



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ**  
**UNIVERSITY OF PIRAEUS**

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΔΙΟΙΚΗΣΗ LOGISTICS**

**ΘΕΜΑ:**

**ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ LOGISTICS ΣΕ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΚΑΛΛΥΝΤΙΚΩΝ.**

**STUDY OF LOGISTICS MANAGEMENT IN A COSMETICS COMPANY.**

**ΚΑΡΑΜΠΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΜΟΣΧΟΥΡΗΣ ΣΩΚΡΑΤΗΣ**

**ΣΥΝΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΓΙΑΝΝΑΤΣΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ**

**ΜΑΙΟΣ 2024**

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η ιχνηλασιμότητα αποτελεί θεμελιώδη πτυχή της εφοδιαστικής αλυσίδας, επιτρέποντας την πλήρη παρακολούθηση και ανίχνευση των προϊόντων από την αρχική παραγωγή έως την κατανάλωση. Η σημασία της ιχνηλασιμότητας είναι κρίσιμη, ειδικά σε καταστάσεις κρίσεων όπως ο πόλεμος ή οι επιδημίες όπως προέκυψε προ 4 ετών με τον ιό SARS-CoV-2. Επιτρέπει την άμεση αντίδραση σε περιπτώσεις ανάκλησης προϊόντων ή εντοπισμού προβλημάτων ποιότητας, περιορίζοντας τους κινδύνους για την δημόσια υγεία και την ασφάλεια των καταναλωτών.

Η ιχνηλασιμότητα επηρεάζει θετικά την εμπιστοσύνη των καταναλωτών. Η δυνατότητα παρακολούθησης της αλυσίδας παραγωγής δίνει στους καταναλωτές την αίσθηση της διαφάνειας και της ασφάλειας, αυξάνοντας την προτίμησή τους για προϊόντα που προέρχονται από αξιόπιστες πηγές και διαθέτουν εξασφαλισμένη ποιότητα.

Στο πλαίσιο της αυξανόμενης σημασίας της ιχνηλασιμότητας, λόγω των παγκοσμιοποιημένων Εφοδιαστικών Αλυσίδων, αλλά και ξεχωριστά σε κάθε στάδιο της Αλυσίδας αυτής, διεξήγαμε το παρακάτω Case Study, με σκοπό να καταγράψουμε τα δυνατά και αδύνατα σημεία της ιχνηλασιμότητας σε μια αποθήκη Logistics.

Κεφαλαιοποιώντας τα συμπεράσματα απ' την διεθνή βιβλιογραφική εμπειρία και με βάση τα πορίσματα του case study, καταλήξαμε στις κρίσιμες περιοχές, στις οποίες θα πρέπει να δοθεί περαιτέρω έμφαση, προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν τυχόν σφάλματα κατά την διαδικασία της ιχνηλασιμότητας.

Η μελέτη μας, ανέδειξε χρήσιμα συμπεράσματα όσον αφορά την επάρκεια και καταλληλότητα τεχνολογικών πόρων, ζητήματα που αφορούν το on the job training των εργαζομένων με στόχο την κατανόηση των επιμέρους ζητημάτων και διαδικασιών που ακολουθούνται, την ευθυγράμμιση των συστημάτων με τους στρατηγικούς στόχους της εταιρείας και τον κατάλληλο χωροταξικό σχεδιασμό/αναδιάταξη των χώρων της αποθήκης.

**KEYWORDS – Ιχνηλασιμότητα, WMS, RFID, batch/lot, Barcode**

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους τους δημιουργικούς ανθρώπους του τμήματος για την υποστήριξή τους κατά τη διάρκεια αυτού του μεταπτυχιακού προγράμματος. Θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στο Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας και ιδιαίτερα στον Δρ. Μοσχούρη Σωκράτη, τον επιβλέποντά μου, η συμβολή του οποίου εκτιμάται πραγματικά. Ο Σ. Μοσχούρης υπήρξε πολύ αφοσιωμένος και προσιτός κατά τη διάρκεια της συγγραφής αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά, τον Κο Αργυρόπουλο Δημήτρη, διευθυντή του Κέντρου Logistics της L'Oréal, τους κκ. Γιογκαράκη Βασιλεία και Αλεξόπουλο Ιωάννη, στελέχη της εταιρείας, όπου όλοι συνεισέφεραν τα μέγιστα με τις γνώσεις τους, την διάθεσή τους και τον πολύτιμο χρόνο που διέθεσαν στο να πραγματοποιηθεί το case study.

Ιδιαίτερη μνεία θα ήθελα να κάνω στους εργαζόμενους του Κέντρου Logistics της L'Oréal, οι οποίοι ήταν πάντα διαθέσιμοι, μέσω φόρτου εργασίας να προσφέρουν και να βοηθήσουν στην διαδικασία διεκπεραίωσης της εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια και τους φίλους μου για την αφοσίωση και την υποστήριξή τους όλο αυτό το διάστημα.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	6
2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ.....	6
2.1. Η ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ LOGISTICS .....	6
2.2. Η ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΤΩΝ ΑΛΥΣΙΔΩΝ ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ....	8
2.3. Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ.....	9
3. Η ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΑΛΥΣΙΔΑ ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ.....	11
3.1. ΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΗΣ ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ .....	13
3.2. Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΗΝ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ .....	15
3.3. Η ΕΛΛΕΙΨΗ ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ Η ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ - TRACEABILITY FOR SUSTAINABILITY (Tfs) ...	17
3.4. Η ΒΙΩΣΙΜΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΣΤΗΝ ΑΛΥΣΙΔΑ ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ .....	19
3.5. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΒΙΩΣΙΜΗ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ .....	20
3.6. Η ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑ, ΟΥΣΙΑΣΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ .....	21
4. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ LOGISTICS.....	22
4.1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ.....	23
4.2. ΤΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΗΣ ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ .....	24
5. ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ.....	28
5.1. Η ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΟΥ RFID.....	28
5.1.1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΓΙΑ ΤΑ RFID.....	29
5.1.2. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ RFID ΜΕ BARCODES .....	30
5.1.3. ΑΝΑΛΥΣΗ RFID.....	31
5.2. BARCODES .....	34
5.2.1. ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ .....	36
6. ΠΩΣ ΓΙΝΕΤΑΙ Η ΙΧΝΗΛΑΤΗΣΗ .....	39
7. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ.....	44
8. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΘΗΚΗ .....	51
8.1 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ .....	53
9. BLOCKCHAIN ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΗΣ ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ.....	56
9.1 ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΡΙΣΚΑ ΤΟΥ BLOCKCHAIN ΣΤΗΝ ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ .....	59
10. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ .....	60
10.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	60
10.2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	61

10.3. ΚΕΝΤΡΟ LOGISTICS L'Oréal .....	62
11. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ .....	65
12. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	66
13. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ .....	69
14. ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ .....	81
15. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	82

### **Πίνακας**

Εικόνα 1.Εξέλιξη των Logistics (Domingo Gallando, 2016) .....	7
Εικόνα 2. Απεικόνιση ιχνηλασιμότητας ((Bosona & Gebresenbet, 2013) .....	13
Εικόνα 3. Κέντρα Logistics στην Εποχή της 4 <sup>ης</sup> Βιομηχανικής Επανάστασης ((Yavas & Ozkan-Ozen, 2020) .....	15
Εικόνα 4. Παράγοντες για την ιχνηλασιμότητα της αλυσίδας εφοδιασμού τροφίμων. (Aung & Chang, 2014) .....	27
Εικόνα 5. Σύγκριση μεταξύ Barcode, 2D Barcodes και RFID. (Gregor-Svetec, 2018).....	31
Εικόνα 6. Παράδειγμα εφαρμογής μοντέλου Blockchain στην Αλυσίδα Εφοδιασμού (Kawaguchi ,. 2019) .....	57
Εικόνα 7. Η μετατροπή της Εφοδιαστικής Αλυσίδας βάσει της χρήσης Blockchain τεχνολογίας (Saber et al., 2019) .....	59
Εικόνα 8. Εξαγωγή αποτελεσμάτων ανάλυσης των δεδομένων .....	65

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια είναι γεγονός, ότι στις σύγχρονες παγκοσμιοποιημένες εφοδιαστικές αλυσίδες, προκύπτουν διαρκώς νέα ζητήματα και προβλήματα τα οποία έχουν κεντρίσει το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας για την επίλυσή τους. Στο επίκεντρο της έρευνας και των μελετών βρίσκονται τα ζητήματα της ιχνηλασιμότητας με την ανάδειξη της ολοένα αυξανόμενης σημασίας της στην εφοδιαστική αλυσίδα. Ο ρόλος της ιχνηλασιμότητας σε όλη την αλυσίδα αποτελεί έναν από τους ακρογωνιαίους λίθους για την ομαλή λειτουργία των επιχειρήσεων. Αυτός αποτελεί και έναν από τους σημαντικότερους λόγους επένδυσης στο κομμάτι των Logistics και τα τελευταία χρόνια στον ψηφιακό μετασχηματισμό τους.

## 2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

### 2.1. Η ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ LOGISTICS

Τα πρώτα χρόνια, logistics ήταν ένας όρος που είχε χρησιμοποιηθεί σχεδόν αποκλειστικά για να περιγράψει την υποστήριξη των στρατιωτικών κινήσεων. Η έννοια αυτή μετεξελίχθηκε κατά τις δεκαετίες του 1940 και 1950 και επικεντρώθηκε στον τρόπο χρήσης των μηχανημάτων για τη βελτίωση των χρονοβόρων διαδικασιών διακίνησης υλικών και την αξιοποίηση της διάταξης του σχεδιασμού των αποθηκών (Harland and Lamming 1999). Παρόλο που οι όροι "αποθήκευση" και "διακίνηση υλικών" χρησιμοποιήθηκαν για να περιγράψουν πολλές από αυτές τις δραστηριότητες, κατά βάση θεωρήθηκε ως μέρος της βιομηχανικής μηχανικής και όχι ως αυτοτελής επιστημονικός κλάδος (Cooper et al. 1997).

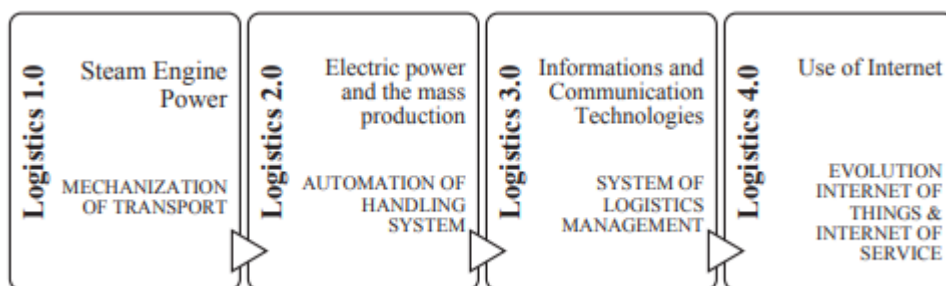
Μέχρι τη δεκαετία του 1960 ο όρος "Φυσική Διανομή" εμφανίστηκε ως αποτέλεσμα της μετατόπισης των εμπορευματικών μεταφορών στα φορτηγά αντί για τις σιδηροδρομικές μεταφορές (Tan 2001). Ως εκ τούτου, το 1963 ιδρύθηκε η NCPDM (National Council of Physical Distribution Management) με επίκεντρο την ικανοποίηση των αυξανόμενων αναγκών των βιομηχανιών logistics.

Όλες οι συναλλαγές καταγράφονταν χειροκίνητα μέχρι την άφιξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών τη δεκαετία του 1970. Αυτό οδήγησε στη δημιουργία του Ερευνητικού Κέντρου Παραγωγής και Διανομής του Georgia Tech και του Κέντρου Υπολογιστικής Βελτιστοποίησης στο Πανεπιστήμιο Columbia. Τα κέντρα αυτά επικεντρώθηκαν στο να ανοίξουν πόρτες στην καινοτομία των αλυσίδων εφοδιασμού, των logistics και της διανομής, όπως η βελτιστοποίηση των αποθεμάτων και η ανίχνευση διαδρομών (Georgia Tech Supply Chain and Logistics Institute 2010).

Η εμφάνιση των προσωπικών υπολογιστών τη δεκαετία του 1980 άλλαξε τα logistics όσον αφορά τον γραφικό σχεδιασμό, τα ευέλικτα λογιστικά φύλλα, τις χαρτογραφήσεις και τα μοντέλα βελτιστοποίησης για τον σχεδιασμό της αλυσίδας εφοδιασμού και τον προγραμματισμό της διανομής (Garcia-Dastugue and Lambert 2003).

Η διοίκηση των logistics και της αλυσίδας εφοδιασμού έγινε περισσότερο αποδεκτή στη βιομηχανία και αυξήθηκε το 1990 μέσω της εμφάνισης του επιχειρησιακού προγραμματισμού πόρων (ERP – Enterprise Resource Planning), ο οποίος βελτίωσε τη διαθεσιμότητα και την ακρίβεια των δεδομένων (Lummus και Vokurka 1999).

Το σύστημα ERP αποτέλεσε επέκταση των συστημάτων MRP (Material Resource Planning) που αναπτύχθηκαν στις δεκαετίες του 1970 και 1980, αυξάνοντας περαιτέρω την αναγνώριση της ανάγκης για καλύτερο σχεδιασμό και ολοκλήρωση μεταξύ των βάσεων δεδομένων και των στοιχείων των logistics. Ο στόχος του συστήματος MRP ήταν να ενσωματώσει τις πολλαπλές βάσεις δεδομένων σε όλες σχεδόν τις εταιρείες που σπάνια επικοινωνούσαν μεταξύ τους (Lummus και Vokurka, ό.π.).



Εικόνα 1. Εξέλιξη των Logistics (Domingo Gallando, 2016)

## 2.2. Η ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΤΩΝ ΑΛΥΣΙΔΩΝ ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ

Η επέκταση της παγκοσμιοποίησης και η ανάπτυξη της τεχνολογίας αλλάζουν τις αλυσίδες εφοδιασμού. Οι σχεδιαστές προϊόντων, οι έμποροι και οι κατασκευαστές που προηγουμένως στεγάζονταν σε μία μόνο εγκατάσταση είναι πλέον διασκορπισμένοι σε πολλές ηπείρους και αναγκάζουν τις επιχειρήσεις να ενσωματώσουν διαφορετικές κουλτούρες, γλώσσες και επιχειρηματικούς στόχους (Johnson 2006).

Η παγκοσμιοποίηση της μεταποίησης, ιδίως στην Κίνα, έχει αυξήσει την ποσότητα της εξωτερικής ανάθεσης, των εξωχώριων προμηθευτών, της διανομής και της ναυτιλιακής ικανότητας από τα μέσα της δεκαετίας του 1990. Αυτό έχει αυξήσει την ευρεία χρήση του όρου "αλυσίδα εφοδιασμού" ως αποτέλεσμα της παγκοσμιοποίησης που αυξάνει την ανάγκη για στρατηγικές logistics, για την αντιμετώπιση πολύπλοκων δικτύων που εκτείνονται σε πολλές ηπείρους (Cooper et al. 1997).

Ο όρος "εφοδιαστική αλυσίδα" προέκυψε για να αναφέρεται σε στρατηγικά ζητήματα, ενώ ο όρος "logistics" άρχισε να αναφέρεται σε τακτικά και επιχειρησιακά ζητήματα (Tan 2001). Αυτό σηματοδότησε τη διάκριση ότι "τα logistics αποτελούν μέρος μιας διαδικασίας της εφοδιαστικής αλυσίδας που σχεδιάζει, υλοποιεί και ελέγχει την αποδοτική, αποτελεσματική προς τα εμπρός και προς τα πίσω ροή των αγαθών, της αποθήκευσης, των υπηρεσιών, των απαιτήσεων των πελατών και των σχετικών πληροφοριών μεταξύ του σημείου προέλευσης και του σημείου κατανάλωσης" (Cooper et al. 1997).

Η παγκοσμιοποίηση έφερε νέους κινδύνους και προκλήσεις, όπως οι σύντομοι κύκλοι ζωής των προϊόντων και η αβέβαιη ζήτηση. Αυτό οδήγησε τις επιχειρήσεις να επενδύσουν σε τεχνολογίες και προσεγγίσεις για τη βελτίωση των αλυσίδων εφοδιασμού, προκειμένου να αποκτήσουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Με την πολυπλοκότητα της αλυσίδας εφοδιασμού να οδηγεί σε νέους κινδύνους, αποτελεσματικότητα, διάκριση τιμών και πόρους χαμηλού κόστους, η εξωτερική ανάθεση θέσεων εργασίας έγινε όλο και πιο συνηθισμένη, αν και δημιούργησε παγκόσμιους νικητές και ηττημένους (Johnson 2006).

Η παγκοσμιοποίηση δημιούργησε ορισμένες προκλήσεις για τις αλυσίδες εφοδιασμού, όπως η αποκεντρωμένη διαχείριση, η εξωτερική ανάθεση πρώτων υλών, η παραγωγή



και το άνοιγμα θέσεων εργασίας σε χώρες όπως η Κίνα και η Ινδία (Gereffi 1999b). Αυτό έχει αναπροσανατολίσει την εστίαση των επιχειρήσεων στην έρευνα και την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών πληροφορικής, όπως η αναγνώριση ραδιοσυχνοτήτων (RFID) και τα εργαλεία που επιτρέπουν την ολοκλήρωση και τη συνεργασία των επιχειρήσεων, ώστε να μπορέσουν να αποκτήσουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα.

Επιπλέον, η παγκοσμιοποίηση έχει αυξήσει τον ανταγωνισμό, δημιουργώντας έμμεσες πιέσεις στις επιχειρήσεις για μείωση της τιμής διάθεσης των τελικών αγαθών και υπηρεσιών τους προς τους καταναλωτές, την επαφή με τους προμηθευτές και τις διαπραγματεύσεις, και προσθέτει περαιτέρω πίεση στις οικονομικές δυνάμεις εντός και μεταξύ των αλυσίδων εφοδιασμού των εταιρειών. Η διαχείριση του κινδύνου έχει καταστεί καθοριστικής σημασίας, καθώς η αστάθεια της ζήτησης καθιστά τις αλυσίδες εφοδιασμού πιο πολύπλοκες και οδηγεί τις εταιρείες να διερευνήσουν περαιτέρω τη διαχείριση του κύκλου ζωής του προϊόντος, την προγραμματισμένη απαξίωση, την εξυπηρέτηση μετά την πώληση και τα reverse logistics (‘‘αντίστροφη εφοδιαστική’’) στην περίπτωση ανάκτησης προϊόντων, τα οποία ενισχύουν το μεταβαλλόμενο περιβάλλον που περιμένει το μέλλον των αλυσίδων εφοδιασμού (Chandak et al. 2014).

### 2.3. Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ

Η ασφάλεια του προϊόντος αναφέρεται στην παράδοση ενός προϊόντος που δεν έχει υποστεί σκόπιμη μόλυνση, ζημιά ή εκτροπή εντός της αλυσίδας εφοδιασμού. Προβλήματα ασφάλειας μπορεί να προκύψουν από τις ενέργειες τρίτων που είτε διαταράσσουν την αλυσίδα εφοδιασμού με σκοπό την καταστροφή περιουσιακών στοιχείων, όπως στην περίπτωση τρομοκρατικής επίθεσης, είτε αλλοιώνουν και παραποιούν ένα μεμονωμένο προϊόν για οικονομικό όφελος, όπως στην περίπτωση της παραποίησης.

Από το 2001, έχει δοθεί αυξημένη προσοχή στην ανάπτυξη στρατηγικών για την προστασία της αλυσίδας εφοδιασμού προϊόντων από παραβιάσεις της ασφάλειας, προκειμένου να αποφευχθούν απώλειες στην ανθρώπινη υγεία και ευημερία, στις υποδομές και στα περιουσιακά στοιχεία της αλυσίδας εφοδιασμού.

Οι προσεγγίσεις αυτές συχνά περιλαμβάνουν στρατηγικές για τη μείωση των συνολικών απωλειών με τον εντοπισμό πιθανών πηγών απειλής και τη λήψη μέτρων για την πρόληψη ή τη μείωση των πιθανών ζημιών που προκαλούνται από την εν λόγω απειλή.

Η αυξανόμενη πολυπλοκότητα των παγκόσμιων αλυσίδων εφοδιασμού που σχετίζονται με την εξωτερική ανάθεση, σε συνδυασμό με τη συνεχή ανάπτυξη νέων προϊόντων, διαδικασιών και τεχνολογιών, έχουν δημιουργήσει προκλήσεις για την ασφάλεια των προϊόντων και την ασφάλεια στους κλάδους. Ωστόσο, οι προκλήσεις αυτές ανοίγουν νέους δρόμους για την έρευνα στη διοίκηση επιχειρήσεων όσον αφορά την αντιμετώπιση κρίσιμων ζητημάτων που επηρεάζουν την ασφάλεια και την προστασία των προϊόντων.

Για παράδειγμα, όσον αφορά τα ιατρικά προϊόντα, όπως τα φαρμακευτικά προϊόντα και τα ιατροτεχνολογικά προϊόντα, η δυνατότητα εντοπισμού και παρακολούθησης είναι ζωτικής σημασίας για την ανίχνευση της παραποίησης ενός προϊόντος, ενώ παράλληλα αποτρέπει την εσκεμμένη μόλυνση, τη νοθεία και την εκτροπή νόμιμων προϊόντων. Πρόκειται για έναν τομέα όπου η τεχνολογία που αναπτύχθηκε αρχικά για την παρακολούθηση των αποθεμάτων και των περιουσιακών στοιχείων στην αλυσίδα εφοδιασμού έχει αποδειχθεί πολύ χρήσιμη.

Τα συστήματα ιχνηλασιμότητας μπορούν να αποφέρουν πρόσθετα οφέλη. Για παράδειγμα, οι Wang et al. (2010) ανέπτυξαν ένα μοντέλο βελτιστοποίησης που χρησιμοποιεί δεδομένα ιχνηλασιμότητας σε συνδυασμό με παράγοντες λειτουργίας για την ανάπτυξη ενός βέλτιστου σχεδίου παραγωγής. Ομοίως, οι Rábade και Alfaro (2006) και Alfaro και Rábade (2009), οι οποίοι διερεύνησαν την εφαρμογή συστημάτων ιχνηλασιμότητας σε ισπανικές αλυσίδες εφοδιασμού τροφίμων, υποστηρίζουν ότι οι εταιρείες που συμμετείχαν στις μελέτες τους απόσβεσαν την επένδυσή τους σε λιγότερο από 2 χρόνια και είχαν σημαντικές βελτιώσεις στον εφοδιασμό, την αποθήκευση, τη διαχείριση αποθεμάτων και την παραγωγή.

### 3. Η ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΑΛΥΣΙΔΑ ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ

Ο σχεδιασμός της αλυσίδας εφοδιασμού είναι μια πολύπλοκη και σχετικά ανεπαρκώς δομημένη διαδικασία, η οποία περιλαμβάνει την επιλογή πολλών παραμέτρων λήψης αποφάσεων και συνήθως απαιτεί την εξέταση πολλών πηγών αβεβαιότητας. Πολλές συμβατικές διαδικασίες σχεδιασμού της εφοδιαστικής αλυσίδας περιλαμβάνουν τη λήψη μιας ντετερμινιστικής προσέγγισης, χρησιμοποιώντας σημειακές εκτιμήσεις, σε σημαντικά μέτρα αποτελεσματικότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας, όπως το κόστος, η ποιότητα, η αξιοπιστία παράδοσης και τα επίπεδα υπηρεσιών. Οι διαταραχές της εφοδιαστικής αλυσίδας συχνά θεωρούνται ξεχωριστοί ως κίνδυνοι, τόσο στην ερευνητική βιβλιογραφία όσο και στην πράξη, πράγμα που σημαίνει ότι ακολουθείται μια καθαρά παραδοσιακή προσέγγιση διαχείρισης και ελαχιστοποίησης των κινδύνων. (Samson and Gloet., 2018).

Στις σημερινές διασυνδεδεμένες, τεχνολογικές, παγκόσμιες και πολύπλοκες αλυσίδες εφοδιασμού – Supply Chains (SCs), οι καταναλωτές και οι εταιρείες εξακολουθούν να δυσκολεύονται να εντοπίσουν και να αναγνωρίσουν την προέλευση και τις συνθήκες παραγωγής των προϊόντων που αγοράζουν και διανέμουν (Busse et al., 2017; Wilhelm et al., 2016).

Η ιχνηλασιμότητα έχει αποκτήσει εξέχουσα σημασία σε σχέση με τις διαδικασίες ολικής ποιότητας από τα τέλη του προηγούμενου αιώνα. Η ικανότητά της να παρέχει και να επαληθεύει λεπτομερείς ιστορικές πληροφορίες και να εντοπίζει εξαρτήματα, υλικά και προϊόντα σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού, μέσω τεκμηριωμένης, καταγεγραμμένης ταυτοποίησης (ISO, 2000) έχει ιστορικά συνδεθεί με τη μείωση της αβεβαιότητας και της πολυπλοκότητας στα συστήματα παραγωγής (Cheng and Simmons, 1994).

Σύμφωνα με έναν από τους πιο διαδεδομένους ορισμούς ως ιχνηλασιμότητα ορίζεται:

*“Η δυνατότητα εντοπισμού του ιστορικού, της εφαρμογής ή της θέσης ενός αντικειμένου.”* (ISO9001:2015).

Η δυνατότητα παρακολούθησης της κίνησης προς τα εμπρός (*tracking*) σε προκαθορισμένα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας και η δυνατότητα ανίχνευσης προς τα πίσω (*tracing*) του ιστορικού, της εφαρμογής ή της θέσης ενός "αντικειμένου" (GS1-GTS issue 2) αποτελούν κρίσιμες δυνατότητες στο πλαίσιο της διαχείρισης εφοδιαστικών αλυσίδων.

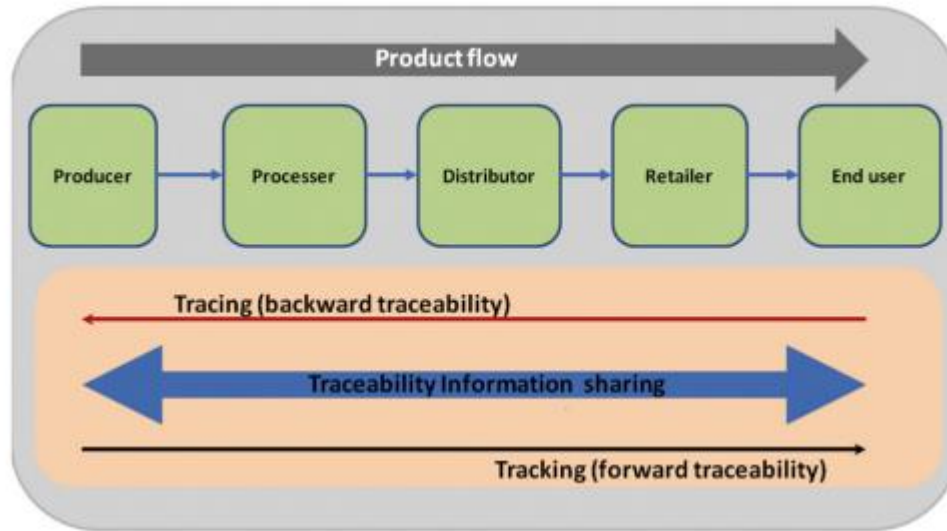
Ο *εντοπισμός* (*tracking*) αναφέρεται στην ικανότητα να παρακολουθούμε τη διαδρομή ενός συγκεκριμένου "αντικειμένου" ή παρτίδας "αντικειμένων" κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας, ξεκινώντας από το σημείο εξέτασης και προχωρώντας προς τους διάφορους εμπορικούς εταίρους.

Η *ιχνηλασία* (*tracing*), από την άλλη πλευρά, αποτελεί την ικανότητα εντοπισμού της προέλευσης ενός συγκεκριμένου "αντικειμένου" εντός της εφοδιαστικής αλυσίδας, μέσω αναφορών προς τα πίσω στα αρχεία που διατηρούνται, επιτρέποντας την εντοπισμό των σημείων προέλευσης. Οι ενέργειες ιχνηλασίας εξυπηρετούν κυρίως την ανάκληση προϊόντων ή τη διαχείριση καταγγελιών.

Όντας ένας κρίκος της εφοδιαστικής αλυσίδας, π.χ. ένας λιανέμπορος, στην ιχνηλασιμότητα "άναντη", δηλαδή πριν από το σημείο που εξετάζουμε, τοποθετούμε τους προμηθευτές και στην ιχνηλασιμότητα "κατάντη" τους πελάτες.

