμό και την στρατηγική λήψης αποφάσεων. Η ανάπτυξη της στην Ελλάδα είναι εξαιρετικά περιορισμένη προς το παρόν. Εφαρμόζεται μόνο από πολυεθνικές εταιρείες που έχουν την δυνατότητα να μεταφέρουν αυτούσια την τεχνογνωσία που απαιτείται για την εκπόνηση μιας μελέτης ΑΚΖ από τις μητρικές τους εταιρείες.

2 Στάδια κύκλου ζωής

Η ανάλυση περιλαμβάνει ολόκληρο τον κύκλο ζωής του προϊόντος από την αρχή της δημιουργίας του έως το τέλος της ζωής του: απόκτηση πρώτων υλών, κατασκευή, συσκευασία/ τυποποίηση, μεταφορά/ διανομή, χρήση/ επαναχρησιμοποίηση/ συντήρηση, ανακύκλωση/ ανάκτηση αποβλήτων και τελική διάθεση/ απόρριψη.

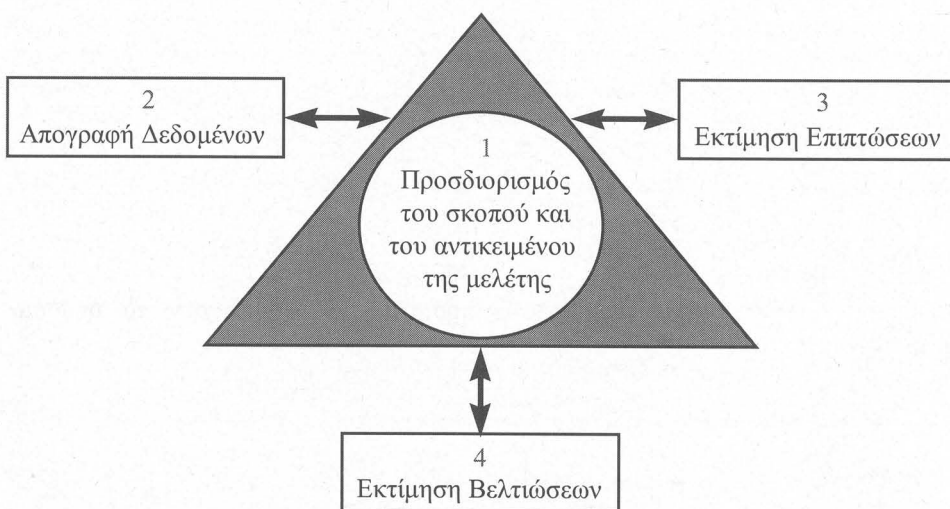
	<ul style="list-style-type: none"> • Απόκτηση πρώτων υλών
	<ul style="list-style-type: none"> • Κατασκευή (υλικών και προϊόντων)
	<ul style="list-style-type: none"> • Συσκευασία / Τυποποίηση
	<ul style="list-style-type: none"> • Μεταφορά/ Διανομή
	<ul style="list-style-type: none"> • Χρήση/ Επαναχρησιμοποίηση/ Συντήρηση
	<ul style="list-style-type: none"> • Ανακύκλωση/ Ανάκτηση αποβλήτων
	<ul style="list-style-type: none"> • Τελική διάθεση/ Απόρριψη

Σχήμα 1: Τα στάδια κύκλου ζωής

3 Μεθοδολογία

Το πλαίσιο μεθοδολογίας της ΑΚΖ που προτείνεται από τον SETAC (Society of Environmental Toxicology and Applied Chemistry) αποτελείται από τέσσερα βασικά στάδια:

1. Προσδιορισμός του σκοπού και του αντικειμένου της μελέτης
2. Απογραφή δεδομένων
3. Εκτίμηση επιπτώσεων
4. Εκτίμηση βελτιώσεων



Σχήμα 2: Τα στάδια της μεθοδολογίας κατά SETAC

Ορισμός ΑΚΖ κατά SETAC

“Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής είναι μια τεχνική εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων που συνδέονται με κάποιο προϊόν, διεργασία ή δραστηριότητα προσδιορίζοντας και ποσοτικοποιώντας την ενέργεια και τα υλικά που χρησιμοποιούνται, καθώς και τα απόβλητα που απελευθερώνονται στο περιβάλλον, εκτιμώντας τις επιπτώσεις από την χρήση της ενέργειας και των υλικών καθώς και των αποβλήτων και αναγνωρίζοντας και εκτιμώντας τις δυνατότητες περιβαλλοντικών βελτιώσεων. Η ανάλυση περιλαμβάνει ολόκληρο τον κύκλο ζωής του προϊόντος, της διεργασίας ή της δραστηριότητας: εξαγωγή και επεξεργασία πρώτων υλών, κατασκευή, μεταφορά και διανομή, χρήση, επαναχρησιμοποίηση, συντήρηση, ανακύκλωση και τελική απόρριψη.”

