

Βιομηχανική Οικολογία – Κυκλική Οικονομία I

Ιωάννης Ε. Νικολάου

Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος

Βιομηχανική Οικολογία

Η βιομηχανική οικολογία

προβάλλεται ως ένα ολοκληρωμένο μοντέλο αειφόρου
ανάπτυξης.

Βιομηχανική Οικολογία

Η ιδέα της Βιομηχανικής Οικολογίας υπήρχε πολύ πριν την εμφάνιση του όρου. Ήδη από τα τέλη της δεκαετίας του 1940, συστημικοί οικολόγοι οι οποίοι ασχολούνται με τη μελέτη βιοχημικών κύκλων, αντιμετωπίζουν το βιομηχανικό σύστημα σαν τμήμα της βιόσφαιρας (Hutchinson , 1948; Odum et al., 1955).

Βιομηχανική Οικολογία

Η γέννηση του επιστημονικού πεδίου της

βιομηχανικής οικολογίας θα πρέπει να καταχωρηθεί στα 1989 με την εργασία των R. Frosch και N. Galloroulos (στελέχη και οι δυο στη General Motors), στην ειδική έκδοση του περιοδικού *Scientific American* με θέμα *Managing Planet Earth*.

Στο άρθρο τους, οι συγγραφείς διαπιστώνουν ότι το παραδοσιακό μοντέλο της βιομηχανικής δραστηριότητας με βάση το οποίο οι παραγωγικές διεργασίες προσλαμβάνουν πρώτες ύλες και παράγουν προϊόντα προς κατανάλωση και απόβλητα προς διάθεση οφείλει να μετασχηματισθεί σε ένα περισσότερο 'ολοκληρωμένο' μοντέλο (Frosch and Galloroulos, 1989).

Βιομηχανική Οικολογία

Σε μια από τις πρώτες προσεγγίσεις του πεδίου, ο Tibbs (1992) απαριθμεί έξι χαρακτηριστικά των φυσικών οικοσυστημάτων τα οποία μπορούν να υιοθετηθούν από τη σύγχρονη βιομηχανική δραστηριότητα:

- στα φυσικά συστήματα δεν υπάρχει η λογική του 'αποβλήτου', καθώς οτιδήποτε μπορεί να απορροφηθεί με εποικοδομητικό τρόπο και να επαναχρησιμοποιηθεί κάπου αλλού μέσα στο ευρύτερο σύστημα (παράδειγμα: το διοξείδιο του άνθρακα που εκλύεται από τα ζώα, απορροφάται από τα φυτά ως πρώτη ύλη για τη φωτοσύνθεση)

Βιομηχανική Οικολογία

- τα θρεπτικά που είναι απαραίτητα για την επιβίωση του ενός είδους, προέρχονται από τη φθορά και την αποσύνθεση ενός άλλου (παράδειγμα: βακτήρια και μύκητες αποσυνθέτουν νεκρά ζώα παρέχοντας την πρώτη ύλη για την ανάπτυξη φυτών).
- οι τοξικές ουσίες δεν αποθηκεύονται ή μεταφέρονται αφειδώς σε επίπεδο συστήματος, αλλά συντίθενται και χρησιμοποιούνται σε όσο το δυνατόν μικρότερη κλίμακα και με βάση τις εκάστοτε ανάγκες, (παράδειγμα: το δηλητήριο των φιδιών παράγεται από αδένες που βρίσκονται ακριβώς πίσω από τα δόντια).

Βιομηχανική Οικολογία

- τα υλικά και η ενέργεια βρίσκονται σε διαρκή κυκλοφορία, ενώ η μεταφορά τους γίνεται με ιδιαίτερα ραφινάτο τρόπο. Το σύστημα στηρίζεται αποκλειστικά στην ηλιακή ενέργεια η οποία είναι δυνατόν να αποθηκευτεί με τη μορφή φυσικών καυσίμων (παράδειγμα: ο κύκλος του αζώτου, από την ατμόσφαιρα, στις πρωτεΐνες και πάλι πίσω στον αέρα, επιτυγχάνεται μέσω μιας πολύπλοκης μεταβολικής αλυσίδας βακτηρίων, ζώων και φυτών).
- στο φυσικό οικοσύστημα ο ρόλος της πληροφορίας είναι ουσιώδης (παράδειγμα: οι μεταβολικές και ενστικτώδεις δραστηριότητες των ειδών είναι αποθηκευμένες στο DNA και διαμορφώνουν σε μεγάλο βαθμό τη συμπεριφορά των οικοσυστημάτων).

Βιομηχανική Οικολογία

- σε ένα οικοσύστημα η συνεργασία και ο ανταγωνισμός είναι αλληλοσυνδεδεμένοι και διατηρούνται σε ισορροπία (παράδειγμα: η συμπεριφορά των ειδών στα οικοσυστήματα τροποποιείται συνεχώς λόγω μεταβολών σε κλιματολογικές συνθήκες, διαθεσιμότητα τροφής, εισβολή νέων ειδών κλπ.).

Βιομηχανική Οικολογία

οι Lowe and Evans (1995) συνοψίζουν τη φιλοσοφία της βιομηχανικής οικολογίας σε τέσσερις αρχές:

- όλες οι βιομηχανικές επιχειρήσεις (κατασκευές, υπηρεσίες και υποδομές) αποτελούν φυσικά συστήματα τα οποία οφείλουν να λειτουργούν στα πλαίσια των δυνατοτήτων των τοπικών οικοσυστημάτων και της βιόσφαιρας.

Βιομηχανική Οικολογία

- η δυναμική και οι αρχές λειτουργίας που διέπουν τα οικοσυστήματα αποτελούν πηγή έμπνευσης για το σχεδιασμό και τη διαχείριση των βιομηχανικών συστημάτων
- η επίτευξη υψηλής (ενεργειακής και υλικής) αποδοτικότητας στην παραγωγή, χρήση, ανακύκλωση και παροχή υπηρεσιών θα οδηγήσει σε ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα και οικονομικά οφέλη
- ο απώτερος σκοπός της οικονομικής δραστηριότητας είναι η βιωσιμότητα του πλανήτη και των τοπικών οικοσυστημάτων, χωρίς τα οποία η έννοια της επιχειρηματικής επιτυχίας είναι άνευ αντικειμένου.

Πίνακας 2.1 : Ορισμοί βιομηχανικής οικολογίας

Πηγή	Ορισμός
Allenby (1992)	... αποτελεί μια <i>συστημική</i> προσέγγιση της οικονομικής δραστηριότητας και των σχέσεων της με τα βασικά βιολογικά, χημικά και φυσικά συστήματα, η οποία στοχεύει στη θεμελίωση και διατήρηση αιχφόρου οικονομικής, πολιτιστικής & τεχνολογικής εξέλιξης για την ανθρωπότητα
Jelinski et al. (1992)	... παρουσιάζει μια νέα αντίληψη στο σχεδιασμό των προϊόντων και διαδικασιών και στην υλοποίηση των αιχφόρων στρατηγικών βιομηχανικής ανάπτυξης που στηρίζεται στη μεταφορά των φυσικών οικοσυστημάτων
Tibbs (1992)	... στηρίζεται στον τρόπο λειτουργίας του φυσικού περιβάλλοντος και προτείνει το σχεδιασμό των βιομηχανικών υποδομών σαν να ήταν μια σειρά από αλληλοσυνδεόμενα οικοσυστήματα
Lowe (1993)	... προτείνει μια συνολική <i>συστημική</i> προσέγγιση για το σχεδιασμό και τη διαχείριση του βιομηχανικού συστήματος, στα πλαίσια λειτουργίας των τοπικών οικοσυστημάτων και της παγκόσμιας βιόσφαιρας
Frosch & Uenohara (1994)	... προσφέρει στο βιομηχανικό σύστημα μια ολοκληρωμένη <i>συστημική</i> προσέγγιση στη διαχείριση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (από τη χρήση ενέργειας, υλικών και κεφαλαίων). Για τη βελτιστοποίηση της χρήσης πόρων (και την ελαχιστοποίηση των ροών αποβλήτων προς το περιβάλλον) απαιτούνται: κατανόηση του μεταβολισμού (χρήση και μετασχηματισμός) υλικών και ενέργειας, πληροφόρηση για τις πηγές και τις πιθανές χρήσεις των αποβλήτων και κατάλληλοι μηχανισμοί ενίσχυσης (αγορές, νομοθεσίες, πρωτοβουλίες)
Ehrenfeld (1994)	... αποτελεί ένα αναλυτικό πλαίσιο εργασίας μεγάλης κλίμακας που βοηθάει στο προσδιορισμό και την καταγραφή των ροών υλικών και τεχνουργημάτων που δραστηριοποιούνται στα πλαίσια ενός δικτύου παραγωγών και καταναλωτών

