



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΦΟΡΤΟ/ΕΚΦΟΡΤΩΣΗΣ  
ΜΕ ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟΥ ΦΟΡΤΟΥ ΣΕ ΑΣΤΙΚΟ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**

υπό

**ΣΤΕΦΑΝΟΥ ΣΩΤΗΡΙΟΥ**

Πτυχιούχου Οικονομικών Επιστημών Πανεπιστημίου Κρήτης 2011

**Μεταπτυχιακή Εργασία**

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των  
απαιτήσεων για την απόκτηση του  
Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης

Βόλος, 2024

© 2024 Στέφανος Σωτηρίου

Η έγκριση της μεταπτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

## **Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:**

|                                 |                                                                                                |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Πρώτος Εξεταστής<br>(Επιβλέπων) | Δρ. Αθανάσιος Ζηλιασκόπουλος<br>Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                    |                                                                                              |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Δεύτερος Εξεταστής | Δρ. Στυλιανός Κουκούμαλος<br>Καθηγητής, Τμήμα Διοίκησης Επιχειρήσεων, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|

|                  |                                                                                    |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Τρίτος Εξεταστής | Δρ. Αθανάσιος Λόης<br>Φυσικός, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------|

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς και βαθύτατες ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα της μεταπτυχιακής μου εργασίας, Καθηγητή κ. Αθανάσιο Ζηλιασκόπουλο, για την καθοδήγηση, την πολύτιμη στήριξη και την αφοσίωσή του καθ' όλη τη διάρκεια της ερευνητικής μου προσπάθειας.

Είμαι επίσης ιδιαίτερα ευγνώμων στον Καθηγητή κ. Στυλιανό Κουκούμιαλο, μέλος της εξεταστικής επιτροπής της μεταπτυχιακής μου εργασίας, για την προσεκτική ανάγνωση και την εις βάθος ανάλυση της δουλειάς μου. Οι πολύτιμες παρατηρήσεις και υποδείξεις του συνέβαλαν ουσιαστικά στη βελτίωση και την τελική μορφή της εργασίας.

Ιδιαίτερη ευγνωμοσύνη νιώθω για τον κ. Αθανάσιο Λόη, του οποίου η καθοδήγηση υπήρξε πραγματικά καταλυτική για την πορεία και την επιτυχία αυτής της εργασίας. Η διαρκής του παρουσία, η προθυμία του να απαντήσει σε κάθε απορία, και η αδιάκοπη υποστήριξή του, μου παρείχαν την αυτοπεποίθηση και την κατεύθυνση που χρειάστηκα για να αντιμετωπίσω τις προκλήσεις του εγχειρήματος. Οι εμπειριστάωμένες του συμβουλές και η βαθιά του κατανόηση στο αντικείμενο όχι μόνο με βοήθησαν να ξεπεράσω τεχνικά εμπόδια, αλλά και να διευρύνω τις γνώσεις και την αντίληψή μου για το πεδίο της έρευνας. Η πολύχρονη εμπειρία και οι γνώσεις του υπήρξαν για μένα ένας φάρος έμπνευσης και προσανατολισμού.

Θα ήθελα, επίσης, να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς τον συνάδελφο και πλέον φίλο μου, Μάρτιν Μουστακαλή, για την ανιδιοτελή βοήθεια και την αδιάκοπη υποστήριξή του καθ' όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μαθημάτων που παρακολουθήσαμε ταυτόχρονα. Η συνεισφορά του ήταν καθοριστική, όχι μόνο σε πρακτικό επίπεδο, αλλά και στην ενθάρρυνση και την αλληλοϋποστήριξη που παρείχαμε ο ένας στον άλλο.

Εν συνεχεία, νιώθω την ανάγκη να εκφράσω την απέραντη ευγνωμοσύνη μου στη μητέρα μου, Αφροδίτη Οικονόμου, για την ατελείωτη αγάπη και τη διαρκή υποστήριξη που μου προσέφερε όλα αυτά τα χρόνια. Η συναισθηματική και ηθική της στήριξη υπήρξαν πάντα το καταφύγιο και το εφαλτήριο για κάθε μου προσπάθεια.

Βαθύτατες ευχαριστίες εκφράζω στον αδερφό μου Κωνσταντίνο Σωτηρίου και στην πολυαγαπημένη του οικογένεια για την απρόσκοπτη στήριξη και αγάπη τους, που αποτέλεσαν σημαντικό στήριγμα σε κάθε μου βήμα.

Θερμές ευχαριστίες οφείλω στη σύντροφό μου, Δήμητρα Κουκουβίνου, για την υπομονή, την κατανόηση και την αμέριστη υποστήριξή της, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των τελευταίων μηνών της προσπάθειάς μου. Η κατανόηση και η συμπαράστασή της αποτέλεσαν θεμέλιο της ακαδημαϊκής μου επιτυχίας.

Αφιερώνω αυτή την εργασία με πολλή αγάπη στον γιο μου, Φίλιππο, που ήρθε και φώτισε τη ζωή μου κατά τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών, δίνοντάς μου δύναμη και κουράγιο. Τέλος, αφιερώνω αυτή την εργασία στη μνήμη του πατέρα μου.

# ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΦΟΡΤΟ/ΕΚΦΟΡΤΩΣΗΣ ΜΕ ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟΥ ΦΟΡΤΟΥ ΣΕ ΑΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

ΣΤΕΦΑΝΟΣ ΣΩΤΗΡΙΟΥ

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 2022

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Αθανάσιος Ζηλιασκόπουλος,  
Καθηγητής Βελτιστοποίησης Συστημάτων Παραγωγής/Μεταφορών

## Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει τη χρήση τεχνολογιών μηχανικής μάθησης για την ανάλυση της κυκλοφορίας και τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών φόρτωσης και εκφόρτωσης σε αστικά περιβάλλοντα και συγκεκριμένα για το Εμπορικό Τρίγωνο της Αθήνας. Η πυκνότητα του αστικού ιστού και οι αυξημένες ανάγκες για εμπορικές μεταφορές δημιουργούν προκλήσεις στη διαχείριση της κυκλοφορίας και στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Η μεθοδολογία της έρευνας βασίζεται στην ανάπτυξη και εφαρμογή ενός αλγορίθμου μηχανικής μάθησης, και συγκεκριμένα τεχνικών ταξινόμησης εικόνων, για την παρακολούθηση και ανάλυση των κυκλοφοριακών μοτίβων σε αστικές περιοχές. Χρησιμοποιήθηκαν προηγμένα Συγκεντρωτικά Νευρωνικά Δίκτυα (Convolutional Neural Networks – CNNs) για τη κατηγοριοποίηση εικόνων κυκλοφορίας σε κατηγορίες αναλόγως την πυκνότητα της κυκλοφορίας. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν από διαδικτυακούς χάρτες που αποτυπώνουν την πυκνότητα της κυκλοφορίας στο Εμπορικό Τρίγωνο της Αθήνας, επιτρέποντας ακριβή ανάλυση των κυκλοφοριακών συνθηκών.

Μέσω της προ-επεξεργασίας των δεδομένων, της εκπαίδευσης και της αξιολόγησης του μοντέλου, προέκυψαν σημαντικά ευρήματα που δείχνουν τη δυνατότητα των τεχνολογιών μηχανικής μάθησης να ενισχύσουν τη λήψη αποφάσεων στον τομέα της αστικής κινητικότητας. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι τεχνικές ταξινόμησης εικόνων μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά για την εκτίμηση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και τη βελτιστοποίηση των χρόνων φόρτωσης και εκφόρτωσης, μειώνοντας έτσι τις καθυστερήσεις και βελτιώνοντας τη διαχείριση των πόρων.

Επιπλέον η εργασία εξετάζει τις προκλήσεις που προκύπτουν κατά την εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών σε πραγματικά περιβάλλοντα. Συζητούνται ζητήματα σχετικά με τη συλλογή, την

ποιότητα των δεδομένων και τις υπολογιστικές απαιτήσεις για την επεξεργασία μεγάλου όγκου εικόνων.

Τέλος, η εργασία προτείνει βελτιώσεις και μελλοντικές ερευνητικές κατευθύνσεις, όπως η ενσωμάτωση περισσότερων παραμέτρων ανάλυσης και η εφαρμογή των τεχνολογιών αυτών σε άλλες περιοχές με διαφορετικά κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά. Με αυτή την προσέγγιση, η παρούσα διπλωματική εργασία συμβάλλει στην ανάπτυξη βιώσιμων λύσεων για την αστική κινητικότητα, παρέχοντας πρακτικά εργαλεία και μεθοδολογίες που βελτιώνουν την ποιότητα ζωής στις σύγχρονες πόλεις.

**Λέξεις – Κλειδιά:** Βιώσιμη αστική κινητικότητα, Αστικές εμπορευματικές μεταφορές, Ταξινόμηση εικόνων, Κυκλοφοριακή συμφόρηση, Εναλλακτικά μέσα μεταφοράς, Υποδομές μεταφορών.

# OPTIMIZATION OF LOADING/UNLOADING PROCESSES WITH TRAFFIC LOAD STUDY IN URBAN ENVIRONMENT

STEFANOS SOTIRIOU

Department of Mechanical Engineering, University of Thessaly, 2022

Supervisor: Dr Thanasis Ziliaskopoulos  
Professor of Optimization of Production/Transportation

## Abstract

The thesis examines machine learning technologies use to analyze traffic congestion and optimize loading and unloading processes in urban environments and in the Commercial Triangle of Athens. The density of the urban matrix and the increased needs for commercial transport create challenges in managing traffic and reducing environmental impacts.

The research methodology is based on the development and application of machine learning algorithm, specifically image classification techniques, to monitor and analyze traffic patterns in urban areas. Advanced Convolutional Neural Networks (CNNs) were used to categorize traffic images into categories based on traffic density. The data were collected from web based maps with real time traffic layer in the Commercial Triangle of Athens, allowing accurate analysis of traffic conditions.

Through data pre-processing, training and model evaluation, significant findings emerged that demonstrated potential for machine learning technologies to enhance decision making in the field of urban mobility. The results show that image classification techniques can be used with effectiveness to estimate traffic congestion and optimize loading and unloading schedule times resulting in reduced delays and improved resources management

In addition, the paper examines the challenges that arise when implementing these technologies in real environments. Issues related to collection, data quality and computational requirements for processing large volumes of images are discussed.

In conclusion, the thesis suggests recommendation for future work, including adding more analysis factors and using similar technologies in other places with distinct traffic patterns. With

the provision of useful tools and techniques, this thesis aids in the creation of sustainable urban mobility solutions and raises the standard of living in contemporary city centers.

**Keywords:** Sustainable Urban Mobility, Image Classification, Urban Freight Transport, Traffic Congestion, Alternative Transport, Transport Infrastructure

# Περιεχόμενα

|                                                                                                                                                  |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Περίληψη .....                                                                                                                                   | v          |
| Abstract.....                                                                                                                                    | vii        |
| Περιεχόμενα.....                                                                                                                                 | ix         |
| Κατάλογος Εικόνων .....                                                                                                                          | xi         |
| Εισαγωγή.....                                                                                                                                    | 12         |
| <b>Κεφάλαιο 1: Βιώσιμη Αστική Κινητικότητα .....</b>                                                                                             | <b>13</b>  |
| 1.1 Ορισμός Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας .....                                                                                                 | 13         |
| 1.2 Θεσμικό Πλαίσιο Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας.....                                                                                          | 15         |
| 1.3 Εθνικό Πλαίσιο.....                                                                                                                          | 21         |
| 1.4 Σχέδια Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας (ΣΒΑΚ) .....                                                                                           | 24         |
| 1.4.1 Διαδικασίες .....                                                                                                                          | 26         |
| 1.5 Χρηματοδοτικά Εργαλεία .....                                                                                                                 | 31         |
| 1.6 Συσχέτιση των ΣΒΑΚ με τον τοπικό χωρικό σχεδιασμό στην Ελλάδα .....                                                                          | 34         |
| <b>Κεφάλαιο 2: Εμπορευματικές Μεταφορές .....</b>                                                                                                | <b>35</b>  |
| 2.1 Εμπορευματικές Μεταφορές στο Αστικό Περιβάλλον .....                                                                                         | 35         |
| 2.1.1 Η συμβολή των Αστικών Εμπορευματικών μεταφορών .....                                                                                       | 39         |
| 2.1.2 Συνέπειες και περιορισμοί των ΑΕΜ.....                                                                                                     | 43         |
| 2.1.3 Συμβολή των ΑΕΜ στην αντιμετώπιση της κρίσης COVID-19.....                                                                                 | 47         |
| 2.1.4 Η ανάπτυξη των ΑΕΜ.....                                                                                                                    | 52         |
| 2.1.5 Εφαρμογή Σχεδίων ΑΕΜ στον Ελλαδικό χώρο.....                                                                                               | 71         |
| 2.2 Το πρόβλημα δρομολόγησης Οχημάτων (VRP).....                                                                                                 | 89         |
| 2.2.1 Ανάλυση των Προβλημάτων Δρομολόγησης .....                                                                                                 | 90         |
| <b>Κεφάλαιο 3: Το Εμπορικό Τρίγωνο Αθηνών .....</b>                                                                                              | <b>99</b>  |
| <b>Κεφάλαιο 4: Μεθοδολογία Έρευνας.....</b>                                                                                                      | <b>103</b> |
| 4.1 Σκοπός - Στόχος Έρευνας.....                                                                                                                 | 103        |
| 4.2 Η Μέθοδος του Image classification.....                                                                                                      | 105        |
| 4.3 Μελέτη Περίπτωσης: Το εμπορικό Τρίγωνο Αθηνών .....                                                                                          | 109        |
| 4.4 Περιορισμοί Έρευνας .....                                                                                                                    | 110        |
| <b>Κεφάλαιο 5: Αποτελέσματα .....</b>                                                                                                            | <b>112</b> |
| 5.1 Ανάλυση και Επεξήγηση του Αλγορίθμου Ανίχνευσης Κίνησης μέσω Εικόνων.....                                                                    | 112        |
| 5.2 Ανάλυση και Επεξήγηση του Δεύτερου Αλγορίθμου Ταξινόμησης Εικόνων, Αποθήκευσης Αποτελεσμάτων και της Σχέσης του με τον Πρώτο Αλγόριθμο ..... | 116        |
| 5.3 Ανάλυση και Επεξήγηση του Αλγορίθμου Επεξεργασίας και Μορφοποίησης Δεδομένων Excel για Αποτελέσματα Ταξινόμησης Εικόνων.....                 | 121        |
| 5.4 Τελικά Αποτελέσματα Αλγορίθμου.....                                                                                                          | 129        |

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| <b>Συμπεράσματα .....</b> | <b>133</b> |
| <b>Βιβλιογραφία .....</b> | <b>136</b> |

## Κατάλογος Εικόνων

|                                                                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Εικόνα 2.1:</b> Διάρκεια παράδοσης και συνθήκες παρκαρίσματος στη Γαλλία. ....                                                     | 44  |
| <b>Εικόνα 2.2:</b> Ετήσια έσοδα στην αγορά του e-commerce.....                                                                        | 48  |
| <b>Εικόνα 2.3:</b> Διαγραμματική απεικόνιση της αύξησης του όγκου ηλεκτρονικών παραγγελιών στην Ελλάδα.....                           | 49  |
| <b>Εικόνα 2.4:</b> Αποθηκευτικές απαιτήσεις των εμβολίων για την πρόληψη του Κορονοϊού.....                                           | 49  |
| <b>Εικόνα 2.5:</b> Cargo Trams.....                                                                                                   | 54  |
| <b>Εικόνα 2.6:</b> Εμπορευματικό κέντρο, Μπολόνια Ιταλία.....                                                                         | 58  |
| <b>Εικόνα 2.7:</b> Χάρτης απεικόνισης τοποθεσίας του εμπορευματικού κέντρου Roissy Sogaris στα προάστια του Παρισιού στη Γαλλία ..... | 59  |
| <b>Εικόνα 2.8:</b> Θυρίδες Click & Collect του ηλεκτρονικού καταστήματος Skrutz στην Ελλάδα.....                                      | 61  |
| <b>Εικόνα 2.9:</b> Cloud σύστημα αυτόματης δρομολόγησης και προγραμματισμού οχημάτων.....                                             | 63  |
| <b>Εικόνα 2.10:</b> Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας Περιφέρειας Αττικής .....                                                          | 65  |
| <b>Εικόνα 2.11:</b> Cargo 4wheel e-Bike της εταιρείας FedEx.....                                                                      | 67  |
| <b>Εικόνα 2.12:</b> Υβριδικό φορτηγό διανομής .....                                                                                   | 67  |
| <b>Εικόνα 2.13:</b> Drones για διανομή αγαθών.....                                                                                    | 69  |
| <b>Εικόνα 2.14:</b> Διανομή προϊόντος με τη χρήση robot.....                                                                          | 70  |
| <b>Εικόνα 2.15:</b> Παρουσιάζοντας το μοντέλο χρήσης AKEE.....                                                                        | 74  |
| <b>Εικόνα 2.16:</b> Μοντέλο χρήσης Third Party Logistic εταιρειών .....                                                               | 76  |
| <b>Εικόνα 2.17:</b> Μοντέλο ενοποίησης εμπορευμάτων σε AKEE και διανομή .....                                                         | 77  |
| <b>Εικόνα 2.18:</b> Βιομηχανική Περιοχή, Μαγούλα.....                                                                                 | 79  |
| <b>Εικόνα 2.19:</b> Εμπορευματικό κέντρο, Οινόφυτα.....                                                                               | 80  |
| <b>Εικόνα 2.20:</b> Εμπορευματικό κέντρο, Μαρκόπουλο.....                                                                             | 81  |
| <b>Εικόνα 2.21:</b> Μελλοντικές εγκαταστάσεις στο Θριάσιο .....                                                                       | 83  |
| <b>Εικόνα 2.22:</b> Μοντέλο Click & Collect της εταιρείας ACS.....                                                                    | 84  |
| <b>Εικόνα 2.23:</b> Ελληνικό σύστημα βέλτιστης δρομολόγησης οχημάτων.....                                                             | 86  |
| <b>Εικόνα 2.24:</b> Πίνακας Ταξινόμησης Δυναμικών Προβλημάτων Δρομολόγησης Οχημάτων.....                                              | 91  |
| <b>Εικόνα 2.25:</b> Παραλλαγές του προβλήματος δρομολόγησης οχημάτων .....                                                            | 94  |
| <b>Εικόνα 2.26:</b> Βασικές κατηγορίες του προβλήματος δρομολόγησης με διανομή και παραλαβή προϊόντων (VRPDP) .....                   | 96  |
| <br><b>Εικόνα 4.1 – 4.2:</b> Δείγμα ερευνάς για την προσομοίωση. Πηγή : Λόης Αθανάσιος (2024) .....                                   | 110 |
| <br><b>Εικόνα 5.1:</b> Δείγμα αποτελέσματος ανάλυσης κίνησης.....                                                                     | 128 |
| <b>Εικόνα 5.2:</b> Δείγμα αποτελέσματος προτεινόμενου χρονοδιαγράμματος φορτοεκφόρτωσης. ....                                         | 128 |

## Εισαγωγή

Η βιώσιμη αστική κινητικότητα και οι αστικές εμπορευματικές μεταφορές αποτελούν κρίσιμα ζητήματα για τις σύγχρονες πόλεις, ιδιαίτερα σε περιοχές υψηλής πυκνότητας όπως το Εμπορικό Τρίγωνο της Αθήνας. Η ραγδαία αστικοποίηση και οι αυξανόμενες απαιτήσεις για μεταφορές έχουν δημιουργήσει σημαντικές προκλήσεις για τη διαχείριση της κυκλοφορίας και την προστασία του περιβάλλοντος. Η βιώσιμη αστική κινητικότητα στοχεύει στην προώθηση πιο οικολογικών και αποδοτικών τρόπων μετακίνησης, όπως η χρήση δημόσιων συγκοινωνιών, ποδηλάτων και πεζοδρομήσεων, με σκοπό τη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και των εκπομπών ρύπων.

Στο πλαίσιο αυτό, η τεχνολογία και ειδικά οι τεχνικές ταξινόμησης εικόνων (image classification) διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο. Η ταξινόμηση εικόνων επιτρέπει την ανάλυση και την παρακολούθηση της κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο, προσφέροντας δεδομένα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτιστοποίηση των συστημάτων μεταφορών και την εφαρμογή στοχευμένων μέτρων. Η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιεί αλγόριθμους μηχανικής μάθησης για την ανάλυση εικόνων από κάμερες παρακολούθησης, drones και δορυφόρους, βοηθώντας στον εντοπισμό προτύπων και τάσεων στην κυκλοφορία.

Με τη βοήθεια της ταξινόμησης εικόνων, οι πόλεις μπορούν να εντοπίζουν και να επιλύουν προβλήματα κυκλοφορίας πιο αποτελεσματικά, προωθώντας ταυτόχρονα εναλλακτικές μορφές μετακίνησης. Για παράδειγμα, οι εικόνες από κάμερες μπορούν να αναλυθούν για να εντοπιστούν σημεία συμφόρησης και να προταθούν εναλλακτικές διαδρομές ή μέτρα για την ανακούφιση της κυκλοφορίας. Επιπλέον, η τεχνολογία αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση της χρήσης των ποδηλατοδρόμων και των πεζοδρομίων, επιτρέποντας στους δήμους να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις για τη βελτίωση των υποδομών.

Η βιώσιμη αστική κινητικότητα δεν αφορά μόνο τη μετακίνηση των ανθρώπων, αλλά και τη διακίνηση αγαθών εντός της πόλης. Οι αστικές εμπορευματικές μεταφορές παίζουν καθοριστικό ρόλο στη διασφάλιση της ομαλής λειτουργίας της τοπικής οικονομίας και στην εξυπηρέτηση των καθημερινών αναγκών των κατοίκων. Η ανάπτυξη και η εφαρμογή σύγχρονων πρακτικών και τεχνολογιών μπορούν να συμβάλουν στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας και της αποδοτικότητας αυτών

των μεταφορών, μειώνοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και προωθώντας τη βιωσιμότητα των αστικών κέντρων.

Η παρούσα εργασία διερευνά τη σημασία των τεχνικών ταξινόμησης εικόνων στη βιώσιμη αστική κινητικότητα και τις αστικές εμπορευματικές μεταφορές, εστιάζοντας στο Εμπορικό Τρίγωνο της Αθήνας. Μέσω της ανάλυσης αυτής, επιδιώκεται η ανάδειξη των πλεονεκτημάτων και των προκλήσεων που συνδέονται με την εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών, καθώς και η πρόταση λύσεων για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων και την ανάπτυξη των πόλεων.

## **Κεφάλαιο 1: Βιώσιμη Αστική Κινητικότητα**

### **1.1 Ορισμός Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας**

Η βιώσιμη διαχείριση της κλιμακούμενης ζήτησης για κινητικότητα αποτελεί σημαντική πρόκληση για τις σύγχρονες πόλεις. Ο γρήγορος ρυθμός της αστικής ανάπτυξης, σε συνδυασμό με τις αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και τη σοβαρή κυκλοφοριακή συμφόρηση στις μητροπολιτικές περιοχές, επηρεάζει σημαντικά τόσο την ποιότητα ζωής όσο και το φυσικό περιβάλλον. Η βιώσιμη αστική κινητικότητα διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στον μετριασμό αυτών των προβλημάτων με τη μείωση της χρήσης του αυτοκινήτου και την προώθηση εναλλακτικών μορφών μεταφοράς, όπως η δημόσια συγκοινωνία, το ποδήλατο και το περπάτημα, με στόχο τη δημιουργία πιο ζωντανών, ασφαλών και ανθεκτικών αστικών περιβαλλόντων. Οι βασικές διαστάσεις της βιώσιμης αστικής κινητικότητας περιλαμβάνουν οικονομικούς, κοινωνικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες. Μια ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας αποκαλύπτει ορισμούς που συμπυκνώνουν την ουσία της. Σύμφωνα με το Παγκόσμιο Επιχειρηματικό Συμβούλιο για την Αειφόρο Ανάπτυξη, η βιώσιμη αστική κινητικότητα ορίζεται ως «η ικανότητα ανταπόκρισης στις ανάγκες της κοινωνίας για ελεύθερη κυκλοφορία, όπου οι άνθρωποι μπορούν να έχουν καλύτερη πρόσβαση, να επικοινωνούν, να εμπορεύονται και να δημιουργούν σχέσεις, χωρίς να θυσιάζονται άλλες θεμελιώδεις ανθρώπινες ή οικολογικές αξίες. στο παρόν ή στο μέλλον» (World Business Council for Sustainable Development, 2015). Επιπλέον, ο Zegras (2005) προσφέρει έναν λειτουργικό ορισμό που δίνει έμφαση στη «διατήρηση της ικανότητας παροχής προσβασιμότητας χωρίς χρονικό περιορισμό, διατηρώντας

καθαρό κεφάλαιο (φυσικό, ανθρώπινο κατασκευασμένο, κοινωνικό), το οποίο θα είναι ικανό να προσφέρει τα σημερινά επίπεδα προσβασιμότητας στις μελλοντικές γενιές. Στην ουσία, ένα πιο βιώσιμο σύστημα μεταφορών είναι αυτό που προσφέρει μεγαλύτερη ευημερία ανά μέσο μεταφοράς, που αξιολογείται με βάση την προσβασιμότητα και τους τρόπους μεταφοράς που εξετάζονται με βάση την κινητικότητα» (Zegras, 2005).

Η βιώσιμη αστική κινητικότητα ορίζεται επίσης από τον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ) ως «σύστημα μεταφορών που δεν θέτει σε κίνδυνο τη δημόσια υγεία ή τα οικοσυστήματα και καλύπτει τις ανάγκες πρόσβασης που είναι συμβατές με την ελεγχόμενη χρήση ανανεώσιμων και μη ανανεώσιμων πόρων» (ΟΟΣΑ, 1996).

Στην ελληνόγλωσση βιβλιογραφία, η βιώσιμη αστική κινητικότητα «περιγράφει τον στόχο για βιώσιμες συνθήκες μεταφοράς στις πόλεις και αντιστοιχεί σε κατευθύνσεις σχεδιασμού για συστήματα μεταφορών που θα διασφαλίζουν υπηρεσίες μεταφοράς υψηλού επιπέδου που βασίζονται σε τρεις πυλώνες: 1) οικονομικούς (οικονομικά βέλτιστες λύσεις), 2 ) περιβαλλοντικούς (βελτίωση της ποιότητας ζωής) και 3) κοινωνικής βιωσιμότητας (εξασφάλιση ασφαλούς και άνετης μετακίνησης για όλους, καθώς και κοινωνικά συνεκτικού περιβάλλοντος, κυρίως μέσω της συνδυασμένης λειτουργίας διαδρόμων κυκλοφορίας και δημόσιων χώρων υψηλής ποιότητας που προσφέρουν ευκαιρίες κοινωνικοποίησης )» (Μπακογιάννη, 2016).

Από τους παραπάνω ορισμούς, είναι προφανές ότι η βιώσιμη κινητικότητα περιλαμβάνει οικονομικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές διαστάσεις. Η οικονομική διάσταση αντιμετωπίζει την κυκλοφοριακή συμφόρηση, το κόστος της υποδομής μεταφορών, τις συνέπειες των ατυχημάτων, την εξάντληση των μη ανανεώσιμων πόρων και την εσωτερική του εξωτερικού κόστους των μεταφορών, που σημαίνει ότι η πιο αποτελεσματική τιμολόγησή τους αντικατοπτρίζει το πραγματικό κόστος. Οι ταλαιπωρίες των μεταφορών επιβάλλουν σημαντικό κόστος στην οικονομία, την κοινωνία και το περιβάλλον. Εσωτερικεύοντας αυτά τα εξωτερικά κόστη, οι χρήστες επιβαρύνονται με τα έξοδα που δημιουργούν ως μετακινούμενοι, παρακινώντας έτσι αλλαγές συμπεριφοράς που μειώνουν το κόστος που προκαλούν (Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2008).

Όσον αφορά την περιβαλλοντική διάσταση της βιώσιμης κινητικότητας, περιλαμβάνει την αντιμετώπιση κρίσιμων ζητημάτων όπως η ατμοσφαιρική ρύπανση από τις μεταφορές, η ηχορύπανση, η ρύπανση των υδάτων και η κλιματική αλλαγή. Η κοινωνική διάσταση αφορά την ισότητα και την κοινωνική δικαιοσύνη όσον αφορά την προσβασιμότητα εντός της πόλης, καθώς και τη λειτουργική και αισθητική αναβάθμιση των αστικών δημόσιων χώρων ως προς την κινητικότητα και τις συνθήκες διαβίωσης, με τελικό στόχο τη βελτίωση της ποιότητας ζωής.

## 1.2 Θεσμικό Πλαίσιο Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, εκτιμάται ότι έως το 2050, πάνω από το 80% των Ευρωπαίων πολιτών θα κατοικούν στα αστικά κέντρα (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2017). Επί του παρόντος, η πλειονότητα των Ευρωπαίων ζει σε αστικές περιοχές, όπου οι πληθυσμοί συνεχίζουν να αυξάνονται, επιδεινώνοντας διάφορα προβλήματα στις αστικές συγκοινωνίες. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή τονίζει ότι οι οδικές μεταφορές ευθύνονται για σχεδόν το 71% των εκπομπών CO<sub>2</sub> που παράγονται από όλους τους τομείς των μεταφορών σε ευρωπαϊκό επίπεδο (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2019).

Τα αποτελεσματικά συστήματα μεταφορών είναι ζωτικής σημασίας για τη βιωσιμότητα των πόλεων, τα οποία υποστηρίζονται από ένα ευρύ φάσμα πολιτικών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Για δεκαετίες, η ΕΕ έχει προωθήσει τη βιώσιμη αστική κινητικότητα μέσω οδηγιών, κατευθυντήριων γραμμών και πρωτοβουλιών. Η επιτυχής εφαρμογή αυτών των ευρωπαϊκών πολιτικών, που στοχεύουν συγκεκριμένους κοινωνικούς, οικονομικούς, αναπτυξιακούς και περιβαλλοντικούς στόχους, εξαρτάται εν μέρει από τις ενέργειες των εθνικών, περιφερειακών και τοπικών αρχών σε κάθε κράτος μέλος και γεννιούνται μέσα από την Πράσινη και τη Λευκή Βίβλο.

