



Αξιολόγηση Βιωσιμότητας Κύκλου Ζωής

Διάλεξη 2: Βασικές έννοιες και εφαρμογές LCSA

Περιβάλλον, κοινωνία και κόστος στην ίδια απόφαση



Δομή διαλέξεων μαθήματος

1. Εισαγωγή στη Βιωσιμότητα και τη Λογική του Κύκλου Ζωής
2. **Θεμελιώδεις Έννοιες και Πλαίσιο της Αξιολόγησης Βιωσιμότητας Κύκλου Ζωής (LCSA): (Εφαρμογές LCSA σε Προϊόντα, Τεχνολογίες και Πολιτικές)**
3. Ανάλυση Κύκλου Ζωής (LCA): Σκοπός, Πεδίο Εφαρμογής και Όρια Συστήματος
4. Απογραφή Κύκλου Ζωής (LCI): Δεδομένα, Πηγές και Ποιότητα Πληροφορίας
5. Αξιολόγηση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (LCIA) και Ερμηνεία Αποτελεσμάτων
6. Hands on OpenLCA and Ecoinvent v3.6 – Εργασία!
7. Εισαγωγή στην Κοινωνική Ανάλυση Κύκλου Ζωής (S-LCA): Έννοιες και Πλαίσια
8. Διαστάσεις, Δείκτες και Εμπλεκόμενοι Φορείς στην S-LCA
9. Ανάλυση Κύκλου Κόστους (LCC): Οικονομική Αποτίμηση σε Επίπεδο Κύκλου Ζωής
10. Συλλογή και Ενοποίηση Περιβαλλοντικών, Κοινωνικών και Οικονομικών Δεδομένων: Σύνθεση Αποτελεσμάτων και Πολυκριτηριακή Ερμηνεία στην LCSA
11. Ερωτήσεις εργασίας
12. Αβεβαιότητα, Ευαισθησία και Κριτική Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων
13. Παρουσίαση εργασιών



Τι θα μπορούμε να κάνουμε

Να συγκρίνουμε προϊόντα που προσφέρουν την ίδια υπηρεσία (λειτουργικότητα/functionality).

Να ξεχωρίζουμε τι εξετάζουν η LCA, η S-LCA και η LCC.

Να εντοπίζουμε πότε μία βελτίωση δημιουργεί άλλο πρόβλημα (burden shift).

Να αιτιολογούμε μια επιλογή, δηλώνοντας τις παραδοχές της.



Η διαδρομή του τρίωρου

	Περιεχόμενο
1 ^η ώρα	Έννοιες LCSA και σύντομες δραστηριότητες
2 ^η ώρα	LCA και S-LCA με παραδείγματα
3 ^η ώρα	LCC, συνδυαστική αξιολόγηση και συζήτηση

Ποιο ποτήρι θα επιλέγατε;

Για τον καθημερινό καφέ στο πανεπιστήμιο:

Ποτήρι μίας χρήσης ή επαναχρησιμοποιούμενη κούπα;

Ψηφίστε με το χέρι και δώστε έναν λόγο.

Συζήτηση σε ζευγάρια: ποια πληροφορία λείπει;





Η επιλογή χρειάζεται δεδομένα

Η παραγωγή της κούπας έχει επιπτώσεις πριν από την πρώτη χρήση.

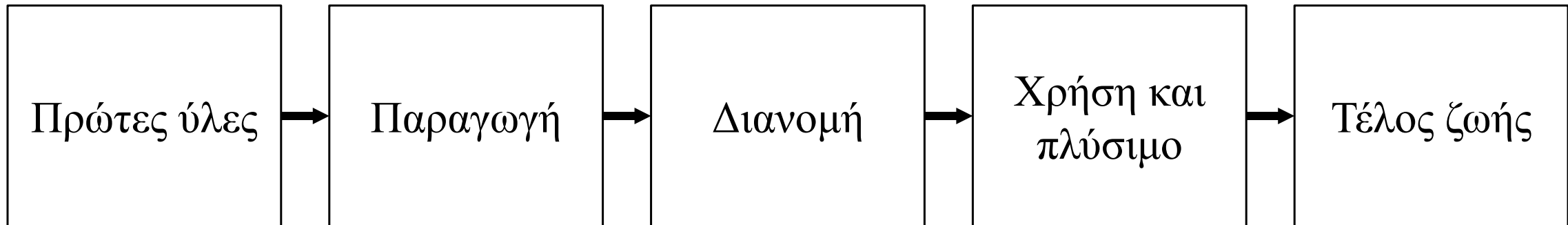
Κάθε πλύσιμο χρειάζεται νερό και ενέργεια.

Οι πολλές χρήσεις μοιράζουν την επιβάρυνση παραγωγής.

Η σύγκριση χρειάζεται κοινή ποσότητα και ποιότητα υπηρεσίας.



Ο κύκλος ζωής μιας κούπας



Σε κάθε στάδιο καταναλώνουμε πόρους και ενέργεια.

Η επαναχρησιμοποίηση αλλάζει τον αριθμό προϊόντων που χρειαζόμαστε.



Μετατόπιση επιβαρύνσεων (burden shift)

Αλλαγή	Πιθανή επιβάρυνση αλλού
Λιγότερο υλικό στη συσκευασία	Περισσότερες φθορές στο προϊόν
Αποδοτικότερη συσκευή	Πρόσθετα υλικά στην παραγωγή
Φθηνότερος προμηθευτής	Υποβάθμιση συνθηκών εργασίας

Εξετάζουμε άλλα στάδια, άλλες επιπτώσεις και άλλους πυλώνες.



Δραστηριότητα: η ελαφριά φιάλη

Μια εταιρεία μειώνει κατά 20% το πλαστικό ανά φιάλη.

Οι φιάλες σπάνε συχνότερα στη μεταφορά και χάνεται προϊόν.

Μπορούμε ήδη να πούμε ότι η αλλαγή είναι καλύτερη;

Σε ζευγάρια: γράψτε δύο δεδομένα που θα ζητούσατε.



Η φιάλη και το περιεχόμενό της

Η υπηρεσία είναι η παράδοση της ίδιας ποσότητας κατάλληλου προϊόντος.

Με περισσότερες απώλειες, μπορεί να χρειάζονται περισσότερες φιάλες.

Συνυπολογίζουμε την παραγωγή του χαμένου περιεχομένου.

Η μείωση πλαστικού από μόνη της δεν αρκεί για συμπέρασμα.