3.1 Προσδιορισμός του σκοπού και του αντικειμένου της μελέτης

Εδώ προσδιορίζεται η επιδίωξη της μελέτης, το αντικείμενό της, ορίζεται η λειτουργική μονάδα, και καθορίζεται η διαδικασία για την ποιοτική εξασφάλιση της μελέτης. Τα δεδομένα και οι πληροφορίες που απαιτούνται για την υποστήριξη της απογραφής δεδομένων, της εκτίμησης των επιπτώσεων, και της εκτίμησης βελτιώσεων θα πρέπει να εντοπιστούν κατά τον προσδιορισμό του σκοπού και του αντικειμένου της μελέτης. Για παράδειγμα, για το στάδιο της εκτίμησης επιπτώσεων, θα πρέπει σ' αυτή τη φάση να καθοριστούν οι κατηγορίες επιπτώσεων και η συλλογή δεδομένων να είναι συμβατή με τον σκοπό της εκτίμησης επιπτώσεων.

3.1.1 Επιδίωξη

Όταν ξεκινά μια Ανάλυση Κύκλου Ζωής, είναι απαραίτητο να οριστεί με σαφήνεια η επιδίωξη της μελέτης. Αυτή θα πρέπει να περιλαμβάνει μια ξεκάθαρη δήλωση της αιτίας διεξαγωγής της ΑΚΖ, και της επιδιωκόμενης χρήσης των αποτελεσμάτων. Η επιδίωξη θα πρέπει να προσδιοριστεί βάσει του ποια απόφαση θα στηριχθεί στα αποτελέσματα αυτής της ανάλυσης, και ποιες πληροφορίες απαιτούνται, σε ποιο βαθμό ανάλυσης, και για ποιο σκοπό. Μια βασική θεώρηση είναι το αν τα αποτελέσματα της ΑΚΖ θα χρησιμοποιηθούν για εσωτερικές εφαρμογές σε μια εταιρεία για την βελτίωση της περιβαλλοντικής απόδοσης του συστήματος, ή αν τα αποτελέσματα θα χρησιμοποιηθούν εξωτερικά, για παράδειγμα, για να επηρεάσουν το δημόσιο συμφέρον.

3.1.2 Αντικείμενο

Το αντικείμενο μιας μελέτης καθορίζει το σύστημα, τα όρια, τις απαιτήσεις δεδομένων, τις υποθέσεις, και τους περιορισμούς. Πρέπει να καθορίζεται με λεπτομέρεια ώστε να εξασφαλίζει ότι το εύρος και το βάθος της ανάλυσης είναι συμβατά και επαρκή, απευθυνόμενα στον ήδη διατυπωμένο σκοπό. Όλα τα όρια, η εκάστοτε μεθοδολογία, οι κατηγορίες δεδομένων, και οι υποθέσεις θα πρέπει να διατυπώνονται ξεκάθαρα και με σαφήνεια, συμπεριλαμβανομένης σ' αυτά της γεωγραφικής έκτασης (τοπική, εθνική, περιφερειακή, ηπειρωτική και παγκόσμια), και του χρόνου (διάρκεια ζωής προϊόντος, χρονικός ορίζοντας κατεργασίας και επιδράσεων). Είναι επίσης απαραίτητο να συμπεριληφθεί μια εκτίμηση της μεταβλητότητας των δεδομένων, εκτός της μέσης τιμής.