Πράσινη Βίβλος (Green Paper): Οι πράσινες βίβλοι είναι έγγραφα που δημοσιεύονται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και τα οποία αποσκοπούν στην ενθάρρυνση της συζήτησης επί συγκεκριμένων θεμάτων σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.). Στο πλαίσιο αυτό, καλούν τα ενδιαφερόμενα μέρη (οργανισμούς ή άτομα) να συμμετάσχουν σε μία διαδικασία διαβούλευσης και συζήτησης με βάση τις προτάσεις που διατυπώνουν. Οι πράσινες βίβλοι αποτελούν ενίοτε την αφετηρία νομοθετικών εξελίξεων που στη συνέχεια εκτίθενται στις λευκές βίβλους. Δημοσιεύονται στη

διαδικτυακή πύλη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής «Πείτε την άποψή σας» και παραμένουν ανοιχτές για την υποβολή παρατηρήσεων από τους ενδιαφερόμενους για τουλάχιστον 12 εβδομάδες.

**Λευκή Βίβλος (White Paper):** Οι λευκές βίβλοι που εκδίδονται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή είναι έγγραφα που περιλαμβάνουν προτάσεις δράσης της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) σε συγκεκριμένους τομείς. Σε ορισμένες περιπτώσεις, αποτελούν προέκταση των πράσινων βιβλίων, σκοπός των οποίων είναι η έναρξη διαδικασίας διαβουλεύσεων σε επίπεδο ΕΕ. Ο σκοπός μιας Λευκής Βίβλου είναι να βοηθήσει να αρχίσει μια συζήτηση με το κοινό, τους ενδιαφερόμενους, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο προκειμένου να επιτευχθεί πολιτική συναίνεση. Δημοσιεύονται στην διαδικτυακή πύλη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής.

Οι βασικές ευρωπαϊκές πολιτικές παρουσιάζονται με χρονολογική σειρά:

### **1957: Συνθήκη της Ρώμης**

Η προέλευση της κοινής πολιτικής μεταφορών της ΕΕ βρίσκεται στη Συνθήκη της Ρώμης, η οποία έδινε προτεραιότητα στο άνοιγμα των αγορών στον τομέα των μεταφορών. Τα άρθρα 74-84 αφορούσαν τους διεθνείς κανόνες μεταφορών σχετικά με τη διέλευση, τις αναχωρήσεις και τις αφίξεις μεταξύ των εδαφών των κρατών μελών. Ωστόσο, αυτή η συνθήκη δεν συμφωνήθηκε ομόφωνα από όλα τα κράτη μέλη (Union European, Συνθήκη για την ίδρυση της Ευρωπαϊκής Οικονομικής Κοινότητας).

### **1985: Λευκή Βίβλος για την ολοκλήρωση της ενιαίας εσωτερικής αγοράς**

Δημοσιεύθηκε η Λευκή Βίβλος για την ολοκλήρωση της ενιαίας εσωτερικής αγοράς μεταφορών, με αποτέλεσμα το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο να προσφύγει κατά του Συμβουλίου στην υπόθεση 13/83. Αυτό οδήγησε το Συμβούλιο να λάβει μέτρα για τη διαμόρφωση μιας κοινής πολιτικής μεταφορών (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 1985).

### **1992: Λευκή Βίβλος για τη μελλοντική ανάπτυξη της Κοινής Πολιτικής Μεταφορών**

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ενέκρινε μια Λευκή Βίβλο το 1992 για τον καθορισμό μιας κοινής πολιτικής μεταφορών. Αυτή η πολιτική υποστήριζε την απελευθέρωση της αγοράς στις μεταφορές, την επέκταση του διευρωπαϊκού δικτύου μεταφορών και την

ενσωμάτωση της διατροφικότητας (συνδυασμένοι τρόποι μεταφοράς), με βάση το μοντέλο βιώσιμης αστικής κινητικότητας (European Communities, 1992).

### **1998: Λευκή Βίβλος: Δίκαιη πληρωμή για χρήση υποδομής**

Τον Ιούλιο του 1998, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε μια Λευκή Βίβλο που αντιμετωπίζει τις σημαντικές διαφορές στην τιμολόγηση των μεταφορών μεταξύ των κρατών μελών, οι οποίες οδήγησαν σε στρεβλώσεις τόσο στον ενδοκρατικό όσο και στον διακρατικό ανταγωνισμό (Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 1998).

### **2001: Λευκή Βίβλος: Ευρωπαϊκή Πολιτική Μεταφορών για το 2010 - Η ώρα των επιλογών**

Το 2001, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εντόπισε τις προκλήσεις και τα ζητήματα που αντιμετωπίζει η ευρωπαϊκή πολιτική μεταφορών, εισάγοντας 60 μέτρα με στόχο την αποσύνδεση της οικονομικής ανάπτυξης από τον αυξημένο κυκλοφοριακό φόρτο. Αυτή η Λευκή Βίβλος εξέτασε τις υποχρεώσεις και τα δικαιώματα των χρηστών του συστήματος μεταφορών, δίνοντας έμφαση στη διαφάνεια στο κόστος μεταφοράς. Οι στρατηγικοί στόχοι περιελάμβαναν τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, τη διασφάλιση της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού και την προώθηση της ισόρροπης χρήσης των διαφόρων τρόπων μεταφοράς. Ωστόσο, καθώς τα μέτρα αποδείχθηκαν ανεπαρκή για την επίτευξη αυτών των στρατηγικών στόχων, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε μια αξιολόγηση τον Ιούνιο του 2006 με τίτλο «Η Ευρώπη σε συνεχή κίνηση: Βιώσιμη κινητικότητα στην ήπειρό μας». Αυτή η αξιολόγηση καθόρισε σχέδια δράσης για την αστική κινητικότητα, τις εμπορευματικές μεταφορές και την ανάπτυξη ευφών συστημάτων μεταφορών (Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2001).

### **2007: Πράσινη Βίβλος: Προς μια νέα κουλτούρα για την αστική κινητικότητα**

Η Πράσινη Βίβλος του 2007 καθόρισε μια νέα ευρωπαϊκή ατζέντα για την αστική κινητικότητα. Στόχος του ήταν να προωθήσει τη συζήτηση για θέματα μεταφορών σε ευρωπαϊκό επίπεδο, καλώντας όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη να συμμετάσχουν σε διαβουλεύσεις. Παρουσίασε επίσης τις βέλτιστες πρακτικές στη βιώσιμη αστική κινητικότητα για τον εντοπισμό βέλτιστων λύσεων (Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2007).

### **2009: Σχέδιο Δράσης Αστικής Κινητικότητας**

Το σχέδιο δράσης για την αστική κινητικότητα πρότεινε δράσεις που επικεντρώθηκαν σε έξι βασικούς τομείς, αντιστακώνοντας τα πρωταρχικά συμπεράσματα από τις διαβουλεύσεις στην Πράσινη Βίβλο. Αυτές οι δράσεις αποσκοπούσαν στην αντιμετώπιση των προκλήσεων που εντοπίστηκαν και στην προώθηση της βιώσιμης αστικής κινητικότητας σε ολόκληρη την Ευρώπη (Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2009).

Τα θεματικά πεδία και οι επιμέρους δράσεις στο πλαίσιο του Σχεδίου Δράσης Αστικής Κινητικότητας αναφέρονται αναλυτικά παρακάτω:

### 1. Προώθηση Ολοκληρωμένων Πολιτικών

Οι ολοκληρωμένες πολιτικές είναι ζωτικής σημασίας για την αποτελεσματική διαχείριση της πολυπλοκότητας των συστημάτων μεταφορών, της διακυβέρνησης, των σχέσεων μεταξύ πόλης και υπαίθρου, της αλληλεξάρτησης των μέσων μεταφοράς και του ρόλου των αστικών μεταφορών στο ευρύτερο ευρωπαϊκό σύστημα.

Δράση 1: Επιτάχυνση της εφαρμογής των Σχεδίων Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας.

Δράση 2: Προώθηση της βιώσιμης αστικής κινητικότητας στο πλαίσιο της περιφερειακής πολιτικής.

Δράση 3: Ενίσχυση των μεταφορών για ένα υγιές αστικό περιβάλλον.

### 2. Εστίαση στους Πολίτες

Οι προσιτές, υψηλής ποιότητας δημόσιες συγκοινωνίες είναι βασικές για ένα βιώσιμο σύστημα. Τα βασικά στοιχεία περιλαμβάνουν την αξιοπιστία, τις πληροφορίες, την ασφάλεια και την εύκολη πρόσβαση, καθώς και την προστασία των δικαιωμάτων των επιβατών, ειδικά για άτομα με μειωμένη κινητικότητα.

Δράση 4: Δημιουργία πλατφόρμας για τα δημόσια δικαιώματα των επιβατών.

Δράση 5: Βελτίωση της προσβασιμότητας για άτομα με μειωμένη κινητικότητα.

Δράση 6: Βελτίωση της ενημέρωσης των επιβατών σχετικά με τις υπηρεσίες δημόσιων μεταφορών.

Δράση 7: Βελτίωση της πρόσβασης σε αστικούς χώρους πρασίνου.

Δράση 8: Διεξαγωγή εκστρατειών για βιώσιμη συμπεριφορά κινητικότητας.

Δράση 9: Προώθηση ενεργειακά αποδοτικής οδήγησης.

### 3. Καθαρή Αστική Συγκοινωνία

Οι ευρωπαϊκές πολιτικές στοχεύουν στην ενίσχυση των αγορών νέων, καθαρότερων τεχνολογιών οχημάτων και εναλλακτικών καυσίμων, υποστηρίζοντας την οικονομική ανάκαμψη. Η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει» ενθαρρύνει τους χρήστες των μεταφορών να υιοθετήσουν συμπεριφορές φιλικές προς το περιβάλλον.

Δράση 10: Υποστήριξη έρευνας και προώθησης οχημάτων χαμηλών και μηδενικών εκπομπών.

Δράση 11: Ανάπτυξη ενός διαδικτυακού οδηγού για ενεργειακά αποδοτικά και καθαρά οχήματα.

Δράση 12: Μελετήστε τις πολιτικές πτυχές της εσωτερίκευσης του εξωτερικού κόστους.

Δράση 13: Διευκόλυνση της ανταλλαγής πληροφοριών σχετικά με τα μέσα τιμολόγησης των αστικών μεταφορών.

### 4. Ενίσχυση της Χρηματοδότησης

Η ανάπτυξη βιώσιμης αστικής κινητικότητας απαιτεί επενδύσεις σε υποδομές, νέες τεχνολογίες και υπηρεσίες. Οι περισσότερες δαπάνες καλύπτονται από τοπικές, περιφερειακές ή εθνικές πηγές, με σημαντικά κίνητρα που διατίθενται μέσω ευρωπαϊκών προγραμμάτων χρηματοδότησης.

Δράση 14: Βελτίωση των υφιστάμενων πηγών χρηματοδότησης.

Δράση 15: Ανάλυση μελλοντικών αναγκών χρηματοδότησης.

### 5. Ανταλλαγή καλών πρακτικών

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή βοηθά τα ενδιαφερόμενα μέρη να αξιοποιήσουν τις υπάρχουσες εμπειρίες και να ανταλλάξουν πληροφορίες. Οι δράσεις σε ευρωπαϊκό επίπεδο είναι ζωτικής σημασίας για τη συλλογή, την ανταλλαγή και τη σύγκριση δεδομένων.

Δράση 16: Ενημέρωση δεδομένων και στατιστικών.

Δράση 17: Δημιουργία παρατηρητηρίου αστικής κινητικότητας.

Δράση 18: Προώθηση του διεθνούς διαλόγου και της ανταλλαγής γνώσεων.

#### 6. Βελτιστοποίηση της Αστικής Κινητικότητας

Η ενοποίηση, η διαλειτουργικότητα και η διασύνδεση μεταξύ διαφορετικών δικτύων μεταφορών είναι βασικά χαρακτηριστικά ενός αποτελεσματικού συστήματος μεταφορών, που διευκολύνει τη μετάβαση σε πιο προσιτές και φιλικές προς το περιβάλλον λύσεις.

Δράση 19: Ενίσχυση των αστικών εμπορευματικών μεταφορών.

Δράση 20: Ανάπτυξη ευφών συστημάτων μεταφορών.

Το 2011, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή κυκλοφόρησε μια Λευκή Βίβλο με τίτλο «Χάρτης πορείας για έναν Ενιαίο Ευρωπαϊκό Χώρο Μεταφορών - Προς ένα ανταγωνιστικό και αποδοτικό σύστημα μεταφορών». Αυτό το έγγραφο σκιαγράφησε ένα όραμα για ένα πιο ανταγωνιστικό και βιώσιμο σύστημα μεταφορών, τονίζοντας ότι η μελλοντική ευημερία της Ευρώπης εξαρτάται σχετικά με την ικανότητα των περιφερειών της να παραμείνουν ανταγωνιστικές σε παγκόσμιο επίπεδο μέσω αποτελεσματικών μεταφορών. Η Λευκή Βίβλος πρότεινε 40 πρωτοβουλίες για την επόμενη δεκαετία, με στόχο σημαντικές αλλαγές έως το 2030, όπως η μείωση των συμβατικών αυτοκινήτων κατά 50% και η πλήρης κατάργησή τους έως το 2050. ζήτησε να μειωθεί η εξάρτηση της Ευρώπης από τα εισαγόμενα καύσιμα και να μειωθούν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που σχετίζονται με τις μεταφορές κατά 60% έως το 2050. Η Λευκή Βίβλος υπογράμμισε την ανάγκη για καθαρές μεταφορές και ενισχυμένη πολυτροπικότητα και συνέστησε στις πόλεις με πληθυσμό άνω των 100.000 να αναπτύξουν υποχρεωτικά σχέδια βιώσιμης αστικής κινητικότητας σύμφωνα με Πρότυπα και κατευθυντήριες γραμμές της ΕΕ (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2011).

Τον Δεκέμβριο του 2013, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ενέκρινε το «Πακέτο Αστικής Κινητικότητας», το οποίο περιελάμβανε προτάσεις για δράση τόσο σε τοπικό όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Αναγνωρίζοντας ότι η αστική κινητικότητα είναι πρωτίστως τοπική ευθύνη, η δέσμη ενθάρρυνε την ανάπτυξη ολοκληρωμένων στρατηγικών για βιώσιμη αστική κινητικότητα και σχέδια μεταφορών για την υποστήριξη της εφαρμογής τους. Το πακέτο τόνιζε τη σημασία των αστικών εμπορευματικών μεταφορών, της διαχείρισης της κυκλοφορίας, των ευφών συστημάτων μεταφορών και της οδικής ασφάλειας. Υποστήριξε επίσης τον ρόλο των κρατών μελών στη

δημιουργία πολιτικών για τοπική δράση και τα προέτρεψε να αξιολογήσουν την τρέχουσα και μελλοντική τους απόδοση του συστήματος μεταφορών για να αναπτύξουν μια εθνική στρατηγική αστικής κινητικότητας (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2013).

Η «Πολιτική Συνοχής της Ευρωπαϊκής Ένωσης 2014-2020», που θεσπίστηκε το 2010, έθεσε 11 θεματικούς στόχους με στόχο τη μείωση των ανισοτήτων μεταξύ των ευρωπαϊκών περιφερειών και την προώθηση της έξυπνης ανάπτυξης χωρίς αποκλεισμούς. Αυτή η πολιτική, μέρος της πρωτοβουλίας «Στρατηγική Ευρώπη 2020», εφαρμόστηκε μέσω πέντε διαρθρωτικών ταμείων. Ο έβδομος στόχος, με την υποστήριξη του Ταμείου Συνοχής, επικεντρώθηκε στην προώθηση βιώσιμων μεταφορών και στην αντιμετώπιση θεμάτων σε βασικές υποδομές και δίκτυα. Οι βασικές προτεραιότητες περιελάμβαναν την έξυπνη κινητικότητα, τη διανομή ενέργειας, τα συστήματα αποθήκευσης και μεταφοράς και καθαρές, πολυτροπικές μεταφορές, όλα με στόχο την επίτευξη μιας οικονομίας χαμηλών εκπομπών άνθρακα (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2011).

Στη Διάσκεψη του Παρισιού τον Δεκέμβριο του 2015, οι χώρες κατέληξαν σε μια δεσμευτική παγκόσμια συμφωνία για το κλίμα, σηματοδοτώντας ένα σημαντικό βήμα στην παγκόσμια προσπάθεια για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής. Η συμφωνία καθόρισε ένα σχέδιο δράσης για τον περιορισμό της υπερθέρμανσης του πλανήτη στους 2 βαθμούς Κελσίου και ενθάρρυνε όλους τους ενδιαφερόμενους να υποστηρίξουν δράσεις για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, την ενίσχυση της αστικής ανθεκτικότητας στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και την ενίσχυση της περιφερειακής και διεθνούς συνεργασίας (Ευρωπαϊκή Ένωση – Fact Sheets, 2019).

### 1.3 Εθνικό Πλαίσιο

Τα Σχέδια Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας (ΣΒΑΚ) – Sustainable Urban Mobility Planning and Monitoring (SUMPs) αντιπροσωπεύουν μια νέα προσέγγιση στο σχεδιασμό της οργάνωσης της κυκλοφορίας και των συνθηκών κινητικότητας στις ελληνικές πόλεις, που διαφέρει σημαντικά από τις παραδοσιακές μελέτες μεταφορών. Μέχρι πρόσφατα, η Ελλάδα δεν είχε νομικό πλαίσιο για τέτοια σχέδια. Ωστόσο, τον Μάρτιο του 2019 δημοσιεύτηκε το ΦΕΚ 40/Α'/4.3.2019 με το οποίο καθιερώθηκε η προετοιμασία των ΣΒΑΚ στη χώρα. Σύμφωνα με το άρθρο 22 παράγραφος 1 του

νόμου, ΣΒΑΚ είναι «το στρατηγικό σχέδιο που καταρτίζεται με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας ζωής στις αστικές περιοχές και τα περίχωρά τους και την ικανοποίηση των αναγκών κινητικότητας των ανθρώπων και της μεταφοράς αγαθών στις περιοχές αυτές."

Η προετοιμασία ενός ΣΒΑΚ είναι ευθύνη των αρχών τοπικής αυτοδιοίκησης πρώτης ή δεύτερης τάξης (ΟΤΑ), οι οποίες είναι επίσης επιφορτισμένες με τη σύσταση της ομάδας εργασίας που είναι υπεύθυνη για την ολοκληρωμένη ανάπτυξη του ΣΒΑΚ. Η νομοθεσία επιβάλλει στα ΣΒΑΚ να ακολουθούν υφιστάμενες πρακτικές πολεοδομικού σχεδιασμού και συγκοινωνιακού σχεδιασμού, βάσει εγκεκριμένων πολεοδομικών σχεδίων σε όλα τα επίπεδα, ενώ ενσωματώνουν τομεακές πολιτικές όπως συμμετοχικές διαδικασίες για μέτρα παρέμβασης και μεθόδους αξιολόγησης και παρακολούθησης του σχεδίου. Ο ορίζοντας σχεδιασμού για ένα ΣΒΑΚ ορίζεται ως μια δεκαετία, με δυνατότητα αναθεώρησης κάθε πέντε χρόνια.

Ο νόμος περιγράφει τα βασικά χαρακτηριστικά ενός ΣΒΑΚ, καλύπτοντας τα στάδια ανάπτυξης, τα προτεινόμενα μέτρα, ένα σχέδιο δράσης που περιλαμβάνει τον προϋπολογισμό και το χρονοδιάγραμμα, και τη μεθοδολογία παρακολούθησης και αξιολόγησης. Η διαδικασία έγκρισης ενός ΣΒΑΚ περιλαμβάνει το Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών για χαρακτηρισμό ως «ολοκληρωμένο», τα Υπουργεία Εσωτερικών, Ενέργειας και Περιβάλλοντος, Υποδομών και Μεταφορών για τη διατύπωση γνώμης και τις αρμόδιες Αποκεντρωμένες Διοικήσεις, μαζί με όλους τους επηρεαζόμενους φορείς αυτοδιοίκησης, και του ευρύτερου κλάδου.

Ενώ αυτό το θεσμικό πλαίσιο είναι μια πολλά υποσχόμενη αφετηρία για την ανάπτυξη ΣΒΑΚ στην Ελλάδα, ορισμένα ζητήματα χρήζουν αντιμετώπισης. Ο ορισμός του ΣΒΑΚ στο νόμο δεν διαφέρει σημαντικά από αυτόν της απλής κυκλοφοριακής μελέτης. Αν και πληροί στόχους όπως η βελτίωση της ποιότητας ζωής και η αντιμετώπιση των αναγκών κινητικότητας, δεν δίνει ιδιαίτερη έμφαση στη μείωση της χρήσης του αυτοκινήτου και στην προώθηση των μη μηχανοκίνητων μεταφορών. Η νομοθεσία περιγράφει διάφορα ζητήματα που σχετίζονται με το ΣΒΑΚ, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης των δημόσιων μεταφορών, των μη μηχανοκίνητων μέσων (ποδήλατα, περπάτημα), της προώθησης συνδυασμένων μεταφορών, της οδικής ασφάλειας, της διαχείρισης κυκλοφορίας και στάθμευσης, των αστικών αλυσίδων εφοδιασμού, της διαχείρισης κινητικότητας, των ευφών συστημάτων μεταφορών, των κινήτρων και

των αντικινήτρων για τους πολίτες, πρόσβαση στις θαλάσσιες και αεροπορικές μεταφορές, προώθηση της ηλεκτρικής κινητικότητας και βιοκλιματικός σχεδιασμός των δημόσιων χώρων. Έμφαση δίνεται επίσης στην επέκταση των δικτύων ήπιας κυκλοφορίας και των αστικών χώρων κοινής ωφέλειας, συνδυάζοντας την κινητικότητα των πεζών με πράσινες υποδομές και δίκτυα νερού (ρέματα, ποτάμια, παράκτιες ζώνες).

Αξίζει να σημειωθεί ότι πριν ακόμη θεσπιστεί η νομοθεσία για τα Σχέδια Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας (ΣΒΑΚ) στην Ελλάδα, είχαν πραγματοποιηθεί αρκετές προκαταρκτικές ενέργειες. Το 2016, συγκροτήθηκε διυπουργική επιτροπή για τη δημιουργία ενός εθνικού πλαισίου κατευθυντήριων γραμμών για τα ΣΒΑΤ. Στην επιτροπή αυτή συμμετείχαν εκπρόσωποι των Υπουργείων Μεταφορών, Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Εσωτερικών, του Ινστιτούτου Βιώσιμης Κινητικότητας και Δικτύων Μεταφορών (Ι.ΜΕΤ.), του Συνδέσμου Συγκοινωνιακών Συλλόγων Ελλάδος (ΣΕΣ) και της Κεντρικής Ένωσης Δήμων Ελλάδος. Την ίδια χρονιά, 162 δήμοι έλαβαν χρηματοδότηση από το Πράσινο Ταμείο, συνολικού ύψους 9 εκατ. ευρώ, για να αναπτύξουν τα δικά τους ΣΒΑΚ. Οι δήμοι αυτοί επιλέχθηκαν ως δικαιούχοι του χρηματοδοτικού προγράμματος «Άλλες Δράσεις για το Περιβαλλοντικό Ισοζύγιο 2016», στο πλαίσιο του τέταρτου άξονα προτεραιότητας «Αστική Βιώσιμη Κινητικότητα».

Τα κριτήρια επιλογής για τη συμμετοχή στο χρηματοδοτικό πρόγραμμα περιελάμβαναν την περιφερειακή κατάταξη, τον πληθυσμό, την τουριστική ανάπτυξη και την εποχικότητα, τις υπάρχουσες μελέτες και δεδομένα και την ετοιμότητα των δήμων να αναπτύξουν ΣΒΑΚ. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, ενώ η νομοθεσία για τα ΣΒΑΚ στην Ελλάδα εκκρεμούσε ακόμη, το Πράσινο Ταμείο ανακοίνωσε ότι οι δήμοι θα μπορούσαν να προχωρήσουν στην εκπόνηση τέτοιων σχεδίων ακολουθώντας τις κατευθυντήριες γραμμές του Ευρωπαϊκού Παρατηρητηρίου Αστικής Κινητικότητας «Eltis».

Το 2017, το Υπουργείο Μεταφορών αναδιάρθρωσε το οργανόγραμμά του, ενσωματώνοντας μια νέα διοικητική δομή: το Τμήμα Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας (ΒΑΚ). Οι αρμοδιότητες αυτού του νέου τμήματος περιελάμβαναν την υποστήριξη οργανισμών που αναπτύσσουν ΣΒΑΚ μέσω εκπαιδευτικών σεμιναρίων, οδηγιών και την επίβλεψη όλων των διαδικασιών και σταδίων εφαρμογής του ΣΒΑΚ. Επιπρόσθετα,

κατά την περίοδο 2018-2019, πραγματοποιήθηκαν διάφορες ενέργειες για την ενημέρωση των υπευθύνων λήψης αποφάσεων, των στελεχών της τοπικής αυτοδιοίκησης, των περιφερειακών αρχών και άλλων ενδιαφερομένων σχετικά με τα ΣΒΑΚ (Institute of Sustainable Mobility and Transport Networks, 2018).

#### 1.4 Σχέδια Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας (ΣΒΑΚ)

Όπως προαναφέρθηκε, ένα Σχέδιο Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας (ΣΒΑΚ), σύμφωνα με το υπάρχον εθνικό πλαίσιο, ορίζεται ως «το στρατηγικό σχέδιο που καταρτίζεται με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας ζωής στις αστικές περιοχές και τα περίχωρά τους και την κάλυψη των αναγκών κινητικότητας των ανθρώπων και τη μεταφορά εμπορευμάτων στις περιοχές αυτές» (Ν. 4599/19, άρθρο 22, παράγραφος 1). Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ορίζει ομοίως ένα ΣΒΑΚ ως «το στρατηγικό σχέδιο που ικανοποιεί τις ανάγκες κινητικότητας των ανθρώπων και των επιχειρήσεων στις πόλεις και στα περίχωρά τους για καλύτερη ποιότητα ζωής. Βασίζεται σε υπάρχουσες πρακτικές σχεδιασμού, λαμβάνοντας υπόψη τις αρχές της ένταξης, της συμμετοχής, και αξιολόγηση» (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2013).

Το ΣΒΑΚ είναι ένα ουσιαστικό εργαλείο για την προώθηση της βιωσιμότητας των συστημάτων μεταφορών και τη σημαντική βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης στα αστικά κέντρα. Αυτό το σχέδιο δίνει προτεραιότητα στις αστικές λειτουργίες, τη συνεργασία σε διάφορα επίπεδα διαχείρισης και τη συμμετοχή των πολιτών και άλλων ενδιαφερομένων. Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές κυκλοφοριακές μελέτες, ένα ΣΒΑΚ έχει μια ανθρωποκεντρική διάσταση, δίνοντας έμφαση στον ολιστικό σχεδιασμό, την παρακολούθηση και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του. Πρωταρχικός στόχος του είναι να βελτιώσει την ποιότητα ζωής στα αστικά κέντρα με την ανάπτυξη ζωνών χαμηλότερης ταχύτητας, την προώθηση μη μηχανοκίνητων τρόπων μεταφοράς και τη διασφάλιση της βέλτιστης προσβασιμότητας για όλους τους πολίτες. Για την επίτευξη αυτών των στόχων, υποστηρίζει την ισόρροπη ανάπτυξη όλων των εναλλακτικών μέσων μεταφοράς που είναι ασφαλή και φιλικά προς το περιβάλλον, όπως το περπάτημα, το ποδήλατο, τα δημόσια μέσα μεταφοράς και οι μεταφορές καθαρής ενέργειας.

Επιπλέον, ένα ΣΒΑΚ ακολουθεί μια ενοποιημένη στρατηγική αστικού σχεδιασμού και μεταφορών, διασφαλίζοντας ότι η πρόσβαση σε βασικές αστικές λειτουργίες —όπως η

στέγαση, η εργασία, η εκπαίδευση, η αναψυχή και οι υπηρεσίες— επιτυγχάνεται κυρίως μέσω βιώσιμων μέσων μεταφοράς, ενώ παράλληλα εφαρμόζει μέτρα για τον περιορισμό του αυτοκινήτου χρήσης. Προωθεί την κοινωνική δικαιοσύνη διασφαλίζοντας προσιτές μεταφορές και κατάλληλες υποδομές για άτομα με περιορισμένη κινητικότητα. Ένα SUMP είναι οραματικό, ενσωματώνοντας τόσο βραχυπρόθεσμο όσο και μακροπρόθεσμο σχεδιασμό για την εφαρμογή μέτρων και την κατασκευή έργων υποδομής για την κάλυψη μελλοντικών αναγκών μετακίνησης.

Η διαδικασία διαμόρφωσης οράματος είναι μια συλλογική, διεπιστημονική και συμμετοχική προσπάθεια, που περιλαμβάνει επαγγελματίες από διάφορους τομείς (π.χ. πολεοδόμους, αρχιτέκτονες) και όχι μόνο μηχανικούς μεταφορών. Οι πολίτες συμμετέχουν επίσης στη διαδικασία σχεδιασμού μέσω διαβουλεύσεων που πραγματοποιούνται από κάθε δήμο. Αυτές οι διαβουλεύσεις επιτρέπουν στους πολίτες να εντοπίσουν προβλήματα με τις τρέχουσες συνθήκες κινητικότητας και να προτείνουν ιδέες και λύσεις για βελτιώσεις. Η διαδικασία διαβούλευσης πρέπει να σχεδιαστεί προσεκτικά, λαμβάνοντας υπόψη την επιλογή των ομάδων συμφερόντων με βάση τον βαθμό επιρροής τους. Η διαμόρφωση μιας στρατηγικής συντονισμού είναι επίσης ζωτικής σημασίας, καθορίζοντας πότε και πώς θα συμμετάσχουν τα ενδιαφερόμενα μέρη στη διαδικασία διαβούλευσης.

