



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Χημικών Μηχανικών

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

ΒΛΥΣΙΔΗΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ
Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ 2007

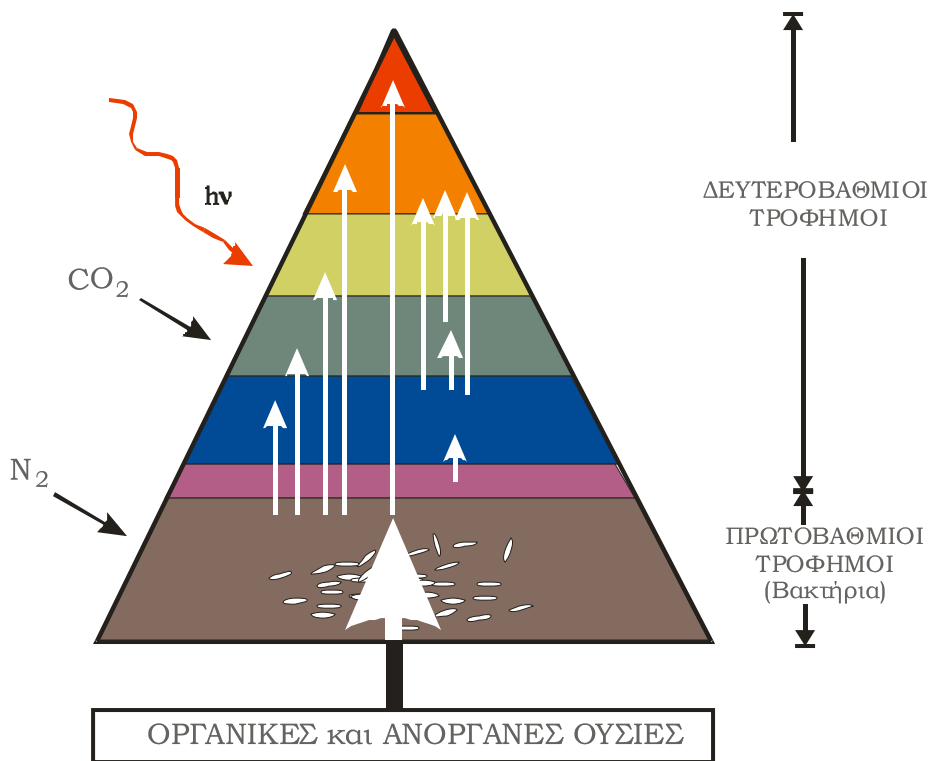
1. ΟΡΙΣΜΟΙ

Οικοσύστημα: Στοιχειώδη, αυτόνομη, μονάδα βιόσφαιρας η οποία θα μπορούσε να αποτελέσει **σχεδόν** κλειστό σύστημα ως προς τα ισοζύγια μάζας και ενέργειας, με σταθερά περιοδικούς χρόνους, μικρής σχετικής διάρκειας, ανακύκλωσης όλων των στοιχείων που το απαρτίζουν. Αυτή η ιδιότητά, της περιοδικής ανακύκλωσης, αποτελεί το κύριο χαρακτηριστικό του κάθε οικοσυστήματος που οφείλεται κυρίως σε βιολογικές και δευτερευόντως σε φυσικοχημικές ισορροπίες που έχουν επέλθει μετά από μακροχρόνιες επιδράσεις, σχετικά σταθερών περιβαλλοντικών παραγόντων, κυρίως της θερμοκρασίας και της υγρασίας.

