

ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ & ΒΙΩΣΙΜΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ

Καθηγητής **ΞΕΝΟΦΩΝ ΣΠΗΛΙΩΤΗΣ**
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΓΑΙΟΠΟΛΙΣ - ΛΑΡΙΣΑ

Πίνακας περιεχομένων

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
2. ΟΡΙΣΜΟΙ	6
2.1. ΑΕΙΦΟΡΙΑ	6
2.2. ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ	8
2.3. ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ	10
2.4. ΑΝΑΛΥΣΗ SWOT ΓΙΑ ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΕΝΑΝΤΙ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ	13
2.5. Η ΕΝΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	15
3. ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ	17
4. ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΩΣ.	23
5. ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ - ΕΝΑ ΝΕΟ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ	28
6. ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΣΕ ΜΙΚΡΗ ΚΛΙΜΑΚΑ	32
6.1 Εφαρμογή της Κυκλικής Οικονομίας στους τομείς της παραγωγής: η εμφάνιση οικολογικού σχεδιασμού και καθαρότερης παραγωγής	32
6.2. Η Κυκλική Οικονομία στον τομέα της κατανάλωσης: ευθύνη των καταναλωτών και πράσινες δημόσιες συμβάσεις	33
6.3. Η Κυκλική Οικονομία στη διαχείριση των αποβλήτων: ανάκτηση πόρων και πρόληψη περιβαλλοντικών επιπτώσεων	34
7. ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΣΕ ΜΕΣΑΙΑ ΚΛΙΜΑΚΑ	35
7.1. Οικολογική Βιομηχανική Ανάπτυξη στην Κίνα	36
8. ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΣΕ ΜΕΓΑΛΗ ΚΛΙΜΑΚΑ	40
8.1. Οικο-πόλεις (Eco-cities)	40
8.1.1. Κυκλική Οικονομία στις πόλεις	41
8.2. Συνεργατικά μοντέλα κατανάλωσης	42
8.3. Καινοτόμα προγράμματα διαχείρισης αποβλήτων και μηδενικών αποβλήτων	43
8.4. Αποσύνδεση της οικονομικής ανάπτυξης από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις	44
8.4.1. Αποσύνδεση στην Ευρώπη	44
8.4.2. Αποσύνδεση στην Κίνα	45
8.4.3. Αποσύνδεση σε όλο τον κόσμο	45
8.5 Τεχνολογίες Ενεργοποίησης της Κυκλικότητας	46
8.6 Η Τεχνητή Νοημοσύνη Μπορεί να επιταχύνει τη μετάβαση σε μια Κυκλική Οικονομία	47
8.6.1 Σχεδιασμός κυκλικών προϊόντων, εξαρτημάτων και υλικών	49
8.6.2 Λειτουργία κυκλικών επιχειρηματικών μοντέλων	50
8.6.3 Βελτιστοποίηση υποδομών για τη διασφάλιση κυκλικών ροών προϊόντων και υλικών	50
8.7 Ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης προς λύσεις κυκλικής οικονομίας	51

8.8 Κριτικές	52
9. ANTI ΕΠΙΛΟΓΟΥ	55
9.1 Ο χάρτης του 21^{ου} αιώνα	55
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	59

For six billion people deeply indoctrinated in the ethics of growth, a turndown and descent of civilization is unthinkable. That this descent could be prosperous is so inconceivable that it is unmentionable... Showing a good way down is a call for everyone to think ahead and plan. –

Odum and Odum (2001)

The crisis consists precisely in the fact that the old is dying and the new cannot be born; in this interregnum morbid phenomena of the most varied kind come to pass.

(Gramsci, A. (2011). Antonio Gramsci Prison Notebooks. New York: Columbia University Press.: 32–33.)

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

"Μόνο όταν θα έχει πεθάνει και το τελευταίο δένδρο, και θα έχει μολυνθεί και το τελευταίο ποτάμι και θα έχει πιαστεί και το τελευταίο ψάρι, θα καταλάβουμε ότι... δεν μπορείς να φας χρήματα. Ακόμη κι αν προσπαθήσεις, δεν είναι και πολύ θρεπτικά." (Ινδιάνος του Καναδά πριν από 300 χρόνια). Το πραγματικό ερώτημα σε σχέση με την παραπάνω φράση είναι: "ποιο θα είναι το κόστος αν δεν κάνουμε κάτι για να μη συμβεί το παραπάνω;...": η ανθρώπινη υγεία, η υγεία του οικοσυστήματος, ο βίος πάνω απ' όλα. Μία άλλη γυναίκα του Καναδά, η οποία έλαβε τον τίτλο UNEP leader, ανέφερε σε εισαγωγική της ομιλία: **"Πρότασή μου είναι να προκαλέσουμε εποικοδομητική καταστροφή του κατεστημένου."**

Παράδειγμα πραγματικού δείκτη κατάρρευσης του οικοσυστήματος είναι η μείωση του πληθυσμού των βατράχων, ως συνάρτηση της αύξησης του πληθυσμού των ανθρώπων. Σύμβολο της αναγκαίας πορείας μας σήμερα πρέπει να γίνουν τα λουλούδια. Ένα λουλούδι μπορεί να ζήσει άλλοτε στο νερό, άλλοτε στο χώμα και άλλοτε στον αέρα. Άλλο βάζει τις ρίζες του βαθιά στη γη και κάθε μέρα ακολουθεί τον ήλιο μαζεύοντας ενέργεια.

Κοιτώντας σήμερα τις ανθρώπινες δραστηριότητες, είναι φανερό ότι η ανθρωπότητα γεμίζει τη Γη σκουπίδια. Η ικανότητα που έχουμε να χειραγωγούμε το περιβάλλον έχει κατά πολύ ξεπεράσει τη δυνατότητά μας να κατανοούμε τις συνέπειες της χειραγώγησης αυτής. Η επίδραση των ενεργειών μας είναι πολύ μεγαλύτερη από την κατανόηση που έχουμε για το οικοσύστημα. Για παράδειγμα πριν είκοσι χρόνια τα CFC's θεωρήθηκαν ωφέλιμες και ασφαλείς ουσίες. Μέχρι που εμφανίστηκε το πρόβλημα του στρώματος του όζοντος.

Ο Αλβέρτος Αϊνστάιν πριν τριάντα χρόνια είπε: **"Αν πρόκειται να επιβιώσουμε χρειάζεται να βρούμε ένα νέο τρόπο σκέψης."** Πρέπει να αναζητούμε τις αιτίες των προβλημάτων και να προσπαθούμε να τα ελαχιστοποιούμε στην πηγή, με την επανασχεδίαση των προϊόντων και των διαδικασιών παραγωγής, με διαφορετικές εταιρικές αξίες και κυβερνητικές πολιτικές ώστε να εξασφαλίσουμε την αλλαγή στην πράξη.

Το αντικείμενο των διαλέξεων του μαθήματος "Κυκλική οικονομία και βιώσιμη ανάπτυξη", επιχειρεί ακριβώς αυτή την προσέγγιση στον αναγκαίο νέο τρόπο σκέψης. Μ' αυτή την αφορμή, θα αναφέρω τα λόγια του Διευθυντού της Διεθνούς Επιτροπής Το Κοινό μας Μέλλον: **"έχουμε την υποχρέωση να αλλάξουμε τον τρόπο που αντιμετωπίζουμε τα πράγματα, ώστε να μπορέσουμε να εξασφαλίσουμε στις μελλοντικές γενιές το δικαίωμα να καλύπτουν τις ανάγκες τους."**

Η πρόκληση σήμερα είναι πως θα κατορθώσουμε να εφαρμόσουμε την ιδέα της βιώσιμης ανάπτυξης. Πώς θα προχωρήσουμε πέρα από το "πρέπει" και θα το μετατρέψουμε σε δράση. Ψάχνουμε για ένα κοινό στόχο. **Ποιοι είναι όμως οι στόχοι μας;** Πρέπει να περιλαμβάνουν τη μείωση του περιβαλλοντικού κινδύνου, τον επανασχεδιασμό των παραγωγικών διαδικασιών, των αγαθών και των καταναλωτικών συνηθειών, καθώς και τη βελτίωση του οικονομικού αποτελέσματος. Πώς, παραδείγματος χάριν, θα μειώσουμε τη ρύπανση των νερών, των ακτών ή του αέρα κατά τρόπο οικονομικά και περιβαλλοντικά αποτελεσματικό;

Μερικές Αλλαγές προς την Κατεύθυνση της Βιωσιμότητας, περιλαμβάνουν:

- Κυβερνητικές αλλαγές
- Ακαδημαϊκές αλλαγές
- Επιχειρησιακές αλλαγές

- Μη Κυβερνητικές αλλαγές
- Εργατικές αλλαγές
- Αλλαγές στα Μέσα Ενημέρωσης
- Αγροτικές αλλαγές
- Αλλαγές στους Θρησκευτικούς Οργανισμούς
- Καταναλωτικές αλλαγές

Κατά την τελευταία δεκαετία, δίνεται παγκοσμίως μεγάλη προσοχή στη νέα ιδέα της Κυκλικής Οικονομίας και της ανάπτυξής της, με στόχο να αποτελέσει μια καλύτερη εναλλακτική λύση στο κυρίαρχο μοντέλο οικονομικής ανάπτυξης, το λεγόμενο "παίρνω-φτιάχνω-πετάω". Οι αρνητικές επιπτώσεις που προκαλούνται από το τελευταίο είναι η απειλή της σταθερότητας των οικονομιών και της ακεραιότητας των φυσικών οικοσυστημάτων που είναι απαραίτητα για την επιβίωση της ανθρωπότητας.

Η αειφόρος ανάπτυξη απαιτεί ισόρροπη και ταυτόχρονη εξέταση των οικονομικών, περιβαλλοντικών, τεχνολογικών και κοινωνικών πτυχών μιας οικονομίας, τομέα ή μεμονωμένης βιομηχανικής διαδικασίας, καθώς και της αλληλεπίδρασης μεταξύ όλων αυτών των πτυχών. Η Κυκλική Οικονομία συμβάλλει θετικά στη συμφιλίωση όλων των στοιχείων, χάρη στη βασική λογική της, κυρίως ριζωμένης σε περιβαλλοντικές, πολιτικές, καθώς και οικονομικές και επιχειρηματικές πτυχές. Η Κυκλική Οικονομία προωθεί μια πιο κατάλληλη και περιβαλλοντικά ορθή χρήση των πόρων που αποσκοπούν στην υλοποίηση μιας πιο πράσινης οικονομίας, που χαρακτηρίζεται από ένα νέο επιχειρηματικό μοντέλο και καινοτόμες ευκαιρίες απασχόλησης (Ίδρυμα Ellen Mac Arthur), καθώς και από τη βελτίωση της ευημερίας και των προφανών επιπτώσεων στην ισότητα εντός και μεταξύ των γενεών όσον αφορά τόσο τη χρήση των πόρων όσο και την πρόσβαση: ***"Ένας κόσμος στον οποίο η φτώχεια είναι ενδημική θα είναι πάντα επιρρεπής σε οικολογικές και άλλες καταστροφές"***

Συνολικά, η πρόκληση για μια προληπτική και αναγεννητική οικολογική ανάπτυξη δεν είναι μια "περισσότερο από τα ίδια" προσέγγιση, που αναζητά την αυξημένη εφαρμογή των "πράσινων" τεχνολογιών, αλλά αντίθετα απαιτεί μια ευρύτερη και πολύ πιο ολοκληρωμένη ματιά στο σχεδιασμό, ριζικά εναλλακτικές λύσεις σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής οποιασδήποτε διαδικασίας, καθώς και στην αλληλεπίδραση μεταξύ της διαδικασίας, του περιβάλλοντος και της οικονομίας στην οποία είναι ενσωματωμένη. Έτσι η αναγέννηση δεν θα σημαίνει μόνο υλική ή ενεργειακή ανάκτηση, αλλά θα συνεπάγεται αντίθετα βελτίωση ολόκληρου του μοντέλου διαβίωσης και της οικονομίας σε σύγκριση με την προηγούμενη οικονομία και διαχείριση των πόρων. Η Κυκλική Οικονομία έχει τη δυνατότητα να κατανοήσει και να εφαρμόσει ριζικά νέα πρότυπα βοηθώντας την κοινωνία να επιτύχει αυξημένη βιωσιμότητα και ευημερία με χαμηλό ή μηδενικό κόστος υλικών, ενέργειας και περιβάλλοντος.

Τέλος, τα πρότυπα βιωσιμότητας (όπως η Κυκλική Οικονομία δεν απαιτούν μόνο καινοτόμες ιδέες αλλά και καινοτόμους παίκτες. Στην πραγματικότητα, λόγω της πολυπλοκότητας του οράματος για την αειφόρο ανάπτυξη, τις περισσότερες φορές η εφαρμογή του πρέπει να υποστηρίζεται από σχεδιαστές καινοτομίας και μεσάζοντες που παρέχουν υπηρεσίες και σχέδια για κατάλληλες ριζικές αλλαγές τόσο στις πρακτικές όσο και τις πολιτικές, καθώς και στα εργαλεία λήψης αποφάσεων.

2. ΟΡΙΣΜΟΙ

2.1. ΑΕΙΦΟΡΙΑ

Οι ανησυχίες για την αειφορία ενσωματώνονται όλο και περισσότερο στις ατζέντες των υπευθύνων χάραξης πολιτικής και τις στρατηγικές των εταιρειών. Ο όρος **αειφορία** προέρχεται από το γαλλικό ρήμα *soutenir* (υποστηρίζω) [1] και η σύγχρονη σύλληψή του έχει τις ρίζες του στη δασοκομία. Βασίζεται στην αρχή της δασοκομίας ότι η ποσότητα του ξύλου που συλλέγεται δεν πρέπει να υπερβαίνει τον όγκο του όταν αυτό δημιουργηθεί ξανά. Αυτή η σύλληψη έχει ήδη καταγραφεί στις αρχές του 18ου αιώνα στο "*Sylvicultura oeconomica*" [2], και φαίνεται να υπάρχουν ακόμη παλαιότερες αναφορές για εφαρμογή αυτής της βασικής αρχής σε περιπτώσεις έλλειψης εφοδιασμού σε ξύλο και σε γεωργικά συνεργατικά συστήματα [3]. Αργότερα, η ιδέα μεταφέρθηκε στο πλαίσιο της οικολογίας, ως αρχή σεβασμού στην ικανότητα της φύσης να αναγεννάται [4], από όπου και ο σύγχρονος ορισμός που αναπτύχθηκε, ως η "ικανότητα να διατηρηθεί σε ένα συγκεκριμένο ρυθμό ή επίπεδο" [5].

Υπολογίζεται ότι έχουν διατυπωθεί περί τους 300 ορισμούς για την "αειφορία" [6]. Για να αναφερθώ μόνο σε λίγους, η αειφορία μπορεί να ορισθεί ως μια κατάσταση στην οποία η ανθρώπινη δραστηριότητα λαμβάνει χώρα με τρόπο που να διατηρούνται οι λειτουργίες των γήινων οικοσυστημάτων [7], μια μεταμόρφωση του ανθρώπινου τρόπου ζωής που βελτιστοποιεί την πιθανότητα, οι συνθήκες διαβίωσης να υποστηρίζουν συνεχώς την ασφάλεια, ευημερία και υγεία, διατηρώντας την επάρκεια μη αντικαταστάσιμων αγαθών και υπηρεσιών [8], ή μια επ' άπειρο διαιώνιση όλων των μορφών ζωής [9].

Η υιοθέτηση της ιδέας της αειφορίας εντοπίζεται στα διαρκώς αυξανόμενα ανησυχητικά στοιχεία σχετικά με περιβαλλοντικούς κινδύνους παγκόσμιας κλίμακας, όπως η εξάντληση του όζοντος, η κλιματική αλλαγή, η απώλεια της βιοποικιλότητας ή η αλλοίωση του κύκλου του αζώτου. Αυτοί οι κίνδυνοι έχουν διερευνηθεί συστηματικά από τη δεκαετία του 1960, δημιουργώντας ερωτήματα σχετικά με το αν η παρούσα ευημερία μπορεί να διατηρηθεί και στο μέλλον [10,11] και, κατά συνέπεια, αποκαλύπτοντας πολλές πηγές εντάσεων. Αυτές περιλαμβάνουν, για παράδειγμα, τα περιορισμένα αποθέματα πόρων, τη γεωγραφική ανισοκατανομή και διαθεσιμότητα [12], και τις επιπτώσεις της αφομοίωσης του δυναμικού των οικοσυστημάτων προς όφελος της οικονομικής ανάπτυξης [13].

Αυτές οι πηγές εντάσεων συμπυκνώθηκαν από τους περιβαλλοντολόγους Ehrlich και Commoner στην εξίσωση τους " $I = P \times A \times T$ ". Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις (I) είναι συνάρτηση τριών παραγόντων: του πληθυσμού (P), της ευημερίας (A), που εκφράζεται από την κατανάλωση και της τεχνολογίας (T) [14,15,16]. Η έμφαση που δίνεται στον πληθυσμό, την κατανάλωση και τεχνολογίες, καθώς και η σχέση μεταξύ αυτών των μεταβλητών, ποικίλλει σημαντικά μεταξύ των μελετητών. Ορισμένοι τονίζουν τη σημασία του δημογραφικού ελέγχου [17], άλλοι υποστηρίζουν τη μείωση των επιπέδων κατανάλωσης [18], και ένας αυξανόμενος αριθμός μελετητών τονίζει το ρόλο της επιστήμης, της τεχνολογίας και της καινοτομίας [19,20,21].

Η εμφάνιση τέτοιων εντάσεων τροφοδότησε μια σειρά διεθνών συζητήσεων για τον περίπλοκο και δυναμικά διασυνδεδεμένο χαρακτήρα του περιβάλλοντος, της κοινωνίας και της οικονομίας [22]. Οι συζητήσεις αυτές αμφισβήτησαν υπερβολικά απλοποιημένες απόψεις και τις παραδοχές τους για την οικονομική ανάπτυξη. Η διάσκεψη της Στοκχόλμης το 1972 και η έκθεση "*Limits to Growth*" είχε μεγάλη απήχηση στον προσδιορισμό των όρων "Ανάπτυξη" και "Περιβάλλον" ως αντιφατικών στοιχείων που πρέπει να ισορροπήσουν [23,24]. Ωστόσο, πληρέστερη κατανόηση της **αειφόρου ανάπτυξης** δόθηκε με την Έκθεση

Brundtland (1987), η οποία δεν προέκυψε ως αναδιατύπωση συμβιβαστικών όρων, αλλά μάλλον ως απάντηση στις προφανείς αντιθέσεις τους [25]: “Η έννοια της **βιώσιμης ανάπτυξης** συνεπάγεται όρια - όχι απόλυτα, αλλά περιορισμούς που υπαγορεύονται από το σημερινό επίπεδο της τεχνολογίας και της κοινωνικής οργάνωσης σχετικά με τους περιβαλλοντικούς πόρους και από την ικανότητα της βιόσφαιρας να απορροφήσει τα αποτελέσματα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων” [26].

Η Επιτροπή Brundtland παρείχε επίσης τον πλέον αποδεκτό ορισμό της αειφορίας ως **“ανάπτυξη που ανταποκρίνεται τις ανάγκες του παρόντος χωρίς να διακυβεύεται η ικανότητα των μελλοντικών γενεών να καλύψουν τις δικές τους ανάγκες”** [26]. Παρά την ταύτιση του όρου **“αειφόρος ανάπτυξη”** με τις αρχικές περιβαλλοντικές ανησυχίες, ο όρος στεγάζει μια ποικιλία προσδοκιών για επιθυμητή πρόοδο: “οι συγκεκριμένες προκλήσεις της αειφόρου ανάπτυξης είναι τόσο ετερογενείς και περίπλοκες όσο και η ποικιλομορφία των ανθρώπινων κοινωνιών και των φυσικών οικοσυστημάτων σε όλο τον κόσμο” [22]. Η τρέχουσα ερμηνεία του ρήματος “to sustain (διατηρώ)” αναφέρεται στη συντήρηση μη καθορισμένων χαρακτηριστικών με την πάροδο του χρόνου, ενώ η “ανάπτυξη” μπορεί να περιλαμβάνει πολλαπλάσιες ερμηνείες, που ποικίλλουν ανάλογα με τις αξίες, τα ενδιαφέροντα και τις ισχύουσες συμβάσεις. Εν τούτοις, όλες οι αντιλήψεις για αειφόρο ανάπτυξη φαίνεται να προκαλούν συναισθήματα επιθυμίας και καλοσύνης (ή αποφυγής της κακίας), καλλιεργώντας αντανεκλαστικά απέναντι σε κοινές ευθύνες και εναλλακτικές κατευθύνσεις προόδου [27].

Ιδιαίτερα σχετικοί με την ευρεία διάδοση του όρου “αειφόρος ή βιώσιμη ανάπτυξη” και των σύγχρονων αντιλήψεων για τον ορισμό του, είναι οι τρεις πυλώνες (Triple Bottom Line – TBL) [28]: **“άνθρωποι, κέρδος και πλανήτης”**. Μετά την παγκόσμια διάσκεψη κορυφής το 2002,



Σχήμα 1: Triple Bottom Line

Πηγή: <https://www.dreamstime.com/stock-illustration-triple-bottom-line-caring-social-responsibility-environmental-protection-economic-prosperity-image83373831>

οι τρεις πυλώνες έχουν αναφερθεί ως η ισορροπημένη ολοκλήρωση της οικονομικής, περιβαλλοντικής και κοινωνικής απόδοσης. Οι τρεις σφαίρες συνδέονται συστηματικά και συνεχώς και, σωρευτικά επηρεάζουν ο ένας τον άλλο μέσω της αμοιβαίας αιτιότητας και του θετικής ανατροφοδότησης [29]. Με άλλα λόγια, ενεργούν ως “αλληλεξαρτώμενοι και αλληλοενισχυόμενοι πυλώνες” (Γενική Συνέλευση του ΟΗΕ, 2005) που μπορεί να προσαρμοστούν σε ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών πλαισίων και χρονικών οριζόντων [30].

Με βάση αυτό, και όσον αφορά τη διατήρηση του ολιστικού, προσαρμοστικού και ευέλικτου χαρακτήρα της αειφορίας, ο όρος βιωσιμότητα πλαισιώνεται ως “η ισορροπημένη και συστημική ολοκλήρωση της ενδοεπιχειρησιακής οικονομικής, κοινωνικής και περιβαλλοντικής απόδοσης”.

Αντί απλώς να θέτει κοινούς στόχους, η βιωσιμότητα ανοίγει το εύρος πολλαπλών προσδοκιών ήτοι, τι πρέπει να αναπτυχθεί και τι πρέπει να διατηρηθεί, για πόσο καιρό, και προς όφελος τίνος [31]. Έχει ενθαρρύνει την αντανάκλαστικότητα σχετικά με τον τρόπο επέκτασης της ενδογενεακής ευημερίας, διατηρώντας ταυτόχρονα τα συστήματα υποστήριξης της ζωής που χρειάζονται για ικανοποίηση διαγενεακών αναγκών.

Παρά την απόκλιση ανάμεσα στα δυνατά και αδύνατα σημεία του όρου “αειφόρος ή βιώσιμη ανάπτυξη” και των σχετικών απαντήσεων, η βιωσιμότητα θεσμοθετήθηκε στις ατζέντες των πολιτικών και των στρατηγικών των μεγάλων οργανισμών, που ενσωματώνουν αθροιστικά τους κανόνες που διαμορφώνουν τις κοινωνικές παρεμβάσεις και τις συμπεριφορές [32]. Ενώ ενσωματώνει ένα ευρύ φάσμα αντιφάσεων και διφορούμενες από διαφορετικό ενδιαφέρον ομάδων, η έννοια αποδεικνύεται ότι είναι μια “**πολιτική έννοια τόσο ανθεκτική όσο είναι δημοκρατία, δικαιοσύνη και ελευθερία**” [33].

2.2. ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

1. Σύμφωνα με το Ίδρυμα Ellen MacArthur [60], ο επί του παρόντος κυρίαρχος οικονομικός σχεδιασμός έχει τις ρίζες του στην ιστορικά άνιση κατανομή του πλούτου ανά γεωγραφική περιοχή. Δεδομένου ότι οι καταναλωτές των πόρων έχουν επικεντρωθεί σε μεγάλο βαθμό στις πιο ανεπτυγμένες περιοχές (δηλαδή στις δυτικές κοινωνίες), και οι εισροές υλικών προέρχονται όλο και περισσότερο από παγκόσμιες πηγές, τα βιομηχανικά έθνη έχουν βιώσει αφθονία υλικών πόρων και ενέργειας. Συνέπεια αυτού του σχεδιασμού είναι, τα υλικά να παραμένουν φθηνά σε σύγκριση με το κόστος της ανθρώπινης εργασίας. Κατά συνέπεια, οι παραγωγοί έχουν κίνητρο να υιοθετήσουν επιχειρηματικά μοντέλα που βασίζονται σε εκτεταμένη χρήση των υλικών, εξοικονομώντας από την ανθρώπινη εργασία. Επιπλέον, όσο περισσότερη ενέργεια και υλικά ήταν σε θέση να χρησιμοποιήσουν για να συμπληρώσουν το ανθρώπινο κεφάλαιο, τόσο πιο ανταγωνιστικό πλεονέκτημα θα μπορούσαν να καταφέρουν να κερδίσουν. Η φυσική συνέπεια του συνδυασμού “φθηνό υλικό / ακριβό εργατικό δυναμικό” είναι η παραμέληση της ανακύκλωσης και επανάχρησης με ταυτόχρονη έμφαση στη δημιουργία αποβλήτων. Οι κανονιστικοί, λογιστικοί και δημοσιονομικοί κανόνες υποστήριξαν αυτό το καθεστώς, καθώς δεν προέβλεπαν πρωτόκολλα για την επιβάρυνση των παραγωγών σε σχέση με τις εξωτερικές δραστηριότητες, επομένως οι παραγωγοί αποθαρρύνθηκαν να εξετάσουν το εξωτερικό κόστος των δραστηριοτήτων τους. Επιπλέον, το σύστημα είχε μια φυσική αδράνεια κλειδώματος, καθώς οι επίσημες διαδικασίες έγκρισης προϊόντων ευνοούν τις υπάρχουσες πρακτικές έναντι ριζικών αλλαγών και επαναπροσδιορισμού των βασικών αρχών. **Το αποτέλεσμα αυτού του οικονομικού σχεδίου είναι η γραμμική οικονομία.** Η ουσία του γενικά συνοψίζεται στο “εξορύσσω - φτιάχνω - πετάω”. Δηλαδή, πάρτε τους πόρους που χρειάζεσαι, φτιάξε τα προϊόν που θα πωληθεί για να συσσωρευθεί κέρδος και πέτα ότι δεν χρειάζεσαι - συμπεριλαμβανομένου και του προϊόντος στο τέλος του κύκλου ζωής του.

Με βάση εμπειρικά δεδομένα και οικονομική μοντελοποίηση, το Ίδρυμα Ellen MacArthur [60] επιχειρεί ποσοτικοποίηση μέρους του κόστους του γραμμικού μοντέλου. Η έκθεση του

Ινστιτούτου Έρευνας για την Αειφόρο Ευρώπη (SERI), ισχυρίζεται ότι 21 δις. τόνοι υλικών που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή δεν ενσωματώνονται στο τελικό προϊόν (δηλαδή χάνονται κατά το μετασχηματισμό των υλικών, στην παραγωγή, ως αχρησιμοποίητα υποπροϊόντα, λόγω αναποτελεσματικότητας, ως αποτέλεσμα προβλημάτων αποθήκευσης κ.λπ.). Το Ίδρυμα Ellen MacArthur [60] αναφέρεται σε στοιχεία της Eurostat (2011) [165], σύμφωνα με τα οποία ο όγκος των εισροών υλικών στην ευρωπαϊκή οικονομία αντιστοιχεί σε 65 δις. τόνους το 2010, εκ των οποίων 2,7 δις. τόνοι θάφτηκαν ως απόβλητα, εκ των οποίων μόλις το 40% χρησιμοποιήθηκε εκ νέου σε οποιαδήποτε μορφή (π.χ. μέσω ανακύκλωσης, επαναχρησιμοποίησης ή λιπασματοποίησης). Τα μη διαχειριζόμενα απόβλητα έχασαν όχι μόνο την αρχική τους λειτουργικότητα, αλλά και σπαταλήθηκαν και ως ενεργειακοί πόροι.

Ενώ η γραμμική οικονομία υπήρξε ιδιαίτερα επιτυχής στη δημιουργία υλικού πλούτου για τα βιομηχανικά έθνη μέχρι τον 20ο αιώνα, επιδεικνύει αδυναμίες στη νέα χιλιετία και προβλέπεται η τελική κατάρρευση στο εγγύς μέλλον. Με βάση τα στοιχεία επαγγελματικών πηγών, το Ίδρυμα Ellen MacArthur (2013) [60] δηλώνει ότι οι τιμές των βασικών εμπορευμάτων βρίσκονται σε ένα σημείο καμψής από το 1999 και το προηγουμένως φθίνον κόστος των υλικών απέκτησε μια ασταθή ανοδική δυναμική. Οι αυξητικές τιμές και η υψηλή μεταβλητότητα μπορούν να αποδοθούν στην αυξημένη ζήτηση που ώθησε την παραγωγή σε ένα σημείο στην καμπύλη κόστους όπου η αύξηση της παραγωγής κοστίζει ακριβά και λόγω της εξάντλησης των τοποθεσιών εξόρυξης εύκολης πρόσβασης, γεγονός που εκθέτει την εξόρυξη και σε τεχνολογικούς κινδύνους. Αυτή η τάση συνδυάστηκε και με τον αυξανόμενο ανταγωνισμό, ο οποίος εμπόδισε τις εταιρείες να μεταβιβάσουν τις αυξανόμενες τιμές στους πελάτες τους - ασκώντας συμπίεση στα κέρδη των επιχειρήσεων και μειώνοντας την αξία της συνολικής οικονομικής παραγωγής.

Σύμφωνα με το Ίδρυμα Ellen MacArthur (2013) [60], η προέκταση αρκετών από τις τρέχουσες τάσεις δείχνει επιδείνωση του δυναμικού της γραμμικής οικονομίας στα μελλοντικά έργα. Η δημογραφική εξέλιξη της ανθρωπότητας μετατοπίζει περαιτέρω τη συγκέντρωση του πληθυσμού από τα παραδοσιακά πυκνοκατοικημένα βιομηχανικά έθνη προς τις αναδυόμενες αγορές. Η τάση αυτή, σε συνδυασμό με την αστραπιαία οικονομική ανάπτυξη της Κίνας και της Ινδίας, αυξάνει την παγκόσμια μάζα των καταναλωτών της μεσαίας τάξης κατά περίπου 3 δις. με αντίστοιχη κατανάλωση, που προβλέπεται να κοστίζει 3 τρις. δολάρια ετησίως σε επενδύσεις σε υποδομές [166]. Σύμφωνα με το Ίδρυμα Ellen MacArthur (2013) [60], η αποτυχία επίτευξης αυτού το επιπέδου επενδύσεων, ωθεί σε αύξηση της οικονομίας με περιορισμό της προσφοράς – ιδίως στις δυτικές οικονομίες που λειτουργούν ήδη στη μέγιστη ικανότητά τους, για παράδειγμα όσον αφορά τα τρόφιμα. Η αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων είναι θεμελιωδώς δύσκολη, ακόμη και αν υποβαθμισθούν οι τοπικές και παγκόσμιες πολιτικές εντάσεις, η αυξανόμενη διασύνδεση των αγορών μέσω της παγκοσμιοποίησης και η υποβάθμιση του περιβάλλοντος.

Αν και το περιβαλλοντικό φορτίο της ανθρωπότητας είναι γνωστό ότι επιβαρύνεται από την εκβιομηχάνιση, από την αρχή της νέας χιλιετίας 1,5 Πλανήτη Γη εκτιμάται ότι είναι αναγκαίος για να υποστηρίξει την κοινωνική, οικονομική και δημογραφική ύπαρξή μας (WWF, 2012 [167]). Σε μια προσπάθεια ιεράρχησης των ανθρώπινων επιπτώσεων στο οικοσύστημα, εισήχθη η έννοια των Πλανητικών Ορίων [168], με αναφορά σε βασικά περιβαλλοντικά όρια τα οποία, όταν ξεπεραστούν, μπορούν να αλλάξουν το σημερινό οικοσύστημα αμετάκλητα. Σε πρόσφατη έρευνα [169], αναφέρεται ότι τέσσερα από τα εννέα Πλανητικά Όρια έχουν ήδη ξεπεραστεί: το κλίμα έχει ήδη αλλάξει, η βιόσφαιρα έχει χάσει την ακεραιότητά της, το σύστημα γης έχει τροποποιηθεί και οι βιογεωχημικοί κύκλοι έχουν

καταστραφεί. Η Αξιολόγηση οικοσυστήματος της Χιλιετίας (2005, την οποία επικαλείται το Ίδρυμα Ellen MacArthur (2013)[60]), αναφέρει ότι δεκαπέντε από τις αναγνωρισμένες είκοσι τέσσερις υπηρεσίες του οικοσυστήματος (δηλαδή διαδικασίες της φύσης που υποστηρίζουν την ανθρώπινη ευημερία) χρησιμοποιούνται με μη βιώσιμο τρόπο ή εξαντλούνται. Με βάση αυτές τις διαπιστώσεις, υποστηρίζεται ότι η σχετική σταθερότητα και οι αργά εξελισσόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες που ήταν χαρακτηριστικές στην γεωλογική εποχή του Ολοκαίνου έχουν ξεπεραστεί από την εποχή του Ανθρωποκαίνου, η οποία διακρίνεται για τις απότομες και δραματικές αποκλίσεις που προκαλούνται από την οικονομική δραστηριότητα, καθώς και τα κοινωνικά και δημογραφικά βάρη που επιβάλλονται από την ανθρωπότητα. Αν και δεν είναι ευρέως αποδεκτή η ριζοσπαστικότητα των ιδεών που προτείνονται από την έρευνα για τα Πλανητικά Όρια, είναι αναμφισβήτητο ότι η φυσική ανοχή του κόσμου στην ανθρώπινη μειώνεται και το οικοσύστημα δείχνει σημάδια φθοράς.

2.3. ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

Η ιδέα της Κυκλικής Οικονομίας απέκτησε δυναμική από τα τέλη της δεκαετίας του 1970 (EMF, 2013β). Αρκετοί συγγραφείς, [34,35,36], αποδίδουν την εισαγωγή της έννοιας στους Pearce και Turner [37]. Περιγράφεται ο τρόπος που οι φυσικοί πόροι επηρεάζουν την οικονομία είτε ως εισροές για παραγωγή και κατανάλωση, είτε ως εκροές με τη μορφή αποβλήτων, διερευνάται το γραμμικό και ανοιχτό στο τέλος της γραμμικής διαδρομής, χαρακτηριστικό των σύγχρονων οικονομικών συστημάτων. Αυτό επηρεάζεται από την περιγραφή της γης ως κλειστό και κυκλικό σύστημα με περιορισμένη αφομοιωτική ικανότητα, από το οποίο και συνάγεται ότι η οικονομία και το περιβάλλον πρέπει να συνυπάρχουν σε ισορροπία.

Οι Stahel και Reday [37] εισήγαγαν ορισμένα χαρακτηριστικά της Κυκλικής Οικονομίας, με έμφαση στη βιομηχανική οικονομία. Επινοήθηκε στη συνέχεια μια οικονομία βρόχου για την περιγραφή βιομηχανικών στρατηγικών, πρόληψη αποβλήτων, δημιουργία περιφερειακών θέσεων εργασίας, αποδοτικότητα πόρων και αποϋλοποίηση της βιομηχανικής οικονομίας. Τονίστηκε επίσης η πώληση της χρήσης αντί της ιδιοκτησίας αγαθών ως το πιο σχετικό βιώσιμο επιχειρηματικό μοντέλο για μια οικονομία βρόχου, επιτρέποντας στις βιομηχανίες να επωφεληθούν χωρίς να αναλάβουν το κόστος και τους κινδύνους που σχετίζονται με τα απόβλητα [38].

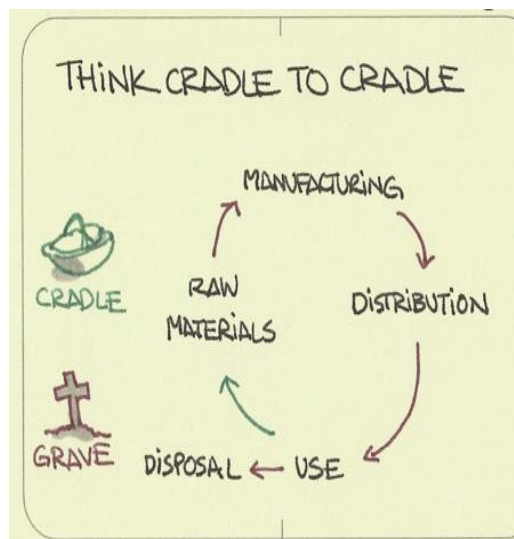
Η σύγχρονη κατανόηση της κυκλικής οικονομίας και οι πρακτικές της εφαρμογές σε οικονομικά συστήματα και βιομηχανικές διαδικασίες έχει εξελιχθεί και ενσωματώσει διαφορετικά χαρακτηριστικά και συνεισφορές από μια ποικιλία από έννοιες που μοιράζονται την ιδέα των κλειστών βρόχων. Μερικές από τις εν λόγω πιο σχετικές θεωρητικές επιρροές είναι η προσέγγιση **“από την πηγή στην πηγή” (cradle to cradle)** [39], οι νόμοι της οικολογίας [40], η οικονομία βρόχου και επιδόσεων [41], ο αναγεννητικός σχεδιασμός [42], η βιομηχανική οικολογία [43], η βιομημητική [44], και η μπλε οικονομία [45].

Ο πιο γνωστός ορισμός έχει πλαισιωθεί από το Ίδρυμα Ellen MacArthur, που παρουσιάζει την Κυκλική Οικονομία ως **“μια βιομηχανική οικονομία που είναι αποκαταστατική ή αναγεννητική από πρόθεση και σχεδιασμό”** [46]. Ομοίως, εστιάζοντας στην κινεζική εφαρμογή της έννοιας [47], η Κυκλική Οικονομία περιγράφεται ως η **“πραγματοποίηση ροής υλικών σε κλειστό θρόγχο για ολόκληρο το οικονομικό σύστημα”**. Ο Webster [48] προσθέτει ότι **“μια κυκλική οικονομία είναι αποκαταστατική από σχεδιασμό, στοχεύοντας στη διατήρηση των προϊόντων, των εξαρτημάτων και των υλικών στην υψηλότερη χρησιμότητα και αξία τους, ανά πάσα στιγμή”**. Οι Yuan et al. [49] διατύπωσαν την άποψη ότι

“ο πυρήνας της Κυκλικής Οικονομίας είναι η κυκλική (κλειστή) ροή υλικών και χρήση πρώτων υλών και ενέργειας μέσω πολλαπλών φάσεων”. Οι Bocken et al. [50] κατηγοριοποίησαν τα χαρακτηριστικά της Κυκλικής Οικονομίας ορίζοντάς την ως “Στρατηγικές σχεδιασμού και επιχειρηματικού μοντέλου που επιβραδύνουν, κλείνουν και περιορίζουν τους βρόχους πόρων”.

Με βάση τις παραπάνω διαφορετικές συνεισφορές, η Κυκλική οικονομία ορίζεται ως *αναγεννητικό σύστημα στο οποίο η είσοδος και η σπατάλη πόρων, οι εκπομπές και η διαρροή ενέργειας ελαχιστοποιούνται με επιβράδυνση, κλείσιμο και στένωση των βρόχων ενέργειας. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω μακροχρόνιου σχεδιασμού, συντήρησης, επισκευής, επαναχρησιμοποίησης, ανακατασκευής, ανακαίνισης και ανακύκλωσης.*

Η κυκλική οικονομία τυγχάνει αυξημένου ακαδημαϊκού ενδιαφέροντος με μια σειρά από κριτικές σχετικά με το [34,35,36,53]. Συγκεκριμένες περιοχές που προσελκύουν την προσοχή είναι η αξία των κλειστών βρόχων και εφοδιαστικών αλυσίδων [55,56,57,58], κυκλικά επιχειρηματικά μοντέλα [50] και κυκλικός σχεδιασμός προϊόντων [59].