Επιπλέον, από την οπτική γωνία ενός εργοστασίου παραγωγής, οι προμηθευτές πρώτων υλών αποτελούν τον πρώτο κρίκο της αλυσίδας και οι διανομείς επόμενο, προτού φθάσει στο εξεταζόμενο σημείο, όπου ακολουθούν διάφοροι εσωτερικοί κρίκοι, όπως την αποθήκη πρώτων υλών, στάδια διαδικασίας παραγωγής, αποθήκη ημιτέτοιμων, αποθήκη τελικού προϊόντος.

Το κύριο αίτιο χρήσης ενός συστήματος ιχνηλασιμότητας είναι η δυνατότητα ανάκλησης ή απόσυρσης ενός προϊόντος. Η ανάκληση αποσκοπεί στην απομάκρυνση επικίνδυνων προϊόντων τα οποία έχουν διοχετευτεί ήδη στο λιανικό εμπόριο, ενώ η απόσυρση στοχεύει στην αποτροπή της διανομής επικίνδυνων προϊόντων που δεν έχουν ακόμη διοχετευτεί στο λιανικό εμπόριο, με σκοπό την αποτροπή να φτάσει στον τελικό καταναλωτή.



Εικόνα 2. Απεικόνιση ιχνηλασιμότητας ((Bosona & Gebresenbet, 2013)

Fig. Food traceability as an integral part of logistics management in food and agricultural supply chain p.4

### 3.1. ΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΗΣ ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ

Ο κόσμος είναι μάρτυρας μιας παραδειγματικής αλλαγής στον τομέα της παραγωγής και των αλυσίδων εφοδιασμού. Με τη μεγαλύτερη εξάρτηση από τη διασυνδεσιμότητα μέσω του διαδικτύου και την ολοένα αυξανόμενη εξάρτηση από τα “μεγάλα” δεδομένα (BIG DATA), η βιομηχανία έχει περάσει σε μια νέα ποιότητα, η οποία αποκαλείται τέταρτη βιομηχανική επανάσταση ή I4.0 (Liao et al., 2017).

Η αυξανόμενη συμμετοχή στο μοντέλο του I4.0 έχει ως αποτέλεσμα την ψηφιοποίηση της ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ των Αλυσίδων Εφοδιασμού. Επιπλέον, η παγκοσμιοποίηση και η εξωτερική ανάθεση έχουν οδηγήσει σε Αλυσίδες Εφοδιασμού τεράστιου μεγέθους και πολυπλοκότητας, οι οποίες είναι ιδιαίτερα αποκεντρωμένες (Dominguez et al., 2018).

Η πολυπλοκότητά τους έχει αυξηθεί εκθετικά τις τελευταίες δεκαετίες, (Cardoso et al., 2015) γεγονός που έχει κλιμακώσει περαιτέρω την έλλειψη συντονισμού μεταξύ των ενδιαφερομένων μερών. Η αναποτελεσματικότητα του συντονισμού μεταξύ των Αλυσίδων Εφοδιασμού τις έχει καταστήσει λιγότερο βελτιστοποιημένες (Osadchiy et al., 2016), και έτσι έχει βρεθεί στο προσκήνιο της έρευνας, η περαιτέρω διερεύνηση της δυνατότητας συνεργασία τους (Li and Zhang, 2015).

Παρόλο που το I4.0 βρίσκεται στα αρχικά του στάδια, οι επιπτώσεις του στο περιβάλλον έχει προκαλέσει ανησυχίες στους επαγγελματίες και τους ερευνητές. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη διατύπωση μιας έννοιας που ονομάζεται Βιομηχανία 5.0 (INDUSTRY 5.0 – I5.0). Η I5.0 ενσωματώνει τις κοινωνικοπεριβαλλοντικές πτυχές στο πλαίσιο της I4.0 (Frederico, 2021).

Λόγω των πολιτικών και νομικών πιέσεων, οι ανησυχίες των οργανισμών παραγωγής και Logistics γίνονται ολοένα και πιο περιβαλλοντικά ενημερωμένες. Με μια τεράστια κυβερνητική υποστήριξη που απευθύνεται σε αυτά τα ζητήματα, οι οργανισμοί που "πρωτοπορούν" και προσαρμόζονται ταχύτερα και καλύτερα στην κυκλική οικονομία, αποκομίζουν ένα τεράστιο ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Το πλαίσιο του I5.0, σε αντίθεση με το I4.0, υπόσχεται μια φιλική προς το περιβάλλον λύση, βασισμένη στην τεχνολογία (Nahavandi, 2019).

Ο αντίκτυπος της τεχνολογικά καθοδηγούμενης και διασυνδεδεμένης βιομηχανίας έχει ενισχυθεί από την έννοια του I4.0, η οποία έχει στο επίκεντρό της τους στόχους της καινοτομίας και των τεχνολογικών εξελίξεων. Η I4.0 εμπλέκεται σε μεγάλο βαθμό με τεχνολογικές πτυχές, αλλά οι κοινωνικές και οικολογικές επιπτώσεις δεν έχουν αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά (Nahavandi, 2019).

Η I5.0, αναγνωρίζοντας τη σημασία των τεχνολογικών εξελίξεων, επιδιώκει να γίνει ανθεκτική στην ευημερία, κάνοντας την παραγωγή και τις Εφοδιαστικές Αλυσίδες να σέβονται τα όρια των πόρων του πλανήτη (Xu et al., 2021). Το I5.0 επικεντρώνεται σε τρεις θεμελιώδεις πτυχές, δηλαδή να είναι ανθρωποκεντρικό, βιώσιμο και ανθεκτικό. Η έννοια της I5.0 επιδιώκει να επαναφέρει την ανθρώπινη διάσταση στο ήδη γνωστό πλαίσιο της I4.0.

Οι παράγοντες αυτού του πλαισίου έχουν αναφερθεί ποικιλοτρόπως ως ανθρωποκεντρικές τεχνολογίες, χρήση βιοϋλικών, ψηφιακά δίδυμα και προσομοίωση, μετάδοση δεδομένων και ενεργειακή αποδοτικότητα (Maddikunta et al., 2021). Το I5.0 αντιμετωπίζει την έννοια της ανθεκτικότητας των SCs με μεγάλη σθεναρότητα. Λόγω του αντίκτυπου του COVID-19 στις Εφοδιαστικές Αλυσίδες, η παγκόσμια οικονομία έχει ωθήσει ορισμένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του I5.0 στο προσκήνιο. (Maddikunta et al., 2021).

INDUSTRY 4.0	LOGISTICS 4.0	LOGISTICS CENTER 4.0
<p>Industry 4.0 is a <b>PHILOSOPHY</b> that does integration of all value-added functions through the supply chain by using digitalization (Rodic). Key components of Industry 4.0 (Roblek et al, 2016):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cyber Physical Systems (CPS)</li> <li>• Internet of Things (IoT)</li> <li>• Internet of Services (IoS)</li> <li>• Smart Factory</li> </ul>	<p>Logistics 4.0 or Smart Logistics is a <b>SYSTEM</b> conversion from hardware-based operations to software-based operations (Timm and Lorig, 2015). Technical components (Wang, 2016) and key elements (Scharma, 2018) of Logistics 4.0:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Automatic Identification</li> <li>• Real Time Locating</li> <li>• Smart Sensing</li> <li>• Networking</li> <li>• Data Analyzing</li> <li>• Internet for Business Services</li> <li>• Digitalization</li> <li>• Transparency</li> <li>• Autonomation</li> <li>• Modularization</li> <li>• Transportation &amp; Distribution</li> </ul>	<p>Logistics Center 4.0 is an <b>IMPLEMENTATION</b> area where all logistics activities have done by the virtue of Logistics 4.0 and Industry 4.0 elements.</p> <p><b>“LC 4.0 is the integration of:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Handling Management</b></li> <li>• <b>Information Management</b></li> <li>• <b>Transportation Management</b></li> <li>• <b>Warehouse Management</b></li> </ul> <p><b>with Industry 4.0 and Logistics 4.0”</b></p>

Εικόνα 3. Κέντρα Logistics στην Εποχή της 4<sup>ης</sup> Βιομηχανικής Επανάστασης ((Yavas & Ozkan-Ozen, 2020)

### 3.2. Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΗΝ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ

Η ανταλλαγή πληροφοριών έχει αποδειχθεί ότι ενισχύει τη βελτιστοποίηση των SCs σε διάφορες πτυχές, όπως ο προγραμματισμός, ο έλεγχος αποθεμάτων, η εξυπηρέτηση πελατών και η ανθεκτικότητα, μεταξύ άλλων (Kembro et al., 2017). Μια πτυχή της ενσωμάτωσης πληροφοριών και δεδομένων στα SCs αντιμετωπίζεται από το επιτελείο SC Analytics (SCA), όπου χρησιμοποιούνται εργαλεία βασισμένα σε πληροφορίες και δεδομένα με στόχο τη βελτιστοποίηση των SCs (Souza, 2014).

Παρόλο που η αλληλεπίδραση των δεδομένων με τα SCs έχει αποδειχθεί ότι αποτελεί παράγοντα που συμβάλλει στη βιωσιμότητα, η ανάπτυξη της αντιμετωπίζει διάφορα εμπόδια. Στη βιβλιογραφία έχουν περιγραφεί διάφορα εμπόδια για την υιοθέτηση βιώσιμων πρακτικών στις SCs μερικά από αυτά περιλαμβάνουν την έλλειψη γνώσης (Govindan et al., 2014), την κακή επικοινωνία (Brandenburg et al., 2014), την τεχνολογική ασυμβατότητα (Diabat et al., 2014), την έλλειψη προτύπων Τεχνολογίας Πληροφοριών – Information Technologies (IT), (Bouzon et al., 2015) και την

αναποτελεσματική διαλειτουργικότητα των δεδομένων μεταξύ διαφόρων περιοχών των SCs (Pan et al., 2021).

Ο συνδυασμός διαφορετικών δεδομένων και μορφών αποδεικτικών στοιχείων στις SCs μπορεί να βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση και διερεύνηση της υφιστάμενης κατάστασης των SCs. Η αυξημένη διαφάνεια (transparency) βοηθά τις αλυσίδες εφοδιασμού να έχουν μεγαλύτερη ακρίβεια στα αποθέματα και να διατηρούν μεγαλύτερη διαχείριση, καθώς και να εφαρμόζουν τη νοοτροπία του just-in-time και να εξοικονομούν έξοδα μεταφοράς. Βοηθά τις επιχειρήσεις διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας να μειώσουν τη σπατάλη, να αξιολογήσουν την παραγωγικότητα και την απόδοση και να επιτρέψουν την προοπτική αυτοματοποίησης.

Αυτή η αυξημένη ορατότητα και ιχνηλασιμότητα παρέχει στους μελλοντικούς υπεύθυνους λήψης αποφάσεων, στον τομέα της κυκλικής οικονομίας, εργαλεία με τα οποία μπορούν να διαμορφώσουν και να εφαρμόσουν βιώσιμες πολιτικές και διαδικασίες στη Διοίκηση της Αλυσίδας Εφοδιασμού – Supply Chain Management (SCM) . Η ενσωμάτωση των δεδομένων στις Εφοδιαστικές Αλυσίδες και η συνακόλουθη ανάλυσή τους όχι μόνο βοηθά τους οργανισμούς προσδίδοντάς τους ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, αλλά τους καθιστά πιο ανθεκτικούς και ευέλικτους.

Μέσω της ανταλλαγής δεδομένων και της επακόλουθης ανάλυσής τους μπορούν να παρακολουθούνται η κατανάλωση ενέργειας, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και η νομική και τεχνική συμμόρφωση. Με τη χρήση της ανάλυσης, μπορούν έτσι να εντοπιστούν και να εξαλειφθούν οι μη βέλτιστες διεργασίες στις SCs. Οι διαφανείς αλυσίδες (Transparent Chains) είναι πιο ευαίσθητες και σαφείς σχετικά με τα ζητήματα που αφορούν την αποζημίωση της εργασίας, την εκμετάλλευση και την ανήλικη εργασία (εάν υπάρχει) που χρησιμοποιείται σε όλες τις SCs (Jabbour et al., 2020).



### 3.3. Η ΕΛΛΕΙΨΗ ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ Η ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ - TRACEABILITY FOR SUSTAINABILITY (Tfs)

Πρόσφατα, η απουσία ή η ελλιπής ιχνηλασιμότητα ήταν πίσω από διάφορες κοινωνικές και περιβαλλοντικές κρίσεις, τραγωδίες και σκάνδαλα βιωσιμότητας που επηρέασαν βιομηχανίες τόσο ισχυρές και διαφορετικές όπως τα τρόφιμα, τα παιχνίδια, η εξόρυξη ορυκτών πόρων και η ένδυση (Busse et al., 2016; Khurana and Ricchetti, 2016; Wilhelm et al., 2016). Λόγω αυτών των γεγονότων, έχουν αναδυθεί φωνές που τα συνδέουν με την ανάγκη μετασχηματισμού των πολύπλοκων παγκόσμιων SCs, σε πιο διαφανή, βιώσιμα και υπεύθυνα δίκτυα (Closs et al., 2011), επιτρέποντας στις εταιρείες και τους προμηθευτές να εντοπίζουν τις κοινωνικές και περιβαλλοντικές παραβάσεις (Pagell and Wu, 2009).

Σύμφωνα με τα παραπάνω, το Παγκόσμιο Σύμφωνο των Ηνωμένων Εθνών προτείνει έναν προσανατολισμό του ορισμού του ISO στη βιωσιμότητα. Περιγράφει την ιχνηλασιμότητα ως εξής: *Η ικανότητα εντοπισμού και παρακολούθησης του ιστορικού, της διανομής, της θέσης και της εφαρμογής προϊόντων, εξαρτημάτων και υλικών, ώστε να διασφαλίζεται η αξιοπιστία των ισχυρισμών βιωσιμότητας, στους τομείς των ανθρωπίνων δικαιωμάτων, της εργασίας (συμπεριλαμβανομένης της υγείας και της ασφάλειας), του περιβάλλοντος και της καταπολέμησης της διαφθοράς* (United Nations Global Compact Office, 2014).

Έτσι, ενσωματώνοντας τους συγκεκριμένους ορισμούς και τις προαναφερθείσες λειτουργικότητες, Tfs ορίζεται ως η ικανότητα συνδυασμού της ανταλλαγής πληροφοριών των Αλυσίδων Εφοδιασμού και η ορατότητα κατά τρόπο τέτοιο ώστε οι φορείς της αλυσίδας να έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες που είναι ακριβείς, αξιόπιστες, έγκαιρες και χρήσιμες για επιχειρησιακούς λόγους και για να διασφαλίζεται η αξιοπιστία των ισχυρισμών βιωσιμότητας. Η ιχνηλασιμότητα επιτρέπει την ανάκτηση των βημάτων προς τα πίσω και προς τα εμπρός και την επαλήθευση των διαδικασιών, του ιστορικού και των τοποθεσιών των υπό εξέταση προϊόντων (Barratt and Oke, 2007; Brandon-Jones et al., 2014; Fawcett et al., 2011).

Κατά συνέπεια, η Tfs θεωρείται ως μια ικανότητα που αναπτύσσεται μέσω της δια-οργανωτικής διακυβέρνησης, της συνεργασίας και της τυποποίησης των διαδικασιών παρακολούθησης και εντοπισμού. Ως εκ τούτου, μπορεί να συμβάλει στην επίτευξη των στόχων βιωσιμότητας μέσω ανεπτυγμένων ικανοτήτων και γνώσεων που επιτρέπουν ανανεωμένο και πιο σύνθετο στρατηγικό σχεδιασμό, (δια)οργανωτικό έλεγχο και παρακολούθηση και διαχείριση κινδύνων σε ολόκληρη την αλυσίδα.

Η Tfs δεν αφορά, επομένως, μόνο την ανταλλαγή πληροφοριών, την ορατότητα και την προσβασιμότητα, αλλά, μάλλον, την αναγέννηση και τη διαχείριση των ικανοτήτων και της γνώσης σε ολόκληρη την Αλυσίδα Εφοδιασμού μέσω ανανεωμένων (δια)οργανωτικών πρακτικών και διαδικασιών μάθησης που είναι καλύτερα προσαρμοσμένες στις πολύπλοκες Αλυσίδες Εφοδιασμού, έτσι ώστε να επιτυγχάνονται οι στόχοι της αειφορίας και να αξιολογείται η εφαρμογή τους.

Σύμφωνα με μελέτες, η Tfs μπορεί να συμβάλει στην ελαχιστοποίηση των κινδύνων και των επιπτώσεων της βιωσιμότητας μέσω της μιμητικής επίδρασης των στρατηγικών, συμμαχιών και πρωτοβουλιών της δια-οργανωτικής συνεργασίας, διανέμοντας και μεταφέροντας τη γνώση, τη μάθηση και τους πόρους ομοιόμορφα κατά μήκος ολόκληρης της Αλυσίδας Εφοδιασμού.

Όταν αναπτύσσεται για τη βιωσιμότητα, η ιχνηλασιμότητα μπορεί επίσης να διευκολύνει τη βαθιά ανάπτυξη ικανοτήτων που συνήθως συνδέονται στη βιβλιογραφία με εξαιρετικές επιχειρησιακές επιδόσεις και ανταγωνιστικό πλεονέκτημα (Beske and Seuring, 2014; Gold et al., 2010). Μπορεί επίσης να προωθήσει τη στρατηγική συνεργασία μεταξύ των φορέων Αλυσίδων Εφοδιασμού και των μη παραδοσιακών φορέων Αλυσίδας Εφοδιασμού όπου, τελικά, να ευνοήσει την ενσωμάτωσή τους στο ίδιο οικοσύστημα (Pagell and Wu, 2009).

Η Tfs συμβάλλει στην ευθυγράμμιση των αναγκών διαχείρισης πληροφοριών και συγκεκριμένων θεμάτων που σχετίζονται με τη βιωσιμότητα (Schleper and Busse, 2013), κυρίως λόγω της ικανότητας των τεχνολογιών που επιτρέπουν την ανάπτυξη νέων ικανοτήτων σε όλες τις εστιακές (focal) επιχειρήσεις και σε ολόκληρο το σύστημα. (Pagell and Wu, 2009)

### 3.4. Η ΒΙΩΣΙΜΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΣΤΗΝ ΑΛΥΣΙΔΑ ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ

Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν αναπτυχθεί πρακτικές βιώσιμης διαχείρισης της αλυσίδας εφοδιασμού για την ενσωμάτωση οικολογικών ζητημάτων στις επιχειρήσεις, μειώνοντας τις ακούσιες καταστροφικές επιπτώσεις στο περιβάλλον κατά τη διαδικασία παραγωγής και αγοράς. Ταυτόχρονα, οι κυκλικές οικονομίες διευρύνουν τα όρια της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας αναδεικνύοντας την έννοια των καινοτόμων αγαθών, δημιουργώντας μια βιώσιμη σχέση μεταξύ οικοσυστημάτων και οικονομικής ανάπτυξης.

Στην κυκλική οικονομία, η έννοια της σπατάλης μπορεί να μειωθεί με τον επανασχεδιασμό των προϊόντων, των διαδικασιών παραγωγής και των αλυσίδων εφοδιασμού ώστε να διατηρείται η συνεχής ροή των πόρων σε έναν "κλειστό βρόχο". Στο πλαίσιο αυτό, οι Van Wassenhove και Guide (2009) όρισαν τις αλυσίδες εφοδιασμού κλειστού βρόχου ως εξής: *"ο σχεδιασμός, ο έλεγχος και η λειτουργία ενός συστήματος για τη μεγιστοποίηση της δημιουργίας αξίας καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος με δυναμική ανάκτηση της αξίας από διαφορετικούς τύπους και όγκους επιστροφών με την πάροδο του χρόνου"*

Ο Lowe (1993) διαπίστωσε ότι η έννοια της πράσινης και βιώσιμης διαχείρισης της αλυσίδας εφοδιασμού – Sustainable Supply Chain Management (SSCM) αναπτύχθηκε παράλληλα με την Κυκλική Οικονομία – Circular Economy (CE) (αν και υπάρχουν κάποιες ουσιαστικές διαφορές στις αρχές τους), η οποία εμφανίστηκε στη βιβλιογραφία του μεταποιητικού οικοσυστήματος τα τελευταία δέκα χρόνια.

Η SSCM επιδιώκει να συνδυάσει διάφορα φιλικά προς το περιβάλλον συμφέροντα σε ενώσεις, ελαχιστοποιώντας τις ροές πόρων και μειώνοντας τις ακούσιες καταστροφικές συνέπειες των πρακτικών λειτουργίας της αλυσίδας εφοδιασμού (Srivastava, 2007). Οι μέθοδοι σύνδεσης των προσεγγίσεων SSCM με τη δεοντολογία της CE είναι σημαντικές, διότι υπάρχουν περιορισμοί στις μεθόδους οικολογικής βιωσιμότητας.

Επιπλέον, η Κυκλική Οικονομία εστιάζει κυρίως στις ροές πόρων μέσω εμπορικών διαδικασιών (Matos and Hall, 2007). Έτσι, περαιτέρω ζωτικά προβλήματα όπως η αποδοχή των οικολογικών αποτελεσμάτων (π.χ. αυτών που σχετίζονται με την ενεργειακή απόδοση και τις εκπομπές ατμοσφαιρικής ρύπανσης) και οι επιπτώσεις

άλλων αποτελεσμάτων δεν έχουν επιλυθεί από την άποψη της κοινωνικής βιωσιμότητας.

### 3.5. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΒΙΩΣΙΜΗ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ

Μέχρι σήμερα, δεν έχουν αναπτυχθεί μέσα για τους κατασκευαστές ή τους ανακυκλωτές για την ανίχνευση και την αξιολόγηση της διάρκειας ζωής των πωλούμενων εμπορευμάτων, καθώς και για την πρόβλεψη της ποσότητας και της αξίας, των επιστρεφόμενων εμπορευμάτων και της συχνότητας συλλογής.

Η ιχνηλασιμότητα για την CE μπορεί να εφαρμοστεί με τη χρήση αποκλειστικών αναγνωριστικών που διατίθενται για την παρακολούθηση των συστατικών προέλευσης. Οι καθολικοί κωδικοί προϊόντων, τα αναγνωριστικά ραδιοσυχνοτήτων και οι δισδιάστατοι γραμμωτοί κώδικες (QR Codes) είναι τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα αναγνωριστικά. Καθώς αυτές οι ετικέτες γίνονται έξυπνες μέσω αισθητήρων και τα δεδομένα συλλέγονται μέσω πρωτοκόλλων του Διαδικτύου (δηλ. Διαδίκτυο των πραγμάτων -IoT), οι εργαζόμενοι στον τομέα της εφοδιαστικής μπορούν να έχουν πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση, τη θέση και την προσβασιμότητα των περιουσιακών στοιχείων, οι οποίες θα είναι αχώγιμες για την προστασία των προϊόντων, την ανακύκλωση και την ανακατασκευή κατά μήκος της αλυσίδας αξίας (Franco, 2017).

Τελικά, σε συνδυασμό με τις τεχνολογίες αναγνώρισης και επαναχρησιμοποίησης, οι ετικέτες των προϊόντων θα αναφέρουν τα ακριβή εμπορεύματα και τις διαδικασίες κατασκευής του ανακυκλώσιμου μέρους που εφαρμόζεται στη διαδικασία παραγωγής του εμπορεύματος. Σε γενικές γραμμές, οι κατασκευαστές υποθέτουν ότι η ανάπτυξη της τεχνολογίας ανταλλαγής πληροφοριών και επικοινωνίας θα διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στον εντοπισμό των προϊόντων και στη διαχείριση των κύκλων ζωής των προϊόντων στο μέλλον .

### 3.6. Η ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑ, ΟΥΣΙΑΣΤΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

Μεταξύ των διαφόρων παραγόντων εντός μιας SC, είναι οι εταιρείες που συνδέονται με τον τελικό χρήστη (Εστιακές Εταιρείες-FOCAL COMPANIES) οι οποίες θεωρείται ότι κατέχουν την εξουσία εντός της αλυσίδας. Καθώς είναι οι ορατοί "παίκτες" για την αγορά (καταναλωτές και ενδιαφερόμενα μέρη, γενικά), οι ισχυρισμοί αειφορίας της SC απαιτούνται επίσης όλο και περισσότερο από αυτές.

Ως εκ τούτου, λόγω της ανάγκης των εστιασμένων εταιρειών να παραμείνουν ανταγωνιστικές σε μια δικτυωμένη αγορά και να ανταποκρίνονται εγκαίρως στις απαιτήσεις των πελατών και των ενδιαφερομένων μερών, η (S)SCM έχει καταστεί υψίστης σημασίας για τις εταιρείες που δραστηριοποιούνται σε πολύπλοκες SCs και επιτακτική ανάγκη για τις εστιασμένες εταιρείες που είναι ορατές στις αντίστοιχες αγορές τους. Η βασική πρόκληση προέρχεται από το γεγονός ότι οι εν λόγω εστιακές εταιρείες είναι υπεύθυνες για τα προϊόντα (και το ιστορικό τους) που διανέμουν, ενώ, ταυτόχρονα, οι SCs τους στερούνται ορατότητας (Busse et al.,2017).

Η ιχνηλασιμότητα έχει ιστορικά συνδεθεί με την SCM ως "ένα ουσιαστικό υποσύστημα της διαχείρισης της ποιότητας" (Moe, 1998), που συνδέεται με τη διαχείριση της ολικής ποιότητας – Total Quality Management (TQM) και τις φιλοσοφίες just-in-time (JIT) (Aung and Chang, 2014).

Οι μελετητές έχουν επίσης αναλύσει την ιχνηλασιμότητα ως βασική στρατηγική για τη διαχείριση της αβεβαιότητας και της πολυπλοκότητας σε παγκόσμια συστήματα παραγωγής (Cheng και Simmons, 1994), η οποία σχετίζεται αρνητικά με την πολυπλοκότητα των Αλυσίδων Εφοδιασμού). Οι κανονιστικές απαιτήσεις που προωθούνται από την ασφάλεια των προϊόντων και τις κρίσεις υγείας, όπως η νόσος των τρελών αγελάδων, τα μεταλλαγμένα προϊόντα και τα σκάνδαλα στις τροφές για κατοικίδια ζώα, έχουν προωθήσει τα συστήματα ιχνηλασιμότητας σε κρίσιμες βιομηχανίες, όπως η βιομηχανία τροφίμων και η φαρμακοβιομηχανία (Moe, 1998; Zhou and Piramuthu, 2015).

#### 4. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ LOGISTICS

Οι περισσότερες εταιρείες περιλαμβάνουν πλέον την παγκόσμια προμήθεια ως μέρος της στρατηγικής τους για τις προμήθειες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένα ευρύτερο τοπίο διέλευσης της εφοδιαστικής αλυσίδας. Όσο μεγαλύτερη είναι η αλυσίδα εφοδιασμού, τόσο πιο δύσκολο είναι για τις επιχειρήσεις να παρακολουθούν τη διαδικασία ελέγχου της ποιότητάς τους (Lyles et al., 2008).

Η *ορατότητα της αλυσίδας εφοδιασμού* μπορεί να νοηθεί ως ιχνηλασιμότητα και διαφάνεια της διαδικασίας της αλυσίδας εφοδιασμού. Συνήθως οι επιχειρήσεις σχεδιάζουν το προϊόν και αναπτύσσουν τις διαδικασίες, τα πρότυπα ελέγχου ποιότητας και τα πρότυπα δοκιμών στους υπεράκτιους προμηθευτές τους. Οι Lyles κ.ά. (2008) δήλωσαν ότι η ιχνηλασιμότητα σημαίνει ότι πρέπει να υπάρχουν έγγραφα που να αποδεικνύουν ότι ο προμηθευτής έχει ακολουθήσει τις διαδικασίες σε όλη τη διαδικασία από την προέλευση έως τον τελικό καταναλωτή.

Η ορατότητα της αλυσίδας εφοδιασμού ερμηνεύεται επίσης ως η διαφάνεια της ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ των μελών της αλυσίδας εφοδιασμού (Christopher and Lee, 2004). Η ορατότητα αποκτάται με τη γνώση του τι συμβαίνει σε άλλα μέρη της αλυσίδας, όπως το απόθεμα τελικών προϊόντων, η κατάσταση των παραγγελιών κ.λπ. Η έλλειψη ορατότητας και διαδικασιών ελέγχου επηρεάζει τους εταίρους της αλυσίδας εφοδιασμού που λαμβάνουν αποφάσεις χωρίς να έχουν λεπτομερή γνώση του τι συμβαίνει στα υπόλοιπα τμήματα της αλυσίδας (Jain and Benyoucef, 2008).