Σκέψη, αξιολόγηση και απόφαση

Έννοια	Τι κάνουμε
Σκέψη κύκλου ζωής (Life Cycle Thinking)	Εξετάζουμε όλη τη διαδρομή του προϊόντος.
Αξιολόγηση LCSA	Συγκρίνουμε περιβάλλον, κοινωνία και κόστος.
Λήψη απόφασης	Επιλέγουμε με βάση αποτελέσματα και προτεραιότητες.



SDGs, ESG και κυκλική οικονομία

Πλαίσιο	Βασικό ερώτημα
SDGs	Ποιους στόχους βιώσιμης ανάπτυξης επιδιώκουμε;
ESG	Πώς εξετάζουμε περιβάλλον, κοινωνία και διακυβέρνηση;
Κυκλική οικονομία	Πώς διατηρούμε την αξία προϊόντων και υλικών;
LCSA	Ποιες επιπτώσεις και κόστη έχει ο κύκλος ζωής;

Τα πλαίσια συνδέονται, αλλά δεν είναι ισοδύναμα.



Τι εξετάζει η LCSA

Η LCSA εξετάζει περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές πτυχές στον κύκλο ζωής.

Μπορεί να αναδείξει αρνητικές επιπτώσεις και οφέλη.

Υποστηρίζει συγκρίσεις και εντοπισμό ευκαιριών βελτίωσης.

Το συμπέρασμα εξαρτάται από τα όρια και τις παραδοχές.



Η σχέση των τριών πυλώνων

$$\text{LCSA} = \text{LCA} + \text{S-LCA} + \text{LCC}$$

Η σχέση εκφράζει συνδυασμό αξιολογήσεων.

Οι δείκτες έχουν διαφορετικές μονάδες.

Δεν προσθέτουμε απευθείας kg CO₂-eq, κοινωνικούς δείκτες και ευρώ.



Τρεις αξιολογήσεις, κοινό προϊόν

Μέθοδος	Ερώτημα	Παράδειγμα δείκτη
LCA	Τι επιβαρύνει το περιβάλλον;	kg CO ₂ -eq.
S-LCA	Πώς συνδέεται με ανθρώπους;	Κοινωνική επίδοση ή κίνδυνος (/risk)
LCC	Πόσο κοστίζει διαχρονικά;	€ ή \$ για την περίοδο μελέτης



Η λειτουργική μονάδα (functional unit)

Περιγράφει την υπηρεσία που συγκρίνουμε και την ποσότητά της.

Παράδειγμα: παροχή 1.000 ροφημάτων των 250 mL.

Ορίζουμε τις απαιτήσεις υγιεινής και τη θερμοκρασία χρήσης.

Υπολογίζουμε πόσα προϊόντα απαιτούνται για αυτή την υπηρεσία.



Δραστηριότητα: σύγκριση λαμπτήρων

Θέλουμε να συγκρίνουμε δύο διαφορετικούς λαμπτήρες.

Αρκεί η σύγκριση «ένας λαμπτήρας με έναν λαμπτήρα»;

Συζητήστε: τι πρέπει να προσφέρουν εξίσου;

Προτείνετε μια λειτουργική μονάδα σε μία πρόταση.



**Αρκεί η σύγκριση «ένας λαμπτήρας με έναν λαμπτήρα»;
Προτείνετε μια λειτουργική μονάδα σε μία πρόταση.**



Ίδιος φωτισμός, άλλη ροή αναφοράς

Υποθετικό παράδειγμα	Λαμπτήρας Α	Λαμπτήρας Β
Φωτεινή ροή	800 lumen	800 lumen
Διάρκεια ζωής	10.000 ώρες	5.000 ώρες
Λαμπτήρες για 10.000 ώρες	1	2

Κοινή υπηρεσία: 800 lumen για 10.000 ώρες.



Δραστηριότητα: τα όρια της κούπας

Μελετάμε 1.000 χρήσεις επαναχρησιμοποιούμενης κούπας.

Μια ομάδα περιλαμβάνει **μόνο** παραγωγή και μεταφορά.

Μια άλλη προσθέτει πλύσιμο και τέλος ζωής.

Ποια σύγκριση θα υποστηρίζατε και γιατί;



Τα όρια ακολουθούν το ερώτημα

Σκοπός	Κατάλληλο πεδίο
Βελτίωση παραγωγής κούπας	Λεπτομερής ανάλυση των σχετικών παραγωγικών σταδίων
Σύγκριση λύσεων για 1.000 ροφήματα	Παραγωγή, χρήση, πλύσιμο και τέλος ζωής
Συνολικό αποτύπωμα υπηρεσίας	Όλα τα ουσιώδη στάδια που απαιτεί η υπηρεσία



Κοινή βάση για τους τρεις πυλώνες

Ίδια υπηρεσία και λειτουργική μονάδα.

Συνεπείς παραδοχές για διάρκεια ζωής και χρήση.

Σαφής γεωγραφία, χρονική περίοδος και εναλλακτικές λύσεις.

Τεκμηρίωση διαφορών στα όρια, όταν τις απαιτεί η μέθοδος.



Ένα μικρό παράδειγμα LCSA

Για την ίδια υπηρεσία	Λύση Α	Λύση Β
Κλιματική αλλαγή	100 kg CO ₂ -eq	70 kg CO ₂ -eq
Κόστος κύκλου ζωής	120 €	150 €
Στοιχεία συνθηκών εργασίας	Επαρκώς τεκμηριωμένα	Ανεπαρκή δεδομένα

Υποθετικά δεδομένα. Ο περιβαλλοντικός δείκτης αφορά μόνο την κλιματική αλλαγή.



Ποια λύση θα προτείνετε;

Σε ομάδες των τριών επιλέξτε Α, Β ή «χρειάζομαι δεδομένα».

Δώστε μία αιτιολόγηση που να λαμβάνει υπόψη και τους τρεις πυλώνες.

Ποια πληροφορία μπορεί να αλλάξει την επιλογή σας;

Έχετε 3 λεπτά για συζήτηση.



Τι μπορούμε να συμπεράνουμε;

Η Β έχει 30% μικρότερη επίπτωση στην κλιματική αλλαγή.

Η Β έχει 25% μεγαλύτερο κόστος από την Α.

Για την κοινωνική επίδοση της Β δεν έχουμε επαρκή στοιχεία.

Χρειάζονται προτεραιότητες και καλύτερη τεκμηρίωση για την απόφαση.



Έλεγχος κατανόησης πρώτης ώρας

«Το φθηνότερο στην αγορά έχει πάντα το μικρότερο LCC».

«Η λειτουργική μονάδα περιγράφει την υπηρεσία».

«Λιγότερο CO₂ σημαίνει καλύτερο αποτέλεσμα σε όλους τους πυλώνες».

