



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Μελέτη της Εφοδιαστικής Αλυσίδας μιας φαρμακευτικής εταιρείας με επέκταση στην αποθήκη φαρμάκων



Ειδίκευση Διοίκηση Logistics

Επιβλέπων Καθηγητής: κ. Γρηγόριος Χονδροκούκης

Φοιτήτρια: Μαίρη Λέκκα

Περίληψη

Η αλυσίδα εφοδιασμού φαρμακευτικών προϊόντων περιλαμβάνει την κατασκευή, τη διανομή και την αποστολή προϊόντων στους τελικούς χρήστες. Πρόκειται για ένα περίπλοκο και αυστηρά ρυθμιζόμενο δίκτυο. Η αλυσίδα εφοδιασμού φαρμακευτικών προϊόντων έχει σχεδιαστεί ειδικά για να εγγυάται την προσβασιμότητα, την ακεραιότητα και την ασφάλεια των φαρμακευτικών προϊόντων. Τα βασικά στοιχεία της φαρμακευτικής αλυσίδας εφοδιασμού περιλαμβάνουν την έρευνα για την ανάπτυξη νέων φαρμακευτικών μέσων. Ωστόσο, η ανάπτυξη νέων φαρμάκων απαιτεί εκτεταμένες κλινικές δοκιμές και ρυθμιστικές εγκρίσεις, περιλαμβάνουν αυτή τη φάση. Τα αυστηρά πρότυπα ποιοτικού ελέγχου είναι επιτακτική ανάγκη να τηρούν οι κατασκευαστές φαρμακευτικών προϊόντων, προκειμένου να διασφαλίζεται η ασφάλεια και η αποτελεσματικότητα των φαρμάκων. Τα φαρμακευτικά προϊόντα μεταφέρονται από τις εγκαταστάσεις παραγωγής σε χονδρεμπόρους, διανομείς και, τελικά, φαρμακεία, νοσοκομεία και άλλους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης κατά τη διάρκεια της διαδικασίας διανομής. Η διασφάλιση της έγκαιρης πρόσβασης στα φάρμακα και η πρόληψη των αποθεμάτων εξαρτώνται από την αποτελεσματική διανομή. Οι διανομείς χρησιμεύουν ως μεσάζοντες στη σχέση μεταξύ παρόχων υγειονομικής περίθαλψης και λιανοπωλητών ή κατασκευαστών. Προμηθεύονται φάρμακα από κατασκευαστές σε μεγάλες ποσότητες και στη συνέχεια τα διανέμουν σε φαρμακεία και εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης ενώ το σημαντικότερο σημείο αφορά στη προμήθεια των ασθενών. Τα φαρμακευτικά σκευάσματα απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή κατά την αποθήκευση και μεταφορά ενώ σε πολλές περιπτώσεις απαιτείται ελεγχόμενη θερμοκρασία. Τα παραπάνω οδηγούν σε ένα πολύπλοκο δίκτυο διανομής και αποθήκευσης. Σε πολλές περιπτώσεις αυτό το μη ελεγχόμενο δίκτυο οδηγεί σε καθυστερήσεις με αποτέλεσμα τις ελλείψεις στην αγορά αλλά και την αλλοίωση ή λήξη των σκευασμάτων, με αποτέλεσμα την απώλεια αυτών. Το τοπίο στην εφοδιαστική αλυσίδα φαρμάκων αναμένεται να μεταβληθεί με τις τεχνολογικές εξελίξεις, συμπεριλαμβανομένης της ενσωμάτωσης των αρχών Pharma 4.0, χρησιμοποιούνται για την ενίσχυση της διαφάνειας, της ιχνηλασιμότητας και της συνολικής αποτελεσματικότητας της αλυσίδας εφοδιασμού φαρμακευτικών προϊόντων.

Λέξεις Κλειδιά: εφοδιαστική αλυσίδα, φαρμακοβιομηχανία, αποθήκευση φαρμάκων, pharma 4.0

Abstract

The pharmaceutical supply chain includes the manufacture, distribution and shipment of products to end users. It is a complex and highly regulated network. The pharmaceutical supply chain is specifically designed to guarantee the accessibility, integrity and safety of pharmaceutical products. The core elements of the pharmaceutical supply chain include research to develop new pharmaceutical agents. However, the development of new drugs requires extensive clinical trials and regulatory approvals. include this phase. Strict quality control standards are imperative for pharmaceutical manufacturers to adhere to in order to ensure the safety and efficacy of drugs. Pharmaceutical products are transported from manufacturing facilities to wholesalers, distributors, and ultimately to pharmacies, hospitals, and other healthcare providers during the distribution process. Ensuring timely access to medicines and preventing stockouts depend on efficient distribution. Distributors serve as intermediaries in the relationship between health care providers and retailers or manufacturers. They procure drugs from manufacturers in bulk and then distribute them to pharmacies and health care facilities, most importantly supplying patients. Pharmaceutical preparations require special care during storage and transport and in many cases a controlled temperature is required. The above leads to a complex distribution and storage network. In many cases this uncontrolled network leads to delays resulting in shortages in the market as well as spoilage or expiration of the formulations, resulting in their loss. The pharmaceutical supply chain landscape is expected to change as technological advances, including the incorporation of Pharma 4.0 principles, are used to enhance the transparency, traceability and overall efficiency of the pharmaceutical supply chain.

Keywords: supply chain, pharmaceutical industry, drug storage, pharma 4.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	2
Abstract	3
Εισαγωγή.....	5
Κεφάλαιο 1: Εφοδιαστική Αλυσίδα.....	8
1.1 Η Εφοδιαστική Αλυσίδα και η διαχείρισή της	8
1.2 Ορισμοί και Ορολογία της Εφοδιαστικής Αλυσίδας.....	13
1.3 Μέρη Εφοδιαστικής Αλυσίδας	18
1.4 Λειτουργία Εφοδιαστικής Αλυσίδας.....	20
Κεφάλαιο 2: Εφοδιαστική Αλυσίδα και Βιομηχανία Φαρμάκων	22
2.1: Η εφοδιαστική αλυσίδα στον τομέα των φαρμάκων.....	22
2.2 Λειτουργίες Εφοδιαστικής Αλυσίδας στον τομέα των φαρμάκων	26
2.3 Προκλήσεις στην εφοδιαστική αλυσίδα στον τομέα της διανομής και αποθήκευσης φαρμάκων.....	29
2.4 Η τεχνολογία Blockchain στη βιομηχανία φαρμάκων	33
Κεφάλαιο 3: Η αποθήκη φαρμάκων και η εφοδιαστική αλυσίδα	36
3.1 Αποθήκες Φαρμάκων και Ελλείψεις στην αγορά	36
3.2 Αποθήκη Φαρμάκων και Εφοδιαστική Αλυσίδα	39
3.3 Pharma 4.0	42
Συμπεράσματα	44
Βιβλιογραφία.....	50

Εισαγωγή

Στην παρούσα εργασία μελετάται η εφοδιαστική αλυσίδα στον τομέα των φαρμάκων και της αποθήκης φαρμάκων. Το ζήτημα της αποθήκευσης και διανομής φαρμακευτικών σκευασμάτων αποτελεί ένα ζήτημα που απασχολεί τη φαρμακοβιομηχανία εδώ και δεκαετίες ενώ η πρόσφατη πανδημία Covid – 19 ανέδειξε την επικαιρότητα και σπουδαιότητα του ζητήματος. Η παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση περιλαμβάνει τέσσερα κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο αναφέρεται στην εφοδιαστική αλυσίδα και τη διαχείριση της. Η διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού (SCM) είναι μια κρίσιμη πτυχή των επιχειρηματικών λειτουργιών που περιλαμβάνει τον σχεδιασμό, την εφαρμογή και τον έλεγχο ολόκληρης της διαδικασίας προμήθειας, κατασκευής, διανομής και παράδοσης προϊόντων στον τελικό πελάτη. Στοχεύει στην αποτελεσματική διαχείριση της ροής αγαθών, πληροφοριών καθώς και οικονομικών πόρων από την παραγωγή στην κατανάλωση. Τα βασικά στοιχεία του SCM περιλαμβάνουν τον προγραμματισμό, την προμήθεια, την κατασκευή, την εφοδιαστική και τη μεταφορά, τη διανομή, το λιανικό εμπόριο, την επιστροφή, τα συστήματα πληροφοριών και τη διαχείριση κινδύνου. Η αποτελεσματική διαχείριση μιας εφοδιαστικής αλυσίδας μπορεί να οδηγήσει σε εξοικονόμηση κόστους, βελτιωμένη ικανοποίηση πελατών και ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Καθώς η παγκοσμιοποίηση και το διαδίκτυο αυξάνουν την πολυπλοκότητα στη λειτουργία εταιρειών και επιχειρήσεων η σημασία της εφοδιαστικής αλυσίδας και η διαχείριση αυτής συνεχίζει να αποτελεί ζήτημα προς μελέτη, ενώ τεχνολογίες όπως η τεχνητή νοημοσύνη, η ανάλυση δεδομένων και το blockchain ενσωματώνονται στην εφοδιαστική αλυσίδα με σκοπό τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας και της διαφάνειας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται η εφοδιαστική αλυσίδα στη φαρμακευτική βιομηχανία. Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την ανάπτυξη ανταγωνιστικών πλεονεκτημάτων για τις επιχειρήσεις. Η διασφάλιση αποτελεσματικής μετάδοσης πληροφοριών εντός της αλυσίδας εφοδιασμού αποτελεί κρίσιμο μέλημα στη σφαίρα του SCM. Ως εκ τούτου, η εφαρμογή συγκεκριμένων συστημάτων πληροφοριών μπορεί να διαδραματίσει ουσιαστικό ρόλο στην ενοποίηση και διαχείριση δεδομένων και πληροφοριών σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού. Σε αντίθεση με πολλές άλλες αλυσίδες εφοδιασμού, η αλυσίδα εφοδιασμού της φαρμακευτικής βιομηχανίας έχει τη δυνατότητα να επηρεάσει τις κοινωνικές και πολιτικές προοπτικές. Ωστόσο, η διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού

φαρμακευτικών προϊόντων παρουσιάζει προκλήσεις λόγω της περίπλοκης φύσης της και της παρουσίας ρυθμιστικών πλαισίων που επιβάλλονται από τις κυβερνήσεις.

Οι παγκόσμιες αλυσίδες εφοδιασμού φαρμακευτικών προϊόντων αντιμετωπίζουν προκλήσεις όπως η αδυναμία εντοπισμού πιθανών διαταραχών, η διαχείριση των αποθεμάτων και η συμμόρφωση στους κανόνες και τα πρότυπα σχετικά με την ασφάλεια των φαρμακευτικών σκευασμάτων, όπως ορίζονται από τις αρμόδιες αρχές. Αυτές οι προκλήσεις περιλαμβάνουν την ανάγκη για ισχυρές αλυσίδες ψύξης και διανομής, οι οποίες μπορεί να οδηγήσουν σε αστοχίες αποστολής και οικονομικές απώλειες. Επιπλέον, απρόβλεπτες διακοπές, όπως καθυστερήσεις και σφάλματα ανθρώπινου χειρισμού, μπορεί να είναι επιζήμιες, τόσο οικονομικά όσο και σε επίπεδο δημόσιας υγείας. Η διαχείριση των φαρμακευτικών αποθεμάτων είναι ζωτικής σημασίας για τη φαρμακευτική βιομηχανία, καθώς τα φάρμακα στοιχίζουν στην παραγωγή και αποθήκευση, προκαλώντας πιθανή απώλεια της ισχύος και της καταναλωτικής αξίας τους. Η συμμόρφωση με τους διεθνείς κανονισμούς είναι επίσης απαραίτητη για τη βιωσιμότητα της φαρμακευτικής βιομηχανίας, καθώς οποιαδήποτε παρέκκλιση από τους προβλεπόμενους κανονισμούς έχει σημαντικές επιπτώσεις.

Για τον μετριασμό των κινδύνων, η φαρμακευτική εφοδιαστική μπορεί να υιοθετήσει στρατηγικές όπως η διαχείριση κρίσεων, η ισχυρή αλυσίδα ψύξης, η τεχνολογική καινοτομία και οι ανώτερες τεχνολογίες ψύξης. Αυτές οι τεχνολογίες μπορούν να βοηθήσουν στη βελτιστοποίηση των διαδρομών, στην αποφυγή ενοχλητικών συμβάντων και στη διασφάλιση της ασφαλούς παράδοσης των φαρμακευτικών προϊόντων. Το 2022, οι αλυσίδες εφοδιασμού φαρμάκων αναμένεται να είναι πιο ανταποκρινόμενες, διαφανείς και ευέλικτες, αξιοποιώντας τεχνολογίες όπως blockchains, μηχανική μάθηση, τεχνητή νοημοσύνη και επεξεργασία φυσικής γλώσσας. Υιοθετούνται επίσης μοντέλα παράδοσης κατ' απαίτηση και πλατφόρμες ηλεκτρονικού εμπορίου για τη διασφάλιση της έγκαιρης ακρίβειας αποστολής και εκπλήρωσης παραγγελιών. Ο αυτοματισμός στις διαδικασίες παραγωγής και συσκευασίας μπορεί να ενισχύσει την παραγωγικότητα και να μειώσει το λειτουργικό κόστος. Η ιχνηλασιμότητα δεδομένων από άκρο σε άκρο μπορεί να βελτιώσει την ευελιξία της εφοδιαστικής αλυσίδας, να βελτιώσει τις επιχειρηματικές προβλέψεις, να εξοικονομήσει κόστος και να καλύψει τις απαιτήσεις της αγοράς αποβλέποντας στη διατήρηση της ποιότητας των φαρμακευτικών προϊόντων.

Μεταξύ των πολλών τομέων που υφίστανται ψηφιακό μετασχηματισμό, τον οποίο επιταχύνει η τεχνολογία blockchain είναι ο φαρμακευτικός τομέας. Η έλλειψη διαφάνειας, η δυσκολία εντοπισμού προϊόντων, ο σκεπτικισμός και η αποστολή ληγμένων προϊόντων μαστίζουν τη φαρμακοβιομηχανία. Η τεχνολογία Blockchain έχει εφαρμοστεί ως λύση σε μια σειρά από αυτά τα ζητήματα. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται μια περιεκτική βιβλιογραφική ανασκόπηση που εξετάζει συγκεκριμένα την εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στον φαρμακευτικό τομέα. Ο εντοπισμός πλαστών φαρμάκων, η διανομή φαρμάκων, η παρακολούθηση, η ανίχνευση και η ασφάλεια αποτελούν βασικούς στόχους του φαρμακευτικού κλάδου.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η συμβολή της αποθήκης φαρμάκων τόσο για την αποθήκευση όσο και για τη διανομή του φαρμακευτικού υλικού. Οι ελλείψεις φαρμακευτικού εφοδιασμού αποτελούν σημαντική ανησυχία που επηρεάζει τα ατομικά αποτελέσματα υγείας και το ευρύτερο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης. Αυτές οι ελλείψεις επηρεάζουν τους ασθενείς, τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης και τα ιδρύματα, οδηγώντας σε αυξημένο κόστος υγειονομικής περίθαλψης και επιπλοκές. Οι παράγοντες που συμβάλλουν σε αυτές τις ελλείψεις περιλαμβάνουν ζητήματα παραγωγής, ρυθμιστικές προκλήσεις και πολύπλοκη παγκόσμια δυναμική της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων απαιτεί συντονισμένες προσπάθειες από όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη, καθώς οι ξαφνικές αυξήσεις της ζήτησης μπορούν να πιάσουν τα δίκτυα της εφοδιαστικής αλυσίδας και να επιδεινώσουν τις διακοπές. Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης παλεύουν με καθυστερήσεις και μη εκπλήρωση των παραγγελιών φαρμάκων, οδηγώντας σε εκτεταμένες ελλείψεις φαρμάκων. Η εφαρμογή μέτρων για την ανακούφιση της πίεσης και την αντιμετώπιση των ελλείψεων φαρμάκων ή προμηθειών μπορεί να βοηθήσει στην άμβλυνση αυτών των προβλημάτων. Τα προβλήματα στην αποθήκευση και διανομή φαρμακευτικώνσκευασμάτων που περιγράφονται είναι δυνατόν να βελτιωθούν σε μεγάλο βαθμό από την επανάσταση που εισάγει η εποχή pharma 4.0 στην φαρμακοβιομηχανία όπου η ψηφιοποίηση των διαδικασιών και η τεχνητή νοημοσύνη αναμένεται να μεταβάλλουν τα καθιερωμένα πρότυπα παραγωγής συμπαρασύροντας τον κλάδο της εφοδιαστικής αλυσίδας και της αποθήκευσης. Η εργασία ολοκληρώνεται με την παρουσίαση των συμπερασμάτων που προκύπτουν από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας.

Κεφάλαιο 1: Εφοδιαστική Αλυσίδα

1.1 Η Εφοδιαστική Αλυσίδα και η διαχείρισή της

Ο όρος εφοδιαστική αλυσίδα αναφέρεται στην κίνηση του προϊόντος από τον προμηθευτή μέχρι τον καταναλωτή και περιλαμβάνει ένα διασυνδεδεμένο σύστημα ατόμων, λειτουργιών, δεδομένων και πόρων, οπότε και δημιουργείται ένα δίκτυο. Οι οντότητες που περιλαμβάνουν την εφοδιαστική αλυσίδα αποτελείται από προμηθευτές, εργοστάσια, αποθήκες, κέντρα διανομής και λιανοπωλητές καθώς και οποιονδήποτε επαγγελματικό κλάδο που διευκολύνει την προμήθεια, την επεξεργασία, την κατασκευή και την αποστολή τόσο πρώτων υλών όσο και τελικών προϊόντων στον τελικό καταναλωτή. Μέσω της επανεπεξεργασίας, ένα μέρος των προϊόντων που χρησιμοποιήθηκαν προηγουμένως μπορεί να επανατοποθετηθεί στην αλυσίδα εφοδιασμού (Misra, et al., 2010).

Με στόχο τη δημιουργία ενός επιχειρηματικού μοντέλου υψηλής απόδοσης, η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας αποτελεί μια ολοκληρωμένη επιχειρηματική λειτουργία της οποίας το κύριο καθήκον είναι να διασφαλίζει τη διασύνδεση των κρίσιμων εταιρικών λειτουργιών και επιχειρηματικών διαδικασιών, τόσο εσωτερικά όσο και εξωτερικά, μεταξύ των οργανισμών, των εταιρειών και των επιχειρήσεων. Ο κλάδος της εφοδιαστικής αλυσίδας περιλαμβάνει όλες τις δραστηριότητες και τις ροές πληροφοριών που σχετίζονται με τη διαμόρφωση του τελικού προϊόντος ενώ εκκινεί από το στάδιο των πρώτων υλών και περιλαμβάνει επεξεργασία και διαμόρφωση μέχρι τον τελικό καταναλωτή (Misra et al., 2010).

Είναι ευρέως γνωστό ότι η έννοια της Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας (Supply Chain Management - SCM) εισήχθη στη βιβλιογραφία στις αρχές της δεκαετίας του 1980 από τους Oliver & Weber. Ωστόσο, αναφορές στη βιβλιογραφία σχετικά με την ένταξη και τον συντονισμό ανάμεσα στις διάφορες λειτουργικές οντότητες της εφοδιαστικής αλυσίδας προϋπήρχε του όρου SCM. Η έννοια της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας αναφέρεται σε πιο ευρεία έννοια καθώς περιλαμβάνει τον κλάδο των logistics, του marketing, της οργανωτικής θεωρίας, της διαχείρισης και της επιχειρησιακής έρευνας. Χάρη στις ακόλουθες εστιασμένες θεωρητικές συνεισφορές που αναφέρονται από τους Florea & Clipa (2005), όπως η συνεργασία και ο έλεγχος της παραγωγής, η αναζήτηση καναλιών, ο εντοπισμός αποθεμάτων και ο έλεγχος των δικτύων παραγωγής-διανομής, η "επίδραση" σε

συστήματα παραγωγής-διανομής και ο ιεραρχικός προγραμματισμός παραγωγής συνδέονται μεταξύ τους, προκειμένου οι εργασίες να πραγματοποιούνται στο βέλτιστο χρόνο και η ποιότητα του προϊόντος να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις των καταναλωτών (Bowersox et al., 2002).

Οι θεωρητικοί και οι επαγγελματίες έχουν δείξει αυξανόμενο ενδιαφέρον για τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας από τη δεκαετία του 1980 και στη συνέχεια, εφόσον στο σύνολο του επιχειρηματικού κόσμου έγινε κατανοητό ότι δεν είναι δυνατός ο αποτελεσματικός ανταγωνισμός χωρίς τις υπηρεσίες, οι οποίες εντάσσονται στο πλαίσιο της εφοδιαστικής αλυσίδας, ενώ αναγνωρίστηκαν τα πλεονεκτήματα των σχέσεων συνεργασίας εντός και εκτός των επιχειρήσεων.

Την τελευταία δεκαετία, πολλοί ορισμοί σχετικά με τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας έχουν δημοσιευτεί στη βιβλιογραφία και η δυνατότητα εφαρμογής του SCM έχει αποτελέσει αντικείμενο εκτεταμένης έρευνας σε πολλούς τομείς εφαρμογών. Παρά την ευρεία χρήση των ορισμών, σχετικά με τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, σε ακαδημαϊκά και επιχειρηματικά περιβάλλοντα, ο ορισμός εξακολουθεί να αποτελεί πηγή σημαντικής ασάφειας. Ο Habib (2010) αναφέρει αρκετούς συγγραφείς που έχουν διατυπώσει ορισμούς για την περιγραφή του όρου «*διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας*» και έχει συγκεντρώσει εκείνους που το ορίζουν λειτουργικά, περιλαμβάνοντας τη ροή των πρώτων υλών και των τελικών προϊόντων. Σε άλλες περιπτώσεις ερευνητές θεωρούν τη διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας ως φιλοσοφία διαχείρισης ενώ άλλοι ερευνητές τη θεωρούν ως ολοκληρωμένο σύστημα ή διαδικασία διαχείρισης (Cooper & Ellram, 1993). Αυτή η ασάφεια υποδηλώνει ότι απαιτείται μια πιο προσεκτική εξέταση των διαδικασιών που σχετίζονται με τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας προκειμένου να οριστεί με ακρίβεια η έννοια.