Σχήμα 2: Cradle to Cradle

Πηγή: <https://www.sketchplanations.com/post/79507636455/think-cradle-to-cradle-from-michael-braungart>

Το Ίδρυμα Ellen MacArthur ανακοίνωσε μια σειρά δημοσιεύσεων στο θέμα της Κυκλικής Οικονομίας, συμπεριλαμβανομένου ενός βιβλίου [48] και μιας σειράς αναφορών (EMF, 2014, 2013α [60], 2013β [46]). Το Ίδρυμα λειτουργεί επίσης ως κόμβος – συνεργάτης για επιχειρήσεις, υπεύθυνους χάραξης πολιτικής και ακαδημαϊκούς. Πολλοί σύμβουλοι έχουν έως τώρα αξιοποιήσει τις ευκαιρίες που προσφέρει η Κυκλική Οικονομία (π.χ. Lacey and Rutqvist, 2015 [61] και McKinsey μέσω της υποστήριξης του Ιδρύματος Ellen MacArthur στο EMF, 2013α [60], b [46]). Το Σχήμα 3 δείχνει πώς τα τεχνολογικά και βιολογικά προϊόντα και υλικά, με βάση τα θρεπτικά συστατικά εναλλάσσονται στο οικονομικό σύστημα, το καθένα με το δικό του σύνολο χαρακτηριστικών, ενώ στον **Πίνακα 1** δίδονται εξηγήσεις των όρων του Σχήματος 3.

Η ιδέα έχει επίσης προσελκύσει τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, επηρεάζοντας κυβερνήσεις και διακυβερνητικές υπηρεσίες σε τοπικό, περιφερειακό, εθνικό και διεθνές επίπεδο. Η Γερμανία υπήρξε πρωτοπόρος στην ενσωμάτωση της Κυκλικής Οικονομίας στους εθνικούς νόμους, με διαχειριστική Πράξη, ήδη από τις αρχές του 1996, με τη θέσπιση του “Κλειστού Κύκλου υλικών και αποβλήτων” [36]. Ακολούθησε η Ιαπωνία το 2002 με τον “Βασικό νόμο για τη θέσπιση μιας κοινωνίας που βασίζεται στην ανακύκλωση” [62], και η Κίνα το 2009 με “Νόμο για την προώθηση της κυκλικής οικονομίας στη Λαϊκή Δημοκρατία

Biochemicals extraction	Εφαρμογή διεργασιών μετατροπής βιομάζας και χρήση εξοπλισμού για την παραγωγή χημικών προϊόντων χαμηλού όγκου/υψηλής αξίας, ή χαμηλής αξίας/μεγάλου όγκου υγρών καυσίμων μεταφοράς και, ως εκ τούτου, την παραγωγή καυσίμων, ενέργειας, χημικών ουσιών από βιομάζα και την παραγωγή καυσίμων για παραγωγή θερμότητας διεργασιών. Σε ένα “βιοδιυλιστήριο”, οι διεργασίες αυτές συνδυάζονται για να παράξουν περισσότερα από ένα προϊόντα ή τύπους ενέργειας.
Composting	Βιολογική διαδικασία κατά την οποία φυσικοί μικροοργανισμοί (π.χ. βακτηρίδια και μύκητες), έντομα, σαλιγκάρια, και γαιοσκώληκες αποσυνθέτουν τα οργανικά υλικά (όπως τα φύλλα, τα αποκόμματα χλόης, τα κλαδέματα από κήπους και ορισμένα απόβλητα τροφίμων) προς ένα υλικό σαν χώμα αποκαλούμενο κομπόστ. Η κομποστοποίηση είναι μια μορφή ανακύκλωσης, ένας φυσικός τρόπος επιστροφής βιολογικών θρεπτικών συστατικών στο έδαφος.
Anaerobic digestion	Διαδικασία κατά την οποία οι μικροοργανισμοί αποσυνθέτουν τα οργανικά υλικά, όπως τα απορρίμματα τροφίμων, την κοπριά και την ιλύ βιολογικών καθαρισμών, ελλείψει οξυγόνου. Η αναερόβια χώνευση παράγει βιοαέριο και ένα στερεό υπόλειμμα. Το βιοαέριο, συντίθεται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας παρόμοια με το φυσικό αέριο. Το στερεό υπόλειμμα μπορεί να εναποτεθεί στα εδάφη ή να κομποστοποιηθεί και να χρησιμοποιηθεί ως βελτιωτικό του εδάφους.
Energy recovery	Μετατροπή μη ανακυκλώσιμων αποβλήτων σε θερμότητα, ηλεκτρική ενέργεια ή καύσιμα μέσω ποικίλων <i>waste-to-energy</i> διαδικασιών, συμπεριλαμβανομένης της καύσης, αεριοποίησης, πυρόλυσης, αναερόβιας χώνευσης και ανάκτησης αερίων υγειονομικής ταφής.
Landfilling	Διάθεση αποβλήτων σε χώρο που χρησιμοποιείται για την ελεγχόμενη εναπόθεση στερεών αποβλήτων επί ή εντός της γης.

2.4. ΑΝΑΛΥΣΗ SWOT ΓΙΑ ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΕΝΑΝΤΙ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ

Αν και υπάρχουν τεράστια οφέλη και ευκαιρίες από την κυκλική οικονομία, είναι επίσης απαραίτητο να αντιμετωπισθούν μια σειρά από δυσκολίες. Η κυκλική οικονομία συνεπάγεται μια πιο διαχειρίσιμη σπατάλη, ανακυκλώσιμους πόρους, κερδοφόρους οργανισμούς και πιο βιώσιμο περιβάλλον, ωστόσο, η συνειδητοποίησή της είναι υπό συζήτηση και η υιοθέτηση των τάσεων της κυκλικής οικονομίας από παραγωγικούς κλάδους και κυβέρνηση εξακολουθεί να είναι αρκετά ελάχιστη. Ένα σύνολο νόμων, Έρευνας και Ανάπτυξης, κεφαλαίων και εισαγωγικών κανόνων καθώς και ενημερωτικών εκστρατειών, πρέπει να προγραμματισθούν και υλοποιηθούν. Στα επόμενα τίθεται ως στόχος, από την ανάλυση SWOT, να αναδειχθούν ορισμένες τιμές που μπορεί να βοηθήσουν να κλιμακωθεί την τρέχουσα και τη μελλοντική θέση και αποδοχή της Κυκλικής Οικονομίας.

Δυνατά σημεία (Strengths):

- Η επάρκεια στον αντίστροφο κύκλο ροής υλικών.

- Η εξάλειψη των αποβλήτων από την αλυσίδα αξίας, έχει μετρήσιμο όφελος τη μείωση του συστημικού και άμεσου κόστους υλικών και τη μείωση της εξάρτησης από τους πόρους.
- Η ενσωμάτωση των χαρακτηριστικών της Κυκλικής Οικονομίας στη φάση Έρευνας και Ανάπτυξης, ωθεί την πρόοδο των επιστημών των υλικών με αποτέλεσμα υψηλότερης ποιότητας και ανθεκτικότερα εξαρτήματα.
- Λόγω των διαδικασιών κλειστού βρόχου, η οικονομία αναπτύσσεται λιγότερο, εκτεθειμένη στις διακυμάνσεις των τιμών των υλικών, με αποτελεσματικότερη χρήση των πόρων τόσο από την άποψη της αξίας όσο και από την άποψη του όγκου.
- Οι εξωτερικότητες συνδέονται με τη χρήση και τη ροή των υλικών. Χαμηλότερη κατανάλωση υλικών μειώνει προφανώς και την έκθεση σε εξωτερικότητες.

Αδύνατα σημεία (Weaknesses):

- Η κυκλική οικονομία εξακολουθεί να απαιτεί τη συγχώνευση ολόκληρου του κύκλου ζωής του προϊόντος από την πρώτη ύλη έως τον αφανισμό του [170].
- Δεν υπάρχουν ειδικές κατευθυντήριες γραμμές για τους διάφορους κλάδους, σχετικά με τον τρόπο εφαρμογής της κυκλικής οικονομίας.
- Δεν υπάρχει ακόμη διεθνώς αναγνωρισμένος φορέας τυποποίησης για τη ρύθμιση του τομέα [171].
- Η κυκλική οικονομία μπορεί να παραλείψει το χαρακτηριστικό της ημιανακυκλωσιμότητας κατά την επιλογή μιας πρώτης ύλης για τη διαδικασία παραγωγής.
- Η κοινή γνώμη σχετικά με την Κυκλική Οικονομία, είναι ακόμη αναποτελεσματική, ενώ οι εκστρατείες κοινωνικού μάρκετινγκ, δεν έχουν πρόσβαση σε άτομα διαφόρων παραγωγικών τομέων.
- Το νομικό πλαίσιο για την Κυκλική Οικονομία είναι υπο ολοκλήρωση.
- Οι επενδύσεις κυκλικής οικονομίας για την εισαγωγή της σε παραγωγικούς τομείς δεν επαρκούν.

Ευκαιρίες (Opportunities):

- Με τη μείωση του επιπέδου των εισροών υλικών που απαιτούνται, η οικονομία μπορεί να εξοικονομήσει δις. δολάρια. Η ΕΕ μπορεί να εξοικονομήσει έως και 600 δις. δολάρια σε δαπάνες υλικών ετησίως.
- Η ανάπτυξη κυκλικού σχεδιασμού σε τεχνολογικά προϊόντα, έχει ως αποτέλεσμα την εξασφάλιση πρόσβασης σε καλύτερα και φθηνότερα υλικά.
- Η ανάπτυξη εξειδίκευσης σε νομικές, μηχανικές, λειτουργικές ή διατομεακές προκλήσεις με κυκλικές λύσεις δημιουργεί επιχειρηματικές ευκαιρίες.
- Η ανάπτυξη εξειδίκευσης σε τομεακές ή διατομεακές παραγωγικές προκλήσεις, σε κυκλικές λύσεις δημιουργεί επιχειρηματικές ευκαιρίες.

Απειλές (Threats):

- Εάν οι εταιρείες μπορούν να ελέγξουν ολόκληρο τον κύκλο ζωής, μπορούν εύκολα να διαμοιράσουν τις διάφορες δραστηριότητες και αυτό μπορεί να προκαλέσει υψηλές τιμές και μειωμένης δυνατότητας προϊόντα.
- Εάν οι παραγωγοί μπορούσαν να κατευθύνουν τα δικά τους απόβλητα, μπορεί να είναι πιο δύσκολο να επωφεληθούν από τη διαχείριση αποβλήτων για όσα βρίσκονται σε οικονομία κλίμακας.

- Η διαχείριση ολόκληρου του κύκλου ζωής του προϊόντος και οι ισχυρές συνεργασίες μπορούν να προκαλέσουν μονοπωλιακές δομές.

2.5. Η ΕΝΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Η κυκλική οικονομία είναι μια έννοια που προκύπτει από τη συζήτηση για τη βιωσιμότητα και τον πεπερασμένο χαρακτήρα των φυσικών πόρων. Αυτή η συζήτηση έχει τις ρίζες της στις ανησυχίες που εξέφρασε ο Thomas Malthus το 1798. Ο Malthus παρατήρησε ότι ενώ η παραγωγή τροφίμων αυξάνονταν αριθμητικά, ο πληθυσμός αυξάνονταν εκθετικά. Αυτή η κατάσταση θα οδηγούσε τελικά σε υπερπληθυσμό και λιμό. Οι προβλέψεις του Malthus δεν επιβεβαιώθηκαν, επειδή οι τεχνολογικές βελτιώσεις κατέστησαν δυνατή την αύξηση της παραγωγής τροφίμων και επειδή οι δυτικές κοινωνίες υπέστησαν μια δημογραφική μετάβαση, η οποία αποκάλυψε ότι η εκθετική αύξηση του πληθυσμού ήταν μια προσωρινή φάση. Το επιχείρημα δυσφημήθηκε επίσης από το γεγονός ότι τον Malthus απασχολούσε η αύξηση του πληθυσμού μεταξύ των χαμηλότερων τάξεων, που αποδόθηκε στην έλλειψη ενάρτησης συμπεριφοράς. Έτσι, ο Malthus υποστήριξε τον έλεγχο του πληθυσμού μέσω της εκπαίδευσης των κατώτερων τάξεων.

Το 1898 ο Henry George δημοσίευσε την Πρόοδο και τη Φτώχεια (1898) [283], που έγινε ένα από τα πιο διαβασμένα βιβλία της εποχής του. Ο George παρατήρησε ότι οι τεχνολογικές εξελίξεις οδηγούν σε συγκέντρωση πλούτου, ειδικά στις πόλεις, και ότι το πρόβλημα της φτώχειας δεν ήταν ένα πρόβλημα έλλειψης, αλλά ένα πρόβλημα ανισότητας. Το έργο του George είχε μεγάλη επιρροή στη σύγχρονη σκέψη. Ο George ήταν ένας από τους πρώτους οικονομολόγους που θεωρητικοποίησαν τις διακυμάνσεις της οικονομικής ανάπτυξης ως οφειλόμενες σε επιχειρηματικούς κύκλους. Σημείωσε το ρόλο της τεχνολογίας και της καινοτομίας ως δύο παραγόντων που οδηγούν στην οικονομική ανάπτυξη και τη συγκέντρωση του πλούτου. Έτσι, η έλλειψη συνδέθηκε με την ανισότητα και όχι με την έλλειψη πόρων. Η μελέτη του για την ανισότητα συνέβαλε στην επικέντρωση των οικονομικών επιστημών σε θέματα διανομής μέσω του εμπορίου και της φορολογίας. Η συζήτηση μετατοπίστηκε από τη διαθεσιμότητα πόρων στην κατανομή, το ελεύθερο εμπόριο και, αργότερα, τον μηχανισμό της αγοράς.

Η συζήτηση για τα περιβαλλοντικά όρια εξελίχθηκε ανάμεσα σε δύο σχολές σκέψης. Παρόλο που ο ρυθμός αύξησης του πληθυσμού μειώθηκε, σε απόλυτες τιμές, οι ευρωπαϊκές χώρες ήταν πολύ πιο πυκνοκατοικημένες τον δέκατο ένατο και εικοστό αιώνα απ' ό,τι την εποχή του Malthus, και απαιτούνταν περισσότεροι πόροι. Η ζήτηση αυξήθηκε όχι μόνο για τα τρόφιμα, αλλά και για την ενέργεια, το νερό, τις πρώτες ύλες και τη γη. Ταυτόχρονα, η τεχνολογική καινοτομία σε όλους τους τομείς, από τη γεωργία, τη βιομηχανία, τις μεταφορές, την υγειονομική περίθαλψη, τις τεχνολογίες των πληροφοριών και των επικοινωνιών, άλλαξε τόσο στις τεχνικές παραγωγής όσο και στις καταναλωτικές συνήθειες. Ως αποτέλεσμα, οι αλλαγές έγιναν δύσκολα προβλέψιμες, και προέκυψε μια αυξανόμενη πίστη στην καινοτομία και την ικανότητά της να ξεπεράσει τα εμπόδια. Οι Giampietro, Magumi, και Sorman (2012) [284] περιγράφουν αυτή τη συζήτηση, ως μια αντιπαράθεση μεταξύ των "οπαδών της αφθονίας" και των "πεσιμιστών". Σύμφωνα με τους πεσιμιστές, η έλλειψη πόρων και τα βιοφυσικά όρια θα θέσουν τελικά ένα τέλος στην οικονομική ανάπτυξη. Από την άλλη, οι οπαδοί της αφθονίας υποστήριξαν ότι οι περιβαλλοντικοί περιορισμοί θα μπορούσαν να ξεπεραστούν μέσω της τεχνολογικής προόδου και της ανθρώπινης εφευρετικότητας

(cornuchorians). Ο όρος παραπέμπει στην κορνουκοπία (Cornuchoiria), το κέρασ της αφθονίας στην ελληνική μυθολογία, που παρέχει ατελείωτη τροφή.

Η αντιπαράθεση μεταξύ αυτών των δύο αντιθέτων απόψεων έγινε ιδιαίτερα έντονη κατά τη διάρκεια του Ψυχρού Πολέμου. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, η Cornuchoirian άποψη ήταν ένα σημαντικό μέρος του αφηγήματος της Δύσης, που συνδέεται με το αμερικανικό όνειρο της ευημερίας για όλους και απεριόριστες δυνατότητες ανάπτυξης. Ο Boulding όρισε αυτό το όραμα ως “οικονομία καουμπόη”, αναφερόμενος στην φαινομενικά άπειρη έκταση - το λιβάδι και πέραν - των Ηνωμένων Πολιτειών. Ταυτόχρονα, εκφράστηκαν ανησυχίες σχετικά με την αδυναμία οικονομικής ανάπτυξης σε παγκόσμιο επίπεδο, οι οποίες παρουσιάστηκαν κατ' εξοχήν από τη δημοσίευση της έκθεσης “Όρια στην ανάπτυξη” από τη Λέσχη της Ρώμης το 1972 (Meadows, Meadows, Randers, & Behrens, 1972) [285]. Η καινοτομία που εισήχθη από αυτή τη δημοσίευση ήταν η πλανητική προοπτική, η οποία αποκάλυψε ότι η οικονομική ανάπτυξη δεν μπορεί να συνεχιστεί επ' αόριστον σε έναν πεπερασμένο πλανήτη. Η έκθεση χρησιμοποίησε δυναμική συστημάτων για να προσομοιώσει τις μακροπρόθεσμες τάσεις της αύξησης του πληθυσμού, της παραγωγής τροφίμων, της εκβιομηχάνισης, της ρύπανσης και των μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων. Ενώ ο πληθυσμός, η κατανάλωση τροφίμων και πόρων προβλεπόταν να αυξηθεί εκθετικά, η τεχνολογική καινοτομία θεωρήθηκε ότι αυξάνεται γραμμικά. Ως εκ τούτου, η έκθεση πρόβαλε το επιχείρημα του Malthus ενσωματώνοντας την καινοτομία, ως προς τον πληθυσμό, τον εφοδιασμό τροφίμων και των φυσικών πόρων. Η έκθεση αποτελεί επίσης παράδειγμα για προσομοιώσεις σε παγκόσμιο επίπεδο, που σήμερα αναπτύσσονται ευρέως στις αξιολογήσεις της κλιματικής αλλαγής. Με την κατάρρευση της ΕΣΣΔ, ωστόσο, φαίνεται δίκαιο να πούμε ότι ο Ψυχρός Πόλεμος επιλύθηκε προς όφελος της “οικονομίας καουμπόη”.

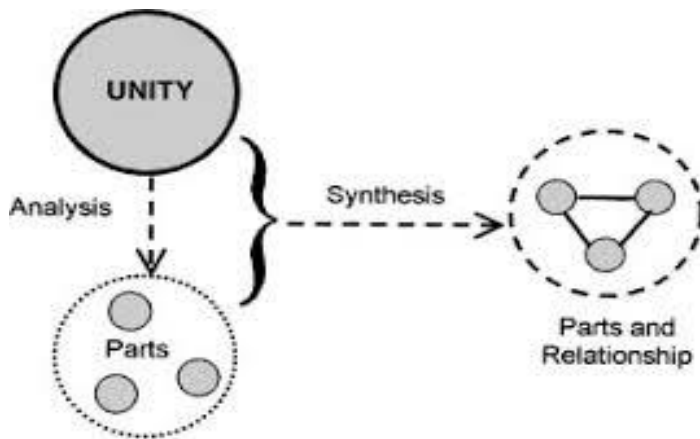
3. ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ

Η έννοια της κυκλικής οικονομίας ανάγεται σε διαφορετικές σχολές σκέψης. Οι περιβαλλοντολόγοι Pearce και O' Turner [37] εισήγαγαν κυρίως την έννοια της κυκλικής οικονομίας οικοδομώντας σε προηγούμενες μελέτες οικολόγων – οικονομολόγων [64]. Η ιδέα του Boulding για την οικονομία ως κυκλικό σύστημα θεωρείται προϋπόθεση για τη διατήρηση της βιωσιμότητας της ανθρώπινης ζωής στη Γη (ένα κλειστό σύστημα χωρίς πρακτικά ανταλλαγές ύλης με το εξωτερικό περιβάλλον). Στο θεωρητικό τους πλαίσιο, οι Pearce και Turner [37] εξηγούν τη μετατόπιση από το παραδοσιακό ανοιχτό οικονομικό σύστημα στο κυκλικό οικονομικό σύστημα ως συνέπεια της θερμοδυναμικής [12], που υπαγορεύουν την υποβάθμιση της ύλης και της ενέργειας. Σύμφωνα με αυτούς τους συγγραφείς, τρεις οικονομικές λειτουργίες του περιβάλλοντος μπορεί να προσδιοριστούν: παροχή πόρων, σύστημα υποστήριξης της ζωής, νεροχύτης για απόβλητα και εκπομπές. Ομοίως με άλλες οικονομικές λειτουργίες, αυτές οι τρεις βασικές λειτουργίες πρέπει να έχουν τιμή. Τις περισσότερες φορές, ωστόσο, δεν υπάρχει ούτε τιμή, ούτε αγορά για περιβαλλοντικά αγαθά (όπως η ποιότητα του αέρα και του νερού, δημόσια αγαθά) ακόμη και αν έχουν σαφή αξία ή χρησιμότητα για άτομα και κοινωνίες. Ποικίλοι συνδυασμοί πολιτικής, συμπεριλαμβανομένων των κανονισμών, των οικονομικών μέσων (π.χ. περιβαλλοντικοί φόροι) ή εθελοντικά μέτρα, στοχεύουν στην πλήρη εσωτερικευση των εξωτερικότητων (π.χ. ευθύνη των παραγωγών), στην τιμή των προϊόντων, υπηρεσιών ή δραστηριοτήτων, σχεδιάστηκαν να ενθαρρύνουν την καλύτερη χρήση και διατήρηση των πόρων, τον μετριασμό του περιβαλλοντικού φορτίου καθώς και προώθηση μιας μετάβασης σε πρότυπα Κυκλικής Οικονομίας [34,65,66,67].

Η Κυκλική Οικονομία έχει επίσης ρίζες στη Γενική Θεωρία Συστημάτων [68,69] και τη Βιομηχανική Οικολογία [70].

Πέρα από τη Νευτωνική άποψη της **“οργανωμένης απλότητας”**, ο Von Bertalanffy [68] πρότεινε όλοι οι οργανισμοί να θεωρηθούν συστήματα, με κύριο χαρακτηριστικό τις σχέσεις μεταξύ των συστατικών του [71]. Ειδικότερα, η σχέση μεταξύ οργανισμών και του περιβάλλοντός τους μπορούν να θεωρηθούν ως η κύρια πηγή πολυπλοκότητας και αλληλεξάρτησης και συχνά το σύνολο έχει ιδιότητες που δεν ανιχνεύονται από την ανάλυση των μεμονωμένων συνιστώντων συστατικών [71], καθώς το σύνολο καθορίζει τη συμπεριφορά των μερών και όχι το αντίστροφο [72]. Κατά συνέπεια, η συμπεριφορά ενός οικονομικού παράγοντα ή οργανισμού θα πρέπει να διερευνηθεί στο πλαίσιο των συστημάτων των οικονομικών σχέσεων άλλων παραγόντων της οικονομίας [73]. Η Γενική Θεωρία Συστημάτων (GST) προωθεί επομένως την ολιστικότητα, την κλίμακα σχεδιασμού, την πολυπλοκότητα, τη μάθηση σχετικά με την οργάνωση και την ανάπτυξη ανθρώπινων πόρων [72,74,75,76,77] όλα πρέπει να θεωρούνται σημαντικές παρακαταθήκες της Κυκλικής Οικονομίας.

Η βιομηχανική οικολογία, προέκυψε σε αντίθεση με την τρέχουσα αντίληψη ότι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των βιομηχανικών συστημάτων θα πρέπει να μελετηθούν θεωρώντας ξεχωριστά το "βιομηχανικό σύστημα" και τον υποδοχέα των επιπτώσεων, "το περιβάλλον". Η Βιομηχανική Οικολογία εισήγαγε μια διαφορετική προοπτική αναλύοντας το βιομηχανικό σύστημα και το περιβάλλον του ως κοινό οικοσύστημα που χαρακτηρίζεται από ροές υλικών, ενέργειας και πληροφοριών, καθώς και από την παροχή πόρων και υπηρεσιών από τη Βιόσφαιρα [78]. Έτσι, η Βιομηχανική Οικολογία αποτελείται από τρεις πυλώνες [79]:



Σχήμα 4: GST Description
 Πηγή: <https://doi.org/10.1002/sres.572>

οι δύο πρώτοι αφορούν ανάλυση και μεθοδολογία, κυρίως με στόχο την κατανόηση των πληροφοριών σχετικά με: “πώς λειτουργεί το βιομηχανικό σύστημα, πώς ρυθμίζεται, και η αλληλεπίδρασή του με τη βιόσφαιρα” [78] και σχετικά με το βιομηχανικό μεταβολισμό του [80], ενώ ο τρίτος έχει προορατική διάσταση [81], καθώς η Βιομηχανική Οικολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις εταιρείες για τη βελτίωση των επιδόσεων τους ή εναλλακτικά από τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής για την ανάπτυξη ενός οδικού χάρτη προς μία πιο βιώσιμη ανάπτυξη [43,79]. Στη βάση αυτής της βελτίωσης, εκτός από την καλύτερη διατήρηση των παρθένων υλικών, ο κύριος ρόλος αφορά την κατάλληλη διαχείριση των αποβλήτων και την ενσωμάτωσή τους στο δίκτυο της βιομηχανικής παραγωγής τόσο ως υλικών όσο και ως πηγής ενέργειας [82]. Η Βιομηχανική Οικολογία προωθεί τη μετάβαση από ανοικτούς σε κλειστούς κύκλους υλικών και ενέργειας, οδηγώντας έτσι σε λιγότερο σπάταλες βιομηχανικές διεργασίες [34,51,78,79,82]. Η Κυκλική Οικονομία βασίζεται στις έννοιες της Βιομηχανικής Οικολογίας, για την ανάλυση της λειτουργίας των βιομηχανικών συστημάτων (βιομηχανικός μεταβολισμός) και τη βελτιστοποίηση [83], κλιμακώνοντάς τα σε επίπεδο οικονομίας, για τη δημιουργία ενός νέου μοντέλου οικονομικής ανάπτυξης, παραγωγής, διανομής και ανάκτησης προϊόντων [84]. Στην Κυκλική Οικονομία, τα προϊόντα και οι διαδικασίες επανασχεδιάζονται για να μεγιστοποιηθεί η αξία των πόρων μέσω της οικονομίας, με τη φιλοδοξία να αποσυνδεθεί η οικονομική ανάπτυξη από τη χρήση των πόρων [85].

Πρέπει, ωστόσο, να επισημανθεί ότι η έρευνα σχετικά με την εφαρμογή της Κυκλικής Οικονομίας εξακολουθεί να βασίζεται κυρίως στην ιδέα της Βιομηχανικής Οικολογίας για την ανάλυση των ωφελειών από την άποψη των φυσικών και όχι νομισματικών ροών [34,86]. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι τα οφέλη από την ανακύκλωση των υλικών μειώνονται έως ότου επιτευχθεί ένα σημείο αποκοπής, όπου η ανακύκλωση θα μπορούσε να είναι περιβαλλοντικά ή οικονομικά υπερβολικά δαπανηρή για να παρέχει ένα καθαρό όφελος. Στην πραγματικότητα, η Κυκλική Οικονομία δεν μπορεί να εξασφαλίσει ανακύκλωση 100 τοις εκατό [34], όπως επεσήμανε επίσης ο Daly [87], ο οποίος πρότεινε ότι ένα οικονομικό σύστημα είναι αδύνατο να είναι πλήρως κυκλικό, με τα προϊόντα και την ενέργεια να επιστρέφουν ως πρωτογενείς πόροι, λόγω του νόμου της εντροπίας. Οι Zhu και Wu [88] επισημαίνουν ότι η Κυκλική Οικονομία, θα πρέπει να ενσωματωθεί σε ένα πλαίσιο σταθεροποιημένης οικονομίας. Εστιάζοντας στην οικονομική δυναμική της Κίνας, οι προαναφερόμενοι συγγραφείς υποστηρίζουν τον ισχυρισμό τους με βάση την κρίσιμη διαθεσιμότητα φυσικού κεφαλαίου στην Κίνα, από την αρχή της βιομηχανικής ανάπτυξης της Κίνας. Αντίθετα, οι ανεπτυγμένες χώρες δεν αντιμετώπισαν περιορισμούς στους φυσικούς

πόρους κατά το αρχικό στάδιο της βιομηχανικής τους ανάπτυξης, και αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η νεοκλασική οικονομία ήταν η κυριαρχούσα άποψη στις χώρες αυτές, ενώ δεν φαίνεται πλέον η κατάλληλη για την Κίνα και τον υπόλοιπο Κόσμο στο εγγύς μέλλον.

Τέλος, το Ίδρυμα Ellen Macarthur [46] αποδίδει σε πιο πρόσφατες θεωρίες, όπως ο αναγεννητικός σχεδιασμός, η οικονομία των επιδόσεων, "από την πηγή στην πηγή", ο βιομημητισμός και η γαλάζια οικονομία, μια σημαντική συμβολή για την περαιτέρω βελτίωση και ανάπτυξη της έννοιας της κυκλικής οικονομίας.

Στον **Πίνακα 2** αποδίδεται συνοπτικά η έννοια της Κυκλικής Οικονομίας όπως έχει τελειοποιηθεί και αναπτυχθεί από τις διάφορες σχολές σκέψης.

Πίνακας 2: Κυκλική Οικονομία – Σχολές σκέψης

<p style="text-align: center;">Regenerative Design <i>"History of the Lyle Center", Lyle Center for Regenerative Studies, Cal Poly Pomona</i> http://www.csupomona.edu/~crs/history.html</p>	<p>Στη δεκαετία του 1970, ένας Αμερικανός καθηγητής ο John T. Lyle ζήτησε από τους φοιτητές του να σφυρηλατήσουν ιδέες για μια κοινωνία στην οποία "καθημερινές δραστηριότητες να βασίζονται στην αξία της ζωής εντός των ορίων των διαθέσιμων ανανεώσιμων πόρων, χωρίς υποβάθμιση του περιβάλλοντος", σύμφωνα με ένα ερευνητικό κέντρο στην Καλιφόρνια που τώρα φέρει το όνομά του (Lyle.41). Ο όρος αναγεννητικός σχεδιασμός συνδέθηκε με την ιδέα-ότι όλα τα συστήματα, ξεκινώντας από τη γεωργία, θα μπορούσαν να οργανωθούν με αναγεννητικό τρόπο (με άλλα λόγια, ότι οι ίδιες οι διεργασίες μπορούν να ανανεώνουν ή αναγεννούν τις πηγές ενέργειας και υλικών που καταναλώνουν).</p>
<p style="text-align: center;">Performance Economy <i>The report was published in 1982 as the book Jobs for Tomorrow: The Potential for Substituting Manpower for Energy</i> www.performance-economy.org</p>	<p>Ο Walter Stahel, αρχιτέκτονας και βιομηχανικός αναλυτής, σκιαγράφησε στην έκθεση έρευνας του 1976 προς την Ευρωπαϊκή Επιτροπή «<i>Τη δυναμική για την αντικατάσταση του ανθρώπινου δυναμικού για την ενέργεια</i>», συνέγραψε με τη Genevieve Reday, το όραμα μιας οικονομίας σε βρόχους (ή κυκλική οικονομία) και τον αντίκτυπό της στη δημιουργία θέσεων εργασίας, την ανταγωνιστικότητα της οικονομίας, την εξοικονόμηση πόρων και την πρόληψη των αποβλήτων. Το "Product-Life Institute", το οποίο θεωρείται μία από τις πρώτες ρεαλιστικές και αξιόπιστες ομάδες προβληματισμού για τη βιωσιμότητα, επιδιώκει τέσσερις κύριους στόχους: επέκταση ζωής προϊόντος, αγαθά μακράς διάρκειας, δραστηριότητες αποκατάστασης και πρόληψη αποβλήτων. Επιμένει επίσης στη σημασία της πώλησης υπηρεσιών και όχι προϊόντων, μια ιδέα που αναφέρεται ως "οικονομία</p>

	<p>λειτουργικών υπηρεσιών”, η οποία σήμερα εντάσσεται ευρύτερα στην έννοια της “οικονομίας επιδόσεων”. Ο Stahel υποστηρίζει ότι η κυκλική οικονομία πρέπει να θεωρηθεί πλαίσιο, και οι υποστηρικτές της να τη θεωρούν ως ένα συνεκτικό μοντέλο που αποτελεί πολύτιμο μέρος της απάντησης στο τέλος της εποχής του πετρελαίου και των υλικών χαμηλού κόστους.</p>
<p>Cradle to Cradle</p>	<p>Ο Γερμανός χημικός και οραματιστής Michael Brawgart ανέπτυξε, με τον Αμερικανό αρχιτέκτονα Bill McDonough, την ιδέα και τη διαδικασία πιστοποίησης “cradle to cradle™”. Αυτή η φιλοσοφία σχεδιασμού θεωρεί ότι όλα τα υλικά που εμπλέκονται στις βιομηχανικές και εμπορικές διεργασίες είναι “θρεπτικά” συστατικά, διακρινόμενα σε δύο κύριες κατηγορίες: τεχνικά και βιολογικά. Το πλαίσιο “Cradle to Cradle” επικεντρώνεται στο σχεδιασμό για την αποτελεσματικότητα των προϊόντων με θετικό αντίκτυπο, το οποίο διαφοροποιείται ριζικά από την παραδοσιακή άποψη για σχεδιασμό μείωσης των αρνητικών επιπτώσεων.</p> <p>Ο σχεδιασμός “Cradle to Cradle” αντιλαμβάνεται τις ασφαλείς και παραγωγικές διεργασίες του “βιολογικού μεταβολισμού” της φύσης, ως πρότυπο για την ανάπτυξη ενός “τεχνικού μεταβολισμού” βιομηχανικών υλικών. Το μοντέλο δίνει ιδιαίτερη έμφαση στον ακριβή καθορισμό της μοριακής σύνθεσης των υλικών, στη λογική ότι “γνωρίζοντας τι έχεις, αποτελεί τη βάση κάθε συστήματος ανακύκλωσης υλικών με βάση την ποιότητα”. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ιδίως για τα τεχνολογικά προϊόντα που υπόκεινται σε συχνές αναβαθμίσεις, η ανθεκτικότητα δεν είναι η βέλτιστη στρατηγική. Είναι προτιμότερο να σχεδιαστούν τα προϊόντα με τρόπο που να διευκολύνει την αποσυναρμολόγηση και την ανάκτηση των εξαρτημάτων τους, είτε να αναβαθμισθούν ορισμένα στοιχεία, ή να χρησιμοποιηθούν μεμονωμένα εξαρτήματα για την επόμενη λειτουργική περίοδο. Επομένως, είναι σημαντικό, για διάφορες οικογένειες προϊόντων, να καθορισθεί η περίοδος χρήσης, καθώς επηρεάζει την αντίληψη για το σχεδιασμό τους: π.χ. θα παραμείνει το αντικείμενο σε χρήση για δέκα χρόνια ή περισσότερο (πλυντήριο ρούχων) ή μάλλον δύο (κινητό τηλέφωνο); Τα συστατικά</p>

	<p>του προϊόντος μπορούν να σχεδιαστούν για συνεχή ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση ως βιολογικά και τεχνικά “θρεπτικά” συστατικά μέσα σε αυτούς τους μετασχηματισμούς. Το πλαίσιο "Cradle to Cradle" αφορά όχι μόνο τα υλικά αλλά και τις εισροές ενέργειας και νερού και βασίζεται σε τρεις βασικές αρχές: "απόβλητα ίσον τρόφιμα"—"Χρησιμοποιείστε τις τρέχουσες ηλιακές εισφορές"—"Γιορτάστε την ποικιλομορφία".</p>
<p>Industrial Ecology</p>	<p>Η βιομηχανική οικολογία είναι η μελέτη των ροών υλικών και ενέργειας μέσω βιομηχανικών συστημάτων. Επικεφαλής της διεθνούς κίνησης είναι ο καθηγητής Roland Clift του Κέντρου Περιβαλλοντικής Στρατηγικής του Πανεπιστημίου του Surrey. Εστιάζοντας σε συνδέσεις φορέων εκμετάλλευσης εντός του “βιομηχανικού οικοσυστήματος”, η προσέγγιση αυτή αποσκοπεί στη δημιουργία διαδικασιών κλειστού βρόχου στις οποίες τα απόβλητα χρησιμεύουν ως εισροές, εξαλείφοντας έτσι την έννοια ενός ανεπιθύμητου υποπροϊόντος. Η βιομηχανική οικολογία υιοθετεί μια συστημική άποψη, για σχεδιασμό διαδικασιών παραγωγής, σύμφωνα με τους τοπικούς οικολογικούς περιορισμούς, λαμβάνοντας υπόψη τον παγκόσμιο αντίκτυπο τους από την αρχή, προσεγγίζοντας κατά το δυνατό τη λειτουργία των ζωντανών συστημάτων. Το πλαίσιο αυτό αναφέρεται συχνά ως “επιστήμη της αειφορίας”, δεδομένης της διεπιστημονικής φύσης του, ενώ οι αρχές του μπορούν επίσης να εφαρμοστούν στον τομέα των υπηρεσιών. Με έμφαση στην αποκατάσταση του φυσικού κεφαλαίου, η βιομηχανική οικολογία επικεντρώνεται επίσης στην κοινωνική ευημερία.</p>
<p>Biomimicry http://www.biomimicryinstitute.org/about-us/what-is-biomimicry.html</p>	<p>Η Janine Benyus, συγγραφέας του “Biomimicry: Innovation Inspired by Nature”, ορίζει την προσέγγισή της ως “μια νέα πειθαρχία που μελετά τις καλύτερες ιδέες της φύσης και στη συνέχεια μιμείται αυτά τα σχέδια και τις διαδικασίες για την επίλυση ανθρώπινων προβλημάτων”. Η μελέτη ενός φύλλου για επινόηση ενός καλύτερου ηλιακού κελιού είναι ένα παράδειγμα. Η ίδια το θεωρεί ως “καινοτομία εμπνευσμένη από τη φύση”. Ο βιομιμητισμός βασίζεται σε τρεις βασικές αρχές:</p>

	<ul style="list-style-type: none">• Φύση ως μοντέλο: Μελέτη των μοντέλων της φύσης και μίμηση αυτών των μορφών, διαδικασιών, συστημάτων και στρατηγικών για την επίλυση ανθρώπινων προβλημάτων.• Φύση ως μέτρο: Να χρησιμοποιείται ένα οικολογικό πρότυπο για να κρίνεται η βιωσιμότητα των καινοτομιών μας.• Η φύση ως μέντορας: Αξιολόγηση της φύσης όχι με βάση αυτό που μπορούμε να αποκομίσουμε από το φυσικό κόσμο, αλλά τι μπορούμε να μάθουμε από αυτόν.
--	---

4. ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΩΣ.

Η κυκλική οικονομία αναδύεται κυρίως στη βιβλιογραφία μέσω τριών κύριων «δράσεων», των λεγόμενων Αρχών **3R**: Μείωση (**Reduce**), Επαναχρησιμοποίηση (**Reuse**) και Ανακύκλωση (**Recycle**) [36,70,89,90,91,92,94].

