



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΩΝ, ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«Οργάνωση, Λειτουργία, Ανάπτυξη & Διοίκηση Λιμένων»**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Θέμα:

**Η ΨΥΧΡΗ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ ΣΤΙΣ ΘΑΛΑΣΣΙΕΣ
ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ**

THE COLD SUPPLY CHAIN IN SEA TRANSPORTATION

**Χρήστος Κεραμυδάς(Α.Μ.: ΔΛΜ-21-004)
Επιβλέπων καθηγητής: Νικόλαος Τσότσολας**

**Αθήνα
Μάιος 2023**

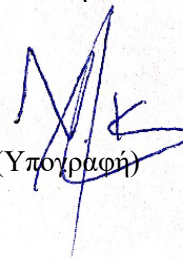
ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Χρήστος Κεραμυδάς του Παναγιώτη με αριθμό μητρώου ΔΛΜ-21-004 φοιτητής του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Οργάνωση, Λειτουργία, Ανάπτυξη & Διοίκηση Λιμένων του Τμήματος του Τμήματος Διοίκησης Επιχειρήσεων της Σχολής Διοικητικών, Οικονομικών & Κοινωνικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών



(Υπογραφή)

Μέλη Τριμελούς Επιτροπής

1. Νικόλαος Τσότσολας

2. Φαίδων Κομισόπουλος

3. Μπινιώρης Σπυρίδων

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου στο σύνολο των ανθρώπων οι οποίοι με βοήθησαν για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας.

Ειδικότερα, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια και το φιλικό μου περιβάλλον για την αμέριστη συμπαράστασή τους όπως και τους καθηγητές της σχολής μου οι οποίοι μου προσέφεραν αβίαστα τη γνώση.

Τέλος, ευχαριστώ πολύ τον επιβλέπων Καθηγητή μου για την αμέριστη βοήθειά του στην ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Ειλικρινά, τους ευχαριστώ όλους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός: Η παρούσα εργασία σκοπεύει να αναδείξει τις θαλάσσιες μεταφορές στην Ψυχρή Εφοδιαστική Αλυσίδα.

Μέθοδος: Η εργασία αποτελεί μια προσπάθεια καταγραφής της ήδη υπάρχουσας γνώσης στο υπό εξέταση αντικείμενο. Βιβλιογραφικές και αρθρογραφικές πηγές προσέδωσαν το υλικό για την απόδοση της σημαντικότητας των θαλάσσιων μεταφορών στην Ψυχρή Εφοδιαστική Αλυσίδα.

Αποτελέσματα: Η εργασία διακρίθηκε σε πέντε κεφάλαια. Μέσα από την ενασχόληση με την Εφοδιαστική Αλυσίδα, την εμπλοκή λιμένων στην Εφοδιαστική Αλυσίδα, την Ψυχρή Εφοδιαστική Αλυσίδα, τη θαλάσσια μεταφορά προϊόντων μέσα από τη Ψυχρή Εφοδιαστική Αλυσίδα, τις τεχνολογίες παρακολούθησης συνθήκων μεταφοράς (IoT, Blockchain) στην Ψυχρή Εφοδιαστική Αλυσίδα και οι τάσεις / προοπτικές / προκλήσεις.

Συμπεράσματα: Οι θαλάσσιες μεταφορές αποτελούν ένα μέσο για την μελλοντική μεγέθυνση του κυκλώματος της παγκόσμιας διακίνησης προϊόντων μέσω της Ψυχρή Εφοδιαστικής Αλυσίδας. Το παγκόσμιο εμπόριο έχει μόνο να κερδίσει από την εμπλοκή των διακινήσεων προϊόντων δια θαλάσσης και να εκμεταλλευτεί την Ψυχρή Εφοδιαστική Αλυσίδα ως μια νέα πρόκληση στο διεθνές εμπόριο, στην οικονομική και την επιχειρηματικότητα.

Λέξεις Κλειδιά: *Ψυχρή Εφοδιαστική Αλυσίδα, Θαλάσσια Μεταφορά, Ευπαθή Προϊόντα, Τάσεις, Προοπτικές, Προκλήσεις*

ABSTRACT

Purpose: This paper intends to highlight maritime transport in the Cold Supply Chain.

Method: The work is an attempt to record the already existing knowledge in the subject under consideration. Bibliographic and article sources provided the material for rendering the importance of maritime transport in the Cold Supply Chain.

Results: The work was divided into five chapters. Through the engagement with the Supply Chain, the involvement of ports in the Supply Chain, the Cold Supply Chain, the maritime transport of products through the Cold Supply Chain, the tracking technologies (IoT, Blockchain) in the Cold Supply Chain and the trends / prospects / challenges.

Conclusions: Maritime transport is a means for the future enlargement of the circuit of global movement of products through the Cold Supply Chain. Global trade has only to gain from the involvement of seaborne product movements and exploiting the Cold Supply Chain as a new challenge in international trade, finance and entrepreneurship.

Keywords: *Cold Supply Chain, Maritime Transport, Perishable Products, Trends, Prospects, Challenges*

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ABSTRACT	5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1. ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ.....	11
1.1 Ορισμός	11
1.2 Σκοπός – Στόχοι.....	12
1.3 Λειτουργίες.....	13
2. ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ ΛΙΜΕΝΩΝ.....	16
2.1. Ορισμός	16
2.2. Εμπλοκή Λιμένων στην Εφοδιαστική Αλυσίδα	17
2.3. Εφοδιαστική Αλυσίδα Λιμένων & Σημαντικότητα αδιάληπτης λειτουργίας, Αποδοτικότητα, Ανταγωνιστικότητα	18
3. ΨΥΧΡΗ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ.....	22
3.1. Ορισμός / Διασαφήνιση.....	22

3.2 Προϊόντα Ψυχρής Εφοδιαστικής Αλυσίδας	25
3.3 Παγκόσμιοι Φορείς Προτύπων Ψυχρής Εφοδιαστικής Αλυσίδας.....	27
3.4 Λειτουργίες Ψυχρής Εφοδιαστικής Αλυσίδας.....	28

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΣΤΗ ΨΥΧΡΗ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ.....

4.1. Ιστορική Αναδρομή Στη Θαλάσσια Μεταφορά στη Ψυχρή Εφοδιαστική Αλυσίδα.	30
4.2 Πλοία Ψυχρής Εφοδιαστικής Αλυσίδας.....	32
4.2.1. Πλοία – Ψυγεία (<i>Reefer Ships</i>).....	32
4.2.2. Εμπορευματοκιβώτια – Ψυγεία (<i>Reefer Containers</i>).....	36

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ.....

5.1. ΙοΤ.....	46
5.2. Blockchain στην Ψυχρή Εφοδιαστική Αλυσίδα.....	54

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΤΑΣΕΙΣ, ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ, ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	61
-------------------------------	----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	63
--------------------	----

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το ταχέως μεταβαλλόμενο επιχειρηματικό περιβάλλον, στο οποίο ενεργούν οι επιχειρήσεις σήμερα, είναι έντονα ανταγωνιστικό, λόγω της σοβαρής οικονομικής κρίσης που βιώνουμε. Σημαντικό ρόλο στην Εφοδιαστική Αλυσίδα αποτελούν οι δυνατότητες που προσφέρουν τα μέσα μεταφοράς για την διακίνηση των εμπορευμάτων σε διεθνές επίπεδο, με κυρίαρχες τις θαλάσσιες μεταφορές. Η Ψυχρή Αλυσίδα Εφοδιασμού και η αγορά Εμπορευματοκιβωτίων – Ψυγείων δημιουργούν ευκαιρίες και προκλήσεις για τους θαλάσσιους λιμένες, οι οποίοι προσπαθούν να οργανωθούν κατάλληλα ώστε να προσφέρουν όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ποιότητα στις υπηρεσίες.

Οι εποχές αλλάζουν και ο τομέας της ψυχρής αλυσίδας και του εφοδιασμού εξελίσσεται συνεχώς, έτσι ώστε να συμβαδίζει με τις ανάγκες των καταναλωτών και φορτωτών. Στην εποχή που ζούμε αλλάζουν συνεχώς τα καταναλωτικά τους πρότυπα και για αυτό οι εμπλεκόμενοι προσαρμόζονται στις νέες συνθήκες και στις ανάγκες που απαιτούνται. Μερικές σημαντικές τάσεις, προοπτικές, προκλήσεις στη διαχείριση της Ψυχρής Εφοδιαστικής Αλυσίδας περιλαμβάνουν τα εξής:

1. Βελτίωση τεχνολογίας εντοπισμού. *Όλες οι επιχειρήσεις του κλάδου θέλουν να γνωρίζουν ότι ο προγραμματισμός που έχουν κάνει και η αποστολή των ψυχρών προϊόντων θα φτάσει έγκαιρα στο προορισμό του χωρίς κανένα πρόβλημα. Όπως προαναφέραμε η τεχνολογία έχει εξελιχθεί και οι επιχειρήσεις παρότι έχουν συστήματα ψύξης τελευταίας τεχνολογίας τα προϊόντα που είναι ευαίσθητα δεν διαρκούν για πάντα. Έτσι μπορεί να υπάρχουν καθυστερήσεις φαρμακευτικών προϊόντων και τροφίμων οδηγώντας σε μεγάλες οικονομικές ζημιές. Υπάρχουν διάφορα εργαλεία στα οποία βασίζονται οι ναυτιλιακές εταιρείες (GPS, GSM, κ.α) προκειμένου να ενημερώνουν τους πελάτες τους για τη πρόοδο της αποστολής αλλά και να παρακολουθούν το φορτίο τους σε πραγματικό χρόνο. Ακολουθώντας την αλματώδη ανάπτυξη της τεχνολογίας,*

-
- προσπαθούν να βελτιώσουν τις υπηρεσίες τους, ώστε ο εντοπισμός ενός προϊόντος από τον καταναλωτή, να είναι όσο το δυνατόν πιο ακριβής.*
- 2. Παράδοση τελευταίου μιλίου. Οι περισσότεροι καταναλωτές προκειμένου να γλιτώσουν χρόνο είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν κάτι παραπάνω έτσι ώστε να έχουν το προϊόν σπίτι τους, για αυτό το λόγο και οι περισσότερες εταιρίες μεταφοράς εμπορευμάτων προσφέρουν τη υπηρεσία παράδοσης τελευταίου μιλίου. Έτσι με αυτόν τον όρο τελευταίο μίλι είναι η διαδικασία όπου τα προϊόντα ψυχρής αλυσίδας παραδίδονται απευθείας στους καταναλωτές προσπερνώντας τους μεσάζοντες.*
 - 3. Σημασία της σωστής διατήρησης της ψυχρής αλυσίδας. Όταν η διαδικασία μεταφοράς των ψυχρών προϊόντων δεν γίνεται σωστά οδηγεί σε πολλά προβλήματα. Ένα από αυτά είναι το γεγονός ότι μπορεί τα προϊόντα να χαλάσουν διότι αν σε κάθε κρίκο της αλυσίδας τα προϊόντα δεν παραμείνουν κρύα τότε τα βάζουμε σε κίνδυνο. Αυτό μπορεί να είναι πολύ επιζήμιο ειδικά με ότι έχει να κάνει με φάρμακα και βασικά είδη διατροφής. Ακόμα όταν έχουμε καταστροφή του φορτίου λόγω αδυναμίας σωστής θερμοκρασίας στα προϊόντα ψύξης έχουμε μεγάλες χρηματικές απώλειες. Διότι αυτά τα προϊόντα σε ένα φορτηγό με φθηνότερα προϊόντα θα έχουν μεγαλύτερο οικονομικό αντίκτυπο. Αυτό θα έχει σαν συνέπεια την επιδείνωση των επιχειρηματικών συνεργασιών διότι οι αποστολές θα κινηθούν νομικά απέναντι στις εταιρείες μεταφορών και αυτό θα στοιχίσει και χρονικά και οικονομικά.*

Το θαλάσσιο εμπόριο και η ναυτιλιακή αγορά προκειμένου να ανταποκριθούν στις ανάγκες μεταφοράς ευπαθών προϊόντων οδηγήθηκε στην ανάπτυξη της ιδέας της Ψυχρής Εφοδιαστικής Αλυσίδας. Ως μια ελεγχόμενη από την θερμοκρασία και υγρασία, η Ψυχρή Εφοδιαστική Αλυσίδα μέσα από τεχνικές συντήρησης και ψύξης διαφυλάσσει την ποιότητα και τη διάρκεια ζωής των προϊόντων που διακινεί. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξηση του μεριδίου αγοράς στον τομέα της Ψυχρής Εφοδιαστικής Αλυσίδας δια θαλάσσης καθώς οι λειτουργίες τους έχουν βελτιωθεί σημαντικά ανταποκρινόμενη στις απαιτήσεις ευπαθών προϊόντων. Η μεταφορά τροφίμων και άλλων ευπαθών προϊόντων η αλυσίδα ψύξης διευκολύνει τη μεταφορά τους προς το τελικό

καταναλωτή. Σε αντίθεση με τα αγαθά που μπορούν να μεταφερθούν σε ένα μεγαλύτερο εύρος θερμοκρασίας, η διαχείριση της ψυχρής αλυσίδας είναι μια εντελώς διαφορετική διαδικασία που βασίζεται σε εξειδικευμένες εγκαταστάσεις, δεξιότητες, και τεχνολογία. Σε κάθε στάδιο διαδρομής ενός ευπαθούς προϊόντος εμπλέκονται πολλοί διαφορετικοί φορείς ευθύνης της μεταφοράς τους. Η συμβολή των λιμένων στη σωστή διαχείριση της ψυχρής αλυσίδας παίζει μεγάλο ρόλο στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος καθώς μειώνονται σε μεγάλο βαθμό τα απορρίμματα από την αλλοίωση των προϊόντων λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας συντήρησης. Επίσης οι αποτελεσματικές αλυσίδες ψύξης είναι απαραίτητες για τον περιορισμό της σπατάλης τροφίμων, τη μείωση της παγκόσμιας πείνας και τη διατήρηση των οικονομιών και των κοινωνιών εφοδιασμένων με βασικά αγαθά.

Η εργασία προσπαθεί να αναδείξει τη σημαντικότητα των θαλάσσιων μεταφορών στην Ψυχρή Εφοδιαστική Αλυσίδα μέσα από πέντε κεφάλαια, μέσα από την ενασχόληση με την Εφοδιαστική Αλυσίδα, την εμπλοκή λιμένων στην Εφοδιαστική Αλυσίδα, την Ψυχρή Εφοδιαστική Αλυσίδα, τη θαλάσσια μεταφορά προϊόντων μέσα από τη Ψυχρή Εφοδιαστική Αλυσίδα, τις τεχνολογίες παρακολούθησης συνθήκων μεταφοράς (IoT, Blockchain) στην Ψυχρή Εφοδιαστική Αλυσίδα και οι τάσεις / προοπτικές / προκλήσεις.

1. ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ

1.1 Ορισμός

Η Εφοδιαστική Αλυσίδα περιφραστικά αποδίδει την συστηματοποίηση του ανεφοδιασμού και αποθήκευση των υλικών¹. Η Εφοδιαστική Αλυσίδα αποτελεί μια ροή διαδικασιών που συμμετέχουν στο σχεδιασμό, στην πραγματοποίηση και στην αξιολόγηση της ροής και της αποθήκευσης προϊόντων / υπηρεσιών / πληροφοριών μέχρι και τον τελικό καταναλωτή τους^{2, 3}. Το Institute of Logistics της Μεγάλης Βρετανίας ορίζει τη *Διαχείριση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας (Management of the Supply Chain)* ως συνώνυμο των *Logistics*⁴. Επιπλέον, το Council of Logistics Management των ΗΠΑ θεωρεί τη διαχείριση της εφοδιαστικής ως μια διαδικασία σχεδιασμού, εφαρμογής και ελέγχου, οικονομικά αποτελεσματικής και αποδοτικής αποθήκευσης και ροής πρώτων υλών έως τα τελικά προϊόντα και οι σχετικές πληροφορίες να φτάσουν από το σημείο προέλευσης στο σημείο κατανάλωσης με σκοπό τη συμμόρφωση στις απαιτήσεις των πελατών^{5, 6, 7}.

¹ Hassan, C. (2021). Structure of the Army and Logistics. A Companion to the Achaemenid Persian Empire, 2, 1151-1159.

² Anca, V. (2019). Logistics And Supply Chain Management: An Overview. Studies in Business & Economics, 14(2).

³ Sweeney, E. (2012). The people dimension in logistics and supply chain management: its role and importance. In Supply chain management: Perspectives, issues and cases (pp. 73-82). McGraw-Hill.

⁴ Institute of logistics UK, (2022), Logistics, [www.ciltuk.org.uk](http://ciltuk.org.uk)

⁵ Council of Logistics Management USA, (2022), Logistics, <http://cscmp.org/>

⁶ Bamyaci, M. E. (2021). Definition, Importance And Historical Development Of Logistics From The Beginning To The Present. Social and Humanities Science, 243.

⁷ Fontana, M. E., & Leão, J. (2021, December). Definition of the reverse logistics dimension of the customer-led last mile for assessing the quality of third-party logistics service. In 2021 International Conference on Decision Aid Sciences and Application (DASA) (pp. 278-282). IEEE.

1.2 Σκοπός – Στόχοι

Οι κύριοι σκοποί της Εφοδιαστικής Αλυσίδας είναι η διαχείριση των υλικών πόρων που κατανέμονται και αξιοποιούνται προς το όφελος ενός οργανισμού. Παραδείγματα οι οργανωμένες κινήσεις και τα λιγότερα δρομολόγια (πχ. σύστημα τηλεματικής), η αξιοποίηση του αποθηκευτικού χώρου στο έπακρο και η ταχύτατη επιτέλεση διαδικασιών μέσα σε αυτόν (πχ. σύστημα WMS) και η αξιοποίηση του ηλεκτρονικού εξοπλισμού (πχ. σκάνερ γραμμωτού κώδικα). Επιπλέον, η διαχείριση ανθρώπινων πόρων, ήτοι προσωπικό, πελάτες και προμηθευτές. Η Εφοδιαστική Αλυσίδα μπορεί να διαμορφώσει ένα πλαίσιο που να περιλαμβάνει τους κρίσιμους πελάτες, τους αφοσιωμένους υπάλληλους και τους υποστηρικτικούς προμηθευτές. Ένας κύκλος εργασιών ξεκινά από τον έλεγχο των αποθεμάτων, την απογραφή της αποθήκης, την ροή των προϊόντων από τους προμηθευτές μετά από παραγγελία, την κατανομή και τη διαχείριση αυτών από τους εργαζομένους μέχρι και τη διακίνησή τους προς τον τελικό καταναλωτή και την συνολική απόδοση του οργανισμού μετά από την καταγραφή των εσόδων – εξόδων – κερδών⁸. Επομένως, η Εφοδιαστική Αλυσίδα σκοπεύει στο να αξιοποιούνται όλοι οι διαθέσιμοι πόροι – υλικά και άνθρωποι – με τον καλύτερο δυνατό τρόπο, σε όλες τις εκφάνσεις των δράσεων του με το χαμηλότερο δυνατό οικονομικό κόστος⁹.

Οι **στόχοι** της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι ^{10, 11, 12, 13}:

1. Ανεφοδιασμός αποθεμάτων για διαφύλαξη διαθεσιμότητας αυτών

⁸ Christopher M, (2017), Logistics και διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας, Εκδόσεις Κριτική, Αθήνα, 23-29.

