



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

Τμήμα Μηχανικών
Περιβάλλοντος,
Πολυτεχνική Σχολή

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΓΕΩΧΗΜΕΙΑ

ΑΕΙΦΟΡΙΑ ΚΑΙ ΠΡΑΣΙΝΗ ΧΗΜΕΙΑ

Βιβλιογραφική Πηγή: Αρχές Περιβαλλοντικής Χημείας, Έκδοση 3^η /2015, James Girard, ISBN:
9789605830618 Τύπος: Εκδότης: ΠΑΡΙΣΙΑΝΟΥ ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΚΔΟΤΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΗ
ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΕΤΑΙΡΙΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ

Αγγελική Απ. Γαλάνη
Χημικός PhD
Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό (ΕΔΙΠ)

Αειφόρος κατανάλωση και παραγωγή

Ο κόσμος θα πρέπει να υιοθετήσει μοντέλα για πιο αειφόρο κατανάλωση και παραγωγή (ΑΚΠ).

ΣΚΟΠΟΣ:

Η μείωση της χρήσης των φυσικών πόρων και της απελευθέρωσης του διοξειδίου του άνθρακα και η παράλληλη αύξηση του ρυθμού ανακύκλωσης των αγαθών που παράγονται.

Τα χρόνια εξάντλησης γνωστών αποθεμάτων μετάλλων καθώς και ενεργειακής πρώτης ύλης.



Εικόνα από: Αρχές Περιβαλλοντικής Χημείας, Έκδοση 3^η /2015, James Girard, Εκδόσεις ΠΑΡΙΣΙΑΝΟΥ

Ο Richard Heinberg, ένας Αμερικανός δημοσιογράφος, πρότεινε πως γινόμαστε πιο αειφόρος κοινωνία κατανοώντας τα πέντε αξιώματα της αειφορίας.

1^ο

- Κάθε κοινωνία που συνεχίζει να χρησιμοποιεί κρίσιμους, μη βιώσιμους πόρους θα καταρρεύσει.

2^ο

- Η πληθυσμιακή αύξηση ή/και η αύξηση στο ρυθμό κατανάλωσης των πόρων είναι δυσβάσταχτα.

3^ο

- Για να είναι αειφόρος η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα πρέπει να γίνεται με ρυθμό μικρότερο ή ίσο της φυσικής αναπλήρωσης.

4ο

- Για να είναι αειφόρος η χρήση των μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα πρέπει να γίνεται με μειούμενο ρυθμό και ο ρυθμός της μείωσης πρέπει να είναι μεγαλύτερος ή ίσος του ρυθμού εξάντλησης.

5ο

- Η αειφορία απαιτεί τα συστατικά που καταλήγουν στο περιβάλλον από ανθρώπινες δραστηριότητες να γίνουν ελάχιστα και να καταστούν αβλαβή στις λειτουργίες της βιόσφαιρας.

Επιτροπή Ηνωμένων Εθνών (ΗΕ) στην αειφόρο ανάπτυξη

Τα Ηνωμένα Έθνη αντιλαμβάνονται πως αν δεν αρχίσουν να ακολουθούν αυτά τα αξιώματα, η κοινωνία είτε ως σύνολο είτε κάποιες πλευρές της θα έχουν φθίνουσα πορεία που θα οδηγήσουν στην κατάρρευση της.

- 1983: Σύσταση Επιτροπής των Ηνωμένων Εθνών για τη βιώσιμη Ανάπτυξη (ΕΗΕΒΑ) με σκοπό την ανάπτυξη σχεδίου καταπολέμησης του προβλήματος.
- 1987: Αναφορά της ΕΗΕΒΑ με τίτλο «Το κοινό μας μέλλον», η οποία ορίζει την αειφόρο ανάπτυξη ως «ανάπτυξη που πληροί τις ανάγκες του παρόντος, χωρίς να συμβιβάζεται με την ικανότητα των μελλοντικών γενιών να πληρούν τις δικές τους ανάγκες».

- 1992: Συνέδριο των Η.Ε. στο Ρίο ντε Τζανέιρο με θέμα το περιβάλλον και την ανάπτυξη. Η τελική αναφορά του: « Το κύριο αίτιο της συνεχούς υποβάθμισης του παγκόσμιου περιβάλλοντος είναι το μη βιώσιμο μοντέλο κατανάλωσης και παραγωγής, ειδικότερα στις βιομηχανοποιημένες χώρες, το οποίο δημιουργεί ανησυχία και επιδεινώνει τα φτώχια και τις ισορροπίες».
- 2002: Γιοχάνεσμπουργκ συνάντηση των ΗΕ. Απαίτηση για ανάπτυξη σχεδίου δέκα ετών ώστε να επιταχυνθούν τα μοντέλα αειφόρου κατανάλωσης και παραγωγής (ΑΚΠ) με ταυτόχρονη κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη και ελαχιστοποίηση της περιβαλλοντικής υποβάθμισης. **Η συγκεκριμένη προσπάθεια των Η.Ε. είναι γνωστή ως διαδικασία Marrakech**

Τριπλός ο
στόχος της
διαδικασίας
Marrakech

- Βοήθεια στις προσπάθειες των χωρών να «πρασινίσουν τις οικονομίες τους»
- Βοήθεια στις εταιρείες να αναπτύξουν πιο πράσινα μοντέλα επιχείρησης
- Ενθάρρυνση στους καταναλωτές να υιοθετήσουν πιο βιώσιμους τρόπους ζωής

Σύμφωνα με την αειφορία η μείωση στην ποσότητα υλικών που καταναλώνονται από όλους είναι απαραίτητη.

Σε τομείς όπως τα ηλεκτρονικά και οι επικοινωνίες η μείωση που παρατηρείται είναι μεγάλη.

➤ Τα χάλκινα καλώδια στις τηλεπικοινωνίες έχουν αντικατασταθεί με τις οπτικές ίνες, (πιο ελαφρές και αποτελεσματικές ενεργειακά).

Αυτό είναι παράδειγμα υποκατάστασης ενός υλικού, όπου κάποιος άφθονος υλικός πόρος, η άμμος, υποκαθιστά κάποιον πιο δυσεύρετο, το χαλκό.