Η ορατότητα της αλυσίδας εφοδιασμού που εστιάζει στην ποιότητα των υλικών, εξετάζει την πιθανότητα κινδύνου στην αλυσίδα προμηθευτών της. Επιπλέον, η ορατότητα ενός προμηθευτή κρίνεται από την αξιολόγηση του επιπέδου αποκάλυψης των πληροφοριών ποιότητας, όπως τα δεδομένα εισερχόμενων επιθεωρήσεων από τον προμηθευτή, η αξιολόγηση της διαχείρισης ποιότητας του προμηθευτή, οι πληροφορίες του προμηθευτή (Tse and Tan, 2011).

Σε μια αλυσίδα εφοδιασμού, η ποιότητα του προϊόντος μιας επιχείρησης δεν εξαρτάται μόνο από την ποιότητα της ίδιας αλλά και από την ποιότητα του προμηθευτή. Αυτό που προτείνεται είναι μια προσέγγιση για τη διαχείριση του κινδύνου ποιότητας του προϊόντος και την αξιολόγηση της ορατότητας της αλυσίδας εφοδιασμού. Οι μηχανισμοί περιλαμβάνουν την από κοινού μεγιστοποίηση του αναμενόμενου κέρδους,

τον εντοπισμό του κινδύνου ποιότητας προϊόντος και της ορατότητας, την επιλογή προμηθευτή και την επαναξιολόγηση της λύσης με την υιοθέτηση οριακής αυξητικής ανάλυσης.

#### 4.1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ

Τα συστήματα ιχνηλασιμότητας έχουν σχεδιαστεί για να λειτουργούν μέσα στις πολύπλοκες εφοδιαστικές αλυσίδες, με μεγάλη και δυναμική ομάδα συμμετεχόντων. Τα συστήματα αυτά χρειάζεται να συμφωνούν σχετικά με την επεξεργασία και την εμπορία των αγαθών, τη διαχείριση των πληροφοριών, την ευθύνη και την ταυτοποίηση. Επιπλέον, θα πρέπει να εγγυώνται την ανεξαρτησία πλαισίου, την επεκτασιμότητα και τη διαλειτουργικότητα.

Ωστόσο, δεν έχουμε δει ευρεία αποδοχή των συστημάτων ιχνηλασιμότητας στις αλυσίδες εφοδιασμού, εκτός από λίγες βιομηχανίες. Για παράδειγμα, τέτοια συστήματα επιβάλλονται στη βιομηχανία τροφίμων, επειδή η ιχνηλασιμότητα των τροφίμων απαιτείται νομικά στις περισσότερες ανεπτυγμένες χώρες, όπως στις Ηνωμένες Πολιτείες, τον Καναδά, την ΕΕ, την Ιαπωνία

Σε άλλους κλάδους, ακόμη και αν ένας ισχυρός στην αλυσίδα εφοδιασμού επιβάλει ένα τέτοιο σύστημα, αυτό μπορεί να καταρρεύσει. Το 2003, η WalMart έδωσε εντολή στους 100 κορυφαίους προμηθευτές προϊόντων ευρείας κατανάλωσης – consumer packaged goods (CPG) να εφαρμόσουν σήμανση RFID σε επίπεδο παλετών και κιβωτίων. Ωστόσο, το σχέδιο δεν ευδοχώθηκε, καθώς οι περισσότεροι προμηθευτές αντιδρούσαν. Το θεώρησαν ως επιβολή, επειδή έπρεπε να πληρώσουν για τις ετικέτες, ενώ τα οφέλη ήταν ασαφή από την πλευρά τους.

Το 2010, η WalMart επανήλθε με ένα νέο σχέδιο που εστίαζε περισσότερο στη συνεργασία και στον επιμερισμό του κόστους. Αυτή τη φορά η WalMart συνεργάστηκε με τα μέρη που βρίσκονταν στα ανώτερα στάδια για να τα βοηθήσει να κατανοήσουν τα οφέλη της τεχνολογίας RFID και ήταν πρόθυμη να πληρώσει για τα είδη ιδιωτικής ετικέτας της, γεγονός που θα διευκόλυνε την εφαρμογή του RFID σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού (Roberti, 2010). Είναι ενδιαφέρον γιατί οι επιχειρήσεις διστάζουν να εφαρμόσουν και να συμμετάσχουν σε ένα τέτοιο σύστημα που μπορεί να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα της αλυσίδας εφοδιασμού και να ωφελήσει όλους.

Βλέπουμε ότι δύο σημαντικά ζητήματα εμποδίζουν την υιοθέτηση των συστημάτων ιχνηλασιμότητας στην αλυσίδα εφοδιασμού.

*Πρώτον*, είναι δύσκολο για τα μέρη της αλυσίδας να κατανοήσουν και να ποσοτικοποιήσουν το κόστος και τα οφέλη ενός συστήματος ιχνηλασιμότητας. Ένα σύστημα ιχνηλασιμότητας είναι ένα πολύπλοκο σύστημα, το οποίο περιλαμβάνει μια ποικιλία αποφάσεων σχεδιασμού.

Τα μέρη πρέπει να επιλέξουν τις κατάλληλες παραμέτρους σχεδιασμού - design parameters (DP), όπως η τεχνολογία αναγνώρισης - identification (ID) (π.χ. γραμμωτός κώδικας - barcodes έναντι RFID), το επίπεδο κωδικοποίησης ID (π.χ. παρτίδα έναντι επιπέδου αντικειμένου), το επίπεδο σήμανσης (π.χ. παλέτα έναντι επιπέδου κιβωτίου) και η ιεραρχία εφοδιασμού (π.χ. τελικό προϊόν έναντι επιπέδου συστατικού), ώστε να επιτευχθούν τα κατάλληλα επίπεδα ακρίβειας και βάθους ιχνηλασιμότητας για την αποτελεσματική ανίχνευση και παρακολούθηση. Η απόφαση για την ιχνηλασιμότητα οποιουδήποτε μέρους επηρεάζει την ποιότητα των πληροφοριών και, ως εκ τούτου, το κόστος και τα οφέλη των άλλων μερών.

*Δεύτερον*, καθώς ο σχεδιασμός, η εφαρμογή και η συντήρηση ενός συστήματος ιχνηλασιμότητας είναι συχνά αποκεντρωμένος και τα ενδιαφερόμενα μέρη πρέπει να έχουν κίνητρα να δεσμευτούν. Κάθε μέρος μπορεί να έχει διαφορετικά οφέλη από την εφαρμογή διαφορετικών απαιτήσεων σχεδιασμού και, συνεπώς, διαφορετικά κίνητρα συμμετοχής. Επιπλέον, καθώς κάθε μέρος κάνει τις δικές του επιλογές και επωμίζεται το αντίστοιχο κόστος υλοποίησης, θα ήταν στρατηγικά ορθό για τα μέρη αυτά να καθυστερήσουν τις δικές τους επενδύσεις και να παρατηρήσουν πρώτα τις κινήσεις των άλλων. Συνεπώς, είναι κρίσιμο να έχουν όλοι τα κατάλληλα κίνητρα συμμετοχής, διατηρώντας παράλληλα την αποτελεσματικότητα και την αποδοτικότητα του όλου συστήματος (Cebeci κ.ά., 2009).

#### 4.2. ΤΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΗΣ ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ

Η αλυσίδα εφοδιασμού γεωργικών προϊόντων "από τη γη στο τραπέζι" περιλαμβάνει την παραγωγή, τη μεταποίηση, την αποθήκευση, την επιθεώρηση, τη μεταφορά, τις πωλήσεις και άλλες πτυχές της όλης διαδικασίας, και όλοι οι κρίκοι μπορεί να έχουν ανασφάλεια. Ως εκ τούτου, η διαχείριση της ποιότητας και της ασφάλειας των



τροφίμων είναι η απρόσκοπτη διαδικασία εποπτείας ολόκληρης της βιομηχανικής πληροφόρησης. ( Yang Xing Ting et al., 2014)

Η σύγκλιση και η αυτόματη συλλογή πληροφοριών της βιομηχανικής αλυσίδας είναι η βασική εγγύηση για την επίτευξη της ιχνηλασιμότητας της ποιότητας και της ασφάλειας των προϊόντων. Είναι απαραίτητο να συλλέγονται και να λαμβάνονται πληροφορίες για όλες τις πτυχές της βιομηχανικής αλυσίδας των γεωργικών προϊόντων και να επιτυγχάνεται η αποτελεσματική μετάδοση των πληροφοριών ιχνηλασιμότητας κατά τη σύνδεση ολόκληρης της βιομηχανικής αλυσίδας. Είναι απαραίτητο να χρησιμοποιείται φορητός εξοπλισμός ιχνηλασιμότητας για την ακριβή ταυτοποίηση και την ολοκληρωμένη παρακολούθηση των πληροφοριών ολόκληρης της βιομηχανικής αλυσίδας των γεωργικών προϊόντων. (Zhang et al., 2018)

Ωστόσο, εξακολουθούν να υπάρχουν ορισμένες ελλείψεις:

(1) Ζητήματα ποιότητας και ασφάλειας μπορεί να υπάρχουν σε κάθε πτυχή της ιχνηλασιμότητας ολόκληρης της βιομηχανικής αλυσίδας των γεωργικών προϊόντων και ο υφιστάμενος εξοπλισμός ιχνηλασιμότητας δεν μπορεί να επιτύχει αποτελεσματική μεταφορά και διασύνδεση των πληροφοριών ιχνηλασιμότητας σε όλους τους κρίκους

(2) ο υφιστάμενος εξοπλισμός ιχνηλασιμότητας δεν περιλαμβάνει πληροφορίες χρόνου-χώρου σε ολόκληρη τη βιομηχανική αλυσίδα. Είναι πολύ σημαντικό να αποκτήσουμε πραγματικά την ιχνηλασιμότητα των πληροφοριών ιχνηλασιμότητας των γεωργικών προϊόντων και να αποκτήσουμε τις πληροφορίες χωροχρόνου όλων των κρίκων σε ολόκληρη τη βιομηχανική αλυσίδα.

Σε ολόκληρη τη βιομηχανική αλυσίδα των γεωργικών προϊόντων, περιλαμβάνεται κυρίως η παραγωγή, η μεταποίηση, η αποθήκευση, οι δοκιμές, τα logistics και οι πωλήσεις.

Οι λειτουργικές απαιτήσεις του συστήματος περιλαμβάνουν κυρίως τα ακόλουθα τρία σημεία:

(1) **Απόκτηση πληροφοριών χώρου και χρόνου:** Στην ιχνηλασιμότητα ολόκληρης της βιομηχανικής αλυσίδας των γεωργικών προϊόντων, οι συνδέσεις που υφίστανται οι διάφορες παρτίδες γεωργικών προϊόντων είναι διαφορετικές και υπάρχουν διαφορές στις πληροφορίες χώρου και χρόνου. Στην ίδια παρτίδα γεωργικών προϊόντων, η χωρική θέση και η χρονική πληροφορία κάθε συνδέσμου είναι διαφορετικές. Για να

εντοπιστεί πραγματικά η πληρότητα και η αυθεντικότητα της πηγής, είναι απαραίτητο να εντοπιστεί η πηγή και η λειτουργία κάθε παρτίδας και κάθε συνδέσμου, έτσι ώστε να διασφαλιστεί η ποιότητα και η ασφάλεια του προϊόντος. Ως εκ τούτου, η απόκτηση πληροφοριών χρόνου και χώρου των γεωργικών προϊόντων σε όλα τα στάδια είναι ζωτικής σημασίας.

(2) **Συλλογή περιβαλλοντικών πληροφοριών:** Ορισμένα γεωργικά προϊόντα είναι ευπαθή, η θερμοκρασία και η υγρασία είναι οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τα ευπαθή γεωργικά προϊόντα. Ως εκ τούτου, σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού, η διατήρηση των γεωργικών προϊόντων εντός της ασφαλούς θερμοκρασίας και υγρασίας τους είναι μία από τις βασικές λειτουργίες του συστήματος της αλυσίδας εφοδιασμού γεωργικών προϊόντων. Ο εξοπλισμός ιχνηλασιμότητας πρέπει να συλλέγει τη θερμοκρασία και την υγρασία κάθε σταδίου σε πραγματικό χρόνο και να παρέχει ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο για καθοδήγηση, ώστε να διασφαλίζεται το περιβάλλον ασφαλείας των γεωργικών προϊόντων.

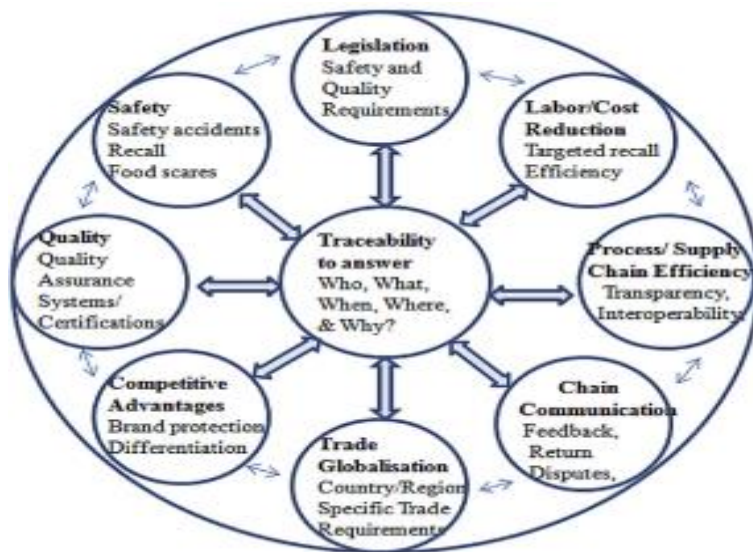
(3) **Παραγωγή και εκτύπωση δισδιάστατων κωδικών (QR Codes):** Ο εξοπλισμός ιχνηλασιμότητας για γεωργικά προϊόντα μπορεί να παράγει ανιχνεύσιμους δισδιάστατους κωδικούς για τις πληροφορίες που λαμβάνονται και συλλέγονται σε κάθε σύνδεσμο και να τους εκτυπώνει σε πραγματικό χρόνο μέσω εκτυπωτή δισδιάστατων κωδικών, ο οποίος χρησιμοποιείται για την αποτελεσματική μεταφορά και σύνδεση πληροφοριών μεταξύ των συνδέσμων. Οι καταναλωτές μπορούν να χρησιμοποιήσουν το κινητό τηλέφωνο για να σαρώσουν τον τελικό κωδικό QR για να προβάλλουν πληροφορίες σχετικά με ολόκληρη την αλυσίδα γεωργικών προϊόντων.

Οι απαιτήσεις επιδόσεων του συστήματος περιλαμβάνουν κυρίως τα ακόλουθα τρία μέρη:

(1) **Αυθεντικότητα και μοναδικότητα:** Ο εξοπλισμός ιχνηλασιμότητας για γεωργικά προϊόντα μπορεί να λαμβάνει τις πληροφορίες χρόνου και χώρου των παρτίδων και των συνδέσμων κάθε προϊόντος σε πραγματικό χρόνο και μπορεί να παράγει μοναδικούς και αυθεντικούς κωδικούς QR ιχνηλασιμότητας με βάση τις πληροφορίες χρόνου και χώρου. Σύμφωνα με αυτόν τον δισδιάστατο κωδικό, μπορεί να εντοπιστεί η διαχείριση και η λειτουργία των γεωργικών προϊόντων σε ακριβή και συγκεκριμένα χρονικά και χωρικά σημεία.

(2) **“Ευφυή” τεχνικά χαρακτηριστικά:** Ο εξοπλισμός ιχνηλασιμότητας αναδεικνύει τα χαρακτηριστικά της ευφυΐας και της πληροφόρησης και ταυτόχρονα διευκολύνει τη λειτουργία και τη χρήση των τεχνικών. Επιπλέον, η βιομηχανική αλυσίδα των γεωργικών προϊόντων είναι πολύπλοκη και είναι απαραίτητο να εντοπιστεί ολόκληρη η πηγή ολόκληρης της βιομηχανικής αλυσίδας.

(3) **Αξιοπιστία και σταθερότητα:** Η αξιοπιστία προϋποθέτει ότι ολόκληρη η συσκευή υλικού ιχνηλασιμότητας είναι σε θέση να εγγυάται την ορθή ολοκλήρωση των εργασιών κατά την απόκτηση πληροφοριών, την εκτύπωση δισδιάστατων κωδικών και την ασύρματη μετάδοση. Απαιτήσεις σταθερότητας Οι συσκευές υλικού ιχνηλασιμότητας έχουν χαμηλά ποσοστά αστοχίας, μεγάλη διάρκεια ζωής, ευκολία στη λειτουργία και την αντικατάσταση, σταθερή και συνεχή λειτουργία κάθε μονάδας και μεγάλη διάρκεια ζωής της μπαταρίας κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής.



Εικόνα 4. Παράγοντες για την ιχνηλασιμότητα της αλυσίδας εφοδιασμού τροφίμων. (Aung & Chang, 2014)

## 5. ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

### 5.1. Η ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΟΥ RFID

Ειδικότερα, ο αναδυόμενος ρόλος της τεχνολογίας RFID (Radio-frequency identification) στην ολοκλήρωση των αλυσίδων εφοδιασμού θεωρείται καθοριστικός για την ευθυγράμμιση των εργασιών και την επίτευξη λειτουργικής αποτελεσματικότητας. Άλλα οφέλη περιλαμβάνουν την καλύτερη ορατότητα που προκύπτει από την προληπτική διαχείριση εργασιών και διαδικασιών και τη βελτιωμένη αξιολόγηση κινδύνων που συνδέεται με την καλύτερη ακρίβεια/ποιότητα των δεδομένων. Επιπλέον, η βελτιστοποίηση των λειτουργιών σχεδιασμού και ελέγχου ενισχύεται μέσω της εισαγωγής βασικών τεχνολογιών RFID και της ενσωμάτωσής τους στα συστήματα και τις λειτουργίες logistics. (Chen et al., 2008)

Τα logistics και η διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού είναι βασικοί τομείς στους οποίους οι εξελίξεις στις Τεχνολογίες Πληροφοριών και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) επιτρέπουν την αλλαγή παραδείγματος στην εξέλιξη των παραδοσιακών επιχειρηματικών πρακτικών. Η εισαγωγή της ηλεκτρονικής εφοδιαστικής και της ηλεκτρονικής διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας έχει επιφέρει νέες προκλήσεις στον τρόπο με τον οποίο ανατίθενται, εκτελούνται και διαχειρίζονται θεμελιωδώς τα καθήκοντα, τόσο από επιχειρησιακή όσο και από οργανωτική άποψη.

Η προσαρμογή και η χρήση τεχνολογιών με ηλεκτρονικές δυνατότητες, όπως η τεχνολογία RFID, έχει οδηγήσει σε κέρδη βελτιστοποίησης σε εκτεταμένες αλυσίδες εφοδιασμού και στην μεταποίηση.

Η τεχνολογία RFID περιγράφεται ως μια αυτόματη ασύρματη ταυτοποίηση που μπορεί να ανιχνεύει και να παρακολουθεί ταυτόχρονα αντικείμενα ή ανθρώπους μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Οι πιθανοί λόγοι για τους οποίους προτιμάται η τεχνολογία RFID μπορεί να είναι το χαμηλό κόστος και η ευκολία χρήσης της, μεταξύ άλλων τεχνολογιών του IoT. (Mishra A. and Mishra D. , 2010)

Παραδείγματα δεδομένων και πληροφοριών που αφορούν υλικά αγαθά, τα οποία συνήθως καταγράφονται από τα συστήματα RFID είναι οι ποσότητες αποθεμάτων που μετρούνται σε σχέση με την ώρα, την ημερομηνία και την τοποθεσία. Άλλοι τύποι μετρούμενων δεδομένων μπορεί να περιλαμβάνουν την παρακολούθηση των

περιβαλλοντικών συνθηκών, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία ή/και η πίεση, οι οποίες καθιστούν τη χρήση RFID πολύ ελκυστική σε συγκεκριμένους τομείς, όπως τα ευπαθή προϊόντα και τα φαρμακευτικά προϊόντα. Η τεχνολογία RFID έχει ευρεία χρήση σε πολλούς διαφορετικούς τομείς, από το λιανικό εμπόριο έως τις τράπεζες, ιδίως στους τομείς της διαχείρισης και του ελέγχου αποθεμάτων, όπως η παρακολούθηση και η ασφάλεια. Το RFID είναι βασικό στοιχείο για την υποστήριξη των επιχειρήσεων ηλεκτρονικής εφοδιαστικής αλυσίδας, μέσω της ικανότητάς του να ανταλλάσσει πληροφορίες με συστήματα όπως τα συστήματα προγραμματισμού επιχειρησιακών πόρων (ERP).

Η ενσωμάτωση της RFID με τα συστήματα ERP και πιο πρόσφατα με το cloud computing, προσφέρει νέες ευκαιρίες για την ενεργοποίηση της ορατότητας, ιδίως στις αλυσίδες εφοδιασμού, όπου η ακριβής θέση και η κίνηση των εξαρτημάτων επιτρέπει τον προληπτικό σχεδιασμό και έλεγχο, ενισχύοντας έτσι την αποτελεσματικότητα και επιτρέποντας την ανταγωνιστικότητα.

#### 5.1.1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΓΙΑ ΤΑ RFID

Οι ρίζες της τεχνολογίας RFID χρονολογούνται από τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο και γεννήθηκαν από την ανάγκη αναγνώρισης φιλικών ή εχθρικών αεροσκαφών στον αέρα. Το σύστημα αυτό, το οποίο χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα με τη μορφή ραντάρ, ονομάστηκε Identify Friend or Foe (IFF). Το IFF χρησιμοποιούσε αναμεταδότες που τοποθετούνταν επί του φιλικού αεροσκάφους, οι οποίοι, όταν ανακρίνονταν από τους σταθμούς ραντάρ της βάσης, επέστρεφαν έναν μοναδικό κωδικό που τα αναγνώριζε ως φιλικά ή, ελλείπει αυτού του κωδικού, ως εχθρικά. (Michaelides and Forster, 2013).

Μετά τον πόλεμο, και ιδίως τη δεκαετία του 1950, η IFF εξελίχθηκε περαιτέρω, και είναι σήμερα συνηθισμένο φαινόμενο τόσο στα στρατιωτικά όσο και στα πολιτικά αεροσκάφη που πετούν (Ρούσσο, 2008).

Οι πιο εφαρμοσμένες εξελίξεις της τεχνολογίας RFID πραγματοποιήθηκαν στις δεκαετίες του '60 και του '70, κυρίως από το Εθνικό Εργαστήριο Los Alamos στις ΗΠΑ, ως μέσο εντοπισμού πυρηνικών υλικών, και αργότερα θα εξελιχθεί στην Ηλεκτρονική Παρακολούθηση Αντικειμένων (EAS) για τον έλεγχο της κλοπής αποθεμάτων (Ρούσσο, 2008). Αυτό έδινε έμφαση στον έλεγχο των αποθεμάτων και





ήταν ο πρόδρομος των τυπικών επιχειρήσεων ετικετών ασφαλείας που χρησιμοποιούνται σήμερα σε πολλά καταστήματα λιανικής πώλησης.

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '90, πραγματοποιήθηκαν αρκετές μεγάλης κλίμακας εφαρμογές λύσεων RFID, ιδίως η ηλεκτρονική είσπραξη διοδίων στις Ηνωμένες Πολιτείες και σε σιδηροδρομικά βαγόνια στη Βόρεια Αμερική (**Landt, 2005**). Η ευρεία προσαρμογή του RFID προωθήθηκε περαιτέρω από μεγάλες εταιρείες λιανικής πώλησης, όπως η WalMart και η METRO. Ωστόσο, παρά τις πολλά υποσχόμενες δυνατότητές της, η επιτυχής χρήση της RFID τεχνολογίας στην ηλεκτρονική ενεργοποίηση και βελτιστοποίηση των αλυσίδων εφοδιασμού από άκρο σε άκρο παραμένει πρόκληση και δεν έχει υλοποιηθεί πλήρως τα τελευταία χρόνια, γεγονός που υποδηλώνει ότι η διαδικασία προσαρμογής του RFID είναι πιο πολύπλοκη από ό,τι αναμενόταν προηγουμένως (**Ustundag, 2010**).

#### 5.1.2. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ RFID ΜΕ BARCODES

Το RFID μπορεί να θεωρηθεί ως εξελικτικός διάδοχος των γραμμωτών κωδικών ( BARCODES ), αλλά στην πραγματικότητα το RFID έχει μοναδική λειτουργικότητα και η επιλογή του πρέπει να μελετηθεί προσεκτικά. Το RFID μπορεί είτε να αναπτυχθεί ως αυτόνομη λύση είτε να λειτουργήσει καλά σε συνδυασμό με μια τυπική εφαρμογή γραμμωτού κώδικα. Το RFID δεν θα πρέπει να θεωρείται ούτε ως τεχνολογία που αντικαθιστά όλες τις υπάρχουσες υλοποιήσεις του barcode, ανεξάρτητα από τη λειτουργικότητά τους, ούτε να θεωρείται ως η λύση για όλες τις ελλείψεις του barcode.

Η επιλογή πρέπει να είναι τεκμηριωμένη, με σαφή κατανόηση των επιχειρηματικών στόχων για τους οποίους η απαιτούμενη εφαρμογή RFID είναι αναγκαία, καθώς και με σαφή κατανόηση των πιθανών περιορισμών για τη χρήση της.

	Barcode	DataMatrix	QR	RFID (Passive)
Data capacity	Low	Medium (1.5 KB)	Medium (3 KB)	High (1 MB)
Characters	up to 20	up to 2335 alphanumeric	up to 4296 alphanumeric	100–1000
Data nature	Read only	Read only	Read only	Rewriteable
Readability	Visible	Visible	Visible	Hidden
Operating distance	Low	Medium	Medium	High
Line of sight	Required	Required	Required	Not required
Security	Low	Medium (higher than QR)	Medium	High
Cost	Low	Low	Low	High
Main advantage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inexpensive</li> <li>• Same accuracy on versatile materials</li> <li>• Easy to use</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inexpensive</li> <li>• Small</li> <li>• Additional information</li> <li>• For small businesses, especially for marketing</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Useful for tracking vast quantities of goods</li> <li>• Tracking of item-specific information</li> <li>• Additional informations</li> </ul>
Sample				

Εικόνα 5. Σύγκριση μεταξύ Barcode, 2D Barcodes και RFID. (Gregor-Svetec, 2018)

### 5.1.3. ΑΝΑΛΥΣΗ RFID

Στη βασική της διαμόρφωση, μια ετικέτα RFID αποτελείται από μια κεραία και ένα μικροτσίπ, αλλά μπορεί επίσης να περιλαμβάνει και άλλα εξαρτήματα, όπως αισθητήρες (π.χ. θερμοκρασίας) και μια πηγή ενέργειας (μπαταρία, ηλιακό πάνελ). Η ετικέτα RFID περιέχει μια μικρή ποσότητα εικονικής μνήμης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση πληροφοριών που αφορούν ένα αντικείμενο στο οποίο είναι προσαρτημένη. Οι πληροφορίες αυτές θα μπορούσαν να είναι ένας μοναδικός κωδικός αναγνώρισης, π.χ. αριθμός εξαρτήματος και επιπλέον μπορεί να περιλαμβάνουν άλλες πληροφορίες, όπως ειδικές οδηγίες, ημερομηνίες, όρια, προειδοποιήσεις κ.λπ.

Στην περίπτωση μιας ενεργής ετικέτας RFID, τα δεδομένα και οι πληροφορίες μεταδίδονται χρησιμοποιώντας την ίδια την πηγή ενέργειας των ετικετών. Εναλλακτικά, στην περίπτωση παθητικών ετικετών RFID, τα δεδομένα και οι πληροφορίες μπορούν να σταλούν ως απάντηση όταν η παθητική ετικέτα ενεργοποιηθεί κοντά σε έναν αναγνώστη RFID.

Μόλις έρθει σε επικοινωνία, ο αναγνώστης μπορεί να διαβάσει τις πληροφορίες από την ετικέτα και να ενημερώσει ή να προσθέσει νέες πληροφορίες σχετικά με το αντικείμενο στο οποίο είναι προσαρτημένη η ετικέτα RFID, είτε στην ίδια την ετικέτα ή/και σε ένα σύστημα ERP ή παρόμοιο σύστημα. Αυτή η λειτουργικότητα προσφέρει ένα ευρύ πεδίο χρήσης για την τεχνολογία RFID. (Chen et al., 2010)

Το τσιπ RFID μπορεί να τοποθετηθεί απευθείας σε ένα μεμονωμένο αντικείμενο ή σε συσκευασίες με καθορισμένη ποσότητα του ίδιου αντικειμένου, π.χ. μία δωδεκάδα. Επιπλέον, οι παλέτες μπορούν να περιέχουν τη δική τους ετικέτα RFID, η οποία θα καταγράφει τον αριθμό των πακέτων σε κάθε παλέτα. Αυτό είναι χρήσιμο για τις εργασίες αποθήκευσης, συμπεριλαμβανομένης της αποθήκευσης και της θέσης, και για την ενσωμάτωση αυτών των πληροφοριών με τα συστήματα διαχείρισης αποθήκης – Warehouse Management Systems (WMS).