⁹ Irtysheva, I. O., & Minakova, S. M. (2015). Types, Purposes And Formation Process Of The Program Of Changes In Logistics System. Actual Problems Of The Economy, (3), 155-160.

¹⁰ Van der Heide, G., Buijs, P., Roodbergen, K. J., & Vis, I. F. A. (2018). Dynamic shipments of inventories in shared warehouse and transportation networks. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 118(1), 240-257.

¹¹ Shen, B., Xu, X., & Guo, S. (2019). The impacts of logistics services on short life cycle products in a global supply chain. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 131, 153-167.

¹² Daugherty, P. J., Bolumole, Y., & Grawe, S. J. (2018). The new age of customer impatience: An agenda for reawakening logistics customer service research. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management.

¹³ Chen, M. C., Hsu, C. L., & Lee, L. H. (2019). Service quality and customer satisfaction in pharmaceutical logistics: an analysis based on Kano model and importance-satisfaction model. International journal of environmental research and public health, 16(21), 4091.

-
2. Αξιολόγηση οικονομικής αξίας αποθεμάτων αποθήκης
 3. Αποδοτική και αποτελεσματική χρήση αποθεμάτων
 4. Απομείωση αποθηκευμένων αποθεμάτων
 5. Αποφυγή σφαλμάτων με οικονομικό κόστος για τον οργανισμό σχετικά με το είδος, ποσότητα, προδιαγραφές, διακίνηση και παράδοση προϊόντων
 6. Έγκαιρη ανταπόκριση και ικανοποίηση απαιτήσεων πελατών
 7. Εξασφάλιση ποιότητας προϊόντων και υπηρεσιών
 8. Εξυπηρέτηση πελατών
 9. Πρόβλεψη απαιτήσεων των πελατών προς την ικανοποίηση
 10. Συνέπεια στο χρόνο και ακρίβεια προς τους πελάτες
 11. Συνεχής έλεγχος δέσμευσης των αποθεμάτων
 12. Ταχύτατη φόρτωση, διακίνηση και παράδοση παραγγελιών
 13. Ύπαρξη απαραίτητης διαθεσιμότητας αποθεμάτων

1.3 Λειτουργίες

Οι λειτουργικές εκφάνσεις της εφοδιαστικής αλυσίδας αναφέρονται στην διεκπεραίωση των καθημερινών εργασιών του οργανισμού προς την επίτευξη των σκοπών του με κύριο γνώμονα την αποθήκευση, διακίνηση και παράδοση προϊόντων / υπηρεσιών στον τελικό καταναλωτή. Διακρίνονται σε πέντε μορφές, τις εξής ^{14, 15}:

1. Λειτουργία προμηθειών (*purchasing*) υλικών και υπηρεσιών για τη διασφάλιση της λειτουργικής αποτελεσματικότητας των διαδικασιών εφοδιαστικής αλυσίδας (γεωγραφική τοποθέτηση προμηθευτή, διαθεσιμότητα

¹⁴ Holman, D., Wicher, P., Lenort, R., Dolejšová, V., Staš, D., & Giurgiu, I. (2018). Sustainable logistics management in the 21st century requires wholeness systems thinking. *Sustainability*, 10(12), 4392.

¹⁵ Baluch, I. (2005), *Transport logistics: past, present, and predictions*, UAE: Winning Books, Dubai, 217

-
- και άμεση παραλαβή προϊόντων / υπηρεσιών σε χαμηλό κόστος σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα¹⁶.
2. Λειτουργία μεταφορών (*inbound transport*) για την επίτευξη πολλαπλών διακινήσεων και παραδόσεων προϊόντων / υπηρεσιών σε ταχύτατο ρυθμό¹⁷.
 3. Λειτουργία του ελέγχου και της διαχείρισης των αποθεμάτων¹⁸ (*stock control, inventory management*) για τη συντήρηση και διακίνησή τους χωρίς καθυστερήσεις, σφάλματα και απώλειες¹⁹.
 4. Λειτουργία αποθήκευσης (*warehousing: παράδοση, απόθεση, φύλαξη, εύρεση, έλεγχος, εξαγωγή, διανομή*) προϊόντων για επερχόμενη πώληση ή και κατανάλωση με σκοπό τη άριστη διαφύλαξή τους. Η εισαγωγή τεχνολογιών Industry 4.0 όπως το Internet of Things (IoT), η τεχνητή νοημοσύνη (AI), το cloud computing και άλλες τεχνολογίες εφοδιαστικής, που έχουν ενσωματώσει την αυτονομία, τα πληροφοριακά συστήματα, το διαδίκτυο και τη ρομποτική²⁰.
 5. Λειτουργία διανομής (*outbound transport*) των προϊόντων με σκοπό την μεταφορά τους στον τελικό πελάτη, τις επιστροφές των ελαττωματικών προϊόντων και την αντικατάσταση αυτών. Ένα συστηματικό δίκτυο διανομής, διαμορφώνει ένα ισχυρό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα και μια αλυσίδα αξίας για τον εκάστοτε οργανισμό, εφάμιλλο με τις προωθητικές ενέργειες και την τιμολογιακή πολιτική²¹.

¹⁶ Toymentseva, I. A., Karpova, N. P., & Evtodieva, T. E. (2019, April). Strategic purchasing control of the industrial enterprise: Digitalization and logistics approach. In International Scientific Conference “Digital Transformation of the Economy: Challenges, Trends, New Opportunities” (pp. 398-407). Springer, Cham.

¹⁷ Ghasemy Yaghin, R., & Darvishi, F. (2022). Integrated textile material and production management in a fuzzy environment: A logistics perspective. *The Journal of The Textile Institute*, 113(7), 1380-1400.

¹⁸ Αποθέματα νοούνται τα αποθέματα των πρώτων υλών, ημικατεργασμένων και έτοιμων προϊόντων,

¹⁹ Kao, C. K., Xu, G. X., Fang, X. E., & Zheng, M. C. (2018). Case Study of building Storage Strategy in the Logistics Distribution Center—Logistics Company A as an Example. *European Journal of Engineering and Technology Research*, 3(4), 40-47.

²⁰ Kumar, D., Singh, R. K., Mishra, R., & Wamba, S. F. (2022). Applications of the internet of things for optimizing warehousing and logistics operations: a systematic literature review and future research directions. *Computers & Industrial Engineering*, 108455.

²¹ Klumpp, M., & Heragu, S. (2019). Outbound Logistics and Distribution Management. In *Operations, Logistics and Supply Chain Management* (pp. 305-330). Springer, Cham.

-
6. Λειτουργία συσκευασίας (packing) των προϊόντων διασυνδέεται με την εφοδιαστική αλυσίδα και περιλαμβάνει τις διαδικασίες για την περικύλιση του περιεχομένου προϊόντων με σκοπό για την σωστή διατήρηση, αποθήκευση και διαφύλαξή τους. Η συσκευασία διασυνδέεται με την απόδοση και την αποδοτικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας όπως η χρονική διάρκεια παραγγελιών, διανομής και παράδοσης προϊόντων και η ταχύτητα κυκλοφορίας αποθεμάτων²².
 7. Λειτουργία εξυπηρέτησης των πελατών (*customer services*) που σχετίζεται με τη δεξιότητα των στελεχών της εφοδιαστικής αλυσίδας να κατευθύνουν προϊόντα στους τελικούς καταναλωτές με βάση την πολιτική του κόστους – οφέλους, παραδίδοντας προϊόντα κατόπιν παραγγελίας, με όσο το δυνατό μικρότερο κόστος στη δεδομένη χρονική στιγμή που έχουν ζητηθεί. Άλλωστε η δημιουργία αξίας στις υπηρεσίες logistics για την κάλυψη των προσδοκιών των πελατών γίνεται πιο σημαντικό από ποτέ για τη διατήρηση της ανταγωνιστικότητας στην αγορά²³.

²² Khairuddin, U., Razi, N. A. Z. M., Abidin, M. S. Z., & Yusof, R. (2020). Smart packing simulator for 3d packing problem using genetic algorithm. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1447, No. 1, p. 012041). IOP Publishing.

²³ Uvet, H. (2020). Importance of logistics service quality in customer satisfaction: An empirical study. *Operations and Supply Chain Management: An International Journal*, 13(1), 1-10.

2. ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ ΛΙΜΕΝΩΝ

2.1. Ορισμός

Η Εφοδιαστική Αλυσίδα Λιμένων (Port Logistics Chain, PLC) εσσωκλείει το σύνολο των αλυσίδων εφοδιαστικής που διαλειτουργούν σε λιμένες και των εμπλεκόμενων φορέων, δημόσιων και ιδιωτικών (εισαγωγείς, εξαγωγείς, λιμενικές αρχές, τερματικοί φορείς, τελωνεία, πράκτορες, ναυλωτές, θέσεις απόθεσης και αποθήκευσης εμπορευματοκιβωτίων) στο πλαίσιο του διεθνούς θαλάσσιου εμπορίου. Επομένως, όλοι οι εμπλεκόμενοι, όπως οι ναυτιλιακές γραμμές, οι εταιρίες φορτοεκφόρτωσης, οι επιχειρήσεις χερσαίων μεταφορών (φορτωτές και εταιρείες σιδηροδρόμων και φορτηγών) και οι ναυτιλιακοί και τελωνειακοί υπάλληλοι συνίστανται ως εταίροι στην Αλυσίδα Εφοδιαστικής Λιμένων²⁴.

Η Εφοδιαστική Αλυσίδα Λιμένων διασυνδέει και διαμορφώνει ένα ολιστικό πλαίσιο διαχείρισης logistics όπου κατευθύνει όλες τις απαραίτητες διεργασίες για να λειτουργήσει το θαλάσσιο εμπορικό κύκλωμα. Η έννοια της Εφοδιαστικής Αλυσίδας Λιμένων μεταφράζεται ως μια ολοκληρωμένη συνέργεια των δράσεων σε ένα σύνολο στρατηγικών και εμπορικών λειτουργιών που σχετίζονται με την κυκλοφορία προϊόντων και υπηρεσιών των ναυτιλιακών εταιρειών, των μεταφορών των προϊόντων της ενδοχώρας και των ναυτιλιακών πρακτόρων και των ναυτιλιακών / λιμενικών αρχών²⁵.

²⁴ Singh, A., Chhetri, P., & Padhye, R. (2022). Modelling inter-firm competitive rivalry in a port logistics cluster: a case study of Melbourne, Australia. *The International Journal of Logistics Management*.

²⁵ Torar, J. R. A., & Mustafa, D. (2022). Collaborative Supply Chain System; Case Study Port East Indonesia. *Journal of Public Administration and Government*, 4(2), 251-260.

2.2. Εμπλοκή Λιμένων στην Εφοδιαστική Αλυσίδα

Τα λιμάνια είναι ενσωματωμένα σε διαφορετικά δίκτυα, συμπεριλαμβανομένου του τοπικού δικτύου υποδομών ζωτικής σημασίας, του περιφερειακού δικτύου μεταφορών στην ενδοχώρα και του παγκόσμιου δικτύου θαλάσσιων μεταφορών. Πατροπαράδοτα, τα λιμάνια υπηρετούν τη σύνδεση πλοίων και χερσαίων περιοχών, δίδοντας τη δυνατότητα για εκφόρτωση, απόθεση, αποθήκευση, επιπλέον εργασίες φορτίων και διακίνηση αυτών εντός και εκτός του λιμανιού. υ και μετακίνηση εντός του λιμένα. Η εμπλοκή των λιμένων στην Εφοδιαστική Αλυσίδα συνίσταται στα εξής²⁶:

1. Οι λιμένες αποτελούν λειτουργικούς κόμβους στα δίκτυα της εφοδιαστικής αλυσίδας
2. Οι λιμένες αποτελούν φορείς εφοδιαστικής αλυσίδας παρέχοντας τα συστήματα λιμένων διαμορφώνοντας ένα κύκλωμα – δίκτυο μεταξύ τρίτων μερών (θαλάσσιες γραμμές ναυσιπλοΐας και τις επιχειρήσεις χερσαίων μεταφορών / φορτωτών, εκφορτωτών) και λιμενικών αρχών
3. Οι λιμένες επιτελούν ενεργό ρόλο στις αλυσίδες εφοδιασμού τον προσανατολισμό της αλυσίδας, στις μεταφορτώσεις και στην ολοκλήρωση της εφοδιαστικής σε λιμενικό και ναυτιλιακό επίπεδο.
4. Οι λιμένες διαμορφώνουν κοινοπραξίες και συγχωνεύσεις δικτύων μέσω της διασύνδεσης φορέων ώστε να διαμοιραστούν πληροφορίες, τεχνικές και πόροι για την κατάκτηση διαπραγματευτικής δύναμης έναντι των προμηθευτών.
5. Οι λιμένες αναβαθμίζουν τις διεπιχειρησιακές διαδικασίες και τις επιχειρηματικές δραστηριότητές τους μέσα από την διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, εκμεταλλευόμενοι το παγκόσμιο εμπόριο αλλά και το ηλεκτρονικό εμπόριο. Η διακίνηση των εμπορευμάτων είναι συνυφασμένη με

²⁶ Chang, Y. T., & Talley, W. K. (2019). Port competitiveness, efficiency, and supply chains: a literature review. *Transportation Journal*, 58(1), 1-20.

την διαχείριση της παγκόσμιας εφοδιαστικής όπου οι μεταφορές θα είναι πλέον οικονομικά πιο αποδοτικές, πιο ταχύτερες, χωρίς καθυστερήσεις με άμεσο αποτέλεσμα την αυξημένη κερδοφορία και ανταγωνιστικότητα.

2.3. Εφοδιαστική Αλυσίδα Λιμένων & Σημαντικότητα αδιάληπτης λειτουργίας, Αποδοτικότητα, Ανταγωνιστικότητα

Πολλοί είναι οι ερευνητές που έχουν ενασχοληθεί με την Εφοδιαστικής Αλυσίδας σε λιμάνια ανά τον κόσμο. Η Εφοδιαστική Αλυσίδα Λιμένων είναι μια σημαντική ολιστική διεργασία διασύνδεσης φορέων για την επιτέλεση του εμπορικού κυκλώματος δια θαλάσσης. Τα συστήματα θαλάσσιων μεταφορών είναι υπεύθυνα για τη μεταφορά της συντριπτικής πλειοψηφίας του παγκόσμιου υπερπόντιου εμπορίου. Τα λιμάνια είναι θεμελιώδεις παράγοντες του συστήματος θαλάσσιων μεταφορών, καθώς αποτελούν το σημείο εισόδου και εξόδου των περισσότερων εισαγόμενων και εξαγόμενων αγαθών. Τα λιμάνια είναι επίσης σημαντικοί κόμβοι στα διατροπικά συστήματα μεταφορών, κάνοντας τη σύνδεση μεταξύ θαλάσσιων, σιδηροδρομικών και οδικών μεταφορών²⁷.

Οι ερευνητές Rogerson, Svanberg & Santén (2022)²⁸ σημειώνουν τη σημαντικότητα της αδιάληπτης λειτουργίας της Εφοδιαστικής Αλυσίδας Λιμένων και πως τυχόν διαταραχές της εφοδιαστικής αλυσίδας σε λιμενικές εγκαταστάσεις όπως μια διακοπή της λειτουργίας της που είναι δυνατό να προκληθεί από γεγονότα υψηλής ή χαμηλής συχνότητας, όπως σεισμοί, τσουνάμι, τυφώνες, πλημμύρες ή και τρομοκρατικές επιθέσεις, μπορεί, είναι δυνατό εκτός από τις καταστροφικές επιπτώσεις στις ζωές των ανθρώπων,

²⁷ Wendler-Bosco, V., & Nicholson, C. (2020). Port disruption impact on the maritime supply chain: a literature review. *Sustainable and Resilient Infrastructure*, 5(6), 378-394.

²⁸ Rogerson, S., Svanberg, M., & Santén, V. (2022). Supply chain disruptions: flexibility measures when encountering capacity problems in a port conflict. *The International Journal of Logistics Management*, 13(2), 567-589.

να διαταράξει τις ροές των αγαθών και να έχει μια παροιμιώδη επίδραση στη λειτουργία στις αλυσίδες εφοδιασμού των λιμένων. Μια διακοπή της Εφοδιαστικής Αλυσίδας Λιμένων μπορεί να διαταράξει τη ροή αγαθών εντός του κυκλώματος εφοδιασμού σε βαθμό που να επιβαρύνει το σύνολο των εμπλεκόμενων φορέων πολυεπίπεδα²⁹. Οι ερευνητές Rogerson, Svanberg & Santén (2022) αναφέρθηκαν σε ένα περιστατικό σύγκρουσης το 2016 - 2017 στο λιμάνι στο Γκέτεμποργκ της Σουηδίας, με εκτεταμένες επιπτώσεις για εισαγωγείς, εξαγωγείς και άλλους εμπλεκόμενους, όπως θαλάσσιους μεταφορείς και σιδηροδρομικούς φορείς. Κατά τη διάρκεια της σύγκρουσης, το λιμάνι λειτουργούσε με μειωμένη χωρητικότητα και άλλοι ερευνητές όπως οι Gonzalez-Aregall & Bergqvist, 2019³⁰, Lindroth et al., 2020³¹ και Svanberg et al., 2021³² τόνισαν ότι η περιορισμένη χωρητικότητα στο λιμάνι δημιούργησε προβλήματα στη εφοδιαστική αλυσίδα υποδηλώνοντας ότι απαιτείται περαιτέρω έρευνα σχετικά με τις επιπτώσεις και τους τρόπους αντιμετώπισης κρίσεων που πρέπει να έχουν προβλεφθεί.

Μια ακόμη παράμετρος είναι εκείνη της αποδοτικότητας των λιμένων η οποία ενισχύεται από την Εφοδιαστική Αλυσίδα Λιμένων³³. Η Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας είναι ένα πολύ περίπλοκο δίκτυο που μεταφέρει αγαθά προς τους τελικούς χρήστες με την εμπλοκή του Λιμένα όπου και αποτελεί ένα κανάλι διακίνησης. Τα λιμάνια που ενσωματώνουν Αλυσίδες Εφοδιασμού διαμορφώνουν ένα «άνοιγμα» στην αγορά κατανάλωσης και παραγωγής σε παγκόσμιο και περιφερειακό επίπεδο. Επίσης, το λιμάνι ως ενδιάμεσος «σταθμός» σε ένα δίκτυο εφοδιαστικής αλυσίδας διασφαλίζει μια αποτελεσματικότητα στη λειτουργία του καθώς έχει μεγάλη επιρροή στην οργανωμένη διακίνηση των φορτίων. Οι δείκτες αποδοτικότητας ενός λιμένα, όπως ο μέσος χρόνος

²⁹ Svanberg, M., Holm, H., & Cullinane, K. (2021). Assessing the impact of disruptive events on port performance and choice: the case of Gothenburg. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(2), 145.

³⁰ Gonzalez-Aregall, M., & Bergqvist, R. (2019). The role of dry ports in solving seaport disruptions: A Swedish case study. *Journal of Transport Geography*, 80, 102499.

³¹ Lindroth, E., Huong, H., & Bergqvist, R. (2020). Port-related conflict at port of Gothenburg—consequences from a fashion retailer’s perspective. *Journal of Shipping and Trade*, 5(1), 1-17.

³² Svanberg, M., Holm, H., & Cullinane, K. (2021). Assessing the impact of disruptive events on port performance and choice: the case of Gothenburg. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(2), 145.

³³ Chang, Y. T., & Talley, W. K. (2019). Port competitiveness, efficiency, and supply chains: a literature review. *Transportation Journal*, 58(1), 1-20.