Ψηφίστε σωστό ή λάθος και αιτιολογήστε μία απάντηση.



Η λειτουργική μονάδα περιγράφει την υπηρεσία



Περιβαλλοντική αξιολόγηση LCA

Η LCA συνδέει εισροές και εκροές με δυνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

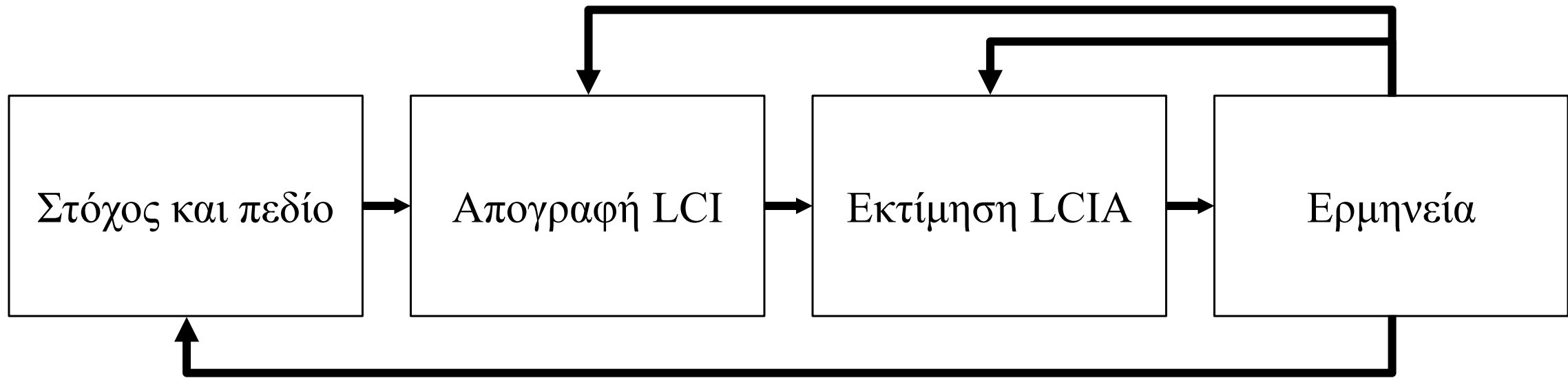
Εξετάζει τον κύκλο ζωής μέσα στα δηλωμένα όρια.

Εντοπίζει διεργασίες με μεγάλη συνεισφορά στο αποτέλεσμα.

Υποστηρίζει βελτιώσεις και έλεγχο μετατόπισης επιβαρύνσεων.



Οι τέσσερις φάσεις της LCA



Η ερμηνεία συνοδεύει όλη τη μελέτη.

Νέα δεδομένα μπορεί να οδηγήσουν σε αναθεώρηση προηγούμενων επιλογών.



2 & 3. Απογραφή και περιβαλλοντική επίπτωση

Στην απογραφή	Στην εκτίμηση επιπτώσεων
Ηλεκτρική ενέργεια σε kWh	Επιπτώσεις παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας
Εκπομπές CO ₂ και CH ₄ σε kg	Συνεισφορά στην κλιματική αλλαγή
Εκπομπές θρεπτικών ουσιών	Συνεισφορά στον ευτροφισμό

Η ποσότητα μιας ροής και ο δείκτης επίπτωσης είναι διαφορετικά μεγέθη.



Περισσότερες από μία επιπτώσεις

Κατηγορία	Τι περιγράφει
Κλιματική αλλαγή	Συνεισφορά στην αλλαγή του κλίματος
Οξίνιση (όξινη βροχή)	Δυνητική οξίνιση εδαφών και υδάτων
Ευτροφισμός	Εμπλουτισμό οικοσυστημάτων με θρεπτικά συστατικά
Χρήση πόρων και νερού	Πιέσεις που εξαρτώνται από τη μέθοδο

Οι μονάδες και οι συντελεστές εξαρτώνται από τη μέθοδο LCIA.

Ποια είναι η σημαντικότερη επίπτωσή;





Παράδειγμα: ένα smartphone

Υπηρεσία: επικοινωνία και χρήση εφαρμογών για 3 έτη.

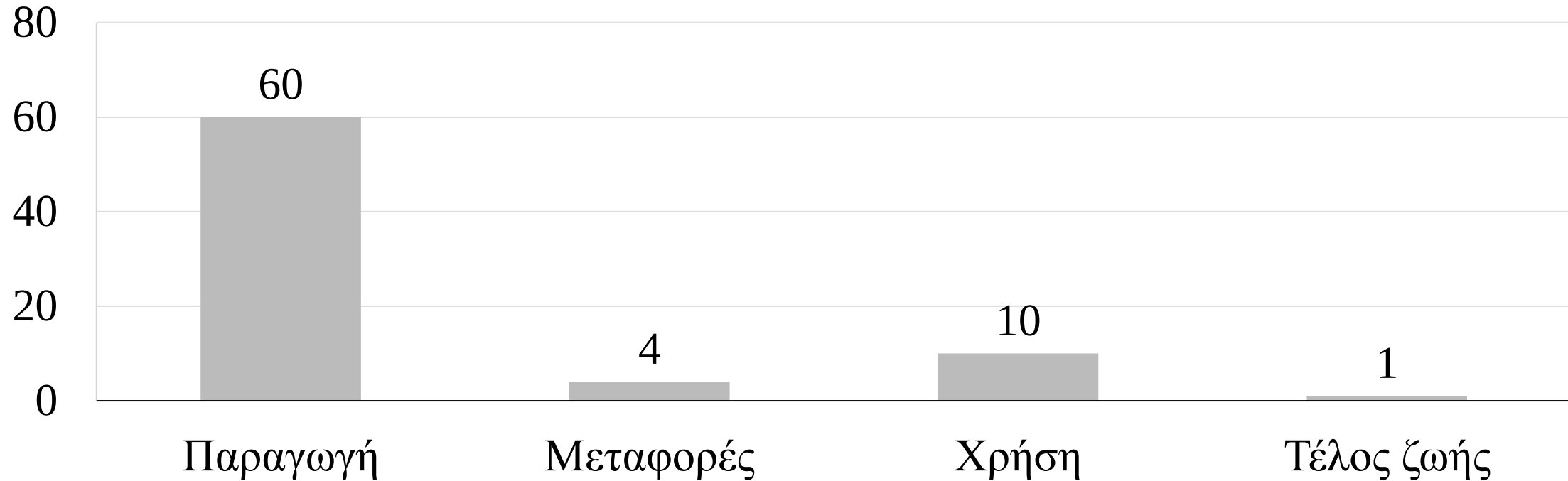
Πρώτες ύλες και κατασκευή εξαρτημάτων.