Η έννοια της εφοδιαστικής αλυσίδας αναγνωρίζεται ευρέως σε επιστημονικές εργασίες και ορίζεται συνήθως ως ο συντονισμός των οργανισμών που διευκολύνουν τη διανομή αγαθών ή υπηρεσιών στους καταναλωτές (Lambert, Stock, & Ellram, 1998). Εκτός από τους καταναλωτές, η εφοδιαστική αλυσίδα περιλαμβάνει κατασκευαστές, προμηθευτές, μεταφορείς, αποθήκες, χονδρεμπόρους και λιανοπωλητές. Κατά τη μετατροπή του προϊόντος από πρώτη ύλη σε τελικό προϊόν, κάθε προϊόν που διαπραγματεύεται στην αγορά καταναλωτικών αγαθών διέρχεται από

μια διαδοχή συναλλαγών στην αγορά από επιχείρηση σε επιχείρηση, στην οποία εμπλέκεται η εφοδιαστική αλυσίδα.

Για παράδειγμα, η απόκτηση ενός αναψυκτικού από έναν τελικό καταναλωτή δεν πραγματοποιείται απευθείας από την εταιρεία, αλλά μέσω ενός μεσάζοντα, όπως μια υπεραγορά ή ένα συννοικιακό κατάστημα. Στη συνέχεια, το προϊόν υφίσταται μια σειρά συναλλαγών εντός του κυκλώματος αγοράς από επιχείρηση σε επιχείρηση. Οι συναλλαγές αυτές περιλαμβάνουν τα ακόλουθα στάδια: προϊόν, χονδρέμπορος, λιανοπωλητής και τελικός καταναλωτής (Căescu & Dumitru, 2011). Σύμφωνα με τους Chopra και Meindl (2007), μια αλυσίδα εφοδιασμού περιλαμβάνει όλες τις οντότητες που εμπλέκονται στην εκπλήρωση του αιτήματος ενός πελάτη, είτε άμεσα είτε έμμεσα. Η αλυσίδα εφοδιασμού περιλαμβάνει κάθε οργανωτικό στοιχείο, όπως έναν κατασκευαστή, που εμπλέκεται στη διαδικασία λήψης και εκπλήρωσης ενός αιτήματος καταναλωτή. Αυτές οι λειτουργίες περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων την εξυπηρέτηση πελατών, το μάρκετινγκ, τις λειτουργίες, τη διανομή, την ανάπτυξη νέων προϊόντων και τη χρηματοδότηση.

Οι Chen και Paulraj (2004) ορίζουν μια τυπική αλυσίδα εφοδιασμού ως ένα δίκτυο συνδέσεων επεξεργασίας για υλικά, πληροφορίες και υπηρεσίες που ενσωματώνει τα χαρακτηριστικά της προσφοράς, του μετασχηματισμού και της ζήτησης. Η αλυσίδα εφοδιασμού περιλαμβάνει συμβατικά τρία διακριτά στάδια. Το πρώτο στάδιο, είναι το στάδιο της προμήθειας, το δεύτερο στάδιο αναφέρεται στην παραγωγή και το τρίτο αναφέρεται στη διανομή. Κάθε ένα από αυτά τα στάδια μπορεί να πραγματοποιείται με τη βοήθεια πολλών και διαφορετικών επιχειρήσεων, οι οποίες βρίσκονται σε διαφορετικές περιοχές απομακρυσμένες ή μια από την άλλη, ενώ μια εταιρεία έχει αναλάβει την τελική συγκέντρωση και συναρμολόγηση του προϊόντος. Η συγκέντρωση των επιμέρους τμημάτων καθώς και η διανομή του τελικού προϊόντος πραγματοποιείται με τις υπηρεσίες της εφοδιαστικής αλυσίδας (Thomas & Gryphon, 1996). Στην αυτοκινητοβιομηχανία, για παράδειγμα, οι εγκαταστάσεις συναρμολόγησης βρίσκονται σε ξένες χώρες, ενώ οι προμηθευτές και οι διανομείς εξαρτημάτων λειτουργούν σε παγκόσμια κλίμακα.

Σύμφωνα με τους Mentzer et al. (2001), μια αλυσίδα εφοδιασμού μπορεί να οριστεί ως *«μια συλλογή τουλάχιστον τριών οντοτήτων, που μπορεί να είναι οργανισμοί ή άτομα που εμπλέκονται άμεσα στη διακίνηση αγαθών, υπηρεσιών, κεφαλαίων και*

πληροφοριών από ένα σημείο προέλευσης σε έναν τελικό καταναλωτή». Οι ίδιοι ερευνητές οριοθετούν τρία επίπεδα πολυπλοκότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας: "τελική αλυσίδα εφοδιασμού", "άμεση αλυσίδα εφοδιασμού" και "εκτεταμένη αλυσίδα εφοδιασμού". Οι πελάτες, οι προμηθευτές και ένας κεντρικός οργανισμός αποτελούν την άμεση αλυσίδα εφοδιασμού. Επιπλέον, οι προμηθευτές του άμεσου προμηθευτή και οι πελάτες του άμεσου πελάτη περιλαμβάνονται στην εκτεταμένη αλυσίδα εφοδιασμού. Η τελική αλυσίδα εφοδιασμού περιλαμβάνει όλες τις οντότητες που εμπλέκονται στην πλήρη διακίνηση αγαθών, υπηρεσιών, κεφαλαίων και δεδομένων από τους τελικούς προμηθευτές στους τελικούς καταναλωτές. Επίσης, οι λειτουργικοί μεσάζοντες, συμπεριλαμβανομένων των εταιρειών που διεξάγουν έρευνα αγοράς και των προμηθευτών χρηματοοικονομικών και logistics υπηρεσιών, περιλαμβάνονται στην τελική αλυσίδα εφοδιασμού.

Ο βαθμός πολυπλοκότητας της αλυσίδας εφοδιασμού μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με τον αριθμό των συμμετεχόντων και την ποικιλομορφία των επιχειρηματικών διαδικασιών. Ωστόσο, μια κεντρική οργάνωση είναι πάντα παρούσα ενώ χαρακτηρίζεται και απαραίτητη. Κατά πόσο αυτός ο οργανισμός διαχειρίζεται ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού δεν έχει σημασία. Ελλείψει διαχείρισης, η εφοδιαστική αλυσίδα συνεχίζει να υπάρχει ως επιχειρηματικό φαινόμενο (Mentzer et al., 2001).

Μια αλυσίδα εφοδιασμού, σύμφωνα με τον Ayers (2001), αποτελείται από «διεργασίες του κύκλου ζωής που περιλαμβάνουν φυσικές, πληροφορίες, χρηματοοικονομικές και ροές γνώσης με στόχο την ικανοποίηση των αναγκών των τελικών χρηστών μέσω της παροχής προϊόντων και υπηρεσιών από πολυάριθμους διασυνδεδεμένους προμηθευτές». Σύμφωνα με τον παρεχόμενο ορισμό, η αλυσίδα εφοδιασμού περιλαμβάνει μια εκτεταμένη σειρά εργασιών που περιλαμβάνει την προμήθεια, την παραγωγή, τη διανομή και τη λιανική πώληση υλικών αγαθών και υπηρεσιών. Ο όρος «κύκλος ζωής» αναφέρεται τόσο στον κύκλο ζωής της αγοράς όσο και στον κύκλο ζωής χρήσης, και για ανθεκτικά προϊόντα και υπηρεσίες, αυτά είναι διακριτά. Ως αποτέλεσμα, η υποστήριξη προϊόντων μετά την πώληση αναδεικνύεται ως κρίσιμο στοιχείο της αλυσίδας εφοδιασμού (Ayers, 2001).

Γενικά, ένα μοντέλο ολοκληρωμένης αλυσίδας εφοδιασμού περιλαμβάνει τρεις διασυνδεδεμένες ροές:

- ροές υλικών,
- ροές πληροφοριών που περιλαμβάνουν συνδέσμους ιστότοπου και ηλεκτρονική ανταλλαγή δεδομένων για πληρωμές προμηθευτών καθώς και πληρωμές όσων μεταφέρουν τα προϊόντα σε λιανοπωλητές προκειμένου το τελικό προϊόν να τεθεί στη διάθεση του καταναλωτικού κοινού και
- ροές πληροφοριών που περιλαμβάνει την αγορά, τον μετασχηματισμό και τη διανομή.

Τα παραπάνω στάδια συνθέτουν τα τρία διαφορετικά στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας σύμφωνα με τον Waller, (2003). Η διανομή αποτελεί ένα σημαντικό στάδιο των αλυσίδων εφοδιασμού, ωστόσο σε πολλές περιπτώσεις και ανάλογα με τη φύση του προϊόντος, τα οικονομικά και πληροφοριακά στοιχεία είναι εξίσου ζωτικά με τη φυσική ροή. Επιπλέον, πρέπει να τονιστεί η σημασία των εισροών γνώσης στις διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας. Για παράδειγμα, η διαδικασία της εφοδιαστικής αλυσίδας για νέα προϊόντα απαιτεί σχολαστικό συντονισμό μεταξύ των φυσικών εισροών, των πρωτοτύπων, των εξαρτημάτων και του σχεδιασμού που περιλαμβάνεται στις πνευματικές εισροές.

Η εφοδιαστική αλυσίδα χαρακτηρίζεται από δυναμική καθώς ροή αγαθών και πληροφοριών, λειτουργούν σε συντονισμό προκειμένου να διασφαλίζεται το μέγιστο δυνατό αποτέλεσμα απόδοσης. Η αλυσίδα εφοδιασμού περιλαμβάνει διακριτές φάσεις, ξεκινώντας με τον προκαταρκτικό σχεδιασμό ενώ κόστος, ποιότητα και ταχύτητα συντονισμού και ελέγχου της ικανοποίησης των πελατών εστιάζουν όλα με πρωταρχικό στόχο τη διασφάλιση της βιωσιμότητας της αλυσίδας. Επιπλέον, στόχος της αλυσίδας εφοδιασμού είναι η οικονομική επιτυχία και των τριών εμπλεκόμενων εταιρειών, συμπεριλαμβανομένης της ίδιας. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί αποκλειστικά μέσω της εκπλήρωσης των απαιτήσεων των πελατών και της παροχής ανώτερων προϊόντων που προσφέρουν προστιθέμενη αξία και ανταγωνιστική τιμολόγηση (Marinakis, 2008).

Οι νέες τεχνολογίες έχουν παρουσιάσει τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας με τεράστιες ευκαιρίες και έχουν επιταχύνει την ανάπτυξή της. Πολυάριθμες διαδικασίες που προηγουμένως ήταν εντάσεως εργασίας και κόστιζαν αρκετά, πλέον η διαχείριση, ο συντονισμός και η εκτέλεσή τους μπορούν να πραγματοποιούνται μέσω συστημάτων πληροφορικής. Ωστόσο, είναι προφανές σε πολλές επιχειρήσεις ότι μια

αλυσίδα εφοδιασμού που διευκολύνει τη μετάδοση πληροφοριών και υλικών αποτελεσματικά μπορεί να είναι ένας σημαντικός παράγοντας διαφοροποίησης και ανταγωνιστικότητας προσδίδοντας πλεονέκτημα στον κλάδο που δραστηριοποιείται η επιχείρηση (Misra et al., 2010). Σκοπός είναι να διατηρηθεί ταυτόχρονα η δυναμική της και να αποφέρει κέρδη υιοθετώντας αυτήν την προσέγγιση.

Η ροή της εφοδιαστικής αλυσίδας δεν προχωρά αποκλειστικά με προσανατολισμό από τον αρχικό προμηθευτή έως τον τελικό πελάτη. Τα αγαθά μπορούν να επιστραφούν στην αλυσίδα εφοδιασμού για διάφορους λόγους, συμπεριλαμβανομένης της ανακατασκευής, της ανακύκλωσης, της απόρριψης ή της συντήρησης και της επισκευής. Σε τομείς όπως η ανακύκλωση, η προστασία του περιβάλλοντος και η ικανοποίηση των καταναλωτών, η αντίστροφη αλυσίδα μπορεί να βοηθήσει σημαντικά. Η αντίστροφη εφοδιαστική, όπως ορίζεται από τον Moise (2008), αφορά μια συλλογή προγραμμάτων ή δυνατοτήτων που διευκολύνουν την κίνηση των προϊόντων προς την αντίθετη κατεύθυνση κατά μήκος της αλυσίδας εφοδιασμού, δηλαδή από τον καταναλωτή στον παραγωγό. Οι σχετικές εργασίες μπορεί να περιλαμβάνουν τη διαχείριση επιστροφών προϊόντων, την ανακύκλωση, την ανακατασκευή, την απόρριψη απορριμμάτων, την επαναχρησιμοποίηση υλικών και την ανακαίνιση.

Ένα τελευταίο σημείο που πρέπει να τονιστεί είναι ότι μια αλυσίδα εφοδιασμού περιλαμβάνει πολλούς διασυνδεδεμένους προμηθευτές. Υπάρχουν πολλές διαφορετικές διαμορφώσεις για τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ορισμένες λειτουργίες είναι σύντομες και απλές, όπως ένα μικρό παντοπωλείο που αγοράζει λαχανικά απευθείας από τον αγρότη. Αντίθετα, άλλα είναι εκτεταμένα και περίπλοκα, όπως μια κονσερβοποιία ψαριών που προμηθεύεται τα προϊόντα της από ψαράδες και τα διανέμει μέσω ενός δικτύου λιανικής. Το υλικό και οι πληροφορίες κυκλοφορούν μεταξύ μιας ποικιλίας προμηθευτών, κατασκευαστών και διανομέων σε ένα δίκτυο εφοδιασμού που συντονίζεται ολοένα και περισσότερο από έναν αυξανόμενο αριθμό εταιρειών τόσο στο ανάντη όσο και στο κατόντη κλιμάκιο (Seifbarghy & Gilkalayeh, 2012).

1.2 Ορισμοί και Ορολογία της Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Όπως αναφέρεται στην ενότητα που προηγήθηκε, η εφοδιαστική αλυσίδα περιλαμβάνει κάθε δραστηριότητα και διαδικασία που συνδέεται με την κυκλοφορία των εμπορευμάτων και των πληροφοριών, ξεκινώντας από το στάδιο των πρώτων υλών και ολοκληρώνοντας με τον τελικό καταναλωτή του προϊόντος ή της υπηρεσίας. Η Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας είναι ένας κοινός όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τον συγχρονισμό λειτουργιών και διαδικασιών μεταξύ των διαφόρων στοιχείων της εφοδιαστικής αλυσίδας (Handfield & Nichols, 2003).

Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας (SCM) εμφανίστηκε ως μια έννοια που αφορά στην επίβλεψη στη διαδικασία της κυκλοφορίας αγαθών, υπηρεσιών και πληροφοριών μεταξύ ενός δικτύου προμηθευτών, καταναλωτών και επιχειρήσεων, όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα που προηγήθηκε. Μετά την έναρξή της στη δεκαετία του 1980 (Russel & Taylor, 2009), η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας γνώρισε ουσιαστικούς μετασχηματισμούς και επεκτάσεις. Η ιστορική εξέλιξη της λειτουργίας των logistics αναφέρεται συχνά από πολλούς συγγραφείς ως η ώθηση για την ανάπτυξη της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας ενώ αρκετοί υποστηρίζουν ότι οι έννοιες της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας και το logistics είναι όροι συνώνυμοι. "Logistics ή διαχείριση αλυσίδας εφοδιασμού", σύμφωνα με τον Waters (2008) είναι η λειτουργία που είναι υπεύθυνη για την αποθήκευση και τη μεταφορά των υλικών καθ' όλη τη διάρκεια της διαδρομής τους, από τους αρχικούς προμηθευτές έως τους τελικούς πελάτες. Παρά το γεγονός ότι η διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας περιλαμβάνει και δραστηριότητες διαχείρισης logistics, μπορεί να γίνει διάκριση μεταξύ της παραδοσιακής έννοιας της εφοδιαστικής και της έννοιας της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ο όρος «Logistics» αναφέρεται στη διευθυντική πειθαρχία που επιβλέπει την πλήρη ροή υλικών εντός των ορίων ενός οργανισμού, ενώ η έννοια της διαχείρισης υιοθετεί μια πιο ολοκληρωμένη προοπτική σχετικά με την κίνηση των υλικών σε όλους τους συνδεδεμένους οργανισμούς που αποτελούν την αλυσίδα εφοδιασμού. Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας περιλαμβάνει όχι μόνο τα συμβατικά logistics αλλά και το μάρκετινγκ, τη χρηματοδότηση, την εξυπηρέτηση πελατών και την ανάπτυξη νέων προϊόντων (Hugos, 2006).

Αντίθετα, οι Larsson και Halldorsson (2004) διακρίνουν τέσσερις εννοιολογικούς προσανατολισμούς στο SCM. Η SCM θεωρείται από την παραδοσιακή σχολή σκέψης ως στοιχείο της εφοδιαστικής, συγκρίσιμο με τη διοργανωτική ή εξωτερική εφοδιαστική. Η συνδικαλιστική προοπτική υποστηρίζει ότι τα logistics

αποτελούν αναπόσπαστο στοιχείο του SCM, περιορίζοντας έτσι τα logistics σε έναν μοναδικό τομέα ή μια συγκεκριμένη επιχειρηματική διαδικασία. Η προοπτική διασταύρωσης δείχνει ότι η έννοια της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι μια ολοκληρωμένη στρατηγική που επηρεάζει πολλούς, αν όχι όλους, τους επιχειρηματικούς τομείς. Έτσι, η εφοδιαστική αλυσίδα είναι υπεύθυνη για επιχειρησιακές αποφάσεις, η SCM σχετίζεται με στρατηγικές αποφάσεις και η διασταύρωση είναι επιφορτισμένη με αποφάσεις τακτικής. Από την άλλη πλευρά, οι Ballou, Gilbert και Mukherjee (2000) οριοθετούν τρεις διακριτές διαστάσεις της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας (SCM). Αυτές οι διαστάσεις είναι πρώτον, ο διαλειτουργικός συντονισμός, ο οποίος αφορά το συγχρονισμό δραστηριοτήτων και διαδικασιών στο πλαίσιο της εφοδιαστικής αλυσίδας ως επιχειρηματικής λειτουργίας. Δεύτερον, η διαλειτουργική διάσταση, η οποία αφορά τη διαχείριση δραστηριοτήτων και διαδικασιών στο πλαίσιο των logistics ως συνάρτηση της ίδιας της εταιρείας. Τρίτον, ο διοργανωτικός συντονισμός, ο οποίος σχετίζεται με τον συγχρονισμό της αλυσίδας διοίκησης εντός της εταιρείας.

Έτσι, η έννοια της Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας (SCM) έχει διερευνηθεί από πολλούς μελετητές και επαγγελματίες τις τελευταίες τρεις δεκαετίες. Ακολουθεί μια σύνθεση της εννοιολογικής ανάπτυξης της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας (SCM) από την έναρξή της μέχρι σήμερα, όπως περιγράφεται από διάφορους ορισμούς και έννοιες. Σχεδιασμός, εκτέλεση, επίβλεψη, επιχειρησιακές διαδικασίες, απαιτήσεις πελατών, επεξεργασία, κίνηση, αποθήκευση, προέλευση, προορισμός, σημείο κατανάλωσης, συσχέτιση, ολοκλήρωση, επιχειρήσεις logistics, συντονισμός, διαχειριστικές διαδικασίες, συνεργασία, οργάνωση, κίνητρο, αξία πελάτη, ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, προμηθευτές, κατασκευαστές, αποθήκες, καταστήματα, κόστος, επίπεδο υπηρεσιών, επιχειρηματική λειτουργία, απόδοση και μεταφορά περιλαμβάνονται μεταξύ των θεμελιωδών εννοιών.

Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας (SCM), τις τελευταίες δεκαετίες έχει περάσει σε μια «νέα» εποχή τις τελευταίες δεκαετίες, η οποία διακρίνεται από την ψηφιοποίηση, την εξυπηρέτηση, την έμφαση στη βιωσιμότητα και τη μετατόπιση των προσδοκιών και της συμπεριφοράς των καταναλωτών. Τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης, το Διαδίκτυο, οι ιστότοποι πώλησης αγαθών, η ανάλυση δεδομένων και τα κοινωνικά συνδεδεμένα δεδομένα επηρεάζουν τις μεθόδους λειτουργίας, τις διαδικασίες και τα συστήματα και τη σκέψη (Nikitenko, 2019). Η χρήση της κατασκευής και της

ψηφιοποίησης προσθέτων διευκολύνει τη μετατροπή των ροών υλικών σε ροές ψηφιακές. Ο βελτιωμένος προσανατολισμός προς τον πελάτη προκύπτει από την προσαρμογή και τη διάθεσης εξυπηρέτησης (Qi et al., 2020). Η αντιληπτή οικονομική, περιβαλλοντική και κοινωνική ευθύνη αυξάνεται με τη βιωσιμότητα. Η Generation Z παρουσιάζει νέες προσδοκίες των καταναλωτών ενώ οδηγεί σε νέα μοτίβα αγορών. Όλα αυτά δημιουργούν νέες προοπτικές και εμπόδια, τα οποία επιδεινώνονται από διακοπές στην εφοδιαστική αλυσίδα (SC) και ασταθή επιχειρηματικά περιβάλλοντα (Purvis et al., 2019).

Ο Forrester (1968) υπήρξε ο πρώτος που εξέτασε το δυναμικό και πολύπλοκο παγκόσμιο βιομηχανικό περιβάλλον όσον αφορά την εφοδιαστική αλυσίδα και τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας στις αρχές της δεκαετίας του 1980. Η εργασία του Houlihan (1985), η οποία προηγείται του σύγχρονου SCM, βελτιώνει τη ροή των προϊόντων από τους προμηθευτές στον τελικό καταναλωτή μέσω των αλυσίδων παραγωγής και διανομής, ενσωματώνοντας πολλαπλούς οργανωτικούς τομείς. Το SCM έχει οριστεί με την πάροδο του χρόνου ως ο συντονισμός των επιχειρηματικών λειτουργιών και στρατηγικών για τη βελτίωση της μακροπρόθεσμης απόδοσης και την παροχή οριζόντιας αξίας στους πελάτες, ενώ ιδιαίτερης σημασία λαμβάνει η επίβλεψη της ροής μιας διανομής κανάλι από τον προμηθευτή στον τελικό πελάτη (Cooper et al., 2003).