Μόλις αυτό το τσιπ βρεθεί κοντά σε έναν αναγνώστη, για παράδειγμα στην αποβάθρα φόρτωσης, το τσιπ ενεργοποιείται και προκαλεί την απόκρισή του. Ο αναγνώστης διαβιβάζει στη συνέχεια τις πληροφορίες σε έναν αυτόνομο υπολογιστή μιας κεντρικής βάσης δεδομένων. Αυτές οι νέες πληροφορίες αναλύονται στη συνέχεια και δημιουργείται η κατάλληλη απάντηση.

Αυτή η απάντηση θα μπορούσε απλώς να είναι η ενημέρωση της κατάστασης του συγκεκριμένου προϊόντος, όπως η προσαρμογή του αποθέματος, ή, στην περίπτωση μη εξουσιοδοτημένης μετακίνησης, η αποστολή ενός προειδοποιητικού μηνύματος στον αναγνώστη, το οποίο θα αναφέρει ότι δεν υπάρχει σχετική παραγγελία για το συγκεκριμένο προϊόν.

Η εφοδιαστική αλυσίδα με τεχνολογία RFID που βασίζεται στο μοντέλο SCOR (Supply Chain Operations Reference) περιλαμβάνει συντομότερους χρόνους παράδοσης και μεγαλύτερη ιχνηλασιμότητα των προϊόντων, καθώς οι εταίροι μοιράζονται ακριβείς πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο.

Η θεαματική πρόοδος των εργαλείων εφοδιαστικής και πληροφορικής έχει τονώσει τη βελτίωση της μονάδας εφοδιαστικής αλυσίδας, όπως η παρακολούθηση πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο και η αυτόματη συλλογή δεδομένων. Με τη σειρά τους, κατέστη επίσης δυνατός ο εντοπισμός σπατάλης και δραστηριοτήτων μη προστιθέμενης αξίας. (Savino et al., 2019)



Στην Διοίκηση Αλυσίδας Εφοδιασμού, καθοριστικό ρόλο διαδραματίζουν οι πιο πρόσφατες τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών - Communication Technologies (ICT) που μπορούν να υποστηρίξουν την καλύτερη ολοκλήρωση των συστημάτων πληροφοριών και την ταχύτερη ανταπόκριση στη ζήτηση των πελατών. Οι I.C.T. καθιστούν δυνατή την επεξεργασία περισσότερων πληροφοριών, με μεγαλύτερη ακρίβεια, συχνότερα και από περισσότερες πηγές.

Με την επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο που παρέχει η τεχνολογία RFID, το σύστημα εκτυπώνει αυτό το έγγραφο αυτόματα μόνο όταν η σχετική παλέτα φορτώνεται πραγματικά στο φορτηγό. Με αυτόν τον τρόπο αποκλείονται τα σφάλματα αποστολής (π.χ. παλέτα που δεν τοποθετείται στο μέσο μεταφοράς αλλά εκτυπώνεται έγγραφο μεταφοράς).

Οι εφαρμογές αποθήκης είναι ένας από τους πρώτους τρόπους χρήσης της τεχνολογίας RFID στην παραγωγή. Η διαχείριση αποθήκης μπορεί να περιλαμβάνει όλα τα είδη των λειτουργιών που σχετίζονται με την εφοδιαστική της παραγωγής, όπως η παρακολούθηση των αποθεμάτων, η ταυτοποίηση των εξαρτημάτων, ο έλεγχος των ροών υλικών και η διαχείριση της συλλογής, παραλαβής και αποστολής των υλικών. Οι κύριοι χρήστες της RFID στη διαχείριση αποθηκών ήταν η αυτοκινητοβιομηχανία και άλλες βαριές βιομηχανίες, η βιομηχανία ηλεκτρονικών ειδών και η κατασκευή ημιαγωγών.

Η τεχνολογία RFID επιτρέπει την παρακολούθηση των πρώτων υλών, την απογραφή WIP (Work In Progress), την αυτοματοποιημένη παρακολούθηση του WIP, την παρακολούθηση των τελικών προϊόντων, ακόμη και την παρακολούθηση της κατάστασης συναρμολόγησης κατά τη διάρκεια της παραγωγής.

Η παρακολούθηση των αντικειμένων, ο έλεγχος ποιότητας και η διαχείριση των πόρων σε επίπεδο εργοστασίου ήταν οι κύριοι στόχοι εφαρμογών που σχετίζονται με την παρακολούθηση, τη διαχείριση και τον έλεγχο των διαδικασιών. Φαίνεται ότι τα βασικά κίνητρα για την εφαρμογή της τεχνολογίας RFID σε επίπεδο εργασίας ήταν η μείωση των ανθρώπινων σφαλμάτων και της χειρωνακτικής εργασίας.

Επιπλέον, πολλές εταιρείες θεώρησαν σημαντικό να είναι σε θέση να παρακολουθούν τα WIP τους σε πραγματικό χρόνο, καθώς οι ουσιαστικές πληροφορίες παραγωγής σε πραγματικό χρόνο υποστηρίζουν τα διάφορα επίπεδα διοίκησης των επιχειρήσεων να λαμβάνουν ακριβείς αποφάσεις γρήγορα και αποτελεσματικά. (Liukkonen , 2015)

## 5.2. BARCODES

Ο γραμμωτός κώδικας (barcode) είναι μια οπτική, αναγνώσιμη από μηχανήματα αναπαράσταση δεδομένων. Οι γραμμωτοί κώδικες είναι η λιγότερο δαπανηρή και πιο δημοφιλής μορφή φορέων δεδομένων. Στις αρχές της δεκαετίας του 1980 κυκλοφόρησε ο Universal Product Code (UPC), ένας μοναδικός γραμμωτός κώδικας που αντιστοιχούσε σε προϊόντα. Ο πρώτος δισδιάστατος γραμμωτός κώδικας (2D code) με την ονομασία Code 49, προκάτοχος του δημοφιλούς PDF417, παρουσιάστηκε από την Intermec Corporation το 1988.

Ένας 2D γραμμωτός κώδικας είναι μια γραφική εικόνα που αποθηκεύει πληροφορίες τόσο οριζόντια όσο και κάθετα. Ως αποτέλεσμα αυτής της κατασκευής, οι 2D γραμμωτοί κώδικες μπορούν να αποθηκεύσουν έως και 7089 χαρακτήρες, σημαντικά μεγαλύτερη αποθήκευση από ό,τι είναι δυνατή με τη χωρητικότητα 20 χαρακτήρων ενός μονοδιάστατου γραμμωτού κώδικα. Υπάρχουν διάφοροι τυποποιημένοι γραμμωτοί κώδικες 2D, όπως QR Code, Aztec Code, DataMatrix, Nex Code, αλλά κυρίως χρησιμοποιούνται οι κώδικες DataMatrix και QR. (Gao et al., 2007)

Ο γραμμωτός κώδικας 2D περιλαμβάνει μια ανεξάρτητη βάση δεδομένων με πλήρη ελευθερία κίνησης, επιτρέποντας την άμεση πρόσβαση στα δεδομένα ανεξάρτητα από την τοποθεσία. Οι πληροφορίες μπορούν να διαβαστούν με μια κατάλληλη συσκευή οπτικής σάρωσης ή αναγνώστη που βασίζεται σε κάμερα.

Τα άλλα πλεονεκτήματα των 2D barcodes είναι το μικρό φυσικό μέγεθος, η επεκτασιμότητα, η μεγάλη χωρητικότητα αποθήκευσης δεδομένων και η υψηλή πυκνότητα δεδομένων, η καλή ορθότητα των πληροφοριών και η υψηλή ανθεκτικότητα. Οι 2D γραμμωτοί κώδικες περιλαμβάνουν επίσης έναν διορθωτή σφαλμάτων και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ειδικές τεχνολογίες κρυπτογράφησης, εάν οι πληροφορίες είναι εμπιστευτικές. Μπορούν να κωδικοποιήσουν το σύνδεσμο προς ιστοσελίδες και άλλους τύπους πληροφοριών που είναι προσβάσιμοι από την καταγραφή μέσω κινητού τηλεφώνου. Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι με τη χρήση κωδικών 2D διατίθεται περισσότερος χώρος για σχεδιαστικές λύσεις στη συσκευασία.

Οι γραμμωτοί κώδικες 2D μπορούν να προσαρτηθούν στις συσκευασίες με αυτοκόλλητα ή να εκτυπωθούν απευθείας στη συσκευασία και να δώσουν έτσι στον καταναλωτή πρόσθετες πληροφορίες για το προϊόν ή να παραπέμπουν στην ιστοσελίδα για την απόκτηση περισσότερου περιεχομένου. Έχει επίσης σχεδιαστεί ένα 2D barcode το οποίο περιλαμβάνει γραφικά, γραμμές, ακόμη και χαρακτήρες που αποκωδικοποιούν τις πληροφορίες (προέλευση προϊόντος, ημερομηνία παραγωγής κ.λπ.) του συσκευασμένου προϊόντος διατροφής.

Οι 2D γραμμωτοί κώδικες εκτυπώνονται συνήθως εξασφαλίζοντας τη μέγιστη δυνατή αντίθεση, ως μαύρος κώδικας τυπωμένος σε λευκό υπόστρωμα. Η αυξανόμενη ζήτηση για γραμμωτούς κώδικες υψηλότερης πυκνότητας έχει υποκινήσει την ανάγκη για έγχρωμους γραμμωτούς κώδικες 2D, όπως τα έγχρωμα DataGlyphs, ο έγχρωμος γραμμωτός κώδικας υψηλής χωρητικότητας (HCCB) και ο HCC2D, ο έγχρωμος δισδιάστατος κώδικας υψηλής χωρητικότητας.

Διαφορετικές τεχνολογίες έγχρωμων γραμμωτών κωδικών υιοθετούν διαφορετικές στρατηγικές για την ταξινόμηση των χρωμάτων, δηλαδή για τη μετατροπή των αναλογικών κυττάρων γραμμωτού κώδικα σε ψηφιακές ροές bit.

Οι Querini και Italiano πραγματοποίησαν μια μελέτη με στόχο τον προσδιορισμό των καταλληλότερων ταξινομητών χρώματος για τη μετατροπή αναλογικών κυττάρων γραμμωτού κώδικα σε ψηφιακές ροές bit.

Οι Bogataj et al. έδειξαν ότι οι κωδικοί DataMatrix κυανού, ματζέντα και μαύρου χρώματος είναι αναγνώσιμοι ανεξάρτητα από την τεχνική εκτύπωσης, το υπόστρωμα εκτύπωσης ή τη συσκευή ανάγνωσης.

Οι Lindqvist et al. περιέγραψαν νέες τεχνικές για την εκτύπωση κωδικών, συμπεριλαμβανομένων κωδικών που είναι ορατοί μόνο σε υπεριώδες ή υπέρυθρο φως. Περιέγραψαν επίσης την εφαρμογή έγχρωμων κωδικών σε συσκευασίες τροφίμων, οι οποίες μπορούν να χρησιμεύσουν ως δείκτης που δίνει πληροφορίες σχετικά με τη φρεσκάδα των τροφίμων.

### 5.2.1. ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

Οι περισσότερες από τις συμβατικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της συγκέντρωσης αερίων στη συσκευασία τροφίμων έχουν περιορισμούς και στις περισσότερες περιπτώσεις απαιτούν την καταστροφή ή την επανασφράγιση των συσκευασιών, είναι δύσκολο να εφαρμοστούν ή είναι δαπανηρές και χρονοβόρες .

Οι αισθητήρες αποτελούν πραγματικές εναλλακτικές λύσεις στις συμβατικές τεχνικές, καθώς είναι γρήγορες, αξιόπιστες και φθηνές ευφυείς συσκευές. Κατά το σχεδιασμό αισθητήρων για εμπορική εφαρμογή στην παρακολούθηση της ποιότητας των συσκευασιών τροφίμων πρέπει να λαμβάνονται υπόψη η ασφάλεια των τροφίμων και η αυστηρή νομοθεσία. Άλλες απαιτήσεις κατά το σχεδιασμό είναι η κατασκευή αισθητήρων με μειωμένη ακαμψία, υψηλή ευαισθησία και βελτιωμένη ικανότητα αντίστασης στις περιβαλλοντικές επιδράσεις .

Οι αισθητήρες είναι συσκευές που χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση, τον εντοπισμό ή την ποσοτικοποίηση ενέργειας ή ύλης, δίνοντας ένα σήμα για την ανίχνευση ή τη μέτρηση μιας φυσικής ή χημικής ιδιότητας στην οποία ανταποκρίνεται η συσκευή.

Αποτελούνται από έναν υποδοχέα και έναν μετατροπέα. Ο υποδοχέας μετατρέπει τις φυσικές ή χημικές πληροφορίες σε μια μορφή ενέργειας, ο μετατροπέας μετατρέπει την ενέργεια σε ένα χρήσιμο αναλυτικό σήμα, το οποίο μετράται από μια εξωτερική συσκευή. Οι κύριοι τύποι μετατροπέων περιλαμβάνουν ηλεκτρικό, οπτικό, θερμικό ή χημικό σήμα. Οι αισθητήρες που προορίζονται για εφαρμογές τροφίμων είναι ηλεκτροχημικοί ή οπτικοί αισθητήρες.

Ένας ηλεκτροχημικός αισθητήρας χρησιμοποιεί το ηλεκτρόδιο ως μετατροπέα. Η οξειδοαναγωγική αντίδραση που λαμβάνει χώρα στη διαχωριστική επιφάνεια ηλεκτροδίου-αναλύτη δημιουργεί ένα ρεύμα που είναι ανάλογο της συγκέντρωσης του αναλύτη. Το τμήμα ανίχνευσης ενός χημικού αισθητήρα στην παρακολούθηση της ποιότητας των τροφίμων είναι συνήθως μια χημικά ευαίσθητη επίστρωση ικανή να ανιχνεύει την παρουσία, τη δραστηριότητα, τη σύνθεση ή τη συγκέντρωση ενός συγκεκριμένου αερίου ή άλλου χημικού αναλύτη μέσω επιφανειακής προσρόφησης.

Η αναλυτική πληροφορία λαμβάνεται από την προσρόφηση του αναλύτη-στόχου στο στρώμα αναγνώρισης με αποτέλεσμα την αλλαγή μιας συγκεκριμένης ιδιότητας της επικάλυψης (π.χ. δυναμικό οξειδοαναγωγής, pH, θερμοκρασία, φως). Στους

αισθητήρες οπτικής φωταύγειας μετρούνται τα εκπεμπόμενα σήματα φθορισμού, φωσφορισμού-κεντρισμού ή χημειοφωταύγειας μετά την ακινητοποίηση του αναλύτη σε κατάλληλο στερεό υλικό, το οποίο λειτουργεί με την αρχή της απόσβεσης της φωταύγειας ή των μεταβολών της απορρόφησης και μπορεί να συσχετιστεί με τη συγκέντρωση του αναλύτη στο δείγμα. Η απόσβεση μιας διεγερμένης φωσφορίζουσας χρωστικής συμβαίνει κατά τη διάρκεια της σύγκρουσης με τα μόρια οξυγόνου. Η ένταση του φωτισμού μειώνεται με την πάροδο του χρόνου και ο βαθμός απόσβεσης είναι ανάλογος της συγκέντρωσης του οξυγόνου στο σύστημα. (Huang et al., 2011)

Οι αισθητήρες αερίου είναι συσκευές που ανταποκρίνονται αντιστρεπτά και ποσοτικά στην παρουσία ενός αερίου αναλύτη μεταβάλλοντας τις φυσικές παραμέτρους του αισθητήρα και παρακολουθούνται από μια εξωτερική συσκευή. Σε σύγκριση με τους συμβατικούς ηλεκτροχημικούς αισθητήρες, οι οπτοχημικοί αισθητήρες υπερτερούν, διότι είναι χημικά αδρανείς, δεν καταναλώνουν αναλύτη (π.χ. οξυγόνο), είναι ικανοί για απομακρυσμένες μετρήσεις, έχουν υψηλή χωρική ανάλυση και είναι ικανοί να μετρούν αέρια και υγρά.

Οι οπτοχημικοί αισθητήρες ανιχνεύουν την αλλοίωση των προϊόντων ή τη μικροβιακή μόλυνση με την ανίχνευση αναλυτών αερίων (οξυγόνο, υδροθείο, διοξείδιο του άνθρακα, αμίνες) με συστήματα που βασίζονται στον φθορισμό χρησιμοποιώντας έναν δείκτη ευαίσθητο στο pH, χρωματομετρική ανίχνευση με βάση την απορρόφηση μέσω οπτικής ένδειξης, και προσεγγίσεις μεταφοράς ενέργειας με χρήση φθοριομετρικής ανίχνευσης φάσης που επιτρέπει τη μέτρηση οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα σε έναν μόνο αισθητήρα. Για την ανίχνευση του οξυγόνου στη συσκευασία τροφίμων είναι καταλληλότερες οι χρωστικές φθορισμού και φωσφορισμού με χρόνους ζωής στην περιοχή των μικροδευτερολέπτων, κατάλληλη ένταση, καλά διαχωρισμένες ζώνες μεγάλου μήκους κύματος, καλή φωτοσταθερότητα. Τα χαρακτηριστικά αυτά επιτρέπουν τη συμβατότητα του αισθητήρα με απλή οπτοηλεκτρονική διάταξη μέτρησης (LED, φωτοδίοδος).

Το OxySense είναι ο πρώτος εμπορικά διαθέσιμος αισθητήρας απόσβεσης φθορισμού. Το ενεργό συστατικό του αισθητήρα οξυγόνου με βάση τον φθορισμό αποτελείται από μια φθορίζουσα ή φωσφορίζουσα χρωστική μακράς καθυστέρησης που είναι εγκλωβισμένη σε μια στερεή πολυμερική μήτρα. Με τη διάχυση του οξυγόνου στο στοιχείο που ανιχνεύει το οξυγόνο σβήνει ο φωτισμός. Η συγκέντρωση του οξυγόνου

εκτιμάται με βάση το βαθμό μεταβολής του φωτισμού, χρησιμοποιώντας μια προκαθορισμένη βαθμονόμηση. Η φωτοχημική αντίδραση είναι αντιστρεπτή. (Krumhar et al., 1992)

Εκτός από τον αισθητήρα οξυγόνου, αναπτύχθηκαν επίσης αισθητήρες διοξειδίου του άνθρακα και πτητικού βασικού αζώτου. Ένας οπτοχημικός αισθητήρας διοξειδίου του άνθρακα αναπτύχθηκε ως επίστρωση μεμβράνης χρησιμοποιώντας μια φωσφοροκεντρική χρωστική και έναν χρωματομετρικό δείκτη pH για την οπτική απόκριση. Ο αισθητήρας αποδείχθηκε σταθερός για τουλάχιστον 14 ημέρες στους 4°C. Η αλλοίωση των ψαριών, με βάση την παρουσία ολικού πτητικού βασικού αζώτου, παρακολουθείται από έναν χρωστικό αισθητήρα με βάση την κολο-οριμετρική χρωστική, ο οποίος περιέχει μια χρωστική ευαίσθητη στο pH, το πράσινο της βρωμοκρεσόλης, εγκλωβισμένη μέσα σε μια πολυμερική μήτρα .

Οι βιοαισθητήρες ανιχνεύουν, καταγράφουν και μεταδίδουν πληροφορίες που αφορούν βιολογικές αντιδράσεις . Αποτελούνται από έναν βιοϋποδοχέα ειδικό για έναν αναλυτή-στόχο (ένζυμα, αντιγόνα, μικρόβια, νουκλεϊκά οξέα, ορμόνες) και ένα στοιχείο μετατροπής σήματος (οπτικό, χρωματομετρικό, ηλεκτροχημικό) το οποίο συνδέεται με τα συστήματα συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων .

Η κύρια διαφορά μεταξύ ενός χημικού αισθητήρα και ενός βιοαισθητήρα έγκειται στο στρώμα αναγνώρισης, στον χημικό αισθητήρα ο υποδοχέας είναι μια χημική ένωση, στον βιοαισθητήρα είναι ένα οργανικό ή βιολογικό υλικό . Οι βιοαισθητήρες είναι σε θέση να παρακολουθούν τη φρεσκάδα των τροφίμων με πιο συγκεκριμένο τρόπο από τους δείκτες “φρεσκάδας” (Freshness Indicators - FI), καθώς μπορούν να ανιχνεύσουν το σχηματισμό προϊόντων αποικοδόμησης και μπορούν να σχεδιαστούν κατά τρόπο προσαρμοσμένο ανάλογα με τον τύπο του προϊόντος που συσκευάζεται. Σημαντικά χαρακτηριστικά των βιοαισθητήρων είναι η εξειδίκευση, η ευαισθησία, η αξιοπιστία, η φορητότητα και η απλότητά τους. (Smolander , 2008)

Οι παραδοσιακές λειτουργίες συσκευασίας εμπλουτισμένες με μια ποικιλία νέων δυνατοτήτων αντιπροσωπεύουν μια νέα εποχή στη συσκευασία τροφίμων. Η νέα μορφή συσκευασίας, που μερικές φορές ονομάζεται "υβριδική" συσκευασία, περιλαμβάνει τυπωμένες και ηλεκτρονικές πληροφορίες- σε ένα τυπωμένο υλικό συσκευασίας ενσωματώνονται νέοι τύποι φορέων πληροφοριών, όπως έξυπνες ετικέτες, γραμμωτός κώδικας ή RFID.

Από τη στιγμή που τα νέα υλικά πρέπει να αυξήσουν τις επιδόσεις τους σε σύγκριση με τα παραδοσιακά, αναπτύσσονται ενεργά νέα είδη μελανιών που μπορεί να είναι αγωγιμα, φωτοενεργά, θερμικά ευαίσθητα, ανθεκτικά στη μνήμη ή χημικά ευαίσθητα. Η εκτυπωμένη ηλεκτρονική, η νανοτεχνολογία και η βιοτεχνολογία είναι παραδείγματα αναδυόμενων τεχνολογιών που επιτρέπουν νέες λειτουργίες της συσκευασίας.

## 6. ΠΩΣ ΓΙΝΕΤΑΙ Η ΙΧΝΗΛΑΤΗΣΗ

Μια διαφανής αλυσίδα εφοδιασμού βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στις πληροφορίες σχετικά με τα προϊόντα κατά τη διακίνησή τους μέσω της αλυσίδας. Οι Morgan et al. (2015) ονομάζουν αυτή τη διαφάνεια της λειτουργικής αλυσίδας εφοδιασμού (operational supply chain transparency - OSCT), η οποία ορίζεται ως η ικανότητα μιας επιχείρησης να συμμετέχει προληπτικά στην επικοινωνία με τα ενδιαφερόμενα μέρη για να αποκτήσει ορατότητα και ιχνηλασιμότητα στις λειτουργίες της εφοδιαστικής αλυσίδας στα ανάντη (upstream) και στα κατόντη (downstream) στάδια.

Οι πληροφορίες που συλλέγονται από μια τέτοια επικοινωνία πρέπει να είναι ακριβείς, έγκαιρες, συνεπείς και πλήρεις (Hazzen et al., 2014) και δομημένες με τρόπο που να είναι αξιοποιήσιμες από τους ενδιαφερόμενους φορείς της αλυσίδας εφοδιασμού (Spekman et al., 1998). Οι επιχειρήσεις έχουν στηριχθεί σε διάφορες μορφές ανάλυσης της αλυσίδας εφοδιασμού – Supply Chain Analysis (SCA) για να βελτιώσουν τις δυνατότητες επεξεργασίας πληροφοριών και τις λειτουργίες της αλυσίδας εφοδιασμού

Πιο πρόσφατα, η SCA αξιοποιείται για τη διευκόλυνση της διαφάνειας και την αύξηση της βιωσιμότητας σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού (Bell et al., 2016). Η SCA αναφέρεται στη χρήση αναλυτικών εργαλείων και εφαρμογών για την ενημέρωση της λήψης αποφάσεων και τελικά τη βελτίωση των επιπέδων απόδοσης της εφοδιαστικής αλυσίδας (Chae et al., 2014; Trkman et al., 2010).

Η μελλοντική έρευνα μπορεί να εξετάσει κατά πόσον οι δυνατότητες ανάλυσης για την υποστήριξη των επιστροφών ή την ενεργοποίηση των διαδικασιών θα μπορούσαν να επηρεάσουν τη διαφάνεια της εφοδιαστικής αλυσίδας. Επιπλέον, η έρευνα μπορεί να εξετάσει και άλλες δυνατότητες ανάλυσης της επιχείρησης που δεν σχετίζονται άμεσα με τις λειτουργίες της εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι ισχυρές ικανότητες ανάλυσης σε

άλλους τομείς της επιχείρησης (όπως τα χρηματοοικονομικά, οι πωλήσεις και άλλοι) μπορούν επίσης να διαδραματίσουν άμεσο ή ακόμη και έμμεσο ρόλο στην επιρροή της OSCT.

Καθώς οι εταιρείες έχουν αυξήσει τις παγκόσμιες αλυσίδες εφοδιασμού σε βάρος της αξιοπιστίας των προϊόντων για να διατηρήσουν την ανταγωνιστικότητά τους, η ανάκληση προϊόντων γίνεται ένα αρκετά δύσκολο ζήτημα στη διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού, ιδίως στις αλυσίδες εφοδιασμού τροφίμων και φαρμάκων.

Το βασικό στοιχείο της ανάκλησης προϊόντων είναι να εντοπίζεται η επικίνδυνη προέλευση και στη συνέχεια να εκτελείται πλήρης ανάκληση των προϊόντων που δεν μπορούν να χαρακτηριστούν σαφώς ως ασφαλή. Μέχρι στιγμής, το σύστημα ιχνηλασιμότητας θεωρείται ως μία από τις πιο υποσχόμενες λύσεις για την ανακούφιση ή την επίλυση του κόστους ανάκλησης (Huang et al., 2012).

Ο βασικός λόγος είναι ότι το σύστημα ιχνηλασιμότητας έχει τα ακόλουθα δυνητικά οφέλη.

- Πρώτον, το σύστημα ιχνηλασιμότητας καθιστά δυνατή την ανάκτηση πληροφοριών “γενεαλογικού” δέντρου για τον γρήγορο εντοπισμό της επικίνδυνης προέλευσης ή την κατανομή της ευθύνης ανάκλησης με δίκαιο τρόπο.
- Δεύτερον, δεδομένου ενός κινδύνου που εντοπίζεται από τις εθνικές αρχές ή τις επιχειρήσεις τροφίμων, το σύστημα ιχνηλασιμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση του προϊόντος προς τα πάνω στην αλυσίδα εφοδιασμού, προκειμένου να απομονωθεί η ρύπανση και να αποτραπεί η πρόσβαση των μολυσμένων προϊόντων στους καταναλωτές.
- Τρίτον, το σύστημα ιχνηλασιμότητας μπορεί να μειώσει το κόστος ανάκλησης, απομονώνοντας την ανάκληση ασφαλών προϊόντων.
- Τέταρτον, η βελτιωμένη ιχνηλασιμότητα θα μπορούσε να προστατεύσει τη φήμη των βιομηχανιών περιορίζοντας το μέγεθος των ανακλήσεων (Pouliot and Sumner, 2013).

Επιπλέον, είναι δυνατή η βελτίωση της αποτελεσματικότητας της αλυσίδας εφοδιασμού μέσω της ενσωμάτωσης της ιχνηλασιμότητας στις λειτουργίες διαχείρισης των επιχειρήσεων.



Η οικονομική ανάλυση, ως μία από τις βασικές πτυχές της αξιολόγησης των επιδόσεων ενός συστήματος ιχνηλασιμότητας, είναι σημαντική για τον σχεδιασμό της ικανότητας παρακολούθησης. Ο Dessureault (2006) αξιολόγησε τα οφέλη και το κόστος ενός συστήματος ιχνηλασιμότητας με βάση μια εμπειρική έρευνα σε канаδικές επιχειρήσεις επεξεργασίας γαλακτοκομικών προϊόντων. Ο Lindley (2007) διερεύνησε το trade-off μεταξύ του κόστους ανάκλησης και του κόστους παρακολούθησης σε μονάδες κρέατος με ένα μοντέλο προσομοίωσης. Ο Pouliot (2008) ανέπτυξε ένα αναλυτικό μοντέλο για να διερευνήσει τη σχέση μεταξύ ιχνηλασιμότητας και κέρδους με βάση την προθυμία πληρωμής για την ιχνηλασιμότητα. Οι Fritz και Schiefer (2009) ανέπτυξαν έναν πίνακα αποφάσεων με τα σχετικά οφέλη που επιτυγχάνονται μέσω της μείωσης του κόστους ανάκλησης, καθώς και το κόστος που συνδέεται με τα διάφορα συστήματα παρακολούθησης.

