ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



Ανάλυση Κύκλου Ζωής
4η φάση της ΑΚΖ: ανάλυση και αναφορά αποτελεσμάτων

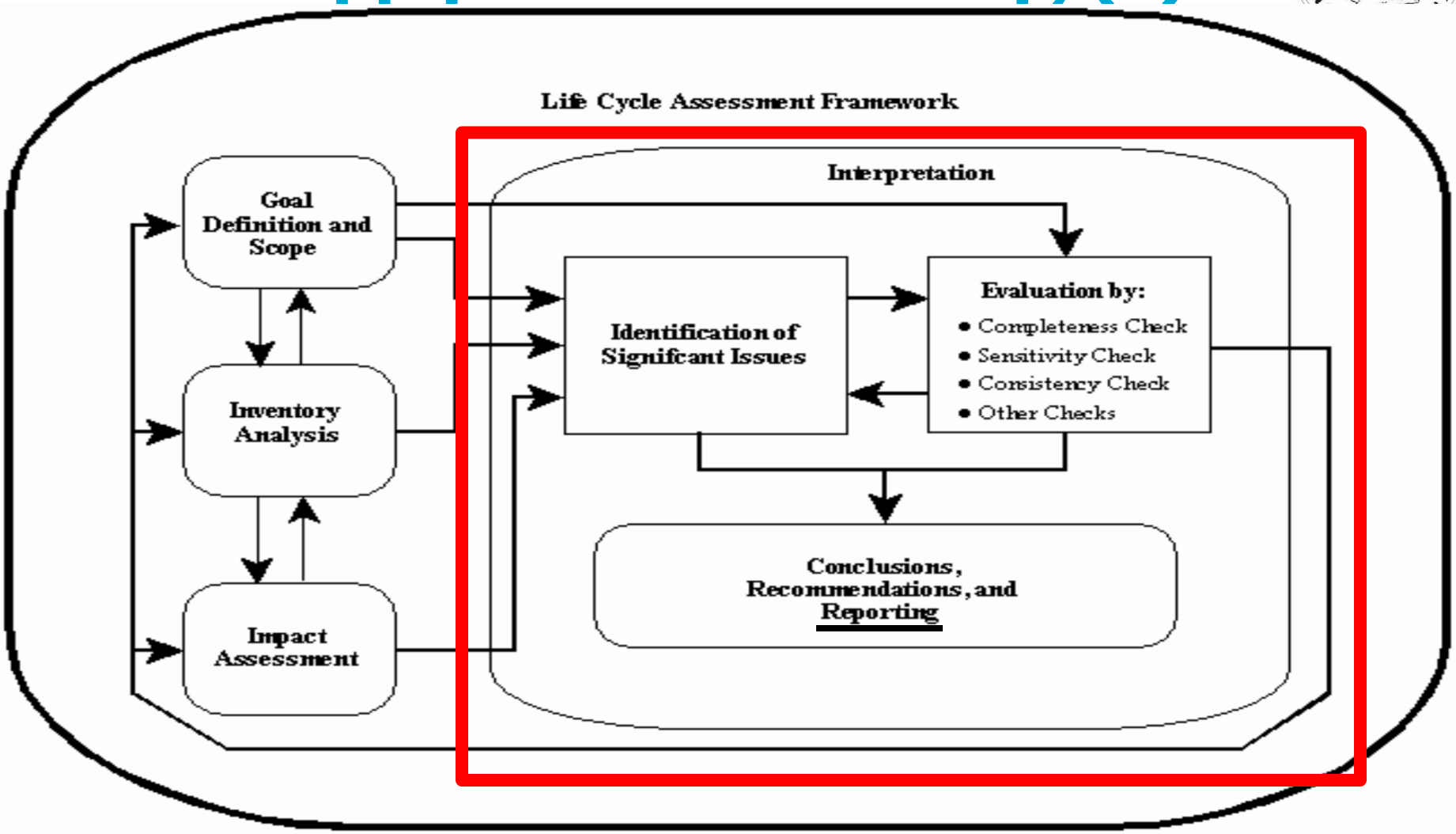
ΔΙΑΛΕΞΗ 7

Γιώργος Α. Τσαλίδης

Περιεχόμενα

1. Ερμηνεία Κύκλου Ζωής
2. Αξιολόγηση Ποιότητας Δεδομένων
3. Συμπεράσματα και Προτάσεις
4. Αναφορά
5. Συμπεράσματα

Ερμηνεία Κύκλου Ζωής (1)

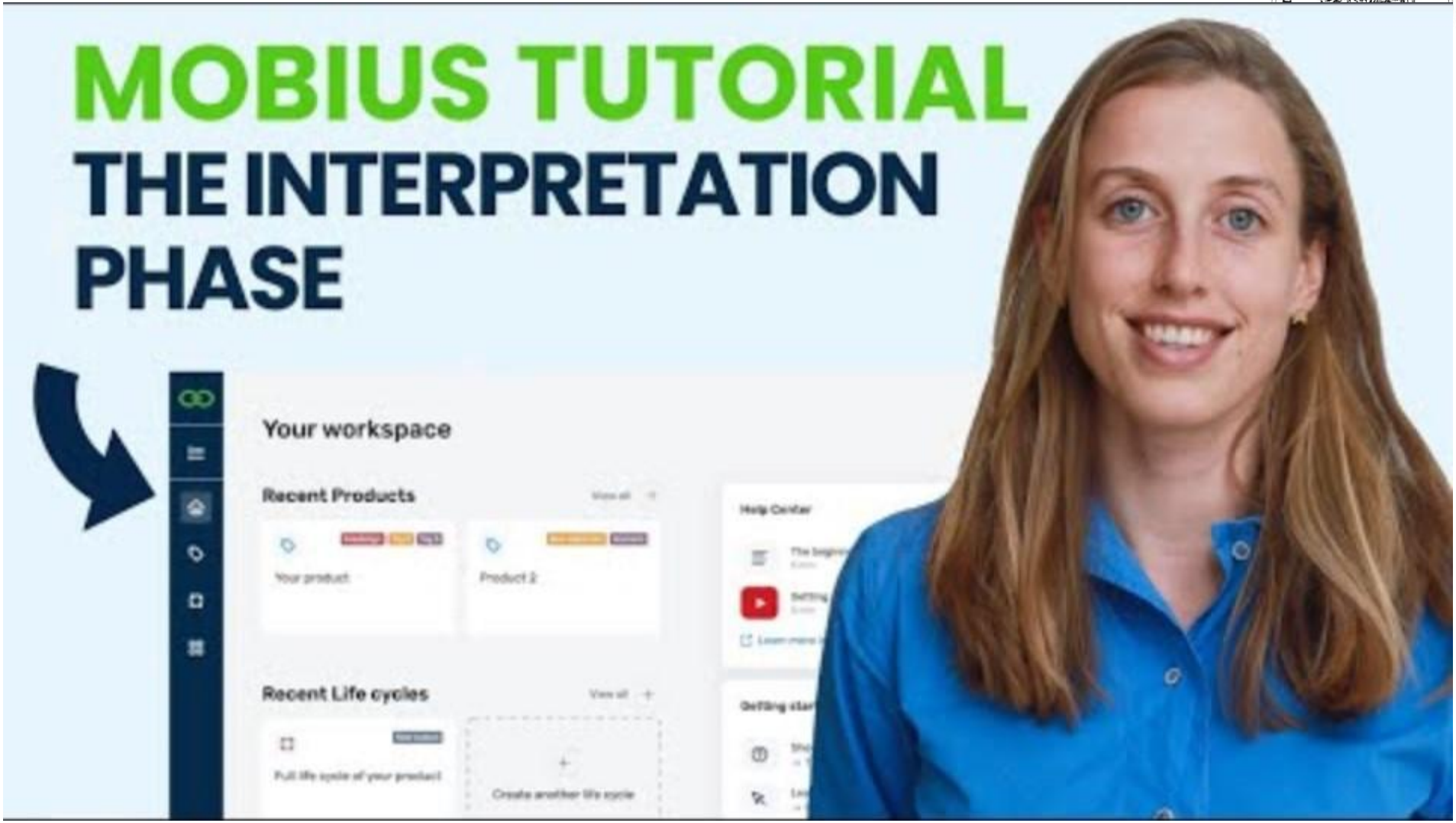


Αποτέλεσμα και συμπέρασμα

«Η γυάλινη φιάλη έχει μεγαλύτερο αποτύπωμα από την πλαστική.»

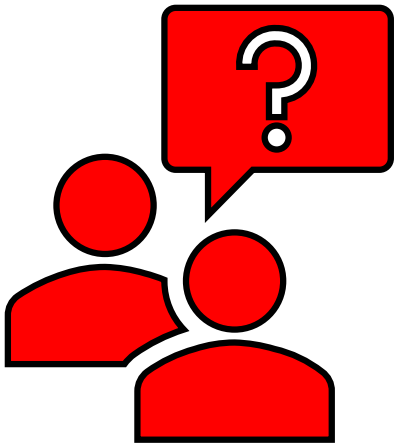
Ποιες πληροφορίες χρειάζεστε πριν αποδεχθείτε αυτό το συμπέρασμα;

Σε δυάδες: γράψτε τρεις ερωτήσεις. Αιτιολογήστε γιατί έχουν σημασία.


