

Ανάλυση Κύκλου Ζωής (LCA): Μεθοδολογία και Πρακτική Εφαρμογή για τις Υποχρεώσεις Δήμων και Επιχειρήσεων

Dr Ρωξάνη Χατζηπαναγιώτου, Dr Φωτεινή Πετρακλή

IRES – Innovation in Research & Engineering Solutions

6η Διεθνής Έκθεση VERDE.TEC / Τεχνολογίες Περιβάλλοντος

Μεσογειακό Εκθεσιακό Κέντρο (MEC), Παιανία Αττικής

29 Μαρτίου 2024

IRES: Ποιοι είμαστε

- Ανεξάρτητη **Συμβουλευτική Εταιρεία**
- Έτος ίδρυσης: 2015
- 3 τομείς δραστηριότητας:
 - **Βιωσιμότητα & Κυκλικότητα**
 - **Ανάλυση Κινδύνων** για καινοτόμες (νανο)τεχνολογίες
 - **Επιστήμη Δεδομένων**, Ψηφιοποίηση & Μηχανική Μάθηση

IRES: Ποιοι είμαστε

- Συμμετέχουμε σε περισσότερα από 30 **ερευνητικά προγράμματα Horizon** ηγούμενοι πακέτων εργασίας σχετικά με την **Ανάλυση Βιωσιμότητας, Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, Κυκλικής Οικονομίας** και **Κοινωνικών Επιπτώσεων**
- Εφαρμόζουμε μεθοδολογία **LCA, LCC & SLCA** σε **καινοτόμα υλικά** και **τεχνολογίες** από ποικίλους τομείς (π.χ., δομικά υλικά, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, φαρμακευτικές ουσίες, αυτοκινητοβιομηχανία, κ.α.)
- Παρέχουμε **εκτίμηση κινδύνων** και **συμβουλευτική** για (νανο)υλικά και παραγωγικές διαδικασίες
- Στηρίζουμε την υλοποίηση προγραμμάτων **αυτοματισμού** μέσω ανάπτυξης και εφαρμογής εργαλείων **μηχανικής μάθησης** και **επιστήμης δεδομένων**



Περιεχόμενα Παρουσίασης

- Εισαγωγή στη Μεθοδολογία Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (LCA)
- Πρακτικό παράδειγμα LCA: Πλαστικό ή γυάλινο μπουκάλι?
- Ανάλυση Κύκλου Ζωής για **Εθελοντικές πιστοποιήσεις** Επιχειρήσεων και Βιομηχανιών:
Οικολογικά Σήματα (Eco-labels), **Περιβαλλοντική Δήλωση Προϊόντος** (Environmental Product Declaration), **Περιβαλλοντικό Αποτύπωμα Προϊόντος** (Product Environmental Footprint)
- Ανάλυση Κύκλου Ζωής για τις **υποχρεώσεις** Δήμων και Επιχειρήσεων:
Υπολογισμός **Ανθρακικού Αποτυπώματος** – Κλιματικός Νόμος (Νόμος 4986/2022)
- Ανάλυση Κύκλου Ζωής για τις **υποχρεώσεις** Εισαγωγέων και Βιομηχανιών:
Μηχανισμός συνοριακής προσαρμογής άνθρακα (Ευρωπαϊκός Κανονισμός 2023/956)

Η Μεθοδολογία Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (LCA)

Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Ορισμός & Πλαίσιο

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment, LCA) είναι ένας συστηματικός τρόπος για την **ποσοτικοποίηση των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων** ενός προϊόντος ή μιας διεργασίας, **καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής**: από την απόκτηση πρώτων υλών, την διαδικασία παραγωγής, τη χρήση, έως την κατεργασία στο τέλος της ζωής, την ανακύκλωση, και την τελική απόθεση των υπολειμμάτων (ISO 14040:2006)

Η μεθοδολογία και απαιτήσεις για μια πιστοποιημένη μελέτη LCA είναι καθορισμένες:

- ISO 14040:2006 - Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles And Framework
- ISO 14044:2006 - Environmental Management - Life Cycle Assessment - Requirements And Guidelines

περιγράφουν τα **στάδια** της μελέτης, τον **στόχο** και **σκοπό**, τη διαδικασία **απογραφής δεδομένων**, την **αποτίμηση** περιβαλλοντικών επιπτώσεων, την **ανάλυση** και **ερμηνεία** των αποτελεσμάτων, την **σύνταξη αναφορών**, τη διαδικασία **αξιολόγησης** αναφορών, δεδομένων & αποτελεσμάτων ως προς την **ποιότητα των πηγών**, τη χρονική, χωρική & τεχνολογική **αντιπροσωπευτικότητα**

Ανάλυση Κύκλου Ζωής:

Η σημαντικότητα της ανάλυσης υπό το πρίσμα του LCA

Η Ανάλυση Βιωσιμότητας υπό το πρίσμα του Κύκλου Ζωής είναι σημαντική:

1. Για τον εντοπισμό υλικών ή διεργασιών που συμβάλλουν σημαντικά στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις (**hotspots**), ώστε ο χρήστης να επικεντρωθεί σε αυτά με δράσεις για τη βελτίωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος
2. Για τη στήριξη στη **λήψη αποφάσεων** σε επίπεδο παραγωγής ή νομοθεσίας (πχ. στρατηγικός σχεδιασμός, σχεδιασμός παραγωγικών διεργασιών μεταξύ εναλλακτικών)
3. Για την επιλογή **δεικτών παρακολούθησης** των περιβαλλοντικών επιδόσεων
4. Για σχήματα **εμπορικής προώθησης** (πχ. eco-labels)
5. Για τον περιορισμό φαινομένων **μετατόπισης προβλημάτων** ανάμεσα σε στάδια κύκλου ζωής ή ανάμεσα σε κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Τα στάδια μιας μελέτης LCA

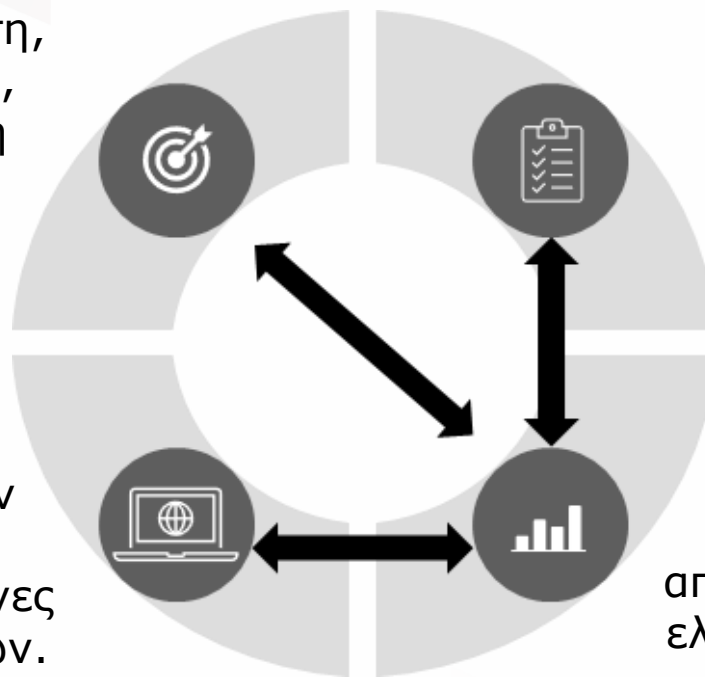
1. Καθορισμός Στόχου και Σκοπού

Λόγος για τον οποίο διεξάγεται η μελέτη, σε ποιον απευθύνεται (πχ. B2B, B2C), ποιο προϊόν ή διεργασία εξετάζεται, η λειτουργική του μονάδα, τα όρια συστήματος υπό εξέταση και συμπεριλαμβανόμενες διεργασίες.

3. Αποτίμηση – Εκτίμηση Επιπτώσεων

Εφαρμογή μεθόδων που αποτυπώνουν την συμβολή όλων των εισροών και εκροών του συστήματος σε συγκεκριμένες κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

- πχ. 1 kWh ηλεκτρικής ενέργειας
- 0.8 kg ισοδύναμα CO₂ στην ατμόσφαιρα
- 0.7 g ισοδύναμα N θαλάσσιες εκροές



**Τα στάδια του LCA
(ISO 14040)**

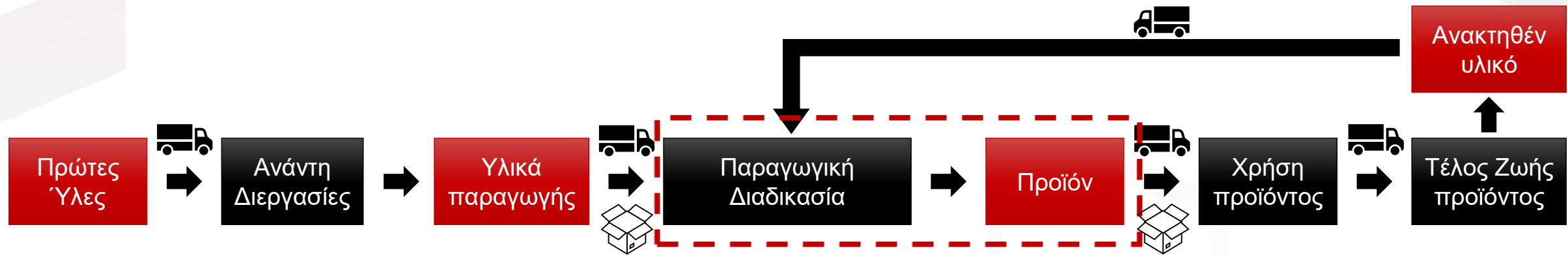
2. Συλλογή Δεδομένων στον Κατάλογο Απογραφής

Ποσοτικοποίηση και συλλογή στοιχείων για όλες τις εισροές και εκροές από και προς τα όρια του συστήματος (υλικά, πόροι, διεργασίες, ρύποι, απόβλητα).

