



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ, ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΩΝ & ΔΙΕΘΝΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΒΙΟΟΙΚΟΝΟΜΙΑ, ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ &
ΒΙΩΣΙΜΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»**

**Κυκλική Οικονομία υπό το Πρίσμα των Reverse
Logistics**

Αικατερίνη Κονταρίνη

Πειραιάς, Ιούνιος, 2026



UNIVERSITY OF PIRAEUS
SCHOOL OF ECONOMICS, BUSINESS AND INTERNATIONAL STUDIES
DEPARTMENT OF ECONOMICS

MSc. in Bioeconomy, Circular Economy & Sustainable Development

Circular economy from the perspective of reverse logistics

Aikaterini Kontarini

Piraeus, June, 2026

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία εξετάζει τη συμβολή της Κυκλικής Οικονομίας και των Reverse Logistics. Στο πρώτο κεφάλαιο, περιγράφονται οι βασικές αρχές της Κυκλικής Οικονομίας, με έμφαση στη μετάβαση από το γραμμικό μοντέλο «παράγω–καταναλώνω–απορρίπτω» σε κυκλικά συστήματα παραγωγής και κατανάλωσης. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα Reverse Logistics ως κρίσιμος μηχανισμός για την εφαρμογή των κυκλικών στρατηγικών, επιτρέποντας την ανάκτηση, επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση υλικών.

Η μελέτη περίπτωσης της Nespresso αναδεικνύει την πρακτική εφαρμογή της Κυκλικής Οικονομίας μέσω ενός ολοκληρωμένου συστήματος ανακύκλωσης καψουλών καφέ από αλουμίνιο. Η εταιρεία έχει αναπτύξει ένα πολυεπίπεδο δίκτυο συλλογής, το οποίο περιλαμβάνει καταστήματα, υπηρεσίες παραλαβής κατ' οίκον και σύγχρονες αυτόνομες θυρίδες (lockers), βελτιώνοντας τα ποσοστά συμμετοχής των καταναλωτών. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης καταδεικνύουν ότι η αξιοποίηση του αλουμινίου και η διαχείριση οργανικών υπολειμμάτων μέσω κομποστοποίησης δημιουργούν σημαντικά περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη.

Η εργασία καταλήγει ότι η υιοθέτηση κυκλικών επιχειρηματικών πρακτικών και αποτελεσματικών συστημάτων Reverse Logistics μπορεί να αποτελέσει στρατηγικό μοχλό ανάπτυξης για τις επιχειρήσεις, ενώ παράλληλα ενισχύει τη βιωσιμότητα και συμβάλλει στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος. Τέλος, παρουσιάζονται οι βασικές προκλήσεις και οι ευκαιρίες ανάπτυξης, καθώς και προτάσεις για το μέλλον.

Λέξεις Κλειδιά: Κυκλική Οικονομία, Reverse Logistics, Βιώσιμη Εφοδιαστική Αλυσίδα, Ανακύκλωση Αλουμινίου, Κάψουλες Καφέ, Nespresso, Lockers, Closed-Loop Supply Chain, Ανακύκλωση, Βιωσιμότητα

ABSTRACT

This dissertation examines the contribution of the Circular Economy and Reverse Logistics to sustainable resource management and the enhancement of environmental and operational performance. Initially, the fundamental principles of the Circular Economy are analysed, highlighting the transition from the traditional linear “take–make–dispose” model to circular systems of production and consumption. Reverse Logistics are then presented as a critical mechanism enabling the practical implementation of circular strategies through the recovery, reuse, and recycling of materials.

The case study of Nespresso demonstrates the real-world application of Circular Economy principles through a fully integrated recycling system for aluminium coffee capsules. The company has developed a multi-channel collection network—including retail stores, home pick-up services, and the use of modern autonomous parcel lockers—to increase consumer participation. The results indicate that aluminium recovery and the composting of used coffee grounds generate substantial environmental and economic benefits.

The study concludes that adopting circular business practices and effective Reverse Logistics systems can serve as a strategic driver for business development, while simultaneously supporting sustainability goals and reducing environmental impact. Finally, the main challenges and future development opportunities are presented, alongside proposals for further research.

Keywords: Circular Economy, Reverse Logistics, Sustainable Supply Chain, Aluminium Recycling, Coffee Capsules, Nespresso, Parcel Lockers, Closed-Loop Supply Chain, Resource Recovery, Sustainability

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	1
ABSTRACT	2
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ	9
1.1 Ορισμός της Κυκλικής Οικονομίας.....	9
1.2 Ο ρόλος της Κυκλικής Οικονομίας στη βιώσιμη ανάπτυξη	11
1.3 Μοντέλα και στρατηγικές εφαρμογής (R-Framework).....	12
1.4 Κυκλική Οικονομία και Ευρωπαϊκή Ένωση	14
1.5 Ανακεφαλαίωση	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΩΣΙΜΗ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ.....	16
2.1 Ορισμός της εφοδιαστικής αλυσίδας	16
2.2 Reverse Logistics.....	17
2.3 Βιώσιμη εφοδιαστική αλυσίδα.....	18
2.4 Κυκλική Οικονομία και Εφοδιαστική Αλυσίδα.....	20
2.5 Οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη	21
2.6 Προκλήσεις και περιορισμοί.....	23
2.7 Ανακεφαλαίωση	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ & REVERSE LOGISTICS.....	25
3.1 Βιώσιμη εφοδιαστική αλυσίδα & κυκλικά επιχειρηματικά μοντέλα.....	25
3.2 Η συμβολή των Reverse Logistics στην κυκλικότητα των πόρων	27
3.3 Παραδείγματα εφαρμογής.....	28
3.4 Ανακεφαλαίωση	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ - ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΚΑΨΟΥΛΩΝ NESPRESSO	30
4.1 Εισαγωγή στη Μελέτη Περίπτωσης	30
4.2 Ιστορική Αναδρομή.....	31
4.3 Χρήση Αλουμινίου στις Κάψουλες.....	33
4.4 Περιγραφή του Συστήματος Reverse Logistics της Nespresso	34
4.4.1 Συλλογή Καψουλών	34
4.4.2 Μεταφορά και Διαχείριση Αντίστροφης Ροής	35
4.4.3 Διαλογή και Διαχωρισμός Υλικών	36
4.4.4 Ανακύκλωση και Επαναχρησιμοποίηση Υλικών.....	37

4.5	Οικονομική και Περιβαλλοντική Αξιολόγηση.....	38
4.6	Κρίσιμες Προκλήσεις του Συστήματος.....	39
4.7	Συμπεράσματα Μελέτης Περίπτωσης	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ.....		41
5.1	Συμπεράσματα	41
5.2	Προκλήσεις και ευκαιρίες ανάπτυξης.....	42
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		45

Κατάλογος Διαγραμμάτων

1.1 Διάγραμμα της κυκλικής οικονομίας (“Butterfly Diagram”)	10
--	-----------

Κατάλογος Γραφημάτων

2.1 Ρόλος της καινοτομίας στις στρατηγικές κυκλικότητας στην εφοδιαστική αλυσίδα	13
2.2 Nestlé coffee capsules recycling infrastructure overview	33

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αυξανόμενη πίεση στους φυσικούς πόρους, η κλιματική αλλαγή και η συνεχής αύξηση της παραγωγής αποβλήτων καθιστούν αναγκαία την αναθεώρηση των παραδοσιακών μοντέλων οικονομικής ανάπτυξης. Το γραμμικό πρότυπο «παράγω–καταναλώνω–απορρίπτω» έχει αποδειχθεί μη βιώσιμο, καθώς βασίζεται στην εντατική εκμετάλλευση πεπερασμένων πόρων και οδηγεί σε σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις (European Commission, 2020). Στο πλαίσιο αυτό, η Κυκλική Οικονομία αναδεικνύεται ως ένα εναλλακτικό και βιώσιμο μοντέλο, το οποίο στοχεύει στη διατήρηση της αξίας των προϊόντων, των υλικών και των πόρων για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, περιορίζοντας ταυτόχρονα την παραγωγή αποβλήτων.

Η έννοια της Κυκλικής Οικονομίας βασίζεται στη μετάβαση από το γραμμικό σύστημα παραγωγής σε ένα κυκλικό σύστημα, όπου τα προϊόντα σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να επαναχρησιμοποιούνται, να επισκευάζονται, να ανακατασκευάζονται και τελικά να ανακυκλώνονται. Σύμφωνα με το Ellen MacArthur Foundation (2013), η κυκλική οικονομία αποσκοπεί στη δημιουργία ενός αναγεννητικού συστήματος, στο οποίο η χρήση των πόρων βελτιστοποιείται και τα απόβλητα ελαχιστοποιούνται μέσω κλειστών βρόχων υλικών (closed-loop systems). Παράλληλα, συμβάλλει στην οικονομική ανάπτυξη, ενισχύοντας την καινοτομία και δημιουργώντας νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες (Geissdoerfer et al., 2017).

Κεντρικό ρόλο στην εφαρμογή των αρχών της Κυκλικής Οικονομίας διαδραματίζει η Βιώσιμη Εφοδιαστική Αλυσίδα, η οποία ενσωματώνει περιβαλλοντικά και κοινωνικά κριτήρια στις διαδικασίες παραγωγής και διανομής. Ειδικότερα, τα Reverse Logistics (Αντίστροφη Εφοδιαστική Αλυσίδα) αποτελούν βασικό μηχανισμό για την υλοποίηση κυκλικών στρατηγικών, καθώς επιτρέπουν τη συλλογή, επιστροφή και επεξεργασία προϊόντων μετά το τέλος του κύκλου ζωής τους (Rogers & Tibben-Lembke, 1999). Μέσω των Reverse Logistics καθίσταται δυνατή η ανάκτηση αξίας από χρησιμοποιημένα προϊόντα, είτε μέσω επαναχρησιμοποίησης είτε μέσω ανακύκλωσης, συμβάλλοντας στη μείωση της κατανάλωσης πρώτων υλών και του περιβαλλοντικού αποτυπώματος.

Η ενσωμάτωση των Reverse Logistics στις επιχειρηματικές λειτουργίες αποτελεί πλέον στρατηγική επιλογή για πολλές επιχειρήσεις, καθώς συνδέεται όχι μόνο με τη βιωσιμότητα αλλά και με την οικονομική αποδοτικότητα. Η υιοθέτηση κυκλικών επιχειρηματικών μοντέλων μπορεί να οδηγήσει σε μείωση κόστους, βελτίωση της εταιρικής εικόνας και ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας (Guide & Van Wassenhove, 2009). Επιπλέον, η πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης, μέσω του Circular Economy Action Plan, προωθεί ενεργά τη μετάβαση προς την κυκλική οικονομία, ενθαρρύνοντας τις επιχειρήσεις να επενδύσουν σε βιώσιμες πρακτικές και τεχνολογίες (European Commission, 2020).

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της σχέσης μεταξύ Κυκλικής Οικονομίας και Reverse Logistics και η ανάδειξη του ρόλου τους στη διαμόρφωση βιώσιμων εφοδιαστικών αλυσίδων. Η εργασία επιδιώκει να αναλύσει τις βασικές θεωρητικές αρχές της κυκλικής οικονομίας, να εξετάσει τη λειτουργία των reverse logistics ως εργαλείου εφαρμογής αυτών των αρχών, καθώς και να παρουσιάσει την πρακτική τους εφαρμογή μέσα από τη μελέτη περίπτωσης της Nespresso, η οποία αποτελεί ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα επιχείρησης που εφαρμόζει κυκλικές πρακτικές μέσω ολοκληρωμένων συστημάτων ανακύκλωσης.

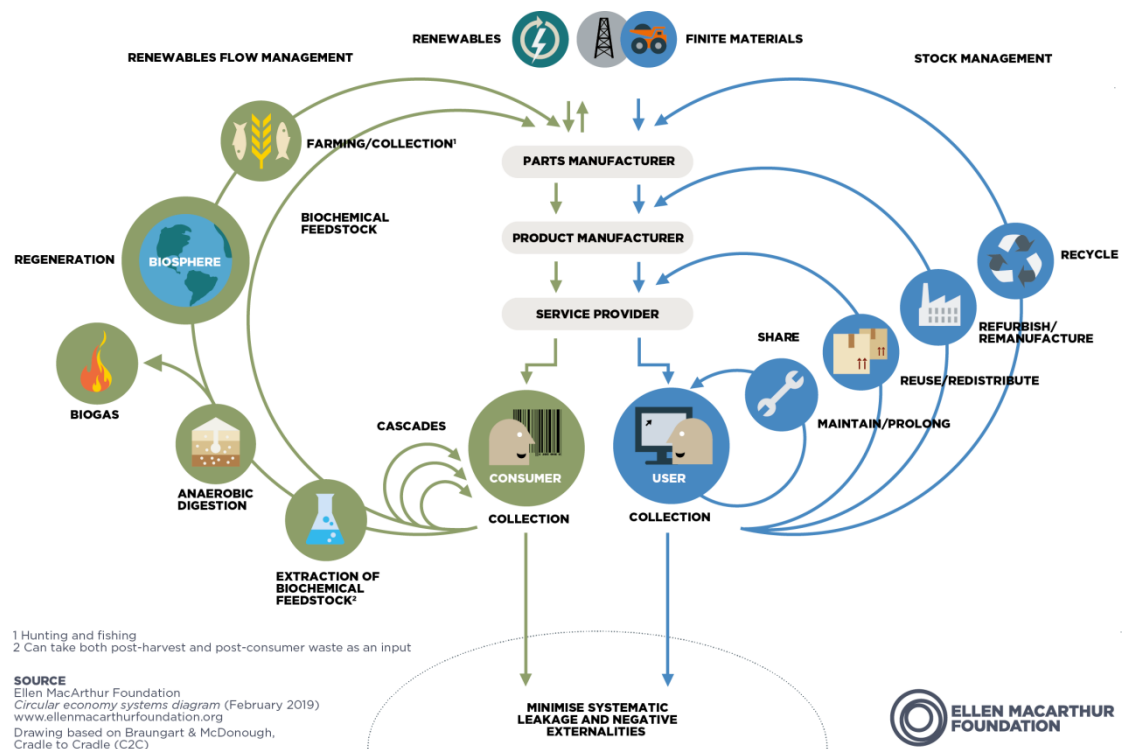
Η δομή της εργασίας περιλαμβάνει πέντε κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο της Κυκλικής Οικονομίας, ενώ στο δεύτερο αναλύεται η έννοια της Βιώσιμης Εφοδιαστικής Αλυσίδας και ο ρόλος των Reverse Logistics. Το τρίτο κεφάλαιο εστιάζει στη σύνδεση των δύο εννοιών και στην εφαρμογή κυκλικών επιχειρηματικών μοντέλων. Στο τέταρτο κεφάλαιο εξετάζεται η μελέτη περίπτωσης της Nespresso, ενώ στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα βασικά συμπεράσματα, οι προκλήσεις και οι προοπτικές για το μέλλον. Τέλος, η εργασία επιδιώκει να συμβάλει στην κατανόηση της μετάβασης προς ένα βιώσιμο οικονομικό σύστημα, αναδεικνύοντας τη σημασία των Reverse Logistics ως βασικού εργαλείου για την υλοποίηση της Κυκλικής Οικονομίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ

1.1 Ορισμός της Κυκλικής Οικονομίας

Η Κυκλική Οικονομία (Circular Economy) αποτελεί ένα οικονομικό σύστημα που στοχεύει στην κατάργηση του παραδοσιακού οικονομικού μοντέλου "take-make-waste" (προμήθεια- παραγωγή - απόρριψη). Τα κυκλικά συστήματα έχουν στόχο την πρόληψη της εξάντλησης των πόρων και την αξιοποίηση της ενέργειας και υλικών με βασικό γνώμονα τη βιώσιμη ανάπτυξη. Αποσκοπούν ακόμη, στην εξάλειψη των αποβλήτων και τη βιώσιμη χρήση των πόρων, αναπτύσσοντας ενέργειες συντήρησης, επαναχρησιμοποίησης, ανανέωσης/ανακατασκευής και την ανακύκλωση για τη δημιουργία ενός συστήματος κλειστού βρόχου όπου θα ελαχιστοποιούνται οι εισροές πόρων και η δημιουργία αποβλήτων, ρύπανσης και εκπομπών άνθρακα.

