



Μια ματιά στην Βιομηχανική Οικολογία (Industrial Ecology)

Διάλεξη στο πλαίσιο του μαθήματος: *Μηχανική Περιβάλλοντος*

Τι θα δούμε σήμερα;

1

Η έννοια της βιωσιμότητας (sustainability)

2

Βιομηχανική οικολογία (industrial ecology)

3

Εργαλεία της Βιομηχανικής Οικολογίας

4

Συζήτηση – Ερωτήσεις

Πριν ξεκινήσουμε...

➤ Που διδάσκεται η Βιομηχανική Οικολογία;

57 Πανεπιστήμια στην Αμερική και **23** Διεθνώς (Δεκέμβριος 2007)

Μερικά από τα οποία είναι...

- Yale University
- Harvard University
- Massachusetts Institute of Technology
- Michigan Technological University
- Dartmouth University
- Mount Royal College
- Delft University of Technology
- Technische Universität München
- Polytechnic University of Catalonia
- Royal Institute of Technology
- Swiss Federal Institute of Technology Zurich
- Cranfield University
- The University of Birmingham ...

Που θα βρω περισσότερες πληροφορίες;

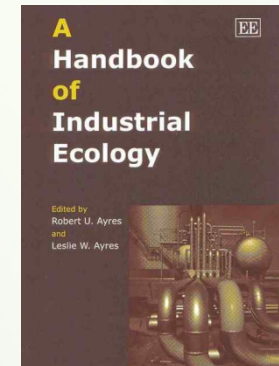
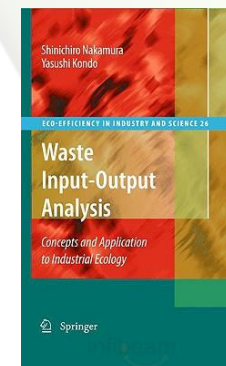
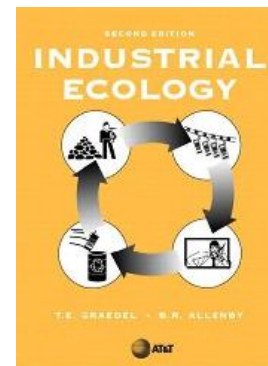
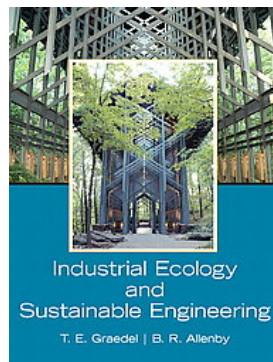
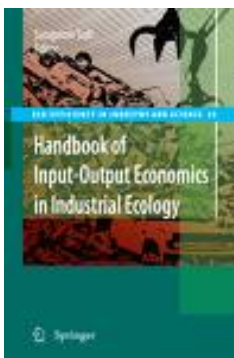
▪ Ηλεκτρονικά:

- www.is4ie.org (International Society for Industrial Ecology)
- www3.interscience.wiley.com (Journal of Industrial Ecology)
- www.yale.edu/jie (Yale School of Forestry & Environmental Studies)



▪ Βιβλιογραφικά:

- Πλήρης λίστα βιβλίων στην διεύθυνση: www.indigodev.com/Biblio.html
- Γνωστοί συγγραφείς: T.E. Graedel, B.R. Allenby, Robert U. Ayres, Leslie Ayres, Suren Erkman, Robert A. Frosch, Nicholas E. Gallopoulos κ.ά.



Περιγραφή της ανάγκης

- ✓ Αύξηση του προσδόκιμου μέσου όρου ζωής η οποία συνοδεύεται από την αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού.
- ✓ Ευημερία σημαντικού ποσοστού του πληθυσμού, τουλάχιστον όσον αφορά την κατοχή υλικών αγαθών.
- ✓ Διαφαινόμενη, έστω και προσωρινά, αποφυγή ενός πυρηνικού πολέμου.

Κατά πόσο οι σύγχρονες ανησυχίες περί κινδύνου κατάρρευσης των κοινωνικοοικονομικών και περιβαλλοντικών συστημάτων είναι όντως αληθείς ;;;

«Μήπως υπερβάλουμε;»

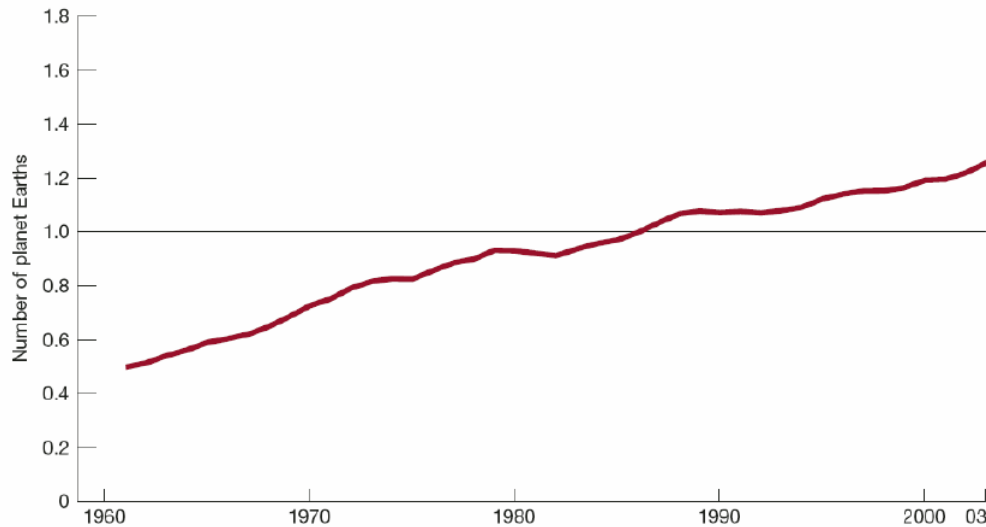
Περιγραφή της ανάγκης

Τρεις βασικές επικρατούσες τάσεις υπονομεύουν την βιωσιμότητα του σύγχρονου κόσμου (Bond et al., 2012):

- 1) Η υφιστάμενη **φέρουσα ικανότητα** του πλανήτη **αδυνατεί** να ικανοποιήσει πλήρως τις σύγχρονες ανάγκες του ανθρώπου.
- Η ταχέως **αυξανόμενη ζήτηση** σε ενέργεια, πρώτες ύλες, προϊόντα, φαγητό και νερό έχει οδηγήσει με την σειρά της σε:
 - αυξανόμενες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου,
 - υψηλά επίπεδα απορριπτέων στερεών αποβλήτων,
 - διαταράξεις του υδρολογικού κύκλου,
 - μη αναστρέψιμες μεταμορφώσεις των εδαφών κ.ά.

Περιγραφή της ανάγκης

Fig. 2: HUMANITY'S ECOLOGICAL FOOTPRINT, 1961–2003



How much do YOU use per day (kilograms)?

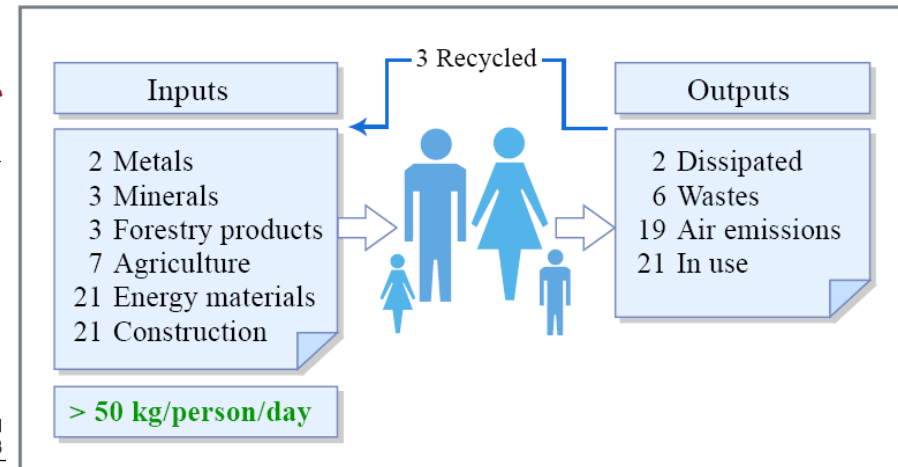
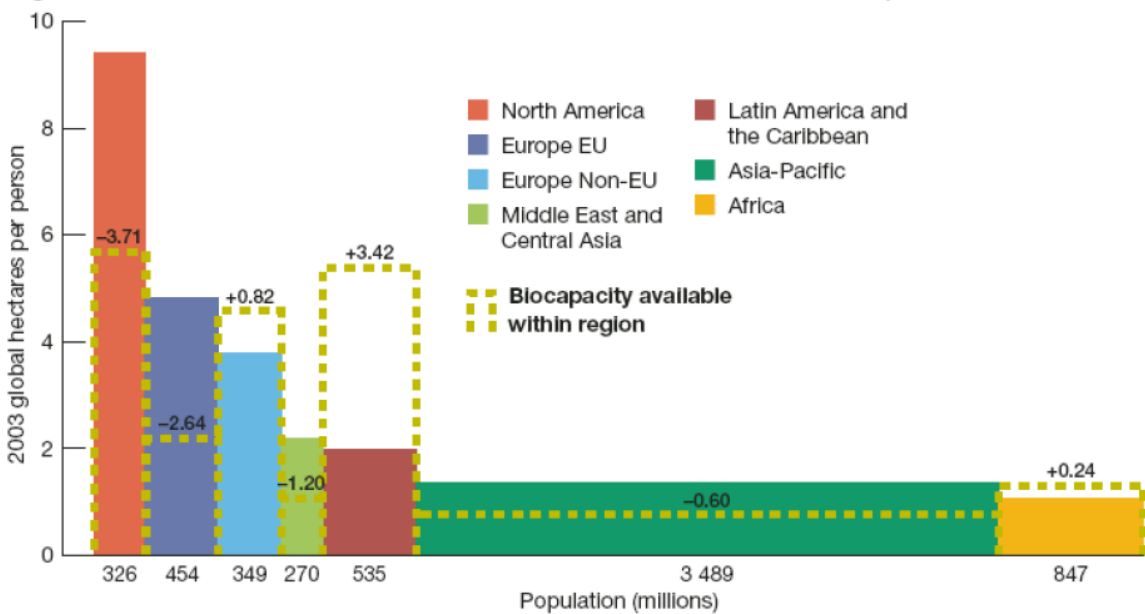
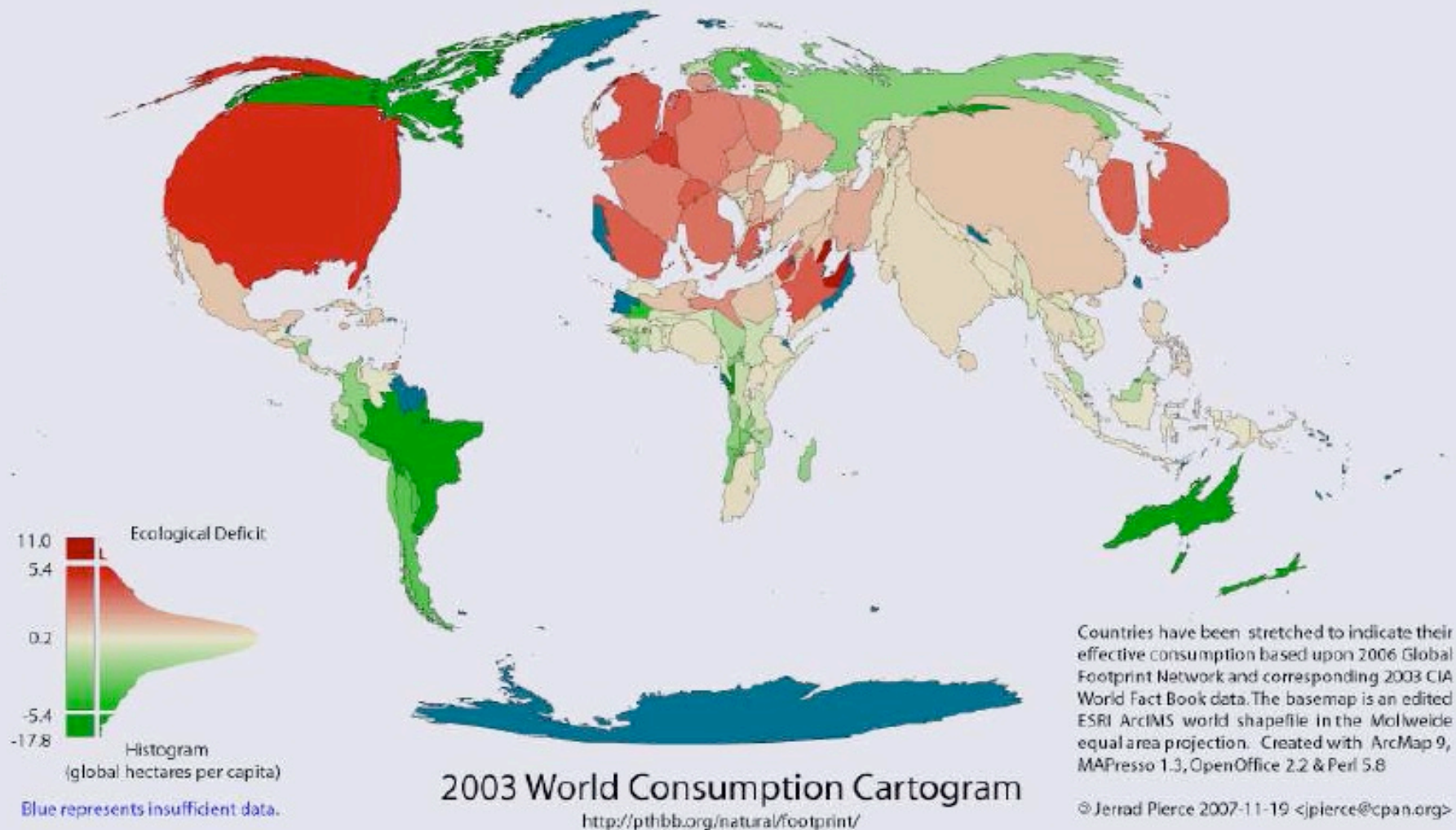


Fig. 20: ECOLOGICAL FOOTPRINT AND BIOCAPACITY BY REGION, 2003



Πόσο ακόμη αντέχει η Γη;

Περιγραφή της ανάγκης

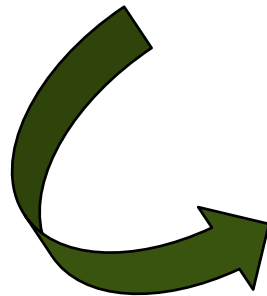


Περιγραφή της ανάγκης

Τρεις βασικές επικρατούσες τάσεις υπονομεύουν την βιωσιμότητα του σύγχρονου κόσμου (Bond et al., 2012):

2) Τα **οφέλη** που απορρέουν από την οικονομική ανάπτυξη **συσσωρεύονται κατά βάση, στους ήδη προνομιούχους**. (π.χ. το 25% του πληθυσμού καταναλώνει το 75% της συνολικής ενέργειας).

3) Η πιθανότητα βαθύτερων εντάσεων και συγκρούσεων αυξάνεται. Η αύξηση αυτή οφείλεται τόσο σε φυσικά όσο και ανθρωπογενή αίτια όπως για παράδειγμα το εύθραυστο όπως αποδεικνύεται οικονομικό σύστημα, τις κοινωνικές αδικίες (π.χ. προσβασιμότητα σε νερό/ηλεκτρισμό), την εύκολη πρόσβαση σε οπλικά συστήματα κ.λπ.



Βιώσιμη ανάπτυξη...

Βιωσιμότητα (Sustainability)

- Πώς την αντιλαμβάνεστε? ➔ Δεν υπάρχει ξεκάθαρος ορισμός.
- Έρχονται στο μυαλό μας λέξεις όπως «επόμενες γενεές», «υπευθυνότητα», «δράσεις», «περιβάλλον», «όρια»
- Η πρόκληση που έχουμε μπροστά μας είναι να αναγνωρίσουμε και να εφαρμόσουμε ορισμένες **υπεύθυνες ενέργειες**, οι οποίες θα κάνουν το **περιβάλλον** αναπόσπαστο κομμάτι της οικονομίας μας σεβόμενοι πάντα τα περιβαλλοντικά **όρια**, ώστε να καταστήσουμε δυνατό για εμάς και για τις **επόμενες γενεές** να συνεχίσουμε να ζούμε σε αυτόν τον πλανήτη.

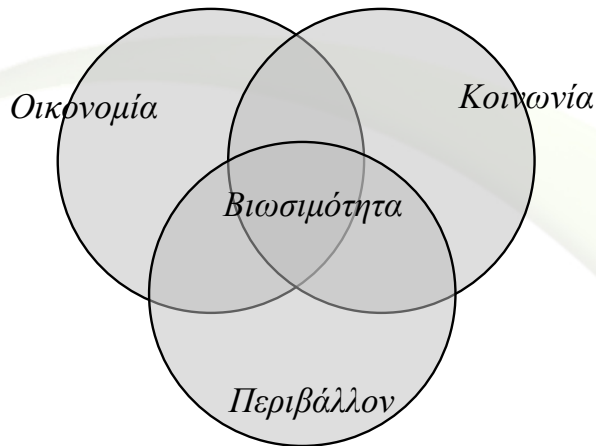
Ένας απλός και γρήγορος ορισμός...