ολοκλήρωσης του πλοίου, ο μέσος όρος κράτησης πριν από τον ελλιμενισμό και η μέση απόδοση ανά ημέρα ελλιμενισμού πλοίου, έχουν αντίκτυπο στον σχεδιασμό και στη λειτουργία του δικτύου της Εφοδιαστικής Αλυσίδας. Επιπλέον, δείκτες αποδοτικότητας της Εφοδιαστικής Αλυσίδας Λιμένων αποτελούν η δυνατότητα διασύνδεσής του με την ενδοχώρα ώστε να διασφαλίζεται το μέγιστο της γεωγραφικής κάλυψης του δικτύου μεταφοράς, η δυνατότητα μεγάλης χρονικής διάρκειας αγκυροβόλησης των φορτωμένων πλοίων και η εξασφάλιση της ασφάλειας του φορτίου³⁴. Ο Song (2022) πραγματοποίησε μια έρευνα και ανέδειξε πως η αξιολόγηση των παραπάνω δεικτών αλλά και ακόμα μερικών αποτελούν και κριτήρια για την επιλογή λιμένων από επιχειρήσεις που επιθυμούν να διαμορφώσουν ένα δίκτυο logistics και σκέπτονται να εντάξουν την Εφοδιαστική Αλυσίδα σε κάποιο κεντρικό λιμένα. Στους δείκτες εντάσσονται και άλλες παράμετροι όπως η θέση του λιμένα, οι λιμενικές υποδομές και παρεχόμενες υπηρεσίες, η δυναμικότητα του λιμενικού φορτίου, του κόστους των λιμενικών υπηρεσιών στο λιμάνι, της συνδεσιμότητάς του με άλλα λιμάνια, της πρόσβασης στην ενδοχώρα και των κέντρων διανομής και της δομής πληροφοριών³⁵. Επομένως, μια επένδυση μπορεί να είναι αποδοτική όταν γεφυρώνεται η κάλυψη διακίνησης υψηλού όγκου φορτίων μέσω των παγκόσμιων θαλάσσιων γραμμών μεταφορών.

Η Εφοδιαστική Αλυσίδα είναι δυνατό να προσδώσει ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στους Λιμένες. Ένας Λιμένας που εντάσσεται στο κύκλωμα της αλυσίδας εφοδιασμού αποτελεί έναν πάροχο υπηρεσιών σε συνδυασμό με τις ναυτιλιακές εταιρίες / μεταφορέων θαλάσσιων φορτίων στις χερσαίες μεταφορές και αντιστρόφως, τις ναυτιλιακές αρχές και τους τελικούς πελάτες³⁶. Στη προσέγγιση, ότι η διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας δίδει τη δυνατότητα σε έναν λιμένα να αναπτυχθεί περισσότερο και να αναβαθμίσει ακόμη περισσότερο το ανταγωνιστικό του προφίλ. Ο Λιμένας πλέον

³⁴ Sekar, M. (2022). Efficiency of Port Operation Its Influence on Supply Chain Network Design. *The Management Accountant Journal*, 57(10), 39-42.

³⁵ Song, D.P., & Dong, J.X. (2022). Cargo routing and empty container repositioning in multiple shipping service routes. *Transportation Research Part B: Methodological*, 46(10), 1556-1575.

³⁶ Yalcin, M. G., Chakravorty, S. S., & Yun, G. (2019). Informing the balanced theory of port competitiveness using ambidextrous supply chain strategy. *Transportation Journal*, 58(1), 21-37.

είναι σε θέση να ελαχιστοποιεί τις επιπτώσεις των μειονεκτημάτων και των απειλών και να χρησιμοποιεί τις δυνατότητες και τα πλεονεκτήματά του και να εστιάσει στην ενεργοποίηση διαδικασιών σύμπραξης δημόσιου – ιδιωτικού τομέα, συμπεριλαμβανομένης της συμμετοχής ξένων επενδυτών, στον τομέα της ανάπτυξης λιμενικών υποδομών, στην προσαρμογή της υφιστάμενης νομοθεσίας στις ανάγκες των θαλάσσιων λιμένων (χρήση γης για κατασκευή λιμενικών εγκαταστάσεων, τιμολογιακή πολιτική), στην ανάπτυξη λιμενικών βιομηχανικών συμπλεγμάτων με άλλους εταίρους, την υλοποίηση επενδυτικών σχεδίων εξαγωγικού προσανατολισμού με πλήρη κύκλο παραγωγής και μεταφοράς προϊόντων μέσω θαλάσσιων λιμένων για την προσέλκυση επενδύσεων και την υποστήριξη των εξαγωγών. Επιπλέον, επαυξητική του ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος θα ήταν η κρατική οικονομική και φορολογική στήριξη για τον εκσυγχρονισμό των παγίων στοιχείων ενεργητικού και η αύξηση της συμμετοχής του Λιμένα σε τεχνολογικές πλατφόρμες³⁷.

³⁷ Konvisarova, E. V., Levchenko, T. A., & Pustovarov, A. A. (2019). Theoretical and Methodological Approaches to the Supply Chain Strategies Role and Analysis of Seaport Competitiveness in the Far East of Russia. *International Journal of Supply Chain Management*, 8(6), 493-498.

3. ΨΥΧΡΗ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ

3.1. Ορισμός / Διασαφήνιση

Η βελτίωση του παγκόσμιου κοινωνικο-οικονομικού και βιοτικού επιπέδου διαμόρφωσε μια αυξανόμενη ζήτηση για κατανάλωση ευπαθών αγαθών (φρούτα, λαχανικά, ψάρια, κρέας κ.ά.) καθώς είναι δυνατή η διακίνησή τους από κάθε απομακρυσμένη περιοχή του κόσμου³⁸. Η Εφοδιαστική Αλυσίδα αποτέλεσε το εργαλείο για την μείωση των αποστάσεων, καθώς τα αγαθά είναι δυνατό να μετακινηθούν σε άμεσο και με σωστό τρόπο. Καθώς, διασφαλίζεται η πιθανώς διατροφική μεταφορά τους με θαλάσσιο, εναέριο ή και χερσαίο τρόπο από το σημείο παραγωγής τους στο σημείο κατανάλωσης όπως επίσης η προσεγμένη συσκευασία τους αλλά και η διατήρηση της άριστης κατάστασής τους. Η δυνατότητα δημιουργίας και διατήρησης ειδικών κλιματικών συνθηκών εντός των οποίων ένα αγαθό θα μεταφερθεί με ταχύτατο τρόπο και παράλληλα θα παραμείνει αναλλοίωτο, συντέινει καθοριστικά στην ανάπτυξη της «Ψυχρής» Εφοδιαστικής Αλυσίδας (Cold Logistics Supply Chain)³⁹.

Η Ψυχρή Αλυσίδα περιγράφει μια ελεγχόμενη από θερμοκρασία διαδικασία διακίνησης αγαθών από το σημείο παραγωγής τους, στο σημείο κατανάλωσής τους με την προϋπόθεση πως θα παραμείνουν αναλλοίωτα σε όλη την πορεία τους. Πολλές από τις ανεπτυγμένες χώρες βελτιώνουν τις ψυκτικές αλυσίδες τους ενώ όσες δεν διαθέτουν τέτοιες εγκαταστάσεις, αντιμετωπίζουν τεράστια απώλεια ποσοτήτων ευπαθών αγαθών. Επομένως, η Ψυχρή Εφοδιαστική Αλυσίδα αποτελεί μια αδιάλειπτη αλυσίδα εφοδιασμού η οποία διασφαλίζει αναλλοίωτα τα προϊόντα που διακινεί σε τέτοιες θερμοκρασίες που

³⁸ Mejjaouli, S., & Babiceanu, R. F. (2018). Cold supply chain logistics: System optimization for real-time rerouting transportation solutions. *Computers in Industry*, 95, 68-80.

³⁹ Abu Hassan, M., Ngah, A., & Ab Talib, M. (2021). The State of Cold Logistics Supply Chain in a Developing Asian Country-A Preliminary Insights. *Operations and Supply Chain Management: An International Journal*, 14(4), 467-475.

είναι απαραίτητες για την διατήρησή τους σε όλο το φάσμα της μεταφοράς τους από το σημείο παραγωγής τους, την αποθήκευσή τους έως και την παράδοσή τους στον τελικό καταναλωτή⁴⁰.

Πολλοί είναι οι ερευνητές που αποδίδουν την προσωπική τους αναφορά αναφορικά με την έννοια της Ψυχρή Εφοδιαστική Αλυσίδα σύμφωνα με τους Luo, Yi, Zhu & Xu (2016) ορίζεται ως η μεταφορά ευαίσθητων στη θερμοκρασία προϊόντων κατά μιας εφοδιαστικής αλυσίδας μέσω μεθόδων θερμικής και ψυχόμενης συσκευασίας για την προστασία της ακεραιότητας των προϊόντων⁴¹. Η Ψυχρή Εφοδιαστική Αλυσίδα επίσης ορίζεται ως η διαδικασία κατά την οποία όλες οι σχετικές δραστηριότητες ελέγχονται από τη θερμοκρασία, που κυμαίνονται από την αποθήκευση της πρώτης ύλης έως και την τελική διανομή των προϊόντων⁴².

Ομοίως, οι Mallik et al. (2011) όρισαν την Αλυσίδα Ψυχρού Εφοδιασμού ως μια αδιάκοπη και συνεπή διαδικασία που συνίσταται στη διατήρηση των προϊόντων έτσι ώστε να διατηρήσουν την φρεσκάδα τους φρέσκα και να είναι διαθέσιμα στον τελικό καταναλωτή στον σωστό χρόνο⁴³. Μια από σημαντική μέριμνα της ψυχρής εφοδιαστικής αλυσίδας είναι ο εξοπλισμός που εμπλέκεται επίσης να διατηρεί τον έλεγχο της θερμοκρασίας της αλυσίδας σε όλα τα στάδια της, ώστε να διασφαλιστεί ότι κανένα από τα υλικά και σε κανένα στάδιο δεν θα απολεσθεί ή θα προκαλέσει απώλειες στη συνολική αλυσίδα εφοδιασμού ψυχρού⁴⁴.

⁴⁰ Eyssen, J. (2015). The cold chain: an integral part of the production line. *Farmlink Africa*, 5(1), 28-29.

⁴¹ Luo, J., Yi, J., Zhu, X., & Xu, J. (2016, April). A smart sensors-based real-time decision making system for the cold supply chain. In *2016 3rd International Conference on Mechatronics and Information Technology* (pp. 714-719). Atlantis Press.

⁴² Gogou, E., Katsaros, G., Derens, E., Alvarez, G., & Taoukis, P. S. (2015). Cold chain database development and application as a tool for the cold chain management and food quality evaluation. *International Journal of Refrigeration*, 52(1), 109–121.

⁴³ Mallik, S., Mandal, P. K., Chatterjee, C., Ghosh, P., Manna, N., & Chakrabarty, D., et al. (2011). Assessing cold chain status in a metro city of India: an intervention study. *African Health Sciences*, 11(1), 128–133.

⁴⁴ Rao, R., Schreiber, B., & Lee, B. Y. (2017). Immunization supply chains: Why they matter and how they are changing. *Vaccine*, 35(17), 2103.

Η ψυχρή εφοδιαστική αλυσίδα αποτελεί μία συνδυαστική διεργασία που περιλαμβάνει δράσεις ελεγχόμενης θερμοκρασίας οι οποίες χρησιμοποιούνται για την διατήρηση πρώτων υλών τα οποία θα πρέπει να φτάσουν στους τελικούς καταναλωτές τα αναλλοίωτα και ο προμηθευτής θα πρέπει να διασφαλίσει πως τα προϊόντα αυτά δεν θα απωλέσουν τη φρεσκάδα τους αλλά και την εγγύτητά τους στις μεταφερόμενες περιοχές μέσα στην ψυχρή εφοδιαστική αλυσίδα. Προκειμένου να παραταθεί η διάρκεια ζωής και διασφαλιστεί η ποιότητα και η ασφάλεια ο πιο σημαντικός παράγοντας είναι η θερμοκρασία. Μάλιστα, η μέση θερμοκρασία των αγαθών πρέπει να διατηρείται μεταξύ + 2 έως + 8 °C για να διασφαλιστεί η διατήρησή τους σε όλη τη διάρκεια των διαδικασιών αλλά και στην αποθήκευση και στη διανομή. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται «Συντήρηση Ψυχρής Αλυσίδας» η οποία διασφαλίζει ότι όλα τα υλικά μεταφέρονται ασφαλή τρόπο από τον παραγωγή στον τελικό καταναλωτή. Η θερμοκρασία είναι το βασικό σημείο στην όλη διαδικασία και η σημασία της μπορεί να συναχθεί από το γεγονός ότι διατηρεί την ποιότητα των προϊόντων και εμποδίζει στο να χαλάσουν⁴⁵. Οι ψυκτικές συνθήκες που είναι εγκατεστημένες στον εξοπλισμό διασφαλίζουν την εκπλήρωση αυτών των σκοπών, διασφαλίζοντας έτσι τη βιώσιμη διαδικασία⁴⁶.

Σύμφωνα με το Global Agenda Council on Logistics and Supply Chains απώλειες τροφίμων σε φρούτα και λαχανικά λόγω ακατάλληλου χειρισμού και έλλειψης κατάλληλης ψυχρής μεταφοράς, όπως εγκαταστάσεις/πάροχοι ψυχρής εφοδιαστικής αλυσίδας έχουν οικονομικό αντίκτυπο και όπως αναφέρεται στην έκθεση που δημοσιεύτηκε από τα Ηνωμένα Έθνη, υπολογίστηκε ε ότι κάθε έτος χάνεται περίπου το ένα τρίτο όλων των τροφίμων/προϊόντων η αξία των οποίων αγγίζει τα 8,3 δις δολάρια⁴⁷.

⁴⁵ Robertson, J., Franzel, L., & Maire, D. (2017). Innovations in cold chain equipment for immunization supply chains. *Vaccine*, 35(17), 2252–2259.

⁴⁶ Madhu, A., & Panda, B. P. (2018). RFID-An Emerging Technology for Cold Chain Sustainability. *ZENITH International Journal of Business Economics & Management Research*, 8(5), 136–145.

⁴⁷ Raut, R. D., Gardas, B. B., Narwane, V. S., & Narkhede, B. E. (2019). Improvement in the food losses in fruits and vegetable supply chain-a perspective of cold third-party logistics approach. *Operations Research Perspectives*, 6(2), 100-117.

3.2 Προϊόντα Ψυχρής Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Η Ψυχρή Εφοδιαστική Αλυσίδα σύμφωνα με το Hofstra University της Νέας Υόρκης καθορίζεται ως η διακίνηση ευπαθών αγαθών ως προς την θερμοκρασία διατήρησης της ακεραιότητάς τους η οποία απαιτεί τη χρήση θερμομονωτικών και ψυχόμενων μεθόδων. Επιπλέον, το Πανεπιστήμιο του Cambridge αναφέρει πως η Ψυχρή Εφοδιαστική Αλυσίδα αποτελεί ένα συστημικό πλαίσιο διακίνησης προϊόντων που η συντήρησή τους απαιτεί την διασφάλιση μιας ψυχρής θερμοκρασίας σε κάθε στάδιο για να διατηρούνται ασφαλή και ποιοτικά αναλλοίωτα⁴⁸.

Τα προϊόντα τα οποία διακινούνται μέσω της Ψυχρής Εφοδιαστικής Αλυσίδας χαρακτηρίζονται ως θερμοκρασιακά ευπαθή προϊόντα και περιλαμβάνουν χημικά προϊόντα, φαρμακευτικά είδη, φρούτα (εσπεριδοειδή, εξωτικά, φυλλοβόλα, μπανάνα) και παράγωγα αυτών (χυμός, πούλπα), λαχανικά, κρέας, κατεψυγμένα τρόφιμα, φυτά, λουλούδια, σπόρους, φαρμακευτικά προϊόντα, μέλι, πουλερικά, αυγά, προϊόντα αρτοποιίας και ζαχαροπλαστικής, καλλυντικά, γαλακτοκομικά προϊόντα, κατεψυγμένα προϊόντα ζύμης, κρασιά, αλιεύματα. Τα αγαθά αυτά απαιτούν ιδιαίτερες συνθήκες αποθήκευσης και μεταφοράς καθώς είναι επιρρεπή στις εναλλαγές της θερμοκρασίας λόγω του κινδύνου της αλλοίωσης⁴⁹.

Η διαχείριση της θερμοκρασίας των αγαθών διαφέρει ανάλογα τον τύπο του, για παράδειγμα στα ψάρια και στα θαλασσινά που λόγω της συστατικής δομής τους είναι επιρρεπή σε τραυματισμούς απαιτείται η ψύξη τους πριν την εναπόθεσή τους σε ειδικά Containers μεταφοράς που είναι εξοπλισμένα με ψυκτικά μέσα. Επίσης, τα κρέατα και παράγωγα κρεάτων τίθενται σε πλαστική κάλυψη ώστε να μην υπάρξουν ροές υγρών από την συσκευασία τους και εναπόθεση αυτών σε απορροφητικά υποστρώματα. Ακόμη, τα

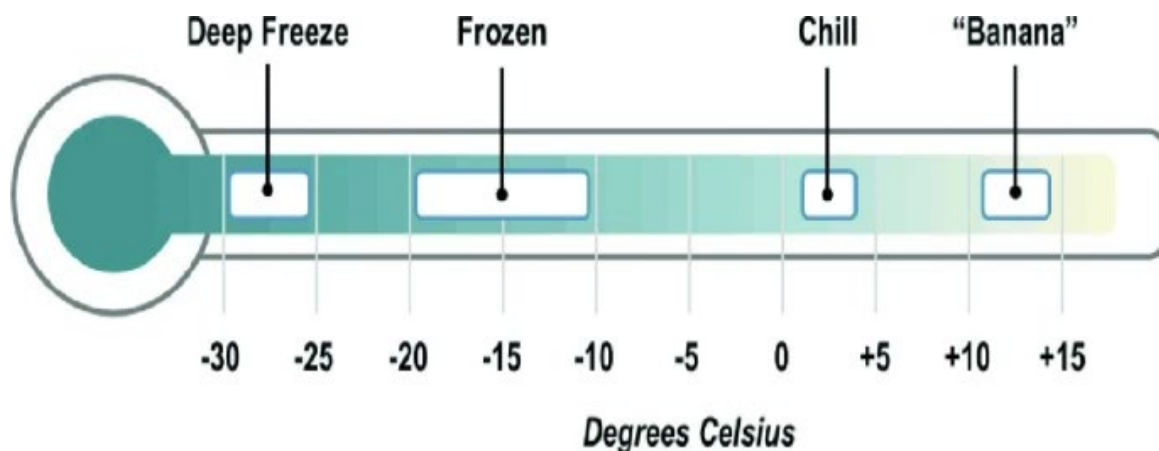
⁴⁸ Tian, F. (2017). A supply chain traceability system for food safety based on HACCP, blockchain & Internet of things. IEEE: Dalian.

⁴⁹ Kitinoja, L., Tokala, V. Y., & Brondy, A. (2018). A review of global postharvest loss assessments in plant-based food crops: recent findings and measurement gaps. *Journal of Postharvest Technology*, 6(4), 1–15.

γαλακτοκομικά προϊόντα (γάλα, τυρί, γιαούρτι, βούτυρο, κρέμες, παγωτά), τα φρούτα και τα λαχανικά διαφυλάσσονται και μεταφέρονται σε συνθήκες χαμηλής υγρασίας και θερμοκρασίας απομονωμένα από άλλα προϊόντα όπως φρούτα, λαχανικά, κρέατα και ψαρικά ώστε να διατηρούν τη φρεσκάδα και τα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά (υφή, χρώμα, σύνθεση, γεύση) την αξία τους και την εμπορικότητά τους⁵⁰.