Στα πλαίσια αυτά, η Κυκλική Οικονομία (Circular Economy) προτείνει μια θεμελιώδη αναδιάρθρωση των παραγωγικών συστημάτων με στόχο τη διατήρηση της αξίας των πόρων για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (Ellen MacArthur Foundation, 2013).



1.1 Διάγραμμα της κυκλικής οικονομίας (“Butterfly Diagram”).

Πηγή: Ellen MacArthur Foundation.

Το παραπάνω διάγραμμα της κυκλικής οικονομίας, γνωστό ως “Butterfly Diagram” απεικονίζει τη συνεχή κυκλοφορία των υλικών και των προϊόντων μέσα στο οικονομικό σύστημα. Ονομάζεται έτσι λόγω της μορφής του η οποία θυμίζει πεταλούδα καθώς χωρίζεται σε δυο συμμετρικά μέρη που αποτελούν διαφορετικούς κύκλους υλικών.

Συγκεκριμένα, παρουσιάζει δύο βασικούς κύκλους: τον βιολογικό κύκλο, στον οποίο τα υλικά επιστρέφουν με ασφάλεια στη φύση μέσω διαδικασιών όπως η κομποστοποίηση, και τον τεχνικό κύκλο, στον οποίο τα προϊόντα και τα υλικά διατηρούνται σε χρήση για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα μέσω πρακτικών όπως η επαναχρησιμοποίηση (reuse), η επισκευή (repair), η ανακατασκευή (remanufacturing) και η ανακύκλωση (recycling). Με αυτόν τον τρόπο, η κυκλική οικονομία επιδιώκει να διατηρεί τα προϊόντα και τα υλικά στην οικονομία όσο το δυνατόν περισσότερο, περιορίζοντας τη δημιουργία αποβλήτων και τη σπατάλη πόρων.

Η μετάβαση προς την κυκλικότητα ενισχύεται τόσο από θεσμικές πολιτικές (π.χ. EU Circular Economy Action Plan) όσο και από επιχειρηματικά μοντέλα που

επιδιώκουν μείωση κόστους, αύξηση ανταγωνιστικότητας και μείωση περιβαλλοντικού αποτυπώματος (Preston, 2012· Rizos et al., 2017).

1.2 Ο ρόλος της Κυκλικής Οικονομίας στη βιώσιμη ανάπτυξη

Η Ellen MacArthur Foundation (2013) ορίζει την Κυκλική Οικονομία ως ένα βιομηχανικό σύστημα σχεδιασμένο με στόχο την εξάλειψη των αποβλήτων, μέσω της ανακύκλωσης, της επαναχρησιμοποίησης, της ανάκτησης και της ανακατασκευής προϊόντων. Σύμφωνα με τους Sauvé, Bernard & Sloan (2016), η Κυκλική Οικονομία αποτελεί «ένα πολυδιάστατο πλαίσιο διαχείρισης πόρων που ενισχύει τη βιωσιμότητα σε περιβαλλοντικό, οικονομικό και κοινωνικό επίπεδο».

Οι βασικοί πυλώνες της Κυκλικής Οικονομίας περιλαμβάνουν:

- Σχεδιασμό χωρίς απόβλητα (design out waste)
- Διατήρηση υλικών σε κυκλοφορία μέσω κλειστών βρόχων
- Ανανεώσιμη ενέργεια & βιώσιμες τεχνολογίες
- Αύξηση απόδοσης πόρων (European Commission, 2014· Webster, 2017).

Η υιοθέτηση κυκλικών μοντέλων συμβάλλει καθοριστικά στην ενίσχυση της Βιώσιμης Ανάπτυξης. Η κυκλική οικονομία επιφέρει σημαντικά οφέλη σε τρεις βασικούς πυλώνες:

- Περιβάλλον: Μείωση εκπομπών CO₂ & μείωση περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την εξόρυξη πόρων
- Κοινωνία: Ανάπτυξη νέων θέσεων εργασίας
- Εφοδιαστική αλυσίδα: Ανάπτυξη ανθεκτικών και ευέλικτων εφοδιαστικών δικτύων

Παράλληλα, η εφαρμογή αρχών κυκλικής οικονομίας μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στην διαχείριση και αντιμετώπιση παγκόσμιων περιβαλλοντικών προκλήσεων. Μέσω της διαχείρισης των αποβλήτων, της μείωσης κατανάλωσης πρώτων υλών και της επαναχρησιμοποίησης πόρων, περιορίζονται οι εκπομπές ρύπων που συνδέονται με την παραγωγή και εξόρυξη φυσικών πόρων συμβάλλοντας έτσι δραστικά στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

Επιπλέον, η κυκλική αξιοποίηση των πόρων μειώνει την πίεση που ασκείται στα φυσικά οικοσυστήματα, συνεισφέροντας στην προστασία της βιοποικιλότητας και στη διατήρηση των φυσικών οικολογικών ισορροπιών. Συνάμα, η μείωση της παραγωγής αποβλήτων και η προώθηση βιώσιμων προτύπων παραγωγής και κατανάλωσης ενισχύουν την περιβαλλοντική προστασία και την αποδοτική χρήση των πόρων. Με τον τρόπο αυτό, η κυκλική οικονομία συμβάλλει στην επίτευξη πολλών από τους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης (Sustainable Development Goals – SDGs), όπως η υπεύθυνη κατανάλωση και παραγωγή, η δράση για το κλίμα και η προστασία της ζωής στα οικοσυστήματα.

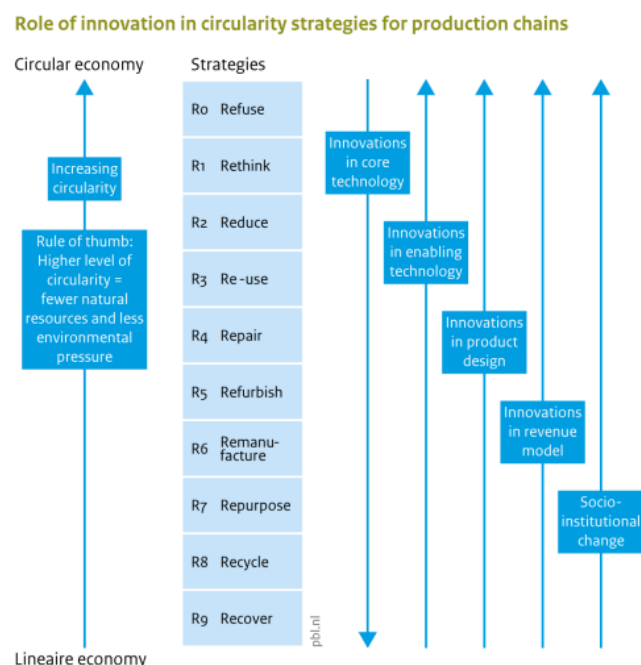
1.3 Μοντέλα και στρατηγικές εφαρμογής (R-Framework)

Οι στρατηγικές εφαρμογής της Κυκλικής Οικονομίας αποτυπώνονται συστηματικά στο ιεραρχικό πλαίσιο των 10R, όπως αυτό διατυπώθηκε από τους Potting et al. (2017), το οποίο αποτελεί ένα από τα πλέον αναγνωρισμένα θεωρητικά εργαλεία για την κατανόηση και υλοποίηση της κυκλικότητας των πόρων. Το εν λόγω πλαίσιο οργανώνει τις διαθέσιμες στρατηγικές με βάση τον βαθμό διατήρησης της αξίας των προϊόντων και των υλικών, δίνοντας προτεραιότητα σε εκείνες που αποτρέπουν την κατανάλωση πόρων και τη δημιουργία αποβλήτων σε πρώιμο στάδιο (Kirchherr et al., 2017).

Στο ανώτερο επίπεδο της ιεραρχίας βρίσκονται οι στρατηγικές πρόληψης, όπως το Refuse (R0), που αφορά την αποφυγή χρήσης περιττών προϊόντων ή την αντικατάστασή τους με πιο βιώσιμες εναλλακτικές, και το Rethink (R1), το οποίο σχετίζεται με τον επανασχεδιασμό προϊόντων και επιχειρηματικών μοντέλων με στόχο την αποδοτικότερη κάλυψη των αναγκών των καταναλωτών. Ακολουθεί το Reduce (R2), που εστιάζει στη μείωση της κατανάλωσης πρώτων υλών και ενέργειας κατά τη φάση της παραγωγής, ενισχύοντας την αποδοτικότητα των πόρων (Bocken et al., 2016).

Σε μεσαίο επίπεδο εντάσσονται στρατηγικές που επιμηκύνουν τη διάρκεια ζωής των προϊόντων, όπως το Reuse (R3), που αφορά την επαναχρησιμοποίηση προϊόντων για τον ίδιο ή διαφορετικό σκοπό, το Repair (R4), που στοχεύει στη συντήρηση και αποκατάσταση βλαβών, καθώς και το Refurbish (R5) και το Remanufacture (R6), τα

οποία περιλαμβάνουν την αναβάθμιση ή ανακατασκευή προϊόντων με αξιοποίηση υφιστάμενων εξαρτημάτων. Παράλληλα, το Repurpose (R7) αφορά την αλλαγή της χρήσης ενός προϊόντος, προσδίδοντάς του νέα λειτουργική αξία (Geissdoerfer et al., 2017).



1.1 Ρόλος της καινοτομίας στις στρατηγικές κυκλικότητας στην εφοδιαστική αλυσίδα

Πηγή: Potting, J., Hekkert, M. P., Worrell, E., & Hanemaaijer, A. (2017). Circular economy: Measuring innovation in the product chain

Στο κατώτερο επίπεδο της ιεραρχίας βρίσκονται οι στρατηγικές διαχείρισης αποβλήτων, όπως το Recycle (R8), που αφορά την επεξεργασία υλικών για την παραγωγή νέων πρώτων υλών, και το Recover (R9), το οποίο σχετίζεται με την ενεργειακή αξιοποίηση των υπολειμμάτων. Αν και οι πρακτικές αυτές συμβάλλουν στη μείωση των αποβλήτων, θεωρούνται λιγότερο αποδοτικές σε σχέση με τις ανώτερες στρατηγικές, καθώς συνεπάγονται απώλεια μέρους της αξίας των υλικών (Stahel, 2016).

Το πλαίσιο των 10R συνδέεται άμεσα με τη λειτουργία των συστημάτων κλειστού βρόχου (closed-loop supply chains), όπου τα προϊόντα και τα υλικά επανεισάγονται στον κύκλο παραγωγής μέσω διαδικασιών αντίστροφης εφοδιαστικής αλυσίδας (reverse logistics). Μέσω αυτών των μηχανισμών καθίσταται δυνατή η ανάκτηση αξίας σε διαφορετικά στάδια του κύκλου ζωής των προϊόντων, ενισχύοντας

τη βιωσιμότητα των επιχειρηματικών πρακτικών και συμβάλλοντας στη μετάβαση από το γραμμικό στο κυκλικό οικονομικό μοντέλο (Guide & Van Wassenhove, 2009· Murray et al., 2017). Συνεπώς, το R-Framework δεν αποτελεί απλώς ένα θεωρητικό εργαλείο ταξινόμησης στρατηγικών, αλλά έναν ολοκληρωμένο οδηγό για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση πολιτικών και επιχειρηματικών πρακτικών που προάγουν την αποδοτική χρήση των πόρων και τη βιώσιμη ανάπτυξη.

1.4 Κυκλική Οικονομία και Ευρωπαϊκή Ένωση

Η Ευρωπαϊκή Ένωση προωθεί τη μετάβαση σε μια κυκλική οικονομία μέσω ενός ολοκληρωμένου πλαισίου στρατηγικών πολιτικών και νομοθετικών εργαλείων που καλύπτουν όλο τον κύκλο ζωής των προϊόντων και των υλικών. Στρατηγικό σημείο αναφοράς αποτελεί το Circular Economy Action Plan (2015), το οποίο καθορίζει μέτρα και στόχους για την ολόπλευρη εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας και την ενίσχυση βιώσιμων πρακτικών παραγωγής και κατανάλωσης. Στο πλαίσιο αυτό έχουν θεσπιστεί επιμέρους νομοθετικές ρυθμίσεις και κανονισμοί, όπως:

- Waste Framework Directive (2008/98/EC, αναθεωρήσεις 2018–2025): Ορίζει την ιεράρχηση διαχείρισης αποβλήτων, από την πρόληψη έως την ανακύκλωση, και θέτει δεσμευτικούς στόχους για τη συλλογή βιοαποβλήτων και την ποιότητα των δευτερογενών υλικών (European Commission, 2025).
- Packaging and Packaging Waste Regulation (PPWR, 2025): Καθορίζει κανόνες για τη μείωση των αποβλήτων συσκευασίας και θέτει ποσοστιαίους στόχους ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης (European Union, 2025).
- Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR, 2024): Εισάγει κριτήρια βιώσιμου σχεδιασμού προϊόντων, όπως ανθεκτικότητα, επισκευασιμότητα και ανακυκλωσιμότητα, ώστε τα προϊόντα να παραμένουν σε χρήση για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (European Commission, 2024).
- Directive on the Right to Repair: Ενισχύει το δικαίωμα των καταναλωτών και τρίτων να επισκευάζουν προϊόντα, μειώνοντας την ανάγκη αντικατάστασης και ενισχύοντας την κυκλικότητα (Council of the European Union & European Parliament, 2024).