Συναρμολόγηση, μεταφορές και φόρτιση.

Επισκευές και διαχείριση στο τέλος ζωής.



Πού εντοπίζεται το μεγαλύτερο μερίδιο;



Υποθετικό σύνολο: 75 kg CO₂-eq ανά συσκευή για 3 έτη.

Η παραγωγή συνεισφέρει $60 / 75 = 80\%$.



Τι αλλάζει με τη διάρκεια χρήσης;

Υποθετικές παραδοχές	3 έτη	5 έτη
Σταθερό μέρος κύκλου ζωής	60 kg CO ₂ -eq	60 kg CO ₂ -eq
Χρήση, 5 kg CO ₂ -eq ανά έτος	15 kg CO ₂ -eq	25 kg CO ₂ -eq
Σύνολο ανά έτος υπηρεσίας	25 kg CO₂-eq	17 kg CO₂-eq

Η παράταση ζωής ωφελεί όταν διατηρείται ισοδύναμη υπηρεσία.



Συσκευή ή ψηφιακή υπηρεσία;

Στενότερο σύστημα	Ευρύτερο σύστημα
Κατασκευή και φόρτιση συσκευής	Συσκευή και δίκτυα επικοινωνιών
Συντήρηση και τέλος ζωής	Επιπλέον κέντρα δεδομένων
Αποτύπωμα συσκευής	Αποτύπωμα καθορισμένης ψηφιακής υπηρεσίας

Διαφορετικά όρια σημαίνουν διαφορετικό ερώτημα και αποτέλεσμα.



Κτίρια: στάδια κύκλου ζωής

Ενότητες	Στάδια Κύκλου Ζωής
A1–A3	Παραγωγή δομικών προϊόντων
A4–A5	Μεταφορά στο έργο και κατασκευή
B1–B7	Χρήση, συντήρηση, ενέργεια και νερό
C1–C4	Αποδόμηση και διαχείριση αποβλήτων



Ενσωματωμένες και λειτουργικές εκπομπές



Υποθετικά kg CO₂-eq. ανά m² για 50 έτη, ίδια χρήση.

Περισσότερα υλικά μπορεί να συνοδεύονται από μικρότερες λειτουργικές εκπομπές.



Η LCA στον σχεδιασμό κτιρίου (ecodesign)

Στάδιο απόφασης	Παράδειγμα εφαρμογής
Αρχικός σχεδιασμός	Σύγκριση εναλλακτικών κατασκευαστικών λύσεων
Ανάπτυξη μελέτης	Ποσότητες υλικών από το ψηφιακό μοντέλο BIM
Προμήθειες	Χρήση συμβατών περιβαλλοντικών δηλώσεων EPD

Συγκρίνουμε ισοδύναμη λειτουργία και συμβατούς κανόνες υπολογισμού.



4. Ερμηνεία και ποιότητα αποτελεσμάτων

Ποια στάδια συνεισφέρουν περισσότερο και γιατί;

Αλλάζει το συμπέρασμα με τη διάρκεια ζωής ή το ενεργειακό μείγμα;

Αντιπροσωπεύουν τα δεδομένα τη χώρα, τον χρόνο και την τεχνολογία;

Δηλώνουμε τι γνωρίζουμε και τι παραμένει αβέβαιο.



Δραστηριότητα: καλύτερο σε τι;

Το προϊόν Β έχει μικρότερη επίπτωση στην κλιματική αλλαγή.

Παράλληλα έχει μεγαλύτερη επίπτωση στον ευτροφισμό.

Είναι ακριβής ο ισχυρισμός «Το Β είναι οικολογικότερο»;

Προτείνετε μια πιο ακριβή διατύπωση.



Κοινωνική αξιολόγηση S-LCA

Η S-LCA εξετάζει κοινωνικές και κοινωνικο-οικονομικές πτυχές στον κύκλο ζωής.

Εστιάζει στους ανθρώπους που συνδέονται με την αλυσίδα αξίας (value chain).

Εξετάζει κοινωνική επίδοση, κινδύνους ή επιπτώσεις, ανάλογα με τη μέθοδο.

Μπορεί να περιλάβει αρνητικές και θετικές πτυχές.



Ποιοι επηρεάζονται;

Ενδιαφερόμενα μέρη	Παράδειγμα θέματος
Εργαζόμενοι	Μισθοί και υγεία στην εργασία
Τοπική κοινότητα	Πρόσβαση σε πόρους και διαβίωση
Καταναλωτές	Ασφάλεια προϊόντος
Παιδιά	Εκπαίδευση και υγεία
Φορείς αλυσίδας αξίας	Σχέσεις με προμηθευτές
Κοινωνία	Συνεισφορά στην κοινωνική ανάπτυξη

Ποια είναι η σημαντικότερη επίπτωσή;

Η μετακίνηση και η πρόσβαση στο σχολείο πρέπει να είναι αυτονόητη.

Με **σχέδιο** και με **πόρους**

ΔΙΑΣΦΑΛΙΖΟΥΜΕ

ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑ

ΚΑΙ

ΙΣΕΣ ΕΥΚΑΙΡΙΕΣ




ΟΔΗΓΟΣ

ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ



ΜΙΣΘΟΙ ΑΝΩ ΤΩΝ 2.000 ΕΥΡΩ

Πέντε κλάδοι ξεχωρίζουν με μέσες αποδοχές σημαντικά υψηλότερες από τον μέσο μισθό των €1.516.

“



Δύο προσεγγίσεις στην S-LCA

Κλίμακες αναφοράς - Type I	Διαδρομές επιπτώσεων - Type II
Σύγκριση με καθορισμένα επίπεδα επίδοσης ή κινδύνου	Μοντελοποίηση σχέσεων αιτίας και αποτελέσματος
Παράδειγμα: μισθός σε σχέση με σημείο αναφοράς	Παράδειγμα: έκθεση που συνδέεται με έκβαση υγείας
Απαιτούν σαφή κριτήρια και τεκμηρίωση	Απαιτούν τεκμηρίωση της αιτιώδους σχέσης



Παράδειγμα: η αλυσίδα μιας μπλούζας

Βαμβάκι, νήμα και ύφασμα.