Παρά την διατήρηση της απόλυτης θερμοκρασιακής κατάστασης κατά την διάρκεια της διακίνησης των προϊόντων υπάρχει περίπτωση κατά τη μεταφορά να απαιτείται διαφοροποίηση των συνθηκών θερμοκρασία. Παραδειγματικά αναφέρονται τα κύρια θερμοκρασιακά πρότυπα ανά κατηγορία προϊόντων:

1. Προϊόντα Βαθιάς Κατάψυξης (-25°C - -30°C): θαλασσινά είδη και παγωτά.
2. Προϊόντα Κατάψυξης (-10°C - -20°C): κατεψυγμένα προϊόντα (κρέας, είδη ζαχαροπλαστικής και αρτοποιίας).
3. Προϊόντα Ψυγείου (2°C - 4°C): φρούτα, λαχανικά, νωπό κρέας.
4. Φαρμακευτικά προϊόντα (2°C - 8°C): εμβόλια
5. Μπανάνα (12°C - 14°C)



⁵⁰ Raut, R. D., Gardas, B. B., Narwane, V. S., & Narkhede, B. E. (2019). Improvement in the food losses in fruits and vegetable supply chain-a perspective of cold third-party logistics approach. *Operations Research Perspectives*, 6, 100117.

3.3 Παγκόσμιοι Φορείς Προτύπων Ψυχρής Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Οι φορείς ελέγχου έχουν κοινό στόχο να παρέχουν την διασφάλιση της σταθερότητας και της ποιότητας της διατήρησης της θερμοκρασίας στα προϊόντα που διακινούνται μέσω της Ψυχρής Εφοδιαστικής Αλυσίδας. Η σπουδαιότητά τους αναδείχθηκε κατά την διάρκεια της πανδημίας με τη μεταφορά των ευπαθών εμβολίων COVID-19, φαρμακευτικών προϊόντων και άλλων προϊόντων που σχετίζονταν με την υγεία. Οι φορείς / οργανισμοί τυποποίησης δίδουν προσοχή στο να διατηρήσουν το πρότυπο διακίνησης των ευπαθών προϊόντων, να θεσπίσουν κανόνες και κανονισμούς που σχετίζονται με τη διαχείριση της Ψυχρής Εφοδιαστικής Αλυσίδας και τη διανομή των προϊόντων. Σε παγκόσμιο επίπεδο οργανισμοί που διαμορφώνουν το πρότυπο ποιοτικού ελέγχου για την διακίνηση προϊόντων μέσω της Ψυχρής Εφοδιαστικής Αλυσίδας είναι οι εξής⁵¹:

1. Διοίκηση Ασφάλειας Μεταφορών ΗΠΑ (Transportation Security Administration, TSA)
2. Διεθνής Ένωση Αερομεταφορών (International Air Transport Association, IATA)
3. Φαρμακοποιία των ΗΠΑ (US Pharmacopoeia, USA). Η Φαρμακοποιία των ΗΠΑ έχει τη δικαιοδοσία να θεσπίζει κανόνες και κανονισμούς για τη συσκευασία, την κατασκευή και τη διανομή προϊόντων που σχετίζονται με φαρμακευτικά προϊόντα.
4. Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων (Food and Drug Administration, FDA USA). Υπηρεσία πλήρως υπεύθυνη για τον έλεγχο και την επικύρωση των συμμορφώσεων στην τεχνολογία της ψυχρής αλυσίδας.
5. Ρυθμιστικός Οργανισμός Ιατρικών και Προϊόντων Υγείας (Medical and Healthcare Products Regulatory Agency, MHRA Europe). Στην Ευρώπη, αυτός ο οργανισμός

⁵¹ Kumar, K., & Davim, J. P. (Eds.). (2020). Supply Chain Intelligence: Application and Optimization. Springer Nature, 73-74.

έχει την ευθύνη για την παρακολούθηση και την επιβολή των κανονισμών για την διακίνηση φαρμάκων.

6. Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (World Health Organization, WHO Global). Σε παγκόσμιο επίπεδο ο WHO ενισχύει το κανονιστικό πλαίσιο για τη συσκευασία, την αποθήκευση και τη διακίνηση των προϊόντων.

3.4 Λειτουργίες Ψυχρής Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Η ψυχρή αλυσίδα αφορά τον συντονισμό ενός συνόλου δραστηριοτήτων από τον παραγωγό μέχρι τον τελικό καταναλωτή. Η δομή της Ψυχρής Εφοδιαστικής Αλυσίδας περιλαμβάνει προμηθευτές, μεταφορείς, αποθήκες και τελικούς καταναλωτές. Παραδειγματικά αναφέρεται το κύκλωμα λειτουργιών της Ψυχρής Εφοδιαστικής Αλυσίδας για ευπαθή τρόφιμα από την συγκομιδή μέχρι τον τελικό καταναλωτή⁵². Ειδικά⁵³:

1. Συγκομιδή. Οι ενέργειες που γίνονται κατά τη συγκομιδή συμβάλουν στην ασφαλή διακίνηση κατά μήκος της αλυσίδας εφοδιασμού.
2. Παλετοποίηση ή κιβωτιοποίηση προϊόντων
3. Αποθήκευση
4. Πρόψυξη. Διαδικασία συντήρησης προϊόντων και μείωση θερμοκρασίας αυτών. Οι βασικές μέθοδοι πρόψυξης είναι οι εξής:
 - i. Πρόψυξη με ψυχρό αέρα
 - ii. Πρόψυξη με βύθιση σε κρύο νερό ή ψεκάσμο με κρύο νερό (hydrocooling): ψεκάσμος με κρύο νερό, βύθιση σε κρύο νερό

⁵² Dhamodharan, P., Nijin, V. P., & Bakthavatsalam, A. K. (2021). Investigations on energy recovery capability of coconut oil for pre-cooling of apples from cold storage condensate. *Chemosphere*, 281(2), 130705.

⁵³ Thompson, J. F. (2004). Pre-cooling and storage facilities. *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks*, 11.

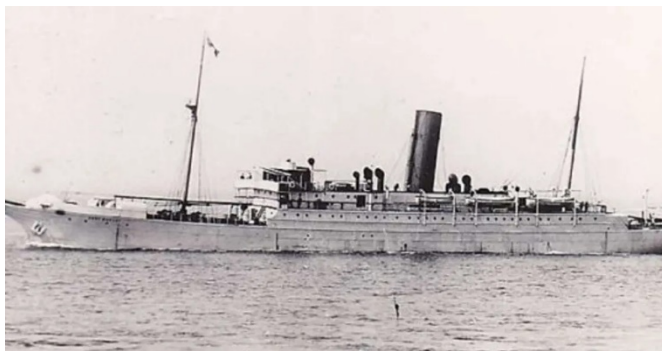
-
- iii. *Πρόψυξη με πάγο (Package icing)*
 - iv. *Πρόψυξη με κενό (Vacuum Cooling)*
 - v. *Πρόψυξη θαλάσσιων μεταφορών με πλοία εμπορευματοκιβωτίων που διαθέτουν ψυγεία που παρέχουν ψυχρό αέρα μέσω δαπέδου.*
5. Αποθήκευση – Βιομηχανική Ψύξη
 6. Μεταφορά ψυχρών φορτίων με χερσαία, θαλάσσια ή και εναέρια μέσα, με φορτηγά-ψυγεία, πλοία με συστήματα ψύξης και αεροσκάφη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΣΤΗ ΨΥΧΡΗ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ

4.1. Ιστορική Αναδρομή Στη Θαλάσσια Μεταφορά στη Ψυχρή Εφοδιαστική Αλυσίδα

Η μεταφορά των προϊόντων στη Ψυχρή Εφοδιαστική Αλυσίδα μπορεί να πραγματοποιηθεί με τρεις τρόπους, χερσαία, θαλάσσια και εναέρια. Η διακίνηση ψυχρού φορτίου με πλοία μπορεί να πραγματοποιηθεί με πολλών ειδών πλοία, όπως πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων και επιβατηγά πλοία που διαθέτουν συστήματα ψυχρής αποθήκευσης. Υπάρχουν δύο είδη εμπορευματοκιβωτίων εκείνα που διαθέτουν σύστημα ψύξης και εκείνα που τοποθετούνται στο αμπάρι και έχουν ανοίγματα για να μεταφέρεται ο ψυχρός αέρας μέσω αεραγωγών. Τα πλοία που χρησιμοποιούνται για τη θαλάσσια μεταφορά της ψυχρής αλυσίδας είναι εξοπλισμένα με ηλεκτρονικές συσκευές για τον έλεγχο, την καταγραφή και παρακολούθηση των θερμοκρασιών⁵⁴.

Ιστορικά, η παρουσία της θαλάσσιας μεταφοράς ψυχρού φορτίου καταγράφηκε το 1880 με τα αρχικά ταξίδια πειραματικού χαρακτήρα για μεταφορά ευπαθών προϊόντων όπως κρέατος και γαλακτοκομικών προϊόντων. Την



περίοδο εκείνη η ψυχρή εφοδιαστική αλυσίδα βρίσκονταν σε πρώιμο στάδιο με τον

⁵⁴ Zhang, X., & Lam, J. S. L. (2018). Shipping mode choice in cold chain from a value-based management perspective. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 110, 147-167.

Καναδά, το 1887, να διαθέτει 17 πλοία – ψυγεία και την περίοδο 1896 – 1907 η Δανία να έχει στην κατοχή της 20 πλοία – ψυγεία. Στο κύκλωμα αυτό συμμετείχε και το Ηνωμένο Βασίλειο με το «Port Morant» να είναι το πρώτο πλοίο – ψυγείο που κατείχε το 1901⁵⁵.

Την δεκαετία του 1930 τα πλοία – ψυγεία της εποχής διέθεταν χώρους ψύξης τους οποίους διατηρούσαν με χρήση αμμωνίας και CO₂. Η χωρητικότητα αυτών κυμαίνονταν από 5.000 έως 15.000 m³. Αργότερα, την δεκαετία του 1970 η μέση χωρητικότητα των πλοίων -ψυγείων έφτανε 12.000.000 m³ και έκαναν την εμφάνισή τους και τα αλιευτικά σκάφη που διέθεταν εξοπλισμό ψύξης με πάγο. Την δεκαετία του 1960 παρουσιάστηκε το φορτηγό πλοίο με χρήση παλετών που διέθετε τον απαραίτητο εξοπλισμό ψύξης με αέρα για να διατηρήσει προϊόντα σε θερμοκρασίες από -30°C έως +13°C. Η πρώτη καταγραφή διακίνησης ψυχρού φορτίου με πλοία εμπορευματοκιβωτίων πραγματοποιήθηκε το 1954 στις ΗΠΑ και το 1970 έγινε πράξη η διατροφική μετακίνηση προϊόντων. Σήμερα, τα πλοία ψυχρού φορτίου είναι ιδιαίτερα εξελιγμένα και διαθέτουν πολλαπλές τεχνολογίες και εξοπλισμό ψύξης για την σωστή μεταφορά του που διακρίνεται για την ακρίβεια στις συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας και στους απομειωμένους κραδασμούς⁵⁶.

⁵⁵ Lennerfors, T. T., & Birch, P. (2019). The Reefer Industry in a Historical Context 29. In *Snow in the Tropics* (pp. 29-50). Brill.

⁵⁶ Arduino, G., Carrillo Murillo, D., & Parola, F. (2015). Refrigerated container versus bulk: evidence from the banana cold chain. *Maritime Policy & Management*, 42(3), 228-245.

4.2 Πλοία Ψυχρής Εφοδιαστικής Αλυσίδας

4.2.1. Πλοία – Ψυγεία (Reefer Ships)

Τα Πλοία – Ψυγεία (Reefer Ships) είναι Φορτηγά Πλοία (Bulk Carriers) που διαθέτουν τον απαραίτητο εξοπλισμό ψύξης με ψυκτικές μονάδες για αδιάλειπτη ψύξη των περιοχών αποθήκευσης. Επιπλέον, διαθέτουν 2 ή και 3 Καταστρώματα (Tween Deckers) σε αντίθεση με τα απλά Φορτηγά Πλοία που έχουν ένα κατάστρωμα. Ο αποθηκευτικός χώρος διαιρείται ανάλογα με τη θερμοκρασία που διατηρεί σε 8 Ζώνες Θερμοκρασίας (Temperature Zones) και επιπλέον χωρίζεται σε τέσσερις Τομείς (Holds). Ενώ, κάθε Τομέας διακρίνεται σε 12 έως 19 Διαμερίσματα (Compartments). Τέλος, άλλο ένα χαρακτηριστικό τους είναι ότι έχουν την ικανότητα πλευρικής φόρτωσης των παλετών των μεταφερομένων προϊόντων. Επίσης, τα Πλοία – Ψυγεία διαθέτουν ισχυρή μόνωση για την διασφάλιση της χαμηλής θερμοκρασίας στους αποθηκευτικούς θαλάμους και την επιπλέον απομείωση των απωλειών ψύξης. Τα Πλοία – Ψυγεία διαθέτουν μεγαλύτερο βύθισμα και μερικότερη ταχύτητα μεταφοράς που μειώνεται τη μεταφορική τους ικανότητα από 25% έως και 35%. Τα Πλοία – Ψυγεία διακρίνονται σε Specialized Reefers και Freezers⁵⁷.



Το 1879 οι Henry Bell, John Bell και James Coleman κατασκεύασαν τον συμπίεστη Bell – Coleman ώστε να τοποθετηθεί στο πλοίο Circassia, το οποίο αποτελούσε ένα πλοίο

⁵⁷ Čudina, P., & Bezić, A. (2019). Reefer vessel versus container ship. Brodogradnja: Teorija i praksa brodogradnje i pomorske tehnike, 70(1), 129-141.

μετακίνησής προϊόντων κρέατος από τις Η.Π.Α στην Αγγλία. Έτσι, το 1900, 356 Πλοία - Ψυγεία ήδη διακινούσαν περίπου 800 χιλ. τόνους τροφίμων παγκοσμίως⁵⁸. Στην σύγχρονη εποχή και τη δεκαετία του 1980, η θαλάσσια μεταφορά ψυχρού φορτίου παρουσίασε ραγδαία ανάπτυξη στην Ευρώπη και στη Βόρεια Αμερική. Την επόμενη δεκαετία, καταγράφηκαν περίπου 1500 Πλοία – Ψυγεία με μεταφορική ικανότητα περίπου 400 εκ. m³.

Ενώ, το 2015 ο στόλος των Πλοίων – Ψυγείων συρρικνώνεται και μεταφέρει μόλις το 30% των προϊόντων της Ψυχρής Αλυσίδας. Όμως, στα επόμενα έτη έκαναν την εμφάνισή τους τα Πλοία Εμπορευματοκιβωτίων – Ψυγείων με σχεδόν 8 φορές μεγαλύτερη χωρητικότητα από αυτή των Πλοίων – Ψυγείων με αποτέλεσμα την απομείωση του στόλου τους εφόσον τα πρώτα αποτελούν μια νέα επενδυτική επιλογή οικονομικά συμφέρουσα που ήρθε για αν κερδίσει συνεχώς μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς στην εξυπηρέτηση της ψυχρής εφοδιαστικής αλυσίδας, και ειδικά καταγράφεται πως το 2022 κατέχει το 89% των μεταφορών ευπαθών προϊόντων παγκοσμίως με μια πρόβλεψη για το 2025 να αγγίζει το 91,3%⁵⁹.

Εδώ σημειώνεται, πως η πανδημία COVID-19 διαμόρφωσε ένα νέο σκηνικό στις μεταφορές και κατεύθυνε ένα σύνολο εταιρειών - SEATRADE, STAR REEFERS, SAMSKIP, GREENSEA B.V.B., FRIGO SHIP CHARTERING GMBH και εταιρείες DEL MONTE, DOLE και CHIQUITA - να επαναπροσδιορίσει και να προσφύγει στη ναύλωση Πλοίων – Ψυγείων. Οι εταιρίες εμπιστεύτηκαν τα Πλοία – Ψυγεία για τη διακίνηση ευπαθών προϊόντων που διαθέτουν μεγαλύτερη ταχύτητα πλεύσης από τα Εμπορευματοκιβώτια – Ψυγεία (Reefer Containers) καθώς ισοδυναμεί με ταχύτερη παράδοσή αυτών. Η αξιόπιστη αυτή επιλογή στη μεταφορά των ψυχρών φορτίων, αν και

⁵⁸ Papanikolaou, A., Bitha, K., Eliopoulou, E., & Ventikos, N. P. (2014). Statistical analysis of ship accidents that occurred in the period 1990–2012 and assessment of safety level of ship types. In Proceedings of the Maritime Technology and Engineering Conference (MARTECH), 2014(1), 227-233.

⁵⁹ Bogataj, D., Bogataj, M., Campuzano-Bolarin, F., & Nicolás, J. A. M. (2022). Location Advantages of the Container Port for Perishable Goods in the Murcia Region. IFAC-PapersOnLine, 55(10), 2701-2706.

πιο περιορισμένου όγκου, είναι ιδιαίτερος οικονομικά συμφέρουσα⁶⁰. Μάλιστα, έχει καταγραφεί πως ένα Πλοίο – Ψυγείο είναι ικανό να πραγματοποιήσει 7 έως 8 διηπειρωτικά ταξίδια σε ένα έτος ενώ και το Εμπορευματοκιβώτιο – Ψυγείο μόλις 5⁶¹.

Ο κύκλος εργασιών της ψυχρής εφοδιαστικής αλυσίδας εκτιμήθηκε σε 248,38 δις δολάρια το 2020 και προβλέπεται να φτάσει τα 410,79 δις δολάρια μέχρι το 2028. Ο ρυθμός ετήσιας ανάπτυξης αναμένεται να είναι 7% από το 2021 έως το 2028. Σύμφωνα με την αναφορά του IMARC Group, ο κύκλος εργασιών της ψυχρής αλυσίδας της Βόρειας Αμερικής ανήλθε σε 81,2 δις δολάρια το 2018 και αναμένεται να φτάσει στα 142,6 δις δολάρια το 2023, όπως και για την Ασία - Ωκεανία ο κύκλος εργασιών έφτασε τα 68,32 δις δολάρια το 2019 και αναμένεται να φτάσει τα 133,97 το 2027. Επίσης, ο κύκλος εργασιών της ψυχρής αλυσίδας της Ευρώπης ανήλθε σε 75,12 δις δολάρια το 2019 και αναμένεται να φτάσει στα 112,8 δις δολάρια το 2025 με έναν υπολογισμό για μια ετήσια αύξηση της τάξης του 19%. Η συνολική χωρητικότητα των ψυκτικών αποθηκών παγκοσμίως ήταν 719 εκ. κυβικά μέτρα το 2022⁶². Επιπλέον, η προβλεπόμενη συνολική τάση για τις πωλήσεις φαρμακευτικών προϊόντων ψυχρής αλυσίδας από το 2016 έως το 2024 είναι αυξητική, από τα 272 δις δολάρια στα 440. Ενώ, το παγκόσμιο εμπόριο ψυχρής αλυσίδας φαρμάκων για το 2021 ανήλθε σε 392 δις δολάρια, 388 δις το 2022 και αναμένεται να φτάσει τα 449 το 2023. Τέλος, ο ετήσιος ρυθμός αύξησης κίνησης αγαθών με εμπορευματοκιβώτια-ψυγεία με πρόβλεψη έως το 2025. Λαμβάνοντας υπόψη την κάμψη του 2020 λόγω COVID-19, προβλέπεται μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης 5,3% έως το 2025⁶³.