MOBIUS TUTORIAL
THE INTERPRETATION PHASE
Your workspace
Recent Products
Recent Life cycles

Ερμηνεία Κύκλου Ζωής (2)

- Η ερμηνεία είναι επαναληπτική με τις άλλες τρεις φάσεις
- Παρουσίαση των αποτελεσμάτων της μελέτης ΑΚΖ σύμφωνα με τη φάση Στόχου και Πεδίου
- Προσδιορισμός «Σημαντικών ζητημάτων» (Hotspots)
- Παρουσίαση υποθέσεων και προσδιορισμός περιορισμών (Φάση 1)
- Έλεγχος εάν τα όρια του συστήματος είναι κατάλληλα (Φάση 1)

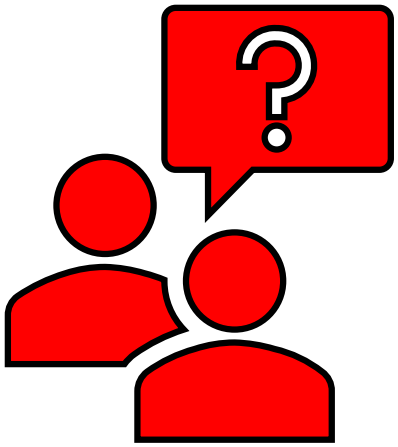


Τι σημαίνει «ερμηνεία κύκλου ζωής» και γιατί είναι επαναληπτική διαδικασία;

Είναι η φάση όπου παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, εντοπίζονται hotspots, επανελέγχονται όρια/υποθέσεις
Είναι επαναληπτική γιατί συνδέεται συνεχώς με τις προηγούμενες φάσεις.

Ερμηνεία Κύκλου Ζωής (3)

- Αξιολόγηση Ποιότητας Δεδομένων
- Το πρότυπο ISO δεν απαιτεί συγκεκριμένα σενάρια ή/και ανάλυσης ευαισθησίας
- **Επηρεάζεται ένα ποιοτικό συμπέρασμα από ποσοτικές αλλαγές στις παραμέτρους της μελέτης;**
- **Ο «κανόνας 20%» στις συγκριτικές αξιολογήσεις δείχνει σημαντικό**



Τι σημαίνει «κανόνας 20%» στις συγκριτικές μελέτες;

Ότι διαφορές >20% θεωρούνται σημαντικές

Κάτω από αυτό το όριο, οι αλλαγές μπορεί να θεωρούνται μη ουσιώδεις.

Κατάταξη κριτηρίων κατά ISO

1. Το πιο σημαντικό, επηρεάζει >50%
2. Πολύ σημαντικό, επηρεάζει από 25% έως 50%
3. Σημαντικό, επηρεάζει, επηρεάζει από 10% έως 25%
4. Λίγο σημαντικό, επηρεάζει από 2.5% έως 10%
5. Μη σημαντικό, επηρεάζει έως 2.5%

Αξιολόγηση Ποιότητας Δεδομένων

- Ανάλυση συνεισφοράς (contribution analysis)
- Επιλέξτε δεδομένα και υποθέσεις για:
  - Ανάλυση ευαισθησίας
  - Ανάλυση αβεβαιότητας
- Ανάλυση διαταραχών
- Ανάλυση με σενάρια

Έλεγχος πληρότητας

Έχουν καλυφθεί οι σημαντικές διεργασίες, οι εισροές, οι εκπομπές και τα απόβλητα;

Παράδειγμα: εξετάζουμε επαναχρησιμοποιούμενη γυάλινη φιάλη, αλλά λείπουν τα δεδομένα πλυσίματος.

Το κενό μπορεί να επηρεάζει το συμπέρασμα.
Συλλέγουμε δεδομένα ή ελέγχουμε παραδοχές.

Έλεγχος συνέπειας

Συγκρίνουμε συστήματα με κοινή λειτουργία και συνεπείς μεθοδολογικές επιλογές.

Ελέγχουμε όρια, κατανομή, μέθοδο επιπτώσεων και χρονική, γεωγραφική, τεχνολογική κάλυψη.

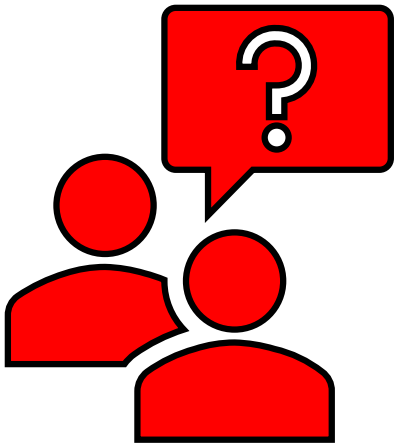
Παράδειγμα: 1 φιάλη PET των 0,5 L έναντι 1 γυάλινης του 1 L. Χρειάζεται κοινή βάση, π.χ. παροχή 1 L συσκευασμένου νερού.

Hotspots -"Σημαντικά ζητήματα"

- Δεδομένα (LCI) όπως η κατανάλωση ενέργειας, οι κύριες ροές υλικών, τα απόβλητα και οι εκπομπές κ.λπ.

- Δείκτες κατηγορίας επιπτώσεων που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον ή των οποίων το ύψος προκαλεί ανησυχία

- Βασικές συνεισφορές των σταδίων του κύκλου ζωής στα αποτελέσματα LCI ή LCIA, όπως διεργασίες μεμονωμένων μονάδων ή ομάδες διεργασιών

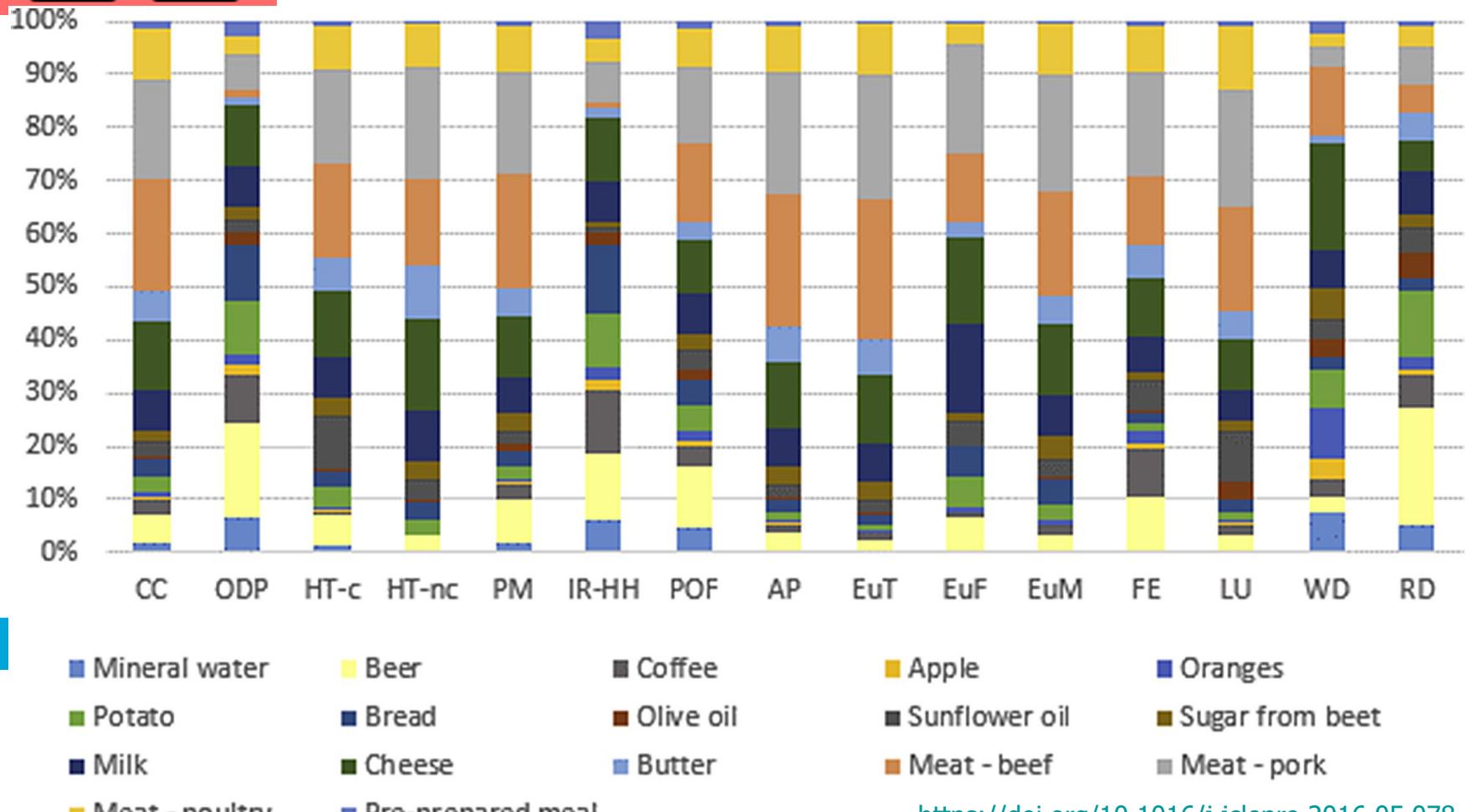


Τι εννοούμε με τον όρο «σημαντικά ζητήματα (hotspots)»;

Κρίσιμα δεδομένα LCI (ενέργεια, εκπομπές), κατηγορίες επιπτώσεων που ξεχωρίζουν και διεργασίες με μεγάλη συνεισφορά.