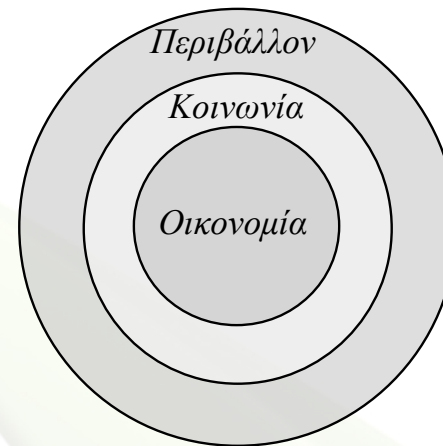
«Η βιωσιμότητα είναι η απόλυτη σχέση δράσης και συνέπειας.»
(Kirsten Childs, in *Sustainable Architecture - White Papers*, 2004)

«Η βιωσιμότητα αφορά την θετική αλλαγή και όχι απλά την ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων» (Pope et al. 2004).

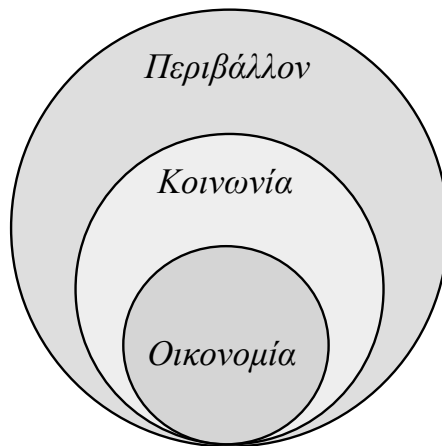
Απεικόνιση της βιωσιμότητας



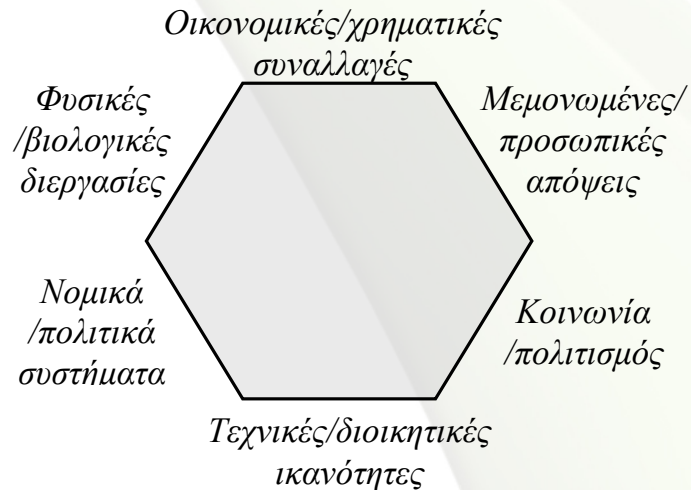
α. Η βιωσιμότητα αναπαρίσταται ως διάγραμμα Venn.



β. Η βιωσιμότητα αναπαρίσταται ως τρεις ομόκεντροι κύκλοι.



γ. Η βιωσιμότητα αναπαρίσταται ως τρεις προσκείμενοι κύκλοι.



δ. Η βιωσιμότητα αναπαρίσταται ως εξάγωνο.

Τι απαιτεί η βιώσιμη ανάπτυξη

Οι Horwood et al. (2005), διέκριναν τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις όσον αφορά την επίτευξη της βιωσιμότητας ανάλογα με τις αλλαγές που απαιτούνται στις κοινωνικοοικονομικές δομές και την σχέση ανθρώπου-περιβάλλοντος:

α) σύμφωνα με την **πρώτη προσέγγιση (status quo)**, δύναται να επιτευχθεί η βιωσιμότητα μέσα στο υφιστάμενο δομικό πλαίσιο. Η άποψη αυτή υιοθετείται κυρίως από τις κυβερνήσεις και τις επιχειρήσεις οι οποίες θεωρούν ότι η ανάπτυξη θα λύσει το πρόβλημα.

β) σύμφωνα με την **δεύτερη προσέγγιση (reform)** απαιτείται μια θεμελιώδης αναμόρφωση των υφισταμένων δομών, διατηρώντας ωστόσο κάποιους από τους εν ισχύ κανονισμούς. Η άποψη αυτή υιοθετείται κυρίως από ακαδημαϊκούς και μη κυβερνητικές οργανώσεις.

γ) σύμφωνα με την **τρίτη προσέγγιση (transformation)** απαιτείται ριζική αλλαγή στην οικονομία και την κοινωνία για την επίτευξη της βιωσιμότητας. Η άποψη αυτή υιοθετείται κυρίως από οικολόγους (δεν φταίνε όλοι το ίδιο για τα περιβαλλοντικά προβλήματα, οι επιπτώσεις τους ωστόσο επηρεάζουν όλους το ίδιο).

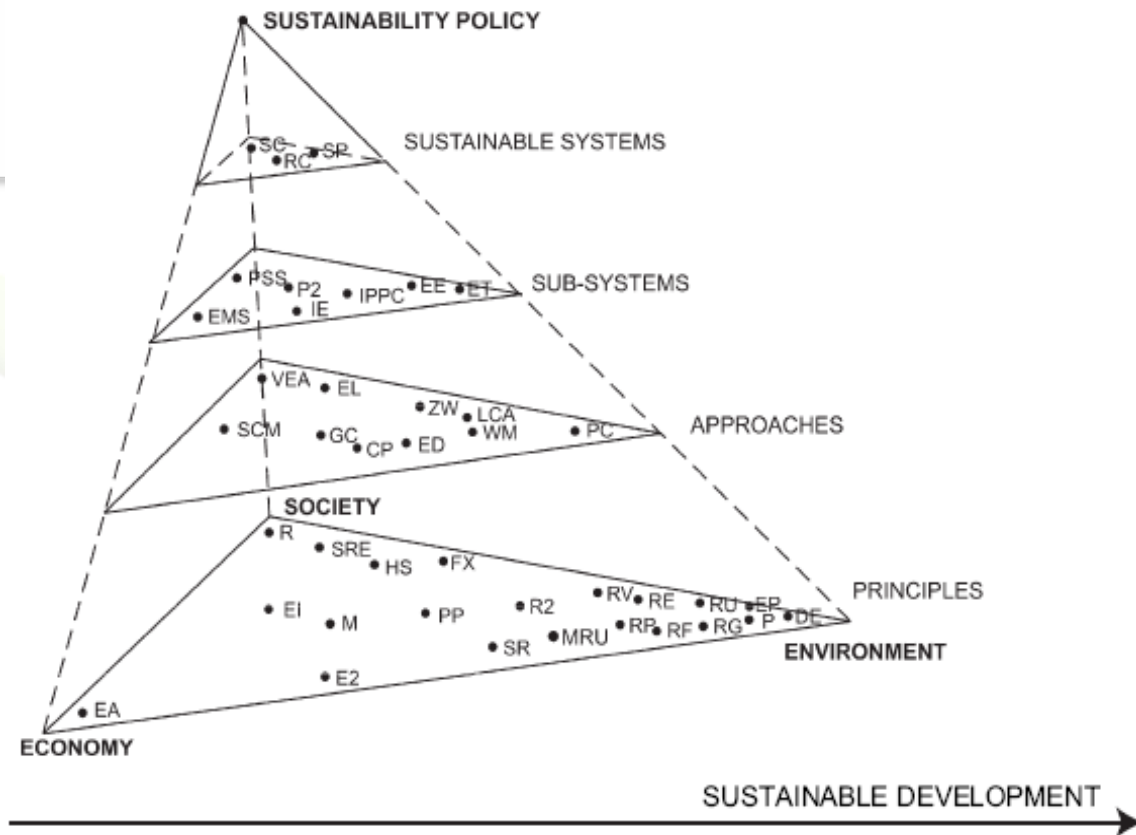
Τι απαιτεί η βιώσιμη ανάπτυξη



Τι απαιτεί η βιώσιμη ανάπτυξη:

- 1. Συστημική εικόνα - περιεκτική προσέγγιση
- 2. Το περιβάλλον παράλληλα με την κοινωνική ευημερία και την οικονομία
- 3. Αναγνώριση των ορίων
- 4. Αναπαραγωγικά συστήματα - τα απόβλητα μιας διαδικασίας γίνονται τρόφιμα για μια άλλη
- 5. Χρήση των πλανητικών πόρων με μικρότερο ρυθμό από αυτόν της αναγέννησής τους
- 6. Τοπική παραγωγή όσο το δυνατόν γίνεται
- 7. Μακροπρόθεσμη εικόνα - υποχρέωση στις μελλοντικές γενεές
- 8. Προληπτική προσέγγιση
- 9. Σεβασμός της βιολογικής και πολιτιστικής ποικιλομορφίας
- 10. Κοινωνική δικαιοσύνη

Η βιωσιμότητα ως επιστημονικό πεδίο



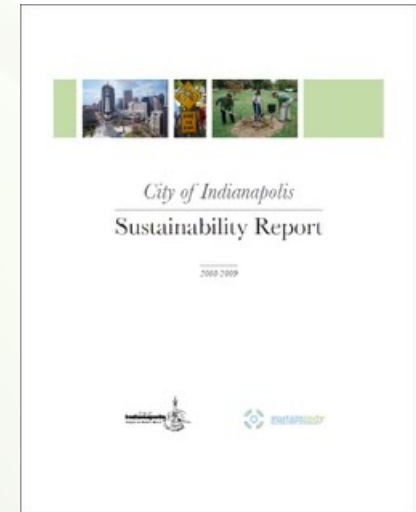
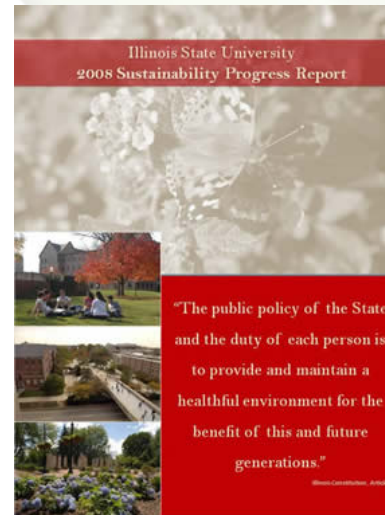
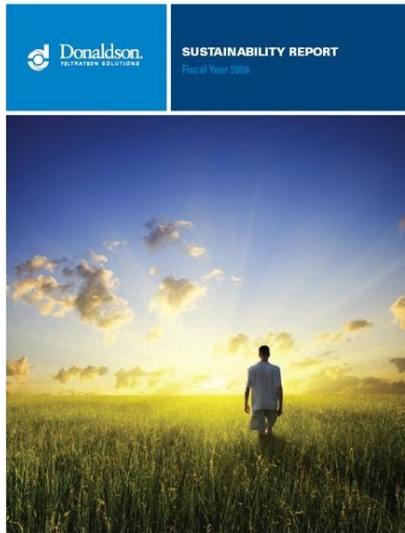
CP, cleaner production; DE, degradation; EA, environmental accounting; ED, eco-design; EE, environmental engineering; EI, ethical investment; EL, environmental legalisation; EMS, environmental management strategy; ET, environmental technology; E2, eco-efficiency; FX, factor X; GC, green chemistry; HS, health and safety; IE, industrial ecology; IPPC, integrated pollution prevention and control; LCA, life cycle assessment; M, mutualism; MRU, minimization of resource usage; P, purification; PC, pollution control; PO, policy; PP, “polluter pays” principle; PSS, product service system; P2, pollution prevention; RC, responsible care; R, reporting to the stakeholders; RE, recycling; RF, remanufacturing; RG, regeneration; RP, repair; RU, reuse; RV, recovery; R2, renewable resources; SC, sustainable consumption; SCM, supply chain management; SD, sustainable development; SP, sustainable production; SR, source reduction; SRE, social responsibility; VEA, voluntary environmental agreement; WM, waste minimization; and ZW, zero waste.

Fig. 1. Classification of sustainability oriented terms.

Βιώσιμη ανάπτυξη και επιχειρήσεις

▪ Υφιστάμενη κατάσταση

- Χρήση πλήθους δεικτών (περιβαλλοντικών, κοινωνικών, οικονομικών, GRI)
π.χ. kW/year, ποσοστό των καθαρών κερδών που διατίθενται για λόγους βιοποικιλότητας, αριθμός εργαζομένων κ.λπ. **Άλλοι δείκτες???**
- Αναφορές Βιωσιμότητας (Sustainability Reports)

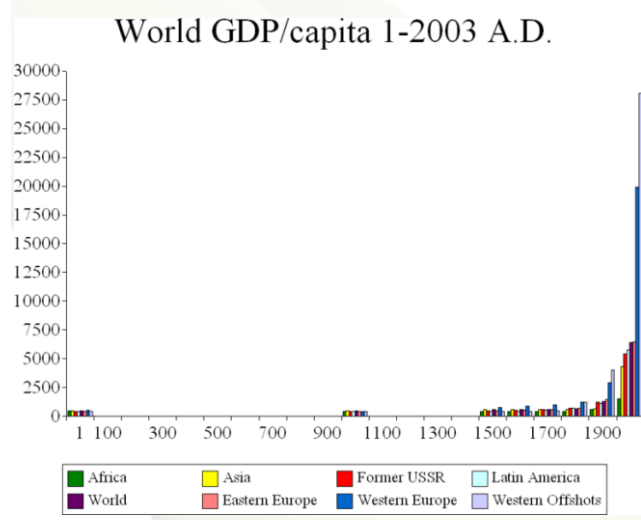
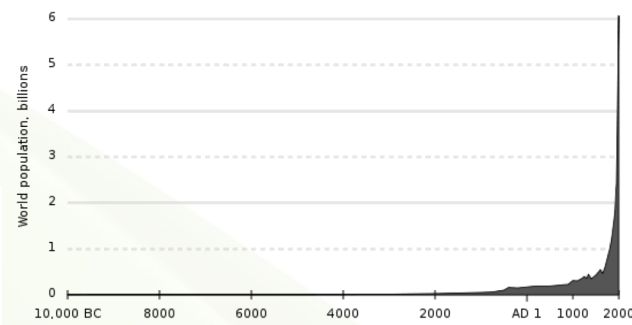
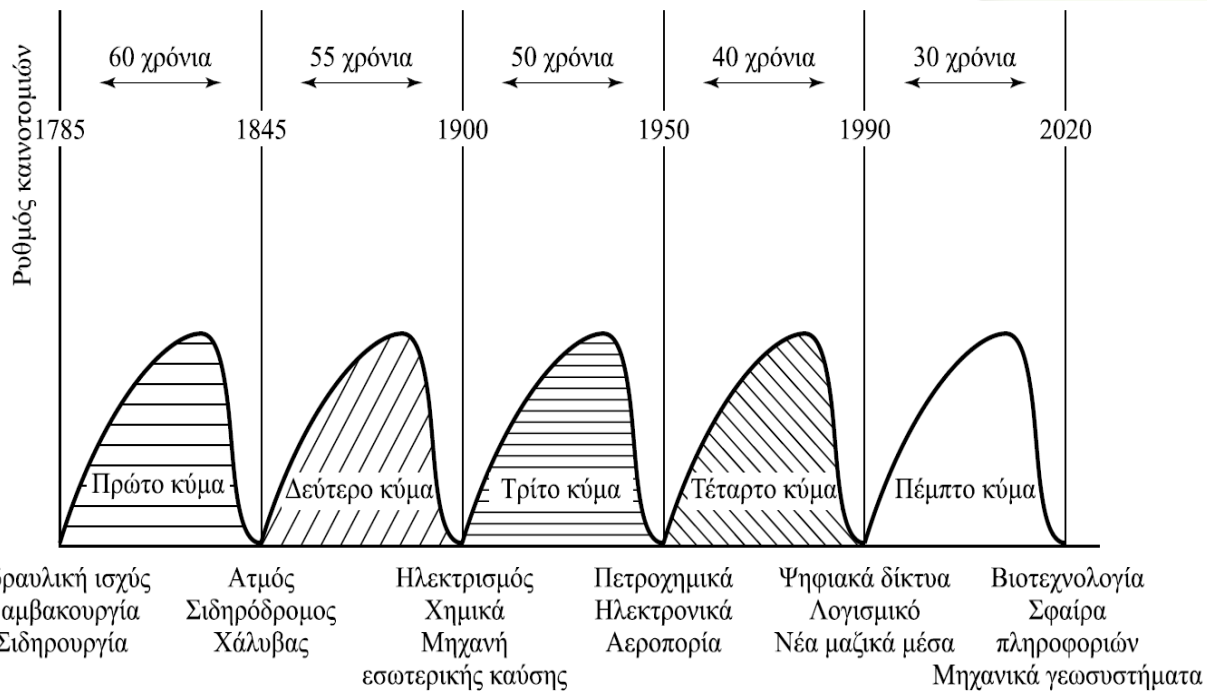


- Εκφράζεται πραγματικά η βιωσιμότητα με αυτόν τον τρόπο;;;

Βιώσιμη ανάπτυξη και τεχνολογία

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες εξελίσσονται από διαδοχικές εφευρέσεις και καινοτομίες. Μέχρι στιγμής τα προβλήματα λόγω της υπερβολικής χρήσης λύνονταν με **την ανακάλυψη νέων τεχνολογιών και πόρων και όχι με την μείωση της χρήσης.**

$$\text{Environmental Impact} = \text{Population} \times \frac{\text{GDP}}{\text{Person}} \times \frac{\text{Environmental impact}}{\text{Unit of GDP}}$$



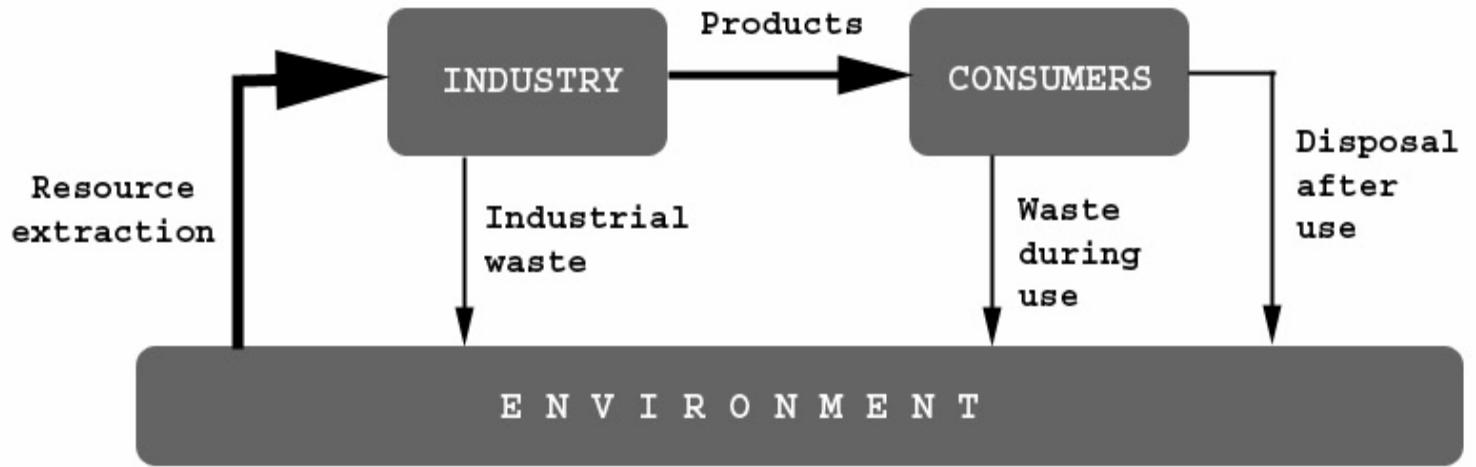
Βιομηχανική Οικολογία

- Επομένως ο στόχος είναι να επιτευχθεί βιωσιμότητα σε όλα τα επίπεδα. **Αλλά πώς;**
- Η φύση μας δείχνει τον δρόμο. **Τα φυσικά οικοσυστήματα είναι βιώσιμα (παράδειγμα με αλυσίδες-κύκλους).**
- **ΙΔΕΑ:** Ας προσπαθήσουμε να μιμηθούμε την φύση και να κάνουμε τα βιομηχανικά συστήματα να δουλεύουν με τον τρόπο των φυσικών συστημάτων (Frosh 1989).
- Αυτός είναι ο στόχος της **Βιομηχανικής οικολογίας**, να καταστήσει τα βιομηχανικά συστήματά μας βιώσιμα κάνοντας τα να υπακούν στους νόμους της φύσης.