Από την ανάλυση των ορισμών, των θεμελιωδών εννοιών και των παραγόμενων, διακρίθηκαν τέσσερα κύρια χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τις δραστηριότητες διαχείρισης, τις δραστηριότητες της εφοδιαστικής αλυσίδας, τους στόχους και τα εμπλεκόμενα στοιχεία. Υπάρχουν πολλοί ορισμοί της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας, σύμφωνα με μια εξέταση της βιβλιογραφίας. Ωστόσο, ο ορισμός του Συμβουλίου Επαγγελματιών Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας (CSCMP) είναι γενικά αποδεκτός από ακαδημαϊκά εγχειρίδια και ερευνητές στους τομείς της εφοδιαστικής και της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας. Σύμφωνα με τον ορισμό αυτό, η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας περιλαμβάνει τον σχεδιασμό και τη διαχείριση όλων των δραστηριοτήτων που εμπλέκονται στην προμήθεια, διαχείριση και διανομή των υλικών.

Το Παγκόσμιο Φόρουμ Εφοδιαστικής Αλυσίδας (GSCF), ένας επιπλέον αξιόπιστος οργανισμός στον κλάδο, βεβαιώνει ότι το SCM είναι ένα νέο

επιχειρηματικό μοντέλο που είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη ενός οργανισμού και ότι όλα τα μέλη του οργανισμού πρέπει να συμμετέχουν στην εφαρμογή του. Σύμφωνα με τον ορισμό της GSCF, όπως αναφέρεται στους Lambert, Cooper, and Pagh (1998), η Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας είναι η ενοποίηση κρίσιμων επιχειρηματικών διαδικασιών που παρέχουν προϊόντα, υπηρεσίες και πληροφορίες προστιθέμενης αξίας σε πελάτες και ενδιαφερόμενους φορείς, εκκινώντας από τον τελικό χρήστη και τελειώνοντας με τους αρχικούς προμηθευτές. Ο ορισμός που παρέχεται από την APICS, το Association for Operations Management, χρησιμοποιεί τις ίδιες συντεταγμένες με το GSCF. Σύμφωνα με το APICS, το SCM περιλαμβάνει την ολοκληρωμένη διαχείριση των λειτουργιών της εφοδιαστικής αλυσίδας, συμπεριλαμβανομένου του σχεδιασμού, της εκτέλεσης, του ελέγχου και της παρακολούθησης. Οι πρωταρχικοί της στόχοι είναι η δημιουργία καθαρής αξίας, η δημιουργία ανταγωνιστικής υποδομής, η διασφάλιση του συγχρονισμού προσφοράς και ζήτησης και η αξιολόγηση της απόδοσης σε παγκόσμια κλίμακα.

Επιπλέον, όπως ορίζεται από το Chartered Institute of Purchasing & Supply, η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας (SCM) περιλαμβάνει σχεδόν όλες τις οργανωτικές δραστηριότητες με στόχο την ικανοποίηση του τελικού καταναλωτή, ενώ περιλαμβάνει πολλούς κρίσιμους παράγοντες επιτυχίας, όπως η καθιέρωση αποτελεσματικών συστημάτων ελέγχου, η ανάπτυξη εξειδικευμένων γνώσεων και μια καλά καθορισμένη στρατηγική προμηθειών. Ομοίως, η Logistics & Supply Chain Management Society ορίζει την SCM ως μια επιχειρηματική στρατηγική για την ενίσχυση του μεριδίου αγοράς. Αποτελείται από μια συλλογή επιχειρηματικών διαδικασιών με κοινό στόχο την ικανοποίηση του τελικού καταναλωτή. Επιπλέον, η ουσία της έννοιας SCM περικλείεται στο λεξικό CIO (business unit of International Data Group), που συντάχθηκε από τους Wailgum και Worthen (2008). Ο όρος ορίζεται ως η συνένωση επιστημονικών και καλλιτεχνικών προσπαθειών που προσπαθούν να βελτιώσουν τον τρόπο με τον οποίο ένας οργανισμός προμηθεύεται τις πρώτες ύλες που απαιτούνται για την κατασκευή μιας υπηρεσίας ή ενός προϊόντος και τις παραδίδει στους πελάτες του. Ως εκ τούτου, μπορεί να υποστηριχθεί ότι το SCM ενσωματώνει και αντικατοπτρίζει μια ολοκληρωμένη προσέγγιση στις οργανωτικές λειτουργίες για τους επαγγελματίες, ενώ για τους θεωρητικούς είναι μια σύνθεση πολλαπλών πεδίων που ενσωματώνουν γνώσεις από αγορές, τεχνολογία πληροφοριών, logistics, μεταφορά, διαχείριση λειτουργιών, διανομή και μάρκετινγκ. Στις περισσότερες

θεωρητικές προσεγγίσεις που έχουμε μελετήσει, η SCM φαίνεται να ορίζεται ως μια έννοια που περιλαμβάνει τον συντονισμό και την ολοκλήρωση όλων των δραστηριοτήτων που εμπλέκονται στην παράδοση ενός προϊόντος, συμπεριλαμβανομένων δραστηριοτήτων που αφορούν την προμήθεια πρώτων υλών και ανταλλακτικών, την κατασκευή, τις διαδικασίες παρακολούθησης και συναρμολόγησης, την αποθήκευση, την απογραφή, την παραλαβή παραγγελιών και διαχείριση παραγγελιών, τη διανομή σε όλα τα κανάλια, την παράδοση στον πελάτη και τα πληροφοριακά συστήματα που είναι απαραίτητα για την παρακολούθηση όλων αυτών. Οι επαγγελματίες συνήθως επικεντρώνονται σε ορισμένους από τους στόχους που περιγράφονται στους ορισμούς που αναφέρονται παραπάνω, όπως η ενσωμάτωση των δραστηριοτήτων εντός και εκτός οργανισμών με τέτοιο τρόπο ώστε να παρέχεται αξία στον πελάτη, να αυξάνεται η ικανοποίηση των πελατών, να καθορίζεται η βελτίωση των λειτουργιών, η αύξηση των κερδών, η μείωση του κόστους, η μείωση του χρόνου απόκρισης σε διάφορες δραστηριότητες που εμπλέκονται στην αλυσίδα εφοδιασμού, κατασκευής και παράδοσης, η αντιμετώπιση των ανταγωνιστικών πιέσεων, η καλύτερη εκμετάλλευση των ευκαιριών παγκοσμιοποίησης. Με βάση τα κύρια κριτήρια για τον ορισμό της Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας είναι δυνατόν να συναχθεί το συμπέρασμα ότι οι επαγγελματίες διατυπώνουν κυρίως ορισμούς λαμβάνοντας υπόψη τους στόχους και τις διαχειριστικές δεσμεύσεις.

1.3 Μέρη Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας έχει ενσωματώσει έννοιες και μεθοδολογίες από πολλούς τομείς, όπως η τεχνολογία πληροφοριών, η εφοδιαστική, το μάρκετινγκ και άλλα, όπως αναφέρθηκε και στις ενότητες που προηγήθηκαν. Είναι επιτακτική η αξιολόγηση των δεδομένων και η προσαρμογή τους στις επικρατούσες, σε κάθε περίπτωση συνθήκες, ενώ εξίσου σημαντική καθίσταται και η διαφοροποίηση των λειτουργιών ανάλογα με το προς διακίνηση αγαθό και τα χαρακτηριστικά του, με πρωταρχικούς στόχους την κερδοφορία και την ορθή εξυπηρέτηση των πελατών (Stadtler, 2005).

Ο επόμενος πυλώνας της διαχείρισης περιλαμβάνει στοιχεία που διευκολύνουν τον ενισχυμένο συντονισμό της ροής πληροφοριών και της χρηματοδότησης. Ειδικότερα, η συνεχής εμφάνιση νέων ευκαιριών που σχετίζονται με την τεχνολογία

πληροφοριών και επικοινωνιών (ΤΠΕ) εξορθολογίζει κάθε πτυχή της εφοδιαστικής αλυσίδας. Τα δεδομένα πωλήσεων, οι προβλέψεις, οι παραγγελίες και άλλες σχετικές πληροφορίες είναι εύκολα προσβάσιμες ανά πάσα στιγμή, επιτρέποντας διαδικασίες που όχι μόνο ελαχιστοποιούν τα έξοδα αλλά και επιταχύνουν τη μετάδοση πληροφοριών. Η επόμενη συνιστώσα του πυλώνα συντονισμού, ο προσανατολισμός στη διαδικασία, βοηθά στην αξιολόγηση των τρεχουσών διαδικασιών και, εάν απαιτείται, στον επανασχεδιασμό εκείνων που είναι απαραίτητες για την εξάλειψη δαπανηρών και περιττών δραστηριοτήτων. Ο προηγμένος προγραμματισμός και ο προγραμματισμός APS σε συνδυασμό με την τεχνολογία βοηθούν στην αντιμετώπιση των ελλείψεων (Stadtler, 2005).

Η καθημερινή λειτουργία των αλυσίδων εφοδιασμού ελέγχεται από τις επιμέρους διαδικασίες παραγγελιών που αποτελούν την εφοδιαστική αλυσίδα του οργανισμού. Πιο συγκεκριμένα, αυτά περιλαμβάνουν τη διαχείριση εισερχόμενων και εξερχόμενων αποστολών, αποθήκευση, εκπλήρωση παραγγελιών, στρατηγικό σχεδιασμό δικτύου logistics, έλεγχο αποθέματος, διαχείριση προσφοράς και ζήτησης και διαχείριση υπηρεσιών logistics. Αυτό φαίνεται να εμπλέκεται σε κάθε επίπεδο σχεδιασμού. Η διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας είναι μια ενοποιημένη λειτουργία που συνεργάζεται με άλλες λειτουργίες, συμπεριλαμβανομένων των οικονομικών, της τεχνολογίας, του μάρκετινγκ και των πωλήσεων για τον συντονισμό και τη βελτιστοποίηση όλων των δραστηριοτήτων (Stadtler, 2005).

Ως εκ τούτου, η εφοδιαστική αλυσίδα διαδραματίζει θεμελιώδη ρόλο στην οργάνωση και διαχείριση της διαδικασίας παραγωγής και διανομής προϊόντων. Η αποτελεσματική διαχείριση των πρώτων υλών, συμπεριλαμβανομένης της μεταφοράς τους στο εργοστάσιο εγκατάστασης και των επακόλουθων διατάξεων, εγγυάται την αδιάλειπτη και απρόσκοπτη ενσωμάτωσή τους στη διαδικασία παραγωγής (Stadtler, 2005). Η εξυπηρέτηση πελατών αποτελεί μια κρίσιμη πτυχή που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη. Πιο συγκεκριμένα, συμβάλλει στην ενίσχυση της εμπιστοσύνης των πελατών, η οποία με τη σειρά της βελτιώνει την αποτελεσματικότητα ενώ η ικανοποίηση των πελατών αποτελεί πόλο έλξης νέων πελατών, αυξάνοντας τα κέρδη των εμπλεκόμενων εταιρειών. Οι επιλεγμένες μέθοδοι παραγωγής πρέπει να προσαρμόζονται στις αλλαγές της αγοράς και να μεγιστοποιούν την παραγωγή με το χαμηλότερο δυνατό κόστος. Η υλοποίηση των διαδικασιών θα καθορίζεται από την ανάγκη να παρέχεται στους πελάτες ο ταχύτερος δυνατός χρόνος απόκρισης στις παραγγελίες τους (Stadtler, 2005).

Η επιλογή των συνεργατών της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι ένα κρίσιμο αρχικό βήμα, καθώς διασφαλίζει την αποτελεσματική συνεργασία για το αμοιβαίο οικονομικό όφελος όλων των εμπλεκόμενων μερών και για την τελική ικανοποίηση των πελατών. Περαιτέρω, μια διαρκής πρόκληση είναι η διοίκηση του δικτύου των οργανισμών και η συνεργασία που προκύπτει μέσα σε αυτούς. Πρόκειται για τη διοργανωτική συνεργασία και το δίκτυο των εταιρειών. Θα μπορούσε κανείς να θεωρήσει μια αλυσίδα εφοδιασμού ως ένα δίκτυο οργανισμών που ενώνονται με συγκεκριμένους στόχους. Η φύση των σχέσεων, ειδικά εκείνων μεταξύ εταίρων και αγοράς, είναι εξαιρετικά ισχυρή, καθιστώντας αναγκαία τη συνεργασία στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Η ικανή ηγεσία (leadership) αποτελεί σημαντική παράμετρο για την ομαλή λειτουργία τέτοιων δικτύων (Stadtler, 2005).

Η ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας των επιχειρήσεων της εφοδιαστικής αλυσίδας και κατ' επέκταση ολόκληρου του συστήματος αποτελεί τον βασικό στόχο του SCM. Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας αποσκοπεί στο να ενισχύσει το στρατηγικό πλεονέκτημα μιας εταιρείας σε σχέση με τους αντιπάλους της. Η ικανοποίηση των πελατών και η βελτίωση της ποιότητας των υπηρεσιών αποτελούν βασικά στοιχεία για την επίτευξη αυτού του στόχου. Ο συντονισμός ροής και η ενοποίηση των οργανωτικών τμημάτων είναι οι δύο βασικοί πυλώνες στους οποίους στηρίζεται η κορυφή της πυραμίδας.

1.4 Λειτουργία Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Στη λειτουργία εφοδιαστικής αλυσίδας περιλαμβάνονται οι προμήθειες, η παραγωγή, η αποθήκευση, η διανομή, οι μεταφορές, η εξυπηρέτηση πελατών και προϊόντων. Η παραγωγή περιλαμβάνει δραστηριότητες με τις οποίες κάποιοι πόροι, όπως η ανθρώπινη εργασία, οι απαιτούμενες ώρες εργασίας, οι πρώτες ύλες, η ενέργεια και η πληροφορία μετατρέπονται σε προϊόντα ή υπηρεσίες ή συμβάλλουν στην παραγωγή προϊόντων. Επιπλέον, η εφοδιαστική αλυσίδα πρέπει να εξασφαλίσει την απαιτούμενη ποσότητα και ποιότητα προϊόντων ή υπηρεσιών, σε συγκεκριμένες προθεσμίες και με το μικρότερο κόστος, υπό περιβαλλοντικούς περιορισμούς και απαγορεύσεις. Επίσης, οι εργαζόμενοι, τα μηχανικά μέρη, τα υλικά, οι εγκαταστάσεις, οι οικονομικοί πόροι, οι πελάτες και οι προμηθευτές πρέπει να επικοινωνούν αποτελεσματικά ακόμα και αν βρίσκονται απομακρυσμένοι. Επιπρόσθετα, η αυξημένη πολυπλοκότητα προβλημάτων

σχεδιασμού, προγραμματισμού και ελέγχου παραγωγής απαιτούν τη διαρκή εξέλιξη προκειμένου η αλυσίδα εφοδιασμού να είναι πάντα αποτελεσματική (Bowersox et al., 2012).

Η αποθήκευση αποτελεί μια από τις σημαντικότερες λειτουργίες. Η αποθήκευση περιλαμβάνει την υποδοχή, την εκφόρτωση, την εναπόθεση σε κατάλληλους χώρους, την επαναφόρτωση και αποστολή των προϊόντων και των υποπροϊόντων στον επόμενο προορισμό τους, το οποίο στις περισσότερες περιπτώσεις είναι κάποιο άλλο σημείο αποθήκευσης. Επίσης, η αποσυσκευασία, η ανασυσκευασία, η τοποθέτηση των προϊόντων σε παλέτες, ο έλεγχος παραγγελιών περιλαμβάνονται στη λειτουργία της αποθήκευσης. Η αποθήκευση των προϊόντων που διαχειρίζεται μια εφοδιαστική αλυσίδα προϋποθέτει την ύπαρξη κατάλληλης υποδομής και σταθμών διανομής. Οι σταθμοί και οι υποσταθμοί αυτοί καθώς και τα κέντρα διανομής ενδέχεται να είναι κεντρικά ή περιφερειακά. Για την υποστήριξη της σύγχρονης οργάνωσης και λειτουργίας των κέντρων διανομής σε καθημερινή βάση χρησιμοποιούνται σύνθετα αυτοματοποιημένα συστήματα διαχείρισης αποθηκών που επιτρέπουν την ελεγχόμενη αποθήκευση των υλικών, την παρακολούθηση των αποθεμάτων και την εκτέλεση εντολών αποστολής με την ανίχνευση της θέσης αποθήκευσης των υλικών και την ανάκτηση (picking), τη συσκευασία και αποστολή στον αποδέκτη, την αποτελεσματική επικοινωνία από απόσταση, τις εφαρμογές ηλεκτρονικού εμπορίου (Chopra et al., 2012).

Ακολουθεί η διανομή, στην οποία εντάσσονται το σύνολο των δραστηριοτήτων που εξασφαλίζουν την ικανοποίηση των παραγγελιών και τη διάθεση των προϊόντων στην αγορά με τη χρήση κατάλληλων λειτουργιών, μέσων και εγκαταστάσεων. Η διανομή αναφέρεται στη διακίνηση των προϊόντων μεταξύ των διάφορων λειτουργιών της εφοδιαστικής αλυσίδας, δηλαδή του συστήματος παραγωγής, τις αποθήκες, τα τελικά σημεία διάθεσης και την υλική διαχείριση και αποθήκευσή τους στις διάφορες θέσεις. Στο στάδιο της διανομής περιλαμβάνεται η μεταφορά, λειτουργία που αναφέρεται στη διακίνηση υλικών, πρώτων υλών, εξαρτημάτων, τελικών προϊόντων κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας. Το κόστος και η κερδοφορία συνδέονται με την έγκαιρη άφιξη εισροών παραγωγής, έγκαιρη παράδοση προϊόντων (Christopher, 2011).

Η εξυπηρέτηση πελατών περιλαμβάνει δραστηριότητες που αυξάνουν ή συντηρούν την αξία ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας. Για παράδειγμα, η τοποθέτηση προϊόντος στη θέση όπου θα την χρησιμοποιεί ο αγοραστής, η επισκευή, η εκπαίδευση των χρηστών σχετικά με τον τρόπο χρήσης του προϊόντος, η έγκαιρη διάθεση ανταλλακτικών, η ρύθμιση ή η αναβάθμιση του προϊόντος, η συντήρηση, οι οδηγίες για την αντιμετώπιση προβλημάτων κατά τη χρήση του προϊόντος, η σπονδυλωτή δομή κατασκευής του προϊόντος που επιτρέπει την εύκολη επισκευή ή αντικατάσταση ενός εξαρτήματος που έχει υποστεί βλάβη, περιλαμβάνονται στην εξυπηρέτηση πελατών. Όλα τα παραπάνω έχουν ως στόχο την ικανοποίηση του πελάτη ενώ για την πραγματοποίησή τους απαιτούνται ειδικοί πόροι, συνεργεία επισκευών, εκπαιδευτές, αποθήκες ανταλλακτικών κ.λπ. (Dolgui et al., 2010).

Κεφάλαιο 2: Εφοδιαστική Αλυσίδα και Βιομηχανία Φαρμάκων

2.1: Η εφοδιαστική αλυσίδα στον τομέα των φαρμάκων

Τις τελευταίες δεκαετίες, οι εταιρείες έχουν αναπτύξει αυξημένη εστίαση στην αποτελεσματική διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας λόγω του έντονου ανταγωνισμού που έχουν αντιμετωπίσει. Αυτό μπορεί να αποδοθεί σε παράγοντες όπως η μείωση της διάρκειας του κύκλου ζωής του προϊόντος, οι κυμαινόμενες προτιμήσεις των καταναλωτών και η αύξηση των εξόδων κατασκευής και αποστολής (Sarimveis et al., 2008). Ως αποτέλεσμα, πολλές επιχειρήσεις έχουν αναγνωρίσει την κεντρική σημασία της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας για την επίτευξη των οργανωτικών στόχων ενώ στους στόχους αυτούς περιλαμβάνεται η επιτάχυνση της κυκλοφορίας των προϊόντων και των καινοτομιών για μια συνεχώς μεταβαλλόμενη αγορά, ενισχύοντας την αξία των πελατών, βελτιστοποιώντας τη χρήση των πόρων, μειώνοντας τα διάφορα είδη δαπανών στα επιμέρους στάδια της παραγωγής, της αποθήκευσης και της μεταφοράς και αυξάνοντας την κερδοφορία τους (Lai et al., 2002). Η προς τα εμπρός ροή υλικών και η προς τα πίσω ροή πληροφοριών και κεφαλαίων μεταξύ πολλών λειτουργικών μονάδων, τόσο εντός όσο και μεταξύ των μελών της αλυσίδας, είναι κοινές περιγραφές της δυναμικής φύσης μιας αλυσίδας εφοδιασμού (Jain et al., 2006). Ως συνέπεια της εκθετικής προόδου της τεχνολογίας, η θεμελιώδης δομή της εφοδιαστικής αλυσίδας έχει μετατραπεί σε δίκτυο εφοδιαστικής αλυσίδας, που χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερο βαθμό αλληλεξάρτησης και συνεργασίας μεταξύ μεγαλύτερου αριθμού οντοτήτων. Εκτός από τις αλληλεπιδράσεις

μεταξύ των οργανισμών, τα δίκτυα εφοδιαστικής αλυσίδας μπορούν επίσης να απεικονίσουν την κίνηση υλικών και πληροφοριών μεταξύ των οργανισμών. Οι τομείς ζήτησης, τα εξερχόμενα logistics (διανομείς), τα εισερχόμενα logistics (προμηθευτές) και τα εσωτερικά logistics (παραγωγή) είναι οι τέσσερις σημαντικότεροι τομείς που περιλαμβάνουν τα δίκτυα εφοδιαστικής αλυσίδας.