⁶⁰ Zhang, X., Lam, J. S. L., & Iris, Ç. (2020). Cold chain shipping mode choice with environmental and financial perspectives. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 87, 102537.

⁶¹ Castelein, B., Geerlings, H., & Van Duin, R. (2020). The reefer container market and academic research: A review study. *Journal of Cleaner Production*, 256(2), 120654.

⁶² IMARC Group, 2023, North America Cold Chain Market: Industry Trends, Share, Size, Growth, Opportunity and Forecast 2021-2026, [researchandmarkets](https://www.researchandmarkets.com/)

⁶³ Placek, R. (2023). Global biopharma cold chain product sales from 2016 to 2024. Διαθέσιμο: www.statista.com/statistics/303081/trend-in-biopharma-cold-chain-products-global-sales/, Ημερομηνία Προσπέλασης: 07.03.2023,

Στο σημείο αυτό παρατίθεται η SWOT Analysis των Πλοίων – Ψυγείων, ειδικά ⁶⁴:

1. Δυνάμεις:
 - ✓ Ανελλιπή και περισσότερα δρομολόγια χωρίς ενδιάμεσες στάσεις (Direct Service)
 - ✓ Εξυπηρέτηση μεγάλο αριθμού φορτωτών – παραγωγών
 - ✓ Ταχύτητα εξυπηρέτησης
 - ✓ Υψηλότερη ταχύτητα πλεύσης από Containers
2. Αδύνατα Σημεία (σε σχέση με τα ανταγωνιστικά Πλοία Εμπορευματοκιβωτίων – Ψυγεία):
 - ✓ Απόσυρση
 - ✓ Δυσκαμψία στη μεταφορά πολλαπλών διαφορετικών ευπαθών προϊόντων
 - ✓ Μείωση συνολικής μεταφορικής ικανότητας
 - ✓ Όχι σύγχρονη ναυπηγική κατασκευή
 - ✓ Παλαιωμένος στόλος
 - ✓ Υψηλό κόστος παραγωγής νέων Πλοίων – Ψυγείων
 - ✓ Υψηλό κόστος συντήρησης υφισταμένων Πλοίων – Ψυγείων
3. Ευκαιρίες:
 - ✓ Ανισορροπία καταμερισμού κενών κιβωτίων
 - ✓ Έλλειψη σε Πλοία Εμπορευματοκιβωτίων – Ψυγεία
 - ✓ Αναξιοπιστία στην εκτέλεση δρομολογίων εξαιτίας της συμφόρησης των λιμένων
4. Απειλές:
 - ✓ Τεχνολογική εξέλιξη
 - ✓ Κατασκευή Containers
 - ✓ Υψηλή ενεργειακή κατανάλωση

⁶⁴ Zhang, X., & Lam, J. S. L. (2018). Shipping mode choice in cold chain from a value-based management perspective. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 110, 147-167.

-
- ✓ Μειωμένη απόδοση ψυκτικού εξοπλισμού
 - ✓ Απειλή από τις υπηρεσίες που προσφέρουν τα Πλοία Εμπορευματοκιβώτιων – Ψυγεία

4.2.2. Εμπορευματοκιβώτια – Ψυγεία (Reefer Containers)

Τα Εμπορευματοκιβώτια – Ψυγεία αποτελούν Container με στιβαρή και ανθεκτική κατασκευή. Διαθέτουν ενισχυμένο πλαίσιο που να αντέχει σε στρεβλώσεις και τα τοιχώματά του είναι οπλισμένα με θερμομονωτικά υλικά τα οποία ενισχύονται από κλιματιστικό



μηχανισμό / ψυκτική μονάδα, ώστε να διασφαλίζει την μη απώλεια θερμοκρασίας, την εξισορρόπηση της υγρασίας και την αδιάλειπτη ομαλή ροή του ψυχρού αέρα στο εσωτερικό του φορτίου⁶⁵. Επιπλέον, τα πλοία διαθέτουν τον κατάλληλο ηλεκτρονικό εξοπλισμό ώστε σε περίπτωση πρόωρης ωρίμανση ή και σήψης κάποιου ευπαθούς προϊόντος, να υπάρξει άμεση αναγνώριση του CO₂ και της αιθανόλης, ώστε ο ψυχρός αέρας να ανανεωθεί. Όπως επίσης, διαθέτουν εξοπλισμό παρακολούθησης των συνθηκών θερμοκρασίας και υγρασίας εντός του περιβάλλοντος του φορτίου και είναι σε θέση οποιαδήποτε στιγμή να τις μεταβάλλουν ακόμα και από απομακρυσμένη θέση⁶⁶. Το

⁶⁵ Tang, P., Postolache, O. A., Hao, Y., & Zhong, M. (2019, March). Reefer container monitoring system. In 2019 11th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE) (pp. 1-6). IEEE.

⁶⁶ Moon, Y. S., Jung, J. W., Choi, S. P., Kim, T. H., Lee, B. H., Kim, J. J., & Choi, H. L. (2015). Real-time reefer container monitoring system based on IoT. *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, 19(3), 629-635.

Reefer Containers συντηρεί το ψυχρό φορτίο σε θερμοκρασίες από -30°C έως και $+25^{\circ}\text{C}$ αν και υπάρχει η δυνατότητα για διατήρηση φορτίου σε θερμοκρασίες βαθιάς κατάψυξης, ακόμα και -65°C (πχ. εμβόλια)⁶⁷.

Τα Εμπορευματοκιβώτια – Ψυγεία μπορούν να διακριθούν ανάλογα με συγκεκριμένα κριτήρια, ως εξής^{68, 69, 70}:

1. Μέγεθος:

- ✓ ISO Containers μήκους 10, 20 και 40 ποδών (40 ft)
- ✓ Containers Standard ύψους 8,6 ποδών και Containers High Cube ύψους 9,6 ποδών.

2. Διακινούμενο προϊόν: Ultra Freezer Containers για διακίνηση φαρμακευτικών προϊόντων και Dual Redundant Freezer Containers με δύο ψυκτικές μονάδες

3. Ψύξη:

- ✓ Porthole Containers: Ανεξάρτητα μεγάλου όγκου αποθήκευσης Containers με αεροστεγές τμήματα στα οποία μπορεί να διακινηθεί ψυχρός αέρας ώστε τα αποθηκευμένα προϊόντα να συντηρηθούν στην κατάλληλη θερμοκρασία.
- ✓ Integral (Integrated) Refrigerated Containers: Αυτόνομα μεγάλου όγκου αποθήκευσης Containers με ψυκτικό εξοπλισμό ο οποίος διαμέσως

⁶⁷ Goedhals-Gerber, L. L., Stander, C., & Van Dyk, F. E. (2017). Maintaining cold chain integrity: Temperature breaks within fruit reefer containers in the Cape Town Container Terminal. *Southern African Business Review*, 21(1), 362-384.

⁶⁸ Accorsi, R., Manzini, R., & Ferrari, E. (2014). A comparison of shipping containers from technical, economic and environmental perspectives. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 26, 52-59.

⁶⁹ Defraeye, T., Cronje, P., Verboven, P., Opara, U. L., & Nicolai, B. (2015). Exploring ambient loading of citrus fruit into reefer containers for cooling during marine transport using computational fluid dynamics. *Postharvest Biology and Technology*, 108, 91-101.

⁷⁰ Budiyo, M. A., & Zhafari, F. (2019). Simulation study using building-design energy analysis to estimate energy consumption of refrigerated container. *Energy Procedia*, 156, 207-211.

αισθητήρων διατηρεί το επιθυμητό επίπεδο θερμοκρασίας. Πολύ γνωστά ασύρματα δίκτυα αισθητήρων είναι τα LoRaWAN και SigFox που συναρτώνται με το πρωτόκολλο ALOHA⁷¹

Ο στόλος των Εμπορευματοκιβωτίων – Ψυγείων αριθμούσε το 2022 περίπου 5,3 εκ. Εμπορευματοκιβώτια με τα 338 χιλ. να είναι Εμπορευματοκιβώτια – Ψυγεία. Πρωτοπόροι στην αγορά τέτοιου είδους πλοίων είναι εταιρείες από τις ΗΠΑ, το Ηνωμένο Βασίλειο και την Αυστραλία, το Βιετνάμ, η Ινδία και η Τουρκία. Κορυφαίες κατασκευάστριες εταιρίες οι Thermoking, Carrier, Daikin και Lamberet. Επίσης, τα τελευταία έτη ναυτιλιακές εταιρείες όπως οι Maersk, COSCO και CMA-CGM συμμετέχουν στο δίκτυο της Ψυχρής Εφοδιαστικής Αλυσίδας και επενδύουν στην κατασκευή Containers και προχωρούν σε επενδυτικές κινήσεις εξαγορών και συγχωνεύσεων εταιριών κατασκευής Εμπορευματοκιβωτίων – Ψυγείων⁷².

Στο σημείο αυτό παρατίθεται η SWOT Analysis των Εμπορευματοκιβωτίων – Ψυγείων, ειδικά⁷³:

1. Δυνάμεις:

- ✓ Διακίνηση μικρότερων ποσοτήτων από περισσότερα προϊόντα
- ✓ Εμπορευματοκιβώτια – Ψυγεία = Βασικό μέσο διακίνησης προϊόντων στη Ψυχρή Εφοδιαστική Αλυσίδα
- ✓ Εναλλαγή από ψυχρό σε συμβατικό φορτίο ανάλογα με την χρήση ή όχι του ψυκτικού μηχανισμού
- ✓ Ευελιξία διακίνησης ευπαθών προϊόντων

⁷¹ Bardhan, S., Bagchi, S., Jenamani, M., & Routray, A. (2020, October). Non-Invasive method using Contact-less Sensors and Embedded Platform for Monitoring Quality determining factors of Indian Mangoes. In IECON 2020 The 46th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (pp. 2281-2285). IEEE.

⁷² D'agostini, E., Nam, H. S., & Kang, S. H. (2019). Gaining competitive advantage at sea: an overview of shipping lines' strategic decisions. *Int J Transport Eng Technol*, 5(4), 74-81.

⁷³ Zhang, X., & Lam, J. S. L. (2018). Shipping mode choice in cold chain from a value-based management perspective. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 110, 147-167.

-
- ✓ Μικρό κόστος παραγωγής και συντήρησης
 - ✓ Πολλαπλά δρομολόγια διακίνησης φορτίων
 - ✓ Ταχύτατη φόρτωση σε σχέση με τα bulk φορτία
 - ✓ Τεχνολογικά εξελιγμένα

2. Αδύνατα Σημεία:

- ✓ Ανισορροπία διαθεσιμότητας κενών κιβωτίων για διακινούμενα φορτία
- ✓ Δυσκολίες υποδοχής Εμπορευματοκιβωτίων – Ψυγείων σε λιμάνια
- ✓ Καθυστερήσεις εξυπηρέτησης δρομολογίων
- ✓ Υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις
- ✓ Υψηλή κατανάλωση ενέργειας – Ανάγκη τροφοδοσίας

3. Ευκαιρίες:

- ✓ Αδιάληπτη μεγέθυνση της Ψυχρής Εφοδιαστικής Αλυσίδας
- ✓ Αύξηση αγοράς και μεριδίου
- ✓ Εξελιγμένες συσκευασίες
- ✓ Περισσότερα προϊόντα εντάσσονται στην Ψυχρή Αλυσίδα
- ✓ Ποιότητα υπηρεσιών σε φορτωτές και πελάτες
- ✓ Τεχνολογία διαδικτύου και 5G που υποστηρίζουν τις εφαρμογές παρακολούθησης και ρύθμισης των συνθηκών στο εσωτερικό του Εμπορευματοκιβωτίου – Ψυγείου

4. Απειλές:

- ✓ Βλάβες εξοπλισμού στα Εμπορευματοκιβώτια – Ψυγεία = Υψηλό κόστος
- ✓ Παγκόσμια γεγονότα όπως η πανδημία COVID-19 προκαλεί δυσλειτουργίες στην Ψυχρή Εφοδιαστική Αλυσίδα

Η παγκόσμια κίνηση στην ψυχρή αλυσίδα αποτελεί ένα σημαντικό τμήμα της παγκόσμιας οικονομίας, καθώς επιτρέπει τη μεταφορά τροφίμων και προϊόντων σε παγκόσμια κλίμακα. Η διατήρηση των τροφίμων σε χαμηλές θερμοκρασίες διασφαλίζει τη φρεσκάδα και την ποιότητά τους κατά τη διάρκεια της μεταφοράς τους.

Η παγκόσμια κίνηση επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως οι αλλαγές στη ζήτηση των καταναλωτών, οι νέες τεχνολογίες και οι καινοτομίες στον τομέα της μεταφοράς και αποθήκευσης των προϊόντων, καθώς και η πανδημία του COVID-19.

Οι βασικοί δρόμοι και λιμάνια που χρησιμοποιούνται στην παγκόσμια κίνηση στην ψυχρή αλυσίδα διαφέρουν ανάλογα με το είδος του προϊόντος και τον προορισμό. Για παράδειγμα, για τη μεταφορά φρούτων και λαχανικών με ψυγεία, συνήθως χρησιμοποιούνται πλοία και φορτηγά που διαθέτουν ψυκτικά συστήματα και λιμάνια με ειδικές εγκαταστάσεις ψύξης. Αντίθετα, τα προϊόντα κατεψυγμένων τροφίμων συνήθως μεταφέρονται με πλοία και αεροπλάνα, χρησιμοποιώντας κρύο αέρα για τη διατήρηση της θερμοκρασίας σε χαμηλά επίπεδα.

Οι κύριες κατηγορίες προϊόντων που μεταφέρονται στη ψυχρή αλυσίδα είναι:

Τρόφιμα: Φρούτα, λαχανικά, κρέας, ψάρι, θαλασσινά, γαλακτοκομικά προϊόντα και άλλα είδη τροφίμων που απαιτούν χαμηλές θερμοκρασίες για να διατηρήσουν τη φρεσκάδα τους και να αποφευχθεί η ανάπτυξη βακτηρίων και ιών.

Φάρμακα: Η μεταφορά φαρμάκων και ιατρικών εφαρμογών σε κατάψυξη ή ψύξη πρέπει να γίνεται σε ένα αυστηρά ελεγχόμενο περιβάλλον για να διατηρηθεί η αποτελεσματικότητά τους. Κατά τη διάρκεια της πανδημίας COVID-19, η ψυχρή αλυσίδα έχει καίρια σημασία για τη διατήρηση των εμβολίων και των ιατροφαρμακευτικών προϊόντων.

Βιομηχανικά προϊόντα: Προϊόντα όπως βιολογικά και χημικά προϊόντα, επιστημονικές δείγματα και ιατρικές προμήθειες μεταφέρονται συχνά σε χαμηλές θερμοκρασίες για να διατηρηθούν από τη φθορά και την αλλοίωση.

Συστατικά τροφίμων: Προϊόντα όπως κρέας, ψάρι, λαχανικά και φρούτα που χρησιμοποιούνται ως συστατικά σε άλλα τρόφιμα, μεταφέρονται συχνά σε χαμηλές θερμοκρασίες για να διατηρήσουν την ποιότητα τους και να αποφευχθεί η ανάπτυξη βακτηριδίων και άλλων μικροοργανισμών.

Η παγκόσμια κίνηση στην ψυχρή αλυσίδα βασίζεται σε ένα δίκτυο βασικών δρόμων και λιμανιών που εξυπηρετούν τη μεταφορά προϊόντων σε ψυχρές συνθήκες. Ορισμένοι από τους βασικούς δρόμους και λιμένες περιλαμβάνουν:

- Λιμάνι της Σαγκάης, Κίνα
- Λιμάνι του Σικάγο, Ηνωμένες Πολιτείες
- Λιμάνι του Ρότερνταμ, Ολλανδία
- Λιμάνι της Αμβέρσας, Βέλγιο
- Λιμάνι της Μασσαλίας, Γαλλία
- Λιμάνι του Σαντιάγκο, Χιλή
- Λιμάνι του Σαν Φρανσίσκο, Ηνωμένες Πολιτείες
- Λιμάνι του Λος Άντζελες, Ηνωμένες Πολιτείες
- Λιμάνι του Χάμπουργκ, Γερμανία
- Λιμάνι του Ντουμπαί, Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα
- Δρόμος του Παναμά
- Δρόμος του Σουέζ
- Δρόμος της Μάγχης

Αυτά τα λιμάνια και δρόμοι αποτελούν σημαντικούς κόμβους στον κόσμο της ψυχρής αλυσίδας και χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά διαφόρων κατηγοριών προϊόντων που απαιτούν χαμηλές θερμοκρασίες, όπως τρόφιμα, φάρμακα, χημικά, βιομηχανικά προϊόντα και άλλα.

1. Λιμάνι της Σαγκάης, Κίνα: Το λιμάνι της Σαγκάης είναι ένα από τα πιο σημαντικά λιμάνια στον κόσμο για την ψυχρή αλυσίδα. Βρίσκεται στην περιφέρεια της Σαγκάης στην ανατολική Κίνα και είναι ένα από τα πιο σημαντικά λιμάνια στην Ασία. Εξυπηρετεί τόσο το εγχώριο όσο και το διεθνές εμπόριο και διαθέτει σύγχρονες επιφάνειες αποθήκευσης και διακίνησης τροφίμων και φαρμάκων.

2. Λιμάνι της Ρότερνταμ, Ολλανδία: Το λιμάνι του Ρότερνταμ βρίσκεται στην καρδιά της Ευρώπης και είναι ένα από τα μεγαλύτερα λιμάνια στον κόσμο. Είναι εξοπλισμένο με την τελευταία λέξη της τεχνολογίας για τη διατήρηση και διακίνηση τροφίμων και φαρμάκων και εξυπηρετεί μια μεγάλη περιοχή στην κεντρική Ευρώπη.

3. Λιμάνι του Σικάγο, Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής: Το λιμάνι του Σικάγο, που βρίσκεται στις Ηνωμένες Πολιτείες, είναι ένα από τα βασικά λιμάνια που χρησιμοποιούνται στην παγκόσμια κίνηση στην ψυχρή αλυσίδα. Το λιμάνι αυτό είναι ένα από τα πιο σημαντικά κόμβους διανομής για την κίνηση τροφίμων, φαρμάκων και άλλων προϊόντων που απαιτούν έλεγχο της θερμοκρασίας.

Το λιμάνι του Σικάγο είναι ένα από τα μεγαλύτερα λιμάνια του κόσμου, με μια σειρά από παράπλευρες επιχειρήσεις που εξυπηρετούν τη βιομηχανία της ψυχρής αλυσίδας. Το λιμάνι συνδέεται με τη Δυτική Ευρώπη και την Ασία μέσω του σιδηροδρομικού δικτύου, και εξυπηρετεί πελάτες σε όλο τον κόσμο.

Οι επιχειρήσεις που είναι σταθμοί στο λιμάνι του Σικάγο παρέχουν μια πλήρη γκάμα υπηρεσιών στην ψυχρή αλυσίδα, συμπεριλαμβανομένης της αποθήκευσης, της μεταφοράς και της διανομής με εγκαταστάσεις που είναι εξοπλισμένες με τις τελευταίες τεχνολογίες ψύξης.