Η ΕΗΕΒΑ κάνει συναντήσεις στη Νέα Υόρκη κάθε χρόνο με διετείς κύκλους που ο κάθε ένας εστιάζει σε ομάδα ειδικών θεμάτων.

2003: Στην 11^η συνεδρίασή της ΕΗΕΒΑ υιοθετήθηκε πολυετές πρόγραμμα δράσης

- 2004-2005: Νερό, εξυγίανση και ανθρώπινες εγκαταστάσεις.
- 2006-2007: Ενέργεια για αειφόρο ανάπτυξη, βιομηχανική ανάπτυξη, ρύπανση του αέρα/ατμόσφαιρας και κλιματική αλλαγή.
- 2008-2009: Γεωργία, αγροτική ανάπτυξη, γη, ξηρασία, ερημοποίηση και Αφρική.
- 2010-2011: Μεταφορά, χημικά, διαχείριση αποβλήτων, εξόρυξη και δεκαετές πλαίσιο προγραμμάτων πάνω στα μοντέλα κατανάλωσης και παραγωγής

- 2012-2013: Δάση, βιοποικιλότητα, βιοτεχνολογία, τουρισμός και βουνά.
- 2014-2015: Ωκεανοί και θάλασσες, θαλάσσιοι πόροι, μικρά αναπτυσσόμενα νησιωτικά κράτη και διαχείριση καταστροφής και ευπάθεια.
- 2016-2017: Συνολική εκτίμηση των προσπαθειών της ΕΗΕΒΑ.

Ιούνιος 2012 Βραζιλία: Τελευταία συνεδρίαση της ΕΗΕΒΑ (Rio+20) ώστε να υπογραμμιστεί:

- Η 20^η επέτειος του συνεδρίου ΗΕ το 1992 με θέμα ανάπτυξη και περιβάλλον στο Ρίο ντε Τζανέιρο
- Η 10^η επέτειος Παγκόσμιας διάσκεψης κορυφής για την αειφόρο Ανάπτυξη στο Γιοχάνεσμπουργκ το 2002

Ιούνιος 2012 Βραζιλία τελευταία συνεδρίαση της ΕΗΕΒΑ (Rio+20)

Οι συμμετέχοντες εστίασαν σε δύο θέματα

Πράσινη οικονομία στα
πλαίσια αειφόρου
ανάπτυξης και εξάλειψης
της φτώχειας.

Θεσμικό πλαίσιο για την
αειφόρο ανάπτυξη.

Συμπέρασμα από τα συνέδρια της ΕΗΕΒΑ:

Η αειφορία επηρεάζει τρεις
συνυφασμένους τομείς:

- Την οικονομία
- Την κοινωνία
- Το περιβάλλον

⊗ Αυτοί είναι γνωστοί ως το τριπλό συμπέρασμα, εξαιτίας του ότι η κατανάλωση των φυσικών πόρων είναι κεντρικό θέμα και στους τρεις τομείς.

Τα Ηνωμένα Έθνη ενθαρρύνουν
τελικά την παγκόσμια οικονομία να
ξεκινήσει την εφαρμογή της
αποσύνδεσης των πόρων και την
αποσύνδεση του αντίκτυπου.

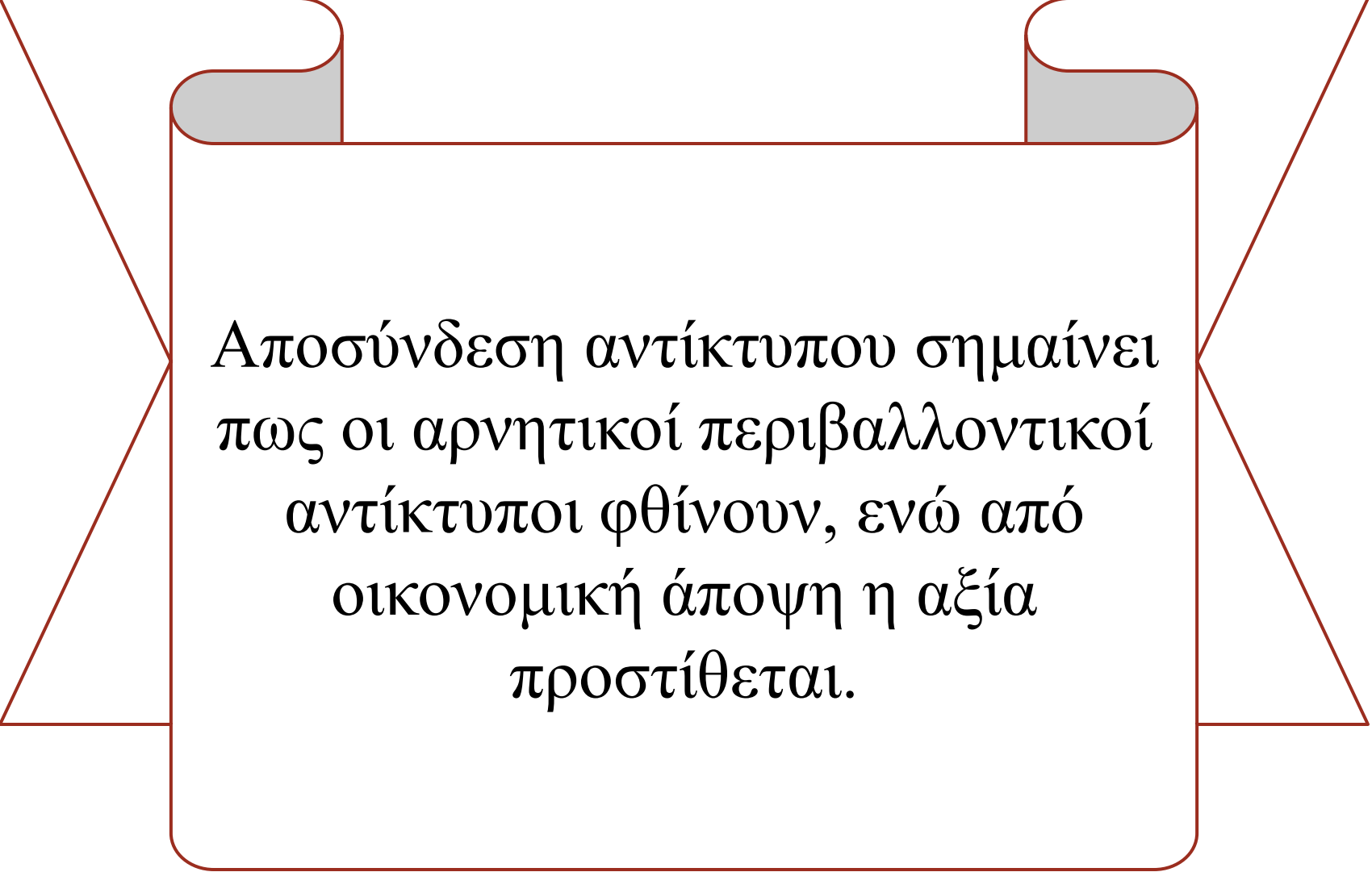
Αποσύνδεση των πόρων σημαίνει μείωση του ρυθμού της χρήσης των πρωτογενών πόρων για κάθε μονάδα οικονομικής δραστηριότητας.