4. Ερμηνεία και εκτίμηση αποτελεσμάτων

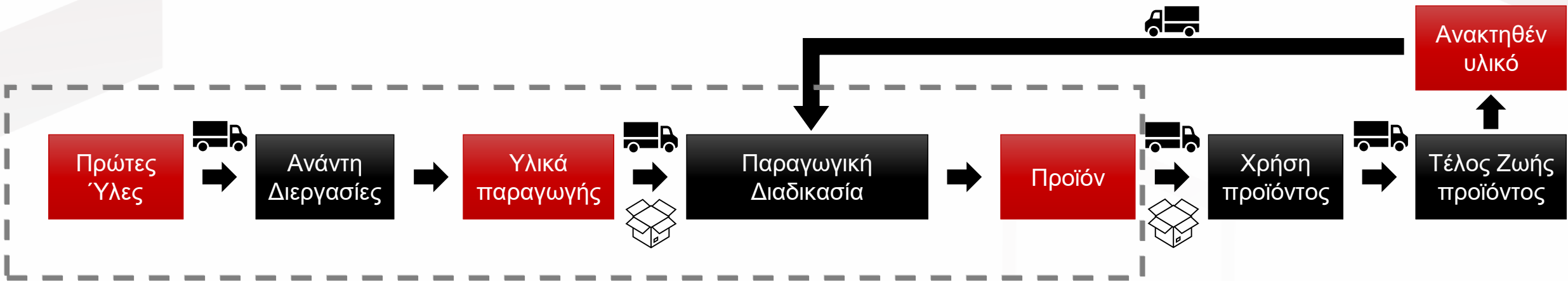
Συνεκτίμηση ευρημάτων με στόχο την απάντηση ερευνητικών ερωτημάτων που τέθηκαν στο 1^ο βήμα. Με βάση τα αποτελέσματα γίνεται πρόταση λύσεων για την ελάττωση των επιπτώσεων, λήψη αποφάσεων, συσχετισμός με άλλες παραμέτρους. Αξιολόγηση ποιότητας και αντιπροσωπευτικότητας ευρημάτων.

Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Όρια Συστήματος υπό μελέτη



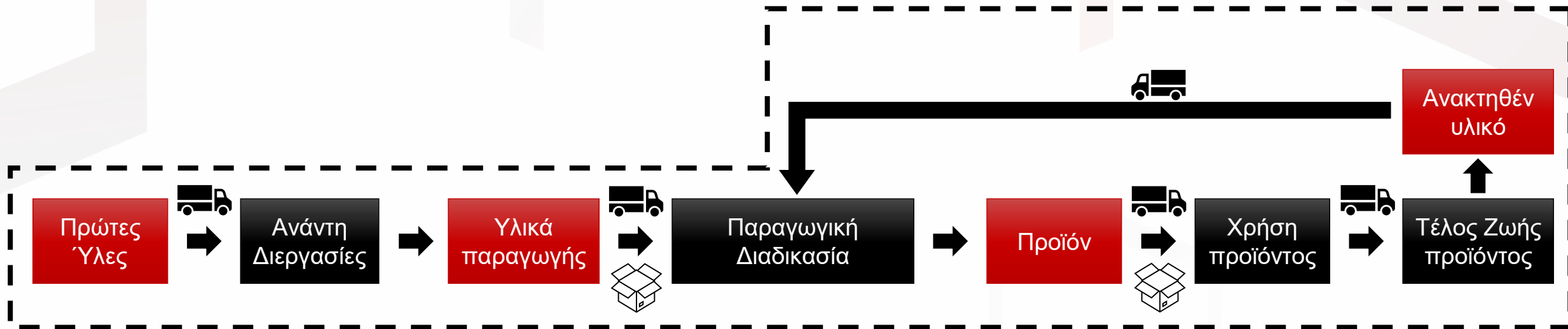
Gate to Gate: Εστιάζει σε μια διαδικασία και δεν λαμβάνει υπόψιν ανάντη και κατόντη διαδικασίες. Παράδειγμα χρήσης: για τη σύγκριση μεθόδων κατασκευής προϊόντος που χρησιμοποιούν ίδια υλικά και έχουν το ίδιο αποτέλεσμα.

Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Όρια Συστήματος υπό μελέτη



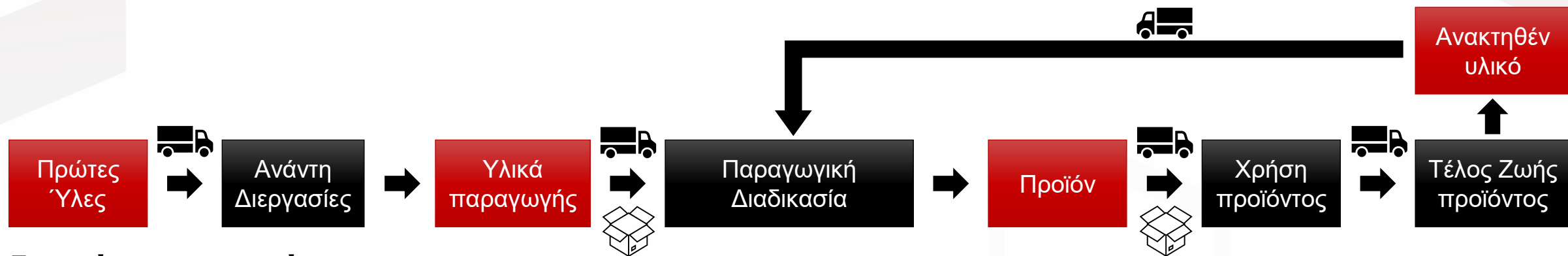
Cradle to Gate: Περιλαμβάνει τις πρώτες ύλες και όλες τις ανάπτυξη διεργασίες, έως την πύλη της μονάδας παραγωγής. Παράδειγμα χρήσης: σύγκριση διαφορετικών υλικών παραγωγής στην παραγωγική διαδικασία, που όμως δεν επηρεάζουν το τελικό προϊόν.

Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Όρια Συστήματος υπό μελέτη



Cradle to Grave:
Περιλαμβάνει τον πλήρη
κύκλο ζωής.

Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Διαδικασίες Προσκηνίου και Παρασκηνίου



Διαδικασίες Προσκηνίου:

- Συγκεκριμένες για το υπό μελέτη σύστημα
- Απαιτούν **πρωτογενή δεδομένα**
- Λαμβάνουν χώρα στις **εγκαταστάσεις του εργοδότη** της ανάλυσης
- **Επηρεάζονται άμεσα** από επιλογές του εργοδότη της ανάλυσης
- **Δεν μπορούν** να προσομοιωθούν με δευτερογενή δεδομένα (πχ. βιβλιογραφία, έρευνα αγοράς, βάσεις δεδομένων)

Διαδικασίες Παρασκηνίου:

- Εκτελούνται από πολλούς **προμηθευτές / χρήστες**
- **Δεν επηρεάζονται άμεσα** από επιλογές του εργοδότη της ανάλυσης
- Μπορούν να προσομοιωθούν με **δευτερογενή δεδομένα** (πχ. βιβλιογραφία, έρευνα αγοράς, βάσεις δεδομένων)

Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Διαδικασίες Προσκηνίου και Παρασκηνίου

Αν ο εργοδότης είναι:

- Ακριβή δεδομένα από μετρήσεις για εισροές & εκροές, προμηθευτές, όγκο παραγωγής, χαρακτηριστικά προϊόντος
- Δευτερογενή δεδομένα για ανάντη & κατόντη διεργασίες



Διαδικασίες Προσκηνίου:

- Συγκεκριμένες για το υπό μελέτη σύστημα
- Απαιτούν **πρωτογενή δεδομένα**
- Λαμβάνουν χώρα στις **εγκαταστάσεις του εργοδότη** της ανάλυσης
- **Επηρεάζονται άμεσα** από επιλογές του εργοδότη της ανάλυσης
- **Δεν μπορούν** να προσομοιωθούν με δευτερογενή δεδομένα (πχ. βιβλιογραφία, έρευνα αγοράς, βάσεις δεδομένων)

Διαδικασίες Παρασκηνίου:

- Εκτελούνται από πολλούς **προμηθευτές / χρήστες**
- **Δεν επηρεάζονται άμεσα** από επιλογές του εργοδότη της ανάλυσης
- Μπορούν να προσομοιωθούν με **δευτερογενή δεδομένα** (πχ. βιβλιογραφία, έρευνα αγοράς, βάσεις δεδομένων)

Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Διαδικασίες Προσκηνίου και Παρασκηνίου

Αν ο εργοδότης είναι:

- Ακριβή δεδομένα για τύπο, σύσταση & πηγή πρώτων υλών, εισροές & εκροές
- Δευτερογενή δεδομένα για ανάντη & κατόντη διεργασίες



Διαδικασίες Προσκηνίου:

- Συγκεκριμένες για το υπό μελέτη σύστημα
- Απαιτούν **πρωτογενή δεδομένα**
- Λαμβάνουν χώρα στις **εγκαταστάσεις του εργοδότη** της ανάλυσης
- **Επηρεάζονται άμεσα** από επιλογές του εργοδότη της ανάλυσης
- **Δεν μπορούν** να προσομοιωθούν με δευτερογενή δεδομένα (πχ. βιβλιογραφία, έρευνα αγοράς, βάσεις δεδομένων)

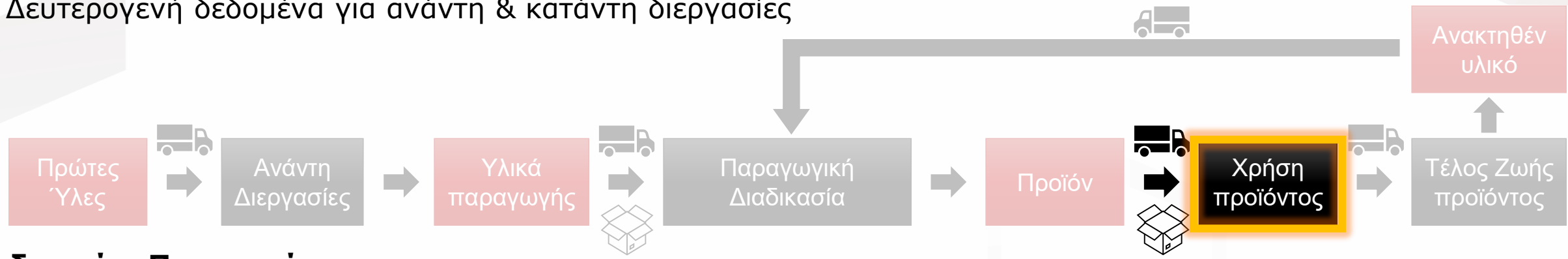
Διαδικασίες Παρασκηνίου:

- Εκτελούνται από πολλούς **προμηθευτές / χρήστες**
- **Δεν επηρεάζονται άμεσα** από επιλογές του εργοδότη της ανάλυσης
- Μπορούν να προσομοιωθούν με **δευτερογενή δεδομένα** (πχ. βιβλιογραφία, έρευνα αγοράς, βάσεις δεδομένων)

Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Διαδικασίες Προσκηνίου και Παρασκηνίου

Αν ο εργοδότης είναι:

- Ακριβή δεδομένα για τη χρήση του προϊόντος και το ρεύμα διάθεσης απορριμμάτων (πχ. μπλε ή πράσινος κάδος)
- Δευτερογενή δεδομένα για ανάντη & κατάντη διεργασίες