- Στόχοι ανακύκλωσης και υποχρεώσεις για δευτερογενή υλικά: Καθορίζουν ποσοστιαία όρια ανακύκλωσης για δημοτικά και βιομηχανικά απόβλητα και δημιουργούν κίνητρα για την ανάπτυξη της αγοράς δευτερογενών πρώτων υλών (European Commission, 2020) .

Αυτές οι πολιτικές και οδηγίες δημιουργούν ένα συνεκτικό αναπτυξιακό πλαίσιο που επηρεάζει άμεσα τις επιχειρήσεις, επιβάλλοντας νέες μορφές διαχείρισης προϊόντων σε όλο το εύρος του κύκλου ζωής τους και υποστηρίζοντας τη μετάβαση σε ένα βιώσιμο, κυκλικό οικονομικό μοντέλο.

1.5 Ανακεφαλαίωση

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύθηκε το θεωρητικό υπόβαθρο της Κυκλικής Οικονομίας, η οποία αποτελεί ένα εναλλακτικό και βιώσιμο μοντέλο ανάπτυξης σε αντιδιαστολή με το παραδοσιακό γραμμικό πρότυπο. Αναδείχθηκε ότι η βασική της φιλοσοφία έγκειται στη διατήρηση της αξίας των πόρων, των προϊόντων και των υλικών για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, μέσω της πρόληψης δημιουργίας αποβλήτων και της επανακυκλοφορίας τους στην οικονομία (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στις στρατηγικές εφαρμογής της Κυκλικής Οικονομίας, όπως αποτυπώνονται στο πλαίσιο των 10R (Potting et al., 2017), το οποίο παρέχει μια ιεραρχική προσέγγιση διαχείρισης των πόρων, ξεκινώντας από την πρόληψη και τον επανασχεδιασμό και καταλήγοντας στην ανακύκλωση και την ανάκτηση ενέργειας. Η ανάλυση αυτή κατέδειξε ότι όσο υψηλότερη είναι η θέση μιας στρατηγικής στην ιεραρχία, τόσο μεγαλύτερη είναι η συμβολή της στη διατήρηση της αξίας και στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Kirchherr et al., 2017).

Παράλληλα, επισημάνθηκε ο καθοριστικός ρόλος της καινοτομίας, τόσο σε τεχνολογικό όσο και σε οργανωτικό επίπεδο, για την επιτυχή μετάβαση προς την κυκλική οικονομία. Η ενσωμάτωση καινοτόμων λύσεων στον σχεδιασμό προϊόντων, στις παραγωγικές διαδικασίες και στα επιχειρηματικά μοντέλα αποτελεί βασική προϋπόθεση για την επίτευξη υψηλότερων επιπέδων κυκλικότητας και αποδοτικότητας των πόρων (Geissdoerfer et al., 2017).

Συνολικά, το κεφάλαιο ανέδειξε ότι η Κυκλική Οικονομία δεν αποτελεί απλώς μια περιβαλλοντική προσέγγιση, αλλά ένα ολοκληρωμένο αναπτυξιακό πρότυπο που συνδυάζει οικονομική αποδοτικότητα, περιβαλλοντική προστασία και καινοτομία. Η κατανόηση των αρχών και των στρατηγικών της αποτελεί τη βάση για την ανάλυση που ακολουθεί στα επόμενα κεφάλαια, όπου θα εξεταστεί ο ρόλος της Βιώσιμης Εφοδιαστικής Αλυσίδας και ειδικότερα των Reverse Logistics ως βασικών μηχανισμών υλοποίησης της κυκλικότητας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΩΣΙΜΗ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ

2.1 Ορισμός της εφοδιαστικής αλυσίδας

Η εφοδιαστική αλυσίδα (Supply Chain) αποτελεί ένα σύνθετο και ολοκληρωμένο σύστημα που περιλαμβάνει το σύνολο των οργανισμών, δραστηριοτήτων, πόρων και πληροφοριακών ροών που απαιτούνται για τη δημιουργία και διάθεση ενός προϊόντος ή υπηρεσίας, από το στάδιο της προμήθειας πρώτων υλών έως την τελική παράδοση στον καταναλωτή (Christopher, 2016· Mentzer et al., 2001). Η έννοια αυτή υπερβαίνει την παραδοσιακή λειτουργία της εφοδιαστικής (logistics), καθώς ενσωματώνει στρατηγικές συνεργασίας και συντονισμού μεταξύ διαφορετικών επιχειρηματικών οντοτήτων, με στόχο τη δημιουργία αξίας σε όλο το μήκος της αλυσίδας (Cooper, Lambert, & Pagh, 1997).

Πιο συγκεκριμένα, η εφοδιαστική αλυσίδα περιλαμβάνει βασικές λειτουργίες όπως οι προμήθειες, η παραγωγή, η αποθήκευση, η μεταφορά, η διανομή, καθώς και η διαχείριση επιστροφών προϊόντων. Οι δραστηριότητες αυτές συνδέονται μέσω συνεχών ροών υλικών, πληροφοριών και κεφαλαίων, δημιουργώντας ένα δυναμικό σύστημα που απαιτεί αποτελεσματικό συντονισμό και ολοκληρωμένη διαχείριση (Lambert, Cooper, & Pagh, 1998).

Η λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας βασίζεται στη συνεργασία μεταξύ των επιμέρους συμμετεχόντων (προμηθευτών, παραγωγών, διανομέων και λιανοπωλητών), οι οποίοι επιδιώκουν τη βελτιστοποίηση της συνολικής απόδοσης μέσω της ανταλλαγής πληροφοριών και της ευθυγράμμισης των επιχειρησιακών στόχων. Η αποτελεσματική διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας οδηγεί σε μείωση

κόστους, βελτίωση της ποιότητας των υπηρεσιών και αύξηση της ικανοποίησης των πελατών (White, New, & Payne, 1999).

Στο σύγχρονο επιχειρηματικό περιβάλλον, η εφοδιαστική αλυσίδα έχει εξελιχθεί σε ένα παγκοσμιοποιημένο και ιδιαίτερα πολύπλοκο δίκτυο, όπου η ταχύτητα, η ευελιξία και η ικανότητα προσαρμογής σε μεταβαλλόμενες συνθήκες αποτελούν κρίσιμους παράγοντες ανταγωνιστικότητας. Η ανάπτυξη τεχνολογιών πληροφορικής, η διεθνοποίηση των αγορών και οι αυξανόμενες απαιτήσεις των καταναλωτών έχουν μετατρέψει την εφοδιαστική αλυσίδα σε στρατηγικό εργαλείο για τις επιχειρήσεις (Adobor, 2020).

Παράλληλα, οι σύγχρονες τάσεις δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στη βιωσιμότητα και στην ενσωμάτωση περιβαλλοντικών και κοινωνικών παραμέτρων στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η μετάβαση προς βιώσιμα και κυκλικά μοντέλα παραγωγής και κατανάλωσης καθιστά την εφοδιαστική αλυσίδα βασικό πεδίο εφαρμογής πρακτικών όπως η πράσινη εφοδιαστική (green supply chain management) και τα reverse logistics (Srivastava, 2007· Carter & Rogers, 2008).

2.2 Reverse Logistics

Τα συστήματα Reverse Logistics ή Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας αναφέρονται στη διαχείριση των ροών προϊόντων από τον τελικό καταναλωτή προς την επιχείρηση, μετά την ολοκλήρωση της πώλησης, με σκοπό την ανάκτηση αξίας ή την ορθή διαχείριση των αποβλήτων (Rogers & Tibben-Lembke, 1998· Fleischmann, 2000). Σε αντίθεση με την παραδοσιακή εφοδιαστική αλυσίδα, η οποία επικεντρώνεται στη ροή προϊόντων από τον παραγωγό προς τον καταναλωτή, τα reverse logistics αφορούν την αντίστροφη ροή, ενσωματώνοντας διαδικασίες όπως η επιστροφή προϊόντων, η επαναχρησιμοποίηση, η ανακύκλωση, η ανακατασκευή και η ασφαλής διάθεση (Guide & Van Wassenhove, 2009).

Η ανάπτυξη των reverse logistics καθίσταται ολοένα και πιο αναγκαία στο σύγχρονο επιχειρηματικό περιβάλλον, κυρίως λόγω του ταχύτερου κύκλου ζωής των προϊόντων, της αυξανόμενης τεχνολογικής απαξίωσης και της ενίσχυσης των κανονιστικών πλαισίων που αφορούν την περιβαλλοντική προστασία (Srivastava, 2007· European Commission, 2020). Επιπλέον, οι αυξανόμενες απαιτήσεις των

καταναλωτών για ευέλικτες πολιτικές επιστροφών και ποιοτικές υπηρεσίες μετά την πώληση (after-sales services) καθιστούν την αντίστροφη εφοδιαστική βασικό στοιχείο της συνολικής εμπειρίας πελάτη (Prahinski & Kocabasoglu, 2006).

Σημαντικό είναι ότι οι επιστροφές προϊόντων δεν συνδέονται απαραίτητα με αποτυχία της πώλησης ή δυσαρέσκεια του πελάτη, αλλά μπορούν να λειτουργήσουν ως εργαλείο ενίσχυσης της εμπιστοσύνης, της ικανοποίησης και της πιστότητας των καταναλωτών. Παράλληλα, η αποτελεσματική διαχείριση των επιστροφών συμβάλλει στη βελτίωση της εταιρικής εικόνας και στη δημιουργία ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος (Carter & Rogers, 2008).

Ωστόσο, τα reverse logistics συνοδεύονται από σημαντικές προκλήσεις, καθώς οι αντίστροφες ροές χαρακτηρίζονται από αβεβαιότητα ως προς τον όγκο, την ποιότητα και τον χρόνο επιστροφής των προϊόντων. Επιπλέον, οι διαδικασίες συλλογής, μεταφοράς, αποθήκευσης και επεξεργασίας συνεπάγονται αυξημένο λειτουργικό και διαχειριστικό κόστος, καθιστώντας απαραίτητο τον σχεδιασμό σαφών πολιτικών επιστροφών και αποτελεσματικών συστημάτων διαχείρισης (Brito & Dekker, 2002).

Τέλος, λόγω του σχετικά μικρού και μη προβλέψιμου όγκου των επιστροφών, οι επιχειρήσεις συχνά δυσκολεύονται να επιτύχουν οικονομίες κλίμακας, σε αντίθεση με την παραδοσιακή εφοδιαστική αλυσίδα. Παρά ταύτα, η ενσωμάτωση των reverse logistics σε ένα ευρύτερο πλαίσιο βιώσιμης και κυκλικής εφοδιαστικής αλυσίδας αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για τη βελτιστοποίηση της χρήσης των πόρων και τη μετάβαση προς πιο βιώσιμα επιχειρηματικά μοντέλα (Kazancoglu et al., 2022· Julianelli et al., 2023).

2.3 Βιώσιμη εφοδιαστική αλυσίδα

Η έννοια της βιωσιμότητας έχει πλέον εδραιωθεί στον ακαδημαϊκό διάλογο που αφορά το σύνολο σχεδόν των οικονομικών δραστηριοτήτων. Ο τομέας των εφοδιαστικών αλυσίδων περιλαμβάνει πλήθος διαδικασιών οι οποίες επιβαρύνουν σημαντικά το περιβάλλον, καθώς η διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση για παραγωγή, αποθήκευση και μεταφορά προϊόντων συμβάλλει στην εντατικοποίηση της περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Υπό το πρίσμα αυτό, η υιοθέτηση βιώσιμων

πρακτικών στη διαχείριση των αλυσίδων εφοδιασμού αναδεικνύεται σε αναγκαιότητα και όχι απλώς σε σύγχρονη τάση.

Η βιώσιμη διαχείριση των εφοδιαστικών αλυσίδων εφαρμόζεται σε τοπικό, περιφερειακό και παγκόσμιο επίπεδο και προϋποθέτει τη συνεργασία πολιτικών φορέων, επιχειρήσεων και αρμόδιων οργανισμών. Μέσω της συντονισμένης αυτής δράσης επιδιώκεται η διαμόρφωση πολιτικών και μέτρων που στοχεύουν στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των εφοδιαστικών αλυσίδων και στην αντιμετώπιση κοινών περιβαλλοντικών προκλήσεων (Tsai et al., 2021).

Η βιώσιμη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας συνιστά βασικό πυλώνα της εταιρικής κοινωνικής ευθύνης, καθώς προϋποθέτει την αναγνώριση και αξιολόγηση των επιπτώσεων που προκύπτουν από τις δραστηριότητες της επιχείρησης στο περιβάλλον και, κατ' επέκταση, στην κοινωνία. Οι επιχειρήσεις που ενσωματώνουν τη βιωσιμότητα στη στρατηγική τους είναι πρόθυμες να υιοθετήσουν φιλικές προς το περιβάλλον πρακτικές, με στόχο τον περιορισμό των αρνητικών συνεπειών που απορρέουν από τη λειτουργία των εφοδιαστικών αλυσίδων (Grzybowska, 2012).

Ωστόσο, η ενσωμάτωση της βιωσιμότητας στις εφοδιαστικές αλυσίδες αποτελεί ένα ιδιαίτερα σύνθετο και απαιτητικό εγχείρημα. Οι αλυσίδες εφοδιασμού συγκροτούνται από πολλούς και ετερογενείς εμπλεκόμενους φορείς, των οποίων τα συμφέροντα συχνά αποκλίνουν ή ακόμη και συγκρούονται. Ως εκ τούτου, πλήθος παραγόντων επηρεάζουν την αποδοτικότητά τους και καθιστούν αναγκαία τη συστηματική αξιολόγηση της μετάβασης προς πράσινες πρακτικές. Επιπλέον, η υιοθέτηση της βιωσιμότητας συνεπάγεται μεταρρυθμίσεις με επιπτώσεις όχι μόνο στο περιβάλλον, αλλά και στην οικονομία και την κοινωνία συνολικά. Συνεπώς, η εφαρμογή πράσινων πρακτικών στις εφοδιαστικές αλυσίδες αποτελεί μια πολυδιάστατη διαδικασία, η επιτυχία της οποίας προϋποθέτει την ολοκληρωμένη ανάλυση και συντονισμό πολλών διαφορετικών παραμέτρων (Ahi & Searcy, 2015).

Η έννοια της βιώσιμης εφοδιαστικής αλυσίδας (Sustainable Supply Chain Management – SSCM) ενσωματώνει περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές παραμέτρους σε όλες τις διαδικασίες της αλυσίδας. Στόχος είναι η επίτευξη επιχειρησιακής αποδοτικότητας με ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον και στην κοινωνία (Carter & Rogers, 2008).