Χρησιμοποιούνται λιγότεροι πόροι υλικών, ενέργειας, νερού και γης για την ίδια ή και για μεγαλύτερη οικονομική απόδοση. Η αποσύνδεση των πόρων είναι πολύ χρήσιμη όταν:

- Κάποιος πόρος είναι σπάνιος και περαιτέρω μείωσή του εμποδίζει την οικονομική βελτίωση, (παράδειγμα το πετρέλαιο, οι σπάνιες γαίες, η γόνιμη γη).
- Κάποιος πόρος θέτει μεγάλους περιβαλλοντικούς κινδύνους οι οποίοι δεν μετριάζονται με την αλλαγή του τρόπου που τον χρησιμοποιούμε και η μόνη λύση είναι η μείωση της χρήσης του, (π.χ. αμίαντος και χλωροφθοράνθρακες).
- Η χρήση του πόρου είναι άμεση απειλή για την ανθρώπινη υγεία και για το οικοσύστημα. Παράδειγμα οι τοξικές εκπομπές και οι παραμένοντες οργανικοί ρύποι.
- Οι τεχνολογικές λύσεις έχουν αρκετή δυναμική ώστε να παρεμποδιστεί η βλάβη για τον άνθρωπο και το οικοσύστημα.

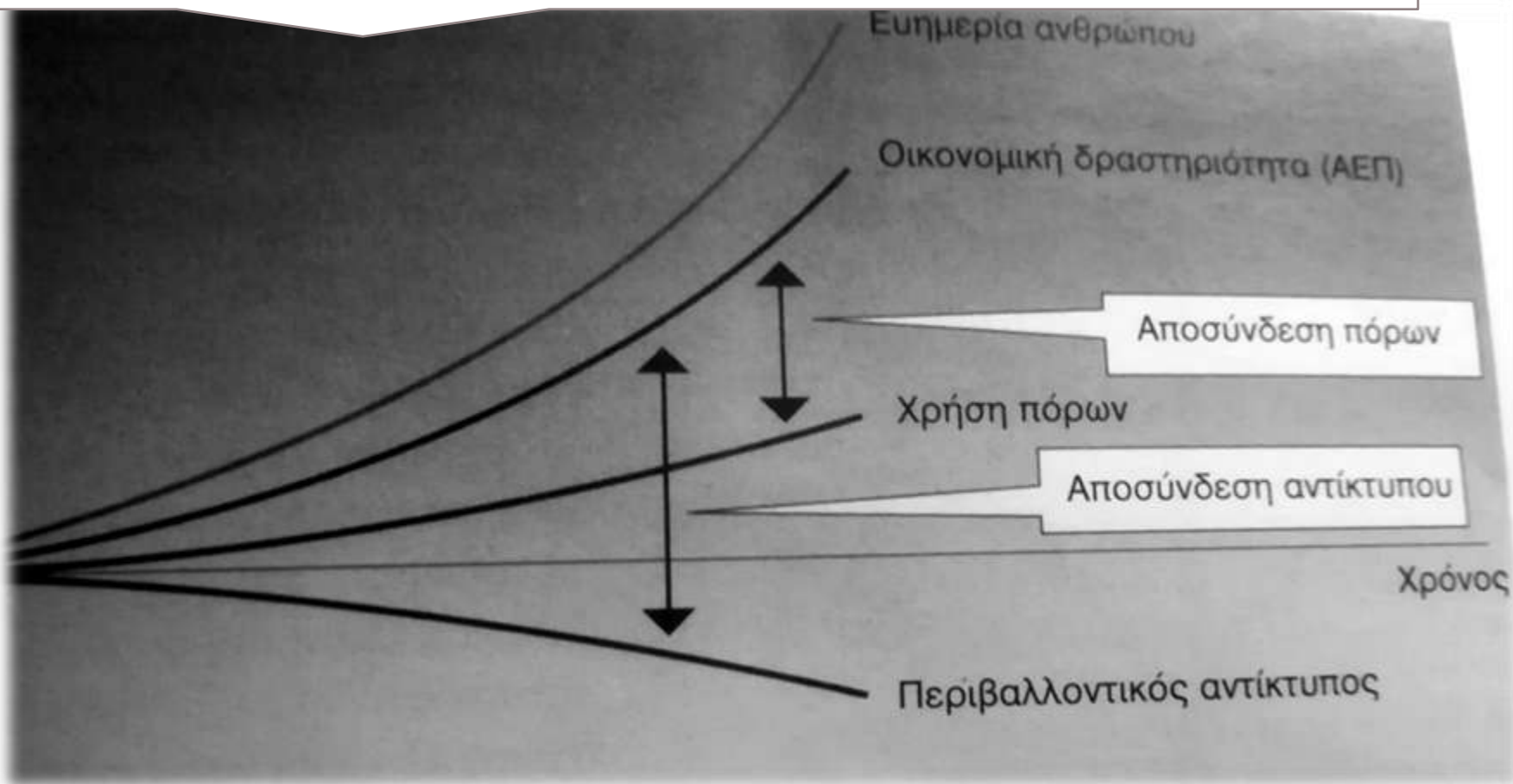
- Όταν ένας κρίσιμος πόρος γίνεται σπάνιος, τα υποκατάστατά του είναι πάντα σχεδόν κατώτερα από αυτόν.
- Παράδειγμα αποτελεί το πετρέλαιο από την άμμο πίσσας που επρόκειτο να χρησιμοποιηθεί στο μέλλον ως υποκατάστατο του συμβατικού πετρελαίου και είναι χαμηλότερης ποιότητας από αυτό. Για την επεξεργασία του απαιτείται περισσότερη ενέργεια από την επεξεργασία του συμβατικού πετρελαίου και εκπέμπεται άνθρακας κατά την εξαγωγή και κατά την απομόνωσή του.