Τα οικοσυστήματα είναι ανοικτά ως προς την ενέργεια που λαμβάνουν, η οποία προέρχεται σχεδόν αποκλειστικά από τον ήλιο. Ελάχιστα οικοσυστήματα βρέθηκαν σήμερα που λαμβάνουν την ενέργεια τους από την γεωθερμία. Η ηλιακή ενέργεια εισάγεται στα οικοσυστήματα αποκλειστικά μέσω της διεργασίας της φωτοσύνθεσης και συσσωρεύεται με τη μορφή της χημικής ενέργειας στα οργανικά μόρια που συνθέτονται από την βιόμαζα του οικοσυστήματος. Όσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα βιόμαζας που περιέχει ένα οικοσύστημα τόσο μεγαλύτερη είναι και η δυνατότητά του να αξιοποιεί την ηλιακή ενέργεια. Όσο μεγαλύτερη συσσώρευση ενέργειας επιτυγχάνεται σε ένα οικοσύστημα τόσο αυξάνεται και η δυνατότητα του να συνθέτει ποσοτικά και ποιοτικά πολυπλοκότερα οργανικά μόρια.

Ένα οικοσύστημα αναπτύσσεται ποσοτικά μέχρι τα όρια που του επιτρέπουν οι ποσότητες των στοιχείων, που διαθέτονται σ' αυτό, για την σύνθεση της βιόμαζας του. Έχουν βρεθεί πάνω από 45 στοιχεία που απαρτίζουν ένα κύτταρο αλλά όμως πέντε από αυτά, ο άνθρακας, το υδρογόνο, το οξυγόνο, το άζωτο και ο φώσφορος είναι τα πλέον

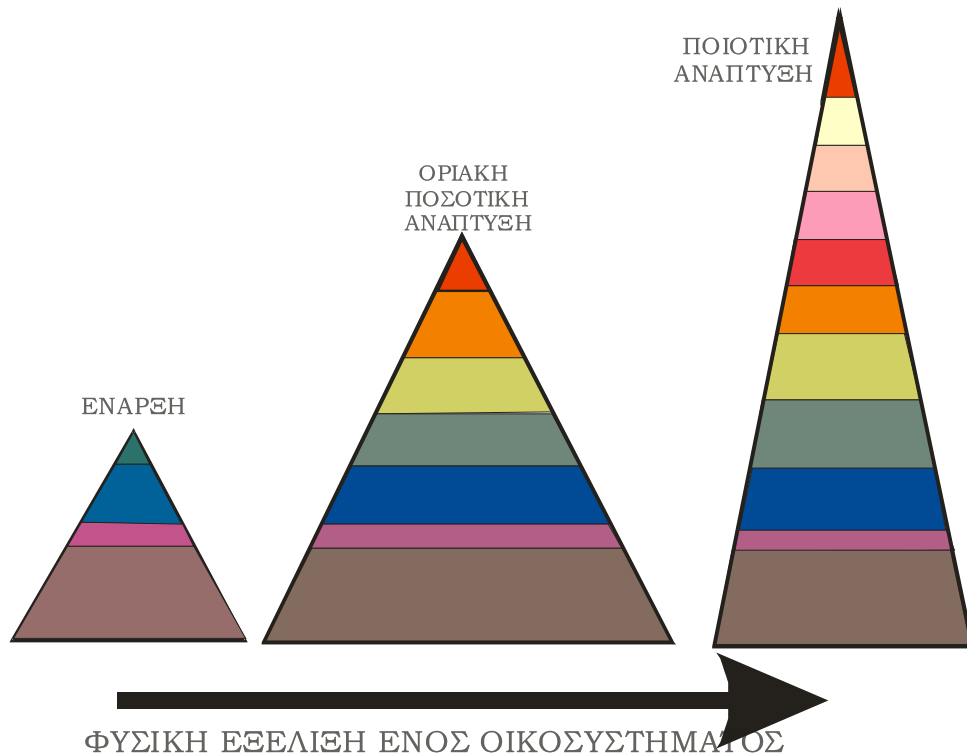
σημαντικά για την ποσοτική ανάπτυξη της ζωής. Ένας μέσος μοριακός τύπος της βιομάζας ενός οικοσυστήματος, ως προς τα πέντε αυτά στοιχεία, είναι ο εξής: $C_5H_7O_2NP_{0.2}$. Το υδρογόνο και το οξυγόνο διαθέτονται άφθονα σε όλα τα οικοσυστήματα μέσω του νερού, όμως τα υπόλοιπα στοιχεία διαθέτονται σε στέρηση. Όλα τα οικοσυστήματα είναι ανοικτά ως προς τον άνθρακα και το άζωτο λόγω της ατμοσφαιρικού αέρα ο οποίος διαθέτει τον άνθρακα με τη μορφή του διοξειδίου του άνθρακα και άζωτο με τη μορφή του μοριακού αζώτου. Όλα τα οικοσυστήματα διαθέτουν μηχανισμούς πρόσληψης του διοξειδίου του άνθρακα, μέσω της φωτοσύνθεσης, καθώς και ατμοσφαιρικού αζώτου, μέσω της λειτουργίας ειδικών νιτροβακτηρίων, αλλά οι ρυθμοί μεταφοράς και ενσωμάτωσης, των στοιχείων αυτών, στη βιομάζα των οικοσυστημάτων είναι πολύ αργή. Από την άλλη πλευρά τα οικοσυστήματα, ως προς τον φώσφορο, είναι κλειστά συστήματα και επομένως συνήθως ο φώσφορος αποτελεί τον περιοριστικό παράγοντα ανάπτυξης τους.