Στην Κίνα οι νόμοι προώθησης της Κυκλικής Οικονομίας την ορίζουν ως “έναν γενικό όρο για τις δραστηριότητες μείωσης, επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης που διεξάγονται κατά τη διαδικασία παραγωγής, διανομής και κατανάλωσης” [95]. Ο ορισμός αυτός δεν φαίνεται, ωστόσο, να συνάδει με την πρακτική της Κίνας για σταθερή αύξηση των προτύπων παραγωγής και κατανάλωσης σε εθνικό επίπεδο. Αντίθετα, άλλες χώρες όπως η Ευρώπη, η Ιαπωνία, οι ΗΠΑ, η Κορέα και το Βιετνάμ φαίνεται να προσδιορίζουν την Κυκλική Οικονομία και τις θεμελιώδεις αρχές της (3R), σε περισσότερες τομεακές πρωτοβουλίες που σχετίζονται κυρίως με τις πολιτικές διαχείρισης των αποβλήτων [91]. Ο ευρύτερος στόχος τους είναι οι συνέργειες με εθνικές στρατηγικές για την μείωση των χώρων υγειονομικής ταφής, την προμήθεια πόρων, τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και τη διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων μετά την κυκλοφορία των υλικών [91,96]. Από την άλλη πλευρά, λόγω των συναινετικών πολιτικών, αναζητείται μια ολοκληρωμένη πολιτική προσέγγιση (που θα μπορούσε να οικοδομηθεί γύρω από την Κυκλική Οικονομία) για την αντιμετώπιση των επίμονων συστημικών περιβαλλοντικών προκλήσεων [97,98].

Η Ιαπωνία εφάρμοσε την Κυκλική Οικονομία από το 1991 με το νόμο για την αποτελεσματική αξιοποίηση των ανακυκλώσιμων υλικών [99] και, αργότερα, την ιαπωνική πρωτοβουλία για την Κυκλική Οικονομία [100, 101]. **Στην Ευρώπη**, η Κυκλική Οικονομία εμφανίστηκε κυρίως στη **Γερμανία** στις αρχές του 1976 με το νόμο για τη διάθεση των αποβλήτων, ενώ σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Κοινότητας προωθήθηκε πολύ αργότερα, μέσω της οδηγίας 2008/98/EK για τα απόβλητα [100], και ειδικότερα με τη δέσμη μέτρων για την κυκλική οικονομία [102,103]. Η νέα έκδοση δέσμης μέτρων από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή σε σύγκριση με την αρχική δέσμη μέτρων αφορά περισσότερο την υποστήριξη της Κυκλικής Οικονομίας ως νέας επιχειρηματικής στρατηγικής, πέραν της στρατηγικής διαχείρισης αποβλήτων, με σκοπό την επίτευξη μεγαλύτερης πολιτικής επιτυχίας και την ευθυγράμμιση της ΕΕ στην πρώτη γραμμή της παγκόσμιας ανάπτυξης της κυκλικής οικονομίας. **Οι Ηνωμένες Πολιτείες** εξακολουθούν να στερούνται σχετικής πρωτοβουλίας για την ομοσπονδιακή πολιτική Κυκλικής Οικονομίας, παρά τους προηγούμενους κανονισμούς, όπως ο νόμος του 1976 για τη διατήρηση και την ανάκαμψη των πόρων [104] και ο νόμος για την πρόληψη της ρύπανσης του 1990 [100,105]. Οι περισσότερες Πολιτείες των ΗΠΑ έχουν επίσης υιοθετήσει από τη δεκαετία του 1980 μια ιεραρχία διαχείρισης των στερεών αποβλήτων τοποθετώντας τη μείωση και την επαναχρησιμοποίηση στην κορυφή της πυραμίδας [106]. Εφαρμόστηκαν επίσης συστήματα για χρησιμοποιημένα λάδια, επιλεκτικές απαγορεύσεις χώρων υγειονομικής ταφής για συγκεκριμένα υλικά, νομοθεσία σήμανσης, ανακύκλωση συσκευασιών αναψυκτικών και πράσινη σήμανση [100,107]. Άλλες ασιατικές χώρες όπως **η Κορέα** και **το Βιετνάμ** έχουν προωθήσει σημαντικές πολιτικές 3R. **Η Κορέα** θέσπισε νόμο για τη διαχείριση των αποβλήτων (2007) και νόμο για την προώθηση της εξοικονόμησης πόρων και της ανακύκλωσης (2008) ως βάση για την επαναχρησιμοποίηση υλικών, έναντι συστήματος τελών για την επεξεργασία των αποβλήτων, τους κανονισμούς για τη χρήση συσκευασιών και αγαθών μιας χρήσης, μια πολιτική μείωσης των αποβλήτων τροφίμων [108] και την

διευρυμένη ευθύνη παραγωγού [91]. Το Βιετνάμ τροποποίησε το 2005 το νόμο για την προστασία του περιβάλλοντος και την εθνική στρατηγική για την ολοκληρωμένη διαχείριση στερεών αποβλήτων με στόχους έως το 2025 και το 2050 [91], ενώ η Αυστραλία και η Νέα Ζηλανδία αξιολογούν και επιταχύνουν ένα θεματολόγιο δράσης για την Κυκλική Οικονομία [109,110,111].

Η αρχή της μείωσης αποσκοπεί στην ελαχιστοποίηση της εισροής πρωτογενούς ενέργειας, πρώτων υλών και αποβλήτων μέσω της βελτίωσης της αποδοτικότητας στην παραγωγή (αποκαλούμενη οικολογική αποδοτικότητα) και των διαδικασιών κατανάλωσης, π.χ. εισαγωγή καλύτερων τεχνολογιών, ή πιο συμπαγών και ελαφρών προϊόντων, απλοποιημένων συσκευασιών, αποδοτικότερων οικιακών συσκευών, απλούστερου τρόπου ζωής κ.λπ. [36,89]. Η οικολογική αποδοτικότητα είναι κυρίως μια επιχειρηματική έννοια, που επικεντρώνεται στην οικονομική και περιβαλλοντική διάσταση της βιωσιμότητας και αγνοεί την κοινωνική διάσταση. Αντίθετα, η έννοια της "αποδοτικής χρήσης των πόρων" συνεπάγεται τη μείωση των πόρων και την αύξηση της οικονομικής και κοινωνικής ευημερίας ταυτόχρονα [113]. Από την πλευρά της παραγωγής, η [114] επισημαίνει δύο βασικούς τρόπους με τους οποίους οι εταιρείες μπορούν να αυξήσουν την οικολογική τους αποδοτικότητα στις διαδικασίες παραγωγής, δηλαδή να διατηρήσουν ή να αυξήσουν την αξία των προϊόντων, μειώνοντας παράλληλα τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις τους. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση λιγότερων πόρων ανά παραγόμενη μονάδα και με την αντικατάσταση πιο επιβλαβών ουσιών υπέρ των λιγότερο επιβλαβών ανά παραγόμενη μονάδα. Η αποκαλούμενη στρατηγική μηδενικών εκπομπών [114,115,116,117,118] επιδιώκει τη μεγιστοποίηση της αξίας των αγαθών που συνδέονται με μηδενικές (ή μειωμένες) περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Η αρχή της επαναχρησιμοποίησης αναφέρεται σε "**κάθε εργασία με την οποία τα προϊόντα ή εξαρτήματα που δεν είναι απόβλητα χρησιμοποιούνται ξανά για τον ίδιο σκοπό για τον οποίο σχεδιάστηκαν**" [119]. Η επαναχρησιμοποίηση των προϊόντων είναι πολύ ελκυστική από την άποψη των περιβαλλοντικών ωφελειών, καθώς απαιτούνται λιγότεροι πόροι, λιγότερη ενέργεια και λιγότερη εργασία, σε σύγκριση με την κατασκευή νέων προϊόντων από πρωτογενή υλικά [120,121] ή ακόμα και ανακύκλωση ή διάθεση. Η επαναχρησιμοποίηση των προϊόντων αποτρέπει την εκπομπή επιβλαβών ουσιών καθώς και άλλες περιβαλλοντικές επιπτώσεις ανάλογα με την περίπτωση (ρούχα, βιβλία, έπιπλα, γυαλί), μέσω προσέγγισης Ανάλυσης Κύκλου Ζωής [120]. Η διάδοση της επαναχρησιμοποίησης συνεπάγεται αύξηση της ζήτησης των καταναλωτών για επαναχρησιμοποιούμενα και ανακατασκευασμένα προϊόντα, σχεδιασμό ανθεκτικών προϊόντων για πολλαπλούς κύκλους χρήσης, καθώς και κίνητρα για τις εταιρείες ώστε να ευνοείται η επιστροφή των προϊόντων και η εμπορία ανακατασκευασμένων προϊόντων [135].

Η διευρυμένη ευθύνη των παραγωγών [123] προτάθηκε αρχικά στη γερμανική νομοθεσία για τις συσκευασίες (1992), στη συνέχεια στην οδηγία για τα απόβλητα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (2008) και στην Κορέα στο νόμο για την ανακύκλωση ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, καθώς και οχημάτων (2008). Πρόκειται για ένα οικονομικό εργαλείο και μια σύγχρονη εκδοχή της αρχής "**ο ρυπαίνων πληρώνει**", η οποία αποσκοπεί στην ενίσχυση της κυκλικότητας των προϊόντων και των υλικών (π.χ. επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωσή τους) που δρουν από την πλευρά του παραγωγού [91,123,124,125]. Η αρχή αυτή ορίζει ότι το κόστος απόθεσης και αξιοποίησης πρέπει να μεταφερθεί στους παραγωγούς οι οποίοι, ως εκ τούτου, θα έχουν ισχυρό κίνητρο για την επαναχρησιμοποίηση, την ανακύκλωση ή τη διάθεση των αποβλήτων. Επιπλέον, υποστηρίζεται [126], ότι εάν ένα προϊόν δεν μπορεί να

επαναχρησιμοποιηθεί, να ανακυκλωθεί ή να λιπασματοποιηθεί, τότε ο κλάδος δεν θα πρέπει να παράγει ένα τέτοιο προϊόν και οι καταναλωτές δεν θα πρέπει να το αγοράζουν. Το τελευταίο ζήτημα, όπως τίθεται, υπογραμμίζει την ανάγκη κοινής ευθύνης μεταξύ όλων των ενδιαφερομένων, συμπεριλαμβανομένων των καταναλωτών, για την επίτευξη πιο φιλόδοξων αποτελεσμάτων όσον αφορά τη συλλογή αποβλήτων που πρόκειται να επαναχρησιμοποιηθούν ή να ανακυκλωθούν. Για παράδειγμα, σε αντίθεση με τα ευρωπαϊκά συστήματα (οδηγία 2002/96/EC, για απόβλητα ηλεκτρικού – ηλεκτρονικού εξοπλισμού), το ιαπωνικό σύστημα, για τον ηλεκτρικό εξοπλισμό, προβλέπει υποχρεωτικά την ευθύνη καταναλωτή για την επιστροφή των προϊόντων για ανακύκλωση [96].

Η αρχή της Ανακύκλωσης αναφέρεται σε *"κάθε εργασία ανάκτησης με την οποία τα απόβλητα υποβάλλονται σε επανεπεξεργασία προς προϊόντα, υλικά ή ουσίες, είτε για αρχικούς είτε για άλλους σκοπούς. Περιλαμβάνει την επανεπεξεργασία οργανικών υλικών, αλλά δεν περιλαμβάνει την ανάκτηση ενέργειας και την επανεπεξεργασία σε υλικά που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα ή για συμπληρωματικές εργασίες"* [119]. Η ανακύκλωση των αποβλήτων προσφέρει τη δυνατότητα ωφέλειας από τους πόρους που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και μείωσης της ποσότητας των αποβλήτων που πρέπει να υποβληθούν σε επεξεργασία ή/και να εναποτεθούν, μειώνοντας έτσι και τις σχετικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις [127,128,129,130]. Ωστόσο, εάν μια εταιρεία ή ένας οργανισμός είναι σε θέση να ανακυκλώσει όλα τα απόβλητα της, ενδέχεται να μην ενδιαφέρεται πλέον για τη μείωση της ποσότητας των αποβλήτων [131].

Μολονότι η κυκλική οικονομία ταυτίζεται συχνά με την ανακύκλωση, πρέπει να τονιστεί ότι αυτή μπορεί να είναι η λιγότερο βιώσιμη λύση σε σύγκριση με άλλες αρχές της Κυκλικής Οικονομίας (Μείωση και επαναχρησιμοποίηση), όσον αφορά την αποδοτικότητα και την κερδοφορία των πόρων [132,133]. Περιορίζεται εκ φύσεως (νόμος περί εντροπίας), την πολυπλοκότητα των υλικών και την κατάχρηση [132]. Ορισμένα απόβλητα είναι ανακυκλώσιμα μέχρι ενός σημείου ή ακόμα και μη ανακυκλώσιμα. Για παράδειγμα, οι ίνες κυτταρίνης μπορούν να ανακυκλωθούν 4-6 φορές, σε αντίθεση με τα μέταλλα που είναι *"απεριόριστων πολλαπλών ανακυκλώσεων"* [92]. Χαμηλά επίπεδα ανακύκλωσης επιτυγχάνονται για τα μέταλλα σπάνιων γαιών, καθώς είναι δύσκολο να αναπτυχθούν οικονομίες κλίμακας [134,135], ενώ ορισμένοι τύποι πλαστικών αποβλήτων δεν είναι ανακυκλώσιμοι λόγω της παρουσίας προσμείξεων όπως μελάνι και μέταλλα [135]. Εν προκειμένω, ορισμένοι συγγραφείς συζητούν τους κινδύνους που συνδέονται με την ανακύκλωση υλικών [136] και μεικτών υλικών [132] και τονίζουν την ανάγκη ανάπτυξης σε παγκόσμιο επίπεδο μιας συμφωνημένης εκτίμησης κινδύνου για υφιστάμενες και νέες ανεπτυγμένες χημικές ουσίες και προϊόντα, εξαιρουμένων των πρόσθετων δοκιμών σε ζώα [136]. Τέλος, η επαναχρησιμοποίηση, η επισκευή και η ανακατασκευή έχουν τοπική ή περιφερειακή διάσταση και είναι σε θέση να μη χρησιμοποιούν ή να μειώνουν τις συσκευασίες, το κόστος μεταφοράς και το κόστος συναλλαγών μέσω της διατήρησης της ιδιοκτησίας, ενώ η ανακύκλωση έχει παγκόσμια διάσταση και λειτουργεί ακολουθώντας τις *"αρχές της βιομηχανικής παραγωγής, όπως οικονομίες κλίμακας, εξειδίκευση και απασχόληση με χαμηλό κόστος εργασίας"* [132]. Αυτές οι τρεις αρχές, με ορισμένες τροποποιήσεις, περιλαμβάνονται και στην ιεράρχηση των αποβλήτων της ευρωπαϊκής οδηγίας 2008/98/EK για τα απόβλητα [119] από το 1989, καθώς και στην ατζέντα των Ηνωμένων Πολιτειών για τα στερεά απόβλητα [59,106,137].

Οι αρχές 3R (Reuse, Reduce, Recycle) μπορούν να προσαρμοστούν στις τρεις πρόσθετες αρχές που αναπτύσσονται στην έκθεση του Ιδρύματος Ellen Macarthur (2012) [138]. Η

πρώτη, ο κατάλληλος σχεδιασμός, τονίζει τη σημασία του σταδίου σχεδιασμού για την εξεύρεση λύσεων για την αποφυγή απόρριψης αποβλήτων σε χώρους υγειονομικής ταφής: "Τα προϊόντα σχεδιάζονται για έναν κύκλο αποσυναρμολόγησης και επαναχρησιμοποίησης". Η δεύτερη εισάγει μια ανακατάταξη των υλικών σε "τεχνικά" και "θρεπτικές ουσίες". Τα τεχνικά υλικά (όπως μέταλλα και πλαστικά) σχεδιάζονται ώστε να επαναχρησιμοποιούνται στο τέλος του κύκλου ζωής τους, ενώ οι θρεπτικές ουσίες ή οι βιολογικές θρεπτικές ουσίες, που γενικά είναι μη τοξικές, "μπορούν να επιστρέψουν με ασφάλεια στη βιόσφαιρα ή σε αλληλουχία διαδοχικών χρήσεων". Η τρίτη πρόσθετη αρχή, η "δυνατότητα ανανέωσης", θέτει τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ως την κύρια πηγή ενέργειας για την κυκλική οικονομία, ώστε να μειωθεί η εξάρτηση από ορυκτά καύσιμα και να ενισχυθεί η προσαρμοστικότητα (ανθεκτικότητα) του οικονομικού συστήματος προς τις αρνητικές επιπτώσεις του πετρελαίου (αύξηση των τιμών του πετρελαίου, έλλειψη εφοδιασμού κ.λπ.).

Ο **Πίνακας 3** συνοψίζει τα κύρια όρια και προκλήσεις για την ανάπτυξη της Κυκλικής Οικονομίας, με αναφορά στις προαναφερθείσες αρχές της.

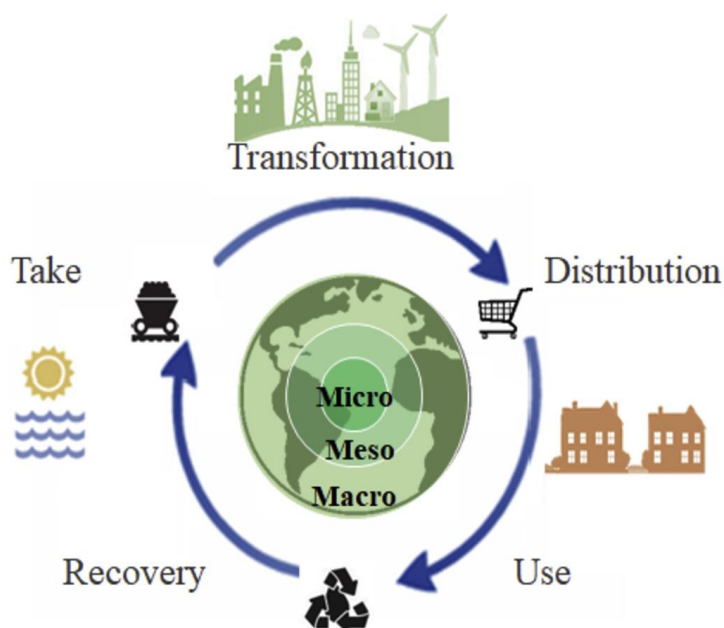
Πίνακας 3: Κύρια όρια και προκλήσεις για μετάβαση στην κυκλική οικονομία.

Αρχές Κυκλικής Οικονομίας	Όρια και προκλήσεις	Αναφορές
Σχεδιασμός	<ul style="list-style-type: none"> - Βέλτιστο σενάριο ζωής του προϊόντος. - Σχεδιασμός για αποσυναρμολόγηση, επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση. - Σχεδιασμός ανθεκτικών προϊόντων - Σχεδιασμός νέου επιχειρηματικού μοντέλου κατανάλωσης 	<p>[59] [59,138,139]</p> <p>[59] [59,140]</p>
Μείωση	Υπέρβαση της ανταντακλαστικής επίδρασης των στρατηγικών οικολογικής αποδοτικότητας και οικολογικής επάρκειας	[114]
Επανάχρηση	<ul style="list-style-type: none"> - Τεχνική μέγιστης επαναχρησιμοποίησης των υλικών - Αύξηση κατανάλωσης επαναχρησιμοποιούμενων προϊόντων και υλικών - Ανάπτυξη μηχανισμών επιστροφών από τις εταιρείες - Διασφάλιση επισκευής και δευτερογενούς χρήσης των προϊόντων μετά την αρχική τους χρήση. - Φορολογία βασισμένη σε μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και όχι στην εργασία και στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας 	<p>[106] [135]</p> <p>[125] [125]</p> <p>[41,132]</p>
Ανακύκλωση	<ul style="list-style-type: none"> - Ενδυνάμωση τοπικών αγορών ανακυκλώσιμων προϊόντων - Κίνδυνοι του παγκόσμιου εμπορίου υλικών. Πλαστικά απόβλητα: ανέφικτη λόγω της ανάμειξης των πρόσθετων - Κυτταρίνη: εφικτή μέχρι 4-6 φορές - Σπάνια μέταλλα (έλλειψη οικονομιών κλίμακας) - Σπατάλη τροφίμων: οι περαιτέρω μετασχηματισμοί πριν χρησιμοποιηθούν απαιτούν υψηλό κόστος έρευνας και ανάπτυξης - Κατάλληλη μοντελοποίηση LCA για επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση. 	<p>[141] [92,125]</p> <p>[92] [122,134,135] [122]</p> <p>[137,130]</p>
Αναταξινόμηση υλικών σε: -Τεχνικά -Θρεπτικές ουσίες	- Ασφαλής επιστροφή στη Βιόσφαιρα ή σε αλληλουχία μεταγενέστερων χρήσεων (βιοδιύλιση)	[138]
Ανανεώσιμη ενέργεια	Αύξηση του μεριδίου τους σε σύγκριση με το μερίδιο των ορυκτών καυσίμων.	[70,138]

Η κυκλική οικονομία στην Κίνα και παγκοσμίως φαίνεται να ακολουθεί διαφορετικά πρότυπα. Η Κυκλική Οικονομία στην Κίνα είναι ένα άμεσο αποτέλεσμα της εθνικής της πολιτικής στρατηγικής (από πάνω προς τα κάτω προσέγγιση), και η εφαρμογή της είναι δομημένη ακολουθώντας τόσο μια οριζόντια όσο και κάθετη προσέγγιση [89]. Η κινεζική εθνική κυβερνητική πολιτική έχει ως στόχο να μεταμορφώσει όχι μόνο τη βιομηχανία, αλλά και την κοινωνικοοικονομική οργάνωση της κοινωνίας σε όλα τα επίπεδα [157]. Η προσέγγιση από πάνω προς τα κάτω της κινεζικής εθνικής στρατηγικής, αντικατοπτρίζεται επίσης στα μέσα που χρησιμοποιούνται, τα οποία είναι κυρίως “διοίκησης και ελέγχου” και όχι με βάση την αγορά, όπως στις ευρωπαϊκές, ιαπωνικές ή αμερικανικές πολιτικές [158,159,160,161].

Αντίθετα, η μετάβαση προς την Κυκλική Οικονομία στην Ευρώπη φαίνεται να συμβαίνει κυρίως ως προσέγγιση από τη βάση προς την κορυφή, π.χ. από τις πρωτοβουλίες των περιβαλλοντικών οργανώσεων, της κοινωνίας των πολιτών, των ΜΚΟ κ.λπ. Όλοι αυτοί οι παράγοντες ζητούν πιο πράσινα προϊόντα και κατάλληλη νομοθεσία και προσπαθούν να συμπεριλάβουν τόσο τις ιδιωτικές εταιρείες όσο και τις δημόσιες αρχές σε έναν ενάρετο κύκλο [157,162]. Στην Ιαπωνία, μια ολοκληρωμένη και στενή συνεργασία μεταξύ της κοινωνίας των πολιτών, του δημόσιου τομέα και των κατασκευαστών χαρακτηρίζουν τη μετάβαση σε μια Κυκλική Οικονομία [99,108].

Η κάθετη προσέγγιση στην Κίνα συνεπάγεται τη μετατόπιση της Κυκλικής Οικονομίας από το χαμηλό επίπεδο ανάλυσης - *micro* - (επίπεδο εταιρείας ή ενός καταναλωτή) στα υψηλότερα ιεραρχικά επίπεδα - *meso* - (π.χ. οικολογικά βιομηχανικά πάρκα) και - *macro* - (πόλεις, επαρχίες και περιφέρειες), ενώ η οριζόντια προσέγγιση, συνεπάγεται σύνδεση μεταξύ “βιομηχανιών, αστικών υποδομών, πολιτιστικού περιβάλλοντος και συστήματος με το οποίο η κοινωνία καταναλώνει” [89]. Αρκετές μελέτες στην Κίνα αναλύουν την εφαρμογή της Κυκλικής Οικονομίας, ακολουθώντας τόσο οριζόντια όσο και κάθετη προσέγγιση [36,47,65,89, 164], ενώ η βιβλιογραφία άλλων χωρών παρουσιάζει μελέτες περίπτωσης εφαρμογής της Κυκλικής Οικονομίας σε ένα μόνο επίπεδο, τις περισσότερες φορές το *meso* - επίπεδο.



Σχήμα 5: Circular economy cycle

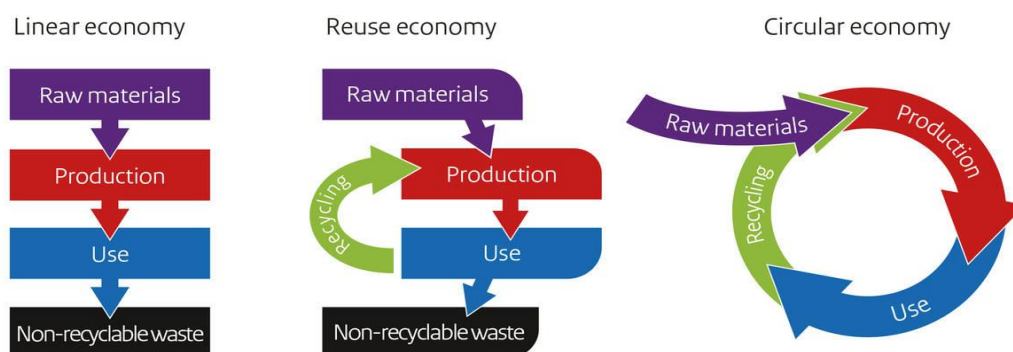
5. ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ - ΕΝΑ ΝΕΟ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

Η κυκλική οικονομία ορίζεται από τον Charonis [143], σε συμφωνία με το όραμα του Ιδρύματος Ellen Macarthur [138], ως ένα σύστημα που έχει σχεδιαστεί για να είναι επανορθωτικό και αναγεννητικό. Ο συγγραφέας θεωρεί την Κυκλική Οικονομία ως “εναλλακτικό λόγο ανάπτυξης” και όχι ως “εναλλακτική λύση στον λόγο για την ανάπτυξη”. Στη μελέτη του, ο Charonis συνέκρινε επίσης την κυκλική οικονομία με την αποανάπτυξη [144,145,146] και τη σταθερότητα [147] εντοπίζοντας βασικά χαρακτηριστικά, ομοιότητες και διαφορές. Ειδικότερα, ο Charonis [143] αναφέρεται στην έννοια της αποανάπτυξης, όπως προτάθηκε από τον Kallis [148]: **“μια κοινωνικά βιώσιμη και δίκαιη μείωση (και σταθεροποίηση) στην απόδοση μιας κοινωνίας όπου η απόδοση υποδηλώνει τα υλικά και την ενέργεια που εξάγονται, επεξεργάζονται, μεταφέρονται και διανέμονται, καταναλώνονται και επιστρέφονται στο περιβάλλον ως απόβλητα”**, καθώς και στην περιγραφή της σταθερότητας της οικονομίας από τους Czech και Daly [149] ως **“αυτό που δεν υφίσταται ούτε ανάπτυξη ούτε ύφεση, με αποτέλεσμα ένα σταθερό ρυθμό απόδοσης”**. Η κυκλική οικονομία, η αποανάπτυξη και η σταθερότητα της οικονομίας, έχουν ορισμένες σημαντικές αρχές και στόχους, παρά την ύπαρξη μη αμελητέων διαφορών. Αυτά τα τρία πλαίσια συμμερίζονται το αίτημα και τη στόχευση της ανθρώπινης κοινωνίας να λειτουργεί εντός των οικολογικών ορίων του Πλανήτη μας, σε αντίθεση με ό,τι προβλέπουν τα συνήθη μοντέλα που είναι προσανατολισμένα στην ανάπτυξη. Ωστόσο, ενώ το θεωρητικό πλαίσιο της ανάπτυξης και της σταθεροποιημένης κατάστασης της οικονομίας έχει αναπτυχθεί σε μεγάλο βαθμό, οι έννοιες της κυκλικής οικονομίας είναι πολύ πρόσφατες και εξακολουθούν να απαιτούν περαιτέρω βελτίωση όσον αφορά τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να επηρεάσουν την φέρουσα ικανότητα των πληθυσμών, την απασχόληση, το διεθνές εμπόριο, το ρόλο των θεσμικών οργάνων κ.λπ.

Οι περισσότερες μελέτες που αποσκοπούν στην εξήγηση του θεωρητικού υπόβαθρου της Κυκλικής Οικονομίας κάνουν πρώτα μια διάκριση μεταξύ των νεοκλασικών οικονομικών, της οικονομίας σταθερής κατάστασης και της κυκλικής οικονομίας. Η επικρατούσα οικονομία (νεοκλασική) ακολουθεί ένα γραμμικό πρότυπο οικονομίας και παρέχει τη θεωρητική βάση για την οικονομική ανάπτυξη μέχρι και πρόσφατα. Η νεοκλασική οικονομία επικεντρώνεται κυρίως στην αποτελεσματική κατανομή των πόρων μέσω της αγοράς και δεν παρέχει αποτελεσματικά εργαλεία που να λαμβάνουν υπόψη τον περιορισμένο και εξαντλήσιμο χαρακτήρα των φυσικών πόρων. Η προσέγγιση της οικονομίας σταθερής κατάστασης φαίνεται να καλύπτει αυτό το κενό, προσπαθώντας να διατηρήσει τις οικονομικές δραστηριότητες εντός των περιορισμών που επιβάλλονται από τη φύση (σταθερός ρυθμός κατανάλωσης και χρήσης πόρων), ενώ η κυκλική οικονομία προτείνει επιπρόσθετα ένα οικονομικό μοντέλο που ρυθμίζεται σύμφωνα με τους νόμους της φύσης (δίκτυα αλληλεπιδρώντων συνιστωσών, ανταλλαγή ροών υλικών και ενέργειας, πρότυπα ανακύκλωσης και, περιβαλλοντικός μιμητισμός).

Η Κυκλική Οικονομία λειτουργεί γύρω από το πλαίσιο της νεοκλασικής οικονομίας, ακόμη και αν απειλεί ορισμένους από τους βασικούς πυλώνες της π.χ. η Κυκλική Οικονομία προτείνει την επανεξέταση της ιδιοκτησίας (όπως προτείνει και η θεώρηση της αποανάπτυξης και της σταθερής κατάστασης της οικονομίας) και είναι υπέρ των μοντέλων, όπου τα προϊόντα μισθώνονται σε καταναλωτές, οι οποίοι γίνονται μόνο χρήστες μιας υπηρεσίας. Όσον αφορά την αποανάπτυξη και τη σταθερή κατάσταση της οικονομίας, ο

Charonis [143] επεσήμανε επίσης ομοιότητες στις προτάσεις πολιτικής π.χ. την απασχόληση, το βασικό εισόδημα, τη μείωση των αποβλήτων, τα μέτρα προόδου και τη διακυβέρνηση, αναγνωρίζοντας τη συμπληρωματικότητα μεταξύ των πλαισίων προς μια πιθανή εναλλακτική λύση στο σημερινό μοντέλο οικονομικής ανάπτυξης.



Σχήμα 6: Από την γραμμική στην κυκλική οικονομία

Πηγή: <https://www.government.nl/topics/circular-economy/from-a-linear-to-a-circular-economy>

Μια σύγκριση μεταξύ της οικονομίας σταθερής κατάστασης και της θεωρίας της Κυκλικής Οικονομίας παρασχέθηκε από τους Xia και Yang [150]. Στη μελέτη τους, οι συγγραφείς αυτοί συζήτησαν την έλλειψη κατάλληλου εργαλείου και θεωρητικού πλαισίου στην κρατούσα οικονομική θεωρία για τις απειλές περιβαλλοντικών και οικολογικών προβλημάτων. Επιπλέον, παρουσίασαν τις βασικές αρχές της οικονομίας σταθερής κατάστασης, καθώς "**η οικονομία σταθερής κατάστασης αντιπροσωπεύει την ισορροπία μεταξύ δύο συστημάτων: του συστήματος υλικού πλούτου και του ανθρωποκεντρικού συστήματος, που δεν μπορούν να αυτοσταθεροποιηθούν. Μόνο όταν αυτά τα δύο συστήματα διατηρούνται σε χαμηλούς ρυθμούς ροής, μπορεί να επιτευχθεί βιώσιμη σταθερή κατάσταση. Ως προς το πληθυσμιακό σύστημα, χαμηλοί ρυθμοί ροής σημαίνουν χαμηλό ποσοστό γεννήσεων και θανάτων, δηλαδή υψηλό προσδόκιμο ζωής, ενώ ως προς το σύστημα πλούτου, σημαίνει μεγαλύτερη διάρκεια των βασικών προϊόντων και λιγότερο χρόνο που δαπανάται για την παραγωγή, καθώς και περισσότερο ελεύθερο χρόνο**". Οι συγγραφείς επεσήμαναν επίσης ότι τόσο οι προσεγγίσεις της σταθερής κατάστασης της οικονομίας όσο και οι προσεγγίσεις της Κυκλικής Οικονομίας, συμμερίζονται τις αρχές της δικαιοσύνης στη χρήση των πόρων, εντός και μεταξύ των γενεών που υπονοούνται στην έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης, της γνωστής έκθεσης της Επιτροπής Brundtland "Το κοινό μας μέλλον". Επιπλέον, η σταθερή κατάσταση της οικονομίας ερμηνεύει το περιβαλλοντικό πρόβλημα από την άποψη της ύλης και των ενεργειακών περιορισμών που επιβάλλονται από τους νόμους της θερμοδυναμικής, και υποστηρίζει ότι η οικονομία πρέπει να αλλάξει την εστίασή της από την πεπατημένη της παραγωγής και της κατανάλωσης, στην αποδοτική κυκλοφορία των βιοφυσικών πόρων, ιδίως της ενέργειας.

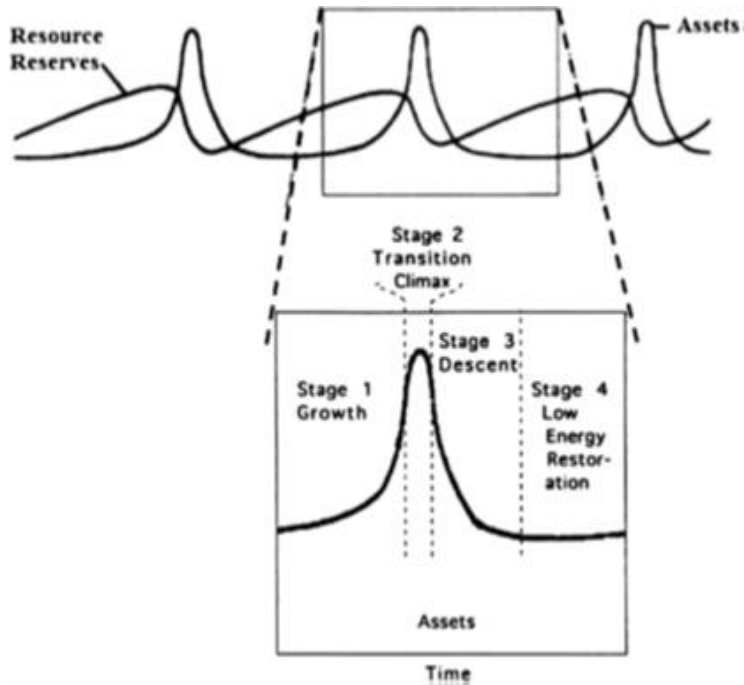
Μια μελλοντική οικονομία σταθερής κατάστασης "**με ένα σχετικά σταθερό, ελαφρώς κυμαινόμενο επίπεδο κατανάλωσης**", που προηγείται μιας παροδικής αποανάπτυξης, όπου η οικονομία λειτουργεί εντός των οικολογικών ορίων της Γης, είναι πολύ ελκυστική για τους υποστηρικτές της αποανάπτυξης, όπως επιβεβαιώνεται από την τελική δήλωση της Πρώτης Διεθνούς Διάσκεψης για την Ανάπτυξη του 2008. Ένα πρότυπο αποανάπτυξης εξετάζεται ως μια εθελοντική διαδικασία, μια προγραμματισμένη και δίκαιη μετάβαση σε μια κατάσταση χαμηλότερης παραγωγής και κατανάλωσης [144,148]. Αυτό είναι απίθανο να επιβληθεί εξωτερικά ως επιτακτική ανάγκη πολιτικής [144], ακόμη και αν υποστηρίζεται ως επείγουσα ανάγκη λόγω των διαφαινόμενων οικολογικών ορίων, συμπεριλαμβανομένων των μέγιστων

τιμών πετρελαίου και φυσικού αερίου [151]. Ταυτόχρονα, η σταθερή ή η ιονεί σταθερή κατάσταση της οικονομίας [147] θα μπορούσε να αμφισβητηθεί ως προς την αντιμετώπιση του συνεχούς ρυθμού αύξησης του πληθυσμού και της περιορισμένης απόδοσης των πόρων σε παγκόσμια κλίμακα, όπου πολλές αναπτυσσόμενες χώρες θα μπορούσαν να αναπτυχθούν και να μειώσουν τη φτώχεια τους [135].

Μια ενδιαφέρουσα άποψη παρουσιάστηκε από τους Odum και Odum [152,153]. Βασισμένοι στην αρχή της μέγιστης ισχύος του Lotka [154], τη Γενική Θεωρία Συστημάτων του Von Bertalanffy [68,69] και μελέτες σχετικά με την ανθεκτικότητα και τα παλλόμενα συστήματα του Holling [155], οι συγγραφείς αυτοί υποστηρίζουν ότι οι αρχές των γενικών συστημάτων για την ποιότητα και διαθεσιμότητα των πόρων, ωθεί όλα τα είδη των οργανισμών να "προγραμματίζουν ομαλή κάθοδο και ύφεση που ακολουθείται αργότερα από την ανάπτυξη και διαδοχικά την κάθοδο κοκ" και ισχυρίζονται ότι ένα τέτοιο παλλόμενο μοτίβο συναντάται σε "βιοχημικές αντιδράσεις, μετεωρολογικά συστήματα, θάλασσες, γεωλογικές διεργασίες, οικοσυστήματα, σχέσεις αστεριών, ενώ φαίνεται να ισχύει επίσης και για τις ανθρώπινες οικονομίες". Ειδικότερα, προσδιορίζουν τέσσερα κύρια στάδια παλμικών κύκλων, ήτοι: **(1) ανάπτυξη** βασισμένη σε άφθονους πόρους, με αύξηση του πληθυσμού και των περιουσιακών στοιχείων, χαμηλή αποδοτικότητα και υψηλό ανταγωνισμό **(2) κορύφωση** και σταθεροποίηση, όταν το σύστημα φθάσει στο μέγιστο επιτρεπόμενο μέγεθος από τους διαθέσιμους πόρους και αυξάνει την αποτελεσματικότητά του, προκειμένου να επωφεληθεί το μέγιστο από αυτούς **(3) κάθοδος**, με λιγότερους διαθέσιμους πόρους, μείωση του πληθυσμού, περισσότερα πρότυπα ανακύκλωσης και πολύ υψηλότερη απόδοση **(4) αποκατάσταση** χαμηλής ενεργειακής απαίτησης, χωρίς ανάπτυξη, κατανάλωση μικρότερη από τη συσσώρευση, και αποθήκευση των πόρων για ένα νέο κύκλο που ακολουθεί (**Σχήμα 7**). Μέσα σε ένα τέτοιο όραμα, η ανάπτυξη, η σταθεροποιημένη κατάσταση και η αποανάπτυξη εμφανίζονται ως διαφορετικά στάδια του ίδιου παλμικού κύκλου, ένα αναπόφευκτο πρότυπο ανάπτυξης ενός συστήματος, που περιορίζεται μόνο από τη διαθεσιμότητα των πόρων. Οι ίδιοι συγγραφείς ισχυρίζονται ότι "φαίνεται να είναι μια γενική αρχή, ότι τα παλλόμενα συστήματα επικρατούν μακροπρόθεσμα ... ίσως επειδή προάγουν την παραγωγικότητα, την ενδυνάμωση, την απόδοση στις σταθεροποιημένες ή ευημερούσες καταστάσεις" [153].