4. Λιμάνι της Αμβέρσας, Βέλγιο: Το λιμάνι της Αμβέρσας είναι ένα από τα μεγαλύτερα λιμάνια στην Ευρώπη και βρίσκεται στην πόλη της Αμβέρσας στο Βέλγιο. Είναι ένας σημαντικός κόμβος για τη διεθνή εμπορία και αποτελεί μια από τις πύλες εισόδου των ευρωπαϊκών εμπορικών δραστηριοτήτων στον κόσμο. Χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό

για την παγκόσμια κίνηση στην ψυχρή αλυσίδα, δηλαδή για τη μεταφορά τροφίμων, φαρμάκων και άλλων ευαίσθητων προϊόντων που πρέπει να διατηρούνται σε συγκεκριμένες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της μεταφοράς τους.

Στο λιμάνι της Αμβέρσας υπάρχουν πολλοί εξειδικευμένοι χώροι αποθήκευσης και τερματικοί σταθμοί που είναι ειδικά σχεδιασμένοι για την αποθήκευση και μεταφορά προϊόντων στη ψυχρή αλυσίδα. Το λιμάνι διαθέτει επίσης σύγχρονες εγκαταστάσεις και εξοπλισμό για τη διαχείριση των εμπορευματοκιβωτίων και την ασφαλή μεταφορά τους.

5. Λιμάνι της Μασσαλίας, Γαλλία: Το λιμάνι της Μασσαλίας είναι ένα από τα μεγαλύτερα λιμάνια της Γαλλίας και βρίσκεται στη νότια ακτή της χώρας. Χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό για την παγκόσμια κίνηση στην ψυχρή αλυσίδα, ειδικά για την εξαγωγή φρούτων, λαχανικών και θαλασσινών προϊόντων που απαιτούν ελεγχόμενες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της μεταφοράς τους.

Στο λιμάνι της Μασσαλίας υπάρχουν πολλοί εξειδικευμένοι χώροι αποθήκευσης και τερματικοί σταθμοί που είναι ειδικά σχεδιασμένοι για την αποθήκευση και μεταφορά προϊόντων στη ψυχρή αλυσίδα. Το λιμάνι διαθέτει επίσης σύγχρονες εγκαταστάσεις και εξοπλισμό για τη διαχείριση των εμπορευματοκιβωτίων και την ασφαλή μεταφορά τους.

6. Λιμάνι του Σαν Φρανσίσκο, Ηνωμένες Πολιτείες: Το λιμάνι του Σαν Φρανσίσκο είναι ένα από τα μεγαλύτερα και πιο σημαντικά λιμάνια των Ηνωμένων Πολιτειών. Χρησιμοποιείται ευρέως για τη διεθνή κίνηση εμπορευματοκιβωτίων και είναι επίσης ένα από τα κυριότερα λιμάνια που χρησιμοποιούνται στην παγκόσμια κίνηση στην ψυχρή αλυσίδα.

Το λιμάνι του Σαν Φρανσίσκο διαθέτει εξειδικευμένους τερματικούς σταθμούς και αποθηκευτικούς χώρους που είναι σχεδιασμένοι ειδικά για την αποθήκευση και μεταφορά προϊόντων στη ψυχρή αλυσίδα. Υπάρχουν επίσης πολλοί εξειδικευμένοι εμπορευματοεμπόροι στο λιμάνι που προσφέρουν υπηρεσίες ψυχρής αλυσίδας, όπως η μεταφορά και η αποθήκευση τροφίμων και φαρμάκων σε ελεγχόμενες θερμοκρασίες.

Επιπλέον, οι εγκαταστάσεις και οι εξοπλισμοί του λιμανιού του Σαν Φρανσίσκο είναι σχεδιασμένοι για να εξασφαλίζουν την ασφαλή μεταφορά και αποθήκευση των προϊόντων στη ψυχρή αλυσίδα.

7. Λιμάνι του Λος Άντζελες, Ηνωμένες Πολιτείες: Το λιμάνι του Λος Άντζελες είναι ένα από τα μεγαλύτερα λιμάνια των Ηνωμένων Πολιτειών και είναι επίσης ένα από τα κυριότερα λιμάνια που χρησιμοποιούνται στην παγκόσμια κίνηση στην ψυχρή αλυσίδα. Εκατομμύρια τόνοι προϊόντων και εμπορευμάτων διακινούνται κάθε χρόνο μέσω αυτού του λιμανιού, μεταξύ άλλων και τρόφιμα και φάρμακα στη ψυχρή αλυσίδα.

Το λιμάνι του Λος Άντζελες διαθέτει πλήθος εξειδικευμένων εγκαταστάσεων για την αποθήκευση και μεταφορά προϊόντων στη ψυχρή αλυσίδα, συμπεριλαμβανομένων ψυκτήρων, κελυφών και εξοπλισμού ψύξης που είναι σχεδιασμένοι για να διατηρούν τα προϊόντα σε ελεγχόμενες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της μεταφοράς και της αποθήκευσής τους.

Επιπλέον, οι επαγγελματίες στο λιμάνι του Λος Άντζελες είναι ειδικά καταρτισμένοι για την ασφαλή μεταφορά και αποθήκευση των προϊόντων στη ψυχρή αλυσίδα, και διαθέτουν την τεχνογνωσία

8. Λιμάνι του Ντουμπάι, Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα: Το Λιμάνι του Ντουμπάι είναι ένας σημαντικός κόμβος για την παγκόσμια κίνηση στην ψυχρή αλυσίδα. Το λιμάνι του Ντουμπάι είναι ένα από τα μεγαλύτερα λιμάνια στον κόσμο και διαθέτει προηγμένες

υποδομές και τεχνολογίες για τη διαχείριση και την αποθήκευση τροφίμων και φαρμάκων που χρειάζονται ψύξη.

Το Λιμάνι του Ντουμπάι διαθέτει πολλά πλεονεκτήματα που το καθιστούν ένα σημαντικό κέντρο διακίνησης ψυχρών εμπορευμάτων, όπως η γεωγραφική του θέση στη μέση της παγκόσμιας σύνδεσης της αεροπορικής και ναυτιλιακής κίνησης, και οι πολιτικές του προσπάθειες για τη βελτίωση των διαδικασιών ελέγχου και ασφάλειας για τα ψυχρά εμπορεύματα. Επιπλέον, το Ντουμπάι έχει επενδύσει σημαντικά στην κατασκευή και τη λειτουργία μεγάλων αποθηκών και συνθέτων παγοκύστεων, καθώς και στον εκσυγχρονισμό των εγκαταστάσεών του για τη διαχείριση της ψυχρής αλυσίδας.

Πιο γενικά, οι βασικοί δρόμοι-λιμάνια που επηρεάζουν την κίνηση στη ψυχρή αλυσίδα είναι οι παρακάτω:

Νότιος Ειρηνικός Ωκεανός: Οι χώρες του Νοτίου Ειρηνικού, όπως η Αυστραλία και η Νέα Ζηλανδία, αποτελούν σημαντικούς παραγωγούς φρούτων και λαχανικών, τα οποία εξάγονται σε όλο τον κόσμο. Επίσης, η περιοχή αυτή αποτελεί σημαντικό κόμβο για τη μεταφορά θαλάσσιων προϊόντων, όπως ο σολομός και οι αλιευτικοί πόροι.

Βόρειος Ατλαντικός Ωκεανός: Οι χώρες της Ευρώπης και η Βόρεια Αμερική αποτελούν σημαντικούς καταναλωτές και παραγωγούς προϊόντων

Βόρεια Αμερική: Λιμάνια της Ανατολικής Ακτής των ΗΠΑ (όπως η Νέα Υόρκη, το Μαϊάμι και η Βοστώνη), το Μόντρεαλ και το Τορόντο του Καναδά.

Ευρώπη: Το λιμάνι του Ρότερνταμ στην Ολλανδία, το λιμάνι του Αμβούργου στη Γερμανία, το λιμάνι του Λονδίνου στο Ηνωμένο Βασίλειο και το λιμάνι της Μασσαλίας στη Γαλλία.

Ασία: Οι βασικοί λιμένες που χρησιμοποιούνται στην Ασία είναι οι λιμένες της Σαγκάης και του Χονγκ Κονγκ, το λιμάνι της Σιγκαπούρης, το λιμάνι του Τόκιο στην Ιαπωνία και το λιμάνι της Μουμπάι στην Ινδία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. Τεχνολογίες Παρακολούθησης Συνθηκών Μεταφοράς

5.1. IoT

Το Internet of Things (IoT) ορίζεται ως ένα δίκτυο εντός του οποίου όλα τα αντικείμενα μπορούν να αναγνωριστούν με συγκεκριμένους αξιόπιστους μηχανισμούς και να συνδεθούν μεταξύ τους είτε εσωτερικά είτε εξωτερικά με το διαδίκτυο μέσω συνδυασμού με τις απαραίτητες τεχνολογίες του IoT όπως συσκευές αναγνώρισης ραδιοσυχνοτήτων (RFID), τεχνολογίες αισθητήρων, ασύρματων τεχνολογιών ή κωδικών QR. Το σύστημα IoT αποτελείται γενικά από τρία επίπεδα, συμπεριλαμβανομένου του επιπέδου αντίληψης, δικτύου και εφαρμογών⁷⁴.

Το IoT στην Ψυχρή Εφοδιαστική Αλυσίδα μπορεί να προσφέρει^{75, 76}:

1. Εμπιστοσύνη (Trust Management). Οι παραδοσιακές μέθοδοι παρακολούθησης, όπως η περιοδική σάρωση γραμμωτού κώδικα και τα σημεία ελέγχου, που παρέχουν πληροφορίες τμήματος είναι ελλιπείς. Η τεχνολογία IoT είναι ένα είδος νέας τεχνολογίας που μπορεί να βελτιώσει την απόδοση της ιχνηλασιμότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας που η παραδοσιακή

⁷⁴ Zhang, H., & Sakurai, K. (2020, February). Blockchain for iot-based digital supply chain: A survey. In International Conference on Emerging Internetworking, Data & Web Technologies (pp. 564-573). Springer, Cham.

⁷⁵ Javaid, U., Aman, M. N., & Sikdar, B. (2018, November). Blockpro: Blockchain based data provenance and integrity for secure iot environments. In Proceedings of the 1st Workshop on Blockchain-enabled Networked Sensor Systems (pp. 13-18).

⁷⁶ Tsang, Y. P., Choy, K. L., Wu, C. H., Ho, G. T., Lam, C. H., & Koo, P. S. (2018). An Internet of Things (IoT)-based risk monitoring system for managing cold supply chain risks. *Industrial Management & Data Systems*, 118(7), 1432-1462.

τεχνολογία πληροφοριών δεν μπορεί να επιτύχει. Τα τελευταία χρόνια, οι τεχνολογίες IoT, όπως οι ραδιοσυχνότητες Radio Frequency Identification (RFID), επιτρέπουν μια αυτόματη δυνατότητα παρακολούθησης της εφοδιαστικής αλυσίδας με το χαμηλότερο λειτουργικό κόστος. Για παράδειγμα, η τεχνολογία RFID χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση αποθέματος σε πραγματικό χρόνο. Παραδειγματικά αναφέρεται πως η τεχνολογία RFID χρησιμοποιείται στην Ψυχρή Αλυσίδα Εφοδιασμού για φαρμακευτικά προϊόντα η οποία θα μπορούσε να περιορίσει την παραχάραξη φαρμακευτικών φαρμάκων και να διασφαλίσει την ακεραιότητα των προϊόντων που αγοράζουν οι καταναλωτές. Το RFID θα μπορούσε επίσης να χρησιμοποιηθεί στην αλυσίδα εφοδιασμού τροφίμων για να διασφαλιστεί ότι τα τρόφιμα είναι φρέσκα παρακολουθώντας την κατάστασή τους σε πραγματικό χρόνο. Επίσης, το RFID χρησιμοποιείται στις σφραγίδες ασφαλείας στα λιμάνια στα εμπορευματοκιβώτια και στα φορτηγά αλλά και στα ίδια τα πλοία σύμφωνα με τις διατάξεις του ISPS CODE που είναι ένας μηχανισμός που αποδεικνύει τυχόν παραβίαση του εμπορευματοκιβώτιου.

2. **Ιχνηλασιμότητα (Traceability).** Μία από τις πιο απαραίτητες και σημαντικές ιδιότητες για την ψυχρή αλυσίδα εφοδιασμού είναι να επιτύχει υψηλής απόδοσης ιχνηλασιμότητα για την πρόληψη κινδύνων που μπορεί να προκληθούν σε συνθήκες μεταφοράς π.χ. η αποφυγή αλλοίωσης τροφίμων στην ψυχρή αλυσίδα εφοδιασμού τροφίμων. Η υψηλής απόδοσης ιχνηλασιμότητα επιτρέπει στην ψυχρή εφοδιαστική αλυσίδα να διασφαλίσει πως λαμβάνονται μέτρα προφύλαξης και αντιμετώπισης κινδύνων ευέλικτα και γρήγορα με το δυνατό χαμηλότερο κόστος. Το IoT διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο συνδυασμό του συστήματος διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας με τις τεχνολογίες πληροφοριών που θεωρούνται ως βασική πλατφόρμα που παρέχει υπηρεσίες παρακολούθησης και σύνδεσης στο διαδίκτυο. Ο συνδυασμός IoT και εφοδιαστικής αλυσίδας ενισχύει την ιχνηλασιμότητα ειδικά στην ψυχρή αλυσίδα διακίνησης τροφίμων με την τοποθέτηση ανιχνευτικών στοιχείων σε εμπορευματοκιβώτια, με σκοπό την

ταχύτερη φορτοεκφόρτωση και εναπόθεση αλλά και τον έλεγχο της πορείας των εμπορευματοκιβωτίων για την αποτροπή έκνομων πράξεων και για την καταπολέμηση απειλών και κινδύνων στην διακίνηση των εμπορευμάτων δια θαλάσσης.

3. Προέλευση Δεδομένων (Data-Provenance). Η προέλευση δεδομένων μπορεί να λειτουργήσει με την τεχνολογία IoT ως ένα είδος ιστορικού και αποδεικτικών στοιχείων για την παρακολούθηση των δραστηριοτήτων των προϊόντων και των διαδικασιών. Η ψυχρή αλυσίδα εφοδιασμού μπορεί να ενσωματώσει τεχνολογίες όπως το IoT, το blockchain, logistics clusters και το cloud logistics, ως ενδείξεις ιχνηλάτησης αντικειμένων ή διαδικασιών. Σε αντίθεση με τη χρήση της ιχνηλασιμότητας του RFID όσον αφορά το περιβάλλον ή τις συνθήκες, η προέλευση των δεδομένων θα μπορούσε να παραχθεί με την επεξεργασία πληροφοριών, δηλαδή όλων των δραστηριοτήτων των συμμετεχόντων, της φυσικής και της ροής πληροφοριών, που καταγράφονται από αισθητήρες IoT. Η εφαρμογή της χρήσης του IoT για τον εντοπισμό της προέλευσης δεδομένων στο σύστημα της ψυχρής αλυσίδας εφοδιασμού υποδεικνύει την ικανότητα της ασφαλούς προστασίας των πληροφοριών των προϊόντων, ειδικά στην ψυχρή αλυσίδα εφοδιασμού τροφίμων για την προστασία της ασφάλειάς τους.

Οι τεχνολογίες παρακολούθησης συνθηκών μεταφοράς στη ψυχρή αλυσίδα περιλαμβάνουν:

Αισθητήρες θερμοκρασίας: Οι αισθητήρες θερμοκρασίας μπορούν να τοποθετηθούν στα προϊόντα ή στα οχήματα μεταφοράς για την παρακολούθηση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της μεταφοράς. Η τεχνολογία αυτή επιτρέπει την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο και την ειδοποίηση σε περίπτωση που η θερμοκρασία υπερβεί τα επιτρεπόμενα όρια.

RFID (Radio Frequency Identification): Το RFID είναι ένα σύστημα αυτοματισμού που χρησιμοποιεί ραδιοκύματα για την αναγνώριση και την παρακολούθηση των προϊόντων και των οχημάτων μεταφοράς. Η τεχνολογία αυτή επιτρέπει την ακριβή παρακολούθηση της κίνησης των προϊόντων και των οχημάτων, καθώς και την παρακολούθηση της θερμοκρασίας.

GPS (Global Positioning System): Το GPS είναι ένα σύστημα παγκόσμιας θέσης που χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση της κίνησης των οχημάτων μεταφοράς. Οι GPS trackers είναι συσκευές που μπορούν να παρακολουθούν τη θέση των οχημάτων που μεταφέρουν τα προϊόντα στη ψυχρή αλυσίδα και να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τον χρόνο που απαιτείται για την παράδοση των προϊόντων.

Συστήματα παρακολούθησης: Τα συστήματα παρακολούθησης χρησιμοποιούνται για να παρακολουθούν τη θερμοκρασία και άλλες παραμέτρους όπως η υγρασία και η ατμοσφαιρική πίεση. Μπορούν να παρέχουν στοιχεία για την απόδοση του συστήματος ψύξης και για τις συνθήκες

Κάμερες: Κάμερες εγκατεστημένες στα οχήματα μεταφοράς ή στις αποθήκες παρακολουθούν τις συνθήκες της μεταφοράς, όπως η θερμοκρασία και η υγρασία.

Πλατφόρμες διαχείρισης αλυσίδας εφοδιαστικής: Ειδικές πλατφόρμες διαχείρισης αλυσίδας εφοδιαστικής χρησιμοποιούνται για να καταγράφουν και να αναλύουν δεδομένα από αισθητήρες, RFID και άλλες πηγές για να διασφαλίσουν την αποτελεσματική διαχείριση της ψυχρής αλυσίδας.

Ορισμένες από τις συσκευές που χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση των συνθηκών μεταφοράς στη ψυχρή αλυσίδα περιλαμβάνουν:

Θερμογραφικές κάμερες: Αυτές οι συσκευές χρησιμοποιούνται για την επίβλεψη της θερμοκρασίας στα σημεία φόρτωσης και εκφόρτωσης του μεταφορικού δικτύου. Χρησιμοποιούνται για να επιβεβαιώσουν τη θερμοκρασία στο εσωτερικό του μεταφορικού μέσου, όπως φορτηγά, πλοία κλπ. Μπορούν να εντοπίσουν σημεία ψύξης και παρακολουθήσουν την κατανομή της θερμοκρασίας στο εσωτερικό τους.

Data loggers: Οι data loggers είναι μικρές ηλεκτρονικές συσκευές που τοποθετούνται στα προϊόντα που μεταφέρονται στη ψυχρή αλυσίδα. Αυτές οι συσκευές καταγράφουν συνεχώς τη θερμοκρασία και την υγρασία κατά τη διάρκεια της μεταφοράς και μπορούν να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τις συνθήκες μεταφοράς όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και η ατμοσφαιρική πίεση.

Αισθητήρες ανέμου: Οι αισθητήρες ανέμου χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση της ταχύτητας

Θερμογράφοι: Οι θερμογράφοι είναι συσκευές που χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση της θερμοκρασίας σε διάφορα σημεία του μεταφορικού δικτύου.

Ψηφιακά θερμόμετρα: Τα ψηφιακά θερμόμετρα είναι συσκευές που μπορούν να μετρήσουν τη θερμοκρασία σε συγκεκριμένα σημεία κατά τη διάρκεια της μεταφοράς.

Συσκευές καταγραφής δεδομένων: Οι συσκευές καταγραφής δεδομένων μπορούν να παρακολουθούν τη θερμοκρασία, την υγρασία και άλλες παραμέτρους του περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια της μεταφοράς.