Επιπλέον, το Σχέδιο Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας (ΣΒΑΚ) ενσωματώνει το ποδήλατο ως βασικό μέσο μεταφοράς στις πόλεις. Αυτή η ένταξη είναι τόσο προσωπική όσο και συλλογική προσπάθεια, που απαιτεί συνεργασία μεταξύ της κεντρικής διοίκησης, της τοπικής αυτοδιοίκησης και των πολιτών (Βλαστός και Μπακογιάννης, 2011). Η ενθάρρυνση της αλλαγής της νοοτροπίας και της συμπεριφοράς των πολιτών ως επιβατών—είτε ως πεζοί, είτε ως ποδηλάτες, είτε μέσω της διατροφικότητας—είναι απαραίτητη. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω εκστρατειών ενημέρωσης, ημερίδων ευαισθητοποίησης και άλλων δράσεων που στοχεύουν στην ανάδειξη των πλεονεκτημάτων της ποδηλασίας.

Στόχος είναι η ευαισθητοποίηση σχετικά με τη συμβολή του ποδηλάτου στη βιωσιμότητα, τον πολιτιστικό εμπλουτισμό και τα προσωπικά οφέλη, όπως η βελτίωση της σωματικής και ψυχικής υγείας και η οικονομική μεταφορά. Ως εκ τούτου, είναι ζωτικής σημασίας για τις πόλεις να αξιοποιήσουν τους διαθέσιμους οικονομικούς

πόρους, είτε από τους δικούς τους προϋπολογισμούς είτε από προγράμματα χρηματοδότησης, για να αναπτύξουν τα δικά τους SUMP. Αυτή η επένδυση θα υποστηρίξει τη δημιουργία ολοκληρωμένων σχεδίων κινητικότητας που προωθούν βιώσιμες λύσεις μεταφορών και βελτιώνουν την ποιότητα της αστικής ζωής.

#### 1.4.1 Διαδικασίες

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υποστηρίζει ενεργά την ανάπτυξη της βιώσιμης αστικής κινητικότητας εδώ και αρκετά χρόνια. Για να διευκολυνθεί αυτό, έχει θεσπίσει κατευθυντήριες γραμμές που παρέχουν στις τοπικές αρχές ένα σαφές πλαίσιο για την προετοιμασία και την εφαρμογή Σχεδίων Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας (ΣΒΑΚ). Αυτές οι κατευθυντήριες γραμμές, που αναπτύχθηκαν από το Ευρωπαϊκό Παρατηρητήριο Αστικής Κινητικότητας «Eltis», περιγράφουν μια διαδικασία που αποτελείται από τέσσερις φάσεις, οι οποίες περιλαμβάνουν συνολικά 11 βήματα που ακολουθούν μια λογική σειρά. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει 32 δραστηριότητες, οι οποίες συντονίζονται και προγραμματίζονται, δυνητικά να εκτελούνται εν μέρει παράλληλα ή να περιλαμβάνουν βρόχους ανάδρασης. Οι φάσεις υλοποίησης ενός SUMP είναι: Σωστή Προετοιμασία, Λογικό και Διαφανές Πλαίσιο, Σχεδιασμός και Υλοποίηση. Αυτή η διαδοχική σειρά συχνά απεικονίζεται ως μια κυκλική διαδρομή, που συνήθως αναφέρεται ως «κύκλος SUMP» (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2013).

#### Φάση I: Σωστή προετοιμασία

Η αρχική φάση της ανάπτυξης ενός ΣΒΑΚ ξεκινά με το όραμα της πόλης να βελτιώσει την προσβασιμότητα μέσω ενός βιώσιμου συστήματος μεταφορών, με στόχο την ευημερία των κατοίκων της. Αυτή η φάση περιλαμβάνει τον προσδιορισμό των δυνατοτήτων της περιοχής παρέμβασης, των διαθέσιμων πόρων και του κατάλληλου εξειδικευμένου προσωπικού για επιτυχή εφαρμογή. Καθορίζονται οι εμπλεκόμενοι φορείς και το χρονοδιάγραμμα υλοποίησης του σχεδίου, καταγράφονται τα υπάρχοντα προβλήματα και διαμορφώνονται τα κατάλληλα μέτρα για την αντιμετώπισή τους. Τέλος, συντονίζεται η συμμετοχή των πολιτών και αναπτύσσονται σενάρια για την επίτευξη ενός ολοκληρωμένου και ολοκληρωμένου σχεδιασμού.

#### **Βήμα 1: Προσδιορίστε τις δυνατότητες για ένα επιτυχημένο ΣΒΑΚ**

Το πρώτο βήμα απαιτεί τη διερεύνηση εσωτερικών και εξωτερικών παραγόντων που θα διαμορφώσουν το συνολικό πλαίσιο σχεδιασμού για τη δημιουργία ενός επιτυχημένου SUMP. Οι δραστηριότητες περιλαμβάνουν:

- Δραστηριότητα 1.1: Δέσμευση στις γενικές αρχές της βιώσιμης κινητικότητας
- Δραστηριότητα 1.2: Αξιολόγηση του αντίκτυπου των περιφερειακών και εθνικών πλαισίων
- Δραστηριότητα 1.3: Διεξαγωγή αυτοαξιολόγησης
- Δραστηριότητα 1.4: Αξιολόγηση διαθέσιμων πόρων
- Δραστηριότητα 1.5: Καθορισμός βασικού προγράμματος
- Δραστηριότητα 1.6: Προσδιορισμός ενδιαφερόμενων μερών και βασικών παραγόντων επιρροής

## **Βήμα 2:** Καθορίστε τη Διαδικασία και το Πεδίο Ανάπτυξης Έργου

Ένα ΣΒΑΚ πρέπει να είναι προσαρμοσμένο στις τοπικές συνθήκες. Αυτό το βήμα περιλαμβάνει τον καθορισμό της γεωγραφικής εμβέλειας, η οποία ιδανικά θα έπρεπε να είναι μια λειτουργική αστική περιοχή, η οποία πιθανώς εκτείνεται πέρα από τα όριά της για να καλύψει τις αυξανόμενες ανάγκες μεταφοράς. Εξετάζει επίσης την ικανότητα των εμπλεκόμενων φορέων να συνεργάζονται και ενσωματώνει κατάλληλες πολιτικές για την ανάπτυξη του σχεδίου. Οι δραστηριότητες περιλαμβάνουν:

- Δραστηριότητα 2.1: Διερεύνηση πέρα από τα όρια και τις αρμοδιότητες της περιοχής παρέμβασης
- Δραστηριότητα 2.2: Συντονισμός πολιτικών και ενοποίηση προσεγγίσεων σχεδιασμού
- Δραστηριότητα 2.3: Σχεδιασμός για τη συμμετοχή πολιτών και άλλων ενδιαφερομένων
- Δραστηριότητα 2.4: Συμφωνία σχετικά με το πρόγραμμα εργασίας και τις λεπτομέρειες διαχείρισης

## **Βήμα 3:** Ανάλυση υφιστάμενων συνθηκών κινητικότητας και ανάπτυξη σεναρίων

Το τελευταίο βήμα στη φάση της σωστής προετοιμασίας περιλαμβάνει την ανάλυση της τρέχουσας κατάστασης σχετικά με τα προβλήματα και τις ευκαιρίες του

συστήματος μεταφορών στην περιοχή παρέμβασης. Αυτή η ανάλυση είναι κρίσιμη για την ανάπτυξη εναλλακτικών σεναρίων. Οι δραστηριότητες περιλαμβάνουν:

- Δραστηριότητα 3.1: Προετοιμασία ανάλυσης προβλημάτων και ευκαιριών
- Δραστηριότητα 3.2: Ανάπτυξη σεναρίων

#### Φάση 2: Λογικό και Διαφανές Πλαίσιο

Στη δεύτερη φάση σχεδιασμού, το ΣΒΑΚ ακολουθεί μια διαφανή και συμμετοχική προσέγγιση, με στόχο τη δημιουργία ενός κοινού οράματος μεταξύ δημοτικής αρχής και πολιτών σχετικά με την επιθυμητή μελλοντική εικόνα της πόλης όσον αφορά την κινητικότητα και τις συνθήκες διαβίωσης. Δεδομένης της οριζόντιας και κάθετης ολοκλήρωσης των ΣΒΑΚ, είναι απαραίτητη μια ενιαία προσέγγιση με υψηλά επίπεδα συνεργασίας, συντονισμού και διαβούλευσης μεταξύ των διαφορετικών επιπέδων διαχείρισης και των ενδιαφερομένων. Το όραμα θα πρέπει να είναι μακροπρόθεσμο, καθοδηγώντας τη θέσπιση κατάλληλων μέτρων προς εφαρμογή.

#### **Βήμα 4:** Αναπτύξτε ένα κοινόχρηστο όραμα

Η δημιουργία ενός αναπτυξιακού οράματος με τη συμβολή των πολιτών και των ενδιαφερομένων είναι ζωτικής σημασίας για τον καθορισμό των επιθυμητών στόχων και την εφαρμογή των κατάλληλων μέτρων.

- Δραστηριότητα 4.1: Αναπτύξτε ένα κοινό όραμα για βιώσιμη κινητικότητα.
- Δραστηριότητα 4.2: Εξασφάλιση ενεργού συμμετοχής του κοινού.

#### **Βήμα 5:** Θέστε προτεραιότητες και μετρήσιμους στόχους

Αφού διαμορφωθεί το κοινό όραμα, είναι σημαντικό να καθοριστούν προτεραιότητες με βάση μετρήσιμους στόχους που αντικατοπτρίζουν τις επιθυμητές κοινωνικές αλλαγές στις συνθήκες κινητικότητας. Οι στόχοι πρέπει να είναι συγκεκριμένοι, μετρήσιμοι, επιτεύξιμοι, ρεαλιστικοί και χρονικά περιορισμένοι (S.M.A.R.T). Η ποσοτικοποίηση αυτών των στόχων θα διαμορφώσει τους δείκτες που χρησιμοποιούνται για να αξιολογηθεί εάν οι στόχοι έχουν επιτευχθεί μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων μέτρων.

- Δραστηριότητα 5.1: Δώστε προτεραιότητα στις πρωτοβουλίες κινητικότητας.
- Δραστηριότητα 5.2: Ανάπτυξη στόχων S.M.A.R.T.

## **Βήμα 6:** Αναπτύξτε Αποτελεσματικά Πακέτα Μέτρων

Για την επίτευξη των τεθέντων στόχων είναι απαραίτητη η ανάπτυξη αποτελεσματικών μέτρων. Η επιλογή των κατάλληλων μέτρων θα πρέπει να προκύπτει από το διάλογο με τους βασικούς ενδιαφερόμενους και την εξέταση των βέλτιστων πρακτικών.

- Δραστηριότητα 6.1: Προσδιορισμός αποτελεσματικών μέτρων.
- Δραστηριότητα 6.2: Μάθετε από τις εμπειρίες των άλλων.
- Δραστηριότητα 6.3: Εξετάστε την καλύτερη σχέση ποιότητας-τιμής.
- Δραστηριότητα 6.4: Δημιουργία ολοκληρωμένων πακέτων μέτρων και συνεργασιών.

## Φάση 3: Εκπόνηση Σχεδίου

Σε αυτή τη φάση, το ΣΒΑΚ ελέγχεται για την ποιότητα και καθορίζεται η ιδιοκτησία του, υποδεικνύοντας την ικανότητα της πόλης να συνεισφέρει στον σχεδιασμό, αλλά χρειάζεται πρόσθετη βοήθεια για την τελική εφαρμογή. Πρέπει να υπάρχουν μηχανισμοί διασφάλισης ποιότητας για την επικύρωση της συμμόρφωσης με τις απαιτούμενες προδιαγραφές. Εξετάζεται το κόστος των μέτρων εφαρμογής και η κατανομή των αρμοδιοτήτων. Η εφαρμογή του SUMP περιλαμβάνει στενή παρακολούθηση, με την πρόοδο να αξιολογείται τακτικά με βάση επιλεγμένους δείκτες. Πρέπει να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα για την έγκαιρη πρόσβαση σε σχετικά δεδομένα και στατιστικά στοιχεία και οι εκθέσεις παρακολούθησης θα πρέπει να αποτελούν τη βάση για την επανεξέταση της εφαρμογής του σχεδίου.

## **Βήμα 7:** Συμφωνήστε για ξεκάθαρες ευθύνες και κατανομή της χρηματοδότησης

Αυτό το στάδιο περιλαμβάνει τη σύνταξη του σχεδίου δράσης και του προϋπολογισμού και την εξασφάλιση επίσημης έγκρισης του ΣΒΑΚ από τα εμπλεκόμενα μέρη.

- Δραστηριότητα 7.1: Ανάθεση πόρων και αρμοδιοτήτων.
- Δραστηριότητα 7.2: Ετοιμάστε προϋπολογισμό και σχέδιο δράσης.

## **Βήμα 8:** Ενσωματώστε την παρακολούθηση και την αξιολόγηση του έργου

Ένα βασικό χαρακτηριστικό που διακρίνει ένα ΣΒΑΚ από άλλα σχέδια είναι η συνεχής παρακολούθηση και αξιολόγηση της απόδοσής του. Αυτή η διαδικασία προσδιορίζει

τα σημεία στα οποία τα μέτρα είναι αποτελεσματικά και εκείνα που είναι λιγότερο, προτρέποντας τη δημιουργία νέων μέτρων για την ενίσχυση της αποτελεσματικότητας του SUMP.

- Δραστηριότητα 8.1: Οργάνωση παρακολούθησης και αξιολόγησης.

### **Βήμα 9: Υιοθέτηση του ΣΒΑΚ**

Ελέγχονται τα αποτελέσματα όλων των προηγούμενων δραστηριοτήτων. Το έγγραφο ΣΒΑΚ, που προκύπτει από τον τελικό ποιοτικό έλεγχο του σχεδίου, περιλαμβάνει όλες τις ενέργειες και τον προϋπολογισμό, διασφαλίζοντας ότι είναι αποδεκτό από τα ενδιαφερόμενα μέρη. Η επίσημη έγκριση χορηγείται από πολιτικούς εκπροσώπους.

- Δραστηριότητα 9.1: Διεξαγωγή ποιοτικού ελέγχου του σχεδίου.

- Δραστηριότητα 9.2: Ασφαλής υιοθέτηση του ΣΒΑΚ.

- Δραστηριότητα 9.3: Καθιερώνετε την ιδιοκτησία του σχεδίου.

### **Φάση 4: Υλοποίηση του Σχεδίου**

Στην τέταρτη και τελευταία φάση, εφαρμόζεται το Σχέδιο Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας (ΣΒΑΚ) και αξιολογείται ο βαθμός στον οποίο έχουν επιτευχθεί οι αρχικοί στόχοι σύμφωνα με το αναπτυξιακό όραμα της πόλης. Το ΣΒΑΚ περιλαμβάνει ένα σχέδιο διαχείρισης και αξιολογεί τις τρέχουσες και μελλοντικές του επιδόσεις, καθορίζοντας μια βάση με βάση την οποία μπορεί να μετρηθεί η μελλοντική πρόοδος. Στη συνέχεια εντοπίζονται και αντιμετωπίζονται νέες προκλήσεις.

### **Βήμα 10: Διασφαλίστε τη σωστή διαχείριση και επικοινωνία**

Μετά την έγκριση του ΣΒΑΚ ξεκινά η διαδικασία υλοποίησης. Αν και το πλαίσιο προβλέπει τις απαιτούμενες ενέργειες μετά την έγκριση, δεν διευκρινίζει λεπτομερώς πώς θα εφαρμοστούν αυτές οι ενέργειες. Κατά το στάδιο υλοποίησης, οι στόχοι και τα μέτρα εξειδικεύονται περαιτέρω.

- Δραστηριότητα 10.1: Διαχείριση της υλοποίησης του ΣΒΑΚ.

- Δραστηριότητα 10.2: Ενημέρωση και συμμετοχή των πολιτών.

- Δραστηριότητα 10.3: Παρακολούθηση της προόδου προς την επίτευξη των στόχων.

## **Βήμα 11:** Αξιολογήστε άλλες εμπειρίες

Το τελικό βήμα περιλαμβάνει τη διεξαγωγή συνολικής αξιολόγησης των επιπτώσεων του SUMP.

- Δραστηριότητα 11.1: Ενημερώνετε τακτικά το τρέχον σχέδιο.
- Δραστηριότητα 11.2: Ελέγξτε τα επιτεύγματα για να κατανοήσετε την επιτυχία και την αποτυχία.
- Δραστηριότητα 11.3: Προσδιορισμός νέων προκλήσεων για την επόμενη γενιά ΣΒΑΚ.

### 1.5 Χρηματοδοτικά Εργαλεία

Για δεκαετίες, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προωθεί καινοτόμες λύσεις μέσω πολιτικών που στοχεύουν στην ανάπτυξη μιας πιο βιώσιμης προσέγγισης στον σχεδιασμό των μεταφορών στις ευρωπαϊκές πόλεις. Η αστική μετατόπιση στον προϋπολογισμό της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με μια σαφή δομή για τις γραμμές χρηματοδότησης αφιερωμένες σε καθαρότερες μεταφορές, ενισχύει περαιτέρω την ευρωπαϊκή οικονομία και ενισχύει την ευημερία των κοινωνιών των κρατών μελών της. Μέσω των Ευρωπαϊκών Διαρθρωτικών Ταμείων, των Επενδυτικών Ταμείων και των προγραμμάτων χρηματοδότησης έρευνας και καινοτομίας, οι πόλεις έχουν τη δυνατότητα να αναπτύξουν τα δικά τους Σχέδια Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας (ΣΒΑΚ).

#### Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ)

Το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) προωθεί την ισόρροπη ανάπτυξη σε όλες τις περιφέρειες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Αυτό το διαρθρωτικό ταμείο χρηματοδοτεί το ευρωπαϊκό πρόγραμμα «INTERREG», το οποίο καλύπτει τέσσερα προγράμματα διαπεριφερειακής συνεργασίας. Καθένα από αυτά τα προγράμματα μπορεί να υποστηρίξει έργα αστικών μεταφορών, αλλά το πρόγραμμα «URBACT» εστιάζει ειδικά στην προώθηση της βιώσιμης και ολοκληρωμένης αστικής ανάπτυξης. Επιπλέον, το ΕΤΠΑ χρηματοδοτεί την πρωτοβουλία Urban Innovative Actions (UIA), παρέχοντας πόρους στις ευρωπαϊκές αστικές περιοχές για τη δοκιμή νέων, ανεφάρμοστων λύσεων για την αντιμετώπιση των αστικών προκλήσεων. Ο συνολικός προϋπολογισμός από το ΕΤΠΑ για αυτήν την πρωτοβουλία ανήλθε σε 372 εκατομμύρια ευρώ για την περίοδο 2014-2020 (χρηματοδότηση ΕΕ, 2013).

### Ταμείο Συνοχής (ΤΣ)

Το Ταμείο Συνοχής χρηματοδοτεί έργα που σχετίζονται με το περιβάλλον και τις μεταφορές για κράτη μέλη των οποίων το κατά κεφαλήν Ακαθάριστο Εθνικό Εισόδημα (ΑΕΕ) είναι χαμηλότερο από το 90% του μέσου όρου της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Αυτό το ταμείο στοχεύει στη μείωση των κοινωνικών και οικονομικών ανισοτήτων και στην προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης. Για την προγραμματική περίοδο 2014-2020, το Ταμείο Συνοχής είχε ως στόχο την Ελλάδα, τη Βουλγαρία, τη Ρουμανία, την Κύπρο, την Κροατία, την Τσεχία, τη Λιθουανία, τη Λετονία, την Ουγγαρία, την Εσθονία, την Πολωνία, τη Μάλτα και την Πορτογαλία. Το Ταμείο Συνοχής είχε συνολικό προϋπολογισμό 63,4 δισ. ευρώ, που διατέθηκε σε δύο κατηγορίες: τα διευρωπαϊκά δίκτυα μεταφορών και το περιβάλλον. Η πρώτη κατηγορία εστιάζει σε έργα προτεραιότητας ευρωπαϊκού ενδιαφέροντος, όπως ορίζονται από την ΕΕ, και υποστηρίζει έργα υποδομής στο πλαίσιο του Μηχανισμού Συνδέοντας την Ευρώπη (Connecting Europe Facility). Η δεύτερη κατηγορία υποστηρίζει έργα που σχετίζονται με την ενέργεια και τις μεταφορές που ωφελούν το περιβάλλον, όπως η ενεργειακή απόδοση, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η ενισχυμένη διατροφικότητα (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Ταμείο Συνοχής).

### Πρόγραμμα Horizon 2020

Το πρόγραμμα «Ορίζοντας 2020» της Ευρωπαϊκής Ένωσης χρηματοδοτεί έργα έρευνας και καινοτομίας στους τομείς της ενέργειας και των μεταφορών. Οι προτεραιότητές της χρηματοδότησης καλύπτουν τις τρέχουσες και μελλοντικές ανάγκες των πολιτών, των επιχειρήσεων και των αγορών της ΕΕ, με στόχο τη δημιουργία νέων ευκαιριών για βιώσιμη ανάπτυξη και απασχόληση. Το πρόγραμμα είναι δομημένο σε τέσσερα θεματικά πεδία: δημιουργία ενός μέλλοντος χαμηλών εκπομπών άνθρακα και ανθεκτικότητας στο κλίμα, ανάπτυξη βιώσιμης κινητικότητας, διασφάλιση ασφαλών συστημάτων μεταφορών, ενίσχυση της διεθνούς ανταγωνιστικότητας και έμφαση σε ανθρωποκεντρικές προσεγγίσεις. Μέσω αυτών των τομέων, το πρόγραμμα «Ορίζοντας 2020» στοχεύει να επιτύχει ένα ανθεκτικό, οικονομικά αποδοτικό, φιλικό προς το κλίμα ευρωπαϊκό σύστημα μεταφορών. Επιδιώκει επίσης να δημιουργήσει ένα πιο ασφαλές σύστημα μεταφορών με πολλαπλά οφέλη για τους πολίτες και την οικονομία, να βελτιώσει την κινητικότητα των ευρωπαίων πολιτών και τη μεταφορά εμπορευμάτων, να μειώσει τα τροχαία ατυχήματα και να αναπτύξει νέες έννοιες για τις εμπορευματικές

μεταφορές και τις αλυσίδες logistics. Επιπλέον, το πρόγραμμα δίνει έμφαση στην κοινωνικοοικονομική έρευνα και τις δραστηριότητες χάραξης πολιτικής που είναι απαραίτητες για την προώθηση της καινοτομίας και την αντιμετώπιση των κοινωνικών αναγκών που σχετίζονται με τις προκλήσεις των μεταφορών (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2019).

### Πράσινο Ταμείο

Το Πράσινο Ταμείο εποπτεύεται από το Υπουργείο Ενέργειας και Περιβάλλοντος και χρηματοδοτεί προγράμματα και δράσεις που στοχεύουν στην αποκατάσταση, προστασία και αναβάθμιση του περιβάλλοντος, που υλοποιούνται από τρίτους. Σύμφωνα με το άρθρο 5, παρ. 1 του ν. 3889/2010, με τίτλο «Χρηματοδότηση Περιβαλλοντικών Παρεμβάσεων, Πράσινο Ταμείο, Κύρωση Δασικών Χαρτών και άλλες διατάξεις», σκοπός του Πράσινου Ταμείου είναι «η ενίσχυση της ανάπτυξης μέσω της προστασίας του περιβάλλοντος. με διοικητική, οικονομική, τεχνική και οικονομική υποστήριξη προγραμμάτων, μέτρων, παρεμβάσεων και δράσεων με στόχο την ανάδειξη και αποκατάσταση του περιβάλλοντος και την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, την υποστήριξη της περιβαλλοντικής πολιτικής της χώρας και την εξυπηρέτηση του δημόσιου και κοινωνικού συμφέροντος μέσω της διοίκησης, διαχείρισης, και αξιοποίησης των πόρων που προβλέπονται στα άρθρα 3 και 8.».

Οι πόροι του Πράσινου Ταμείου χαρακτηρίζονται ως «πράσινοι πόροι» και προέρχονται κατά κύριο λόγο από επιβολή προστίμων για παράνομη δόμηση και μη εξουσιοδοτημένες αλλαγές χρήσης κτιρίων, αποζημιώσεις υποτελούς φύσης, έσοδα από διαχείριση, εκμετάλλευση και αξιοποίηση κινητής και ακίνητης περιουσίας, χρηματοδότηση από πρωτοβουλίες και προγράμματα της Ευρωπαϊκής Ένωσης και άλλα είδη εισοδημάτων που αποκτήθηκαν με νόμιμο τρόπο (Πράσινο Ταμείο, 2011).

Με απόφαση του Υπουργείου Ενέργειας και Περιβάλλοντος εγκρίνονται οι δαπάνες χρηματοδοτικών προγραμμάτων ίσες ή μεγαλύτερες των 50.000 € χωρίς ΦΠΑ. Για δαπάνες μικρότερες του ποσού αυτού, η έγκριση δίδεται από το διοικητικό συμβούλιο του Πράσινου Ταμείου (Χρηματοδότηση 150 δήμων, από το Πράσινο Ταμείο, 2016).

Αυτοί οι οικονομικοί πόροι διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη διευκόλυνση διαφόρων περιβαλλοντικών έργων, συμπεριλαμβανομένης της ανάπτυξης και εφαρμογής Σχεδίων Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας (ΣΒΑΚ) στις πόλεις, προωθώντας έτσι τη

βιώσιμη αστική κινητικότητα και βελτιώνοντας τη συνολική ποιότητα ζωής στις αστικές περιοχές.

### 1.6 Συσχέτιση των ΣΒΑΚ με τον τοπικό χωρικό σχεδιασμό στην Ελλάδα

Οι δήμοι της Ελλάδας δεν πρέπει να βλέπουν τα Σχέδια Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας (ΣΒΑΚ) ως ένα ακόμη έργο προς υλοποίηση. Είναι σημαντικό να κατανοήσουμε ότι ένα ΣΒΑΚ επεκτείνεται και βασίζεται σε υπάρχοντα σχέδια, λειτουργώντας ως επιχειρησιακό-στρατηγικό πλαίσιο που πρέπει να ενσωματωθεί στον τοπικό και περιφερειακό σχεδιασμό. Η ανάπτυξη του είναι μια σύνθετη διαδικασία που απαιτεί εντατική συνεργασία, ανταλλαγή γνώσεων και ανταλλαγή εμπειριών μεταξύ τοπικών και περιφερειακών φορέων, ιδρυμάτων, μελετητών και πολιτών.

Κατά την ανάπτυξη ενός ΣΒΑΚ, ο πολεοδομικός σχεδιασμός και ο σχεδιασμός μεταφορών συνδέονται μεταξύ τους. Είναι ευρέως αποδεκτό ότι η κατανομή των χρήσεων γης εντός του αστικού ιστού καθορίζει τη ροή των μετακινήσεων και την επιλογή των διαθέσιμων μέσων μεταφοράς. Ως εκ τούτου, οι αστικές λειτουργίες και οι τάσεις ανάπτυξης της πόλης επηρεάζουν άμεσα τον κυκλοφοριακό σχεδιασμό και αποτελούν βασικές παραμέτρους στη διαμόρφωση των υποδομών για βιώσιμη κινητικότητα.

Η ανάπτυξη της βιώσιμης κινητικότητας επιφέρει σημαντικές αλλαγές στον αστικό ιστό όσον αφορά τις χρήσεις γης και τον πολεοδομικό σχεδιασμό. Μια βιώσιμη πόλη είναι συνήθως συμπαγής, με υψηλή πυκνότητα και αυξημένους συντελεστές δόμησης. Ακολουθεί τις αρχές της πολυκεντρικής ανάπτυξης, ενισχύοντας την λειτουργική αυτάρκεια διαφορετικών ζωνών. Η εγγύτητα πολλαπλών δραστηριοτήτων επιτρέπει στους χρήστες να ταξιδεύουν με τα πόδια ή το ποδήλατο, συμβάλλοντας στον περιορισμό της αστικής εξάπλωσης. Επιπρόσθετα, ενθαρρύνεται η επαναχρησιμοποίηση εγκαταλελειμμένων αστικών χώρων και ανενεργών βιομηχανικών εγκαταστάσεων (Brownfields). Ο σχεδιασμός για βιώσιμη κινητικότητα υποστηρίζει κοινόχρηστους χώρους εντός της αστικής περιοχής, όπως χώρους αστικού πρασίνου για ασφάλεια και ευημερία. Επιπλέον, εφαρμόζεται δίκαιη κατανομή του χώρου του δρόμου για να εξισορροπηθεί η χρήση όλων των μέσων μεταφοράς, συμπεριλαμβανομένου του περπατήματος, της ποδηλασίας, των δημόσιων συγκοινωνιών και των αυτοκινήτων (Siolas et al., 2015).

Τα ΣΒΑΚ διαφέρουν σημαντικά από προηγούμενες νομοθετικές μελέτες πολεοδομικού σχεδιασμού και μεταφορών στην Ελλάδα. Μια βασική διαφορά έγκειται στην ιεραρχία του οδικού δικτύου, όπου παραδοσιακά δόθηκε προτεραιότητα στα αυτοκίνητα. Ο διαχωρισμός των πολιτικών πολεοδομικού και συγκοινωνιακού σχεδιασμού έχει οδηγήσει σε σοβαρά ζητήματα όπως κυκλοφοριακή συμφόρηση, αυξημένα τροχαία ατυχήματα, έλλειψη ανοιχτών χώρων και υποβάθμιση του αστικού περιβάλλοντος (Institute for Sustainable Mobility and Transport Networks, 2018).