Οι Kumar και Schmitz (2011) ανέλυσαν τη διαχείριση των ανακλήσεων σε μια αλυσίδα εφοδιασμού καταναλωτικών προϊόντων, καθώς και τους λόγους, το κόστος και τα μέτρα για την πρόληψη των ανακλήσεων με τη μεθοδολογία Six Sigma DMAIC.

Οι Segura Velandia, Kaur και Whittow (2016) διερεύνησαν τη σκοπιμότητα εφαρμογής ενός συστήματος RFID για την κατασκευή και συναρμολόγηση στροφαλοφόρων αξόνων.

Με βάση τη σύγκριση διαφόρων τεχνολογιών εντοπισμού, οι Appelhanz κ.ά. (2016) πρότειναν ένα σύστημα πληροφοριών ιχνηλασιμότητας για τη σύλληψη, επεξεργασία και παροχή πληροφοριών για τα προϊόντα στη βιομηχανία ξύλινων επίπλων και χρησιμοποίησαν ένα μοντέλο κόστους-οφέλους για τη διερεύνηση της σκοπιμότητας του συστήματος.

Παρόλο που αυτές οι προαναφερθείσες εργασίες επιχειρούν να διερευνήσουν την επίδραση της ικανότητας παρακολούθησης στη μείωση του κόστους ανάκλησης, δεν προσδιορίζουν τη ρητή σχέση μεταξύ της ικανότητας παρακολούθησης και του κόστους ανάκλησης ή της απόδοσης της αλυσίδας εφοδιασμού. Σε αυτό το πλαίσιο, οι επαγγελματίες δυσκολεύονται να αποφασίσουν την ικανότητα εντοπισμού για την υιοθέτηση ενός συστήματος ιχνηλασιμότητας. Ως εκ τούτου, ο κύριος στόχος του παρόντος εγγράφου είναι να ποσοτικοποιήσει τη σχέση μεταξύ της ικανότητας εντοπισμού και του κόστους ανάκλησης και στη συνέχεια να βελτιστοποιήσει την

ικανότητα εντοπισμού και την τιμή μεγιστοποιώντας την απόδοση της αλυσίδας εφοδιασμού.

Η ικανότητα εντοπισμού καθορίζει κυρίως την απόδοση ενός συστήματος ιχνηλασιμότητας (Dabbene και Gay 2011) και η βελτιστοποίηση της ικανότητας εντοπισμού έχει προσελκύσει εντατική έρευνα. Οι Dupuy, Botta-Genoulaz και Guinet (2005) πρότειναν ένα μοντέλο διασποράς παρτίδων που βασίζεται σε ένα μεικτό ακέραιο γραμμικό προγραμματισμό – Mixed - Integer Linear Programming (MILP) για τη βελτιστοποίηση του μεγέθους της παρτίδας και της ανάμιξης των παρτίδων σε μια βιομηχανία τροφίμων.

Χρησιμοποιώντας την έννοια της διασποράς της αλυσίδας, οι Rong και Grunow (2010) ανέπτυξαν ένα μοντέλο προγραμματισμού παραγωγής και διανομής για αλυσίδες εφοδιασμού τροφίμων χρησιμοποιώντας MILP με ευρετικές λύσεις για τους λήπτες αποφάσεων με διάφορες στάσεις κινδύνου.

Οι Thakur, Wang και Hurburgh (2010) διερεύνησαν ένα πρόβλημα ανάμειξης χύδην σιτηρών για την εξισορρόπηση του συνολικού κόστους και της ιχνηλασιμότητας στη διακίνηση χύδην σιτηρών και πρότειναν ένα πολυκριτηριακό μοντέλο μικτού ακέραιου προγραμματισμού – Mixed Integer Programming (MIP) για την ελαχιστοποίηση της προσπάθειας ιχνηλασιμότητας με την ελαχιστοποίηση του κινδύνου ασφάλειας τροφίμων που προκαλείται από τη συγκέντρωση παρτίδων σε έναν ανελκυστήρα σιτηρών.

Οι Wang, Li και Brien (2009) βελτιστοποίησαν το μέγεθος της παρτίδας παραγωγής και την πολιτική διασποράς της παρτίδας για ευπαθή τρόφιμα.

Οι Piramuthu, Farahani και Grunow (2013) μελέτησαν τη δυναμική της ανάκλησης σε ένα δίκτυο εφοδιασμού ευπαθών τροφίμων τριών σταδίων μέσω τριών διαφορετικών επιπέδων ορατότητας παρουσία μόλυνσης με βάση την ακρίβεια με την οποία εντοπίζεται η πηγή μόλυνσης. Επικεντρώθηκαν στη μελέτη διαφόρων διαφορετικών επιπέδων λεπτομέρειας στα οποία η μόλυνση θα μπορούσε να εντοπιστεί μέχρι την προέλευσή της και το στάδιο στο οποίο θα πρέπει να γίνει ανάκληση σε μια αλυσίδα εφοδιασμού που αποτελείται από προμηθευτές, κατασκευαστές και λιανοπωλητές.

Οι Fan et al. (2015) διερεύνησαν τον αντίκτυπο της τεχνολογίας RFID στις αποφάσεις της αλυσίδας εφοδιασμού.

Ο Saak (2016) μελέτησε τα ερωτήματα σχετικά με το γιατί και πότε μια αλυσίδα εφοδιασμού θα πρέπει να επενδύσει σε ένα σύστημα ιχνηλασιμότητας και προσδιόρισε το πλαίσιο στο οποίο η τέλεια ιχνηλασιμότητα δεν είναι βέλτιστη. Συνοψίζοντας, οι περισσότερες υπάρχουσες βιβλιογραφίες βελτιστοποίησαν τη δυνατότητα εντοπισμού κυρίως με βάση τη διασπορά χωρίς να εξετάσουν το όφελος της ιχνηλασιμότητας στη μείωση του κόστους ανάκλησης και το κόστος βελτίωσης της ιχνηλασιμότητας. Το πιο σημαντικό είναι ότι δεν ποσοτικοποίησαν τη σχέση μεταξύ του κόστους ανάκλησης και της ικανότητας εντοπισμού, καθώς και τη σχέση μεταξύ της μόλυνσης και του κόστους ανάκλησης.

Η Dai, Tseng και Zipkin (2015), σχεδίασαν τη δυνατότητα παρακολούθησης σε επίπεδο αντικειμένου, παρτίδας και γραμμωτού κώδικα με βάση το δεδομένο τεχνολογικό κόστος, το κόστος ανάκλησης και την τιμή λιανικής πώλησης σε μια αλυσίδα εφοδιασμού δύο σταδίων που αποτελείται από έναν κατασκευαστή και δύο προμηθευτές. Επιπλέον, πρότειναν έναν μηχανισμό επιμερισμού συμφερόντων κατά τον σχεδιασμό συστημάτων ιχνηλασιμότητας της αλυσίδας εφοδιασμού για την καλύτερη ευθυγράμμιση συμφερόντων για τα διάφορα μέλη της αλυσίδας εφοδιασμού με βάση ένα προτεινόμενο μοντέλο υπολογισμού της ευθύνης, το οποίο ποσοτικοποιεί την αναμενόμενη συνολική ευθύνη υπό διαφορετικές παραμέτρους σχεδιασμού.

Ωστόσο, στην πράξη, η τιμή λιανικής πώλησης θα μπορούσε να είναι ενδογενής και το κόστος ανάκλησης εξαρτάται από την ποσότητα των προϊόντων που διατίθενται στην αγορά από τον κατασκευαστή, το μέγεθος της ιχνηλάσιμης μονάδας των τελικών προϊόντων και των πρώτων υλών και τις απαιτήσεις ποιοτικού ελέγχου των πρώτων υλών. Το πιο σημαντικό είναι ότι επικεντρώθηκαν μόνο στην ικανότητα εντοπισμού σε επίπεδο προϊόντος, παρτίδας και γραμμωτού κώδικα και όχι σε ένα επίπεδο που βρίσκεται μεταξύ των επιπέδων προϊόντος και γραμμωτού κώδικα.

Εξετάζοντας τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ της ικανότητας εντοπισμού και των αποφάσεων της αλυσίδας εφοδιασμού, διαπιστώθηκε ότι στο πλαίσιο του μεγάλου και του μικρού λόγου του κόστους, η βελτίωση της ικανότητας εντοπισμού θα διευρύνει και θα μετριάσει την επίδραση της διπλής περιθωριοποίησης, αντίστοιχα. Στην πράξη, η ρύθμιση της παρακολούθησης και η επιδότηση της παρακολούθησης χρησιμοποιούνται ευρέως για τη βελτίωση της ικανότητας παρακολούθησης της αλυσίδας εφοδιασμού και διαπιστώνουμε ότι η αυστηρή πολιτική ρύθμισης της

παρακολούθησης είναι πιο ισχυρή από την πολιτική επιδότησης της παρακολούθησης για τη βελτίωση της ικανότητας παρακολούθησης της αλυσίδας εφοδιασμού.

Με την υλοποίηση των εργασιών των παραπάνω, η έρευνα μπορεί να επεκταθεί περαιτέρω στις ακόλουθες πτυχές: (1) βελτιστοποίηση από κοινού της ικανότητας παρακολούθησης της αλυσίδας εφοδιασμού και της τιμής υπό κοινό κόστος ανάκλησης- (2) αντί για τη σύμβαση χονδρικής τιμής, βελτιστοποίηση από κοινού της ικανότητας παρακολούθησης της αλυσίδας εφοδιασμού και της τιμής υπό άλλες συμβάσεις εφοδιασμού- (3) εξέταση του αντίκτυπου του ανταγωνισμού στο σχεδιασμό της ικανότητας παρακολούθησης της αλυσίδας εφοδιασμού, για παράδειγμα, ανταγωνισμός της ικανότητας παρακολούθησης μεταξύ δύο κατασκευαστών. Ως εκ τούτου, θα ήταν ενδιαφέρον να διερευνηθεί πώς η απόφαση του ενός κατασκευαστή μπορεί να επηρεάσει τις στρατηγικές παρακολούθησης και τιμολόγησης του άλλου.

## 7. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ

Ως ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία των αλυσίδων εφοδιασμού, οι λειτουργίες εφοδιαστικής αναμένεται επίσης να επηρεαστούν από τα χαρακτηριστικά της Βιομηχανίας 4.0, π.χ. IoT, Cyber Physical Systems (CPS), Big Data και έξυπνοι αισθητήρες (Horenberg, 2017).

Η έξυπνη εφοδιαστική (SMART LOGISTICS) ή, όπως χρησιμοποιείται στην παρούσα μελέτη, η εφοδιαστική 4.0 (Logistics 4.0) μπορεί να οριστεί ως η δικτύωση ολόκληρης της αλυσίδας εφοδιασμού μέσω τεχνολογιών πληροφοριών (ΤΠ), όπου στις λειτουργίες θα χρησιμοποιούνται αισθητήρες υψηλής τεχνολογίας και προηγμένη ρομποτική

Το Industry 4.0 επηρεάζει τα logistics τόσο σε επιχειρησιακό επίπεδο όσο και μέσω ευρύτερων εννοιών όπως τα κέντρα logistics – Logistics Canters (LCs). Τα εμπορευματικά χωριά, τα κέντρα διανομής, τα ξηρά λιμάνια, οι τερματικοί σταθμοί εσωτερικών και συνδυασμένων μεταφορών και τα πάρκα ή οι κόμβοι logistics είναι διάφοροι όροι σε διαφορετικά επίπεδα λειτουργίας που χρησιμοποιούνται σε διάφορες χώρες και περιοχές για να περιγράψουν τα κέντρα logistics (Wagener, 2017).

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Ένωση Πλατφορμών Logistics (Europlatforms EIGG1 ), οι Αλυσίδες Εφοδιασμού είναι περιοχές που περιλαμβάνουν όλες τις δραστηριότητες εφοδιαστικής και οι οποίες διαθέτουν δυνατότητες συνδυασμένων μεταφορών που διαχειρίζονται από νομικά πρόσωπα για τη διασφάλιση ευρωπαϊκών προτύπων και ποιότητας για τη βιωσιμότητα. Οι διατροπικές/πολυτροπικές μεταφορές είναι μια γενικευμένη και αλληλένδετη έννοια που περιλαμβάνει το συνδυασμό για τη χρήση διαφόρων τρόπων μεταφοράς.

Η έξυπνη εφοδιαστική (smart logistics) ή εφοδιαστική 4.0 (Logistics 4.0) μπορεί να οριστεί ως η δικτύωση ολόκληρης της αλυσίδας εφοδιασμού μέσω των τεχνολογιών της πληροφορίας (ΤΠ), όπου στις λειτουργίες χρησιμοποιούνται αισθητήρες υψηλής τεχνολογίας και προηγμένη ρομποτική. Επιπλέον, λόγω των πολυτροπικών μεταφορών έχουν κάποια ελαττώματα και πρέπει να προκύψουν ξεπερνώντας αυτά τα προβλήματα, προκαλούν την εμφάνιση νέων εννοιών συγχρονισμού (Dong et al., 2018), όπου μια νέα λύση προς την κατεύθυνση της πιο ευέλικτης και ολοκληρωμένης μεταφοράς εμπορευμάτων πέτυχε (Qu et al., 2019). Η συγχρονικότητα διασφαλίζει την αποδοτική λειτουργία, οπότε εν ολίγοις, οι LCs δημιουργούν μια ολοκληρωμένη υποδομή μεταφορών (Vural και Tuna, 2016).

Με άλλα λόγια, από τους μεταφορείς έως τους φορείς εκμετάλλευσης, όλοι οι διάφοροι ενδιαφερόμενοι μπορούν εύκολα να αξιολογήσουν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της διαδικασίας της αλυσίδας εφοδιασμού με τη χρήση του συστήματος της συγχρονικής τροποποίησης – syncro-modality (Giusti et al, 2018). Το σύστημα syncro-modality διευκολύνει τη βελτιστοποίηση της αλυσίδας εφοδιασμού λαμβάνοντας υπόψη όλους τους τρόπους μεταφοράς και τις σχετικές δραστηριότητες για την πρόσβαση σε περιβαλλοντική, χαμηλού κινδύνου και χαμηλού κόστους προσέγγιση και βοηθά τους ενδιαφερόμενους να οργανώσουν στρατηγικά τις καλύτερες πολυτροπικές επιλογές και τα χρονοδιαγράμματα και να διαχειριστούν επιχειρησιακά δυναμικές λύσεις για μια γρήγορη επίλυση των απαιτήσεων (Giusti et al, 2019).

Οι νέες τεχνολογικές εξελίξεις της εφοδιαστικής μέσω της Βιομηχανίας 4.0 αναμένεται να μεταβάλουν τις λειτουργίες των Αλυσίδων Εφοδιασμού, συμπεριλαμβανομένης της διακίνησης, της αποθήκευσης, της διανομής και της μεταφοράς, όπου απαιτούνται πιο έξυπνα συστήματα. Αν και κάποιες προηγούμενες

έρευνες έχουν διερευνήσει τον μετασχηματισμό των SCs μέσω της νέας βιομηχανικής επανάστασης, καμία δεν ακολούθησε μια ολοκληρωμένη, ολιστική προοπτική για να αποκαλύψει άμεσα τις επιπτώσεις της Βιομηχανίας 4.0 στις ΑΕ. Συνεπώς, υπάρχει ένα κενό της βιβλιογραφίας στα παρακάτω δύο ερευνητικά ερωτήματα:

- 1) Πώς θα επηρεάσει η Βιομηχανία 4.0 τα κέντρα logistics και ποια είναι τα σημαντικά κριτήρια των κέντρων logistics στη Βιομηχανία 4.0;
- 2) Πώς θα επηρεάσουν αυτά τα κριτήρια το ένα το άλλο προκειμένου να καθοδηγήσουν τις μελλοντικές επιπτώσεις και τον μετασχηματισμό της Βιομηχανίας 4.0;

Ένας από τους κύριους στόχους των logistics είναι η αύξηση της χρήσης της χωρητικότητας και η χρήση αυτόνομων διαδικασιών, όπως το υψηλό επίπεδο κινητικότητα, η αρθρωτότητα, η συμβατότητα, η επικοινωνία και η πληροφόρηση στις εγκαταστάσεις logistics (Schlott, 2017). Συνοψίζοντας τα πλεονεκτήματα των προηγμένων τεχνολογιών της Βιομηχανίας 4.0 στις λειτουργίες logistics ως εξής, θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι: το χαμηλότερο λειτουργικό κόστος με συστήματα παρακολούθησης αποθεμάτων και αναπλήρωσης με τη χρήση έξυπνων αισθητήρων, βελτιωμένη αποτελεσματικότητα με τη ναυτιλία εμπορευματοκιβωτίων που ενεργοποιείται από την τεχνολογία blockchain.

Αντιμέτωπη με την πρόκληση της Βιομηχανίας 4.0, η εφοδιαστική πρέπει να προσαρμοστεί στις νέες εξελίξεις ή ανάγκες, όπως η επικοινωνία με την πληροφορική, οι τεχνολογίες παραγωγής, η ψηφιοποίηση, η χρήση μεγάλων δεδομένων, το IoT, η ρομποτική και ο αυτοματισμός και οι τεχνολογίες RFID.

Αυτά θα έχουν τόσο θετικά αποτελέσματα, όπως υψηλή τυποποίηση, μείωση του εργατικού δυναμικού, πιο έξυπνες και διαφανείς διαδικασίες, όσο και αρνητικά αποτελέσματα, όπως υψηλότερο κόστος επενδύσεων και υποδομών (Szymańska et al., 2017). Εάν είναι επιθυμητό ένα αποδοτικό, ισχυρό σύστημα Logistics 4.0, θα πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη ο σχεδιασμός πόρων, τα συστήματα διαχείρισης αποθηκών και μεταφορών, τα ευφυή συστήματα μεταφορών και η ασφάλεια των πληροφοριών (Barreto et al., 2017).

Παρόλο που οι SCs δημιουργήθηκαν για να διευκολύνουν και να ενεργοποιήσουν την εγχώρια εμπορευματική κυκλοφορία, στην πραγματικότητα συνδέονται με τους κόμβους εφοδιαστικής και τους συνδέσμους των επιχειρήσεων λόγω της παγκοσμιοποίησης, της μεταβαλλόμενης διαδικασίας, των αναγκών αποτελεσματικής εφοδιαστικής αλυσίδας και των οικονομικών και περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Yang et al., 2017).

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας για τις SCs είναι η διαχείριση του στόλου και των μεταφορών, για την οποία το IoT αποτελεί επίσης λύση για αποδοτικά συστήματα μεταφορών, όπως το Κέντρο Πληροφοριών Μεταφορών της πόλης της Σεούλ (TOPIS) για τη χρήση των μεταφορών και της κυκλοφορίας ή το λιμάνι του Αμβούργου για τη λειτουργία του λιμανιού (Diwan, 2016).

Παράλληλα με αυτές τις εξελίξεις, ένα χρηματοδοτούμενο από την Ευρωπαϊκή Ένωση έργο με την ονομασία SmartLog (Smart Logistics and Freight Villages Initiative) αποσκοπεί στη βελτίωση των συνδέσεων μεταφορών και στην προώθηση των βιώσιμων μεταφορών μέσω λύσεων που βασίζονται στο IoT στην κεντρική Βαλτική (Keep EU, 2016).

Υπάρχουν διάφορες δραστηριότητες του κέντρου logistics που κατηγοριοποιούνται στις λειτουργίες logistics, όπως η αποστολή, η αποθήκευση, ο χειρισμός, η αυτοματοποίηση και τα συστήματα πληροφοριών (Rimienė and Grundey, 2007), η διανομή, η μεταφορά, η αποθήκευση και τα υποσυστήματα επικοινωνίας (Fechner, 2010), οι δεξιότητες μεταφοράς και επικοινωνίας, η ικανότητα χειρισμού και αποθήκευσης (Grabara et al., 2012).

Όταν εξετάζονται οι γενικές δραστηριότητες στις SCs, αυτή η κατηγοριοποίηση μπορεί να δηλωθεί ως Διαχείριση Χειρισμού, Διαχείριση Πληροφοριών, Διαχείριση Μεταφορών και Διαχείριση Αποθηκών,

Η διαχείριση χειρισμού καλύπτει τη διακίνηση, την αποθήκευση και τον έλεγχο των εμπορευμάτων στις διαδικασίες παραγωγής, διανομής, κατανάλωσης και διάθεσης.

Αυτό βοηθά τα συστήματα εφοδιαστικής να βελτιώσουν την αποδοτικότητα και την ποιότητα και μειώνει το χρόνο μεταφοράς, τον κύκλο παραγωγής, το κόστος και τα αποθέματα (Ioannou, 2007).

Η διοίκηση πληροφοριών (Information Management) εξασφαλίζει την αλληλεπίδραση και την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ της επεξεργασίας παραγγελιών, του ελέγχου αποθεμάτων, των μονάδων παραγωγής, των λειτουργιών της αποθήκης και της λογιστικής, μειώνοντας έτσι το κόστος και αυξάνοντας τις υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας (Choy et al., 2007).

Η διοίκηση των μεταφορών (Transportation Management) αφορά κυρίως τον προγραμματισμό και τον έλεγχο των μεταφορικών δραστηριοτήτων μιας επιχείρησης. Αυτό περιλαμβάνει την επιλογή τρόπου μεταφοράς, τη διαχείριση του στόλου, την ενοποίηση, τη δρομολόγηση, τον προγραμματισμό και τον έλεγχο των εμπορευμάτων, καθώς και την ανταλλαγή πληροφοριών με συστήματα διαχείρισης υπο-λογιστικών συστημάτων (Kubasakova et al., 2014).

Τέλος, η διαχείριση της αποθήκης (Warehouse Management), η οποία περιλαμβάνει τέσσερις κύριες διαδικασίες: παραλαβή, αποθήκευση, παραγγελιοληψία και αποστολή, χρησιμοποιείται για να επιτευχθούν οικονομίες στη μεταφορά και την παραγωγή, να επωφεληθούν από τον ανταγωνισμό και να ανταποκριθούν στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις των πελατών (Shiau and Lee, 2010).

*Εξυπνες αποθήκες* : Οι αποθήκες μπορούν να θεωρηθούν ως η καρδιά των διαδικασιών εφοδιαστικής και εφοδιαστικής αλυσίδας, οπότε οι εξελίξεις στις δραστηριότητες εφοδιαστικής ξεκινούν από εκεί. Για να επιτευχθούν σύγχρονες, εξαιρετικά αποδοτικές και φθηνές λειτουργίες, πρέπει να υιοθετηθούν τεχνολογίες όπως η RFID (Li et al., 2011), ενώ ορισμένες εταιρείες χρησιμοποιούν εργαλεία επαυξημένης πραγματικότητας (AR) για τη διαχείριση όλης της διαδικασίας (Taliaferro et al., 2016) και άλλες χρησιμοποιούν ρομποτικά ή αυτοματοποιημένα οχήματα για την ελαχιστοποίηση του κόστους και τη μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητας της αποθήκευσης, μειώνοντας παράλληλα τα λάθη και τις καθυστερήσεις (He et al., 2018). Αυτές οι νέες προσεγγίσεις χαρακτηρίζουν τις έξυπνες αποθήκες.

Από τεχνολογική άποψη, διάφορες τεχνολογίες και έννοιες που σχετίζονται με τη βιομηχανία 4.0 μπορούν να ενσωματωθούν στις δραστηριότητες ΑΕ για την αύξηση του κόστους και της αποδοτικότητας των διαδικασιών, τη βελτίωση της ιχνηλασιμότητας και της διαφάνειας και πολλά άλλα πλεονεκτήματα. Στη λειτουργία των logistics, το Φυσικό Διαδίκτυο είναι μία από τις σημαντικότερες έννοιες που



μπορεί να θεωρηθεί ως ένα ανοικτό παγκόσμιο σύστημα logistics που προέρχεται από τη φυσική, ψηφιακή και επιχειρησιακή διασύνδεση (Pan et al., 2017).

Η επανάσταση στη διαχείριση Logistics και της αλυσίδας εφοδιασμού στην έξυπνη μεταποίηση είναι ένας από τους κύριους στόχους του Industry 4.0. Οι αναδυόμενες τεχνολογίες, όπως τα αυτόνομα οχήματα, τα κυβερνοσυστήματα και τα ψηφιακά δίδυμα, επιτρέπουν ιδιαίτερα αυτοματοποιημένες και βελτιστοποιημένες λύσεις σε αυτούς τους τομείς για την επίτευξη πλήρους ιχνηλασιμότητας των μεμονωμένων προϊόντων.

Η παρακολούθηση των διαφόρων περιουσιακών στοιχείων στους χώρους των καταστημάτων και των αποθηκών αποτελεί κεντρικό σημείο της διαχείρισης περιουσιακών στοιχείων- στόχος της είναι η ενίσχυση της αποτελεσματικότητας των εργασιών logistics. Οι παγκόσμιοι παίκτες εφαρμόζουν τις δικές τους λύσεις με βάση τις πιο σύγχρονες τεχνολογίες. Ωστόσο, οι μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις εξακολουθούν να αντιμετωπίζουν με σκεπτικισμό τις μεθόδους εντοπισμού που βασίζονται στην ταυτοποίηση, λόγω της έλλειψης λύσεων χαμηλού κόστους και αξιοπιστίας.

Οι μεσαίου ή μικρού μεγέθους εταιρείες που συνήθως λειτουργούν σε λιγότερο ή μη αυτοματοποιημένα περιβάλλοντα δεν διαθέτουν σχεδόν καμία ψηφιακή δυνατότητα εντοπισμού προϊόντων στις περισσότερες περιπτώσεις- εκτός από τη διαχείριση των ιδιοτήτων ενός προϊόντος σε ένα μόνο φύλλο χαρτιού που επισυνάπτεται στο περιουσιακό στοιχείο. Αυτός ο τρόπος χειρισμού των προϊόντων οδηγεί σε αποθήκες όπου η εύρεση περιουσιακών στοιχείων μπορεί να είναι επαχθές έργο λόγω της χρήσης της μεθόδου αποθεματοποίησης Last In, First Out (LIFO).

Σε μια τέτοια κατάσταση, όταν ο εντοπισμός των προϊόντων ή η πρόσβαση σε αυτά είναι επαχθής, η προτιμώμενη λύση μπορεί να είναι η παραμονή του απαιτούμενου περιουσιακού στοιχείου ως έχει και η αναζήτηση -ή μερικές φορές η παραγωγή- ενός νέου που να είναι εύκολα προσβάσιμο. Η προσέγγιση αυτή μειώνει σημαντικά τη συνολική αποδοτικότητα και παραγωγικότητα, λόγω του αυξημένου χρόνου αναζήτησης αγαθών και συνεπώς του αυξημένου χρόνου παραγωγής. Η βασική ιδέα είναι η παρακολούθηση των περιουσιακών στοιχείων σε πραγματικό χρόνο, η οποία μας επιτρέπει να επαληθεύουμε την τρέχουσα θέση ενός προϊόντος, επομένως τα περιουσιακά στοιχεία μπορούν να είναι πλήρως ανιχνεύσιμα εντός της αποθήκης. Αυτή

η αυτοματοποίηση μπορεί να ενισχύσει σημαντικά την αποτελεσματικότητα των εργασιών εφοδιασμού, ακόμη και σε περιβάλλοντα που δεν προχωρούν σε πλήρη αυτοματοποίηση.

Η ψηφιοποίηση έχει επίσης θετικό αντίκτυπο στους ανθρώπους και το περιβάλλον. Εάν χρησιμοποιηθεί σωστά, η εφαρμογή συστημάτων υποστήριξης στην εφοδιαστική μπορεί να μειώσει την πιθανότητα σφαλμάτων και να αυξήσει την εργονομία. Σε στρατηγικό και τακτικό επίπεδο, το λογισμικό υποστηρίζει τους σχεδιαστές των Logistics στη λήψη αποφάσεων και στη μείωση των κινδύνων κατά μήκος της αλυσίδας εφοδιασμού. Οι πελάτες επωφελούνται επίσης από την ψηφιοποίηση. Η ψηφιακή πρόοδος στα Logistics καθιστά δυνατή την "αθημερόν παράδοση" και την ιχνηλασιμότητα των εμπορευμάτων.