Η βιώσιμη εφοδιαστική περιλαμβάνει πρακτικές όπως:

- μείωση εκπομπών CO₂,
- βελτιστοποίηση δρομολογίων μεταφοράς,
- χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας,
- πράσινες προμήθειες (green procurement),
- περιβαλλοντικό σχεδιασμό προϊόντων (eco-design).
- Reverse Logistics ως πυλώνας της βιώσιμης εφοδιαστικής

Τα Reverse Logistics (Αντίστροφη Εφοδιαστική Αλυσίδα) αφορούν τη διαχείριση της αντίστροφης ροής των προϊόντων από τον τελικό καταναλωτή πίσω στον παραγωγό, με σκοπό την επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση, ανακατασκευή ή ασφαλή διάθεση τους (Rogers & Tibben-Lembke, 1998). Σύμφωνα με τους Srivastava (2007), τα reverse logistics αποτελούν βασικό μηχανισμό για την εφαρμογή της Κυκλικής Οικονομίας, καθώς επιτρέπουν τη δημιουργία κλειστών βρόχων παραγωγής (closed-loop supply chains).

2.4 Κυκλική Οικονομία και Εφοδιαστική Αλυσίδα

Η σύνδεση της Κυκλικής Οικονομίας με την εφοδιαστική αλυσίδα αποτελεί θεμελιώδη προϋπόθεση για τη μετάβαση από το γραμμικό στο κυκλικό μοντέλο παραγωγής και κατανάλωσης. Στο πλαίσιο της Κυκλικής Οικονομίας, η εφοδιαστική αλυσίδα δεν περιορίζεται πλέον στη γραμμική ροή προϊόντων από τον προμηθευτή στον τελικό καταναλωτή, αλλά μετασχηματίζεται σε ένα δυναμικό σύστημα κυκλικών ροών, όπου τα προϊόντα, τα υλικά και οι πόροι επανεισάγονται στην παραγωγική διαδικασία (Geissdoerfer et al., 2017· Webster, 2017).

Η έννοια της Κυκλικής Εφοδιαστικής Αλυσίδας (Circular Supply Chain) βασίζεται στην ενσωμάτωση στρατηγικών που επιδιώκουν τη διατήρηση της αξίας των πόρων σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής των προϊόντων. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω πρακτικών όπως η επαναχρησιμοποίηση, η επισκευή, η ανακατασκευή και η ανακύκλωση, οι οποίες υποστηρίζονται από μηχανισμούς αντίστροφης εφοδιαστικής (reverse logistics) (Guide & Van Wassenhove, 2009). Με τον τρόπο αυτό, η εφοδιαστική αλυσίδα μετατρέπεται σε ένα σύστημα κλειστού βρόχου (closed-loop

supply chain), στο οποίο ελαχιστοποιούνται οι απώλειες πόρων και η παραγωγή αποβλήτων.

Η ενσωμάτωση της κυκλικότητας στην εφοδιαστική αλυσίδα απαιτεί σημαντικές αλλαγές τόσο σε λειτουργικό όσο και σε στρατηγικό επίπεδο. Οι επιχειρήσεις καλούνται να επανασχεδιάσουν τα προϊόντα τους ώστε να είναι πιο ανθεκτικά, επισκευάσιμα και ανακυκλώσιμα, να αναπτύξουν δίκτυα συλλογής και επιστροφής προϊόντων και να επενδύσουν σε τεχνολογίες που επιτρέπουν την ιχνηλασιμότητα και τη διαχείριση των υλικών σε όλο τον κύκλο ζωής τους (Bocken et al., 2016· Tseng et al., 2023). Παράλληλα, η συνεργασία μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων της αλυσίδας καθίσταται ακόμη πιο κρίσιμη, καθώς η επιτυχής εφαρμογή κυκλικών πρακτικών προϋποθέτει συντονισμό και ανταλλαγή πληροφοριών σε όλα τα στάδια (Mentzer et al., 2001).

Επιπλέον, η Κυκλική Οικονομία ενισχύεται σημαντικά από τις πολιτικές και τα κανονιστικά πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως το Circular Economy Action Plan, τα οποία προωθούν τη βιώσιμη παραγωγή, την υπεύθυνη κατανάλωση και τη μείωση των αποβλήτων (European Commission, 2020). Μέτρα όπως το “Right to Repair” και οι κανονισμοί για τον οικολογικό σχεδιασμό (Ecodesign) ενθαρρύνουν τις επιχειρήσεις να υιοθετήσουν κυκλικά μοντέλα και να ενσωματώσουν τη βιωσιμότητα στην εφοδιαστική τους λειτουργία (European Commission, 2024).

Παρά τα σημαντικά οφέλη, η μετάβαση προς κυκλικές εφοδιαστικές αλυσίδες συνοδεύεται από προκλήσεις, όπως το υψηλό αρχικό κόστος επενδύσεων, η πολυπλοκότητα του συντονισμού μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών και η ανάγκη για αλλαγή επιχειρηματικής κουλτούρας (Farooque et al., 2024). Ωστόσο, τα οφέλη που προκύπτουν, όπως η μείωση του κόστους πρώτων υλών, η ενίσχυση της καινοτομίας και η βελτίωση της περιβαλλοντικής απόδοσης, καθιστούν την κυκλική εφοδιαστική αλυσίδα στρατηγικό πυλώνα βιώσιμης ανάπτυξης (Panigrahi et al., 2019).

2.5 Οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη

Η ενσωμάτωση των Reverse Logistics στο πλαίσιο της Κυκλικής Οικονομίας δημιουργεί ένα σύνολο σημαντικών ωφελειών που επεκτείνονται τόσο στο οικονομικό όσο και στο περιβαλλοντικό επίπεδο, συμβάλλοντας καθοριστικά στη

βιωσιμότητα και την ανταγωνιστικότητα των επιχειρήσεων. Σε οικονομικό επίπεδο, η εφαρμογή πρακτικών όπως η ανακύκλωση, η επαναχρησιμοποίηση και η ανακατασκευή προϊόντων οδηγεί σε σημαντική μείωση του κόστους πρώτων υλών, καθώς περιορίζεται η ανάγκη για την εξόρυξη και προμήθεια νέων πόρων (Guide & Van Wassenhove, 2009). Παράλληλα, μέσω των διαδικασιών αντίστροφης εφοδιαστικής, τα επιστρεφόμενα προϊόντα και υλικά δεν αντιμετωπίζονται ως απόβλητα αλλά ως πηγές αξίας, οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν εκ νέου μέσω μεταπώλησης, επαναχρησιμοποίησης ή ανακατασκευής, δημιουργώντας πρόσθετα έσοδα για την επιχείρηση (Fleischmann, 2000).

Επιπλέον, η υιοθέτηση βιώσιμων πρακτικών ενισχύει το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα των επιχειρήσεων, καθώς ανταποκρίνονται στις αυξανόμενες απαιτήσεις των καταναλωτών για περιβαλλοντικά υπεύθυνα προϊόντα και υπηρεσίες, ενώ ταυτόχρονα βελτιώνεται η εταιρική τους εικόνα και φήμη (Carter & Rogers, 2008). Η εφαρμογή των reverse logistics συμβάλλει επίσης στη βελτιστοποίηση των λειτουργικών διαδικασιών, μέσω της ενίσχυσης της ιχνηλασιμότητας, της αποτελεσματικότερης διαχείρισης αποθεμάτων και της συνολικής αύξησης της επιχειρησιακής αποδοτικότητας (Rogers & Tibben-Lembke, 1998).

Σε περιβαλλοντικό επίπεδο, τα οφέλη είναι εξίσου σημαντικά, καθώς η επιμήκυνση του κύκλου ζωής των προϊόντων οδηγεί σε ουσιαστική μείωση της παραγωγής αποβλήτων και περιορίζει την επιβάρυνση των φυσικών οικοσυστημάτων (Ellen MacArthur Foundation, 2013). Η αξιοποίηση υλικών μέσω ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης μειώνει την ανάγκη για ενεργοβόρες διαδικασίες παραγωγής νέων πρώτων υλών, συμβάλλοντας έτσι στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής (Sarkis, 2003). Παράλληλα, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση φυσικών πόρων, γεγονός ιδιαίτερα κρίσιμο για υλικά υψηλής αξίας και ενεργειακής έντασης, όπως το αλουμίνιο, το οποίο μπορεί να ανακυκλωθεί επανειλημμένα χωρίς απώλεια ποιότητας (European Commission, 2020).

Τέλος, η ανάπτυξη οργανωμένων και αποδοτικών δικτύων reverse logistics συμβάλλει στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των μεταφορών, μέσω της βελτιστοποίησης των δρομολογίων και της καλύτερης αξιοποίησης των μεταφορικών μέσων, οδηγώντας σε χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμων και μειωμένες εκπομπές ρύπων (Srivastava, 2007). Συνολικά, τα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη των reverse logistics καθιστούν την εφαρμογή τους αναγκαία στρατηγική επιλογή για τις

σύγχρονες επιχειρήσεις που επιδιώκουν βιώσιμη ανάπτυξη και μακροπρόθεσμη ανταγωνιστικότητα.

2.6 Προκλήσεις και περιορισμοί

Παρά τα σημαντικά οφέλη που προκύπτουν από την εφαρμογή της βιώσιμης εφοδιαστικής αλυσίδας και των Reverse Logistics, η υλοποίησή τους συνοδεύεται από μια σειρά προκλήσεων και περιορισμών που επηρεάζουν τόσο τη λειτουργική αποδοτικότητα όσο και τη στρατηγική προσαρμογή των επιχειρήσεων. Μία από τις βασικότερες προκλήσεις αφορά τη λειτουργική πολυπλοκότητα, η οποία προκύπτει από την ανάγκη ενσωμάτωσης των αντίστροφων ροών σε ήδη υπάρχοντα γραμμικά δίκτυα εφοδιαστικής. Η διαχείριση ταυτόχρονων ροών (forward και reverse flows) απαιτεί προηγμένα συστήματα συντονισμού, αυξημένη διαφάνεια πληροφοριών και υψηλό επίπεδο οργανωτικής ωριμότητας (Guide & Van Wassenhove, 2009).

Παράλληλα, η ανάπτυξη συστημάτων reverse logistics προϋποθέτει σημαντικές επενδύσεις σε υποδομές, όπως δίκτυα συλλογής, κέντρα διαλογής και εγκαταστάσεις ανακύκλωσης ή ανακατασκευής. Το υψηλό αρχικό κόστος λειτουργεί συχνά αποτρεπτικά, ιδιαίτερα για μικρομεσαίες επιχειρήσεις που δεν διαθέτουν τους απαραίτητους πόρους ή την τεχνογνωσία (Srivastava, 2007).

Ένας ακόμη κρίσιμος περιορισμός σχετίζεται με την αβεβαιότητα που χαρακτηρίζει τις αντίστροφες ροές, τόσο ως προς την ποσότητα όσο και ως προς την ποιότητα των επιστρεφόμενων προϊόντων. Τα προϊόντα που επιστρέφονται ενδέχεται να βρίσκονται σε διαφορετικά επίπεδα φθοράς ή να μην είναι κατάλληλα για επαναχρησιμοποίηση, γεγονός που δυσχεραίνει τον προγραμματισμό και αυξάνει την πολυπλοκότητα της διαχείρισης (Brito & Dekker, 2002).

Επιπλέον, η αποτελεσματικότητα των συστημάτων reverse logistics εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη συμπεριφορά και την περιβαλλοντική συνείδηση των καταναλωτών. Η συμμετοχή των πολιτών σε διαδικασίες επιστροφής και ανακύκλωσης δεν είναι πάντα δεδομένη, γεγονός που περιορίζει την αποδοτικότητα των κυκλικών συστημάτων και επηρεάζει την επάρκεια των επιστρεφόμενων υλικών (Rizos et al., 2017).

Τέλος, ένα σημαντικό εμπόδιο αποτελεί η έλλειψη εναρμονισμένου νομοθετικού πλαισίου σε παγκόσμιο επίπεδο. Αν και η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει προχωρήσει σε σημαντικές πρωτοβουλίες, όπως το Circular Economy Action Plan, εξακολουθούν να υπάρχουν διαφοροποιήσεις μεταξύ χωρών ως προς τους κανονισμούς, τις υποχρεώσεις και τα πρότυπα εφαρμογής. Η ανομοιογένεια αυτή δημιουργεί δυσκολίες στις επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται διεθνώς, καθώς καλούνται να προσαρμόσουν τις πρακτικές τους σε διαφορετικά ρυθμιστικά περιβάλλοντα (European Commission, 2020).

2.7 Ανακεφαλαίωση

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύθηκε η έννοια της εφοδιαστικής αλυσίδας και ο τρόπος με τον οποίο αυτή εξελίσσεται στο σύγχρονο επιχειρηματικό περιβάλλον, από ένα γραμμικό σύστημα διακίνησης προϊόντων σε ένα σύνθετο και δυναμικό δίκτυο δημιουργίας αξίας (Christopher, 2016· Mentzer et al., 2001). Επισημάνθηκε ότι η αποτελεσματική διαχείρισή της αποτελεί κρίσιμο παράγοντα ανταγωνιστικότητας, καθώς συνδέεται άμεσα με τη μείωση κόστους, τη βελτίωση της εξυπηρέτησης πελατών και την αύξηση της αποδοτικότητας.

Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στη σημασία της βιώσιμης εφοδιαστικής αλυσίδας και στην ανάγκη ενσωμάτωσης περιβαλλοντικών και κοινωνικών παραμέτρων στις επιχειρησιακές λειτουργίες. Στο πλαίσιο αυτό, αναδείχθηκε ο ρόλος των Reverse Logistics ως βασικού μηχανισμού διαχείρισης των αντίστροφων ροών προϊόντων, συμβάλλοντας τόσο στην ανάκτηση αξίας όσο και στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Rogers & Tibben-Lembke, 1998· Guide & Van Wassenhove, 2009).

Ακόμη, εξετάστηκε η σύνδεση της εφοδιαστικής αλυσίδας με την Κυκλική Οικονομία, όπου η έννοια της κυκλικότητας μετασχηματίζει τις γραμμικές ροές σε συστήματα κλειστού βρόχου (closed-loop supply chains), ενισχύοντας τη βιώσιμη διαχείριση των πόρων (Geissdoerfer et al., 2017). Η εφαρμογή των αρχών αυτών οδηγεί σε σημαντικά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη, όπως η μείωση του κόστους πρώτων υλών, η ανάκτηση αξίας και η μείωση των αποβλήτων και των εκπομπών (Carter & Rogers, 2008· Ellen MacArthur Foundation, 2013).