Το παλλόμενο πρότυπο μπορεί να βοηθήσει στην επίτευξη καλύτερης κατανόησης του δυνητικού ρόλου της Κυκλικής Οικονομίας στο πλαίσιο μιας οικονομικής δυναμικής. Σε κάποιο βαθμό, θα ήταν εν μέρει παραπλανητικό να θεωρηθεί η Κυκλική Οικονομία ως ένα νέο οικονομικό μοντέλο παρόμοιο με την ανάπτυξη, την αποανάπτυξη και τη σταθεροποιημένη κατάσταση της οικονομίας, με έμφαση στο μέγεθος και τις επιδόσεις της οικονομίας. Περισσότερο από ένα μοντέλο που βασίζεται σε τάσεις, η Κυκλική Οικονομία μπορεί μάλλον να θεωρηθεί ένας τρόπος για να σχεδιαστεί ένα οικονομικό πρότυπο με στόχο την αύξηση της αποδοτικότητας της παραγωγής (και της κατανάλωσης), μέσω της κατάλληλης χρήσης, επαναχρησιμοποίησης και ανταλλαγής πόρων, και να πραγματοποιήσει περισσότερα με λιγότερα. Για να γίνει αυτό, τα συστήματα παραγωγής και κατανάλωσης πρέπει να είναι διαρθρωμένα με τρόπο που οι συνιστώσες διεργασίες να μπορούν να επωφελούνται από την ανταλλαγή πόρων και την αλληλεπίδραση μεταξύ των συνιστωσών. Κατά συνέπεια, σύμφωνα με το παλλόμενο πρότυπο των Odum και Odum, θα πρέπει να δοθεί έμφαση στη δυνητική συμβολή του πλαισίου της Κυκλικής Οικονομίας στα διάφορα στάδια της οικονομικής και κοινωνικής δυναμικής. Σε ένα παραδειγματικό παλλόμενο πλαίσιο, η αποτελεσματικότητα είναι ασήμαντη στη φάση ανάπτυξης (π.χ. η χαμηλή αποδοτικότητα, περίπου 3-4%, της ατμομηχανής Watt με καύσιμο άνθρακα, κατά τη

βρετανική βιομηχανική επανάσταση) [80,156], ενώ είναι χρήσιμο να παραταθεί η διάρκεια της φάσης σταθεροποιημένης κατάστασης της οικονομίας, και ζωτικής σημασίας να επιτραπεί μια ομαλή κάθοδος στην ενδεχόμενα αναπόφευκτη (αν και αβέβαιη στο χρόνο) φάση αποανάπτυξης.



Σχήμα 7. Το παλλόμενο παράδειγμα σύμφωνα με Odum και Odum [152,153]. Σε μια παλλόμενη δυναμική, το πρώτο στάδιο (ανάπτυξη) χαρακτηρίζεται από υψηλές καθαρές αποδόσεις, χαμηλή αποδοτικότητα και αυξημένο φορτίο στο περιβάλλον. Κατά τη μεταβατική φάση, στη σταθεροποιημένη κατάσταση, η μείωση του ρυθμού ανάπτυξης συνοδεύεται από χαμηλές καθαρές αποδόσεις, αύξηση της αποδοτικότητας, μείωση των περιβαλλοντικών φορτίων. Κατά τη διάρκεια της αποανάπτυξης, δεν επιτυγχάνονται καθαρές αποδόσεις, η αποδοτικότητα μεγιστοποιείται, για να ληφθεί ό,τι περισσότερο από λιγότερους διαθέσιμους πόρους, ενώ τα περιβαλλοντικά φορτία μειώνονται λόγω της λιγότερης χρήσης πόρων. Τέλος, ακολουθεί η φάση αποκατάστασης πόρων, για το νέο κύκλο που ακολουθεί. Η Κυκλική Οικονομία συμβάλλει στις φάσεις μετάβασης και αποανάπτυξης, σε αντίθεση με τα στάδια ανάπτυξης και αποκατάστασης.

6. ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΣΕ ΜΙΚΡΗ ΚΛΙΜΑΚΑ

6.1 Εφαρμογή της Κυκλικής Οικονομίας στους τομείς της παραγωγής: η εμφάνιση οικολογικού σχεδιασμού και καθαρότερης παραγωγής

Η υιοθέτηση ενός προγράμματος κυκλικής οικονομίας συνεπάγεται ότι μια εταιρεία εφαρμόζει διαφορετικές στρατηγικές για τη βελτίωση της κυκλικότητας του παραγωγικού της συστήματος και συνεργάζεται επίσης με άλλες εταιρείες της εφοδιαστικής αλυσίδας για την επίτευξη ενός πιο αποτελεσματικού κυκλικού προτύπου [139].

Στο πλαίσιο των διαδικασιών παραγωγής μιας εταιρείας, ο οικολογικός ή πράσινος σχεδιασμός [139], ο **Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός (ΠΣ)** [81,140], καθώς και **Καθαρότερη Παραγωγή (ΚΠ)** είναι οι κύριες στρατηγικές, που θεωρούνται προπαρασκευαστικές προς την κατεύθυνση της Κυκλικής Οικονομίας. Ο σχεδιασμός για το περιβάλλον και την καθαρότερη παραγωγή συνδέονται στενά μεταξύ τους. Στην πραγματικότητα, η καθαρότερη παραγωγή περιλαμβάνει τρεις αλληλένδετες πρακτικές όπως, η **Πρόληψη της Ρύπανσης (ΠΡ)**, η **Μείωση της Τοξικότητας (ΜΤ)** και ο **Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός (ΠΣ)** [81]. Τόσο ο περιβαλλοντικός σχεδιασμός (ΠΣ) όσο και ο οικολογικός σχεδιασμός "*συνδυάζουν περιβαλλοντικές πτυχές στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη ενός προϊόντος, κατά τη σύλληψη της ιδέας, για να βελτιώσουν την περιβαλλοντική απόδοση καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του*". Το στάδιο του σχεδιασμού είναι σημαντικό, καθώς η βιωσιμότητα του προϊόντος εξαρτάται κυρίως από τις επιλογές που έγιναν στο αρχικό στάδιο σχεδιασμού [140], προκειμένου να αποφευχθεί ότι η μείωση ορισμένων επιπτώσεων θα μπορούσε να οδηγήσει σε αύξηση άλλων τύπων επιπτώσεων (π.χ. η μείωση των εμπεριεχόμενων τοξικών ουσιών θα μπορούσε να αυξήσει την απαιτούμενη ενέργεια που, με τη σειρά της προκαλεί αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον) [135]. Επιπλέον, ζητήματα που αφορούν "*την αποσυναρμολόγηση, τη δυνατότητα διάθεσης χωρίς αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, την ευκολία διανομής και επιστροφής, την ανθεκτικότητα, την αξιοπιστία έναντι των πελατών*", θα πρέπει επίσης να συμπεριληφθούν ως συναφή με την Κυκλική Οικονομία [135,139,172]. Τέλος, ο οικολογικός σχεδιασμός καθιστά πιο φιλικά προς το περιβάλλον προϊόντα και διαδικασίες, ενώ ταυτόχρονα διατηρεί υψηλά πρότυπα ποιότητας και επιδόσεις των προϊόντων [81,140,173].

Για τα προϊόντα που καταναλώνουν ενέργεια, η Ε.Ε. το 2005 εξέδωσε οδηγία οικολογικού σχεδιασμού για την παροχή ενός συνεκτικού και ολοκληρωμένου πλαισίου για υποχρεωτικές ελάχιστες απαιτήσεις οικολογικού σχεδιασμού που εφαρμόζονται στα προϊόντα που καταναλώνουν ενέργεια [174]. Τα πρώτα αποτελέσματα της εν λόγω οδηγίας υποδηλώνουν την αποτελεσματικότητά της στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης ορισμένων προϊόντων [175]. Στην Κίνα, μια έρευνα της Yu et al. [176] διαπίστωσε χαμηλό ποσοστό εφαρμογής του οικολογικού σχεδιασμού στον τομέα των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών προϊόντων, ενώ η Fang et al. [177] επισημαίνει μια ευρύτερη εφαρμογή των αρχών της βιομηχανικής οικολογίας στις θυγατρικές πολυεθνικών εταιρειών όπως η Motorola, η BASF, η Mitsubishi και η Lucent Technologies, σε σύγκριση με τις εταιρείες του εγχώριου βιομηχανικού συστήματος.

Σε παγκόσμιο επίπεδο, η **(ΚΠ)** θεωρείται βασική στρατηγική προς μία Κυκλική Οικονομία [125] και την αειφόρο ανάπτυξη [162,178] με την έννοια ότι η **(ΚΠ)** εισάγει καθαρότερα προϊόντα, διαδικασίες και υπηρεσίες με στόχο τη μείωση των ροών αποβλήτων και εκπομπών, καθώς και την πρόληψη της χρήσης μη ανανεώσιμων και επιβλαβών ροών εισροών [81,101,131,178,179]. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η **(ΚΠ)** είναι η πρώτη σημαντική

στρατηγική για την επίτευξη των στόχων της Κυκλικής Οικονομίας [180,181]. Οι Brown και Stone [162] δηλώνουν ότι η εισαγωγή της **(ΚΠ)** τροφοδοτεί μια αλλαγή στον τρόπο με τον οποίο γίνεται αντιληπτή η σχέση μεταξύ των επιχειρήσεων και του περιβάλλοντος. Λεπτομερώς, η **(ΚΠ)** βασίζεται στη συνεχή εφαρμογή μιας ολοκληρωμένης, προληπτικής περιβαλλοντικής στρατηγικής για τις διαδικασίες, τα προϊόντα και τις υπηρεσίες, προκειμένου να αυξηθεί η συνολική οικονομική αποδοτικότητα και να μειωθούν οι ζημιές και οι κίνδυνοι για τον άνθρωπο και το περιβάλλον [81,162,178,181,182,183,184].

Επιπλέον, η αποδοτικότητα και η αποτελεσματικότητα των στρατηγικών **(ΚΠ)** εξαρτάται από το θεσμικό πλαίσιο στο οποίο εισάγονται [180,185,186,187] και από την ικανότητα και διορατικότητα των φορέων λήψης αποφάσεων, να αναπτύσσουν και να εφαρμόζουν προορατικές, ολοκληρωμένες πολιτικές και στρατηγικές, που ωθούν τις κοινωνίες να διαχειρίζονται όλους τους πόρους με πιο βιώσιμους τρόπους [118,180,188].

Η **(ΚΠ)** προωθήθηκε και υιοθετήθηκε εκτενέστερα στην Κίνα σε σύγκριση με άλλες μεθόδους περιβαλλοντικής διαχείρισης, ιδίως μετά τον "νόμο για την προώθηση της καθαρότερης παραγωγής" το 2002 [36,185,189]. Ο νόμος αυτός, ο οποίος ορίζεται από τον Υαρ [142] ως: "συνοπτικός, σαφής και περιεκτικός ως προς το πεδίο εφαρμογής", ήταν μία από τις πολιτικές απαντήσεις στα τεράστια περιβαλλοντικά προβλήματα που δημιουργούνται από την ταχεία κινεζική οικονομική ανάπτυξη. Στην πραγματικότητα, καθαρότερες πρακτικές παραγωγής ξεκίνησαν επίσημα δέκα χρόνια πριν από την έκδοση του " νόμου για την προώθηση της καθαρότερης παραγωγής " του 2002, με τη δημιουργία του Εθνικού Κέντρου Καθαρότερης Παραγωγής της Κίνας. Οι Li κ.ά. [181] αναφέρουν ότι 5000 βιομηχανίες έχουν εισαγάγει πρακτικές **(ΚΠ)** στην Κίνα και ότι έχουν επιτευχθεί σημαντικές βελτιώσεις στην εξοικονόμηση ενέργειας σε εθνικό επίπεδο στις κινεζικές βιομηχανίες. Οι Geng κ.ά. [54], αποδεικνύουν ότι μεγάλοι χρηματοδοτικοί πόροι επενδύονται σε πιλοτικά σχέδια Κυκλικής Οικονομίας που περιλαμβάνουν την εφαρμογή τεχνικών καθαρής παραγωγής σε συγκεκριμένους τομείς. Δεδομένου ότι ο αριθμός των επιχειρήσεων στην Κίνα είναι πολύ υψηλός, της τάξης των 40 εκατομμυρίων, απαιτούνται μεγάλες προσπάθειες για την άρση των υφιστάμενων εμποδίων στην εφαρμογή των **(ΚΠ)** για υψηλότερη διάδοση της Κυκλικής Οικονομίας [93,142,185].

6.2. Η Κυκλική Οικονομία στον τομέα της κατανάλωσης: ευθύνη των καταναλωτών και πράσινες δημόσιες συμβάσεις

Η προώθηση της ευθύνης των καταναλωτών είναι ζωτικής σημασίας για την ενίσχυση της αγοράς και της χρήσης πιο βιώσιμων προϊόντων και υπηρεσιών [36,47,89].

Τα λειτουργικά μέσα για τους πράσινους καταναλωτές, είναι ειδικά συστήματα πληροφόρησης και σήμανσης που καλύπτουν τα τρόφιμα, τα μη εδώδιμα προϊόντα καθώς και τις υπηρεσίες. Τα συστήματα σήμανσης αναπτύσσονται με γρήγορους ρυθμούς σε όλες τις ηπείρους [112]: στην Ευρώπη [163], την Ασία [190,191], Βόρεια και Νότια Αμερική [192] και Αυστραλία. Η κυβερνητική συμμετοχή στα συστήματα σήμανσης αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την αύξηση της εμπιστοσύνης των καταναλωτών έναντι αυτών των μέσων [193]. Το οικολογικό σήμα της ΕΕ, από την έναρξή του το 1992, έχει χορηγήσει 1300 άδειες για μη εδώδιμα προϊόντα και υπηρεσίες και μέχρι το 2013 μπορεί να βρεθεί σε περίπου 17.000 προϊόντα [163]. Τα προϊόντα με οικολογικό σήμα θα πρέπει να πληρούν αυστηρά περιβαλλοντικά κριτήρια, που καθορίζονται από μια ομάδα εμπειρογνομόνων, οργανώσεις καταναλωτών και βιομηχανία, με βάση τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του προϊόντος σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής του. Η πράσινη κατανάλωση στον δημόσιο τομέα είναι ένα άλλο σημαντικό εργαλείο πολιτικής, που ενθαρρύνει την υιοθέτηση πιο φιλικών προς το

περιβάλλον προϊόντων και υπηρεσιών. Μπορεί να εισαχθεί με τον καθορισμό και τη συμπερίληψη "πράσινων" απαιτήσεων πριν από την ανάθεση δημόσιων συμβάσεων [194]. Το εργαλείο αυτό είναι εξίσου σημαντικό για τη συμβολή του, εάν ληφθεί υπόψη ότι π.χ. στις δημόσιες συμβάσεις της Ε.Ε. των 27 αντιπροσωπεύεται περίπου το 19,9% του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος της Ε.Ε. για το 2009 [195]. Στην Κίνα, οι δαπάνες για δημόσιες συμβάσεις είναι επίσης σημαντικές [196]. Οι Πράσινες Δημόσιες Συμβάσεις, εφαρμόζονται επίσης στην Ιαπωνία, την Ταϊβάν, την Κορέα, τη Μαλαισία και τις ΗΠΑ [96]. Μια πρόσφατη έρευνα στην Ε.Ε. των 27 σε δέκα ομάδες προϊόντων/υπηρεσιών έδειξε ότι η ανάπτυξη πράσινων δημόσιων συμβάσεων, είναι ενθαρρυντική, ακόμη και αν δεν είναι ακόμη ικανοποιητική [195]. Διάφορα θεσμικά εμπόδια, σε συγκεκριμένες χώρες και συχνότερα μεταξύ των χωρών, εμποδίζουν την περαιτέρω ανάπτυξη των Πράσινων Δημόσιων Συμβάσεων παγκοσμίως [197]. Το τελευταίο απαιτεί ένα συνεκτικό διεθνές πλαίσιο συμφωνημένων και αναγνωρισμένων αρχών και συστημάτων αξιολόγησης της βιωσιμότητας των Πράσινων Δημοσίων Συμβάσεων, συμπεριλαμβανομένου ενός συνόλου δεικτών για την παρακολούθηση και την αξιολόγηση των δραστηριοτήτων των Πράσινων Δημοσίων Συμβάσεων από τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, τους αγοραστές και τους προμηθευτές [197].

6.3. Η Κυκλική Οικονομία στη διαχείριση των αποβλήτων: ανάκτηση πόρων και πρόληψη περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Η διαχείριση των αποβλήτων ήταν στο παρελθόν απλώς ένας τρόπος απαλλαγής από τα απόβλητα, μέσω της υγειονομικής ταφής ή της αποτέφρωσης. Αυτό εξακολουθεί να είναι το κυρίαρχο πρότυπο διάθεσης παγκοσμίως, δημιουργώντας έτσι μια τεράστια απώλεια πολύτιμων πόρων και πολύ βαριές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Τελευταία, αναδύεται ένας νέος τρόπος για το χειρισμό των αποβλήτων, ο οποίος αναγνωρίζει τη διαχείρισή τους ως ανάκτηση πόρων με ταυτόχρονη πρόληψη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Με τον τρόπο αυτό, η διαχείριση των αποβλήτων καθίσταται σημαντικός υποτομέας της κυκλικής οικονομίας, με την εμφάνιση νέων τυπολογιών φορέων εκμετάλλευσης και διαδικασιών, μεταξύ των οποίων οι λεγόμενοι "οδοκαθαριστές" και οι "αποσυνθέτες", αναφερόμενοι σε εταιρείες με δυνατότητα εξαγωγής πόρων από απόβλητα, εφαρμόζοντας καινοτόμες τεχνολογίες ανάκτησης. Αξίζει να σημειωθεί ότι στον φυσικό κόσμο οι "οδοκαθαριστές" και οι "αποσυνθέτες" είναι θεμελιώδεις οργανισμοί σε κάθε οικοσύστημα και στην τροφική αλυσίδα του. Συμβάλλουν στη διατήρηση της καθαριότητας της κοινότητας με την επεξεργασία νεκρής οργανικής ύλης και την τροφοδοσία φυτών με βασικές ουσίες.

Οι "οδοκαθαριστές" συλλέγουν τα απόβλητα - πόρους επιτόπου, εντός των εταιρειών ή σε άλλα σημεία της αλυσίδας συλλογής - απόθεσης και τα αναδιανέμουν στο σύστημα σε εταιρείες που μπορούν να επαναχρησιμοποιήσουν ή να ανακυκλώσουν τέτοια υλικά διευκολύνοντας την εργασία τους. Μετά τη συλλογή των αποβλήτων - πόρων, ορισμένοι από τους "οδοκαθαριστές" τα αποσυναρμολογούν, τα διαλέγουν και τα μεταφέρουν στους "αποσυνθέτες", σε μορφή που είναι εύκολα διαχειρίσιμη, να τα επεξεργαστούν. Οι "αποσυνθέτες" με τη σειρά τους μετατρέπουν ή ανακυκλώνουν τα απόβλητα - πόρους σε νέα υλικά ή κλάσματα των ίδιων ροών εισόδου για τις οποίες είχαν αρχικά σχεδιαστεί [198,199]. Οι "οδοκαθαριστές" και οι "αποσυνθέτες" ταξινομούνται περαιτέρω ως ειδικευμένοι ή γενικοί, σύμφωνα με την ειδικότητά τους για να διαχειριστούν μόνο έναν τύπο ή περισσότερους τύπους υλικών. Η σταθερότητα μιας εταιρείας βασίζεται στη διαθεσιμότητα διαφορετικών υλικών για τις δραστηριότητές της και περισσότερες από μία εταιρείες "οδοκαθαριστών ή αποσυνθετών" [199].

7. ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΣΕ ΜΕΣΑΙΑ ΚΛΙΜΑΚΑ

Οι δράσεις της Κυκλικής Οικονομίας σε αυτό το επίπεδο, αναφέρονται από την πλευρά της παραγωγής που περιλαμβάνει την ανάπτυξη οικολογικών βιομηχανικών πάρκων, βιομηχανικών περιοχών και δικτύων βιομηχανικής συμβίωσης, καθώς και άλλων σχετικών ονομασιών παραγωγικών δικτύων [36,164,200,201,202]. Σε αυτά τα βιομηχανικά συστήματα, βιομηχανίες που παραδοσιακά λειτουργούν ως χωριστές οντότητες, εμπλέκονται σε πολύπλοκες ανταλλαγές πόρων (υλικά, νερό, ενέργεια και υποπροϊόντα), τη λεγόμενη "βιομηχανική συμβίωση", με σκοπό την επίτευξη οικονομικών και περιβαλλοντικών οφελών [200,203]. *"Η ουσία της βιομηχανικής συμβίωσης έγκειται στην πλήρη χρήση υποπροϊόντων, τη μείωση των υπολειμματικών προϊόντων ή την αποτελεσματική μεταχείρισή τους. Ο όρος έχει συνήθως εφαρμογή σε δίκτυα ανεξάρτητων εταιρειών που ανταλλάσσουν υποπροϊόντα και ενδεχομένως μοιράζονται άλλους κοινούς πόρους"*[88].

Η βιομηχανική συμβίωση αποτελεί παραδοσιακά ερευνητικό πεδίο της βιομηχανικής οικολογίας. Ενώ η βιομηχανική οικολογία επικεντρώνεται σε όλα τα επίπεδα ανάλυσης (επίπεδο εγκαταστάσεων, διεταιρικό επίπεδο, περιφερειακό και παγκόσμιο επίπεδο), η βιομηχανική συμβίωση αναφέρεται σε διεταιρικό επίπεδο, διότι περιλαμβάνει φυσικές ανταλλαγές μεταξύ διαφόρων οργανισμών, που δεν υλοποιούνται κατ' ανάγκη εντός των "αυστηρών ορίων ενός πάρκου" [200]. Δεδομένου ότι η απόσταση μεταξύ των συμμετεχουσών βιομηχανιών αυξάνει τη ζήτηση ενέργειας, αυτό σημαίνει ότι τα οικολογικά βιομηχανικά πάρκα σχεδιάζονται, ώστε ένα κατάλληλο μείγμα μονάδων παραγωγής να ελαχιστοποιεί τα απόβλητα και τις εκπομπές ολόκληρης της εγκατάστασης [131].

Οι εμπειρίες της βιομηχανικής συμβίωσης διεθνώς αναφέρονται ως στρατηγικές "από πάνω προς τα κάτω" (Οικολογικά Βιομηχανικά Πάρκα - Eco-Industrial Parks - EIP -, π.χ. στις ΗΠΑ, τον Καναδά και την Ασία) όσο και από "κάτω προς τα πάνω" (βιομηχανικές περιοχές συμβίωσης ή βιομηχανικό οικοσύστημα όπως του Kalundborg-Δανία [204]). Οι πρώτες είναι αποτέλεσμα προληπτικού σχεδιασμού και προγραμματισμού, ενώ οι τελευταίες απορρέουν από αυθόρμητες συμφωνίες μεταξύ των συμμετεχουσών εταιρειών [205].

Εκτός από την Κίνα, που εξετάζεται στην επόμενη ενότητα με περισσότερες λεπτομέρειες, αρκετές περιπτώσεις Οικολογικών Βιομηχανικών Πάρκων (EIPs) αναφέρονται σε όλο τον κόσμο [206], στις ΗΠΑ [207,208,209,210], στον Καναδά [211,212], την Ινδία [213,214], την Κορέα [215,216], την Ιαπωνία [217], την Αυστραλία [218,219,220], τη Βραζιλία [221], την Αίγυπτο [206], χάρις σε έναν αυξανόμενο όγκο επιστημονικής βιβλιογραφίας [222]. Το Οικολογικό Βιομηχανικό Πάρκο του Kalundborg (Δανία) είναι ένα από τα πιο γνωστά παραδείγματα στη διεθνή βιβλιογραφία [51,86,200,209,217,223], ακόμη και αν υπάρχουν πολλές άλλες περιπτώσεις Οικολογικών Βιομηχανικών Πάρκων σε ευρωπαϊκές χώρες (Ηνωμένο Βασίλειο, Κάτω Χώρες, Φινλανδία, Γερμανία, Αυστρία, Ιταλία κ.λπ.). Ορισμένα από αυτά είναι σε λειτουργία, άλλα σχεδιάζονται ή λειτουργούν πιλοτικά [206,224,225,226,227]. Το βιομηχανικό συγκρότημα Kalundborg μετατράπηκε σταδιακά σε μια δομή Οικολογικού Βιομηχανικού Πάρκου, λειτουργώντας ως παράδειγμα προσέγγισης της βιομηχανικής συμβίωσης "από τη βάση προς την κορυφή". Προήλθε από μια ιδέα μερικών διευθυντών, στα τέλη της δεκαετίας του '60, οι οποίοι διέκριναν την ευκαιρία να αποκομίσουν οικονομικά οφέλη από τις ανταλλαγές υποπροϊόντων [207]. Με την πάροδο του χρόνου, τόσο η έκταση όσο και η ποιότητα των δεσμών συμβίωσης μεταξύ των πέντε εταιρειών που βρίσκονται πολύ

κοντά στον ίδιο Δήμο εξέλιξαν, τα χαμηλής σε υψηλής αξίας υποπροϊόντα [86,200,223], με αποκλειστικό στόχο να επιτύχουν οικονομικά αποδοτικότερη χρήση των υποπροϊόντων τους και να ελαχιστοποιήσουν το κόστους παραμονής σε νέους και αυστηρότερους περιβαλλοντικούς κανονισμούς [51,209]. Ωστόσο, οι βιομηχανίες των συμμετεχόντων στο δίκτυο του Kalundborg, αναγνώρισαν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των δραστηριοτήτων τους μετά από μια δεκαετία από την έναρξη λειτουργίας του (στη δεκαετία του '80) και η διεθνής συνειδητοποίηση των επιτευχθεισών αποτελεσμάτων προέκυψε μόλις στη δεκαετία του '90 στη Διάσκεψη για την Αειφόρο Ανάπτυξη του Ρίο [200,209]. Παρόμοιες εμπειρίες αναφέρονται και για τις περιπτώσεις: της Στυρίας (Αυστρία), όπου οι συμμετέχουσες εταιρείες διαπιστώθηκε ότι αντιλήφθηκαν σε δεύτερο χρόνο τα πρόσθετα περιβαλλοντικά οφέλη [228,229], καθώς και μιας φινλανδικής περίπτωσης [230], που χαρακτηρίστηκε ως "βιομηχανική οικολογία" ή "βιομηχανική συμβίωση" μόνο μετά την παρέμβαση τρίτου μέρους [206,209]. Τα οικονομικά οφέλη που προκύπτουν από τις συμβιωτικές ανταλλαγές σε ένα Οικολογικό Βιομηχανικό Πάρκο, μπορούν να συνοψιστούν ως άμεσα (π.χ. έσοδα από την πώληση υποπροϊόντων, μειωμένο κόστος από τα αποφευκταία τέλη απαλλαγής ή το κόστος διάθεσης, μειωμένο κόστος από την αντικατάσταση της πρωτογενούς ενέργειας και υλικών, με εναλλακτικές πρώτες ύλες που λαμβάνονται σε χαμηλότερες τιμές) και έμμεσα, όπως, η αποφυγή επενδύσεων, η αύξηση της ασφάλειας και της ευελιξίας του εφοδιασμού, η καλύτερη φήμη, η ανάπτυξη καινοτομίας, η λειτουργική ανθεκτικότητα και η ικανότητα προσέλκυσης και διατήρησης εργαζομένων [51,210,223,231,232].

Αναμφίβολα, η εξέλιξη της ανάπτυξης των Οικολογικών Βιομηχανικών Πάρκων αντιμετωπίζει πολλές προκλήσεις. Νέα προβλήματα και τάσεις εμφανίζονται στη βάση δημιουργίας ενός Οικολογικού Βιομηχανικού Πάρκου. Για παράδειγμα, οι Zhu κ.α. [128] αποδεικνύουν την ανάγκη επιλογής βέλτιστων εταιρειών με σκοπό τη διασφάλιση της σταθερότητας και της αποτελεσματικότητας του ίδιου του Οικολογικού Βιομηχανικού Πάρκου, ενώ η Veleza κ.α. [210] υποστηρίζουν ότι τα Οικολογικά Βιομηχανικά Πάρκα ενδιαφέρονται λιγότερο για τις φυσικές ανταλλαγές υλικών, ενέργειας, νερού και υποπροϊόντων, δίνοντας μεγαλύτερη σημασία στο μίρασμα των υποδομών και των γνώσεων, ώστε να αναδειχθεί η τοπική αλυσίδα εφοδιασμού και να ελαττωθούν οι κίνδυνοι από τις καιρικές συνθήκες και άλλα επιχειρηματικά προβλήματα.

7.1. Οικολογική Βιομηχανική Ανάπτυξη στην Κίνα

Η έννοια του Οικολογικού Βιομηχανικού Πάρκου εισήχθη αρχικά στην Κίνα στα τέλη της δεκαετίας του '90 [177,233,234] και συνέχισε να αναπτύσσεται γρήγορα σε ερευνητικό, πολιτικό και πρακτικό επίπεδο [177,234]. Σε πολιτικό επίπεδο, η Κινεζική Κρατική Υπηρεσία Περιβαλλοντικής Προστασίας (SEPA) άρχισε να προωθεί τα Οικολογικά Βιομηχανικά Πάρκα και τη Βιομηχανική Συμβίωση, ως μοντέλα βιομηχανικής και τεχνολογικής ανάπτυξης, εναλλακτικά προς την προσέγγιση για αντιμετώπιση της ρύπανσης ως εκροής μιας βιομηχανικής διεργασίας. Ειδικότερα, η ανάπτυξη των Οικολογικών Βιομηχανικών Πάρκων, έχει ενθαρρυνθεί για να αντιμετωπίσει το πρόβλημα των ρυπογόνων ζωνών βιομηχανικής ανάπτυξης [47,79,234]. Από την έναρξη της ανάπτυξης του προγράμματος βιομηχανικών πάρκων, ο SEPA είναι υπεύθυνος για την έγκριση των αιτήσεων για Οικολογικά Βιομηχανικά Πάρκα, που επιθυμούν να γίνουν μέρος του Εθνικού Προγράμματος Επίδειξης Οικολογικών Βιομηχανικών Πάρκων [234,235].

Η Κίνα επιχειρεί να αναπτύξει το δικό της μοντέλο των Οικολογικών Βιομηχανικών Πάρκων (στο θεωρητικό πλαίσιο της βιομηχανικής οικολογίας) προκειμένου να υποστηρίξει το

διαφορετικό πολιτικό, κοινωνικοοικονομικό και περιβαλλοντικό πλαίσιο που λειτουργεί, σε σύγκριση με τον υπόλοιπο κόσμο [79,177].

Η πρόθεση συνέχισης του “νέου” στην ανάπτυξη των Οικολογικών Βιομηχανικών Πάρκων επιβεβαιώνεται από τον ορισμό του Υπουργείου Προστασίας του Περιβάλλοντος που ορίζει Οικολογικό Βιομηχανικό Πάρκο, ένα νέο είδος βιομηχανικού πάρκου που δίνει έμφαση στη δημιουργία ενός δικτύου βιομηχανικής συμβίωσης, θα αποτελείται από ποικίλες βιομηχανίες (ανταλλαγή υποπροϊόντων, νερού και ενέργειας όπου υπάρχει επικάλυψη και ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των επιχειρήσεων), εκτός από τη συμπερίληψη όλων των χαρακτηριστικών ενός παραδοσιακού βιομηχανικού πάρκου. Οι κύριοι στόχοι ενός Οικολογικού βιομηχανικού Πάρκου, είναι η υλοποίηση κλειστών βρόχων, η ελαχιστοποίηση των αποβλήτων και οι συνολικές βελτιώσεις της οικολογικής απόδοσης, εφαρμόζοντας τις αρχές της καθαρότερης παραγωγής, της βιομηχανικής οικολογίας και της κυκλικής οικονομίας. Το σημαντικότερο είναι η εισαγωγή ομάδας κριτηρίων και δεικτών για κάθε τύπο Οικολογικού Βιομηχανικού Πάρκου (ανά τομέα κλπ) που ταξινομούνται σε διάφορες κατηγορίες: οικονομική ανάπτυξη, μείωση και ανακύκλωση υλικών, παρακολούθηση της ρύπανσης και διαχείριση πάρκων [47]. Ωστόσο, το σύστημα δεικτών θα πρέπει να βελτιωθεί με τη μέτρηση της συνολικής αποτελεσματικότητας του Οικολογικού Βιομηχανικού Πάρκου προς την κατεύθυνση ενημέρωσης σχετικά με θέματα που αφορούν π.χ. το επίπεδο της βιομηχανικής συμβίωσης, της ποικιλομορφίας στο Πάρκο, καθώς και τους δεσμούς των Πάρκων και του τοπικού κοινωνικοοικονομικού πλαισίου στο οποίο ενσωματώνεται το Πάρκο [47,189].

Από το 2001 έως το 2011 η Κίνα ανέπτυξε το μεγαλύτερο εθνικό δίκτυο Οικολογικών Βιομηχανικών Πάρκων, που αποτελείται από 60 εγκεκριμένα εθνικά Πάρκα δοκιμαστικής λειτουργίας. Μεταξύ αυτών, αξιολογήθηκε η πρόοδος που έχει σημειωθεί στα 15 από τα 60 Εθνικά Πάρκα δοκιμαστικής λειτουργίας [234]. Από τα 60 εθνικά Πάρκα δοκιμαστικής λειτουργίας, τα 48 είναι μικτά βιομηχανικά πάρκα και τα 11 είναι τομεακά βιομηχανικά πάρκα (παραγωγή ζάχαρης, μεταλλουργία, εξόρυξη, χημική βιομηχανία με βάση τον άνθρακα και πετροχημικές βιομηχανίες), ενώ μόνο ένα από τα παραπάνω Πάρκα είναι ένα πάρκο ανάκτησης πόρων (όπου οι εταιρείες μετατρέπουν τα απόβλητα σε επαναχρησιμοποιήσιμους πόρους και πάλι σε νέα προϊόντα) [47,234]. Οι επιδόσεις ορισμένων από τα Πάρκα που αποτελούν μέρος των εθνικών Πάρκων δοκιμαστικής λειτουργίας (εγκεκριμένα και αξιολογημένα ή εγκεκριμένα μόνο) έχουν αναλυθεί προσεκτικά από πολλούς συγγραφείς, όπως περιγράφεται παρακάτω.

Οι Geng κ.α. [236] ανέλυσαν το σχεδιασμό και την εφαρμογή ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης στερεών αποβλήτων, στην περιοχή οικονομικής ανάπτυξης της Tianjin, στην TEDA (το μεγαλύτερο βιομηχανικό πάρκο της Κίνας), που ιδρύθηκε το 2003 για να μεγιστοποιήσει τη χρήση των πόρων και να ελαχιστοποιήσει τα παραγόμενα απόβλητα και το κόστος διάθεσής τους. Κατά την ίδια περίοδο, ο TEDA ξεκίνησε ένα σχέδιο Οικολογικού Βιομηχανικού Πάρκου, με σκοπό την αύξηση της αποδοτικότητας μέσω της ανταλλαγής κοινών υπηρεσιών, μεταφορών και υποδομών που συνδέουν τις εταιρείες του TEDA. Ο σχεδιασμός της ολοκληρωμένης διαχείρισης στερεών αποβλήτων απαιτούσε την περιγραφή των ροών αποβλήτων σε εταιρικό, Βιομηχανικό Πάρκο και περιφερειακό επίπεδο. Για παράδειγμα, σε επίπεδο εταιρείας εισήχθησαν καθαρότερα προγράμματα παραγωγής, με σκοπό την ελαχιστοποίηση της συνολικής ποσότητας αποβλήτων. Σε επίπεδο Βιομηχανικού Πάρκου, ο σχεδιασμός επικεντρώθηκε στη δημιουργία δικτύου δραστηριοτήτων βιομηχανικής συμβίωσης (ανταλλαγή υποπροϊόντων) μεταξύ των εταιρειών. Υπονοείται

επίσης η αναζήτηση νέων “οδοκαθαριστών” και “αποσυνθετών” για τη δημιουργία του δικτύου. Η έρευνα αξιολόγησε επίσης, τα πιθανά οικονομικά (μείωση κόστους από τη χρήση των πόρων, αύξηση των εσόδων από την πώληση αποβλήτων), περιβαλλοντικά (καλύτερη εκμετάλλευση πρωτογενών υλικών με σύγχρονη μείωση των αποβλήτων, καθώς και μείωση της απόθεσης των αποβλήτων σε χώρους υγειονομικής ταφής) και κοινωνικά οφέλη (βελτίωση της δημόσιας υγείας μέσω της μείωσης των στερεών και επικίνδυνων αποβλήτων, ευκαιρίες απασχόλησης για τις τοπικές εταιρείες “οδοκαθαριστών” και “αποσυνθετών”, κ.λπ.), μέσω της εισαγωγής του ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης στερεών αποβλήτων. Ακόμα για την TEDA, οι Shi κα. [237], εμβάθυναν περαιτέρω στη διαδικασία των επενδύσεων σε δράσεις περιβαλλοντικής διαχείρισης, με στόχο τη συμμετοχή πολυεθνικών εταιρειών που δραστηριοποιούνται στο πάρκο και τη διατήρηση της ανταγωνιστικότητάς του και της ηγετικής του θέσης στην Κίνα ως βιομηχανικό πάρκο). Τον Νοέμβριο του 2000 η TEDA πιστοποιήθηκε κατά ISO 14001 για ολόκληρο το βιομηχανικό πάρκο, ενώ το ίδιο έτος χαρακτηρίστηκε από τον SEPA ως μία από τις εθνικές ζώνες επίδειξης (ISO 14001). Τέλος, το 2008, ο TEDA ανακηρύχτηκε ένα από τα τρία πρώτους Δοκιμαστικά Οικολογικά Βιομηχανικά Πάρκα του Εθνικού Προγράμματος Επίδειξης. Σε 81 διεταιρικές συμβιωτικές σχέσεις και για περίοδο 16 ετών, που αφορούν βοηθητικές υπηρεσίες, αυτοκίνητο, ηλεκτρονικά, βιοτεχνολογία, τρόφιμα και ποτά, και τις συστάδες ανάκτησης πόρων, οι ανταλλαγές υλικών αντιπροσώπευαν το υψηλότερο ποσοστό (76%).

Οι Yu κα. [238], ανέλυσαν το ρόλο της κυβέρνησης και άλλων παραγόντων που επηρεάζουν τις επιδόσεις της Βιομηχανικής Συμβίωσης (ΒΣ), μέσω της ανάλυσης της εξέλιξης της (ΒΣ) στο Οικολογικό Πάρκο Rizhao (REDA). Η μελέτη προσδιόρισε 31 πρακτικές της (ΒΣ) που σχετίζονται κυρίως με τις ανταλλαγές υποπροϊόντων (90% του συνόλου), ενώ οι ανταλλαγές νερού και η ενέργειας αντιπροσώπευαν το 6% και το 4%, αντίστοιχα. Οι τελευταίοι τύποι συμβίωσης είναι πιο δύσκολο να καθοριστούν, διότι απαιτούν επενδύσεις βαρέων υποδομών. Επιπλέον, οι συντάκτες αποδεικνύουν ότι το περιεχόμενο, ο τύπος και η σταθερότητα των ροών συμβίωσης εξαρτώνται από καθαρότερες δραστηριότητες παραγωγής που υλοποιούνται με στόχο την ελάχιστη χρήση πρώτων υλών και ενέργειας, καθώς και την ελάχιστη παραγωγή αποβλήτων και εκπομπών. Τέλος, οι κύριοι λόγοι για τους οποίους οι εταιρείες υιοθέτησαν τη (ΒΣ) ήταν οικονομικοί (ανάκτηση κόστους περιβαλλοντικών επενδύσεων, εξοικονόμηση κόστους από την υποκατάσταση και μεταφορά πρωτογενών υλικών, προβολή των επιχειρήσεων και κοινωνική ταυτότητα και κοινωνική ευθύνη των επιχειρήσεων). Στο πλαίσιο αυτό, αυστηρότερα περιβαλλοντικά πρότυπα, πολιτικές μείωσης και απαλλαγής φόρων για χρήση των πόρων και οι οικονομικές επιδοτήσεις, ενθάρρυναν θετικά την ανάπτυξη της (ΒΣ).