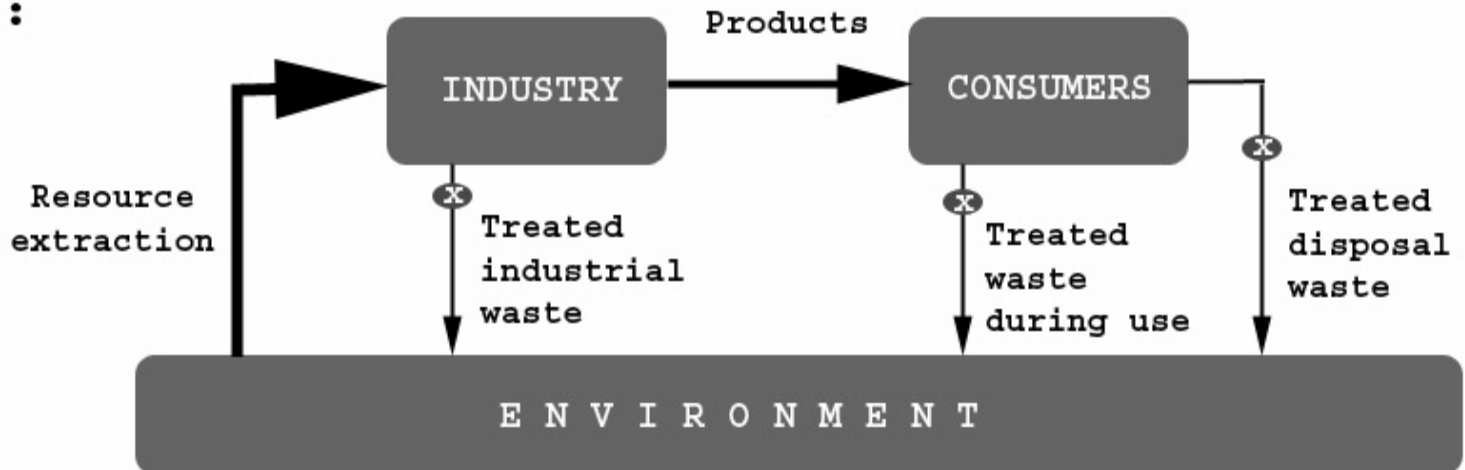
Βιομηχανική Οικολογία



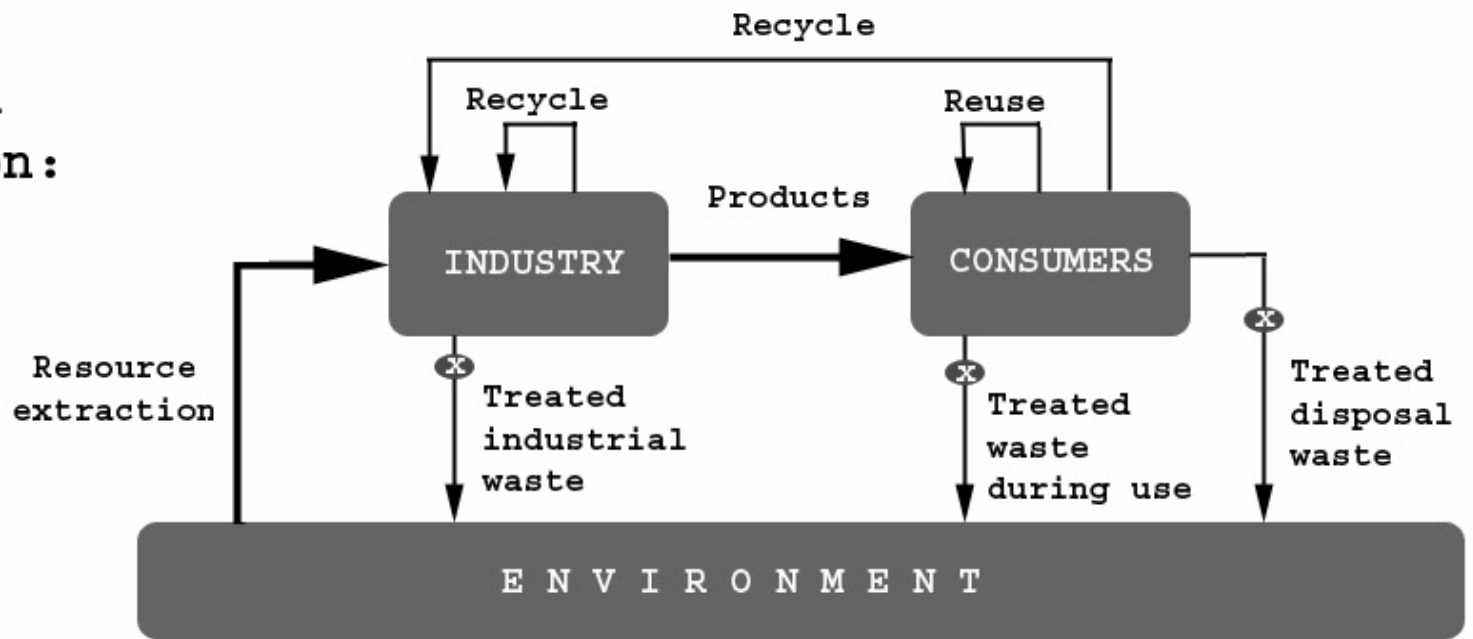
Brutal:



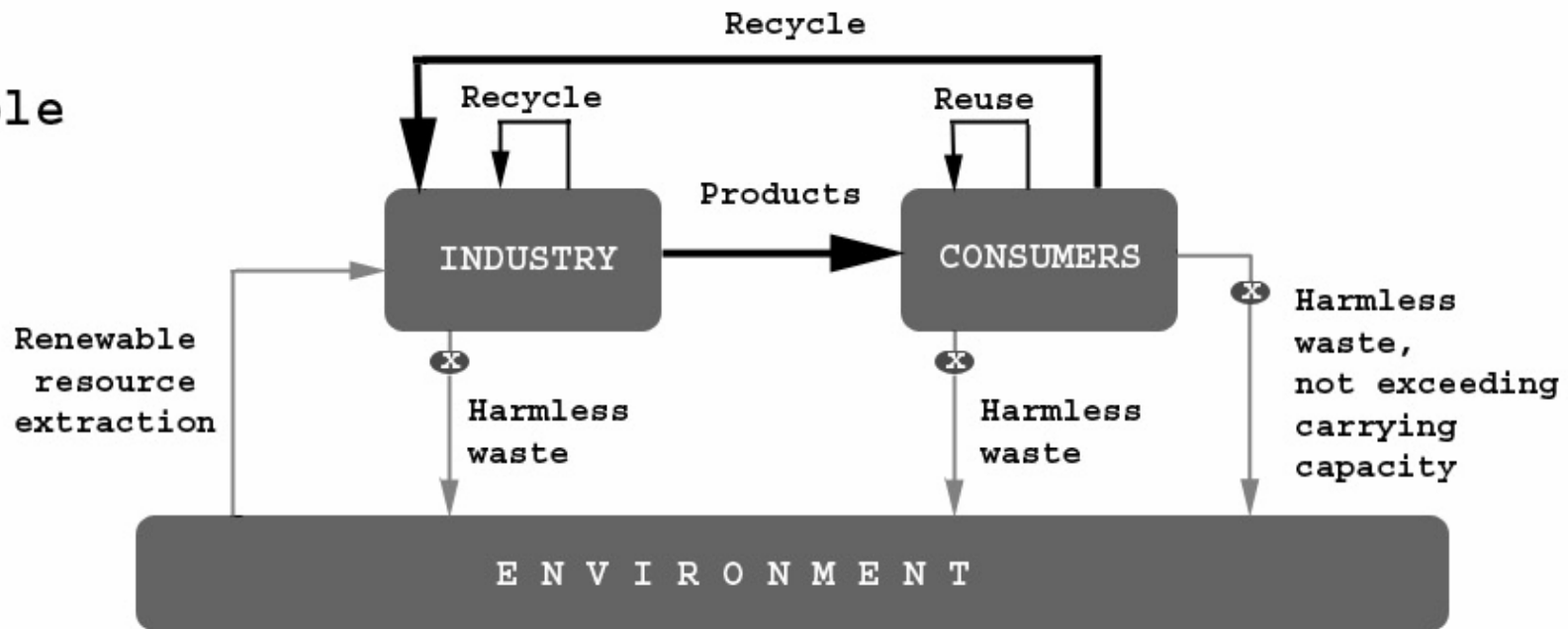
With
end-of-pipe
treatment:



With
pollution
prevention:



Toward
sustainable
system:

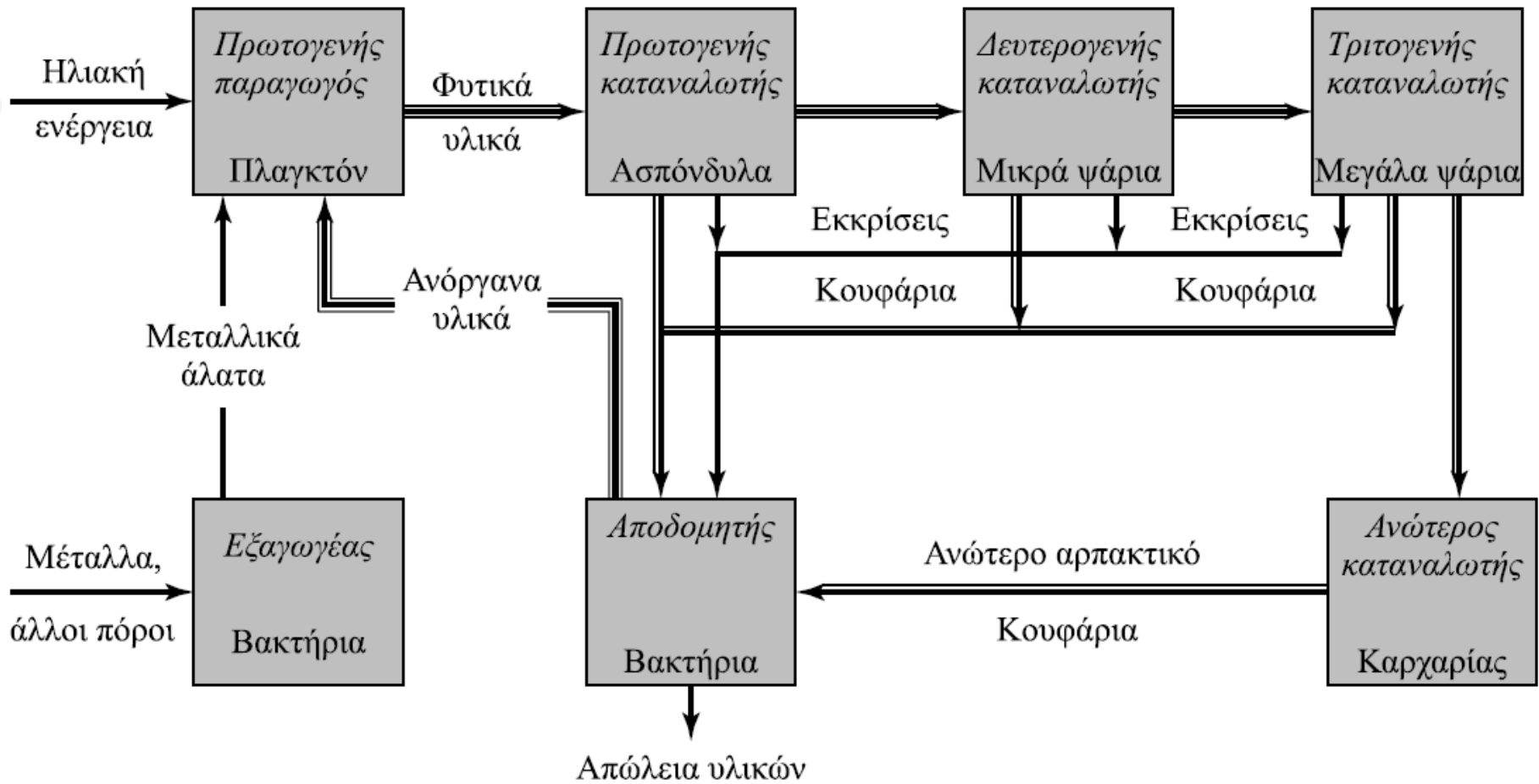


Βιομηχανική Οικολογία

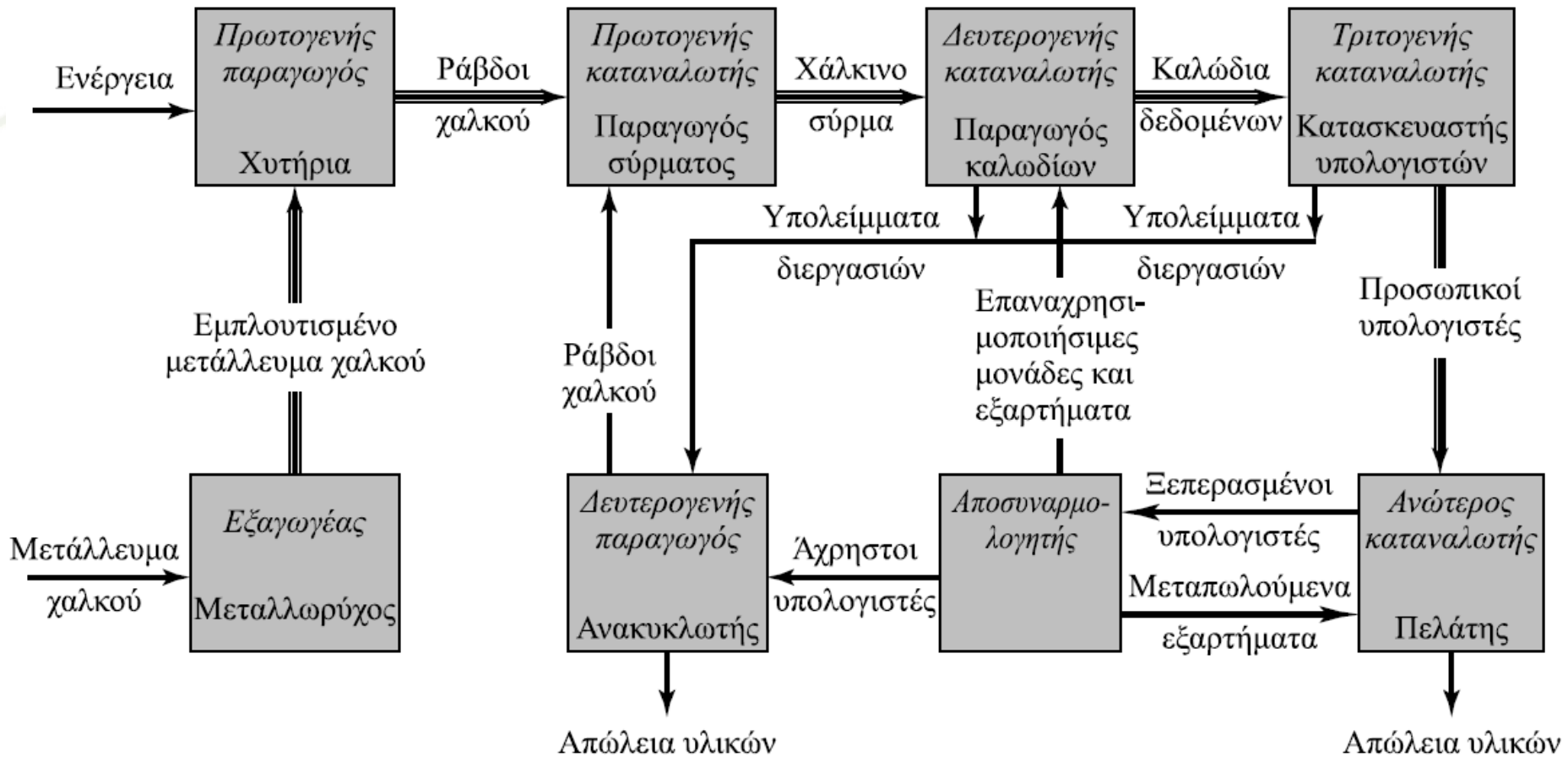
Πόσο απέχουμε από το να έχουμε βιώσιμα συστήματα;

Φυσικά συστήματα	Βιομηχανικά συστήματα
Δεν υπάρχουν απορρίμματα. Το απόβλητο μιας διαδικασίας είναι το φαί μιας άλλης δραστηριότητας. Κλειστοί κύκλοι.	Πολλά απόβλητα. Όχι κλειστοί κύκλοι. Πόροι εξάγονται και αλλοιωμένα υλικά επιστρέφονται στο περιβάλλον
Τα υλικά μεταβολίζονται	Τα υλικά υφίστανται μεταμορφώσεις
Χρήση ενέργειας σε χαμηλές θερμοκρασίες	Χρήση ενέργειας σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες Μη αποδοτική χρήση
Δεν υπάρχει κεντρικός έλεγχος	Ασθενής κεντρικός έλεγχος (κάποιοι κανονισμοί)
Μεγάλη ποικιλία και αφθονία σε είδη	Μέση ποικιλία σε δραστηριότητες
Μη γραμμικότητες στην συμπεριφορά (ζήσε ή πέθανε)	Μη γραμμικότητες στην συμπεριφορά (κέρδος ή κλείνει η επιχείρηση)

Πως δουλεύει η φύση



Κάτι ανάλογο στην βιομηχανία



(χρήση Cu σε PC)

Οι τέσσερις νόμοι της Οικολογίας

1. Τα πάντα συνδέονται μεταξύ τους
2. Το καθετί πάει κάπου – τίποτα δεν χάνεται
3. Η φύση ξέρει καλύτερα
4. Τίποτα δεν είναι δωρεάν – όλα έχουν κάποιο τίμημα.