Αν ο ρυθμός κατανάλωσης δεν μειωθεί, οι κοινωνίες θα εξαντλήσουν τις πηγές οι οποίες είναι ανώτερες και εύκολες στην απόκτησή τους και μετά θα προχωρήσουν στα υποκατάστατα τα κατώτερα των φυσικών πηγών.



Αποσύνδεση αντίκτυπου σημαίνει πως οι αρνητικοί περιβαλλοντικοί αντίκτυποι φθίνουν, ενώ από οικονομική άποψη η αξία προστίθεται.

Η αποσύνδεση αποβλέπει στη βελτίωση της οικονομικής και ανθρώπινης ευημερίας. Επιβραδύνει τη χρήση των πόρων και μειώνει τον περιβαλλοντικό κίνδυνο. (UNEP 2011).



Εικόνα από: Αρχές Περιβαλλοντικής Χημείας, Έκδοση 3^η /2015, James Girard, Εκδόσεις ΠΑΡΙΣΙΑΝΟΥ

Σε μεγάλη κοινωνία η αποσύνδεση αντίκτυπου είναι δύσκολο να μετρηθεί.

Η αποσύνδεση του αντίκτυπου απαιτεί κοινωνία που χρησιμοποιεί αποτελεσματικότερα τους πόρους με πιο πολύ σύνεση και πιο καθαρά.

Διεθνής Επιτροπή Πόρων Η.Ε.

Ξεκίνησε επίσημα τον Νοέμβριο του 2007. Το ζητούμενο είναι να παράσχει την επιστημονική ώθηση ώστε να αποσυνδεθεί η οικονομική ανάπτυξη και η χρήση των πόρων από την περιβαλλοντική υποβάθμιση.

Η επιτροπή εξετάζει την οικονομία μέσω τριών προοπτικών:

Παραγωγή

- Σε ποιους τομείς υπάρχει ο μεγαλύτερος αντίκτυπος. Βοηθά η προοπτική αυτή να αναγνωριστούν πιο καθαρές και επαρκείς τεχνολογίες.

Κατανάλωση

- Σε ποια προϊόντα υπάρχει ο μεγαλύτερος αντίκτυπος του κύκλου ζωής.

Πόροι

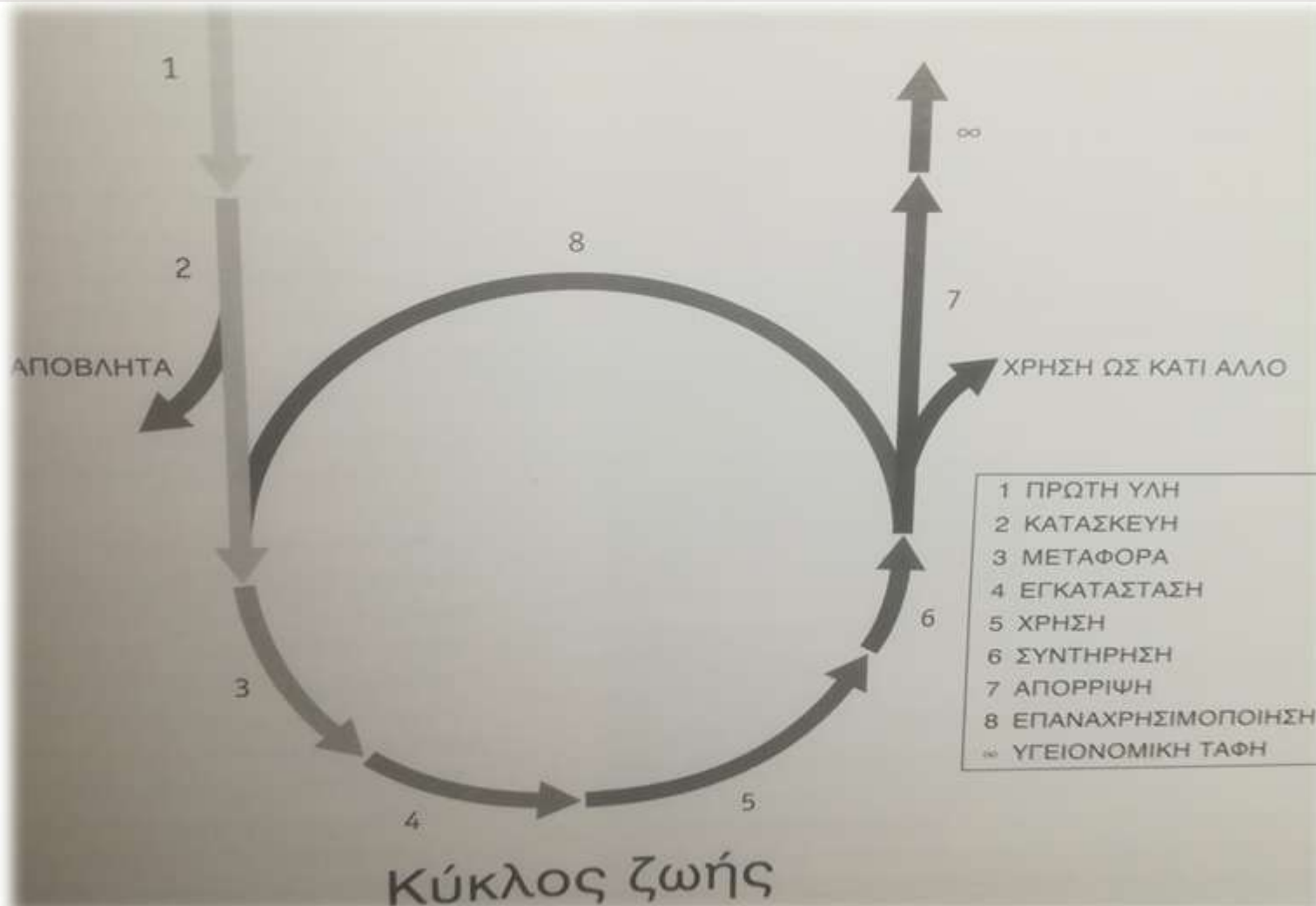
- Σε ποια υλικά υπάρχει ο μεγαλύτερος αντίκτυπος.