Οι φαρμακευτικές εταιρείες έχουν συνειδητοποιήσει ότι η βελτίωση της απόδοσης της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι απαραίτητη για τη διατήρηση των ανταγωνιστικών πλεονεκτημάτων στο τρέχον περιβάλλον έντονου ανταγωνισμού της αγοράς. Η πρόβλεψη, ο προγραμματισμός, οι προμήθειες, η χρηματοδότηση, η διαχείριση αποθεμάτων και οι στρατηγικές μάρκετινγκ είναι μερικοί από τους τομείς για τους οποίους πρέπει να λαμβάνονται ταυτόχρονα αποφάσεις και να προβλέπονται τυχόν απώλειες ή επιπτώσεις με σκοπό η εταιρεία να προσεγγίζει τους στόχους της. Η διερεύνηση των προκλήσεων της φαρμακευτικής αλυσίδας εφοδιασμού (Pharmaceutical Supply Chain, PSC) και της δυναμικής συμπεριφοράς των μεταβλητών που διαδραματίζουν μοναδικό ρόλο ενώ τίθενται στο επίκεντρο έρευνας προκειμένου να διερευνηθούν πιθανές εφαρμογές ώστε να ξεπεραστούν τα εμπόδια.

Οι αλυσίδες εφοδιασμού στη βιομηχανία φαρμάκων αποτελούνται συνήθως από τους επόμενους κόμβους: ασθενείς (Shah, 2004), κέντρα διανομής, φαρμακεία/νοσοκομεία λιανικής πώλησης και εγκαταστάσεις φαρμακευτικής παραγωγής. Οι εταιρείες μέλη της φαρμακευτικής βιομηχανίας προσπαθούν να αναδιαρθρώσουν τις αλυσίδες εφοδιασμού τους ως απάντηση στις οικονομικές αλλαγές. Η φαρμακευτική βιομηχανία είναι μια σύνθετη επιχείρηση με πολυάριθμους προβληματικούς περιορισμούς και ανταγωνιστικούς στόχους. Η φαρμακευτική βιομηχανία είναι ένα μοναδικό και δύσκολο σύστημα λόγω του εξαιρετικά ρυθμιζόμενου περιβάλλοντος και της ευμετάβλητης σύστασης των προϊόντων της (Singh, 2005). Ο κρίσιμος στόχος της διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας στον τομέα της φαρμακευτικής βιομηχανίας είναι η παραγωγή του κατάλληλου προϊόντος, στην προβλεπόμενη ποσότητα ενώ σε κάθε περίπτωση η επάρκεια στην αγορά θεωρείται επιβεβλημένη, λόγω της φύσης του εμπορεύματος (Wang, 2005).

Οι βιομηχανικές διεργασίες χαρακτηρίζονται από πολύπλοκες δραστηριότητες λόγω της παρουσίας πολυάριθμων μεταβλητών και της μη γραμμικής δυναμικής τους. Επιπλέον, το έργο της διαμόρφωσης ενός ολοκληρωμένου μοντέλου για την

οριοθέτηση της συμπεριφοράς αυτών των διαδικασιών είναι συχνά προκλητικό ή ανέφικτο (Langroodi et al., 2016). Στη βιβλιογραφία έχουν προταθεί πολυάριθμες μεθοδολογίες για την αναπαράσταση των αλυσίδων εφοδιασμού. Η πλειοψηφία τους είναι μοντέλα σταθερής κατάστασης που βασίζονται σε σταθερές συνθήκες. Ωστόσο, οι ταλαντώσεις, οι καθυστερήσεις χρόνου παράδοσης, οι προβλέψεις πωλήσεων καθώς και ένα σύνολο προδιαγραφών και παραγόντων συνθέτουν μια δυναμική αλυσίδα εφοδιασμού και καθιστούν τα στατικά μοντέλα ανεπαρκή. Ως αποτέλεσμα αυτού του γεγονότος, η μέθοδος δυναμικής συστήματος (SD) μπορεί να είναι μια κατάλληλη τεχνική για την απεικόνιση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ πολλών παραγόντων που χρησιμοποιούνται στο εργαλείο μοντελοποίησης.

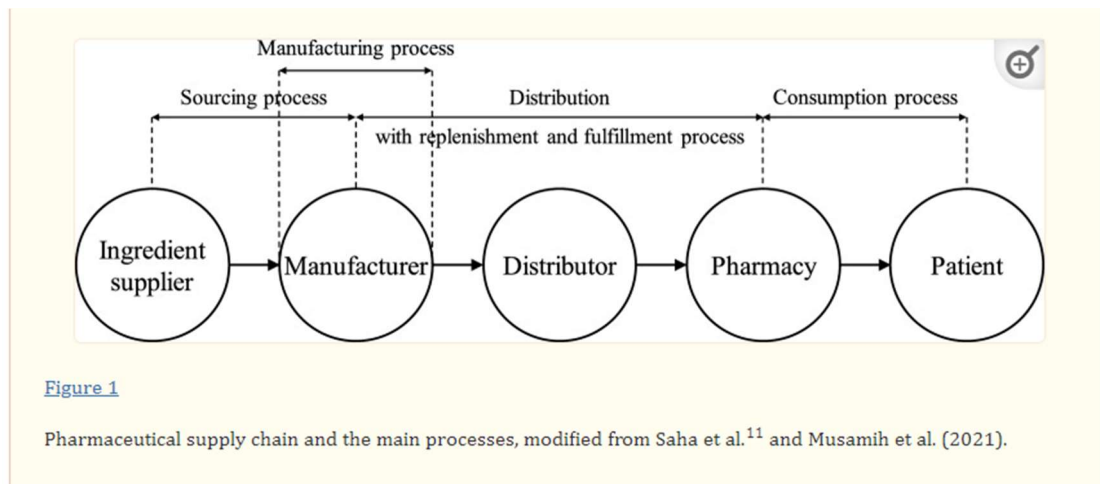
Στην πραγματικότητα, ο κλάδος των φαρμάκων περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα προκλήσεων που συναντώνται στην φαρμακευτική αλυσίδα εφοδιασμού (PSC) με στόχο τον εντοπισμό εσωτερικών ζητημάτων και τις διασυνδέσεις μεταξύ των μεταβλητών που επηρεάζουν την απόδοση της PSC. Τα κριτήρια του μοντέλου αναφοράς λειτουργιών εφοδιαστικής αλυσίδας (SCOR) χρησιμοποιήθηκαν για την κατηγοριοποίηση των προκλήσεων, ενώ η ποιοτική μοντελοποίηση SD χρησιμοποιείται για να απεικονίσει περίπλοκες σχέσεις μεταξύ πολλών μεταβλητών. Οι εταιρείες φαρμακευτικών προϊόντων είναι υποχρεωμένες να παρέχουν ανώτερα προϊόντα, να διασφαλίζουν άμεσες απαντήσεις και να ενισχύουν τις δυναμικές δυνατότητές τους υπό το φως του συνεχώς εξελισσόμενου επιχειρηματικού και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος. Σε συμφωνία με πολλούς άλλους τομείς, η φαρμακοβιομηχανία αντιμετωπίζει επί του παρόντος πλήθος δυσκολιών και εμποδίων. Η μακροπρόθεσμη επιτυχία θα διεκδικηθεί αποκλειστικά από οργανισμούς που είναι δεκτικοί στην αλλαγή και δεσμεύονται να ενισχύσουν τις στρατηγικές τους (Handfield & Nichols, 2002). Πολιτικοί, οικονομικοί, κοινωνικοί, τεχνικοί και νομικοί παράγοντες είναι μεταξύ των πολυάριθμων και περίπλοκων προκλήσεων που αντιμετωπίζουν οι φαρμακευτικές εταιρείες. Επιπλέον, η PSC αποτελείται από εταιρείες που είναι υπεύθυνες για τη διανομή και την προμήθεια φαρμάκων, οι οποίες ανάλογα της συνέπειας και της ποιότητας στην παροχή των υπηρεσιών επηρεάζουν σημαντικά την ικανοποίηση των πελατών (Handfield & Nichols, 2002).

Η φαρμακευτική βιομηχανία αποτελείται από διαδικασίες και δραστηριότητες που περιλαμβάνουν την εφεύρεση και την καινοτομία φαρμακευτικών προϊόντων. Οι φαρμακευτικές εταιρείες αντιμετωπίζουν σήμερα μια σειρά από σημαντικές

προκλήσεις, συμπεριλαμβανομένης της συμμόρφωσης στην παραγωγή, του κόστους, της αποτελεσματικότητας των διαδικασιών, της μείωσης του κύκλου ζωής, της αποκλειστικότητας των διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας των προϊόντων και της αύξησης του ανταγωνισμού των γενόσημων (Askariadzad, 2009). Πολλοί φαρμακευτικοί οργανισμοί, σύμφωνα με μια μελέτη του Oliver Eitelwein, πρέπει να βελτιώσουν τα κύρια στοιχεία της εφοδιαστικής τους αλυσίδας, όπως τα επίπεδα αποθεμάτων, την ικανοποίηση των πελατών και τα συνολικά έξοδα της εφοδιαστικής αλυσίδας. Επιπλέον, υποστηρίζει ότι απαιτείται σημαντικό επενδυτικό κόστος και χρόνος για την ανάπτυξη νέων προϊόντων, περιορισμοί χωρητικότητας, κανονιστικοί περιορισμοί, μεγάλο χαρτοφυλάκιο τελικών προϊόντων, μεγάλη ποικιλία απαιτούμενων υλικών, δίκτυα διανομής ενώ στα παραπάνω και για τη βελτίωση αυτών πρέπει να ληφθεί υπόψη η σύνθετη φύση των προϊόντων και διαδικασιών (Eitelwein, 2014).

Η βελτιστοποιημένη λειτουργική απόδοση της φαρμακευτικής αλυσίδας εφοδιασμού (PSC) είναι κρίσιμη για την έγκαιρη και αποτελεσματική διανομή των φαρμάκων στους ασθενείς. Αυτό μπορεί να αξιολογηθεί χρησιμοποιώντας τα ακόλουθα πέντε κριτήρια: κόστος, ποιότητα, παράδοση, αξιοπιστία και ευελιξία (Birkie et al., 2017). Ωστόσο, το PSC είναι πολύ πιο περίπλοκο σε σύγκριση με άλλους τομείς λόγω της δυνητικά σωτήριας φύσης των προϊόντων και της απαίτησης να παρέχονται με ακρίβεια και επάρκεια για την κάλυψη των αναγκών των ασθενών. Επιπλέον, ο κλάδος έχει προχωρήσει προς εξατομικευμένα και ειδικά για τον ασθενή φάρμακα (Yousefi et al., 2015). Έτσι, η εφοδιαστική αλυσίδα στον κλάδο των φαρμάκων περιλαμβάνει ένα εκτεταμένο δίκτυο, το οποίο εκτείνεται συχνά στα διεθνή σύνορα και εμπλέκει ένα πλήθος ενδιαφερόμενων μερών.

Στο Σχήμα 1, που παρουσιάζεται παρακάτω φαίνεται ο διαχωρισμός του PSC σε τρεις διακριτές βαθμίδες. Η πρώτη βαθμίδα, ανάντη, αντιπροσωπεύει την προμήθεια, η δεύτερη, η κεντρική, αντιπροσωπεύει τη διανομή και η τρίτη, κατάντη, αντιπροσωπεύει την κατανάλωση. Οι διαδικασίες προμήθειας και διανομής περιλαμβάνουν τους κατασκευαστές, τους εισαγωγείς, τους χονδρεμπόρους και τους διανομείς, αντίστοιχα. Η διαδικασία κατανάλωσης περιλαμβάνει τα φαρμακεία, συμπεριλαμβανομένων των νοσοκομειακών φαρμακείων, των κλινικών και των κοινοτικών φαρμακείων και τους τελικούς καταναλωτές, που είναι οι ασθενείς.



Σχήμα 1: Οι τρεις βαθμίδες PSC

2.2 Λειτουργίες Εφοδιαστικής Αλυσίδας στον τομέα των φαρμάκων

Όπως και σε άλλους τομείς, η αλυσίδα εφοδιασμού της φαρμακευτικής βιομηχανίας ξεκινά με την προμήθεια των πρώτων υλών που απαιτούνται για την παραγωγή. Σκοπός είναι τα ενεργά φαρμακευτικά συστατικά (APIs) και άλλες ανενεργές ουσίες να ενσωματώνονται σε τυπικές δοσολογικές μορφές και να διανέμονται σε δευτερεύουσες και πρωτογενείς συσκευασίες σε διάφορες διαμορφώσεις (Chandrasekaran & Kumar, 2003). Από τις αποθήκες των κατασκευαστών, τα τελικά προϊόντα μεταφέρονται στους διανομείς, στα σημεία λιανικής πώλησης, στα νοσοκομειακά φαρμακεία και τελικά στους καταναλωτές. Αντίθετα, τα δεδομένα και τα κεφάλαια διασχίζουν πολλαπλά κανάλια από τους τελικούς χρήστες μέχρι τους παραγωγούς. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, πολλές μεταβλητές μπορούν να επηρεάσουν την αποτελεσματικότητα της φαρμακευτικής βιομηχανίας (Lai, 2002). Η εξέταση κάθε μεταβλητής που σχετίζεται με την εφοδιαστική αλυσίδα χρησιμοποιεί το Supply Chain Operations Reference (SCOR) ως εννοιολογικό πλαίσιο για να επικεντρωθεί στις βασικές μεταβλητές που σχετίζονται με την εφοδιαστική αλυσίδα στο χώρο των φαρμάκων. Το μοντέλο SCOR, το οποίο εισήχθη από το Συμβούλιο Εφοδιαστικής Αλυσίδας, παρέχει ένα πρακτικό πλαίσιο για την αξιολόγηση της απόδοσης και καθιερώνει ενιαία κριτήρια και ορισμούς για μετρήσεις και μέτρα που ισχύουν για όλους τους συμμετέχοντες στην αλυσίδα εφοδιασμού σε διαφορετικούς κλάδους (Chan et al., 2003).

Έχουν προταθεί πολυάριθμα αναλυτικά μοντέλα στους τομείς των επιχειρήσεων και της μηχανικής για την αντιμετώπιση λειτουργικών και σχεδιαστικών

προβλημάτων εντός της αλυσίδας εφοδιασμού (Chopra et al., 2007). Αν και υπάρχουν μερικά ολοκληρωμένα μοντέλα για τη λήψη στρατηγικών αποφάσεων, το μοντέλο SCOR, το οποίο επινοήθηκε από το συμβούλιο της εφοδιαστικής αλυσίδας, είναι το πιο πολλά υποσχόμενο μοντέλο για τη λήψη στρατηγικών αποφάσεων στην αλυσίδα εφοδιασμού, σύμφωνα με έρευνα Huan et al., 2004. Το SCOR (Ghatari et al., 2017) έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει ένα δικλαδικό πλαίσιο για την αξιολόγηση και τη βελτίωση της διαχείρισης και της απόδοσης της αλυσίδας εφοδιασμού. Η λειτουργική λειτουργία του SCM λαμβάνεται υπόψη στο μοντέλο SCOR. Πρόσφατα μια σειρά από επιστημονικές έρευνες εξέτασαν το μοντέλο SCOR σε μια προσπάθεια να ποσοτικοποιήσουν την επιρροή του στην απόδοση του κλάδου φαρμάκων (Huang et al., 2005). Η έρευνα που διεξήχθη από τον Zhue καθόρισε τη συσχέτιση μεταξύ των διαδικασιών της εφοδιαστικής αλυσίδας και του μοντέλου SCOR (Zhou et al., 2011).

Το μοντέλο SCOR οριοθετεί τις δραστηριότητες της εφοδιαστικής αλυσίδας ως μια διασυνδεδεμένη ακολουθία διαδικασιών πέντε κλιμακίων μεταξύ των οργανισμών:

- σχεδιασμός,
- προμήθεια,
- κατασκευή,
- παράδοση και
- επιστροφή.

Η αξιοπιστία της εφοδιαστικής αλυσίδας, η ανταπόκριση, η ευελιξία, το κόστος και τα περιουσιακά στοιχεία αποτελούν τα πέντε στρατηγικά χαρακτηριστικά που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των ενδοεπιχειρησιακών διαδικασιών κάθε κλιμακίου της εφοδιαστικής αλυσίδας. Τα αρχικά τρία χαρακτηριστικά αφορούν μετρήσεις προσανατολισμού προς τον πελάτη, δηλαδή, η αξιοπιστία, η ανταπόκριση και η ευελιξία. Τα χαρακτηριστικά αυτά αποτελούν ένα μέτρο της αποτελεσματικότητας, όπως η απόδοση παράδοσης. Αντίθετα, τα υπόλοιπα δύο χαρακτηριστικά, το κόστος και τα περιουσιακά στοιχεία, αξιολογούν την εσωτερική αποτελεσματικότητα μιας εταιρείας, συμπεριλαμβανομένου του χρόνου που απαιτείται προκειμένου να εισπραχθούν χρήματα (Geary et al., 2001).

Από αυτό το πλεονέκτημα, λαμβάνονται υπόψη οι δυνατότητες της εφοδιαστικής αλυσίδας, όπως η ανταπόκριση, η ευελιξία και η αξιοπιστία. Η αξιοπιστία συνδέεται με την απόδοση παράδοσης όταν το κατάλληλο προϊόν, συσκευασμένο

σωστά και συνοδευόμενο από την απαραίτητη τεκμηρίωση, παραδίδεται έγκαιρα στην καθορισμένη τοποθεσία και σε συγκεκριμένο καταναλωτή. Η ανταπόκριση της εφοδιαστικής αλυσίδας αναφέρεται στην ταχύτητα με την οποία η αλυσίδα εφοδιασμού είναι ικανή να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις των καταναλωτών. Προκειμένου να αποκτήσει ή να διατηρήσει ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, η ευελιξία της εφοδιαστικής αλυσίδας συνίσταται στην ικανότητα αποτελεσματικής αύξησης ή μείωσης της συνολικής παραγωγής, καθώς και ταχείας μετάβασης από το ένα προϊόν στο άλλο, ως απάντηση στις διακυμάνσεις της ζήτησης των πελατών. Αυτή η ιδιότητα έχει τη δυνατότητα να μετριάσει τον κίνδυνο αποσύνθεσης προϊόντων που προκαλείται από απρόβλεπτες αυξήσεις της ζήτησης. Επιπλέον, αυτό θα εξαλείψει την ανάγκη για τις επιχειρήσεις να συσσωρεύουν σημαντικές ποσότητες αποθεμάτων (Gunasekaran et al., 2008).

Επί του παρόντος, οι στρατηγικές ανταγωνισμού που βασίζονται στο χρόνο είναι οι κυρίαρχες μέθοδοι για τη διατήρηση των ανταγωνιστικών πλεονεκτημάτων. Ο χρόνος που απαιτείται για την πρόταση, την ανάπτυξη, την κατασκευή, την εμπορία και την παράδοση προϊόντων πρέπει να συμπίπτει από την αλυσίδα εφοδιασμού προκειμένου να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις των πελατών με τους συντομότερους δυνατούς χρόνους παράδοσης. Αναμφίβολα, η ικανότητα άμεσης αντιμετώπισης των απαιτήσεων της αγοράς είναι ουσιαστικό στοιχείο για τη δημιουργία αξιοπιστίας (Agarwal et al., 2007). Ως άλλος όρος για την ευκινησία, η ανταπόκριση είναι η ικανότητα της αλυσίδας εφοδιασμού να αντιδρά σκόπιμα και έγκαιρα σε τροποποιήσεις της αγοράς ή στις απαιτήσεις των καταναλωτών. Η φαρμακευτική βιομηχανία μπορεί να επωφεληθεί από την ευελιξία για διάφορους λόγους, όπως μικρότερο κύκλο ζωής προϊόντος, αύξηση συγχωνεύσεων και εξαγορών, αλλαγή συμπεριφοράς πελατών και ανταγωνιστικές ενέργειες που απαιτούν από τις επιχειρήσεις να ανταποκρίνονται περισσότερο άμεσα (Eitelwein et al., 2014).

Επιπλέον, η αποτελεσματικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι κρίσιμη όσον αφορά στη διαχείριση περιουσιακών στοιχείων και κόστους. Η αποτελεσματική διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας έχει ως αποτέλεσμα μειωμένο κόστος παραγωγής, βελτιωμένη διαχείριση αποθεμάτων και μεταφοράς και βελτιωμένα επίπεδα εξυπηρέτησης πελατών. Προκειμένου να προσδιοριστεί η παραγωγικότητα, λογιστικοποιούνται όλα τα έξοδα που σχετίζονται με τις λειτουργίες της εφοδιαστικής αλυσίδας, συμπεριλαμβανομένου του κόστους των πωληθέντων εμπορευμάτων, των

άμεσων δαπανών, που σχετίζονται με την εργασία και την προμήθεια υλικών και των έμμεσων δαπανών, όπου περιλαμβάνονται τα γενικά έξοδα, καθώς και του κόστους των διαδικασιών για τον προγραμματισμό, την κατασκευή, τη διανομή, την παράδοση και επιστροφή. Η επίδραση του λειτουργικού κόστους στην κερδοφορία είναι σημαντική, επηρεάζοντας κατά συνέπεια τη συνολική απόδοση της εκάστοτε επιχείρησης. Κατά συνέπεια, αποτελεί κρίσιμο μέτρο για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας. Καθώς οι εταιρείες προσπαθούν να βελτιστοποιήσουν το κόστος τους, παρουσιάζουν αύξηση της συνολικής αποτελεσματικότητας (Liu et al., 2013). Οι φαρμακοβιομηχανίες προσπαθούν να δημιουργήσουν πιο βελτιωμένες συνεργασίες και συμμαχίες με άλλες επιχειρήσεις προκειμένου να μειώσουν την τιμή των προϊόντων τους, να μειώσουν τους εσωτερικούς χρόνους παράδοσης και τα αποθέματα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, να βελτιώσουν την ακρίβεια και την επαναληψιμότητα των προβλέψεών τους και να εφαρμόσουν just-in- στρατηγικές παράδοσης για τις ακριβές πρώτες ύλες τους. Η εκτέλεση αυτών των δραστηριοτήτων αναμένεται να έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση του έμμεσου κόστους (Tsoku, 2014).

Τρεις κρίσιμες μετρήσεις χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της διαχείρισης περιουσιακών στοιχείων της εφοδιαστικής αλυσίδας: χρόνος κύκλου μετρητών, απόδοση των παγίων SC και απόδοση κεφαλαίου κίνησης. Ο χρόνος κύκλου μετρητά σε μετρητά αναφέρεται στο διάστημα μεταξύ του πότε ένας οργανισμός πραγματοποιεί δαπάνες για αγορές υλικού και του πότε λαμβάνει έσοδα μετρητών από την πώληση αυτών των προϊόντων. Οι απαιτήσεις χρηματοδότησης για τρέχουσες και μελλοντικές δραστηριότητες υπολογίζονται χρησιμοποιώντας αυτόν τον παράγοντα (Chan et al., 2003).