White (1994)	... σχετίζεται με τη μελέτη των ροών υλικών και ενέργειας (σε βιομηχανία και κατανάλωση), των επιπτώσεων των ροών αυτών στο περιβάλλον και των επιδράσεων των οικονομικών, πολιτικών, ρυθμιστικών και κοινωνικών παραγόντων στη χρήση και στο μετασχηματισμό των πόρων
Graedel & Allenby (1995)	... προτείνει την εξέταση του βιομηχανικού συστήματος όχι σε απομόνωση από τα περιβάλλοντα συστήματα, αλλά σε αρμονία με αυτά. Πρόκειται για μία <i>συστημική</i> προσέγγιση, με στόχο τη βελτιστοποίηση των συνολικών κύκλων υλικών, από τις πρώτες ύλες, στα υλικά, στα τμήματα προϊόντων, στα τελικά προϊόντα, στα προϊόντα σε απόσυρση και στην τελική εναπόθεση. Οι παράγοντες που θα βελτιστοποιηθούν είναι οι πόροι, η ενέργεια και τα οικονομικά κεφάλαια.
Kirschner (1995)	... εφαρμόζει τις αρχές των φυσικών συστημάτων (όπως φέρουσα ικανότητα, ροές υλικών, προσαρμοστικότητα και αλληλοσύνδεση) σε συστήματα που έχουν δημιουργηθεί από τον άνθρωπο
Lifset (1997)	... αποτελεί ένα πεδίο που εξετάζει συστηματικά σε τοπικό, περιφερειακό και παγκόσμιο επίπεδο, τις χρήσεις και ροές υλικών και ενέργειας σε προϊόντα, διεργασίες, βιομηχανικούς κλάδους και εθνικές οικονομίες. Εστιάζει στο ρόλο της βιομηχανίας στη μείωση των περιβαλλοντικών φορτίων σε όλο τον κύκλο ζωής προϊόντος από την εξόρυξη των πρώτων υλών, στην παραγωγή και χρήση των αγαθών, αλλά και στη διαχείριση των παραγόμενων αποβλήτων

οι Cote and Hall (1995) συνόψισαν τα οφέλη από την εφαρμογή των αρχών της βιομηχανικής οικολογίας ως εξής:

- διατήρηση φυσικών και οικονομικών πόρων
- μειωμένα κόστη σε παραγωγή, υλικά, ενέργεια, επεξεργασία λυμάτων, περιβαλλοντική συμμόρφωση
- βελτιωμένη επιχειρησιακή λειτουργία, δημόσια υγεία αλλά και εικόνα
- επιπλέον οικονομικές εισφορές μέσω της πώλησης αποβλήτων.

Όπως επισημάναμε νωρίτερα, η βιομηχανική οικολογία παρουσιάζει μια ευρεία γκάμα όσον αφορά το πεδίο εφαρμογών της. Ο Tibbs (1995), σε μια από τις πρώτες προσπάθειες οργάνωσης του πεδίου, αναφέρει ότι η βιομηχανική οικολογία περιλαμβάνει έξι περιοχές, οι οποίες είναι:

- *η ανάπτυξη βιομηχανικών οικοσυστημάτων, που περιλαμβάνει την δημιουργία κλειστών βρόγχων μέσω ανακύκλωσης, μεγιστοποίησης χρήσης ανακυκλωμένων υλικών στη παραγωγή, αξιοποίησης αποβλήτων κλπ.*
- *η εξισορρόπηση των εισροών/εκροών της βιομηχανικής δραστηριότητας σε σχέση με τη φέρουσα ικανότητα (carrying capacity) του οικοσυστήματος, που σχετίζεται με την απόκτηση γνώσης για την κατάσταση και την δυναμική των οικοσυστημάτων του πλανήτη, τον τρόπο λειτουργίας και την επίβλεψη/παρακολούθηση της υφιστάμενης περιβαλλοντικής κατάστασης.*

- *αποϋλικοποίηση των βιομηχανικών ροών* (dematerialisation) , που σχετίζεται με τη χρησιμοποίηση λιγότερων ποσοτήτων υλικών και ενέργειας για τη παραγωγή του ίδιου (ή αν είναι δυνατό και ποιοτικά καλύτερου) προϊόντος (do more with less).
- *η βελτίωση του βιομηχανικού μεταβολισμού*, που σχετίζεται με τη βελτίωση της απόδοσης των διεργασιών σε επίπεδο βιομηχανικής μονάδας ή διεργασίας (και όχι σε διεπιχειρησιακό συνεργατικό επίπεδο, όπως στην περίπτωση των βιομηχανικών οικοσυστημάτων).
- *η υιοθέτηση συστημικών προτύπων στη χρήση ενέργειας*, που εστιάζει κυρίως στην οικονομία του υδρογόνου και τέλος
- *η υιοθέτηση των κατάλληλων πολιτικών* που θα οδηγήσουν στην παραδειγματική αλλαγή που οραματίζεται η βιομηχανική οικολογία.

Ο Erkman (1997) διαβλέπει στη βιομηχανική οικολογία δυο κατευθύνσεις ανάπτυξης:

- τα *οικοβιομηχανικά πάρκα* και τις *νησίδες αειφορίας* (islands of sustainability) που σχετίζονται με την εφαρμογή των διατροφικών δικτύων (food webs) των οικοσυστημάτων σε δίκτυα επιχειρήσεων και
- την κατεύθυνση της *αποϋλικοποίησης*, της *απανθρακοποίησης* (decarbonisation) της ενέργειας και της *οικονομίας των υπηρεσιών* (service economy), η οποία προωθεί την πώληση υπηρεσιών και όχι προϊόντων.

η βιομηχανική οικολογία μπορεί να αναπτυχθεί προς τρία διαφορετικά επίπεδα.

- το *εταιρικό επίπεδο* (firm level), στο οποίο ανήκουν οι πρωτοβουλίες του σχεδιασμού για το περιβάλλον (design for environment), της αντιρύπανσης (pollution prevention), της οικο-αποδοτικότητας (eco-efficiency) και της πράσινης λογιστικής (green accounting)

- το *διεπιχειρησιακό επίπεδο* (between firms level), όπου αναφέρονται οι δραστηριότητες των οικοβιομηχανικών πάρκων, των κύκλων ζωής προϊόντος, και πρωτοβουλίες που σχετίζονται με συγκεκριμένους βιομηχανικούς κλάδους
- το *περιφερειακό/παγκόσμιο επίπεδο* (regional/global level), στο οποίο κατατάσσουν τις κατευθύνσεις της ανάλυσης ροών υλικών και ενέργειας (material/energy flow studies), της *αποϋλικοποίησης*, της *απανθρακοποίησης*.