Σχήμα 1: Παραστατική ανάπτυξη ενός οικοσυστήματος

Σ' ένα οικοσύστημα, οποιοδήποτε οργανικό μόριο που υπάρχει σ' αυτό, ανακυκλώνεται δηλαδή τα στοιχεία που απαρτίζουν το μόριο θα μεταποιηθούν σε μία σειρά άλλων μορίων αλλά μετά από κάποιο χρονικό διάστημα θα επανέλθουν ποσοτικά στην μορφή του αρχικού μορίου απ' όπου ξεκίνησαν. Παράδειγμα: ο άνθρακας, με τη μορφή του διοξειδίου του άνθρακα, προσλαμβάνεται από τα φυτά με τον μηχανισμό της φωτοσύνθεσης, και μετατρέπεται σε γλυκόζη, κατόπιν υφίσταται μία σειρά μετασχηματισμών με μηχανισμούς βιοσύνθεσης και βιοαποσύνθεσης καταλήγοντας και πάλι σε διοξείδιο του άνθρακα. Αυτή

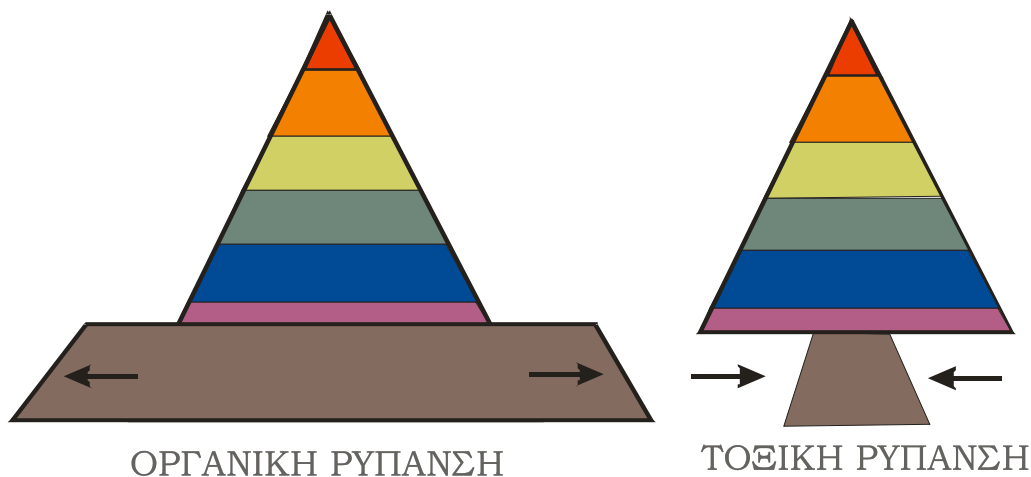
η ιδιότητα της ανακύκλωσης αποτελεί χαρακτηριστικό όλων των οικοσυστημάτων. Ο χρόνος ανακύκλωσης όμως είναι ειδικό χαρακτηριστικό του κάθε οικοσυστήματος.