Η μέθοδος της *εμέργειας*^(*) (ζήτηση περιβαλλοντικής στήριξης [54,239,240], χρησιμοποιείται από την Geng κα. [241] για τη διερεύνηση της βιωσιμότητας του δεύτερου μεγαλύτερου κινεζικού βιομηχανικού πάρκου που βρίσκεται στην περιοχή Dalian (DADZ), κατά το έτος 2006, όταν το πάρκο ξεκίνησε τη μετατροπή του σε καθεστώς *Οικολογικού Βιομηχανικού Πάρκου*, εισάγοντας καθαρότερες δραστηριότητες παραγωγής (σε εταιρικό επίπεδο) και ανταλλαγή υποπροϊόντων (σε εταιρικό επίπεδο). Το 2006 περίπου το 83% των αποβλήτων που παράγονταν από το Βιομηχανικό Πάρκο συλλέχθηκαν και ανακυκλώθηκαν, ενώ περίπου το ήμισυ (46,5%), επαναχρησιμοποιήθηκε και ανακυκλώθηκε εντός του Οικολογικού Βιομηχανικού Πάρκου. Στη μελέτη έχει ενδιαφέρον η εισαγωγή ενός νέου δείκτη που καταγράφει την αναδυόμενη εξοικονόμηση λόγω της αντικατάστασης των εισροών μέσω της

(*) *Emergy* is the amount of energy that was consumed in direct and indirect transformations to make a product or service.

επαναχρησιμοποίησης ή της ανακύκλωσης των αποβλήτων. Η μέθοδος της *εμέργειας* χρησιμοποιήθηκε επίσης για την αξιολόγηση των συνολικών επιδόσεων από τις δραστηριότητες του Οικολογικού βιομηχανικού Πάρκου και της βιομηχανικής συμβίωσης που καθιερώθηκε στη Ζώνη Οικονομικής και Τεχνολογικής Ανάπτυξης Shenyang (SETDZ). Στις 26 Σεπτεμβρίου 2013, η SETDZ, μετά από εθνική επιτόπια αξιολόγηση που διοργάνωσε το Υπουργείο Προστασίας του Περιβάλλοντος, εντάχθηκε σε καθεστώς Οικολογικού Βιομηχανικού Πάρκου. Διαπιστώθηκε ότι η (ΒΣ) παράγει συναφή περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη. Τα οικονομικά οφέλη θα μπορούσαν ενδεχομένως να αυξηθούν με περαιτέρω επέκταση των υφιστάμενων συνεργειών: επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων από τους τοπικούς βιολογικούς, επαναχρησιμοποίηση της ιλύος από την επεξεργασία λυμάτων ως λιπάσματος, μείωση της ενεργειακής εξάρτησης από τον άνθρακα και την αντικατάσταση με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η αιολική ενέργεια [242]. Για το ίδιο Οικολογικό Βιομηχανικό Πάρκο, οι Dong κα. [243], αξιολόγησαν το αποτύπωμα άνθρακα μέσω μιας υβριδικής εκτίμησης κύκλου ζωής, υπολογίζοντας το συνολικό CO₂ που εκλύθηκε το 2007 σε 15,29 Mt. Οι χημικές και μεταποιητικές βιομηχανίες βρέθηκαν υπεύθυνες για τα υψηλότερα αποτυπώματα άνθρακα κύκλου ζωής.

Τέλος, δύο μελέτες συνέκριναν τα κινεζικά Οικολογικά Βιομηχανικά Πάρκα με άλλα διεθνή. Η πρώτη [86] συνέκρινε ορισμένα κινεζικά Πάρκα (Guigang, Pigmei, Lubei, Suzhou, Tianjin) με το Kalundborg (Δανία), Kwinana (Αυστραλία), Ulsan (Κορέα), Kawasaki (Ιαπωνία). Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι πρωτοβουλίες για τα Οικολογικά Βιομηχανικά Πάρκα μπορούν να βελτιώσουν υφιστάμενα βιομηχανικά πάρκα, προκειμένου να μετατραπεί η αλυσίδα αξίας από γραμμική σε κυκλική. Επιπλέον, η μετάβαση προς ένα Οικολογικό Βιομηχανικό Πάρκο διαρκεί δεκαετίες, εισάγοντας καθαρότερες στρατηγικές παραγωγής και ελέγχου της ρύπανσης και διευρύνοντας σταδιακά τη συμβίωση. Σε σύγκριση με τα διεθνή, τα κινεζικά οικολογικά πάρκα, λειτουργούν με μικρότερο αριθμό συνεργειών και εξαρτώνται περισσότερο από την κεντρική κυβέρνηση τόσο για το σχεδιασμό, την υποστήριξη και τη διαχείριση των δραστηριοτήτων των Οικολογικών Πάρκων, όσο και για την οικονομική τους στήριξη [86]. Σε τελευταία ανάλυση, ο υψηλότερος ρόλος της κυβέρνησης στην Κίνα είναι σημαντικός στο αρχικό στάδιο της ανάπτυξης των Οικολογικών Πάρκων, για να ξεπεραστούν τα εμπόδια που ενδέχεται να αντιμετωπίσουν οι αργοπορημένοι (π.χ. πρόσβαση σε καθιερωμένες αγορές και τεχνολογίες ενόψει του υψηλού ανταγωνισμού). Η εφαρμογή αυτής της πολιτικής σε σχέση με τους αργοπορημένους, επιτρέπει την καλύτερη κατανόηση της ταχείας και υψηλής ανάπτυξης των Οικολογικών Πάρκων στην Κίνα, σε σύγκριση με τη βραδεία και χαμηλή ανάπτυξη στις αναπτυσσόμενες χώρες [86]. Μια δεύτερη μελέτη [244] συνέκρινε επιλεγμένα κινεζικά Οικολογικά Πάρκα (Guangxi, Xinjiang, Tianjin, Lubei) με διεθνή ομόλογά τους (Kalundborg, Styria, Kitakyushu, Chocstaw) με κριτήρια την πυκνότητα και το βαθμό συγκέντρωσης του δικτύου και την εν συνεχεία κατηγοριοποίηση των Οικολογικών Πάρκων σε τρεις διαφορετικούς τύπους, με σκοπό την αξιολόγηση των διαφορών και των ομοιοτήτων τους. Οι συγγραφείς πρότειναν τη δημιουργία νέων διαδρομών συμβίωσης για τα οκτώ βιομηχανικά πάρκα συμβίωσης που ερευνήθηκαν, από την άποψη της ανάλυσης των ελλείψεών τους στα διαρθρωτικά χαρακτηριστικά και υπολόγισαν την αποτελεσματικότητα αυτών των νέων δεσμών.

8. ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΣΕ ΜΕΓΑΛΗ ΚΛΙΜΑΚΑ

Η ανάπτυξη της κυκλικής οικονομίας στις πόλεις, τις επαρχίες ή τις περιφέρειες περιλαμβάνει την ολοκλήρωση και τον επανασχεδιασμό τεσσάρων συστημάτων: του βιομηχανικού (αλλαγή του μεγέθους των επιχειρήσεων από μικρές σε μεγάλες ή σταδιακή κατάργηση των επιχειρήσεων που ρυπαίνουν, προς όφελος των ελαφρών οικονομικών δραστηριοτήτων που σχετίζονται με τις βιομηχανίες υψηλής τεχνολογίας, τον τουρισμό ή τον πολιτισμό), του συστήματος υποδομών και παροχής υπηρεσιών (συστήματα μεταφορών και επικοινωνιών, συστήματα ανακύκλωσης νερού, γραμμές καθαρής και ηλεκτρικής ενέργειας κ.λπ.), το πολιτιστικό πλαίσιο και ο κοινωνικός τομέας [89,113,232,245].

8.1. Οικο-πόλεις (Eco-cities)

Η έννοια της οικολογικής πόλης γεννήθηκε στη δεκαετία του '80 στις ΗΠΑ στο πλαίσιο της ιδέας της αστικής οικολογίας με στόχο τον επανασχεδιασμό των πόλεων, με πιο οικολογική προσέγγιση [246]. Το γνωστό Ιαπωνικό Κυβερνητικό πρόγραμμα οικο-πόλης που αναπτύχθηκε από το 1997, περιελάμβανε αστικά και βιομηχανικά κέντρα σε έργα συμβίωσης χάρη στη γεωγραφική τους εγγύτητα [247]. Με τον τρόπο αυτό, τόσο οι στόχοι μηδενικών εκπομπών (έννοια που ουσιαστικά δίνει έμφαση στην πλήρη επανένταξη των ροών αποβλήτων στο οικονομικό σύστημα), όσο και τα οικονομικά οφέλη, δεδομένων των προκλήσεων της έλλειψης χώρων υγειονομικής ταφής και της ανάγκης αναζωογόνησης της υφής της τοπικής βιομηχανίας [247], έχουν επιτευχθεί. Από την έναρξη του Ιαπωνικού Κυβερνητικού προγράμματος το 1997 δημιουργήθηκαν στην Ιαπωνία 26 οικολογικές πόλεις, μετά από έγκριση των σχεδίων τους. Οι οικο - πόλεις έλαβαν επιδοτήσεις για επενδύσεις σε καινοτόμα έργα ανακύκλωσης. Τα έργα που χορηγήθηκαν με επιδοτήσεις απέφεραν ακόμη περισσότερα μη επιδοτούμενα έργα και παρείχαν δημόσια (π.χ. περιβαλλοντική ποιότητα) και ιδιωτικά οφέλη (π.χ. κέρδη επιχειρήσεων). Η επιτυχία των προγραμμάτων αυτών οφείλεται σε νομικούς, κοινωνικούς, οικονομικούς και τεχνολογικούς παράγοντες, όπως το εξελισσόμενο νομοθετικό πλαίσιο για την υιοθέτηση μιας κοινωνίας προσανατολισμένης στην ανακύκλωση, η κοινή ευθύνη της κοινωνίας για την ανάγκη προστασίας του περιβάλλοντος, η μείωση των κινδύνων και των κεφαλαιουχικών δαπανών των επιχειρήσεων μέσω επιδοτήσεων, η διαφοροποίηση των δραστηριοτήτων των επιχειρήσεων και η βελτίωση της τεχνολογικής ικανότητας σε συγκεκριμένους βιομηχανικούς τομείς [247].

Άλλα παραδείγματα οικο - πόλεων απαντώνται στην Ευρώπη, όπως στη Γερμανία, τη Σουηδία και το Ηνωμένο Βασίλειο [248], καθώς και στην Κίνα, όπου η βιβλιογραφία καταγράφει περισσότερα από εκατό έργα οικο - πόλης (Marion, 2012). Το Πεκίνο, η Σαγκάη, η Τσιαντζίν και το Δαλιάν τα τελευταία χρόνια εφάρμοσαν πιλοτικά σχέδια οικο - πόλης, με σκοπό τη διερεύνηση της εξέλιξης της Κυκλικής Οικονομίας, όσον αφορά την αποδοτική χρήση των πόρων (π.χ. δείκτες ενεργειακής κατανάλωσης ανά ΑΕΠ και νερού κατά κεφαλήν), παραγωγής αστικών αποβλήτων, επεξεργασίας αποβλήτων και αποκατάστασης (ρυθμός επεξεργασίας λυμάτων, ποσοστό βιομηχανικής επαναχρησιμοποίησης στερεών αποβλήτων) [36,249]. Από το 2005 έως το 2010 στις τέσσερις προαναφερθείσες οικο - πόλεις, οι υψηλότερες μειώσεις παρατηρήθηκαν στους δείκτες κατανάλωσης ενέργειας και νερού. Η Τσιαντζίν ήταν η πόλη με τις καλύτερες επιδόσεις, ιδίως στη διαχείριση της ενέργειας και των αποβλήτων. Οι κυριότεροι παράγοντες βελτίωσης των επιδόσεων ήταν η κυβερνητική παρέμβαση σε βιομηχανικούς τομείς υψηλής ρύπανσης και κατανάλωσης ενέργειας, μέσω της μετεγκατάστασης της βαριάς βιομηχανίας, η θέσπιση κανονισμών για ρυπογόνους τομείς και η υψηλότερη διαθεσιμότητα ενεργειακά αποδοτικών τεχνολογιών και εξοπλισμού στις

τέσσερις οικολογικές πόλεις που αναφέρονται ανωτέρω, σε σύγκριση με άλλες κινεζικές πόλεις. Επιπλέον, ο δήμος Dalian ενθάρρυνε και, σε ορισμένες περιπτώσεις, απαίτησε από τις κατασκευαστικές εταιρείες να υιοθετήσουν καθαρότερες στρατηγικές παραγωγής και το πρότυπο ISO 14001^(*), ενώ για το νερό προώθησε προγράμματα για τη βελτίωση της διαχείρισης των υδάτων τόσο από την πλευρά της προσφοράς όσο και από την πλευρά της ζήτησης (π.χ. τη συλλογή των ομβρίων υδάτων στις αγροτικές και αστικές περιοχές, τη χρήση θαλασσινού νερού για ψύξη, την εισαγωγή τεχνολογιών αφαλάτωσης, την ελαχιστοποίηση της χρήσης νερού στον βιομηχανικό και οικιστικό τομέα κ.λπ.) [249].

8.1.1. Κυκλική Οικονομία στις πόλεις

Οι πόλεις καταναλώνουν πλέον τα τρία τέταρτα των φυσικών πόρων, αλλά αυτό μπορεί να αλλάξει.

Μέχρι το έτος 2050, σύμφωνα με τα Ηνωμένα Έθνη, τα δύο τρίτα του πληθυσμού αναμένεται να ζουν σε πόλεις. Ωστόσο, τα αστικά κέντρα υποφέρουν από τις συνέπειες της σημερινής γραμμικής οικονομίας "πάρε – φτιάξε – πέταξε". Στο σύστημα αυτό λειτουργούν πόλεις που καταναλώνουν περισσότερο από το 75% του συνόλου των φυσικών πόρων, που παράγουν περισσότερο από το ήμισυ του συνόλου των παγκόσμιων αποβλήτων και εκπέμπουν μεταξύ 60% και 80% των παγκόσμιων αερίων του θερμοκηπίου. Η κυκλική οικονομία θα παρείχε έναν τρόπο να επανεξετάσουμε και να αναδιαμορφώσουμε τον τρόπο με τον οποίο κάνουμε και χρησιμοποιούμε τα πράγματα που χρειαζόμαστε, και θα μας επέτρεπε να διερευνήσουμε νέους τρόπους διασφάλισης της μακροπρόθεσμης ευημερίας. Η εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας, ιδίως στις πόλεις θα μπορούσε να οδηγήσει σε τεράστια οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Θα μπορούσε να προωθήσει την εμφάνιση των ακμαζόντων πόλεων, όπου η οικονομική παραγωγικότητα θα αυξάνεται μέσω της μειωμένης συμφόρησης, της εξάλειψης αποβλήτων και του μειωμένου κόστους και όπου θα εμφανίζονται νέες ευκαιρίες ανάπτυξης και επιχειρήσεων για να υποστηρίξουν την ευρύτερη ανάπτυξη δεξιοτήτων και τα κέρδη από την απασχόληση. Οι πόλεις μπορούν επίσης να γίνουν πιο ζωντανές με αυτόν τον τρόπο, χάρη στη βελτίωση της ποιότητας και της υγείας του αέρα, στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και της ρύπανσης και στην υγιέστερη κοινωνική αλληλεπίδραση.

Η κυκλική οικονομία μπορεί επίσης να ενισχύσει την αστική ανθεκτικότητα, διατηρώντας πιο ανθεκτικά υλικά σε χρήση (μειώνοντας έτσι την πίεση για αξιοποίηση πρωτογενών υλικών), ενθαρρύνοντας περισσότερη συνεργασία με τους τοπικούς παραγωγούς και προτρέποντας για μεγαλύτερη κοινή χρήση της ψηφιακής τεχνολογίας. Αυτό θα εξαρτηθεί από την αλλαγή του τρόπου με τον οποίο προγραμματίζονται, σχεδιάζονται και χρηματοδοτούνται τα αστικά συστήματα - και τους τρόπους με τους οποίους κατασκευάζονται, χρησιμοποιούνται και επαναχρησιμοποιούνται. Παραδείγματος χάριν, τα κτήρια θα μπορούσαν να σχεδιαστούν για να είναι προσαρμόσιμα, αρθρωτά, ευκολότερα να διατηρηθούν και να γίνουν με υλικά που διαρκούν περισσότερο. Αυτά τα υλικά θα μπορούσαν επίσης να είναι υγιέστερα τόσο για τους ανθρώπους, όσο και για το περιβάλλον, εύκολα και ακίνδυνα λιπασματοποιήσιμα, και επαναχρησιμοποιήσιμα. Τα κτίρια μπορούν να σχεδιαστούν από την αρχή χωρίς να παράγουν απόβλητα, αν και αυτό θα απαιτήσει μεθόδους όπως η επιτόπου κατασκευή με χρήση τεχνικών εκτύπωσης 3D. Η οικονομία του διαμοιρασμού, που καθίσταται δυνατή από τις αναδυόμενες ψηφιακές τεχνολογίες, θα μπορούσε να ευδοκιμήσει στις κυκλικές πόλεις

(*) ISO 14001: <http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso14000.htm>

και να επιτρέψει μεγαλύτερη πρόσβαση σε δημόσιους χώρους, προϊόντα και κινητικότητα, επανασυνδέοντας τους ανθρώπους με τους γείτονες και τις κοινότητές τους. Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο, οι άνθρωποι θα μετατοπίζονται όλο και περισσότερο από την έννοια της ιδιοκτησίας στην ανταλλαγή, μέσω των προϊόντων ως παροχής συμβάσεων υπηρεσιών που να δημιουργούν κίνητρα στις επιχειρήσεις να διατηρούν τα προϊόντα σε χρήση για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα.

8.2. Συνεργατικά μοντέλα κατανάλωσης

Τα συνεργατικά μοντέλα κατανάλωσης αναγνωρίζονται ως μία από τις καλύτερες διαθέσιμες επιλογές από την πλευρά των καταναλωτών ώστε να υπάρξει μετατόπιση, από το σημερινό μοντέλο business-as-usual στην κυκλική οικονομία [70,113,251]. Τα συνεργατικά μοντέλα (π.χ. κοινή χρήση, ανταλλαγή, δανεισμός, διαπραγμάτευση, ενοικίαση, δωρεά) βασίζονται σε κοινή ιδιοκτησία μεταξύ πολλών καταναλωτών. Για παράδειγμα, κατά την ενοικίαση ο καταναλωτής δεν έχει την κυριότητα του προϊόντος, αλλά έχει μόνο το δικαίωμα να το χρησιμοποιήσει καταβάλλοντας ένα τέλος [70,113,251,252]. Δεδομένου ότι η ιδιοκτησία βρίσκεται στον πυρήνα του σημερινού μοντέλου κατανάλωσης, η απώλεια ιδιοκτησίας είναι ένα από τα ισχυρότερα πιθανά εμπόδια που θα μπορούσαν να περιορίσουν την ανάπτυξη τέτοιων συστημάτων [253].

Εκτός από την ενοικίαση, άλλες λύσεις που προτείνονται, είναι ο δανεισμός, οι ανταλλαγές και οι δωρεές [70, 252,254]. Λόγω των διαφόρων προσεγγίσεων αυτών των δραστηριοτήτων, ο στόχος τους μπορεί να είναι το κέρδος, η μη κερδοσκοπικότητα ή και τα δύο. Επί του παρόντος, η συνεργατική κατανάλωση υιοθετείται στην κοινή χρήση αυτοκινήτων, σε δίκτυα που βασίζονται σε δικτυακούς τόπους για διαμοιρασμό διαφορετικών προϊόντων (μουσική, εγχειρίδια, μόδα και τέχνη). Ο τρόπος ζωής των καταναλωτών αλλάζει συνεχώς, μειώνοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνδέονται με τις καταναλωτικές δραστηριότητες (π.χ. στη Βόρεια Αμερική για τα μέλη δικτύων κοινής χρήσης αυτοκινήτων, μειώθηκαν κατά 30% οι χρόνοι οδήγησής τους σε σύγκριση με την περίοδο που κατείχαν προσωπικό αυτοκίνητο) ενώ προωθείται και η κοινωνική συνοχή [70,113]. Επιπρόσθετα, αποτελεί καίριο παράγοντα για την αειφόρο ανάπτυξη [255] και την κυκλική οικονομία, όπως αναγνωρίστηκε πρόσφατα από την Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή [256]. Ωστόσο, οι καταναλωτές πρέπει να βρίσκονται σε μια συγκεκριμένη κοινότητα ή τοποθεσία (π.χ. μεγάλες πόλεις) ή θα πρέπει να αποτελούν μέρος ενός μεγαλύτερου δικτύου για εύκολη πρόσβαση σε τέτοια συστήματα [70].

Αυτά τα μοντέλα κατανάλωσης αποτελούν τη βάση για τη βελτίωση των επιδόσεων της κυκλικής οικονομίας, όπως έδειξε και ο Stahel (2010) [41]. Στη μελέτη του, ο συγγραφέας παρουσίασε τα πλεονεκτήματα από την άποψη της υψηλότερης απασχόλησης και της αποδοτικότητας των πόρων ενός επιχειρηματικού μοντέλου, που βασίζεται κυρίως στην πώληση υπηρεσιών αντί προϊόντων. Κατά συνέπεια, οι δυτικές κυβερνήσεις, θα πρέπει να επιταχύνουν τις φορολογικές πολιτικές τους προς την κατεύθυνση της πιο έντονης φορολόγησης της χρήσης μη ανανεώσιμων πόρων, αντί να φορολογούν τους ανανεώσιμους πόρους ως εργασία [257]. Το γεγονός αυτό δημιουργεί ένα έμμεσο ισχυρό εμπόδιο στην ανάπτυξη της κυκλικής οικονομίας [258], καθώς η Κυκλική Οικονομία ευθυγραμμίζεται απόλυτα με την ανάπτυξη της βιοοικονομίας και τη μετάβαση με βάση τα βιολογικά προϊόντα αντί των ορυκτών [259].

8.3. Καινοτόμα προγράμματα διαχείρισης αποβλήτων και μηδενικών αποβλήτων

Τα ζητήματα παραγωγής και διαχείρισης αποβλήτων αυξάνονται όταν αναπτύσσεται περαιτέρω μια κοινωνία. Το πρόβλημα επιδεινώνεται από την παγκοσμιοποίηση [260]. Στα αστικά κέντρα τα αστικά στερεά απόβλητα απορρίπτονται κυρίως σε χώρους υγειονομικής ταφής, ανακυκλώνονται ή ανακτώνται. Λόγω των αυξανόμενων περιβαλλοντικών προβλημάτων και των περιορισμών στους χώρους υγειονομικής ταφής, η πρόληψη των αποβλήτων αποκτά μεγαλύτερη σημασία, ιδίως σε πυκνοκατοικημένες πόλεις και χώρες όπως η Ιαπωνία με περιορισμένο χώρο υγειονομικής ταφής και χωρητικότητα φυσικών πόρων [261,262]. Οι Caprile και Rira [263] έδειξαν μέσω της AKZ ότι με την πρόληψη, την ανακύκλωση ή την ανάκτηση (χωριστή συλλογή) είναι δυνατόν να μειωθούν σημαντικά οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε σύγκριση με τη διάθεση σε χώρους υγειονομικής ταφής. Επιπλέον, όπως φαίνεται από την περίπτωση της Kawasaki (Ιαπωνία), η καινοτόμος Διαχείριση Αστικών Στερεών Αποβλήτων μέσω αστικής συμβίωσης, φαίνεται να ικανοποιεί την ανάγκη μείωσης της ποσότητας των αποβλήτων καθώς και της προμήθειας φυσικών πόρων [262]. Στην Κίνα, δεδομένης της ταχείας ανάπτυξής της, το πρόβλημα των αποβλήτων είναι επίσης πολύ επείγον να αντιμετωπιστεί [91]. Ο κινεζικός νόμος προώθησης της κυκλικής οικονομίας, είναι επίσης μια από τις πολιτικές απαντήσεις στα προβλήματα διαχείρισης αποβλήτων. Η αποτελεσματικότητα του νόμου για την προώθηση της κυκλικής οικονομίας, απαιτεί βελτιώσεις σε διάφορους τομείς αποβλήτων, όπως τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) και η διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων, ενώ θα πρέπει επίσης να δοθεί μεγαλύτερη προσοχή στις πολιτικές διαχείρισης αποβλήτων στα εισαγόμενα ανακυκλωμένα υλικά [91].

Σε ιδανική περίπτωση, η μετάβαση σε κυκλική οικονομία, συνεπάγεται τον στόχο της μείωσης όλων των αποβλήτων στο μηδέν [102]. Ορισμένες πόλεις, δεδομένου του κρίσιμου ρόλου τους στη χρήση των πόρων [264], έχουν θεσπίσει προγράμματα μηδενικών αποβλήτων [260,265]. Ένα από αυτά τα προγράμματα αναλύεται στα βήματα εφαρμογής του στο Durban (Νότια Αφρική) από τους Matete και Trois (2008) [266]. Σύμφωνα με τους συγγραφείς, το μοντέλο που ερευνήθηκε έχει τη δυνατότητα να οδηγήσει κοντά στα μηδενικά απόβλητα, ακόμη και αν μια συνολική ανακύκλωση είναι αδύνατη για όλους τους τύπους υλικών (π.χ. χαρτί). Αποδεικνύουν επίσης ότι η επιτυχής εφαρμογή του μοντέλου, εξαρτάται από το ποσοστό συμμετοχής των νοικοκυριών. Ακολουθώντας τον ιδανικό στόχο των μηδενικών αποβλήτων, οι Zaman και Lehmann (2013) [267], προτείνουν τον Δείκτη Μηδενικών Αποβλήτων για τρεις μεγάλες πόλεις: την Αδελαΐδα, τη Στοκχόλμη και το Σαν Φρανσίσκο με στόχο τη μέτρηση των επιδόσεων διαχείρισης αποβλήτων και την πρόβλεψη της δυνητικής ζήτησης πρωτογενών πόρων και της μείωσης εκπομπών. Ο υπολογισμός του δείκτη αποσκοπεί στην υπέρβαση των ορίων του ποσοστού διαλογής των αποβλήτων (ένας από τους συνηθέστερους δείκτες που χρησιμοποιούν οι δήμοι για τη μέτρηση των τρεχουσών επιδόσεων των συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων), εισάγοντας πτυχές της πρόληψης των αποβλήτων. Ο δείκτης μηδενικών αποβλήτων ποσοτικοποιεί τις δυνατότητες αντικατάστασης των παρθένων υλικών από το σύστημα διαχείρισης αποβλήτων της πόλης. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι μεταξύ των τριών πόλεων η Αδελαΐδα παρήγαγε την υψηλότερη κατά κεφαλήν ποσότητα αποβλήτων (681 κιλά), ενώ η Στοκχόλμη τη μικρότερη (480 κιλά). Το Σαν Φρανσίσκο πέτυχε την καλύτερη αξία του μηδενικού δείκτη αποβλήτων: 0.51, που σημαίνει ότι περίπου τα μισά από τα δημοτικά απόβλητα πόλεων ανακτήθηκαν και αντικατέστησαν ενδεχομένως τη ζήτηση για τα παρθένα υλικά. Αντίθετα, η Στοκχόλμη πέτυχε δείκτη 0,17 μόνο λόγω της υψηλής χρήσης της αποτέφρωσης που εμποδίζει τη δυνατότητα ανάκτησης μεγάλων ποσοτήτων παρθένων υλικών, ενέργειας και νερού και επίτευξης

μείωσης εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το Σαν Φρανσίσκο πέτυχε τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση αερίων του θερμοκηπίου, καθώς και μεγαλύτερη εξοικονόμηση νερού, από τις άλλες πόλεις.

Ο στόχος των μηδενικών αποβλήτων περιλαμβάνεται επίσης στην πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως επισημαίνεται στο 7ο πρόγραμμα δράσης για το περιβάλλον, με στόχο: “ουσιαστικά την εξάλειψη των χώρων υγειονομικής ταφής έως το 2020” [158], ενώ η οδηγία 1999/31/ΕΚ (ΕΚ,1999) για την υγειονομική ταφή, απαιτούσε μόνο από τα κράτη μέλη της ΕΕ να μειώσουν την υγειονομική ταφή των «βιοαποδομήσιμων αστικών αποβλήτων» σε λιγότερο από το 35% της ποσότητας που παρήχθη το 1995. Ορισμένα κράτη μέλη της ΕΕ (Αυστρία, Βέλγιο, Δανία, Γερμανία και Κάτω Χώρες) έχουν ήδη επιτύχει τους στόχους που αναφέρονται στην οδηγία της ΕΕ για τους χώρους υγειονομικής ταφής. Για παράδειγμα, μόνο το 3% των συνολικών αποβλήτων που παράγονται στις Κάτω Χώρες εξακολουθεί να είναι σε χώρους υγειονομικής ταφής. Η χρήση διαφορετικών μέσων (φορολογία, απαγορεύσεις και κανονισμοί), συνέβαλε στους χαμηλούς συντελεστές υγειονομικής ταφής, ιδίως οι φόροι υγειονομικής ταφής. Ωστόσο, παραδόξως, όπως συζητήθηκε από το Scharff (2014) [268], η μετάβαση προς ένα χαμηλό ποσοστό υγειονομικής ταφής δημιούργησε διαφορετικές παρενέργειες που σχετίζονται με τη διατήρηση της οικονομικής, περιβαλλοντικής και κοινωνικής βιωσιμότητας των υπόλοιπων χώρων υγειονομικής ταφής, καθιστώντας αδύνατο το τελικό τους κλείσιμο, λόγω της ανάγκης ανάκτησης των οικονομικών ζημιών. Για να αποφευχθούν αυτά τα προβλήματα, ο Scharff (2014) [268] τονίζει τη σημασία του σωστού σχεδιασμού της απαιτούμενης δυναμικότητας υγειονομικής ταφής και της αναδιοργάνωσης του τομέα των χώρων υγειονομικής ταφής, ώστε να προληφθεί η διάθεση αποβλήτων στο εξωτερικό και να αποφευχθεί το τεράστιο κόστος που αυτό συνεπάγεται για την κοινωνία, αντί για τον ρυπαίνοντα. Τέλος, ο Shekdar (2009) [269] αναλύει τα συστήματα διαχείρισης στερεών αποβλήτων στις ασιατικές χώρες, αποδεικνύοντας βασικά χαρακτηριστικά τους σε ορισμένες από αυτές, που σχετίζονται με το στάδιο ανάπτυξης της χώρας: Ιαπωνία, Νότια Κορέα, Ταϊβάν και Σιγκαπούρη (ανεπτυγμένη), Ταϊλάνδη και Ινδονησία, Κίνα και Ινδία (αναπτυσσόμενη). Στις τέσσερις πρώτες χώρες, καταβλήθηκαν ισχυρές προσπάθειες για την εξάλειψη της υγειονομικής ταφής και την αύξηση των ποσοστών ανακύκλωσης. Οι υπηρεσίες συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων (συλλογή, μεταφορά, επεξεργασία και διάθεση) είναι καλά οργανωμένες καθώς και η ευαισθητοποίηση των πολιτών, ενώ οι προσδοκίες για την παροχή τέτοιων υπηρεσιών είναι υψηλές. Στη δεύτερη ομάδα χωρών, το σύστημα διαχείρισης στερεών αποβλήτων, φαίνεται να αντιμετωπίζει πολλά προβλήματα προς τη βελτίωση της ποιότητας των υπηρεσιών διαχείρισης.

8.4. Αποσύνδεση της οικονομικής ανάπτυξης από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Κίνα, η κυκλική οικονομία θεωρείται ενδιάμεση κατάσταση για την επίτευξη του τελικού στόχου, της αποσύνδεσης της οικονομικής ανάπτυξης από την κατανάλωση πόρων [128,270]. Αν και η ΕΕ και η Κίνα φαίνεται να είναι δύο τυπικές περιπτώσιολογικές μελέτες, δεν μπορούμε να παραβλέψουμε άλλες εφαρμογές της κυκλικής οικονομίας σε άλλες χώρες του κόσμου.

8.4.1. Αποσύνδεση στην Ευρώπη

Ορισμένες χώρες της Ευρώπης έχουν επιτύχει τόσο σχετική, όσο και απόλυτη αποσύνδεση σε ορισμένους τομείς. Η Δανία και η Σουηδία αποσυνέδεσαν την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων, ενώ η Σλοβακία αποσυνέδεσε την παραγωγή αστικών αποβλήτων και η Αγγλία και η Γερμανία τη χρήση γής. Στη Δανία επιτεύχθηκε σχετική αποσύνδεση της γεωργικής παραγωγής από τη χρήση λιπασμάτων, στην Ιρλανδία από τις πλαστικές σακούλες και στην

Ισλανδία από ορισμένα αλιευτικά αποθέματα [271,272,273]. Πρόσθετες εμπειρίες απόλυτης αποσύνδεσης σε άλλες χώρες συζητούνται επίσης από τους Yu et al. (2013) [274], όπως: Εγχώρια χρήση πρωτογενών πόρων (Domestic Extraction Use) στη Γερμανία, Γαλλία, Ηνωμένο Βασίλειο, Ιταλία και Καναδά. Συνολική κατανάλωση ενέργειας (Total Energy Consumption) στη Γερμανία, εκπομπές CO₂ στη Γερμανία, τη Γαλλία και το Ηνωμένο Βασίλειο. Η Ευρώπη φαίνεται να προσπαθεί προς την απόλυτη αποσύνδεση, με κίνδυνο να επιτευχθεί μόνο σχετική αποσύνδεση, λόγω του λεγόμενου "αποτελέσματος αναπήδησης", δηλαδή του κινδύνου οι στρατηγικές οικολογικής αποδοτικότητας σε μικροεπίπεδο και οι βελτιώσεις στην αποδοτικότητα των πόρων να μη μεταφράζονται σε μείωση της χρήσης των πόρων, αλλά μάλλον σε αύξησή τους [113]. Ωστόσο, ορισμένες περιπτώσεις απόλυτης αποσύνδεσης φαίνεται να επιβεβαιώνουν την υπόθεση των Figge et al. (2014) [114], ότι τα "αποτελέσματα αναπήδησης" δεν είναι βεβαιότητα σε όλους τους τομείς, αν και συμβαίνουν συχνά. Οι Figge et al. (2014) [114], διαπίστωσαν επίσης ότι οι στρατηγικές οικολογικής επάρκειας (που συνίστανται στη μείωση των όσων παράγονται ή καταναλώνονται σε απόλυτες τιμές) δεν είναι ουδέτερες στην πρόκληση "αποτελεσμάτων αναπήδησης". Εάν οι δύο αυτές στρατηγικές δεν είναι σε θέση να μειώσουν τη χρήση των πόρων, το τελικό αποτέλεσμα θα ήταν αναπόφευκτα μια συνολική μείωση της οικονομικής δραστηριότητας [114] όπως πρεσβεύεται από το κίνημα της αποανάπτυξης. Ωστόσο, μέχρι σήμερα, όπως υποστήριξε ο Van Griethuysen (2010) [250], η κοινωνία μας έδειξε ότι δεν είναι σε θέση να εγκαταλείψει την "αναπτυξιακή μανία" της, ακόμη και αν η "αναπτυξιακή πορεία που βασίζεται στην ανάπτυξη έχει οδηγήσει την κοινωνία μας σε μια γενική κατάρρευση".

8.4.2. Αποσύνδεση στην Κίνα

Οι τάσεις οικολογικής απόδοσης της χρήσης των πόρων, της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών ρύπων, η σχετική και απόλυτη αποσύνδεση της περιβαλλοντικής πίεσης από την οικονομική ανάπτυξη και τη δυναμική της στην Κίνα, ερευνήθηκαν από την Yu et al. (2013) [274]. Τα ευρήματά τους επεσήμαναν ότι από το 1978 έως το 2010, η τάση της αποδοτικότητας των πόρων (μετρούμενη με το GDP/DEU^(*) και το GDP/TEC^(**)) συνέχισε να αυξάνεται κυρίως λόγω της υψηλής αύξησης του ΑΕΠ, με τα DEU και TEC να αυξάνονται σε μικρότερο βαθμό. Η ίδια εικόνα παρατηρείται και για την τάση οικολογικής απόδοσης των εκπομπών ρύπων (στην ατμόσφαιρα: CO₂, SO₂, αιθάλη, νερό: λύματα, άζωτο αμμωνίας COD^(***)) που βελτιώθηκε κυρίως λόγω της υψηλότερης αύξησης του ΑΕΠ σε σύγκριση με εκείνη των εκπομπών ρύπων. Απόλυτη αποσύνδεση στην Κίνα διαπιστώθηκε για το COD, ενώ η σχετική αποσύνδεση μόνο για τους ρύπους, SO₂, CO₂, TEC και DEU. Οι κυριότεροι παράγοντες αλλαγής αποκαλύπτουν ότι η τάση της ενεργειακής απόδοσης (GDP/TEC) επηρεάστηκε θετικά από την τεχνολογία (σταδιακή κατάργηση των παρωχημένων τεχνολογιών από το 2003) και αρνητικά από διαρθρωτικές αλλαγές (λόγω της απότομης αύξησης του κλάσματος της παραγωγής βαρέων βιομηχανιών στη συνολική βιομηχανική παραγωγή, ιδίως από το 2000 έως το 2010).

8.4.3. Αποσύνδεση σε όλο τον κόσμο

Ένας μικρότερος αριθμός μελετών περίπτωσης σε άλλες χώρες παγκοσμίως δεν έδειξε σημαντικές διαφορές από τις δύο "προσεγγίσεις" που εξετάστηκαν παραπάνω. Η απόλυτη εγχώρια χρήση πρωτογενών πόρων (DEU) διερευνήθηκε επίσης από τους Wang et al. (2013) [275] στην Ιαπωνία. Οι δείκτες αποσύνδεσης για τη χρήση των πόρων (Dr) και τις εκπομπές

(*) Gross Domestic Product, GDP/Domestic Extraction Used, DEU (in the study measured in tons).

(**) Total Energy Consumption, TEC (in the study measured in units of standard coal equivalents).

(***) 7 Chemical Oxygen Demand.

(De), χρησιμοποιούνται για τη διάκριση μεταξύ απόλυτης ($Dr \geq 1$), σχετικής ($0 < Dr < 1$) και μη αποσύνδεσης ($Dr < 1$) για δύο χώρες BRICS (Κίνα και Ρωσία), Ιαπωνία και Ηνωμένες Πολιτείες κατά τη διάρκεια των ετών 2000-2007, για να εξεταστούν οι συνθήκες αποσύνδεσης της εγχώριας χρήσης πρωτογενών πόρων, τη χρήση ενέργειας και τις εκπομπές διοξειδίου του θείου από το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν [275]. Τα κύρια αποτελέσματα των εργασιών τους δείχνουν ότι η Ιαπωνία και οι Ηνωμένες Πολιτείες ήταν πιο επιτυχείς στην αποσύνδεση των εκπομπών SO_2 από το ΑΕΠ, από τη χρήση υλικών και ενέργειας, σε σύγκριση με τις χώρες BRICS. Τα ευρήματα αυτά θα μπορούσαν να εξηγηθούν από τα διάφορα στάδια ανάπτυξης και τους διαφορετικούς ρυθμούς οικονομικής ανάπτυξης μεταξύ των πρώτων και των τελευταίων.