Ωστόσο, το κεφάλαιο ανέδειξε και τις βασικές προκλήσεις που συνοδεύουν την εφαρμογή των reverse logistics και της βιώσιμης εφοδιαστικής, όπως η λειτουργική πολυπλοκότητα, το υψηλό κόστος επενδύσεων, η αβεβαιότητα των επιστρεφόμενων ροών και η έλλειψη εναρμονισμένου κανονιστικού πλαισίου σε διεθνές επίπεδο (Srivastava, 2007· European Commission, 2020).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ & REVERSE LOGISTICS

3.1 Βιώσιμη εφοδιαστική αλυσίδα & κυκλικά επιχειρηματικά μοντέλα

Η Βιώσιμη Εφοδιαστική Αλυσίδα (Sustainable Supply Chain Management – SSCM) αποτελεί μια εξελιγμένη προσέγγιση διαχείρισης, η οποία ενσωματώνει περιβαλλοντικές και κοινωνικές διαστάσεις στις παραδοσιακές οικονομικές λειτουργίες της εφοδιαστικής αλυσίδας. Στόχος της είναι η επίτευξη ισορροπίας μεταξύ οικονομικής αποδοτικότητας, περιβαλλοντικής προστασίας και κοινωνικής υπευθυνότητας, συμβάλλοντας στη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα των επιχειρήσεων (Carter & Rogers, 2008· Panigrahi et al., 2019). Στο πλαίσιο αυτό, η σύνδεση της βιώσιμης εφοδιαστικής με τα Reverse Logistics (RL) καθίσταται καθοριστική, καθώς επιτρέπει τη δημιουργία κυκλικών ροών υλικών και προϊόντων, ενισχύοντας τη μετάβαση προς την Κυκλική Οικονομία.

Η σύζευξη της SSCM με τα reverse logistics οδηγεί στην ανάπτυξη Κυκλικών Επιχειρηματικών Μοντέλων (Circular Business Models – CBM), στα οποία η αξία των προϊόντων και των υλικών δεν εξαντλείται στο σημείο πώλησης, αλλά διατηρείται και ανακτάται σε όλο τον κύκλο ζωής τους. Τα μοντέλα αυτά βασίζονται σε στρατηγικές που επαναπροσδιορίζουν τον τρόπο παραγωγής και κατανάλωσης, μετατρέποντας τα απόβλητα σε πόρους και ενισχύοντας την αποδοτικότητα της χρήσης υλικών (Geissdoerfer et al., 2017).

Σύμφωνα με τους Bocken et al. (2016), τα κυκλικά επιχειρηματικά μοντέλα μπορούν να ταξινομηθούν σε βασικές κατηγορίες, όπως η μείωση της χρήσης πόρων (resource efficiency), η παράταση της διάρκειας ζωής των προϊόντων, οι πλατφόρμες κοινής χρήσης (sharing platforms), το μοντέλο «προϊόν ως υπηρεσία» (product-as-a-

service), η ανακατασκευή/αναβάθμιση και η ανακύκλωση/ανάκτηση υλικών. Ιδιαίτερα στις τελευταίες κατηγορίες, τα Reverse Logistics διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο, καθώς αποτελούν τον μηχανισμό μέσω του οποίου επιτυγχάνεται η επιστροφή των προϊόντων και η επανένταξή τους στην παραγωγική διαδικασία.

Ειδικότερα, στο μοντέλο Product-as-a-Service (PaaS), το προϊόν παραμένει στην ιδιοκτησία της επιχείρησης και προσφέρεται ως υπηρεσία στον χρήστη, γεγονός που καθιστά απαραίτητη την ύπαρξη οργανωμένων συστημάτων συλλογής, συντήρησης και επαναδιάθεσης. Τα reverse logistics εξασφαλίζουν την επιστροφή των προϊόντων μετά τη χρήση, επιτρέποντας τη συνεχή αξιοποίησή τους (Bocken et al., 2016). Αντίστοιχα, στις διαδικασίες ανακατασκευής (remanufacturing), τα RL διασφαλίζουν τη σταθερή ροή επιστρεφόμενων προϊόντων, τα οποία μπορούν να αποσυναρμολογηθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν ως πρώτες ύλες ή εξαρτήματα (Guide & Van Wassenhove, 2009).

Στον τομέα της ανακύκλωσης, η αποτελεσματικότητα των reverse logistics είναι καθοριστική, καθώς η ποιότητα του ανακυκλωμένου υλικού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη σωστή συλλογή, διαλογή και επεξεργασία των επιστρεφόμενων προϊόντων (Srivastava, 2007). Παράλληλα, στην αξιοποίηση υπολειμμάτων, όπως οργανικά ή ενεργειακά υλικά, απαιτείται ένα καλά οργανωμένο σύστημα αντίστροφης ροής, προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή ανάκτηση αξίας (Kazancoglu et al., 2022).

Τέλος, τα Reverse Logistics αποτελούν τον βασικό λειτουργικό μηχανισμό που υποστηρίζει την υλοποίηση των κυκλικών επιχειρηματικών μοντέλων, λειτουργώντας ως «σπονδυλική στήλη» της κυκλικής οικονομίας. Μέσω αυτών, οι επιχειρήσεις μπορούν να μεταβούν από γραμμικά σε κυκλικά μοντέλα λειτουργίας, ενισχύοντας τόσο τη βιωσιμότητα όσο και την ανταγωνιστικότητά τους στο σύγχρονο επιχειρηματικό περιβάλλον (Julianelli et al., 2023).

3.2 Η συμβολή των Reverse Logistics στην κυκλικότητα των πόρων

Η Κυκλική Οικονομία στηρίζεται στη δημιουργία συστημάτων κλειστού βρόχου, όπου τα υλικά και τα προϊόντα διατηρούνται εντός της οικονομικής δραστηριότητας για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, μέσω διαδικασιών επαναχρησιμοποίησης, ανακατασκευής και ανακύκλωσης. Στο πλαίσιο αυτό, τα Reverse Logistics (Αντίστροφη Εφοδιαστική Αλυσίδα) αποτελούν βασικό μηχανισμό για την επίτευξη της κυκλικότητας των πόρων, καθώς επιτρέπουν την επιστροφή των προϊόντων από τον τελικό καταναλωτή προς την επιχείρηση και την επανένταξή τους στον παραγωγικό κύκλο (Geissdoerfer et al., 2017· Guide & Van Wassenhove, 2009).

Σύμφωνα με τους Rogers και Tibben-Lembke (1998), τα reverse logistics περιλαμβάνουν όλες τις διαδικασίες συλλογής, μεταφοράς, διαλογής, επαναχρησιμοποίησης, ανακατασκευής, ανακύκλωσης και ασφαλούς διάθεσης προϊόντων στο τέλος του κύκλου ζωής τους. Ως εκ τούτου, αποτελούν τον «λειτουργικό βραχίονα» της Κυκλικής Οικονομίας, καθώς χωρίς την ύπαρξη οργανωμένων συστημάτων αντίστροφης ροής, η ανάκτηση αξίας των προϊόντων καθίσταται πρακτικά αδύνατη (Srivastava, 2007).

Η ανάπτυξη των reverse logistics συνιστά πλέον στρατηγική αναγκαιότητα για τις σύγχρονες επιχειρήσεις, καθώς τροφοδοτείται τόσο από θεσμικούς όσο και από αγοραστικούς παράγοντες. Σε θεσμικό επίπεδο, η υιοθέτηση πολιτικών όπως η Διευρυμένη Ευθύνη του Παραγωγού (Extended Producer Responsibility – EPR) επιβάλλει στις επιχειρήσεις την ευθύνη διαχείρισης των προϊόντων τους και μετά το τέλος της χρήσης τους (European Commission, 2020). Παράλληλα, η αυξανόμενη περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των καταναλωτών και η ανάγκη για ευέλικτες πολιτικές επιστροφών ενισχύουν τη σημασία της ενσωμάτωσης των αντίστροφων ροών στην εμπειρία πελάτη (Prahinski & Kocabasoglu, 2006). Επιπλέον, σε ένα περιβάλλον περιορισμένων φυσικών πόρων και ασταθών τιμών πρώτων υλών, τα reverse logistics λειτουργούν ως στρατηγικό εργαλείο ανάκτησης αξίας και μείωσης κόστους (Kazancoglu et al., 2022).

Η συμβολή των reverse logistics στην κυκλικότητα των πόρων είναι πολυδιάστατη. Καταρχάς, επιτρέπουν την ανάκτηση πρώτων υλών υψηλής αξίας,

όπως μέταλλα, πλαστικά και γυαλί, επανεισάγοντάς τα στον παραγωγικό κύκλο και μειώνοντας την ανάγκη εξόρυξης νέων πόρων (Ellen MacArthur Foundation, 2013). Επιπλέον, μέσω διαδικασιών όπως η ανακατασκευή (remanufacturing) και η αναβάθμιση (refurbishment), επιτυγχάνεται η επέκταση του κύκλου ζωής των προϊόντων, προσδίδοντάς τους «δεύτερη ζωή» και περιορίζοντας την παραγωγή αποβλήτων (Guide & Van Wassenhove, 2009).

Παράλληλα, η αποτελεσματική διαχείριση των αντίστροφων ροών συμβάλλει στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος, καθώς περιορίζεται ο όγκος των απορριμμάτων και μειώνονται οι εκπομπές ρύπων που συνδέονται με την παραγωγή νέων υλικών (Sarkis, 2003). Επιπρόσθετα, τα reverse logistics ενισχύουν την ανάπτυξη δευτερογενών αγορών, στις οποίες τα ανακτημένα υλικά και προϊόντα επαναδιατίθενται, δημιουργώντας νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες και ενισχύοντας τη λειτουργία της κυκλικής οικονομίας (Julianelli et al., 2023).

Συνεπώς, σε περιπτώσεις όπου η ανακύκλωση δεν είναι εφικτή, τα reverse logistics επιτρέπουν την ενεργειακή αξιοποίηση των υπολειμμάτων μέσω της μεταφοράς τους σε κατάλληλες εγκαταστάσεις, όπου μετατρέπονται σε χρήσιμες μορφές ενέργειας, όπως ηλεκτρισμός, θερμότητα ή βιοαέριο (European Commission, 2015).

3.3 Παραδείγματα εφαρμογής

Η πρακτική εφαρμογή της Κυκλικής Οικονομίας μέσω των Reverse Logistics αποτυπώνεται σε πληθώρα επιχειρηματικών πρωτοβουλιών παγκοσμίως, οι οποίες αξιοποιούν την αντίστροφη ροή προϊόντων ως στρατηγικό εργαλείο για την ανάκτηση αξίας και τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος. Τα παρακάτω παραδείγματα αναδεικνύουν τον τρόπο με τον οποίο διαφορετικοί κλάδοι ενσωματώνουν κυκλικές πρακτικές στην εφοδιαστική τους λειτουργία.

Η Nespresso αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής συστήματος κυκλικής διαχείρισης, καθώς έχει αναπτύξει ένα διεθνές δίκτυο συλλογής χρησιμοποιημένων καψουλών καφέ από αλουμίνιο. Μέσω των reverse logistics, οι κάψουλες επιστρέφονται, διαχωρίζονται και επεξεργάζονται, επιτρέποντας την ανακύκλωση του αλουμινίου σε υψηλής ποιότητας δευτερογενή υλικά, ενώ τα

οργανικά υπολείμματα του καφέ αξιοποιούνται για κομποστοποίηση ή παραγωγή ενέργειας. Το σύστημα αυτό αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα closed-loop supply chain, όπου τα υλικά επανεισάγονται στον παραγωγικό κύκλο.

Αντίστοιχα, η IKEA εφαρμόζει κυκλικές πρακτικές μέσω του προγράμματος Circular Hub, δίνοντας στους καταναλωτές τη δυνατότητα επιστροφής παλαιών επίπλων. Μέσω οργανωμένων διαδικασιών reverse logistics, τα προϊόντα συλλέγονται, αξιολογούνται ως προς την κατάστασή τους, επισκευάζονται ή ανακατασκευάζονται και επαναδιατίθενται στην αγορά. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η επιμήκυνση του κύκλου ζωής των προϊόντων και η δημιουργία «δεύτερης ζωής» (second life), μειώνοντας ταυτόχρονα την ανάγκη για νέες πρώτες ύλες (Bocken et al., 2016).

Στον τομέα της τεχνολογίας, εταιρείες όπως η HP και η Dell εφαρμόζουν προγράμματα ανακατασκευής (remanufacturing) ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Μέσω των reverse logistics, οι καταναλωτές επιστρέφουν χρησιμοποιημένες συσκευές, οι οποίες αποσυναρμολογούνται και επαναχρησιμοποιούνται, επιτρέποντας την ανάκτηση πολύτιμων υλικών, όπως χαλκός και λίθιο. Η πρακτική αυτή συμβάλλει τόσο στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος όσο και στον περιορισμό της εξάρτησης από εξορυκτικές δραστηριότητες (Guide & Van Wassenhove, 2009).

Ένα ιδιαίτερα καινοτόμο παράδειγμα αποτελεί η Adidas μέσω του προγράμματος Futurecraft Loop, το οποίο βασίζεται σε μονοϋλικό σχεδιασμό (TPU). Τα αθλητικά παπούτσια επιστρέφονται μετά τη χρήση τους μέσω reverse logistics και ανακυκλώνονται πλήρως σε νέα προϊόντα, χωρίς την ανάγκη προσθήκης παρθένων υλικών. Το μοντέλο αυτό αποτελεί χαρακτηριστική εφαρμογή πλήρως κλειστού βρόχου παραγωγής (closed-loop system), όπου ο κατασκευαστής διατηρεί τον έλεγχο σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

Τέλος, η Coca-Cola εφαρμόζει στρατηγικές closed-loop ανακύκλωσης πλαστικών συσκευασιών PET, συλλέγοντας χρησιμοποιημένα μπουκάλια και επαναμετατρέποντάς τα σε νέες φιάλες από ανακυκλωμένο υλικό (rPET), όπου αυτό είναι τεχνολογικά εφικτό. Η διαδικασία αυτή απαιτεί υψηλής ποιότητας διαλογή και προηγμένες τεχνολογίες επεξεργασίας, προκειμένου να διασφαλιστεί η καταλληλότητα του υλικού για επαφή με τρόφιμα (European Commission, 2020).