3.1.3 Λειτουργική μονάδα

Αποτελεί ένα θεμελιώδες βήμα για την αποφυγή ασαφειών κατά την διατύπωση του σκοπού και για να ξεκαθαριστεί η βάση του αντικειμένου. Είναι ένα μέτρο απόδοσης του συστήματος. Θα πρέπει να είναι πλήρως καθορισμένη, μετρήσιμη και σχετική με τα δεδομένα εισόδου και εξόδου. Παραδείγματα λειτουργικών μονάδων είναι 'μονάδα επιφάνειας μιας περιοχής που καλύπτεται με μπογιά σε ένα ορισμένο χρονικό

διάστημα', 'η συσκευασία που χρησιμοποιείται για την διάθεση μιας δεδομένης ποσότητας αναφυκτικού', ή 'η ποσότητα καθαριστικών που απαιτούνται για την καθαριότητα ενός νοικοκυριού'. Σε συγκριτικές μελέτες, είναι απαραίτητο τα συστήματα να συγκρίνονται με βάση ισοδύναμες μονάδες.

3.1.4 Εκτίμηση ποιότητας δεδομένων

Η ποιότητα δεδομένων της ΑΚΖ ορίζεται ως ο βαθμός αξιοπιστίας ανάμεσα στα δεδομένα εισόδου και εξόδου ξεχωριστά, και στα δεδομένα σαν σύνολο, και τελικά στις αναφορές που βασίζονται στη χρήση των δεδομένων. Οι στόχοι συγκεκριμένης ποιότητας δεδομένων θα πρέπει να διατυπώνονται ξεκάθαρα κατά το στάδιο προσδιορισμού του σκοπού και του αντικειμένου της μελέτης. Η χρησιμότητα και η αξιοπιστία της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής εξαρτάται άμεσα από την ποιότητα δεδομένων. Παρά τη σημαντική εξέλιξη των μεθόδων ΑΚΖ που σημειώθηκε τελευταία, η αμφισβήτησή τους με βάση την ποιότητα των δεδομένων είναι εμφανής.

Η ποιότητα δεδομένων επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες:

- την πηγή των δεδομένων
- τη μέθοδο συλλογής
- τον τρόπο παραγωγής τους
- το κόστος και το χρόνο συλλογής

Οι πηγές των δεδομένων μπορεί να είναι πρωτογενείς (όπως για τα δεδομένα που συλλέγονται για ειδικές διαδικασίες) ή δευτερογενείς (όπως για αυτά που συλλέγονται από αναφορές ή άλλες δημοσιευμένες πηγές). Αυτές προέρχονται από:

- βιομηχανικές και κρατικές αναφορές
- δεδομένα εργαστηριακών δοκιμών
- βιβλία αναφοράς
- δημοσιεύσεις και βάσεις δεδομένων
- λίστες θεσμοθετημένων ορίων
- συμβούλους και εμπορικούς συνδέσμους
- παρόμοιες μελέτες ΑΚΖ

Η συλλογή των δεδομένων μπορεί να γίνει σε διάφορα επίπεδα:

- μέσες τιμές (μηνιαίες / ετήσιες)
- μικτά δεδομένα
- σταθερά δεδομένα
- κανονικοποιημένα δεδομένα

Επίσης δεδομένα μπορούν να παραχθούν με διάφορους τρόπους:

- ακριβείς μετρήσεις
- εκτιμήσεις / δείγματα
- μοντέλα / υπολογισμούς

Κόστος και χρόνος για τη συλλογή των δεδομένων

Η ποιότητα των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί για μια ΑΚΖ εξαρτάται από την προσπάθεια και τον χρόνο που έχει αφιερωθεί στη μελέτη, όπως και από τη διαθεσιμότητά τους. Επομένως οι στόχοι της ποιότητας δεδομένων πρέπει να καθοριστούν από νωρίς στη διαδικασία για να εξασφαλιστεί ένας ικανοποιητικός αριθμός φυσικών πόρων που προσδιορίζονται στη μελέτη.

Δείκτες ποιότητας δεδομένων

Οι στόχοι της ποιότητας δεδομένων βρίσκονται σε συμφωνία με ειδικούς δείκτες. Αυτοί μπορεί να είναι είτε ποιοτικοί είτε ποσοτικοί. Επιλέγονται ανάλογα με τον σκοπό της ΑΚΖ και τις μεθοδολογίες που έχουν ορισθεί για τη μελέτη.