8.5 Τεχνολογίες Ενεργοποίησης της Κυκλικότητας

Εργαλεία όπως η τεχνητή νοημοσύνη μπορούν να βοηθήσουν στη βελτίωση της αποδοτικότητας και στη μείωση των αποβλήτων.

Οι τεχνολογίες που τροφοδοτούν την Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση, όπως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων και η τεχνητή νοημοσύνη, μπορούν να επιταχύνουν τη μετάβαση σε μια κυκλική οικονομία. Επιτρέπουν θεμελιώδεις αλλαγές στους τρόπους λειτουργίας των οικονομιών, μέσω της ριζικής εικονικής διαμόρφωσης, της απο-υλοποίησης, της μεγαλύτερης διαφάνειας σε ότι αφορά προϊόντα και υλικά, καθώς και των νέων τρόπων συμμετοχής. Μέσω της μεγαλύτερης συλλογής και ανάλυσης δεδομένων, έχουμε πλέον τη δυνατότητα να εντοπίζουμε καλύτερα τα ζητήματα που σχετίζονται με τις ροές υλικών και τα διαρθρωτικά απόβλητα και αποτελεσματικότερη λήψη αποφάσεων. Σε όλες σχεδόν τις βιομηχανικές περιοχές, σημειώθηκε αύξηση της ποσότητας και της πολυπλοκότητας των σημαντικών δεδομένων που συλλέχθηκαν αναφορικά με την κατάσταση του εξοπλισμού. Στους τομείς των αεροπορικών και σιδηροδρομικών μεταφορών, τα πάγια περιουσιακά στοιχεία είναι εξοπλισμένα με αισθητήρες για την παρακολούθηση της πίεσης, της θερμοκρασίας και των δονήσεων που μπορεί να υποδηλώνουν ανησυχίες για την ασφάλεια. Τα δεδομένα αυτά, που αποθηκεύονται σε πλατφόρμες cloud, αναλύονται, σε μια προσπάθεια να προβλεφθούν καλύτερα οι ανάγκες συντήρησης και επισκευής, καθώς και να επισημοποιηθεί η ανάγκη για ανακατασκευή ή αντικατάσταση εξαρτημάτων πριν από την αστοχία τους. Αυτές οι πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση των περιουσιακών στοιχείων, τη θέση και τη διαθεσιμότητά τους είναι το κλειδί για την επέκταση των κύκλων χρήσης τους και τη μεγιστοποίηση της χρησιμοποίησής τους.

Επιχειρήσεις και οργανισμοί εφαρμόζουν κυκλικές στρατηγικές που αξιοποιούν την τεχνητή νοημοσύνη χρησιμοποιώντας την για να βοηθήσουν στο σχεδιασμό κυκλικών προϊόντων, εξαρτημάτων και υλικών - κυρίως επιλέγοντας πιο αποτελεσματικά τα σύνθετα υλικά που χρησιμοποιούνται σε νέα προϊόντα και εξαρτήματα, αναλύοντας τις ιδιότητες των υλικών και βελτιώνοντας τις τεχνικές κατασκευής. Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να διευκολύνει κυκλικά μοντέλα, όπως η κοινή χρήση αυτοκινήτων με καλύτερη πρόβλεψη της ζήτησης, διαχείριση αποθεμάτων και προληπτική συντήρηση. Για παράδειγμα, οι δυναμικοί αλγόριθμοι τιμολόγησης και αντιστοίχισης έχουν ξεκλειδώσει τις δυνατότητες κοινής χρήσης όχι μόνο αυτοκινήτων αλλά και ποδηλάτων. Η υποδομή μπορεί επίσης να υποστηριχθεί από την τεχνητή νοημοσύνη, η οποία μπορεί να βελτιώσει την εφοδιαστική που απαιτείται για τη βελτίωση των διαδικασιών ταξινόμησης και αποσυναρμολόγησης προϊόντων, ανακατασκευής εξαρτημάτων και ανακύκλωσης υλικών. Ωστόσο, η τεχνητή νοημοσύνη αντιπροσωπεύει μια σε μεγάλο βαθμό ανεκμετάλλευτη ευκαιρία. Εργασία που δημοσιεύθηκε από το Ίδρυμα Ellen MacArthur σε συνεργασία με την Google και την McKinsey

το 2019, διερεύνησε την εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης στις αλυσίδες αξίας, και εκτίμησε ότι θα μπορούσε να ξεκλειδώσει 127 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως σε αξία μέχρι το έτος 2030 για τον τομέα των τροφίμων, και 90 δισεκατομμύρια δολάρια το χρόνο σε αξία για τα ηλεκτρονικά είδη ευρείας κατανάλωσης - αν εφαρμοστεί σε όλη την έκταση του σχεδιασμού, των επιχειρηματικών μοντέλων και των υποδομών.

8.6 Η Τεχνητή Νοημοσύνη Μπορεί να επιταχύνει τη μετάβαση σε μια Κυκλική Οικονομία
Από τη δεκαετία του 1950, η ικανότητα της τεχνητής νοημοσύνης να βοηθήσει στην επίλυση προβλημάτων έχει αυξηθεί πάρα πολύ, εν μέρει λόγω της σημαντικής αύξησης της επεξεργαστικής ισχύος και της διαθεσιμότητας των δεδομένων. Οι εφαρμογές και οι δυνατότητές της έχουν εξελιχθεί και θεωρούνται πλέον ως μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία για πολλούς τομείς και επιχειρήσεις. Εκτιμάται ότι το 2016, η τεχνητή νοημοσύνη προσέλυσε μεταξύ 26 και 39 δισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ σε παγκόσμιες εταιρικές επενδύσεις [276], τροφοδοτώντας την πρόοδο και τη διάδοση αυτής της τεχνολογίας. Η τεχνητή νοημοσύνη προβλέπεται να προσθέσει επιπλέον 13 τρισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ στην παγκόσμια οικονομική δραστηριότητα έως το 2030 [277].

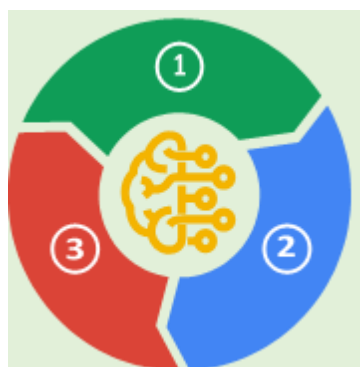
Για να διερευνηθεί ο ρόλος που μπορεί να διαδραματίσει η τεχνητή νοημοσύνη στη μετάβαση σε μια κυκλική οικονομία, πρέπει να γίνουν κατανοητές οι τρέχουσες και οι μελλοντικές δυνατότητες της τεχνητής νοημοσύνης, καθώς και πώς αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βοηθήσουν στο σχεδιασμό, τη λειτουργία και τη βελτιστοποίηση της κυκλικής κοινωνίας.

Η τεχνητή νοημοσύνη είναι ένας γενικός όρος για μια συλλογή τεχνολογιών, που ασχολούνται με μοντέλα και συστήματα που εκτελούν ανθρώπινες γνωστικές λειτουργίες όπως η συλλογιστική και η μάθηση. Η τεχνητή νοημοσύνη συμβάλλει στην επίλυση προβλημάτων μέσω της αναγνώρισης μοτίβων, της πρόβλεψης, της βελτιστοποίησης και της δημιουργίας συστάσεων, με βάση δεδομένα από βίντεο, εικόνες, ήχο, αριθμητικά στοιχεία, κείμενο και πολλά άλλα.

Η ανάπτυξη ενός αλγορίθμου Τεχνητής Νοημοσύνης ακολουθεί συνήθως μια διαδικασία συλλογής δεδομένων, μηχανικής δεδομένων, ανάπτυξης αλγορίθμων και βελτίωσης αλγορίθμων, για την παραγωγή ενός αποτελέσματος που μπορεί να λύσει ένα συγκεκριμένο πρόβλημα. Πρώτον, συλλέγονται τα απαιτούμενα δεδομένα, μέσω της καταγραφής εικόνων και άλλων μεταδεδομένων. Στη συνέχεια, τα δεδομένα επισημαίνονται και κατασκευάζονται με συνέπεια σε μορφή που είναι αναγνώσιμη από μηχανή και αναπτύσσεται ένας αλγόριθμος. Διαφορετικοί τύποι αλγορίθμων μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανάλογα με την περίπτωση χρήσης. Το σχήμα 8, απεικονίζει την ανάπτυξη αλγορίθμων για μια εφαρμογή βαθιάς μάθησης. Στη συνέχεια, ο αλγόριθμος εξευγενίζεται σε μια επαναληπτική διαδικασία, κατά τη διάρκεια της οποίας εκπαιδεύεται σε εκπαιδευτικά σύνολα δεδομένων μέχρι να μπορέσει να εισφέρει την μάθησή του σε νέα και άγνωστα δεδομένα, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές πραγματικού κόσμου, όπως η οπτική αναγνώριση ενός συγκεκριμένου αντικειμένου.

Η δημιουργία και η εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης δεν είναι εύκολη και απαιτεί τη δημιουργία ενός συνόλου βασικών στοιχείων. Οι εμπειρογνώμονες είναι απαραίτητοι για την ανάπτυξη αλγορίθμων, την προετοιμασία των δεδομένων κατάρτισης και τη μετάφραση της παραγωγής αλγορίθμων σε αποτελέσματα που έχουν νόημα για τον άνθρωπο. Μια άλλη απαίτηση είναι η διαθεσιμότητα επαρκών δεδομένων υψηλής ποιότητας για την εκπαίδευση του αλγορίθμου. Σκουπίδια μέσα, σκουπίδια έξω, σημαίνει ότι κακώς κατασκευασμένα

δεδομένα οδηγούν σε κακή ποιότητα εξερχομένων^(ix). Παρά τη δημιουργία 2,5 EB (1 EB = 10^{18} bytes) δεδομένων ημερησίως [278] (ως σύγκριση, ο αριθμός αυτός είναι ισοδύναμος με το ένα τέταρτο του συνόλου των ζωντανών εντόμων ανά πάσα στιγμή) [279], τα περισσότερα από αυτά τα δεδομένα δεν είναι χρησιμοποιήσιμα για τεχνητή νοημοσύνη, λόγω της ανεπαρκούς επισήμανσης των δεδομένων. Επίσης, το απόρρητο και η ασφάλεια των δεδομένων μπορούν να περιορίσουν τη χρήση και την πρόσβαση. Αυτό δείχνει ένα άλλο βασικό στοιχείο: την υποδομή της τεχνητής νοημοσύνης. Για παράδειγμα, για να αποτυπώσουν την αξία από την τεχνητή νοημοσύνη, οι οργανισμοί πρέπει να καθιερώσουν ψηφιακές διαδικασίες, μια ανοικτή κουλτούρα γύρω από την τεχνητή νοημοσύνη και, σε τεχνικό επίπεδο, κατάλληλη επεξεργαστική ισχύ για τη διαχείριση όλων των εισροών δεδομένων.



Σχήμα 8: Ανάπτυξη αλγορίθμου τεχνητής νοημοσύνης

- 1. Συλλογή δεδομένων**
- 2. Ανάπτυξη αλγορίθμου**
- 3. Αποφάσεις βασισμένες σε εξευγενισμένα αποτελέσματα**

Σε έναν κόσμο που είναι όλο και πιο ψηφιακός και συνδεδεμένος, που παράγει όλο και περισσότερα δεδομένα, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να συμπληρώσει και να επεκτείνει τις ανθρώπινες δεξιότητες και ικανότητες. Κατέχει σημαντική ικανότητα να αντιληφθεί και επιλέξει από μεγάλες ποσότητες ποικίλων και πολύπλοκων δεδομένων. Μέσω δυνατοτήτων όπως η επαγωγική συλλογιστική και η αναγνώριση μοτίβων, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να σχεδιάσει συνδέσεις μεταξύ διαφορετικών τμημάτων ενός δικτύου ή ενός συνόλου δεδομένων και να δημιουργήσει λύσεις που υπερβαίνουν την ανθρώπινη ικανότητα και ταχύτητα.

Οι εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης έχουν προκύψει σε πολλούς διαφορετικούς κλάδους, από την αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας που χρησιμοποιείται από την αστυνομία, μέχρι την αναγνώριση προσώπου για να ξεκλειδώσουν smartphones, και από τους φωνητικά ελεγχόμενους εικονικούς βοηθούς, έως τους αλγορίθμους που βοηθούν τους λιανοπωλητές να αποκτήσουν καλύτερες γνώσεις πελατών και να εξατομικεύσουν τις προσπάθειες μάρκετινγκ. Ο αριθμός και η ποικιλομορφία των εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης που αναπτύσσονται αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά με την πάροδο του χρόνου. Πρωτοβουλίες όπως το TensorFlow (<https://www.tensorflow.org/>), μια πλατφόρμα λογισμικού ανοιχτού κώδικα που καθιστά τη μηχανική μάθηση και τα εργαλεία βαθιάς μάθησης διαθέσιμα σε όλους, καθιστούν επίσης τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης πιο προσιτή σε ένα ευρύτερο κοινό.

(ix) Μια ευρεία συζήτηση σχετικά με αμερόληπτα δεδομένα για την εκπαίδευση αλγορίθμων λαμβάνει χώραν επί του παρόντος. Η έννοια της μεροληψίας μέσα, προκατάληψης έξω είναι επίσης αλήθεια και έχει οδηγήσει σε ευρέως υποστηριζόμενη προσπάθεια και εστίαση, για τη δημιουργία μιας περιεκτικής προσέγγισης για την κατάρτιση αλγορίθμων και τεχνητής νοημοσύνης εν γένει.

Εάν οι επιχειρήσεις και άλλοι παράγοντες της αγοράς με κυκλικές στρατηγικές αξιοποιήσουν τις δυνατότητες της τεχνητής νοημοσύνης, θα μπορούσε να οδηγήσει στο σχεδιασμό και τη γρήγορη και επιτυχή εφαρμογή μιας ποικιλίας λύσεων κυκλικής οικονομίας.

Οι δυνατότητες της τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να συμβάλουν στην οικοδόμηση μιας κυκλικής οικονομίας, με ταχύτερο ρυθμό από ό,τι θα ήταν δυνατό χωρίς την τεχνητή νοημοσύνη. Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να ενισχύσει την ανάπτυξη και το σχεδιασμό εντελώς νέων κυκλικών προϊόντων και επιχειρήσεων. Επίσης, μπορεί να βοηθήσει τους παραδοσιακούς παίκτες κατά τη μετάβασή τους σε κυκλικότητα. Σε όλους τους κλάδους, οι τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να ξεκλειδώσουν τρεις ευκαιρίες κυκλικής οικονομίας υψηλού δυναμικού:

(1) Σχεδιασμός κυκλικών προϊόντων, εξαρτημάτων και υλικών

(2) Λειτουργήστε τα κυκλικά επιχειρησιακά πρότυπα και

(3) Βελτιστοποίηση της υποδομής ώστε να εξασφαλίζεται η κυκλική ροή προϊόντων και υλικών.

8.6.1 Σχεδιασμός κυκλικών προϊόντων, εξαρτημάτων και υλικών

Η κυκλική οικονομία απαιτεί καινοτομία σχεδιασμού για να διατηρούν τα προϊόντα, τα εξαρτήματα και τα υλικά την υψηλότερη χρησιμότητα και αξία τους ανά πάσα στιγμή, κάνοντας διάκριση ανάμεσα σε τεχνικούς και βιολογικούς κύκλους. Ο σχεδιασμός μπορεί να ενδυναμώσει κύκλους επαναχρησιμοποίησης, επισκευής, ανακαίνισης και ανακύκλωσης τεχνικών υλικών και την επικάλυψη και επανάληψη βιολογικών θρεπτικών συστατικών.

Η κυκλικότητα απαιτεί να λαμβάνονται υπόψη περισσότερες δυνατότητες για το σχεδιασμό προϊόντων, εξαρτημάτων και υλικών, όπως αποσυναρμολόγηση, δυνατότητα αναβάθμισης ή ανακυκλωμένου περιεχομένου. Προσθέστε σε αυτόν τον κατάλογο χαρακτηριστικών, την ευρεία επιλογή των υλικών και τις δυνατότητες χειρισμού των δομών με την τρισδιάστατη εκτύπωση και άλλες τεχνικές κατασκευής, και οι επιλογές σχεδιασμού γίνονται αμέτρητες. Η τεχνολογία τεχνητής νοημοσύνης μπορεί να είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για να δώσει τη δυνατότητα στους σχεδιαστές να διαχειρίζονται αυτήν την πολυπλοκότητα κατά τη λήψη αποφάσεων. Μια συνεχής διαδικασία ανάδρασης όπου οι σχεδιαστές δοκιμάζουν και βελτιώνουν τις προτάσεις σχεδίασης που δημιουργούνται από τεχνητή νοημοσύνη θα μπορούσε να οδηγήσει σε καλύτερο αποτέλεσμα σχεδιασμού σε μικρότερο χρονικό διάστημα.

Ο σχεδιασμός νέων υλικών μπορεί να βοηθήσει στην υποκατάσταση επιβλαβών χημικών ουσιών και υλικών. Μπορεί να επιτρέψει την κατανεμημένη κατασκευή με τεχνολογίες όπως η τρισδιάστατη εκτύπωση, χρησιμοποιώντας τοπικά διαθέσιμα υλικά και υποπροϊόντα, και εξασφαλίζει ότι τα υλικά διατηρούν μεγαλύτερη αξία καθώς ανακυκλώνονται. Για να σχεδιάσουν ένα νέο υλικό, οι επιστήμονες υλικών πρέπει να αξιολογήσουν μια σημαντική ποσότητα δεδομένων σχετικά με τη δομή και τις ιδιότητες των υλικών, τα οποία η τεχνητή νοημοσύνη θα μπορούσε να αναλύσει γρήγορα για να προτείνει νέα υλικά.

Επιπλέον, με την κατάρτιση ενός αλγορίθμου για την ανάλυση γνωστών χημικών δεδομένων, η τεχνητή νοημοσύνη θα μπορούσε ενδεχομένως να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη της τοξικότητας χημικών ουσιών ή υλικών όπου δεν είναι γνωστή με οικονομικό και αποτελεσματικό τρόπο. Ωστόσο, ενώ υπάρχουν πολλά δεδομένα γύρω από τις ιδιότητες των

διαφόρων υλικών, μεγάλο μέρος των δεδομένων είναι απρόσιτα και αυτό περιορίζει επί του παρόντος τις δυνατότητες για εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης στο σχεδιασμό υλικών.

Ένα παράδειγμα όπου η τεχνητή νοημοσύνη έχει χρησιμοποιηθεί για να βοηθήσει και να επιταχύνει το σχεδιασμό υλικών είναι το έργο Ταχείας Μεταλλουργίας (<https://cordis.europa.eu/project/id/263206>) που διευθύνεται από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Διαστήματος, μαζί με μια ομάδα κορυφαίων κατασκευαστών, πανεπιστημίων και σχεδιαστών. Η τεχνολογία τεχνητής νοημοσύνης χρησιμοποιήθηκε για να δημιουργήσει έναν γρήγορο και συστηματικό τρόπο παραγωγής και δοκιμής νέων μεταλλικών κραμάτων. Όχι μόνο παρήγαγε εντελώς νέα υλικά, αλλά τα ανακάλυψε και γρηγορότερα από ποτέ.

8.6.2 Λειτουργία κυκλικών επιχειρηματικών μοντέλων

Η ανάπτυξη επιτυχημένων και κερδοφόρων κυκλικών επιχειρηματικών μοντέλων απαιτεί την οργάνωση επιχειρηματικών λειτουργιών όπως το μάρκετινγκ, η τιμολόγηση και οι πωλήσεις, οι υπηρεσίες μετά την πώληση, η υποστήριξη πελατών, η εφοδιαστική και αντίστροφη εφοδιαστική αλυσίδα, με βάση τις αρχές της κυκλικής οικονομίας. Περιλαμβάνει την εισαγωγή νέων επιχειρηματικών προτάσεων, όπως η κατανομή των περιουσιακών στοιχείων και το προϊόν ως υπηρεσία, αλλά και η επιτυχής ανταγωνισμός υφιστάμενων κυκλικών, με αντίστοιχα γραμμικά προϊόντα. Οι δυναμικοί αλγόριθμοι τιμολόγησης και αντιστοίχισης έχουν ξεκλειδώσει τις δυνατότητες κοινής χρήσης και πρόσβασης για χρηστικά αντικείμενα, όπως αυτοκίνητα και ποδήλατα, ενώ και άλλες βιομηχανίες είναι ώριμες για καινοτόμα κυκλικά επιχειρηματικά μοντέλα.

Η πραγματοποίηση αντίστροφης εφοδιαστικής και εργασιών ανακατασκευής απαιτεί την επίλυση πολλών προβλημάτων, συμπεριλαμβανομένης της κυμαινόμενης ζήτησης και προσφοράς μεταχειρισμένων προϊόντων και εξαρτημάτων, και της πολύ διαφορετικής κατάστασης των επιστρεφόμενων εξαρτημάτων [280]. Για μια εταιρεία που επιλέγει τον επόμενο κύκλο χρήσης για κάθε επιστρεφόμενο προϊόν – όπως η επαναχρησιμοποίηση, η ανάκτηση εξαρτημάτων μέσω της συλλογής τους για ανακατασκευή ή ανακύκλωση – θα πρέπει να λάβει υπόψη ένα συνδυασμό παραγόντων σχετικά με την κατάσταση του προϊόντος, καθώς και την τρέχουσα κατάσταση της αγοράς. Μόνο με την ικανότητα συλλογής μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων, προϊόντων και πελατών, και ένα ισχυρό αναλυτικό μοντέλο που βασίζεται στην τεχνητή νοημοσύνη, γίνεται εφικτό ένα τέτοιο μοντέλο λήψης αποφάσεων.

Μια περίπτωση στην οποία η τεχνητή νοημοσύνη χρησιμοποιείται για την υποστήριξη του καθορισμού των τιμών, την πρόβλεψη της ζήτησης και τη δημιουργία πλατφορμών συναλλαγών για δευτερεύοντες πόρους, εξαρτήματα και προϊόντα, αποτελεί η Stuffstr (<https://www.stuffstr.com/>). Η Stuffstr αγοράζει και συλλέγει μεταχειρισμένα προϊόντα από καταναλωτές και τα πωλεί σε αγορές μεταχειρισμένων. Ένας αλγόριθμος τεχνητής νοημοσύνης, βοηθά την Stuffstr να ορίσει ανταγωνιστικές τιμές για τον πωλητή, ενώ προσφέρει ένα καλό περιθώριο στη δευτερογενή αγορά.

8.6.3 Βελτιστοποίηση υποδομών για τη διασφάλιση κυκλικών ροών προϊόντων και υλικών

Ένα βασικό χαρακτηριστικό της κυκλικής οικονομίας είναι ότι τα υλικά και τα προϊόντα δεν καταναλώνονται και δεν απορρίπτονται, αλλά χρησιμοποιούνται ξανά και ξανά. Αυτό απαιτεί την επανάχρηση, την επισκευή, την ανακατασκευή και την ανακύκλωση τεχνικών προϊόντων και την επιστροφή θρεπτικών ουσιών από βιολογικές ροές αποβλήτων για τις οποίες

απαιτείται αποτελεσματική και εκτεταμένη υποδομή για τη συλλογή, διαλογή, διαχωρισμό, επεξεργασία και αναδιανομή.

Μια κοινή πρόκληση για την παραγωγή αξίας από χρησιμοποιημένες ροές υλικών, από τα απόβλητα κουζίνας έως τους χρησιμοποιημένους υπολογιστές, είναι ότι σε αυτά τα ρεύματα είναι αναμειγμένα και ετερογενή υλικά, προϊόντα και υποπροϊόντα, τόσο βιολογικά όσο και τεχνικά. Η αποτελεσματική ανάκτηση πολύτιμων υλικών απαιτεί ομοιογενείς, καθαρές ροές υλικών και προϊόντων. Σε γενικές γραμμές, οι καλύτερες ροές υλικών είναι προταξινομημένες και διαχωρισμένες, όσο υψηλότερο είναι το επίπεδο ανάκτησης, τόσο περισσότερα συστατικά μπορούν να προσδιοριστούν για επαναχρησιμοποίηση και ανακατασκευή, και τόσο υψηλότερη είναι η ποιότητα των υλικών που εξάγονται κατά την ανακύκλωση.

Η τεχνητή νοημοσύνη δείχνει ήδη πώς μπορεί να δημιουργήσει αξία στην πραγματοποίηση κυκλικών ροών υλικών και στην ενίσχυση της αξιοποίησης των υλικών και των προϊόντων, με τη διαλογή των ροών μεικτών υλικών μετά τον καταναλωτή, μέσω τεχνικών οπτικής αναγνώρισης. Η ZenRobotics (<https://zenrobotics.com/>), για παράδειγμα, λειτουργεί με κάμερες και αισθητήρες, των οποίων η είσοδος εικόνων επιτρέπει στην τεχνητή νοημοσύνη να ελέγξει ευφυή ρομπότ διαλογής αποβλήτων. Αυτά τα ρομπότ μπορούν να φθάσουν σε ένα επίπεδο ακρίβειας 98% στη διαλογή μυριάδων ροών υλικών, από τις πλαστικές συσκευασίες έως τα απόβλητα κατασκευών και κατεδαφίσεων.

8.7 Ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης προς λύσεις κυκλικής οικονομίας

Οι ευκαιρίες σχεδιασμού, επιχειρηματικών μοντέλων και υποδομών εκτείνονται σε όλους τους κλάδους. Όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη θα πρέπει να διερευνήσουν πού έγκειται το μεγαλύτερο δυναμικό στους οργανισμούς και τις βιομηχανίες τους, για να αξιοποιήσουν τις δυνατότητες της τεχνητής νοημοσύνης για την υλοποίηση των φιλοδοξιών της κυκλικής οικονομίας.

Λαμβάνοντας ως παράδειγμα το σχεδιασμό, η τεχνητή νοημοσύνη θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση και την επιτάχυνση της διαδικασίας σχεδιασμού και επιλογής υλικών για τη βελτίωση της κυκλικότητας σχεδόν όλων των υλικών και προϊόντων. Η τεχνητή νοημοσύνη θα μπορούσε, για παράδειγμα, να βοηθήσει τους επιστήμονες και τους σχεδιαστές υλικών να αναπτύξουν λύσεις για το 30% της πλαστικής συσκευασίας που απαιτεί θεμελιώδη επανασχεδιασμό και καινοτομία [281], ή μηχανικούς και αρχιτέκτονες για τη βελτιστοποίηση των χαρακτηριστικών σχεδιασμού κτιρίων που βασίζονται σε κυκλικές αρχές σχεδιασμού, όπως το είδος των συνδέσεων ή αρχιτεκτονικά φινιρίσματα [282].

Η αξιοποίηση του δυναμικού των λύσεων κυκλικής οικονομίας, που χρησιμοποιούν δυνατότητες τεχνητής νοημοσύνης, απαιτεί επίγνωση τόσο της ωριμότητας όσο και των περιορισμών της τεχνητής νοημοσύνης. Η τεχνητή νοημοσύνη, για να υποδείξει λύσεις, όπως στα παραδείγματα που αναφέρθηκαν παραπάνω, δεν απαιτεί μόνο τα τέσσερα βήματα, της συλλογής δεδομένων, της μηχανικής δεδομένων, της ανάπτυξης αλγορίθμων και της βελτίωσης αλγορίθμων, αλλά απαιτεί επίσης μια σαφή κατανόηση του πραγματικού προβλήματος και του τι χρειαζόμαστε ειδικά από την τεχνητή νοημοσύνη να λύσει. Με απλά λόγια, εάν οι άνθρωποι δεν μπορούν να καθορίσουν τις σχετικές εισροές και εκροές με σαφήνεια, μια μηχανή δεν μπορεί να λύσει ένα πρόβλημα.

Η εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης στην κυκλική οικονομία, δεν είναι η μοναδική πρόκληση, καθώς υπάρχουν προκλήσεις που θα πρέπει να αντιμετωπιστούν προκειμένου να

κλιμακωθούν και να αποτυπωθούν πλήρως οι δυνατότητες της τεχνητής νοημοσύνης. Αυτά περιλαμβάνουν: τη διασφάλιση της ανάπτυξης αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης με γνώμονα την αξία, έτσι ώστε η τεχνολογία να είναι ασφαλής και επωφελής για την κοινωνία. Να διασφαλιστεί ότι η τεχνολογία ελέγχεται από τον άνθρωπο. Να αποφευχθεί η δημιουργία ή η ενίσχυση αθέμιτων προκαταλήψεων να ενσωματωθούν οι αρχές σχεδιασμού της ιδιωτικής ζωής για τη χρήση των δεδομένων.

Η μετάβαση σε μια κυκλική οικονομία δεν μπορεί να γίνει μόνο από μία εταιρεία. Απαιτούνται αλυσίδες αξίας και ένα ολόκληρο δίκτυο και οικοσύστημα εταίρων για την οικοδόμηση εμπιστοσύνης και τη συνεργασία. Η διαφάνεια, με ανοικτή ή εύκολη πρόσβαση στα δεδομένα, απαιτείται, αλλά σπάνια εντοπίζεται. Το Παγκόσμιο Παρατηρητήριο Αλιείας, αποτελεί ένα εμπνευσμένο παράδειγμα του τρόπου με τον οποίο η διαφάνεια και η ανταλλαγή δεδομένων μπορούν να οδηγήσουν σε περισσότερες γνώσεις και αξία (στην προκειμένη περίπτωση, για την παρακολούθηση των αλιευτικών στόλων και την οικοδόμηση μιας βιώσιμης αλιευτικής βιομηχανίας) για όλα τα μέρη, επιτρέποντας στην τεχνολογία τεχνητής νοημοσύνης, να υποστηρίξει την ανάπτυξη ενός αλιευτικού τομέα που λειτουργεί τόσο για τις κυβερνήσεις, τους αλιείς, τους καταναλωτές, τα ψάρια όσο και τους ωκεανούς.

Το Παγκόσμιο Παρατηρητήριο Αλιείας είναι ένα παράδειγμα τεχνητής νοημοσύνης σε δράση σε επίπεδο συστήματος. Σε τελική ανάλυση, η τεχνητή νοημοσύνη θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τον επανασχεδιασμό ολόκληρων συστημάτων και τη βελτιστοποίηση των δικτύων και των εθνικών και παγκόσμιων υποδομών προς μια κυκλική οικονομία. Οι δυνατότητες της τεχνητής νοημοσύνης να αντιμετωπίζει επιτυχώς πολλαπλές σύνθετες παραμέτρους, να εκτελεί ταχείες δοκιμές, να ανατροφοδοτεί πληροφορίες, να προσαρμόζει υποθέσεις και να κατανοεί τις συνδέσεις μεταξύ πολλών τμημάτων ενός συστήματος, την καθιστούν κατάλληλη για το σχεδιασμό της καλύτερης λύσης για ένα σύστημα στο σύνολό του.

Άλλα παραδείγματα χρήσης της τεχνητής νοημοσύνης που βελτιστοποιούν ένα σύστημα για ένα ευεργετικό αποτέλεσμα, περιλαμβάνουν: τη χρήση δεδομένων καταγραφής κυκλοφορίας με κάμερα σε πραγματικό χρόνο, για τη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης στις πόλεις^(*), βελτιστοποίηση της χρήσης ενέργειας για την ψύξη των χιλιάδων διακομιστών που στεγάζονται σε κέντρα δεδομένων^(**), κοινή συνεργασία μεταξύ των εταιρειών διαμοιραζόμενης χρήσης αυτοκινήτων, αυτοκινητοβιομηχανιών, και φορέων εκμετάλλευσης υποδομών στην Κίνα, ενσωματώνοντας τεχνητή νοημοσύνη και αυτόνομες λύσεις δικτύου, ώστε να εξασφαλιστεί ότι τα σημεία φόρτισης και οι σταθμοί ανεφοδιασμού μπορούν να ταιριάζουν με τη ζήτηση ηλεκτρικών οχημάτων^(***).

8.8 Κριτικές

Οι ασάφειες και οι αντιφάσεις της έννοιας της κυκλικής οικονομίας παρατηρήθηκαν από τους μελετητές, και οι επικρίσεις της έννοιας εκφράζονται τόσο στο πλαίσιο των κλάδων που δίνουν τα θεωρητικά και μεθοδολογικά θεμέλια στην κυκλική οικονομία, όπως η οικολογική οικονομία και η βιομηχανική οικολογία, όσο και από άλλους ακαδημαϊκούς τομείς.

Η πλειονότητα της υπάρχουσας βιβλιογραφίας για την κυκλική οικονομία προέρχεται από μελέτες οργάνωσης και σχεδιασμού και ασχολείται με κατάλληλους τρόπους για τη διαχείριση της μετάβασης από μια γραμμική προς μια κυκλική οικονομία (Bocken, et al., 2016; Bakker, et al., 2014) [50,52]. Τα τελευταία χρόνια, επίσης μελετητές

κοινωνικών επιστημών έχουν μελετήσει την ανάπτυξη πολιτικών κυκλικής οικονομίας (Ghisellini, Cialani, & Ulgiati, 2016) [35]. Οι συνεισφορές των κοινωνικών επιστημών επικεντρώθηκαν κυρίως στα εξής: i) τις προκλήσεις της εφαρμογής της αόριστης πολιτικής της κυκλικής οικονομίας ii) τα όρια των πολιτικών που στοχεύουν στην αλλαγή της συμπεριφοράς των καταναλωτών, καθώς και την ανάλυση της πολυπλοκότητας και της ποικιλίας των παραγόντων που επηρεάζουν τις πρακτικές των ανθρώπων iii) τους παραλληλισμούς μεταξύ της κυκλικής οικονομίας και της βιώσιμης ανάπτυξης και iv) τις προσδοκίες και τις ιδέες που συνδέονται με την κυκλική οικονομία.

Ορισμένες μελέτες επικεντρώθηκαν σε μικρή και μεσαία κλίμακα και σε συγκριτικές μελέτες των πρωτοβουλιών της κυκλικής οικονομίας στις πόλεις. Οι μελέτες αυτές υποστηρίζουν ότι επειδή η έννοια είναι διφορούμενη ή ακόμη και ασαφής, χρειάζεται ερμηνεία από τους παράγοντες που είναι υπεύθυνοι για την εφαρμογή της (Petit-Boix & Leipold, 2018; Prendeville, Cherim, & Bocken, 2018) [286,287]. Η ασάφεια της έννοιας της κυκλικής οικονομίας διορθώνεται στην πρακτική εφαρμογή της με αναφορά σε προηγούμενες έννοιες όπως η βιωσιμότητα. Οι Marin et al. (2018) [288], εντοπίζουν διαφορετικά πλαίσια και πολιτικές θέσεις που καθοδηγούν την υλοποίηση πρωτοβουλιών κυκλικής οικονομίας: τα αντικειμενικά πλαίσια σχετίζονται με την τεχνοκρατική διαχείριση και αποτελούν μια “τεχνολογική και επιχειρηματική” κυκλική οικονομία (Marin & De Meulder, 2018: 13) [288], ενώ τα διαρθρωτικά πλαίσια επικεντρώνονται στην κοινωνική οργάνωση της κατανάλωσης και στις πρακτικές της ανταλλαγής, της επανάχρησης και της συνεργασίας.

Άλλοι υποστήριξαν ότι το πλαίσιο της κυκλικής οικονομίας είναι πολύ στενό και τείνει να παραβλέπει τις κοινωνικές πτυχές της μετάβασης, ενώ τίθενται ερωτήματα σχετικά με την “κοινωνική διάστασή” της (Murray et al., 2017· Sauvé, et al., 2016) [289,290]. Ειδικότερα, επικρίνεται η εστίαση στην κατανάλωση και στις ορθολογικές επιλογές των “καταναλωτών” (Mylan, et al., 2016· Welch, et al., 2017) [291,292]. Οι Mylan, et al. (2016) υποστηρίζουν από μια κοινωνικοτεχνική οπτική ότι η κατανάλωση τροφίμων πρέπει να γίνει κατανοητή ως μια κοινωνική πρακτική που αποτελείται από συνδυασμούς ρουτινών και συνηθειών, κοινών πολιτιστικών εννοιών και αντιλήψεων και διαθέσιμων υποδομών. Οι απλοϊκές πρωτοβουλίες που επικεντρώνονται στην αλλαγή της συμπεριφοράς των καταναλωτών μέσω ενημερωτικών εκστρατειών είναι βέβαιο ότι θα αποτύχουν. Κατά παρόμοιο τρόπο, ο ρόλος των πλαστικών για τις σύγχρονες κοινωνίες και για τα κοινωνικο-υλικά πρότυπα ζωής έχει προβληματίσει, δείχνοντας πώς τα απόβλητα δεν είναι μόνο ένα υποπροϊόν, αλλά μια θεμελιώδης πτυχή των σημερινών τρόπων ζωής των δυτικών κοινωνιών (Gabrys, et al., 2013) [293].

(*) Για περισσότερες πληροφορίες, επισκεφθείτε <http://www.bbc.com/future/story/20181212-can-artificial-intelligence-endtraffic-jams>

(**) Ένα γνωστό παράδειγμα είναι η Google που εφαρμόζει την τεχνολογία τεχνητής νοημοσύνης της Deepmind για τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης του συστήματος ψύξης στα κέντρα δεδομένων της, με αποτέλεσμα τη μείωση της χρήσης ενέργειας έως και 40%. Περισσότερες πληροφορίες μπορείτε να βρείτε στην ιστοσελίδα (<https://deepmind.com/>).

(***) Για περισσότερες πληροφορίες, επισκεφθείτε <http://www.bbc.com/future/story/20181212-can-artificial-intelligence-endtraffic-jams>

Διάφοροι μελετητές, ορμώμενοι από την ανθρώπινη γεωγραφία και μαρξιστικές μελέτες, θέτουν ερωτήματα για το είδος της διακυβέρνησης και του πολιτικού καθεστώτος που συνεπάγεται η κυκλική οικονομία. Ο Hobson (2016) [294] προειδοποιεί ότι παρεμβάσεις πολιτικής μπορούν να δημιουργήσουν κλειδώμα διακυβέρνησης και ότι η κυκλική οικονομία μπορεί να αποτελέσει ένα ακόμη παράδειγμα νεοφιλελεύθερης περιβαλλοντικής διακυβέρνησης που ασκείται μέσω της επισήμανσης των προϊόντων, του οικολογικού εκσυγχρονισμού και της προώθησης εξατομικευμένης δράσης όπως η ανακύκλωση. Η κριτική είναι ότι η κυκλική οικονομία δεν αμφισβητεί τους υφιστάμενους τρόπους διακυβέρνησης και συμπεριφοράς των καταναλωτών, οι οποίοι θεωρούνται θεμελιωδώς μη βιώσιμοι. Οι Valenzuela και Böhm (2017) [295], υποστηρίζουν ότι η κυκλική οικονομία αναπαράγει καπιταλιστικές λογικές και δεν αμφισβητεί το σημερινό μοντέλο παραγωγής και κατανάλωσης. Η κυκλικότητα καθιστά την κατανάλωση αποδεκτή και πράσινη μη αμφισβητώντας την ταυτότητα του καταναλωτή, ούτε του καπιταλιστικού συστήματος.