Σχήμα 2: Φυσική εξέλιξη ενός οικοσυστήματος

Οι κύριοι μηχανισμοί λειτουργίας ενός οικοσυστήματος οφείλονται στον έμβιο κόσμο που περιέχεται στο οικοσύστημα αυτό και ο οποίος αποτελείται από ένα πλήθος διαφόρων κατηγοριών οργανισμών. Ο έμβιος κόσμος ενός οικοσυστήματος μπορεί να παρασταθεί σαν μία πυραμίδα (σχήμα 1) χωριζόμενο σε οριζόντιες φέτες όπου η κάθε φέτα αντιστοιχεί και στη ποσότητα βιομάζας κάποιας κατηγορίας οργανισμού. Στη βάση της πυραμίδας ανήκουν οι απλούστεροι μονοκύτταροι οργανισμοί και όσο ανερχόμαστε προς την κορυφή τόσο συναντούμε και πιο πολύπλοκους στη λειτουργία τους οργανισμούς. Το εμβαδόν της κάθε φέτας ελαττώνεται ανερχόμενοι προς την κορυφή καθότι κάθε οργανισμός τρέφεται από τους παρακάτω του (βιομάζα υποστρώματος) και επομένως ένα μέρος του υποστρώματος δαπανάται για τις ενεργειακές ανάγκες της φέτας. Επομένως η κάθε φέτα «ρυθμίζει» ή «ελέγχει» ποσοτικά όλες τις παρακάτω φέτες αλλά η ίδια «ελέγχεται» από όλες τις παραπάνω. Κάθε φέτα ανταγωνίζεται σκληρά για την επιβίωσή της, δηλαδή για την εξασφάλιση της απαραίτητης μάζας και ενέργειας που απαιτείται για την συντήρησή της καθώς και την διατήρηση της θέσης της στην ιεραρχία της πυραμίδας. Με βάση των θρεπτικών αναγκών, διακρίνουμε δύο χαρακτηριστικές κατηγορίες οργανισμών σε κάθε οικοσύστημα: τη βάση της πυραμίδας και τη κορυφή της. Η βάση της πυραμίδας τρέφει όλες τις άλλες φέτες αλλά η ίδια τρέφεται από το

ανόργανο περιβάλλον του οικοσυστήματος. Η κορυφή της πυραμίδας τρέφεται από όλες τις άλλες φέτες και επομένως αποτελεί τον επιβήτορα του κάθε οικοσυστήματος. Η βάση είναι κοινή για όλα τα οικοσυστήματα και την αποτελούν κυρίως τα βακτήρια και ελάχιστα οι μύκητες και τα μονοκύτταρα πρωτόζωα. Τα βακτήρια είναι οι απλούστεροι οργανισμοί που υπάρχουν στον πλανήτη, τρέφονται με διαλυτά οργανικά και ανόργανα μόρια γι' αυτό και ονομάζονται πρώτιστοι μικροοργανισμοί. Ο ανταγωνισμός και ο συναγωνισμός όλων των οργανισμών μεταξύ τους καταλήγει σε μία δυναμική ισορροπία τους όπου το κάθε είδος οργανισμού βρίσκει την θέση του στο οικοσύστημα ποσοτικά και ιεραρχικά. Όσο υψηλότερα ανεβαίνει η κορυφή τόσο αυξάνεται η ποικιλομορφία του οικοσυστήματος. Αλλαγή των συνθηκών που επικρατούν στο οικοσύστημα π.χ. θερμοκρασίας, υγρασίας, θρεπτικών συστατικών κ.ά. διαταράσσουν τις ισορροπίες μεταξύ των οργανισμών δίνοντας την «ευκαιρία» μιας νέας μοιρασιάς της ιεραρχίας σε μία νέα κατάσταση ισορροπίας. Απότομες αλλαγές μπορεί να επιφέρουν πλήρη αδυναμία του οικοσυστήματος να «προλάβει» να ισορροπήσει και πάλι έτσι ώστε επέρχεται ο υποβιβασμός του δηλαδή η ελάττωση της κορυφής του. Η ποικιλομορφία ενός οικοσυστήματος αποτελεί τον μηχανισμό αντίστασης του στις απότομες εξωτερικές μεταβολές.