Αισθητήρες CO₂: Οι αισθητήρες CO₂ μπορούν να μετρήσουν τη συγκέντρωση του CO₂ στον αέρα, η οποία είναι σημαντική παράμετρος για την παρακολούθηση της απόδοσης του συστήματος ψύξης.

Αισθητήρες κίνησης: Οι αισθητήρες κίνησης μπορούν να εντοπίζουν τις κινήσεις

Δορυφορικός εξοπλισμός: Ο δορυφορικός εξοπλισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση της θέσης των οχημάτων που μεταφέρουν τα προϊόντα και της θερμοκρασίας μέσω συστημάτων παγκόσμιας θέσης (GPS) και άλλων συστημάτων παρακολούθησης.

Εφαρμογές λογισμικού: Υπάρχουν διάφορες εφαρμογές λογισμικού που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση της ψυχρής αλυσίδας,

Η τεχνολογία LoRa (Long Range) είναι μια ασύρματη τεχνολογία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση των συνθηκών μεταφοράς στη ψυχρή αλυσίδα.

Αυτή η τεχνολογία είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την παρακολούθηση της θερμοκρασίας στην ψυχρή αλυσίδα καθώς παρέχει μεγάλη εμβέλεια και χαμηλή κατανάλωση ισχύος.

Χρησιμοποιεί σήματα ραδιοφώνου για τη μετάδοση δεδομένων μεταξύ των συσκευών. Η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιεί συχνότητες ραδιοκυμάτων στην περιοχή των 868MHz (στην Ευρώπη) και 915MHz (στις ΗΠΑ), που παρέχουν μεγάλη εμβέλεια και μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, κάνοντας την ιδανική για εφαρμογές στην ψυχρή αλυσίδα.

Οι συσκευές LoRa μπορούν να είναι φορητές, σταθμικές ή συνδεδεμένες στο διαδίκτυο, χρησιμοποιώντας πρωτόκολλα διαδικτύου για τη μετάδοση δεδομένων. Η τεχνολογία LoRa μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση και την αναφορά της θερμοκρασίας, της υγρασίας και άλλων παραμέτρων που επηρεάζουν την ποιότητα των προϊόντων στην ψυχρή αλυσίδα. Επιπλέον, η τεχνολογία Lora μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση της θέσης των οχημάτων και του εξοπλισμού στην ψυχρή αλυσίδα ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με άλλες τεχνολογίες όπως η RFID.

Η τεχνολογία Lora είναι ειδικά σχεδιασμένη για να λειτουργεί σε περιβάλλοντα με υψηλό επίπεδο θορύβου και διατηρεί σταθερή σύνδεση ακόμη και σε μεγάλες αποστάσεις. Αυτό την καθιστά ιδανική για χρήση στην ψυχρή αλυσίδα, όπου οι συσκευές παρακολούθησης μπορεί να βρίσκονται σε μακρινές αποστάσεις ή σε περιβάλλοντα με υψηλό επίπεδο θορύβου. Η τεχνολογία LoRa προσφέρει μακροπρόθεσμη επικοινωνία μεταξύ συσκευών σε μεγάλες αποστάσεις, με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και κόστος.

Με τη χρήση της τεχνολογίας LoRa, μπορούν να εγκατασταθούν αισθητήρες στα φορτηγά και τα ψυγεία που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά των προϊόντων. Οι αισθητήρες αυτοί μπορούν να μετρήσουν διάφορες παραμέτρους, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και η θέση των οχημάτων.

Οι αισθητήρες στέλνουν τα δεδομένα σε μια πύλη (gateway), η οποία συνδέεται με το διαδίκτυο και στέλνει τα δεδομένα σε έναν διακομιστή (server) που αποθηκεύει και αναλύει τα δεδομένα. Αυτό επιτρέπει στους χρήστες να παρακολουθούν τη θερμοκρασία και άλλες συνθήκες μεταφοράς των προϊόντων σε πραγματικό χρόνο και να παίρνουν μέτρα αντίδρασης σε περίπτωση που παρατηρηθεί κάποια ανωμαλία.

Οι δορυφορικές τεχνολογίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη ψυχρή αλυσίδα για την παρακολούθηση των συνθηκών μεταφοράς των προϊόντων, κυρίως όταν τα προϊόντα μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις ή σε απομακρυσμένες περιοχές.

Με τη χρήση των δορυφορικών τεχνολογιών, οι επιχειρήσεις μπορούν να παρακολουθούν την κίνηση των οχημάτων και τη θέση τους σε πραγματικό χρόνο, καθώς και να λαμβάνουν ειδοποιήσεις σε περίπτωση που ανιχνευθεί κάποια ανωμαλία στις συνθήκες μεταφοράς των προϊόντων. Η χρήση δορυφορικών τεχνολογιών μπορεί να βελτιώσει την ασφάλεια και την ποιότητα της μεταφοράς των προϊόντων καθώς επιτρέπει την επικοινωνία σε παγκόσμιο επίπεδο και είναι ιδανική για την παρακολούθηση των φορτίων και της θερμοκρασίας σε μεγάλες αποστάσεις και δύσκολα προσβάσιμες περιοχές.

Οι συσκευές παρακολούθησης συνθηκών μεταφοράς με τη χρήση δορυφόρων είναι συνήθως εξοπλισμένες με επαγγελματικές κάρτες SIM που επιτρέπουν στη συσκευή να στέλνει δεδομένα μέσω δορυφορικής σύνδεσης σε πραγματικό χρόνο. Η τεχνολογία δορυφόρων επιτρέπει την παρακολούθηση των παραμέτρων όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, η θέση και η κατάσταση των προϊόντων καθώς και η παρακολούθηση των συνθηκών μεταφοράς στο πλοίο ή στο αεροπλάνο.

5.2. Blockchain στην Ψυχρή Εφοδιαστική Αλυσίδα

Οι Haber και Stornetta πρότειναν για πρώτη φορά την ιδέα της κρυπτογραφικά ασφαλούς αρχιτεκτονικής αλυσίδας για τον μηχανισμό χρονοσήμανσης που δεν παραβιάζεται το 1990⁷⁷. Το Blockchain προτάθηκε επίσημα από ένα άτομο ή μια ομάδα με το όνομα Nakamoto το 2008 ως βασικό συστατικό του συστήματος κρυπτονομισμάτων του «bitcoin». Η τεχνολογία του Blockchain αναφέρεται σε μια αποκεντρωμένη βάση δεδομένων ανοιχτού κώδικα στην οποία αποθηκεύονται πληροφορίες συναλλαγών και είναι σε θέση να προστατεύσει τις πληροφορίες μεταξύ του δικτύου από οποιαδήποτε παραβιασμένη ή ευάλωτη συσκευή μέσω της επαλήθευσης των ταυτοτήτων και της απόρριψης κακόβουλων μερών από άλλα μέλη⁷⁸. Τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα σε ένα μπλοκ είναι αμετάβλητα, κάτι που είναι εξαιρετικά δύσκολο να παραβιαστεί (αντί παραβίασης), που σημαίνει ότι οι χάκερ πρέπει να χειριστούν όλα τα δεδομένα των μπλοκ μέχρι το head block για να επιτύχουν τις κακόβουλες επιθέσεις τους, κάτι που είναι αδύνατο σε έναν πραγματικό κόσμο Blockchain⁷⁹.

Η τεχνολογία του Blockchain μπορεί να παρέχει έναν ακριβή τρόπο μέτρησης της ποιότητας των προϊόντων κατά τη διάρκεια της διακίνησης στην ψυχρή αλυσίδα εφοδιασμού. Το Blockchain φέρνει αξιοσημείωτα οφέλη όπως η σειριοποίηση, η ιχνηλάτηση, η ασφάλιση συσκευών IoT, τα έξυπνα συμβόλαια, η αποφυγή πλαστογραφίας και τα συστήματα ανταλλαγής πληροφοριών με προστασία από παραβιάσεις. Για

⁷⁷ Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. *Decentralized Business Review*, 21260.

⁷⁸ Bocek, T., Rodrigues, B. B., Strasser, T., & Stiller, B. (2017, May). Blockchains everywhere-a use-case of blockchains in the pharma supply-chain. In 2017 IFIP/IEEE symposium on integrated network and service management (IM) (pp. 772-777). IEEE.

⁷⁹ Zhang, H., & Sakurai, K. (2020, February). Blockchain for IoT-based digital supply chain: A survey. In *International Conference on Emerging Internetworking, Data & Web Technologies* (pp. 564-573). Springer, Cham.

παράδειγμα, οι ενδιαφερόμενοι σε μια αλυσίδα εφοδιασμού μπορούν να συλλέξουν τις πληροφορίες τοποθεσίας σχετικά με το εάν το προϊόν βρισκόταν σε λάθος μέρος ή ολόκληρο την πορεία διακίνησης από την πηγή προέλευσης στον τελικό προορισμό, αναλύοντας τα συλλεγμένα δεδομένα για τη διαδρομή και τη διάρκεια της διακίνησης. Μάλιστα, σύγχρονοι κολοσσοί χρησιμοποιούν την τεχνολογία Blockchain όπως η IBM και η Maersk που διαμόρφωσαν μια κοινοπραξία με την ονομασία TradeLens που δημιούργησε την πλατφόρμα Hyperledger (προϊόν λογισμικού που βασίζεται σε τεχνολογίες blockchain, Hyperledger Fabric και IBM Cloud) που διαχειρίζεται 100.000 έγγραφα εβδομαδιαίως για μειώσουν τον όγκο της γραφειοκρατίας στο θαλάσσιο εμπόριο ψυχρής αλυσίδας και να αναβαθμίσουν την αποτελεσματικότητα, την ασφάλεια και τη διαφάνεια της ναυτιλιακής ψυχρής αλυσίδας⁸⁰.

Η εφαρμογή της τεχνολογίας του Blockchain στην ψυχρή αλυσίδα εφοδιασμού μειώνει το κόστος των επιχειρήσεων εάν τεχνολογίες όπως το IoT έχουν ήδη εφαρμοστεί για τον εντοπισμό, τη μέτρηση και την παρακολούθηση των βασικών διαδικασιών διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η ταχύτητα απόκρισης αυξάνεται με την ψηφιοποίηση της φυσικής διαδικασίας της διακίνησης των εμπορευμάτων μέσω της ψυχρής αλυσίδας αλλά και των επικοινωνιών σύμφωνα με την αποθήκευση και τη μετάδοση ψηφιακών υπογραφών του Blockchain που ελαχιστοποιεί τις ανάγκες φυσικών αλληλεπιδράσεων και επικοινωνιών⁸¹. Μια σημαντική τεχνολογία Blockchain ήρθε από την CargoX με σκοπό τη απομείωση των χρόνων μεταφοράς φορτίου από 5-10 ημέρες σε 20 δευτερόλεπτα με την ανάπτυξη της πλατφόρμας Ethereum για τη διεξαγωγή συμβάσεων φορτωτικής (Bill of Lading). Η πλατφόρμα CargoX συνδέει σε συστήματα ERP χρησιμοποιώντας API τεχνολογία ώστε να εκδίδει φορτωτικές με ηλεκτρονικό τρόπο και μηδενικό κόστος⁸².

⁸⁰ Keresztes, É. R., Kovács, I., Horváth, A., & Zimányi, K. (2022). Exploratory analysis of blockchain platforms in supply chain management. *Economies*, 10(9), 206.

⁸¹ Bamakan, S. M. H., Moghaddam, S. G., & Manshadi, S. D. (2021). Blockchain-enabled pharmaceutical cold chain: Applications, key challenges, and future trends. *Journal of Cleaner Production*, 302, 127021.

⁸² Xevgenis, M. G., Kogias, D., Leligou, H. C., Chatzigeorgiou, C., Feidakis, M., & Patrikakis, C. Z. (2020, May). A Survey on the Available Blockchain Platforms and Protocols for Supply Chain Management. In IOT4SAFE@ESWC.

Τέλος, στην τεχνολογία blockchain βασίζεται Το Παγκόσμιο Δίκτυο Επιχειρήσεων Ναυτιλίας (GSBN), μιας κοινοπραξίας των CMA CGM, COSCO SHIPPING Lines, Evergreen Marine, OOCL, Yang Ming, DP World, Hutchison Ports, PSA International Pte Ltd, Shanghai International Port και CargoSmart για να συζεύξει και να οργανώσει όλους του εμπλεκόμενους του ψυχρού θαλάσσιου εμπορίου συμπεριλαμβανομένων μεταφορέων, φορτωτών, λιμένων, τελωνείων, φορτωτών και παρόχων υπηρεσιών logistics⁸³ (MI News Network, 2019).

⁸³ Shirani, A. (2018). Blockchain for global maritime logistics. *Issues in Information Systems*, 19(3), 175-184.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΤΑΣΕΙΣ, ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ, ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ

Η θαλάσσια μεταφοράς προϊόντων της Ψυχρής Εφοδιαστικής Αλυσίδας, επηρεάζεται από τις σύγχρονες τάσεις, δημιουργεί μια σειρά από προκλήσεις και διαθέτει ένα σύνολο μελλοντικών προοπτικών. Ειδικότερα^{84, 85}:

1. Προσαρμοστικότητα:
 - ✓ Τάσεις – Προοπτικές:
 1. *Τυποποίηση στις μεταφορές ευπαθών προϊόντων με την διάδοση των Εμπορευματοκιβωτίων – Ψυγείων που διασφαλίζουν το ψυχρό περιβάλλον της διακίνησης των προϊόντων τα οποία διατηρούν τη φρεσκάδα τους*
 2. *Προσαρμογή αποθηκευτικών χώρων και λιμενικών υποδομών στα μεγέθη των ποσοτήτων των προϊόντων που ζητώνται να διακινηθούν μέσω της Ψυχρής Εφοδιαστικής Αλυσίδας.*
 - ✓ Προκλήσεις: Οι προκλήσεις συνίσταται στην αύξηση ζήτησης των Εμπορευματοκιβωτίων – Ψυγείων και επιτάσσει την αύξηση των ναυπηγήσεων και του ρυθμού παραγωγής τους αλλά και στην διευθέτηση προβλημάτων όπως η ανισορροπία σε κενά κιβώτια που επιδρά αρνητικά στην διάθεση των προϊόντων και η μη αναλογική ανάπτυξη των θέσεων υποδοχής (reefer plugs) στους λιμένες.

⁸⁴ Badia-Melis, R., Mc Carthy, U., Ruiz-Garcia, L., Garcia-Hierro, J., & Villalba, J. R. (2018). New trends in cold chain monitoring applications-A review. *Food Control*, 86(1), 170-182.

⁸⁵ Gharehgozli, A., Iakovou, E., Chang, Y., & Swaney, R. (2017). Trends in global E-food supply chain and implications for transport: Literature review and research directions. *Research in transportation business & management*, 25(2), 2-14.

2. Αξιολόγηση θερμοκρασιακών συνθηκών και σύστασης προϊόντων κατά την διακίνησή τους:

✓ Τάσεις – Προοπτικές:

i. *Επίτευξη επιθυμητής Ελεγχόμενης Ατμόσφαιρας (CA), έλεγχος και διατήρηση των συνθηκών ψύξης εντός πλοίου (Εμπορευματοκιβωτίου – Ψυγείου) που να διασφαλίζει την άριστη κατάσταση των προϊόντων.*

ii. *Τεχνολογική εξέλιξη ελέγχου και διαχείρισης της λειτουργικής κατάστασης της ψυκτικής μονάδας σε πραγματικό χρόνο (real-time monitoring) εντός του πλοίου, προλαμβάνοντας δυσλειτουργίες (μηχανική βλάβη ή κλιματική δυσαρμονία) που θέτουν σε κίνδυνο την αριότητα των περιεχομένων του Container: ειδικοί αισθητήρες, συλλογή δεδομένων που μεταφέρονται σε κέντρα ελέγχου/παρατήρησης των φορτωτών, ολοκληρωμένα συστήματα συλλογής πληροφοριών αποτελούμενα από συλλέκτες δεδομένων (WSN), οι οποίοι μέσω ασύρματης αποστολής (μέσω Wifi) στον υπολογιστή/τερματικό της εταιρείας, δίνουν στον εκάστοτε χειριστή τη δυνατότητα αποτύπωσης και αξιολόγησης της κατάστασης των προϊόντων.*

✓ Προκλήσεις: Οι προκλήσεις συνίστανται στην παρατήρηση των συνθηκών εντός του Container, στην εξέλιξη της αξιοπιστίας της ψυκτικής μονάδας και στην συνεχή διασύνδεση Container και κέντρου παρακολούθησης ώστε να εξασφαλίζεται η συνέχεια και η ορθότητα των μεταδιδόμενων στοιχείων / πληροφοριών. Επιπλέον προκλήσεις η αυτονομία του ασύρματου δικτύου, η διασφάλιση επικοινωνίας Container - Κέντρου Ελέγχου, διασφάλιση δικτύου GSM 4G και επικείμενου 5G, για την εξυπηρέτηση των Πλοίων όταν βρίσκονται στην ανοιχτή θάλασσα.

3. Ενεργειακή Κατανάλωση – Προστασία Περιβάλλοντος:

✓ Τάσεις – Προοπτικές:

- i. *Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα*
- ii. *Ενεργειακό περιβαλλοντικό αποτύπωμα*
- iii. *Περιβαλλοντικό κόστος για τα ευπαθή προϊόντα που καταλήγουν ως απόβλητα*

✓ Προκλήσεις:

- i. *Επέκταση της Ψυχρής Εφοδιαστικής Αλυσίδας στις αναπτυσσόμενες χώρες*
- ii. *Μείωση απωλειών τροφίμων εντός της Ψυχρής Εφοδιαστικής Αλυσίδας. Ένας βασικός παράγοντας που συμβάλλει σε τέτοια υψηλά απόβλητα είναι η αδυναμία ελέγχου/παρακολούθησης της θερμοκρασίας στα παγκόσμια δίκτυα προμήθειας τροφίμων. Αυτό είναι ένα ζήτημα που πρέπει να αντιμετωπιστεί τόσο σε εθνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο για την αντιμετώπιση των πολύπλοκων προκλήσεων που αφορούν τη σύγχρονη επισιτιστική ασφάλεια, ασφάλεια και ακεραιότητα.*
- iii. *Μια παραλλαγή στο σχεδιασμό, τη σύνθεση και τη διαπερατότητα της συσκευασίας τροφίμων θεωρούνταν για πολλά χρόνια ως το κύριο μέσο για τη διασφάλιση της ακεραιότητας της ψυχρής αλυσίδας. Στην πιο βασική της ύπαρξη, η συσκευασία έχει σχεδιαστεί για να αυξάνει τη διάρκεια ζωής των τροφίμων, όπου σε πολλές περιπτώσεις ο τύπος συσκευασίας μπορεί να είναι ειδικά σχεδιασμένος για έναν συγκεκριμένο τύπο προϊόντος. Οι συσκευασίες μπορεί να είναι συσκευασίες σχεδιασμένες από τον καταναλωτή που ανοίγουν κατευθείαν στον καταναλωτή*

iv. *Μείωση κατανάλωσης ενέργειας και προστασία περιβάλλοντος*

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η παρούσα εργασία ενασχολήθηκε με την εμπλοκή των θαλάσσιων μεταφορών στην Ψυχρή Εφοδιαστική Αλυσίδα. Οι θαλάσσιες μεταφορές αποτελούν ένα μέσο για την μελλοντική μεγέθυνση του κυκλώματος της παγκόσμιας διακίνησης προϊόντων. Το παγκόσμιο εμπόριο έχει μόνο να αντιμετωπίσει ένα «κύμα» προκλήσεων θετικών για την διεθνή οικονομική και την επιχειρηματικότητα.