Διαδικασίες Προσκηνίου:

- Συγκεκριμένες για το υπό μελέτη σύστημα
- Απαιτούν **πρωτογενή δεδομένα**
- Λαμβάνουν χώρα στις **εγκαταστάσεις του εργοδότη** της ανάλυσης
- **Επηρεάζονται άμεσα** από επιλογές του εργοδότη της ανάλυσης
- **Δεν μπορούν** να προσομοιωθούν με δευτερογενή δεδομένα (πχ. βιβλιογραφία, έρευνα αγοράς, βάσεις δεδομένων)

Διαδικασίες Παρασκηνίου:

- Εκτελούνται από πολλούς **προμηθευτές / χρήστες**
- **Δεν επηρεάζονται άμεσα** από επιλογές του εργοδότη της ανάλυσης
- Μπορούν να προσομοιωθούν με **δευτερογενή δεδομένα** (πχ. βιβλιογραφία, έρευνα αγοράς, βάσεις δεδομένων)

Ανάλυση Κύκλου Ζωής:

Αναζήτηση Δεδομένων για τον κατάλογο απογραφής

Ερωτηματολόγια: ακριβή στοιχεία **μάζας & σύστασης** εισροών & εκροών, κατανάλωση **ενέργειας**, τύπος και ποσότητα **αέριων ρύπων, μέσα προστασίας** (πχ. γάντια, απαγωγός αερίων), **συντήρηση εξοπλισμού**, τύπος και ποσότητα **αποβλήτων**, τρόπος **διαχείρισης αποβλήτων** (πχ. ανακύκλωση, ειδική επεξεργασία επικίνδυνων αποβλήτων), **υλικά συσκευασίας**, ανάντη & κατάντη **μεταφορά**.

Βιβλιοθήκες δεδομένων LCA: (εμπορικές) βάσεις δεδομένων με στοιχεία για χιλιάδες υλικά & διεργασίες. Συλλογή στοιχείων από βιομηχανίες, βιβλιογραφία, στοιχειομετρία αντιδράσεων, υπολογιστικά μοντέλα, κ.α. Για κάθε υλικό / διεργασία, η βιβλιοθήκη περιλαμβάνει όλες τις στοιχειακές εισροές και εκροές μεταξύ τεχνόσφαιρας – περιβάλλοντος.

Εκροές όπως: CO₂ & αιθυλένιο στην ατμόσφαιρα, Κάλιο & Χρώμιο στο νερό, Μόλυβδος & φαινόλες στο έδαφος

Εισροές όπως: χρήση νερού, χρήση γης, σίδηρος & γαιάνθρακας από το έδαφος

πχ. για την παραγωγή PET: **2075 στοιχειακές ροές!**

Επιστημονική Βιβλιογραφία

Στοιχειομετρία χημικών αντιδράσεων

Διαδικτυακές Βάσεις δεδομένων

Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Αξιολόγηση και Ανεξάρτητη Επαλήθευση

Στο τέλος της ανάλυσης, γίνεται εκτίμηση με βάση:

- **Αντιπροσωπευτικότητα** Δεδομένων (τεχνολογική, χωρική, χρονική)
- **Πληρότητα** Δεδομένων στον Κατάλογο Απογραφής
- **Καταλληλότητα & Συνοχή** μεθόδων ανάλυσης ανάλογα με το σύστημα & όρια συστήματος
- **Ακρίβεια** (Accuracy): πόσο κοντά σε σχέση με την πραγματικότητα
- **Αξιοπιστία, Επαναληψιμότητα & Αβεβαιότητα** δεδομένων & αποτελεσμάτων
- **Πληρότητα**: κάλυψη πραγματικών επιπτώσεων από επιλεγμένες κατηγορίες επιπτώσεων

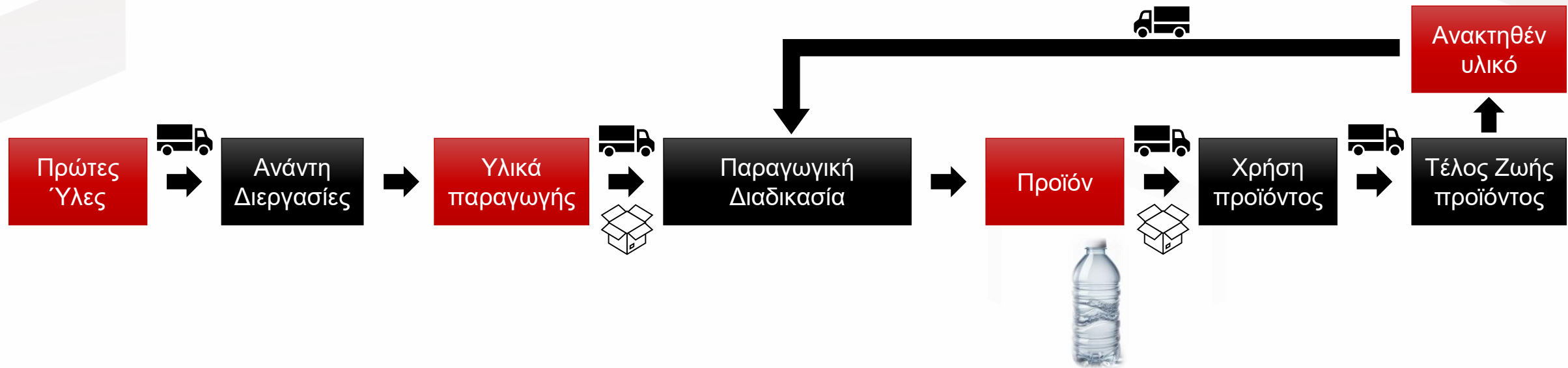
Στο τέλος της ανάλυσης, γίνεται ανεξάρτητη, εξωτερική επαλήθευση:

- Αν η **ανάλυση** πληροί τις προϋποθέσεις των **ISO 14040** και **14044**
- Αν οι **μέθοδοι** που ακολουθεί η ανάλυση είναι **τεχνικώς** και **επιστημονικώς ορθές**
- Αν τα επιλεγμένα **δεδομένα** της ανάλυσης είναι **κατάλληλα** και **λογικά** με βάση τον ορισμό **Στόχου & Σκοπού**
- Αν η **ερμηνεία των αποτελεσμάτων** αντιστακλά τους **περιορισμούς** που τίθενται στον Στόχο και Σκοπό
- Αν η **έκθεση** της μελέτης χαρακτηρίζεται από **διαφάνεια** και **συνοχή**
- Επιπλέον **κριτήρια & απαιτήσεις** ανάλογα με τον τύπο, σκοπό και κοινό-στόχο που απευθύνεται η μελέτη LCA

Πρακτικό παράδειγμα LCA: πλαστικό ή γυάλινο μπουκάλι?



Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Πλαστικό μπουκάλι



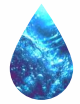
Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Πλαστικό μπουκάλι

CH₄

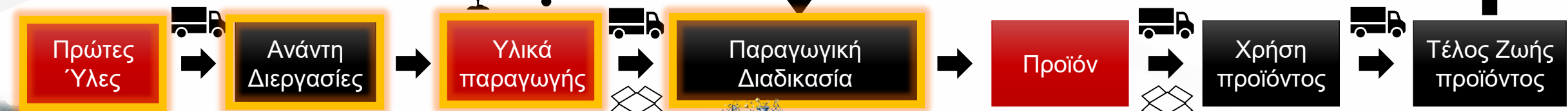


Χρήση γης, κατακερματισμός, απώλεια βιοποικιλότητας

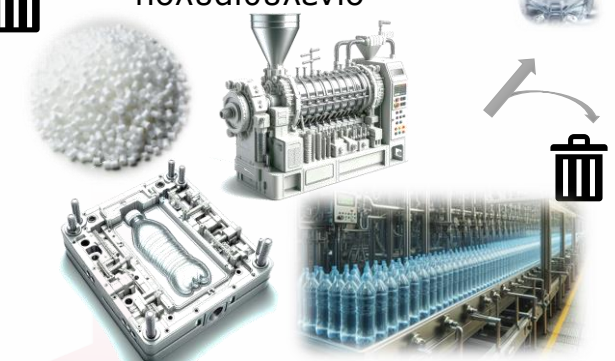
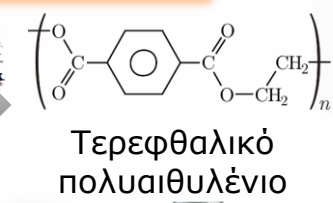
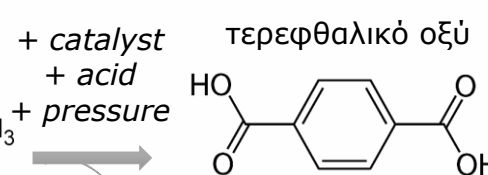
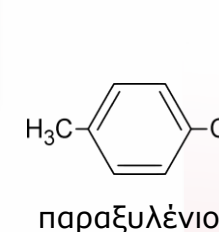
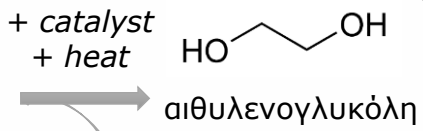
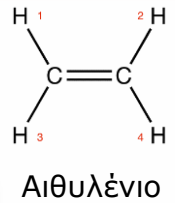
Χημική και οργανική ρύπανση επιφανειακών νερών και υδροφόρου ορίζοντα



Εξόρυξη φυσικού αερίου για την παραγωγή αιθυλενίου



Εξόρυξη πετρελαίου για την παραγωγή ξυλενίου



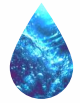
Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Πλαστικό μπουκάλι

CH₄



Χρήση γης, κατακερματισμός, απώλεια βιοποικιλότητας

Χημική και οργανική ρύπανση επιφανειακών νερών και υδροφόρου ορίζοντα



Εξόρυξη φυσικού αερίου για την παραγωγή αιθυλενίου

Πρώτες Ύλες

Ανάτη Διεργασίες

Υλικά παραγωγής

Παραγωγική Διαδικασία

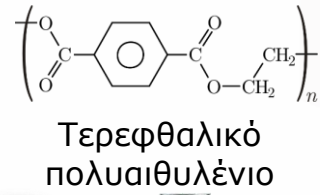
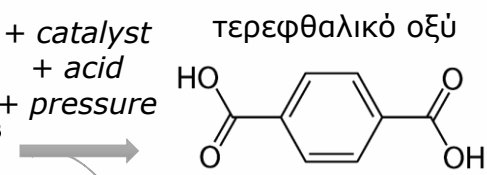
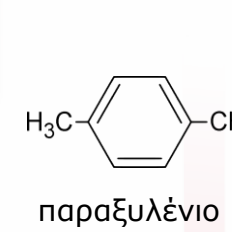
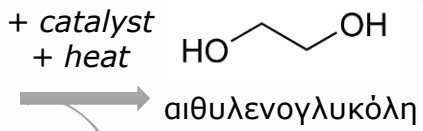
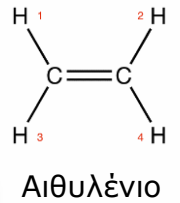
Προϊόν