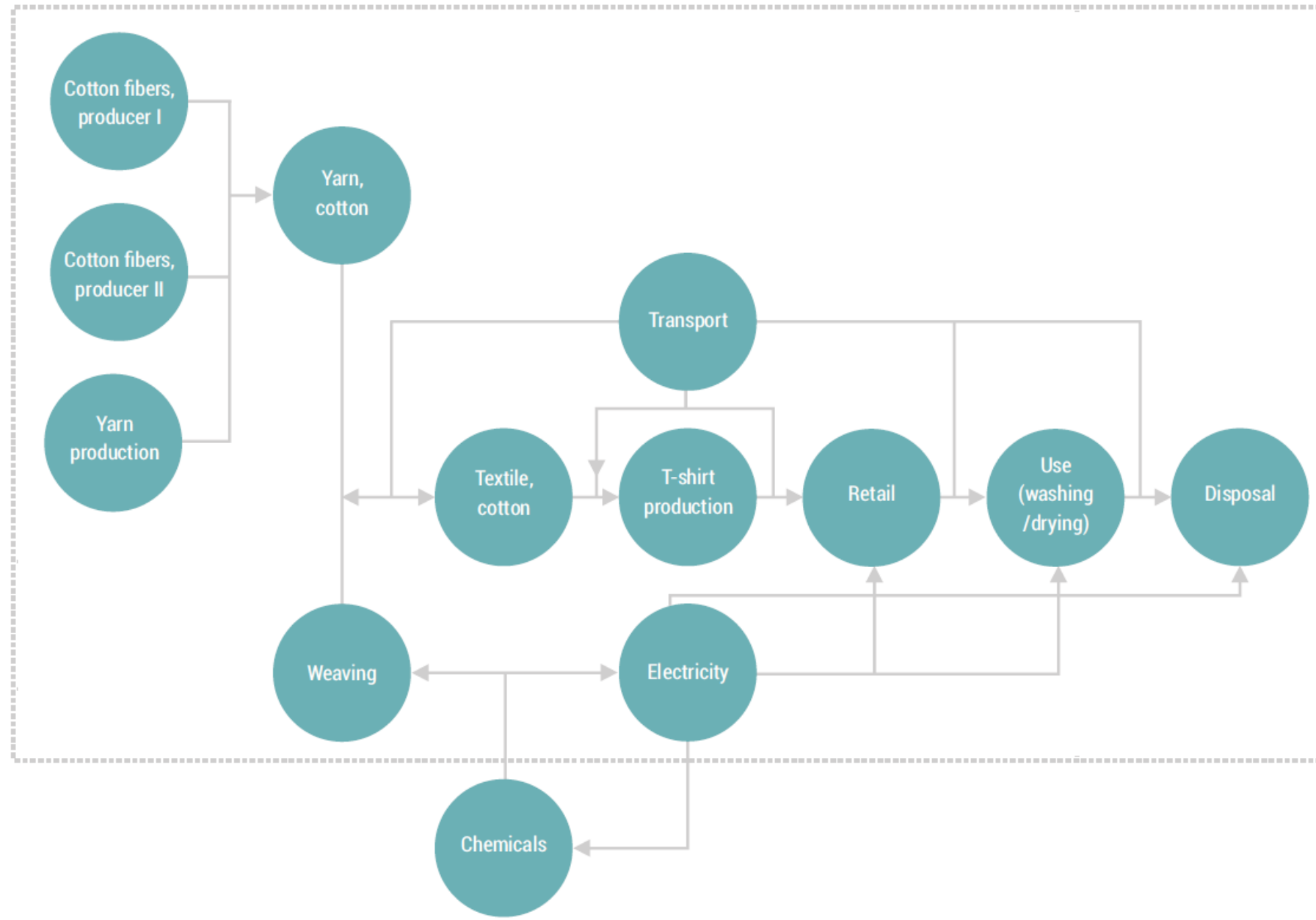
Βαφή και ραφή.

Μεταφορά και πώληση.

Χρήση και τέλος ζωής.

Σε ποια στάδια θα αναζητούσαμε κοινωνικά δεδομένα;