Πιθανά hotspots;

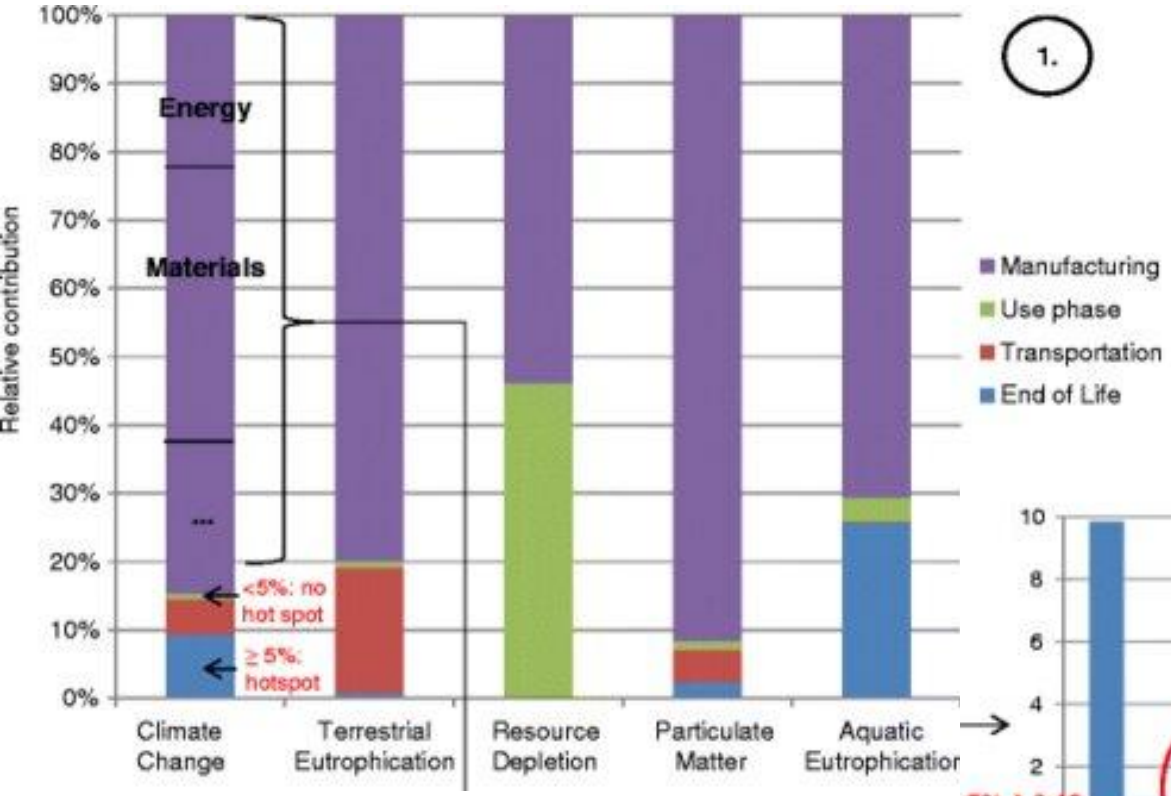
Είναι διαφορετικά ανά περιβαλλοντική επίπτωση;



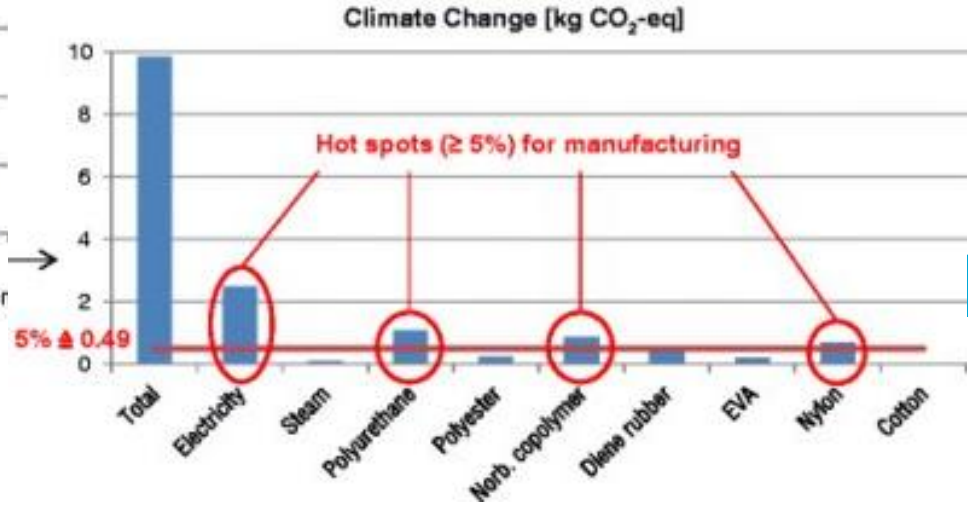
https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.078

Πιθανά hotspots;

Είναι διαφορετικά ανά περιβαλλοντική επίπτωση;



5% όριο (threshold)



Ποιότητα δεδομένων

Ταιριάζει το dataset στη χώρα, στην περίοδο και στην τεχνολογία που μελετάμε;

Ελέγχουμε πηγές, πληρότητα, αβεβαιότητα και συμβατότητα με τη μοντελοποίηση.

Παράδειγμα: για ηλεκτρισμό στην Ελλάδα, ποιο dataset είναι πιο αντιπροσωπευτικό;

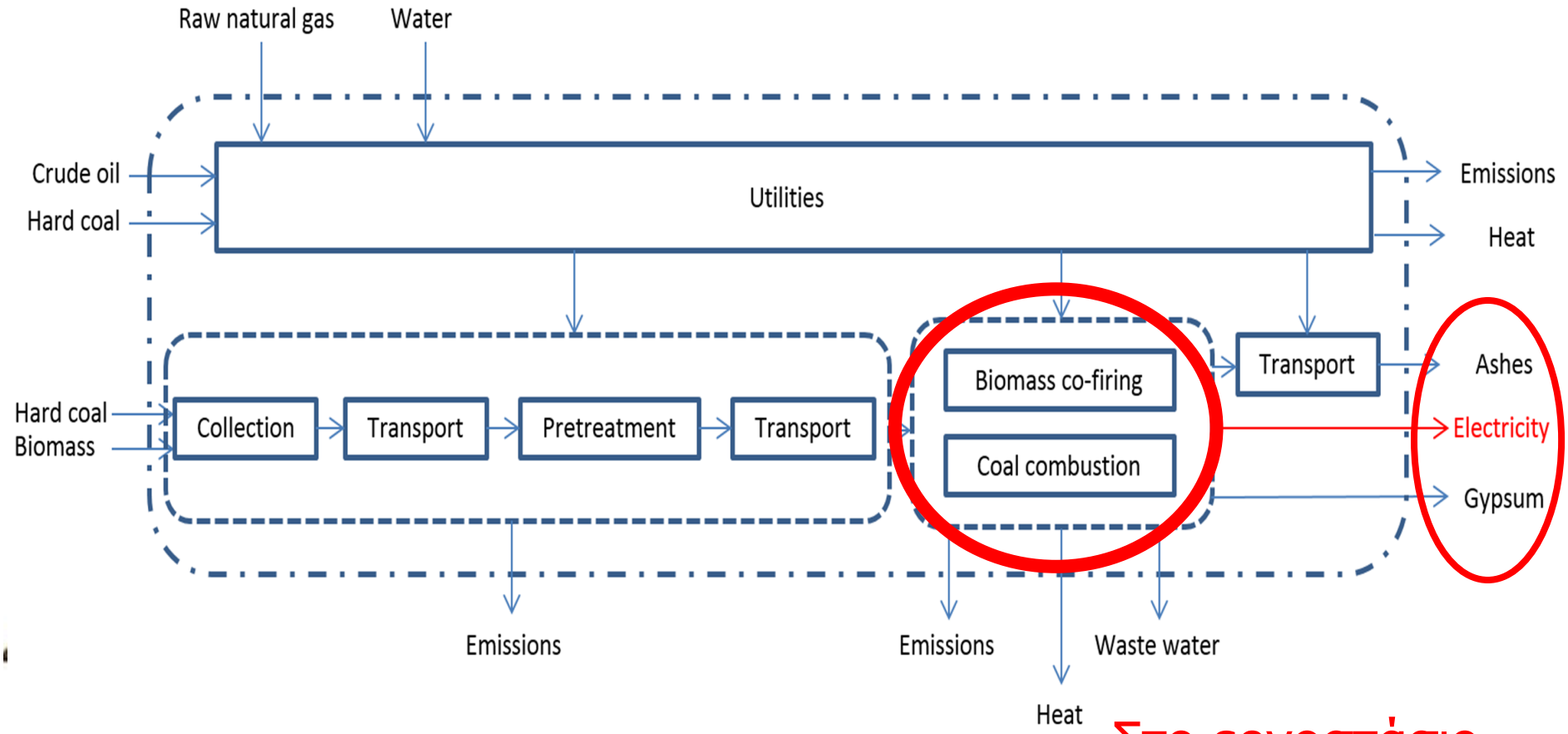
Ελληνικό παλαιότερο ή πρόσφατο άλλης χώρας;

Ανάλυση συνεισφοράς

Ανάλυση συνεισφοράς

- Διερεύνηση της συμβολής διαφόρων παραγόντων στα αποτελέσματα των δεικτών
  - Διαδικασίες (διεργασίες)
  - Πρώτες ύλες
  - Περιβαλλοντικές εκπομπές
  - Χρόνος
  - Χώρος
- Η συνεισφορά εκφράζεται σε ποσοστό επί του συνολικού αποτελέσματος