2.3 Προκλήσεις στην εφοδιαστική αλυσίδα στον τομέα της διανομής και αποθήκευσης φαρμάκων

Η συμβατική αλυσίδα εφοδιασμού φαρμακευτικών προϊόντων συναντά διάφορα εμπόδια, όπως περιορισμένη διαφάνεια, πολυπλοκότητα παρακολούθησης, σκεπτικισμό και μεταφορά ληγμένων φαρμάκων (Sinclair et al., 2019). Η ακρίβεια της παραγγελίας, ο έλεγχος του αποθέματος, η συμμόρφωση με τους κανονισμούς και η αξιοπιστία τίθενται όλα σε κίνδυνο λόγω τεχνολογικών εμποδίων και έλλειψης ορατότητας σε πραγματικό χρόνο. Ωστόσο, είναι επιτακτική ανάγκη για τον φαρμακευτικό τομέα να διατηρεί ακριβή και αξιόπιστα δεδομένα σχετικά με την

προέλευση των πρώτων υλών κατά τη διάρκεια ολόκληρης της διαδικασίας παραγωγής και διανομής φαρμάκων (Plotnikov & Kuznetsova, 2018). Δεδομένου ότι τα πλαστά φάρμακα παρασκευάζονται εκτός του εγκεκριμένου συστήματος φαρμακευτικής παραγωγής, συνιστούν απάτη. Η ανίχνευση πλαστών φαρμακευτικών προϊόντων μπορεί να είναι μια πρόκληση λόγω της εντυπωσιακής ομοιότητάς τους με τα πρωτότυπα φάρμακα. Συνήθως έχουν σχεδιαστεί για να μοιάζουν με το αρχικό προϊόν στην εμφάνιση και ενδέχεται να μην προκαλέσουν επιζήμια αντίδραση. Ωστόσο, συχνά αποτυγχάνουν να αντιμετωπίσουν αποτελεσματικά την ασθένεια ή την κατάσταση για την οποία προορίζονταν ή μπορεί να περιέχουν δυνητικά επικίνδυνες, ακόμη και τοξικές ουσίες. Επιπλέον, τα φαρμακευτικά προϊόντα βρίσκουν εφαρμογή στην πρόληψη, τη θεραπεία και τη διάγνωση ασθενειών. Η παραγωγή πλαστών φαρμακευτικών προϊόντων έχει γνωρίσει σημαντική επέκταση τα τελευταία χρόνια, συμβάλλοντας σε περίπου ένα εκατομμύριο θανάτους ετησίως (Jamil et al., 2019). Εκτός από το ότι θέτει σε κίνδυνο την ευημερία των ασθενών και αμαυρώνει την οικονομική κατάσταση των αυθεντικών φαρμακευτικών εταιρειών, η αποτροπή της κυκλοφορίας των πλαστών φαρμάκων στην αγορά είναι απόλυτη αναγκαιότητα.

Πέραν των πλαστών φαρμάκων, η βιομηχανία φαρμάκων πρέπει να αντιμετωπίσει ένα ευρύ φάσμα ζητημάτων. Η ανεπαρκής ορατότητα της ψυκτικής αλυσίδας είναι ένα από αυτά τα ζητήματα. Οι πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την τοποθεσία, τη διάρκεια και την κατάσταση των προϊόντων, των πρώτων υλών και των υποσυστατικών τους είναι ζωτικής σημασίας για την παρασκευή φαρμάκων. Ζητούμενο από τη φαρμακευτική επιμελητεία είναι ένα ανθεκτικό δίκτυο αποθήκευσης και διανομής με ψύξη. Η απουσία κιβωτίων μεταφοράς και ψυγείων αποθήκευσης υψηλής θερμοκρασίας οδηγεί στην αναποτελεσματική αποθήκευση θερμοευαίσθητων βιολογικών ουσιών που απαιτούν αυστηρή ρύθμιση της θερμοκρασίας, καταλήγοντας τελικά σε αποτυχημένες αποστολές και οικονομικά προβλήματα. Επιπλέον, οι απρόβλεπτες διακοπές που προκαλούνται από παράγοντες όπως δυσλειτουργίες των εμπορευματοκιβωτίων, καθυστερήσεις συμφόρησης και ανθρώπινο λάθος στο χειρισμό μπορεί να έχουν σοβαρές συνέπειες. Οι ανεπαρκείς στρατηγικές διαχείρισης κινδύνου και οι ανακριβείς προβλέψεις διαταραχών θέτουν σε κίνδυνο την αλυσίδα εφοδιασμού και αυξάνουν το ποσοστό ζημιών. Οι φαρμακευτικές εταιρείες υποφέρουν από όραση σήραγγας ελλείψει τέτοιων συγκεκριμένων πληροφοριών, καθώς δεν έχουν ενημερωμένα δεδομένα για τη θέση, τη θερμοκρασία

και την υγρασία των ευπαθών προϊόντων τους σε πραγματικό χρόνο. Το Ινστιτούτο IQVIA για την Επιστήμη των Ανθρώπινων Δεδομένων εκτιμά ότι οι αστοχίες ελέγχου θερμοκρασίας στην αλυσίδα εφοδιασμού κοστίζουν στη βιοφαρμακευτική βιομηχανία 35 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως. Αυτές οι απώλειες αντικατοπτρίζουν τον κίνδυνο όσον αφορά στη σταθερότητα και στην ποιότητα του φαρμάκου, εκτός από τη συμμόρφωση των προϊόντων που αποστέλλονται παγκοσμίως. Πολλά φαρμακευτικά σκευάσματα, συμπεριλαμβανομένων και των πιο πρόσφατων εμβολίων για την αντιμετώπιση της Covid – 19, απαιτούν πολύ χαμηλές θερμοκρασίες για τη διατήρησή τους, της τάξης των -60°C . Οι χαμηλές θερμοκρασίες πρέπει να διατηρούνται τόσο κατά τη μεταφορά όσο και κατά την αποθήκευση των φαρμακευτικών σκευασμάτων. Οποιαδήποτε απόκλιση στη θερμοκρασία πέρα από αυτό το καθορισμένο εύρος έχει τη δυνατότητα να θέσει σε κίνδυνο ολόκληρη τη φαρμακευτική αλυσίδα. Οι μεταβολές στις θερμοκρασίες μπορούν να έχουν σημαντικές οικονομικές συνέπειες, καθώς μπορεί να απαιτήσουν την καραντίνα ή τη δήλωση ολικής απώλειας προϊόντων. Για να διατηρηθεί η σταθερότητα του προϊόντος σε όλα τα στάδια μεταφοράς και διανομής, χρησιμοποιούνται ιατρικές συσκευές ψυχρής αλυσίδας που έχουν λάβει διεθνή έγκριση. Τα δοχεία μεταφοράς, οι καταψύκτες, οι καταψύκτες εξαιρετικά χαμηλής θερμοκρασίας (ULT) και τα ιατρικά ψυγεία είναι απαραίτητα για τη διατήρηση των ευαίσθητων στη θερμοκρασία φαρμάκων στη σωστή θερμοκρασία αποθήκευσης και υπό άλλες συνθήκες.

Η σύλληψη δεδομένων σε πραγματικό χρόνο κατά τη μετακίνηση και διανομή είναι μια από τις σημαντικότερες προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι φαρμακευτικές αλυσίδες εφοδιασμού. Η έλλειψη δεδομένων σε πραγματικό χρόνο για τα προϊόντα μιας φαρμακοβιομηχανίας εμποδίζει την ικανότητα άμεσης απόκρισης σε ανωμαλίες, όπως τυχόν αλλοιώσεις που προκαλούνται από τις μεταβολές στη θερμοκρασία. Ο προσδιορισμός της βασικής αιτίας της ζημιάς ή των καθυστερήσεων γίνεται μια εξαιρετικά δύσκολη εργασία απουσία δεδομένων τοποθεσίας και κατάστασης σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον, η απουσία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο εμποδίζει επίσης την κατανομή των πόρων που είναι απαραίτητοι για να διασφαλιστεί ότι οι αποστολές αντιμετωπίζονται αποτελεσματικά. Η ποσότητα και η πολυπλοκότητα των ρυθμιστικών επιχειρηματικών απαιτήσεων έχουν κλιμακωθεί σημαντικά τον τελευταίο καιρό. Η μη συμμόρφωση μπορεί να έχει σοβαρές επιπτώσεις για τα οικονομικά, την κατάσταση και τη ζωή των ασθενών.

Το κόστος για τη συντήρηση των φαρμακευτικών προϊόντων για μεγάλο χρονικό διάστημα είναι αυξημένο. Καθώς τα φάρμακα είναι ευπαθή, η ακατάλληλη αποθήκευση και μεταφορά μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια της αποτελεσματικότητας και της καταναλωτικής αξίας. Κατά συνέπεια, καθυστερήσεις ή άλλες επιπλοκές στις διαδικασίες διανομής και αποστολής μπορεί να έχουν αρνητικό αντίκτυπο σε αυτές. Αυστηρές διεθνείς πολιτικές και κατευθυντήριες γραμμές διέπουν τον φαρμακευτικό τομέα σε σχέση με την ασφάλεια των προϊόντων, τη δημόσια υγεία και τα βιομηχανικά πρότυπα. Η ρύθμιση των συνθηκών, συμπεριλαμβανομένης της θερμοκρασίας και της υγρασίας κατά τη διάρκεια της μεταφοράς, της επισήμανσης, της συσκευασίας και των διαδικασιών χειρισμού περιλαμβάνονται στις οδηγίες συμμόρφωσης. Οι αποστολείς υποχρεούνται να παρέχουν το έγγραφο κατάστασης προμήθειας προς πληρωμή προκειμένου να υποβληθούν σε ρυθμιστικό έλεγχο και πιστοποίηση. Αυτό απαιτεί από τις αλυσίδες εφοδιασμού να συμμορφώνονται με τους εσωτερικούς κανονισμούς και τα πρότυπα.

Κρίσιμο σημείο για την ανθεκτικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι η εφαρμογή των ακόλουθων στρατηγικών από τις φαρμακευτικές αλυσίδες εφοδιασμού προκειμένου να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις των καταναλωτών και να μειωθεί ο κίνδυνος, ο οποίος έχει οικονομικές συνέπειες αλλά και συνέπειες στην υγεία των ασθενών. Η επιτήρηση σε πραγματικό χρόνο και η ενισχυμένη διαφάνεια των αποστολών υπό διαμετακόμιση διευκολύνουν την πρόβλεψη πιθανών διαταραχών. Αξιοποιώντας τεχνολογία αιχμής και εξελιγμένα αναλυτικά στοιχεία, μπορεί κανείς να δημιουργήσει ένα σύστημα διαχείρισης κρίσεων που βασίζεται σε δεδομένα και μπορεί να προβλέψει απρόβλεπτα προβλήματα.

Οι βελτιωμένες επικοινωνίες μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών της φαρμακευτικής αλυσίδας εφοδιασμού, συμπεριλαμβανομένων των κατασκευαστών, των αποθηκών και των χονδρεμπόρων, διευκολύνονται από τις συνεχείς τεχνολογικές εξελίξεις. Η ακριβής πρόβλεψη των καιρικών συνθηκών, οι διακοπές παράδοσης, οι κίνδυνοι και οι κανονιστικοί περιορισμοί διευκολύνουν τη βελτιστοποίηση της διαδρομής και την αποφυγή παρεμβολών. Επιπλέον, οι συμμετέχοντες στη βιομηχανία είναι σε θέση να αποτρέψουν την εισαγωγή πλαστών φαρμάκων στην αγορά και να εγγυηθούν την ασφαλή παράδοση φαρμακευτικών προϊόντων μέσω της απομακρυσμένης παρακολούθησης φορτίων εφοδιαστικής με χρήση ετικετών RFID. Οι ανώτερες τεχνολογίες ψύξης και τα στοιχεία σχεδιασμού, όπως παρεμβύσματα και

μονώσεις, βοηθούν στη διατήρηση της επιδιωκόμενης θερμοκρασίας στα προϊόντα ψυχρής αλυσίδας κατά την αποθήκευση των φαρμάκων. Τα προηγμένα συστήματα παρακολούθησης 24/7 επιτρέπουν στο προσωπικό σε εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης και νοσοκομεία να έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες όπως η εσωτερική θερμοκρασία αποθήκευσης, η εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος, ο εντοπισμός θέσης GPS και η κατάσταση των σκευασμάτων. Επιπλέον, η χρήση διεπαφών που βασίζονται στο διαδίκτυο, όπως το B Connected, οι οπτικοακουστικοί συναγερμοί και οι συσκευές απομακρυσμένης παρακολούθησης θερμοκρασίας (RTMD) επιτρέπουν στους επαγγελματίες υγείας να παρακολουθούν τις λειτουργίες σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον, τα κιβώτια μεταφοράς και τα ψυγεία Solar Direct Drive (SDD) χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας. Αυτές οι βιώσιμες συσκευές ψυχρής αλυσίδας, οι οποίες έχουν λάβει παγκόσμια πιστοποίηση, λειτουργούν χρησιμοποιώντας "πράσινα αέρια" προκειμένου να συμμορφώνονται με τις οδηγίες που ορίζονται από το US SNAP και την EU F-Gas. Είναι σε θέση να μεταφέρουν ιατρικές προμήθειες ακόμη και στις πιο απομακρυσμένες περιοχές ξεπερνώντας τις διακοπές ρεύματος (Huang et al., 2018).

2.4 Η τεχνολογία Blockchain στη βιομηχανία φαρμάκων

Το blockchain είναι ένα κατακευματισμένο, ανθεκτικό σε παραβιάσεις καθολικό που χρησιμοποιεί δίκτυα peer-to-peer για να διατηρεί μπλοκ πληροφοριών για κρυπτογραφικά δεσμευμένες συναλλαγές. Η αρχιτεκτονική ενός blockchain διευκολύνει τη διάδοση επαληθευμένων και τρεχόντων λογιστικών βιβλίων από τους χρήστες του για κάθε συναλλαγή. Οι κόμβοι είναι υπεύθυνοι για τη λήψη και την επικύρωση των διπλότυπων κάθε συναλλαγής ενώ αυτά τα δεδομένα συγχρονίζονται σε ολόκληρο το δίκτυο. Κατά συνέπεια, μια κεντρική αρχή επικύρωσης καθίσταται περιττή. Ο όρος «blockchain» προέρχεται από τις διασυνδέσεις που υπάρχουν μεταξύ συναλλαγών σε διαφορετικά μπλοκ (Soundarya, et al., 2018).

Η διασφάλιση της πιστότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας και η βελτιστοποίηση της ταχύτητας των συναλλαγών είναι κρίσιμοι στόχοι στη φαρμακευτική βιομηχανία. Η φαρμακευτική βιομηχανία αντιμετωπίζει συχνά οικονομικές απώλειες για τους ενδιαφερόμενους ως αποτέλεσμα ανεπαρκών συστημάτων παρακολούθησης και εντοπισμού, που οδηγούν σε υποβάθμιση της ποιότητας των προϊόντων (Haq & Muselemu, 2018). Επιπλέον, οι ιατρικές και φαρμακευτικές ρυθμιστικές υπηρεσίες

έχουν εντοπίσει πλαστά και υποβαθμισμένα προϊόντα στην αγορά, όπως αναφέρεται και παραπάνω. Κατά συνέπεια, λόγω περιπτώσεων κακής πρακτικής και ανεπαρκούς λειτουργίας αλυσίδων εφοδιασμού, πολυάριθμοι οργανισμοί που δραστηριοποιούνται στον φαρμακευτικό τομέα προσπάθησαν να εφαρμόσουν τεχνολογία blockchain προκειμένου να βελτιστοποιήσουν τις λειτουργίες και να διευκολύνουν τις ιατρικές συναλλαγές, τον εντοπισμό και την παρακολούθηση και την ασφάλεια των ασθενών (Huang, Wu & Long, 2018).

Τα blockchains χρησιμοποιούνται για διάφορους σκοπούς στη φαρμακευτική βιομηχανία. Η επικύρωση block δεδομένων συναλλαγών μέσω κρυπτογραφικών τεχνολογιών ικανοποιεί μια σημαντική πρόκληση ασφαλείας (Sinclair et al., 2019). Στοιχεία ασφάλειας εκδηλώνονται σε διάφορα παραδείγματα. Η σειριοποίηση έχει εφαρμοστεί ως μέσο για τον μετριασμό του κινδύνου ασφαλείας που ενέχουν τα πλαστά φάρμακα (Alshahrani et al., 2021). Αυτή η τεχνολογική λύση ενσωματώνει ελέγχους επαλήθευσης σε ολόκληρο το σύστημα της εφοδιαστικής αλυσίδας για τον έλεγχο ταυτότητας σειριακών αριθμών. Εκτός από τον ποιοτικό έλεγχο και την εφαρμογή ψηφιακών υπογραφών, έχουν ληφθεί μέτρα για τη βελτίωση της ιχνηλασιμότητας των φαρμάκων και την πρόληψη της κλοπής (Huang et al., 2018). Για να διασφαλιστεί η σταθερή ποιότητα, οι αλυσιδωτοί κώδικες blockchain, οι πληροφορίες υγείας και οι εξορύκτες δεδομένων χρησιμοποιούνται σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού, από τον κατασκευαστή έως το φαρμακείο (Makarov et al., 2019).

Τα σειριακά φαρμακευτικά προϊόντα επικολλώνται με χαρακτηριστικά ασφαλείας που επιτρέπουν στους καταναλωτές να τα πιστοποιούν και να τα ξεχωρίζουν από τα πλαστά φαρμακευτικά προϊόντα. Οι διαφανείς και βασισμένες σε αλυσιδωτικούς κωδικούς συναλλαγές ενισχύουν περαιτέρω την ασφάλεια του συστήματος blockchain. Η φαρμακοβιομηχανία εξαρτάται από τη διαφάνεια και την εμπιστοσύνη λόγω του γεγονότος ότι η παραποίηση και η απομίμηση ευδοκιμεί ελλείψει εμπιστοσύνης, εκθέτοντας έτσι το κοινό σε κινδύνους που συνδέονται με φαρμακευτικά προϊόντα κατώτερης ποιότητας. Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας blockchain σε διαδικασίες ποιοτικού ελέγχου και ανίχνευσης πλαστών φαρμάκων βελτιώνει την ασφάλεια και δυνητικά προστατεύει ζωές (Adsul et al., 2020). Τα μέτρα κατά της παραποίησης/απομίμησης μπορεί να αποτελούνται μεταξύ άλλων από το Σύστημα Κατά της Παραχάραξης Φαρμάκων (ACMS). Το ACMS χρησιμοποιεί την ακόλουθη χρήση των δικτύων Διαπλανητικού Συστήματος Αρχείων (IPFS) και της

αλυσίδας μπλοκ Ethereum. Η συνδυαστική χρήση δικτύων IPFS και αλυσίδας μπλοκ Ethereum, οδηγεί στην ανάπτυξη έξυπνων συμβάσεων Ethereum για πρακτική διαχείριση ACMS. Η απάτη αποτρέπεται αποτελεσματικά από το ACMS. Ένας αλυσιδωτός κωδικός παράγεται από τους πελάτες όταν ξεκινούν μια συναλλαγή. Οι ομότιμοι επαληθεύουν την υπογραφή και οι εγκρίσεις που προκύπτουν συγκεντρώνονται και μεταδίδονται στις υπηρεσίες παραγγελίας για επικύρωση τελικής συναλλαγής (Kumar et al., 2019).

Στην περίπτωση των φαρμακευτικών σκευασμάτων, τα προϊόντα είναι απαραίτητο να παρακολουθούνται και να εντοπίζονται από το σημείο προέλευσης έως τον τελικό προορισμό. Ενώ οι καθυστερήσεις παράδοσης συνήθως εμποδίζουν τις επιχειρηματικές δραστηριότητες, στους τομείς της φαρμακευτικής και της υγείας, οι επιπλοκές μπορεί να οδηγήσουν ακόμη και σε θάνατο ή επιδείνωση ασθενειών. Η φαρμακευτική αλυσίδα εφοδιασμού έχει εφαρμόσει τεχνολογία blockchain (Schoner et al., 2020). Η ιχνηλασιμότητα και η παρακολούθηση των φαρμακευτικών προϊόντων είναι ζωτικής σημασίας για τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς, την υγεία των ασθενών και τις επιχειρηματικές δραστηριότητες. Με τη χρήση εξελιγμένων και ασφαλών τεχνολογιών παρακολούθησης και ανίχνευσης, οι φαρμακευτικές λειτουργίες και η διαχείριση ασθενών μπορούν να παραμείνουν αδιάκοπες κατά τη μεταφορά των εμπορευμάτων προς τους προορισμούς τους. Η δημιουργία ενός ασφαλούς διεθνούς μητρώου στόχευε στον εξορθολογισμό της παγκόσμιας διανομής των φαρμακευτικών προϊόντων. Ενώ η τεχνολογία παρουσιάζει σημαντικές προοπτικές για τις μεγάλες φαρμακευτικές εταιρείες, αναμένεται επίσης ότι οι μικρότερες εταιρείες θα έχουν πλεονεκτήματα (Garankina et al., 2018).

Λόγω του γεγονότος ότι τα φάρμακα είναι πολύτιμα αγαθά, απαιτείται ασφάλεια για τη διασφάλισή τους. Η ασφάλεια και η ασφάλεια της φαρμακευτικής βιομηχανίας βασίζονται στα κρυπτογραφικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας blockchain (Sinclair et al., 2019). Η ασφάλεια των φαρμάκων βελτιώνεται με την κρυπτογραφική τεχνολογία και τις δυνατότητες εντοπισμού και παρακολούθησης, οι οποίες ικανοποιούν τις κανονιστικές απαιτήσεις (Plotnikov & Kuznetsova, 2018). Μετριάζεται ο κίνδυνος κλοπής και εισαγωγής πλαστών φαρμακευτικών προϊόντων. Επιπλέον, αποτρέπονται οι μη εγκεκριμένες τροποποιήσεις φαρμάκων, εμποδίζοντας τους φαρμακευτικούς φορείς με κεκτημένα συμφέροντα να τροποποιήσουν τα φάρμακα σε μια προσπάθεια να υπονομεύσουν την ποιότητα. Τα συστήματα

εφοδιαστικής αλυσίδας ρυθμίζονται από αυστηρά πρωτόκολλα ασφάλειας και ασφάλειας που δημιουργούν ειδοποιήσεις σε περίπτωση παραβίασης (Plotnikov & Kuznetsova, 2018).