Πίνακας 2.2: Κατευθύνσεις βιομηχανικής οικολογίας

Πηγή	Κατευθύνσεις
Tibbs (1992)	<ul style="list-style-type: none">- ανάπτυξη βιομηχανικών οικοσυστημάτων- εξισορρόπηση με φέρουσα ικανότητα- αποϋλικοποίηση των ροών- βιομηχανικός μεταβολισμός- χρήση ενέργειας- υιοθέτηση πολιτικών
Erkman (1997)	<ul style="list-style-type: none">- οικοβιομηχανικά πάρκα & νησίδες αειφορίας- αποϋλικοποίηση & οικονομία των υπηρεσιών
Lifset & Graedel (2002)	<ul style="list-style-type: none">- εταιρικό επίπεδο- δι-επιχειρησιακό επίπεδο- περιφερειακό επίπεδο
Graedel & Allenby (2003)	<ul style="list-style-type: none">- τεχνολογικά προϊόντα & διαδικασίες- βιομηχανικά & κοινωνικά συστήματα
Korhonen (2004)	<ul style="list-style-type: none">- ροές υλικών & ενέργειας- οργανωσιακά & δομικά χαρακτηριστικά
Harper & Graedel (2004)	<ul style="list-style-type: none">- εννοιολογική (conceptual) βιομηχανική οικολογία- επιχειρησιακή (operational) βιομηχανική οικολογία- συστημική (systemic) βιομηχανική οικολογία

Πίνακας 2.3

Ορισμοί βιομηχανικού οικοσυστήματος

Πηγή	Ορισμός
Frosch & Gallopoulos (1989)	Το <i>βιομηχανικό οικοσύστημα</i> σχετίζεται με το μετασχηματισμό του παραδοσιακού μοντέλου της βιομηχανικής δραστηριότητας - στο οποίο το κάθε εργοστάσιο χρησιμοποιεί πρώτες ύλες και παράγει προϊόντα προς πώληση και απόβλητα προς διάθεση - σε ένα πιο ολοκληρωμένο σύστημα, όπου η κατανάλωση ενέργειας και υλικών βελτιστοποιείται, και τα παραπροϊόντα μιας διαδικασίας χρησιμοποιούνται σαν πρώτη ύλη σε μια άλλη διαδικασία.
Lowe et al. (1996)	Ένα <i>οικοβιομηχανικό πάρκο</i> είναι μια κοινότητα επιχειρήσεων (κατασκευαστικών, αλλά και παροχής υπηρεσιών), οι οποίες στοχεύουν σε αυξημένη περιβαλλοντική και οικονομική απόδοση μέσω συνεργασιών σε ζητήματα ενέργειας, υλικών και νερού. Με τον τρόπο αυτό, η κοινότητα επιχειρήσεων επιτυγχάνει οφέλη που είναι μεγαλύτερα από το άθροισμα των επιμέρους που θα είχαν επιτευχθεί στη περίπτωση που η κάθε επιχείρηση βελτιστοποιούσε μόνη την απόδοσή της.
PCSD (1996)	Ένα <i>οικοβιομηχανικό πάρκο</i> είναι μια κοινότητα επιχειρήσεων που συνεργάζονται μεταξύ τους και με την τοπική κοινότητα με σκοπό την αποτελεσματική κοινή χρήση πόρων (πληροφορίες, υλικά, νερό, ενέργεια, υποδομές και φυσικό περιβάλλον), η οποία οδηγεί σε οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη και ταυτόχρονη ανάπτυξη των ανθρωπίνων πόρων, των επιχειρήσεων και της τοπικής κοινότητας.
Manahan (1999)	Η <i>βιομηχανική συμβίωση</i> είναι μια σχέση ισχυρής αλληλεξάρτησης ανάμεσα σε δυο επιχειρήσεις, που βασίζεται στην ανταλλαγή υλικών και ενέργειας, και παρουσιάζει αμοιβαία πλεονεκτήματα.

Chertov (2000) Η *βιομηχανική συμβίωση* συμπλέκει οντότητες - που παραδοσιακά λειτουργούσαν ξεχωριστά η μία από την άλλη - και μέσω ανταλλαγών υλικών, ενέργειας, νερού και παραπροϊόντων, τους προσδίδει ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Τα κλειδιά για τη βιομηχανική συμβίωση είναι η συνεργασία καθώς και οι συνεργατικές δυνατότητες που προσφέρει η γεωγραφική εγγύτητα.

Korhonen et al. (2001) Σε ένα οικοσύστημα τα υλικά ανταλλάσσονται μεταξύ των οργανισμών, η ενέργεια δεσμεύεται στα πλαίσια τροφικών αλυσίδων, ενώ η μοναδική εισροή στο σύστημα είναι η ηλιακή ενέργεια. Σε ένα *βιομηχανικό οικοσύστημα*, οι συμμετέχοντες στηριζόμενοι στο φυσικό μοντέλο ανακύκλωσης, συνεργάζονται χρησιμοποιώντας ροές απόβλητων (υλικών και ενέργειας) έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθούν τόσο οι εισροές ενέργειας και (φυσικών) πρώτων υλών, όσο και οι εκροές του συστήματος.

Graedel & Allenby (2003) Ένα οικοσύστημα αποτελείται από τα αλληλεπιδρόντα μέρη του φυσικού και βιολογικού κόσμου. Αντίστοιχα, ένα *βιομηχανικό οικοσύστημα* αποτελείται από αλληλεπιδρόντα μέρη του τεχνολογικού και μη τεχνολογικού κόσμου. Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των συμμετεχόντων περιλαμβάνουν ανταλλαγές υλικών και παρουσιάζουν μια δομή, αντίστοιχη με εκείνη της τροφικής αλυσίδας.

Ταξινομήσεις βιομηχανικών οικοσυστημάτων

Κριτήριο	Ταξινόμηση
στάδιο ανάπτυξης	<ul style="list-style-type: none"> - πράσινες ζώνες - καφέ ζώνες
βαθμός συγκέντρωσης	<ul style="list-style-type: none"> - πάρκο - περιφέρεια
συντονισμός με βάση	<ul style="list-style-type: none"> - προϊόν - υλικό - κλάδο - περιοχή
είδος συμβίωσης	<ul style="list-style-type: none"> - ανταλλαγές αποβλήτων - σε επίπεδο επιχείρησης - οικοβιομηχανικό πάρκο - ευρύτερη γεωγραφική περιοχή - επιχειρήσεις που δεν είναι εγκατεστημένες στην ίδια περιοχή
κλάδος επιχειρήσεων	<ul style="list-style-type: none"> - αγρο-οικοβιομηχανικά πάρκα - πάρκα ανάκτησης πόρων - πάρκα ΑΠΕ - πάρκα παραγωγής ενέργειας - πράσινα πετροχημικά πάρκα
οργάνωση με βάση	<ul style="list-style-type: none"> - προϊόν - γεωγραφική περιοχή
είδος, μέγεθος & γεωγραφική έκταση επιχειρήσεων	<ul style="list-style-type: none"> - βιομηχανικά συμπλέγματα - μικτά βιομηχανικά πάρκα - οικοβιομηχανικές περιφέρειες
στόχος	<ul style="list-style-type: none"> - πάρκα προμηθευτών - δίκτυα ανάκτησης πόρων

Κατηγορίες οικοβιομηχανικής συμβίωσης

Χαρακτηριστικό	Κατηγορία οικοβιομηχανικής συμβίωσης		
	υπό δημιουργία	χαλαρή	σφιχτή
επίπεδο ανταλλαγών	υπό διαπραγμάτευση	περιστασιακές & επουσιώδεις	μόνιμες & καθοριστικές
αριθμός εμπλεκομένων	μικρός ή μεγάλος		μικρός
γεωγραφική έκταση	βιομηχανική περιοχή	ευρεία	περιορισμένη

1. *συμβίωση 'υπό δημιουργία'*, καθώς υπάρχει μεγάλος αριθμός περιπτώσεων όπου παρατηρείται έντονη δραστηριότητα (διοργάνωση συναντήσεων, σύσταση αρμόδιων φορέων κλπ.) προς την κατεύθυνση δημιουργίας συνεργατικών σχέσεων οικοβιομηχανικής συμβίωσης, χωρίς όμως συγκεκριμένα πρακτικά αποτελέσματα. Με άλλα λόγια, συγκεκριμένα συστήματα βρίσκονται στην (ιδιαίτερα δύσκολη και μακροχρόνια) φάση της ανάπτυξης εμπιστοσύνης, ανταλλαγής πληροφοριών, εκπόνησης μελετών σκοπιμότητας κλπ. Άλλωστε ο ακρογωνιαίος λίθος στην αρχική φάση ανάπτυξης των βιομηχανικών οικοσυστημάτων είναι η δημιουργία κατάλληλου κλίματος, στα πλαίσια του οποίου, εμπλεκόμενοι που προέρχονται από ιδιωτικούς αλλά και δημόσιους φορείς, θα καταφέρουν να λειτουργήσουν με ένα συμμετοχικό και αυτό-οργανωτικό τρόπο.

