

## Ανάλυση Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ)

Η ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΕΙΝΑΙ ΜΙΑ ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΕΝΟΣ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ



LIFE04 ENV/GR/110

Όσο η περιβαλλοντική συνείδηση αυξάνει με τη πάροδο των χρόνων, τόσο η περιβαλλοντική επίδοση των προϊόντων έχει γίνει ζήτημα μέγιστης σημασίας από τότε που κάθε προϊόν έχει «ζωή». Η «ζωή» ενός προϊόντος ξεκινά με τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη του και τελειώνει με τις δραστηριότητες στο τέλος της ζωής του (όπως συλλογή, ανακύκλωση, επαναχρησιμοποίηση, τελική διάθεση μέσα από τα παρακάτω στάδια:

- Χρήση πρώτων και βοηθητικών υλών

Όλες οι απαιτούμενες δραστηριότητες για τη λήψη των πρώτων και βοηθητικών υλών και ενέργειας από το περιβάλλον (συμπεριλαμβανομένης της μεταφοράς τους στη μονάδα όπου θα χρησιμοποιηθούν)

- Διαδικασία παραγωγής – κατασκευής

Όλες οι δραστηριότητες που απαιτούνται για τη μετατροπή των πρώτων και βοηθητικών υλών και ενέργειας στο τελικό προϊόν (στην πράξη, το στάδιο αυτό αποτελείται από επιμέρους στάδια όπου παράγονται ενδιάμεσα προϊόντα)

- Μεταφορά και διανομή του τελικού προϊόντος στον καταναλωτή

- Χρήση, επαναχρησιμοποίηση και συντήρηση

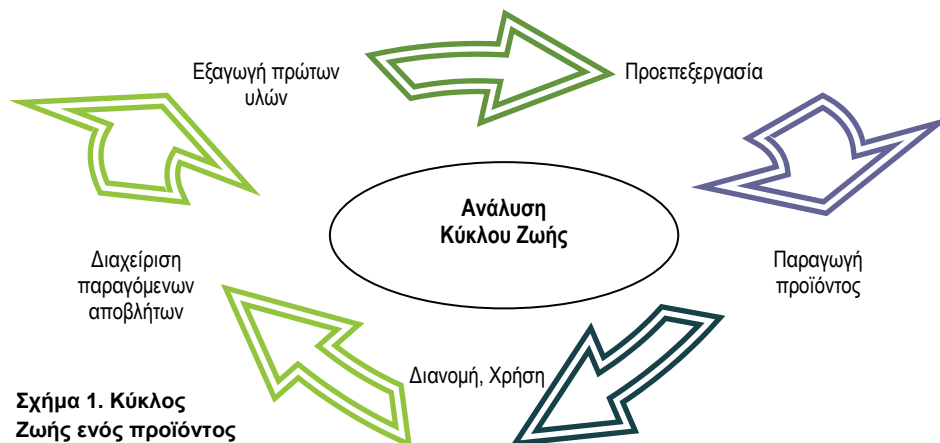
Αξιοποίηση του προϊόντος μετά την τελική χρήση του

- Ανακύκλωση

Ανάκτηση του προϊόντος μετά την ολοκλήρωση του ωφέλιμου χρόνου ζωής του και χρήση του είτε στη διαδικασία παραγωγής προϊόντων του ίδιου είδους είτε για την παραγωγή άλλων προϊόντων