Η έννοια του κύκλου ζωής

- Ο κύκλος ζωής κάποιου προϊόντος εμφανίζεται σαν μια σειρά από στάδια κατά τα οποία το προϊόν κατασκευάζεται, μεταφέρεται, εγκαθίσταται, χρησιμοποιείται, συντηρείται, διατίθεται και είτε επαναχρησιμοποιείται είτε απορρίπτεται.
- Ο κύκλος ζωής αναζητά τρόπο εστίασης σε όλο τον κύκλο.

Παράδειγμα: Κατασκευάζοντας ένα προϊόν που χρησιμοποιεί πιο αποτελεσματικά την ενέργεια, ενώ αυτό είναι αποτέλεσμα επιθυμητό, ίσως δεν είναι περιβαλλοντικά σωστό, αν χρησιμοποιεί επιπλέον αμίαντο στο στάδιο της κατασκευής του.

Τα στοιχεία του κύκλου ζωής ενός προϊόντος



Εικόνα από: Αρχές Περιβαλλοντικής Χημείας, Έκδοση 3^η /2015, James Girard, Εκδόσεις ΠΑΡΙΣΙΑΝΟΥ

Εκτίμηση του κύκλου ζωής (ΕΚΖ)

- Η Περιβαλλοντική Τοξικολογία και Χημεία έχει συμβάλει στην ΕΚΖ σημαντικά.
- Ένα διεθνές πρότυπο για την ΕΚΖ δημιουργείται από τον Διεθνή Οργανισμό Προτύπων (ISO) ως κομμάτι του ISO 14000 (Πρότυπα για τα Συστήματα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης)

Μια από τις καλύτερες μεθόδους ΕΚΖ αναπτύχθηκε από το Περιβάλλον Καναδάς που ακολουθεί τέσσερα βήματα, τα εξής:

1. **Χαρτογράφηση του κύκλου ζωής των προϊόντων.**

Στάδια κύκλου

- Εξαγωγή και συγκομιδή της πρώτης ύλης. Πρωτογενής εξαγωγή πόρων μέσω της εξόρυξης ή της συγκομιδής.
- Τυποποίηση/διαδικασία. Εξευγενισμός, τήξη, άλεσμα, άλλες διεργασίες της πρώτης ύλης.
- Βιομηχανική παραγωγή/συσκευασία. Σχηματισμός, συνδυασμός ή και συναρμολόγηση τελικών προϊόντων σε προϊόντα για χρήση.
- Μεταφορά και διανομή. Μεταφορά, αποθήκευση και λιανικό εμπόριο καθώς και άλλες δραστηριότητες που απαιτούνται ώστε τα υλικά ή ένα προϊόν να βγουν στην αγορά.

- Χρήση και λειτουργία του προϊόντος. Συμπεριλαμβάνεται η συντήρηση και η επιδιόρθωση.
- Επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση. Διαχείριση όσων χρήσιμων εξαρτημάτων και υλικών απομένουν μετά το τέλος της ζωής του προϊόντος.
- Απόρριψη και τελική απόρριψη των αποβλήτων που μένουν στο τέλος της ζωής του προϊόντος.

2. Αναγνωρίζοντας εισόδους και εξόδους

Είσοδοι

- Κύρια υλικά, προϊόντα και εξοπλισμός που χρησιμοποιούνται για να παράγουν το προϊόν
- Συμπληρωματικά υλικά, (π.χ. συσκευασία, αναλώσιμα για μηχανήματα παραγωγής κλπ.)
- Ενέργεια, (ηλεκτρική ή καύσιμα)
- Μεταφορά, (σχετική ενέργεια για την παράδοση υλικών ή των τελικών προϊόντων ή την μεταφορά εργατών

- Νερό για βιομηχανικές διεργασίες για την παραγωγή ατμού, για κατανάλωση από ανθρώπους, ζώα, για καθάρισμα ή και για άρδευση.

Έξοδοι

- Εμπορεύσιμα προϊόντα. Τα κύρια προϊόντα και τα χρήσιμα παραπροϊόντα.
- Εκπομπές αερίων από την καύση καυσίμων και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Εδώ περιλαμβάνονται τα αέρια θερμοκηπίου, ο σχηματισμός οξέων ή αερίων τα οποία παράγονται από το όζον, επικίνδυνους αέριους ρύπους και αιωρούμενα σωματίδια.
- Απορροές νερού. Απορρίψεις σε λίμνες, σε ποτάμια και σε υπόγεια νερά.
- Στερεά και υγρά απόβλητα. Συλλέγονται και απορρίπτονται σε χώρους υγειονομικής ταφής ή εγκαταστάσεις επικίνδυνων αποβλήτων.

- Έδαφος, ακαλλιέργητες περιοχές, άγρια ζωή. Καταστροφή των οικοσυστημάτων άγριας ζωής, διαταραχές εδαφικές, εκχερσώσεις, έλεγχος βλάστησης, καθαρισμός των περιοχών άγριας φύσης.
- Τυχαίες εκλύσεις. Απελευθέρωση χημικών ή βιολογικών παραγόντων που πιθανά να θέσουν σε κίνδυνο το περιβάλλον, την υγεία ή την ασφάλεια.