Η ψηφιοποίηση στα Logistics έχει επίσης τα μειονεκτήματά της. Ιδιαίτερα σε επιχειρησιακό επίπεδο, μπορεί να απειλήσει θέσεις εργασίας σε ορισμένους τομείς, όπως οι χειρσαίες μεταφορές ή η συλλογή παραγγελιών. Στο μέλλον, η έμφαση δεν θα δίνεται πλέον σε απλές δραστηριότητες, αλλά στην επίλυση προβλημάτων και στη βελτιστοποίηση ολόκληρων συστημάτων εφοδιαστικής. Ωστόσο, αυτό απαιτεί μεγάλο αριθμό εξειδικευμένων εργαζομένων. Ένα άλλο σημείο, το οποίο συχνά αγνοείται στα έργα ψηφιοποίησης, είναι οι αρνητικές οικολογικές επιδράσεις από τη χρήση του υλικού, λόγω των επιβλαβών για το περιβάλλον συστατικών ή υλικών και της υψηλής κατανάλωσης ενέργειας.

Ο Borstell (2018) έχει κατηγοριοποιήσει τις εφαρμογές Logistics της βιομηχανικής επεξεργασίας εικόνας. Αυτές οι κατηγορίες εγκατάστασης περιλαμβάνουν την ιχνηλασιμότητα και την παρακολούθηση, τις ογκομετρικές ιδιότητες των εμπορευμάτων, την επιθεώρηση και τον ποιοτικό έλεγχο των εμπορευμάτων, την παρακολούθηση της κατάστασης του εξοπλισμού, την πληρότητα των χώρων αποθήκευσης και κυκλοφορίας, την ασφάλεια και την προστασία των υποδομών, τη μοντελοποίηση και προσομοίωση διαδικασιών, τη χειροκίνητη συλλογή και συσκευασία, τα συστήματα χειροκίνητης καθοδήγησης, τα αυτοματοποιημένα συστήματα χειρισμού και την οπτική τεκμηρίωση και παρακολούθηση.

Άλλες ερευνητικές ομάδες έχουν εξοπλίσει τα περνοφόρα οχήματα με κάμερα, ώστε η κίνηση να καταγράφεται και να αναλύεται από το ίδιο το όχημα ( Jung et al. 2014). Οι Timm κ.ά. (2011) και Weichert κ.ά. (2010) έχουν παρουσιάσει συγκρίσιμες προσεγγίσεις για εφαρμογές σε περιβάλλον διακίνησης υλικών και ενδοεφοδιασμού, στις οποίες τα κιβώτια μεταφοράς που κινούνται στον μίαντα μεταφοράς έχουν εξοπλιστεί με κωδικούς μήτρας για σκοπούς ταχείας ανίχνευσης και ταυτοποίησης. (Wei et al., 2019, σ. 240)

Προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι της Βιομηχανίας 5.0 (I5.0), η οποία έχει τη διαλειτουργικότητα των δεδομένων ως μία από τις βασικές αρχές της, η μελλοντική έρευνα στην ορατότητα της Εφοδιαστικής Αλυσίδας (ΕΑ) πρέπει να ευθυγραμμιστεί με κοινωνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά βιώσιμους στόχους.

## 8. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΘΗΚΗ

Η αποθήκευση (warehousing) αποτελεί αναπόσπαστο και σημαντικό μέρος της διοίκησης της εφοδιαστικής αλυσίδας (SCM). Παραδοσιακά, είναι ένας χώρος αποθήκευσης και διατήρησης αποθεμάτων πριν από την αποστολή τους στους πελάτες ή τη διανομή τους στους λιανοπωλητές προς πώληση. Ωστόσο, στις μέρες μας οι αποθήκες, δεν λειτουργούν μόνο ως αποθηκευτικοί χώροι, αλλά και ως κρίσιμος χώρος όπου η προσφορά και η ζήτηση συνδυάζονται μέσω της διαχείρισης των αποθεμάτων για την ικανοποίηση των απαιτήσεων των πελατών.

Κατά την τρέχουσα άποψη, το πεδίο εφαρμογής της λειτουργίας της αποθήκης γίνεται ευρύτερο, το οποίο περιλαμβάνει την ενοποίηση προϊόντων από διάφορους προμηθευτές, την “ρύθμιση” της ροής των υλικών και την προστιθέμενη αξία των προϊόντων, όπως η σήμανση, η συσκευασία και η τιμολόγηση (Gu et al., 2007). Η έμφαση της λειτουργίας της αποθήκης σήμερα δίνεται στην αποθήκευση των αποθεμάτων και στην προσθήκη αξίας, η οποία είναι ζωτικής σημασίας για την κερδοφορία των επιχειρήσεων (De Koster et al., 2017).

Η ορατότητα (**visibility**) και η ιχνηλασιμότητα (**traceability**) των λειτουργιών της αποθήκης είναι απαραίτητες για τη μείωση της πολυπλοκότητας και τον εξορθολογισμό των λειτουργιών της αποθήκης. Η ορατότητα και η ιχνηλασιμότητα επιτρέπουν την αποφυγή ανεπιθύμητων περιστατικών στην αποθήκη και των

επιπτώσεών τους και την πρόληψη μελλοντικών προβλημάτων (Aamer and Sawhney, 2004; Affia et al., 2019; De Caldas Filho et al., 2017).

Η έννοια της "έξυπνης αποθήκης" που βασίζεται στην εφαρμογή του IoT προκύπτει από την ικανότητά της να επιτρέπει την ορατότητα και την ιχνηλασιμότητα σε πραγματικό χρόνο και, ως εκ τούτου, να προωθεί την αποτελεσματικότητα και την ταχύτητα σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού.

Ο οργανισμός-πελάτης και ο πάροχος IoT μπορούν να αναλύσουν τις κρίσιμες πρακτικές της αποθήκης, συμπεριλαμβανομένων των φυσικών χαρακτηριστικών της αποθήκης, των διαδικασιών και των δραστηριοτήτων της αποθήκης και της τρέχουσας τεχνολογίας και του συστήματος που χρησιμοποιεί ο ίδιος ο οργανισμός.

Ωστόσο, υπάρχουν περιορισμοί που επηρεάζουν κυρίως, αλλά όχι απαραίτητα, την απόφαση για την υιοθέτηση βέλτιστων πρακτικών. Τα εμπόδια μπορεί να είναι το κόστος ή ο διαθέσιμος προϋπολογισμός του οργανισμού για την κατασκευή της έξυπνης αποθήκης, οι ανθρώπινες δεξιότητες που ανήκουν στη λειτουργία των στοιχείων μιας έξυπνης αποθήκης, η συμβατότητα μεταξύ του συστήματος και της εγκατάστασης IoT και οι κυβερνητικοί κανονισμοί.

Για τους οργανισμούς στις αναπτυσσόμενες χώρες, οι κύριοι περιορισμοί που συνήθως εντοπίζονται είναι οι τεχνικές προκλήσεις, όπως η κακή συνδεσιμότητα στο διαδίκτυο, το χαμηλό κέντρο δεδομένων, η αξιόπιστη παροχή ρεύματος και οι κοινωνικές προκλήσεις, όπως η έλλειψη τυποποίησης και οι περιορισμένες δεξιότητες του εργατικού δυναμικού (Miazi et al., 2016).

Η κατανόηση ότι η βέλτιστη πρακτική υπόκειται σε ορισμένους περιορισμούς, μπορεί να οδηγήσει σε προσαρμογές και εναλλακτικές λύσεις. Είναι ζωτικής σημασίας για τους οργανισμούς να έχουν πάντα εναλλακτικές λύσεις στη διάθεσή τους. Όλες οι απαντήσεις, συμπεριλαμβανομένης της βέλτιστης πρακτικής, πρέπει να συγκρίνονται και να διερευνώνται ως προς τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα για να προκύψει η καλύτερη που είναι εκτελέσιμη από τους οργανισμούς. Άλλωστε, μπορεί να γίνει προσαρμογή των λύσεων, ανάλογα με τις ανάγκες και την κατάσταση της αποθήκης του οργανισμού.

Με την ολοκλήρωση όλων των προηγούμενων στοιχείων, θα μπορούσε να σχεδιαστεί μια πρακτική υποδομή έξυπνης αποθήκης με βάση το IoT. Ο πάροχος/υποστήριξη IoT

μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην αναθεώρηση και την εκτέλεση του σχεδιασμού της υποδομής από αυτό το σημείο και μετά. Ο πάροχος IoT καθιστά τα στοιχεία διαθέσιμα για εγκατάσταση και μπορεί επίσης να είναι αυτός που θα κάνει την τεχνική εγκατάσταση.

Ένα μοντέλο που χρησιμοποιείται σε πολλούς βιομηχανικούς τομείς και επιτρέπει τη διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού και την αξιολόγηση του επανασχεδιασμού της, είναι το SCOR (Supply Chain Operations Reference).

## 8.1 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ

Η Encyclopedia Britannica ορίζει τη συσκευασία ως την τεχνολογία και την τέχνη της προετοιμασίας ενός εμπορεύματος για βολική μεταφορά, αποθήκευση και πώληση.

Η συσκευασία προστατεύει τα προϊόντα από το εξωτερικό περιβάλλον- επικοινωνεί με τον πελάτη μέσω γραπτών κειμένων, του λογότυπου της μάρκας και γραφικών- προσαρμόζεται στον τρόπο ζωής του πελάτη, για παράδειγμα, εξοικονομώντας χρόνο (έτοιμα προς κατανάλωση και γεύματα που θερμαίνονται και τρώγονται) ή διευκολύνοντας τον χειρισμό και το χειρισμό των συσκευασμένων τροφίμων για τον πελάτη (παραδείγματα βολικών χαρακτηριστικών είναι το εύκολο άνοιγμα, η δυνατότητα επανασφράγισης και η δυνατότητα φούρνου μικροκυμάτων)- και λειτουργεί ως δοχείο για προϊόντα διαφορετικού σχήματος και μεγέθους, με στόχο τη βελτιστοποίηση της αποτελεσματικότητας των logistics.

Η *έξυπνη συσκευασία (IP – Intelligent Packaging)* είναι το στοιχείο που είναι υπεύθυνο για την παρακολούθηση του περιβάλλοντος στο εσωτερικό της συσκευασίας ή κοντά στη συσκευασία και την ανάλογη αντίδραση.

Η *έξυπνη συσκευασία (IP)* είναι το στοιχείο που είναι υπεύθυνο για την παρακολούθηση του περιβάλλοντος στο εσωτερικό της συσκευασίας ή κοντά στη συσκευασία και την ανάλογη αντίδραση, ενώ η ενεργή συσκευασία (*AP – Active Packaging*) παρέχει στα τρόφιμα ενισχυμένη προστασία. Η *έξυπνη συσκευασία*, δηλαδή μια συνολική ιδέα συσκευασίας, συνδυάζει τα οφέλη που προκύπτουν από την ενεργό και την ευφυή τεχνολογία.

Η ενεργή συσκευασία (*AP*) παρέχει στα τρόφιμα ενισχυμένη προστασία.

Η έξυπνη συσκευασία, ορίζεται μια συνολική έννοια συσκευασίας που συνδυάζει τα οφέλη που προκύπτουν από την ενεργό και την ευφυή τεχνολογία. Ο ορισμός της έξυπνης συσκευασίας τροφίμων δίνεται από τους Yam et al. και Restuccia et al. Η IP είναι ένα σύστημα συσκευασίας που είναι ικανό να εκτελεί ευφυείς λειτουργίες (όπως η ανίχνευση, η ανάγνωση, η καταγραφή, η ανίχνευση, η επικοινωνία και η εφαρμογή επιστημονικής λογικής) για να διευκολύνει τη λήψη αποφάσεων για την παράταση της διάρκειας ζωής, την ενίσχυση της ασφάλειας, τη βελτίωση της ποιότητας, την παροχή πληροφοριών και την προειδοποίηση για πιθανά προβλήματα. Η IP αποτελεί επέκταση της επικοινωνιακής λειτουργίας της παραδοσιακής συσκευασίας και επικοινωνεί με τον καταναλωτή με βάση την ικανότητά της να ανιχνεύει, να αντιλαμβάνεται και να καταγράφει τις αλλαγές στο περιβάλλον των προϊόντων.

Η AP ως πάροχος ενισχυμένης προστασίας τροφίμων και η IP ως πάροχος ενισχυμένης επικοινωνίας συνεργάζονται για να προσφέρουν μια ολοκληρωμένη λύση συσκευασίας. Εισήχθησαν για πρώτη φορά στην αγορά στην Ιαπωνία στα μέσα της δεκαετίας του 1970 και 20 χρόνια αργότερα τράβηξαν την προσοχή του κλάδου στην Ευρώπη και στις Ηνωμένες Πολιτείες . Μετά την εισαγωγή τους στην αγορά της ΕΕ και των Ηνωμένων Πολιτειών γνώρισαν σημαντική ανάπτυξη τον 21ο αιώνα.

Τα συστήματα IP έχουν γίνει πιο δημοφιλή λόγω της αυξανόμενης χρήσης ενεργών συστατικών στη συσκευασία τροφίμων, η οποία απαιτεί ένα μέσο παρακολούθησης τόσο της απόδοσης της ενεργής συσκευής όσο και των συνολικών συνθηκών συσκευασίας.

Ορισμένες προβλέψεις προβλέπουν ότι η IP θα είναι το ταχύτερα αναπτυσσόμενο τμήμα της έξυπνης συσκευασίας, κυρίως λόγω της αυξανόμενης χρήσης δεικτών, ιδίως δείκτες χρόνου-θερμοκρασίας, και από τα έξυπνα συστήματα που προσφέρουν διαφοροποίηση προϊόντων, ιχνηλασιμότητα και άλλα διαδραστικά χαρακτηριστικά σε πιο προσιτές τιμές.

Διαφορετικά από τα συστήματα AP, η IP δεν δρα άμεσα για την παράταση της διάρκειας ζωής των τροφίμων- αντίθετα, στοχεύει στη μετάδοση πληροφοριών στους ενδιαφερόμενους φορείς της αλυσίδας εφοδιασμού τροφίμων (π.χ. κατασκευαστές, λιανοπωλητές και καταναλωτές) σχετικά με την ποιότητα των τροφίμων. Η IP αποτελεί επέκταση της επικοινωνιακής λειτουργίας της παραδοσιακής συσκευασίας από απλό επικοινωνιακό μέσο σε έξυπνο επικοινωνιακό μέσο. Ένα σύστημα IP μπορεί να δείξει

πότε το τρόφιμο είναι φρέσκο ή αν έχει λήξει η διάρκεια ζωής του, μπορεί να δείξει τη θερμοκρασία του τροφίμου, μπορεί να εμφανίσει το ιστορικό θερμοκρασίας του τροφίμου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας ή της ακεραιότητας των συστημάτων AP.

Ένα σύστημα IP κατασκευάζεται με την ενσωμάτωση ενός εξωτερικού εξαρτήματος στη συσκευασία από - φορείς δεδομένων, όπως οι γραμμωτοί κώδικες και οι ετικέτες αναγνώρισης ραδιοσυχνότητας (RFID), οι οποίοι προορίζονται ειδικά για σκοπούς αποθήκευσης, διανομής και ιχνηλασιμότητας - αισθητήρες, οι οποίοι επιτρέπουν την ταχεία και οριστική ποσοτικοποίηση των αναλυτών στα τρόφιμα.

δείκτες, οι οποίοι αποσκοπούν στην παροχή μεγαλύτερης ευκολίας ή/και στην ενημέρωση των καταναλωτών σχετικά με την ποιότητα των τροφίμων.

Οι συσκευές μεταφοράς δεδομένων, γνωστές και ως συσκευές αυτόματης αναγνώρισης, καθιστούν πιο αποτελεσματική τη ροή πληροφοριών στην αλυσίδα εφοδιασμού τροφίμων. Δεν παρέχουν κανενός είδους πληροφορίες σχετικά με την ποιοτική κατάσταση των τροφίμων, αλλά προορίζονται μάλλον για την αυτοματοποίηση, την ιχνηλασιμότητα, την πρόληψη της κλοπής ή την προστασία από την παραχάραξη. Μπορούν να τοποθετηθούν σε συσκευασμένα τρόφιμα ή πιο συχνά σε τριτογενείς συσκευασίες (π.χ. πολυκιβώτια, κιβώτια μεταφοράς, παλέτες, μεγάλες συσκευασίες από χαρτόνι). Οι πιο συνηθισμένες συσκευές μεταφοράς δεδομένων στη βιομηχανία συσκευασίας τροφίμων είναι οι ετικέτες γραμμωτού κώδικα και οι ετικέτες RFID.

## 9. BLOCKCHAIN ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΗΣ ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ

Η τεχνολογία blockchain επιτρέπει στην ψηφιακή πληροφορία να διαχέεται, αλλά να μην αντιγράφεται, πράγμα που σημαίνει ότι το Blockchain είναι μια σύνδεση σε σειρά από αμετάβλητες εγγραφές δεδομένων, με χρονική σήμανση που δεν ανήκουν σε μία μόνο οντότητα. Αυτό καθιστά τα αποθηκευμένα δεδομένα στο block ασφαλή και ταυτόχρονα διαφανή. Αυτή η τεχνολογία αντιμετωπίζει τα ζητήματα εμπιστοσύνης, καθώς τα αμετάβλητα βιβλία καταγραφής μοιράζονται και αναπαράγονται σε όλους τους κόμβους.

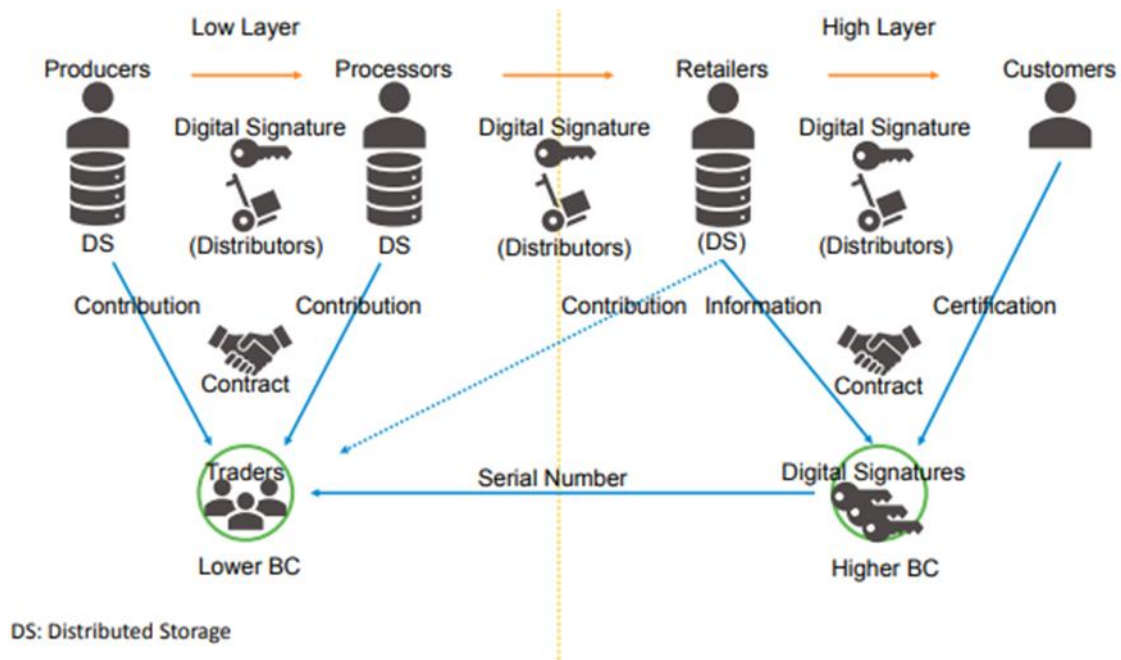
Τα Blockchains έχουν δημιουργήσει ένα πραγματικά μεγάλο αριθμό εφαρμογών σε διάφορους τομείς. Οι περιοχές της έρευνας καλύπτονται από τις υπάρχουσες μελέτες που βασίζονται πάνω σε Blockchain εφαρμογές όπου συμπεριλαμβάνουν τομείς όπως την γεωργία, τα λογισμικά, τις επιχειρηματικές εφαρμογές, τις έξυπνες πόλεις, τα έξυπνα δίκτυα, τα κατανεμημένα αρχεία, την διαστημική βιομηχανία και τελευταία, για τον COVID-19. Σε αυτό το περιβάλλον το Blockchain προσφέρει το τρίπτυχο της **ασφάλειας**, της **αποκέντρωσης** και της **επεκτασιμότητας**, όπου η εξισορρόπηση των τριών εναλλακτικών λύσεων εξαρτάται από τις ανάγκες του blockchain.

Το blockchain παραμένει μια νέα τεχνολογία και, αναμφισβήτητα, τώρα αρχίζουμε να κατανοούμε την αξία των δεδομένων που προσφέρει. Σε αυτό το αρχικό στάδιο, είναι κρίσιμο να υπάρχει αποδοτική συλλογή, σύνοψη και οπτικοποίηση δεδομένων.

Από την σκοπιά της Αλυσίδας Εφοδιασμού, η καινοτομία συνεπάγεται βελτίωση των ροών προϊόντων ή/και υπηρεσιών και πληροφοριών εντός ενός δικτύου SC. Η έννοια της Καινοτομίας στην Εφοδιαστική Αλυσίδα συζητείται όλο και περισσότερο τόσο στην πράξη όσο και σε ακαδημαϊκούς κύκλους. Η βιβλιογραφία έχει περιγράψει την Καινοτομία στην Εφοδιαστική Αλυσίδα ως μια αλληλεπίδραση πολλών συνιστωσών. Μεταξύ άλλων, τονίστηκε η σημασία

- i) της διαδικασίας και
- ii) της τεχνολογίας ως τα κύρια συστατικά στοιχεία της SCI.





Εικόνα 6. Παράδειγμα εφαρμογής μοντέλου Blockchain στην Αλυσίδα Εφοδιασμού (Kawaguchi, 2019)

Η αποτελεσματική και αποδοτική διαδικασία ορίζεται ως ένα σύνολο δραστηριοτήτων που διευκολύνει τις συναλλαγές μεταξύ όλων των μελών της SC, συμπεριλαμβανομένων των καταναλωτών και η τεχνολογία θεωρείται ως ένα μέσο που οικοδομεί τις διαδικασίες βελτιώνοντας την ιχνηλασιμότητα και την διαφάνεια σε μια Αλυσίδα Εφοδιασμού.

Η πρόσφατη βιβλιογραφία χαρακτηρίζει την κατεύθυνση της SCI ως ψηφιοποίηση. Για παράδειγμα, διερευνούν τις επιπτώσεις της ψηφιοποίησης η οποία μπορεί να προσφέρει ευκαιρίες που θα μετασχηματίσουν μια συμβατική SC προς μια καινοτόμο SC. Θεωρούν την ψηφιακή αλυσίδα εφοδιασμού ως την βασική έννοια για την καθιέρωση της ολοκλήρωσης των πληροφοριών από άκρο σε άκρο σε μια καινοτόμο SC, και εξηγούν τις απαιτήσεις και της λειτουργίες αυτής της κατεύθυνσης της SCI.

Το κατακεκομμένο σύστημα blockchain έχει ήδη αποδειχθεί ότι αποτελεί ένα πολύ πρακτικό σύστημα ιχνηλασιμότητας στην Αλυσίδα Εφοδιασμού. Η υιοθέτησή του αυξάνεται ραγδαία, ιδίως σε βιομηχανίες όπου τα συμβατικά συγκεντρωτικά συστήματα έχουν να αντιμετωπίσουν προκλήσεις όπως:

Πολύπλοκη αλυσίδα φορέων – Η ιχνηλασιμότητα απαιτεί την ενεργό εμπλοκή και την καλά συντονισμένη συνεργασία πολλών συμμετεχόντων ή φορέων σε ολόκληρο το SC. Η δημιουργία και η λειτουργία ενός κεντρικού συστήματος σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού συχνά καθίσταται ανέφικτο.

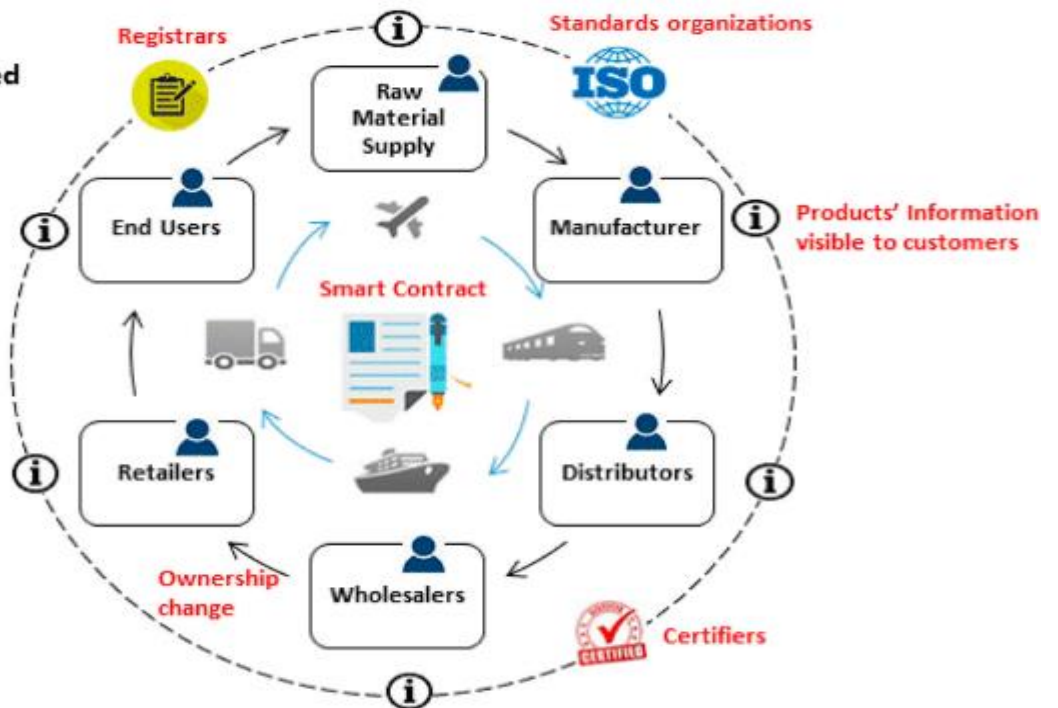
Εξασφάλιση της αξιοπιστίας - Σε ένα πολύπλοκο πλαίσιο της Αλυσίδας Εφοδιασμού με πολλούς φορείς, ένα καλό SC δεν μπορεί να οικοδομηθεί χωρίς ισχυρή εμπιστοσύνη σε ολόκληρη την αλυσίδα. Οι εταίροι στην Αλυσίδα Εφοδιασμού φαίνονται ιδιαίτερα ικανοποιημένοι από την εκδημοκρατισμένη και απαραβίαστη τήρηση αρχείων στο σύστημα.

Φραγμοί εισόδου υψηλού κόστους - Πολλά παλαιά συγκεντρωτικά συστήματα , αυξάνουν τα εμπόδια πρόσβασης για τους μικρούς αγρότες, τους οδηγούς φορτηγών, ή ψαράδων κ.λ.π Τα νέα συστήματα ιχνηλασιμότητας που βασίζονται στο Blockchain τους επιτρέπουν να ενταχθούν στο SC σύστημα απλά με ένα SmartPhone.

### Supply Chain



### Blockchain-based Supply Chain



Εικόνα 7. Η μετατροπή της Εφοδιαστικής Αλυσίδας βάσει της χρήσης Blockchain τεχνολογίας (Saber et al., 2019)

## 9.1 ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΡΙΣΚΑ ΤΟΥ BLOCKCHAIN ΣΤΗΝ ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ

Παρ' όλα αυτά ο δρόμος για την εφαρμογή του Blockchain δεν είναι ρόδινος. Όπως αναφέρεται, η υιοθέτηση των Blockchain ως σύστημα ιχνηλασιμότητας θα πρέπει να ξεπεράσει τις βασικές προκλήσεις:

- Πρόκληση στη σύνδεση του φυσικού με το ψηφιακό. Απαιτούνται σημαντικές επενδύσεις για τη σύνδεση μη ψηφιοποιημένων και φυσικών στοιχείων με τον ψηφιακό χώρο με τη χρήση διαφόρων τεχνολογιών επικοινωνίας, όπως RFID, NFC και IoT.
- Πολιτισμική υιοθέτηση σε αποκεντρωμένο δίκτυο. Θα πρέπει να ξεπεραστούν τα πολιτισμικά εμπόδια για να πειστούν οι ενδιαφερόμενοι στο SC που είναι το νέο μοντέλο εκδημοκρατισμένης επεξεργασίας.
- Αντίληψη και εμπιστοσύνη του κοινού. Ομοίως, η ευρύτερη εμπιστοσύνη του κοινού θα διαδραματίσει βασικό ρόλο για τους φορείς της Εφοδιαστικής Αλυσίδας ώστε να συμφωνήσουν και να προχωρήσουν σε αυτή τη νέα τεχνολογία.