Σχήμα 3: Επίδραση της ρύπανσης στην ανάπτυξη ενός οικοσυστήματος

Με δεδομένο ότι το εμβαδόν της πυραμίδας εκφράζει την συνολική βιομάζα ενός οικοσυστήματος, η εξέλιξη του χρονικά έχει ως εξής: Στην έναρξη λειτουργίας του ένα οικοσύστημα είναι υποβαθμισμένο δηλαδή το εμβαδόν της πυραμίδας, σε σχέση με την δυνατότητα ανάπτυξής του, είναι μικρό καθώς και η κορυφή του είναι χαμηλά. Όσο περνά ο χρόνος, με πολύ αργούς ρυθμούς αυξάνεται σταδιακά η βιομάζα του οικοσυστήματος δίνοντας την απαραίτητη ενεργειακή δυνατότητα ανόδου της κορυφής. Οι ρυθμοί αυτοί επηρεάζονται επίσης και από την θερμοκρασία, την υγρασία και το pH του περιβάλλοντος. Όσο το οικοσύστημα αυξάνει τη βιομάζα του και ανεβάζει την κορυφή του τόσο αυξάνονται και οι ρυθμοί μεταφοράς μάζας από το ανόργανο υπόστρωμα

του εντός της βιομάζας. Αν οι εξωτερικές συνθήκες παραμένουν σταθερές τότε, όσο το οικοσύστημα εξελίσσεται, η κορυφή της πυραμίδας ανέρχεται με μία σχετικά ανάλογη ανάπτυξη της βάσης της. Η φυσιολογική αυτή εξέλιξη του οικοσυστήματος «σκοντάφτει» συνήθως στην έλλειψη ενός στοιχείου που είναι απαραίτητο για την περαιτέρω αύξηση της βιομάζας. Το στοιχείο αυτό ονομάζεται περιοριστικός παράγοντας ανάπτυξης (ή θρέψης) του οικοσυστήματος και συνήθως είναι είτε ο άνθρακας είτε το άζωτο είτε ο φώσφορος. Από εκεί και πέρα, το οικοσύστημα, για να σταθεροποιηθεί ακόμα περισσότερο, αυξάνει την κορυφή του είτε με εισαγωγή από άλλα οικοσυστήματα ανώτερων οργανισμών (βραχυπρόθεσμα) είτε μεταλλάσσοντας δικούς του οργανισμούς από κατώτερους σε ανώτερους (μακροπρόθεσμα). Στη περίπτωση αυτή όμως αυξανόμενης της κορυφής της πυραμίδας ελαττώνεται ανάλογα η βάση της έτσι ώστε το εμβαδόν της να παραμένει σταθερό. Η αύξηση της ποικιλομορφίας ενός οικοσυστήματος αυξάνει επίσης και την ποικιλομορφία των οργανικών μορίων που ανακυκλώνονται σ' αυτό με παράλληλη αύξηση του μέσου μοριακού βάρους και ελάττωση του ρυθμού ανακύκλωσης. Έτσι με τον τρόπο αυτό το οικοσύστημα αυξάνει την ικανότητά του να προσλαμβάνει και να συσσωρεύει την ενέργεια που του προσφέρεται.

Κάποτε ο άνθρωπος αποτελούσε μέρος των οικοσυστημάτων, σήμερα συνήθως αποτελεί εξωτερικό παράγοντα που με τις δραστηριότητές του καταλύει την βασική ιδιότητα ενός οικοσυστήματος δηλαδή του κλειστού συστήματος των οικοσυστημάτων ως προς τα ισοζύγια μάζας και ενέργειας.