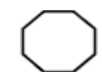
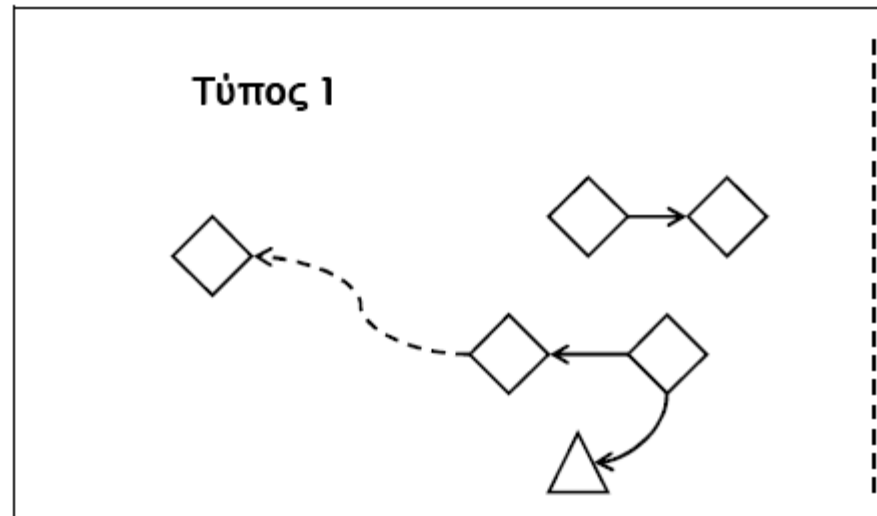
2. *‘χαλαρή’ συμβίωση*, όπου οι υφιστάμενες συνδέσεις είναι σχετικά *‘χαλαρές’* (δεν είναι δηλαδή καθοριστική η σχέση ανταλλαγής για την παραγωγική δραστηριότητα των συμμετεχόντων), ο αριθμός των εμπλεκομένων μεγαλύτερος (σε σχέση με την επόμενη κατηγορία) και η καλυπτόμενη γεωγραφική έκταση ευρύτερη. Στην πλειοψηφία τους πρόκειται είτε για δίκτυα ανακύκλωσης/επαναχρησιμοποίησης, είτε για δίκτυα χρήσης ενέργειας, η οποία προέρχεται είτε από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, είτε από συμπαραγωγή ενέργειας και θερμότητας.

3. *‘σφιχτή συμβίωση*, με μικρό αριθμό εμπλεκομένων, όπου η μία μονάδα χρησιμοποιεί στη παραγωγική της διαδικασία, σε μόνιμη και σταθερή βάση, παραπροϊόντα μιας άλλης επιχείρησης. Τις περισσότερες φορές οι επιχειρήσεις είναι εγκατεστημένες πολύ κοντά η μία στην άλλη.

Στην περίπτωση που το βιομηχανικό οικοσύστημα έχει οργανωθεί με βάση τη γεωγραφική περιοχή, η δομή των βιομηχανικών οικοσυστημάτων μπορεί να κατηγοριοποιηθεί ως εξής

- *Τύπος 1*: στην κατηγορία αυτή έχουμε μικρό αριθμό επιχειρήσεων, οι οποίες ανά δύο συνεργάζονται ανταλλάσσοντας κάποιο από τα παραπροϊόντα της παραγωγικής τους δραστηριότητας. Τις περισσότερες φορές, οι συνδέσεις έχουν *σφιχτό* χαρακτήρα, με την έννοια ότι η μονάδα που παρέχει το παραπροϊόν αποτελεί σταθερό (και συχνά μοναδικό) προμηθευτή της επιχείρησης που το δέχεται. Με άλλα λόγια, η συνεργασία είναι αναγκαία και απαραίτητη για την παραγωγική δραστηριότητα της επιχείρησης που λειτουργεί ως αποδέκτης. Ένα άλλο χαρακτηριστικό στο συγκεκριμένο τύπο δομής, αποτελεί και η συμμετοχή της τοπικής κοινότητας, η οποία

επιτυγχάνεται κυρίως μέσω μικρών επιχειρήσεων, όπως στην περίπτωση ενός θερμοκηπίου που δέχεται παραπροϊόντα μονάδας πετροχημικής βιομηχανίας, ή μιας ιχθυοκαλλιέργειας που εκμεταλλεύεται το νερό ψύξης που προέρχεται από την παραγωγική δραστηριότητα γειτονικής βιομηχανικής μονάδας.



βασική μονάδα (παραγωγή ενέργειας κλπ.)



επιχείρηση (κατασκευή, μεταποίηση κλπ.)



σφιχτή σύνδεση (σταθερή, απαραίτητη κλπ.)



αποδομητής (ανακύκλωση, ανάκτηση κλπ.)

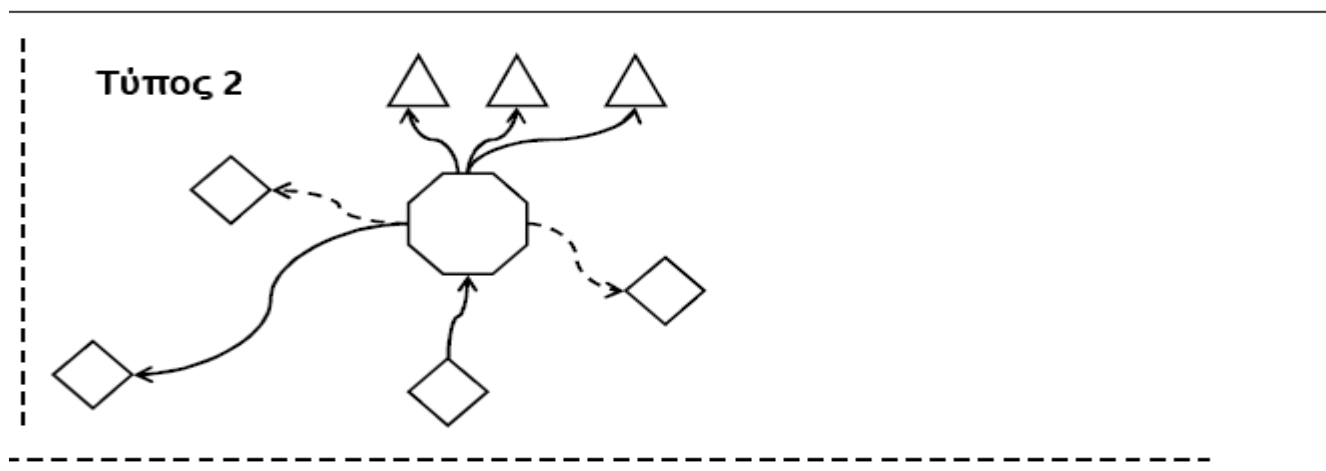








τοπική κοινότητα (σπίτια, φάρμες κλπ.)



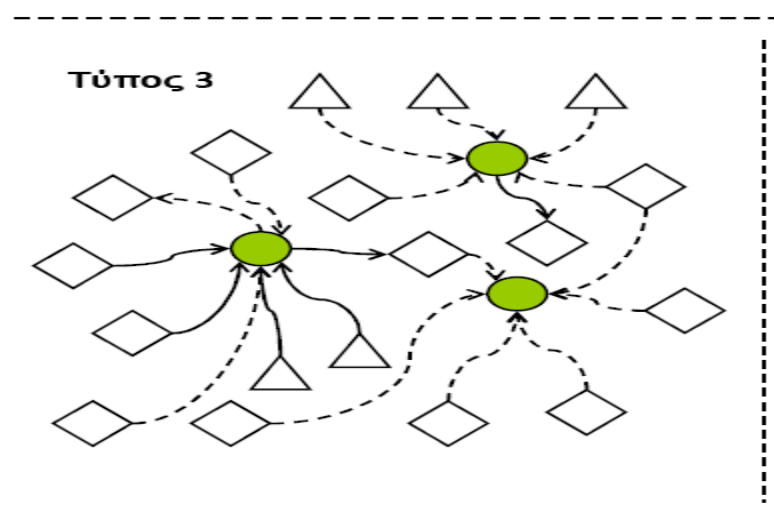
χαλαρή σύνδεση (ευκαιριακή, επικουρική κλπ.)