Από τη συνολική ανάλυση της εργασίας προκύπτει η σπουδαιότητα των θαλάσσιων μεταφορών στην παγκόσμια διακίνηση προϊόντων με τα λιμάνια να αποτελούν έναν σημαντικό κόμβο στην επιτέλεση των διεργασιών της επιτυχημένης Ψυχρής Εφοδιαστικής Αλυσίδας. Συμπερασματικά, οι τάσεις, οι προοπτικές και οι προκλήσεις αποτελούν τρεις αλληλεξαρτώμενους άξονες στην Θαλάσσια Ψυχρή Εφοδιαστική Αλυσίδα και οι εμπλεκόμενοι σε αυτή πρέπει να λάβουν υπόψη ότι πρέπει να ανταπεξέλθουν στην **ικανοποίηση της ολοένα αυξανόμενης ζήτησης για θαλάσσιες μεταφορές** προϊόντων όπως επίσης και ενός συνόλου παραγόντων όπως ο αυξανόμενος όγκος ευπαθών προϊόντων ψυχρού εφοδιασμού, η αδιάλειπτη λειτουργία του κυκλώματος αποθήκευσης, συντήρησης και διακίνησης, κίνδυνοι όπως φυσικές καταστροφές, πανδημία, πόλεμοι, που είναι δυνατό να διαταράξουν την ομαλή λειτουργία της Ψυχρής Εφοδιαστικής Αλυσίδας. Επιπλέον, προκλήσεις μπορούν να θεωρηθούν η **διασφάλιση της φερέγγυας διακίνησης των προϊόντων**, σε συνέπεια δρομολογίων, τήρηση όρων συμβάσεων φορτώσεων, απόδοση άρτιου φορτίου, η **χρήση τεχνολογικού εξοπλισμού ελέγχου και συντήρησης προϊόντων** κατά τη διακίνησή τους, η **υπερκέραση της έλλειψης κενών κιβωτίων** ώστε να διασφαλίζεται η δημιουργία νέων ροών ζήτησης αγαθών και η ύπαρξη υποδομών υποδοχής Πλοίων – Ψυγείων και Εμπορευματοκιβωτίων – Ψυγείων και αποθήκευσης ψυχρών φορτίων στους λιμένες ως επενδυτική πρόκληση στην Ψυχρή Εφοδιαστική Αλυσίδα.

Τέλος, είναι σημαντικό να αναφερθεί πως προτείνεται η ενασχόληση με την βελτιστοποίηση της λειτουργίας του κυκλώματος της Ψυχρής Εφοδιαστικής Αλυσίδας ώστε να απομειωθεί η απώλεια των προϊόντων, που θα συσχετίζεται με την μειωμένη

σπατάλη πόρων, την μικρότερη ενεργειακή κατανάλωση, την μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος και την καλύτερη οικονομική απόδοση και ανάπτυξη του παγκόσμιου δικτύου της Ψυχρής Εφοδιαστικής Αλυσίδα, αναλογιζόμενοι την παγκόσμια ενεργειακή κρίση των ημερών μας. Η Ψυχρή Εφοδιαστική Αλυσίδα πρέπει να εκμεταλλευτεί τα μέσα της όπως τα Πλοία – Ψυγεία και τα Εμπορευματοκιβώτια – Ψυγεία ώστε να λειτουργήσει αποτελεσματικά και ισχυροποιηθεί στο διεθνές εμπόριο.

Παρόλα αυτά πάντοτε θα υπάρχουν νέες τάσεις, προοπτικές και προκλήσεις οι οποίες θα αναδύονται σε παγκόσμια κλίμακα με αποτέλεσμα την διαρκή ενασχόληση με την βελτιστοποίηση των διακινήσεων των προϊόντων μέσα από την Ψυχρή Εφοδιαστική Αλυσίδα και του ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος που προσδίδουν οι θαλάσσιες μεταφορές.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abu Hassan, M., Ngah, A., & Ab Talib, M. (2021). The State of Cold Logistics Supply Chain in a Developing Asian Country-A Preliminary Insights. *Operations and Supply Chain Management: An International Journal*, 14(4), 467-475.
- Accorsi, R., Manzini, R., & Ferrari, E. (2014). A comparison of shipping containers from technical, economic and environmental perspectives. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 26, 52-59.
- Anca, V. (2019). *Logistics And Supply Chain Management: An Overview*. *Studies in Business & Economics*, 14(2).
- Arduino, G., Carrillo Murillo, D., & Parola, F. (2015). Refrigerated container versus bulk: evidence from the banana cold chain. *Maritime Policy & Management*, 42(3), 228-245.
- Badia-Melis, R., Mc Carthy, U., Ruiz-Garcia, L., Garcia-Hierro, J., & Villalba, J. R. (2018). New trends in cold chain monitoring applications-A review. *Food Control*, 86, 170-182.
- Baluch, I. (2005), *Transport logistics: past, present, and predictions*, UAE: Winning Books, Dubai, 217
- Bamakan, S. M. H., Moghaddam, S. G., & Manshadi, S. D. (2021). Blockchain-enabled pharmaceutical cold chain: Applications, key challenges, and future trends. *Journal of Cleaner Production*, 302, 127021.
- Bamyaci, M. E. (2021). Definition, Importance And Historical Development Of Logistics From The Beginning To The Present. *Social and Humanities Science*, 243.
- Bardhan, S., Bagchi, S., Jenamani, M., & Routray, A. (2020, October). Non-Invasive method using Contact-less Sensors and Embedded Platform for Monitoring Quality

-
- determining factors of Indian Mangoes. In IECON 2020 The 46th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (pp. 2281-2285). IEEE.
- Bocek, T., Rodrigues, B. B., Strasser, T., & Stiller, B. (2017, May). Blockchains everywhere-a use-case of blockchains in the pharma supply-chain. In 2017 IFIP/IEEE symposium on integrated network and service management (IM) (pp. 772-777). IEEE.
- Bogataj, D., Bogataj, M., Campuzano-Bolarin, F., & Nicolás, J. A. M. (2022). Location Advantages of the Container Port for Perishable Goods in the Murcia Region. *IFAC-PapersOnLine*, 55(10), 2701-2706.
- Budiyanto, M. A., & Zhafari, F. (2019). Simulation study using building-design energy analysis to estimate energy consumption of refrigerated container. *Energy Procedia*, 156, 207-211.
- Castelein, B., Geerlings, H., & Van Duin, R. (2020). The reefer container market and academic research: A review study. *Journal of Cleaner Production*, 256(2), 120654.
- Chang, Y. T., & Talley, W. K. (2019). Port competitiveness, efficiency, and supply chains: a literature review. *Transportation Journal*, 58(1), 1-20.
- Chen, M. C., Hsu, C. L., & Lee, L. H. (2019). Service quality and customer satisfaction in pharmaceutical logistics: an analysis based on Kano model and importance-satisfaction model. *International journal of environmental research and public health*, 16(21), 4091.
- Christopher M, (2017), *Logistics και διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας*, Εκδόσεις Κριτική, Αθήνα, 23-29.
- Council of Logistics Management USA, (2022), *Logistics*, <http://cscmp.org/>
- Čudina, P., & Bezić, A. (2019). Reefer vessel versus container ship. *Brodogradnja: Teorija i praksa brodogradnje i pomorske tehnike*, 70(1), 129-141.

-
- D'agostini, E., Nam, H. S., & Kang, S. H. (2019). Gaining competitive advantage at sea: an overview of shipping lines' strategic decisions. *Int J Transport Eng Technol*, 5(4), 74-81.
- Daugherty, P. J., Bolumole, Y., & Grawe, S. J. (2018). The new age of customer impatience: An agenda for reawakening logistics customer service research. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*.
- Defraeye, T., Cronje, P., Verboven, P., Opara, U. L., & Nicolai, B. (2015). Exploring ambient loading of citrus fruit into reefer containers for cooling during marine transport using computational fluid dynamics. *Postharvest Biology and Technology*, 108, 91-101.
- Dhamodharan, P., Nijin, V. P., & Bakthavatsalam, A. K. (2021). Investigations on energy recovery capability of coconut oil for pre-cooling of apples from cold storage condensate. *Chemosphere*, 281(2), 130705.
- Eyssen, J. (2015). The cold chain: an integral part of the production line. *Farmlink Africa*, 5(1), 28-29.
- Fontana, M. E., & Leão, J. (2021, December). Definition of the reverse logistics dimension of the customer-led last mile for assessing the quality of third-party logistics service. In *2021 International Conference on Decision Aid Sciences and Application (DASA)* (pp. 278-282). IEEE.
- Gharehgozli, A., Iakovou, E., Chang, Y., & Swaney, R. (2017). Trends in global E-food supply chain and implications for transport: Literature review and research directions. *Research in transportation business & management*, 25, 2-14.
- Ghasemy Yaghin, R., & Darvishi, F. (2022). Integrated textile material and production management in a fuzzy environment: A logistics perspective. *The Journal of The Textile Institute*, 113(7), 1380-1400.

-
- Goedhals-Gerber, L. L., Stander, C., & Van Dyk, F. E. (2017). Maintaining cold chain integrity: Temperature breaks within fruit reefer containers in the Cape Town Container Terminal. *Southern African Business Review*, 21(1), 362-384.
- Gogou, E., Katsaros, G., Derens, E., Alvarez, G., & Taoukis, P. S. (2015). Cold chain database development and application as a tool for the cold chain management and food quality evaluation. *International Journal of Refrigeration*, 52(1), 109–121.
- Gonzalez-Aregall, M., & Bergqvist, R. (2019). The role of dry ports in solving seaport disruptions: A Swedish case study. *Journal of Transport Geography*, 80, 102499.
- Hassan, C. (2021). Structure of the Army and Logistics. *A Companion to the Achaemenid Persian Empire*, 2, 1151-1159.
- Holman, D., Wicher, P., Lenort, R., Dolejšová, V., Staš, D., & Giurgiu, I. (2018). Sustainable logistics management in the 21st century requires wholeness systems thinking. *Sustainability*, 10(12), 4392.
- IMARC Group, 2023, North America Cold Chain Market: Industry Trends, Share, Size, Growth, Opportunity and Forecast 2021-2026.
- Institute of logistics UK, (2022), Logistics, Διαθέσιμο: www.ciltuk.org.uk, Ημερομηνία Προσπέλασης: 22.01.2023
- Irtysheva, I. O., & Minakova, S. M. (2015). Types, Purposes And Formation Process Of The Program Of Changes In Logistics System. *Actual Problems Of The Economy*, (3), 155-160.
- Javaid, U., Aman, M. N., & Sikdar, B. (2018, November). Blockpro: Blockchain based data provenance and integrity for secure iot environments. In *Proceedings of the 1st Workshop on Blockchain-enabled Networked Sensor Systems* (pp. 13-18).

-
- Kao, C. K., Xu, G. X., Fang, X. E., & Zheng, M. C. (2018). Case Study of building Storage Strategy in the Logistics Distribution Center—Logistics Company A as an Example. *European Journal of Engineering and Technology Research*, 3(4), 40-47.
- Keresztes, É. R., Kovács, I., Horváth, A., & Zimányi, K. (2022). Exploratory analysis of blockchain platforms in supply chain management. *Economies*, 10(9), 206.
- Khairuddin, U., Razi, N. A. Z. M., Abidin, M. S. Z., & Yusof, R. (2020). Smart packing simulator for 3d packing problem using genetic algorithm. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1447, No. 1, p. 012041). IOP Publishing.
- Kitinoja, L., Tokala, V. Y., & Brondy, A. (2018). A review of global postharvest loss assessments in plant-based food crops: recent findings and measurement gaps. *Journal of Postharvest Technology*, 6(4), 1–15.
- Klumpp, M., & Heragu, S. (2019). Outbound Logistics and Distribution Management. In *Operations, Logistics and Supply Chain Management* (pp. 305-330). Springer, Cham.
- Konvisarova, E. V., Levchenko, T. A., & Pustovarov, A. A. (2019). Theoretical and Methodological Approaches to the Supply Chain Strategies Role and Analysis of Seaport Competitiveness in the Far East of Russia. *International Journal of Supply Chain Management*, 8(6), 493-498.
- Kumar, D., Singh, R. K., Mishra, R., & Wamba, S. F. (2022). Applications of the internet of things for optimizing warehousing and logistics operations: a systematic literature review and future research directions. *Computers & Industrial Engineering*, 108455.
- Kumar, K., & Davim, J. P. (Eds.). (2020). *Supply Chain Intelligence: Application and Optimization*. Springer Nature, 73-74.
- Lennerfors, T. T., & Birch, P. (2019). The Reefer Industry in a Historical Context 29. In *Snow in the Tropics* (pp. 29-50). Brill.

-
- Lindroth, E., Huong, H., & Bergqvist, R. (2020). Port-related conflict at port of Gothenburg—consequences from a fashion retailer’s perspective. *Journal of Shipping and Trade*, 5(1), 1-17.
- Luo, J., Yi, J., Zhu, X., & Xu, J. (2016, April). A smart sensors-based real-time decision making system for the cold supply chain. In 2016 3rd International Conference on Mechatronics and Information Technology (pp. 714-719). Atlantis Press.
- Madhu, A., & Panda, B. P. (2018). RFID-An Emerging Technology for Cold Chain Sustainability. *ZENITH International Journal of Business Economics & Management Research*, 8(5), 136–145.
- Mallik, S., Mandal, P. K., Chatterjee, C., Ghosh, P., Manna, N., & Chakrabarty, D., et al. (2011). Assessing cold chain status in a metro city of India: an intervention study. *African Health Sciences*, 11(1), 128–133.
- Mejjaouli, S., & Babiceanu, R. F. (2018). Cold supply chain logistics: System optimization for real-time rerouting transportation solutions. *Computers in Industry*, 95, 68-80.
- Moon, Y. S., Jung, J. W., Choi, S. P., Kim, T. H., Lee, B. H., Kim, J. J., & Choi, H. L. (2015). Real-time reefer container monitoring system based on IoT. *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, 19(3), 629-635.
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. *Decentralized Business Review*, 21260.
- Papanikolaou, A., Bitha, K., Eliopoulou, E., & Ventikos, N. P. (2014). Statistical analysis of ship accidents that occurred in the period 1990–2012 and assessment of safety level of ship types. In *Proceedings of the Maritime Technology and Engineering Conference (MARTECH)*, 2014(1), 227-233.
- Placek, R. (2023). Global biopharma cold chain product sales from 2016 to 2024. Διαθέσιμο: www.statista.com/statistics/303081/trend-in-biopharma-cold-chain-products-global-sales/, Ημερομηνία Προσπέλασης: 07.03.2023,

-
- Rao, R., Schreiber, B., & Lee, B. Y. (2017). Immunization supply chains: Why they matter and how they are changing. *Vaccine*, 35(17), 2103.
- Raut, R. D., Gardas, B. B., Narwane, V. S., & Narkhede, B. E. (2019). Improvement in the food losses in fruits and vegetable supply chain-a perspective of cold third-party logistics approach. *Operations Research Perspectives*, 6(2), 100-117.
- Robertson, J., Franzel, L., & Maire, D. (2017). Innovations in cold chain equipment for immunization supply chains. *Vaccine*, 35(17), 2252–2259.
- Rogerson, S., Svanberg, M., & Santén, V. (2022). Supply chain disruptions: flexibility measures when encountering capacity problems in a port conflict. *The International Journal of Logistics Management*, 13(2), 567-589.
- Sekar, M. (2022). Efficiency of Port Operation Its Influence on Supply Chain Network Design. *The Management Accountant Journal*, 57(10), 39-42.
- Shen, B., Xu, X., & Guo, S. (2019). The impacts of logistics services on short life cycle products in a global supply chain. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 131, 153-167.
- Shirani, A. (2018). Blockchain for global maritime logistics. *Issues in Information Systems*, 19(3), 175-184.
- Singh, A., Chhetri, P., & Padhye, R. (2022). Modelling inter-firm competitive rivalry in a port logistics cluster: a case study of Melbourne, Australia. *The International Journal of Logistics Management*.
- Song, D.P., & Dong, J.X. (2022). Cargo routing and empty container repositioning in multiple shipping service routes. *Transportation Research Part B: Methodological*, 46(10), 1556-1575.

-
- Svanberg, M., Holm, H., & Cullinane, K. (2021). Assessing the impact of disruptive events on port performance and choice: the case of Gothenburg. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(2), 145.
- Svanberg, M., Holm, H., & Cullinane, K. (2021). Assessing the impact of disruptive events on port performance and choice: the case of Gothenburg. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(2), 145.
- Sweeney, E. (2012). The people dimension in logistics and supply chain management: its role and importance. In *Supply chain management: Perspectives, issues and cases* (pp. 73-82). McGraw-Hill.
- Tang, P., Postolache, O. A., Hao, Y., & Zhong, M. (2019, March). Reefer container monitoring system. In *2019 11th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE)* (pp. 1-6). IEEE.
- Thompson, J. F. (2004). Pre-cooling and storage facilities. *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks*, 11.
- Tian, F. (2017). A supply chain traceability system for food safety based on HACCP, blockchain & Internet of things. IEEE: Dalian.
- Torar, J. R. A., & Mustafa, D. (2022). Collaborative Supply Chain System; Case Study Port East Indonesia. *Journal of Public Administration and Government*, 4(2), 251-260.
- Toymentseva, I. A., Karpova, N. P., & Evtodieva, T. E. (2019, April). Strategic purchasing control of the industrial enterprise: Digitalization and logistics approach. In *International Scientific Conference "Digital Transformation of the Economy: Challenges, Trends, New Opportunities"* (pp. 398-407). Springer, Cham.
- Tsang, Y. P., Choy, K. L., Wu, C. H., Ho, G. T., Lam, C. H., & Koo, P. S. (2018). An Internet of Things (IoT)-based risk monitoring system for managing cold supply chain risks. *Industrial Management & Data Systems*, 118(7), 1432-1462.

-
- Uvet, H. (2020). Importance of logistics service quality in customer satisfaction: An empirical study. *Operations and Supply Chain Management: An International Journal*, 13(1), 1-10.
- Van der Heide, G., Buijs, P., Roodbergen, K. J., & Vis, I. F. A. (2018). Dynamic shipments of inventories in shared warehouse and transportation networks. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 118(1), 240-257.
- Wendler-Bosco, V., & Nicholson, C. (2020). Port disruption impact on the maritime supply chain: a literature review. *Sustainable and Resilient Infrastructure*, 5(6), 378-394.
- Xevgenis, M. G., Kogias, D., Leligou, H. C., Chatzigeorgiou, C., Feidakis, M., & Patrikakis, C. Z. (2020, May). A Survey on the Available Blockchain Platforms and Protocols for Supply Chain Management. In *IOT4SAFE@ ESWC*.
- Yalcin, M. G., Chakravorty, S. S., & Yun, G. (2019). Informing the balanced theory of port competitiveness using ambidextrous supply chain strategy. *Transportation Journal*, 58(1), 21-37.
- Zhang, H., & Sakurai, K. (2020, February). Blockchain for iot-based digital supply chain: A survey. In *International Conference on Emerging Internetworking, Data & Web Technologies* (pp. 564-573). Springer, Cham.
- Zhang, X., & Lam, J. S. L. (2018). Shipping mode choice in cold chain from a value-based management perspective. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 110, 147-167.
- Zhang, X., Lam, J. S. L., & Iris, Ç. (2020). Cold chain shipping mode choice with environmental and financial perspectives. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 87, 102537.