- Διαχείριση αποβλήτων

Ξεκινάει μετά την ολοκλήρωση



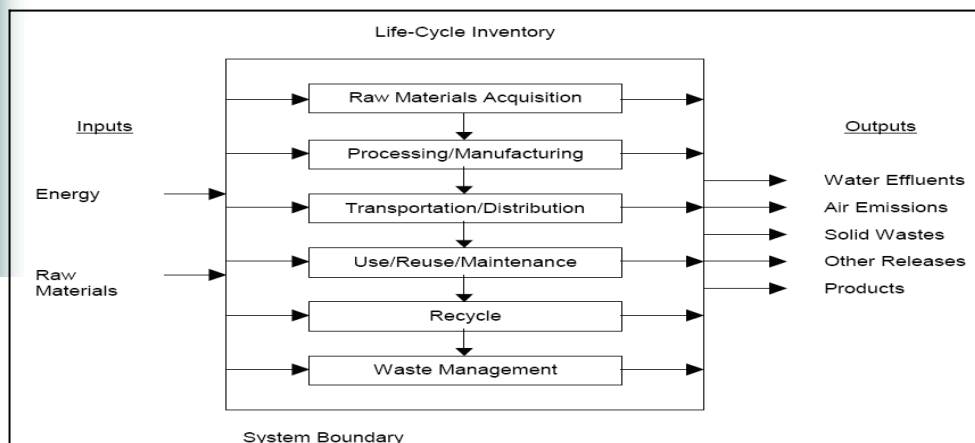
Σχήμα 1. Κύκλος Ζωής ενός προϊόντος

Κατά τη διάρκεια της ζωής ενός προϊόντος όλες οι διαδικασίες και οι δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα έχουν επιπτώσεις στο περιβάλλον λόγω της κατανάλωσης πόρων, των εκπομπών από τα συστατικά στο φυσικό περιβάλλον και άλλων περιβαλλοντικών αλληλεπιδράσεων. Οι σημαντικότερες από αυτές είναι: επιδράσεις στην κλιματική αλλαγή, στη στιβάδα του στρατοσφαιρικού όζοντος, στη δημιουργία τροποσφαιρικού όζοντος, στην ανάπτυξη του φαινομένου του ευτροφισμού και της οξίνισης, στην ανάπτυξη οικοτοξικότητας κ.λπ.

Το εργαλείο της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής πρωτοχρησιμοποιήθηκε τη δεκαετία του '60 και για την αντιμετώπιση της ρύπανσης του περιβάλλοντος στη δεκαετία του '70. Δεν υπάρχει συγκεκριμένη μέθοδος ή κατευθυντήριες οδηγίες για την Ανάλυση Κύκλου Ζωής παρά μόνο διαφορετικές τεχνικές προσεγγίσεις οι οποίες προσαρμόζονται στις ανάγκες της εκάστοτε μελέτης.

Η βασική αρχή στην ανάπτυξη του αντίστοιχου μοντέλου είναι ο προσδιορισμός και η περιγραφή όλων των μεμονωμένων σταδίων που αποτελούν τον πλήρη κύκλο ζωής του προϊόντος, όπως προμήθεια και επεξεργασία των πρώτων υλών, η μετατροπή τους σε ενδιάμεσα και τελικά προϊόντα, η μεταφορά πρώτων υλών και παραγόμενων προϊόντων, η προώθηση – διανομή του προϊόντος στον καταναλωτή, η χρήση του προϊόντος και η διαχείρισή του μετά την ολοκλήρωση

Σχήμα 2. Σχηματική παρουσίαση της διαδικασίας Ανάλυσης Κύκλου Ζωής ενός προϊόντος





LIFE04 ENV/GR/110

## ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ

Η ανάλυση κύκλου ζωής είναι ένα διαγνωστικό εργαλείο, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη σύγκριση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκαλούνται κατά την παραγωγή διαφορετικών προϊόντων ή κατά την παραγωγή του ίδιου προϊόντος υπό διαφορετικές συνθήκες παραγωγικής διαδικασίας. Στόχος είναι να εξαχθούν αντιπροσωπευτικά και ασφαλή συμπεράσματα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μείωση των προκαλούμενων επιπτώσεων, για τη βελτίωση της ποιότητας του προϊόντος ή ακόμη και για το σχεδιασμό νέων προϊόντων και παραγωγικών διαδικασιών.

Τα κύρια στάδια για την ανάπτυξη της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής ενός προϊόντος είναι τα εξής:

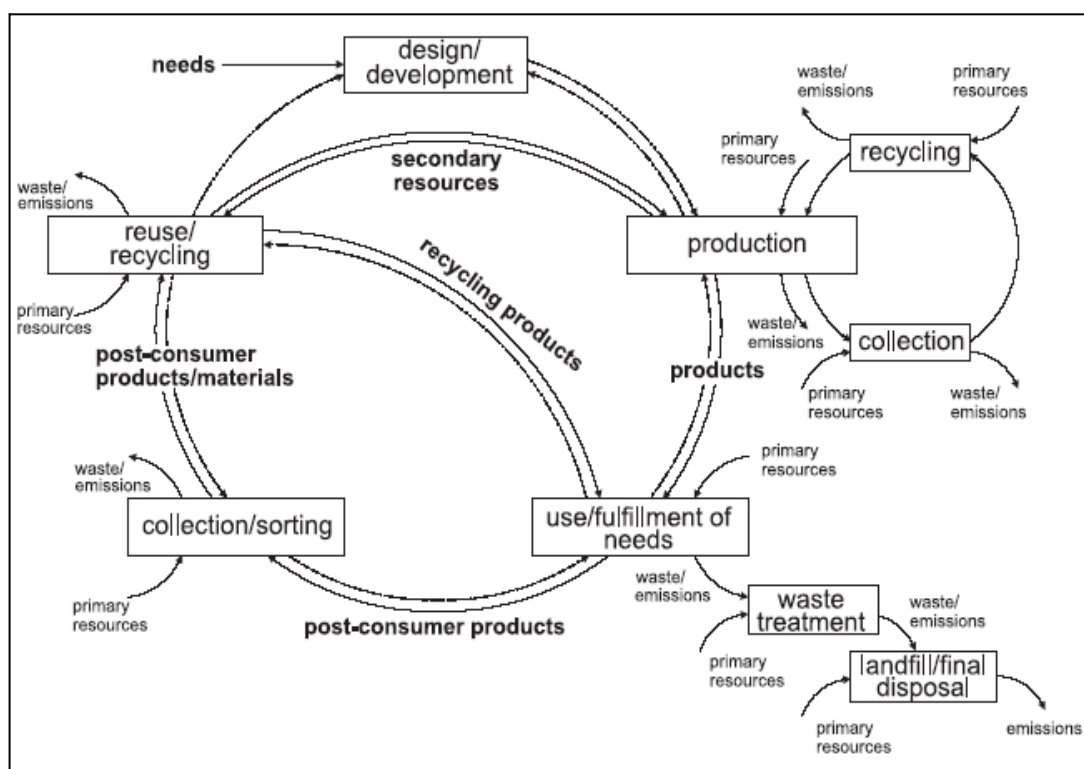
1. Καθορισμός του σκοπού και των στόχων της ανάλυσης
2. Σχεδιασμός του υπολογιστικού μοντέλου που περιγράφει τον κύκλο ζωής του προϊόντος και καθορισμός των εισροών και εκροών του συστήματος (στο στάδιο αυτό λαμβάνει χώρα συλλογή και αξιολόγηση των απαιτούμενων δεδομένων)
3. Προσδιορισμός των αντίστοιχων περιβαλλοντικών επιδράσεων για κάθε εισροή και εκροή του συστήματος
4. Εισαγωγή των στοιχείων στο υπολογιστικό μοντέλο - Εξαγωγή και αξιολόγηση αποτελεσμάτων

Τυπικά το σύστημα είναι ένα στατικό μοντέλο προσομοίωσης: Αποτελείται από ξεχωριστές αντιπροσωπευτικές διαδικασίες του συστήματος (π.χ. παραγωγή, μεταφορά). Για κάθε μία τέτοια διαδικασίας έχουμε:

- Εισροές - πόροι, εκπομπές και περιβαλλοντικές αλληλεπιδράσεις
- Ενδιάμεσες ροές του προϊόντος - σύζευξη των διαδικασιών. Αυτές είναι οι ροές αναφοράς, δηλαδή οι ποσότητες ροών συγκεκριμένου προϊόντος για κάθε ένα από τα υπό σύγκριση συστήματα που απαιτούνται για την παραγωγή μίας λειτουργικής μονάδας. Η ροή αναφοράς στην περίπτωση αυτή γίνεται το σημείο αναφοράς για τη

### ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ

Η βασική αρχή πίσω από μία Ανάλυση Κύκλου Ζωής είναι τα υπολογιστικά μοντέλα. Η ανάλυση προσπαθεί να περιγράψει ένα σύστημα όσο πιο ρεαλιστικά είναι εφικτό.



Σχήμα 3. Κύκλος Ζωής ενός προϊόντος



## ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

Η λειτουργική μονάδα είναι ένα σημαντικό συστατικό στοιχείο μιας Ανάλυσης Κύκλου Ζωής που πρέπει να καθοριστεί πλήρως και με σαφήνεια αφού παρέχει το σημείο αναφοράς για τις εισροές και εκροές που σχετίζονται με το υπό μελέτη σύστημα. Έτσι καθίσταται δυνατή η σύγκριση δύο διαφορετικών βασικών συστημάτων. Ο προσδιορισμός της λειτουργικής μονάδας είναι μία δύσκολη διαδικασία και πρέπει να είναι ακριβής προκειμένου η μονάδα να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη μελέτη ως σημείο αναφοράς.

Για παράδειγμα, η λειτουργική μονάδα για ένα σύστημα βαφής μπορεί να οριστεί ως η μοναδιαία επιφάνεια που προστατεύεται για 10 χρόνια. Έτσι, μία σύγκριση δύο ξεχωριστών συστημάτων βαφής με την ίδια μονάδα είναι πλέον εφικτή.