Ρύπανση περιβάλλοντος: Κάθε διαταραχή των περιοδικών χρόνων ανακύκλωσης των στοιχείων ενός οικοσυστήματος που οφείλεται σε δραστηριότητες του ανθρώπου. Αν η διαταραχή είναι παροδική και μικρής έντασης τότε το οικοσύστημα επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση μετά την απομάκρυνση της διαταραχής. Αν η διαταραχή είναι μόνιμη και μικρής έντασης τότε το οικοσύστημα ισορροπεί σε μία νέα θέση δηλαδή επέρχεται μόνιμη αλλαγή των περιοδικών χρόνων ανακύκλωσης των στοιχείων του. Η μεταβολή αυτή όταν αφορά την επιβράδυνση των περιοδικών χρόνων τότε η διαταραχή ονομάζεται **τοξική ρύπανση** για το οικοσύστημα αλλά όταν αφορά την επιτάχυνση των περιοδικών χρόνων τότε ονομάζεται **οργανική ρύπανση** ή **ευτροφική ρύπανση**. Η πρόσθεση θρεπτικών για τους μικροοργανισμούς συστατικών σε ένα οικοσύστημα αποτελεί κλασική περίπτωση ευτροφισμού. Ανάλογα με την ένταση της διαταραχής είναι και ο χρόνος που απαιτείται για την σταθεροποίηση των νέων ισορροπιών που θα επέλθουν στο οικοσύστημα. Αν οι παροδικές ή μόνιμες διαταραχές σε ένα οικοσύστημα είναι μεγάλης έντασης τότε υπάρχει περίπτωση το οικοσύστημα να απαιτεί άπειρο χρόνο για να μπορέσει να ξανά ισορροπήσει. Στη περίπτωση αυτή η ρύπανση επιφέρει ολοκληρωτική καταστροφή στο οικοσύστημα.

Η ποικιλομορφία ενός οικοσυστήματος αυξάνει τις πιθανότητες επιβίωσης του στις απότομες μεταβολές των συνθηκών από εξωτερικούς φυσικούς παράγοντες που επηρεάζουν κυρίως την κορυφή του και όχι την βάση. Τέτοιες μεταβολές είναι π.χ. οι απότομες μεταβολές των καιρικών συνθηκών. Όμως αυτό δεν ισχύει στη περίπτωση απότομων μεταβολών στην βάση του οικοσυστήματος όπως είναι η ρύπανση που προκαλείται από τον άνθρωπο. Με την **οργανική** ρύπανση, μετατοπίζεται ο περιοριστικός παράγοντας ενός οικοσυστήματος δίνοντας την ευκαιρία στο οικοσύστημα να αναπτύξει περαιτέρω την συνολική ποσότητα βιομάζας του. Όμως η δυνατότητα αυτή αφορά άμεσα μόνο τη βάση της πυραμίδας η οποία αναπτύσσεται ακολουθώντας τον ρυθμό μεταβολής των θρεπτικών όσο μεγάλος και να είναι. Αν το οικοσύστημα, προ της ρύπανσης, είχε μετεξελιχθεί αρκετά, ανεβάζοντας την κορυφή του, τότε όσο πιο ψηλά έχει ανέβει αυτή και όσο η οργανική ρύπανση είναι πιο μεγάλη και απότομη τόσο πιο γρήγορη και αποφασιστική είναι η κατάρρευση του οικοσυστήματος. Παρόμοια είναι και η επίδραση της **τοξικής** ρύπανσης. Στη περίπτωση όμως αυτή η κατάρρευση προέρχεται από την απότομη συρρίκνωση της βάσης του οικοσυστήματος. Έτσι όσο πιο πρωτόγονο στην ανάπτυξή του είναι ένα οικοσύστημα τόσο πιο αποτελεσματικά αντιμετωπίζει την επιβίωσή του λόγω ρύπανσης.