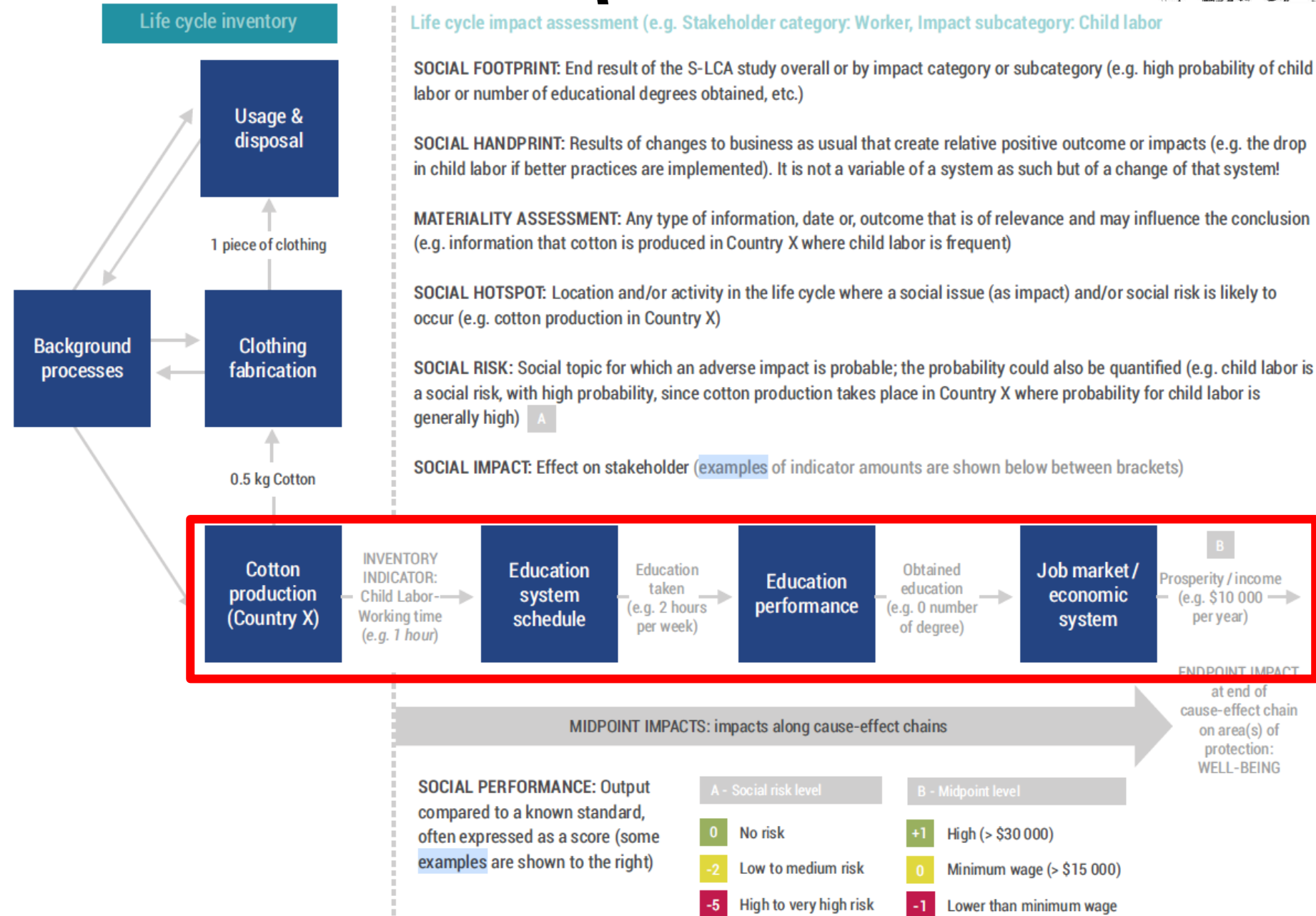


Δεδομένα για την μπλούζα

Στάδιο	Πληροφορία που χρειαζόμαστε
Καλλιέργεια βαμβακιού	Χώρα, εργατοώρες και συνθήκες εργασίας
Βαφή υφάσματος	Έκθεση εργαζομένων και μέτρα προστασίας
Ραφή	Ωράριο, αμοιβή και εργασιακές σχέσεις
Επαναχρησιμοποίηση	Θέσεις εργασίας και συνθήκες εργασίας

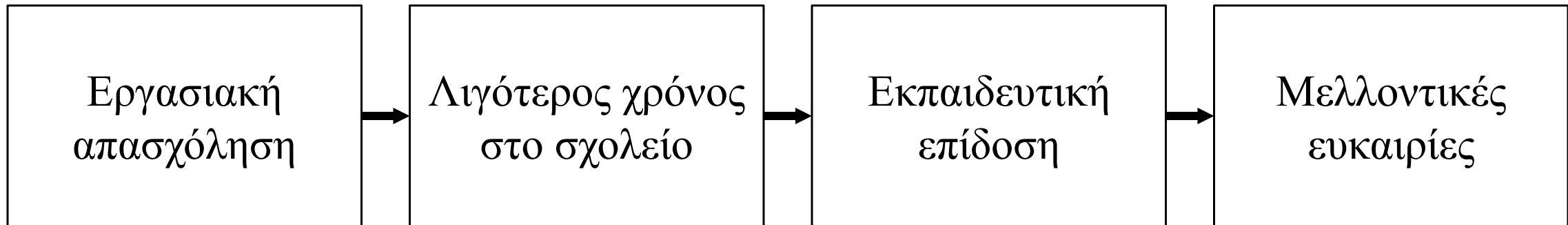
Η χώρα ή ο κλάδος βοηθά στον έλεγχο κινδύνου, όχι στην απόδειξη παραβίασης.

Παιδική εργασία και εκπαίδευση





Παιδική εργασία και εκπαίδευση



Ενδεικτική διαδρομή πιθανών επιπτώσεων.

Κάθε σύνδεση χρειάζεται δεδομένα και κατάλληλο μοντέλο.



Ζάχαρη: κίνδυνος στην αλυσίδα

Η αλυσίδα περιλαμβάνει καλλιέργεια, χημικά, μεταφορές και υπηρεσίες.

Το σημείο υψηλού κοινωνικού κινδύνου μπορεί να βρίσκεται σε προμηθευτή.

Ο συνδυασμός εργατοωρών και συντελεστών κινδύνου υποστηρίζει την ιεράρχηση.

Οι ώρες ισοδύναμου μέσου κινδύνου δεν είναι αριθμός θυμάτων.