Χρήση προϊόντος

Τέλος Ζωής προϊόντος

Ανακτηθέν υλικό

Εξόρυξη πετρελαίου για την παραγωγή ξυλενίου



Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Καταμερισμός των επιπτώσεων

Για διεργασίες που **παράγουν πολλά προϊόντα / υλικά** πρέπει να γίνει καταμερισμός των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στα επιμέρους προϊόντα / υλικά

- Καταμερισμός με βάση τη μάζα / ενέργεια
- Καταμερισμός με βάση την αξία / τιμή πώλησης

Πρώτες Ύλες



Εξόρυξη πετρελαίου για την παραγωγή ξυλενίου

Product Category	Relative Importance of Price (%)
Gasoline, including finished base stocks and blending agents	50.6
Motor gasoline, including finished base stocks and blending agents	50.5
Regular gasoline	36.2
Light fuel oils	22.5
Diesel fuel	18.3
Premium gasoline	8.9
Jet fuel	8.6
Liquefied refinery gases, including other aliphatics (feed stock and other uses)	5.9
Mid-premium gasoline	5.4
Home heating oil and other distillates, not elsewhere classified	4.1
Heavy fuel oils, including No. 5, No. 6, heavy diesel, gas enrichment oils, etc.	2.6
Asphalt	1.4
Kerosene, except jet fuel	0.7

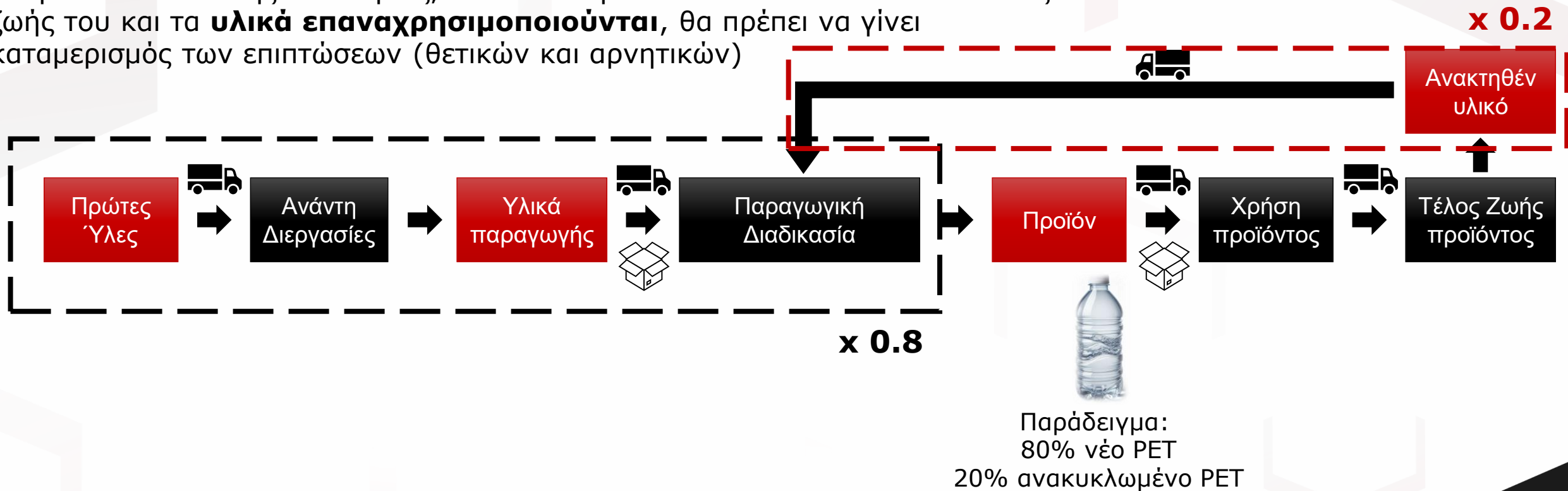
Σχετική αξία προϊόντων από τη διύλιση πετρελαίου ([2005, ΗΠΑ](#))

Product	Gallons
Finished motor gasoline	19.45
Distillate fuel oil	12.77
Kerosene-type jet fuel	4.16
Petroleum coke	2.1
Still gas	1.72
Hydrocarbon gas liquids	1.6
Asphalt and road oil	0.88
Residual fuel oil	0.67
Lubricants	0.42
Naptha for feedstocks	0.34
Other oils for feedstocks	0.25
Miscellaneous products	0.25
Special naphas	0.08
Finished aviation gasoline	0.04
Kerosene	0.04
Waxes	< 0.01

Προϊόντα από τη διύλιση 42 gallons πετρελαίου ([2022, ΗΠΑ](#))

Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Καταμερισμός των επιπτώσεων

Για μοντέλα κυκλικής οικονομίας, όπου ένα προϊόν **ανακυκλώνεται** στο τέλος ζωής του και τα **υλικά επαναχρησιμοποιούνται**, θα πρέπει να γίνει καταμερισμός των επιπτώσεων (θετικών και αρνητικών)

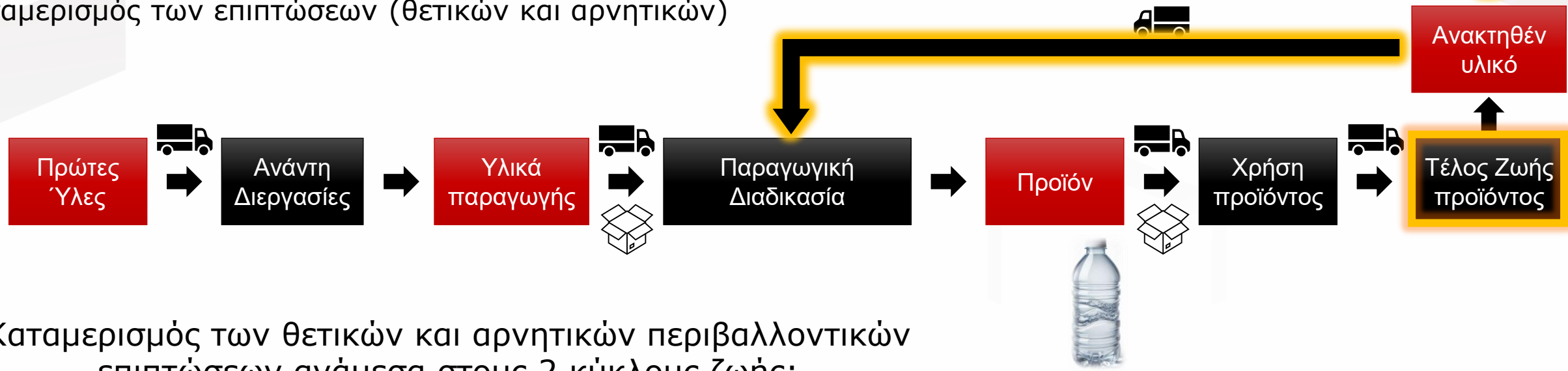


Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Καταμερισμός των επιπτώσεων

Κύκλος
ζωής
άλλου
προϊόντος



Για μοντέλα κυκλικής οικονομίας, όπου ένα προϊόν **ανακυκλώνεται** στο τέλος ζωής του και τα **υλικά επαναχρησιμοποιούνται**, θα πρέπει να γίνει καταμερισμός των επιπτώσεων (θετικών και αρνητικών)



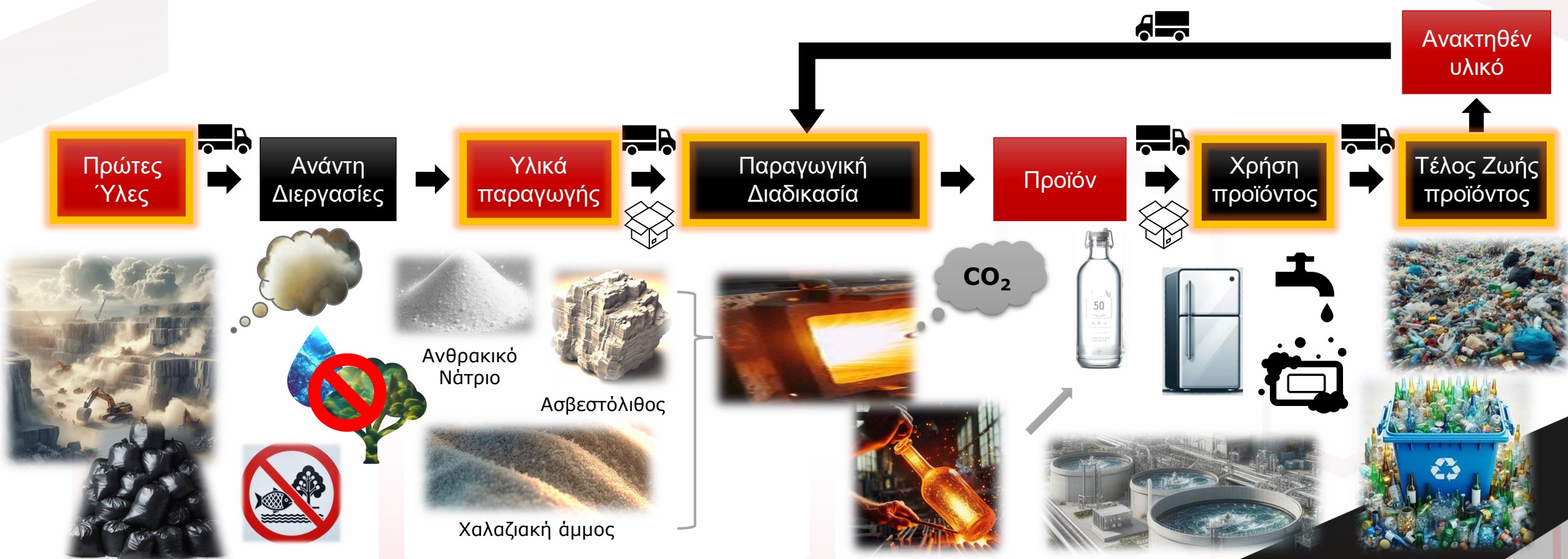
Καταμερισμός των θετικών και αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων ανάμεσα στους 2 κύκλους ζωής:

- Εισροές και εκροές διαδικασίας ανακύκλωσης
- Αποφυγή παραγωγής υλικών για τον 2^ο κύκλο ζωής

Διάφορες μέθοδοι καταμερισμού:

- πχ. 100:0 , 0:100 , 50:50

Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Γυάλινο μπουκάλι



Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Ανάλυση και Σύγκριση με βάση τη λειτουργία

Λειτουργική μονάδα: το σημείο αναφοράς για την ποσοτικοποίηση εισροών & εκροών Ακριβής, ποσοτική περιγραφή της λειτουργίας που εξυπηρετεί το προϊόν υπό μελέτη
Απαντά στις ερωτήσεις: Ποια λειτουργία? Πόση Λειτουργία? Πόσο καλά? Για πόση διάρκεια?