Για την αντιμετώπιση των κυκλοφοριακών προβλημάτων στις ελληνικές πόλεις, τα Τοπικά Χωρικά Σχέδια πρέπει να προωθούν συνεκτικές και μικτές χρήσεις γης, να ευνοούν την πολυκεντρική ανάπτυξη και να δημιουργούν κέντρα δραστηριότητας. Οι πολιτικές σχεδιασμού της κυκλοφορίας θα πρέπει να περιλαμβάνουν μέτρα για τη διαχείριση της στάθμευσης, την ευκολότερη μετακίνηση των ατόμων με αναπηρία, την αποθάρρυνση της χρήσης ιδιωτικών οχημάτων και την ενθάρρυνση των δημόσιων συγκοινωνιών. Οι δήμοι πρέπει να ευθυγραμμίσουν τις αποφάσεις χωροταξικής χρήσης γης με τις υπάρχουσες και τις προβλεπόμενες κυκλοφοριακές συνθήκες και τις αποφάσεις για τις υποδομές συγκοινωνιών με τα τρέχοντα πολεοδομικά δεδομένα και τις τάσεις ανάπτυξης (Αντωνίου, 2015).

Κατά την αναθεώρηση των υφιστάμενων Τοπικών Χωρικών Σχεδίων, είναι σημαντικό να ενσωματωθούν ζητήματα βιώσιμης κινητικότητας από το στάδιο της μελέτης έως την εφαρμογή. Έτσι διασφαλίζεται μια θεσμοθετημένη σύνδεση μεταξύ Τοπικών Χωρικών Σχεδίων (Τ.Χ.Σ) και ΣΒΑΚ.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η ανάπτυξη ΣΒΑΚ δεν είναι απαραίτητη για όλους τους δήμους. Τα σχέδια αυτά απευθύνονται κυρίως σε πόλεις και μητροπολιτικές περιοχές με σημαντικά κυκλοφοριακά προβλήματα που επηρεάζουν αρνητικά την οικονομία και την ποιότητα ζωής. Εστιάζοντας σε αυτούς τους τομείς, οι δήμοι μπορούν να αναπτύξουν πιο αποτελεσματικές και στοχευμένες στρατηγικές για την προώθηση της βιώσιμης αστικής κινητικότητας και τη βελτίωση των συνθηκών αστικής διαβίωσης.

## **Κεφάλαιο 2: Εμπορευματικές Μεταφορές**

### 2.1 Εμπορευματικές Μεταφορές στο Αστικό Περιβάλλον

Η έννοια των City Logistics, γνωστή ως Urban Freight Transport (Αστικές Εμπορευματικές Μεταφορές - ΑΕΜ) στα ελληνικά, περιλαμβάνει τη διακίνηση

αγαθών, χρησιμεύοντας ως θεμελιώδες στοιχείο των δραστηριοτήτων αστικής προμήθειας. Η μεταφορά εμπορευμάτων εντός αστικών περιοχών αντιπροσωπεύει ένα τμήμα των συνολικών μεταφορών που πραγματοποιούνται καθημερινά στα κέντρα των πόλεων. Οι αστικές εμπορευματικές μεταφορές συνδέονται εγγενώς με τις προκλήσεις της αστικής κυκλοφορίας, επηρεάζοντας την ποιότητα ζωής των κατοίκων επηρεάζοντας τον χρόνο ταξιδιού και το κόστος που σχετίζεται με τη μεταφορά επιβατών, καθώς και διασφαλίζοντας τη διαθεσιμότητα και την ποιότητα των αγαθών στις τοπικές αγορές (Malindretos, 2015).

Οι Taniguchi και Thompson (2008) ορίζουν τις αστικές εμπορευματικές μεταφορές ως τις μεθοδολογίες και τις διαδικασίες που διευκολύνουν τη διανομή αγαθών εντός των αστικών περιοχών, παράλληλα με στρατηγικές που στοχεύουν στη βελτίωση της συνολικής αποτελεσματικότητας με ταυτόχρονη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Ο ορισμός τους επεκτείνεται και περιλαμβάνει υπηρεσίες που ενισχύουν τη διαχείριση της διακίνησης αγαθών στις πόλεις, παρέχοντας καινοτόμες λύσεις για την κάλυψη των απαιτήσεων των καταναλωτών.

Η παρούσα μελέτη εστιάζει στις οδικές εμπορευματικές μεταφορές, έναν κρίσιμο τομέα για τα αστικά περιβάλλοντα λόγω της κυριαρχίας του στις ενδοαστικές μεταφορές. Παρά τη σύγχρονη ανάπτυξή τους, χρονικά μετά τις σιδηροδρομικές και πριν τις αεροπορικές μεταφορές, οι οδικές εμπορευματικές μεταφορές έχουν εξασφαλίσει σημαντικό μερίδιο της αγοράς εμπορευμάτων. Η ικανότητα των οδικών μεταφορών να παραδίδουν εμπορεύματα από πόρτα σε πόρτα με λογικό κόστος, να φτάνουν σε απομακρυσμένες περιοχές και να χειρίζονται εμπορευματικές μεταφορές σε κοντινές αποστάσεις έως και 50 χιλιόμετρα, είχε ως αποτέλεσμα οι οδικές εμπορευματικές μεταφορές να αντιπροσωπεύουν περίπου το 98% των συνολικών εμπορευματικών μεταφορών της χώρας. Η ανάπτυξη σύγχρονων οδικών δικτύων και η εφαρμογή αυστηρών κανονισμών έχουν ενισχύσει την ασφάλεια τόσο της μεταφοράς εμπορευμάτων όσο και της συνολικής κυκλοφορίας (Ζεϊμπέκης, 2020).

Τα City Logistics – Urban Freight Transport περιλαμβάνουν όλες τις διαδικασίες από τη συλλογή προϊόντων από τον προμηθευτή έως την τελική παράδοση στον πελάτη. Σε αυτές τις διαδικασίες εμπλέκονται πολλά βήματα και προσωπικό, ανεξάρτητα από το μέσο μεταφοράς ή την απόσταση. Το τελικό στάδιο διανομής, που λαμβάνει χώρα εντός

των πόλεων, είναι κρίσιμο. Στις βασικές διαδικασίες των logistics στα αστικά κέντρα περιλαμβάνονται:

- Η μεταφορά εμπορευμάτων που παράγονται εκτός αστικών κέντρων που πρέπει να μεταφερθούν και να διανεμηθούν εντός του αστικού κέντρου.
- Η διακίνηση αγαθών από το αστικό κέντρο σε περιοχές εκτός του αστικού κέντρου, συμπεριλαμβανομένης της αντίστροφης επιμελητείας, όπως η διαχείριση απορριμμάτων και η ανακύκλωση.
- Η διανομή εμπορευμάτων από κεντρικές ή περιφερειακές αποθήκες στους καταναλωτές εντός του αστικού κέντρου.
- Πρόσθετες διαδικασίες υποστήριξης, όπως αποθήκευση αγαθών, διαχείριση στόλου, δρομολόγηση, τεχνικές εργασίες, μετακίνηση ανθρώπινων πόρων και άλλες βοηθητικές δραστηριότητες (Taniguchi, 2001).

Επιπλέον, οι προαναφερθείσες διαδικασίες διοικητικής μέριμνας πόλεων πρέπει επίσης να ενσωματώνουν εσωτερικές δραστηριότητες που διεξάγονται από εταιρείες logistics για τη διασφάλιση της αποτελεσματικής μεταφοράς και διανομής αγαθών από εγκαταστάσεις παραγωγής ή αποθήκευσης στα καταστήματα λιανικής και στους τελικούς καταναλωτές. Αυτές οι δραστηριότητες περιλαμβάνουν διαχείριση αποθήκης, διαχείριση δεδομένων, επικοινωνία μεταξύ εταιρειών και πελατών και ένα σημαντικό μέρος της παροχής υπηρεσιών σε τελικούς πελάτες, το οποίο συνήθως δεν περιλαμβάνεται σε άλλες διαδικασίες διοικητικής μέριμνας της πόλης (Darzanos, 2018).

- Το είδος και ο τρόπος διακίνησης εμπορευμάτων εντός των αστικών περιοχών επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες, όπως:
- Η θέση και το είδος των υφιστάμενων βιομηχανιών
- Οι δομές της εφοδιαστικής αλυσίδας εντός αυτών των βιομηχανιών
- Υφιστάμενη υποδομή μεταφορών, συμπεριλαμβανομένων μεγάλων λιμένων ή κόμβων σιδηροδρομικών εμπορευματικών μεταφορών
- Η θέση και η έκταση των αποθηκευτικών χώρων
- Οι επιτρεπόμενες συνθήκες οδικής κυκλοφορίας
- Η συνεχής ανάπτυξη του ηλεκτρονικού εμπορίου και της πελατειακής συμπεριφοράς (Δημοσθένης, 2018)

Κάθε πόλη έχει ξεχωριστά περιβάλλοντα, χαρακτηριστικά και ανάγκες. Ανάλογα με το μέγεθος του πληθυσμού, η ζήτηση για διανομή προϊόντων ποικίλλει. Επομένως, οι στρατηγικές που υιοθετούν οι πόλεις σχετικά με τη διανομή εξαρτώνται από τα τοπικά, οικονομικά, γεωγραφικά και πολιτιστικά χαρακτηριστικά τους. Μπορούμε να αναγνωρίσουμε διάφορους τύπους αλυσίδων εφοδιασμού μέσα σε μια πόλη, με συστήματα διανομής που ποικίλλουν σε σημασία με βάση το αστικό περιβάλλον:

1. Ανεξάρτητο λιανικό εμπόριο: Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει ένα μεγάλο μέρος δραστηριοτήτων λιανικής, συχνά μικρής κλίμακας, όπως μεμονωμένα καταστήματα, τα οποία μπορούν επίσης να περιλαμβάνουν ανεπίσημες εγκαταστάσεις όπως υπαίθρια περίπτερα. Αυτά τα καταστήματα συνήθως στερούνται ειδικών εγκαταστάσεων υποδοχής, που απαιτούν ειδικά σχεδιασμένους τρόπους παράδοσης, με τα φορτηγά να σταθμεύουν συχνά επί του πεζοδρομίου λόγω της έλλειψης άμεσου χώρου στάθμευσης (Σπηλιοπούλου, 2016).

2. Αλυσίδες λιανικής: Περιλαμβάνει μεγαλύτερα καταστήματα και εμπορικά κέντρα που βρίσκονται συνήθως σε περιαστικές περιοχές, που προσφέρουν εκτεταμένο χώρο στάθμευσης για τους πελάτες και ειδικές ράμπες ανεφοδιασμού για μεγαλύτερα οχήματα. Αυτές οι εγκαταστάσεις ακολουθούν τυποποιημένα πρωτόκολλα κατασκευής και λειτουργίας, δίνοντας τη δυνατότητα σε μεγάλες αλυσίδες καταστημάτων με κέντρα διανομής να εξυπηρετούν πολλά περιφερειακά καταστήματα.

3. Παράδοση τροφίμων και πρώτων υλών: Αυτό το σύστημα εξυπηρετεί παντοπωλεία, εστιατόρια και παρόμοιες εγκαταστάσεις, που απαιτούν συγκεκριμένες μεθόδους συντήρησης. Ένα μέρος αυτού του συστήματος απαιτεί συνθήκες ψύξης για τη διατήρηση της ποιότητας των προμηθειών, χρησιμοποιώντας οχήματα μεταφοράς και διανομής εξοπλισμένα με ψυγεία ή καταψύκτες.

4. Ταχυμεταφορείς: Λειτουργώντας ως ο τελικός σύνδεσμος στις εμπορευματικές μεταφορές, οι ταχυμεταφορές ταξινομούν και διανέμουν αποστολές χρησιμοποιώντας οχήματα παράδοσης που κυμαίνονται από μεγάλα έως μικρά φορτηγά. Αυτό το σύστημα υποστηρίζει ένα στρατηγικά τοποθετημένο δίκτυο κέντρων διανομής όπου ενοποιούνται τα φορτία. Ο κλάδος των ταχυμεταφορών επεκτείνεται γρήγορα, ιδιαίτερα με την άνοδο του ηλεκτρονικού εμπορίου, που περιλαμβάνει παραδόσεις μικρών δεμάτων και εγγράφων στο σπίτι και στο χώρο εργασίας.

5. Εργοτάξια: Η συνεχής επισκευή και ανανέωση αστικών υποδομών, όπως στέγαση, γραφεία και δρόμοι, καθιστά αναγκαία τη μεταφορά υλικών στους χώρους του έργου. Διαφορετικές εταιρείες προμήθειας υλικών συμμετέχουν σε διάφορα στάδια του έργου, με συγκεκριμένες αλυσίδες εφοδιασμού που περιλαμβάνουν μεγάλες ποσότητες υλικών.

6. Συλλογή, Διαλογή και Διάθεση Σκουπιδιών: Αυτή η διαδικασία ασχολείται με τη συλλογή και τη διαλογή των αστικών απορριμμάτων που παράγονται από καθημερινές δραστηριότητες. Αντιπροσωπεύει μια μορφή αντίστροφης αλυσίδας εφοδιασμού, όπου τα απόβλητα διαχειρίζονται μετά την κατανάλωση, συμβάλλοντας σε δραστηριότητες ανακύκλωσης (Σπηλιοπούλου, 2016).

#### 2.1.1 Η συμβολή των Αστικών Εμπορευματικών μεταφορών

Αυτή η ενότητα περιγράφει τη συμβολή των City Logistics στο συνολικό σύστημα μεταφορών, τη βιώσιμη κινητικότητα, τη βιωσιμότητα και την αποτελεσματικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας, καθώς και την ποιότητα ζωής των πολιτών.

Οι αστικές εμπορευματικές μεταφορές αποτελούν καθοριστικό παράγοντα για την ανάπτυξη των πόλεων και την ποιότητα ζωής των κατοίκων τους. Διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην επιβίωση, ανάπτυξη και διατήρηση βιομηχανικών και εμπορικών δραστηριοτήτων. Η αυξανόμενη τάση της αστικοποίησης, σε συνδυασμό με τις νέες τάσεις της αγοράς, όπως το ηλεκτρονικό εμπόριο και οι παραδόσεις κατ' οίκον, έχει οδηγήσει σε αυξημένη ζήτηση για αστική διανομή.

Εντός του ευρύτερου συστήματος μεταφορών, η μεταφορά στο αστικό κέντρο είναι υψίστης σημασίας λόγω των σημαντικών απαιτήσεων εφοδιασμού στις μεγάλες πόλεις, λόγω του πυκνού πληθυσμού τους. Το αστικό τμήμα των μεταφορών επηρεάζει άμεσα το κόστος και τα logistics ολόκληρης της αλυσίδας εφοδιασμού. Συγκεκριμένα, η τερματική φάση αποτελεί συνήθως τα δύο τρίτα του συνολικού κόστους ενός ταξιδιού παράδοσης, ενώ το τμήμα μεγάλων αποστάσεων αντιστοιχεί μόνο στο ένα τρίτο. Το κόστος που σχετίζεται με τις εργασίες παραλαβής και παράδοσης, οι οποίες εμφανίζονται κυρίως σε αστικές περιοχές, προστίθενται στα έξοδα κατασκευής και διανομής των προϊόντων.

Το κόστος αυτό αυξάνεται περαιτέρω από την ελαχιστοποίηση των αποθεμάτων, το μικρότερο μέγεθος και τον αυξημένο αριθμό φορτίων. Οι χρονικοί και χωρικοί περιορισμοί των αστικών παραδόσεων είναι πιο έντονοι λόγω της υψηλής πυκνότητας

κατασκευής, πληθυσμού και κατανάλωσης. Αυτή η συμφόρηση επηρεάζει αρνητικά τις αστικές λειτουργίες και συμβάλλει σημαντικά στα προβλήματα αστικής κυκλοφορίας. Οι αστικές εμπορευματικές μεταφορές αποτελούν αξιοσημείωτο ποσοστό των συνολικών αστικών μεταφορών, με υψηλότερη κατανάλωση ενέργειας και επιπτώσεις στη ρύπανση σε σύγκριση με άλλους τύπους μεταφορών (μετρούμενες σε οχηματοχιλιόμετρα). Επομένως, το άμεσο κόστος των αστικών εμπορευματικών μεταφορών πρέπει να περιλαμβάνει το έμμεσο κόστος που σχετίζεται με εξωτερικούς παράγοντες όπως η ρύπανση, η ασφάλεια και ο θόρυβος (Koriath & Thetrich, 1998; Zacharia, 2017).

Οι πρωτοβουλίες εφοδιαστικής πόλης στοχεύουν στην ενσωμάτωση διαφόρων μεθόδων μεταφοράς και στην προώθηση αποτελεσματικών πρακτικών. Για παράδειγμα, τα εμπορευματικά κέντρα στοχεύουν να συνδυάσουν πολλαπλά μέσα μεταφοράς, συνήθως οδικά, σιδηροδρομικά και υδάτινα. Οι εμπορευματικές μεταφορές, που αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό των μεταφορών σε πολλές χώρες, αποτελούν σημαντική πηγή αστικού πλούτου.

Όσον αφορά τη βιώσιμη κινητικότητα και τη βιωσιμότητα, η διοικητική μέριμνα της πόλης στοχεύει πρωτίστως στην άμβλυνση των περιβαλλοντικών προβλημάτων και στην ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων των αστικών εμπορευματικών μεταφορών στο περιβάλλον μέσω βιώσιμων συστημάτων μεταφορών. Οι βασικοί στόχοι περιλαμβάνουν τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για τον ίδιο όγκο μεταφερόμενων αγαθών, τη μείωση των επιπέδων ρύπανσης (μείωση των συνολικών εκπομπών) και τη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης. Τα οικονομικά οφέλη μπορούν επίσης να προκύψουν όταν οι εταιρείες εκμεταλλεύονται επιχειρηματικές ευκαιρίες, όπως η δημιουργία εξειδικευμένων τμημάτων που προσφέρουν πιθανά οικονομικά οφέλη (Zacharia, 2017).

Οι νέες πρακτικές που εφαρμόζονται όλο και περισσότερο σε πολλές πόλεις στοχεύουν στην προώθηση βιώσιμων αστικών μεταφορών και στη βελτιστοποίηση των συνθηκών διαβίωσης στις πόλεις, ενώ οι επιχειρήσεις αναμένουν να δουν αυξημένα κέρδη από αυτές τις καινοτομίες. Για τις επιχειρήσεις, η υιοθέτηση συστημάτων βέλτιστης δρομολόγησης, συνεργατικών συνεργασιών διανομής με χρήση κοινόχρηστου στόλου και κέντρων ενοποίησης αστικών εμπορευματικών μεταφορών μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μείωση του αριθμού των απαιτούμενων οχημάτων. Αυτή η μείωση

ελαχιστοποιεί την απόσταση που διανύεται για διανομή και εξαλείφει τα «χωρίς προϊόν» χιλιόμετρα του οχήματος, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των ταξιδιών επιστροφής προς το σημείο εκκίνησης. Κατά συνέπεια, η μείωση των χιλιομέτρων των οχημάτων σε συνδυασμό με την υιοθέτηση ηλεκτρικών ή υβριδικών οχημάτων, τα οποία αναμένεται να γίνουν πιο διαδεδομένα στις μεγάλες πόλεις, θα μειώσει σημαντικά τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και την ηχορύπανση. Τα μελλοντικά κεφάλαια θα εμβαθύνουν σε πρακτικές όπως η χρήση ποδηλάτων για παραδόσεις ή η ανάπτυξη ρομπότ, drones και κιβωτίων διανομής, όλα με στόχο τη σημαντική μείωση της αστικής κυκλοφορίας.

Ρυθμιστικά μέτρα, όπως αυτά που εφαρμόζονται στο κέντρο της Αθήνας με τη ζώνη δακτυλίου, μπορούν να περιορίσουν την κυκλοφορία στα μεγάλα αστικά κέντρα, αλλά οι πρακτικές εφαρμογές των αστικών εμπορευματικών μεταφορών είναι απαραίτητες για την αποτελεσματική μείωση της κυκλοφορίας, της συμφόρησης και των ατυχημάτων εντός των πόλεων. Ο ευρωπαϊκός στόχος για τα αστικά κέντρα είναι η εφοδιαστική πόλεων χωρίς CO<sub>2</sub> έως το 2030, όπως τονίζεται στη Λευκή Βίβλο, τονίζοντας τη σημασία των αστικών μεταφορών. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει προτείνει την ενσωμάτωση νέων ελαφρών επαγγελματικών οχημάτων (βαν) στον αστικό στόλο διανομής για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2013· Zacharia, 2017).

Η ποιότητα ζωής των πολιτών των πόλεων συνδέεται εγγενώς με τις αστικές εμπορευματικές μεταφορές. Αυτά τα συστήματα διασφαλίζουν ότι οι κάτοικοι έχουν πρόσβαση σε βασικά αγαθά και υπηρεσίες που είναι απαραίτητα για την καθημερινή ζωή. Δραστηριότητες όπως τα ψώνια παντοπωλείου και η συλλογή απορριμμάτων είναι θεμελιώδεις λειτουργίες εφοδιαστικής πόλης. Οι αστικές εμπορευματικές μεταφορές συμβάλλουν επίσης σημαντικά στην αστική απασχόληση, παρέχοντας πολυάριθμες θέσεις εργασίας μέσω της λειτουργίας αποθηκών, αστικών κέντρων διανομής και φορτηγών διανομής.

Οι Taniguchi και Thompson (2008) υποστηρίζουν ότι οι αστικές εμπορευματικές μεταφορές είναι ο ακρογωνιαίος λίθος της σύγχρονης αστικής ζωής, διασφαλίζοντας την έγκαιρη και ποιοτική παροχή αγαθών στα σημεία της αγοράς, ενισχύοντας έτσι τη διαθεσιμότητα και την ικανοποίηση των πολιτών. Αυτό το σύστημα υποστηρίζει την

κοινωνική κινητικότητα και ενισχύει τις δραστηριότητες των αστικών περιοχών τόσο για τους κατοίκους όσο και για τις επιχειρήσεις.

Οι αστικές εμπορευματικές μεταφορές συνεπάγονται σημαντικό κόστος, επηρεάζοντας σημαντικά την οικονομική απόδοση. Η σημασία των αστικών εμπορευματικών μεταφορών είναι εμφανής στην κατανομή του κόστους εντός της αλυσίδας εμπορευματικών μεταφορών, όπου οι υπηρεσίες διανομής στις αστικές περιοχές αποτελούν περίπου το 40% του συνολικού κόστους μεταφοράς. Αυτό υπογραμμίζει τον ρόλο της στην ενίσχυση των οικονομικών και κοινωνικών δραστηριοτήτων των αστικών περιοχών, προς όφελος τόσο των κατοίκων όσο και των επιχειρήσεων. Επιπλέον, τα κεντρικά συστήματα διανομής που χρησιμοποιούν πολυτροπικές μεταφορές και ενοποιημένες παραδόσεις μπορούν να αποφέρουν περιβαλλοντικά οφέλη που αντισταθμίζουν τις αρνητικές επιπτώσεις των πρόσθετων αποστάσεων ταξιδιού. Ωστόσο, η επίτευξη αυτών των πλεονεκτημάτων εξαρτάται από την επιτυχή μετάβαση σε λιγότερο ρυπογόνους τρόπους μεταφοράς και την πλήρη ενσωμάτωση των παραδόσεων με τις οδικές μεταφορές (Zacharia, 2017).

Ο ρόλος των αστικών εμπορευματικών μεταφορών στην υποστήριξη και τη διατήρηση βιομηχανικών και εμπορικών δραστηριοτήτων είναι ζωτικής σημασίας για τη δημιουργία πλούτου. Ένας αποτελεσματικός τομέας εμπορευματικών μεταφορών ενισχύει την ανταγωνιστικότητα της περιφερειακής βιομηχανίας. Η συνεχής πρόοδος στην τεχνολογία και η ανάπτυξη διαφόρων μεθόδων και εφαρμογών αστικών εμπορευματικών μεταφορών συμβάλλουν στη βελτίωση της αστικής ζωής μέσω της μείωσης της ρύπανσης και του θορύβου. Για τους κατοίκους, τα city logistics διασφαλίζουν την έγκαιρη προμήθεια προϊόντων σε καταστήματα, χώρους εργασίας και σπίτια μέσω υπηρεσιών παράδοσης από πόρτα σε πόρτα. Οι αστικές εμπορευματικές μεταφορές είναι επίσης ζωτικής σημασίας για τον εφοδιασμό επιχειρήσεων, εστιατορίων, καφέ και τη διευκόλυνση της παράδοσης ηλεκτρονικών παραγγελιών, συνδέοντας αποτελεσματικά προμηθευτές και πελάτες και υποστηρίζοντας όλες τις αστικές δραστηριότητες.

Εκτός από τη μεταφορά εμπορευμάτων, η αστική επιμελητεία υποστηρίζει βασικές υπηρεσίες όπως η συλλογή απορριμμάτων, η ταχεία μεταφορά με ασθενοφόρο και άλλες καθημερινές δραστηριότητες, διασφαλίζοντας τη βέλτιστη εκτέλεσή τους. Έτσι, οι αστικές εμπορευματικές μεταφορές αποτελούν ζωτικό συστατικό των σύγχρονων

αστικών υποδομών, επηρεάζοντας άμεσα την ποιότητα ζωής και την οικονομική ζωτικότητα των πόλεων.

### 2.1.2 Συνέπειες και περιορισμοί των ΑΕΜ

Παρά τα πολυάριθμα οφέλη που προσφέρει η διοικητική μέριμνα της πόλης στα αστικά κέντρα, αυτές οι διαδικασίες παρουσιάζουν επίσης αρκετές προκλήσεις και δυσμενείς επιπτώσεις. Το πρωταρχικό ζήτημα είναι η σημαντικά αυξημένη κυκλοφορία αγαθών εντός των αστικών δρόμων, η οποία επιδεινώνει την κυκλοφοριακή συμφόρηση, την ατμοσφαιρική ρύπανση, την ηχορύπανση, εγείρει ανησυχίες για την οδική ασφάλεια και επηρεάζει την αισθητική έλξη για τους κατοίκους και τους τουρίστες. Επιπλέον, δημιουργεί δυσκολίες στην πρόσβαση σε συγκεκριμένες περιοχές και συγκεκριμένες ώρες.

Η αυξημένη εμπορευματική κίνηση στα αστικά κέντρα έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερο όγκο κυκλοφορίας φορτηγών, που με τη σειρά του αυξάνει τη ρύπανση και τον θόρυβο, μειώνει την ασφάλεια προκαλώντας περισσότερα ατυχήματα και υποβαθμίζει την ποιότητα ζωής και εργασίας για τους κατοίκους των πόλεων. Η έρευνα δείχνει ότι ο αριθμός των φορτηγών στους αστικούς δρόμους αναμένεται να αυξηθεί εκτός εάν βρεθούν εναλλακτικές λύσεις για την προμήθεια αγαθών σε καταστήματα και καταναλωτές (Crainic et al., 2009).

Μια σημαντική πρόκληση στα logistics της πόλης είναι η αποτελεσματική ενοποίηση με τα συστήματα διαχείρισης απορριμμάτων. Οι αστικές περιοχές, ως σημαντικοί καταναλωτές αγαθών, απαιτούν δραστηριότητες αντίστροφης εφοδιαστικής για τη συλλογή και διαχείριση απορριμμάτων και την ανακύκλωση ή επαναχρησιμοποίηση υλικών, όταν είναι δυνατόν. Η συνεχής αύξηση των εισοδημάτων στις ανεπτυγμένες χώρες, σε συνδυασμό με την αυξημένη κατανάλωση και τη δυνητικά μικρότερη διάρκεια ζωής των προϊόντων, έχει οδηγήσει σε σταθερή αύξηση των αστικών απορριμμάτων (Darzanos, 2018).

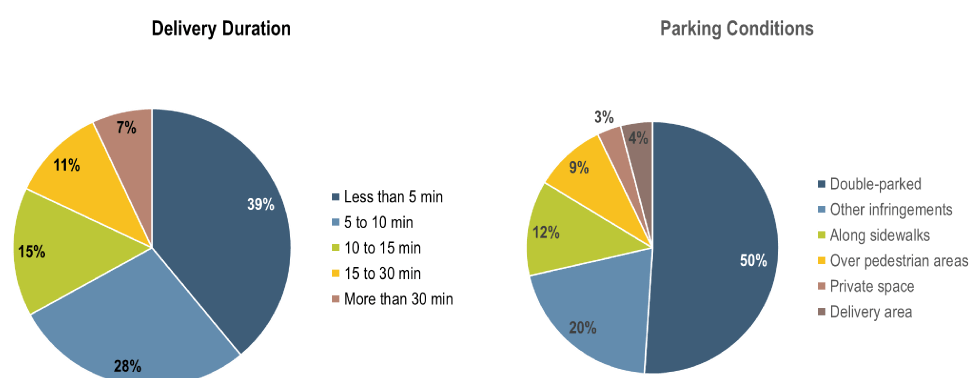
Η κυκλοφοριακή συμφόρηση και η στάθμευση παρουσιάζουν σημαντικούς περιορισμούς για τις αστικές συγκοινωνίες. Τα φορτηγά οχήματα μοιράζονται τους δρόμους με ιδιωτικά και δημόσια οχήματα, με συχνό αποτέλεσμα οι στάσεις παράδοσης να εμποδίζουν την άλλη κυκλοφορία. Αυτό οδηγεί σε συμφόρηση, θόρυβο, εκπομπές ρύπων και γενική υποβάθμιση της ποιότητας της αστικής ζωής. Το πρόβλημα της ρύπανσης είναι σημαντικό, όχι μόνο λόγω των εκπομπών CO<sub>2</sub> από οχήματα

μεταφορών που κινούνται κυρίως με ντίζελ, αλλά και λόγω της έμμεσης ρύπανσης των υδάτων.

Οι αστικοί δρόμοι αξιοποιούνται τόσο από τους κατοίκους όσο και από τους οδηγούς φορτηγών, οδηγώντας λογικά σε κυκλοφοριακή συμφόρηση. Για να μετριαστεί αυτό, εφαρμόζονται περιορισμοί στις μετακινήσεις φορτηγών και αυτοκινήτων, ειδικά σε κεντρικές περιοχές όπως ο δακτύλιος της Αθήνας, για τη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης τις ώρες αιχμής.