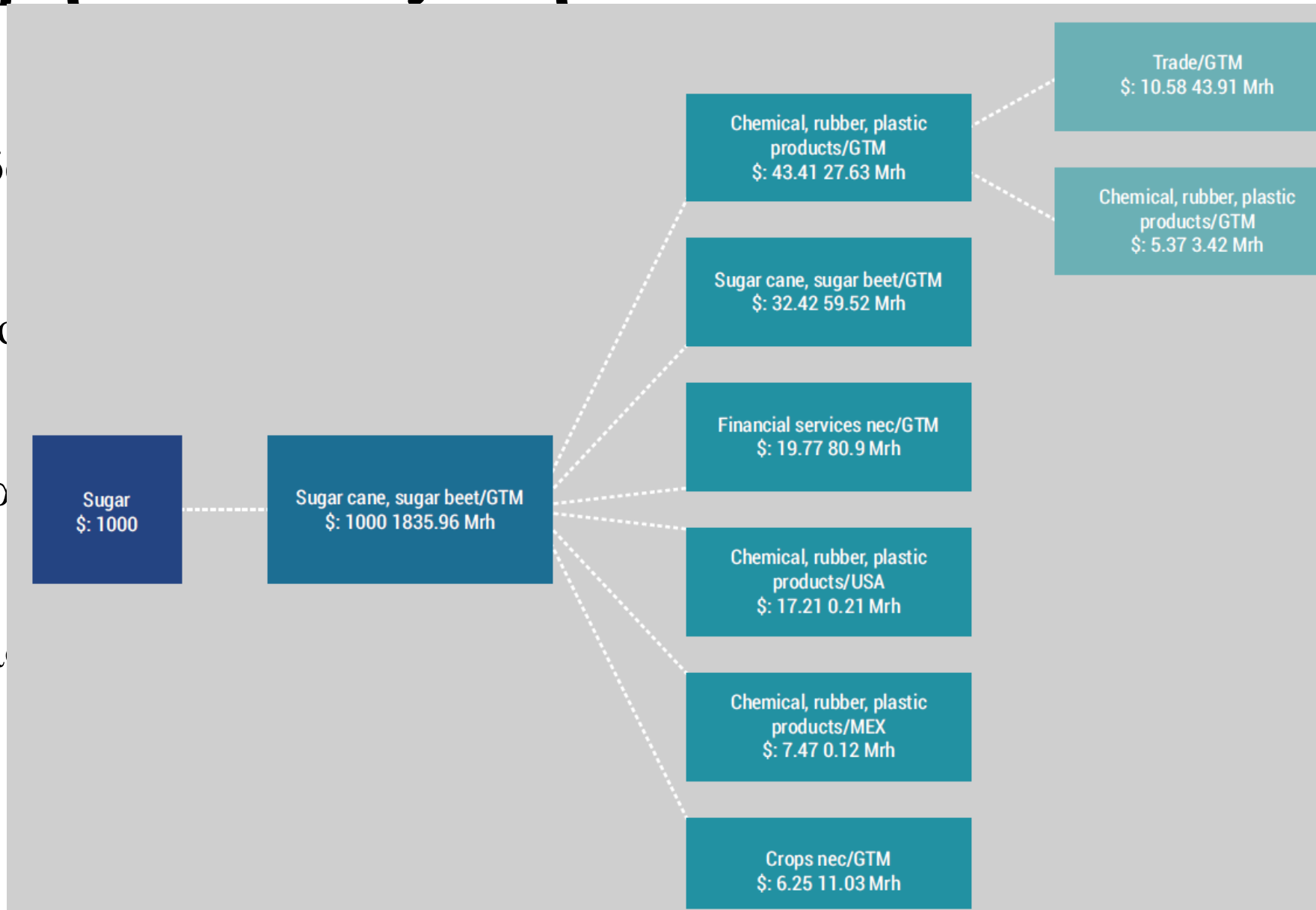
Ζάχαρη: κίνδυνος στην αλυσίδα

Η αλυσίδα

Το σημείο

Ο συνδυασμός

Οι ώρες



χηση.



Πόσο καλά είναι τα κοινωνικά δεδομένα;

Κριτήριο	Ερώτηση ελέγχου
Αξιοπιστία	Υπάρχει έλεγχος ή μόνο εκτίμηση;
Πληρότητα	Πόσους εργαζομένους ή προμηθευτές καλύπτουμε;
Χρονική συνάφεια	Πόσο πρόσφατα είναι τα στοιχεία;
Γεωγραφική συνάφεια	Αφορούν τη χώρα που μελετάμε;
Τεχνολογική συνάφεια	Αφορούν την ίδια δραστηριότητα;



Κοινωνική αξιολόγηση και βελτίωση

Έλεγχος κινδύνων για επιλογή προμηθευτών και περαιτέρω διερεύνηση.

Συγκεκριμένες δράσεις, όπως ασφαλέστερη εργασία ή καλύτερη αμοιβή.

Παρακολούθηση της αλλαγής σε σχέση με την αρχική κατάσταση.

Σύνδεση με SDGs, με κατάλληλους και τεκμηριωμένους δείκτες.



Κίνδυνος ή αποδεδειγμένη επίπτωση;

Μια βάση δείχνει υψηλό κίνδυνο παιδικής εργασίας σε έναν κλάδο.

Αποδεικνύει αυτό ότι ο συγκεκριμένος προμηθευτής απασχολεί παιδιά;

Ποιο θα ήταν το επόμενο βήμα της αξιολόγησης;



Κοστολόγηση κύκλου ζωής LCC

Η LCC εξετάζει το κόστος σε μια καθορισμένη περίοδο μελέτης.

Περιλαμβάνει αγορά, λειτουργία, συντήρηση και τέλος ζωής.

Λαμβάνει υπόψη την υπολειμματική αξία, όπου υπάρχει.

Ορίζουμε πρώτα ποιος πληρώνει και ποια υπηρεσία λαμβάνει.



Κόστος για ποιον;

Οπτική	Τι μπορεί να περιλαμβάνει
Χρήστης	Αγορά, ενέργεια, συντήρηση, μεταπώληση
Παραγωγός	Πρώτες ύλες, παραγωγή και υποχρεώσεις του
Ευρύτερη κοινωνική οπτική	Εξωτερικά κόστη, με ρητή μέθοδο αποτίμησης

Οι εξωτερικότητες δεν περιλαμβάνονται αυτομάτως σε κάθε LCC.



Πότε εμφανίζονται τα κόστη;

Χρόνος	Τυπική χρηματική ροή
Στην αρχή	Αγορά και εγκατάσταση
Κατά τη χρήση	Ενέργεια, αναλώσιμα και συντήρηση
Σε επιλεγμένα έτη	Επισκευή ή αντικατάσταση εξοπλισμού
Στο τέλος	Διαχείριση και έσοδο μεταπώλησης



Η χρονική αξία του χρήματος

Ένα ποσό σήμερα και το ίδιο ποσό στο μέλλον έχουν διαφορετική παρούσα αξία.

Η προεξόφληση μεταφέρει τις μελλοντικές ροές σε κοινή ημερομηνία.

Για θετικό επιτόκιο, ένα μελλοντικό κόστος έχει μικρότερη παρούσα αξία.

Το επιτόκιο και ο χρονικός ορίζοντας επηρεάζουν τη σύγκριση.



Οι βασικές παραδοχές της LCC

Παράμετρος	Επιλογή που δηλώνουμε
Ημερομηνία βάσης	Σε ποιο έτος αναφέρονται οι αξίες;
Περίοδος μελέτης	Για πόσα έτη συγκρίνουμε;
Προεξοφλητικό επιτόκιο	Ποιο r και γιατί;
Τιμές και πληθωρισμός	Σταθερές ή τρέχουσες τιμές;

Σταθερές τιμές με πραγματικό r . Τρέχουσες τιμές με ονομαστικό r .



Παρούσα αξία μιας δαπάνης

$$PV = C_t / (1 + r)^t$$

Υποθετική δαπάνη: 1.100 € στο τέλος του δεύτερου έτους.

Με $r = 5\%$: $PV = 1.100 / 1,05^2 = 997,73$ €.

Χρησιμοποιούμε την ίδια χρονική μονάδα για t και r .



Ίδιο κόστος κάθε έτος

$$PV = A \times [1 - (1 + r)^{-n}] / r$$

A: ετήσια δαπάνη στο τέλος κάθε έτους.

Υπόθεση: A = 100 €, n = 3 έτη, r = 5%.

$$PV = 95,24 + 90,70 + 86,38 = 272,32 \text{ €}.$$



Δραστηριότητα: δύο εκτυπωτές

Κόστος για ίδια χρήση (\$)	A	B
Αγορά	2.500	3.000
Παράδοση και εγκατάσταση	75	0
Συνολική λειτουργία	1.300	1.000
Συντήρηση	450	0
Τέλος ζωής	100	100

Ίδιος ορίζοντας. Χωρίς προεξόφληση. Ποιος έχει μικρότερο συνολικό κόστος;



Ο ακριβότερος στην αγορά εκτυπωτής

Εκτυπωτής A: $2.500 + 75 + 1.300 + 450 + 100 = 4.425$ \$.

Εκτυπωτής B: $3.000 + 0 + 1.000 + 0 + 100 = 4.100$ \$.

Ο B κοστίζει συνολικά 325 \$ λιγότερο.

Το συμπέρασμα αφορά τις συγκεκριμένες παραδοχές.