Αεροστεγής & Υδατοστεγής προστασία και συσκευασία νερού, με βάση τις Ευρωπαϊκές προδιαγραφές για υλικά συσκευασίας πόσιμου νερού, για την κάλυψη ανάγκης σε νερό

2 L ανά
ημέρα

ενός μέσου ενήλικα, για 14 ημέρες.

Ροή Αναφοράς: Η ποσότητα προϊόντος που χρειάζεται για να φέρει εις πέρας τη λειτουργία που ορίζει η λειτουργική μονάδα.



14 x 4 = 56 πλαστικά μπουκάλια εμφιαλωμένου νερού



1 επαναχρησιμοποιούμενο γυάλινο μπουκάλι νερού

Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Κατάλογος Απογραφής (Life Cycle Inventory, LCI)

Υποθέτουμε ότι:

- Πλαστικό μπουκάλι: 14 grams, Γυάλινο μπουκάλι: 255 grams
- Δεν λαμβάνουμε υπόψιν το καπάκι
- Απόσταση από τον παραγωγό έως τον καταναλωτή: 100 km
- Εξαιρούμε την ψύξη – θεωρούμε ότι έχει τις ίδιες επιπτώσεις και για τα 2 μπουκάλια
- Πλύσιμο γυάλινου μπουκαλιού: 1 φορά την εβδομάδα, 1 gram σαπουνι, 1 L νερό

Κατάλογος απογραφής:

- Polyethylene terephthalate, granulate, bottle grade, market process, global: 14 grams
- Extrusion, plastic film, Europe: 14.3 grams
- Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO4, Europe: 1.4 kg·km
- Waste plastic, mixture, market process, Greece: 14 grams
- Packaging glass, white, market process, global: 255 grams
- Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO4, Europe: 25.5 kg·km
- Waste packaging glass, unsorted, treatment (sorting), Europe: 255 grams
- Waste packaging glass, unsorted, market process, transport, global: 255 grams
- Packaging glass, white, recycling, global: 255 grams
- Soap, market process, global: 1 gram
- Tap water, market process, Europe: 1 L
- Wastewater, average composition, market process, Europe: 1 L

Στη βιβλιοθήκη LCA, οι διεργασίες “market” περιλαμβάνουν μίξη τεχνολογιών και υλικών παραγωγής, καθώς και τη μεταφορά υλικών. Είναι χρήσιμες όταν δεν γνωρίζουμε λεπτομέρειες για την εφοδιαστική αλυσίδα.

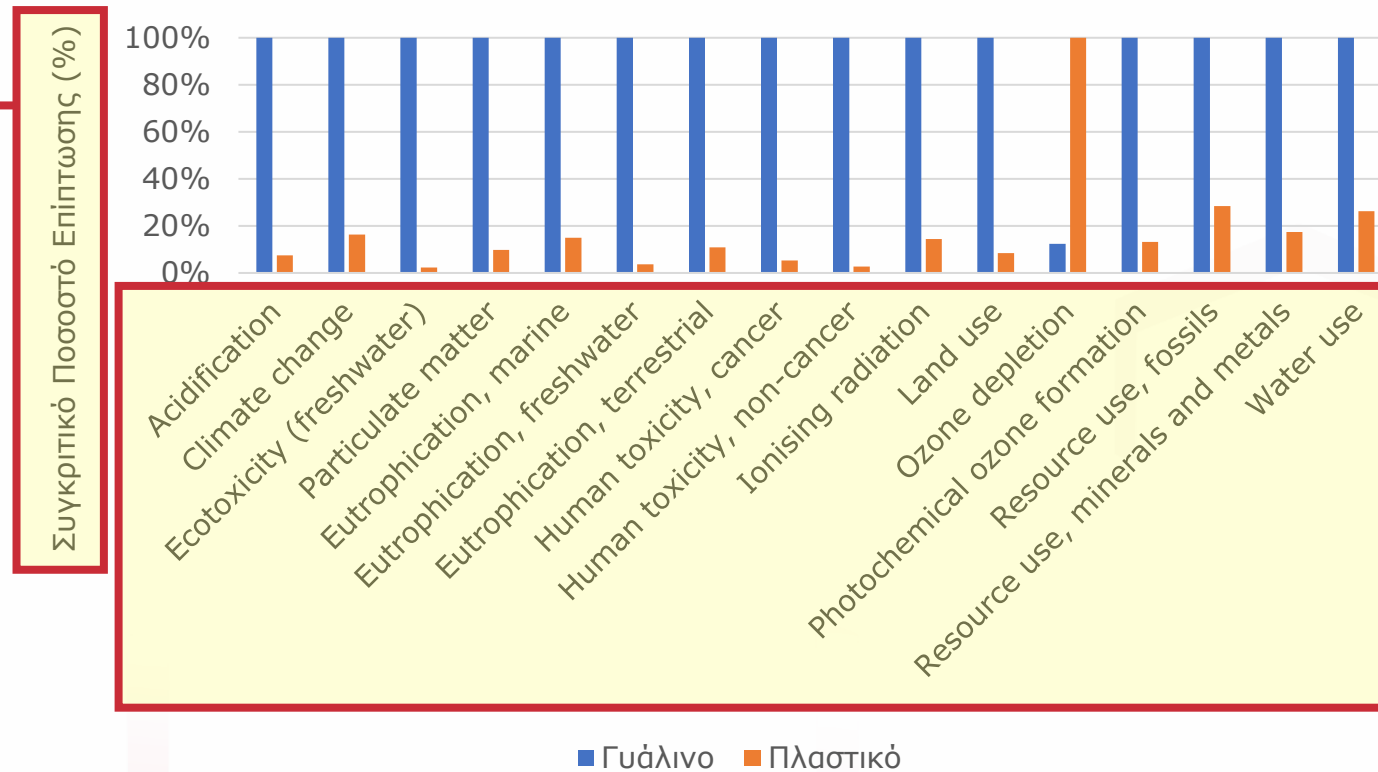


Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Αποτίμηση – Εκτίμηση Επιπτώσεων & Ερμηνεία

Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις για ένα μπουκάλι (χωρίς πλύση):

Για κάθε κατηγορία επιλέγουμε το προϊόν με τη μεγαλύτερη επίπτωση, το οποίο θέτουμε ως 100% επίπτωση.

Υπολογίζουμε την επίπτωση του άλλου προϊόντος ως ποσοστό σε σχέση με το πρώτο προϊόν.



16 κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων, με βάση τη μέθοδο Environmental Footprint.

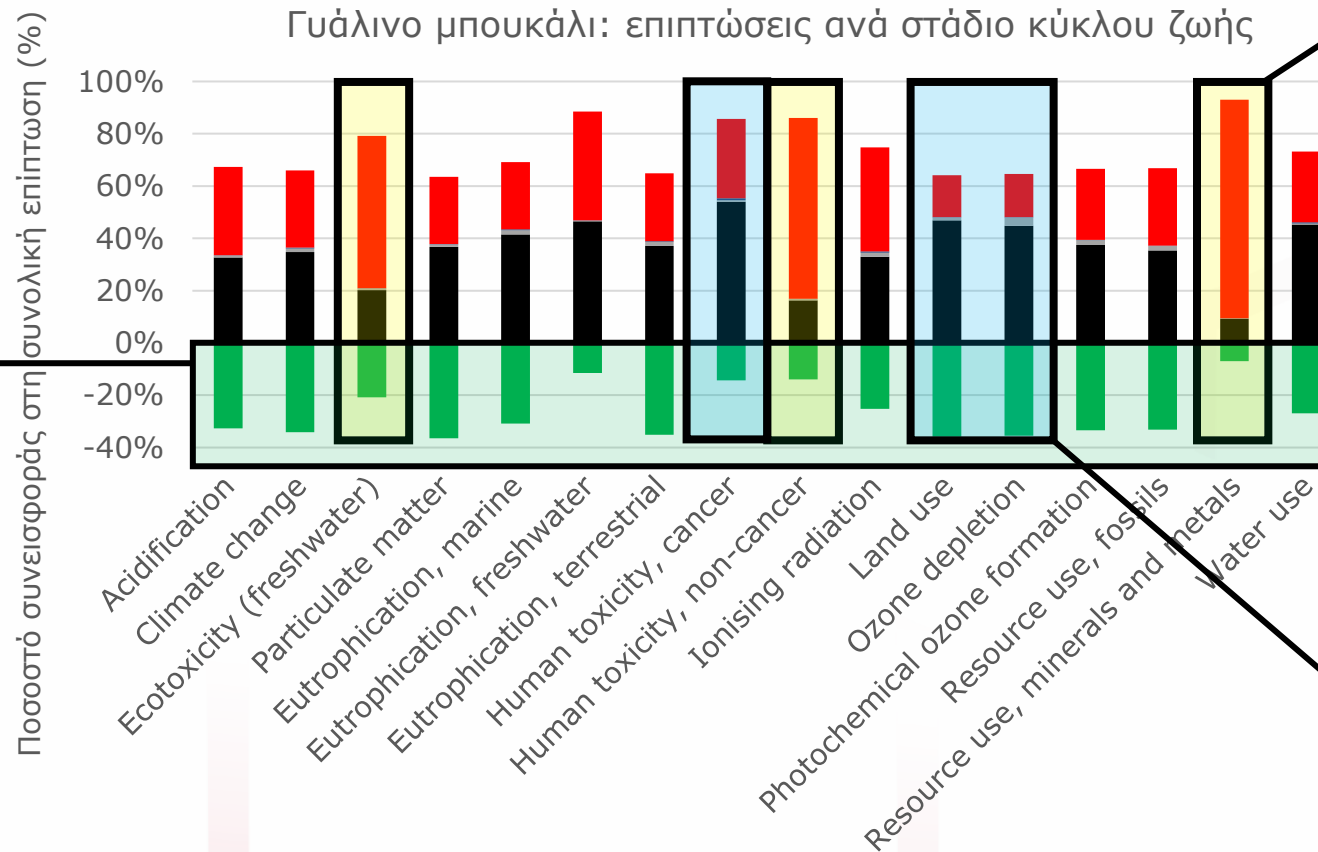
πχ. Κλιματική αλλαγή, Τοξικότητα (άνθρωπο), Οικοτοξικότητα, Εξάντληση πόρων, κ.α.