Κεφάλαιο 3: Η αποθήκη φαρμάκων και η εφοδιαστική αλυσίδα

3.1 Αποθήκες Φαρμάκων και Ελλείψεις στην αγορά

Το ζήτημα των ελλείψεων προμήθειας στον φαρμακευτικό τομέα αποτελεί ένα ουσιαστικό θέμα ανησυχίας που έχει ευρείες επιπτώσεις για τους ασθενείς και τα συστήματα υγείας (Tucker & Daskin, 2022). Οι ασθενείς που εξαρτώνται από την τακτική διαθεσιμότητα φαρμάκων αντιμετωπίζουν απρόβλεπτους και πιθανούς κινδύνους για την υγεία, ενώ οι πάροχοι υγειονομικής περίθαλψης και τα ιδρύματα αντιμετωπίζουν τη δυσκολία αποτελεσματικής διαχείρισης και ανακούφισης των συνεπειών στη φροντίδα των ασθενών (Van Yaroson et al., 2023). Πέραν των συνεπειών στην υγεία των ασθενών, οι οικονομικές προεκτάσεις είναι σημαντικές, καθώς συμβάλλουν στην κλιμάκωση των δαπανών υγειονομικής περίθαλψης καθώς οι επαγγελματίες του ιατρικού τομέα επιδιώκουν συχνά πιο ακριβές εναλλακτικές λύσεις ή συγκεντρώνουν πρόσθετο κόστος που σχετίζεται με τη διαχείριση των επιπλοκών στην υγεία των ασθενών που προκύπτουν από τη μη διαθεσιμότητα των προβλεπόμενων φαρμάκων (Tucker et al., 2020). Οι προαναφερθείσες διακοπές στην προσβασιμότητα φαρμάκων ζωτικής σημασίας υπογραμμίζουν την ανάγκη για μια πιο ενδελεχή ανάλυση των υποκείμενων παραγόντων. Αυτοί οι περιορισμοί προκαλούνται από πολλούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων των κατασκευαστικών επιπλοκών, των ρυθμιστικών εμποδίων και της περίπλοκης παγκόσμιας δυναμικής της εφοδιαστικής αλυσίδας. Κατά συνέπεια, είναι κρίσιμο να διεξαχθούν ενδελεχείς έρευνες και να εφαρμοστούν αποτελεσματικά διορθωτικά μέτρα, όσον αφορά στο δίκτυο αποθήκευσης και διανομής των φαρμακευτικών προϊόντων (Van Oorschot et al., 2022).

Το ζήτημα προμήθειας φαρμακευτικών προϊόντων αποτελεί επίμονη και σημαντική ανησυχία στο παγκόσμιο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης και απασχολούν τον κλάδο εδώ και δεκαετίες (Elbeddini et al., 2020). Αυτό οφείλεται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της φαρμακευτικής αλυσίδας εφοδιασμού, τα οποία είναι πολύπλοκα σε σύγκριση με εκείνα άλλων βιομηχανιών. Ένα παράδειγμα ενός από τα

χαρακτηριστικά είναι ότι είναι διασκορπισμένο και εμπλέκει ένα πλήθος διαφορετικών ενδιαφερομένων. Η επίλυση του ζητήματος της προμήθειας και διακίνησης φαρμάκων απαιτεί μια συλλογική προσπάθεια με τη συμμετοχή όλων των σχετικών μερών. Ελλείψει αποτελεσματικού συντονισμού της προσφοράς και μια απότομη άνοδος της ζήτησης μπορεί να επιβαρύνει αδικαιολόγητα τα δίκτυα της εφοδιαστικής αλυσίδας και να επιδεινώσει τις διακοπές οδηγώντας σε σημαντικές ελλείψεις στην αγορά. Ορισμένες καταστάσεις συμβάλλουν σε ζητήματα εφοδιασμού. Για παράδειγμα, η αύξηση της ζήτησης για θεραπευτικά προϊόντα μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένη κατανομή φαρμάκων, η οποία με τη σειρά της θα μπορούσε να επιδεινώσει τις ελλείψεις φαρμάκων στα κοινοτικά φαρμακεία (Kuo et al., 2021). Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης έρχονται συνεχώς αντιμέτωποι με καθυστερήσεις και μη συμμόρφωση των παραγγελιών φαρμάκων, που έχουν ως αποτέλεσμα εκτεταμένες ελλείψεις φαρμάκων. Παρά τις λειτουργικές, υλικοτεχνικές προκλήσεις και τις προκλήσεις υποδομής που αντιμετωπίζουν τα υπάρχοντα συστήματα, υπάρχουν διάφορες στρατηγικές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ουσιαστική ελάφρυνση του φόρτου και την αντιμετώπιση του προβλήματος των ελλείψεων φαρμάκων, εφοδιασμού και αποθήκευσης (Saha et al., 2021).

Οι αποθήκες φαρμάκων αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα της αλυσίδας εφοδιασμού, ενώ σε πολλές περιπτώσεις οι βιομηχανίες φαρμάκων και οι αποθήκες φαρμάκων αποκλίνουν ως προς την τοποθεσία τους, ως εκ τούτου η αποθήκη φαρμάκων αποτελεί μέρος της διανομής (Kumar et al., 2018). Οι φαρμακευτικές εταιρείες πρέπει να λάβουν μια κρίσιμη απόφαση σχετικά με τον χώρο αποθήκευσης για τον έλεγχο των δαπανών αλλά και την δυνατότητα διανομής ασφαλών φαρμακευτικών προϊόντων στο κοινό και τους ασθενείς (Yaman & Akkartal, 2020). Η φαρμακευτική βιομηχανία είναι ήδη υπό αυστηρή ρύθμιση σε πολλά έθνη λόγω της διακριτικής αλληλεπίδρασης μεταξύ προσφοράς και ζήτησης. Ωστόσο, η αβεβαιότητα που εισήγαγε η πανδημία έχει περιπλέξει περαιτέρω τα πράγματα (Ghatari et al., 2013).

Στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, το πρόβλημα επιλογής τοποθεσίας εγκατάστασης εφαρμόζεται ευρέως σε ιατρικές εγκαταστάσεις, τράπεζες αίματος, κλινικές και φαρμακευτικές αποθήκες. Ενώ η δημιουργία κερδών είναι ο πρωταρχικός στόχος της φαρμακευτικής βιομηχανίας, οι ενδιαφερόμενοι είναι υποχρεωμένοι να

υποστηρίζουν τα συστήματα υγείας μέσω της έγκαιρης και κατάλληλης διανομής των φαρμάκων (Kumar et al., 2018).

Οι φαρμακευτικές αποθήκες περιλαμβάνονται στους φορείς υγείας σε πολλές χώρες, ενώ οι φαρμακευτικές αποθήκες διευκολύνουν την αγορά, την πώληση και τη διανομή φαρμακευτικών προϊόντων σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία (Arslan, 2020). Κατά την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με τις φαρμακευτικές αποθήκες, γίνεται προφανές ότι η πλειονότητα των μελετών (Abideen & Mohamad, 2021, Abideen et al., 2019, Jiang et al., 2019, Ozkan, 2017, Qashlim & Basrit, 2020) ασχολούνται με τη δημιουργία μιας αποτελεσματικής αλυσίδας εφοδιασμού. Ωστόσο, η παγκόσμια έκτακτη ανάγκη που προκλήθηκε κατά τη διάρκεια της πρόσφατης πανδημίας άλλαξε το τοπίο και υπέδειξε τις αδυναμίες στο συγκεκριμένο τομέα (Barshooi & Amirkhani, 2022). Ο προσδιορισμός της βέλτιστης τοποθεσίας της αποθήκης είναι ένα διαρκές εγχείρημα που επηρεάζεται από μια πληθώρα μετρήσιμων και ποσοτικοποιήσιμων κριτηρίων (Demirel et al., 2010). Η διαδικασία επιλογής τοποθεσίας αποθήκης απαιτεί την ταυτόχρονη αξιολόγηση πολλών στοιχείων, συμπεριλαμβανομένων, ενδεικτικά, του κόστους επένδυσης, των ανθρώπινων πόρων, της διαθεσιμότητας, των συνθηκών κυκλοφορίας, της συμμόρφωσης με τις ισχύουσες πολιτικές και κανονισμούς, της λειτουργικότητας ζώνης, της αποτελεσματικότητας προσβασιμότητας και της μείωσης του κόστους ενοικίασης (Li et al., 2020). Για να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά αυτό το ζήτημα και να εντοπιστούν οι καταλληλότερες λύσεις, είναι επιτακτική ανάγκη να αξιολογηθούν ταυτόχρονα αυτά τα αντιφατικά κριτήρια.

Η επιστημονική έρευνα και οι επιχειρήσεις έχουν κάνει εκτεταμένη χρήση τεχνικών τεχνητής νοημοσύνης τα τελευταία χρόνια για να μειώσουν τα λάθη που σχετίζονται με τους μηχανισμούς λήψης αποφάσεων, μηχανισμός στον οποίο εντάσσεται και η επιλογή της τοποθεσίας της αποθήκης. Ωστόσο, καταστάσεις που περιλαμβάνουν πληροφορίες που είναι αβέβαιες, περίπλοκες και διστακτικές προκύπτουν κατά καιρούς. Χρησιμοποιώντας εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης που παρέχουν πρόσβαση σε ενημερωμένες πληροφορίες, ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων μπορεί να επιλύσει αποτελεσματικά και διαισθητικά καταστάσεις που περιλαμβάνουν αβεβαιότητα, η οποία ορίζεται ως η απουσία ολοκληρωμένων δεδομένων σχετικά με όλα τα πιθανά αποτελέσματα ή εναλλακτικές λύσεις. Στο όχι και τόσο μακρινό μέλλον, τα προβλήματα μπορούν να επιλυθούν γρήγορα και αποτελεσματικά μέσω της χρήσης

εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης προκειμένου να διασφαλιστεί ότι η αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων λειτουργεί μεθοδικά και αποτελεσματικά, ενώ ανταποκρίνεται στην αυξημένη ζήτηση φαρμάκων που προκαλείται από τον προοδευτικό αριθμό ασθενών (Satria et al., 2017).

3.2 Αποθήκη Φαρμάκων και Εφοδιαστική Αλυσίδα

Η αποθήκη φαρμάκων διαδραματίζει σημαντικό ρόλο, καθώς όπως αναφέρεται σε ενότητες που προηγήθηκαν, η εφοδιαστική αλυσίδα στην περίπτωση της φαρμακοβιομηχανίας είναι κατακερματισμένη, ενώ παρουσιάζεται έλλειψη λογοδοσίας μεταξύ των εταίρων της εφοδιαστικής αλυσίδας λόγω των αποσυνδέσεων που προκαλούνται από τον μεγάλο αριθμό εμπλεκόμενων ενδιαφερομένων. Οι πληροφορίες δεν είναι διαφανείς μεταξύ των μεσαζόντων και των διαφόρων τόπων κατανάλωσης (Yousefi et al., 2015). Επιπλέον, ο χρόνος παράδοσης στο PSC συχνά παρατείνεται ως αποτέλεσμα του χρόνου που απαιτείται για τις διεργασίες που πραγματοποιούνται σε κάθε διαφορετικό επίπεδο, ιδιαίτερα όταν πρέπει να πληρούνται οι κανονιστικές απαιτήσεις (Moosivand et al., 2018). Ως εκ τούτου, οι αλλαγές στη ζήτηση των φαρμακευτικών σκευασμάτων, η οποία είναι εγγενώς ασταθής και διαφοροποιείται από ένα σύνολο παραγόντων, μπορεί να προκαλέσει ένα φαινόμενο που ονομάζεται «φαινόμενο bullwhip», το οποίο συνεπάγεται σημαντική μεταβλητότητα στους όγκους των πρώτων υλών που πρέπει να προμηθεύονται. Κατά συνέπεια, οι απαιτήσεις ενδέχεται να παραμείνουν ανεκπλήρωτες (Yadav, 2015). Από οικονομικής σκοπιάς, οι ανακριβείς προβλέψεις της ζήτησης μπορεί να οδηγήσουν σε ζημιές που οφείλονται στη μείωση των πωλήσεων, εάν διατηρηθεί ανεπαρκές απόθεμα. Επομένως, για να διατηρηθεί το βέλτιστο επίπεδο αποθεμάτων και ο βέλτιστος χώρος αποθήκης, απαιτούνται σημαντικά λειτουργικά έξοδα. Ωστόσο, αυτή η πρακτική εμποδίζει τις ταμειακές ροές παρατείνοντας τον χρόνο που απαιτείται για τη μετατροπή των ροών σε μετρητά και μπορεί να οδηγήσει σε σπατάλη προϊόντος λόγω φθοράς ή λήξης.

Η αποθήκη προϊόντων υγειονομικής περίθαλψης περιλαμβάνει επιχειρηματικές λειτουργίες και δραστηριότητες που διευκολύνουν την παροχή υπηρεσιών και υλικών υγειονομικής περίθαλψης με συνεχή, απρόσκοπτο τρόπο. Η μεγιστοποίηση κατανομής των πόρων, αποσκοπεί στη διασφάλιση υψηλού επιπέδου υπηρεσιών, στη δυνατότητα αποτελεσματικής και έγκαιρης ανταπόκρισης στις απαιτήσεις περίθαλψης των

ασθενών και, τελικά, στην επίτευξη συνολικής διαχείρισης ποιότητας. Η υλοποίηση αυτής της πρωτοβουλίας έχει αποδείξει μεγαλύτερη πολυπλοκότητα σε σύγκριση με άλλους τομείς. Αυτό οφείλεται κυρίως στη συμμετοχή πολλών εμπλεκόμενων και στον σημαντικό αντίκτυπο που έχουν σε αυτήν η νομοθεσία και οι επαγγελματίες υγείας (AbuKhoua et al., 2014).

Όσον αφορά στην υγειονομική περίθαλψη, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν ότι πρόκειται για έναν πελατοκεντρικό τομέα, όπου οι πελάτες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της συνολικής εμπειρίας (Aronsson et al., 2011). Υπάρχουν τρεις διακριτές κατηγορίες ροών στις διαδικασίες αποθήκης της υγειονομικής περίθαλψης. Η πρώτη κατηγορία αφορά στη ροή προϊόντων, η δεύτερη στη ροή πληροφοριών και η Τρίτη αφορά στις χρηματοοικονομικές. Από τη μία πλευρά, η ιατρική επιμελητεία περιλαμβάνει την παροχή φαρμακευτικών, χειρουργικών και ιατρικών αναλωσίμων, ιατρικών συσκευών, αναλώσιμων ειδών υγιεινής, διατροφικών προμηθειών, εξοπλισμού και διαφόρων βοηθητικών προϊόντων που είναι απαραίτητα για την υποστήριξη του νοσοκομειακού προσωπικού, των γιατρών, των νοσηλευτών και των ασθενών. . Αντίθετα, οι αποφάσεις της Επιτροπής Εποπτείας σχετικά με πληροφορίες και χρηματοοικονομικές μεταφορές συνδέονται με τη βελτίωση της απόδοσης του οργανισμού και την αποτελεσματική ροή των προϊόντων (Lee et al., 2011). Η αποτελεσματική συνεργασία αποθήκης, logistics και της καινοτομίας εφοδιαστικής αλυσίδας αναδύεται ως σημαντικό και επίκαιρο θέμα τόσο στον ακαδημαϊκό λόγο όσο και στις πρακτικές εφαρμογές. Η αυξημένη εστίαση σε θέματα υγειονομικής περίθαλψης μπορεί να αποδοθεί σε οικονομικούς και πολιτικούς παράγοντες, ιδιαίτερα στην εκθετική αύξηση του κόστους υγειονομικής περίθαλψης: η γήρανση του πληθυσμού, η αυξανόμενη ζήτηση για υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης, η κλιμάκωση των εξόδων περίθαλψης εσωτερικού και εξωτερικού, έλλειψη ειδικευμένων επαγγελματιών και Η εισαγωγή νέων τεχνολογιών και φαρμάκων θα συμβάλει στη συνολική αύξηση των δαπανών για την υγειονομική περίθαλψη. Επί του παρόντος, οι οργανισμοί υγειονομικής περίθαλψης αντιμετωπίζουν σημαντικές προκλήσεις όσον αφορά την προμήθεια φαρμακευτικών προϊόντων σε σύγκριση με άλλους κλάδους. Αυτό μπορεί να αποδοθεί εν μέρει στην αυξημένη πολυπλοκότητα της διαχείρισης ροής logistics εντός των εταιρειών υγιεινής, όπου οι νοσοκομειακοί οργανισμοί λειτουργούν ως «μεμονωμένοι πράκτορες» με τα δικά τους γραφεία αγορών, φαρμακεία και συστήματα εσωτερικής διανομής που βασίζεται στην

παράδοση. Ως αποτέλεσμα, ξεκίνησαν πολυάριθμες συναλλαγές με διάφορους πωλητές, που οδήγησαν σε σημαντικές αγορές φαρμάκων από μεμονωμένα τμήματα. Αυτό δημιούργησε έξοδα αποθέματος και αποθήκευσης. Λόγω του ευρέος φάσματος περιουσιακών στοιχείων που πρέπει να διαχειρίζονται, η λειτουργία logistics αναλαμβάνει συχνά μια οργανωτική ευθύνη που είναι διασκορπισμένη και κατακερματισμένη σε πολλές οργανικές μονάδες. Αυτή η κατάσταση δημιουργεί εμφανείς προκλήσεις στον συντονισμό και την ολοκλήρωση (Shou, 2013).

Εκτός από τους κινδύνους που συνδέονται με τη λειτουργική διαχείριση και τη διαχείριση αποθεμάτων, οι διαφορετικοί τρόποι μεταφοράς συνεπάγονται το δικό τους σύνολο κινδύνων που μπορεί να προκύψουν σε όλη τη φάση προετοιμασίας, αποθήκευσης και μεταφοράς της αποστολής. Αυτοί οι κίνδυνοι μπορεί να εκδηλωθούν ως καθυστερήσεις παράδοσης, ζημιά στο προϊόν ή σημαντικές διαφοροποιήσεις στη θερμοκρασία συντήρησης (Vitanen, 2018). Οι φυσικές καταστροφές, η πολιτική αστάθεια και οι πανδημίες είναι παραδείγματα απρόβλεπτων κρίσεων που μπορούν να επηρεάσουν οποιοδήποτε στάδιο της εφοδιαστικής αλυσίδας. Μπορούν να προκαλέσουν διακοπές, ζημιές και απώλειες διαφόρων μεγεθών (Jaberidoost et al., 2013). Συμπερασματικά, οι σημαντικοί και σοβαροί κίνδυνοι περιλαμβάνουν ρυθμιστικά ζητήματα όπως απαιτήσεις τεκμηρίωσης, συμπεριλαμβανομένης της αδειοδότησης και των γραφειοκρατικών διαδικασιών, αλλαγές στα ρυθμιστικά πρότυπα και ανακλήσεις φαρμάκων. Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι η φαρμακευτική αλυσίδα εφοδιασμού είναι ιδιαίτερα επιρρεπής σε διάφορους κινδύνους και διαταραχές. Αυτά περιλαμβάνουν ανησυχίες σχετικά με τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς, τη διαχείριση αποθεμάτων, τη ρύθμιση και την αβεβαιότητα ζήτησης. Οποιοδήποτε από αυτά τα στοιχεία μπορεί να παρεμποδίσει ουσιαστικά την παραγωγή και να διαταράξει την ομαλή κυκλοφορία φαρμάκων και φαρμακευτικών προϊόντων, οδηγώντας τελικά σε ελλείψεις στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμακευτικών προϊόντων (Gómez et al., 2020). Εκτός από την πρόκληση βλάβης στους ασθενείς, οι ελλείψεις ζωτικών φαρμάκων έχουν σημαντική επίδραση στην οικονομία. Οι ελλείψεις ουσιών θέτουν ένα σύνθετο και πολύπλευρο δίλημμα. Ως εκ τούτου, είναι επιτακτική ανάγκη να διεξαχθεί μια διεξοδική εξέταση, προκειμένου να εξακριβωθούν οι βαθύτεροι παράγοντες που συμβάλλουν στις ελλείψεις προμηθειών ή φαρμάκων, καθώς και η περίπλοκη δυναμική που εμφανίζεται μεταξύ της αποθήκης φαρμάκων, της

εφοδιαστικής αλυσίδας εφοδιασμού, των ρυθμιστικών πολιτικών και των διαδικασιών παραγωγής (Saha et al., 2022).

3.3 Pharma 4.0

Η έλευση του Industry 4.0 δεν θα μπορούσε να αφήσει ανεπηρέαστη τη φαρμακοβιομηχανία, την αποθήκευση και την εφοδιαστική αλυσίδα, ενώ πρόκειται για έναν ψηφιακό κόσμο πλήρως αυτοματοποιημένο. Η σύγκλιση της ψηφιοποίησης, του αυτοματισμού και της ενσωμάτωσης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο αναμένεται να δημιουργήσει νέα λειτουργικά παραδείγματα στον κλάδο της φαρμακευτικής παραγωγής, διευκολύνοντας την επίτευξη προτύπων ποιότητας που υπερβαίνουν το έξι σίγμα τόσο για τα μικρά όσο και για τα μεγάλα μοριακά φαρμακευτικά προϊόντα. Η πανδημία του COVID-19 έχει φέρει στο προσκήνιο την ανάγκη για τεχνολογίες παραγωγής, αποθήκευσης και διανομής που μπορούν να προσαρμοστούν έγκαιρα στην κυμαινόμενη ζήτηση και να ελαχιστοποιήσουν την εξάρτηση από την ανθρώπινη παρέμβαση καθώς εισάγονται αυτοματοποιημένες και ρομποτικές διαδικασίες. Μια προοπτική για τον κλάδο της φαρμακευτικής παραγωγής, μαζί με πιθανά ρυθμιστικά, τεχνικά και υλικοτεχνικά εμπόδια που απαιτούν επίλυση προκειμένου η κοινωνία να αξιοποιήσει πλήρως τα οφέλη του Industry 4.0 είναι η είσοδος της φαρμακοβιομηχανίας στην εποχή Pharma 4.0.