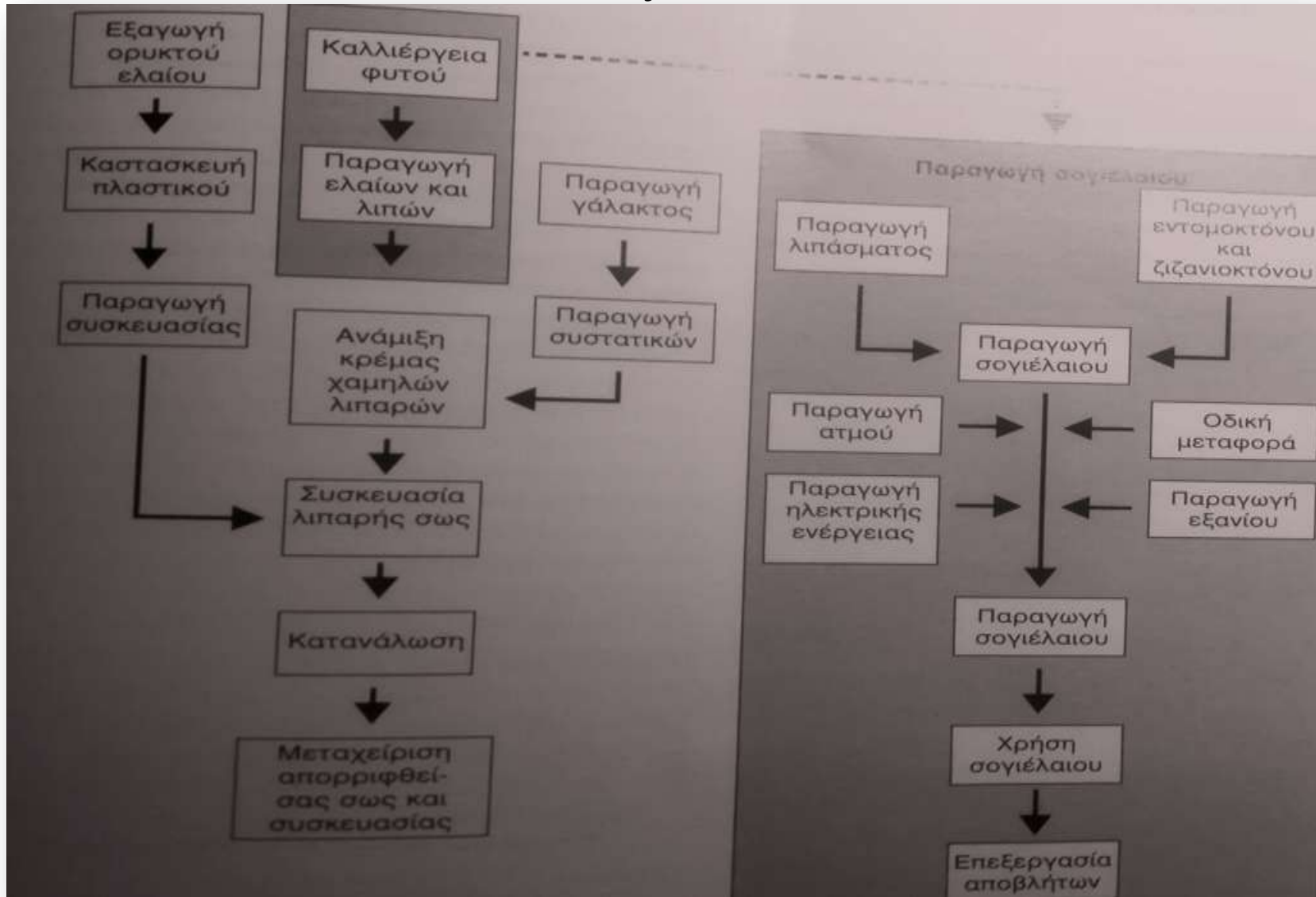
3. Σχεδιασμός καταλόγου

Σκοπό έχει την αναγνώριση περιβαλλοντικών βελτιώσεων στο προϊόν καθώς και στο σύστημα διαχείρισης του προϊόντος κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής.

4. Δέσμευση προμηθευτών

Εντοπισμός προμηθευτών και ερώτησή τους εάν θα συμμετάσχουν στην ΕΚΖ.

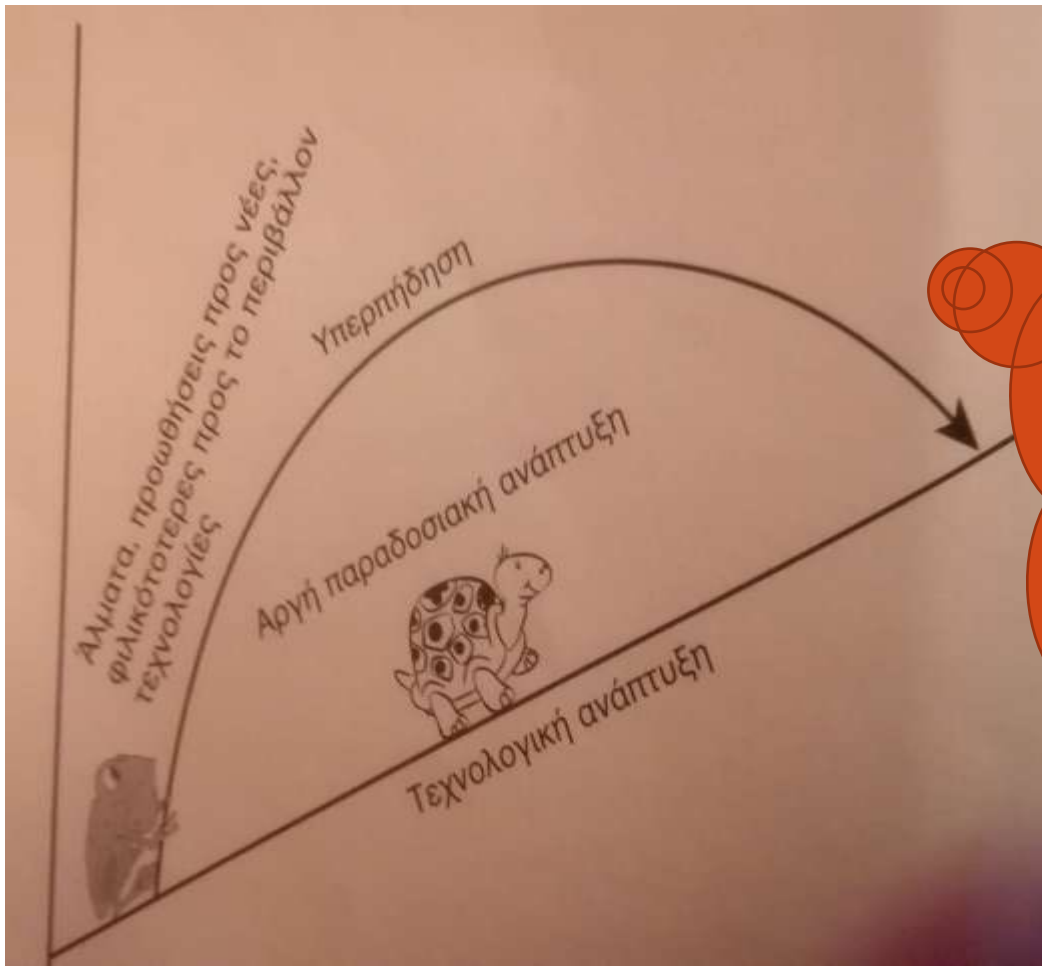
Χάρτης κύκλου ζωής για την παραγωγή σως που απλώνεται σε σάντουιτς.