Συμπέρασμα: Αν δεν γίνει επαναχρησιμοποίηση, το πλαστικό είναι καλύτερο

Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Αποτίμηση – Εκτίμηση Επιπτώσεων & Ερμηνεία

Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις για ένα μπουκάλι (χωρίς πλύση):

Hotspot: μεταφορά στον χώρο ανακύκλωσης



■ Συλλογή & Μεταφορά στον χώρο ανακύκλωσης

■ Διαχωρισμός πριν την ανακύκλωση

■ Ανακύκλωση

■ Μεταφορά παραγωγός - πελάτης

■ Υλικά και Κατασκευή

Hotspot: υλικό και διαδικασία κατασκευής

Αρνητικό αποτέλεσμα = θετική περιβαλλοντική επίπτωση. Αποφυγή παραγωγής νέου υλικού λόγω ανακύκλωσης.

Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Αποτίμηση – Εκτίμηση Επιπτώσεων & Ερμηνεία

Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις για ένα μπουκάλι (χωρίς πλύση):

Για όλο τον κύκλο ζωής:

44% επιπτώσεων → ιόντα Χρωμίου που εκλύονται στον αέρα

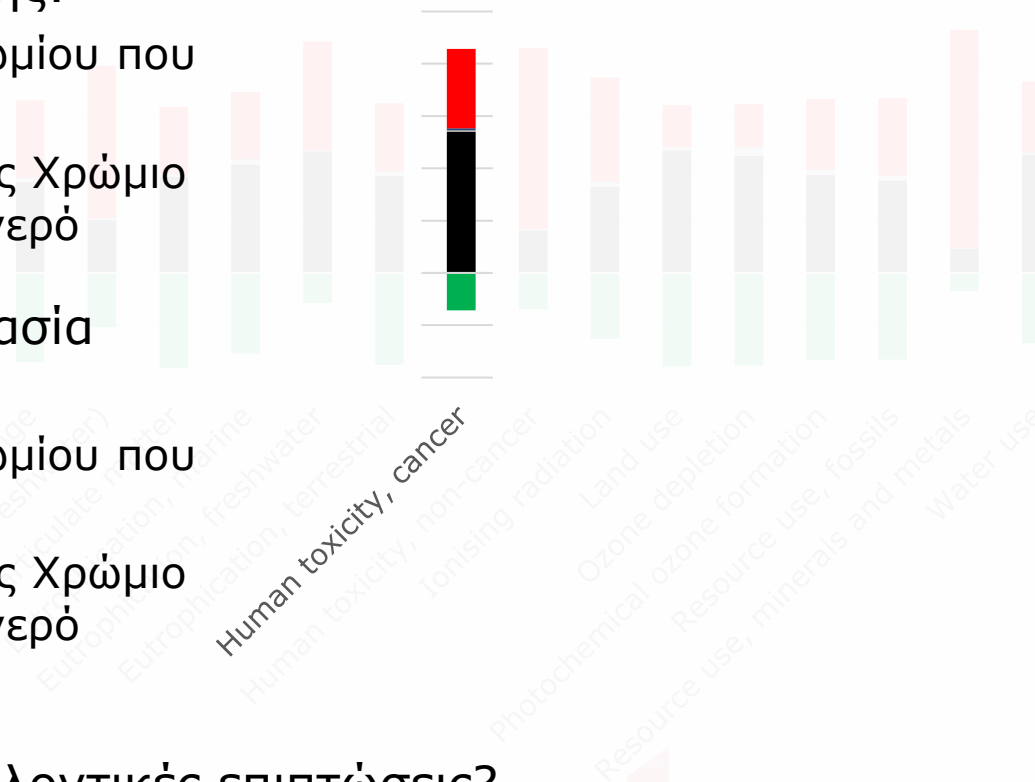
17% επιπτώσεων → εξασθενές Χρώμιο που ελευθερώνεται στο νερό

Για τα υλικά και διαδικασία κατασκευής:

53% επιπτώσεων → ιόντα Χρωμίου που εκλύονται στον αέρα

23% επιπτώσεων → εξασθενές Χρώμιο που ελευθερώνεται στο νερό

Γυάλινο μπουκάλι: επιπτώσεις ανά στάδιο κύκλου ζωής



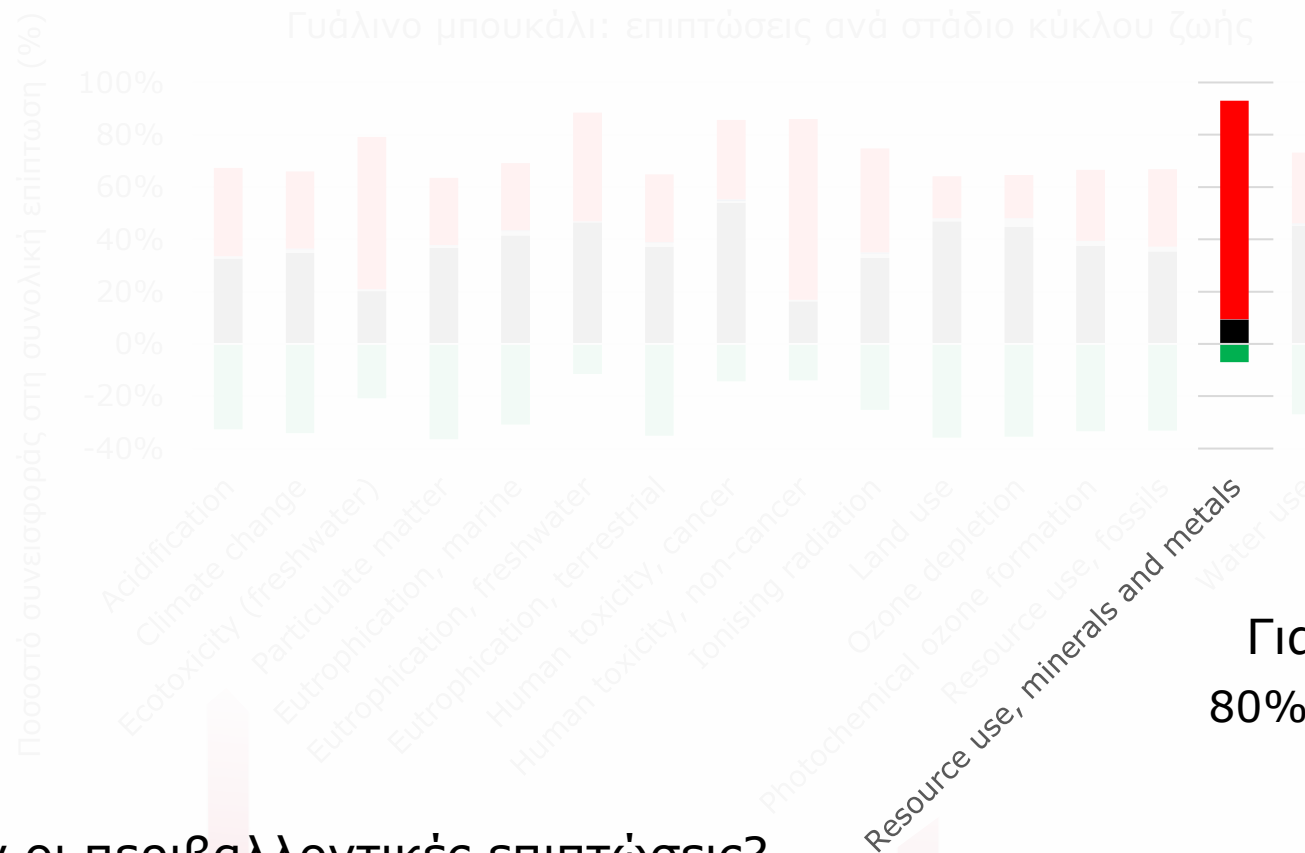
- Συλλογή & Μεταφορά στον χώρο ανακύκλωσης
- Διαχωρισμός πριν την ανακύκλωση
- Ανακύκλωση
- Μεταφορά παραγωγός - πελάτης
- Υλικά και Κατασκευή

Πώς προκύπτουν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις?

Στοιχειακές ροές τεχνόσφαιρας - περιβάλλοντος

Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Αποτίμηση – Εκτίμηση Επιπτώσεων & Ερμηνεία

Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις για ένα μπουκάλι (χωρίς πλύση):



Για όλο τον κύκλο ζωής:
80% επιπτώσεων → εξάντληση
πόρων Te (Τελλούριο)

Πώς προκύπτουν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις?
Στοιχειακές ροές τεχνόσφαιρας - περιβάλλοντος

Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Αποτίμηση – Εκτίμηση Επιπτώσεων & Ερμηνεία