Ένα περιβάλλον Industry 4.0 χαρακτηρίζεται από την απρόσκοπτη ενσωμάτωση της ρομποτικής, της τεχνητής νοημοσύνης (AI) και της συνδεσιμότητας, η οποία δίνει τη δυνατότητα στα συστήματα να λειτουργούν με ελάχιστη ή καθόλου ανθρώπινη παρέμβαση (Leurent & deBoer, 2018). Τα ολοκληρωμένα αυτόνομα και ρομποτικά συστήματα βελτιστοποιούν την παραγωγή και τη διαχείριση σε επίπεδο επιχείρησης συνδυάζοντας δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και διαδικτυακά δεδομένα με τεχνητή νοημοσύνη και διαδικασίες βιομηχανικής παραγωγής (Moore, 2018). Η ενσωμάτωση πολλαπλών πηγών δεδομένων επιτρέπει τη σύνδεση τόσο εσωτερικών όσο και εξωτερικών πληροφοριών. Εξωτερικές πληροφορίες, όπως εμπειρία ασθενών, ζήτηση της αγοράς, αποθέματα προμηθευτών και έκτακτες ανάγκες δημόσιας υγείας, θα μπορούσαν να συγκλίνουν με εσωτερικές πληροφορίες, συμπεριλαμβανομένων των αποτελεσμάτων μοντελοποίησης και προσομοίωσης, εργαστηριακών δεδομένων και διαχείρισης ενέργειας και πόρων στη φαρμακευτική βιομηχανία. Η ενοποίηση εσωτερικών και εξωτερικών πηγών δεδομένων διευκολύνει την παρακολούθηση, τον

έλεγχο και την πρόβλεψη σε πραγματικό χρόνο, κάτι που είναι अपαράμιλλο, αλλά αποτελεί και το ζητούμενο του κλάδου αποθήκευσης και διανομής στον τομέα των φαρμάκων. Το αποτέλεσμα είναι μια φαρμακευτική αλυσίδα αξίας και ένα οικοσύστημα που ρυθμίζονται αυστηρά, συνδέονται σε μεγάλο βαθμό και ψηφιοποιούνται προς όφελος του κατασκευαστή (Markarian, 2016).

Το Pharma 4.0, που εναλλακτικά αναφέρεται ως η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση στη φαρμακευτική παραγωγή, διακρίνεται από την ενσωμάτωση τεχνολογιών αιχμής στη διαδικασία παραγωγής, συμπεριλαμβανομένης της τεχνητής νοημοσύνης (AI) και του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT). Το Pharmaceutical Industry 4.0 (PharmA 4.0) παρέχει απλοποιημένες και προσαρμόσιμες διαδικασίες παραγωγής, μειωμένο χρόνο διακοπής στην παραγωγή και διανομή φαρμάκων, βελτιωμένη συνδεσιμότητα, αυξημένη αποτελεσματικότητα και άμεσες αντιδράσεις σε ελλείψεις φαρμάκων ή προμηθειών. Κατά συνέπεια, το Pharma 4.0 έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει τόσο την κλινική όσο και τη λειτουργική απόδοση (Saha et al., 2022). Στην εποχή του Pharma 4.0, οι διαδικασίες της φαρμακευτικής αλυσίδας εφοδιασμού είναι ζωτικής σημασίας για τη βελτίωση της συνολικής απόδοσης.

Με αυξημένη παραγωγικότητα, βελτιωμένη συνδεσιμότητα, ταχύτερες απαντήσεις στις ελλείψεις φαρμάκων και λιγότερες διακοπές στην παραγωγή και παράδοση φαρμάκων, το Pharma 4.0 έχει τη δυνατότητα να ενισχύσει την ευρωστία και την προσαρμοστικότητα των διαδικασιών παραγωγής. Επιπλέον, από τους Saha et al., 2022 τονίζεται πώς το Pharma 4.0 μπορεί να βελτιώσει τη λειτουργική και κλινική απόδοση. Καθώς η πρόοδος προς ένα τεχνολογικά προηγμένο μέλλον συνεχίζεται, πολλοί τομείς της οικονομίας αναζητούν καινοτόμες και προνοητικές στρατηγικές για προσαρμογή. Αυτό το φαινόμενο είναι ιδιαίτερα εμφανές στον φαρμακευτικό τομέα, όπου οι φαρμακευτικές εταιρείες προσπαθούν να προσαρμόσουν τις διαδικασίες τους προκειμένου να παραμείνουν ενημερωμένες με τις αναδυόμενες τάσεις. Πολλοί παράγοντες, συμπεριλαμβανομένης της προόδου της τεχνολογίας AI και της αυξανόμενης τάσης προς την εξατομικευμένη ιατρική, μεταμορφώνουν σημαντικά τη διαδικασία ανάπτυξης φαρμάκων. Καθώς η φαρμακευτική βιομηχανία ετοιμάζεται να διαθέσει ένα εκπληκτικό ποσό 3 δισεκατομμυρίων δολαρίων για την τεχνητή νοημοσύνη (AI) στην ανακάλυψη φαρμάκων έως το 2025, οι εταιρείες του κλάδου λαμβάνουν προληπτικά μέτρα για να προσαρμοστούν και να αναπτυχθούν. Παρά τη σημαντική αναταραχή που αντιμετώπισε η βιομηχανία ανάπτυξης φαρμάκων

εν μέσω της πανδημίας Covid-19, η κρίση ανάγκασε τους οργανισμούς να υιοθετήσουν νέες τεχνικές φαρμακευτικής παραγωγής, εφοδιασμού και αποθήκευσης που προωθούνται από την τεχνολογία, αρκετές από τις οποίες συνεχίζουν να εφαρμόζονται επί του παρόντος.

Η φαρμακευτική ανάπτυξη είναι ένας τομέας που χαρακτηρίζεται από συνεχείς αλλαγές και καινοτομίες, με νέες και προοδευτικές τάσεις να αναδύονται συνεχώς. Από το 2023, οι φαρμακευτικές εταιρείες απασχολούνται σταδιακά με την αξιοποίηση των δυνατοτήτων των ψηφιακών και αυτοματοποιημένων τεχνολογιών για τη βελτιστοποίηση και τη μείωση των λειτουργικών δαπανών, εκδηλώνοντας έτσι τα αποτελέσματα αυτών των τάσεων. Περαιτέρω γνώση των παραγόντων που ωθούν αυτόν τον στόχο, θα οδηγήσουν σε μεταμόρφωση του φαρμακευτικού κλάδου.

Τα τελευταία χρόνια, η τεχνητή νοημοσύνη είναι η πιο επαναστατική τεχνολογία που έχει εμφανιστεί. Σημαντικοί τομείς της παγκόσμιας οικονομίας υπόκεινται σε μετασχηματισμό και η φαρμακοβιομηχανία δεν εξαιρείται από αυτό. Οι εταιρείες παραγωγής φαρμακευτικών προϊόντων μπορούν να επιτύχουν εξοικονόμηση χρόνου και κόστους χρησιμοποιώντας την τεχνητή νοημοσύνη για τη βελτιστοποίηση της διαδικασίας ανάπτυξης φαρμάκων. Περίπου δώδεκα χρόνια είναι η τυπική διάρκεια για την ανάπτυξη φαρμάκων και τα κουραστικά ερευνητικά καθήκοντα, όπως η ενδεδειγμένη μελέτη όλων των παραγόντων που συνδέονται με ένα φάρμακο. Αξιοποιώντας λειτουργίες τεχνητής νοημοσύνης, συμπεριλαμβανομένης της συλλογιστικής, της αναζήτησης λύσεων και της μηχανικής μάθησης, οι φαρμακευτικοί ερευνητές μπορούν να επιταχύνουν τη διαδικασία εντοπισμού πιθανών φαρμάκων, μειώνοντας κατά συνέπεια τη διάρκεια και τις οικονομικές επενδύσεις που σχετίζονται με τη φάση ανακάλυψης φαρμάκων.

Συμπεράσματα

Ένα κρίσιμο στοιχείο των επιχειρηματικών λειτουργιών, η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας (SCM) περιλαμβάνει την οργάνωση, την εκτέλεση και την επίβλεψη του πλήρους κύκλου ζωής των προϊόντων, συμπεριλαμβανομένης της προμήθειας, της κατασκευής, της διανομής και της παράδοσης στον τελικό πελάτη. Η αποτελεσματική διαχείριση της διακίνησης προϊόντων, πληροφοριών και οικονομικών από το σημείο παραγωγής στο σημείο της τελικής κατανάλωσης είναι ο θεμελιώδης

στόχος της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας. Τα βασικά στοιχεία της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας περιλαμβάνουν ένα σύνολο σταδίων, όπως ο σχεδιασμός, ο οποίος συνεπάγεται την ανάπτυξη μιας επιχειρησιακής στρατηγικής για την αλυσίδα εφοδιασμού. Στο στάδιο αυτό περιλαμβάνεται ο καθορισμός των μετρήσεων απόδοσης, τον καθορισμό στόχων και την οριοθέτηση των ευθυνών κάθε οντότητας εντός της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ακολουθεί το στάδιο της προμήθειας, το οποίο περιλαμβάνει μια σειρά δραστηριοτήτων, συμπεριλαμβανομένης της αναγνώρισης και επιλογής προμηθευτή, της δημιουργίας σχέσεων, της διαπραγμάτευσης συμβάσεων και της διαχείρισης της διαδικασίας προμήθειας για βασικά υλικά ή εξαρτήματα που απαιτούνται για την παραγωγή. Η κατασκευή ή η παραγωγή περιλαμβάνει την εκτέλεση δραστηριοτήτων που απαιτούνται για τη δημιουργία προϊόντων, όπως η διαχείριση διαδικασιών, ο ποιοτικός έλεγχος και η βελτιστοποίηση της αποδοτικότητας. Τα logistics και οι μεταφορές περιλαμβάνουν τη διαχείριση της ροής των προϊόντων από τις εγκαταστάσεις παραγωγής στα κέντρα διανομής και, τέλος, στους λιανοπωλητές ή στους τελικούς καταναλωτές. Τμήμα της εφοδιαστικής αλυσίδας αποτελεί και η αποθήκευση, η μεταφορά και η διαχείριση αποθεμάτων. Επίσης, η διανομή των προϊόντων. Η διαχείριση του δικτύου διανομής, συμπεριλαμβανομένης της εκπλήρωσης παραγγελιών, του προγραμματισμού μεταφοράς και της παράδοσης στον τελικό πελάτη, είναι ευθύνη αυτής της φάσης ο τομέας περιλαμβάνει τη διαχείριση προϊόντων σε επίπεδο λιανικής, συμπεριλαμβανομένων συστημάτων σημείων πώλησης, ελέγχου αποθεμάτων και αλληλεπιδράσεων με πελάτες, για καταναλωτικά αγαθά. Το στάδιο της επιστροφής περιλαμβάνει τη διαχείριση των επιστροφών καταναλωτικών προϊόντων, την επεξεργασία ελαττωματικών αντικειμένων και την εκτέλεση διαδικασιών αντίστροφης εφοδιαστικής. Επιπρόσθετα, τα ακριβή και έγκαιρα δεδομένα είναι κρίσιμα για την αποτελεσματική διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Αυτό περιλαμβάνει την εφαρμογή τεχνολογικών προόδων, όπως τα συστήματα Enterprise Resource Planning (ERP) και το RFID (Radio Frequency Identification), τα οποία διευκολύνουν την παρακολούθηση και τον έλεγχο των αποστολών και του αποθέματος. Η διαχείριση κινδύνου συνεπάγεται τον εντοπισμό και τον μετριασμό των κινδύνων της εφοδιαστικής αλυσίδας, συμπεριλαμβανομένων, ενδεικτικά, διαταραχών εφοδιασμού πρώτων υλών, γεωπολιτικών αναταραχών, φυσικών καταστροφών και άλλων απρόβλεπτων περιστατικών. Η εξοικονόμηση κόστους, η αυξημένη ικανοποίηση των καταναλωτών και το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα είναι όλα πιθανά αποτελέσματα της

αποτελεσματικής διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας. Καθώς οι επιχειρήσεις επεκτείνουν τις δραστηριότητές τους παγκοσμίως, η πολυπλοκότητα και η σημασία της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας κλιμακώνονται περαιτέρω. Εκτός από την ενσωμάτωση της ανάλυσης δεδομένων, της αλυσίδας μπλοκ και της τεχνητής νοημοσύνης, οι διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας υπόκεινται σε τεχνολογική ενοποίηση για την αύξηση της διαφάνειας και της αποτελεσματικότητας τους.

Πολυάριθμες προκλήσεις της αλυσίδας εφοδιασμού αντιμετωπίζει η φαρμακευτική βιομηχανία, καθεμία από τις οποίες έχει τη δυνατότητα να επηρεάσει την παραγωγή, τη διανομή και τη διαθεσιμότητα φαρμάκων. Οι προκλήσεις αυτές αφορούν στην κανονιστική συμμόρφωση. Η συμμόρφωση αυτή αφορά σε μια πληθώρα εθνικών και διεθνών κανονισμών, η οποία είναι επιτακτική στη φαρμακευτική βιομηχανία, η οποία υπόκειται σε εκτεταμένες ρυθμίσεις. Η αλυσίδα εφοδιασμού μπορεί να επηρεαστεί από ρυθμιστικές τροποποιήσεις, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που σχετίζονται με τα πρότυπα ποιότητας, την επισήμανση και τη συσκευασία. Τα φαρμακευτικά προϊόντα υπόκεινται σε αυστηρές διαδικασίες ποιοτικού ελέγχου. Είναι απαραίτητο να διασφαλίζεται η ασφάλεια και η ποιότητα των τελικών προϊόντων, των ενδιάμεσων προϊόντων και των βασικών υλικών. Η παραμέληση της τήρησης των προτύπων ποιότητας μπορεί να οδηγήσει σε ανακλήσεις, ελλείψεις ή δικαστικές προσφυγές. Επίσης, μια από τις προκλήσεις αφορά στους παρατεταμένους χρόνους παράδοσης και τον κύκλο ζωής των προϊόντων. Οι φάσεις έρευνας και ανάπτυξης, οι φάσεις των κλινικών δοκιμών και η φάση της ρυθμιστικής έγκρισης της διαδικασίας παραγωγής και ανάπτυξης φαρμακευτικών προϊόντων απαιτούν μεγάλους χρόνους παράδοσης. Επιπλέον, η προστασία με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας μπορεί να περιορίσει τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος από τη στιγμή που θα εισαχθεί στην αγορά. Η αποτελεσματική διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού κατά τη διάρκεια αυτών των παρατεταμένων χρονικών περιόδων αποτελεί μια τρομερή πρόκληση. Επιπλέον, μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις αφορά στις συνθήκες συντήρησης και μεταφοράς. Για να διατηρηθεί η αποτελεσματικότητα των φαρμάκων, πολλά φαρμακευτικά προϊόντα, ιδιαίτερα βιολογικά και εμβόλια, απαιτούν ακριβείς ελέγχους θερμοκρασίας. Μεγάλος αριθμός φαρμακευτικών σκευασμάτων πρέπει να διατηρούνται σε χαμηλές θερμοκρασίες. Έτσι, είναι απαραίτητη η διαχείριση μιας αλυσίδας ψύξης σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού, προκειμένου να αποφευχθεί η αλλοίωση των προϊόντων και να διατηρηθεί η ακεραιότητά τους. Επιπρόσθετα, οι φαρμακευτικές εταιρείες συχνά

ασχολούνται με την προμήθεια βασικών υλικών, την παραγωγή τελικών προϊόντων και τη διανομή σε όλο τον κόσμο. Η ευπάθεια αυτού του περίπλοκου δικτύου ανεφοδιασμού σε διακοπές που προκαλούνται από γεωπολιτικές συγκρούσεις, φυσικές καταστροφές ή απρόβλεπτα περιστατικά σε διάφορες περιοχές ενισχύεται.

Η έλλειψη συνολικής ορατότητας σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού μπορεί να εμποδίσει τη δυνατότητα εντοπισμού και παρακολούθησης προϊόντων, προκαλώντας έτσι επιπλοκές σε τομείς όπως ο έλεγχος των αποθεμάτων, η πρόβλεψη ζήτησης και η ικανότητα άμεσης αντίδρασης σε απότομες διακυμάνσεις ή διαταραχές της αγοράς. Η ασφάλεια των ασθενών και η φήμη της επωνυμίας τίθενται σε σοβαρό κίνδυνο από τα πλαστά φάρμακα. Είναι ζωτικής σημασίας να διασφαλιστεί η αυθεντικότητα των φαρμακευτικών προϊόντων σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού. Επιπλέον, τα ζητήματα πνευματικής ιδιοκτησίας περιπλέκουν τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Τέλος, οι παγκόσμιες κρίσεις υγείας και οι πανδημίες έχουν τη δυνατότητα να προκαλέσουν σημαντικές διαταραχές στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμακευτικών προϊόντων. Η πανδημία COVID-19, για παράδειγμα, έφερε στο φως αδυναμίες στην εφοδιαστική αλυσίδα λόγω των διαταραχών που προκάλεσε στην προμήθεια βασικών υλικών, στις διαδικασίες κατασκευής και στη μεταφορά.

Μία από τις διαρκείς προκλήσεις έγκειται στην ισορροπία μεταξύ της αστάθειας της ζήτησης και των περιορισμών της παραγωγικής ικανότητας. Απροσδόκητες αυξήσεις της ζήτησης ή διαταραχές στην αλυσίδα εφοδιασμού μπορεί να οδηγήσουν σε ελλείψεις ή πλεονάσματα αποθεμάτων. Οι διαφοροποιήσεις σε όλα τα παραπάνω οδηγούν σε μεταβολές στη διάθεση και την τιμή των προϊόντων ενώ οι δαπάνες έρευνας και ανάπτυξης, η συμμόρφωση με τους κανονισμούς και η απαίτηση για τεχνολογίες παραγωγής αιχμής συμβάλλουν σε πιέσεις κόστους στη φαρμακευτική βιομηχανία. Η διαχείριση του κόστους και η διασφάλιση της αξιοπιστίας της εφοδιαστικής αλυσίδας απαιτούν μια διαρκή πράξη εξισορρόπησης. Η συνεργασία μεταξύ φαρμακευτικών εταιρειών, ρυθμιστικών φορέων, προμηθευτών και εταίρων logistics είναι απαραίτητη για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων. Η ενσωμάτωση προηγμένων τεχνολογιών όπως το blockchain, η τεχνητή νοημοσύνη και η ανάλυση δεδομένων έχει τη δυνατότητα να αυξήσει την ορατότητα, την ιχνηλασιμότητα και την αποτελεσματικότητα της φαρμακευτικής αλυσίδας εφοδιασμού. Επιπλέον, είναι σημαντικό να καλλιεργηθεί μια εφοδιαστική αλυσίδα που

να είναι ταυτόχρονα ανθεκτική και προσαρμόσιμη, προκειμένου να αντιμετωπίζονται αποτελεσματικά οι απρόβλεπτες διακοπές.

Οι διαδικασίες παραγωγής και διανομής φαρμακευτικών προϊόντων πρέπει να είναι αξιόπιστες, προσαρμόσιμες και να ανταποκρίνονται στις συχνά απρόβλεπτες απαιτήσεις που συνεπάγονται αυτές οι διαδικασίες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι εκτός από την επιρροή του από εξωτερικούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένου του πολιτικού, κοινωνικού και οικονομικού περιβάλλοντος, τα φάρμακα και η διανομή τους είναι επίσης εξαιρετικά επιρρεπή στις επικρατούσες συνθήκες καθώς και σε ένα πλήθος καταναλωτικών παραγόντων. Όσον αφορά τους παράγοντες των καταναλωτών, συχνά οι ιατροί, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για τη συνταγογράφηση των σκευασμάτων, οι χημικοί και οι πληρωτές είναι αυτοί που έχουν την εξουσία επί των αποφάσεων κατανάλωσης και όχι οι ίδιοι οι ασθενείς. Κατά συνέπεια, οι διαφορές στις πολιτικές και τις πρακτικές μπορεί να δημιουργήσουν πολυπλοκότητα στην πρόβλεψη της ζήτησης. Ο ανταγωνισμός της φαρμακευτικής αγοράς υπόκειται σε διαφοροποιήσεις μεταξύ των φαρμάκων, καθώς η δυνατότητα υποκατάστασης των θεραπευτικών προϊόντων καθορίζεται από παράγοντες όπως η προστασία με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας, η διαθεσιμότητα εναλλακτικών γενόσημων και κλινικά στοιχεία. Λόγω του γεγονότος ότι το PSC είναι εγγενώς συνδεδεμένο με αυτές τις περίπλοκες ιδιότητες, η λειτουργική αναποτελεσματικότητα είναι αναπόφευκτη στο PSC, εκθέτοντας με αυτόν τον τρόπο τα φαρμακευτικά σκευάσματα σε κινδύνους ποικίλης σοβαρότητας.