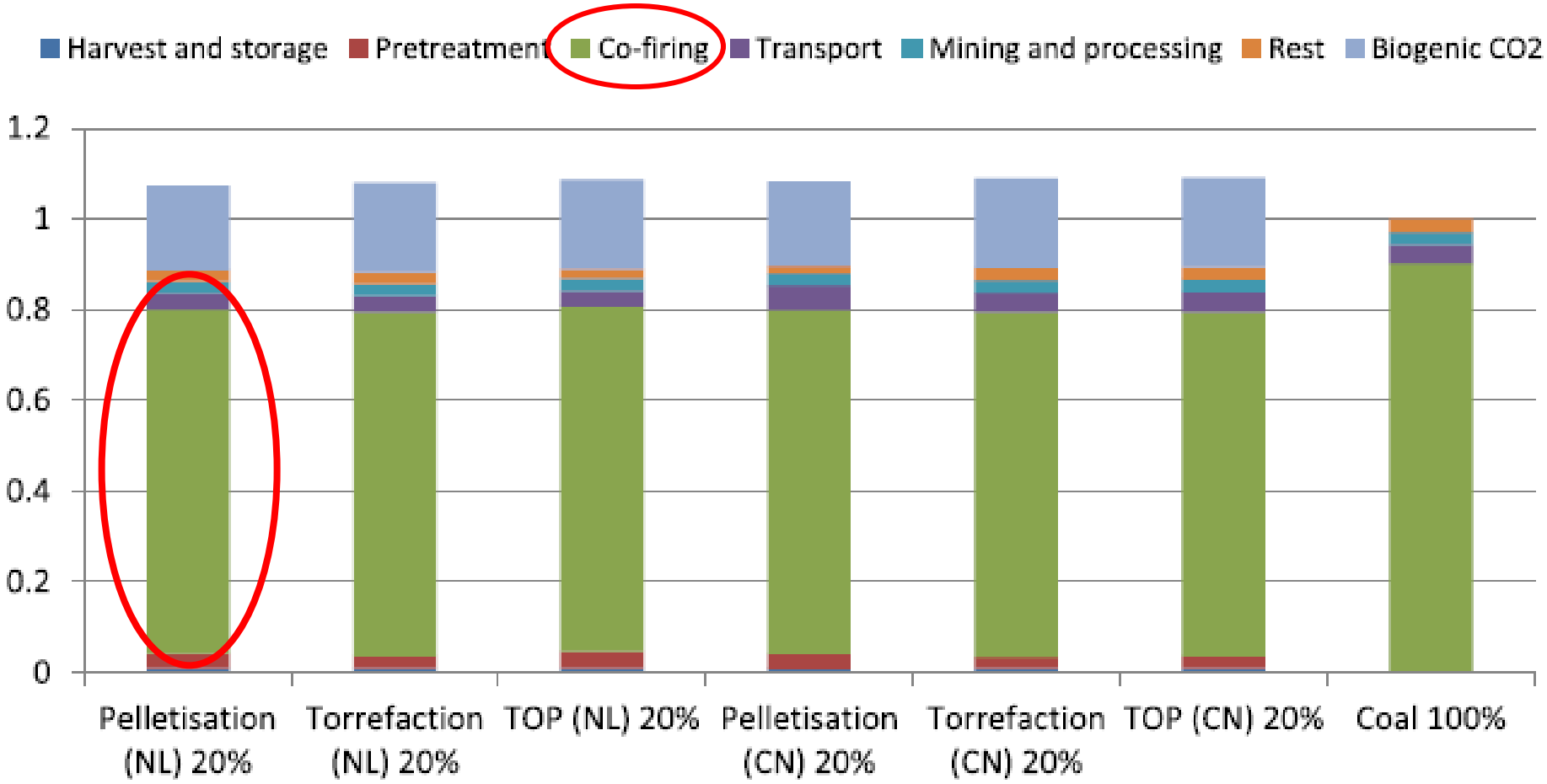
Παράδειγμα ανάλυσης συνεισφοράς (1)



Στο εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας

21

Παράδειγμα ανάλυσης συνεισφοράς (2)



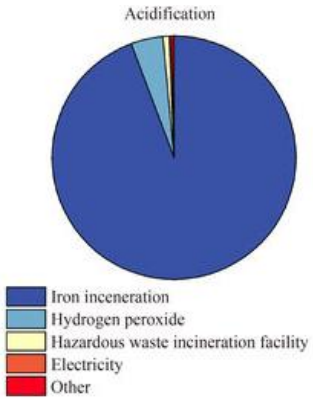
Ποια παρέμβαση αποδίδει περισσότερο;

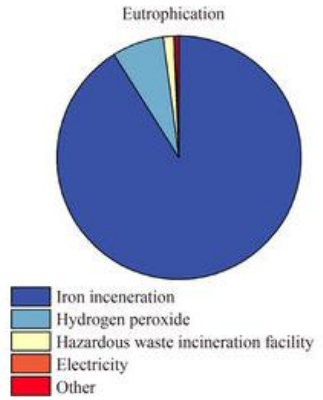
Στάδιο	**kg CO_2-eq / λ.μ.**
Παραγωγή υλικού	60
Κατασκευή	20
Μεταφορά	15
Τέλος ζωής	5

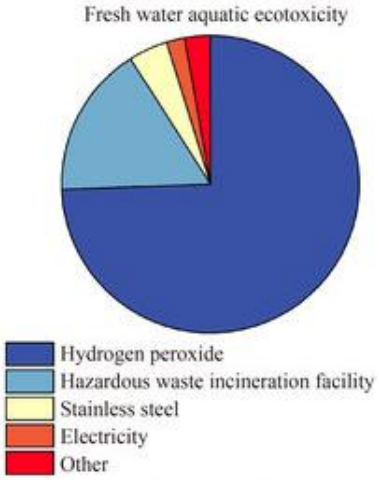
Επιλέξτε: 10% μείωση στο υλικό ή 50% μείωση στη μεταφορά; Γιατί;

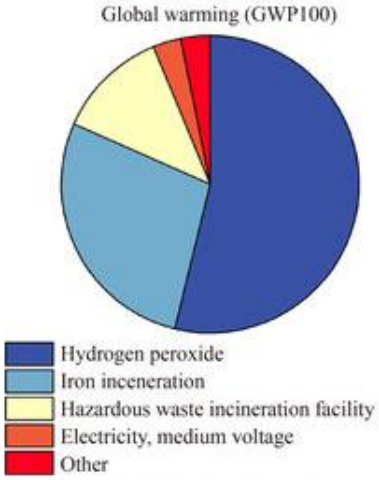
Ποιοι διαφορετικοί εταίροι/φορείς θα ενδιαφέρονταν για τα αποτελέσματα;

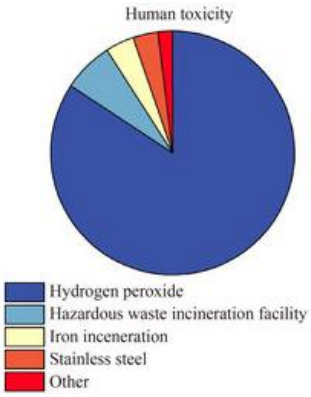
Και ποιες επιπτώσεις θα ήταν πιο ενδιαφέρουσες για αυτούς;