Οι αστικές εμπορευματικές μεταφορές βασίζονται σε συνεπείς και αξιόπιστες παραδόσεις. Ωστόσο, τα υψηλά επίπεδα συμφόρησης στα αστικά περιβάλλοντα προκαλούν καθυστερήσεις και αναξιοπιστία. Για να αποφευχθεί η συμφόρηση, θα μπορούσαν να εξεταστούν οι νυχτερινές παραδόσεις όπου είναι εφικτό. Η αστική διανομή εμπορευμάτων χαρακτηρίζεται από χαμηλότερους όγκους και παραδόσεις υψηλότερης συχνότητας, κάτι που έρχεται σε αντίθεση με τις στρατηγικές ενοποίησης φορτίων (Rodriguez & Dablanc, 2017).

Η στάθμευση για φορτηγά παράδοσης είναι ένα άλλο σημαντικό ζήτημα, ιδιαίτερα σε κεντρικές περιοχές με περιορισμένο χώρο. Για παράδειγμα, τα σούπερ μάρκετ συχνά δεν έχουν καθορισμένες ζώνες φόρτωσης και εκφόρτωσης, αναγκάζοντας τα φορτηγά να σταθμεύουν στο δρόμο και δημιουργούν διαταραχές στην κυκλοφορία. Στις γαλλικές πόλεις, όπως απεικονίζεται παρακάτω, οι παραδόσεις περιλαμβάνουν συχνά φορτηγά με διπλή στάθμευση, προκαλώντας περαιτέρω κυκλοφοριακή σύγχυση.



**Εικόνα 2.1:** Διάρκεια παράδοσης και συνθήκες παρκαρίσματος στη Γαλλία.

*Πηγή: (Rodrigue & Dablanc, 2017)*

Οι αστικές εμπορευματικές μεταφορές αντιμετωπίζουν νέες περιβαλλοντικές προκλήσεις. Οι οδικές μεταφορές είναι οι πιο ρυπογόνες ανά μονάδα διανυόμενης απόστασης, ωστόσο οι εναλλακτικές λύσεις για τις αστικές συγκοινωνίες παραμένουν περιορισμένες. Θετική τάση είναι η μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης λόγω βελτιωμένων κινητήρων σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες. Ωστόσο, τα φορτηγά ντίζελ, ιδιαίτερα διαδεδομένα σε χώρες όπου τα ηλεκτρικά οχήματα δεν είναι ευρέως διαδεδομένα, παραμένουν σημαντικές πηγές εκπομπών σωματιδίων και ρύπων, που επιδεινώνονται από τη χρήση τους στη διανομή στην πόλη. Η αστική παράδοση εμπορευμάτων είναι, κατά μέσο όρο, δύο φορές πιο ρυπογόνα από τις μεταφορές μεγάλων αποστάσεων λόγω πολλών παραγόντων:

- Ηλικία οχημάτων: Παλαιότερα οχήματα χρησιμοποιούνται συνήθως για μικρές διαδρομές εντός αστικών κέντρων. Αυτό το ζήτημα είναι χειρότερο στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπου τα οχήματα τείνουν να είναι ακόμη μεγαλύτερα, οδηγώντας σε υψηλότερα ποσοστά εκπομπών ρύπων και ατυχημάτων.

- Μέγεθος Οχημάτων: Οι αστικές μεταφορές χρησιμοποιούν συχνά μικρότερα οχήματα λόγω της υψηλής πυκνότητας πληθυσμού, του περιορισμένου χώρου στάθμευσης και των περιορισμών ύψους οχημάτων. Κατά συνέπεια, απαιτούνται περισσότερες παραδόσεις από μικρότερα φορτηγά για τη μεταφορά της ίδιας ποσότητας αγαθών που θα μπορούσε να μεταφέρει ένα μεγαλύτερο φορτηγό πιο αποτελεσματικά.

- Όρια ταχύτητας: Τα αστικά εμπορευματικά οχήματα πρέπει να πλοηγούνται σε συνθήκες που απαιτούν χαμηλές ταχύτητες, συχνές στάσεις στα φανάρια και μεγαλύτερη στασιμότητα σε σύγκριση με τις διαδρομές μεγάλων αποστάσεων σε περιοχές χωρίς συμφόρηση. Επιπλέον, περιορισμοί όπως μονόδρομοι, πεζόδρομοι ή δρόμοι που απαγορεύουν την κυκλοφορία φορτηγών καθιστούν δυσκολότερη την εύρεση βέλτιστων διαδρομών, αυξάνοντας την κατανάλωση καυσίμου και τη ρύπανση.

Η ανάπτυξη του ηλεκτρονικού εμπορίου, αν και ευεργετική για τις μεταφορές, θέτει επίσης προκλήσεις για τις αστικές εμπορευματικές μεταφορές. Από το 2000, το ηλεκτρονικό εμπόριο έχει αυξηθεί σημαντικά, με ετήσιες αυξήσεις περίπου 10 έως 20%. Η πανδημία COVID-19 επιτάχυνε αυτή την ανάπτυξη. Στην Ευρώπη και τις Ηνωμένες Πολιτείες, το ηλεκτρονικό εμπόριο αποτελεί πλέον το 9% του συνολικού τζίρου, διαδραματίζοντας κρίσιμο ρόλο στην κατανάλωση. Το ηλεκτρονικό εμπόριο έχει οδηγήσει σε νέα πρότυπα ζήτησης στη διανομή, αυξάνοντας κυρίως την ανάγκη

για παραδόσεις δεμάτων κατ' οίκον. Αυτή η ανάπτυξη είχε ως αποτέλεσμα υψηλότερα ποσοστά αποτυχημένων παραδόσεων, προκαλώντας νέες στρατηγικές διανομής, όπως "σημεία παραλαβής" που βρίσκονται στο κέντρο ή σε άλλα καταστήματα και ταχυδρομικές θυρίδες.

Οι ηλεκτρονικές παραγγελίες χαρακτηρίζονται επίσης από υψηλότερα ποσοστά επιστροφής, γεγονός που καθιστά αναγκαία την ανάπτυξη στρατηγικών αντίστροφης εφοδιαστικής. Οι προτιμήσεις των καταναλωτών στρέφονται προς τις υπηρεσίες ταχείας παράδοσης, συμπεριλαμβανομένης της παράδοσης την επόμενη ημέρα, ασκώντας πίεση στην απόδοση των αστικών μεταφορών. Ως αποτέλεσμα, το ηλεκτρονικό εμπόριο αναδιαμορφώνει την αστική γεωγραφία, με τα κέντρα διανομής ηλεκτρονικών πωλητών να διαδραματίζουν όλο και πιο ζωτικό ρόλο στο αστικό τοπίο της εφοδιαστικής.

Ένας άλλος σημαντικός περιορισμός που απαιτεί σχολαστικό σχεδιασμό είναι το ρυθμιστικό πλαίσιο για τις αστικές συγκοινωνίες. Σε πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές, οι συγκρούσεις μεταξύ των διαφόρων ενδιαφερομένων είναι συχνότερες λόγω της χαμηλής ανοχής για παραβιάσεις και διαταραχές. Η διασφάλιση της ομαλής κυκλοφορίας των εμπορευματικών ροών στις περιοχές αυτές απαιτεί συγκεκριμένες στρατηγικές, οι οποίες μπορούν να εφαρμοστούν είτε σε επίπεδο μεμονωμένων επιχειρήσεων είτε μέσω συντονισμένων προσπαθειών πολεοδομικού σχεδιασμού. Οι δημοτικές αρχές ενθαρρύνονται όλο και περισσότερο να ρυθμίζουν τη διανομή αγαθών εντός της δικαιοδοσίας τους, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης των χώρων στάθμευσης και της πρόσβασης σε συγκεκριμένα οδικά τμήματα.

Κάθε δήμος σε μια αστική περιοχή έχει τη δική του ρυθμιστική αρχή, με αποτέλεσμα ενδεχομένως αντικρουόμενες ρυθμίσεις σε διαφορετικές αστικές περιοχές εμπορευματικών μεταφορών. Ως εκ τούτου, οι αποφάσεις σχετικά με τη μεταφορά εμπορευμάτων πρέπει να λαμβάνονται με μεγάλη προσοχή για την αποφυγή αρνητικών επιπτώσεων και ακούσιων συνεπειών στις λειτουργίες της πόλης ή του δήμου. Για παράδειγμα, η επιβολή ορίων μεγέθους φορτηγού σε ορισμένα οδικά τμήματα ή περιοχές μπορεί να αναγκάσει τους διανομείς να τροποποιήσουν τις διαδικασίες δρομολόγησης και φόρτωσης, με πρόσθετο κόστος.

Ως εκ τούτου, οι αστικές εμπορευματικές μεταφορές θα πρέπει να ενσωματωθούν σε μια συνολική παγκόσμια στρατηγική για τον αστικό σχεδιασμό. Αυτή η στρατηγική θα

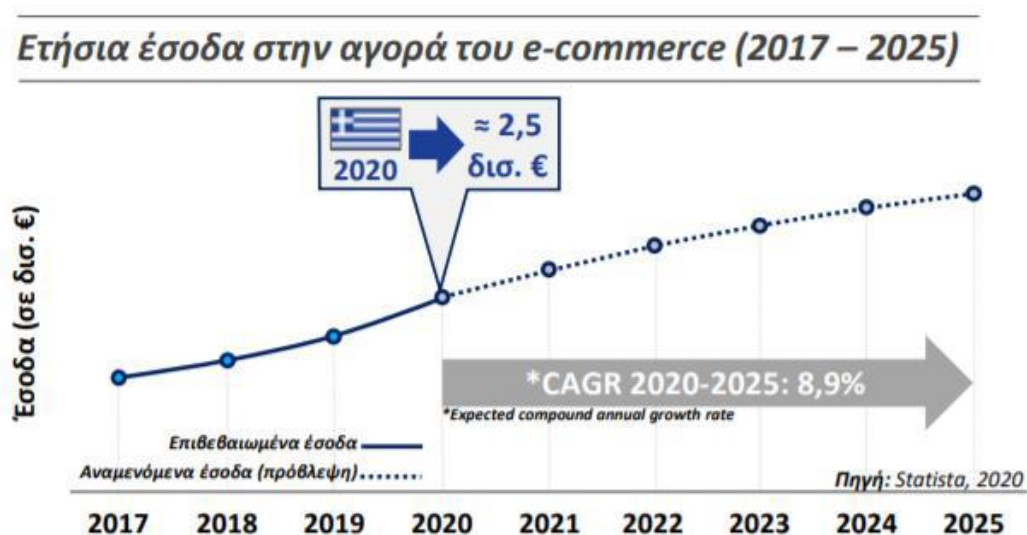
πρέπει να στοχεύει στην εξισορρόπηση των αναγκών των διαφόρων ενδιαφερομένων, στη βελτιστοποίηση των λειτουργιών logistics και στην ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων στην αστική ζωή. Με αυτόν τον τρόπο, οι πόλεις μπορούν να επιτύχουν πιο αποτελεσματικά και βιώσιμα συστήματα αστικών εμπορευματικών μεταφορών, βελτιώνοντας τόσο την οικονομική απόδοση όσο και την ποιότητα ζωής.

### 2.1.3 Συμβολή των ΑΕΜ στην αντιμετώπιση της κρίσης COVID-19

Η πανδημία του κορονοϊού υπήρξε μια βαθιά κρίση υγείας που προκάλεσε επίσης σημαντική οικονομική ύφεση παγκοσμίως, συμπεριλαμβανομένης της Ελλάδας. Το 2020, οι χώρες σε όλο τον κόσμο αντιμετώπισαν πρωτόγνωρες αποφάσεις και αλλαγές λόγω των μέτρων παραμονής στο σπίτι, τα οποία είχαν άμεσο αντίκτυπο σε όλες τις μορφές μεταφοράς. Διαφορετικοί τύποι μεταφορών επηρεάστηκαν σε διάφορους βαθμούς από την πανδημία. Για παράδειγμα, οι αεροπορικές μεταφορές ήταν ίσως ο τομέας που επλήγη περισσότερο. Σύμφωνα με έρευνα του EUROCONTROL, οι ευρωπαϊκές πτήσεις τον Απρίλιο του 2020 σημείωσαν πρωτοφανή μείωση κατά 89% στον μέσο ημερήσιο αριθμό τους, με πτώση 98,9% στον αριθμό των επιβατών σε σύγκριση με τον Απρίλιο του 2019. Παρομοίως επηρεάστηκε και η ακτοπλοΐα.

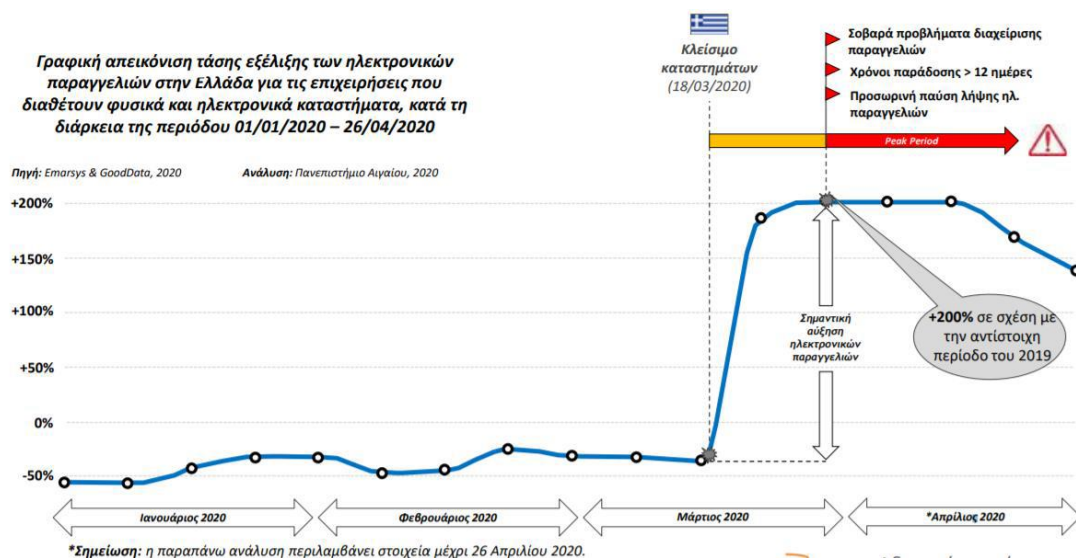
Οι αστικές εμπορευματικές μεταφορές έπαιξαν καθοριστικό ρόλο κατά τη διάρκεια της πανδημίας. Μολονότι οι οδικές εμπορευματικές μεταφορές παρουσίασαν σημαντική μείωση εσόδων κατά τη διάρκεια των περιοριστικών μέτρων —που υπολογίζονται σε 50% σε σύγκριση με το 2019 από τον ΟΦΑΕ— ο αντίκτυπος διέφερε μεταξύ διαφορετικών κατηγοριών αγαθών. Για παράδειγμα, η μεταφορά πολλών κατηγοριών αγαθών όπως ρούχα, υπόδηση, ανταλλακτικά οχημάτων, οικοδομικά υλικά και λουλούδια σημείωσε μειώσεις έως και 100%. Ωστόσο, η κατάσταση ήταν διαφορετική για τα τρόφιμα και τα φάρμακα. Κατά τη διάρκεια της καραντίνας, τα σούπερ μάρκετ αντιμετώπισαν εξάντληση των αποθεμάτων τροφίμων, γεγονός που απαιτούσε μεγαλύτερες ταχύτητες προμήθειας και αυξημένη διανομή, οδηγώντας σε πρωτοφανή ποσοστά προμήθειας για τις περισσότερες αλυσίδες. Έτσι, παρά τις σημαντικές μειώσεις στους περισσότερους τομείς των μεταφορών, οι εταιρείες που ασχολούνται με τη μεταφορά και τη διανομή τροφίμων είδαν βελτιωμένες επιδόσεις. Οι εταιρείες μεταφορών και logistics με μεγάλες αλυσίδες λιανικής πώλησης τροφίμων και προϊόντων υγείας ως πελάτες παρουσίασαν αύξηση έως και 11,9% από την αρχή του έτους έως τις 26 Απριλίου (Αδαμαντιάδης, 2020).

Το ηλεκτρονικό εμπόριο σημείωσε επίσης σημαντική ανάπτυξη κατά τη διάρκεια της πανδημίας. Παρά το κλείσιμο των καταστημάτων λιανικής, τα logistics της πόλης δεν σταμάτησαν. Αντίθετα, αντιμετώπισαν πολύ υψηλότερα φορτία από πριν, τόσο σε διεθνές όσο και σε εγχώριο επίπεδο. Αυτή η αύξηση δημιούργησε υψηλές απαιτήσεις σε στόλους, προσωπικό, εγκαταστάσεις και μηχανογράφηση, οδηγώντας σε σημαντικές καθυστερήσεις στην παράδοση των προϊόντων, ειδικά κατά το πρώτο lockdown. Σύμφωνα με το ίδιο δημοσίευμα, οι παραδόσεις κατ' οίκον στην Ελλάδα έφτασαν το 80% για την εταιρεία ταχυμεταφορών ACS. Σε διεθνές επίπεδο, η DHL, η FedEx και η UPS συνέχισαν να πληρούν τους περισσότερους χρόνους παράδοσης παρά την αύξηση της ζήτησης για υπηρεσίες ταχυμεταφορών κατά 60%, όπως αναφέρεται στους ιστότοπούς τους.



**Εικόνα 2.2:** Ετήσια έσοδα στην αγορά του e-commerce

Πηγή: (Ζεϊμπέκης Β. , Διερεύνηση του αντίκτυπου του covid-19 στις ελληνικές αλυσίδες εφοδιασμού: επιπτώσεις και επιχειρηματική συνέχεια, 2020)



**Εικόνα 2.3:** Διαγραμματική απεικόνιση της αύξησης του όγκου ηλεκτρονικών παραγγελιών στην Ελλάδα

Πηγή: (Ζεϊμπέκης Β. , Διερεύνηση του αντίκτυπου του covid-19 στις ελληνικές αλυσίδες εφοδιασμού: επιπτώσεις και επιχειρηματική συνέχεια, 2020)

|                                            |  |  |  |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Θερμοκρασία βραχυπρόθεσμης αποθήκευσης     | Έως 5 ημέρες:<br><b>4°C</b>                                                         | Έως 30 ημέρες:<br><b>4°C</b>                                                         | Έως 5 ημέρες:<br><b>4°C</b>                                                           |
| Θερμοκρασία μακροπρόθεσμης αποθήκευσης     | <b>-70°C</b>                                                                        | <b>-20°C</b>                                                                         | <b>-70°C</b>                                                                          |
| Ετήσιος ρυθμός παραγωγής εμβολίων (δόσεις) | Έτος 2020: <b>50 εκ.</b><br>Έτος 2021: <b>&lt; 1,3 εκ.</b>                          | Έτος 2020: <b>20 εκ.</b><br>Έτος 2021: <b>&lt; 1 δις</b>                             | <b>3 δις ανά έτος</b>                                                                 |

**Εικόνα 2.4:** Αποθηκευτικές απαιτήσεις των εμβολίων για την πρόληψη του Κορονοϊού

Πηγή: ([www.naftemporiki.gr](http://www.naftemporiki.gr) – Ανακτήθηκε 21-07-2024)

Στη Γερμανία, η διανομή των εμβολίων έχει γίνει κατά κύριο λόγο από τη German Post DHL, τη FedEx, την UPS και την Kühne + Nagel, που ειδικεύονται στη φαρμακευτική επιμελητεία και διασφαλίζουν τη σωστή ψύξη (Θεοδώρου, 2020). Μια αξιοσημείωτη πρωτοβουλία στον τομέα των logistics ήταν η δημιουργία της Vaccine Logistics Alliance τον Ιανουάριο του 2021. Αυτή η συμμαχία, σε συνεργασία με τον Παγκόσμιο

Οργανισμό Υγείας και την Emirates Sky Cargo στο Ντουμπάι, είχε στόχο να επισπεύσει τη διανομή εμβολίων. Η Emirates Sky Cargo διαθέτει πάνω από 15.000 τετραγωνικά μέτρα χώρου ψυχρής αλυσίδας για φαρμακευτικά προϊόντα στους τερματικούς σταθμούς του Ντουμπάι και έχει βελτιώσει τη διαχείριση της φαρμακευτικής αλυσίδας κρύων εμβολίων επεκτείνοντας τον αυτοματοποιημένο χώρο της. Αυτή η επέκταση περιλαμβάνει 94 θέσεις παλετών αεροπλάνων στις εγκαταστάσεις της στο Διεθνές Αεροδρόμιο του Ντουμπάι, με ευρωπαϊκή πιστοποίηση, παρέχοντας επιπλέον 2.600 τετραγωνικά μέτρα αποθήκευσης ελεγχόμενης θερμοκρασίας (2-25 βαθμούς Κελσίου) για εμβόλια και άλλα φαρμακευτικά προϊόντα. Αυτή η αυξημένη χωρητικότητα μπορεί να φιλοξενήσει 60-90 εκατομμύρια δόσεις εμβολίων, αντιμετωπίζοντας την αυξανόμενη ζήτηση για μεταφορά εμβολίων COVID-19. Αυτές οι εγκαταστάσεις, κατασκευασμένες με πιστοποίηση GMP, ενίσχυσαν το καθεστώς της Emirates Sky Cargo ως ηγέτη στις φαρμακευτικές αεροπορικές μεταφορές. Μέχρι σήμερα, η Emirates έχει επιτύχει τα ακόλουθα ορόσημα:

- Μεταφέρθηκαν πάνω από 600 τόνοι εμβολίων, που ισοδυναμούν με 150 εκατομμύρια δόσεις
- Διένειμε εμβόλια σε περισσότερους από 80 προορισμούς σε έξι ηπείρους
- Μετέφερε έξι διαφορετικά είδη εμβολίων COVID-19 (Finley, 2021)

Τα logistics της πόλης ήταν ζωτικής σημασίας κατά τη διάρκεια της πανδημίας, διασφαλίζοντας ότι τα βασικά αγαθά και τα φάρμακα έφτασαν ακόμη και στις πιο δυσπρόσιτες περιοχές, ενώ το λιανικό εμπόριο ήταν σε μεγάλο βαθμό ανενεργό. Επιπλέον, τα logistics της πόλης διευκόλυναν την παγκόσμια πρόσβαση στα εμβόλια μέσω της κατάλληλης αποθήκευσης και διανομής. Αν και η πανδημία παραμένει, είναι απαραίτητο να εξεταστεί πώς οι αστικές εμπορευματικές μεταφορές μπορούν να συμβάλουν στην εποχή μετά τον κορονοϊό και σε μελλοντικές κρίσεις. Οι επιχειρήσεις θα πρέπει να αξιοποιήσουν τις ευκαιρίες που παρουσιάστηκαν κατά τη διάρκεια της πανδημίας για ανάπτυξη, έχοντας αντιμετωπίσει με επιτυχία τις προκλήσεις που έθεσε.

Για να προετοιμαστούν για μελλοντικές κρίσεις, ο Ζεϊμπέκης προτείνει στις επιχειρήσεις να ακολουθήσουν πέντε βήματα μετά την πανδημία. Το πρώτο βήμα είναι η επαναξιολόγηση των στρατηγικών προμηθειών και ο επανασχεδιασμός του δικτύου προμηθευτών. Η δημιουργία ισχυρών σχέσεων με τους προμηθευτές διασφαλίζει τη διαφάνεια στη μεταφορά σε όλα τα στάδια εφοδιασμού. Η συνεργασία με τοπικούς

προμηθευτές μπορεί να μειώσει το κόστος και να βελτιώσει την ανταπόκριση, αποτρέποντας καθυστερήσεις ή ελλείψεις αποθεμάτων κατά τη διάρκεια κρίσεων. Το δεύτερο βήμα περιλαμβάνει τη διαχείριση αλλαγών στα κανάλια διανομής, με ιδιαίτερη έμφαση στο ηλεκτρονικό εμπόριο, το οποίο αυξήθηκε κατά τη διάρκεια της πανδημίας. Υιοθετώντας μεθόδους πωλήσεων πολλαπλών καναλιών, οργανώνοντας αποτελεσματικά τις διαδικασίες και δημιουργώντας νέες υποδομές αφιερωμένες στις διαδικτυακές πωλήσεις, οι επιχειρήσεις μπορούν να επιτύχουν αποτελεσματική διανομή τόσο για διαδικτυακές όσο και για πωλήσεις εντός καταστημάτων χωρίς να χρειάζεται να συνδυάσουν χώρους αποθήκευσης και αποθέματα και για τις δύο μεθόδους.

Ο σωστός προσδιορισμός και η βέλτιστη διαχείριση των αποθεμάτων είναι το τρίτο θεμελιώδες βήμα, καθώς αυτό ήταν μια σημαντική πρόκληση διεθνώς κατά τη διάρκεια της πανδημίας του κορονοϊού. Εφαρμόζοντας έλεγχο από άκρο σε άκρο, χρησιμοποιώντας συστήματα πληροφοριών για την πρόβλεψη της ζήτησης και ταυτόχρονα διαχείριση αποθεμάτων και δημιουργώντας αποθέματα για είδη που ενδέχεται να παρουσιάσουν ελλείψεις κατά τη διάρκεια πιθανών μελλοντικών lockdown, οι επιχειρήσεις μπορούν να προετοιμαστούν καλύτερα για τις προκλήσεις. Το τέταρτο βήμα περιλαμβάνει την ενίσχυση του εκτελεστικού κλάδου της εφοδιαστικής αλυσίδας με τον εκσυγχρονισμό των αποθηκών με νέες τεχνολογίες, αυτοματισμούς και εξοπλισμό για την ενίσχυση της παραγωγικότητας και τη μείωση του λειτουργικού κόστους. Επιπλέον, ο επανασχεδιασμός του στόλου των οχημάτων, η δημιουργία συμμαχιών και συνεργασιών με εταιρείες μεταφορών ή τρίτους παρόχους logistics (3PL) και η διασφάλιση της κατάλληλης εκπαίδευσης του προσωπικού είναι κρίσιμες για την αντιμετώπιση περιόδων υψηλής ζήτησης.

Το πέμπτο βήμα δίνει έμφαση στην ψηφιοποίηση και την υιοθέτηση αυτοματισμών και ευφώνων πληροφοριακών συστημάτων. Η επένδυση σε νέες τεχνολογίες, όπως βέλτιστα συστήματα δρομολόγησης, διαχείριση στόλου, ηλεκτρονική τεκμηρίωση μεταξύ προμηθευτών και πελατών, τηλεργασία και διαδικασίες αυτοματισμού, είναι απαραίτητη για την αύξηση της παραγωγικότητας και τη μείωση του λειτουργικού κόστους, διασφαλίζοντας έτσι τη βέλτιστη διανομή προϊόντων.

Σύμφωνα με τον Αδαμαντιάδη (2020), οι βιώσιμες πρακτικές αστικών εμπορευματικών μεταφορών θα μπορούσαν να βοηθήσουν στην αντιμετώπιση παρόμοιων κρίσεων

βελτιώνοντας παράλληλα την καθημερινή αστική ζωή, επηρεάζοντας άμεσα την ποιότητα ζωής των καταναλωτών και τη διαθεσιμότητα και την ποιότητα των αγαθών στην αγορά. Για την αποτελεσματική διαχείριση των κρίσεων, είναι ζωτικής σημασίας να αναπτυχθούν εναλλακτικά σχέδια logistics ειδικά για περιόδους υψηλής ζήτησης για κατ' οίκον παράδοση και διανομή από εταιρείες τροφίμων και ταχυμεταφορών. Η ψηφιοποίηση των μεταφορών μπορεί να μειώσει τη γραφειοκρατία, διευκολύνοντας την ενσωμάτωση διαφορετικών τρόπων μεταφοράς στα πολυτροπικά συστήματα μεταφοράς εμπορευμάτων και επιβατών, τόσο σε εθνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο, παράλληλα με την εφαρμογή ευφών συστημάτων μεταφορών.

Η τεχνολογία και ο αυτοματισμός θα πρέπει να αξιοποιηθούν για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των εμπορευματικών μεταφορών, της εφοδιαστικής και του ηλεκτρονικού εμπορίου, με την αντίστοιχη υποστήριξη των εμπλεκόμενων εταιρειών. Αυτή η προσέγγιση θα υποστηρίξει μια επιτυχημένη μετάβαση σε μια εποχή ηλεκτρονικού εμπορίου, η οποία αναμένεται να αναπτυχθεί περαιτέρω στην περίοδο μετά τον κορονοϊό. Για την ανάπτυξη σχεδίων ανάκαμψης για κρίσεις στον τομέα της εφοδιαστικής, θα μπορούσε να συσταθεί ένα Εθνικό Συμβούλιο Μεταφορών. Αυτό το συμβούλιο θα προωθήσει τον εκσυγχρονισμό του τομέα των μεταφορών, θα συντονίζει τις ενέργειες στις οποίες θα συμμετέχουν εκπρόσωποι των σχετικών φορέων και των επιχειρήσεων και θα ενθαρρύνει τη συνεργασία μεταξύ τους.

#### 2.1.4 Η ανάπτυξη των ΑΕΜ

Στις μεγάλες πόλεις, ο ημερήσιος όγκος των μεταφορών είναι σημαντικός, οδηγώντας στα προβλήματα που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Η ανάπτυξη σχεδίων, στρατηγικών και εναλλακτικών μοντέλων αστικών εμπορευματικών μεταφορών είναι απαραίτητη για τον μετριασμό των αρνητικών επιπτώσεων της εφοδιαστικής πόλης, ιδιαίτερα της κυκλοφοριακής συμφόρησης. Ήδη εφαρμόζονται διάφορες στρατηγικές σε πόλεις του εξωτερικού και κάποιες στη χώρα μας. Αν και οι πρακτικές διοικητικής μέριμνας πόλεων μπορούν να αποφέρουν πολυάριθμα θετικά αποτελέσματα για τις μεταφορές και τα αστικά περιβάλλοντα, εξακολουθούν να υπόκεινται σε περιορισμούς και εξαρτήσεις από συγκεκριμένους παράγοντες που μπορεί να μην υπάρχουν σε κάθε χώρα. Παρακάτω είναι μερικές λεπτομερείς αναλύσεις αυτών των πρακτικών και σχεδίων.