Η τοξικότητα αφορά την παρεμπόδιση ανάπτυξης ενός οικοσυστήματος ενώ η **επικινδυνότητα** αφορά την ανθρώπινη υγεία όπου άμεσα ή έμμεσα μπορεί να επιδράσει μία ρύπανση. Ένα απόβλητο μπορεί να είναι τοξικό για το περιβάλλον αλλά να μην είναι επικίνδυνο για τον άνθρωπο, μπορεί να είναι επικίνδυνο για τον άνθρωπο και να μην είναι τοξικό για το περιβάλλον και τέλος να είναι και τοξικό και επικίνδυνο. Η τελευταία περίπτωση είναι και η πλέον συνηθισμένη.

Τα όρια συγκέντρωσης ρύπων ώστε να μην επέλθει καταστροφή ενός οικοσυστήματος, ονομάζονται **όρια τοξικότητας** του οικοσυστήματος. Κάθε οικοσύστημα έχει τα δικά του ιδιαίτερα όρια τοξικότητας για κάθε παράμετρο ρύπανσης και τα οποία καθορίζονται με βάση τις αρχές και τις μεθόδους της Επιστήμης Περιβάλλοντος και της Οικολογικής Μηχανικής. Μία ορθολογική ανάπτυξη ανθρώπινων δραστηριοτήτων σ' ένα οικοσύστημα απαιτεί την, όσο το δυνατόν, ακριβή γνώση των ορίων τοξικότητάς του. Ανάλογα ορίζονται και τα **όρια επικινδυνότητας**. Η τοξικότητα και η επικινδυνότητα μιας ουσίας δεν έχει νόημα χωρίς την αναφορά στη συγκέντρωσή της διότι όλες οι ενώσεις γίνονται τοξικές και επικίνδυνες από κάποια συγκέντρωση και πάνω.

Οικολογία: Η επιστήμη που μελετά τις επιδράσεις όλων των έμβιων όντων στα οικοσυστήματα και το αντίστροφο.

Επιστήμη Περιβάλλοντος: Η επιστήμη που μελετά τις επιδράσεις του ανθρώπου στα οικοσυστήματα και το αντίστροφο. Η Επιστήμη Περιβάλλοντος σε συνεργασία με την Οικολογική Μηχανική καθορίζουν τα όρια επικινδυνότητας εκπομπής ρύπων.

Οικολογική Μηχανική: Η επιστήμη που προβλέπει, μέσω μοντέλων προσομοίωσης, τις πιθανές μεταβολές που μπορούν να επέλθουν σ' ένα οικοσύστημα από την επίδραση ανθρωπίνων δραστηριοτήτων. Τα μοντέλα πρόβλεψης ανθρώπινης δράσης ↔ αντίδραση οικοσυστήματος έχουν στοχαστικό χαρακτήρα επομένως απαιτείται η στενή συνεργασία της Περιβαλλοντικής Στατιστικής με την Οικολογική Μηχανική. Η ακρίβεια των στοχαστικών μοντέλων που οικοδομούνται εξαρτάται από την διαδικασία στατιστικής επιβεβαίωσης ↔ διόρθωσης μοντέλου που απαιτεί μεγάλο βάθος χρόνου.

Οι **Τεχνολογίες Περιβάλλοντος** περιλαμβάνουν:

α) **Αντιρρυπαντική Τεχνολογία:** Η επιστήμη που καθορίζει το σύνολο των τεχνολογιών που πρέπει να εφαρμοστούν, στην έξοδο μιας ανθρώπινης δραστηριότητας, ώστε οι εκπομπές ρύπων στο περιβάλλον να μην υπερβαίνουν τα όρια επικινδυνότητας του οικοσυστήματος. Οι Τεχνολογίες Περιβάλλοντος είναι κατασταλτικές τεχνολογίες και εφαρμόζονται εφ' όσον έχουν εξαντληθεί όλες οι πιθανές λύσεις που μπορούν να προκύψουν από την εφαρμογή των **Καθαρών Τεχνολογιών** και των **Τεχνολογιών Ανακύκλωσης** οι οποίες αποτελούν προληπτικές τεχνολογίες.