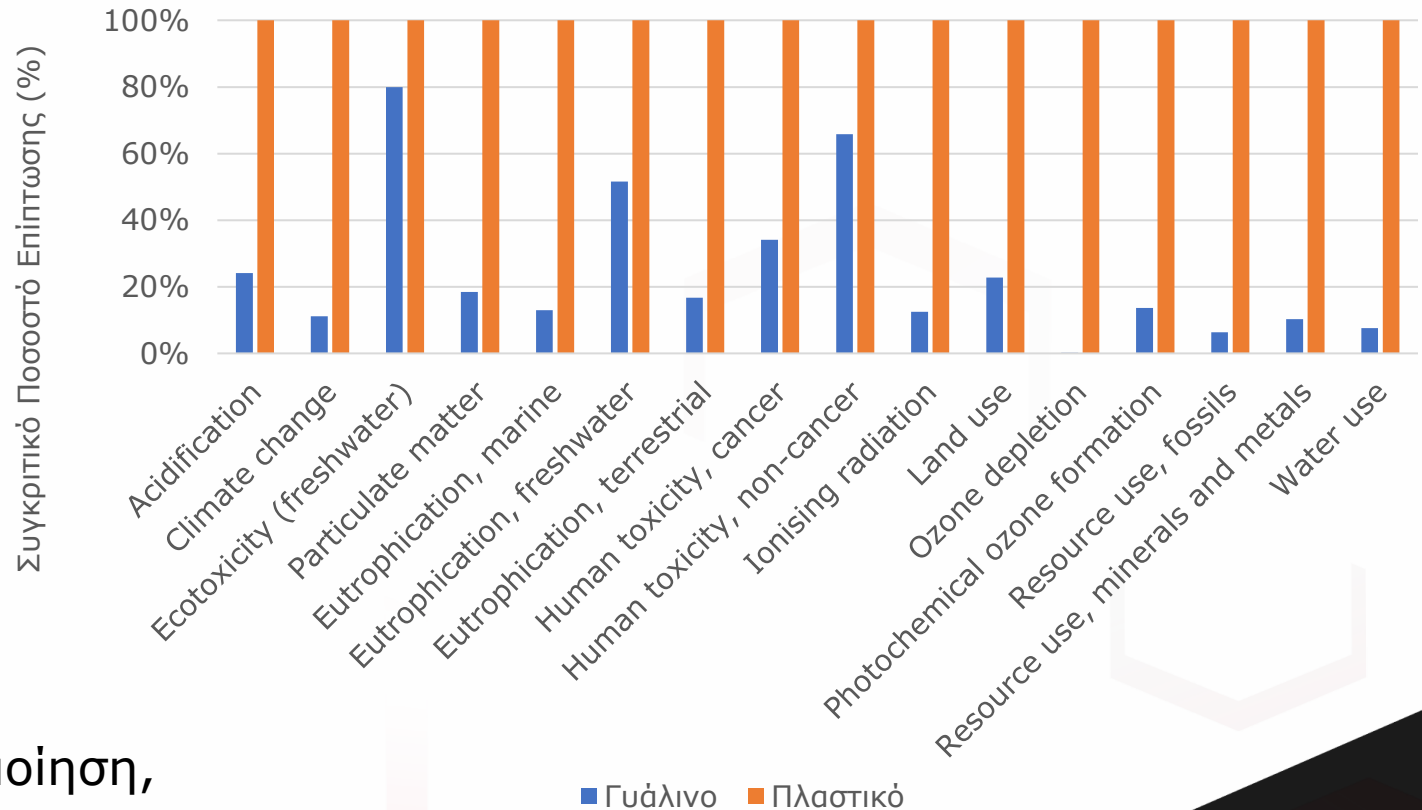
Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις με βάση τη λειτουργική μονάδα (με πλύση):



14 x 4 = 56 πλαστικά μπουκάλια
εμφιαλωμένου νερού



1 επαναχρησιμοποιούμενο γυάλινο
μπουκάλι νερού & εβδομαδιαία πλύση



Συμπέρασμα: Αν γίνει επαναχρησιμοποίηση,
το γυάλινο είναι καλύτερο

Ο κύκλος ζωής σε πρακτικές εφαρμογές – Εθελοντικές Πιστοποιήσεις

Ο κύκλος ζωής σε πρακτικές εφαρμογές: Οικολογικά Σήματα (Eco-labels)

Τι είναι το Ευρωπαϊκό Οικολογικό Σήμα (EU Ecolabel):

- Παγκοσμίως αναγνωρισμένο, εθελοντικό σύστημα
- Ακολουθεί το σύστημα ISO 14024 (τύπου I), περιγράφεται στον Ευρωπαϊκό Κανονισμό 66/2010
- Προωθεί προϊόντα και υπηρεσίες με άριστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, με βάση τυποποιημένες διαδικασίες και επιστημονικά στοιχεία
- Χιλιάδες προϊόντα, στις κατηγορίες: Προϊόντα προσωπικής φροντίδας, καθαρισμού, κηπουρικής, χάρτου, ένδυσης και κλωστοϋφαντουργικά, DIY (χρώματα, βερνίκια), ηλεκτρονικές συσκευές, επενδύσεις (πχ. δάπεδο, στέγη), έπιπλα και στρώματα, λιπαντικά, καταλύματα διακοπών
- Λαμβάνει υπόψιν τον πλήρη κύκλο ζωής του προϊόντος / υπηρεσίας (πρώτες ύλες – τέλος κύκλου)

Διαδικασία και προϋποθέσεις για την απονομή & χρήση σήματος:

- Υποβολή αίτησης, περιγραφή επιχείρησης & προϊόντος, τεκμηρίωση, πληρωμή τέλους (200-1200€)
- (Εργαστηριακές) δοκιμές προϊόντος κατά περίπτωση
- Δειγματοληπτικοί έλεγχοι στην αγορά & εγκαταστάσεις μετά την απονομή – διαρκής συμμόρφωση. Δυνητικά: ετήσιο τέλος χρήσης του σήματος.

Ο κύκλος ζωής σε πρακτικές εφαρμογές: Οικολογικά Σήματα (Eco-labels)

Top 10-20% προϊόντων κοινοτικής αγοράς

Καθορισμός κριτηρίων απονομής σήματος:

- **Περιβαλλοντικές επιπτώσεις** κύκλου ζωής, ιδιαίτερη βαρύτητα σε κλιματική αλλαγή, βιοποικιλότητα, κατανάλωση ενέργειας και φυσικών πόρων, παραγωγή αποβλήτων, εκπομπές στο περιβάλλον, ρύπανση μέσω ελευθέρωσης επικίνδυνων ουσιών κατά τον κύκλο ζωής
- **Υποκατάσταση επιβλαβών ουσιών** από λιγότερο επιβλαβείς (πχ. εναλλακτικά υλικά, σχέδιο)
- Μείωση επιπτώσεων μέσω της **ανθεκτικότητας** ή δυνατότητας **επαναχρησιμοποίησης** προϊόντος
- Δύναται να περιλαμβάνει **κοινωνικές και ηθικές παραμέτρους** στα κριτήρια, εφόσον σκόπιμο
- Εφόσον δυνατόν, **μείωσης των πειραμάτων σε ζώα**
- Κατά περίπτωση, **άλλα κριτήρια** από επισήμως αναγνωρισμένα περιβαλλοντικά σήματα
- Αποκλείονται* προϊόντα που περιέχουν ουσίες / παρασκευάσματα / μείγματα ταξινομημένα ως (λίαν) **τοξικά, επικίνδυνα** για το περιβάλλον, **καρκινογόνα, μεταλλαξιογόνα** ή **τοξικά για την αναπαραγωγή** (ΕΚ 1272/2008, αρθρ. 57 ΕΚ 1907/2006)

* Εξαιρέσεις: ουσίες για τις οποίες είναι τεχνικά αδύνατη η υποκατάσταση ή προϊόντα με σημαντικά υψηλότερη συνολική περιβαλλοντική επίδοση σε σύγκριση με άλλα προϊόντα της ίδιας κατηγορίας

Ο κύκλος ζωής σε πρακτικές εφαρμογές: Οικολογικά Σήματα (Eco-labels)

Ο ρόλος της ανάλυσης κύκλου ζωής στα Οικολογικά σήματα – Φορέας Πιστοποίησης:

- Χρήση **LCA βάσης δεδομένων για ποσοτικοποίηση** επιπτώσεων καθ' όλο τον κύκλο ζωής ώστε να οριστούν κριτήρια – European Reference Life Cycle Database (ELCD)
- **Ποσοτική ένδειξη** των περιβαλλοντικών επιδόσεων που αποδίδονται από τα κριτήρια, σε **σύγκριση με τον μέσο όρο** των προϊόντων που κυκλοφορούν στην αγορά
- **Ανάλυση hot-spot:** επιλογή σημαντικότερων περιβαλλοντικών επιπτώσεων κύκλου ζωής
- **Επιλογή δεικτών αξιολόγησης** βασικών περιβαλλοντικών επιδόσεων

Από την πλευρά του παραγωγού:


- **Δεν απαιτείται Ανάλυση Κύκλου Ζωής** για την πιστοποίηση – τα κριτήρια για κάθε κατηγορία προϊόντος θέτουν μέγιστα όρια / ελάχιστες προδιαγραφές με βάση τους περιβαλλοντικούς στόχους
- πχ. Για χρώματα & βερνίκια (απόφαση 2014/312/EU)
 - για αντισκωριακή βαφή, όριο VOC: 80 g/L (+νερό), προσδιορισμός: ISO11890-2 ή ISO17895
 - όριο χλωριούχων αποβλήτων: 103 kg/ tonne TiO₂ για παραγωγή με χρήση ορυκτού ρουτιλίου (2008/98/EC)
 - όριο θειικών αποβλήτων: 500 kg/ tonne TiO₂ για παραγωγή μέσω διαδικασίας θείου (2008/98/EC)

Ο κύκλος ζωής σε πρακτικές εφαρμογές: Περιβαλλοντική Δήλωση Προϊόντος

Τι είναι η περιβαλλοντική δήλωση προϊόντος (Environmental Product Declaration, EPD):

- Ολοκληρωμένη αξιολόγηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων προϊόντος σε όλο τον κύκλο ζωής
- Επαληθευμένο από ανεξάρτητους φορείς, δημοσίως καταχωρημένο έγγραφο, με αξιόπιστες, διαφανείς και συγκρίσιμες πληροφορίες
- Βασίζεται στη μεθοδολογία LCA και ακολουθεί διεθνή πρότυπα ISO 14040/44, ISO 14025, EN 15804
- Για κάθε κατηγορία προϊόντος ακολουθεί τεχνικά πρότυπα: Κανόνες Κατηγορίας Προϊόντων (PCR)

Γιατί να κάνει μια εταιρεία EPD:

- Βάση αναφοράς & σύγκρισης για βελτίωση επιπτώσεων, εντοπισμός hotspot: στοχευμένες δράσεις
- Βελτίωση περιβαλλοντικών επιπτώσεων = εξοικονόμηση οικονομικών πόρων
- Ανταπόκριση στις απαιτήσεις πελατών (πιστοποιήσεις κατόντη διεργασιών, marketing)
- Προβάδισμα σε άλλα σχήματα πιστοποίησης, πχ. LEED, BREEAM 
- Διευκόλυνση συμμόρφωσης με τρέχουσες ή μελλοντικές απαιτήσεις

Συνολικό κόστος*: 10.000 – 30.000 \$, ~ 78% LCA + προετοιμασία EPD

Ο κύκλος ζωής σε πρακτικές εφαρμογές: Περιβαλλοντικό Αποτύπωμα Προϊόντος

Τι είναι το περιβαλλοντικό αποτύπωμα προϊόντος (Product Environmental Footprint, PEF):

- Εθελοντικό μέτρο πιστοποίησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων της Ευρωπαϊκής Επιτροπής
- 16 κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων – μέθοδος Environmental Footprint της ΕΕ
- Βασίζεται στη μεθοδολογία LCA (4 στάδια, ISO 14040/44), καλύπτει όλο τον Κύκλο Ζωής
- Επιπλέον κανόνες ανά κατηγορία προϊόντος (PEFCR)
- Στόχος: να αντικαταστήσει άλλες μορφές πιστοποίησης ιδιωτικού συμφέροντος – κατακερματισμός αγοράς, έλλειψη κοινού ορισμού, σύγχυση και δυσπιστία καταναλωτών, δαπάνες για παραγωγούς