Οι πιο εννοιολογικές δεσμεύσεις με την πολιτική της κυκλικής οικονομίας έχουν εντοπίσει την καταγωγή και τη σχέση της έννοιας με έννοιες όπως η βιώσιμη ανάπτυξη, η βιωσιμότητα, η μετα-ανάπτυξη ή τα μηδενικά απόβλητα (Corvellec & Hultman, 2012· Hultman & Corvellec, 2012; Valenzuela & Böhm, 2017) [296,297,295]. Κατά τη την ανάπτυξη από τη βιώσιμη ανάπτυξη στα μηδενικά απόβλητα και κυκλική οικονομία, όχι μόνο οι στόχοι της πολιτικής έχουν αλλάξει, αλλά και η σημασία των ίδιων των εννοιών που διέπουν αυτές τις πολιτικές. Τα απόβλητα έχουν καταστεί αντικείμενο διαχειρίσιμης βιωσιμότητας και δεν αποτελούν πλέον ένδειξη μη βιώσιμων πρακτικών. Επιπλέον, έχει καταστεί ένας πόρος σε ότι έχει χαρακτηριστεί ως "βελτιστοποιημένη επιχειρηματικότητα" (Hultman & Corvellec, 2012) [297]. Είναι σημαντικό, μέσω αυτού του επαναπροσδιορισμού των αποβλήτων, ότι κατέστη δυνατό να πολιτογραφηθεί και να αποπολιτικοποιηθεί η ιδέα της μόνιμης ανάπτυξης σε έναν "οικονομικό νατουραλισμό" (Valenzuela & Böhm, 2017) [295]. Η πολιτική της κυκλικής οικονομίας συμμαρτίζεται ορισμένα από τα προβλήματα των προκατόχων εννοιών, όπως η αειφόρος ανάπτυξη, δηλαδή ότι "ιδιοποιείται την κριτική και στη συνέχεια την ανατροφοδοτεί στο ηθικά καθοδηγούμενο, θέμα της βιωσιμότητας" (Valenzuela & Böhm 2017: 50) [295]. Κριτική όπως η προαναφερθείσα απηχεί τα επιχειρήματα των οικολόγων οικονομολόγων, οι οποίοι, επηρεασμένοι από το έργο του Georgescu- Roegen (1971) [298], έχουν επισημάνει ότι η έννοια της κυκλικής οικονομίας είναι παραπλανητική, δεδομένου ότι η τέλεια κυκλικότητα είναι μια θεωρητική αδυναμία (Haas et al., 2015) [299].

Τέλος, αρκετοί συγγραφείς θεωρούν ως αφετηρία τους ευφάνταστους πόρους και τις γραμματιακές λογικές που εμπλέκονται στην ανάπτυξη της πολιτικής της κυκλικής οικονομίας. Οι μελέτες αυτές τονίζουν την ανάγκη να ασχοληθούμε κριτικά με τις πολλαπλές έννοιες και τα συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης της κυκλικότητας που βρίσκονται επί του παρόντος υπό διαπραγμάτευση και αρχίζουν να εκδηλώνονται, π.χ. στην κατανομή της χρηματοδότησης της E & A. Οι Lazarevic and Valve (2017) [300] περιγράφουν τον τρόπο με τον οποίο η κυκλική οικονομία ορίζει τη μετάβαση σε μια οικονομία που βασίζεται σε έναν τέλειο κύκλο αργών ρών υλικών, τη μετάβαση από τους καταναλωτές στους χρήστες, οράματα αποσύνδεσης της οικονομικής ανάπτυξης από την προστασία του περιβάλλοντος και ιδέες ασφάλειας και ανταγωνιστικότητας. Με παρόμοιο τρόπο, οι Welch, Keller και Mandich (2017) [292] εστιάζουν στα ιδεατά καθημερινά των πολιτικών της κυκλικής οικονομίας και υποστηρίζουν ότι οι πολιτικές αυτές αποτελούν αντικρουόμενες εντολές αξίας με τρόπο που περιθωριοποιεί τα οικολογικά ζητήματα. Διαγιγνώσκουν μια "κρίση πολιτικής φαντασίας" (Welch et al., 2017: 51) [292] και ζητούν την δέσμευση με τα μέλλοντα και ειδικά τις ασυμβίβαστες αξίες που έχουν δυνητικά πολιτογραφηθεί μέσω αυτών. Άλλοι

συγγραφείς τονίζουν ότι οι πολιτικές της κυκλικής οικονομίας βασίζονται σε μια ηθική οικονομία που συγκεντρώνει “οικολογικό εκσυγχρονισμό, την περιβαλλοντική δικαιοσύνη καθώς και την ασφάλεια των πόρων” (Gregson, Crang, & Fuller, 2015).

Συνολικά, υπονοείται μια γενική συμφωνία, ότι δεν είναι δυνατή μια πλήρης κυκλική οικονομία. Εάν αυτό συμβαίνει, πρέπει να προσδιοριστεί η έννοια της μερικής κυκλικής οικονομίας.

9. ANTI ΕΠΙΛΟΓΟΥ

9.1 Ο χάρτης του 21^{ου} αιώνα

Είναι καλή ιδέα η κυκλική οικονομία; Θα μπορούσε κάποιος να υποστηρίξει σοβαρά λιγότερη κυκλικότητα; Αυτό που χρειάζεται δεν είναι μια απάντηση με ναι ή όχι σε αυτό το ερώτημα, αλλά μια κατανόηση του τι σημαίνει να απαντάς με τον ένα ή τον άλλο τρόπο. Η πολιτική πρέπει να βασίζεται σε έναν χάρτη του 21ου αιώνα, που δεν θα υποδεικνύει απλώς πού να πάμε, αλλά ένας χάρτης που θα βοηθά με τις αβεβαιότητες και τις περιπλοκές της επιστήμης και της πολιτικής.

Ένα θέμα ενδιαφέροντος της κυκλικής οικονομίας είναι η βιωσιμότητα. Η συζήτηση για τη βιωσιμότητα εγείρει ορισμένα ερωτήματα σχετικά με τον τρόπο μέριμνας για το περιβάλλον. Θεωρείται καλύτερο να σταματήσει κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα και παρέμβαση στο οικοσύστημα; Είναι δυνατόν να προσδιοριστούν τα όρια της ανθρώπινης δραστηριότητας, εντός των οποίων είναι περιβαλλοντικά ασφαλές να συνεχίσουν οι δραστηριότητές ως συνήθως; Τι θα σήμαινε υπέρβαση αυτών των ορίων; Διακυβεύεται το μέλλον του περιβάλλοντος ή είναι το μέλλον του Homo sapiens; Διαφορετικές εικόνες του περιβάλλοντος και διαφορετικές αντιλήψεις της σχέσης μεταξύ των ανθρώπων και του περιβάλλοντος έρχονται στο φως. Θα πρέπει να υπάρχουν περιοχές παρθένου περιβάλλοντος, απαλλαγμένες από ανθρώπινη παρέμβαση; Είναι η ανθρώπινη δραστηριότητα ασυμβίβαστη με το περιβάλλον ή είναι μέρος του ανθρώπινου οικοσυστήματος; Τα ερωτήματα αυτά βρίσκουν διαφορετικές απαντήσεις. Ορισμένοι μπορεί να υποστηρίξουν τη δημιουργία φυσικών πάρκων χωρίς ανθρώπινη δραστηριότητα, ενώ άλλοι υποστηρίζουν ότι οι αυτόχθονες πληθυσμοί είναι μέρος, για παράδειγμα, των τροπικών δασών για χιλιάδες χρόνια.

Η συζήτηση για τη βιωσιμότητα συχνά πλαισιώνεται ως θέμα διαγενεακής δικαιοσύνης. Ποια γενιά πρέπει να φροντίζει για το περιβάλλον; Ένας πιθανός προβληματισμός σε αυτήν τη συζήτηση αφορά όχι μόνο τις μελλοντικές γενιές, αλλά και τις προηγούμενες γενιές. Από τον δέκατο όγδοο έως τον δέκατο ένατο αιώνα, τα δάση στην Κεντρική Ευρώπη είχαν αποδεδειχθεί, σε σημείο που οι σύγχρονες εκθέσεις μιλούσαν για τοπία που μοιάζουν με έρημο. Η έλευση της μηχανοποίησης στη γεωργία, η οποία καθιστά δυσκολότερη τη χρήση περιθωριακών εδαφών όπου δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ελκυστήρες, και η χρήση ορυκτών καυσίμων, όπως ο άνθρακας και το φυσικό αέριο για θέρμανση, έχουν μειώσει τη ζήτηση ξύλου και έχουν συμβάλει στην αποκατάσταση των δασικών περιοχών. Οι γενιές του εικοστού αιώνα θα μπορούσε να ειπωθεί ότι πλήρωσαν το χρέος "δασωμένης περιοχής" που κληρονομήθηκε από τις προηγούμενες γενιές, αλλά έχουν προκαλέσει νέα προβλήματα με την ευρεία χρήση ορυκτών καυσίμων. Για ποιο είδος περιβάλλοντος θα πρέπει κανείς να φροντίζει; Η σχεδόν έρημη Ευρώπη του παρελθόντος ή η αναδασωμένη Ευρώπη του

παρόντος; Είναι η κοινωνία των ορυκτών καυσίμων χειρότερη για το περιβάλλον από την κοινωνία που απαιτεί μεγάλες ποσότητες ξυλείας;

Η κυκλική οικονομία παρακάμπτει αυτές τις συζητήσεις, εστιάζοντας στην οικονομία. Το περιβάλλον σπάνια αποτελεί μέρος των θεμάτων που θίγει η κυκλική οικονομία, εκτός από άορατες πηγές πρώτων υλών ή μια εξίσου άορατη αποχέτευση αποβλήτων και ρύπων. Το οικοσύστημα αποτελεί μέρος της συζήτησης στο Ίδρυμα Ellen MacArthur, μόνο ως εξιδανικευμένη και στυλιζαρισμένη πηγή έμπνευσης για βιομηχανικές διεργασίες. Υποστηρίζεται ότι οι ασαφείς ή σχεδόν απούσες έννοιες του περιβάλλοντος, αποτυγχάνουν να απαντήσουν στα ερωτήματα σχετικά με τη βιωσιμότητα του τι, για ποιον και για πόσο χρονικό διάστημα (O'Connor, 2006) [302]. Προκειμένου η βιωσιμότητα να αποτελέσει θέμα ανησυχίας για την κυκλική οικονομία, τα οφέλη της κυκλικότητας πρέπει να μετρηθούν σε σχέση με τη συζήτηση για τη βιωσιμότητα.

Ένα δεύτερο θέμα ανησυχίας είναι το ζήτημα των συνηθειών και του τρόπου ζωής. Η κυκλική οικονομία αφορά την αλλαγή από το γραμμικό μοντέλο "take-use-dispose" σε κυκλική επαναχρησιμοποίηση. Έχουν διατυπωθεί αρκετές επικρίσεις, τόσο για τα κυκλικά προϊόντα (Valenzuela & Böhm, 2017) [295], όσο και για πρωτοβουλίες όπως το δίκαιο εμπόριο (Roy, Negrón-Gonzales, Oroku-Agyemang, & Talwalker, 2016) [303], σε σχέση με την αποτυχία να αμφισβητηθεί το "περισσότερο είναι καλύτερο", υπόθεση που αποτελεί τη βάση μικροοικονομικών μοντέλων. Καθιστώντας την κατανάλωση βιώσιμη, για παράδειγμα μέσω της κυκλικότητας, οι άνθρωποι μπορούν να συνεχίσουν να αγοράζουν νέα πράγματα, ενώ αισθάνονται βολικά από ηθική άποψη γι' αυτό. Η κυκλικότητα θα ήταν τότε μια ώθηση για μεγαλύτερη αλλαγή, συμπεριλαμβανομένων των αλλαγών στα καταναλωτικά πρότυπα. Αυτή είναι μια συζήτηση σχετικά με τον τρόπο ζωής και την ανθρώπινη φροντίδα. Αυτή η κριτική μπορεί να περιλαμβάνει ζητήματα ισότητας: Ποιανού η κατανάλωση και ποιανού ο τρόπος ζωής πρέπει να βελτιωθούν; Η ιδέα ότι οι άνθρωποι μπορούν να μειώσουν την κατανάλωσή τους έχει νόημα στον Παγκόσμιο Βορρά, αλλά είναι προσβλητική στις φτωχογειτονιές του Παγκόσμιου Νότου.

Η ιδέα μιας οικονομίας διαμοιρασμού μπορεί να αναγνωστεί τόσο ως μια ευκαιρία επαναπροσδιορισμού του life style, όσο και ως μια αδιαμφισβήτητη αναπαραγωγή άνισων προτύπων κατανάλωσης. Η κοινή χρήση αυτοκινήτων, για παράδειγμα, μπορεί να θεωρηθεί ως εναλλακτική λύση στην ιδιοκτησία αυτοκινήτων, ή ως μια πρόσθετη υπηρεσία που χρησιμοποιούν οι άνθρωποι για να ταξιδεύουν σε μεγάλες αποστάσεις (όπως στην περίπτωση της Bla-BlaCar, βλέπε www.blablacar.com), επιπρόσθετα προς την ιδιοκτησία ενός αυτοκινήτου για καθημερινές μετακινήσεις. Μπορούν οι ιδέες της οικονομίας διαμοιρασμού να οδηγήσουν σε βαθύτερο προβληματισμό σχετικά με το ποιος πρέπει να κατέχει τι; Ή είναι η οικονομία του διαμοιρασμού μια ελιτίστικη φαντασίωση που αγνοεί το γεγονός ότι οι περισσότεροι από τους φτωχούς του κόσμου δεν έχουν καν ένα σπίτι, πόσο μάλλον ένα αυτοκίνητο; Κάποιος μπορεί επίσης να ρωτήσει ποιος υποτίθεται ότι μοιράζεται τι. Οι πλατφόρμες κοινής χρήσης είναι πολύ δημοφιλείς στους τουρίστες, που επιδιώκουν να νοικιάσουν ένα εξοχικό σπίτι στη Νότια Ευρώπη, αλλά δεν υπάρχει πλατφόρμα κοινής χρήσης που να δίνει στους ανθρώπους πρόσβαση στο κράτος πρόνοιας των σκανδιναβικών χωρών.

Η κυκλική οικονομία συνδέεται με την ανάγκη ευαισθητοποίησης των «καταναλωτών» σχετικά με την αναγκαιότητα μείωσης των αποβλήτων και αύξησης της ανακύκλωσης. Ωστόσο, από άποψη ανθρώπινης φροντίδας, θα ήταν πιο σημαντικό να ληφθούν σοβαρά υπόψη ζητήματα που αφορούν τους ανθρώπους, όπως θέματα ισότητας, ποιότητας, τρόπου

ζωής, ασφάλειας κ.λπ., που πρέπει να βρίσκονται στο επίκεντρο αυτής της συζήτησης, για να αποφευχθούν επιφανειακές εκτιμήσεις για το τι πρέπει να ενημερώνονται ή να πείθονται οι άνθρωποι. Φροντίδα σε αυτό το πλαίσιο σημαίνει την αποφυγή αντιμετώπισης των ανθρώπων ως καταναλωτών, ή ως βιονικών ανθρωποειδών, που θα ανταποκριθούν ορθολογικά στη νέα πληροφόρηση, συμμετέχοντας ως όντα ικανά να καθορίσουν τη δική τους ταυτότητα.

Ένα τρίτο θέμα που τίθεται αφορά τη διεπαφή επιστήμης-πολιτικής, κυρίως από την πλευρά της πολιτικής. Εάν η κυκλική οικονομία απορρέει από τις καλές προθέσεις των υπευθύνων χάραξης πολιτικής να συμπεριλάβουν τις περιβαλλοντικές ανησυχίες στην πολιτική, και εάν δεν υπάρχει σαφής λύση στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος λόγω της πολυπλοκότητας του συστήματος, είναι άδικο να επικρίνονται οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής για την προσπάθειά τους να κάνουν κάτι. Η μέριμνα για πολιτικές, περιλαμβάνει δύο διαφορετικές συζητήσεις: αφενός, την αναγνώριση του πολύ δύσκολου έργου που έχουν οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής στο πλαίσιο της αβεβαιότητας και της πολυπλοκότητας και αφετέρου, την ανησυχία για τη βιωσιμότητα και τη σκοπιμότητα των πολιτικών.

Η αναγνώριση της αξίας των καλών προθέσεων είναι δύσκολη. Στα μαθήματα πρώτων βοηθειών, ένα από τα πιο σημαντικά μαθήματα είναι ότι η μετακίνηση ενός τραυματισμένου ατόμου, μπορεί να προκαλέσει περισσότερο κακό από την πλήρη απραξία. Δεν έχει σημασία η καλή πρόθεση να υπάρξει βοήθεια, θα πρέπει να κληθούν οι υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης και το περιστατικό να περιμένει. Γενικότερα, οι καλές προθέσεις δεν απαλλάσσουν τους ανθρώπους από την ανάληψη ευθύνης για τις πράξεις τους εάν τα πράγματα πάνε στραβά. Αναφερόμαστε για τις καλές προθέσεις πολλών υπευθύνων πολιτικής, ως έναν τρόπο αναγνώρισης ότι οι κακές πολιτικές δεν είναι απαραίτητα αποτέλεσμα διεφθαρμένων φορέων χάραξης πολιτικής, ούτε έλλειψη ενδιαφέροντος. Όταν επικρίνονται οι πολιτικές της κυκλικής οικονομίας, δεν επικρίνονται οι άνθρωποι που υποστηρίζουν αυτές τις πολιτικές, και αναγνωρίζεται η δυσκολία διακυβέρνησης σε πλαίσιο αβεβαιότητας και πολυπλοκότητας. Ωστόσο, οι καλές προθέσεις δεν σημαίνουν ότι οι ίδιες οι πολιτικές δεν πρέπει να επικριθούν.

Μια δίκαιη κριτική της κυκλικής οικονομίας συνεπάγεται όχι μόνο εντοπισμό των αβεβαιοτήτων, αλλά και άνοιγμα της συζήτησης σχετικά με το ποιος πρέπει να λάβει αποφάσεις στο πλαίσιο της αβεβαιότητας. Ποιος θα πρέπει να κάνει αξιολογήσεις, όταν τα γεγονότα δεν είναι διαθέσιμα; Ποιος αναλαμβάνει την ευθύνη αν τα πράγματα πάνε στραβά; Οι "καλές προθέσεις" των πολιτικών σύνδεσης και της κυκλικής οικονομίας, δεν ευνοούν συζητήσεις σχετικά με την αβεβαιότητα και την ευθύνη. Η λογική της φροντίδας δεν πρέπει να συγχέεται με την προφανή συναίνεση. Στο πλαίσιο της αβεβαιότητας αυτές οι συζητήσεις πρέπει να μεταφερθούν στην κοινωνία γενικότερα και να μην επιλύονται εντός των περιορισμένων ορίων της διεπαφής επιστήμης-πολιτικής.

Η πολιτική δεν είναι πλέον ο μόνος χώρος όπου λαμβάνονται αποφάσεις για τη ρύθμιση του πολιτικού μέλλοντος. Αυτό που διακυβεύεται στις εκλογές και τις εκστρατείες δεν είναι η εκλογή ενός "ηγέτη του έθνους", ο οποίος στη συνέχεια κατέχει τα ηνία της εξουσίας και θα θεωρηθεί υπεύθυνος για όλα όσα καλά και κακά συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της θητείας του. Αν ήταν έτσι, θα ζούσαμε σε μια δικτατορία που εκλέγει τον δικτάτορα της, και όχι σε μια δημοκρατία. Μπορεί να ειπωθεί ότι ο βαθμός συγκεντρωτισμού στην πολιτική είναι αντιστρόφως ανάλογος με τον βαθμό εκδημοκρατισμού μιας κοινωνίας. Είναι σημαντικό να αναγνωριστεί αυτό, διότι ο εξαναγκασμός να λειτουργούμε με τη μυθοπλασία της κεντρικής κρατικής εξουσίας

δημιουργεί υπόβαθρο προσδοκιών, έναντι των οποίων η πραγματικότητα της πολιτικής αλληλεξάρτησης εμφανίζεται ως αδυναμία, μια αποτυχία, που μπορεί να διορθωθεί μόνο με ένα «ισχυρό χέρι», παρόλο που ισχύει ακριβώς το αντίθετο, ένα σημάδι οικουμενικής επαναστατικής συμμετοχής των πολιτών με την έννοια της ενεργού συνεργασίας και αντιπολίτευσης.

(Beck, 1992: 233) [304]

Ο Γάλλος ανθρωπολόγος και μελετητής Bruno Latour [305], χρησιμοποίησε Σαιξπηρικό πρότυπο κατά τη συζήτηση του διλήμματος της βιωσιμότητας: “Για να οικολογία ή τον εκσυγχρονισμό;”. Όλο αυτό το μπέρδεμα είναι κάτι που πρέπει να εξεταστεί σε μια σύγχρονη κοινωνία;

Σε σχέση με το παραπάνω ερώτημα, μια απάντηση είναι σύγχρονη: Η αναγνώριση της αβεβαιότητας και της ασάφειας, της ανάγκης για πράξη και για αποσπασματικές συνεισφορές στην πολυπλοκότητα της διακυβέρνησης, αλλά όχι το είδος του νεωτερισμού που χωρίς αντανακλαστικά αγκαλιάζει τη μεγάλη αφήγηση της προόδου. Αντίθετα, θα αποτελούσε μια περίπτωση αντανακλαστικού εκσυγχρονισμού, σύμφωνα με τον οποίο τα σύγχρονα θεσμικά όργανα προσπαθούν να υλοποιήσουν πολιτικές, η γνώση ότι δεν έχουν τον πλήρη έλεγχο και ότι δεν παράγουν μόνο οφέλη, αλλά και απρόβλεπτες συνέπειες, κινδύνους, αβεβαιότητες και διαφορούμενη αλλαγή.

Παράλληλα, λαμβάνοντας υπόψη τη ρήση Latour, “Δεν ήμασταν ποτέ μοντέρνοι” (Latour, 1993) [306], η νεωτερικότητα δεν ήταν ποτέ η καθαρή διαχωριστική γραμμή μεταξύ της επιστήμης και της πολιτικής, της φύσης και του πολιτισμού, και του ανθρώπινου και μη είδους. Αντιθέτως, αυτές οι διχοτομήσεις προέκυψαν από ένα συγκεκριμένο είδος εργασίας σε ένα συγκεκριμένο στάδιο της ιστορίας. Ο Latour το ονόμασε έργο εξαγνισμού, ένα πνευματικό και ιδεολογικό είδος έργου για παροχή νομιμότητας στην επέκταση του ανθρώπινου πολιτισμού και της τεχνολογίας, σε ότι ο Herman Daly ονόμασε πλήρη κόσμο. Τι πρέπει να κάνει η ανθρωπότητα τώρα, που σιγά-σιγά συνειδητοποιεί ότι αυτή η ιδεολογία, ακόμη και με την υποτιμητική της αίσθηση της ψευδούς συνείδησης, έπαιξε καθοριστικό ρόλο ως ένα σημείο, με την τεχνολογία, τη γνώση και τον πολιτισμό να έχουν μετατραπεί στη μεγαλύτερη απειλή για τη μακροπρόθεσμη επιβίωση;

Ο Latour είχε δίκιο επισημαίνοντας ότι, η πολιτική οικολογία ήταν θύμα αυτού που επιλέγουμε ωμά να ονομάσουμε ψευδή συνείδηση: Η επιθυμία ήταν να αφεθεί η Φύση μόνη της, αλλά στην πράξη, η δράση των περιβαλλοντολόγων ήταν πάντα παρεμβατική τόσο στην κοινωνία όσο και στη φύση, ρυθμίζοντας, μετακινώντας και αλλάζοντας τα πράγματα (Latour, 1998) [305].

Οι πολιτικές της κυκλικής οικονομίας θα ήταν επιτυχείς, παρόλο που η οικονομία δεν μπορεί να είναι κυκλική, εάν μπορούσαν να εμπνεύσουν και να τονώσουν τη δημιουργικότητα και την επιχειρηματικότητα στην κοινωνία των πολιτών για να αναπτύξουν και να προετοιμάσουν σκαλοπάτια και δομικά στοιχεία προς ένα είδος πολιτισμού που καταστρέφει λιγότερο τη βιόσφαιρα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Brown, B.J., Hanson, M.E., Liverman, D.M., Merideth Jr., R.W., 1987. Global sustainability: Toward definition. *Environ. Manag.* 11 (6), 713-719.
- [2] von Carlowitz, H.C., 1713. *Sylvicultura Oeconomica: Hauswirthliche Nachricht und Naturmäßige Anweisung zur Wilden Baum-Zucht.* Johann Friedrich Braun, Leipzig.
- [3] Mantel, K., 1990. *Wald und Forst in der Geschichte.* M. & H. Schaper, Hannover.
- [4] Duden, 2015. *Duden: Deutsches Universalwörterbuch, eighth ed.* Bibliographisches Institut GmbH, Berlin.
- [5] Dictionary, O., 2010. *Oxford Dictionary of English, third ed.* Oxford University Press, Oxford.
- [6] Johnston, P., Everard, M., Santillo, D., Robert, K., 2007. Reclaiming the definition of sustainability. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 14, 60-66.
- [7] ISO 15392, 2008. *Sustainability in Building Construction. General Principles.* International Organization for Standardization, Geneva.
- [8] McMichael, A.J., Butler, C.D., Folke, C., 2003. New visions for addressing sustainability. *Science* 302, 1919-1920.
- [9] Ehrenfeld, J.R., 2010. The roots of sustainability. *Sloan Manag. Rev.* 46, 23-25.
- [10] Clark, W., Crutzen, P., 2005. Science for global sustainability: toward a new paradigm. *KSG Work. Pap.* 120, 1-28.
- [11] Rockstrom, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin III, F.S., Lambin, E., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H., Nykvist, B., De Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sorlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P., Foley, J., 2009. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecol. Soc.* 14 (2), 32. [online] [URL:http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/](http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/).
- [12] Georgescu-Roegen, N., 1977. Inequality, limits and growth from a bio economic viewpoint. *Rev. Soc. Econ.* 35, 361-375.
- [13] Daly, H.E., Townsend, K.N., 1993. *Valuing the Earth: Economics, Ecology, Ethics.* MIT Press, Boston.
- [14] Chertow, M.R., 2001. The IPAT equation and its variants: changing views of technology and environmental impact. *J. Ind. Ecol.* 4, 13-29.
- [15] Commoner, B., 1971. *The Closing Circle: Nature, Man, and Technology.* Random House, New York.
- [16] Holdren, J., Ehrlich, P., 1974. Human population and the global environment. *Am. Sci.* 62, 282-292.
- [17] Hardin, G., 1968. The tragedy of the commons. *Science* 162, 1243-1248.
- [18] Woollard, R.F., Ostry, A.S., 2000. *Fatal Consumption: Rethinking Sustainable Development.* UBC Press.

- [19] Hart, S.L., Milstein, M.B., 2003. Creating sustainable value. *Acad. Manag. Exec.* 17, 56-67.
- [20] Kemp, R., Pearson, P., 2007. Final Report MEI Project about Measuring Ecoinnovation.
- [21] Cohen, M.J., 2006. Ecological modernization and its discontents: the American environmental movement's resistance to an innovation-driven future. *Futures* 38, 528-547.
- [22] Kates, R.W., Parris, T.M., Leiserowitz, A.A., 2005. What is sustainable Development? Goals, indicators, values, and practice. *Environ. Sci. Policy* 47, 8-21.
- [23] Sachs, J., 2015. *The Age of Sustainable Development*. Columbia University Press.
- [24] Jackson, T., 2009. *Prosperity without Growth. Economics for a Finite Planet*. Earthscan, London, New York.
- [25] Nobre, M., Amazonas, M. de C., 2002. *Desenvolvimento sustentavel: a institucionalizaçao de um conceito*. Edições IBAMA, Brasília.
- [26] Brundtland, G.H., 1987. Our common future: report of the world commission on environment and development. *Med. Confl. Surviv.* 4 (1), 300. <http://dx.doi.org/10.1080/07488008808408783>.
- [27] Stirling, A., 2009. Direction, Distribution and Diversity! Pluralising Progress in Innovation, Sustainability and Development, vol. 32. STEPSWork. Pap, pp. 1-45.
- [28] Elkington, J., 1997. *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century*. Capstone, Oxford.
- [29] Mckelvey, B., 2002. *Managing Coevolutionary Dynamics*. 8th EGOS Colloq.
- [30] Wise, N., 2016. Outlining triple bottom line contexts in urban tourism regeneration. *Cities* 53, 30-34.
- [31] Acero, L., Savaget, P., 2014. Plural understandings of sociotechnical progress within the OECD. In: 12th Globelics International Conference, 19e31 October 2014 (Addis Ababa, Ethiopia).
- [32] Hodgson, G., 2005. Institutions and economic development: constraining, enabling and reconstituting. In: Dymski, G., De Paula, S. (Eds.), *Reimagining Growth: towards a Renewal of Development Theory*. Zed Books, pp. 88-95.
- [33] O'Riordan, 1993. The politics of sustainability. In: Turner, K. (Ed.), *Sustainable Environment Economics and Management: Principles and Practice*. Belhaven Press, London, pp. 37-69.
- [34] Andersen, M.S., 2007. An introductory note on the environmental economics of the circular economy. *Sustain. Sci.* 2, 133-140.
- [35] Ghisellini, P., Cialani, C., Ulgiati, S., 2016. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *J. Clean. Prod.* 114, 11-32.
- [36] Su, B., Heshmati, A., Geng, Y., Yu, X., 2013. A review of the circular economy in China: moving from rhetoric to implementation. *J. Clean. Prod.* 42, 215-227.

- [37] Stahel, W., Reday, G., 1976. The Potential for Substituting Manpower for Energy, Report to the Commission of the European Communities.
- [37] Pearce, D., Turner, R., 1989. Economics of Natural Resources and the Environment. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- [38] Stahel, W., 1982. The product life factor. In: Orr, G.S. (Ed.), An Inquiry into the Nature of Sustainable Societies. The Role of the Private Sector. Houston Area Research Centre, Houston, pp. 72-105.
- [39] McDonough, W., Braungart, M., 2002. Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things, first ed. North Point Press, New York.
- [40] Commoner, B., 1971. The Closing Circle: Nature, Man, and Technology. Random House, New York.
- [41] Stahel, W.R., 2010. The Performance Economy, second ed. Palgrave Macmillan, Basingstoke, New York.
- [42] Lyle, J.T., 1994. Regenerative Design for Sustainable Development. John Wiley & Sons, New York; Chichester.
- [43] Graedel, T.E., Allenby, B.R., 1995. Industrial Ecology. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- [44] Benyus, J.M., 2002. Biomimicry. Harper Perennial, New York.
- [45] Pauli, G.A., 2010. The Blue Economy: 10 Years, 100 Innovations, 100 Million Jobs. Paradigm Publications, Taos, NM.
- [46] Ellen MacArthur Foundation (EMF), 2013b. Towards the Circular Economy, vol. 1 (Isle of Wight).
- [47] Geng, Y., Doberstein, B., 2008. Developing the circular economy in China: challenges and opportunities for achieving “leapfrog development.” Int. J. Sustain. Dev. World Ecol. 15, 231-239.
- [48] Webster, K., 2015. The Circular Economy: A Wealth of Flows. Ellen MacArthur Foundation, Isle of Wight.
- [49] Yuan, Z., Bi, J., Moriguchi, Y., 2008. The circular economy: a new development Strategy in China. J. Ind. Ecol. 10, 4-8.
- [50] Bocken, N.M.P., de Pauw, I., Bakker, C., van der Grinten, B., 2016. Product design and business model strategies for a circular economy. J. Ind. Prod. Eng. 33, 308e320.
- [51] Ehrenfeld, J., Gertler, N., 1997. Industrial ecology in practice. The evolution of interdependence at Kalundborg. J. Ind. Ecol. 1 (1), 67-79.
- [52] Bakker, C., Wang, F., Huisman, J., & Den Hollander, M. (2014). Products that go round: Exploring product life extension through design. Journal of Cleaner Production, 69, 10–16. doi: 10.1016/j.jclepro.2014.01.028.
- [53] Lieder, M., Rashid, A., 2016. Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. J. Clean. Prod. 115, 36-51.

- [54] Geng, Y., Sarkis, J., Ulgiati, S., Zhang, P., 2013. Measuring China's circular economy. *Science* 339 (6127), 1526-1527.
- [55] Guide, V.D.R.J., Van Wassenhove, L.N., 2009. Or forum-the evolution of closed-loop supply chain research. *Oper. Res.* 57, 10-18.
- [56] Wells, P., Seitz, M., 2005. Business models and closed-loop supply chains: a typology. *Supply Chain Manag.* 10, 249-251.
- [57] Govindan, K., Soleimani, H., Kannan, D., 2015. Reverse logistics and closed-loop supply chain: a comprehensive review to explore the future. *Eur. J. Oper. Res.* 240, 603-626.
- [58] Stindt, D., Sahamie, R., 2014. Review of research on closed loop supply chain management in the process industry. *Flex. Serv. Manuf. J.* 26, 268-293.
- [59] Bakker, C.A., den Hollander, M.C., van Hinte, E., Zijlstra, Y., 2014. *Products that Last - Product Design for Circular Business Models*. TU Delft Library, Delft.
- [60] Ellen MacArthur Foundation (EMF), 2013a. *Towards the Circular Economy*, vol. 2 (Isle of Wight).
- [61] Lacey, P., Rutqvist, J., 2015. *Waste to Wealth. The Circular Economy Advantage*. Palgrave MacMillan, New York.
- [62] METI, 2004. *Handbook on Resource Recycling Legislation and 3R Initiatives*. Japanese Ministry of Economy, Trade and Industry, Tokyo.
- [63] European Commission, 2015. *Closing the Loop - an EU Action Plan for the Circular Economy*, Com (2015) 614 Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. European Commission, Brussels.
- [64] Boulding, K., 1966. The economy of the coming spaceship earth. In: Daly, H., Freeman, W.H. (Eds.), (1980). *Economics, Ecology, Ethics: Essay towards a Steady State Economy*, San Francisco.
- [65] Ren, Y., 2007. The circular economy in China. *J. Material Cycles Waste Manag.* 9, 121-129.
- [66] Nuti, F., 2010. Valutazione economica e beni ambientali, i primi passi. (in Italian). In: *Ecoscienza*. http://www.arpa.emr.it/cms3/documenti/cerca_doc/ecoscienza/ecoscienza2010_2/giovanetties2_10.pdf
- [67] UNEP, United Nations Environment Programme, 2015. *Economic Instruments*.
- [68] Von Bertalanffy, L., 1950. An outline of general system theory. *Br. J. Phil. Sci.* 1, 134-165.
- [69] Von Bertalanffy, L., 1968. *General System Theory*. G. Braziller Publ, New York, p. 295.
- [70] Preston, F., 2012. *A Global Redesign? Shaping the Circular Economy*. Briefing Paper.
- [71] Laszlo, E., 1972. The Relevance of General Systems Theory: Papers Presented to Ludwig von Bertalanffy on his Seventieth Birthday, p. 185.
- [72] Capra, F., 1995. *The Web of Life: A New Scientific Understanding of Living Systems*. Anchor Books, New York.

- [73] Delli Gatti, D., Gallegati, M., 2001. *Macroeconomia: fatti, teorie, politiche*. Giappichelli, Torino (in Italian).
- [74] Odum, H.T., 1996. *Environmental Accounting: Energy and Environmental Decision Making*. John Wiley and Sons, New York, p. 370.
- [75] Swanson, R.A., 2001. *Assessing the Financial Benefits of Human Resource Development*. Basic Books, Perseus Books Group, Cambridge, ISBN 978-0-738-20457-4, p. 198. www.basicbooks.com.
- [76] Jackson, M.C., 2003. *Systems Thinking: Creative Holism for Managers*. Wiley, p. 378. ISBN 0-470-84522-8.
- [77] Senge, P.M., Smith, B., Kruschwitz, N., Laur, J., Schley, S., 2010. *The Necessary Revolution: How Individuals and Organizations Are Working Together to Create a Sustainable World*. Broadway Books, The Crown Publishing Group, New York, ISBN 978-0-385-51904-5, p. 406. www.crownpublishing.com.
- [78] Erkmann, S., 1997. Industrial ecology: an historical view. *J. Clean. Prod.* 5 (1-2), 1-10.
- [79] Chiu, A.S.F., Geng, Y., 2004. On the industrial ecology potential in Asian developing countries. *J. Clean. Prod.* 12, 1037-1045.
- [80] Ayres, R.U., 1989b. Industrial metabolism: theory and policy. In: Ayres, R.U., Simonis, U.K. (Eds.), *Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development*. United Nations University Press, Tokyo.
- [81] Van Berkel, Willems, E., Lafleur, M., 1997. The relationship between cleaner production and industrial ecology. *J. Ind. Ecol.* 1, 51-65.
- [82] Frosch, R.A., 1992. Industrial ecology: a philosophical introduction. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 89, 800-803.
- [83] Jung, B., Levrat, E., 2014. Advanced maintenance services for promoting sustainability. *Procedia CIRP* 22, 15-22.
- [84] Chiaroni, D., Chiesa, V., 2014. La rivoluzione possibile che va oltre il riciclo (in Italian). Available: <http://www.ilsole24ore.com/art/impresa-e-territori/2014-11-04/la-rivoluzione-possibile-che-va-oltre-riciclo-114618.shtml?>
- [85] UTS, 2015. What Will a Circular Economy Look like in Australia. <https://www.uts.edu.au/research-and-teaching/our-research/institute-sustainable-futures/news/what-will-circular-economy-look-australia>
- [86] Mathews, J.A., Tan, H., 2011. Progress towards a circular economy: the drivers and inhibitors of eco-industrial initiative. *J. Ind. Ecol.* 15, 435-457.
- [87] Daly, H.E., 1977. *The Steady-state Economy. The Sustainable Society: Implications for Limited Growth*. Praeger, New York and London, pp. 107-114. Available: <http://www.amalthys.com/greenpath/019steadystate.html>
- [88] Zhu, D., Wu, Y., 2007. Plan C: China's development under the scarcity of natural capital. *Chin. J. Popul. Resour. Environ.* 5 (3), 3-8.
- [89] Feng, Z., Yan, N., 2007. Putting a circular economy into practice in China. *Sustain. Sci.* 2, 95-101.