3.4 Ανακεφαλαίωση

Το κεφάλαιο ανέδειξε τη στενή σύνδεση μεταξύ Κυκλικής Οικονομίας και Reverse Logistics. Τα Reverse Logistics αποτελούν την απαραίτητη υποδομή για την εφαρμογή κυκλικών μοντέλων, επιτρέποντας την ανάκτηση, αξιοποίηση και επαναχρησιμοποίηση υλικών. Τα κυκλικά επιχειρηματικά μοντέλα βασίζονται στα Reverse Logistics για να διασφαλίσουν την επιστροφή προϊόντων, τη διατήρηση της αξίας και τη δημιουργία νέων ροών εσόδων. Τα παραδείγματα από κορυφαίες επιχειρήσεις αποδεικνύουν ότι τα RL ενισχύουν τόσο την περιβαλλοντική βιωσιμότητα όσο και την οικονομική απόδοση. Το θεωρητικό αυτό πλαίσιο αποτελεί τη βάση για το Κεφάλαιο 4, όπου αναλύεται σε βάθος η μελέτη περίπτωσης της επιστροφής και ανακύκλωσης καψουλών Nespresso, ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμοσμένων RL και κυκλικού σχεδιασμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ - ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΚΑΨΟΥΛΩΝ NESPRESSO

4.1 Εισαγωγή στη Μελέτη Περίπτωσης

Η αυξανόμενη κατανάλωση καφέ σε κάψουλες τα τελευταία χρόνια έχει δημιουργήσει σημαντικές προκλήσεις στον τομέα της βιώσιμης διαχείρισης αποβλήτων. Η παραγωγή δισεκατομμυρίων καψουλών καφέ παγκοσμίως καθιστά απαραίτητη την ανάπτυξη αποτελεσματικών συστημάτων συλλογής και ανακύκλωσης, προκειμένου να περιοριστεί το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των προϊόντων αυτών. Στο πλαίσιο αυτό, ιδιαίτερη σημασία αποκτά η έννοια των reverse logistics, η οποία αφορά τη διαδικασία επιστροφής χρησιμοποιημένων προϊόντων από τον τελικό καταναλωτή προς την επιχείρηση, με σκοπό την ανακύκλωση, την επαναχρησιμοποίηση ή την ανάκτηση πρώτων υλών.

Η Nespresso αποτελεί διεθνώς ένα από τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα επιχείρησης που έχει αναπτύξει ένα πλήρως λειτουργικό σύστημα κλειστού βρόχου (closed-loop system) για την ανακύκλωση καψουλών καφέ. Η εταιρεία έχει αναπτύξει ένα ολοκληρωμένο παγκόσμιο σύστημα συλλογής και επεξεργασίας

χρησιμοποιημένων καψουλών, το οποίο βασίζεται στη συνεργασία με καταναλωτές, δήμους, εταιρείες logistics και οργανισμούς ανακύκλωσης.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι κάψουλες καφέ δεν θεωρούνται συσκευασία σύμφωνα με τις ευρωπαϊκές οδηγίες. Ως αποτέλεσμα, τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης δεν υποχρεούνται να δημιουργούν συστήματα ανακύκλωσης για τα συγκεκριμένα προϊόντα. Ωστόσο, η Nespresso ανέλαβε πρωτοβουλία για την ανάπτυξη ενός ανεξάρτητου προγράμματος ανακύκλωσης, το οποίο σήμερα αποτελεί σημαντικό παράδειγμα εφαρμογής βιώσιμων πρακτικών στον κλάδο του καφέ.

Το παρόν case study εξετάζει το σύστημα ανακύκλωσης καψουλών της εταιρείας, παρουσιάζοντας την ιστορική του εξέλιξη, τις υποδομές που έχουν αναπτυχθεί, τη χρήση αλουμινίου ως υλικού κατασκευής των καψουλών, τον τρόπο επιστροφής τους από τους καταναλωτές, καθώς και την ανάλυση του συστήματος reverse logistics και της εφοδιαστικής αλυσίδας.

4.2 Ιστορική Αναδρομή

Η Nespresso υπήρξε από τις πρώτες εταιρείες στον κλάδο του καφέ που ανέπτυξαν ένα οργανωμένο πρόγραμμα ανακύκλωσης καψουλών. Το 1991, η εταιρεία δημιούργησε στην Ελβετία το πρώτο σύστημα συλλογής και ανακύκλωσης καψουλών αλουμινίου. Η πρωτοβουλία αυτή αποτέλεσε τη βάση για τη μετέπειτα ανάπτυξη ενός παγκόσμιου συστήματος ανακύκλωσης. Στα επόμενα χρόνια, η εταιρεία συνεργάστηκε με διεθνείς εταίρους, οργανισμούς διαχείρισης αποβλήτων και τοπικές αρχές, με στόχο την ανάπτυξη λύσεων που να προσαρμόζονται στις ανάγκες κάθε αγοράς.

Οι βασικές αρχές που καθοδήγησαν την ανάπτυξη του συστήματος ήταν:

- η διευκόλυνση της διαδικασίας επιστροφής καψουλών για τους καταναλωτές
- η βελτίωση της περιβαλλοντικής αποτελεσματικότητας
- η αξιοποίηση των υφιστάμενων υποδομών ανακύκλωσης

Από τεχνική άποψη, η ανακύκλωση καψουλών καφέ αποτελεί μια σύνθετη διαδικασία, καθώς απαιτεί τον διαχωρισμό του αλουμινίου από τα υπολείμματα καφέ.

Για τον σκοπό αυτό αναπτύχθηκαν ειδικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας που επιτρέπουν τον τεμαχισμό των καψουλών και τον διαχωρισμό των υλικών.

Σήμερα, εξειδικευμένες μηχανές διαχωρισμού έχουν εγκατασταθεί σε δημόσια συστήματα ανακύκλωσης σε 11 χώρες, ενισχύοντας σημαντικά την αποτελεσματικότητα της διαδικασίας. Ακόμη, το σύστημα ανακύκλωσης της Nespresso έχει επεκταθεί σημαντικά σε παγκόσμιο επίπεδο όπου:

- λειτουργούν περισσότερα από 14.000 σημεία συλλογής καψουλών παγκοσμίως
- το πρόγραμμα ανακύκλωσης εφαρμόζεται σε 34 χώρες
- σε 13 χώρες οι κάψουλες μπορούν να ανακυκλωθούν μέσω της οικιακής ανακύκλωσης

Παράλληλα, 71 καταστήματα της εταιρείας διαθέτουν υποδομές ανακύκλωσης καψουλών αλουμινίου, γεγονός που επιτρέπει σε μεγάλο ποσοστό των καταναλωτών να έχουν πρόσβαση σε κάποιο σύστημα συλλογής. Σύμφωνα με στοιχεία της εταιρείας, το 99% των καψουλών που αγοράζονται παγκοσμίως προέρχεται από νοικοκυριά που έχουν πρόσβαση σε επιλογές ανακύκλωσης.

Σε αρκετές χώρες έχουν ήδη επιτευχθεί υψηλά ποσοστά ανακύκλωσης. Ενδεικτικά, ποσοστά άνω του 50% έχουν καταγραφεί σε χώρες όπως:

- Καναδάς
- Κολομβία
- Γερμανία
- Λουξεμβούργο
- Ελβετία
- Ταϊβάν



2.2 Nestlé coffee capsules recycling infrastructure overview

4.3 Χρήση Αλουμινίου στις Κάψουλες

Η Nespresso χρησιμοποιεί αλουμίνιο για την κατασκευή των καψουλών καφέ, καθώς το συγκεκριμένο υλικό προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα τόσο ως προς την ποιότητα του προϊόντος όσο και ως προς τη βιωσιμότητα. Συγκεκριμένα, το αλουμίνιο λειτουργεί ως αποτελεσματικό φράγμα έναντι του φωτός, του οξυγόνου και της υγρασίας, διασφαλίζοντας τη διατήρηση της φρεσκάδας, του αρώματος και των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του καφέ για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (Nestlé Nespresso, 2022).

Παράλληλα, το αλουμίνιο αποτελεί ένα από τα πλέον κατάλληλα υλικά για την εφαρμογή αρχών Κυκλικής Οικονομίας, καθώς μπορεί να ανακυκλωθεί επανειλημμένα χωρίς να υποβαθμίζονται οι φυσικές και χημικές του ιδιότητες. Η ιδιότητα αυτή το καθιστά ιδανικό για συστήματα κλειστού βρόχου (closed-loop

systems), όπου τα υλικά επανεισάγονται συνεχώς στην παραγωγική διαδικασία (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

Ένα ιδιαίτερα σημαντικό πλεονέκτημα της ανακύκλωσης του αλουμινίου είναι η υψηλή ενεργειακή αποδοτικότητα, καθώς απαιτεί έως και 95% λιγότερη ενέργεια σε σύγκριση με την παραγωγή πρωτογενούς αλουμινίου από βωξίτη. Αυτό συνεπάγεται σημαντική μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με την εξόρυξη και επεξεργασία πρώτων υλών (European Commission, 2020).

Μέσω του οργανωμένου προγράμματος ανακύκλωσης της εταιρείας, το αλουμίνιο που συλλέγεται από τις χρησιμοποιημένες κάψουλες επεξεργάζεται και επαναχρησιμοποιείται για την παραγωγή νέων προϊόντων, όπως ποδήλατα, στυλό και διάφορα μεταλλικά εξαρτήματα, ενισχύοντας έτσι τη δευτερογενή αγορά υλικών και τη βιώσιμη παραγωγή (Nespresso, 2024). Ταυτόχρονα, τα οργανικά υπολείμματα του καφέ διαχωρίζονται και αξιοποιούνται μέσω κομποστοποίησης ή μετατρέπονται σε βιοενέργεια, συμβάλλοντας περαιτέρω στη μείωση των αποβλήτων και στην ανάκτηση πόρων.

4.4 Περιγραφή του Συστήματος Reverse Logistics της Nespresso

Το σύστημα Reverse Logistics της Nespresso αποτελεί ένα ολοκληρωμένο και πολυεπίπεδο δίκτυο διαχείρισης των χρησιμοποιημένων καψουλών, το οποίο έχει σχεδιαστεί με στόχο τη μέγιστη ανάκτηση υλικών και τη διευκόλυνση της συμμετοχής των καταναλωτών. Η λειτουργία του βασίζεται σε διαδοχικά στάδια, τα οποία εξασφαλίζουν τη συλλογή, μεταφορά και επεξεργασία των προϊόντων στο τέλος του κύκλου ζωής τους (Nespresso, 2024).

4.4.1 Συλλογή Καψουλών

Η συλλογή των χρησιμοποιημένων καψουλών αποτελεί το πρώτο και ιδιαίτερα κρίσιμο στάδιο του συστήματος Reverse Logistics της Nespresso, καθώς από την αποτελεσματικότητά του εξαρτάται η συνολική απόδοση της κυκλικής διαδικασίας ανάκτησης υλικών. Για τον λόγο αυτό, η εταιρεία έχει αναπτύξει ένα πολυκαναλικό και ευέλικτο δίκτυο συλλογής, το οποίο διευκολύνει τη συμμετοχή των καταναλωτών και αυξάνει τα ποσοστά επιστροφής των καψουλών.

Ειδικότερα, η συλλογή πραγματοποιείται μέσω σημείων παράδοσης (drop-off) σε καταστήματα Nespresso, καθώς και σε συνεργαζόμενα καταστήματα λιανικής, όπου οι καταναλωτές μπορούν εύκολα να επιστρέψουν τις χρησιμοποιημένες κάψουλες. Παράλληλα, παρέχεται η δυνατότητα παραλαβής από το σπίτι μέσω υπηρεσιών courier, η οποία μειώνει σημαντικά το «κόστος συμπεριφοράς» για τον καταναλωτή, ενισχύοντας τη συμμετοχή στο πρόγραμμα ανακύκλωσης (Prahinski & Kocabasoglu, 2006).

Επιπλέον, η αξιοποίηση σύγχρονων αυτόνομων θυρίδων παράδοσης (lockers), όπως συστήματα τύπου BOX NOW και ACS Lockers, προσφέρει μια ακόμη ευέλικτη και άμεσα προσβάσιμη λύση για την επιστροφή των καψουλών. Οι θυρίδες αυτές επιτρέπουν στους χρήστες να αποθέτουν τις κάψουλες σε χρόνο που τους εξυπηρετεί, ενισχύοντας την ευκολία και τη λειτουργικότητα του συστήματος. Σε ορισμένες περιοχές, η συλλογή υποστηρίζεται επίσης από ειδικούς κάδους ανακύκλωσης, οι οποίοι συμβάλλουν στη διεύρυνση του δικτύου συλλογής.

Η πολυκαναλική αυτή προσέγγιση επιτρέπει τη μεγιστοποίηση των ποσοστών συλλογής, καθώς προσαρμόζεται στις διαφορετικές ανάγκες και συνήθειες των καταναλωτών. Ταυτόχρονα, διασφαλίζει τη συνεχή ροή επιστρεφόμενων υλικών προς τα επόμενα στάδια της αντίστροφης εφοδιαστικής αλυσίδας, αποτελώντας τη βάση για την αποτελεσματική εφαρμογή του κυκλικού μοντέλου (Nespresso, 2024).

4.4.2 Μεταφορά και Διαχείριση Αντίστροφης Ροής

Μετά τη συλλογή, οι χρησιμοποιημένες κάψουλες της Nespresso εισέρχονται στο στάδιο της μεταφοράς και διαχείρισης της αντίστροφης ροής, το οποίο αποτελεί κρίσιμο κρίκο για τη λειτουργία του συνολικού συστήματος Reverse Logistics. Στο στάδιο αυτό, στόχος είναι η αποτελεσματική, ασφαλής και περιβαλλοντικά αποδοτική μετακίνηση των επιστρεφόμενων προϊόντων προς τα κατάλληλα κέντρα επεξεργασίας.

Οι κάψουλες συγκεντρώνονται αρχικά σε σημεία συλλογής και τοποθετούνται σε ειδικούς σάκους ή δοχεία μεγάλης χωρητικότητας, προκειμένου να διευκολυνθεί η μεταφορά τους σε κέντρα διαλογής. Παράλληλα, πραγματοποιείται καταγραφή των ποσοτήτων και των όγκων των επιστρεφόμενων υλικών, στοιχείο που είναι

απαραίτητο για τον προγραμματισμό της εφοδιαστικής αλυσίδας, τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών και την παρακολούθηση της απόδοσης του συστήματος (Fleischmann, 2000).

Η μεταφορά εντάσσεται σε οργανωμένα και βελτιστοποιημένα δίκτυα reverse logistics, όπου λαμβάνονται υπόψη παράγοντες όπως η γεωγραφική κατανομή των σημείων συλλογής, η συχνότητα των επιστροφών και η διαθεσιμότητα μεταφορικών μέσων. Μέσω της βελτιστοποίησης των δρομολογίων επιδιώκεται η ελαχιστοποίηση του κόστους μεταφοράς, καθώς και η μείωση των εκπομπών ρύπων που σχετίζονται με τη διακίνηση των υλικών (Srivastava, 2007).

Επιπλέον, η διαχείριση της αντίστροφης ροής χαρακτηρίζεται από υψηλό βαθμό πολυπλοκότητας, καθώς τα επιστρεφόμενα προϊόντα παρουσιάζουν μεταβλητότητα ως προς την ποσότητα, τη συχνότητα και την κατάσταση στην οποία βρίσκονται. Για τον λόγο αυτό, απαιτείται η χρήση κατάλληλων πληροφοριακών συστημάτων και εργαλείων παρακολούθησης, τα οποία επιτρέπουν τον αποτελεσματικό συντονισμό των ροών και τη λήψη βέλτιστων αποφάσεων (Guide & Van Wassenhove, 2009).