- *Τύπος 2*: Στη συγκεκριμένη δομή απαραίτητη είναι η παρουσία μιας βασικής μονάδας (anchor tenant) η οποία λειτουργεί ως ‘καρδιά’ του συστήματος, αφού οι υπόλοιποι εμπλεκόμενοι συνδέονται δορυφορικά (συμμετέχοντας κυρίως ως αποδέκτες σε συνδέσεις *σφιχτού* χαρακτήρα). Η συμμετοχή της τοπικής κοινότητας είναι μεγαλύτερη συγκρινόμενη με εκείνη του τύπου 1, καθώς υπάρχει η έντονη συμμετοχή απλών νοικοκυριών, τα οποία λειτουργούν ως αποδέκτες τηλεθέρμανσης.



- | | | | |
|--|--|--|---|
|  | βασική μονάδα (παραγωγή ενέργειας κλπ.) |  | αποδομητής (ανακύκλωση, ανάκτηση κλπ.) |
|  | επιχείρηση (κατασκευή, μεταποίηση κλπ.) |  | τοπική κοινότητα (σπίτια, φάρμες κλπ.) |
|  | σφιχτή σύνδεση (σταθερή, απαραίτητη κλπ.) |  | χαλαρή σύνδεση (ευκαιριακή, επικουρική κλπ.) |

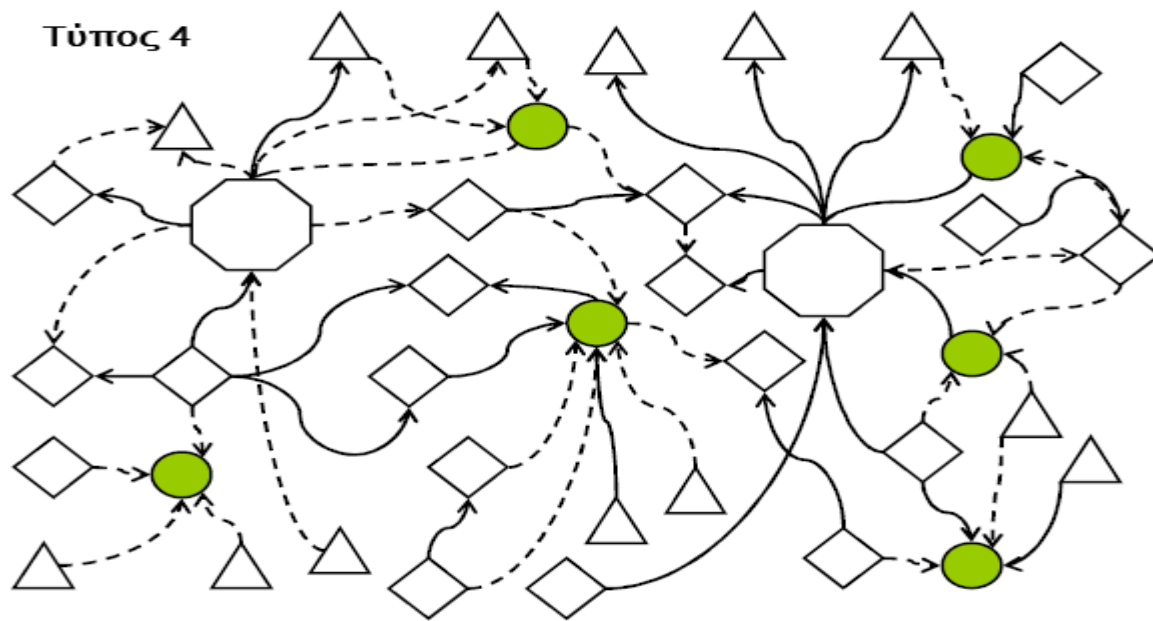
- **Τύπος 3:** Στην περίπτωση αυτή, έχουμε μεγάλο αριθμό συμμετεχόντων οι οποίοι συνδέονται μέσω συγκεκριμένων επιχειρήσεων οι οποίες λειτουργούν ως αποδομητές. Οι συνδέσεις έχουν χαλαρό χαρακτήρα καθώς τις περισσότερες φορές δεν υπάρχει το στοιχείο του αποκλειστικού προμηθευτή. Η παρουσία της τοπικής κοινότητας επιτυγχάνεται μέσω της συμμετοχής (λιγότερο ή περισσότερο ενεργής) στα υφιστάμενα δίκτυα ανακύκλωσης, επαναχρησιμοποίησης κλπ.



- | | | | |
|--|--|--|---|
|  | βασική μονάδα (παραγωγή ενέργειας κλπ.) |  | αποδομητής (ανακύκλωση, ανάκτηση κλπ.) |
|  | επιχείρηση (κατασκευή, μεταποίηση κλπ.) |  | τοπική κοινότητα (σπίτια, φάρμες κλπ.) |
|  | σφιχτή σύνδεση (σταθερή, απαραίτητη κλπ.) |  | χαλαρή σύνδεση (ευκαιριακή, επικουρική κλπ.) |

– *Τύπος 4:* πρόκειται για συνδυασμό των τριών προηγούμενων τύπων που αναφέρθηκαν σε ένα ολοκληρωμένο βιομηχανικό οικοσύστημα, το οποίο και διαρκώς αναπτύσσεται (όσον αφορά τις επιχειρήσεις που συμμετέχουν, αλλά και την γεωγραφική περιοχή εξάπλωσης), ενώ περιλαμβάνει μεγάλο αριθμό χαλαρών και σφιχτών συνδέσεων. Για παράδειγμα, μια μονάδα συμπαράγωγής ενέργειας και θερμότητας (και οι συνδεόμενες επιχειρήσεις) μπορεί να τροφοδοτηθεί από ένα κέντρο περισυλλογής παραπροϊόντων κατεργασίας ξύλου, το οποίο καθώς λειτουργεί ως αποδομητής, είναι συνδεδεμένο με άλλες μονάδες.

Τύπος 4



βασική μονάδα (παραγωγή ενέργειας κλπ.)



επιχείρηση (κατασκευή, μεταποίηση κλπ.)



σφιχτή σύνδεση (σταθερή, απαραίτητη κλπ.)



αποδομητής (ανακύκλωση, ανάκτηση κλπ.)



τοπική κοινότητα (σπίτια, φάρμες κλπ.)

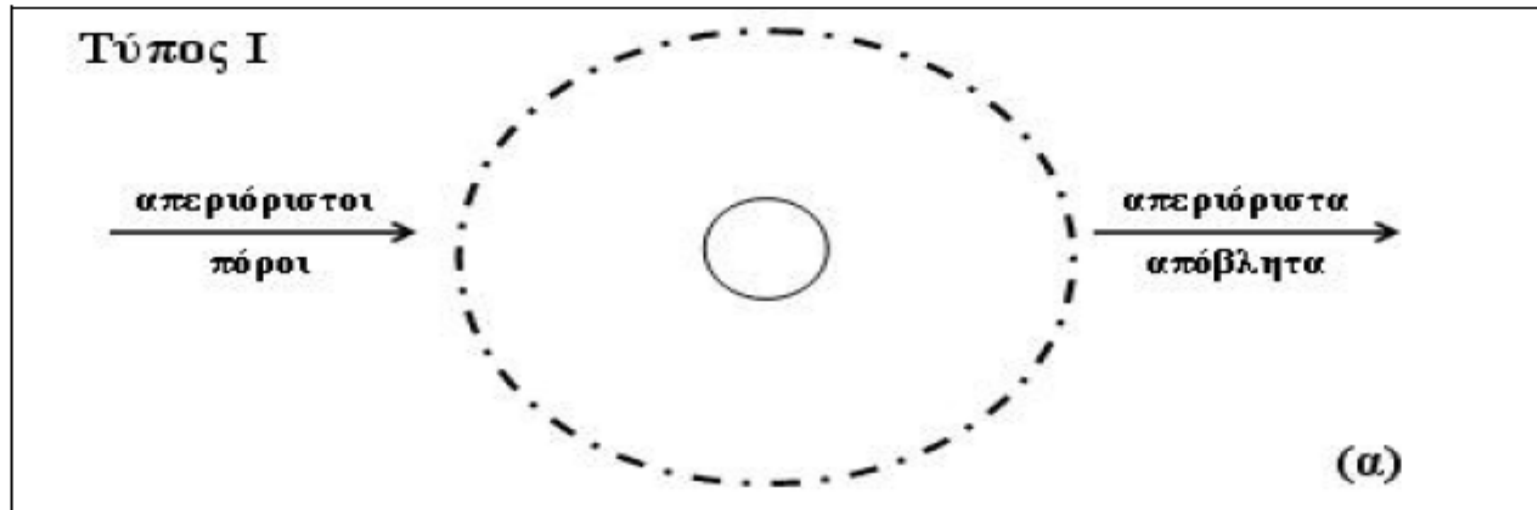


χαλαρή σύνδεση (ευκαριακή, επικουρική κλπ.)