Η επιστημονική κοινότητα έχει εντοπίσει τέσσερις κατηγορίες μέτρων που στοχεύουν στην υποστήριξη της οικονομικής, κοινωνικής και περιβαλλοντικής διάστασης των logistics στα αστικά κέντρα:

1. Υποδομές Logistics: Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει την κατασκευή ή χρήση γραμμών τραμ για εμπορευματικές μεταφορές και τη λειτουργία αστικών εμπορευματικών κέντρων ενοποίησης.
2. Άυλη Υποδομή: Περιλαμβάνει τη χρήση συστημάτων διαχείρισης της κυκλοφορίας, συστημάτων πληροφοριών χρηστών δικτύου, βελτιστοποίησης διαδρομής και συστημάτων διαχείρισης στόλου οχημάτων.
3. Εξοπλισμός: Αυτό περιλαμβάνει τη χρήση οχημάτων χαμηλών εκπομπών ρύπων, όπως ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα, για την φόρτωση, ξεφόρτωση και μεταφορά εμπορευμάτων εντός της πόλης. Σε αυτήν την κατηγορία εμπίπτουν και οι αστικές αποστολές εμπορευμάτων με ποδήλατα.
4. Ρυθμιστικό Πλαίσιο: Περιλαμβάνει ρυθμίσεις σχετικά με την πρόσβαση και τους χρόνους στάθμευσης στα αστικά κέντρα, τις αποκλειστικές λωρίδες για βαρέα οχήματα, τις νυχτερινές παραδόσεις και τη θέσπιση διοδίων σε περιοχές υψηλής κυκλοφοριακής συμφόρησης (Ζεϊμπέκης, 2020).

#### Υποδομή Αστικών Εμπορευματικών Μεταφορών (ΑΕΜ)

Cargo Tram: Μια αξιοσημείωτη πρακτική είναι το Cargo Tram, το οποίο ξεκίνησε στο Άμστερνταμ. Αυτό το έργο χρησιμοποιεί το υπάρχον δίκτυο τραμ της πόλης για τη μεταφορά αγαθών από τα κέντρα διανομής προς τα περίχωρα και προς το κέντρο της πόλης, όπου τα μικρά ηλεκτρικά οχήματα ολοκληρώνουν τις παραδόσεις. Αυτή η στρατηγική είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση κατά 50% των φορτηγών εντός της πόλης και κατά 20% τη μείωση των ρύπων. Έκτοτε, το τραμ υιοθετήθηκε σε άλλες ευρωπαϊκές πόλεις, όπως η Δρέσδη στη Γερμανία, η Ζυρίχη στην Ελβετία και πιο πρόσφατα η Κωνσταντινούπολη. Στη Ζυρίχη, το τραμ χρησιμοποιείται για τη συλλογή ανακυκλώσιμων απορριμμάτων από τους δρόμους, σταματώντας σε οκτώ σημεία για τη συλλογή απορριμμάτων και τη μεταφορά τους σε ένα κέντρο διαχείρισης απορριμμάτων έξω από την πόλη. Αυτή η μέθοδος αντικαθιστά τα φορτηγά, τα οποία διαφορετικά θα διαρκούσαν τρεις φορές περισσότερο και θα χρησιμοποιούσαν 37.000 λίτρα ντίζελ ετησίως για την ίδια εργασία. Το 2004, παρατηρήθηκε ότι οι εκπομπές

CO<sub>2</sub> μειώθηκαν κατά 5 τόνους χρησιμοποιώντας αυτή τη μέθοδο (Malindretos, 2015, Neuhold, 2005).



**Εικόνα 2.5:** Cargo Trams

*Πηγή: ([www.trafficjamfree.wordpress.com](http://www.trafficjamfree.wordpress.com) – Ανακτήθηκε 21-07-2024)*

Στην Κωνσταντινούπολη, το τραμ χρησιμοποιείται ομοίως για φόρτωση και εκφόρτωση εμπορευμάτων, όπως στη Δρέσδη, όπου οι υπάρχουσες γραμμές τραμ χρησιμοποιούνται από το 2001 με πρόσθετες διαδρομές ενοποίησης. Κάθε ταξίδι με τραμ στη Δρέσδη ισοδυναμεί με τρεις διαδρομές με φορτηγά στο κέντρο της πόλης, μειώνοντας έτσι τη ρύπανση και τον θόρυβο. Τα τραμ προσφέρουν μια βιώσιμη λύση για τις αστικές εμπορευματικές μεταφορές, επειδή πολλές ευρωπαϊκές πόλεις διαθέτουν ήδη γραμμές τραμ που χρησιμοποιούνται κυρίως για επιβάτες. Τα πλεονεκτήματα της χρήσης τραμ περιλαμβάνουν χαμηλότερο λειτουργικό κόστος σε σύγκριση με τα φορτηγά, μειωμένη κυκλοφοριακή συμφόρηση λόγω προκαθορισμένων διαδρομών, ελάχιστο θόρυβο και φιλικότητα προς το περιβάλλον.

Αυτά τα παραδείγματα υπογραμμίζουν τη δυνατότητα καινοτόμων λύσεων αστικών εμπορευματικών μεταφορών να βελτιώσουν σημαντικά την επιμελητεία της πόλης μειώνοντας τη συμφόρηση, τη ρύπανση και το λειτουργικό κόστος, ενώ παράλληλα προωθούν βιώσιμες πρακτικές.

Στο Άμστερνταμ, μια μοναδική προσέγγιση περιλαμβάνει ένα πλωτό κέντρο διανομής, αξιοποιώντας το σύστημα καναλιών της πόλης. Αυτό το καινοτόμο έργο έχει εξοικονομήσει 12.000 λίτρα καυσίμου ετησίως μειώνοντας την ανάγκη για μικρά φορτηγά στο κέντρο της πόλης, μειώνοντας στη συνέχεια τον θόρυβο, τις εκπομπές

καυσαερίων και τη συνολική κυκλοφοριακή συμφόρηση (Malindretos, 2015). Παρόλο που μια τέτοια λύση δεν είναι εφικτή σε πόλεις χωρίς κεντρικές πλωτές οδούς και δεν είναι πρακτική για τη μεταφορά μεγάλων όγκων και βαρέων εμπορευμάτων, δείχνει τις δυνατότητες των καινοτομιών αστικής εφοδιαστικής για συγκεκριμένο πλαίσιο.

Τα Κέντρα Αστικής Ενοποίησης (ΚΑΕ) είναι εγκαταστάσεις υπηρεσιών logistics που βρίσκονται κοντά στις γεωγραφικές περιοχές που εξυπηρετούν, είτε μια ολόκληρη πόλη είτε συγκεκριμένες περιοχές. Η κύρια υπηρεσία που παρέχεται από ένα ΚΑΕ είναι η ενοποίηση και η παράδοση αγαθών εντός της καθορισμένης περιοχής, μαζί με πρόσθετες υπηρεσίες logistics προστιθέμενης αξίας, όπως η διαχείριση επιστροφών. Τα ΚΑΕ είναι εξαιρετικά αποτελεσματικά εργαλεία χωροταξικού σχεδιασμού για τις αστικές εμπορευματικές μεταφορές, που έχουν καθιερωθεί στην Ευρώπη από τη δεκαετία του 1970. Η κλίμακα τους ποικίλλει ανάλογα με τις υπηρεσίες που προσφέρουν. Η ευρεία υιοθέτηση των ΚΑΕ στην Ευρώπη οφείλεται στα πολυάριθμα πλεονεκτήματά τους, συμπεριλαμβανομένης της μείωσης της κυκλοφοριακής συμφόρησης και των ρύπων μέσω της βέλτιστης δρομολόγησης των οχημάτων και της χρήσης φορτίου. Επιπλέον, τα ΚΑΕ δημιουργούν νέες θέσεις εργασίας και μειώνουν το κόστος μεταφοράς.

Η επιτυχής ίδρυση ενός ΚΑΕ απαιτεί συνεργασία από τις επιχειρήσεις που εξυπηρετεί και σημαντική χρηματοδότηση, που συνήθως υποστηρίζεται από το κράτος. Η στρατηγική τοποθέτηση των ΚΑΕ είναι ζωτικής σημασίας για τη μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητας και της προσβασιμότητάς τους. Για παράδειγμα, ένα ΚΑΕ που εξυπηρετεί το στάδιο διανομής θα πρέπει να βρίσκεται κεντρικά εντός της πόλης. Ένα από τα μεγαλύτερα ΚΑΕ βρίσκεται στο αεροδρόμιο Heathrow του Λονδίνου, εκτείνεται σε 5.500 m<sup>2</sup>, παρέχοντας υπηρεσίες ενοποίησης, διανομής, cross docking και αποθήκευσης αγαθών. Από την έναρξη της λειτουργίας του το 2000, εξυπηρετεί 400 καταστήματα, διευκολύνοντας τις ασφαλείς και γρήγορες παραδόσεις μειώνοντας παράλληλα τις εκπομπές ρύπων κατά 400 τόνους από το 2009 (Ζεϊμπέκης, 2019).

Το Ηνωμένο Βασίλειο φιλοξενεί άλλα δύο ΚΑΕ, ενώ η Σουηδία, η Ολλανδία, η Γαλλία, η Γερμανία, η Ιταλία και η Ισπανία έχουν πολλά, με διαφορετικά μεγέθη και λειτουργίες, μερικά συνδεδεμένα με λιμάνια και αεροδρόμια. Αυτή η ευρέως διαδεδομένη υιοθέτηση υπογραμμίζει την ευρωπαϊκή δέσμευση για την ανάπτυξη των ΚΑΕ ως βιώσιμης πρακτικής αστικών μεταφορών.

Τα πιθανά οφέλη από τη δημιουργία ενός ΚΑΕ περιλαμβάνουν:

- Βελτίωση συστήματος κυκλοφορίας: Βελτιστοποιώντας τις διαδρομές παράδοσης και μειώνοντας τον αριθμό των οχημάτων παράδοσης, τα ΚΑΕ μετριάζουν την κυκλοφοριακή συμφόρηση στην πόλη.
- Προστασία του περιβάλλοντος: Τα ΚΑΕ συμβάλλουν στη μείωση των εκπομπών και της ηχορύπανσης, συμβάλλοντας σε ένα καθαρότερο αστικό περιβάλλον.
- Οικονομική ενίσχυση: Τα ΚΑΕ μειώνουν το κόστος μεταφοράς και δημιουργούν θέσεις εργασίας, ενισχύοντας την τοπική οικονομία.
- Βελτίωση Κοινωνικού Περιβάλλοντος: Βελτιωμένες υπηρεσίες logistics βελτιώνουν την ποιότητα της αστικής ζωής διασφαλίζοντας αποτελεσματική και αξιόπιστη παράδοση αγαθών.

Συνολικά, τα ΚΑΕ αντιπροσωπεύουν μια ισχυρή λύση για βιώσιμα αστικά logistics, προάγοντας οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη.

Μια άλλη πρακτική εφοδιαστικής πόλης εντός του πλαισίου υποδομής περιλαμβάνει τα εμπορικά κέντρα. Ένα Κέντρο Εμπορευμάτων, ή Χωριό Εμπορευμάτων, όπως ορίζεται από την Ευρωπαϊκή Ένωση, είναι μια καθορισμένη περιοχή όπου αναπτύσσονται από διάφορους χρήστες όλες οι δραστηριότητες που σχετίζονται με τη μεταφορά, τη διαχείριση και τη διανομή αγαθών για εθνικές και διεθνείς μεταφορές. Αυτοί οι χρήστες, οι οποίοι μπορούν να κατέχουν ή να μισθώνουν τις εγκαταστάσεις και τις υπηρεσίες εντός του κέντρου, λειτουργούν υπό τη διαχείριση μιας και μόνο οντότητας. Για τη διασφάλιση θεμιτού ανταγωνισμού, πρέπει να παρέχεται πρόσβαση σε όλες τις επιχειρήσεις που εμπλέκονται σε συναφείς δραστηριότητες. Ένα Εμπορευματικό Κέντρο θα πρέπει να είναι εξοπλισμένο με ολοκληρωμένες υπηρεσίες διακίνησης εμπορευμάτων και οχημάτων μεταφοράς και θα πρέπει ιδανικά να προσφέρει βοηθητικές υπηρεσίες για το προσωπικό και τους χρήστες. Για την προώθηση των συνδυασμένων μεταφορών, τα εμπορευματικά κέντρα θα πρέπει να εξυπηρετούνται από πολλαπλούς τρόπους μεταφοράς.

Είναι σημαντικό να διακρίνουμε τα Εμπορευματικά Κέντρα από τα λιμάνια, τους σταθμούς συγκέντρωσης εμπορικών σιδηροδρόμων και γενικά κέντρα τα μεταφόρτωσης. Ωστόσο, αυτά μπορούν να αποτελούν αναπόσπαστα μέρη ενός

συστήματος συνδυασμένων μεταφορών μέσω της συσχέτισής τους με εμπορευματικά κέντρα.

Τα οφέλη από τη χρήση των Εμπορευματικών Κέντρων είναι πολλά. Με τον εξορθολογισμό του συστήματος μεταφορών, βελτιώνουν την αστική ποιότητα ζωής μειώνοντας τη ρύπανση και τον θόρυβο από τα οχήματα παράδοσης, καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια και ελαχιστοποιούν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ενοποιώντας τις εγκαταστάσεις logistics σε έναν ενιαίο χώρο, τα Freight Centers αποτελούν τη βέλτιστη λύση για την αποτροπή της διάσπαρτης διανομής των λειτουργιών logistics. Το πρωταρχικό τους πλεονέκτημα είναι η προώθηση των συνδυασμένων μεταφορών, καθώς είναι συνήθως ενσωματωμένες σε λιμάνια ή σιδηροδρομικούς σταθμούς.

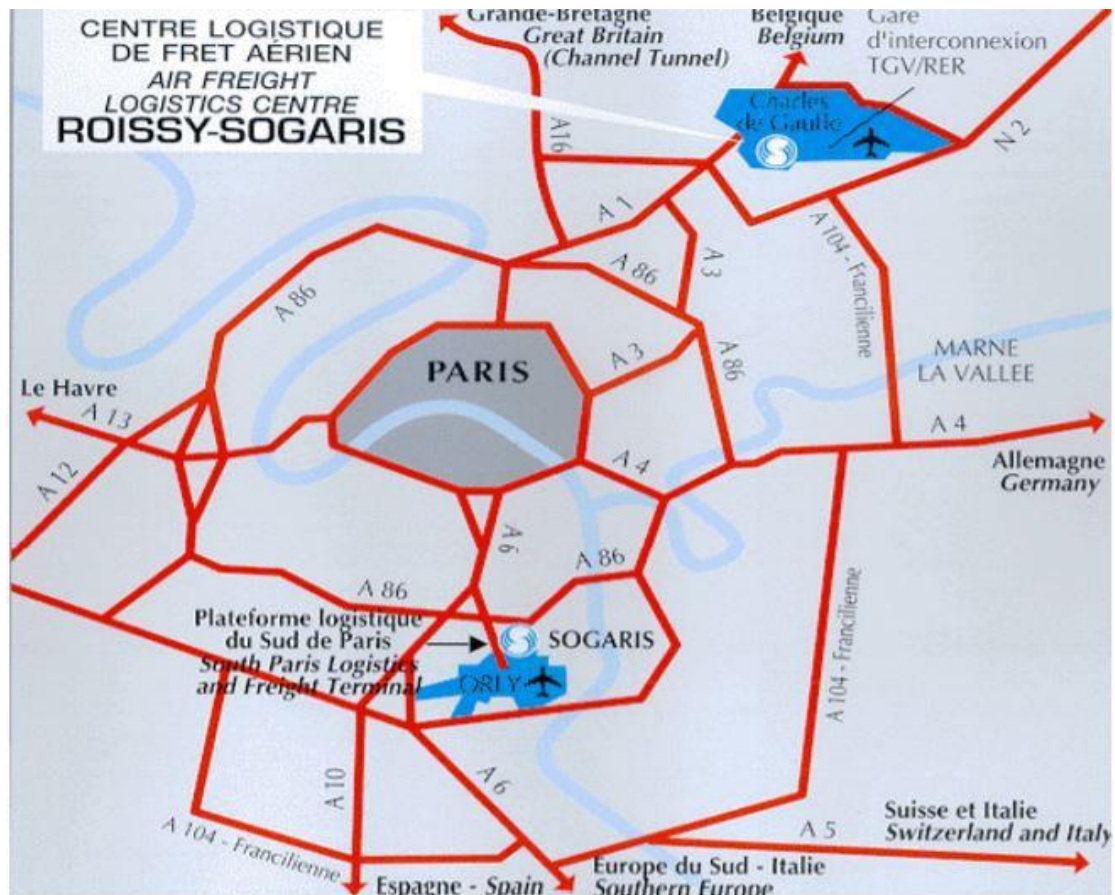
Η Γερμανία και η Γαλλία έχουν τον μεγαλύτερο αριθμό λειτουργικών εμπορευματικών κέντρων, με το Ηνωμένο Βασίλειο, την Ιταλία και την Ισπανία να φιλοξενούν επίσης αρκετά. Στη Γερμανία, τα περισσότερα εμπορευματικά κέντρα συνδέονται με σιδηροδρόμους, λιμάνια και συχνά βρίσκονται κοντά σε αεροδρόμια. Το μεγαλύτερο Εμπορευματικό Κέντρο της Ιταλίας, που βρίσκεται στη Μπολόνια, καλύπτει 2.000.000 τετραγωνικά μέτρα, συμπεριλαμβανομένου ενός σιδηροδρομικού τμήματος. Φιλοξενώντας περισσότερες από 75 εθνικές και διεθνείς εταιρείες, διαθέτει κτίρια έκτασης 236.000 τετραγωνικών μέτρων, τα οποία περιλαμβάνουν αποθήκες, δημόσιες αποθήκες, τελωνειακές εγκαταστάσεις, ταχυδρομείο, κέντρο διαχείρισης, χώρους στάθμευσης και φόρτωσης, βενζινάδικα και υπηρεσίες πλυντηρίου (Miliara, 2004). . Άλλες ιταλικές πόλεις όπως η Βερόνα, η Πάδοβα και η Πάρμα έχουν επίσης παρόμοια εμπορευματικά κέντρα.



**Εικόνα 2.6:** Εμπορευματικό κέντρο, Μπολόνια Ιταλία

*Πηγή: ( [www.ilgiornaledellalogistica.it](http://www.ilgiornaledellalogistica.it) – Ανακτήθηκε 26-06-2024)*

Ένα άλλο αξιοσημείωτο παράδειγμα στη Γαλλία είναι το Air Logistics Center που βρίσκεται στην περιοχή Roissy, το οποίο παρέχει εγκαταστάσεις ειδικά σχεδιασμένες για υπηρεσίες διακίνησης φορτίου. Το κέντρο αυτό περιλαμβάνει 50.000 τετραγωνικά μέτρα αποθηκευτικού χώρου και 9.000 τετραγωνικά μέτρα χώρου γραφείων. Τοποθετημένο στο αεροδρόμιο ORLY αλλά και κοντά στο αεροδρόμιο Charles de Gaulle, συνδυάζει αποτελεσματικά τις αεροπορικές μεταφορές με τις οδικές μεταφορές, βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητα των λειτουργιών logistics, προωθώντας λύσεις συνδυασμένων μεταφορών.



**Εικόνα 2.7:** Χάρτης απεικόνισης τοποθεσίας του εμπορευματικού κέντρου Roissy Sogaris στα προάστια του Παρισιού στη Γαλλία

*Πηγή: (Μηλιαρά, 2004)*

Η σιδηροδρομική υποδομή διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στη μεταφορά εμπορευμάτων από και προς τα εμπορευματικά κέντρα, καθώς επιτρέπει τη μετακίνηση μεγαλύτερων ποσοτήτων από τα φορτηγά. Σε παγκόσμιο επίπεδο, οι σιδηρόδρομοι είναι από τους πιο σημαντικούς τρόπους μεταφοράς, με τα πιο πυκνά δίκτυα που βρίσκονται στη Βόρεια Αμερική και την Ευρώπη. Σε όλο τον κόσμο, τα σιδηροδρομικά δίκτυα εκτείνονται σε περίπου 1,31 εκατομμύρια χιλιόμετρα. Οι σιδηρόδρομοι διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην αλυσίδα εφοδιασμού, μεταφέροντας αγαθά από τους παραγωγούς στα εμπορευματικά κέντρα εκμεταλλευόμενοι τις οικονομίες κλίμακας, επιτρέποντας τη μεταφορά μεγαλύτερου όγκου σε ένα μόνο ταξίδι σε σύγκριση με τα φορτηγά.

Για παράδειγμα, λιμάνια που διακινούν σημαντικές ποσότητες εμπορευμάτων, κυρίως μέσω εμπορευματοκιβωτίων, όπως το λιμάνι του Πειραιά, συνδέονται με τη

σιδηροδρομική υποδομή για να διευκολύνουν την ταχεία μετακίνηση του φορτίου στους επόμενους κόμβους της εφοδιαστικής αλυσίδας (Malindretos, 2015). Αυτή η σύνδεση είναι κρίσιμη για την ανάπτυξη συστημάτων συνδυασμένων μεταφορών, που συνδέουν μεγάλα εμπορικά λιμάνια όπως ο Πειραιάς στην Ελλάδα. Επιπλέον, οι νέες εγκαταστάσεις στο Θριάσιο Πεδίο, που συνδέονται με τα λιμάνια του Πειραιά, της Πάτρας και της Θεσσαλονίκης, θα ενισχύσουν τις συνδυασμένες εμπορευματικές μεταφορές, με την υποστήριξη της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο πλαίσιο των Διευρωπαϊκών Δικτύων. Το έργο αυτό στοχεύει στη σημαντική μείωση των καθυστερήσεων και της διάρκειας παραμονής των διεθνών εμπορευματικών τρένων στην Ελλάδα (Σπηλιοπούλου, 2016). Επιπλέον, οι σιδηρόδρομοι είναι από τις πιο φιλικές προς το περιβάλλον υποδομές μεταφορών, συμβάλλοντας στον περιορισμό της παρουσίας φορτηγών στα κέντρα των πόλεων.

Άλλες οικονομικά αποδοτικές λύσεις υποδομής που δεν απαιτούν σημαντικές επενδύσεις περιλαμβάνουν κουτιά διανομής, ντουλάπια προϊόντων και μοντέλα "κλικ και συλλογή". Τα κουτιά διανομής και τα ντουλάπια τοποθετούνται συνήθως σε εύκολα προσβάσιμες τοποθεσίες κοντά σε πυκνοκατοικημένες περιοχές, μέσα σε καταστήματα που επισκέπτονται συχνά και άλλα βολικά μέρη για τους πολίτες. Αυτές οι πρακτικές εφοδιαστικής πόλης, οι οποίες είναι σχετικά χαμηλού κόστους, μπορούν να μειώσουν σημαντικά τα χιλιόμετρα που διανύουν καθημερινά φορτηγά, να συντομεύσουν τους χρόνους παραλαβής των προϊόντων και να μειώσουν το λειτουργικό κόστος για τις εταιρείες. Μετριάζουν επίσης τις καθυστερήσεις και τις επιστροφές προϊόντων που προκαλούνται από τη μη παρουσία των παραληπτών στο σημείο παράδοσης. Ο κύριος περιορισμός αυτών των πρακτικών είναι η ανάγκη συνεργασίας μεταξύ των εταιρειών, του δικτύου των καταστημάτων όπου είναι εγκατεστημένα και των χρηστών.

Το μοντέλο "κλικ και συλλογή" είναι παρόμοιο με τα συστήματα διανομής και θυρίδων. Έχει εφαρμοστεί ευρέως σε μεγάλες αλυσίδες σούπερ μάρκετ στο εξωτερικό, συνδυάζοντας τις online αγορές με συναλλαγές σε πραγματικό χρόνο. Αυτό το μοντέλο έχει αναπτυχθεί σημαντικά λόγω της αύξησης του ηλεκτρονικού εμπορίου. Οι πελάτες μπορούν να επιλέξουν προϊόντα online και στη συνέχεια να τα παραλάβουν από το κατάστημα ή από τα καθορισμένα ανθεκτικά κουτιά. Τέτοιες πρακτικές δεν απαιτούν στόλο διανομής ή μειώνουν σημαντικά τον αριθμό των απαραίτητων οχημάτων, αντιπροσωπεύοντας εναλλακτικές και πράσινες στρατηγικές που είναι χαμηλού κόστους και έχουν ελάχιστες χωροταξικές ή ρυθμιστικές απαιτήσεις.



**Εικόνα 2.8:** Θυρίδες Click & Collect του ηλεκτρονικού καταστήματος Skrutz στην Ελλάδα.

*Πηγή: ([www.mataforespress.gr](http://www.mataforespress.gr) – Ανακτήθηκε 26-06-2024)*

Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει άυλες υποδομές, όπως η χρήση συστημάτων διαχείρισης κυκλοφορίας, συστημάτων πληροφοριών χρηστών δικτύου, συστημάτων βελτιστοποίησης διαδρομής και διαχείρισης στόλου οχημάτων.

Για τα σχέδια αστικών εμπορευματικών μεταφορών που δεν απαιτούν φυσική υποδομή, η ανάπτυξη και η χρήση της τεχνολογίας και του διαδικτύου είναι πρωταρχικής σημασίας. Τα ευφυή συστήματα μεταφορών (ITS) και τα συστήματα διαχείρισης στόλου παρέχουν στους οδηγούς και τις εταιρείες πληροφορίες για την κυκλοφορία σε πραγματικό χρόνο. Αυτά τα συστήματα βελτιστοποιούν τις διαδρομές των οχημάτων, σχεδιάζουν ταξίδια αποτελεσματικά και βελτιώνουν τις υπηρεσίες πελατών, όπως την παροχή ακριβών εκτιμήσεων για την ώρα άφιξης. Οι αστικές αρχές χρησιμοποιούν επίσης αυτά τα συστήματα για τη διαχείριση ρυθμιστικών θεμάτων, ενώ οι ιδιωτικές εταιρείες τα αξιοποιούν για να μειώσουν το κόστος της εφοδιαστικής αλυσίδας. Τα πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν μειωμένο λειτουργικό κόστος, βελτιωμένο χρόνο και αξιοπιστία ταξιδιού και καλύτερο χειρισμό απρόβλεπτων καταστάσεων.

Τα ITS ταξινομούνται σε:

- Συστήματα διαχείρισης μεταφορών: Αυτά περιλαμβάνουν τη διαχείριση στόλου, την παρακολούθηση και τον εντοπισμό.
- Συστήματα Διαχείρισης Κυκλοφορίας: Περιλαμβάνουν συστήματα ελέγχου πρόσβασης, διαχείρισης κυκλοφορίας και πληροφοριακών συστημάτων.

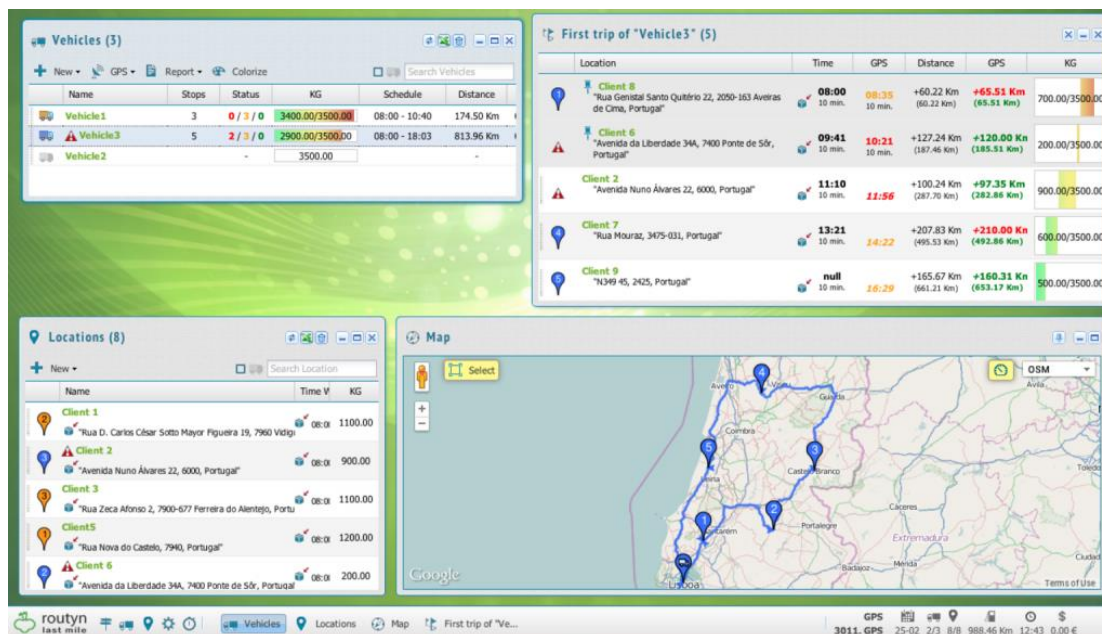
Τα Συστήματα Διαχείρισης Μεταφορών περιλαμβάνουν αυτόματους υπολογισμούς διαδρομής μέσω βέλτιστου σχεδιασμού φορτίων και ταξιδιών οχημάτων, συστημάτων πλοήγησης και ελέγχου κυκλοφορίας που παρέχουν πληροφορίες για τη θέση του οχήματος, τις συνθήκες κυκλοφορίας και τις αλλαγές στις απαιτήσεις πελατών, συστήματα επικοινωνίας εντός οχήματος για οδηγό-εταιρεία ή επικοινωνία οδηγού-πελάτη και συστήματα κράτησης για τον συντονισμό των αφίξεων φορτηγών σε κεντρικές περιοχές υψηλής κυκλοφορίας.