Η λειτουργική μονάδα που χρησιμοποιείται για μία εργασία μπορεί να καθοριστεί από την αναλυτική επεξεργασία των συλλεχθέντων δεδομένων. Δυνητικοί περιορισμοί σχετικά με την έκταση της μελέτης, τις πηγές και την ποιότητα των δεδομένων καθορίζονται κατά τη διάρκεια της μελέτης.

## ΌΡΙΑ – ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Τα όρια του συστήματος καθορίζουν ποιες διεργασίες θα συμπεριληφθούν στον κύκλο ζωής που εξετάζεται και ποιες όχι. Οι πιο συνηθισμένοι περιορισμοί είναι οι εξής:

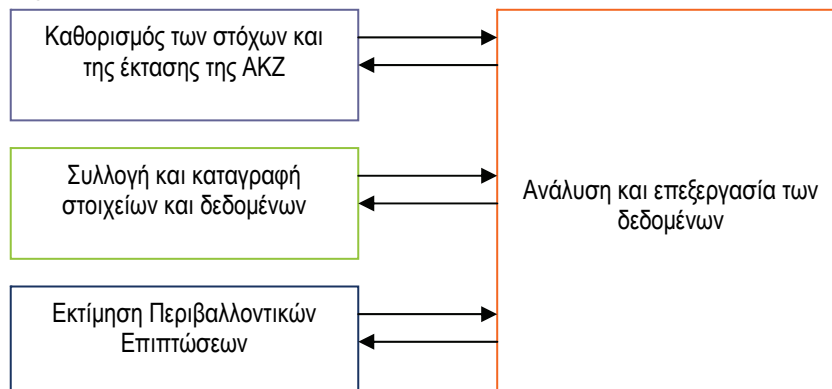
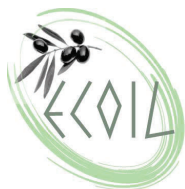
**Όρια μεταξύ της παραγωγικής μονάδας και του περιβάλλοντος:** Ένας κύκλος ζωής συνήθως αρχίζει από το στάδιο συλλογής των πρώτων υλών και τελειώνει με το στάδιο της παραγωγής αποβλήτων.

**Γεωγραφικοί περιορισμοί:** Αποτελεί σημαντικό περιορισμό δεδομένου ότι παρατηρείται χωρική διαφοροποίηση των χαρακτηριστικών που υπεισέρχονται στην ανάπτυξη του μοντέλου π.χ. α) διαφοροποίηση στις υποδομές όπως συστήματα παραγωγής και μεταφοράς της απαιτούμενης ενέργειας, συστήματα μεταφοράς πρώτων υλών και τελικών προϊόντων, συστήματα διαχείρισης των παραγόμενων αποβλήτων κ.λπ. β). ύπαρξη περιβαλλοντικά ευαίσθητων οικοσυστημάτων, περιοχές περιβαλλοντικά υποβαθμισμένες κ.λπ.

**Χρονικοί περιορισμοί:** Το υπολογιστικό μοντέλο αναπτύσσεται, εξάγει και αξιολογεί αποτελέσματα για τις δεδομένες χρονικές περιόδους όπως επίσης και προβλέψεις με βάση μελλοντικά σενάρια. Με βάση το γεγονός αυτό, ενδέχεται να υπάρξουν περιορισμοί αναφορικά με την εξέλιξη και βελτίωση της εφαρμοζόμενης τεχνολογίας παραγωγής του προϊόντος, των αντιρρυπαντικών τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται, τη δυνατότητα αφομοίωσης ενός ρύπου από το περιβάλλον κ.λπ.

**Περιορισμοί ανάμεσα στον κύκλο ζωής και τους κύκλους ζωής άλλων σχετικών τεχνικών συστημάτων.** Οι περισσότερες διεργασίες στον κύκλο ζωής ενός προϊόντος είναι αλληλένδετες και πρέπει να διαχωριστούν για την εφαρμογή της ΑΚΖ. Για παράδειγμα, η παραγωγή καταναλωτικών αγαθών και η οικονομική βιωσιμότητα νέων και περιβαλλοντικά φιλικών προϊόντων μπορεί να αξιολογηθεί μόνο με βάση την υπάρχουσα τεχνολογία. Η αλληλεπίδραση των διαφόρων διεργασιών είναι πολύπλοκη. Η ιδανική εφαρμογή μιας ΑΚΖ θα ανέλυε εξίσου τον κύκλο ζωής των ίδιων των πρώτων υλών. Αυτό όμως θα οδηγούσε σε μία αέναη διαδικασία. Για το λόγο αυτό, τίθενται περιορισμοί για την αποκλεισμό από τη μελέτη κάποιων διεργασιών, οι οποίες παρόλα αυτά μπορούν να έχουν σημαντικές επιδράσεις στο τελικό προϊόν.