4.4.3 Διαλογή και Διαχωρισμός Υλικών

Στο στάδιο της διαλογής και του διαχωρισμού, οι χρησιμοποιημένες κάψουλες που έχουν συλλεχθεί μέσω του συστήματος Reverse Logistics της Nespresso οδηγούνται σε εξειδικευμένες μονάδες επεξεργασίας, όπου πραγματοποιείται η ανάκτηση των επιμέρους υλικών τους. Το στάδιο αυτό είναι καθοριστικής σημασίας, καθώς επηρεάζει άμεσα την ποιότητα των ανακτώμενων υλικών και την αποτελεσματικότητα του συνολικού κυκλικού συστήματος (Guide & Van Wassenhove, 2009).

Κατά τη διαδικασία, το αλουμίνιο διαχωρίζεται από τα οργανικά υπολείμματα του καφέ μέσω συνδυασμού μηχανικών και τεχνολογικών μεθόδων. Συγκεκριμένα, εφαρμόζεται αρχικά μηχανική κοπή των καψουλών, ώστε να απελευθερωθεί το περιεχόμενο, ενώ στη συνέχεια χρησιμοποιούνται περιστροφικά συστήματα για τον διαχωρισμό των διαφορετικών υλικών. Επιπλέον, αξιοποιούνται τεχνικές μαγνητικού ή επαγωγικού διαχωρισμού, οι οποίες επιτρέπουν την ακριβή απομόνωση του

αλουμινίου από τα υπόλοιπα στοιχεία, διασφαλίζοντας υψηλό βαθμό καθαρότητας (Srivastava, 2007).

Τα οργανικά υπολείμματα του καφέ κατευθύνονται προς διαδικασίες κομποστοποίησης, μέσω των οποίων μετατρέπονται σε φυσικό λίπασμα, συμβάλλοντας στην κυκλική αξιοποίηση των βιολογικών πόρων. Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα υπολείμματα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την παραγωγή βιοενέργειας, ενισχύοντας περαιτέρω την ενεργειακή αποδοτικότητα του συστήματος (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

Αντίστοιχα, το διαχωρισμένο αλουμίνιο συμπιέζεται σε μορφή κατάλληλη για μεταφορά και αποστέλλεται σε μονάδες ανακύκλωσης μετάλλων, όπου επεξεργάζεται και επανεισάγεται στον παραγωγικό κύκλο ως δευτερογενής πρώτη ύλη. Η υψηλή καθαρότητα του υλικού που επιτυγχάνεται στο στάδιο της διαλογής είναι καθοριστική για τη διατήρηση των ιδιοτήτων του και την αξιοποίησή του σε νέα προϊόντα (European Commission, 2020).

4.4.4 Ανακύκλωση και Επαναχρησιμοποίηση Υλικών

Το τελικό στάδιο του συστήματος Reverse Logistics της Nespresso αφορά την ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση των υλικών που έχουν διαχωριστεί κατά την προηγούμενη φάση. Στο στάδιο αυτό ολοκληρώνεται ο κύκλος της κυκλικής οικονομίας, καθώς τα ανακτημένα υλικά επανεισάγονται στην παραγωγική διαδικασία ή αξιοποιούνται σε νέες εφαρμογές, διατηρώντας την αξία τους (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

Το ανακυκλωμένο αλουμίνιο, λόγω της υψηλής καθαρότητας και των φυσικών του ιδιοτήτων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Συγκεκριμένα, επαναξιοποιείται για την παραγωγή νέων προϊόντων της Nespresso, συμβάλλοντας στη δημιουργία συστημάτων κλειστού βρόχου (closed-loop systems). Παράλληλα, χρησιμοποιείται στην κατασκευή άλλων προϊόντων, όπως ποδήλατα, στυλό, εργαλεία, καθώς και συσκευασίες τροφίμων ή δομικά και βιομηχανικά υλικά. Η δυνατότητα επαναλαμβανόμενης ανακύκλωσης χωρίς απώλεια ποιότητας καθιστά το αλουμίνιο ένα από τα πλέον κατάλληλα υλικά για κυκλική χρήση (European Commission, 2020).

Από την άλλη πλευρά, τα οργανικά υπολείμματα του καφέ αξιοποιούνται μέσω διαδικασιών βιολογικής επεξεργασίας, ενισχύοντας τη βιώσιμη διαχείριση των πόρων. Ειδικότερα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε γεωργικές εφαρμογές ως βελτιωτικά εδάφους (soil enhancers), συμβάλλοντας στην ενίσχυση της γονιμότητας και της δομής του εδάφους. Επιπλέον, τα υπολείμματα καφέ μπορούν να αξιοποιηθούν για την παραγωγή βιοαερίου μέσω αναερόβιας χώνευσης, προσφέροντας μια εναλλακτική πηγή ενέργειας, ή να χρησιμοποιηθούν σε διαδικασίες συγκαύσης σε ενεργειακές εγκαταστάσεις (Sarkis, 2003).

4.5 Οικονομική και Περιβαλλοντική Αξιολόγηση

Η αξιολόγηση του συστήματος Reverse Logistics της Nespresso αναδεικνύει σημαντικά οφέλη τόσο σε οικονομικό όσο και σε περιβαλλοντικό επίπεδο, επιβεβαιώνοντας τη στρατηγική αξία της ενσωμάτωσης κυκλικών πρακτικών στην εφοδιαστική αλυσίδα.

Σε οικονομικό επίπεδο, ένα από τα βασικότερα οφέλη είναι η ανάκτηση αξίας από το αλουμίνιο, το οποίο αποτελεί υλικό υψηλής εμπορικής αξίας ως δευτερογενής πρώτη ύλη (scrap metal). Η επαναχρησιμοποίησή του επιτρέπει τη σημαντική μείωση του κόστους παραγωγής, καθώς υποκαθιστά την ανάγκη χρήσης πρωτογενούς αλουμινίου, το οποίο είναι πιο ενεργοβόρο και δαπανηρό στην παραγωγή (European Commission, 2020). Παράλληλα, η εφαρμογή περιβαλλοντικών προγραμμάτων ενισχύει την πιστότητα των πελατών (customer loyalty), καθώς οι καταναλωτές αναπτύσσουν ισχυρότερη συναισθηματική σύνδεση με επιχειρήσεις που υιοθετούν βιώσιμες πρακτικές (Carter & Rogers, 2008). Επιπλέον, η λειτουργία του συστήματος δημιουργεί ευκαιρίες για ανάπτυξη νέων συνεργασιών με βιομηχανίες ανακύκλωσης αλουμινίου, περιβαλλοντικούς οργανισμούς και αγροτικούς φορείς, διευρύνοντας το επιχειρηματικό οικοσύστημα και ενισχύοντας την καινοτομία.

Σε περιβαλλοντικό επίπεδο, τα οφέλη είναι εξίσου σημαντικά. Η ανακύκλωση του αλουμινίου συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), καθώς απαιτεί σημαντικά λιγότερη ενέργεια σε σχέση με την παραγωγή πρωτογενούς μετάλλου (Sarkis, 2003). Παράλληλα, επιτυγχάνεται μείωση των αποβλήτων, δεδομένου ότι κάθε τόνο ανακυκλωμένου αλουμινίου αντιστοιχεί σε έναν τόνο

λιγότερων απορριμμάτων που θα κατέληγαν σε χώρους υγειονομικής ταφής (Ellen MacArthur Foundation, 2013). Επιπλέον, η ανακύκλωση συμβάλλει στην προστασία των φυσικών πόρων, καθώς περιορίζεται η ανάγκη εξόρυξης βωξίτη, μειώνοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που σχετίζονται με την εξορυκτική δραστηριότητα (European Commission, 2020).

Ιδιαίτερη σημασία έχει και η αξιοποίηση του οργανικού κλάσματος, καθώς τα υπολείμματα καφέ δεν απορρίπτονται ως απόβλητα αλλά αξιοποιούνται είτε ως φυσικό λίπασμα μέσω κομποστοποίησης είτε ως πηγή ενέργειας. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η επιβάρυνση των χώρων υγειονομικής ταφής και ενισχύεται η κυκλική διαχείριση των βιολογικών πόρων (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

4.6 Κρίσιμες Προκλήσεις του Συστήματος

Παρά την επιτυχημένη εφαρμογή του συστήματος Reverse Logistics της Nespresso, η λειτουργία του συνοδεύεται από μια σειρά κρίσιμων προκλήσεων που επηρεάζουν την αποδοτικότητα και τη δυνατότητα περαιτέρω κλιμάκωσής του. Οι προκλήσεις αυτές σχετίζονται τόσο με λειτουργικούς όσο και με συμπεριφορικούς και τεχνικούς παράγοντες.

Αρχικά, σημαντικό ζήτημα αποτελεί η εμπλοκή των καταναλωτών, καθώς το ποσοστό επιστροφής των καψουλών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ευκολία πρόσβασης στα σημεία συλλογής και από τις καθημερινές συνήθειες των χρηστών. Παρά τη διαθεσιμότητα πολλαπλών καναλιών επιστροφής, η ενεργή συμμετοχή των καταναλωτών δεν είναι δεδομένη, γεγονός που επηρεάζει τη συνολική αποτελεσματικότητα του συστήματος (Prahinski & Kocabasoglu, 2006).

Επιπλέον, το σύστημα αντιμετωπίζει υψηλό λειτουργικό κόστος, καθώς η συλλογή, μεταφορά και διαχείριση των χρησιμοποιημένων καψουλών συνεπάγονται μεγαλύτερη δαπάνη ανά μονάδα σε σύγκριση με τα παραδοσιακά συστήματα διαχείρισης scrap υλικών. Η χαμηλή πυκνότητα των επιστροφών και η ανάγκη για εξειδικευμένα δίκτυα reverse logistics αυξάνουν το συνολικό κόστος λειτουργίας (Guide & Van Wassenhove, 2009).

Ένας ακόμη κρίσιμος παράγοντας αφορά τις απαιτήσεις καθαρότητας του υλικού. Η ανάμειξη του αλουμινίου με άλλα υλικά ή η παρουσία υπολειμμάτων μπορεί να

μειώσει την ποιότητα του ανακυκλωμένου μετάλλου, επηρεάζοντας την καταλληλότητά του για επαναχρησιμοποίηση σε προϊόντα υψηλών προδιαγραφών. Για τον λόγο αυτό απαιτούνται προηγμένες διαδικασίες διαλογής και επεξεργασίας (Srivastava, 2007).

Τέλος, η γεωγραφική κάλυψη του δικτύου συλλογής αποτελεί καθοριστικό παράγοντα επιτυχίας. Η αποτελεσματικότητα του συστήματος εξαρτάται από την ύπαρξη πυκνών και καλά οργανωμένων δικτύων συλλογής και διανομής, τα οποία διασφαλίζουν την εύκολη πρόσβαση των καταναλωτών και τη βέλτιστη διαχείριση των αντίστροφων ροών. Σε περιοχές με περιορισμένες υποδομές, η απόδοση του συστήματος ενδέχεται να είναι μειωμένη (European Commission, 2020).

4.7 Συμπεράσματα Μελέτης Περίπτωσης

Η μελέτη περίπτωσης της Nespresso αναδεικνύει ένα από τα πλέον ολοκληρωμένα και λειτουργικά παραδείγματα εφαρμογής των αρχών της Κυκλικής Οικονομίας σε πραγματικές συνθήκες αγοράς. Μέσω της ανάπτυξης ενός καλά οργανωμένου και πολυεπίπεδου συστήματος Reverse Logistics, η εταιρεία έχει καταφέρει να μετατρέψει ένα καταναλωτικό προϊόν ευρείας χρήσης σε φορέα κυκλικής αξίας, ενσωματώνοντας πρακτικές ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης υλικών σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής.

Συγκεκριμένα, το σύστημα που έχει υιοθετηθεί επιτυγχάνει ουσιαστική κυκλικότητα, καθώς το αλουμίνιο των καψουλών επανεισάγεται στην παραγωγική διαδικασία χωρίς απώλεια ποιότητας, ενώ τα οργανικά υπολείμματα αξιοποιούνται μέσω κομποστοποίησης ή παραγωγής ενέργειας. Με τον τρόπο αυτό, δημιουργείται σημαντική οικονομική αξία, τόσο μέσω της μείωσης του κόστους πρώτων υλών όσο και μέσω της ανάπτυξης δευτερογενών αγορών (Guide & Van Wassenhove, 2009).

Παράλληλα, το σύστημα συμβάλλει ουσιαστικά στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, περιορίζοντας την παραγωγή αποβλήτων, τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και την ανάγκη εξόρυξης φυσικών πόρων (Ellen MacArthur Foundation, 2013). Επιπλέον, η εφαρμογή του ενισχύει σημαντικά τη βιώσιμη εικόνα της εταιρείας, ενδυναμώνοντας τη σχέση εμπιστοσύνης με τους καταναλωτές και ενισχύοντας την εταιρική υπευθυνότητα.

Ιδιαίτερα σημαντική είναι και η ενεργή συμμετοχή των καταναλωτών, η οποία ενθαρρύνεται μέσω εύχρηστων και προσβάσιμων συστημάτων συλλογής. Με τον τρόπο αυτό, οι χρήστες μετατρέπονται από απλοί καταναλωτές σε ενεργούς συμμετέχοντες σε ένα κυκλικό μοντέλο παραγωγής και κατανάλωσης (Prahinski & Kocabasoglu, 2006).

Συνοψίζοντας, το παράδειγμα της Nespresso αποδεικνύει ότι η εφαρμογή της Κυκλικής Οικονομίας στα συστήματα συσκευασίας είναι όχι μόνο τεχνικά εφικτή, αλλά και οικονομικά βιώσιμη και εμπορικά επιτυχημένη, όταν υποστηρίζεται από αποτελεσματικά και καλά σχεδιασμένα συστήματα reverse logistics. Το μοντέλο αυτό μπορεί να αποτελέσει πρότυπο για άλλες επιχειρήσεις που επιδιώκουν τη μετάβαση σε κυκλικά και βιώσιμα επιχειρηματικά μοντέλα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ

5.1 Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία ανέδειξε τον καθοριστικό ρόλο της Κυκλικής Οικονομίας και των Reverse Logistics (RL) στη μετάβαση προς ένα βιώσιμο και ανθεκτικό παραγωγικό σύστημα. Μέσα από τη θεωρητική ανάλυση και τη μελέτη περίπτωσης της Nespresso, προέκυψαν κρίσιμα συμπεράσματα που συνοψίζουν τη συμβολή, τα οφέλη και τις αναγκαίες προϋποθέσεις λειτουργίας των κυκλικών μοντέλων σε επίπεδο επιχείρησης και εφοδιαστικής αλυσίδας.