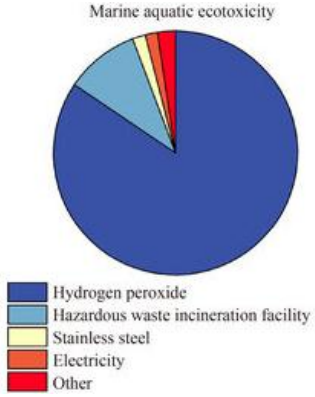




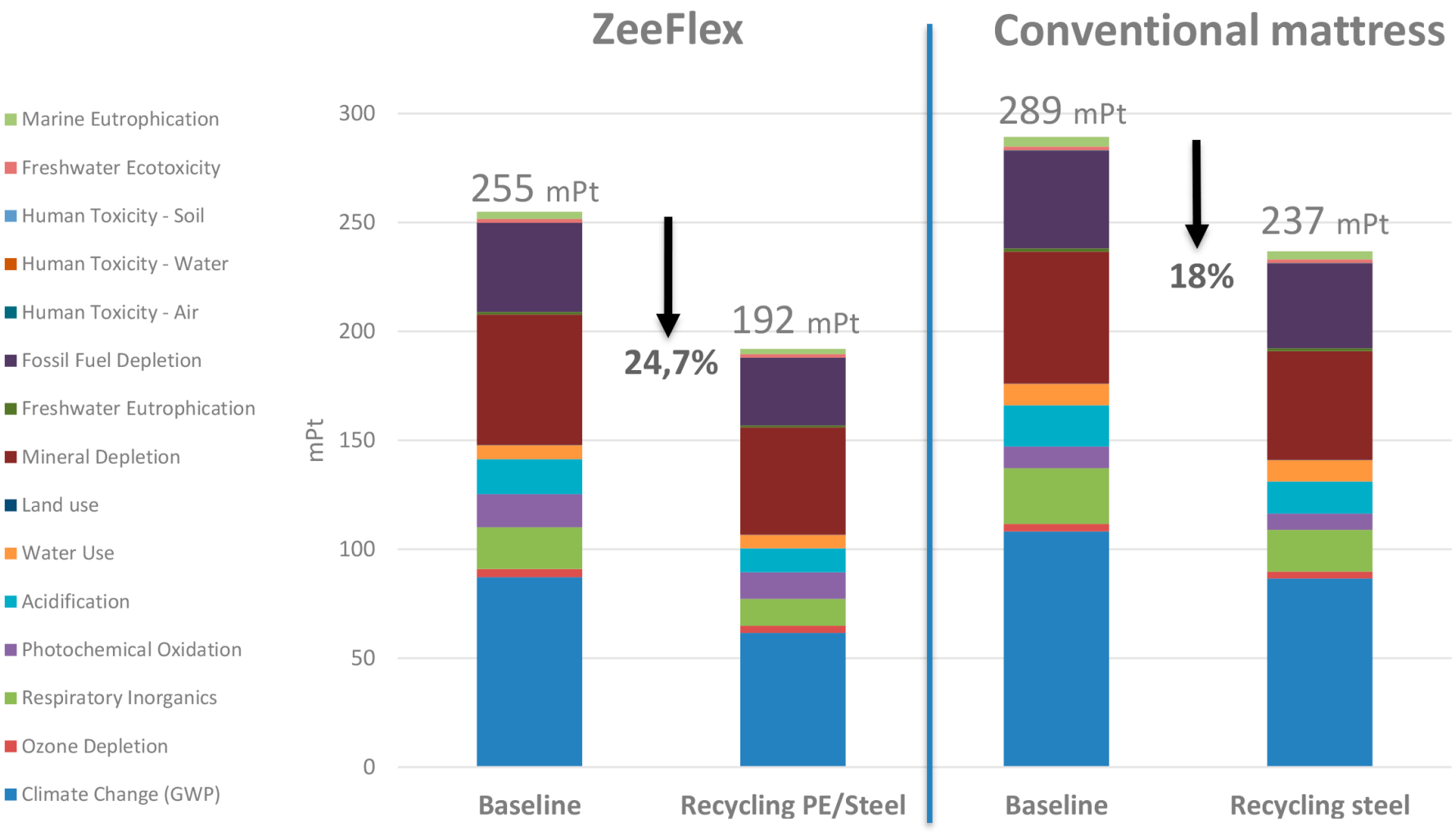


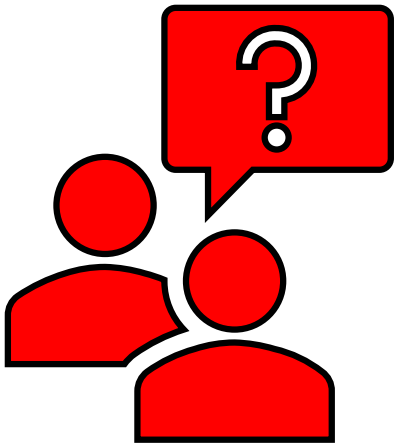






DOI: 10.1007/s11705-024-2408-2


ZeeFlex
Conventional mattress
Marine Eutrophication
Freshwater Ecotoxicity
Human Toxicity - Soil
Human Toxicity - Water
Human Toxicity - Air
Fossil Fuel Depletion
Freshwater Eutrophication
Mineral Depletion
Land use
Water Use
Acidification
Photochemical Oxidation
Respiratory Inorganics
Ozone Depletion
Climate Change (GWP)
mPt
300
250
200
150
100
50
0
255 mPt
192 mPt
24,7%
289 mPt
237 mPt
18%
Baseline
Recycling PE/Steel
Baseline
Recycling steel



Τι δείχνει η «ανάλυση συνεισφοράς»;

Ποσοτικοποιεί τη συμμετοχή διεργασιών, πρώτων υλών ή εκπομπών στα συνολικά αποτελέσματα ενός δείκτη.

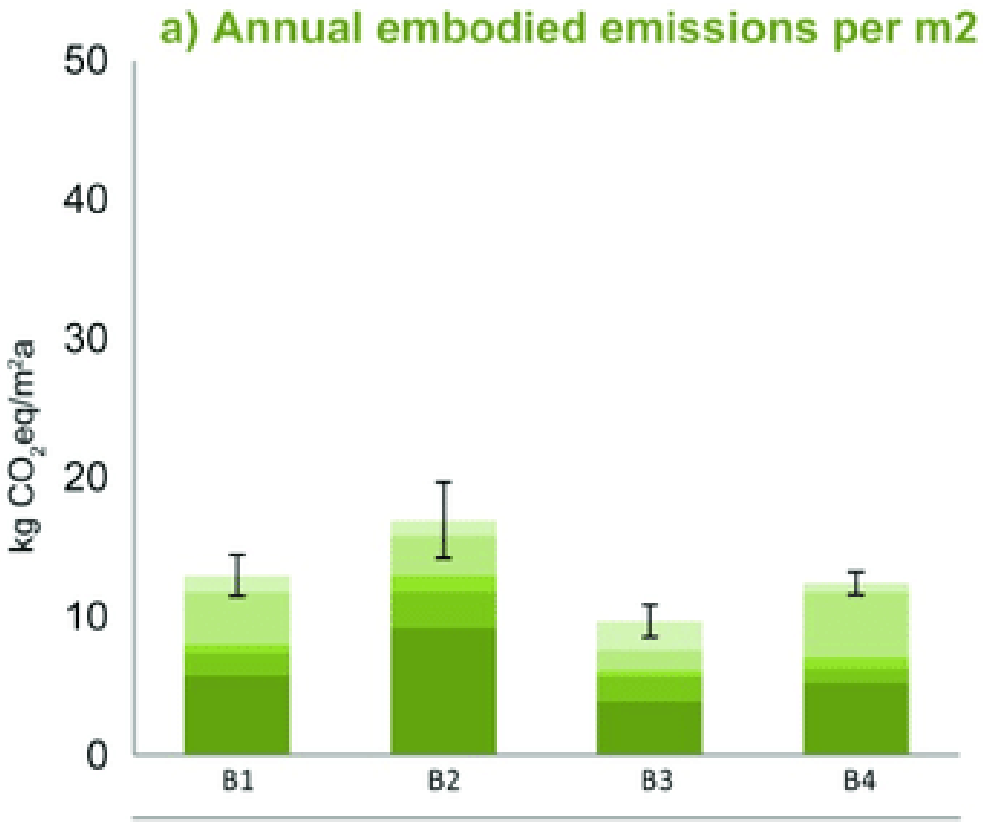
Ποιοι είναι αυτοί οι δείκτες;

- Μέσου σημείου (Midpoint)
- End point

Ανάλυση διαταραχών

Ανάλυση διαταραχών

- Επίδραση σε μία μικρή (σχετική %) αλλαγή στα δεδομένα για:
  - Αποτελέσματα LC Inventory
  - Αποτελέσματα δεικτών (απόλυτα, κανονικοποιημένα ή σταθμισμένα)



Μικρή αλλαγή στην κατανάλωση

Συνολικό αποτέλεσμα: 100 kg CO_2-eq
Συνεισφορά ηλεκτρισμού: 40 kg CO_2-eq

Η κατανάλωση ηλεκτρισμού αυξάνεται 5%.
Πόσο αυξάνεται το συνολικό αποτέλεσμα;

Σταθερός συντελεστής επιπτώσεων.
Ψηφίστε και ελέγξτε τον υπολογισμό σας.

Ανάλυση ευαισθησίας

Ανάλυση ευαισθησίας

- Επίδραση μιας αλλαγής σε μια επιλεγμένη διαδικασία
  - Επίδραση της κατανομής (allocation)
  - Μέθοδος χαρακτηρισμού
  - Κριτήρια αποκοπής
  - Και τα λοιπά.

- Για παράδειγμα 100x "απόσταση μεταφοράς"

- Επιλέξτε μια διαφορετική μέθοδο διαχείρισης κατανομής

Απόσταση μεταφοράς και κατάταξη

Σύστημα Α: IA = 50 + 0,10d
Σύστημα Β: IB = 70 + 0,02d

d: απόσταση σε km
I: kg CO_2-eq ανά ίδια λειτουργική μονάδα

Ποιο προτιμάτε στα 100 και στα 500 km;
Σε ποια απόσταση εξισώνονται;