Barry Commoner 1971, 33-48

Οίκο-βιομηχανικές αρχές και βιομηχανική οικολογία

Αντίστοιχα με τους προηγούμενους «νόμους» για την βιομηχανία:

- Η βιομηχανία είναι ένα αλληλένδετο σύστημα εξαγωγής, παραγωγής, διανομής, κατανάλωσης και διάθεσης.
- Η βιομηχανική παραγωγή πρέπει να υπόκειται στη "ανάλυση του κύκλου ζωής (**life-cycle analysis, LCA**)" ώστε να προσδιορίσει την ροή των υλικών (**βιομηχανικός μεταβολισμός**).
- Ο φυσικός κόσμος είναι μια πηγή προτύπων αποδοτικότητας και ανανεώσιμης ενέργειας και πόρων.
- Οι μη ανανεώσιμοι πόροι πρέπει να επιστραφούν, να ανακυκλωθούν ή να επαναχρησιμοποιηθούν έτσι ώστε να έχουμε κλειστούς κύκλους υλικών και να ελαχιστοποιήσουμε την κατανάλωση ενέργειας.

Μερικοί ορισμοί της Βιομηχανική Οικολογίας

- Η "βιομηχανική οικολογία" μπορεί να οριστεί ως τα μέσα με τα οποία μια κατάσταση βιώσιμης ανάπτυξης προσεγγίζεται και διατηρείται. Αποτελείται από μια συστημική αντίληψη της ανθρώπινης οικονομικής δραστηριότητας και της αλληλεξάρτησής της με θεμελιώδη βιολογικά, χημικά, και φυσικά συστήματα με στόχο την θεμελίωση και διατήρηση του ανθρώπινου είδους σε επίπεδα που μπορούν να διατηρηθούν επ' αόριστο, σε συνδυασμό με συνεχή οικονομική, πολιτιστική και τεχνολογική εξέλιξη.

Braden Allenby, "Achieving Sustainable Development Through Industrial Ecology," International Environmental Affairs 4, no.1 (1992).

Μερικοί ορισμοί της Βιομηχανική Οικολογίας

- Η καρδιά της βιομηχανικής οικολογίας είναι μια απλή αναγνώριση ότι τα βιομηχανικά συστήματα και τα συστήματα υπηρεσιών είναι στην πραγματικότητα φυσικά συστήματα, που συνδέονται στενά με τα τοπικά τους και περιφερειακά τους οικοσυστήματα και την παγκόσμια βιόσφαιρα. **Ο απόλυτος στόχος είναι να φέρει το βιομηχανικό σύστημα όσο πιο κοντά γίνεται στο να είναι ένα σύστημα κλειστών βρόγχων, με σχεδόν πλήρη ανακύκλωση όλων των υλικών.**

Ernest Lowe. "Industrial Ecology — An Organizing Framework for Environmental Management." TQEM (Autumn 1993).

Μερικοί ορισμοί της Βιομηχανική Οικολογίας

➤ «Η βιομηχανική οικολογία είναι η επιστήμη της βιωσιμότητας»

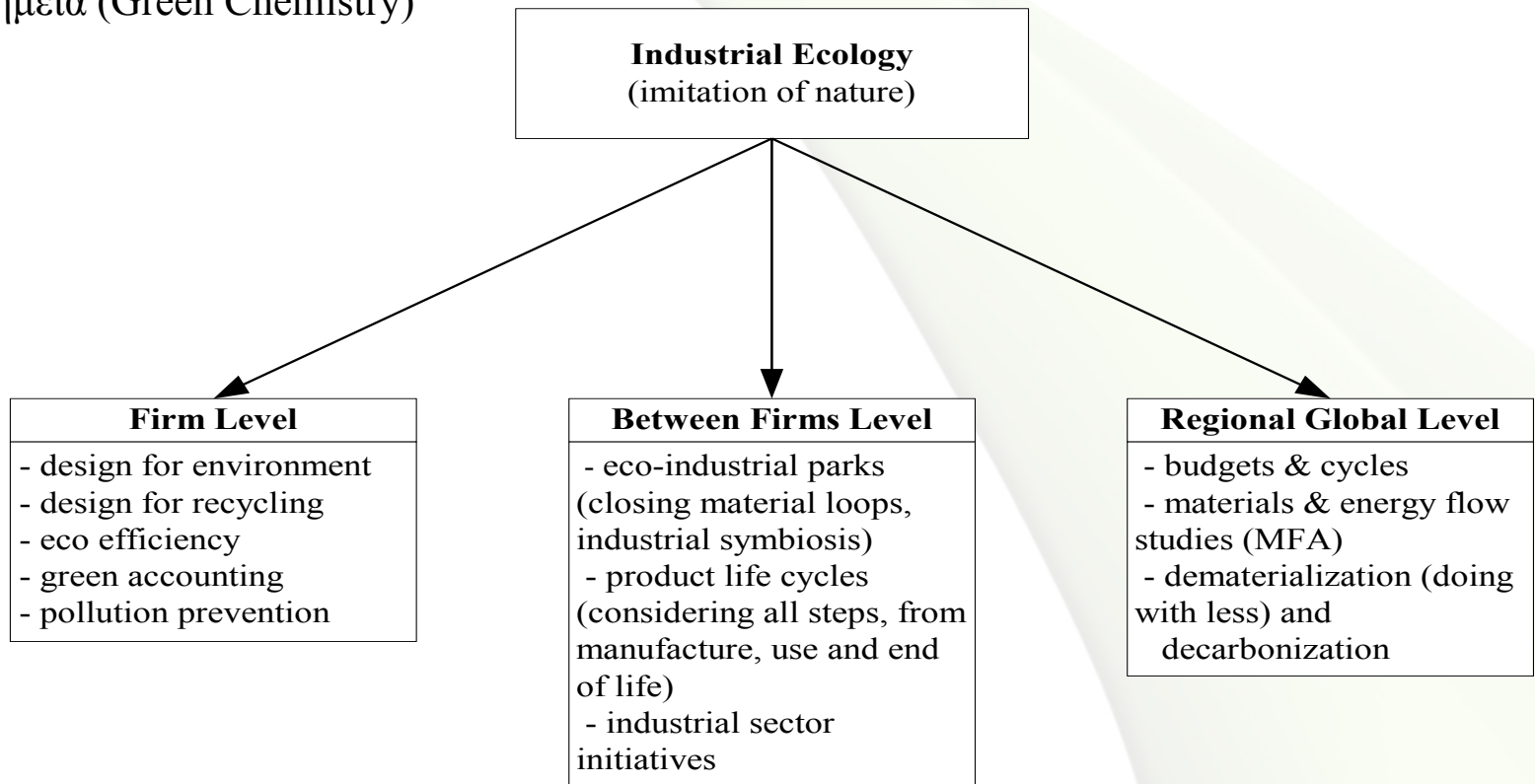
Τρία συστατικά για ΙΕ:

- Βελτιστοποίηση των πόρων (λιγότερη κατανάλωση, λιγότερα απόβλητα)
- Βελτιστοποίηση της ενέργειας
- Βελτιστοποίηση του κεφαλαίου (ανθρώπινο και χρηματικό)

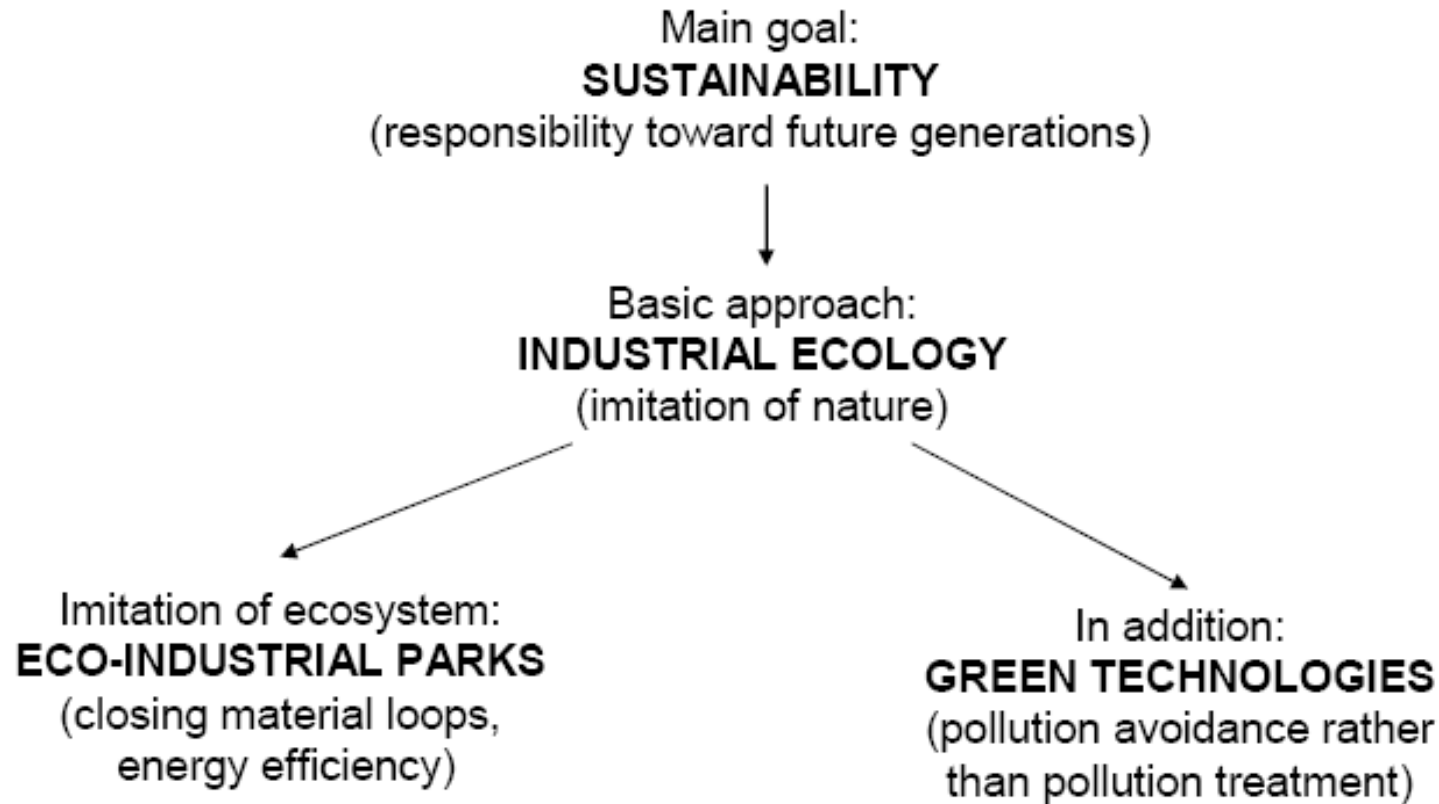
Graedel & Allenby (1995)

Εργαλεία και αρχές της Βιομηχανικής Οικολογίας

- Οίκο-βιομηχανικά πάρκα (Eco-Industrial Parks-EIP)
- Πρόληψη της Ρύπανσης (Pollution Prevention-2P)
- Σχεδιασμός για το περιβάλλον (Design for Environment-DfE)
- Ανάλυση Ροής Υλικών (Material Flow Analysis-MFA)
- Ανάλυση κύκλου ζωής (Life Cycle Assessment-LCA)
- Πράσινη Χημεία (Green Chemistry)



Οίκο-Βιομηχανικά Πάρκα



Οίκο-Βιομηχανικά Πάρκα

▪ Τι είναι ένα EIP - Ορισμός

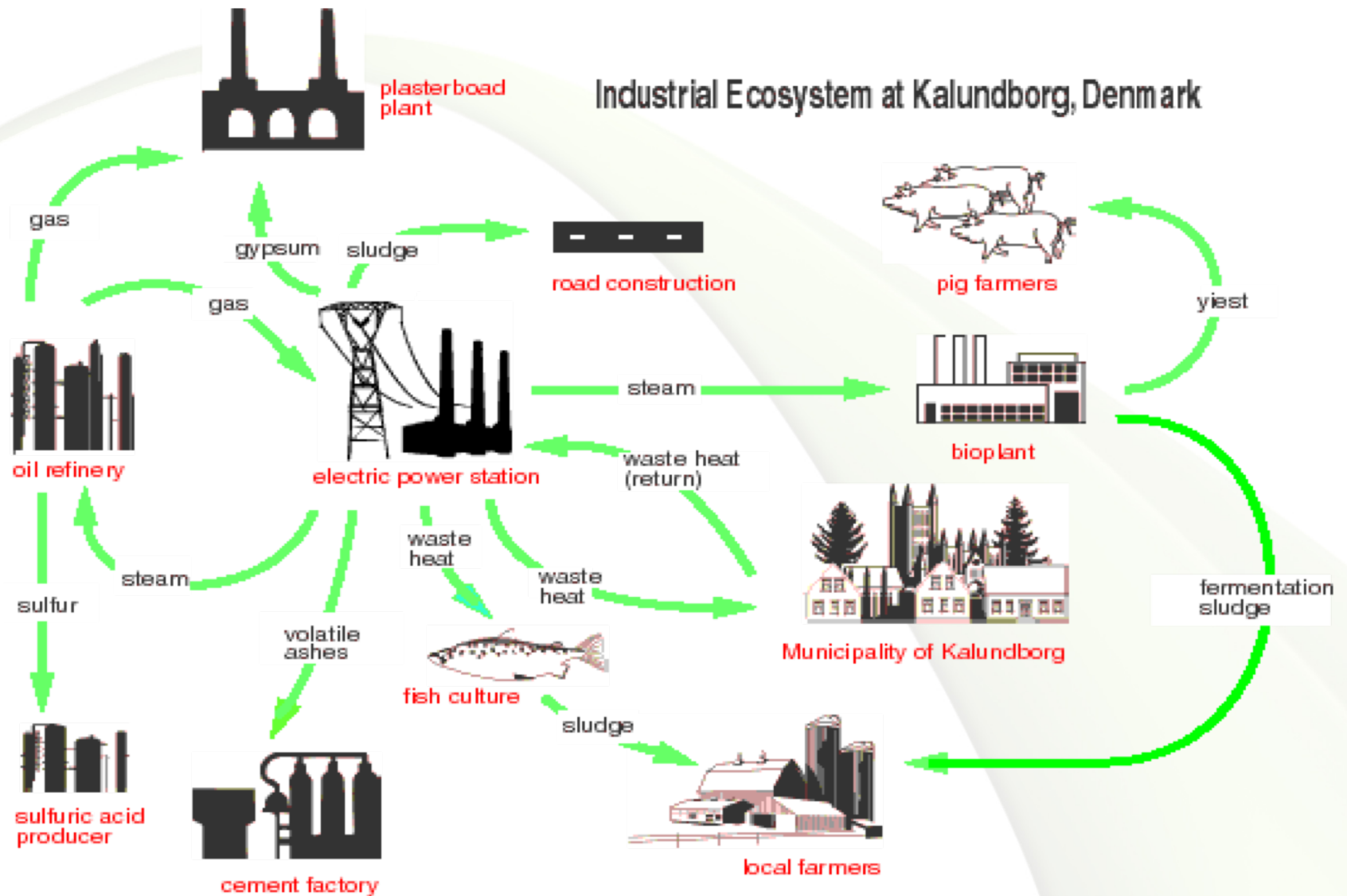
- Ένα οίκο-βιομηχανικό πάρκο (EIP) είναι μια κοινότητα από διάφορες εταιρίες παραγωγής προϊόντων και υπηρεσιών που επιδιώκουν μια ενισχυμένη περιβαλλοντική και οικονομική επίδοση **μέσω της συνεργασίας** στη διαχείριση περιβαλλοντικών ζητημάτων και ζητημάτων πόρων, συμπεριλαμβανομένης της ενέργειας, της ύδρευσης, και των υλικών. **Δουλεύοντας μαζί**, η κοινότητα των επιχειρήσεων επιδιώκει ένα **συλλογικό όφελος** που να είναι μεγαλύτερο από το άθροισμα των επί μέρους οφελών αν η καθεμία δρούσε μόνη της.
- Ο στόχος ενός EIP είναι να βελτιώσει την οικονομική επίδοση των επιχειρήσεων που συμμετέχουν ελαχιστοποιώντας την περιβαλλοντική επίδρασή τους.