Αυτές οι εφαρμογές συγκεντρώνουν δεδομένα σχετικά με τις μεταφορές και τον στόλο, όπως απαιτούμενες ποσότητες, αριθμούς και χωρητικότητα οχημάτων, σημεία διανομής, χρονοθυρίδες καταστημάτων, συνθήκες κυκλοφορίας και συμφόρηση. Υπολογίζουν τις βέλτιστες διαδρομές με βάση αυτές τις πληροφορίες. Τα συστήματα αυτά είναι ιδιαίτερα πλεονεκτικά καθώς παρέχουν εναλλακτικές διαδρομές σε πραγματικό χρόνο στους οδηγούς, μειώνοντας τον χρόνο και το κόστος μεταφοράς. Πολλές εταιρείες στην Ελλάδα και στο εξωτερικό αναπτύσσουν και πωλούν τέτοιες εφαρμογές με όλο και πιο εξελιγμένα χαρακτηριστικά. Η εργασία αυτή αξιοποίησε το ArcGIS και συγκεκριμένα το εργαλείο Network Analyst, οι δυνατότητες του οποίου παρουσιάζονται στο επόμενο κεφάλαιο.

Εκτός από το ITS, άλλες πρακτικές χρησιμοποιούνται από εταιρείες, όπως η Automatic Vehicle Location (AVL) και η Automatic Vehicle Monitoring (AVM). Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούνται συχνά για διαχείριση στόλου σε πραγματικό χρόνο.

- Η AVL εστιάζει στην παρακολούθηση των λειτουργιών του στόλου και στην παρακολούθηση οχημάτων σε επίπεδο φορτηγών. Επιτρέπει στους χειριστές να ανιχνεύουν θέσεις οχημάτων σε πραγματικό χρόνο, να εντοπίζουν αποκλίσεις ή καθυστερήσεις, να ειδοποιούν τα οχήματα για αλλαγές, να ενημερώνουν τους πελάτες για καθυστερήσεις, να εντοπίζουν τα πλησιέστερα οχήματα σε μια συγκεκριμένη περιοχή, να εντοπίζουν κατεστραμμένα οχήματα και να παρουσιάζουν λεπτομερείς στατιστικές αναφορές ανά διαδρομή.

- Η AVM επιτρέπει στους χειριστές να παρακολουθούν την κατάσταση λειτουργίας των οχημάτων. Αυτό περιλαμβάνει μηχανικές παραμέτρους (στάθμη καυσίμου, στάθμη λαδιού, θερμοκρασία), φυσικές παραμέτρους (θερμοκρασία ψυγείου, κατάσταση κλειδώματος), παραμέτρους κίνησης (ταχύτητα, επιτάχυνση), ανίχνευση ανωμαλιών και επικοινωνία με τον οδηγό. Η AVM επιτρέπει στατιστικές αναλύσεις βασικών δεικτών απόδοσης (KPIs), παρέχοντας στους χειριστές βασικές πληροφορίες για τη βελτίωση της απόδοσης (Σπηλιοπούλου, 2016).



**Εικόνα 2.9:** Cloud σύστημα αυτόματης δρομολόγησης και προγραμματισμού οχημάτων

Πηγή: ([www.supply-chain.gr](http://www.supply-chain.gr) – Ανακτήθηκε 26-06-2024)

Τα συστήματα διαχείρισης της κυκλοφορίας περιλαμβάνουν συστήματα ελέγχου και διαχείρισης της αστικής κυκλοφορίας που στοχεύουν στη βελτίωση της ροής της κυκλοφορίας, στη μείωση του χρόνου ταξιδιού και των καθυστερήσεων και στη βελτίωση της οδικής ασφάλειας. Σε χώρες όπως η Γερμανία, πολλά κέντρα διαχείρισης κυκλοφορίας λειτουργούν σε εμπορική βάση, συλλέγοντας και επεξεργάζοντας δεδομένα κίνησης. Εξέχοντα παραδείγματα τέτοιων κέντρων βρίσκονται στο Βερολίνο, το Λονδίνο και το Παρίσι. Αυτά τα κέντρα χρησιμοποιούν μια ποικιλία τεχνολογικών προσεγγίσεων, που συλλογικά αναφέρονται ως Συστήματα Ελέγχου και Διαχείρισης Αστικής Κυκλοφορίας (ΕΔΑΚ), συμπεριλαμβανομένων:

- Συστήματα Ελέγχου Αστικής Κυκλοφορίας (TCS): Αυτά τα συστήματα συντονίζουν τα φανάρια για τη βελτιστοποίηση της ροής της κυκλοφορίας, μειώνοντας έτσι τη συμφόρηση και βελτιώνοντας τους χρόνους ταξιδιού.

- Σήματα μεταβλητών μηνυμάτων (VMS): Αυτά τα σήματα τοποθετούνται κατά μήκος των δρόμων για να παρέχουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο στους οδηγούς σχετικά με τις κυκλοφοριακές συνθήκες, τα οδικά έργα, τα ατυχήματα και άλλες σχετικές ενημερώσεις.

- Αισθητήρες κατοχής χώρου στάθμευσης: Αυτοί οι αισθητήρες ανιχνεύουν και αναφέρουν τη διαθεσιμότητα θέσεων στάθμευσης, βοηθώντας τους οδηγούς να βρίσκουν το χώρο στάθμευσης πιο αποτελεσματικά και μειώνοντας τον χρόνο που αφιερώνουν στην αναζήτηση σημείων, γεγονός που με τη σειρά του μειώνει την κυκλοφοριακή συμφόρηση.

- Συστήματα μέτρησης χρόνου ταξιδιού: Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν τεχνολογία αυτόματης αναγνώρισης πινακίδων κυκλοφορίας (ANPR) για τη μέτρηση του χρόνου ταξιδιού μεταξύ διαφορετικών σημείων, παρέχοντας δεδομένα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διαχείριση της ροής της κυκλοφορίας και την ενημέρωση των οδηγών για την αναμενόμενη διάρκεια ταξιδιού.

Αυτά τα συστήματα, ενσωματώνοντας προηγμένη τεχνολογία και δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην αποτελεσματική διαχείριση της αστικής κυκλοφορίας και στη βελτίωση της συνολικής αποτελεσματικότητας και ασφάλειας των δικτύων αστικών μεταφορών.



**Εικόνα 2.10:** Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας Περιφέρειας Αττικής

Πηγή: ([www.patt.gov.gr](http://www.patt.gov.gr) – Ανακτήθηκε 26-08-2024)

Η καθοδήγηση διαδρομής παραμένει αναπόσπαστο στοιχείο των συστημάτων διαχείρισης της κυκλοφορίας, παρέχοντας στους οδηγούς πληροφορίες για τις καταλληλότερες διαδρομές με βάση τους περιορισμούς βάρους και ύψους του οχήματος, τους κανονισμούς πρόσβασης και φόρτωσης και τις διαθέσιμες θέσεις στάθμευσης.

Επιπλέον, οι εταιρείες εφαρμόζουν στρατηγικές αυτόματου ελέγχου πρόσβασης οχημάτων, χρησιμοποιώντας την αυτοματοποίηση για να ενεργοποιήσουν τα εμπόδια εισόδου. Αυτό γίνεται μέσω έξυπνων καρτών ή ασύρματης επικοινωνίας και σε περιπτώσεις όπου τα εμπόδια δεν είναι πρακτικά, χρησιμοποιούνται αυτόματα συστήματα ελέγχου όπως η αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (BESTUFS, 2007).

#### Εξοπλισμός για Αστικές Εμπορευματικές Μεταφορές (ΑΕΜ)

Η χρήση του κατάλληλου εξοπλισμού σε όλα τα στάδια της εφοδιαστικής είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη σχεδίων αστικών εμπορευματικών μεταφορών. Η

ενημέρωση του εξοπλισμού σύμφωνα με νέα πρότυπα και τεχνολογίες επιτρέπει στις εταιρείες να μεγιστοποιούν τα κέρδη.

Μια αναπτυσσόμενη στρατηγική στις ευρωπαϊκές πόλεις είναι η διανομή εμπορευμάτων με ποδήλατα (cycle logistics/cargo bikes). Η αστική διανομή εμπορευμάτων περιλαμβάνει συνήθως το «τελευταίο μίλι» μεταφοράς, που καλύπτει τα τελευταία χιλιόμετρα από την αποθήκη μέχρι τον προορισμό. Ωστόσο, τα ποδήλατα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για το «πρώτο μίλι», παραλαμβάνοντας εμπορεύματα από ένα σημείο και παραδίδοντάς τα σε άλλο. Η χρήση ποδηλάτων έχει ως αποτέλεσμα μηδενικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, μηδενική ρύπανση και ελάχιστο θόρυβο. Για παράδειγμα, τα ηλεκτρικά ποδήλατα χρησιμοποιούνται στην Πορτογαλία και τη Γερμανία για τη μεταφορά εμπορευμάτων, ενώ τα τρίκυκλα είναι δημοφιλή στο Ηνωμένο Βασίλειο, τις ΗΠΑ και τη Γαλλία. Στην Ολλανδία, τα ποδήλατα χρησιμοποιούνται συνήθως για την αποστολή δεμάτων και αλληλογραφίας (Zeibekis, 2020).

Ενώ τα ποδήλατα φορτίου είναι μια λύση με μηδενικά ποσοστά ρύπανσης, δεν είναι ιδανικά για επιχειρήσεις που απαιτούν μεγάλες διανομές όγκου. Οι εταιρείες δίνουν προτεραιότητα στην ταχύτερη και καλύτερη εξυπηρέτηση πελατών με ελάχιστο κόστος και τα ποδήλατα μπορεί να αυξήσουν τους χρόνους διανομής και να αντιμετωπίσουν πιθανές καθυστερήσεις.



**Εικόνα 2.11:** Cargo 4wheel e-Bike της εταιρείας FedEx

Πηγή: ([www.newsroom.fedex.com](http://www.newsroom.fedex.com) – Ανακτήθηκε 15-08-2024)

Οι περισσότερες επιχειρήσεις πραγματοποιούν τις παραδόσεις τους με φορτηγά και στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται κυρίως μεγάλα φορτηγά που κινούνται με ντίζελ. Ωστόσο, η χρήση υβριδικών και ηλεκτρικών οχημάτων κερδίζει ολοένα και μεγαλύτερη έλξη και αναμένεται τελικά να αντικαταστήσει πλήρως τα οχήματα με ντίζελ και βενζίνη.

Για παράδειγμα, στο Ρότερνταμ, τα φορτηγά με κινητήρες εσωτερικής καύσης έχουν αντικατασταθεί πλήρως από υβριδικά και ενεργειακά αποδοτικά ηλεκτρικά οχήματα. Αυτά τα ηλεκτρικά φορτηγά, με χωρητικότητα ωφέλιμου φορτίου από 1000 έως 1500 kg, όγκο φόρτωσης 12-16 m<sup>3</sup> και αυτονομία 75-90 km, προσφέρουν μια πιο αθόρυβη και πιο φιλική προς το περιβάλλον εναλλακτική λύση για παραδόσεις στο κέντρο της πόλης. Αυτή η μετάβαση υπογραμμίζει μια σημαντική κίνηση προς την αειφόρο αστική εφοδιαστική και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.



**Εικόνα 2.12:** Υβριδικό φορτηγό διανομής

Πηγή: ([www.scania.com](http://www.scania.com) – Ανακτήθηκε 15-08-2024)

Στην Οσάκα, μέσω ειδικής χρηματοδότησης, χρησιμοποιήθηκαν ηλεκτρικά φορτηγά για τη δημιουργία ενός συστήματος που στοχεύει στη μείωση της εμπορευματικής κίνησης και στην προώθηση πιο πράσινων πρακτικών στα συστήματα της εφοδιαστικής αλυσίδας. Αυτά τα φορτηγά τοποθετήθηκαν στρατηγικά σε διάφορους χώρους στάθμευσης για συνεργατική χρήση από πολλές εταιρείες. Εξοπλισμένα με συστήματα πλοήγησης και προηγμένα συστήματα πληροφοριών, αυτά τα ηλεκτρικά φορτηγά βοήθησαν στη μείωση του κόστους μεταφοράς, στη βελτίωση της βιωσιμότητας της πόλης και στην ανακούφιση της κυκλοφοριακής συμφόρησης (Buzali, 2011).

Καθώς η τεχνολογία συνεχίζει να εξελίσσεται, ανακαλύπτονται νέες μέθοδοι μεταφοράς. Τα drones αντιπροσωπεύουν μια τέτοια καινοτομία, η οποία δοκιμάζεται επί του παρόντος από πολλές χώρες για την παράδοση προϊόντων σούπερ μάρκετ. Για παράδειγμα, η Walmart, η μεγαλύτερη αλυσίδα σούπερ μάρκετ στην Αμερική, βρίσκεται στη δοκιμαστική φάση των παραδόσεων drone, όπως και η Amazon, η οποία έχει ήδη δοκιμάσει τη χρήση τους στη Βρετανία. Σύμφωνα με αυτές τις εταιρείες, οι παραδόσεις με drone θα μπορούσαν να ολοκληρωθούν σε λιγότερο από 30 λεπτά, εξοικονομώντας χρόνο και χρήμα τόσο για τους πελάτες όσο και για τις ίδιες τις εταιρείες. Η χρήση drones έχει τη δυνατότητα να μειώσει σημαντικά τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και άλλους ρύπους. Ωστόσο, εγείρει επίσης ζητήματα ηθικής και ασφάλειας. Τα drones δεν απαιτούν οδηγούς και το ανθρώπινο δυναμικό που απαιτείται για τη λειτουργία τους είναι ελάχιστο σε σύγκριση με τα φορτηγά, γεγονός που θα μπορούσε να οδηγήσει σε σημαντική μείωση των θέσεων εργασίας. Επιπλέον, η ασφάλεια των παραδόσεων drone πρέπει να λαμβάνεται προσεκτικά υπόψη, καθώς υπάρχουν κίνδυνοι συγκρούσεων στον αέρα και ζημιών λόγω δυσμενών καιρικών συνθηκών (Agency, 2020).



**Εικόνα 2.13:** Drones για διανομή αγαθών

*Πηγή: ([www.technologyreview.com](http://www.technologyreview.com) – Ανακτήθηκε 15-08-2024)*

Μια παρόμοια στρατηγική με τη χρήση των drones είναι η εφαρμογή ρομπότ παράδοσης, όπως αυτά που αναπτύχθηκαν από την Starship Technologies. Αυτά τα ρομπότ μπορούν να μεταφέρουν μικρές συσκευασίες βάρους έως 15 κιλών σε ακτίνα 5 χιλιομέτρων από το κατάστημα σε σημεία παράδοσης που επιλέγει ο παραλήπτης. Σύμφωνα με την Starship Technologies, τα ρομπότ είναι 99% αυτόνομα, με τις διαδρομές τους να παρακολουθούνται και να ελέγχονται από ένα κεντρικό κέντρο διοίκησης σε περίπτωση που αντιμετωπίσουν προβλήματα. Εξοπλισμένα με αισθητήρες και κάμερες, αυτά τα ρομπότ εξασφαλίζουν ασφάλεια και οι πελάτες μπορούν να παρακολουθούν την πρόοδό τους σε όλη τη διάρκεια του ταξιδιού μέσω των κινητών τους τηλεφώνων.

Η κύρια χρήση αυτών των ρομπότ είναι για το τελευταίο μίλι της εφοδιαστικής αλυσίδας, η οποία είναι συχνά το πιο δαπανηρό τμήμα για τις εταιρείες. Η χρήση αυτών των ρομπότ μπορεί να μειώσει σημαντικά το κόστος μεταφοράς παρέχοντας σύντομες, ασφαλείς παραδόσεις, ακόμη και κατά τη διάρκεια της νύχτας, χάρη στα ειδικά φώτα LED που είναι εφοδιασμένα. Ένα από τα βασικά οφέλη είναι η μείωση του αποτυπώματος άνθρακα και των ρύπων, καθώς δεν εκπέμπουν επιβλαβή αέρια ούτε παράγουν θόρυβο. Έχουν επίσης κερδίσει σημαντική έλξη λόγω της ικανότητάς τους

να προσφέρουν ανέπαφες παραδόσεις, οι οποίες αποδείχθηκαν ανεκτίμητες κατά τη διάρκεια της πανδημίας (STARSHIP, 2021).

Ωστόσο, η ανάπτυξη αυτών των ρομπότ στις ευρωπαϊκές χώρες απαιτεί κατάλληλο οδικό δίκτυο και πεζοδρόμια που να μπορούν να φιλοξενήσουν και να διευκολύνουν την κίνησή τους. Στην Ελλάδα, αυτή η τεχνολογία αντιμετωπίζει σήμερα προκλήσεις, καθώς τα οδικά δίκτυα και οι πεζόδρομοι δεν έχουν σχεδιαστεί επαρκώς για να υποστηρίξουν την ασφαλή και αποτελεσματική χρήση τέτοιων ρομπότ παράδοσης. Εάν αναπτυχθούν σε δρόμους, θα μπορούσαν να προκαλέσουν κυκλοφοριακή σύγχυση και η υπάρχουσα υποδομή πεζοδρομίων δεν ευνοεί τη λειτουργία τους.



**Εικόνα 2.14:** Διανομή προϊόντος με τη χρήση robot

*Πηγή: ([www.unr.edu](http://www.unr.edu) – Ανακτήθηκε 15-08-2024)*

Γενικότερα, η χρήση φιλικών προς το περιβάλλον οχημάτων στις ευρωπαϊκές χώρες έχει προωθηθεί σημαντικά από τις αρχές τα τελευταία χρόνια. Οι ανησυχίες για τον θόρυβο, τη ρύπανση και τις επιπτώσεις τους στην αστική ζωή έχουν οδηγήσει τις αρχές και τις κυβερνήσεις να επενδύσουν στην υιοθέτηση νέων τεχνολογιών και στον

εξοπλισμό των στόλων με πιο φιλικά προς το περιβάλλον οχήματα. Στρατηγικές όπως η χρηματοδότηση, οι μειώσεις φόρων για τη χρήση ηλεκτρικών οχημάτων, τα κίνητρα για εναλλακτικά καύσιμα και η εφαρμογή προγραμμάτων χρέωσης βαρέων οχημάτων στα κέντρα των πόλεων έχουν ήδη εφαρμοστεί σε πόλεις όπως το Παρίσι, το Λονδίνο και η Κοπεγχάγη. Τα μέτρα αυτά είναι επίσης εφικτά για εφαρμογή σε άλλες χώρες, συμπεριλαμβανομένης της Ελλάδας. Ωστόσο, η ευρεία υιοθέτηση αυτών των οχημάτων απαιτεί βελτιωμένο λειτουργικό κόστος και αξιοπιστία σε σύγκριση με τις παραδοσιακές τεχνολογίες καυσίμων. Επιπλέον, η χαμηλή χωρητικότητα των ηλεκτρικών οχημάτων και η ανεπαρκής υποδομή φόρτισης παραμένουν σημαντικά εμπόδια στην ευρεία χρήση τους (Malindretos, 2015).

#### Ρυθμιστικά πλαίσια και κανονισμοί για τις αστικές εμπορευματικές μεταφορές (ΑΕΜ)

Τα ρυθμιστικά πλαίσια και οι κανονισμοί για τις αστικές εμπορευματικές μεταφορές είναι βασικές στρατηγικές που μπορούν να εφαρμοστούν αποτελεσματικά με προσεκτική μελέτη από επιστήμονες μεταφορών. Οι κυβερνήσεις και οι τοπικές αρχές διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη θέσπιση αυτών των κανόνων, οι οποίοι μπορούν να αποφέρουν σημαντικά οφέλη για τα αστικά κέντρα και τους κατοίκους τους.

Ένα επιτυχημένο παράδειγμα αυτής της προσέγγισης είναι η δημιουργία κοντινών περιοχών διανομής για την αποσυμφόρηση των κέντρων των πόλεων από την κυκλοφορία φορτηγών, όπως εφαρμόστηκε στο Μπορντό το 2003. Αυτή η στρατηγική περιλαμβάνει τη δημιουργία μιας πλατφόρμας μεταφόρτωσης όπου το προσωπικό βοηθά στο χειρισμό αποστολών εντός της πόλης. Τα εμπορεύματα μεταφέρονται από φορτηγά σε μικρότερα, πιο φιλικά προς το περιβάλλον μέσα μεταφοράς, όπως καροτσάκια, ηλεκτρικά οχήματα και ποδήλατα, για το τελευταίο σκέλος της διανομής. Αυτή η προσέγγιση μπορεί επίσης να ενσωματώσει πρόσθετες υπηρεσίες, όπως παράδοση κατ' οίκον και βραχυπρόθεσμη αποθήκευση. Τα αρχικά αποτελέσματα έδειξαν ότι αυτή η μέθοδος μείωσε αποτελεσματικά την κυκλοφοριακή συμφόρηση στο κέντρο της πόλης και βελτίωσε την αποτελεσματικότητα των αστικών εμπορευματικών μεταφορών.

#### 2.1.5 Εφαρμογή Σχεδίων ΑΕΜ στον Ελλαδικό χώρο

Στην Ελλάδα, η εφαρμογή πρακτικών και σχεδίων αστικών εμπορευματικών μεταφορών έχει περιοριστεί, σε μεγάλο βαθμό λόγω της οικονομικής κρίσης που έχει

βιώσει η χώρα τα τελευταία χρόνια. Αυτή η κρίση χρησίμευσε ως σημαντικό εμπόδιο στην υιοθέτηση καινοτομιών ή στην ανάπτυξη νέων υποδομών ή εξοπλισμού από τις εταιρείες, καθώς το κεφάλαιο για επενδύσεις ήταν σπάνιο. Ωστόσο, με την εστίαση της Ευρωπαϊκής Ένωσης στην ανάπτυξη πράσινων αλυσίδων εφοδιασμού και την προώθηση της βιωσιμότητας, υπάρχει πλέον ώθηση για την υιοθέτηση αποτελεσματικών στρατηγικών στον τομέα της εφοδιαστικής πόλης, που υποστηρίζονται από τη χρηματοδότηση νέων εγχειρημάτων. Ωστόσο, η συμμετοχή των φορέων και των τοπικών αρχών είναι ζωτικής σημασίας για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων της πόλης. Πολλά από τα μοντέλα και τις πρακτικές που περιγράφονται σε προηγούμενα κεφάλαια δείχνουν δυνατότητες ανάπτυξης στην Ελλάδα και θα μπορούσαν να αποφέρουν θετικά αποτελέσματα εάν εφαρμοστούν κατάλληλα, ενώ άλλα μπορεί να μην είναι εφικτά.

Σύμφωνα με την Αφαντοπούλου (2020), οι πόλεις στην Ελλάδα αντιμετωπίζουν αρκετά εμπόδια στην ανάπτυξη σχεδίων αστικών εμπορευματικών μεταφορών και στην επιτυχή εφαρμογή τους. Αυτά τα εμπόδια περιλαμβάνουν:

- Έλλειψη απαραίτητου εξοπλισμού και στοιχείων από την τοπική αυτοδιοίκηση για την παρακολούθηση και υποστήριξη των σχεδίων αστικών εμπορευματικών μεταφορών.
- Ελάχιστη υιοθέτηση βιώσιμων πρακτικών εφοδιαστικής πόλης.
- Απουσία προθυμίας μεταξύ των επιχειρήσεων να συνεργαστούν για πιο αποτελεσματική εφοδιαστική.
- Περιορισμένη ορατότητα των διαθέσιμων υπηρεσιών logistics και υποδομής, όπως αποθηκευτικός χώρος.
- Έλλειψη αναγκαίου νομικού πλαισίου για νέες μορφές οικονομίας, όπως αποθήκευση κατ' απαίτηση ή πλήθος υπηρεσιών.
- Ανεπαρκής γνώση σχετικά με τον τρόπο διευκόλυνσης της συνεργασίας μεταξύ της βιομηχανίας και της τοπικής αυτοδιοίκησης για την οργάνωση σχεδίων παρέμβασης για βιώσιμες υποδομές και μέτρα αστικών εμπορευματικών μεταφορών.

Προχωρώντας προς τα εμπρός, είναι σημαντικό να αξιολογηθεί η δυνατότητα εφαρμογής των σχεδίων αστικών εμπορευματικών μεταφορών που εφαρμόζονται σε

πόλεις του εξωτερικού στην υπάρχουσα υποδομή και την τρέχουσα κατάσταση στην Ελλάδα, λαμβάνοντας υπόψη τυχόν περιορισμούς που ενδέχεται να προκύψουν κατά την εφαρμογή τους.

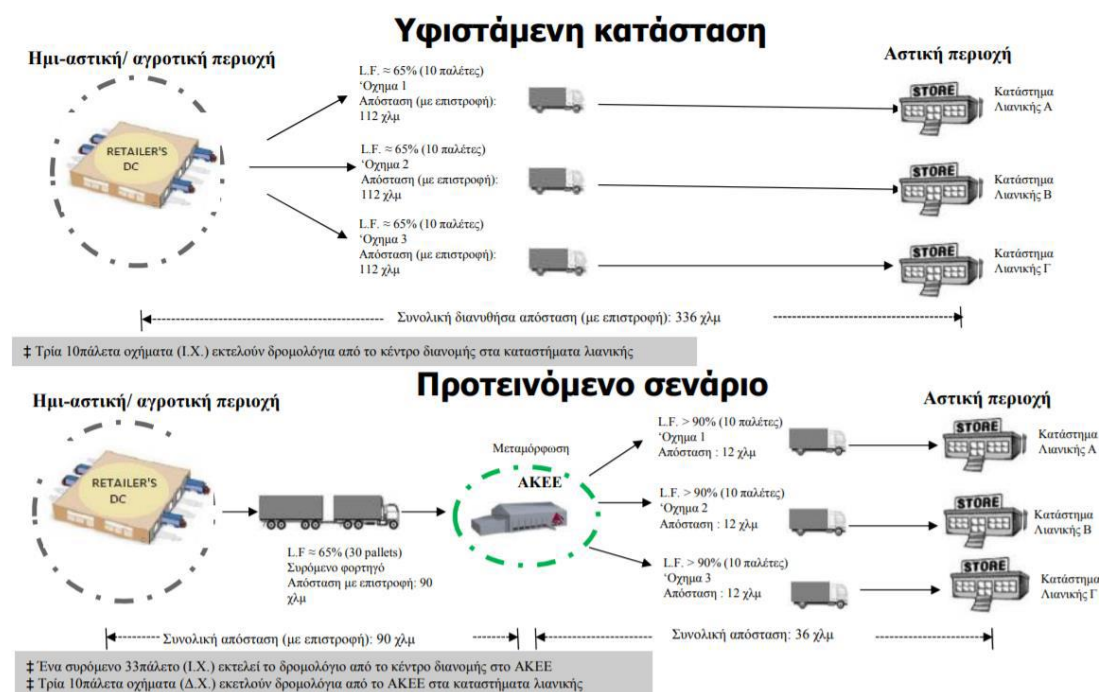
Για παράδειγμα, το σύστημα Cargo Tram, όπως περιγράφεται λεπτομερώς στο προηγούμενο κεφάλαιο, παρουσιάζει μια πολλά υποσχόμενη πρακτική για την Ελλάδα, δεδομένης της υπάρχουσας υποδομής τραμ στην Αττική. Η έρευνα των Malindretos and Abeliotis (2014) διερεύνησε τις δυνατότητες αξιοποίησης του δικτύου τραμ και τρένων για τη μεταφορά απορριμμάτων σε χώρους υγειονομικής ταφής στην Αττική, ιδιαίτερα στο Δήμο Ν. Σμύρνης. Η μελέτη υπολόγισε ότι η χρήση τραμ και τρένων ως εναλλακτική λύση στις οδικές μεταφορές θα μπορούσε να μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά περίπου 40% και να δημιουργήσει σημαντικά οικονομικά οφέλη λόγω της εξοικονόμησης καυσίμων. Το δίκτυο τραμ της Αθήνας, για παράδειγμα, συνδέει το κέντρο της πόλης με τη Νέα Σμύρνη, το Παλαιό Φάληρο, τον Άλιμο, τη Γλυφάδα, το Φαληρικό Δέλτα, το Νέο Φάληρο και το Στάδιο Ειρήνης και Φιλίας, παρέχοντας ένα βιώσιμο δίκτυο σε σχήμα T για τέτοιες πρωτοβουλίες.

Στο δίκτυο του τραμ που εξυπηρετεί την Αθήνα, πολλές γραμμές προσφέρουν ολοκληρωμένη κάλυψη, διευκολύνοντας την αποτελεσματική αστική μεταφορά. Αξιοσημείωτες από αυτές είναι η Γραμμή 3, ΣΕΦ – Βούλα, με τριάντα στάσεις, η Γραμμή 4, Σύνταγμα – ΣΕΦ, με είκοσι οκτώ στάσεις και η Γραμμή 5, Σύνταγμα – Βούλα, με τριάντα οκτώ στάσεις. Το συνδυασμένο μήκος του δικτύου εμπορικής εκμετάλλευσης εκτείνεται περίπου σε 27,00 km διπλής γραμμής, που περιλαμβάνει περίπου 9,00 km από το Σύνταγμα έως το Φάληρο και 10,00 km από το Φάληρο στη Βούλα. Επιπλέον, το δίκτυο περιλαμβάνει μια διαδρομή διπλής πρόσβασης στο αμαξοστάσιο μήκους 2,20 χιλιομέτρων και ένα δίκτυο ενδοαποθήκης διπλής τροχιάς μήκους 5,00 χιλιομέτρων. Οι στάσεις χωρίζονται σε μέση απόσταση 500 m. Σημειωτέον, η γραμμή 4 διασταυρώνει τα εμπορικά κέντρα της Νέας Σμύρνης και της Γλυφάδας, καθιστώντας την μια ιδιαίτερα συναρπαστική επιλογή τροφοδοσίας καταστημάτων μέσω τραμ.