Σχήμα 4.  
Σχηματική  
παρουσίαση  
η των  
σταδίων  
ανάπτυξης  
της ΑΚΖ





LIFE04 ENV/GR/110

## Ανάλυση Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ)

### ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑΝΑΦΟΡΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων από την Ανάλυση Κύκλου Ζωής ενός προϊόντος εξαρτάται από την αξιοπιστία των στοιχείων που συλλέγονται και χρησιμοποιούνται κατά την ανάπτυξη του αντίστοιχου υπολογιστικού μοντέλου. Για την επίτευξη του στόχου αυτού πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι εξής παράμετροι:

- Κάλυψη όλων των θεμάτων που σχετίζονται με χρονικές διαφοροποιήσεις
- Κάλυψη όλων των θεμάτων που αφορούν σε χωρικές διαφοροποιήσεις
- Κάλυψη όλου του φάσματος των τεχνολογιών που εφαρμόζονται
- Ακρίβεια, πληρότητα και αντιπροσωπευτικότητα των συλλεχθέντων στοιχείων
- Σαφήνεια και ικανότητα αναπαραγωγής των μεθόδων και πρακτικών που εφαρμόζονται για τη συλλογή των απαιτούμενων στοιχείων

### ΣΥΛΛΟΓΗ – ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Όλα τα στοιχεία που αφορούν σε κάθε στάδιο του συνολικού κύκλου ζωής που κρίνονται απαραίτητα για την ανάπτυξη του υπολογιστικού μοντέλου, συλλέγονται, αξιολογούνται και καταγράφονται (στοιχεία εισροών και εκροών κάθε σταδίου). Οι φόρμες καταγραφής των στοιχείων πρέπει να δομηθούν προσεκτικά ώστε να διευκολύνουν τη συλλογή και την επεξεργασία τους. Τα στοιχεία που συλλέγονται εκφράζονται σε τιμές ανηγμένες στη μονάδα αναφοράς που έχει επιλεγεί και στη συνέχεια υπολογίζονται οι επιπτώσεις τους στο περιβάλλον π.χ. εκπομπές στην ατμόσφαιρα, το έδαφος και τα ύδατα.

Η συλλογή των απαραίτητων στοιχείων είναι το πιο χρονοβόρο τμήμα μιας ΑΚΖ. Η χρήση δεδομένων από προηγούμενες μελέτες διευκολύνει κατά πολύ τη μελέτη. Παρόλα αυτά η χρήση στοιχείων από βάσεις δεδομένων πρέπει να γίνεται με προσοχή, ώστε να αντιπροσωπεύει το υπό μελέτη σύστημα. Υπάρχουν διεργασίες που είναι παρόλα αυτά κοινές για πολλά είδη διεργασιών, όπως η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, οι μεταφορές κ.

### ΤΥΠΟΙ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

- Παρόλο που μεγάλος όγκος δεδομένων υπάρχει διαθέσιμος σε βάσεις δεδομένων, υπάρχουν πάντα διεργασίες για τις οποίες δεν υπάρχουν στοιχεία ή αν υπάρχουν δεν είναι αντιπροσωπευτικά του υπό μελέτη συστήματος. Τα απαιτούμενα δεδομένα για την ανάπτυξη του υπολογιστικού μοντέλου κατηγοριοποιούνται ως εξής:
- Εξειδικευμένα στοιχεία για τις ανάγκες της συγκεκριμένης περίπτωσης (συγκεκριμένο προϊόν ή σύστημα παραγωγής)
- Γενικά στοιχεία που είναι κοινά για μεγάλο αριθμό περιπτώσεων όπως π.χ. κατανάλωση ενέργειας από τυποποιημένο βιομηχανικό εξοπλισμό, εκπομπές και κατανάλωση ενέργειας από οχήματα μεταφοράς, εκπομπές κατά τη διαχείριση αποβλήτων κ.λπ. Τα στοιχεία αυτά συνήθως είναι διαθέσιμα από άλλες μελέτες και βάσεις δεδομένων.