Εικόνα από: Αρχές Περιβαλλοντικής Χημείας, Έκδοση 3^η /2015, James Girard, Εκδόσεις ΠΑΡΙΣΙΑΝΟΥ

Τεχνολογία υπερπήδησης

Εγκατάλειψη των βημάτων παραδοσιακής ανάπτυξης, προκειμένου να προσεγγιστεί η προχωρημένη τεχνολογία ταχύτερα.



Η υιοθέτηση
τεχνολογίας
ηλιακής
ενέργειας στα
αναπτυσσόμενα
έθνη είναι
παράδειγμα
υπερπήδησης

Εικόνα από: Αρχές Περιβαλλοντικής Χημείας, Έκδοση 3^η /2015, James Girard, Εκδόσεις ΠΑΡΙΣΙΑΝΟΥ

Αειφορία και χημεία

- Η χημεία θα πρέπει να γίνει πιο αειφόρος, διότι οι πρώτες ύλες και η ενέργεια που χρησιμοποιούνται γίνονται συνεχώς και πιο σπάνιες.
- Η χημικοί έχουν επανασχεδιάσει με την πάροδο των ετών τις χημικές μετατροπές ώστε να μεγιστοποιήσουν την απόδοση και να μειώσουν την απελευθέρωση των χημικών στο περιβάλλον.
- Η καινοτομία συνεχίζεται με εστίαση στην πράσινη χημεία.

Πράσινη Χημεία

- Ο όρος πράσινη χημεία επινοήθηκε το 1991 από τον Paul Anastas, εργαζόμενο στην ΥΠΠ, στην προσπάθεια να τονιστεί η μείωση των πηγών ρύπανσης.
- Οι αρχές της πράσινης χημείας επικεντρώνονται στο να γίνουν οι βιομηχανικές διαδικασίες πιο πολύ βιώσιμες, με το να ελαχιστοποιήσουν τη χρήση αλλά και τη δημιουργία επικίνδυνων συστατικών.
- Η πράσινη χημεία δεν επικεντρώνονται στο μέγεθος των αποβλήτων αλλά στο να μειώσει και να εμποδίσει τη ρύπανση στην πηγή της.

Από το 1991 έχουν αναπτυχθεί οι 12 αρχές της πράσινης χημείας

- 1. Πρόληψη.** Προτιμότερο να προλαμβάνονται τα απόβλητα, παρά να επεξεργάζονται και να καθαρίζονται στη συνέχεια.
- 2. Ατομική οικονομία.** Πρόκειται για το σχεδιασμό συνθετικών μεθόδων με σκοπό την αύξηση στο μέγιστο της ενσωμάτωσης όλων των υλικών που χρησιμοποιούνται κατά τη διαδικασία για το τελικό προϊόν.
- 3. Λιγότερο επικίνδυνες χημικές συνθέσεις.** Πρόκειται για το σχεδιασμό συνθετικών μεθόδων για χρήση και δημιουργία συστατικών που ελαχιστοποιούν την τοξικότητα για το περιβάλλον και τον άνθρωπο.

4. **Σχεδιασμός ασφαλέστερων χημικών.** Τα χημικά προϊόντα να σχεδιάζονται έτσι ώστε να δρουν αποτελεσματικά αλλά να ελαχιστοποιείται ταυτόχρονα και η τοξικότητά τους.
5. **Ασφαλέστεροι διαλύτες και βοηθητικά υλικά.** Όπου είναι δυνατόν ελαχιστοποιεί τη χρήση των βοηθητικών συστατικών και όταν χρησιμοποιούνται τα καθιστά αβλαβή.
6. **Σχεδιασμός για ενεργειακή αποτελεσματικότητα.** Ελαχιστοποιεί τις απαιτήσεις για ενέργεια των χημικών διεργασιών και όταν είναι δυνατόν εφαρμόζει συνθετικές μεθόδους σε θερμοκρασία και σε πίεση περιβάλλοντος.

7. **Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών.** Χρήση ανανεώσιμων ακατέργαστων ή πρώτων υλών όποτε είναι πρακτικό.
8. **Μειωμένη χρήση παραγώγων.** Καθιστά ελάχιστα ή και αποτρέπει τα περιττά παράγωγα, εάν είναι δυνατόν, που απαιτούν επιπλέον αντιδραστήρια και παράγουν απόβλητα.
9. **Κατάλυση.** Τα καταλυτικά αντιδραστήρια είναι προτιμότερα από τα μη καταλυτικά.
10. **Σχεδιασμός αποικοδόμησης.** Σχεδιασμός χημικών προϊόντων που να αποσυντίθενται σε αβλαβή που δεν παραμένουν στο περιβάλλον.