Ανάλυση ευαισθησίας - Παράδειγμα

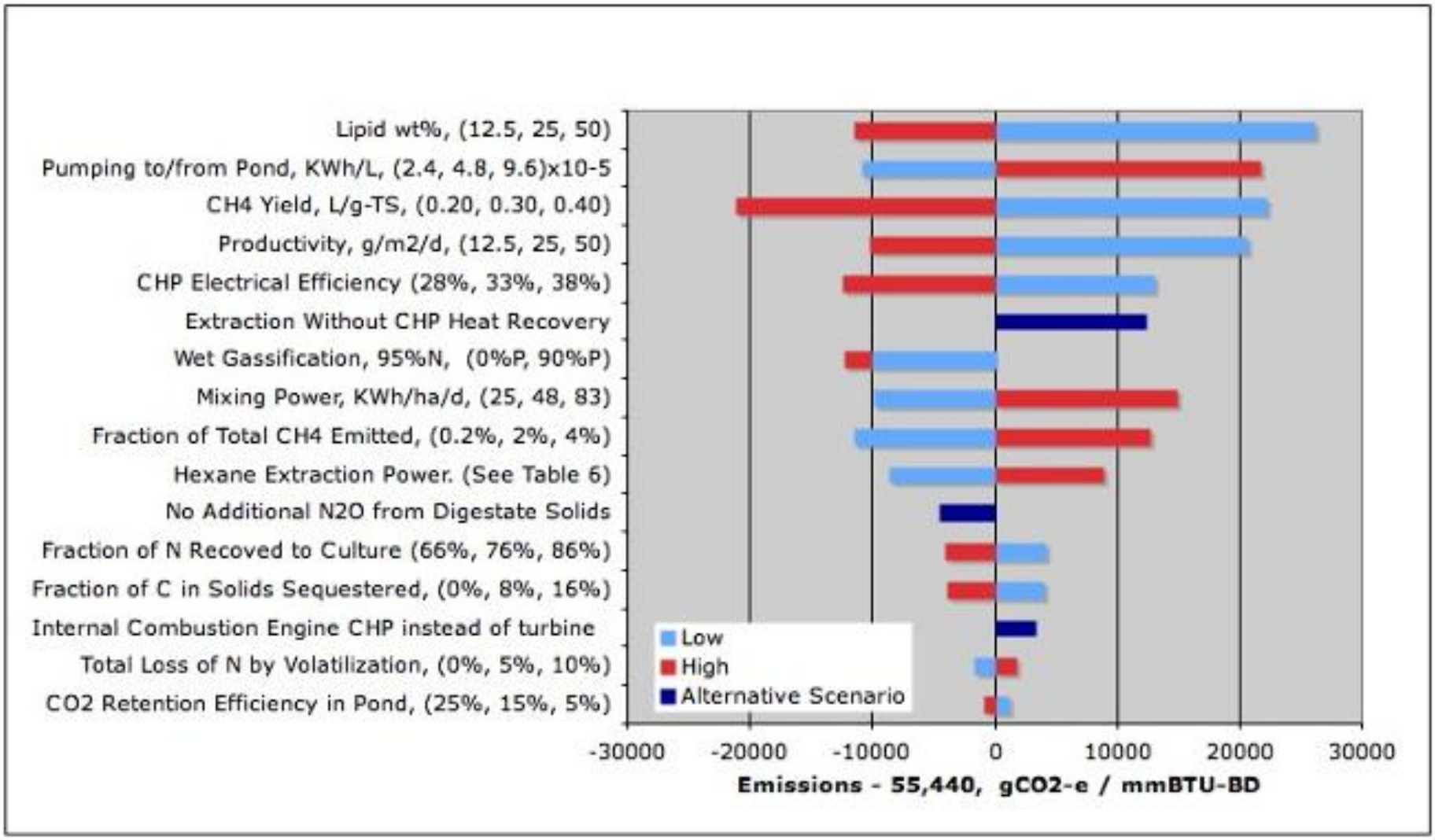
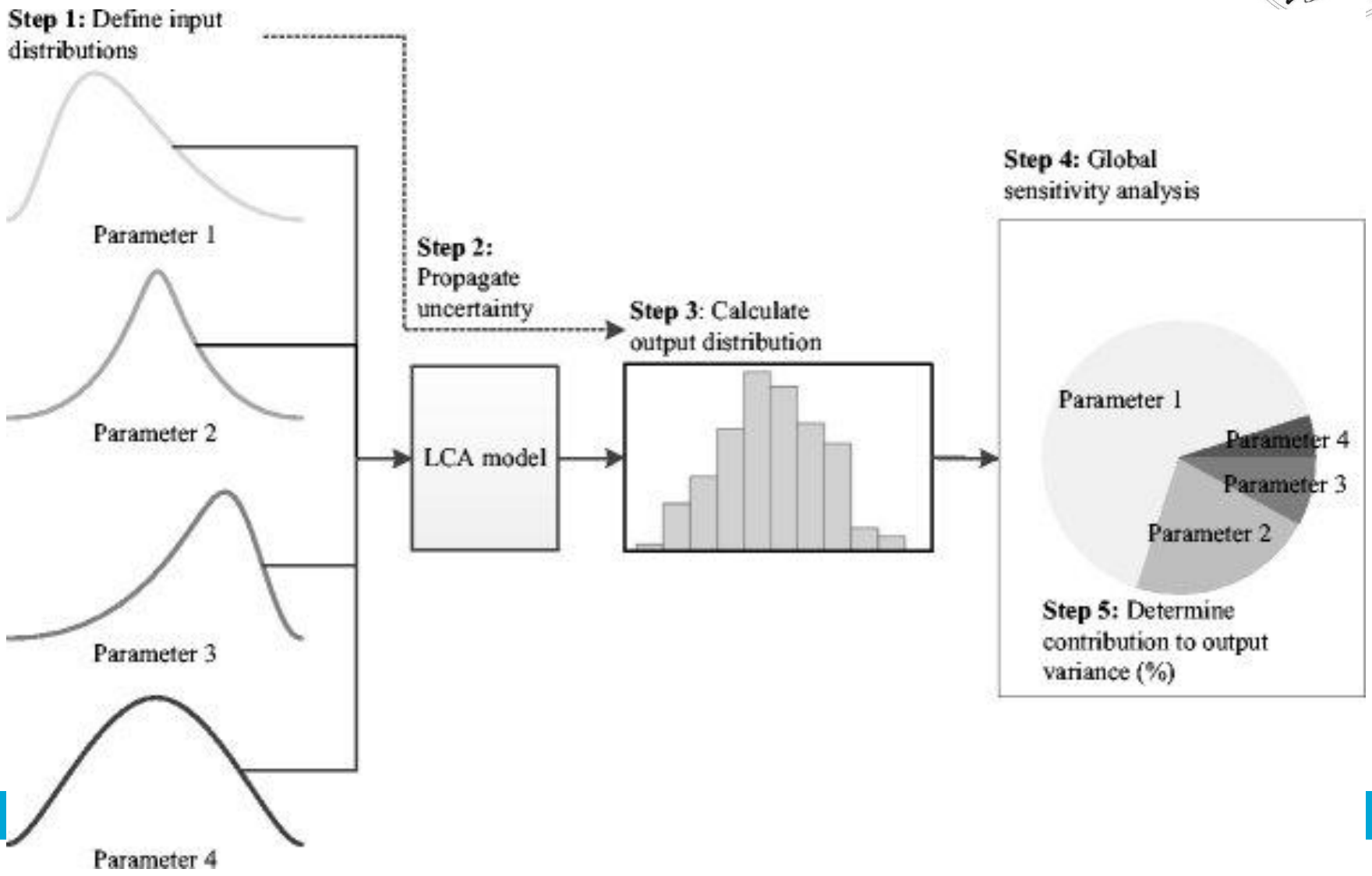


Figure B.10: LCA sensitivity analysis.

Ανάλυση ευαισθησίας - Παράδειγμα



DOI: 10.1007/s11367-016-1217-3

Αρκεί η κεντρική εκτίμηση;

Σύστημα	Κεντρική τιμή	Διάστημα 95%
A	80	60–110
B	90	75–105

kg CO_2-eq ανά ίδια λειτουργική μονάδα

Μπορούμε να δηλώσουμε με βεβαιότητα ότι το A έχει μικρότερο αποτύπωμα;

Ποια επιπλέον ανάλυση χρειάζεται;



Ποια είναι η διαφορά «ανάλυσης ευαισθησίας» από «ανάλυση διαταραχών»;

- Ανάλυση ευαισθησίας: πώς αλλάζει το αποτέλεσμα όταν αλλάζουν εισροές ή μεθοδολογικές επιλογές;

- Ανάλυση διαταραχών: μικρές μεταβολές γύρω από τη βασική κατάσταση, για τοπική ευαισθησία.

Παραδείγματα: αύξηση ηλεκτρισμού κατά 1% ή έλεγχος διαφορετικής μεθόδου κατανομής.

Ποιο παράδειγμα αφορά μικρή διαταραχή;

Ανάλυση με σενάρια

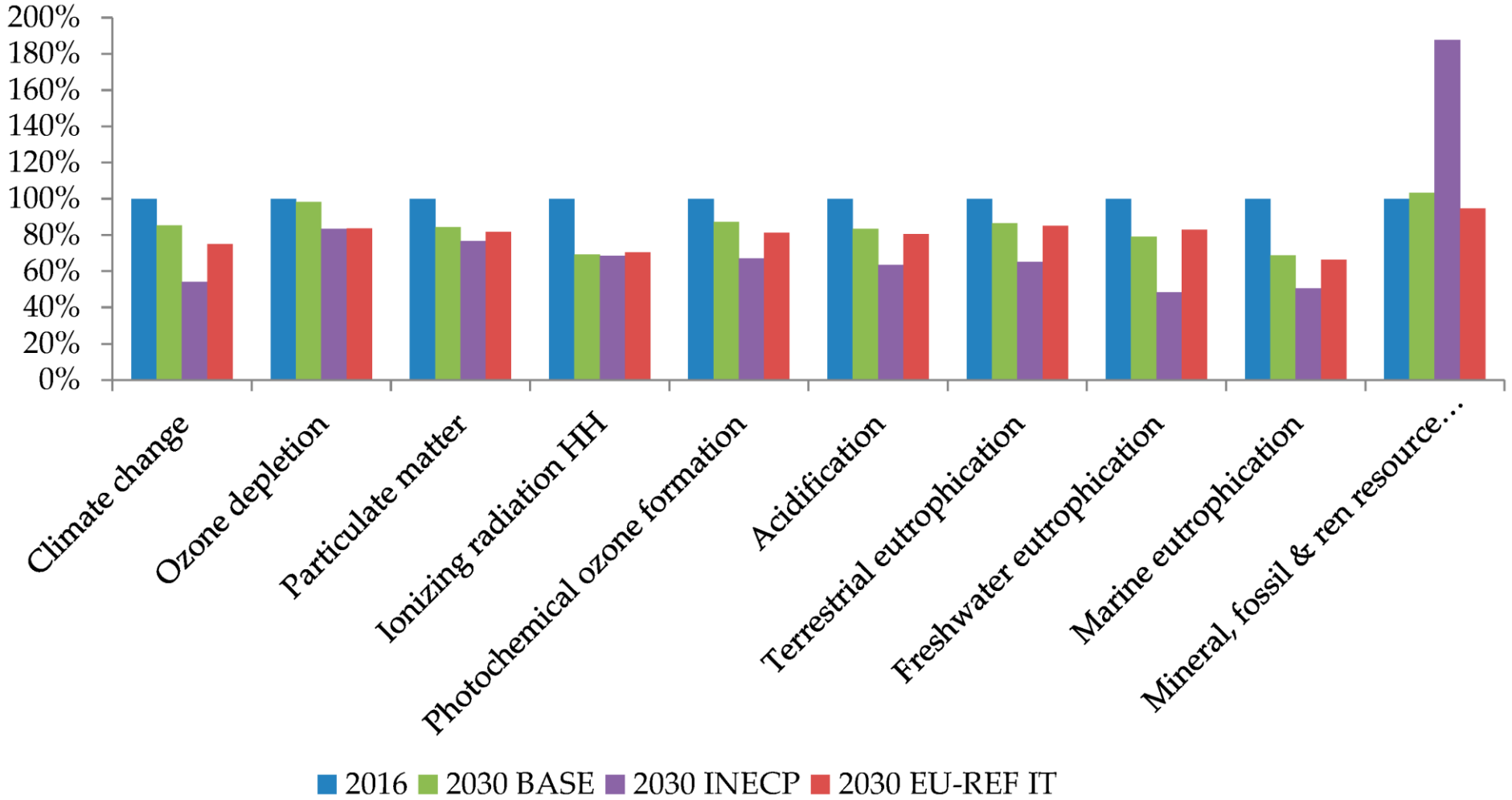
Ανάλυση με σενάρια

Συγκρίνουμε συνεπείς εναλλακτικές παραδοχές για τη λειτουργία ή την εξέλιξη του συστήματος.