Αυτοκίνητα: κοινή υπηρεσία

Σύγκριση για 5 έτη και 15.000 km ανά έτος.

Συνολικά: 75.000 km ανά όχημα.

Ίδιες απαιτήσεις μετακίνησης και αριθμός επιβατών.

Ποσά από το αρχικό εκπαιδευτικό παράδειγμα, όχι σημερινές τιμές αγοράς.

Hybrid



Ηλεκτρικό





Αυτοκίνητα: δεδομένα πενταετίας

Κατηγορία (€)	Hybrid	Ηλεκτρικό
Αγορά	19.200	27.200
Καύσιμο ή ρεύμα	6.500	1.800
Τέλη κυκλοφορίας	0	0
Συντήρηση	1.200	700
Ασφάλεια	1.250	1.500
Μείον αξία μεταπώλησης	−11.000	−14.500

Εκπαιδευτικές παραδοχές. Απλή άθροιση χωρίς προεξόφληση.



Αυτοκίνητα: αποτέλεσμα κόστους

Hybrid: $19.200 + 6.500 + 1.200 + 1.250 - 11.000 = 17.150 \text{ €}$.

Ηλεκτρικό: $27.200 + 1.800 + 700 + 1.500 - 14.500 = 16.700 \text{ €}$.

Διαφορά: 450 € στην πενταετία υπέρ του ηλεκτρικού.

Πρόκειται για μικρή διαφορά σε σχέση με αβέβαιες παραδοχές.



Πόσο σταθερή είναι η κατάταξη;

Υποθετικό σενάριο	Hybrid	Ηλεκτρικό
Αρχικό LCC	17.150 €	16.700 €
Ρεύμα ακριβότερο κατά 500 €	17.150 €	17.200 €
Μεταπώληση ηλεκτρικού μειωμένη κατά 1.000 €	17.150 €	17.700 €

Τα δύο σενάρια αλλάζουν μία παραδοχή κάθε φορά.



Συνδυαστική αξιολόγηση LCSA

Διατηρούμε κοινή λειτουργική βάση για τις εναλλακτικές.

Παρουσιάζουμε χωριστά τα αποτελέσματα κάθε πυλώνα.

Εντοπίζουμε πλεονεκτήματα, μειονεκτήματα και ελλείψεις.

Ελέγχουμε αν η επιλογή αλλάζει με παραδοχές ή προτεραιότητες.



Δύο λύσεις για την ίδια υπηρεσία

Υποθετικό αποτέλεσμα	A	B
Κλιματική αλλαγή	100 kg CO ₂ -eq	70 kg CO ₂ -eq
Κόστος κύκλου ζωής	200 €	240 €
Κοινωνικός δείκτης κινδύνου	40 μονάδες	25 μονάδες

Στο παράδειγμα, χαμηλότερη τιμή σημαίνει καλύτερη επίδοση.



Δραστηριότητα: μια τεκμηριωμένη επιλογή

Η «B» έχει χαμηλότερη κλιματική επίπτωση και κοινωνικό κίνδυνο, αλλά μεγαλύτερο κόστος από την «A».

Ομάδα 1: διαθέσιμος προϋπολογισμός έως 210 €.

Ομάδα 2: διαθέσιμος προϋπολογισμός έως 250 €.

Ποια λύση προτείνετε; Ποιον επιπλέον δείκτη θα ζητούσατε;



Τα βάρη επηρεάζουν το συμπέρασμα

Αδιάστατος δείκτης, $A = 1$	A	B
Κλίμα	1,000	0,700
Κόστος	1,000	1,200
Κοινωνικός κίνδυνος	1,000	0,625

- Ίσα βάρη: $B = 0,842$.
- Βάρος κόστους 80%: $B = 1,093$.



Κυκλικότητα και κρισιμότητα υλικών

Η κυκλικότητα εξετάζει τη διατήρηση αξίας προϊόντων και υλικών.

Η κρισιμότητα εξετάζει ζητήματα όπως η ευπάθεια εφοδιασμού.

Πλαίσια όπως το ORIENTING τις εξετάζουν μαζί με την LCSA.

Περισσότερη ανακύκλωση δεν εγγυάται καλύτερο αποτέλεσμα σε κάθε δείκτη.



Εφαρμογές σε επιχειρήσεις και πολιτικές

Χρήστης	Παράδειγμα απόφασης
Επιχείρηση	Αλλαγή υλικού ή προμηθευτή
Δημόσιος φορέας	Σύγκριση λύσεων για προμήθειες
Σχεδιασμός πολιτικής	Έλεγχος πιθανών επιπτώσεων μιας παρέμβασης
Καταναλωτής	Κατανόηση τεκμηριωμένων συγκρίσεων

Μια μελέτη LCSA υποστηρίζει την απόφαση, χωρίς να υποκαθιστά όλες τις απαιτήσεις της.



Ο ρόλος ερευνητή και μηχανικού

Ο ερευνητής εξετάζει νέες τεχνολογίες και περιορισμούς της μεθόδου.

Ο μηχανικός συνδέει δεδομένα διεργασιών με εναλλακτικές λύσεις.

Και οι δύο ελέγχουν παραδοχές, ποιότητα δεδομένων και αβεβαιότητα.

Η τελική πρόταση εξηγεί τι βελτιώνεται και με ποιο κόστος.



Πώς παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα;

Μορφή	Τι βοηθά να καταλάβουμε
Πίνακας με μονάδες	Ακριβείς τιμές και διαφορές
Διάγραμμα συνεισφοράς	Ποια στάδια επηρεάζουν περισσότερο
Κανονικοποιημένο διάγραμμα	Σχετικές επιδόσεις με δηλωμένη βάση
Ανάλυση σεναρίων	Πότε αλλάζει η κατάταξη

Ένα ενιαίο σκορ χρειάζεται διαφανή κανονικοποίηση και βάρη.



Τελική δραστηριότητα: μία απόφαση

Επιστρέψτε στην κούπα και στο ποτήρι μίας χρήσης.

Γράψτε μία κατάλληλη λειτουργική μονάδα.

Προσθέστε ένα δεδομένο για καθέναν από τους τρεις πυλώνες.

Ονομάστε μία παραδοχή που μπορεί να αλλάξει την επιλογή.



Τι κρατάμε από τη διάλεξη

Συγκρίνουμε την ίδια υπηρεσία με σαφή όρια.

Εξετάζουμε περιβάλλον, ανθρώπους και κόστος σε όλο τον κύκλο ζωής.

Διακρίνουμε δεδομένα, κινδύνους και επιπτώσεις.

Αιτιολογούμε την επιλογή και ελέγχουμε αν αλλάζει με τις παραδοχές.