Πρώτον, η Κυκλική Οικονομία αποτελεί πλέον ένα σύγχρονο και επιβεβλημένο επιχειρησιακό πρότυπο, το οποίο στοχεύει στη διατήρηση της αξίας των υλικών, στη μείωση της εξάρτησης από πρωτογενείς πρώτες ύλες και στη βελτίωση της περιβαλλοντικής απόδοσης. Οι βασικές αρχές της —μείωση, επαναχρησιμοποίηση, ανακατασκευή και ανακύκλωση— δεν μπορούν να υλοποιηθούν χωρίς ολοκληρωμένα συστήματα αντίστροφης εφοδιαστικής.

Δεύτερον, τα Reverse Logistics αποτελούν προϋπόθεση για την πρακτική εφαρμογή των κυκλικών επιχειρηματικών μοντέλων. Η δυνατότητα συλλογής, ταξινόμησης, επεξεργασίας και επαναφοράς υλικών στον παραγωγικό κύκλο

διαμορφώνει κλειστούς βρόχους εφοδιαστικής, μειώνοντας τα απόβλητα και αυξάνοντας την αποτελεσματικότητα των πόρων.

Τρίτον, η μελέτη περίπτωσης της ανακύκλωσης καψουλών Nespresso ανέδειξε ότι η επιτυχία ενός κυκλικού μοντέλου συνδέεται άμεσα με:

- ένα ευέλικτο και καλά σχεδιασμένο δίκτυο συλλογής,
- τη δυνατότητα του καταναλωτή να συμμετέχει εύκολα στη διαδικασία (lockers, pick-up at home, σημεία καταστημάτων),
- τη χρήση προηγμένων τεχνικών διαλογής και ανακύκλωσης (απομόνωση αλουμινίου, κομποστοποίηση καφέ),
- την ενσωμάτωση πρακτικών ιχνηλάτησης και βελτιστοποίησης της αντίστροφης ροής.

Η λειτουργία πολλαπλών καναλιών επιστροφής, όπως τα lockers τύπου BOX NOW, αποδεικνύει ότι η ψηφιοποίηση και η ευκολία για τον καταναλωτή είναι κρίσιμοι παράγοντες για την αύξηση των ποσοστών ανάκτησης. Επιπλέον, το παράδειγμα της Nespresso επιβεβαιώνει ότι η ανακύκλωση υλικών υψηλής αξίας, όπως το αλουμίνιο, μπορεί να είναι οικονομικά βιώσιμη, εφόσον υποστηρίζεται από ένα αποτελεσματικό σύστημα RL.

Συνολικά, η έρευνα καταδεικνύει ότι η σύζευξη Κυκλικής Οικονομίας και Reverse Logistics δημιουργεί προστιθέμενη αξία για τις επιχειρήσεις, μειώνει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα και ενισχύει την ανταγωνιστικότητα, αποτελώντας στρατηγικό πυλώνα για το σύγχρονο επιχειρηματικό περιβάλλον.

5.2 Προκλήσεις και ευκαιρίες ανάπτυξης

Παρά τα σημαντικά οφέλη που προσφέρουν η κυκλική οικονομία και τα συστήματα Reverse Logistics (RL), η εφαρμογή τους συνοδεύεται από σημαντικές προκλήσεις που επηρεάζουν τη λειτουργικότητα και την αποτελεσματικότητά τους. Ταυτόχρονα, όμως, οι προκλήσεις αυτές δημιουργούν νέες προοπτικές και ευκαιρίες ανάπτυξης για τις επιχειρήσεις και τους εμπλεκόμενους φορείς.

Μία από τις βασικότερες προκλήσεις αφορά τη συμμετοχή και τη συμπεριφορά των καταναλωτών. Η επιτυχία των συστημάτων συλλογής και επιστροφής προϊόντων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την προθυμία των πολιτών να συμμετέχουν ενεργά

στις διαδικασίες ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης. Παρόλο που έχουν αναπτυχθεί λύσεις, όπως τα αυτόματα σημεία συλλογής (lockers) και οι υπηρεσίες παραλαβής από το σπίτι (pick-up at home), η πλήρης ενσωμάτωση της ανακύκλωσης στην καθημερινότητα απαιτεί μεγαλύτερη ενημέρωση, εκπαίδευση και παροχή κινήτρων προς τους καταναλωτές.

Επιπλέον, σημαντική πρόκληση αποτελεί το υψηλό κόστος λειτουργίας και επενδύσεων. Η δημιουργία δικτύων συλλογής, υποδομών διαλογής και μηχανισμών αντίστροφης ροής προϋποθέτει σημαντικούς οικονομικούς πόρους, γεγονός που μπορεί να αποτελέσει ανασταλτικό παράγοντα, ιδιαίτερα για τις μικρότερες επιχειρήσεις. Παράλληλα, η ποιότητα των επιστρεφόμενων υλικών επηρεάζει άμεσα την αποτελεσματικότητα της ανακύκλωσης, καθώς η ανάμειξη διαφορετικών αποβλήτων και η ανεπαρκής διαλογή στην πηγή εξακολουθούν να αποτελούν συχνά προβλήματα.

Ακόμη, τα συστήματα Reverse Logistics χαρακτηρίζονται από υψηλό βαθμό λειτουργικής πολυπλοκότητας, καθώς υπάρχει αβεβαιότητα σχετικά με τον όγκο, την ποιότητα και τον χρόνο επιστροφής των προϊόντων. Η κατάσταση αυτή δημιουργεί την ανάγκη για μεγαλύτερη ευελιξία, αποτελεσματικό προγραμματισμό και προσαρμοστικότητα στις μεταβαλλόμενες συνθήκες της αγοράς. Επιπρόσθετα, το νομοθετικό και ρυθμιστικό πλαίσιο εξελίσσεται συνεχώς τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε εθνικό επίπεδο, γεγονός που απαιτεί από τις επιχειρήσεις διαρκή παρακολούθηση και προσαρμογή στις νέες απαιτήσεις συμμόρφωσης.

Παρά τις δυσκολίες αυτές, αναδύονται σημαντικές ευκαιρίες ανάπτυξης. Η ψηφιοποίηση και η αυτοματοποίηση των διαδικασιών μέσω τεχνολογιών, όπως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), το blockchain, τα συστήματα ιχνηλάτησης και οι αυτοματοποιημένες λύσεις συλλογής, συμβάλλουν στη μείωση του κόστους και στην ενίσχυση της διαφάνειας και της αποδοτικότητας των διαδικασιών. Παράλληλα, η ενίσχυση των κυκλικών επιχειρηματικών μοντέλων, όπως το Product-as-a-Service, το remanufacturing και η αξιοποίηση δευτερογενών πρώτων υλών, δημιουργεί νέες αγορές και επιχειρηματικές ευκαιρίες.

Εξίσου σημαντικές είναι οι συνεργασίες μεταξύ επιχειρήσεων, δημόσιων φορέων, πανεπιστημίων και οργανισμών ανακύκλωσης, οι οποίες μπορούν να ενισχύσουν σημαντικά την αποτελεσματικότητα των συστημάτων Reverse Logistics μέσω της

ανταλλαγής γνώσεων, πόρων και τεχνογνωσίας. Παράλληλα, η αύξηση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης των πολιτών μέσω εκπαιδευτικών δράσεων, καμπανιών βιωσιμότητας και προγραμμάτων ανταμοιβής μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στην αύξηση των ποσοστών συλλογής και ανακύκλωσης.

Τέλος, οι επιχειρήσεις που υιοθετούν έγκαιρα τις αρχές της κυκλικής οικονομίας και εφαρμόζουν αποτελεσματικά συστήματα Reverse Logistics αποκτούν σημαντικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Η μείωση του λειτουργικού κόστους, η ενίσχυση της εταιρικής εικόνας και η έγκαιρη συμμόρφωση με τις μελλοντικές νομοθετικές απαιτήσεις αποτελούν παράγοντες που μπορούν να συμβάλουν στη μακροχρόνια βιωσιμότητα και στην ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας των επιχειρήσεων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλία & Μονογραφίες

Bocken, N. M. P., Bakker, C., & Pauw, I. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(5), 308–320.

Christopher, M. (2016). *Logistics & supply chain management* (5th ed.). Pearson.

Guide, V. D. R., & Van Wassenhove, L. N. (2009). The evolution of closed-loop supply chain research. *Operations Research*, 57(1), 10–18.

Webster, K. (2017). *The Circular Economy: A Wealth of Flows* (2nd ed.). Ellen MacArthur Foundation Publishing.

White, R., New, S., & Payne, A. (1999). *The operations management: Strategy and analysis*. Wiley.

Ακαδημαϊκά Άρθρα

Brito, M. P., & Dekker, R. (2002). Reverse logistics: a review of case studies. *Econometric Institute Report*, Erasmus University Rotterdam.

Carter, C. R., & Rogers, D. S. (2008). A framework of sustainable supply chain management: Moving toward new theory. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 38(5), 360–387.

Cooper, M. C., Lambert, D. M., & Pagh, J. D. (1997). Supply chain management: More than a new name for logistics. *The International Journal of Logistics Management*, 8(1), 1–14.

Fleischmann, M. (2000). Quantitative models for reverse logistics. *Springer Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, 501.

Mentzer, J. T., et al. (2001). Defining supply chain management. *Journal of Business Logistics*, 22(2), 1–25.

Prahinski, C., & Kocabasoglu, C. (2006). Empirical research opportunities in reverse supply chains. *Omega*, 34(6), 519–532.

Rizos, V., Behrens, A., et al. (2017). *The Circular Economy: A review of definitions, processes and impacts*. CEPS Research Reports.

Rogers, D. S., & Tibben-Lembke, R. (1998). *Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices*. University of Nevada.

Sarkis, J. (2003). A strategic decision framework for green supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 11(4), 397–409.

Sauvé, S., Bernard, S., & Sloan, P. (2016). Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. *Environmental Development*, 17, 48–56.

Srivastava, S. (2007). Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review. *International Journal of Management Reviews*, 9(1), 53–80.

Επίσημες Εκθέσεις & Reports

Ellen MacArthur Foundation. (2013). *Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition*.

European Commission. (2015). *Closing the loop – An EU action plan for the Circular Economy*.

European Commission. (2014). *Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe*.

Preston, F. (2012). *A Global Redesign? Shaping the Circular Economy*. Chatham House.

Mitchell, P. (2015). *Employment and the Circular Economy: Job creation through resource efficiency*. WRAP Report.

Potting, J., Hekkert, M. P., Worrell, E., & Hanemaaijer, A. (2017). *Circular economy: Measuring innovation in the product chain*. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency.

Adobor, E. (2020). Supply chain resilience: an adaptive cycle approach. *International Journal of Logistics Management*, 31(3), 443–463.

Cooper, M. C., Lambert, D. M., & Pagh, J. D. (1997). Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics. *The International Journal of Logistics Management*, 8(1), 1–14.

Ellen MacArthur Foundation (2013). *Towards the Circular Economy: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition*.

Lambert, D. M., Cooper, M. C., & Pagh, J. D. (1998). Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities. *The International Journal of Logistics Management*, 9(2), 1–20.

Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D., & Zacharia, Z. G. (2001). Defining Supply Chain Management. *Journal of Business Logistics*, 22(2), 1–25.

Panigrahi, S. S., Bahinipati, B., & Jain, V. (2019). Sustainable supply chain management: A review of literature and implications. *Management of Environmental Quality*, 30(5), 1001–1049.

Potting, J., Hekkert, M. P., Worrell, E., & Hanemaaijer, A. (2017). Circular economy: Measuring innovation in the product chain. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency.

Preston, F. (2012). *A Global Redesign? Shaping the Circular Economy*. Chatham House.

Farooque, M., et al. (2024). Circular supply chain management: A transition towards sustainable and resilient networks. *Journal of Cleaner Production*.

Lahane, S., & Kant, R. (2024). A hybrid framework for assessing the circular supply chain management performance. *Journal of Enterprise Information Management*.

Rezaei, J., et al. (2024). Evaluation of reverse logistics service providers in the circular economy era. *International Journal of Production Economics*.

European Commission (2024). *Implementation of the Circular Economy Action Plan: New rules on eco-design and the right to repair*. Official Publications of the European Union.

Julianelli, V., et al. (2023). Reverse Logistics and the Circular Economy: A systematic literature review and future directions. *Sustainability*.

Ivanov, D. (2023). The Viable Supply Chain: Resilience, Sustainability, and Circularity. *International Journal of Production Research*.

Tseng, M. L., et al. (2023). Circular economy and sustainable supply chain management: Building a theoretical framework. *Journal of Industrial and Production Engineering*.

Sehnm, S., et al. (2022). Circular economy and industry 4.0: A strategic coupling for sustainable development. Business Strategy and the Environment.

Kazancoglu, Y., et al. (2022). A framework for plastic waste management in the circular economy: The role of reverse logistics. Resource Conservation and Recycling.

Adidas Sustainability Report; Adidas Futurecraft Loop project page (adidas-group.com / adidas.com)

Coca-Cola Sustainability & World Without Waste reports (coca-colacompany.com)

Ellen MacArthur Foundation case studies on rPET.

Nespresso. (2024). Recycling Nespresso capsules. (<https://www.nespresso.com>)

Nespresso. (2023). Sustainability and circularity initiatives.

Nestlé Nespresso. (2022). Sustainability report.

UPS. (2022). Circular economy and recycling partnerships.

Ellen MacArthur Foundation (2023). Circular economy: A path to climate solutions and sustainable development. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org>

European Commission (2020). A new Circular Economy Action Plan for a cleaner and more competitive Europe. <https://ec.europa.eu/environment/circular-economy>

United Nations (2015). Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development. <https://sdgs.un.org/2030agenda>

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N.M.P., & Hultink, E.J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? Journal of Cleaner Production, 143, 757–768.

Ιστοσελίδες

1. Circular Economy Action Plan

European Commission. (2020). Circular Economy Action Plan – For a cleaner and more competitive Europe. https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm

2. Waste Framework Directive

European Commission. (2025). Waste Framework Directive (Directive 2008/98/EC, revised 2025). https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/waste-framework-directive_en

3. Packaging and Packaging Waste Regulation

European Union. (2025). Packaging and Packaging Waste Regulation (Regulation (EU) 2025/40). https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/packaging-waste_en

4. Ecodesign for Sustainable Products Regulation

European Commission. (2024). Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR). https://commission.europa.eu/energy-climate-change-environment/standards-tools-and-labels/products-labelling-rules-and-requirements/sustainable-products/ecodesign-sustainable-products-regulation_en

5. Right to Repair Directive

Council of the European Union & European Parliament. (2024). Directive on the right to repair. <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2024/02/02/circular-economy-council-and-parliament-strike-provisional-deal-on-the-right-to-repair-directive/>