Σκοπός μελέτης Δείκτες	Βελτίωση εσωτερικής παραγωγής	Αξιολόγηση προϊόντος	Προώθηση προϊόντος
Ποσοτικοί δείκτες			
ακρίβεια	+	+	+
πληρότητα	+	+	+
κατανομή		+	+
ομοιογένεια			+
σχέσεις αλληλεξάρτησης			
αβεβαιότητα			+
Ποιοτικοί δείκτες			
αλληλουχία	+	+	+
εφαρμοσιμότητα		+	+
συγκρισιμότητα		+	+
αντιπροσωπευτικότητα			+
αναγνώριση ιδιομορφιών		+	+
ικανότητα αναπαραγωγής	+	+	+
διαθεσιμότητα			+

Σχήμα 3: Παράδειγμα πίνακα χρήσης δεικτών ποιότητας δεδομένων

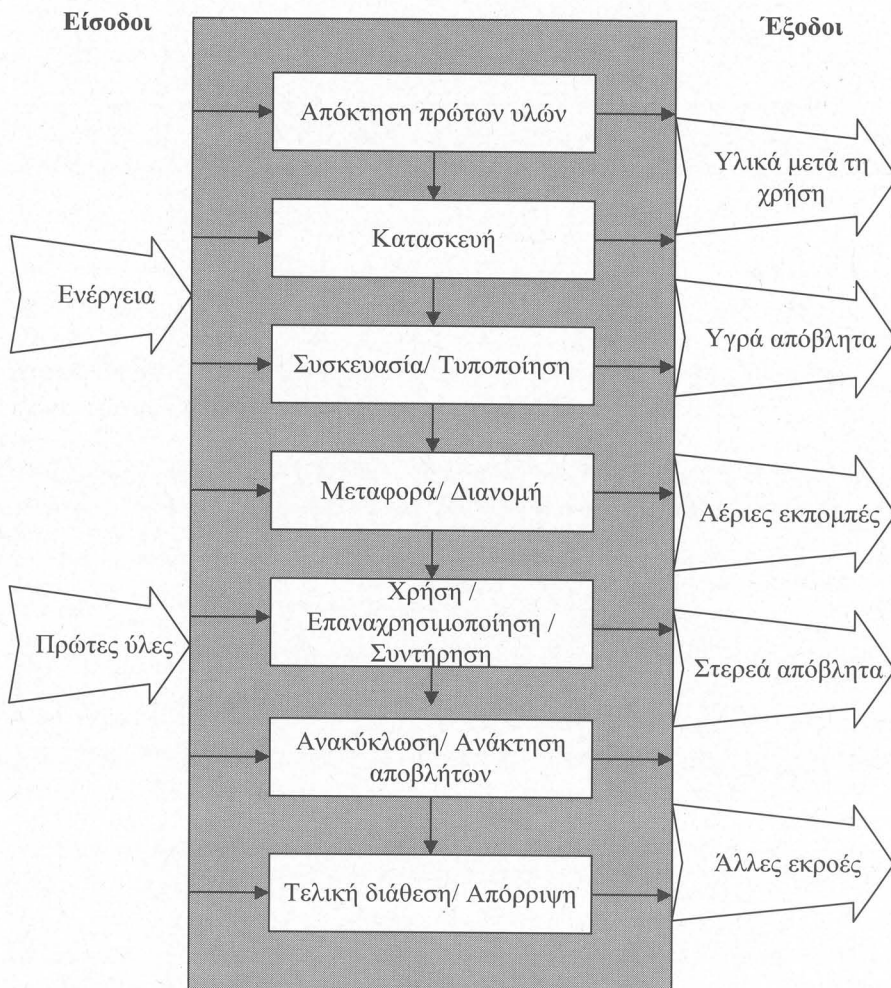
3.2 Απογραφή δεδομένων

Οι βασικές αρχές της ΑΚΖ που περιγράφονται παρακάτω, απευθύνονται σε κάθε δραστηριότητα που περιλαμβάνει την άμεση ή έμμεση χρήση ενέργειας ή μάζας.

3.2.1 Καθορισμός και οριοθέτηση του συστήματος

Κατά το στάδιο της απογραφής δεδομένων, κάθε προϊόν θα πρέπει να παρουσιάζεται ως ένα σύστημα. Ως σύστημα ορίζεται ένα σύνολο από διεργασίες που συνδέονται υλικά ή ενεργειακά (π.χ. διαδικασία κατασκευής, διαδικασία μεταφοράς, ή διαδικασία εξόρυξης καυσίμων) το οποίο πραγματοποιεί κάποια καθορισμένη λειτουργία. Το σύστημα διαχωρίζεται από αυτά που το περιβάλλουν μέσω κάποιων ορίων. Ολόκληρη η περιοχή έξω από τα όρια είναι γνωστή ως “το περιβάλλον του συστήματος”.