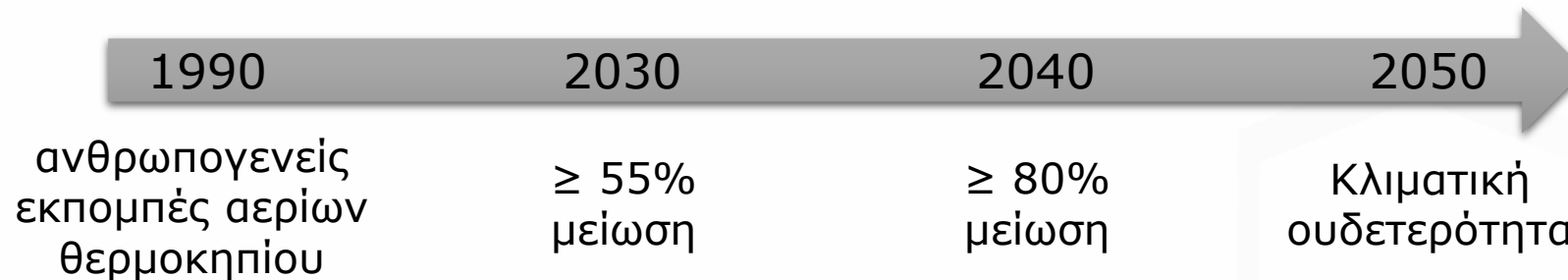


Ο κύκλος ζωής σε
πρακτικές εφαρμογές:

Κλιματικός Νόμος

Ο κύκλος ζωής σε πρακτικές εφαρμογές: Ανάλυση Ανθρακικού Αποτυπώματος (κλιματικός νόμος)

Κλιματικός Νόμος (4936/2022): Δημιουργία ενός συνεκτικού πλαισίου για τη βελτίωση της προσαρμοστικής ικανότητας και της κλιματικής ανθεκτικότητας της χώρας, και διασφάλιση της σταδιακής μετάβασης της χώρας στην κλιματική ουδετερότητα έως το έτος 2050.



- μέτρα και πολιτικές για την **ενίσχυση της προσαρμογής** στην κλιματική αλλαγή με το μικρότερο δυνατό κόστος
 - **ενδιάμεσοι στόχοι** μετριασμού των ανθρωπογενών εκπομπών
 - **δείκτες παρακολούθησης** της προόδου
- διαδικασίες **αξιολόγησης & αναπροσαρμογής** των στόχων, και λήψης πρόσθετων μέτρων
 - μέτρα για τον **μετριασμό εκπομπών** από την ηλεκτροπαραγωγή, τον κτιριακό τομέα, τις μεταφορές και τις επιχειρήσεις

Ο κύκλος ζωής σε πρακτικές εφαρμογές: Ανάλυση Ανθρακικού Αποτυπώματος (κλιματικός νόμος)

Αέρια του θερμοκηπίου: διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), μεθάνιο (CH_4), υποξείδιο του αζώτου (N_2O), υδροφθοράνθρακες (HFCs), υπερφθοράνθρακες (PFCs), εξαφθοριούχο θείο (SF_6) και άλλα αέρια που απορροφούν και επανεκπέμπουν υπέρυθρη ακτινοβολία.



Ανθρακικό αποτύπωμα: Συνολική ποσότητα αερίων θερμοκηπίου, εκφρασμένων σε ισοδύναμη ποσότητα CO_2 , που εκπέμπονται άμεσα ή έμμεσα από ένα ή περισσότερα άτομα, μια γεωγραφική περιοχή, έναν φορέα, ή μια παραγωγική διαδικασία.

Ο κύκλος ζωής σε πρακτικές εφαρμογές: Ανάλυση Ανθρακικού Αποτυπώματος (κλιματικός νόμος)

Σχέδια, Στρατηγικές, Προϋπολογισμοί, Εκθέσεις & Μέτρα – Ποιους αφορά:

- **Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης (α' βαθμού, Άρθρο 16):**
 - 31/3/23: Δημοτικό Σχέδιο Μείωσης Εκπομπών → υπολογισμός αποτυπώματος*, προσδιορισμός μέτρων, δράσεων & στόχων μείωσης εκπομπών, έτος βάσης 2019, αναθεώρηση ανά 5 έτη, εξωτερική επαλήθευση
- **Φορείς έργων & δραστηριοτήτων – εγκαταστάσεις (Άρθρο 19):** κατ. Α' νόμου 4014/2011 (π.χ. βιομηχανίες)
 - 30% μείωση εκπομπών έως το 2030, σε σχέση με το 2019.
 - 2026: έκθεση τρόπου συμμόρφωσης με στόχο μείωσης των εκπομπών, πχ. αντιστάθμιση. Ετήσια έκθεση εκπομπών.
- **Επιχειρήσεις (Άρθρο 20):** πχ. Παροχής υπηρεσιών εφοδιαστικής, ταχυμεταφορών, κ.α.
 - 31/10/23: έκθεση αποτυπώματος* (έτος αναφοράς 2022), εθελοντικοί στόχοι, δράσεις μείωσης / αντιστάθμισης
- **5-ετούς διάρκειας τομεακοί προϋπολογισμοί άνθρακα (Άρθρο 7)**

* **Πρότυπα υπολογισμού ανθρακικού αποτυπώματος:** 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. ISO 14064-1:2018, κατηγορία 1 & 2 (άμεσες εκπομπές & έμμεσες εκπομπές από εισαγόμενη ενέργεια)

Ο κύκλος ζωής σε πρακτικές εφαρμογές: Ανάλυση Ανθρακικού Αποτυπώματος (κλιματικός νόμος)

Ο ρόλος της ανάλυσης κύκλου ζωής στον υπολογισμό ανθρακικού αποτυπώματος:

- **Καταγραφή & Χαρτογράφηση** όλων των δραστηριοτήτων, εισροών & εκροών που οφείλουν οι επιχειρήσεις & φορείς να συμπεριλάβουν στην ανάλυση (**όρια συστήματος** υπό μελέτη)
- Εμπειρία στη **συστηματική συλλογή** καταλόγου απογραφής, **εργαλεία** συλλογής & υπολογισμού
- Επιλογή & πρόσβαση σε **βάσεις δεδομένων** για τον υπολογισμό του αποτυπώματος διαδικασιών παρασκηνίου (πχ. ανάντη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, κατάντη επεξεργασία λυμάτων)
- Εκτίμηση χρονικής, χωρικής και τεχνολογικής **αντιπροσωπευτικότητας** καταλόγου απογραφής – χρήση (εμπορικών) βάσεων δεδομένων με **συστηματική ανανέωση** & έλεγχο δεδομένων
- Επιλογή κατάλληλων **διεργασιών / μοντέλων προσέγγισης**, σε περίπτωση που μια δραστηριότητα δεν έχει γνωστό περιβαλλοντικό αποτύπωμα, με βάση ομοιότητες παραγωγικής διαδικασίας
- Δυνατότητα άμεσης & ρεαλιστικής **προσομοίωσης μέτρων** μείωσης αποτυπώματος – επιλογή **βέλτιστων περιβαλλοντικών επιπτώσεων με ελάχιστο κόστος**

Ο κύκλος ζωής σε
πρακτικές εφαρμογές:

Μηχανισμός συνοριακής
προσαρμογής άνθρακα

Ο κύκλος ζωής σε πρακτικές εφαρμογές: Μηχανισμός συνοριακής προσαρμογής άνθρακα (ΜΣΠΑ)

Τρόποι υπολογισμού κατά τη μεταβατική περίοδο:

- Έως Ιούλιο 2024: προκαθορισμένες τιμές ανά κατηγορία υλικού
- Έως τέλος 2024: τρεις προτεινόμενες μέθοδοι (ΕΕ, 2023/1773)
 - σύστημα τιμολόγησης ανθρακούχων εκπομπών στην τοποθεσία του προμηθευτή
 - υποχρεωτικό σύστημα παρακολούθησης εκπομπών στην τοποθεσία του προμηθευτή
 - σύστημα παρακολούθησης των εκπομπών στην εγκατάσταση (+ επαλήθευση)
- Έως τέλος μεταβατικής περιόδου: υπολογισμός με βάση τη νέα μεθοδολογία που προτείνει η Ευρωπαϊκή Κοινότητα (ΕΕ, 2023/1773)

European Commission

Brussels, 22 December 2023

DEFAULT VALUES FOR THE TRANSITIONAL PERIOD OF THE CBAM BETWEEN 1 OCTOBER 2023 AND 31 DECEMBER 2025

Για όλα τα υλικά, καταχώρηση με
βάση κωδικούς Συνδυασμένης
Ονοματολογίας (ΕΟΚ αριθ. 2658/87)

πχ. Τσιμέντο,
2507 00 80 – Άλλες καολινικές άργιλοι

Άμεσες εκπομπές: 0.23
Έμμεσες εκπομπές: 0.08
Συνολικές εκπομπές: 0.32
tonne CO₂e/tonne goods

Ο κύκλος ζωής σε πρακτικές εφαρμογές: Μηχανισμός συνοριακής προσαρμογής άνθρακα (ΜΣΠΑ)

Ο ρόλος της ανάλυσης κύκλου ζωής στο Μηχανισμό Συνοριακής Προσαρμογής Άνθρακα:

- **Καταγραφή & Χαρτογράφηση** όλων των δραστηριοτήτων της εφοδιαστικής αλυσίδας που οφείλουν οι εισαγωγείς να συμπεριλάβουν στην έκθεση (**όρια συστήματος** υπό μελέτη)
- Επιλογή & πρόσβαση σε **βάσεις δεδομένων** για τον υπολογισμό εκπομπών διαδικασιών παρασκευής (πχ. ανάντη διεργασίες παραγωγής πρώτων υλών)
- Εμπειρία στην επιλογή και χρήση **συντελεστών** εκπομπών και υπολογισμού
- Επιλογή κατάλληλων **δεδομένων υποκατάστασης & έμμεσων μεθόδων υπολογισμού**, σε περίπτωση που υπάρχουν κενά στα δεδομένα ή αυτά αναμένεται να είναι αναπόφευκτα, ή η μέθοδος παρακολούθησης συνεπάγεται αδικαιολόγητο κόστος ή είναι τεχνικά ανέφικτη
- Δυνατότητα **προσομοίωσης σεναρίων εναλλακτικών προμηθευτών** (πχ. εναλλακτικές πρώτες ύλες / διεργασίες) – **μείωση κόστους αγοράς πιστοποιητικών**
- **Επαλήθευση δεδομένων προμηθευτών** (σύγκριση με δεδομένα LCA)

Ευχαριστούμε!
Θα μας βρείτε στο περίπτερο D5a