- 11. Ανάλυση σε πραγματικό χρόνο για την πρόληψη της ρύπανσης.** Η ανάπτυξη αναλυτικών μεθοδολογιών που είναι απαραίτητες ώστε να είναι δυνατή η παρακολούθηση και ο έλεγχος σε πραγματικό χρόνο, της όλης διαδικασίας πριν το σχηματισμό επικίνδυνων ουσιών.
- 12. Ασφαλέστερη χημεία για την πρόληψη ατυχημάτων.** Επιλογή των συστατικών και της μορφής που χρησιμοποιούνται σε μια χημική διαδικασία, ώστε να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα χημικών ατυχημάτων, στα οποία συμπεριλαμβάνονται η απελευθέρωση τοξικών συστατικών αλλά και οι εκρήξεις και η φωτιά.

Παραδείγματα πράσινης χημείας

- Πιο πράσινοι διαλύτες

- ✓ Στεγνό καθάρισμα των ρούχων. Οι περισσότεροι στεγνοί καθαριστές 20 χρόνια πριν χρησιμοποιούσαν ως διαλύτη το τετραχλωροαιθυλένιο (γνωστό ως perc). Αυτό ενοχοποιείται ως καρκινογόνο για τον άνθρωπο από την ΥΠΠ. Η Καλιφόρνια δήλωσε το 1991 ότι το perc είναι τοξική ουσία και το 2023 η χρήση του θα καταστεί παράνομη στην πολιτεία. Σε πρόσφατη έρευνα του Πανεπιστημίου της Georgetown αποδεικνύεται ότι το perc παραμένει στα στεγνά καθαρισμένα ρούχα και τα επίπεδά του αυξάνονται με τα επαναλαμβανόμενα καθαρίσματα. Βασικός λόγος που παρεμποδίζεται η αντικατάσ.ταση του perc με το υγροποιημένο CO₂ είναι η μικρή διαλυτότητα των πιο πολλών υλικών σε αυτό. Πρόσφατα έχουν αναπτυχθεί επιφανειοδραστικά συστατικά για στεγνό καθάρισμα με CO₂

➤ Καθάρισμα των τσιπ των υπολογιστών. Για πάνω από 30 χρόνια φωτοανθεκτικά πολυμερή αφαιρούνταν με διάλυμα Piranha(θειικό οξύ και υπεροξείδιο του υδρογόνου). Η χρήση των διαλυμάτων Piranha δημιούργησε ατμοσφαιρική, εδαφική αλλά και υδατική ρύπανση. Η SC Fluids συνεργαζόμενη με το Εθνικό Εργαστήριο Los Alamos ανέπτυξε καινούργια διαδικασία την SCORR που αφαιρεί τα φωτοανθεκτικά κατάλοιπα από τα τμήματα των ημιαγωγών και το κλειδί της αποτελεσματικότητάς της είναι η χρήση του υγροποιημένου CO₂.

- **Πλαστικά φιλικά προς το περιβάλλον**

- Ανακυκλώσιμα χαλιά. Η πολυολεφίνη στο κάτω μέρος των χαλιών αντικαθιστά το PVC (υλικό που δεν ανακυκλώνεται εύκολα).
- Πολυγαλακτικό οξύ. Το 2002, το βραβείο πράσινης χημείας δόθηκε στην NatureWorks, εταιρία της Cargill για την παραγωγή ενός βιοδιασπώμενου πλαστικού, του πυρογαλακτικού οξέος, (PLA) από καλαμπόκι. Το PLA χρησιμοποιείται σε εμπορικά προϊόντα για την αντικατάσταση συνθετικών πολυμερών που παράγονται από το πετρέλαιο. Χρησιμοποιείται ευρέως σε συσκευασίες φαγητών και μπορεί να ανακυκλωθεί.

➤ Φιλμ και μεμβράνες κυτταρίνης. Το 2005 το βραβείο πράσινης χημείας δόθηκε στον Robin Rogers (Πανεπιστήμιο Αλαμπάμα), ο οποίος ανακάλυψε πως η κυτταρίνη διαλύεται αυθόρμητα σε ένα ιοντικό υλικό. Η κυτταρίνη γνωστό αδιάλυτο συστατικό, μόλις διαλυθεί είναι δυνατόν να καταβυθιστεί από το ιοντικό υγρό με προσθήκη νερού. Η ανακάλυψη παρέχει μηχανισμό για το σχηματισμό φιλμ, μεμβρανών και ινών κυτταρίνης.

- **Αντικαθιστώντας το χλώριο**

Το H_2O_2 είναι εξαιρετικό, εάν εξαιρεθεί η υψηλή τιμή του. Η Headwaters Technology Innovation κατασκεύασε καταλύτη που διευκολύνει τη σύνθεση υπεροξειδίου του υδρογόνου απευθείας από οξυγόνο και υδρογόνο. Η καινοτομία αυτή ονομάζεται NxCat και βασίζεται σε καταλύτη παλλαδίου-λευκόχρυσου που ελαχιστοποιεί τις επικίνδυνες συνθήκες από τα αντιδρώντα και τα παραπροϊόντα και δεν παράγει τοξικά απόβλητα.

- **Αντικαθιστώντας τα τοξικά μέταλλα**
 - Το ύτριο στη βαφή των αυτοκινήτων
 - Αφαιρώντας το αρσενικό και το χρώμιο από ξυλεία επεξεργασμένη με πίεση.
- **Εντομοκτόνα φιλικά στο περιβάλλον**
- **Οικονομία του ατόμου**

Σε μια ιδανική χημική διαδικασία, το ποσό των αντιδρώντων ισούται με το ποσό των προϊόντων που παράγονται και κανένα άτομο δεν χάνεται. Η κακή οικονομία του ατόμου είναι συνηθισμένη στη φαρμακευτική σύνθεση που η επιθυμία για παραγωγή ακριβής συνθετικής χημικής ένωσης οδηγεί στη χρήση μιας σειράς διαδοχικών αντιδράσεων που παράγουν την επιθυμητή φαρμακευτική ένωση αλλά παράγουν και πολλά παραπροϊόντα που μπορούν να θεωρηθούν απόβλητα.

Βιβλιογραφία

- Αρχές Περιβαλλοντικής Χημείας, Έκδοση 3^η /2015, James Girard, ISBN: 9789605830618 Τύπος: Εκδότης: ΠΑΡΙΣΙΑΝΟΥ ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΚΔΟΤΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΗ ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΕΤΑΙΡΙΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