Οίκο-Βιομηχανικά Πάρκα-Υφιστάμενη Κατάσταση

- 100 περιπτώσεις οίκο-βιομηχανικών πάρκων σε όλο τον κόσμο
 - Αμερική (42%)
 - Ευρώπη (36%, κυρίως στην Αγγλία)
 - Ασία (11%)
 - Καναδάς (6%)
- Κάποια γνωστά παραδείγματα:
 - **Kalundborg, Denmark**
 - Parc Industriel Plaine de l'Ain, (PIPA) Lyon
 - Fairfield Ecological Industrial Park, Baltimore, Maryland
 - Brownsville Eco-Industrial Park, Brownsville, Texas
 - Red Hills Ecoplex, Choctaw County, Mississippi



Οίκο-Βιομηχανικά Πάρκα - Kalundborg



Οίκο-Βιομηχανικά Πάρκα - Kalundborg

ACHIEVED ANNUAL RESULTS

Reduction of resource consumption

Oil	19,000 tons
Coal	30,000 tons
Water	1,200,000 m ³

Reduction in emissions

CO ₂	130,000 tons
SO ₂	25,000 tons

Re-use of waste products

Fly ash	135,000 tons
Sulphur	2,800 tons
Gypsum	80,000 tons
Nitrogen from biosludge	800 tons
Phosphorus from biosludge	400 tons

Οφέλη των ΕΙΡ

1. Χρηματικά οφέλη στις επιχειρήσεις:



- ↓ Δαπάνες παραγωγής (αγοράζοντας-πουλώντας ανεπιθύμητα υποπροϊόντα σε συμφέρουσες τιμές)
- ↓ Κατανάλωση ενέργειας (λιγότερες μεταφορές)
- ↓ Διαχείριση των αποβλήτων
- ↓ Δαπάνες συμμόρφωσης
- ↓ Κόστος κάποιας μονάδας επεξεργασίας αποβλήτων (κοινής με άλλες επιχειρήσεις)

2. Περιβαλλοντικά οφέλη:



- ↓ Απαιτήσεων σε φυσικούς πόρους
- ↓ Απόβλητα (σε όλες τις μορφές: στερεά απόβλητα, εκπομπές αερίων, υγρά απόβλητα)
- ↓ Πιθανότητες ατυχημάτων στη μεταφορά (σωλήνες αντί φορτηγών)

3. Κοινωνικά οφέλη:

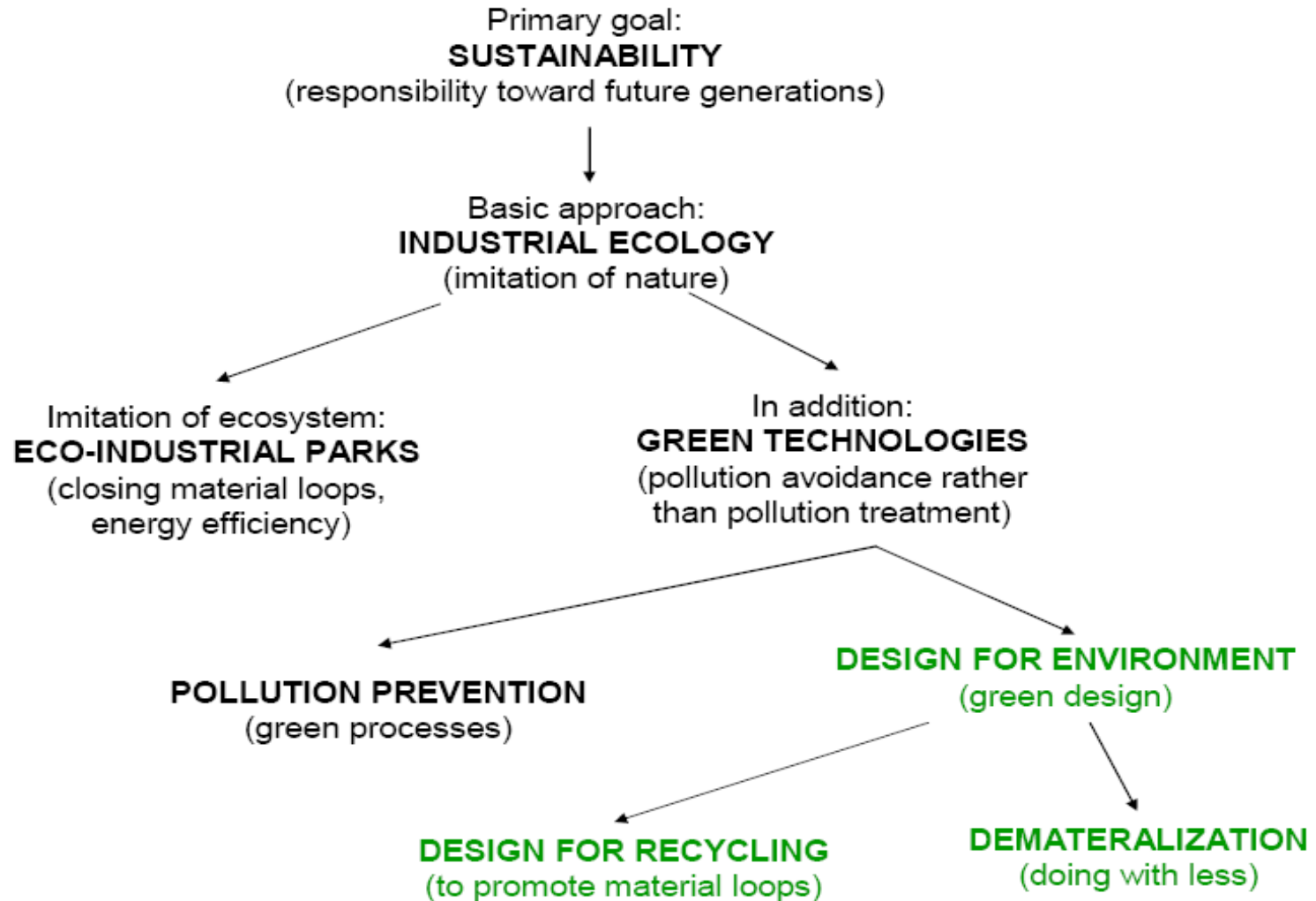


- ✓ Καλύτερη οικονομία → περισσότερες θέσεις εργασίας
- ✓ Φτηνή θέρμανση (και στο πάρκο και στις κατοικημένες γειτονιές)
- ✓ Καθαρότερος αέρας και νερό → καλύτερη υγεία
- ↓ Απαιτήσεων για σύστημα υπονόμων, χώρους ταφής απορριμμάτων κ.λπ...

Σημαντικοί παράγοντες για την επιτυχία ενός EIP

- Οι επιχειρήσεις των συμμετεχόντων πρέπει να ταιριάζουν αλλά να μην είναι ίδιες.
- Τα σχέδια (projects) πρέπει να είναι περιβαλλοντικά και διαφημιστικά ελκυστικά.
- Μικρή φυσική απόσταση μεταξύ των επιχειρήσεων.
- Ακόμη πιο μικρή «πνευματική» απόσταση μεταξύ των συμμετεχόντων (ανταλλαγή δεδομένων-ίσως το μεγαλύτερο πρόβλημα-, κοινοί στόχοι)
- Πολύ καλή επικοινωνία.
- Εθελοντική συμμετοχή.
- Πολλές και μεγάλες βιομηχανίες σε μικρό χώρο.

Σχεδιασμός για το περιβάλλον Design for Environment (DfE)



Η σημασία του σταδίου του σχεδιασμού

➤ Το 70% του κόστους ανάπτυξης, κατασκευής και χρήσης ενός προϊόντος αποφασίζονται κατά το στάδιο του σχεδιασμού

(1991 National Research Council Report titled “Improving Engineering Design”)

▪ Παράδειγμα:

Το 80% του κόστους μιας Rolls Royce αποφασίζεται κατά το στάδιο του σχεδιασμού



Σχεδιασμός για το περιβάλλον

Design for Environment (DfE)

- Υπάρχουν πολλά επίπεδα σχεδιασμού. Αυτό που απασχολεί την Βιομηχανική Οικολογία και παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω των περιβαλλοντικών συνθηκών είναι ο **σχεδιασμός για το περιβάλλον** (design for environment-DfE)
- Αφορά τόσο το προϊόν όσο και την διαδικασία. Μπορεί να χρειαστεί να επανασχεδιάσουμε τόσο κάποιο τμήμα του προϊόντος ή της διαδικασίας ή και ολόκληρα.

Τα διάφορα επίπεδα του σχεδιασμού για το περιβάλλον

The various levels of **DESIGN** for **ENVIRONMENT**:

DfM	Design for Manufacturability	To enable pollution prevention during manufacturing For less material For fewer different materials For safer materials and processes
DfEE	Design for Energy Efficiency	For reduced energy demand during use For flexible energy use Design for use with renewable energy Design for Zero Emission Design for Carbon Neutrality
DfZT	Design for Zero Toxics	
DfD	Design for Dematerialization	
DfLP	Design for Less Packaging	
DfLT	Design for Less Transportation	Use of local materials Arrange outsourcing to minimize transportation
DfL	Design for Longevity	Design for Modularity Design for Serviceability
DfMo	Design for Modularity	To ease upgrading → Delay replacement To ease serviceability and, later, disassembly
DfSe	Design for Serviceability	For ease of repairs → longer life For recapture of used/broken parts

Τα διάφορα επίπεδα του σχεδιασμού για το περιβάλλον

The various levels of **DESIGN** for **ENVIRONMENT** (continuation)

DfRM	Design for use of recycled materials	
DfRMV	Design for reduced material variety	
DfHM	Design for healthy materials	
DfD	Design for Disassembly	To promote re-use of components For quicker and cheaper disassembly For more complete disassembly For dismantling by simple tools
DfR	Design for Recycling	For greater materials recovery Use of materials that can be locally recycled For easier materials identification For safer disposal of non-recyclables
DfER	Design for Economic Recycling	To promote recycling
DfC	Design for Compostability	
DfER	Design for Energy Recovery	For safe incineration of residues For composting of residues
DfC	Design for Compliance	To meet regulations more easily To prepare for future regulations

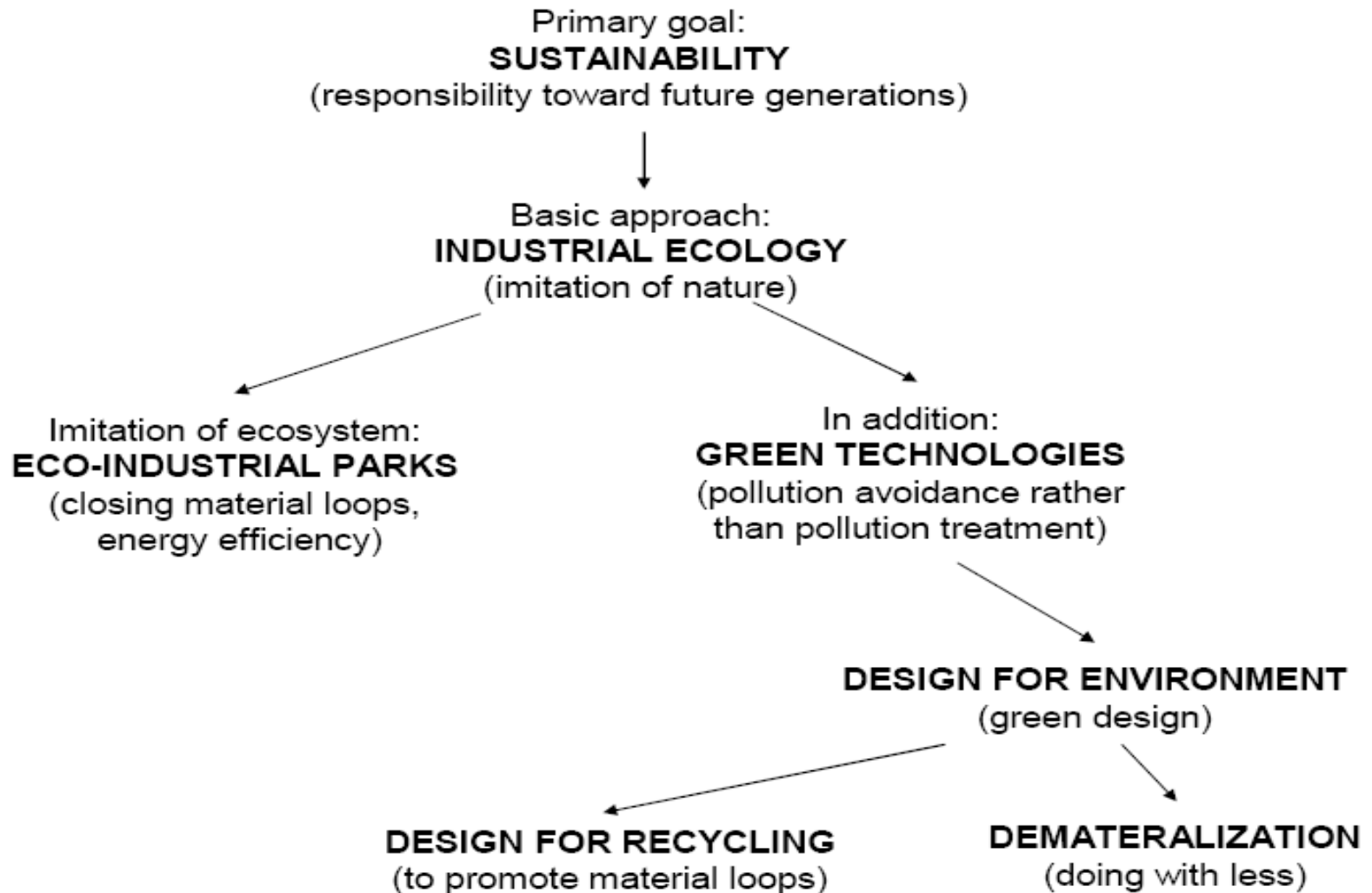
Εξαρτάται από εμάς το πόσο θέλουμε να διεισδύσουμε στο DfE

Το παράδειγμα με το αυτοκίνητο

1. Επανασχεδιασμός μερών (λάστιχα και μπαταρίες που διαρκούν περισσότερο, μηχανές από σίδηρο ή αλουμίνιο)
2. Επανασχεδιασμός της συναρμολόγησης (Φιλικές προς το περιβάλλον βαφές, ανακύκλωση των πλαστικών, γραμμή αποσυναρμολόγησης)
3. Επανασχεδιασμός του ίδιου του αυτοκινήτου (εναλλακτικά καύσιμα)
4. Επανασχεδιασμός των συστημάτων μεταφοράς ('έξυπνοι' δρόμοι, δημόσια συγκοινωνία)
5. Επανεξέταση της ανάγκης για μετακίνηση (εικονικό γραφείο, τηλεπικοινωνίες)

Όσο κατεβαίνω επίπεδα τόσο κατευθύνομαι σε ποιο βαθιά οικολογία

Σχεδιασμός για Ανακύκλωση Design for Recycling (DfR)



Σχεδιασμός για Ανακύκλωση

Design for Recycling (DfR)

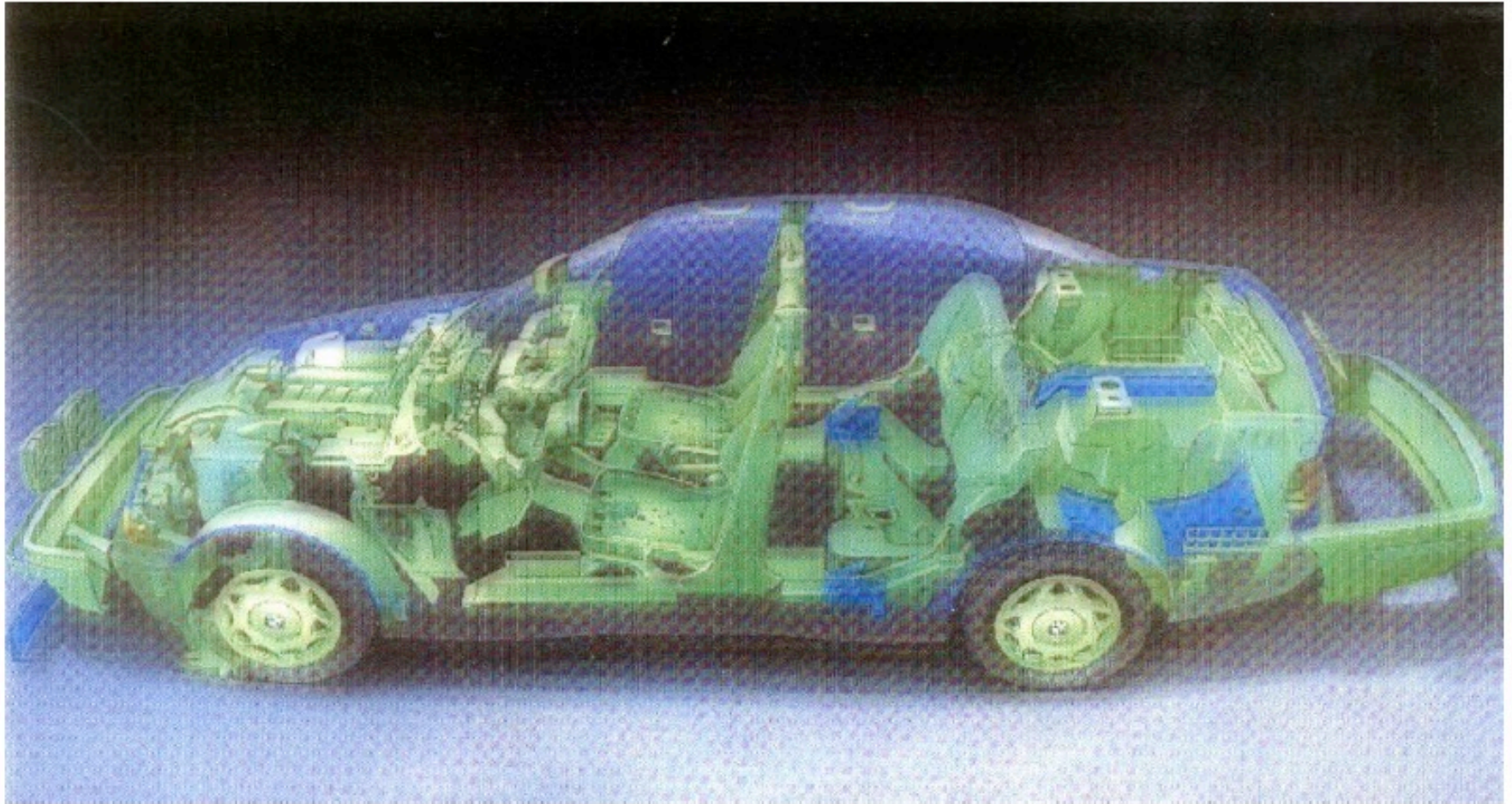
- **Γιατί είναι ιδιαίτερα σημαντικός;**

- Αρχίζει να παρατηρείται έλλειψη χώρων εναπόθεσης και πρώτων υλών.
- Περίπου το 80% των ηλεκτρονικών εναποτίθεται ως σκουπίδια. 14 δις κιλά πλαστικό έχουν την ίδια μοίρα με μόνο το 1% να ανακυκλώνεται.