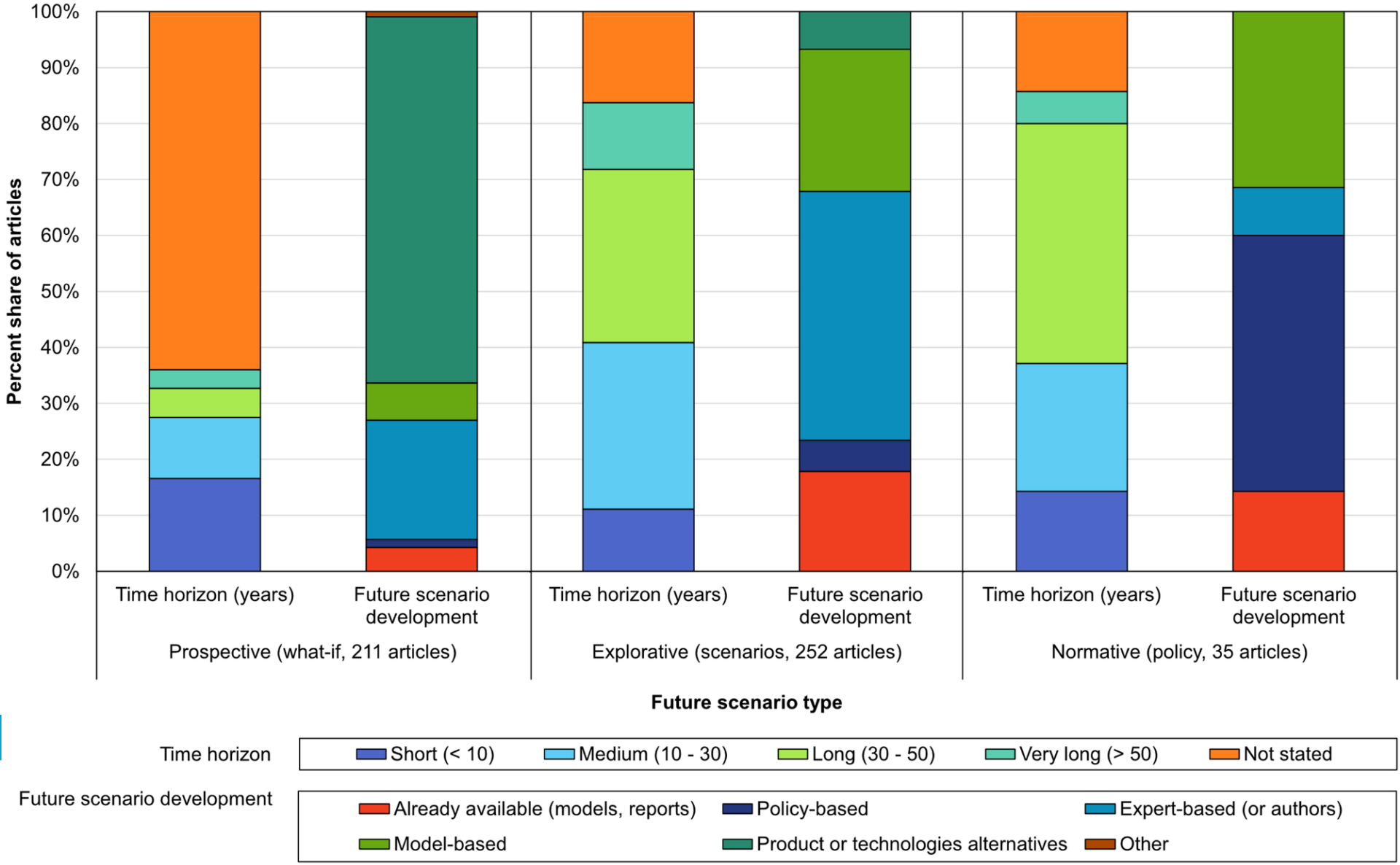
Παράδειγμα: τοπική διανομή και υψηλή επιστροφή έναντι μακρινής διανομής και χαμηλής επιστροφής.

Ελέγχουμε εάν αλλάζει το συμπέρασμα και εξηγούμε σε ποιες συνθήκες ισχύει.

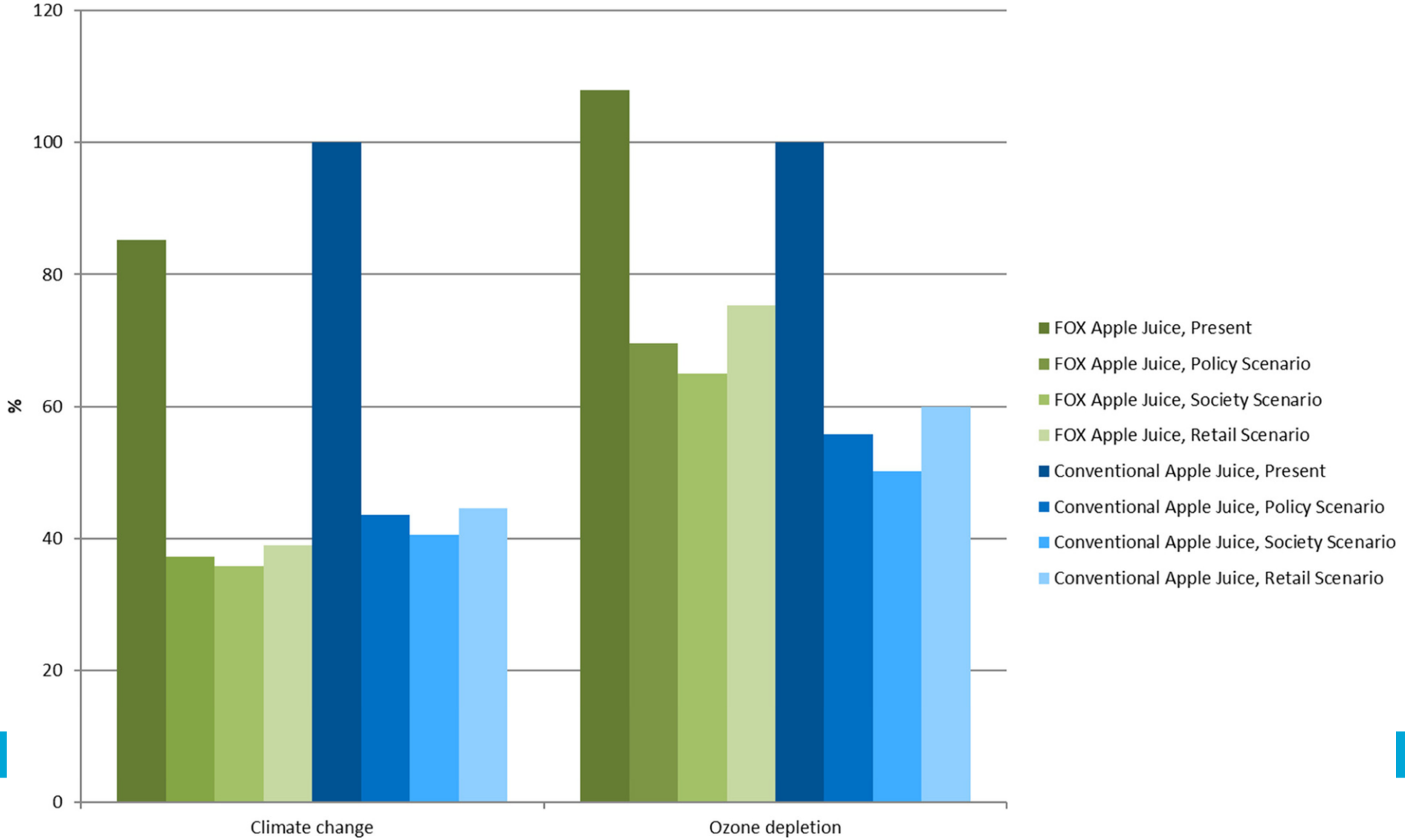
Ανάλυση με σενάρια



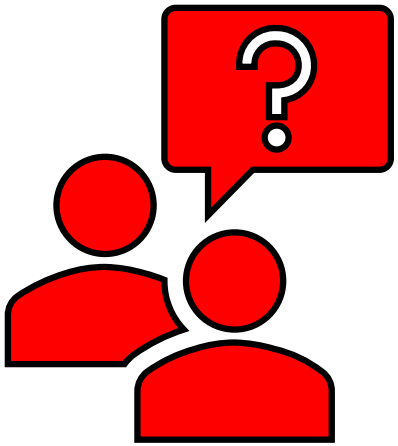
Ανάλυση με σενάρια



Ανάλυση με σενάρια



Comparing processes;
Method: ILCD 2011 Midpoint+ V1.11 / EU27 2010



Σε τι χρησιμεύει η «ανάλυση με σενάρια»;

Διερευνά διαφορετικές παραδοχές/επιλογές (π.χ. τεχνολογία, ενεργειακό μίγμα) για να αξιολογηθεί η σταθερότητα των συμπερασμάτων.