- [90] Ren, Y., 2007. The circular economy in China. *J. Material Cycles Waste Manag.* 9, 121-129.
- [91] Sakai, S., Yoshida, H., Hirai, Y., Asari, M., Takigami, H., Takahashi, S., Tomoda, K., Peeler, M.V., Wejchert, J., Schmidt-Unterseh, T., Ravazzi Douvan, A., Hathaway, R., Hylander, L.D., Fischer, C., Oh, J.G., Jinhui, L., Chi, N.C., 2011. International comparative study of 3R and waste management policy developments. *J. Material Cycles Waste Manag.* 13, 86-102.
- [92] Reh, L., 2013. Process engineering in circular economy. *Particuology* 11, 119-133. Resource, 2015. Circular economy - State of the Nations.
- [93] Zhang, B., Yang, S., Bi, J., 2013. Enterprises' Willingness to Adopt/Develop Cleaner Production Technologies: An Empirical Study in Changsu, China.
- [94] Lett, L.A., 2014. Las amenazas globales, el reciclaje de residuos y el concepto de economía circular. *Riv. Argent. Microbiol.* 46 (1), 1-2.
- [95] CCICED, 2008. Circular Economy Promotion Law of the People's Republic of China. Available: http://www.bjreview.com.cn/document/txt/2008-12/04/content_168428.htm
- [96] Resource, 2015. Circular Economy - State of the Nations.
- [97] European Environment Agency, 2010. The European Environment, State and Outlook 2010, Synthesis. <http://www.eea.europa.eu/soer/synthesis/translations/lambiente-in-europa-2014-stato/#>
- [98] European Environment Agency, 2015. The European Environment State and Outlook 2015, Executive Summary. <http://www.eea.europa.eu/soer-2015/synthesis/report/0c-executivesummary>
- [99] IES, The Institution of Environmental Sciences, 2015. The Circular Economy in Japan. Available: <https://www.the-ies.org/analysis/circular-economy-japan>
- [100] He, P., Lü, F., Zhang, H., Shao, L., 2013. Recent developments in the area of waste as a resource, with particular reference to the circular economy as a guiding principle, in waste as a resource 2013. In: Hester, R.E., Harrison, R.M. (Eds.), *Issues in Environmental Science and Technology* No 37. The Royal Society of Chemistry 2013, ISBN 978-1-84973-668-8.
- [101] UNEP, United Nations Environment Programme, 2013a. Resource Efficiency: Economics and Outlook for China.
- [102] EC, European Commission, 2014a. MEMO, Questions and Answers on the Commission Communication "Towards a Circular Economy" and the Waste Targets Review. Available: http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-14-450_en.htm
- [103] EC, European Commission, 2014b. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Towards a Circular Economy: A Zero Waste Programme for Europe. COM, p. 398.
- [104] EPA, US Environmental Protection Agency, 2013. Resource Conservation and Recovery Act. Available: <http://www.epa.gov/agriculture/lrca.html>
- [105] EPA, US Environmental Protection Agency, 2014. Summary of the Pollution Prevention Act. Available: <https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-pollution-prevention-act>

- [106] Park, J.J., Chertow, M., 2014. Establishing and testing the “reuse potential” indicator for managing waste as resources. *J. Environ. Manag.* 137, 45-53.
- [107] Davis, G.G., Hall, J.A., 2006. In: *Circular Economy Legislation, the International Experience. Executive Summary.*
- [108] EC, European Commission, 2014c. *Scoping Study to Identify Potential Circular Economy Actions, Priority Sectors, Material Flows and Value Chains.*
- [109] Jewell, C., 2015. *Action Agenda for a Circular Economy Released at World Resource Forum.* <https://www.thefifthestate.com.au/education/action-agenda-for-a-circular-economy-released-at-world-resources-forum/>
- [110] <https://www.circulareconomyaustralia.co/home-nueva>
- [111] Sustainable Business Network, 2015. *Accelerating the Circular Economy in New Zealand.* <https://sustainable.org.nz/sustainable-business-news/the-circular-economy-is-a-winner-2/>
- [112] EPA, US Environmental Protection Agency, 1998. *Environmental Labelling: Issues, Policies and Practices Worldwide.* <http://www.epa.gov/oppt/epp/pubs/wwlabel3.pdf>
- [113] Ness, D., 2008. Sustainable urban infrastructure in China: towards a factor 10 improvement in resource productivity through integrated infrastructure system. *Int. J. Sustain. Dev. World Ecol.* 15, 288-301.
- [114] Figge, F., Young, W., Barkemeyer, R., 2014. Sufficiency or efficiency to achieve lower consumption and emissions? The role of rebound effect. *J. Clean. Prod.* 69, 216-224.
- [115] Tan, W.-L., Williams, J., Tan, T.-M., 2005. Defining the ‘social’ in ‘social entrepreneurship’: altruism and entrepreneurship. *Int. Entrepreneursh. Manag. J.* 1, 353-365.
- [116] Mair, J., Marti, I., 2006. Social entrepreneurship research: a source of explanation, prediction, and delight. *J. World Bus.* 41, 36-44.
- [117] Jenkins, H., 2006. Small business champions for corporate social responsibility. *J. Bus. Ethics* 67, 241-256. Jewell, C., 2015. *Action Agenda*
- [118] Schnitzer, H., Ulgiati, S., 2007. Less bad is not good enough. *J. Clean. Prod.* 15, 1185-1189.
- [119] EU, 2008. *Official Journal of EU, L 312, 19.11.2008. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain directives.* <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:312:0003:0030:en:PDF>.
- [120] Castellani, V., Sala, S., Mirabella, N., 2015. Beyond the throwaway society: a life cycle-based assessment of the environmental benefit of reuse. *Integr. Environ. Assess. Manag.* 11 (3), 373-382.
- [121] WRAP, Waste and Resources Action Programme, 2011. *A Methodology for Quantifying the Environmental and Economic Impacts of Reuse.* <http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Final%20Reuse%20Method.pdf>
- [122] Mirabella, N., Castellani, V., Sala, S., 2014. Current options for the valorization of food manufacturing waste: a review. *J. Clean. Prod.* 65, 28-41.

- [123] Lindhqvist, T., Lidgren, K., 1990. Modeller for Forlangt producentansvar (Model for Extended Producer Responsibility). In: Ministry of the Environment, Från vaggan till graven e sex studier av varors miljöpåverkan [From the Cradle to the Grave - Six Studies of the Environmental Impacts of Products] (7-44). Ministry of the Environment, Stockholm (DS1991:9).
- [123] Mancini, A., 2011. Responsabilita estesa del produttore: tra riduzione e qualita del materiale raccolto (in Italian). Available: <http://www.ecodallecitta.it/notizie.php?id=107193>
- [124] Manomaivibool, P., Hong, J.H., 2014. Two decades, three WEEE systems: how far did EPR evolve in Korea's resource circulation policy? Resour. Conserv. Recycl. 83, 202-212.
- [125] Bilitewsky, B., 2012. The circular economy and its risks. Waste Manag. 32, 1-2.
- [126] Connett, P., Ercolini, R., Lo Sciuto, P., 2011. Rifiuti Zero una rivoluzione in corso. Dissensi Edizioni, ISBN 9788896643136.
- [127] Cagno, E., Trucco, P., Tardini, L., 2005. Cleaner production and profitability: analysis of 134 industrial pollution prevention (P2) project reports. J. Clean. Prod. 13, 593-605.
- [128] Zhu, D., 2008. Background, pattern and policy of China for developing circular economy. Chin. J. Popul. Resour. Environ. 6 (4), 3-8.
- [129] Lazarevic, D., Aoustin, E., Buclet, N., Brandt, N., 2012. Plastic waste management in the context of a European recycling society: comparing results and uncertainties in a life cycle perspective. Resour. Conserv. Recycl. 55, 246-259.
- [130] Birat, J.-P., 2015. Life cycle assessment, resource efficiency and recycling. Metall. Res. Technol. 112 (206), 1-24.
- [131] Gwehenberger, G., Erler, B., Schnitzer, H., 2003. In: A Multi e Strategy Approach to Zero Emissions. Article Presented at Technology Foresight Summit 2003, Budapest 27e29 March 2003. United Nations Industrial Development Organization. <http://www.unido.org/>.
- [132] Stahel, W.R., 2013. Policy for material efficiency e sustainable taxation as a departure from a throwaway society. Phyl. Trans. R. Soc. A 371, 20110567. Available: <https://royalsocietypublishing.org/doi/pdf/10.1098/rsta.2011.0567>
- [133] Stahel, W.R., 2014. Reuse Is the Key to the Circular Economy. Available: https://ec.europa.eu/environment/ecoap/about-eco-innovation/experts-interviews/reuse-is-the-key-to-the-circular-economy_en
- [134] UNEP, UN Environment Programme, 2013b. Metals Recycling: Opportunities, Limits and Infrastructure. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8423/Metal_Recycling-FReport.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [135] Prendeville, S., Sanders, C., Sherry, J., Costa, F., 2014. Circular Economy: Is it Enough? https://www.researchgate.net/profile/Sharon_Prendeville/publication/301779162_Circular_Economy_Is_it_Enough/links/5727a2be08aef9c00b8b4ddd.pdf
- [136] Bilitewsky, B., 2012. The circular economy and its risks. Waste Manag. 32, 1-2.

- [137] Thomas, J.-S., Birat, J.-P., 2013. Methodologies to measure the sustainability of materials - focus on recycling aspects. *Rev. Metall.* 110, 3-16.
- [138] Ellen Macarthur Foundation, 2012. Towards the Circular Economy. Available: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>
- [139] Wrinkler, H., 2011. Closed-loop production systems - a sustainable supply chain approach. *CIRP J. Manuf. Sci. Technol.* 4, 243-246.
- [140] Ramani, K., Ramanujan, D., Bernstein, W.Z., Zhao, F., Sutherland, J., Handwerker, C., Choi, J.-K., Kim, H., Thurston, D., 2010. Integrated sustainable life cycle design: a review. *J. Mech. Des.* 132, 0910041-1-091004-15.
- [141] Sevigne-Itoiz, E., Gasol, C.M., Rieradevall, J., Xavier, Gabarell, X., 2014. Environmental consequences of recycling aluminum old scrap in a global market. *Resour. Conserv. Recycl.* 89, 94-103.
- [142] Yap, N.U., 2005. Towards a circular economy: progress and challenges. *Green Manag. Int.* 50, 11-24.
- [143] Charonis, G., 2012. Degrowth, steady state economics and the circular economy: three distinct yet increasingly converging alternative discourses to economic growth for achieving environmental sustainability and social equity. In: World Economic Association Sustainability Conference 2012.
- [144] Schneider, F., Kallis, G., Martinez-Alier, J., 2010. Crisis or opportunity? Economic degrowth for social equity and ecological sustainability: introduction to this special issue. *J. Clean. Prod.* 18, 511-518.
- [145] Martinez-Alier, J., 2012. Environmental justice and economic degrowth: an alliance between two movements. *Capital. Nat. Social.* 23, 51-73.
- [146] Demaria, F., Schneider, F., Sekulova, F., Martinez-Alier, J., 2013. What is degrowth? From an activist slogan to a social movement. *Environ. Values* 22, 191-215.
- [147] Daly, H.E., 2007. *Ecological Economics and Sustainable Development: Selected Essays* Pf Herman Daly. Edward Elgar Publishing, Cheltenham.
- [148] Kallis, G., 2011. In defence of degrowth. *Ecol. Econ.* 70, 873-880.
- [149] Czech, B., Daly, H.E., 2004. The steady state economy: what it is, entails, and connotes. *Wildl. Soc. Bull.* 32, 598-605.
- [150] Xia, P., Yang, H., 2007. Re-reading steady-state economy: calm thinking on hot circular economy. *China Popul. Resour. Environ.* 17 (3), 20-23.
- [151] Davey, B., 2008. The de-growth economy and lifestyles. In: *Proceedings of the First International Conference on Economic De-growth for Ecological Sustainability and Social Equity*, 282-285, Paris.
- [152] Odum, H.T., Odum, E.C., 2001. *A Prosperous Way Down*. University Press of Colorado, Boulder, Co.
- [153] Odum, H.T., Odum, E.C., 2006. The prosperous way down. *Energy* 31, 21-32.

- [154] Lotka, A.J., 1922. Contribution to the energetics of evolution. Natural selection as a physical principle. Proc. Natl. Acad. Sci. 8, 147-155.
- [155] Holling, C.S., 1986. Resilience of ecosystems; local surprise and global change. In: Clark, W.C., Munn, R.E. (Eds.), Sustainable Development of the Biosphere. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 292-317.
- [156] Ayres, R.U., 1989a. Technological Transformations and Long Waves, p. 13. [https://www.academia.edu/29284898/Technological transformations and long waves. Part I](https://www.academia.edu/29284898/Technological_transformations_and_long_waves_Part_I)
- [157] Naustdalslid, J., 2014. Circular economy in China e the environmental dimension of the harmonious society. Int. J. Sustain. Dev. World Ecol. <http://dx.doi.org/10.1080/13504509.2014.914599>.
- [158] EU, 2013. Official Journal of EU, L 354/171 Decision No 1386/2013/EU of the European Parliament and of the Council of 20 November 2013 on a General Union Environment Programme to 2020 “Living well within the limits of our Planet”. Available: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013D1386&from=EN>
- [159] UNEP, United Nations Environment Programme, 2013a. Resource Efficiency: Economics and Outlook for China. <http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8119/-Resource%20Efficiency%20Economics%20and%20outlook%20for%20chine%20-2013Resource%20Efficiency%20and%20ROAP.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- [160] EPA, US Environmental Protection Agency, 2015. Economic Incentives. <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2015-10-23/pdf/2015-22842.pdf>
- [161] “Leading the way to a global circular economy: state of play and outlook”, COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT Brussels 11.3.2020, SWD(2020) 100 final https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/leading_way_global_circular_economy.pdf
- [162] Brown, G., Stone, L., 2007. Cleaner production in New Zealand: taking stock. J. Clean. Prod. 15, 716-728.
- [163] EC, European Commission, 2013. EU Ecolabel for Consumers. Available: <http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/eu-ecolabel-for-consumers.html>
- [164] Yuan, Z., Bi, J., Moriguchi, Y., 2006. The circular economy; a new development strategy in China. J. Ind. Ecol. 10, 4-8.
- [165] Eurostat. 2011. Waste statistics. [Online]. Accessed on Dec 21, 2016. Available at: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_statistics
- [166] Dobbs, R. – Oppenheimer, J. – Thompson, F. – Brinkman, M. – Zornes, M. 2011. Resource revolution: Meeting the world’s energy, material, food, and water needs. [Online]. Accessed on Jul 17, 2020. Available at: <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/resource-revolution>
- [167] WWF. 2012. Living planet report 2012 – Biodiversity, bio capacity and better choices. [Online]. <http://www.worldwildlife.org/publications/living-planet-report-2012-biodiversity-biocapacity-and-better-choices>

- [168] Rockström, J. – Steffen, W. – Noone, K. – Persson, et al. 2009. A safe operating space for humanity. In *Nature*, vol. 461, 2009, no. 24, pp. 472–475.
- [169] Steffen, W. – Richardson, K. – Rockström, J. – Cornell, et al. 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. In *Science*, 347 (6223), 2015.
- [170] Van Ewijk, Stijin. 2014. Three Challenges to the Circular Economy, UCL Institute for Sustainable Resources. [Online]. Retrieved on February 26, 2017. Available at: <https://blogs.ucl.ac.uk/sustainable-resources/2014/03/10/three-challenges-to-the-circular-economy/>
- [171] Circular Academy. 2017. Circular economy: critics and challenges – How can we bridge the circularity gap? [Online]. Retrieved on February 21, 2017. Available at: <http://www.circular.academy/circular-economy-critics-and-challenges/>
- [172] Sherwin, C., Evans, S., 2000. Ecodesign innovation: is “early” always “best”? In: International Symposium on Electronics and the Environment, pp. 112-117.
- [173] Graedel, T.E., Allenby, B.R., 2003. *Industrial Ecology*, second ed. Prentice Hall, New York.
- [174] EC, European Commission, 2012a. Eco-design Your Future. How Ecodesign Can Help the Environ. by Making Products Smarter. https://www.buildup.eu/sites/default/files/content/Brochure-Ecodesign-Your-Future-15022012_0.pdf
- [175] EC, European Commission, 2012b. Evaluation of the Ecodesign Directive (2009/125/EC). <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0765:FIN:EN:PDF>
- [176] Yu, J.Q., Hills, P., Weldford, R., 2008. External producer responsibility and eco-design changes: perspectives from China. *Corp. Soc. Responsib. Environ. Manag.* 15, 111-124.
- [177] Fang, Y., Cote, R.P., Qin, R., 2007. Industrial sustainability in China: practice and prospects for eco-industrial development. *J. Environ. Manag.* 83, 315-328.
- [178] Van Berkel, R., 2000. Sustainable development and cleaner production in minerals and energy production. In: Sixth International Symposium on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production, Calgary, Alberta, Canada, May 30 e June 2, 2000.
- [179] Frondel, M., Horbach, J., Rennings, K., 2004. End-of-Pipe or Cleaner Production? An Empirical Comparison of Environmental Innovation Decisions across OECD Countries. ZEW Discussion Papers, No. 04-82.
- [180] Van Berkel, R., 1999. Building a Cleaner World: Cleaner Production, its Role in Australia, Lessons from Overseas, and its Future Applications. John Curtin International Institute. Think Tank Meeting 2 March 1999.
- [181] Li, H., Bao, W., Xiu, C., Zhang, Y., Xu, H., 2010. Energy conservation and circular economy in China's process industries. *Energy* 35, 4273-4281.
- [182] Fresner, J., 1998. Cleaner production as a means for effective environmental management. *J. Clean. Prod.* 6, 171-179.
- [183] UNEP, 2016. Resource Efficient and Cleaner Production. https://www.unido.org/sites/default/files/2017-05/RECP_EN_0.pdf

- [184] UNIDO Annual Report 2019: <https://www.unido.org/sites/default/files/files/2020-05/Annual%20Report%202019%20%28Eng%29.pdf>
- [185] Geng, Y., Xinbei, W., Qinghua, Z., Hengxin, Z., 2010b. Regional initiatives on promoting cleaner production in China: a case of Liaoning. *J. Clean. Prod.* 18, 1502-1508.
- [186] Zhang, B., Yang, S., Bi, J., 2013. Enterprises' Willingness to Adopt/Develop Cleaner Production Technologies: An Empirical Study in Changsu, China.
- [187] Liu, Y., Bai, Y., 2014. An exploration of firms' awareness and behavior of developing circular economy: an empirical research in China. *Resour. Conserv. Recycl.* 87, 145-152.
- [188] Bonilla, S.H., Almeida, C.M.V.B., Giannetti, B.F., Huisingh, D., 2010. The roles of cleaner production in the sustainable development of modern societies: an introduction to this special issue. *J. Clean. Prod.* 18, 1-5.
- [189] Geng, Y., Fu, J., Sarkis, J., Xue, B., 2012. Towards a circular economy indicator system in China: an evaluation and critical analysis. *J. Clean. Prod.* 23, 216-224.
- [190] Liu, Q., Li, H-m., Zuo, X-l., Zhang, F-f., Wang, L., 2009. A survey and analysis on public awareness and performance for promoting circular economy in China: a case study from Tianjin. *J. Clean. Prod.* 17, 265-270.
- [191] Liao, C., Li, J., 2010. Green Consumption in China and Green Marketing Options for Thule. Thesis for the Degree in Master of Science in Management, available: <http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=1624842&fileId=2435891>.
- [192] UNEP, 2011. Promotion of Eco-labelling in Latin America through Knowledge Exchange and Capacity Training. <https://staging1.unep.org/uneplive/southsouth/index/10#.XxSQiigzblU>
- [193] Sønderskov, K.M., Daugbjerg, C., 2011. The state and consumer confidence in Eco labeling: organic labeling in Denmark, Sweden, the United Kingdom and the United States. *Agric. Hum. Val.* 28, 507-517.
- [194] EC, European Commission, 2010. Green Public Procurement. Available: <http://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/brochure.pdf>
- [195] EU, 2012. The Uptake of Green Public Procurement in the EU-27. Prepared by: Centre for European Policy Studies (CEPS): Andrea Renda, Jacques Pelkmans, Christian Egenhofer, Lorna Schrefler, Giacomo Luchetta, Can Selçuki. College of Europe (Core Team), Jesus Ballesteros, Anne-Claire Zirnhelt. Available: <http://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/CEPS-CoE-GPP%20MAIN%20REPORT.pdf>
- [196] Zhu, Q., Geng, Y., Sarkis, J., 2013. Motivating green public procurement in China: an individual level perspective. *J. Environ. Manag.* 126, 85-95.
- [197] UNEP, 2017. Sustainable Public Procurement. A Global Review. Available: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/20919/GlobalReview_Sust_Procurement.pdf
- [198] Noronha, J., 1999. Scavengers and Decomposers in an Industrial Park System: a Case Study of Burnside Industrial Park. Thesis for the Degree of Master of Environmental Studies, http://www.collectionscanada.gc.ca/obj/s4/f2/dsk1/tape8/PQDD_0022/MQ50081.pdf.

- [199] Geng, Y., Cote, R.P., 2002. Scavengers and decomposers in an eco-industrial park. *Int. J. Sustain. Dev. World Ecol.* 9 (4), 333-340.
- [200] Chertow, M.R., 2000. Industrial symbiosis: literature and taxonomy. *Annu. Rev. Energy Environ.* 25.
- [201] Chertow, M.R., 2012. Industrial symbiosis. *Encycl. Earth*. Available: <http://www.eoearth.org/view/article/153824/>
- [202] Angela Neves, Radu Godinac, Susana G. Azevedo, João C.O. Matias, "A Comprehensive Review of Industrial Symbiosis", *Journal of Cleaner Production*, February 2020. https://www.researchgate.net/publication/337008612_A_Comprehensive_Review_of_Industrial_Symbiosis/link/5dcc2c3a299bf1a47b364508/download
- [203] Lowe, E., Moran, S., Holmes, D., 1995. A Field book for the Development of Eco-Industrial Parks. Report for the U.S. Environmental Protection Agency. Indigo Development International, Oakland (CA).
- [204] <http://www.symbiosis.dk/en/>
- [205] Cutaia, L., Morabito, R., 2012. Ruolo della simbiosi industriale per la green economy. *Energia, Ambiente e Innovazione*. ENEA (in Italian).
- [206] Sakr, D., Baas, L., El-Haggar, S., Huisingh, D., 2011. Critical success and limiting factors for eco-industrial parks: global trends and Egyptian context. *J. Clean. Prod.* 19, 1158-1169.
- [207] Heeres, R.R., Vermeulen, W.J.V., De Walle, F.B., 2004. Eco-industrial park initiatives in the USA and the Netherlands: first lessons. *J. Clean. Prod.* 12, 985-995.
- [208] Gibbs, D., Deutz, P., 2007. Reflections on implementing industrial ecology through eco-industrial park development. *J. Clean. Prod.* 15, 1683-1695.
- [209] Chertow, M.R., 2007. Uncovering industrial symbiosis. *J. Ind. Ecol.* 11 (1), 11-30.
- [210] Veleva, V., Todorova, S., Lowitt, P., Angus, N., Neely, D., 2015. Understanding and addressing business needs and sustainability challenges: lessons from Devens eco-industrial park. *J. Clean. Prod.* 87, 375-384.
- [211] Cote, R.P., Cohen-Rosenthal, E., 1998. Designing eco-industrial parks: a synthesis of some experiences. *J. Clean. Prod.* 6 (3e4), 181-188.
- [212] Flieg, A.-K., 2000. A Strategy towards Industrial Ecology in Developing and Newly Industrialized Countries. Available: <http://www.meso-nrw.de/toolkit/Downloads/etc-11.pdf>
- [213] Singhal, S., Kapur, A., 2002. Industrial estate planning and management in India-an integrated approach towards industrial ecology. *J. Environ. Manag.* 66, 19-22.
- [214] Bain, A., Shenoy, M., Ashton, W., Chertow, M., 2010. Industrial symbiosis and waste recovery in an Indian industrial area. *Resour. Conserv. Recycl.* 54, 1278-1287.
- [215] Kim, D., Powell, J.C., 2008. Comparison of eco-industrial development between the UK and Korea. *Spring. Proc. Phys.* 124, 443-454.

- [216] Behera, S.K., Kim, J.-H., Lee, S.-Y., Suh, S., Park, H.-S., 2012. Evolution of 'designed' industrial symbiosis networks in the Ulsan eco-industrial park: 'research and development into business' as the enabling framework. *J. Clean. Prod.* 29-30, 103-112.
- [217] Van Berkel, R., Fujita, T., Shisuka, H., Fujii, M., 2009a. Quantitative assessment of urban and industrial symbiosis in Kawasaki, Japan. *Environ. Sci. Technol.* 43, 1271-1281.
- [218] Roberts, B., 2004. The application of industrial ecology principles and planning guidelines for the development of eco-industrial parks: An Australian case study. *J. Clean. Prod.* 12, 8-10.
- [219] Van Beers, D., Corder, G., Bossilkov, A., Van Berkel, R., 2007. Industrial symbiosis in the Australian minerals industry: the cases of Kwinana and Gladstone. *J. Ind. Ecol.* 11 (1), 55-72.
- [220] Van Beers, D., Biswas, W.K., 2008. A regional synergy approach to energy recovery: the case of the Kwinana industrial area, Western Australia. *Energy Convers. Manag.* 49, 3051-3062.
- [221] Veiga, L.B.E., Magrini, A., 2009. Eco-industrial park development in Rio de Janeiro, Brazil: a tool for sustainable development. *J. Clean. Prod.* 17, 653-661.
- [222] Bai, L., Qiao, Q., Yao, Y., Guo, J., Xie, M., 2014. Insights on the development progress of national demonstration eco-industrial parks in China. *J. Clean. Prod.* 70, 4-14.
- [223] Jacobsen, B.N., 2006. Industrial symbiosis in Kalundborg, Denmark; a quantitative assessment of economic and environmental aspects. *J. Ind. Ecol.* 10, 239-255.
- [224] Tarantini, M., Di Paolo, A., Dominici, A., Peruzzi, A., Dell'Isola, M., 2007. Linee guida per l'insediamento e la gestione di aree produttive sostenibili. ENEA, Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente, ISBN 88-8286-186-4.
- [225] Lehtoranta, S., Nissinen, A., Mattila, T., Melanen, M., 2011. Industrial symbiosis and the policy instruments of sustainable consumption and production. *J. Clean. Prod.* 19, 1865-1875.
- [226] Conticelli, E., Tondelli, S., 2014. Eco-industrial parks and sustainable spatial planning: a possible contradiction? *Adm. Sci.* 4, 331e349. <http://dx.doi.org/10.3390/admsci4030331>.
- [227] Massard, G., Jacquat, O., Zürcher, D., 2014. International Survey on Eco-Innovation Parks. Learning from Experiences on the Spatial Dimension of Eco-innovation, p. 310. Federal office for the environment and the ERANET ECO-INNOVERA, Bern. Environmental studies no. 1402.
- [228] Schwarz, E.J., Steininger, K.W., 1995. The Industrial Recycling-network Enhancing Regional Development. Research Memorandum #9501. Department of Economics, University of Graz, Graz, Austria.
- [229] Schwarz, E.J., Steininger, K.W., 1997. Implementing nature's lesson: the industrial recycling network enhancing regional development. *J. Clean. Prod.* 5, 47-56.
- [230] Korhonen, J., Wihersaari, M., Savolainen, I., 1999. Industrial ecology of a regional energy supply system: the case of Jyväskylä Region. *J. Greener Manag. Int.* 26, 57-67.
- [231] Heeres, R.R., Vermeulen, W.J.V., De Walle, F.B., 2004. Eco-industrial park initiatives in the USA and the Netherlands: first lessons. *J. Clean. Prod.* 12, 985-995.

- [232] Mirata, M., Emtairah, T., 2005. Industrial symbiosis networks and the contribution to environmental innovation: the case of the Landskrona industrial symbiosis programme. *J. Clean. Prod.* 13, 993-1002.
- [233] Zhang, H., Hara, K., Yabar, H., Yamaguchi, Y., Uwasu, M., Morioka, T., 2009. Comparative analysis of socio-economic and environmental performances for Chinese EIPs: case studies in Baotou, Suzhou, and Shanghai. *Sustain. Sci.* 4, 263-279.
- [234] Shi, H., Tian, J., Chen, L., 2012. China's quest for eco-industrial parks, part I, history and distinctiveness. *J. Ind. Ecol.* 16 (1), 8-10.
- [235] Jiao, W., Boons, F., 2014. Toward a research agenda for policy intervention and facilitation to enhance industrial symbiosis based on a comprehensive literature review. *J. Clean. Prod.* 67, 14-25.
- [236] Geng, Y., Zhu, Q., Haight, M., 2007. Planning for integrated solid waste management at the industrial park level: a case of Tianjin, China. *Waste Manag.* 27, 141-150.
- [237] Shi, H., Chertow, M., Song, Y., 2010. Developing country experience with Eco industrial parks: a case study of the Tianjin economic-technical development in China. *J. Clean. Prod.* 18, 191-199.
- [238] Yu, F., Han, F., Cui, Zhaojie, C., 2015. Evolution of industrial symbiosis in an Eco industrial park in China. *J. Clean. Prod.* 87, 339-347.
- [239] Odum, H.T., 1988. Self-organization, transformity and information. *Science* 242, 1132-1139, 1988.
- [240] Odum, H.T., 2000. Handbook of Emergy Evaluation: A Compendium of Data for Emergy Computation Issued in a Series of Folios. Folio No.2 - Emergy of Global Processes. Center 161 for Environmental Policy, Environmental Engineering Sciences. Univ. of Florida, Gainesville, p. 16. <http://www.emergysystems.org/>.
- [241] Geng, Y., Zhang, P., Ulgiati, S., Sarkis, J., 2010a. Emergy analysis of an industrial park: the case of Dalian, China. *Sci. Total Environ.* 408, 5273-5283.
- [242] Geng, Y.Z., Xue, B., Dong, H., Fujita, T., Chiu, A., 2014b. Emergy based assessment on industrial symbiosis: a case study on Shenyang economic and technological development zone. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 21, 13572-13587.
- [243] Dong, H., Geng, Y., Xi, F., Fujita, T., 2013a. Carbon footprint evaluation at industrial park level: a hybrid life cycle assessment approach. *Energy Policy* 57, 298-307.
- [244] Zheng, H., Zhang, Y., Yang, Z., Liu, G., Su, M., Chen, B., Meng, X., Li, Y., 2013. Exploring improvement paths for eight industrial symbiosis complexes throughout the world. *J. Environ. Account. Manag.* 1 (3), 295-306.
- [245] Naustdalslid, J., 2014. Circular economy in China - the environmental dimension of the harmonious society. *Int. J. Sustain. Dev. World Ecol.* <http://dx.doi.org/10.1080/13504509.2014.914599>.
- [246] Roseland, M., 1997. Dimensions of the eco-city. *Cities* 14 (4), 197-202.
- [247] Van Berkel, R., Fujita, T., Hashimoto, S., Geng, Y., 2009b. Industrial and urban symbiosis in Japan: analysis of the Eco-Town program 1997-2006. *J. Environ. Manag.* 90, 1544-1556.

- [248] EU-ASIA, 2014. Eco-cities. Sharing European and Asian Best Practices and Experiences. <http://www.eu-asia.eu/publications/eco-cities/>
- [249] Geng, Y., Zhu, Q., Doberstein, B., Fujita, T., 2009. Implementing China's circular economy concept at regional level: a review of progress in Dalian, China. Waste Manag. 29, 996-1002.
- [250] Van Griethuysen, P., 2010. Why are we growth-addicted? The hard way towards degrowth in the involutory western development path. J. Clean. Prod. 18, 590-595.
- [251] Van Meter, B., 2013. Collaborative Consumption: what it Means and How it Works <http://greenopedia.com/category/lifestyle/sharing-economy/>
- [252] Ellen Macarthur Foundation, 2019. ACCESSING CONSUMER PRODUCTS THROUGH BETTERMEANS: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/4_Products_Accessing_Mar19.pdf
- [253] Tukker, A., 2015. Product services for a resource-efficient and circular economy – a review. J. Clean. Prod. 97, 76-91.
- [254] Segre, A., 2008. Elogio allo spreco (in Italian). Edizioni Missionarie Italiane, Bologna.
- [255] Botsman, R., Rogers, R., 2011. What's Mine Is Yours. The Rise of Collaborative Consumption. Harpers Collins Publishers.
- [256] EESC, European Economic and Social Committee, 2014. Collaborative Consumption: New Opportunities for Consumers and Businesses on the EU Market. <http://www.eesc.europa.eu/?i=portal.en.press-releases.30595>
- [257] Club of Rome, 2015. The Circular Economy and Benefits for Society, Swedish Case Study Shows Jobs and Climate as Clear Winners. <http://wijkman.se/wp-content/uploads/2015/05/The-Circular-Economy-and-Benefits-for-Society.pdf>
- [258] Groothuis, F., 2014. Tax Shift Is the Key to the Circular Economy and Jobs. www.huffingtonpost.com/femke-groothuis/tax-shift-is-key-to-a-cir_b_6373014.html
- [259] Dupont-Inglis, J., 2015. In: Circular Economy: All Eyes on the Juncker Commission's Next Move. <https://www.renewablematter.eu/articles/article/circular-economy-all-eyes-on-the-juncker-commissions-next-move>
- [260] Song, Q., Li, J., Zeng, X., 2015. Minimizing the increasing solid waste through zero waste strategy. J. Clean. Prod. 104, 199-210.
- [261] Buttol, P., Masoni, P., Bonoli, A., Goldoni, S., Belladonna, V., Cavazzuti, C., 2007. LCA of integrated MSW management systems: case study of the Bologna district. Waste Manag. 27, 1059-1070.
- [262] Geng, Y., Tsuyoshi, F., Chen, X., 2010c. Evaluation of innovative municipal solid waste management through urban symbiosis: a case study of Kawasaki. J. Clean. Prod. 18, 993-1000.
- [263] Caprile, D., Ripa, M., 2014. A life cycle assessment of landfilled municipal solid waste in Argentina: the influence of waste composition on greenhouse gases emissions and other impacts. J. Environ. Account. Manag. 2 (2), 141-159.

- [264] Ramsar, 2012. The Ramsar Convention on Wetlands. Background and Context to the Development of Principles and Guidance for the Planning and Management of Urban and Peri-urban Wetlands (COP11 DR11). <https://enb.iisd.org/download/pdf/enb1739e.pdf>
- [265] Zerowaste Europe, 2014. Closing the Loop of Materials, Phasing Out Toxics & Emissions. Our Network, available: <http://www.zerowasteurope.eu/zw-groups-in-europe/>
- [266] Matete, N., Trois, C., 2008. Towards zero waste in emerging countries e a South African experience. Waste Manag. 28, 1480-1492.
- [267] Zaman, A.U., Lehmann, 2013. The zero-waste index: a performance measurement tool for waste management systems in a “zero waste city”. J. Clean. Prod. 50, 123-132.
- [268] Scharff, H., 2014. Landfill reduction experience in The Netherlands. Waste Manag. 34, 2218-2224
- [269] Shekdar, A.V., 2009. Sustainable solid waste management: an integrated approach for Asian countries. Waste Manag. 29, 1438-1448
- [270] EC, European Commission, 17/12/2012c. Manifesto for a Resource-efficient Europe. MEMO 12/989/, [http://europa.eu/rapid/press-release MEMO-12-989_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-12-989_en.htm)
- [271] Prokop, G., Jobstmann, H., Schonbauer, A., 2011. Overview of Best Practices for € Limiting Soil Sealing or Mitigating its Effects in EU-27. April 11, 2011, final report to the European Commission. Environment Agency Austria, p. 24. <http://ec.europa.eu/environment/soil/sealing.htm>
- [272] Dynamix Project, 2013. Dynamix Policy Mix Evaluation. Reducing Land Sealing in Germany. Available: http://dynamix-project.eu/sites/default/files/Land_Germany.pdf
- [273] Dynamix Project, 2014. Case Studies Report and Case Studies on Decoupling. <http://dynamix-project.eu/case-study-report-and-case-studies-decoupling>
- [274] Yu, Y., Chen, D., Zhu, B., Hu, S., 2013. Eco-efficiency trends in China, 1978-2010: decoupling environmental pressure from economic growth. Ecol. Indic. 24, 177-184.
- [275] Wang, H., Hashimoto, S., Yue, Q., Moriguchi, Y., Lu, Z., 2013. Decoupling analysis of four selected countries. J. Ind. Ecol. 17 (4), 618-629.
- [276] McKinsey Global Institute, Artificial Intelligence: The next digital frontier? (2017)
- [277] McKinsey Global Institute, Notes from the AI Frontier: Modeling the impact of AI on the world economy (2018).
- [278] Marr, B., How Much Data Do We Create Every Day? The Mind-Blowing Stats Everyone Should Read, Forbes (2018).
- [279] Smithsonian Institute, Numbers of Insects (species and individuals), BugInfo, Information Sheet number 18.
- [280] Ellen MacArthur Foundation, Intelligent Assets: Unlocking the circular economy potential (2015).
- [281] Ellen MacArthur Foundation, New Plastics Economy: Catalyzing action (2017).

- [282] McKinsey & Company, *Artificial Intelligence: Construction technology's next frontier* (2018).
- [283] George, H. (1898). *Progress and Poverty*. New York: Doubleday and McClure Company.
- [284] Giampietro, M., Mayumi, K., & Sorman, A. H. (2012). *The Metabolic Pattern of Societies: Where Economists Fall Short*. London and New York: Routledge.
- [285] Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens, W. W. (1972). *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Projects on the Predicament of Mankind*. Washington, DC: Potomac Associates Book.
- [286] Petit-Boix, A., & Leipold, S. (2018). Circular economy in cities: Reviewing how environmental research aligns with local practices. *Journal of Cleaner Production*, 195, 1270–1281. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.05.281.
- [287] Prendeville, S., Cherim, E., & Bocken, N. (2018). Circular cities: Mapping six cities in transition. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 26, 171–194. doi: 10.1016/j.eist.2017.03.002.
- [288] Marin, J., & De Meulder, B. (2018). Interpreting circularity. *Circular city representations concealing transition drivers*. *Sustainability (Switzerland)*, 10(5). doi:10.3390/su10051310.
- [289] Murray, A., Skene, K., Haynes, K., Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The circular economy: An interdisciplinary exploration of the concept and application in a Limits to growth 29 global context. *Journal of Business Ethics*, 140(3), 369–380. doi:10.1007/s10551-10015-2693-2692.
- [290] Sauv e, S., Bernard, S., & Sloan, P. (2016). Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. *Environmental Development*, 17, 48–56. doi: 10.1016/j.envdev.2015.09.002.
- [291] Mylan, J., Holmes, H., & Paddock, J. (2016). Re-introducing consumption to the “circular economy”: A sociotechnical analysis of domestic food provisioning. *Sustainability*, 8(8). doi:10.3390/su8080794.
- [292] Welch, D., Keller, M., & Mandich, G. (2017). Imagined futures of everyday life in the circular economy. *Interactions*, (March–April), 46–51.
- [293] Gabrys, J., Hawkins, G., & Michael, M. (2013). *Accumulation: The Material Politics of Plastic*. London: Routledge. Geng, Y., Sarkis, J., Ulgiati, S., & Zhang, P. (2013). Measuring China's circular economy. *Science*, 339(6127), 1526–1527.
- [294] Hobson, K. (2016). Closing the loop or squaring the circle? Locating generative spaces for the circular economy. *Progress in Human Geography*, 40(1), 88–104. doi:10.1177/0309132514566342.
- [295] Valenzuela, F., & Böhm, S. (2017). Against wasted politics: A critique of the circular economy. *Ephemera Journal*, 17(7), 23–60.
- [296] Corvellec, H., & Hultman, J. (2012). From “less landfilling” to “wasting less”. *Journal of Organizational Change Management* (pp. 297–314). doi:10.1108/09534811211213964.

- [297] Hultman, J., & Corvellec, H. (2012). The European waste hierarchy: from the sociomateriality of waste to a politics of consumption, *Environment and Planning A*, 44, 2413–2427. doi:10.1068/a44668.
- [298] Georgescu-Roegen, N. (1971). *The Entropy Law and the Economic Process*. Boston: Harvard University Press.
- [299] Haas, W., Krausmann, F., Wiedenhofer, D., & Heinz, M. (2015). How circular is the global economy? An assessment of material flows, waste production and recycling in the European Union and the world in 2005. *Journal of Industrial Ecology*, 19(5), 765–777.
- [300] Lazarevic, D., & Valve, H. (2017). Narrating expectations for the circular economy: Towards a common and contested European transition. *Energy Research and Social Science*, 31(February), 60–69. doi: 10.1016/j.erss.2017.05.006.
- [301] Gregson, N., Crang, M., & Fuller, S. (2015). Interrogating the circular economy: the moral economy of resource recovery in the EU. *Economy and Society*, 44(2), 218–243. doi:10.1080/03085147.2015.1013353.
- [302] O'Connor, M. (2006). The “four spheres” framework for sustainability. *Ecological Complexity*, 3(4), 285–292. doi: 10.1016/j.ecocom.2007.02.002.
- [303] Roy, A., Negrón-Gonzales, G., Opoku-Agyemang, K., & Talwalker, C. (2016). *Encountering Poverty*. Oakland: University of California Press.
- [304] Beck, U. (1992). *Risk Society: Towards a New Modernity*. London: Sage.
- [305] Latour, B. (1998). To modernize or to ecologize? That’s the question. In B. Braun, & N. Castree (Eds.), *Remaking Reality: Nature at the Millenium* (pp. 221–242). London: Routledge.
- [306] Latour, B. (1993). *We Have Never Been Modern*. Cambridge, MA: Harvard University Press.