Ανακύκλωση:

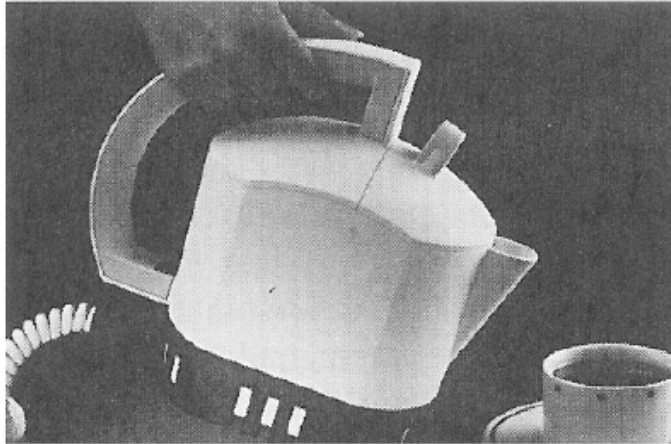
- Μια σειρά δραστηριοτήτων, συμπεριλαμβανομένων της συλλογής, του διαχωρισμού, και της επεξεργασίας, από τις οποίες τα προϊόντα ή άλλα υλικά ανακτώνται ή εκτρέπονται από το ρεύμα στερεών αποβλήτων για τη χρήση τους υπό μορφή πρώτων υλών στην κατασκευή νέων προϊόντων.
- Άλλο ανακύκλωση και άλλο επαναχρησιμοποίηση.

Σχεδιασμός για Ανακύκλωση Design for Recycling (DfR)

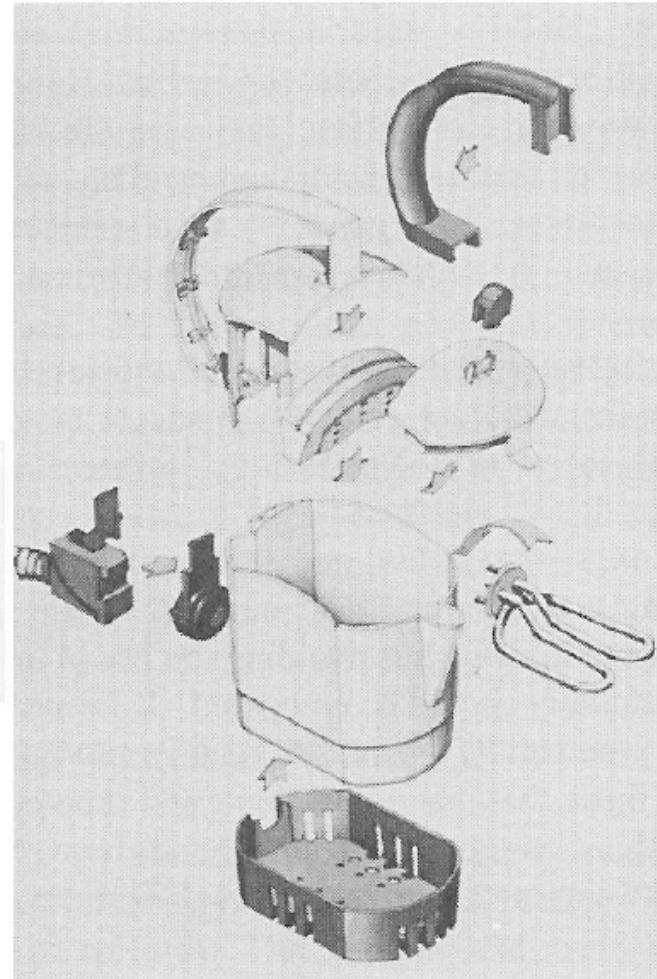


Recycled plastics (shown in green) in the BMW 3-series

Υπάρχει έντονη συσχέτιση DfR και DfD (Αποσυναρμολόγηση)



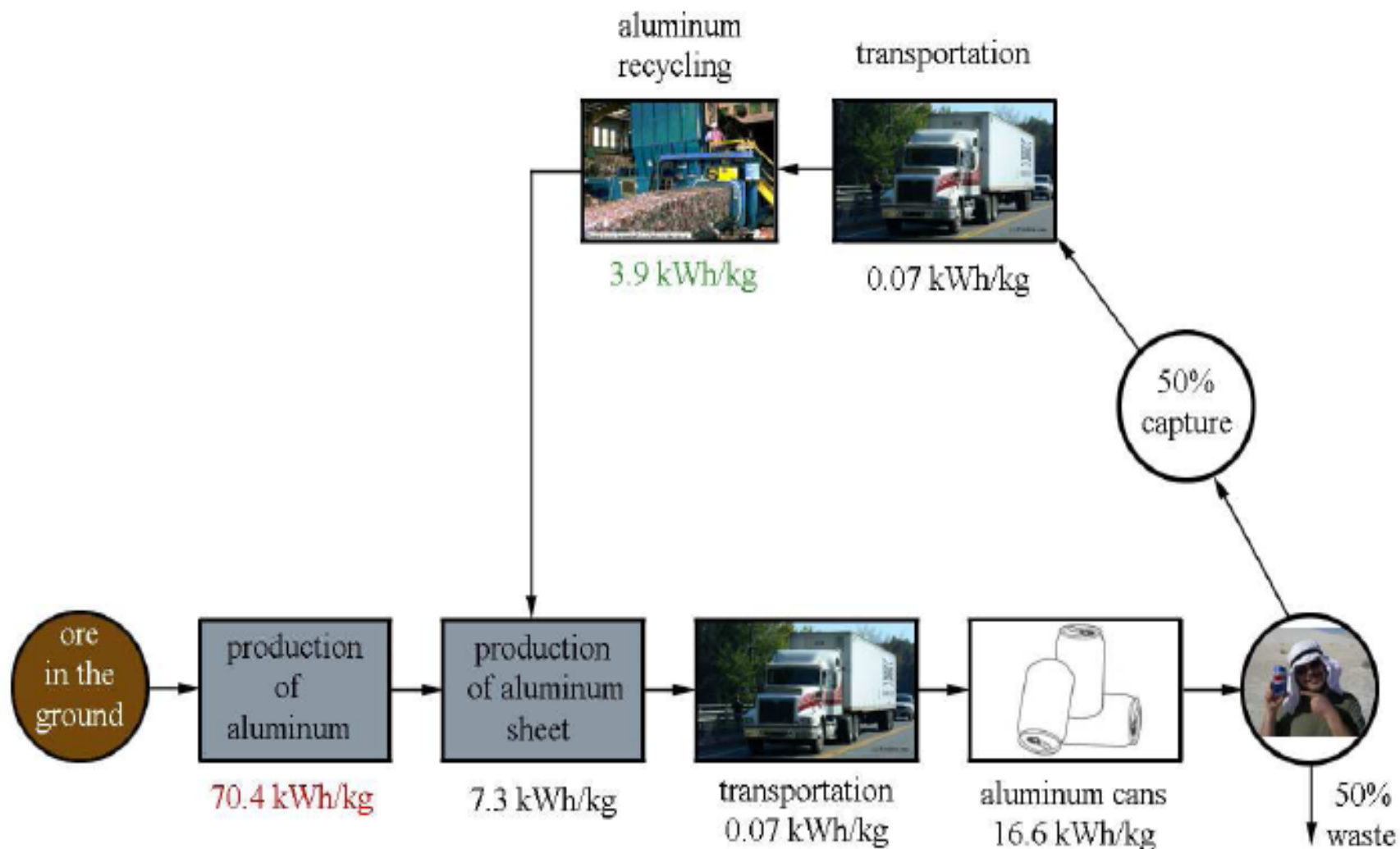
Tea kettle designed for disassembly by Polymer Solutions, Inc., for Great British Kettles Ltd.
(From Graedel & Allenby, *Industrial Ecology*, 1995, page 270)



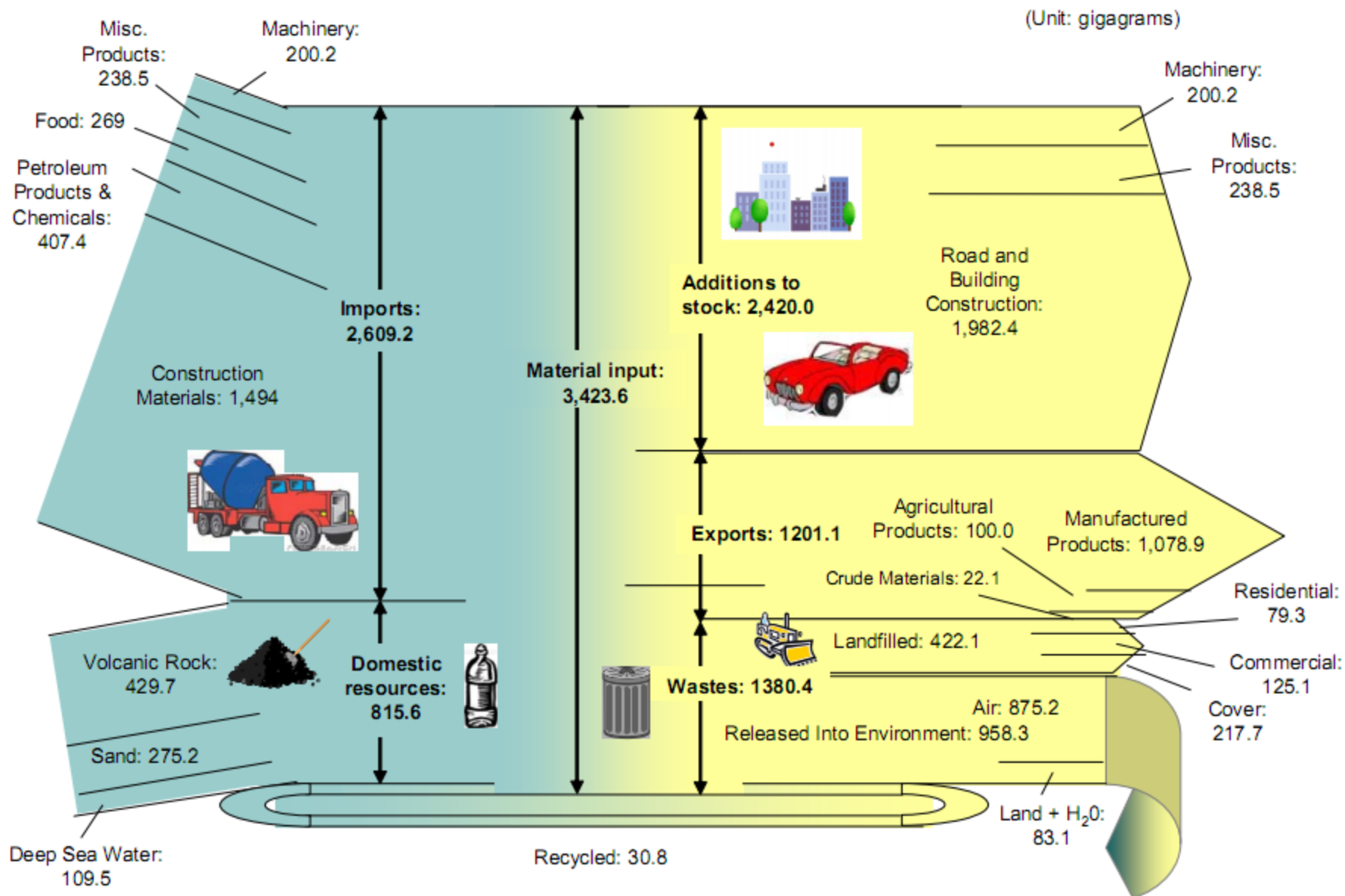
Υλικά – Δομικός λίθος της βιωσιμότητας και της Βιομηχανικής Οικολογίας

- Συνήθως όταν σκεφτόμαστε τι υλικό να χρησιμοποιήσουμε κάνουμε ερωτήσεις όπως,
 - είναι αρκετά σκληρό ή ελαστικό;
 - είναι αρκετά ελαφρύ;
 - απαιτεί συντήρηση; κ.λπ.
- Στην Βιομηχανική οικολογία οι ερωτήσεις αυτές δεν είναι αρκετές. Πρέπει να αναρωτηθούμε ακόμη
 - Από πού έρχεται αυτό το υλικό; Είναι ανανεώσιμο;
 - Είναι το υλικό επιβλαβές για τους χρήστες του;
 - Πού πάει μετά την χρήση του; Είναι ανακυκλώσιμο;

Ένα παράδειγμα: το αλουμίνιο

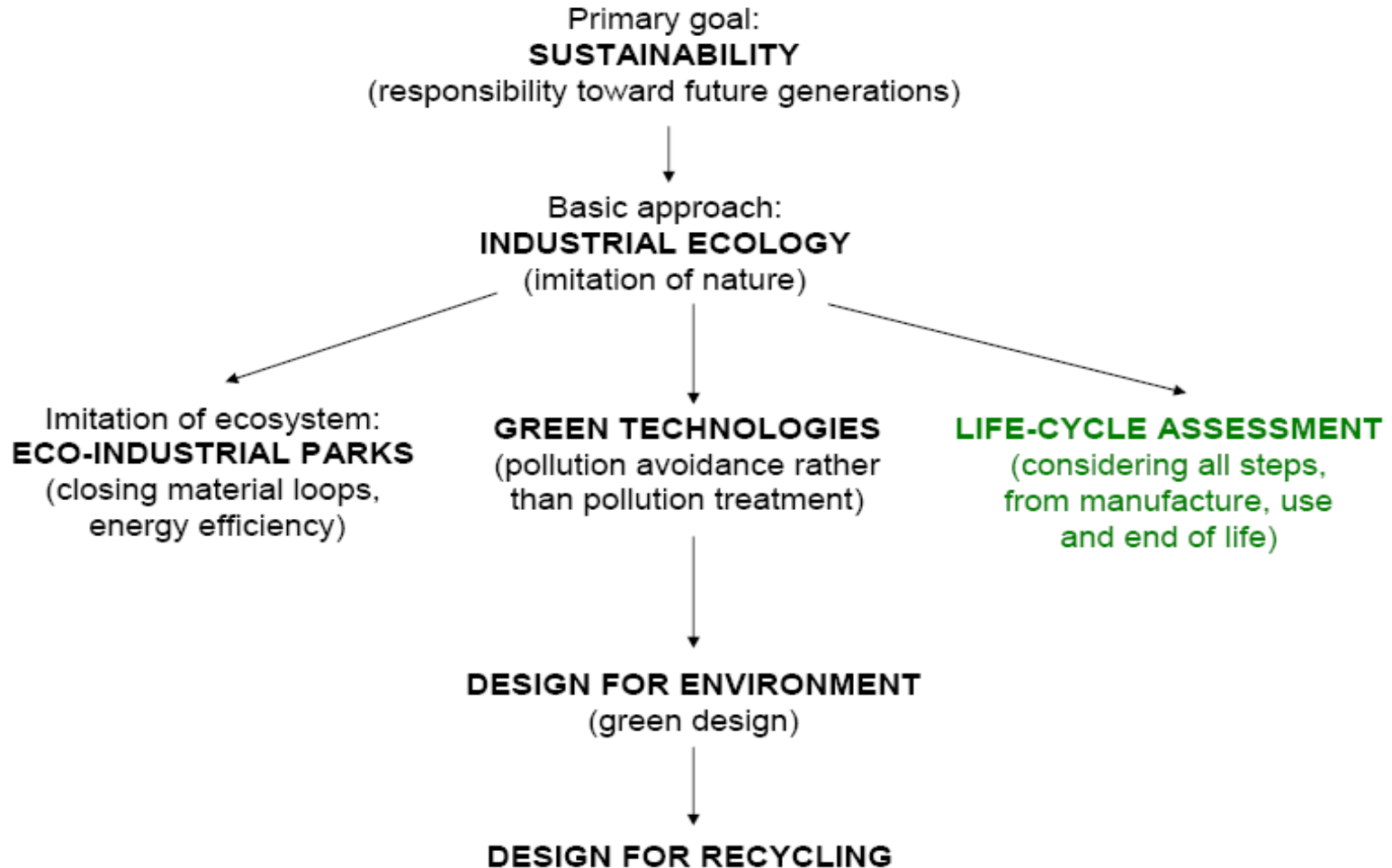


Ένα παράδειγμα ανάλυσης ροής υλικών σε εθνικό επίπεδο



Ανάλυση κύκλου ζωής

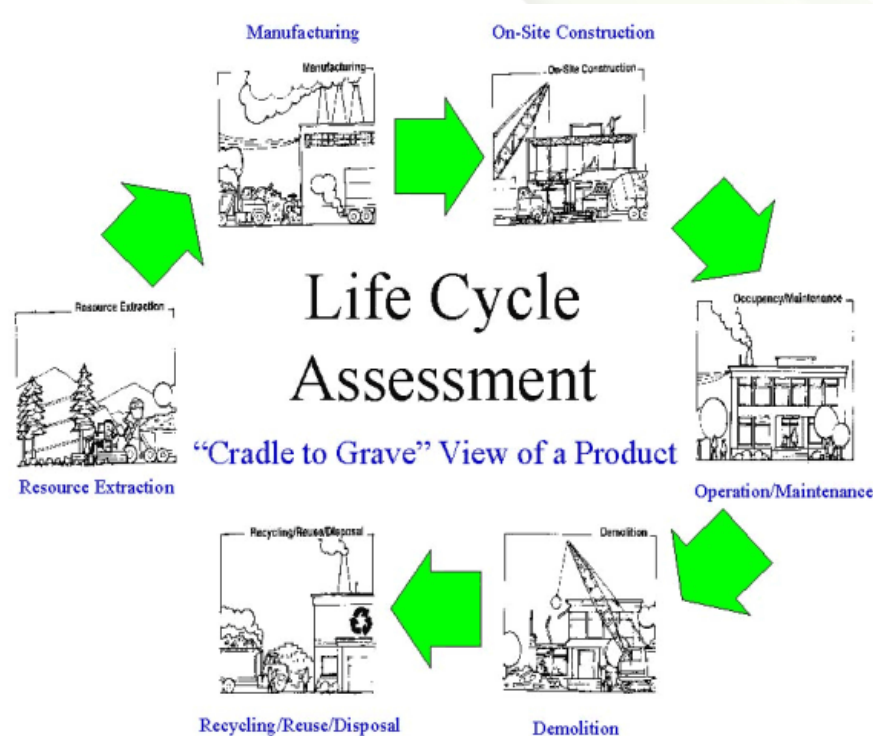
Life-Cycle Assessment (LCA)