Σενάρια επαναχρησιμοποίησης

Ομάδα 1: τοπική διανομή, υψηλή επιστροφή

Ομάδα 2: μεγάλες αποστάσεις, χαμηλή επιστροφή

Ομάδα 3: τοπική διανομή, αποδοτικότερο πλύσιμο και διαφορετικό ηλεκτρικό μίγμα

Ορίστε παραδοχές. Ποια στάδια αλλάζουν και προς ποια κατεύθυνση;

Ανάλυση αβεβαιότητας

Επίδραση περιοχών αβεβαιότητας δεδομένων για υπολογισμό σφαλμάτων

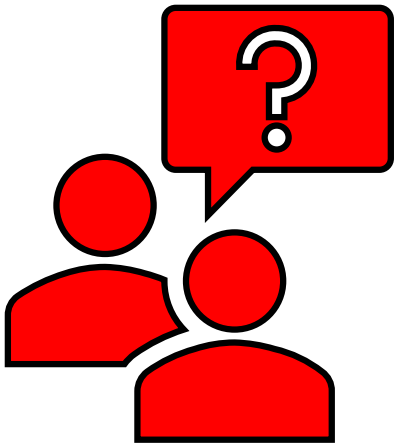
Πηγές αβεβαιότητας

Παραμέτρων: πόση ηλεκτρική ενέργεια καταναλώνει πραγματικά η διεργασία;

Μοντέλου: πώς κατανέμουμε τις επιπτώσεις μεταξύ συμπροϊόντων;

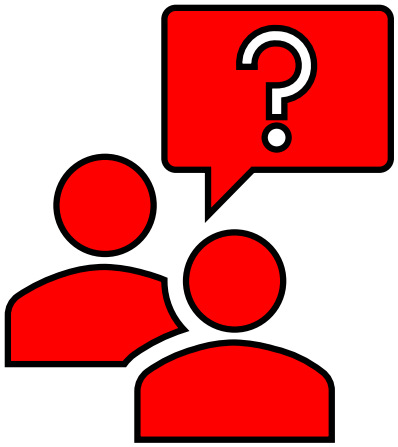
Σεναρίων: πόσες φορές θα επιστρέψει και θα χρησιμοποιηθεί ξανά η φιάλη;

Κάθε πηγή χρειάζεται κατάλληλο έλεγχο.



Τι ελέγχει η «ανάλυση αβεβαιότητας»;

Εξετάζει πώς η αβεβαιότητα των δεδομένων επηρεάζει τα αποτελέσματα και υπολογίζει περιθώρια σφάλματος.



Ποια είναι τα πέντε βασικά εργαλεία αξιολόγησης ποιότητας δεδομένων;

1. Ανάλυση συνεισφοράς,
2. ανάλυση ευαισθησίας,
3. ανάλυση διαταραχών,
4. ανάλυση αβεβαιότητας,
5. ανάλυση με σενάρια.

Μετατόπιση επιβαρύνσεων

Μια βελτίωση μπορεί να αυξήσει επιπτώσεις σε άλλη κατηγορία ή σε άλλο στάδιο.

Παράδειγμα: επαναχρησιμοποίηση συσκευασίας. Μειώνεται η παραγωγή νέων συσκευασιών,αλλά προστίθενται πλύσιμο και επιστροφές.

Εξετάζουμε όλες τις σχετικές επιπτώσεις πριν διατυπώσουμε συνολική σύσταση.

Συμπεράσματα και Προτάσεις

- Εξάγονται συμπεράσματα
- Και γίνονται συστάσεις για το κοινό της μελέτης
- Να είστε κριτικοί στις επιλογές και τις υποθέσεις

Πόσο τεκμηριωμένο είναι το συμπέρασμα;

«Το Α είναι πιο οικολογικό, επειδή έχει 15% χαμηλότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.»

Όμως: 30% υψηλότερος δείκτης χρήσης νερού.
Δεν έχει εξεταστεί η αβεβαιότητα.

Ξαναγράψτε το συμπέρασμα σε δύο τεκμηριωμένες προτάσεις.

Αναφορά

- Το ISO 14044 απαιτεί διαφάνεια

1. Διοικητικές Πληροφορίες

2. Ορισμός στόχου και πεδίου
3. Ανάλυση Αποθέματος Κύκλου Ζωής
4. Εκτίμηση Επιπτώσεων Κύκλου Ζωής
5. Ερμηνεία Κύκλου Ζωής

6. Κριτική κριτική (εσωτερική και εξωτερική)

Σύντομη αναφορά αποτελεσμάτων

Ερώτημα: ποια συσκευασία για παροχή 1 L νερού;
Όρια: παραγωγή έως τέλος ζωής.

Κλιματική αλλαγή: A = 80, B = 100 g CO_2-eq.
Δείκτης χρήσης νερού: υψηλότερος στο Α.

Παραδοχές: ίδιες αποστάσεις διανομής.
Περιορισμός: αβέβαια δεδομένα τέλους ζωής.

Σύσταση: το Α υπερέχει στον κλιματικό δείκτη υπό αυτές τις παραδοχές. Χρειάζονται έλεγχοι!

Κριτική (εσωτερική και εξωτερική)

a. Όνομα και Εταιρία Κριτών

b. Αναφορές Κριτικής Ανασκόπησης

c. Απαντήσεις στις συστάσεις

Κριτική ανασκόπηση μιας μελέτης

Μια αναφορά συγκρίνει συσκευασίες:

1. Διαφορετική χωρητικότητα χωρίς αναγωγή.

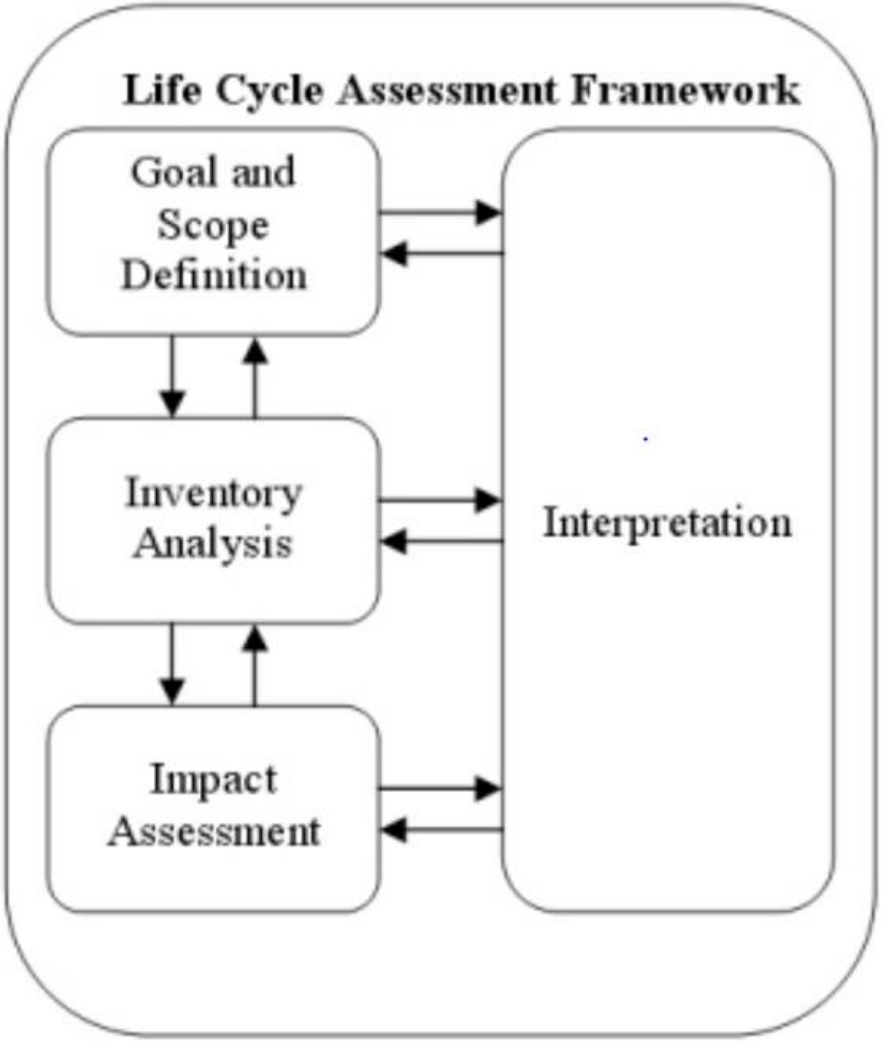
2. Μεταφορά μόνο στο ένα σύστημα.

3. Κρίσιμα δεδομένα χωρίς πηγές.

4. «Πιο οικολογικό», με μόνο κλιματικό δείκτη.

Προτείνετε μία διόρθωση για κάθε πρόβλημα.

Ανασκόπηση


Life Cycle Assessment Framework
Goal and Scope Definition
Inventory Analysis
Impact Assessment
Interpretation



Σας ευχαριστώ