Η κατάσταση αναμένεται να μεταβληθεί με την εφαρμογή των αρχών του Industry 4.0 στον φαρμακευτικό τομέα, η οποία αναφέρεται ως Pharma 4.0. Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση, που χαρακτηρίζεται από την ενσωμάτωση ψηφιακών τεχνολογιών, αυτοματισμού και ανταλλαγής δεδομένων σε όλα τα στάδια παραγωγής, αναφέρεται ως Industry 4.0. Το Pharma 4.0 είναι το αποτέλεσμα της εφαρμογής αυτών των αρχών στη φαρμακοβιομηχανία σε μια προσπάθεια να αυξηθεί η συνολική αποτελεσματικότητα, η παραγωγικότητα και η αποδοτικότητα στην ανάπτυξη, την παραγωγή και τη διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού φαρμάκων. Το Pharma 4.0 περιλαμβάνει ένα πλήθος τεχνολογιών και μεθοδολογιών που εφαρμόζονται στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων με στόχο την ενίσχυση της διαφάνειας, της ιχνηλασιμότητας και της αποτελεσματικότητας. Στα σημαντικά στοιχεία περιλαμβάνονται η υιοθέτηση ψηφιακών τεχνολογιών με σκοπό τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού φαρμακευτικών

προϊόντων. Αυτό περιλαμβάνει τη χρήση προηγμένων αναλυτικών στοιχείων, αισθητήρων και συσκευών IoT για την παρακολούθηση και τη βελτιστοποίηση διαφόρων διαδικασιών. Επίσης, η εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain προτείνεται ως μέσο για την ενίσχυση της διαφάνειας και της ιχνηλασιμότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας. Με την ασφαλή τεκμηρίωση και επικύρωση των συναλλαγών, αυτή η τεχνολογία παρέχει έναν αναλλοίωτο και αξιόπιστο απολογισμό της προόδου του φαρμακευτικού προϊόντος από την παραγωγή στη διανομή. Βελτίωση της αποτελεσματικότητας των διαδικασιών παρασκευής φαρμάκων μέσω της εφαρμογής έξυπνων τεχνολογιών παραγωγής, συμπεριλαμβανομένων της ρομποτικής, του αυτοματισμού και της παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε βελτιωμένη διασφάλιση ποιότητας και επιταχυνόμενους κύκλους παραγωγής. Επίσης, η εφαρμογή αναλύσεων δεδομένων και αισθητήρων για την εφαρμογή τεχνικών πρόβλεψης συντήρησης προκειμένου να προγραμματιστεί προληπτικά η συντήρηση και να προβλεφθούν αστοχίες του εξοπλισμού. Αυτό βοηθά στην πρόληψη των διαταραχών της εφοδιαστικής αλυσίδας. Στόχος είναι η δημιουργία συνεργατικών πλατφορμών που διευκολύνουν τη σύνδεση διαφόρων ενδιαφερομένων μερών της φαρμακευτικής αλυσίδας εφοδιασμού —παρασκευαστών, διανομέων και ρυθμιστικών αρχών. Αυτή η διαδικασία επιτρέπει τη στιγμιαία ανταλλαγή και επικοινωνία δεδομένων, ενισχύοντας έτσι τον συντονισμό και την ταχύτητα. Το Pharma 4.0 προσπαθεί να βελτιώσει την ασφάλεια των ασθενών και την προσβασιμότητα στα φάρμακα μέσω της ενσωμάτωσης αυτών των τεχνολογιών και αρχών στην αλυσίδα εφοδιασμού και στην αποθήκευση φαρμακευτικών προϊόντων, ενισχύοντας έτσι μεγαλύτερη ευελιξία, διαφάνεια και αποτελεσματικότητα. Είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη ότι ο βαθμός στον οποίο υιοθετούνται αυτές οι τεχνολογίες μπορεί να διαφέρει μεταξύ φαρμακευτικών εταιρειών και περιοχών.

Βιβλιογραφία

Abideen A., Mohamad F.B., 2021. Improving the performance of a Malaysian pharmaceutical warehouse supply chain by integrating value stream mapping and discrete event simulation. *J. Model. Manag.* 2021;16:70–102. doi: 10.1108/JM2-07-2019-0159.

Abideen, A.Z., Binti Mohamad, F., 2019. Improving Pharmaceutical Warehouse Supply Chain Lead Time — From Production to Cross-Docking. In: 2019 IEEE Conf. Sustain. Util. Dev. Eng. Technol., CSUDET 2019. pp. 63–68. 10.1109/CSUDET47057.2019.9214732.

AbuKhoussa, E., Al-Jaroodi, J., Lazarova-Molnar, S. and Mohamed, N., 2014. “Simulation and modeling efforts to support decision making in healthcare supply chain management”, *The Scientific World Journal*, Vol. 2014, Article ID 354246, 16pp, available at: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/354246>

Adsul K.B., Kosbatwar S.P., Kajal M., Adsul B., 2020 A novel approach for traceability & detection of counterfeit medicines through blockchain. University of Manchester.

Agarwal A., Shankar R., Tiwari M.K., 2007. Modeling agility of supply chain. *Ind. Mark. Manag.*;36, pp.443–57.

Alshahrani W, Alshahrani R., 2021. Assessment of blockchain technology application in the improvement of pharmaceutical industry international conference of women in data science At Taif University (WiDSTaif);. pp. 1–5.

Arslan M., 2020. Application of AHP method for the selection of pharmaceutical warehouse location. *Ankara Univ. Vet. Fak. Derg.*;44, pp.253–264. doi: 10.33483/JFPAU.709528.

Aronsson, H., Abrahamsson, M., Spens, K., 2011. “Developing lean and agile health care supply chains”, *Supply Chain Management: An International Journal*,16(3), pp. 176-183.

Askariazad M. & Wanous M., 2009. A proposed value model for prioritising supply chain performance measures. *Int. J. Bus. Perform. Supply Chain Model.*;1, pp.115–28.

Ayers, J.B., 2001. *Handbook of Supply Chain Management*. Boca Raton: The St. Lucie Press/APICS Series

- Ballou, R., Gilbert, S. and Mukherjee, A., 2000. New Managerial Challenges from Supply Chain Opportunities. *Industrial Marketing Management*, 29 (1), pp.7-18
- Barshooi A.H., Amirkhani A., 2022. A novel data augmentation based on gabor filter and convolutional deep learning for improving the classification of COVID-19 chest X-ray images. *Biomed. Signal Process. Control.*;72 doi: 10.1016/J.BSPC.2021.103326.
- Birkie S.E., Trucco P. & Campos P., 2017. Effectiveness of resilience capabilities in mitigating disruptions: leveraging on supply chain structural complexity. *Supply Chain Manag.* ;22, pp.506–521. doi: 10.1108/SCM-01-2017-0009.
- Bowersox, D., Closs, D. and Cooper, B., 2002. *Supply Chain Logistics Management*. New York: McGraw-Hill/Irwin
- Bowersox D.J., Closs D.J. & Copper M.B., 2012. *Supply Chain Logistics Management*. 4th ed. McGraw-Hill, Boston et al
- Căescu, Ș.C. and Dumitru, I., 2011. Particularities of the competitive environment in the business to business field. *Management & Marketing*, 6 (2), pp. 273-284.
- Chan F.T.S., Qi H.J., Chan H., Lau H.C.W., Ip R.W.L, 2003. A conceptual model of performance measurement for supply chains. *Manag. Decis.*;41, pp.635–42.
- Chandrasekaran N. & Kumar S.M., 2003. *Pharmaceutical supply chain challenges and best practices*. India: Working Paper, CII–Institute of Logistics.
- Chartered Institute of Purchasing & Supply, 2012. *Purchasing & Supply Management Jargon Buster*. Chartered Institute of Purchasing & Supply.
- Chen, I. J. and Paulraj, A., 2004. Towards a theory of supply chain management: the constructs and measurements. *Journal of Operations Management*, 22 (2), pp. 119-150.
- Chopra, S. and Meindl, P., 2007. *Supply chain management: strategy, planning, and operation*. 3rd edition. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall.
- Chopra S. & Meindl, P., 2012. *Supply Chain Management. Strategy, Planning and Operation*. 5th edn. Pearson, Harlow
- Christopher, M., 2011. *Logistics and Supply Chain Management. Creating Value-Adding Networks*. 4th edn. FT Press, New Jersey

- Cooper, M. C. and Ellram, L. M., 1993. Characteristics of Supply Chain Management and the Implications for Purchasing and Logistics Strategy. *The International Journal of Logistics Management*, 4 (2), pp.13-24.
- Demirel T., Demirel N.Ç., 2010. Kahraman C. Multi-criteria warehouse location selection using choquet integral. *Expert Syst. Appl.* 2010;37:3943–3952. doi: 10.1016/J.ESWA.2009.11.022
- Dolgui A. & Proth J.M., 2010. *Supply Chain Engineering: Useful Methods and Techniques*. Springer, Berlin
- Eitelwein O., 2014. *Preparing the supply chain pharma needs. AT Kearney pharma supply chain panel*. Chicago, United States: A.T. Kearney Inc.
- Elbeddini A., Hooda N. & Yang L., 2020. Role of Canadian pharmacists in managing drug shortage concerns amid the COVID-19 pandemic. *Can. Pharm. J.*;153, pp.198–203. doi: 10.1177/1715163520929387.
- Florea, N. & Clipa, C., 2005. *Supply Chain Management - introducere, bazele, edificiulși istoricul SCM*.
- Forrester, J.W., 1968. Industrial dynamics—A response to Ansoff and Slevin. *Manag. Sci.*, 14, pp. 601–618
- Garankina R.Y., Zakharochkina E.R., Samoshchenkova I.F., Lebedeva N.Y., Lebedev A.V., 2018. Blockchain technology and its use in the area of circulation of pharmaceuticals. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research.*;10(11), pp.2715–2717.
- Geary S., Marien J.A., 2001. *The Supply Chain Yearbook*. New York : McGraw-Hill; 2001. Top performers cut total supply-chain costs; pp. 427–30
- Ghatari A.R., Mehralian G., Zarenezhad F., Rasekh H., 2015. Developing a model for agile supply: An empirical study from Iranian pharmaceutical supply chain. *Int. J. Pharm. Healthc. Mark.*;9, pp.189–201.
- Ghatari A.R., Mehralian G., Zarenezhad F., Rasekh H.R., 2013. Developing a model for agile supply: An empirical study from Iranian pharmaceutical supply chain. *Shaheed Beheshti Univ. Med. Sci. Heal. Serv. Iran. J. Pharm. Res.* 2013;12:193–205.

- Gómez, J. C. O. & España, K. T., 2020. Operational risk management in the pharmaceutical supply chain using ontologies and fuzzy QFD. *Procedia Manuf.* **51**, pp. 1673–1679.
- Gunasekaran A., Lai K. hung, Edwin Cheng T.C., 2008. Responsive supply chain: A competitive strategy in a networked economy. *Omega*;36, pp.549–64
- Habib, M., 2010. Supply chain management: theory and its future perspectives. *International Journal of Business, Management and Social Sciences*, 1 (1), pp. 79-87.
- Handfield, R. B. & Nichols, E. L., 2003. *Introduction to Supply Chain Management*. 2nd edition. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Handfield R.B. & Nichols E.L., 2002. *Supply chain redesign: Transforming supply chains into integrated value systems*. New Jersey: Pearson Financial Times Press.
- Haq I. & Muselemu O., 2018. Blockchain technology in pharmaceutical industry to prevent counterfeit drugs. *International Journal of Computer Applications*. ;180(25), pp.8–12. doi: 10.5120/ijca2018916579.
- Houlihan, J.B., 1985. International Supply Chain Management. *Int. J. Phys. Distrib. Mater. Manag.*, 15, pp. 22–38.
- Huang Y., Wu J., Long C., 2018. Drugledger: a practical blockchain system for drug traceability and regulation. IEEE international conference on internet of things (iThings) and IEEE green computing and communications (GreenCom) and IEEE cyber, physical and social computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData); Piscataway. pp. 1137–1144.
- Huang S.H., Sheoran S.K., Wang G., 2004. A review and analysis of supply chain operations reference (SCOR) model Supply Chain Manag. *An. Int. J.* ;9, pp.23–9.
- Huang SH, Sheoran SK, Keskar H., 2005. Computer-assisted supply chain configuration based on supply chain operations reference (SCOR) model. *Comput. Ind. Eng.*;48,pp.377–94.
- Hugos, M.H., 2006. *Essentials of Supply Chain Management*. 2nd edition. Hoboken: John Willey & Sons.

Jain V., Wadhwa S., Deshmukh S.G., 2006. Modelling and analysis of supply chain dynamics: a high intelligent time (HIT) Petri net based approach. *Int. J. Ind. Syst. Eng.*;1, pp.59–86.

Jaberidoost, M., Nikfar, S., Abdollahiasl, A. & Dinarvand, R., 2013. Pharmaceutical supply chain risks: A systematic review. *Daru* 21(1), 69. <https://doi.org/10.1186/2008-2231-21-69>.

Jiang, X., Zhao, D., Xu, H., 2019. Analysis and reconstruction of Pharmaceutical Warehouse logistics delivery system. In: Proc. - 2019 IEEE Int. Conf. Smart Manuf. Ind. Logist. Eng., SMILE 2019. pp. 226–229. 10.1109/SMILE45626.2019.8965295.

Jamil F., Hang L., Kim K., Kim D., 2019. A novel medical blockchain model for drug supply chain integrity management in a smart hospital. *Electronics*.;8(5), p.505. doi: 10.3390/electronics8050505

Kumar A., Zavadskas E.K., Mangla S.K., Agrawal V., Sharma K., Gupta D. 2018. When risks need attention: adoption of green supply chain initiatives in the pharmaceutical industry. 57, pp. 3554–3576

Kumar A., Choudhary D., Raju M.S., Chaudhary D.K., Sagar R.K., 2019. Combating counterfeit drugs: a quantitative analysis on cracking down the fake drug industry by using Blockchain technology. 2019 9th international conference on cloud computing, data science & engineering (Confluence), pp. 174–178.

Kuo S., Ou H.T., Wang C.J., 2021. Managing medication supply chains: Lessons learned from Taiwan during the COVID-19 pandemic and preparedness planning for the future. *J. Am. Pharm. Assoc.*;61, pp.12–15. doi: 10.1016/j.japh.2020.08.029.

Lai K.H.M., Ngai E.W.T., Cheng T.C.E., 2002. Measures for evaluating supply chain performance in transport logistics. *Transp. Res. E Logist. Transp. Rev.*;38, pp.439–56.

Lambert, D.M., Stock, J.R. and Ellram, L. M., 1998. *Fundamentals of Logistics Management*. Boston: Irwin/McGraw-Hill.

Lambert, D.M., Cooper, M.C. & Pagh, J.D., 1998. Supply Chain Management Implementation Issues and Research Opportunities. *The International Journal of Logistics Management*, 11 (1), pp. 1-17.

Langroodi R.R.P., Amiri M., 2016. A system dynamics modeling approach for a multi-level, multi-product, multi-region supply chain under demand uncertainty. *Expert Syst. Appl.*;51, pp.231–44

Larsson, P.D. and Halldorsson, A., 2004. Logistics versus Supply Chain Management. An International Survey. *International Journal of Logistics. Research and Applications*, 7 (1), pp. 17-31.

Lee, S.M., Lee, D. & Schniederjans, M.J., 2011. “Supply chain innovation and organizational performance in the healthcare industry”, *International Journal of Operations & Production Management*, 31(11), pp. 1193-1214.

Leurent, H. & deBoer, E., 2018. The Next Economic Growth Engine Scaling Fourth Industrial Revolution Technologies in Production http://www3.weforum.org/docs/WEF_Technology_and_Innovation_The_Next_Economic_Growth_Engine.pdf

Liu S., Papageorgiou L.G., 2013. Multiobjective optimisation of production, distribution and capacity planning of global supply chains in the process industry. *Omega*.;41, pp.369–82.

Logistics & Supply Chain Management Society, 2012. SCM Dictionary. Logistics & Supply Chain Management Society.

Makarov A.M. & Pisarenko E.A., 2019. Blockchain technology in the production and supply of pharmaceutical products. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference on Digital Economy (ISCDE 2019).

Markarian J., 2016. The Internet of Things for Pharmaceutical Manufacturing PharmTech

Marinakis, Y. & Migdalas, A., 2008. *Modelling and Optimization of Supply Chain*, (in Greek), Sophia Publishers, Thessaloniki, pages 533, ISBN: 978-960-6706-17-2.

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

- Misra V., Khan M.I, Singh U.K., (2010) "Supply Chain Management Systems: Architecture, Design and Vision," *Journal of Strategic Innovation and Sustainability*, 6 (4), pp. 96 – 101.
- Moise, M., 2008. The importance of reverse logistics for retail activity. *Amfiteatru Economic*, X (24), pp. 192-209
- Moosivand A., Rajabzadeh Ghatari A., Rasekh H.R., 2019 Supply chain challenges in pharmaceutical manufacturing companies: Using qualitative system dynamics methodology. *Iran J Pharm Res.*;18(2), pp.1103–1116. doi: 10.22037/ijpr.2019.2389.
- Nikitenko, V., 2019. The impact of digitalization on value orientations changes in the modern digital society. *Humanit. Stud.*, 2, pp.80–94.
- Oliver, R. K. and Webber, M. D., 1982. *Supply-chain management: logistics catches up with strategy*. In: M. Christopher, ed.1992. *Logistics: The strategic issues*. London: Chapman & Hall, pp. 63-75.
- Özkan B., 2017. A fuzzy based goal programming methodology for minimizing the risk factors: A real case application in pharmaceutical sector. *J. Mult. Valued Log. Softw. Comput.*;28, pp. 475–493
- Qi, Y., Mao, Z., Zhang, M., Guo, H., 2020. Manufacturing practices and servitization: The role of mass customization and product innovation capabilities. *Int. J. Prod. Econ.*, 228, 107747
- Qashlim A., Basri Syarli, 2019. Industry system integration of drug distribution on pharmaceutical installation based on supply chain management. *J. Phys. Conf. Ser.*;1244 doi: 10.1088/1742-6596/1244/1/012009.
- Plotnikov V. & Kuznetsova V., 2018. The prospects for the use of digital technology ‘blockchain’ in the pharmaceutical market. *MATEC Web Conference.* ;193, pp.1–6. doi: 10.1051/mateconf/201819302029.
- Purvis, B., Mao, Y., Robinson, D., 2019. Three pillars of sustainability: In search of conceptual origins. *Sustain. Sci.*, 14, pp. 681–695
- Russel, R. S. and Taylor, B.W., 2009. *Operations Management along the Supply Chain*. 6th edition. Hoboken: John Wiley & Sons

Saha E., Rathore P., Parida R., Rana N.P., 2022. The interplay of emerging technologies in pharmaceutical supply chain performance: An empirical investigation for the rise of Pharma 4.0. *Technol. Forecast Soc. Change.*;181, p.121768. doi: 10.1016/j.techfore.2022.121768.

Satria, D., Sensuse, D.I., Noprisson, H., 2017. A systematic literature review of the improved agile software development. In: 2017 Int. Conf. Inf. Technol. Syst. Innov., ICITSI 2017 - Proc. 2018-January. pp. 94–99. 10.1109/ICITSI.2017.8267925.

Shah N., 2004. Pharmaceutical supply chains: key issues and strategies for optimisation. *Comput. Chem. Eng.*;28, pp.929–41.

Sarimveis H., Patrinos P., Tarantilis C.D., Kiranoudis C.T., 2008. Dynamic modeling and control of supply chain systems: A review. *Comput. Oper. Res.*;35, pp.3530–61

Schöner M.M., Kourouklis D., Sandner P., Gonzalez E., Förster J., 2020. Blockchain technology in the pharmaceutical industry. http://explore-ip.com/2017_Blockchain-Technology-in-the-Pharmaceutical-Industry.pdf

Sinclair D., Shahriar H., Zhang C., 2019. Security requirement prototyping with hyperledger composer for drug supply chain: a blockchain application. Proceedings of the 3rd international conference on cryptography, security and privacy - ICCSP '19, Kuala Lumpur, Malaysia; pp. 158–163.

Singh M.P., 2005. *The pharmaceutical supply chain: A diagnosis of the state-of-the-art*. Boston MA: Engineering Systems Division, Massachusetts Institute of Technology.

Shou, Y., 2013. “Perspectives on supply chain management in the healthcare industry”, 2nd International Conference on Science and Social Research, Atlantis Press, Penang, 4 and 6 June

Soundarya K., Pandey P., Dhanalakshmi R., 2018. A counterfeit solution for pharma supply chain. *EAI Endorsed Transactions on Cloud Systems.* ;3, pp.11. doi: 10.4108/eai.11-4-2018.154550.

Stadtler, H. (2005). “Supply chain management and advanced planning—basics, overview and challenges”, *European Journal of Operational Research*, 163(3), pp.575–588.

Thomas, D. J. and Griffin P.M., 1996. Coordinated supply chain management. *European Journal of Operational Research*, 94 (1), pp. 1-15.

Tsoku M.E., 2014. *Determining supply chain management trends in the pharmaceutical industry*. Potchefstroom Campus of the North-West University Faculty of Economic and Management Sciences.

Tucker E.L., Cao Y., Fox E.R., Sweet B.V., 2020. The drug shortage era: A scoping review of the literature 2001–2019. *Clin. Pharmacol. Therapeut.* ;108, pp.1150–1155. doi: 10.1002/cpt.1934.

Tucker E.L. & Daskin M.S. 2022. Pharmaceutical supply chain reliability and effects on drug shortages. *Comput. Ind. Eng.*;169:108258. doi: 10.1016/j.cie.2022.108258

Yadav P., 2015. Health product supply chains in developing countries: Diagnosis of the root causes of underperformance and an agenda for reform. *Health Systems Reform.* ;1(2), pp.142–154. doi: 10.4161/23288604.2014.968005.

Yaman T.T., Akkartal G.R. *Proceedings of the World Conference on Smart Trends in Systems, Security and Sustainability, WS4 2020*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.; 2020. Warehouse location selection decision systems for medical sector; pp. 208–213.

Yousefi N. & Alibabaei A., 2015. Information flow in the pharmaceutical supply chain. *Iran. J. Pharm. Res.* ;14, p.1299.

Van Oorschot K.E., Van Wassenhove L.N., Jahre M., Selviaridis K., de Vries H., 2022. Drug shortages: A systems view of the current state. *Decis. Sci.*;53, pp.969–984. doi: 10.1111/dec.12583.

Vann Yaroson E., Breen L., Hou J. & Sowter J., 2023. Examining the impact of resilience strategies in mitigating medicine shortages in the United Kingdom's (UK) pharmaceutical supply chain (PSC) Benchmark. *Int. J.*;1(1). doi: 10.1108/BIJ-07-2022-0460

Viitanen, E., 2018. Risk Assessment—Transportation of medicinal products. <http://hdl.handle.net/10138/304382>

Waller. D.L., 2003. *Operations management: a supply chain approach*. 2nd edition. London: Thomson Learning.

Wang G., Huang S.H., Dismukes J.P., 2005. Manufacturing supply chain design and evaluation. *Int. J. Adv. Manuf. Tech.*;25, pp.93–100

Wailgum T. and Worthen B., 2008. CIO Supply Chain Management Definition and Solutions. CIO International Data Group

Waters, D., 2008. Supply Chain Risk Management: Vulnerability and Resilience in Logistics. London: Kogan Page.

Zhou H., Benton W.C. Jr, Schilling D.A., Milligan G.W., 2011. Supply chain integration and the SCOR Model. *J. Bus. Logist.*;32, pp.332–44.