Ανάλυση κύκλου ζωής

Life-Cycle Assessment (LCA) - Ορισμός

- Η Αποτίμηση του κύκλου ζωής (LCA) - ή αλλιώς **ανάλυση του κύκλου ζωής (Life-Cycle Analysis)** - είναι ένα εργαλείο για την εξέταση της συνολικής περιβαλλοντικής επίδρασης ενός προϊόντος λαμβάνοντας υπόψη κάθε βήμα της ζωής του - από τη λήψη των πρώτων υλών μέχρι την κατασκευή του στο εργοστάσιο, την πώλησή του σε ένα κατάστημα, την χρήση του στον εργασιακό χώρο ή στο σπίτι, και την εναπόθεσή του. (Bishop, 2000, p.252)



Κίνητρα για την εφαρμογή του ΑΚΖ

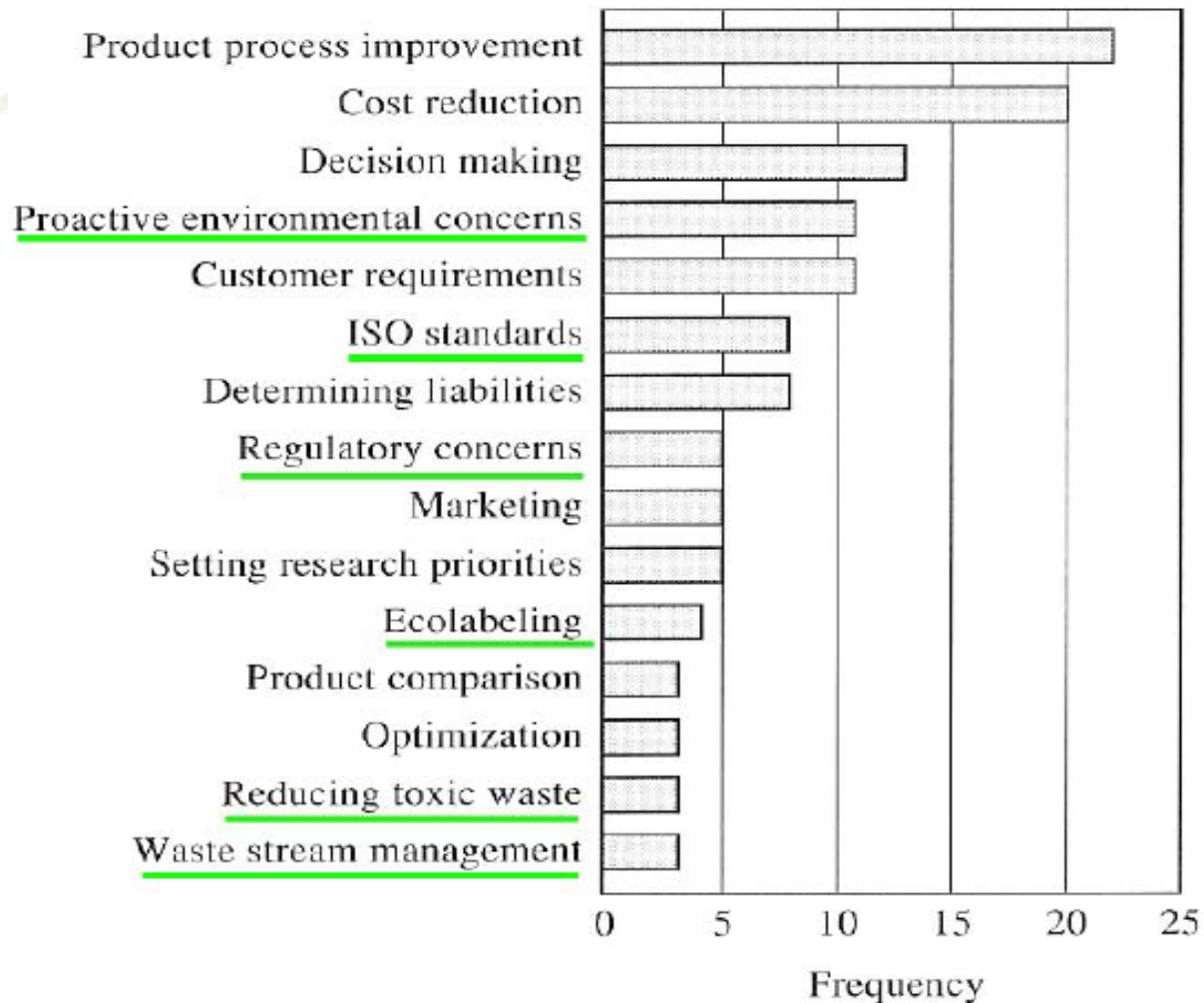


FIGURE 6.2
Motivations for implementing
LCA. (Adapted from Foust
and Gish, 1996)

(Bishop, 2000, page 253)

Βήματα για την εφαρμογή του ΑΚΖ :

➤ 1. Στόχος της ΑΚΖ:

- Επιλογή του προϊόντος , δραστηριότητας ή συστήματος που θα εξεταστεί.
- Καθορισμός του σκοπού της μελέτης (σύγκριση; βελτίωση;), της λειτουργικής μονάδας, των δεδομένων που θα χρειαστούν και των ορίων.

Κάποιοι από τους στόχους για την εκπόνηση ΑΚΖ είναι:

- Support broad environmental assessments
- Establish baseline information for a process
- Rank the relative contribution of individual steps or processes
- Identify data gaps
- Support public policy
- Support product certification
- Provide information and direction to decision-makers
- Guide product and process development

Θέτοντας τα όρια

Women's Shoes LCA

The production of leather footwear and its subsequent use and end of life stages form the basis of a life-cycle assessment, designed to show the environmental impacts of various stages of the life cycle. Most of the processes of interest refer to the raising of animals and the acquisition and treatment of the hides, but textiles and paper must also be taken into account (Figure 16.3).

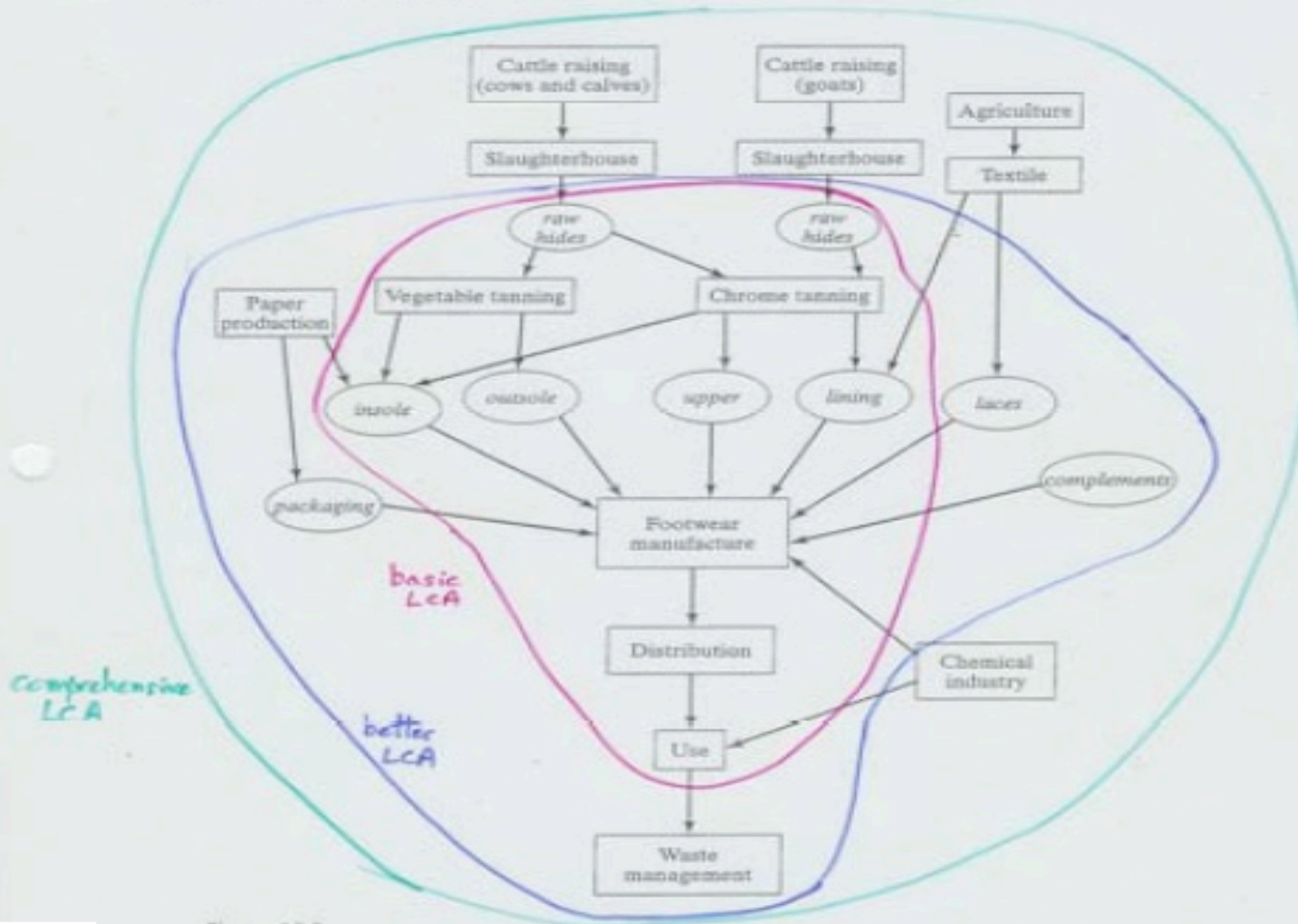


Figure 16.3

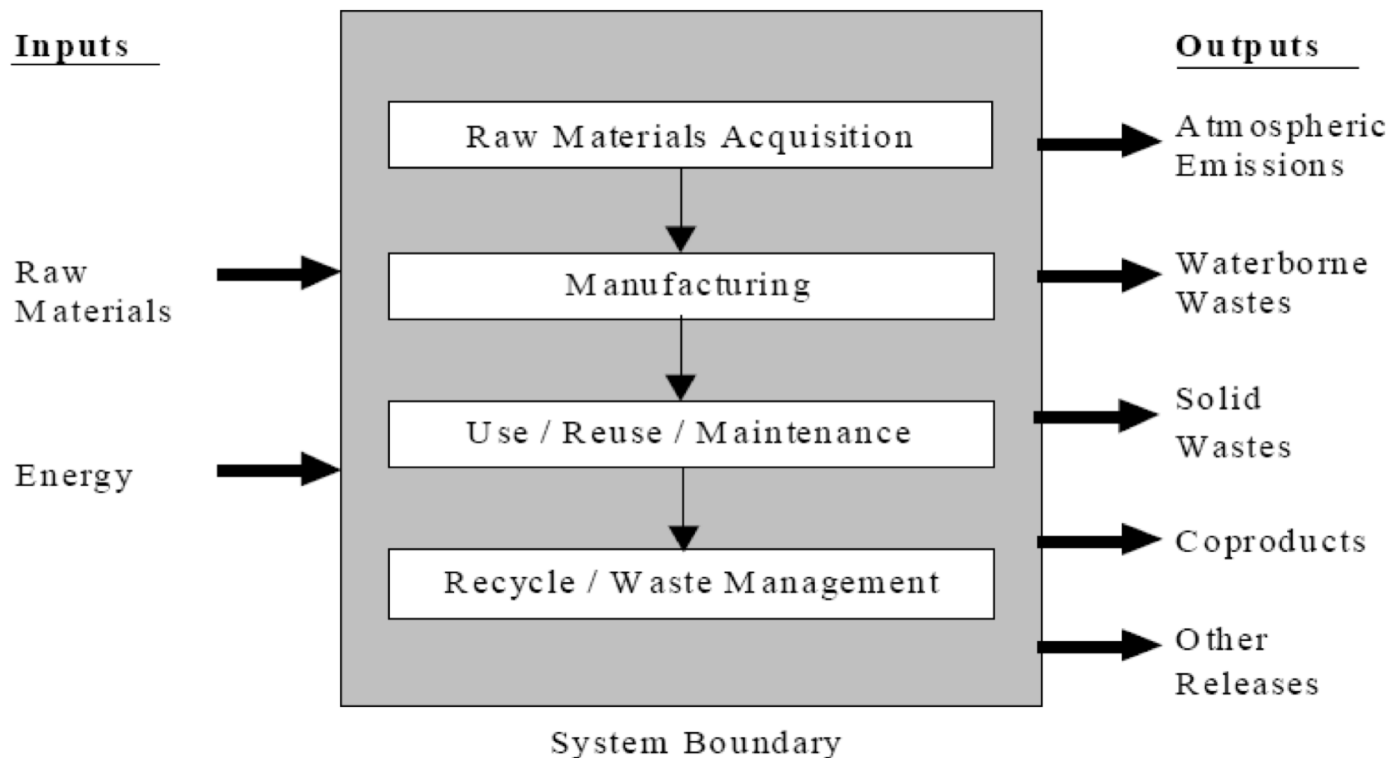
A life-cycle process diagram for women's footwear. (Reproduced with permission from Mill, et al., 1998—see Further Reading.)

Βήματα για την εφαρμογή του ΑΚΖ :

➤ 2. Ανάλυση «καταλόγου» (Inventory Analysis):

- Προσδιορισμός όλων των σχετικών εισαγωγών και εξαγωγών (inputs and outputs).
- Ποσοτικοποίηση και πρόσθεση των δεδομένων.

(Σε αυτή τη φάση, τα δεδομένα εκφράζονται σε μεγέθη όπως κατανάλωση ενέργειας, ποσότητες εκπομπών, κ.λπ....)