Καθορισμός συστήματος - Διάγραμμα ροής διεργασίας



Σχήμα 4: Οριοθέτηση συστήματος - Γενικό διάγραμμα ροής διεργασίας

Κάθε σύστημα μπορεί να παρουσιαστεί σαν ένα κουτί, όπου το σύνολο των διεργασιών περικλείεται μέσα σ' αυτό. Το περίγραμμα του κουτιού επισημαίνει τα όρια του συστήματος και διαχωρίζει το σύστημα από τον περιβάλλοντα χώρο του.

Το περιβάλλον του συστήματος είναι η πηγή όλων των ροών που εισέρχονται στο σύστημα και η καταβόθρα όλων των ροών που εξέρχονται απ' αυτό. Η απογραφή δεδομένων είναι μια ποσοτική περιγραφή όλης της ροής μάζας και ενέργειας δια μέσου των ορίων του συστήματος.

Το σύστημα θα πρέπει να καθορίζεται, όχι μόνο με βάση την λειτουργία του, αλλά και αναφορικά με άλλους σχετικούς παράγοντες όπως πηγές εισερχομένων, τυχόν ιδιαίτερες παρεκβάσεις της πορείας της εσωτερικής διαδικασίας, γεωγραφικές θεωρήσεις, και χρονικά όρια. Οι πηγές δεδομένων για τον υπολογισμό της απογραφής πρέπει να συμφωνούν με αυτούς τους παράγοντες.

Για να συλλεχθούν τα εισερχόμενα και τα εξερχόμενα ενός συστήματος, το σύστημα πρέπει να διασπαστεί σε μια αλληλουχία διεργασιών ή υποσυστημάτων. Καθένα από αυτά έχει ως είσοδο την έξοδο μιας διεργασίας που προηγείται, ενώ η έξοδος του υποσυστήματος λογίζεται ως είσοδος για την επόμενη διεργασία που ακολουθεί. Ο βαθμός της υποδιαίρεσης του συνολικού συστήματος σε επιμέρους διεργασίες καθορίζεται συχνά από την διαθεσιμότητα δεδομένων και τις απαιτήσεις που τίθενται κατά τον προσδιορισμό του σκοπού και του αντικειμένου της μελέτης ΑΚΖ.

Είναι σημαντικό να προσδιορίζονται με σαφήνεια τα βοηθητικά δεδομένα εισόδου για το υπό μελέτη σύστημα. Οι παραδοχές που έχουν γίνει επί του προκειμένου θα πρέπει να είναι ξεκάθαρα διατυπωμένες στην τελική έκθεση της μελέτης ΑΚΖ. Τα βοηθητικά δεδομένα που έχουν συλλεχθεί θα πρέπει να εισέρχονται στο σύστημα εξ αρχής και να λογίζονται ως είσοδοι του πρώτου υποσυστήματος (π.χ. της εξόρυξης των α' υλών από το έδαφος). Στις συνολικές εξερχόμενες ροές (από όλα τα υποσυστήματα) θα πρέπει να συνεκτιμώνται αυτές της απόρριψης στο περιβάλλον (π.χ. η ταφή ή η αποτέφρωση θα πρέπει να περιλαμβάνονται στο σύστημα). Όλες οι διαδικασίες μεταφοράς θα πρέπει επίσης να περιλαμβάνονται στο σύστημα.