β) **Καθαρές Τεχνολογίες:** Η επιστήμη που ασχολείται με τις τεχνικές και τις μεθόδους που μπορούν να μεταβάλλουν την διαδικασία μιας παραγωγικής δραστηριότητας ώστε να μεγιστοποιήσουν την χρήση των α' υλών και της ενέργειας που ισοδυναμεί με ελαχιστοποίηση των απορριπτόμενων παραπροϊόντων (απόβλητα).

γ) **Τεχνολογίες Ανακύκλωσης:** Η επιστήμη που ασχολείται με την αξιοποίηση των παραγομένων παραπροϊόντων (αποβλήτων), από οποιαδήποτε δραστηριότητα, σαν α' ύλες άλλων δραστηριοτήτων. Η ανακύκλωση των παραπροϊόντων στην ίδια δραστηριότητα αποτελεί αντικείμενο των Καθαρών Τεχνολογιών ενώ η ανάπτυξη νέων δραστηριοτήτων για την δυνατότητα αξιοποίησης παραπροϊόντων μιας δραστηριότητας αποτελεί αντικείμενο των Τεχνολογιών Ανακύκλωσης σε συνεργασία με την **Επιστήμη Υλικών**.

Σήμερα τα κατάλοιπα των προϊόντων μιας δραστηριότητας, μετά την χρήση τους ανεξαρτήτου αποστάσεως από το σημείο παραγωγής τους, ανήκουν "διοικητικά και λειτουργικά στα παραπροϊόντα της δραστηριότητας και επομένως αυτά πρέπει να συνυπολογιστούν στην αξιοποίηση ή στην επεξεργασία όλων των παραπροϊόντων στον τόπο παραγωγής. Παράδειγμα αποτελούν τα υλικά συσκευασίας, πχ η φιάλη από PET πόσιμου νερού, η οποία με τη νέα νομοθεσία πρέπει να επιστρέφεται στη βιομηχανία παραγωγής πόσιμου νερού η οποία και ευθύνεται για την διαχείρισή της και όχι η Δημοτική Επιχείρηση Διαχείρισης Στερεών Οικιακών Απορριμμάτων. Μ' αυτόν τον τρόπο η

βιομηχανία εξαναγκάζεται να εξεύρει κατάλληλη τεχνολογία ανακύκλωσης ή επεξεργασίας των υλικών συσκευασίας της. Στη προσπάθειά της αυτή, για βιώσιμη λύση, θα πρέπει να συνεργαστεί, πιθανώς, με την Επιστήμη Υλικών. Έτσι πολλές βιομηχανίες εξαναγκάστηκαν να επιστρέψουν σε γυάλινες ή χάρτινες συσκευασίες για τις οποίες γενικά υπάρχουν βιώσιμες τεχνολογίες ανακύκλωσης ή αξιοποίησης.

Πολλές φορές όταν, μετά την εφαρμογή Καθαρών Τεχνολογιών και Τεχνολογιών Ανακύκλωσης, για τα εναπομένοντα παραπροϊόντα (απόβλητα) οι εφαρμόσιμες Τεχνολογίες Περιβάλλοντος δεν είναι και βιώσιμες τότε, πιθανώς, απαιτείται ο επανασχεδιασμός της παραγωγής των προϊόντων με διαφορετικές α' ύλες ή ακόμη και την αλλαγή των προϊόντων. Στη περίπτωση αυτή απαιτείται η συμβολή της Επιστήμης Υλικών.

Η αλληλοσυσχέτιση όλων των επιστημών στη προσπάθεια να περιοριστεί, με βιώσιμο τρόπο, η επίδραση στο περιβάλλον της παραγωγής ενός προϊόντος παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα.