κομβική σημασία στη δομή των βιομηχανικών συστημάτων που οργανώνονται με βάση τη γεωγραφική περιοχή διαδραματίζουν:

- οι *αποδομητές*, (μονάδες ανακύκλωσης, ανάκτησης, επεξεργασίας αποβλήτων, εμπορίας υλικών/προϊόντων τέλους χρήσης) οι οποίοι αποτελούν κλειδιά για την ανάπτυξη κλειστών βρόγχων καθώς, λειτουργούν ως ενδιάμεσοι ανάμεσα στον παραγωγό ενός παραπροϊόντος και τον ενδυνάμει χρήστη. Ο ρόλος των αποδομητών οι οποίοι αποτελούν βασικές συνιστώσες των φυσικών οικοσυστημάτων, έχει υπογραμμισθεί τόσο από τις πρώτες εργασίες που θεμελίωσαν θεωρητικά το πεδίο της βιομηχανικής οικολογίας όσο και από μεταγενέστερες, οι οποίες αναφέρονται σε προσπάθειες υλοποίησης.

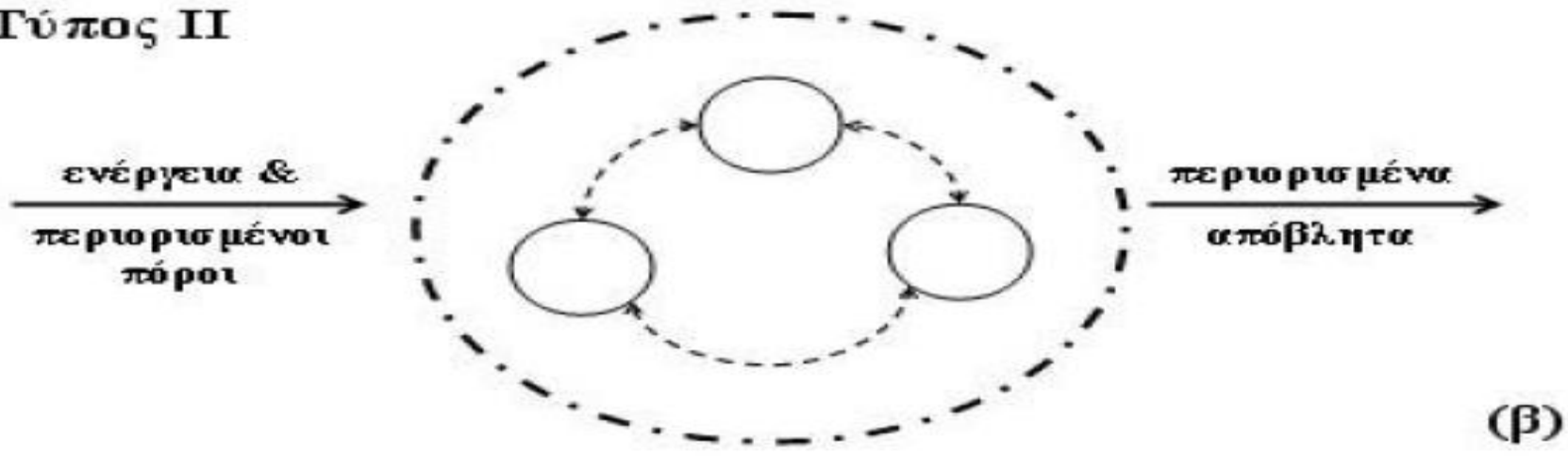
- *Τύπος I*. Αναφέρεται στη πρώιμη ιστορία του πλανήτη, οπότε και τα αποθέματα των πόρων ήταν τεράστια και η ποσότητα ζωής αμελητέα. Παρά τις γραμμικές ροές υλικών ανάμεσα στα μέρη του οικοσυστήματος, η μεγάλη ποσοτική διαφορά ανάμεσα σε πόρους και οργανισμούς έχει ως αποτέλεσμα να μένει ανεπηρέαστη η ποσότητα των διαθέσιμων πόρων.



...
(α) Τύπος I - γραμμική ροή,

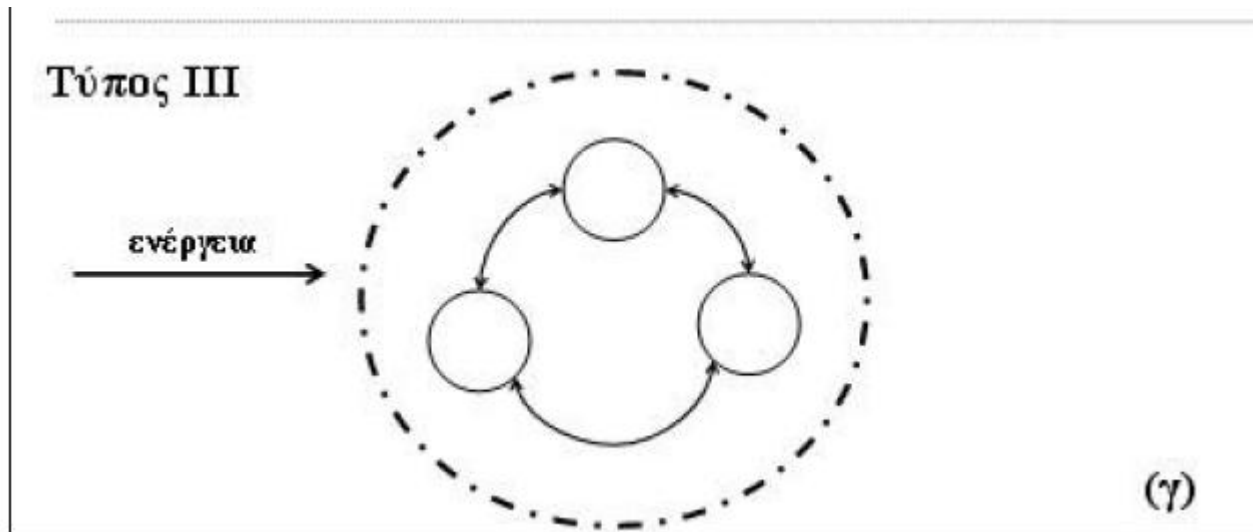
- *Τύπος II*: Καθώς όμως οι μορφές ζωής πολλαπλασιάζονται, αρχίζουν να αναπτύσσονται περιορισμοί στη διαθεσιμότητα των πόρων, γεγονός που οδηγεί στην εμφάνιση κυκλικών διεργασιών. Ο συγκεκριμένος τύπος είναι σαφώς πιο αποτελεσματικός σε σχέση με τον προηγούμενο, αλλά δεν είναι βιώσιμος σε βάθος χρόνου, αφού οι ροές είναι προς μία κατεύθυνση και το σύστημα *εξαντλείται*.