## 10. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

### 10.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αυτό το κομμάτι της εργασίας καλύπτει το ερευνητικό μέρος. Εξετάζεται το ζήτημα της ιχνηλασιμότητας εντός μιας οργανωμένης αποθήκης, καθώς και των προβλημάτων που μπορεί να προκύψουν κατά την εκτέλεση των διαδικασιών στο στάδιο της προετοιμασίας της παραγγελίας μέχρι την αποστολή στον εταιρικό πελάτη.

Το συγκεκριμένο case study πραγματοποιήθηκε στην περιοχή του Αυλώνα, το διάστημα Μαρτίου - Μαΐου 2022, στο Κέντρο Logistics της εταιρείας L'Oréal Hellas, η οποία είναι θυγατρική του Ομίλου L'Oréal. Η L'Oréal δραστηριοποιείται στον χώρο των καλλυντικών προϊόντων όντας πρωτοπόρα στην παγκόσμια αγορά καλλυντικών, αλλά και στην ελληνική, όπου πρωταγωνιστεί.

Στα πλαίσια του case study, μελετήθηκε η διαδικασία της ιχνηλασιμότητας εντός της αποθήκης. Η μελέτη εστίασε στα προβλήματα που προκύπτουν από την παραλαβή των προϊόντων ως την αποστολή στον πελάτη, στα πλαίσια της B2B (Business to Business) εμπορικής δραστηριότητας της εταιρείας. Το πρόβλημα που διερευνήθηκε είναι το παρακάτω:

- **Τι ποσοστό των προϊόντων που επεξεργάζονται και αποστέλλονται από την αποθήκη, καταλήγουν εν τέλει με το σωστό batch/lot στον πελάτη-εταιρεία.**

Το ερώτημα που τίθεται αφορά την *ιχνηλασιμότητα*, η οποία εκτός από τον σημαντικό ρόλο που κατέχει ως κρίκος στην ομαλή λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας, η σωστή αποστολή batch/lot κωδικών στους πελάτες έχει εξέχων ρόλο και για την ίδια την εταιρική αξιοπιστία. Η περίπτωση να αποδίδονται λανθασμένοι αριθμοί παρτίδας, καθιστά πολύ δύσκολη την ανάκληση με αποτέλεσμα να χρειάζονται επιπλέον εργατοώρες για τον εντοπισμό του σωστού batch/lot. Αντίστοιχα δυσκολεύει τον εντοπισμό, εκείνου του σταδίου της προετοιμασίας, στο οποίο πραγματοποιήθηκε το λάθος.

Ο στόχος της έρευνας είναι να αναδείξει τόσο τα συστημικά, όσο και τα χειριστικά προβλήματα που εντοπίστηκαν κατά την δειγματοληψία, με σκοπό την δημιουργία επιμέρους προτάσεων για την επίτευξη λύσεων.

## 10.2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Από την στιγμή που διευκρινίστηκε το Ερευνητικό Πρόβλημα που τέθηκε υπό εξέταση, πραγματοποιήθηκε η διαδικασία συλλογής δείγματος δεδομένων μέσα στην αποθήκη, σε ζωντανό χρόνο επεξεργασίας των παραγγελιών. Για την δειγματοληψία χρησιμοποιήθηκε scanner τύπου RF. Για την καταγραφή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Microsoft Excel το οποίο αξιοποιήθηκε και στην ανάλυση των δεδομένων και την εκροή των τελικών αποτελεσμάτων. Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων, έγινε σύγκριση των δεδομένων που συλλέχθηκαν με τη λίστα των παραγγελιών που κατείχε η εταιρεία και της δίνεται μέσω του ERP προγράμματος της SAP.

Παρά τον αρκετά μεγάλο αριθμό του δείγματος το οποίο συλλέχθηκε στο χρονικό διάστημα που πραγματοποιήθηκε το Case Study, τα συμπεράσματα δεν μπορούν να γενικευτούν, ούτε να αποτελέσουν ικανό τεκμήριο για να κριθεί σωστός ή λανθασμένος ο τρόπος λειτουργίας και διεκπεραίωσης των συγκεκριμένων παραγγελιών από πλευράς της εταιρείας. Για να μπορέσει να πραγματοποιηθεί κάτι τέτοιο, χρειάζεται να γίνει συγκριτική μελέτη μέσω συλλογής ενός μεγάλου δείγματος, με διαφορετικές περιόδους δειγματοληψίας, καθώς και χρήση πιο εξειδικευμένων υπολογιστικών εργαλείων ανάλυσης του μεγάλου όγκου δεδομένων. Παρόλα αυτά η μελέτη που πραγματοποιήθηκε σίγουρα αποτελεί μια πολύ καλή αποτύπωση για το

χρονικό σημείο που πραγματοποιήθηκε, από το οποίο μπορούν να υπάρξουν συμπεράσματα για πιθανές βελτιώσεις στον τρόπο λειτουργίας και για την μεγαλύτερη αποδοτικότητα της εργασίας.

Τα στοιχεία που καταγράφηκαν, και συγκρίθηκαν, είναι τα παρακάτω και με την εξής σειρά (βλ. και Παράρτημα) :

- 1) Αριθμός Παραγγελίας
- 2) Barcode κωδικός του κιβωτίου
- 3) Το LOT
- 4) Τον κωδικό της συσκευασίας του μοναδιαίου προϊόντος
- 5) Το LOT εισαγωγής του προϊόντος στην αποθήκη

Αφού έγινε η τυχαία δειγματοληψία από 124 δείγματα διαφορετικών παραγγελιών/ προϊόντων, σε διαφορετικές ημέρες, καταγράφηκαν όλα τα στοιχεία. Τα στοιχεία που καταγράφηκαν είναι με την σειρά που αναγράφονται παραπάνω. Μέσω της συνάρτησης VLOOKUP στο EXCEL, έγινε διασταύρωση των δεδομένων με τα καθημερινά εισηγμένα στοιχεία των πραγματοποιημένων παραγγελιών στο κεντρικό σύστημα της εταιρείας. Τα αποτελέσματα θα αναλυθούν παρακάτω.

### 10.3. ΚΕΝΤΡΟ LOGISTICS L'Oréal

Λίγα εισαγωγικά και συνοπτικά στοιχεία για την λειτουργία της αποθήκης.

Η αποθήκη λειτουργεί σε περιβάλλον SAP (ERP) και όλοι οι εργαζόμενοι χρησιμοποιούν τα RF (Radio Frequency) Scanners.

Το Κέντρο Logistics της L'Oréal απαρτίζεται από τα εξής λειτουργικά τμήματα.

- 1) Τμήμα Παραλαβών
- 2) Τμήμα παραγγελιοληψίας-Προετοιμασία παραγγελιών
- 3) Τμήμα Υποκατασκευαστών
- 4) Τμήμα Επιστροφών
- 5) Τμήμα Αποστολών

Η αποθήκη χωρίζεται σε 4 ζώνες ανάλογα το είδος των προϊόντων:

- 1) Εμπόριο ( προϊόντα μαζικού εμπορίου)
- 2) Κομμωτήριο ( επαγγελματικά προϊόντα κομμωτηρίου)
- 3) Επιλεκτική (π.χ. κολώνιες)
- 4) Φαρμακείο (π.χ αντηλιακά)

Τέλος χωρίζεται σε δύο μεγάλα τμήματα τα οποία αφορούν τον τρόπο προετοιμασίας των παραγγελιών, όπου και στα δύο τμήματα υπάρχουν οι ανωτέρω ζώνες προϊόντων όπως αποδόθηκαν παραπάνω:

- 1) Χύμα
- 2) Standard

Στον πρώτο τρόπο προετοιμασίας παραγγελίας (XYMA) οι εργαζόμενοι επεξεργάζονται κιβώτια διαφορετικών κωδικών προϊόντων με βάση την παραγγελία που τους έχει δοθεί και δημιουργούν ένα καινούριο κιβώτιο το οποίο απαρτίζεται από διαφορετικές αναλογίες από όλους τους κωδικούς που καλούνται να μπουν στην αντίστοιχη παραγγελία. Έπειτα ξεκινάει το στάδιο της παλετοποίησης (αμπαλάζ).

Στον δεύτερο τρόπο προετοιμασίας της παραγγελίας (Standard) οι εργαζόμενοι παίρνουν ακέραια κιβώτια με τα οποία προετοιμάζουν τις αντίστοιχες παραγγελίες.

## **ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑ**

Η L'Oréal συμμορφώνεται με τους όρους και τις αρχές αναγνώρισης του προτύπου GS1. Οι μονάδες χειρισμού κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- 1) Consumer Unit (CU)<sup>1</sup>
- 2) Inner Pack<sup>2</sup>
- 3) Sub Case<sup>3</sup>
- 4) Cases

---

<sup>1</sup> Μονάδα που πωλείται ή δίνεται από τον λιανοπωλητή στον καταναλωτή.

<sup>2</sup> -Ομάδα πολλών mono-batch Consumer Units.

- Μεταξύ του επιπέδου CU και του επιπέδου της περίπτωσης standard.

<sup>3</sup> - Ομάδα εσωτερικής συσκευασίας.

-Μεταξύ του επιπέδου Inner Pack και Standard

- 4.1) Detail<sup>4</sup>
- 4.2) Standard<sup>5</sup>
- 4.3) Part<sup>6</sup>
- 5) Pallet
  - 5.1) Heterogeneous<sup>7</sup>
  - 5.2) Standard<sup>8</sup> or part<sup>9</sup>

Η διαχείριση της ιχνηλασιμότητας εντός της αποθήκης ξεκινάει από το τμήμα των παραλαβών. Αρχικά, με την εισαγωγή της κάθε παλέτας γνωστοποιείται από το εργοστάσιο το SSCC ταυτόχρονα με τα batch/Lot που περιέχονται σε αυτήν. Και οι παλέτες κατηγοριοποιούνται σε μικτές και ακέραιες. Αυτό εξαρτάται από το αν περιέχουν το ίδιο είδος προϊόντος ή διαφορετικά είδη προϊόντων.

Ξεκινώντας από την διαδικασία της παραλαβής στην αποθήκη υπάρχουν δύο ειδών παλέτες που εισέρχονται από το εξωτερικό:

- 1) Οι **ατόφιες παλέτες**, οι οποίες έχουν ένα SSCC κωδικό και ένα μοναδικό Batch/Lot των προϊόντων που περιλαμβάνει.
- 2) Οι **μικτές παλέτες**, οι οποίες έχουν ένα SSCC κωδικό και πολλά Batch/Lot των προϊόντων που περιλαμβάνει.

Για να εισαχθούν οι παλέτες στην αποθήκη, στέλνεται ταυτόχρονα από το εργοστάσιο παραγωγής και η **ηλεκτρονική τιμολόγηση της παλέτας (FEX)** η οποία πρέπει να περιέχει τουλάχιστον μια πληροφορία για τα 3 παρακάτω στοιχεία:

- 1) **Στοιχεία διεθνούς κώδικα ( Components international code ),**
- 2) **Τους αριθμούς SSCC των παλετών που περιέχονται στην αποστολή.**
- 3) **Τους αριθμούς της παρτίδας που περιέχει η κάθε παλέτα (Batch/Lot)**

Η παλέτα χρειάζεται να έχει κολλημένο πάνω ένα πλήθος κωδικών τα οποία αποτελούν το master data αρχείο και χρειάζεται να καλύπτουν τις εξής πληροφορίες:

<sup>4</sup> Πακέτο που περιέχει διάφορα είδη καταναλωτικών μονάδων (Consumer Units) .

<sup>5</sup> μοναδικά CU και μοναδικά batch case που περιέχουν σταθερό αριθμό CU.

<sup>6</sup> μοναδικά CU και μοναδικά batch case που περιέχει αριθμό CU μικρότερο από το standard.

<sup>7</sup> Παλέτα που περιέχει διάφορα είδη CU.

<sup>8</sup> μοναδικά CU και μοναδική παρτίδα (batch) που περιέχει σταθερό αριθμό CU.

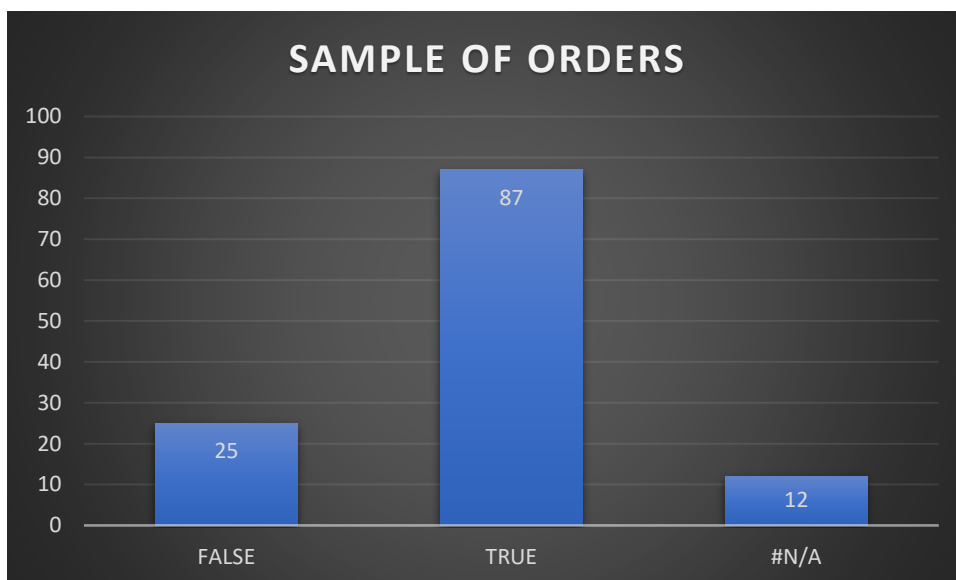
<sup>9</sup> μοναδικά CU και μοναδική παρτίδα (batch) που περιέχει αριθμό CU μικρότερο από την παλέτα standard.



- GTIN of the standard case
- GTIN of the CU
- Αρχική ποσότητα (Inner quantity / Inner)
- UC Volume

## 11. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Από την ανάλυση των 124 δειγμάτων αναδεικνύονται τα παρακάτω στοιχεία, όπως φαίνεται στο παρακάτω γράφημα:



Εικόνα 8. Εξαγωγή αποτελεσμάτων ανάλυσης των δεδομένων

- Σε ποσοστό 70,2% η παραγγελία προετοιμαζόταν και έφτανε με σωστό BATCH/LOT στον πελάτη.
- Ένα ποσοστό 20,2% ετοιμαζόταν και αποστέλλονταν με λάθος BATCH/LOT.
- Τέλος, υπήρχε κι ένα ποσοστό 9,6% το οποίο δεν μπορούσε να συσχετιστεί με το υπάρχον αρχείο της εταιρείας και την λίστα που καταρτίστηκε κατά την

καταγραφή των δεδομένων . Αυτό οφείλεται σε απόκλιση που προέκυπτε λόγω συστημικών λαθών.

## 12. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας, στόχος της παρούσας διπλωματικής, ήταν να εξεταστεί πολύπλευρα, αρχικά σε θεωρητικό και έπειτα σε πρακτικό επίπεδο, μέσω της διεκπεραίωσης της παραπάνω μελέτης περίπτωσης η ανάδειξη της σημασίας της ιχνηλασιμότητας σε όλα τα στάδια της Εφοδιαστικής Αλυσίδας, η εύρεση βέλτιστων πρακτικών αξιοποίησής της σε διάφορους κλάδους της βιομηχανίας και των υπηρεσιών καθώς και οι μελλοντικές προκλήσεις που προκύπτουν. Όπως αναδεικνύεται από την μελέτη της διεθνούς βιβλιογραφίας, το ζήτημα που προέκυψε προς επίλυση, ακόμη περισσότερο, λόγω των παγκοσμιοποιημένων Αλυσίδων Εφοδιασμού, είναι να μπορεί ένα εμπόρευμα , από την στιγμή της παραγωγής του, της εξόρυξής του (π.χ. μέταλλα) ή της περισυλλογής του (π.χ. φρούτα-λαχανικά), από οποιοδήποτε σημείο στον κόσμο με προορισμό οποιοδήποτε άλλο σημείο, να "μεταφέρει" τις πληροφορίες που χρειάζονται σε όλη την Αλυσίδα.

Οι πληροφορίες αυτές, αφορούν τον τρόπο και την ημερομηνία παραγωγής, συγκομιδής ή εξόρυξης, τις συνθήκες αποθήκευσης και μεταφοράς και πολλές άλλες πληροφορίες , όπως αναφέρθηκαν και στην θεωρητική ανάλυση , στη διπλωματική εργασία.

Εστιάζοντας στη μελέτη περίπτωσης, εντός της αποθήκης, όπως παρουσιάστηκε και με τα αποτελέσματα τα οποία εξήχθησαν από τα δεδομένα που αναλύθηκαν, μπορούμε να πούμε ότι έχουμε μια μικρή αποτύπωση της ροής των εργασιών της αποθήκης, κατά την επεξεργασία παραγγελιών, οι οποίες ετοιμάζονται με σκοπό την αποστολή τους σε εταιρικούς πελάτες ( όπως Super Market, Κομμωτήρια, Καταστήματα καλλυντικών κ.α.).

- Από τα αποτελέσματα, μπορούμε να απομονώσουμε αρχικά το 12% των συστημικών λαθών, μέσω των οποίων δεν μπόρεσαν να συσχετιστούν οι παραγγελίες με την λίστα της εταιρείας. Αυτό αποτελεί εταιρικό θέμα προς

επίλυση με την καλύτερευση των πληροφοριακών συστημάτων. Το συγκεκριμένο πεδίο, δεν άπτεται στο κομμάτι της συγκεκριμένης ανάλυσης και μελέτης, ώστε να προτείνει τρόπους βελτίωσης τέτοιων πληροφοριακών συστημάτων.

- Το ποσοστό του 25% των λαθών που γίνονται εντός της αποθήκης και δεν συμπίπτουν με τα batch/lot που υπάρχουν στη καθημερινή λίστα των παραγγελιών, είναι το βασικό στοιχείο που χρειάζεται να επικεντρωθεί εσωτερικά μια εταιρεία, ώστε να βελτιστοποιήσει, ακόμη και να εξαλείψει τυχόν λάθη και παραλείψεις. Βασικό στοιχείο που προτείνεται, αποτελεί η διαρκής εκπαίδευση του προσωπικού, διότι οι υπάλληλοι της αποθήκης, αποτελούν τον σημαντικότερο παράγοντα αξιοπιστίας της εταιρείας. Είναι αδήριτη ανάγκη να μπορούν να γνωρίζουν όλες τις λειτουργίες της αποθήκης από το πρώτο στάδιο της παραλαβής μέχρι το διαμορφωμένο φορτίο που θα εξαχθεί από αυτήν. Η εκπαίδευση όλου του προσωπικού για την σημασία της ιχνηλασιμότητας, είναι από τα θεμελιώδη ζητήματα για μια αποθήκη. Πολλές φορές η ρουτίνα και η προσθήκη νέου εργατικού προσωπικού επηρεάζει την απόδοση και την ποιότητα της υπηρεσίας.

Η εκπαίδευση έρχεται να λύσει 2 σημαντικά προβλήματα:

- i. Αντιμετωπίζει την ρουτίνα της εργασίας, η οποία από ένα σημείο και έπειτα, μπορεί να βελτιώνει την παραγωγικότητα, αλλά από την άλλη λειτουργεί ως τροχοπέδη για την προσαρμογή των εργαζομένων σε νέες, πιο αναβαθμισμένες λειτουργίες και αλλαγές. Οι μηχανικές κινήσεις στην καθημερινότητα της εργασίας σε συνδυασμό με την μονοτονία, τροφοδοτεί την αδιαφορία για οποιαδήποτε εξέλιξη των Logistics.
- ii. Ο σταθερός προσανατολισμός στην επανεκπαίδευση των προσωπικού, μπορεί να πετύχει την ενιαία στρατηγική αντίληψη για τους εταιρικούς στόχους, εργαζομένων και διοίκησης. Το προσωπικό μέσω της

συνεχούς εκπαίδευσης, κατά την οποία θα μπορεί να αλληλοεπιδρά μέσω προτάσεων που θα κάνει προς τη διοίκηση, εφόσον είναι και οι άμεσα εμπλεκόμενοι στην λειτουργία της αποθήκης, μπορούν να νιώθουν μέρος των αλλαγών που προκύπτουν προς το καλύτερο, και ταυτόχρονα να εμβαθύνουν παραπάνω γνωστικά στο αντικείμενο, βελτιώνοντας δεξιότητες πάνω στο εργασιακό κομμάτι που τους αντιστοιχεί.

Ένα ακόμη σημαντικό ζήτημα που αφορά την βελτιστοποίηση της ιχνηλασιμότητας στην αποθήκη, αποτελεί ο σωστός σχεδιασμός και η χωροταξία της αποθήκης. Η κατανομή των εμπορευμάτων και των ραφιών θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να είναι όσο το δυνατό πιο εργονομικά προς τον υπάλληλο, αλλά και ταυτόχρονα να εξυπηρετεί την μέγιστη παραγωγικότητα μέσα στον αποθηκευτικό χώρο.

Η αναλυτική μελέτη για διάταξη ραφιών και εμπορευμάτων εντός της αποθήκης μπορεί να αποτελέσει καταλυτικό παράγοντα βελτιστοποίησης και διευκόλυνσης της ίδιας της ροής των παραγγελιών, με τα λιγότερα δυνατά πιθανά λάθη.

### 13. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Aamer, A. M., & Sawhney, R. (2004). Review of suppliers selection from a production perspective. In Proc. IIE Conference (pp. 2135-2140).

Alfaro, J. A., & Rábade, L. A. (2009). Traceability as a strategic tool to improve inventory management: A case study in the food industry. *International Journal of Production Economics*, 118(1), 104-110.

Appelhanz, S., Osburg, V. S., Toporowski, W., & Schumann, M. (2016). Traceability system for capturing, processing and providing consumer-relevant information about wood products: system solution and its economic feasibility. *Journal of Cleaner Production*, 110, 132-148.

Aung, M. M., & Chang, Y. S. (2014). Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives. *Food control*, 39, 172-184.

Aung, M. M., & Chang, Y. S. (2014). Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives. *Food control*, 39, 172-184.

Barratt, M., & Oke, A. (2007). Antecedents of supply chain visibility in retail supply chains: a resource-based theory perspective. *Journal of operations management*, 25(6), 1217-1233.

Bell, J., Mollenkopf, D., Meline, J. S., & Burnette, M. (2016). *Creating a Transparent Supply Chain*.

Beske, P., & Seuring, S. (2014). Putting sustainability into supply chain management. *Supply Chain Management: an international journal*, 19(3), 322-331.

Bogataj, U., Muck, T., Lozo, B., & Žitnik, A. (2010). Multi-color 2D datamatrix codes with poorly readable colors. *Journal of Graphic Engineering and Design*, 1(1), 1-8.

Bosona, T., & Gebresenbet, G. (2013). Food traceability as an integral part of logistics management in food and agricultural supply chain. *Food control*, 33(1), 32-48.

Bouzon, M., & Govindan, K. (2015). Reverse logistics as a sustainable supply chain practice for the fashion industry: an analysis of drivers and the Brazilian Case. *Sustainable fashion supply chain management: From sourcing to retailing*, 85-104.

Brandenburg, M., Govindan, K., Sarkis, J., & Seuring, S. (2014). Quantitative models for sustainable supply chain management:

Developments and directions. *European journal of operational research*, 233(2), 299-312.

Brandon-Jones, E., Squire, B., Autry, C. W., & Petersen, K. J. (2014). A contingent resource-based perspective of supply chain resilience and robustness. *Journal of Supply Chain Management*, 50(3), 55-73.

Busse, C., Meinlschmidt, J., & Foerstl, K. (2017). Managing information processing needs in global supply chains: A prerequisite to sustainable supply chain management. *Journal of Supply Chain Management*, 53(1), 87-113.

Busse, C., Schleper, M. C., Niu, M., & Wagner, S. M. (2016). Supplier development for sustainability: contextual barriers in global supply chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 46(5), 442-468.

Cardoso, S. R., Barbosa-Póvoa, A. P., Relvas, S., & Novais, A. Q. (2015). Resilience metrics in the assessment of complex supply-chains performance operating under demand uncertainty. *Omega*, 56, 53-73.

Cebeci, Z., Erdogan, Y., Alemdar, T., Celik, L., Boga, M., Uzun, Y., ... & Tosten, F. (2009). Development of an ICT-based traceability system in compound feed industry. *Proceedings of the 4th Aspects and Visions of Applied Economics and Informatics*, 854-864.

Chae, B., Olson, D., & Sheu, C. (2014). The impact of supply chain analytics on operational performance: a resource-based view. *International Journal of Production Research*, 52(16), 4695-4710.

Chandak, S., Chandak, A., & Sharma, A. (2014). Globalisation of supply chain management for an automotive industry-future perspective. *International Review of Applied Engineering Research*, 4(2), 155-164.

Chen, R. S., Chen, C. C., Yeh, K. C., Chen, Y. C., & Kuo, C. W. (2008). Using RFID technology in food produce traceability. *WSEAS Transactions on information science and applications*, 5(11), 1551-1560.

Chen, R. S., Tu, M. A., & Jwo, J. S. (2010). An RFID-based enterprise application integration framework for real-time management of dynamic manufacturing processes. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 50, 1217-1234.

Cheng, M. J., & Simmons, J. E. L. (1994). Traceability in manufacturing systems. *International journal of operations & production management*, 14(10), 4-16.

Cheng, M. J., & Simmons, J. E. L. (1994). Traceability in manufacturing systems. *International journal of operations & production management*, 14(10), 4-16.

Choy, K. L., Li, C. L., So, S. C., Lau, H., Kwok, S. K., & Leung, D. (2007). Managing uncertainty in logistics service supply chain. *International Journal of Risk Assessment and Management*, 7(1), 19-43.

Christopher, M., & Lee, H. (2004). Mitigating supply chain risk through improved confidence. *International journal of physical distribution & logistics management*, 34(5), 388-396.

Cross, D. J., Speier, C., & Meacham, N. (2011). Sustainability to support end-to-end value chains: the role of supply chain management. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 39, 101-116.

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.

Dabbene, F., & Gay, P. (2011). Food traceability systems: Performance evaluation and optimization. *Computers and Electronics in Agriculture*, 75(1), 139-146.

Dai, H., Tseng, M. M., & Zipkin, P. H. (2015). Design of traceability systems for product recall. *International Journal of Production Research*, 53(2), 511-531.

De Koster, R. B., Johnson, A. L., & Roy, D. (2017). Warehouse design and management. *International Journal of Production Research*, 55(21), 6327-6330.

Dessureault, S. (2006). An assessment of the business value of traceability in the Canadian dairy processing industry (Doctoral dissertation, University of Guelph).

Diabat, A., Kannan, D., & Mathiyazhagan, K. (2014). Analysis of enablers for implementation of sustainable supply chain management—A textile case. *Journal of cleaner production*, 83, 391-403.

Domínguez, R., Barba, F. J., Gómez, B., Putnik, P., Kovačević, D. B., Pateiro, M., ... & Lorenzo, J. M. (2018). Active packaging films with natural antioxidants to be used in meat industry: A review. *Food research international*, 113, 93-101.

Dupuy, C., Botta-Genoulaz, V., & Guinet, A. (2005). Batch dispersion model to optimise traceability in food industry. *Journal of Food Engineering*, 70(3), 333-339.

Fan, T., Tao, F., Deng, S., & Li, S. (2015). Impact of RFID technology on supply chain decisions with inventory inaccuracies. *International Journal of Production Economics*, 159, 117-125.

Fawcett, S. E., Wallin, C., Allred, C., Fawcett, A. M., & Magnan, G. M. (2011). Information technology as an enabler of supply chain collaboration: a dynamic-capabilities perspective. *Journal of supply chain management*, 47(1), 38-59.

Fechner, I. (2010). Role of logistics centres in national logistics system. *Electronic Scientific Journal of Logistics*, 6(2).

Filho, F. L. D. C., Martins, L. M. E., Araújo, I. P., Mendonça, F. L. D., da Costa, J. P. C., & Júnior, R. T. D. S. (2017, December). Design and evaluation of a semantic gateway prototype for IoT networks. In *Companion Proceedings of the 10th International Conference on Utility and Cloud Computing* (pp. 195-201).

Franco, M. A. (2017). Circular economy at the micro level: A dynamic view of incumbents' struggles and challenges in the textile industry. *Journal of cleaner production*, 168, 833-845.

Fritz, M., & Schiefer, G. (2009). Tracking, tracing, and business process interests in food commodities: A multi-level decision complexity. *International Journal of Production Economics*, 117(2), 317-329.