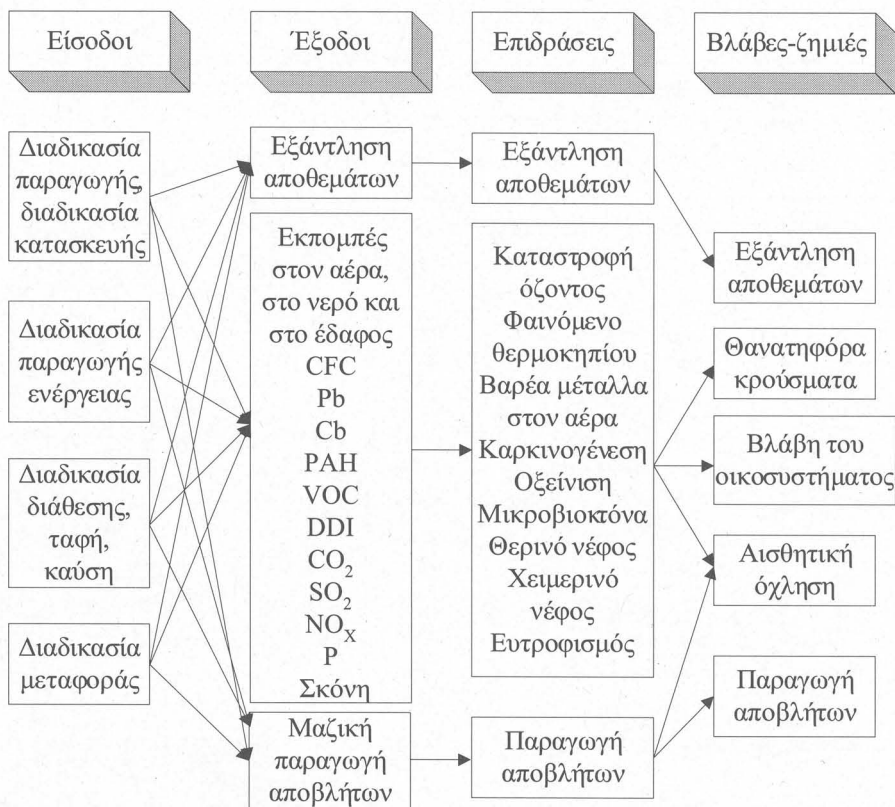
3.2.2 Διαγράμματα ροής διεργασίας

Ο καλύτερος τρόπος παρουσίασης των στοιχείων που απαρτίζουν ένα σύστημα είναι η ανάπτυξη ενός διαγράμματος ροής που να παριστάνει τον τρόπο διασύνδεσης των υποσυστημάτων. Για τα περισσότερα βιομηχανικά συστήματα, ένα διάγραμμα ροής αποτελείται από τρεις βασικές ομάδες διεργασιών: τη σειρά της βασικής παραγωγής, την παραγωγή βοηθητικών υλών, και τις βιομηχανίες παραγωγής καυσίμου. Η σειρά βασικής παραγωγής συχνά είναι η ευκολότερη να προσδιοριστεί. Παρόλα αυτά, η ανάλυση ακόμη και απλών συστημάτων απαιτεί δεδομένα από μία μεγάλη ποικιλία βιομηχανιών, κάποιες από τις οποίες αποκλίνουν από τη σειρά βασικής παραγωγής. Ένα απλό διάγραμμα ροής δείχνει όλα τα κύρια στοιχεία κατά τη διάρκεια ζωής ενός προϊόντος. Αυτό βοηθάει στην αναγνώριση των ορίων του συστήματος.

Κατά το στάδιο της απογραφής δεδομένων θα πρέπει να προσδιοριστούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του υπό εξέταση συστήματος. Η περιβαλλοντική επίπτωση ενός προϊόντος μπορεί να περιγραφεί με διάφορους τρόπους, αλλά γενικά καταλήγει

στον υπολογισμό της επίπτωσης του προϊόντος εξετάζοντας στις εξόδους, τις επιπτώσεις ή καταστροφές που προκαλούνται σε μια ή περισσότερες φάσεις του κύκλου ζωής.

Κάνοντας μια εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του προϊόντος, οι σχεδιαστές ή οι κατασκευαστές μπορούν να δουν ποια φάση του προϊόντος έχει την μεγαλύτερη επίπτωση. Έχοντας αυτή την πληροφορία είναι δυνατόν να εντοπιστούν τα πιο σημαντικά προβλήματα και σε ποιο στάδιο της ζωής του προϊόντος συμβαίνουν.



Σχήμα 5: Παράδειγμα σχηματικής απεικόνισης περιβαλλοντικών επιπτώσεων

3.3 Εκτίμηση επιπτώσεων

Η εκτίμηση επιπτώσεων στην ΑΚΖ είναι μια ποσοτική ή / και ποιοτική διεργασία που χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει και να εκτιμήσει τις αρνητικές συνέπειες των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προσδιορίζονται κατά την φάση της απογραφής. Η εκτίμηση επιπτώσεων είναι υπό ανάπτυξη και δεν υπάρχουν κοινά αποδεκτές μεθοδολογίες.

Η εκτίμηση επιπτώσεων αποτελείται από τα ακόλουθα τρία βήματα: ταξινόμηση, χαρακτηρισμός και αξιολόγηση.