Ανάλυση «καταλόγου» (Inventory Analysis):

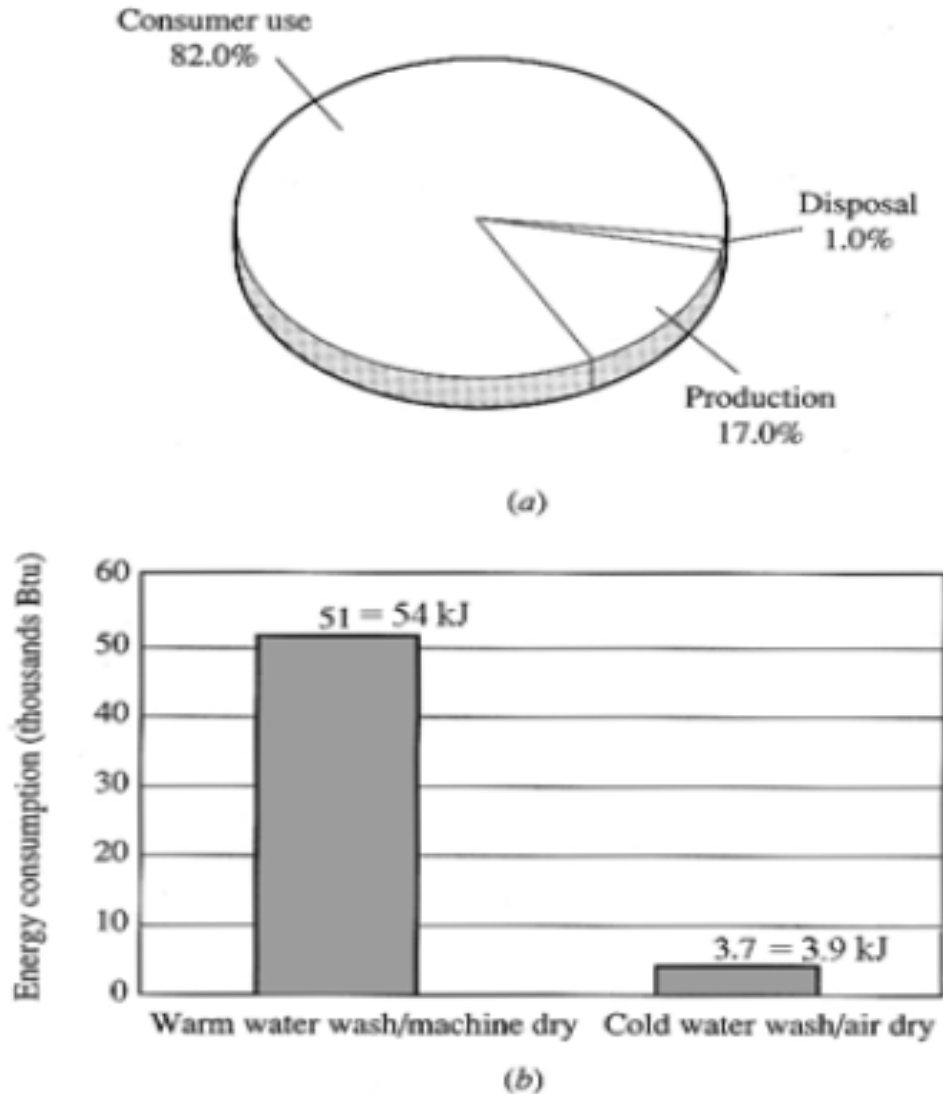


FIGURE 6.10

A life-cycle inventory for a woman's polyester blouse. (a) Distribution of life-cycle energy requirements. (b) Energy consumption comparisons for one load of home laundry. (Adapted from Franklin Associates, Ltd., 1993)

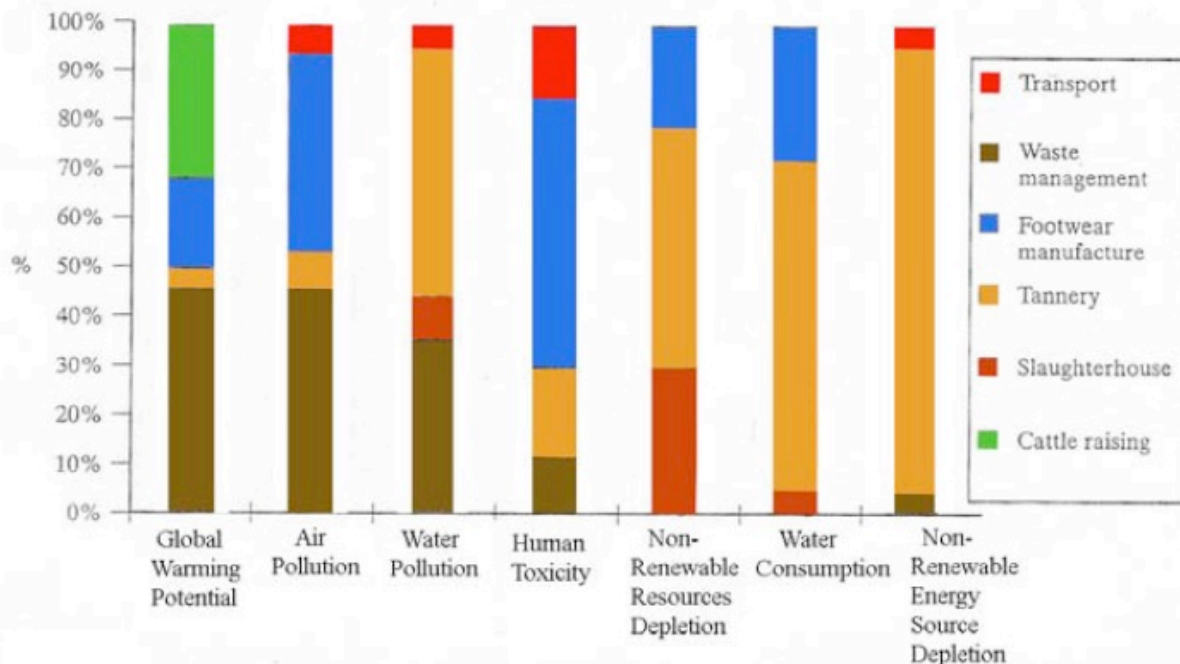
(Bishop, 2000, page 279)

Βήματα για την εφαρμογή του ΑΚΖ :

➤ 3. Ανάλυση επιπτώσεων (Impact Analysis):

Καθορισμός των τελικών περιβαλλοντικών επιδράσεων

(Σε αυτό το στάδιο, τα προηγούμενα στοιχεία είναι μεταφρασμένα σε ποσοστά καρκίνου, ποσοστά μείωσης βιότοπων, θανάτους ψαριών κ.λπ....)

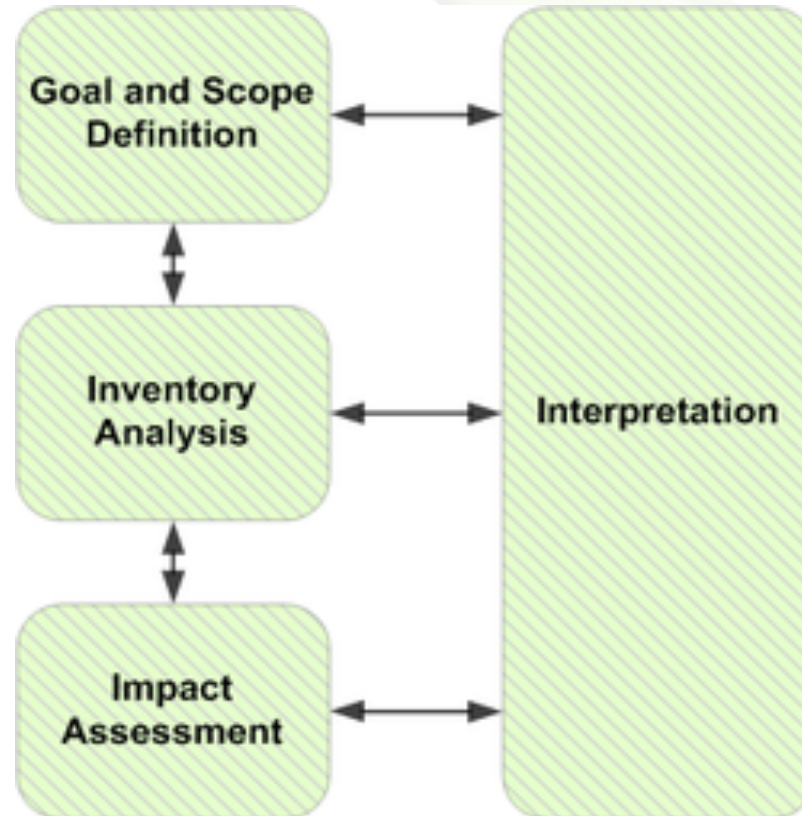


Contributions of different life-cycle stages in women's footwear to major environmental concerns. (Reproduced from Milà, et al., 1998)

Βήματα για την εφαρμογή του ΑΚΖ :

- 4. **Ερμηνεία:** Χρησιμοποίηση των δεδομένων για αξιολόγηση σύμφωνα με τους σκοπούς της έρευνας.

Τις περισσότερες φορές μετά την πρώτη ερμηνεία χρειάζεται να επανεξεταστεί το προϊόν και να τροποποιηθούν τα όρια της ΑΚΖ



Ανάλυση κύκλου ζωής Life-Cycle Assessment (LCA)

Χάρτινη ή πλαστική σακούλα;;;

75-100%	Paper	Paper	Paper	Either
50-75%	Paper	Either	Plastic	Plastic
25-50%	Plastic	Plastic	Plastic	Plastic
0-25%	Plastic	Plastic	Plastic	Plastic
	0-25%	25-50%	50-75%	75-100%

Recycling Rates for Paper Bags

Recycling Rates for Plastic Bags



BUTTONS



ZIPPER

We compare the impacts of 12 buttons verses a zipper on a jacket to demonstrate how the assessments are performed.

STEP 1 > Define lifetime, functional unit & system boundary

The jacket with the zipper is worn more often, and it wears out faster.

Lifetime Buttons 150hr/yr x 6yr = 900hr
Functional unit impacts/100 hrs worn
System boundary excludes jacket, thread, washing

Lifetime Zipper 190hr/yr x 4yr = 760hr
Functional unit ditto
System boundary ditto

STEP 2 > Make bill-of-materials

Next compile the bill-of-materials for the fasteners.

PLASTIC BUTTONS

Materials	polycarbonate(PC)	0.050 lb
	package paper	0.025 lb
Manufacturing	injection mold	0.050 lb
Electricity	sewing machine	0.042 kw-hr
Transport	truck	0.067 ton-mi
Disposal	landfill	

*Brass is made of 63% copper, 27% zinc.

BRASS* ZIPPER

Materials	zinc	0.025 lb
	copper	0.043 lb
	cotton tape	0.044 lb
	package paper	0.039 lb
Manufacturing	machining	0.068 lb
Electricity	sewing machine	0.063 kw-hr
Transport	truck	0.103 ton-mi
Disposal	landfill	

STEP 3 > Calculate estimated impacts

INPUT	AMOUNT X	OKALAD3 FACTOR =	IMPACTS <small>(Okala03 millipoints)</small>
PC	0.050 lb	180/lb	9.00
paper	0.025 lb	27/lb	0.68
inj. mold	0.050 lb	11/lb	0.57
sewing	0.042 kw-hr	20/kw-hr	0.83
truck	0.067 ton-mi	9.7/l-mi	0.65
landfill PC	0.050 lb	1.6/lb	0.08
landfill paper	0.025 lb	5.3/lb	0.13
TOTAL IMPACTS/LIFE BUTTONS:			11.94

INPUT	AMOUNT X	OKALAD3 FACTOR =	IMPACTS <small>(Okala03 millipoints)</small>
zinc	0.025 lb	81/lb	4.05
copper	0.043 lb	160/lb	6.88
cotton	0.044 lb	140/lb	6.18
paper	0.039 lb	27/lb	1.05
machine	0.068 lb	1.2/lb	0.08
sewing	0.026 kw-hr	20/kw-hr	0.52
truck	0.103 ton-mi	9.7/l-mi	0.99
landfill zinc	0.025 lb	0.25/lb (est.)	0.006
landfill copper	0.043 lb	0.25/lb (est.)	0.01
landfill paper	0.039 lb	5.3/lb	0.21
TOTAL IMPACTS/LIFE ZIPPER:			19.976

Next, we calculate the impacts per functional unit and round to two significant figures:

$$\text{button impacts} \times \frac{\text{functional unit time}}{\text{lifetime}} = 11.94 \times \frac{100 \text{ hr}}{900 \text{ hr}}$$

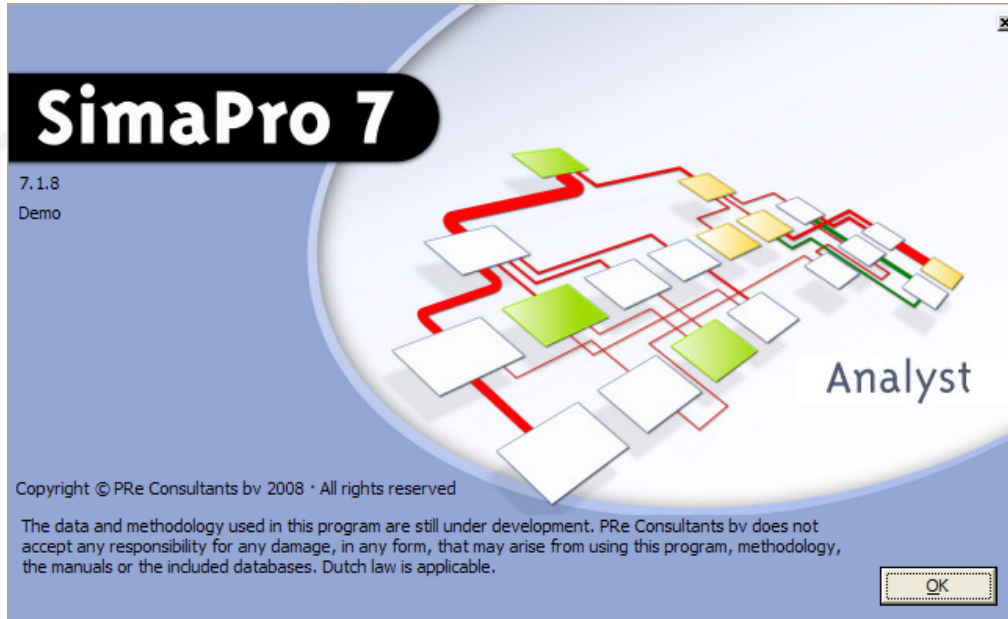
$$= 1.3267 = \boxed{\frac{1.3 \text{ Okala03 millipoints}}{100 \text{ hours buttons are worn}}}$$

$$\text{zipper impacts} \times \frac{\text{functional unit time}}{\text{lifetime}} = 19.976 \times \frac{100 \text{ hr}}{760 \text{ hr}}$$

$$= 2.6284 = \boxed{\frac{2.6 \text{ Okala03 millipoints}}{100 \text{ hours zipper is worn}}}$$

The buttons have roughly one half of the environmental impact of the zipper per functional unit.

Λογισμικά για LCA



ECO-it 1.3

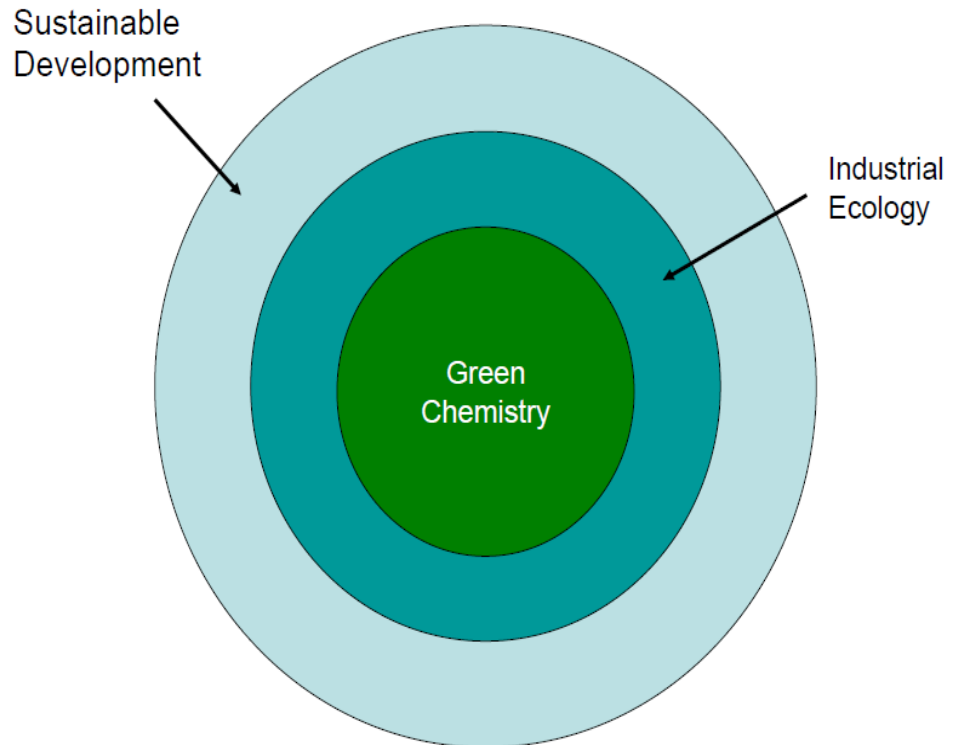
Eco-indicator tool

Κύρια χαρακτηριστικά

- Δενδροειδής απεικόνιση
- Μεγάλες βάσεις δεδομένων (υλικών και διεργασιών) από τις οποίες ο χρήστης διαλέγει εκείνες οι οποίες συνθέτουν το προς εξέταση αντικείμενο (π.χ. Franklin USA 98).
- Επιλογή τεχνικών αποτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (π.χ. Eco-Indicator 99)
- Δυνατότητες ανάλυσης αβεβαιότητας, risk assessment

Πράσινη Χημεία (Green Chemistry)

- Η Πράσινη Χημεία αναφέρεται στο πεδίο εκείνο της Χημείας το οποίο ασχολείται με την σύνθεση, κατεργασία και χρήση χημικών που μειώνουν τον κίνδυνο για τους ανθρώπους και την επίδραση στο περιβάλλον.
- Ο απόλυτος στόχος της, είναι η ανάπτυξη και αντικατάσταση των υπάρχουσών χημικών με νέα πιο φιλικά προς το περιβάλλον .
- Υπάρχει έντονη αλληλοσυσχέτιση πράσινης χημείας και των άλλων εργαλείων της Βιομηχανικής Οικολογίας (κυρίως με DfE και 2P).



(Adapted from P. T. Anastas & J. J. Breen, *J. Cleaner Production*, 1997)

Επίλογος

- Ως νεοσύστατο πεδίο, η Βιομηχανική Οικολογία αποτελεί ένα μείγμα θεωριών, εργαλείων, μεταφορών και υποδειγματικών εφαρμογών και στόχων. Κάποια κομμάτια του αντικειμένου είναι ευδιάκριτα και καλά ορισμένα ενώ άλλα ομαδοποιούνται ασαφώς διεγείροντας ποικίλες ερμηνείες.
- Για ορισμένους αυτό αποτελεί μειονέκτημα για άλλους ευκαιρία για δημιουργικότητα, επικοινωνιακή συζήτηση και πρόκληση.

Ερωτήσεις - Συζήτηση