García-Dastugue, S. J., & Lambert, D. M. (2003). Internet-enabled coordination in the supply chain. *Industrial Marketing Management*, 32(3), 251-263.

Gereffi, G. (1999). A commodity chains framework for analyzing global industries. *Institute of Development Studies*, 8(12), 1-9.

Giusti, R., Manerba, D., Bruno, G., & Tadei, R. (2019). Synchromodal logistics: An overview of critical success factors, enabling technologies, and open research issues. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 129, 92-110.

Giusti, R., Manerba, D., Perboli, G., Tadei, R., & Yuan, S. (2018). A new open-source system for strategic freight logistics planning: the SYNCHRO-NET optimization tools. *Transportation research procedia*, 30, 245-254.

Gold, S., Seuring, S., & Beske, P. (2010). Sustainable supply chain management and inter-organizational resources: a literature review. *Corporate social responsibility and environmental management*, 17(4), 230-245.



Govindan, K., Azevedo, S. G., Carvalho, H., & Cruz-Machado, V. (2014). Impact of supply chain management practices on sustainability. *Journal of Cleaner production*, 85, 212-225.

Grabara, J., Dima, I. C., & OKWIET, B. (2012). Logistical Centres and Their Roles in Companies' Activities on the Example of SME's Enterprise X. *Romanian Statistical Review*.

Gregor-Svetec, D. (2018). Intelligent packaging. In *Nanomaterials for food packaging* (pp. 203-247). Elsevier.

Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L. F. (2007). Research on warehouse operation: A comprehensive review. *European journal of operational research*, 177(1), 1-21.

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

Harland, C. M., Lamming, R. C., & Cousins, P. D. (1999). Developing the concept of supply strategy. *International journal of operations & production management*, 19(7), 650-674.

Hazen, B. T., Boone, C. A., Ezell, J. D., & Jones-Farmer, L. A. (2014). Data quality for data science, predictive analytics, and big data in supply chain management: An introduction to the problem and suggestions for research and applications. *International Journal of Production Economics*, 154, 72-80.

He, Z., Aggarwal, V., & Nof, S. Y. (2018). Differentiated service policy in smart warehouse automation. *International Journal of Production Research*, 56(22), 6956-6970.

Huang, G. Q., Qu, T., Zhang, Y., & Yang, H. D. (2012). RFID-enabled product-service system for automotive part and accessory manufacturing alliances. *International journal of production research*, 50(14), 3821-3840.

Huang, W. D., Deb, S., Seo, Y. S., Rao, S., Chiao, M., & Chiao, J. C. (2011). A passive radio-frequency pH-sensing tag for wireless food-quality monitoring. *IEEE Sensors Journal*, 12(3), 487-495.

Ioannou, G. (2007). An integrated model and a decomposition-based approach for concurrent layout and material handling system design. *Computers & Industrial Engineering*, 52(4), 459-485.

Jabbour, C. J. C., Fiorini, P. D. C., Ndubisi, N. O., Queiroz, M. M., & Piato, É. L. (2020). Digitally-enabled sustainable supply chains in the 21st century: A review and a research agenda. *Science of the total environment*, 725, 138177.

Jain, V., & Benyoucef, L. (2008). Managing long supply chain networks: some emerging issues and challenges. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 19(4), 469-496.

Johnson, M. E. (2006). Supply chain management: Technology, globalization, and policy at a crossroads. *Interfaces*, 36(3), 191-193.

Jung, H. (2017). Evaluation of third party logistics providers considering social sustainability. *Sustainability*, 9(5), 777.

Kawaguchi, N. (2019). Application of blockchain to supply chain: Flexible blockchain technology. *Procedia Computer Science*, 164, 143-148.

Kembro, J., Näslund, D., & Olhager, J. (2017). Information sharing across multiple supply chain tiers: A Delphi study on antecedents. *International Journal of Production Economics*, 193, 77-86.

Khurana, K., & Ricchetti, M. (2016). Two decades of sustainable supply chain management in the fashion business, an appraisal. *Journal of Fashion Marketing and Management*, 20(1), 89-104.

Krumhar, K. C., & Karel, M. (1992). U.S. Patent No. 5,096,813. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Kubasáková, I., Kampf, R., & Stopka, O. (2014). Logistics information and communication technology. *Communications-Scientific letters of the University of Zilina*, 16(2), 9-13.

Kumar, S., & Schmitz, S. (2011). Managing recalls in a consumer product supply chain—root cause analysis and measures to mitigate risks. *International Journal of Production Research*, 49(1), 235-253.

Landt, J. (2005). The history of RFID. *IEEE potentials*, 24(4), 8-11.

Li, T., & Zhang, H. (2015). Information sharing in a supply chain with a make-to-stock manufacturer. *Omega*, 50, 115-125.

Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E. D. F. R., & Ramos, L. F. P. (2017). Past, present and future of Industry 4.0—a systematic literature review and research agenda proposal. *International journal of production research*, 55(12), 3609-3629.

Lindley, B. (2007). Trade-off between cost of traceability within a small and large commercial meat plant and economic benefits of reducing the number of recalls and size of recalls. Iowa State University.

Lindqvist, U., Federley, M., Hakola, L., Laukkanen, M., Mensonen, A., & Viljakainen, A. (2001). Hybrid media on packages. *Advances in Printing and Media Technology*. Nils Enlund and Mladen Lovrecek (Eds.), 37, 377-382.

Liukkonen, M. (2015). RFID technology in manufacturing and supply chain. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 28(8), 861-880.

Lowe, J. (1993). Manufacturing reform and the changing role of the production supervisor: the case of the automobile industry. *Journal of Management Studies*, 30(5), 739-758.

Lummus, R. R., & Vokurka, R. J. (1999). Defining supply chain management: a historical perspective and practical guidelines. *Industrial management & data systems*, 99(1), 11-17.

Lyles, M. A., Flynn, B. B., & Frohlich, M. T. (2008). All supply chains don't flow through: Understanding supply chain issues in product recalls. *Management and Organization Review*, 4(2), 167-182.

Maddikunta, P. K. R., Hakak, S., Alazab, M., Bhattacharya, S., Gadekallu, T. R., Khan, W. Z., & Pham, Q. V. (2021). Unmanned aerial vehicles in smart agriculture: Applications, requirements, and challenges. *IEEE Sensors Journal*, 21(16), 17608-17619.

Matos, S., & Hall, J. (2007). Integrating sustainable development in the supply chain: The case of life cycle assessment in oil and gas and agricultural biotechnology. *Journal of operations management*, 25(6), 1083-1102.

Miazi, M. N. S., Erasmus, Z., Razzaque, M. A., Zennaro, M., & Bagula, A. (2016, May). Enabling the Internet of Things in developing countries: Opportunities and challenges. In *2016 5th International Conference on Informatics, Electronics and Vision (ICIEV)* (pp. 564-569). IEEE.

Michaelides, Z., & Forster, R. (2013). The use of RFID technologies for e-enabling logistics supply chains. *E-Logistics and E-Supply Chain Management: Applications for Evolving Business*, 198-217.

Moe, T. (1998). Perspectives on traceability in food manufacture. *Trends in Food science & technology*, 9(5), 211-214.

Morgan, T.R., Richey, R.G. and Autry, C.W. (2015). The evolution of supply chain transparency: a scale development. *Decision Sciences Institute 2015 Annual Conference*, Seattle, WA, November 21-24.

Osadchiy, N., Gaur, V., & Seshadri, S. (2016). Systematic risk in supply chain networks. *Management Science*, 62(6), 1755-1777.

Pagell, M., & Wu, Z. (2009). Building a more complete theory of sustainable supply chain management using case studies of 10 exemplars. *Journal of supply chain management*, 45(2), 37-56.

Pagell, M., & Wu, Z. (2009). Building a more complete theory of sustainable supply chain management using case studies of 10 exemplars. *Journal of supply chain management*, 45(2), 37-56.

Pan, S., Ballot, E., Huang, G. Q., & Montreuil, B. (2017). Physical Internet and interconnected logistics services: research and applications. *International Journal of Production Research*, 55(9), 2603-2609.

Pan, S., Trentesaux, D., Mcfarlane, D., Montreuil, B., Ballot, E., & Huang, G. Q. (2021). Digital interoperability and transformation in logistics and supply chain management. *Computers in Industry*, 129, 103462.

Piramuthu, S., Farahani, P., & Grunow, M. (2013). RFID-generated traceability for contaminated product recall in perishable food supply networks. *European Journal of Operational Research*, 225(2), 253-262.

Pouliot, S., & Sumner, D. A. (2008). Traceability, liability, and incentives for food safety and quality. *American Journal of Agricultural Economics*, 90(1), 15-27.

Pouliot, S., & Sumner, D. A. (2013). Traceability, recalls, industry reputation and product safety. *European Review of Agricultural Economics*, 40(1), 121-142.

Qu, W., Rezaei, J., Maknoon, Y., & Tavasszy, L. (2019). Hinterland freight transportation replanning model under the framework of synchromodality. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 131, 308-328.

Rábade, L. A., & Alfaro, J. A. (2006). Buyer-supplier relationship's influence on traceability implementation in the vegetable industry. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 12(1), 39-50.

Restuccia, D., Spizzirri, U. G., Parisi, O. I., Cirillo, G., Curcio, M., Iemma, F., ... & Picci, N. (2010). New EU regulation aspects and global market of active and intelligent packaging for food industry applications. *Food control*, 21(11), 1425-1435.

Rimienè, K., & Grundey, D. (2007). Logistics centre concept through evolution and definition. *Engineering economics*, 54(4).

Roberti, M. (2010). Wal-Mart relaunches EPC RFID effort, starting with men's jeans and basics. *RFID journal*, 23.

Rong, A., & Grunow, M. (2010). A methodology for controlling dispersion in food production and distribution. *Or Spectrum*, 32, 957-978.

Roussos, G. (2008). *Networked RFID: systems, software and services*. Springer Science & Business Media.

Saak, A. E. (2016). Traceability and reputation in supply chains. *International Journal of Production Economics*, 177, 149-162.

Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., & Shen, L. (2019). Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International journal of production research*, 57(7), 2117-2135.

Samson, D., & Gloet, M. (2018). Integrating performance and risk aspects of supply chain design processes. *Production Planning & Control*, 29(15), 1238-1257.

Schleper, M. C., & Busse, C. (2013). Toward a standardized supplier code of ethics: Development of a design concept based on diffusion of innovation theory. *Logistics Research*, 6, 187-216.

Shiau, J. Y., & Lee, M. C. (2010). A warehouse management system with sequential picking for multi-container deliveries. *Computers & Industrial Engineering*, 58(3), 382-392.

Souza, G. C. (2014). Supply chain analytics. *Business Horizons*, 57(5), 595-605.

Spekman, R. E., Kamauff, J. W., & Myhr, N. (1998). An empirical investigation into supply chain management: a perspective on partnerships. *Supply chain management: an international journal*, 3(2), 53-67.

Srivastava, S. K. (2007). Green supply-chain management: a state-of-the-art literature review. *International journal of management reviews*, 9(1), 53-80.

Taliaferro A., Guenette C., Agarwal A., Pochon M. (2016), Industry 4.0 and distribution centers: Transforming distribution operations through innovation, Available at: <https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/industry-4-0/warehousing-distributed-center-operations.html> (Accessed 10 February 2018).

Tan, K. C. (2001). A framework of supply chain management literature. *European journal of purchasing & supply management*, 7(1), 39-48.

Thakur, M., Wang, L., & Hurburgh, C. R. (2010). A multi-objective optimization approach to balancing cost and traceability in bulk grain handling. *Journal of Food Engineering*, 101(2), 193-200.

The Editors of Encyclopædia Britannica, Packaging, <https://www.britannica.com/technology/packaging>, 2016.

Timm, C., Weichert, F., Fiedler, D., Prasse, C., Muller, H., ten Hompel, M., & Marwedel, P. (2011, June). Decentralized control of a material flow system enabled by an embedded computer vision system. In 2011 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC) (pp. 1-5). IEEE.

Trkman, P., McCormack, K., De Oliveira, M. P. V., & Ladeira, M. B. (2010). The impact of business analytics on supply chain performance. *Decision support systems*, 49(3), 318-327.

Tse, Y. K., & Tan, K. H. (2011). Managing product quality risk in a multi-tier global supply chain. *International Journal of Production Research*, 49(1), 139-158.

UN Global Compact & BSR. (2014), A Guide to Traceability: A Practical Approach to Advance Sustainability in Global Supply Chains, United Nations Global Compact Office, New York, available at: [http://www.bsr.org/reports/BSR\\_UNGC\\_Guide\\_to\\_Traceability.pdf](http://www.bsr.org/reports/BSR_UNGC_Guide_to_Traceability.pdf)

Ustundag, A. (2010). Evaluating RFID investment on a supply chain using tagging cost sharing factor. *International Journal of Production Research*, 48(9), 2549-2562.

Velandia, D. M. S., Kaur, N., Whittow, W. G., Conway, P. P., & West, A. A. (2016). Towards industrial internet of things: Crankshaft monitoring, traceability and tracking using RFID. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 41, 66-77.

Vural, C. A., & Tuna, O. (2016). The prioritisation of service dimensions in logistics centres: a fuzzy quality function deployment methodology. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 19(3), 159-180.

Wagener, N. (2017). Intermodal logistics centres and freight corridors-concepts and trends. *LogForum*, 13(3).

Wang, X., Li, D., & O'brien, C. (2009). Optimisation of traceability and operations planning: an integrated model for perishable food production. *International Journal of Production Research*, 47(11), 2865-2886.

Wei, H., & Dong, M. (2019). Import-export freight organization and optimization in the dry-port-based cross-border

logistics network under the Belt and Road Initiative. *Computers & Industrial Engineering*, 130, 472-484.

Weichert, F., Fiedler, D., Hegenberg, J., Müller, H., Prasse, C., Roidl, M., & ten Hompel, M. (2010). Marker-based tracking in support of RFID controlled material flow systems. *Logistics Research*, 2, 13-21.

Wilhelm, M., Blome, C., Wieck, E., & Xiao, C. Y. (2016). Implementing sustainability in multi-tier supply chains: Strategies and contingencies in managing sub-suppliers. *International Journal of Production Economics*, 182, 196-212.

Wilhelm, M., Blome, C., Wieck, E., & Xiao, C. Y. (2016). Implementing sustainability in multi-tier supply chains: Strategies and contingencies in managing sub-suppliers. *International Journal of Production Economics*, 182, 196-212.

Yam, K. L. (2012). Intelligent packaging to enhance food safety and quality. In *Emerging food packaging technologies* (pp. 137-152). Woodhead Publishing.

Yang XinTing, Y. X., Qian JianPing, Q. J., Sun ChuanHeng, S. C., & Ji ZengTao, J. Z. (2014). Key technologies for establishment agricultural products and food quality safety traceability systems.

Yang, Y., Pan, S., & Ballot, E. (2017). Mitigating supply chain disruptions through interconnected logistics services in the Physical Internet. *International Journal of Production Research*, 55(14), 3970-3983.

Yavas, V., & Ozkan-Ozen, Y. D. (2020). Logistics centers in the new industrial era: A proposed framework for logistics center 4.0. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 135, 101864.

Zhang, J., Liu, P., Li, B., & Song, C. (2018). Research and implementation on the traceability equipment of the whole agricultural industrial chain. In *Cloud Computing and Security: 4th International Conference, ICCCS 2018, Haikou, China, June 8-10, 2018, Revised Selected Papers, Part V 4* (pp. 594-605). Springer International Publishing.

Zhou, W., & Piramuthu, S. (2015). Information relevance model of customized privacy for IoT. *Journal of business ethics*, 131, 19-30.

Smolander, M. (2008). Freshness indicators for food packaging. *Smart packaging technologies for fast moving consumer goods*, 2008, 111-127.

Mishra, A., & Mishra, D. (2010). Application of RFID in aviation industry: An exploratory review. *Promet-Traffic&Transportation*, 22(5), 363-372.

Gao, J. Z., Prakash, L., & Jagatesan, R. (2007, July). Understanding 2d-barcode technology and applications in m-commerce-design and implementation of a 2d barcode processing solution. In *31st Annual International Computer Software and Applications Conference (COMPSAC 2007)* (Vol. 2, pp. 49-56). IEEE.

Wang, Z., Fu, Z., Chen, W., & Hu, J. (2010, October). A RFID-based traceability system for cattle breeding in China. In *2010 international conference on computer application and system modeling (ICCSM 2010)* (Vol. 2, pp. V2-567). IEEE.

Li, M., Gu, S., Chen, G., & Zhu, Z. (2011, October). A RFID-based intelligent warehouse management system design and implementation. In *2011 IEEE 8th International Conference on e-Business Engineering* (pp. 178-184). IEEE.

Querini, M., & Italiano, G. F. (2013, September). Color classifiers for 2D color barcodes. In *2013 Federated Conference on Computer Science and Information Systems* (pp. 611-618). IEEE.

Diwan, M. A. (2016, March). Internet of Things in Logistics: Towards Autonomous Logistics & Smart Logistics Entities. In *International Maritime Transport and Logistic Conference*. <https://marlog.aast.edu/archive/2016/pdf/Papers/s06p02.pdf>.

Borstell, H. (2018, June). A short survey of image processing in logistics. In *11th International Doctoral Student Workshop on Logistics* (pp. 43-46). Magdeburg: Universität Magdeburg.

Savino, M. M., Menanno, M., Chen, X., & Ragno, P. (2018, December). Exploring the use of RFID in SCOR-based Supply Chain within ERP environment: A case study for stamps distribution. In *2018 12th International Conference on Software, Knowledge, Information Management & Applications (SKIMA)* (pp. 1-7). IEEE.

Affia, I., Yani, L. P. E., & Aamer, A. M. (2019, December). Factors affecting IoT adoption in food supply chain management. In *9th international conference on operations and supply chain management* (pp. 19-24).

Barreto, L., Amaral, A., & Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *Procedia manufacturing*, 13, 1245-1252.



Domingo Galindo, L. (2016). The challenges of logistics 4.0 for the supply chain management and the information technology (Master's thesis, NTNU).

Frederico, G. F. (2021). From supply chain 4.0 to supply chain 5.0: Findings from a systematic literature review and research directions. *Logistics*, 5(3), 49.

Horenberg, D. (2017). Applications within Logistics 4.0: A research conducted on the visions of 3PL service providers (Bachelor's thesis, University of Twente).

Schlott, S. (2017). Vehicle systems for logistics 4.0. *ATZ worldwide*, 119(2), 8-13.

Szymańska, O., Adamczak, M., & Cyplik, P. (2017). Logistics 4.0-a new paradigm or set of known solutions?. *Research in Logistics & Production*, 7.

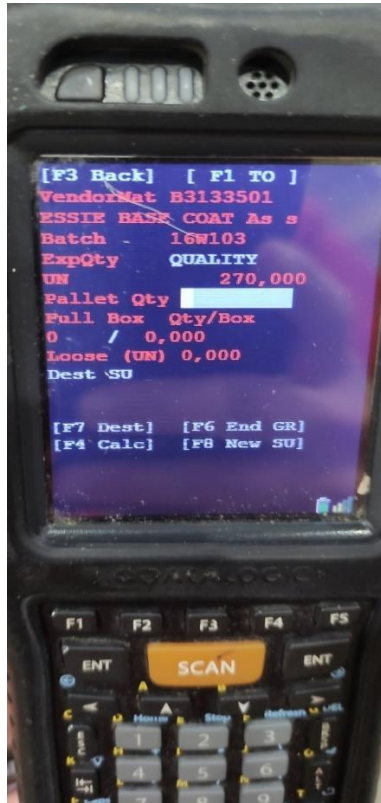
Xu, X., Lu, Y., Vogel-Heuser, B., & Wang, L. (2021). Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception. *Journal of manufacturing systems*, 61, 530-535.

#### 14. ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

<https://www.europlatforms.eu/>

<https://keep.eu/projects/18735/Smart-Logistics-and-Freight-EN/>

## 15. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Εικόνα 9. RF συσκευή



Εικόνα 10. Καταγραφή του SSCC της παλέτας



Εικόνα 11.. Καταγραφή Batch/lot κωδικού



Εικόνα 12.. Καταγραφή Barcode συσκευασίας

CON	DELIVERY	BARCODE	LOT	MARC	UN CODE	BIN TYPE	ean unit
2220304048VGR06045	2220304048	5201100593484	2DW20L		VGR06045		.52011005
2220304048VGR06046	2220304048	5201100593507	2DW20L		VGR06046		.52011005
2220308131ZGR02430	2220308131	10360052320561500	2dw21p		ZGR02430		
2220384971C5779819	2220384971	10360054203428900	2dw19l		C5779819		210
2220384973C6401300	2220384973	10360054233166100	2du60p		C6401300		210
2220385007C6548400	2220385007	10360054242334200	2dw20l		C6548400		210
2220308611VGR02741	2220308611	10520110020791600	2dw30l		VGR02741		
2220415744XGR01307	2220415744	10520110021215600	2du00p		XGR01307		210
2220304048VGR03358	2220304048	10520110024608300	2dw31l		VGR03358		
2220304048VGR03400	2220304048	10520110024840700	2dw31l		VGR03400		
2220308611VGR03411	2220308611	10520110024890200	2dw31l		VGR03411		
2220308695XGR01480	2220308695	10520110025490300	2dw20p		XGR01480		
2220417603UGR000089	2220417603	10520110030469100	2dw20l		UGR000089		220
2220308609VGR000198	2220308609	10520110031909100	2dw12l		VGR000198		
2220415625ZGR000125	2220415625	10520110032368500	2dud0l		ZGR000125		210
2220308611VGR000362	2220308611	10520110032693800	2dw21l		VGR000362		
2220304048VGR000407	2220304048	10520110033062100	2dw21l		VGR000407		
2220308609VGR000422	2220308609	10520110033155000	2dw31l		VGR000422		
2220385005XGR000289	2220385005	10520110033197000	2dw30p		XGR000289		210
2220415752XGR000285	2220415752	10520110033282300	2du30p		XGR000285		220
2220319190UGR000446	2220319190	10520110033590900	2dw10l		UGR000446		
2220385000XGR000373	2220385000	10520110033826900	2dw40l		XGR000373		210
2220385029XGR000375	2220385029	10520110033828300	2dw30l		XGR000375		210
2220388637XGR000376	2220388637	10520110033829000	2dw30l		XGR000376		210
2220388644XGR000378	2220388644	10520110033831300	2dw30l		XGR000378		210
2220416049ZGR04679	2220416049	10520110056728700	2dw40p		ZGR04679		220
2220416053ZGR04718	2220416053	10520110056993900	2dw40p		ZGR04718		220
2220416051ZGR04719	2220416051	10520110056994600	2dw40p		ZGR04719		220
2220308695XGR02578	2220308695	10520110057093500	2dw30p		XGR02578		
2220416053ZGR04802	2220416053	10520110057366000	2dw40p		ZGR04802		220
2220308695XGR02623	2220308695	10520110058073600	2dw10p		XGR02623		
2220308698XGR02623	2220308698	10520110058073600	2DW10P		XGR02623		
2220308698XGR02626	2220308698	10520110058079800	2dw30p		XGR02626		
2220308698XGR02627	2220308698	10520110058081100	2dw30p		XGR02627		
2220308698XGR02634	2220308698	10520110058095800	2dw30p		XGR02634		
2220301296VGR05854	2220301296	10520110058459800	2dw20l		VGR05854		
2220306389VGR05854	2220306389	10520110058459800	2dw20l		VGR05854		
2220301296VGR05855	2220301296	10520110058461100	2dw21l		VGR05855		
2220301296VGR05862	2220301296	10520110058475800	2dw10l		VGR05862		
2220308609VGR06010	2220308609	10520110059143500	2dw20l		VGR06010		
2220416049ZGR04940	2220416049	10520110059231900	2dw40p		ZGR04940		220
2220311651AA212800	2220311651	1036005239823560000	10hgu61e		AA212800		
2220415755AA414300	2220415755	1036005240326850000	10hzw21e		AA414300		210
2220416093B2778402	2220416093	1036005313378580000	16UN00		B2778402		210
2220301291M8054922	2220301291	103337875600460000000	54ud02		M8054922		.33378755
2220301296M2981121	2220301296	103337875610667000000	54UD08		M2981121		
2220301322M3220722	2220301322	103337875610780000000	54w10r		M3220722		
2220301291M8074522	2220301291	103337875643047000000	54w10r		M8074522		
2220414287MB234500	2220414287	103337875709880000000	54td1q		MB234500		210
2220304048M2938822	2220304048	103337875714358000000	44w200		M2938822		
2220306389MB232201	2220306389	103337875722650000000	54ud1o		MB232201		
2220306389MB232501	2220306389	103337875722773000000	54ud1o		MB232501		
2220414298MB301000	2220414298	103337875749428000000	54u303		MB301000		210 .33378757
2220301322MB364300	2220301322	103337875776974000000	54un1j		MB364300		
2220304048MB365200	2220304048	103337875781916000000	54u31c		MB365200		
2220301322MB494500	2220301322	103337875817158000000	54w103		MB494500		
2220306389MB494800	2220306389	103337875817448000000	54w203		MB494800		
2220416640E0887602	2220416640	103474630040113000000	44w100	91bm0134942c	E0887602		210
2220312705E0896402	2220312705	103474630043442000000	44un00		E0896402		
2220417641E0395403	2220417641	103474630417854000000	44w203		E0395403		220
2220415653E0395604	2220415653	103474630417922000000	44w301		E0395604		220
2220417641E0468004	2220417641	103474630440456000000	44w105		E0468004		220
2220417650E0504404	2220417650	103474630449305000000	44w200		E0504404		220
2220415687E0504404	2220415687	103474630449305000000	44w200		E0504404		220
2220312705E0674603	2220312705	103474636225897000000	44w10p		E0674603		
2220417641E1861220	2220417641	103474636416158000000	44w31m		E1861220		220
2220313759E0619122	2220313759	103474636698738000000	44un01		E0619122		
2220313759E0619622	2220313759	103474636698936000000	44un01		E0619622		
2220319190E0391522	2220319190	103474636715879000000	44un00		E0391522		
2220415653E0593522	2220415653	103474636718030000000	44w202		E0593522		210
2220319190E0601922	2220319190	103474636719075000000	44w201		E0601922		
2220313759E0760022	2220313759	103474636721238000000	44w202		E0760022		
2220312646E2902701	2220312646	103474636730230000000	14w100		E2902701		
2220417641E2793200	2220417641	103474636769124000000	44w200	9122013188	E2793200		220
2220314185E1922620	2220314185	103474636769230000000	44w103	9112285681	E1922620		
2220416890E3063900	2220416890	103474636814534000000	44ud009	c194171172	E3063900		220
2220416890E3073100	2220416890	103474636814633000000	44w204	9192157139	E3073100		220
2220312705E3268000	2220312705	103474636916689000000	44un01		E3268000		
2220314185E3520500	2220314185	103474636983452000000	44w200	9112302174	E3520500		
2220415799E3589800	2220415799	103474636988853000000	44ud02		E3589800		220
2220415799E3591500	2220415799	103474636989126000000	44w204		E3591500		220
2220314185E3551200	2220314185	103474637005627000000	44w201	9122021359	E3551200		
2220417641E3549201	2220417641	103474637025441000000	44VW201		E3549201		220
2220415573E3555000	2220415573	103474637025625000000	44w101	9163272614	E3555000		220
2220415781E3566200	2220415781	103474637052836000000	44U902		E3566200		210
2220415627A4505803	2220415627	103600521674741000000	28w201		A4505803		220
2220308131A5899177	2220308131	103600522023029000000	10w101		A5899177		
2220415630A5899277	2220415630	103600522023074000000	10w101		A5899277		
2220390801A1341331	2220390801	103600522068136000000	24w203		A1341331		210
2220415630A6268177	2220415630	103600522150527000000	10u800		A6268177		210
2220415744A7650401	2220415744	103600522507338000000	14u600		A7650401		210
2220390801A1335931	2220390801	103600522708988000000	24w201		A1335931		220
2220416350A9265900	2220416350	103600523463862000000	26w202		A9265900		210
2220311651A9348202	2220311651	103600523503308000000	26w101		A9348202		
2220416350A9348202	2220416350	103600523503308000000	26w104		A9348202		210
2220416350A9551901	2220416350	103600523592036000000	26u901		A9551901		210
2220415597A9602602	2220415597	103600523615254000000	16ud01		A9602602		210
2220415597A9655501	2220415597	103600523636822000000	16w200		A9655501		210
2220311651A9754700	2220311651	103600523693597000000	26un04		A9754700		
2220311651A9891501	2220311651	103600523755455000000	26ud00		A9891501		

*Εικόνα 13. Αποτύπωση του Δείγματος στο φύλλο Excel*