Τύπος II



(β) Τύπος II - ψευδοκυκλική ροή,

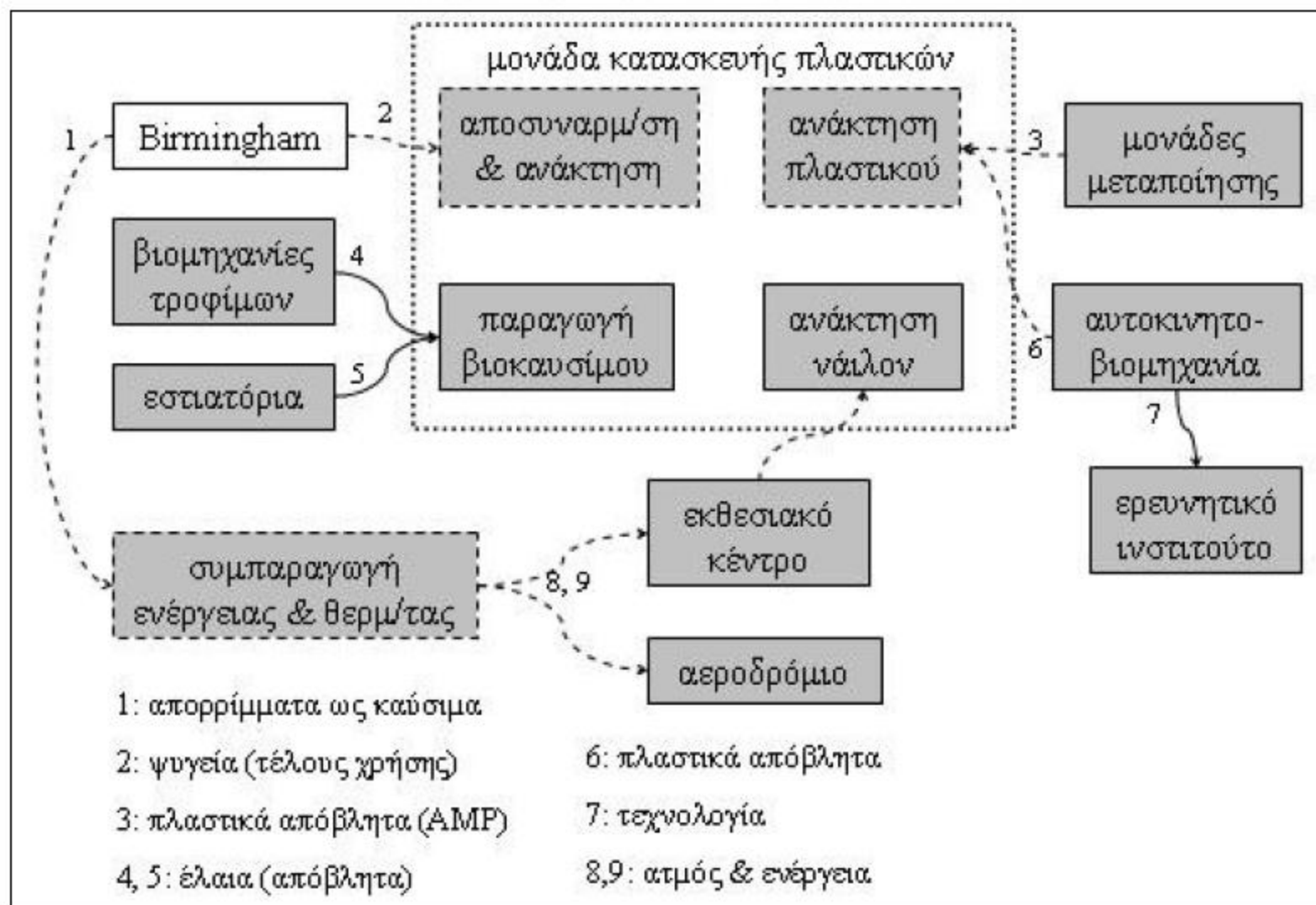
- *Τύπος III*: Στο συγκεκριμένο σύστημα επιτυγχάνεται πλήρης κυκλικότητα ροών, με μοναδική εξαίρεση την εισροή ηλιακής ενέργειας.



(γ) Τύπος III - κυκλική ροή

West Midlands, Ην. Βασίλειο

Η περιοχή West Midlands που βρίσκεται 200 km βορειοδυτικά του Λονδίνου (περιλαμβάνει το Birmingham) παρουσιάζει βιομηχανική ανάπτυξη σε πολλούς βιομηχανικούς κλάδους (αυτοκινητοβιομηχανία, χημικά, πλαστικά, τρόφιμα, κεραμικά κλπ) και είναι ενταγμένη στο εθνικό σχέδιο βιομηχανικής συμβίωσης (NISP). Ο καταλύτης για τη συγκεκριμένη πρωτοβουλία ήταν η ύπαρξη του Midlands Environmental Business Association (MEBC), ένα επιμελητήριο με μεγάλη ιστορία στη περιοχή, το οποίο αφού πληροφορήθηκε την περίπτωση του Humber , ανέλαβε το συντονισμό του αντίστοιχου προγράμματος (West Midlands Industrial Symbiosis Program – WISP). Σήμερα, στο WISP εμπλέκονται περισσότερες από είκοσι εταιρίες, ενώ ιδιαίτερη έμφαση έχει δοθεί στην ανάπτυξη λογισμικού για την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των

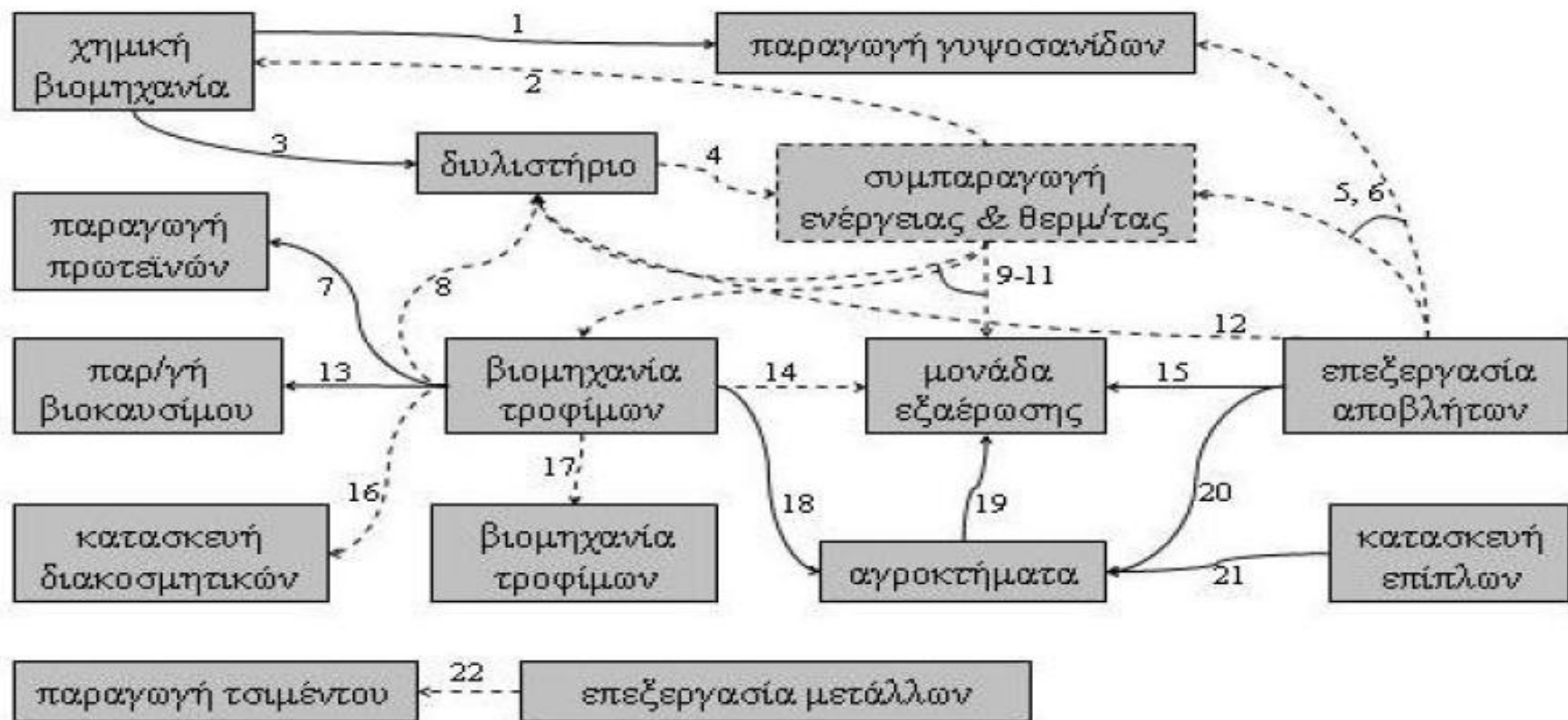


Το βιομηχανικό σύστημα της περιοχής West Midlands (Ην. Βασιλείο)

Humber, Ηνωμένο Βασίλειο

Η περιοχή του Humber side στις ανατολικές ακτές της κεντρικής Αγγλίας έχει ενταχθεί στο εθνικό πρόγραμμα βιομηχανικής συμβίωσης (NISP–National Industrial Symbiosis Program) και αποτελεί μια περίπτωση εφαρμογής των αρχών της βιομηχανικής οικολογίας σε ευρύτερη γεωγραφική έκταση. Η αφορμή για την ένταξη της περιοχής στο πρόγραμμα ήταν η ύπαρξη μεγάλης πολυεθνικής πετρελαϊκής εταιρίας, παράρτημα της οποίας στο Μεξικό είχε συμμετοχή σε αντίστοιχο πρόγραμμα βιομηχανικής συμβίωσης. Το συντονισμό στο Humber Industrial Symbiosis Program (HISP) ανέλαβε το Business Council for Sustainable Development – UK (BCSD – UK) ενώ συνεργάστηκαν τοπικοί δήμοι και περιφέρειες, επιμελητήρια και εταιρίες συμβούλων¹. Σημαντική υποστήριξη σε επιστημονικό επίπεδο παρείχε το International Institute for Industrial Environmental Economics (IIIEE) από το πανεπιστήμιο του Lund (Σουηδία), ένα ινστιτούτο με μεγάλη εμπειρία σε αντίστοιχες προσπάθειες. Οι βασικοί άξονες του έργου ήταν:

- δημιουργία δικτύου ανταλλαγών παραπροϊόντων και αποβλήτων ανάμεσα στα επιχειρήσεις της περιοχής, στις οποίες περιλαμβάνονται διυλιστήρια, χημικές βιομηχανίες κλπ.
- κατασκευή σταθμού συμπαραγωγής ισχύος και θερμότητας (δυναμικότητας 475–650 MW) και
- δημιουργία ενός εκτεταμένου δικτύου σωλήνων (Humber Bundle), μέσω του οποίου θα συνδέονται επιχειρήσεις οι οποίες είναι εγκατεστημένες εκατέρωθεν του ποταμού Humber. Με τον τρόπο αυτό θα μεταφέρονται με ασφαλέστερο, οικονομικότερο και πλέον οικολογικό τρόπο ουσίες όπως φυσικό αέριο, προπυλένιο, αιθανόλη, αμμωνία, άζωτο, νερό κλπ.



1: γύψος

2: ατμός

3: υδρογόνο

4: παραπροϊόντα διύλισης

5,6: νερό ψύξης

7: εντόσθια κλπ

8: έλαια (παραπροϊόντα)

9- 11: ατμός

12: νερό

13: έλαια (παραπροϊόντα)

14: οργανικά απόβλητα

15: ξηραμένα οργανικά απόβλητα

16: πολυστυρενικά απόβλητα

17-19: οργανικά απόβλητα

20:ξηραμένα οργανικά απόβλητα

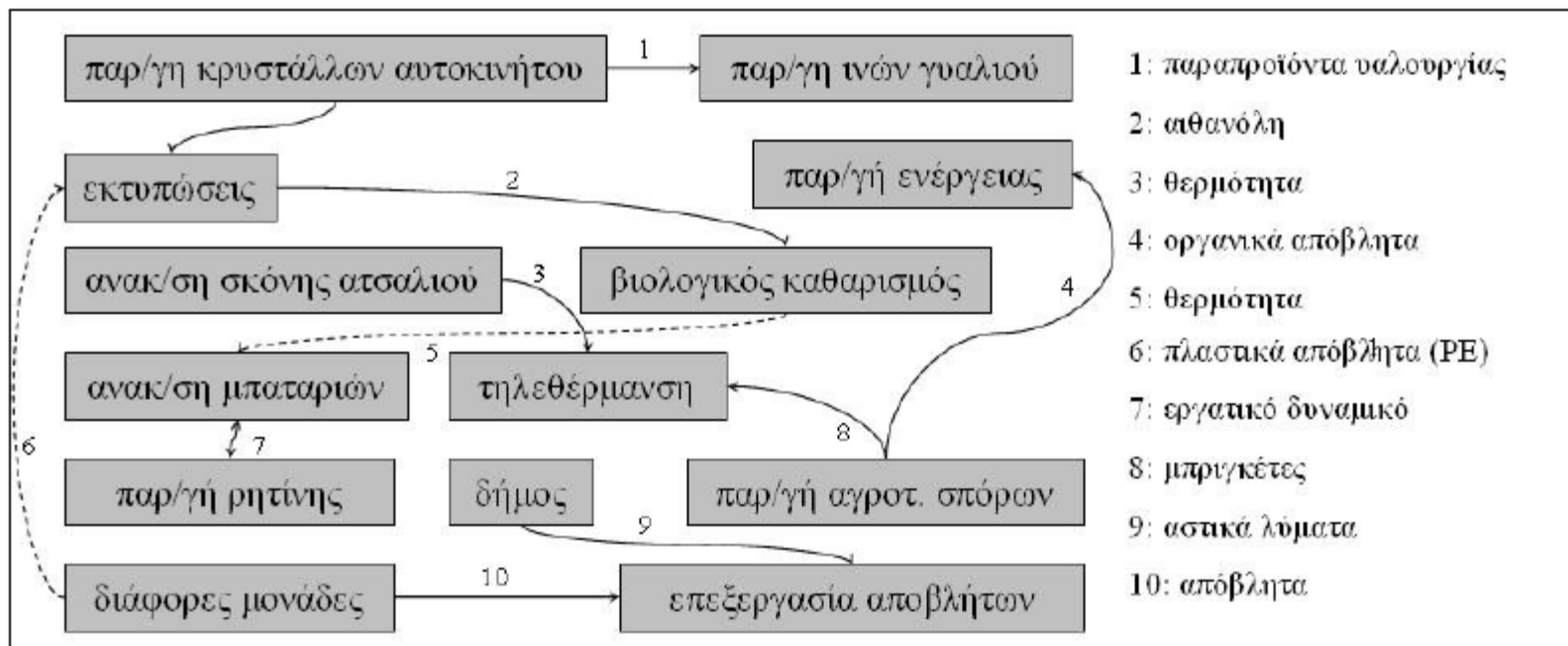
21: παραπροϊόντα κατάργασίας ξύλου

22: παραπροϊόντα από ατσάλι

Το βιομηχανικό σύστημα της περιοχής Humber (Ην. Βασιλείο)

Landskrona, Σουηδία

Η Landskrona είναι ένας δήμος με 38.000 κατοίκους που βρίσκεται στη βορειοδυτική Σουηδία. Αν και περιοχή με αυξημένη βιομηχανική δραστηριότητα, η Landskrona εδώ και τρεις δεκαετίες σημειώνει ιδιαίτερες επιδόσεις, όσον αφορά την ανάπτυξη πρωτοβουλιών που σχετίζονται με το περιβάλλον. Μία από αυτές είναι και το Landskrona Industrial Symbiosis Programme (LISP) το οποίο ξεκίνησε την άνοιξη του 2003, χρηματοδοτείται από κρατικούς πόρους (Swedish Business Development Agency) και στοχεύει στη δημιουργία συμβιωτικών σχέσεων ανάμεσα στις βιομηχανίες της περιοχής. Στο LISP εμπλέκονται είκοσι επιχειρήσεις διαφόρων κλάδων (χημικά, επεξεργασία μετάλλων, συσκευασία, μεταφορά και αποθήκευση, διαχείριση αποβλήτων, ανακύκλωση κ.α.) και τρεις δημόσιοι οργανισμοί που σχετίζονται με περιβαλλοντική διαχείριση, τηλεθέρμανση και στήριξη επιχειρήσεων. Καταλυτικός τόσο στη σύλληψη, την υλοποίηση και το συντονισμό του προγράμματος είναι και ο ρόλος του IIIEE



το βιομηχανικό σύστημα της Landskrona (Σουηδία)