Αναφορικά με την ανάπτυξη των Αστικών Κέντρων Ενοποίησης Εμπορευμάτων (AKEE) στην Ελλάδα, προκύπτουν αρκετές προκλήσεις και προβληματισμοί. Έρευνα της Ελληνικής Εταιρείας Logistics και του Εργαστηρίου Συστημάτων Σχεδιασμού Παραγωγής και Λειτουργίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου ρίχνει φως στη στάση των

εταιρειών απέναντι στη συνεργασία με τέτοια κέντρα. Τα ευρήματα αποκαλύπτουν ότι μόνο το 51% των εταιρειών που συμμετείχαν στην έρευνα εκφράζει ενδιαφέρον για συνεργασία με ένα κέντρο ενοποίησης αστικών εμπορευματικών μεταφορών. Αυτό υποδηλώνει μια επικρατούσα απροθυμία μεταξύ των ελληνικών εταιρειών να υιοθετήσουν μια κουλτούρα συνεργασίας. Επιπλέον, οι εταιρείες που επιθυμούν να συνεργαστούν με τα ΑΚΕΕ αντιμετωπίζουν διάφορα εμπόδια, όπως δυσκολία εύρεσης συνεργατών (60%), πολυπλοκότητες σε οργανωτικές, διοικητικές και νομικές πτυχές (59%), ανησυχίες για διαρροή εμπιστευτικών πληροφοριών στους ανταγωνιστές (30%) και αντιληπτή έλλειψη απτά οφέλη (19%).

Ωστόσο, παρά τον δισταγμό των εταιρειών να συνάψουν σχέσεις συνεργασίας, τα οφέλη από την εφαρμογή των ΑΚΕΕ είναι ουσιαστικά, τόσο για τις επιχειρήσεις όσο και για τα αστικά περιβάλλοντα. Ο Ζεϊμπέκης υπογραμμίζει τρία διαφορετικά μοντέλα αξιοποίησης των ΑΚΕΕ στην παρουσίαση της διάλεξής του στο Τμήμα Μηχανικών Οικονομίας και Διοίκησης του Πανεπιστημίου Αιγαίου, υπογραμμίζοντας τα πιθανά πλεονεκτήματα που συνδέονται με αυτά τα κέντρα.

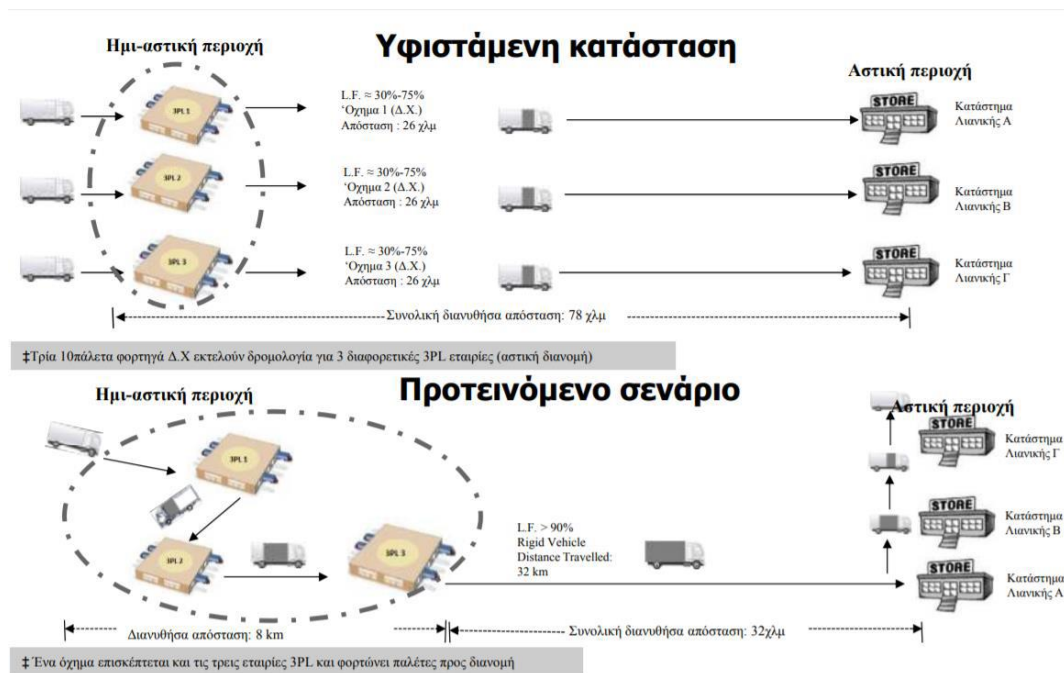


**Εικόνα 2.15:** Παρουσιάζοντας το μοντέλο χρήσης ΑΚΕΕ

*Πηγή: (Ζεϊμπέκης Β. , Αστικά Κέντρα Ενοποίησης Εμπορευμάτων: Βασικά χαρακτηριστικά και ευρωπαϊκές πρακτικές, 2018)*

Στο προτεινόμενο μοντέλο, ένα ρυμουλκούμενο φορτηγό χωρητικότητας 30 παλετών αναλαμβάνει τη μεταφορά των προϊόντων στην ΑΚΕΕ, όπου τα εμπορεύματα υπόκεινται σε ενοποίηση. Από εκεί αναλαμβάνουν φορτηγά διανομής, παραδίδοντας τα προϊόντα στα καταστήματα λιανικής. Αυτή η προσέγγιση έρχεται σε αντίθεση με την τρέχουσα πρακτική, όπου κάθε όχημα συλλέγει τα εμπορεύματα από την αποθήκη και τα μεταφέρει ξεχωριστά σε κάθε κατάστημα λιανικής. Για την αποτελεσματική εφαρμογή αυτής της στρατηγικής στη χώρα μας, είναι απαραίτητη η αρχική επένδυση σε στόλο μεγάλων οχημάτων. Αυτά τα οχήματα θα λειτουργούν μεταξύ ημιαστικών περιοχών, όπου βρίσκονται τα κέντρα διανομής, και του κέντρου ενοποίησης στην πόλη. Ωστόσο, ο βασικός καθοριστικός παράγοντας επιτυχίας έγκειται στο ποσοστό πληρότητας των φορτηγών διανομής. Ενώ το τρέχον ποσοστό πληρότητας ανέρχεται στο 65%, το μοντέλο ΑΚΕΕ απαιτεί ποσοστό άνω του 90%. Για να επιτευχθεί αυτό απαιτείται όχι μόνο η κατάλληλη υποδομή αλλά και αποτελεσματικά συστήματα διαχείρισης αποθήκης.

Στην Ελλάδα, το ποσοστό πληρότητας φορτηγών εθνικών μεταφορών υπερβαίνει το 70%, σε αντίθεση με το ποσοστό 40% που αναφέρεται για τις εθνικές μεταφορές στην ΕΕ από το 2018. Η τάση αυτή επεκτείνεται και στα φορτηγά που πραγματοποιούν παραδόσεις εντός Αθηνών. Είναι αξιοσημείωτο ότι έχει σημειωθεί ελάχιστη αλλαγή στην ηλικία των φορτηγών την τελευταία δεκαετία. Ο στόλος διανομής στην Αττική, για παράδειγμα, έχει ηλικία από 15 έως και άνω των 20 ετών. Είναι αξιοσημείωτο να ληφθεί υπόψη ότι τα ποσοστά πληρότητας αντιπροσωπεύουν συνήθως τα ταξίδια απλής μετάβασης, ενώ η συνυπολογισμός του ταξιδιού επιστροφής, κατά τη διάρκεια του οποίου τα φορτηγά ταξιδεύουν συχνά άδεια, θα μπορούσε να αλλάξει σημαντικά αυτά τα στοιχεία.



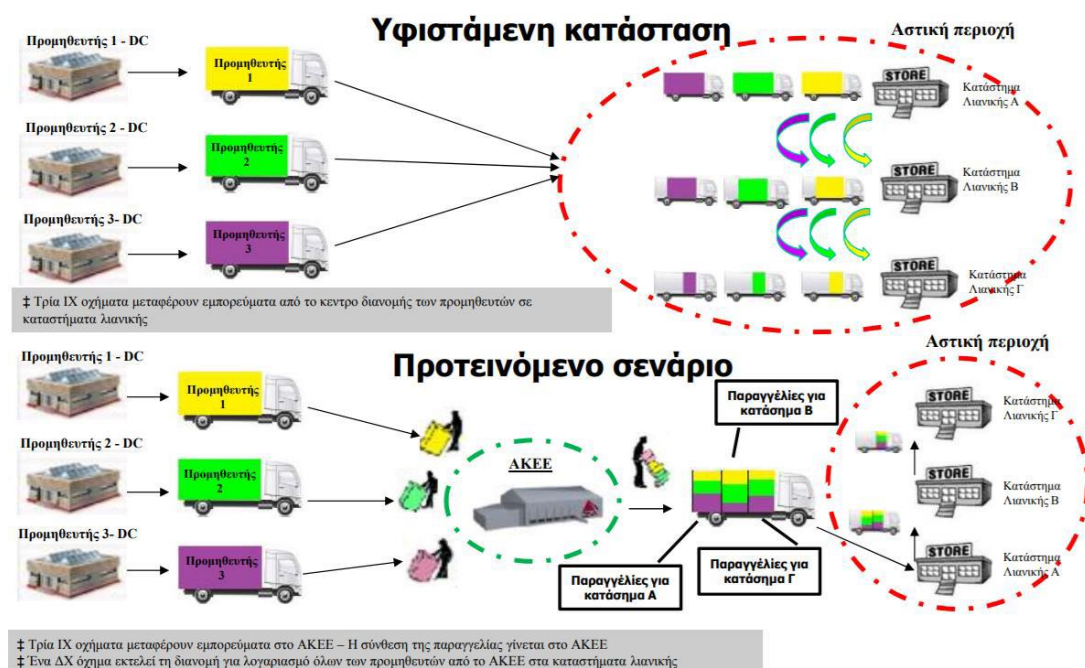
**Εικόνα 2.16:** Μοντέλο χρήσης Third Party Logistic εταιρειών

Πηγή: (Ζεϊμπέκης Β. , *Αστικά Κέντρα Ενοποίησης Εμπορευμάτων: Βασικά χαρακτηριστικά και ευρωπαϊκές πρακτικές*, 2018)

Το δεύτερο μοντέλο περιστρέφεται γύρω από τη συνεργασία με εταιρείες logistics τρίτων (3PL). Αυτές οι οντότητες προσφέρουν ολοκληρωμένες υπηρεσίες, συμπεριλαμβανομένης της εξωτερικής μεταφοράς και αποθήκευσης, για διάφορες πτυχές της αλυσίδας εφοδιασμού. Το προτεινόμενο σενάριο περιλαμβάνει τη συλλογή εμπορευμάτων από αποθήκες που λειτουργούν από εταιρείες 3PL και την κοινή διανομή τους. Ο στόχος είναι να μειωθεί το κόστος και το αποτύπωμα άνθρακα χρησιμοποιώντας ένα μόνο όχημα με μεγαλύτερη χωρητικότητα φόρτωσης.

Επί του παρόντος, χρησιμοποιούνται φορτηγά μεταφοράς μικρού κυβισμού για τη συλλογή εμπορευμάτων από εταιρείες 3PL. Με ποσοστό πληρότητας που κυμαίνεται από 30% έως 75%, κάθε φορτηγό παραδίδει τα εμπορεύματα στον αντίστοιχο λιανοπωλητή που εξυπηρετεί. Το προτεινόμενο μοντέλο προτείνει τη χρήση φορτηγών μεγαλύτερης χωρητικότητας. Αυτά τα φορτηγά θα μπορούν να συλλέγουν αγαθά από πολλές εταιρείες 3PL, επιτυγχάνοντας υψηλότερο ποσοστό πληρότητας περίπου 90%, πριν τα μεταφέρουν σε καταστήματα λιανικής. Αυτή η προσέγγιση θα μπορούσε ενδεχομένως να μειώσει στο μισό τον αριθμό των φορτηγών και των χιλιομέτρων που διανύονται.

Ωστόσο, η εφαρμογή ενός τέτοιου μοντέλου σε μια μεγάλη πόλη όπως η Αθήνα ή η Θεσσαλονίκη παρουσιάζει αρκετούς περιορισμούς. Πρώτον, η είσοδος μεγάλων φορτηγών στα κέντρα των πόλεων περιορίζεται σε συγκεκριμένες ώρες, με πιθανότητα πλήρους απαγόρευσης στο μέλλον. Ως εκ τούτου, η πρακτικότητα αυτής της προσέγγισης σε αστικά περιβάλλοντα μπορεί να είναι περιορισμένη. Επιπλέον, η αποτελεσματική διαχείριση είναι ζωτικής σημασίας σε διάφορα στάδια, συμπεριλαμβανομένης της αποθήκευσης, της εκφόρτωσης και της δρομολόγησης. Η διανομή αγαθών σε πολλά σημεία εντός του χώρου αποθήκευσης απαιτεί σχολαστικό σχεδιασμό για την αποφυγή καθυστερήσεων και τη διασφάλιση της προσβασιμότητας σε όλα τα είδη κατά την παράδοση στα καταστήματα λιανικής. Ενώ αυτή η πρακτική φαίνεται να προσφέρει σημαντικές μειώσεις κόστους και χιλιομετρικών αποστάσεων που πρέπει να διανυθούν, εισάγει επίσης πρόσθετο κόστος σε άλλα στάδια υλικοτεχνικής υποστήριξης, τα οποία πρέπει να εξεταστούν προσεκτικά.



**Εικόνα 2.17:** Μοντέλο ενοποίησης εμπορευμάτων σε ΑΚΕΕ και διανομή

Πηγή: (Ζεϊμπέκης Β. , Αστικά Κέντρα Ενοποίησης Εμπορευμάτων: Βασικά χαρακτηριστικά και ευρωπαϊκές πρακτικές, 2018)

Το τρίτο σενάριο υπογραμμίζει τη σημασία των Αστικών Κέντρων Ενοποίησης Εμπορευμάτων (ΑΚΕΕ) για αποτελεσματική παράδοση σε αστικές περιοχές. Χωρίς τέτοια κέντρα, τα φορτηγά διανομής αναχωρούν από διάφορες αποθήκες προμηθευτών, με το καθένα να μεταφέρει προϊόντα που προορίζονται για τα ίδια καταστήματα. Κατά συνέπεια, πολλά φορτηγά διασχίζουν παρόμοιες διαδρομές, προκαλώντας αναποτελεσματικότητα. Οι ΑΚΕΕ εξορθολογίζουν αυτή τη διαδικασία ενοποιώντας προϊόντα από προμηθευτές και βελτιστοποιώντας τις οδούς παράδοσης για την εξυπηρέτηση πολλών καταστημάτων χωρίς καθυστερήσεις.

Σε αυτό το μοντέλο, η επιλογή του μεγέθους του φορτηγού και του ποσοστού πληρότητας παραμένει ζωτικής σημασίας. Απαιτούνται λεπτομερείς διαδικασίες φόρτωσης για την αποφυγή καθυστερήσεων και ο ενδεδειγμένος σχεδιασμός της διαδρομής είναι απαραίτητος για την εξασφάλιση έγκαιρων παραδόσεων. Ωστόσο, η εισαγωγή πρόσθετων στάσεων ενδέχεται να οδηγήσει ακούσια σε περαιτέρω καθυστερήσεις στη διανομή.

Ενώ η χρήση και η ανάπτυξη των ΑΚΕΕ μπορεί να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα της εφοδιαστικής, η χρησιμότητά τους εξαρτάται από την ανανέωση του στόλου και την εφαρμογή προηγμένων συστημάτων δρομολόγησης και πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον, στρατηγικές όπως περιβαλλοντικές ζώνες, κιβώτια διανομής και καθορισμένες λωρίδες διανομής θα μπορούσαν να εφαρμοστούν σε πόλεις όπως η Αθήνα και η Θεσσαλονίκη χωρίς σημαντικές αλλαγές στις υποδομές. Ωστόσο, η επιτυχής εφαρμογή των στρατηγικών αστικών εμπορευματικών μεταφορών στην Ελλάδα απαιτεί άμεση υποστήριξη από το κράτος, τις τοπικές αρχές και οικονομική βοήθεια από την Ευρωπαϊκή Ένωση και άλλους φορείς.

Όσον αφορά τις υποδομές στην Ελλάδα, λείπουν σύγχρονα σχέδια για την προώθηση και την ενσωμάτωση των εμπορευματικών μεταφορών. Τα υπάρχοντα εμπορικά κέντρα, που ανήκουν κατά κύριο λόγο σε ιδιωτικές εταιρείες, χρησιμεύουν ως κέντρα συλλογής και διανομής αγαθών σε εθνικό επίπεδο ή σε ολόκληρη την Ευρώπη. Τα εμπορευματικά κέντρα στην Ελλάδα βρίσκονται κυρίως κοντά σε μεγάλες πόλεις όπως η Αθήνα και η Θεσσαλονίκη, με πολλά να είναι διατροπικά και συνδεδεμένα με τον σιδηρόδρομο. Ωστόσο, τα μικρότερα εμπορευματικά κέντρα λειτουργούν ανεξάρτητα υπό την αιγίδα μεμονωμένων εταιρειών αντί για συλλογικές προσπάθειες εφοδιαστικής.

Στην Αττική, τα περισσότερα εμπορικά κέντρα έχουν αναπτυχθεί χωρίς κρατική οργάνωση ή βοήθεια, με αποτέλεσμα οι άναρχες διαρθρώσεις να στερούνται εξειδικευμένης υποδομής. Η ολοκλήρωση της Αττικής Οδού και οι βελτιώσεις στη Νέα Εθνική Οδό διευκόλυναν την ανάπτυξή τους, με περιοχές εμπορευμάτων να βρίσκονται σε στρατηγική θέση κατά μήκος αυτών των διαδρομών για άνετη συγκοινωνιακή πρόσβαση εντός της Αττικής. Τα εμπορικά κέντρα είναι συγκεντρωμένα σε περιοχές όπως ο Ασπρόπυργος και η Μαγούλα, ενώ άλλες περιοχές όπως η Μεταμόρφωση, η Νέα Κηφισιά, τα Οινόφυτα, το Σχηματάρι και ο Αυλώνας φιλοξενούν επίσης αποθήκες και εξυπηρετούν τις ανάγκες λιανικής της Αθήνας. Περιοχές όπως το Μαρκόπουλο και το Κορωπί απευθύνονται κυρίως σε δήμους της Μεσογείου, ενώ η γειτνίαση με το αεροδρόμιο Ελευθέριος Βενιζέλος διευκολύνει περαιτέρω τις λειτουργίες logistics.



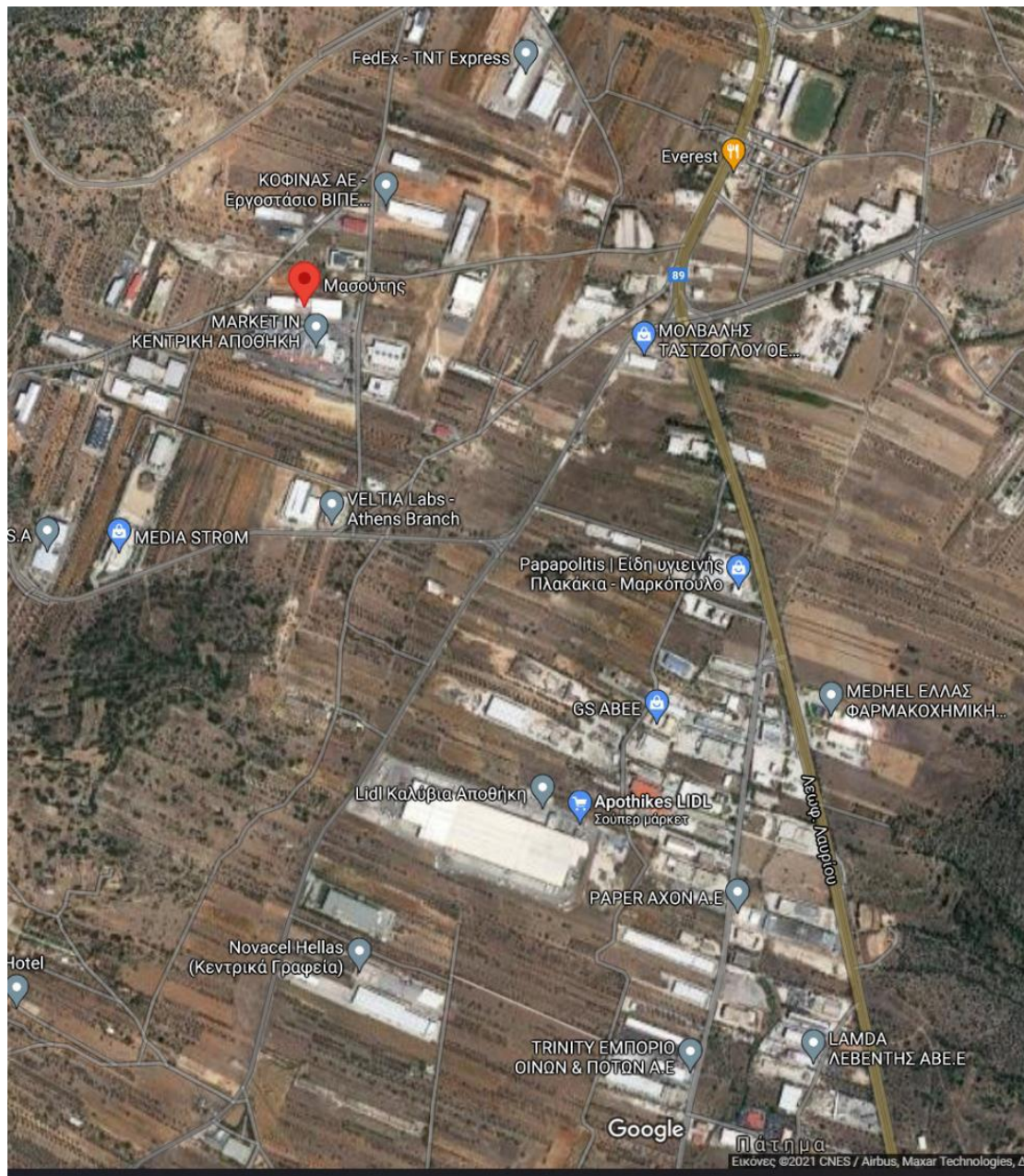
**Εικόνα 2.18:** Βιομηχανική Περιοχή, Μαγούλα

Πηγή: ([www.google.com/maps](http://www.google.com/maps) – Ανακτήθηκε 15-07-2024)



**Εικόνα 2.19:** Εμπορευματικό κέντρο, Οινόφυτα

Πηγή: ([www.google.com/maps](http://www.google.com/maps) – Ανακτήθηκε 15-07-2024)



**Εικόνα 2.20:** Εμπορευματικό κέντρο, Μαρκόπουλο

Πηγή: ([www.google.com/maps](http://www.google.com/maps) – Ανακτήθηκε 15-07-2024)

Το Εμπορευματικό Κέντρο Θριάσιο Πεδίο αποτελεί μια κομβική επένδυση στην Αττική, ιδιοκτησίας ΓΑΙΑΟΣΕ, έτοιμη να συγκεντρώσει και να εκσυγχρονίσει τις σιδηροδρομικές και εμπορευματικές δραστηριότητες της πρωτεύουσας. Η ενοποίηση αυτή, εκτός των οικιστικών ζωνών της Αθήνας, υπόσχεται ουσιαστικά περιβαλλοντικά και χωροταξικά οφέλη για ολόκληρο το πολεοδομικό συγκρότημα.

Το συγκρότημα περιλαμβάνει μια σειρά εγκαταστάσεων, όπως σταθμό διαλογής, τερματικό σταθμό εμπορευματοκιβωτίων, τελωνείο, εμπορικό σταθμό, αποθήκες και γραμμές αποθήκευσης για βαγόνια επικίνδυνων εμπορευμάτων, παράλληλα με βοηθητικές υπηρεσίες. Πραγματοποιήθηκε σε δύο επιχειρησιακές φάσεις (Α' και Β'), το έργο εξορθολογίζει τις δραστηριότητες που προηγουμένως ήταν διάσπαρτες σε όλη την Αθήνα.

Αναπόσπαστο τμήμα του εμπορευματικού κέντρου είναι μια ενιαία σιδηροδρομική γραμμή που συνδέει το λιμάνι του Πειραιά και συγκεκριμένα το Νέο Ικόνιο με το σταθμό Θριάσιο Πεδίο. Αποκλειστικά για τα εμπορευματικά τρένα, αυτή η γραμμή λειτουργεί ως κρίσιμη αρτηρία, συνδέοντας το λιμάνι με το ευρύτερο σιδηροδρομικό δίκτυο του συγκροτήματος. Αυτός ο σύνδεσμος διευκολύνει την αποτελεσματική διακίνηση εμπορευμάτων που εισάγονται μέσω θαλάσσης, διανέμοντάς τα πανελλαδικά σιδηροδρομικώς και αντίστροφα, βοηθώντας στην εξαγωγή ή τη μεταφορά σε νησιά του Αιγαίου.

Ο Μάιος του 2021 σηματοδότησε μια σημαντική εξέλιξη καθώς η Goldair ανέλαβε τη διοίκηση για την προώθηση έργων που είχαν σταματήσει στο εμπορευματικό κέντρο Θριάσιο Πεδίο. Τα σχέδια προβλέπουν την κατασκευή 235.000 τ.μ. κτιρίων, αποθήκες που φιλοξενούν 250.000 παλέτες, θέσεις στάθμευσης για 4.000 αυτοκίνητα και 120 θέσεις για φορτηγά. Το συγκρότημα εκτείνεται στην ιδιοκτησία της ΓΑΙΑΟΣΕ έκτασης περίπου 588 στρεμμάτων, παράλληλα με καθορισμένο σιδηροδρομικό σταθμό και εγκαταστάσεις διαλογής 1.450 στρεμμάτων, ιδιοκτησίας ΟΣΕ Α.Ε.

Δύο επιπλέον κτίρια εμβαδού 56.000 τ.μ. σε περίπου 139.000 τ.μ. γη, χαρακτηρισμένη ως K1-K2, προορίζονται για την ΤΡΑΙΝΟΣΕ για αποθήκευση μετά την ιδιωτικοποίηση. Το έργο σηματοδοτεί ένα σημαντικό άλμα προς τα εμπρός στις εμπορευματικές υποδομές της Αττικής, υποσχόμενος ενισχυμένη αποτελεσματικότητα, βιωσιμότητα και οικονομική ανάπτυξη.



**Εικόνα 2.21:** Μελλοντικές εγκαταστάσεις στο Θριάσιο

*Πηγή: ([www.xaidarisimera.gr](http://www.xaidarisimera.gr) – Ανακτήθηκε 15-07-2024)*

Παρά τις σημαντικές προσπάθειες, η Ελλάδα αγωνίστηκε να αξιοποιήσει τις δυνατότητές της στην ανάπτυξη στρατηγικών έργων υποδομής, ιδιαίτερα στον τομέα των συνδυασμένων μεταφορών και της εφοδιαστικής. Η δημιουργία ενός εθνικού δικτύου εμπορευματικών κέντρων, εμπορευματικών σταθμών και εμπορευματικών κόμβων το 1997, που χρηματοδοτήθηκε από το Ταμείο Συνοχής, αποτελεί παράδειγμα αυτής της φιλοδοξίας. Ωστόσο, νομοθετικά εμπόδια, όπως παραδείγματος χάριν ο Νόμος 3333/2005, και οι μεταγενέστερες τροποποιήσεις, εμπόδισαν την πρόοδο.

Η ψήφιση του Ν. 3333/2005 σηματοδότησε μια κομβική στιγμή, με στόχο τη ρύθμιση της ίδρυσης και λειτουργίας των Εμπορικών Κέντρων. Μεταγενέστερες τροποποιήσεις, όπως ο Νόμος 3710/2008, επιχείρησαν να αντιμετωπίσουν τις αδυναμίες της νομοθεσίας. Ωστόσο, η ψήφιση του Ν. 4302/2014 κατήργησε πλήρως τον Ν. 3333/2005, αντικαθιστώντας τον με διατάξεις που επικεντρώθηκαν στα Επιχειρηματικά Πάρκα. Αυτή η στροφή, αν και υποτίθεται ότι στόχευε στον χωροταξικό σχεδιασμό και την αστική ανάπτυξη, απέτυχε να αντιμετωπίσει τις στρατηγικές επιταγές του εκσυγχρονισμού και της ανάπτυξης των μεταφορών.

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, η Ελλάδα γνώρισε πρωτίστως την ανάπτυξη εμπορικών κέντρων μέσω ιδιωτικών πρωτοβουλιών, με περιορισμένη συμμετοχή από δημόσιους φορείς. Αυτή η τάση υπογραμμίζει τις προκλήσεις για την προώθηση ολοκληρωμένων έργων υποδομής και την προώθηση στρατηγικά συνδυασμένων μεταφορών. Παρά την πλεονεκτική γεωγραφική της θέση και τα άφθονα λιμάνια της, η Ελλάδα δεν έχει κεφαλαιοποιήσει αυτά τα περιουσιακά στοιχεία για να προωθήσει την καινοτομία στις μεταφορές και τα logistics.

Η έλλειψη προόδου στην ανάπτυξη υποδομών μπορεί να αποδοθεί σε διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων των νομοθετικών περιορισμών, της έλλειψης εμπειρογνομosύνης και της έλλειψης συντονισμένων προσπάθειών. Παρά τις μεμονωμένες πρωτοβουλίες, όπως η συνεργασία μεταξύ της εταιρείας ταχυμεταφορών ACS και της Shell για την υλοποίηση κιβωτίων διανομής, η Ελλάδα δεν έχει ακόμη αξιοποιήσει πλήρως τις δυνατότητες της υποδομής και των υλικοτεχνικών της δυνατοτήτων. Η αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων θα απαιτήσει μια συντονισμένη προσέγγιση, στην οποία θα συμμετέχουν τόσο δημόσιοι όσο και ιδιωτικοί φορείς, για να ξεκλειδώσει το δυναμικό της Ελλάδας ως στρατηγικού κόμβου συνδυασμένων μεταφορών και logistics.



**Εικόνα 2.22:** Μοντέλο Click & Collect της εταιρείας ACS

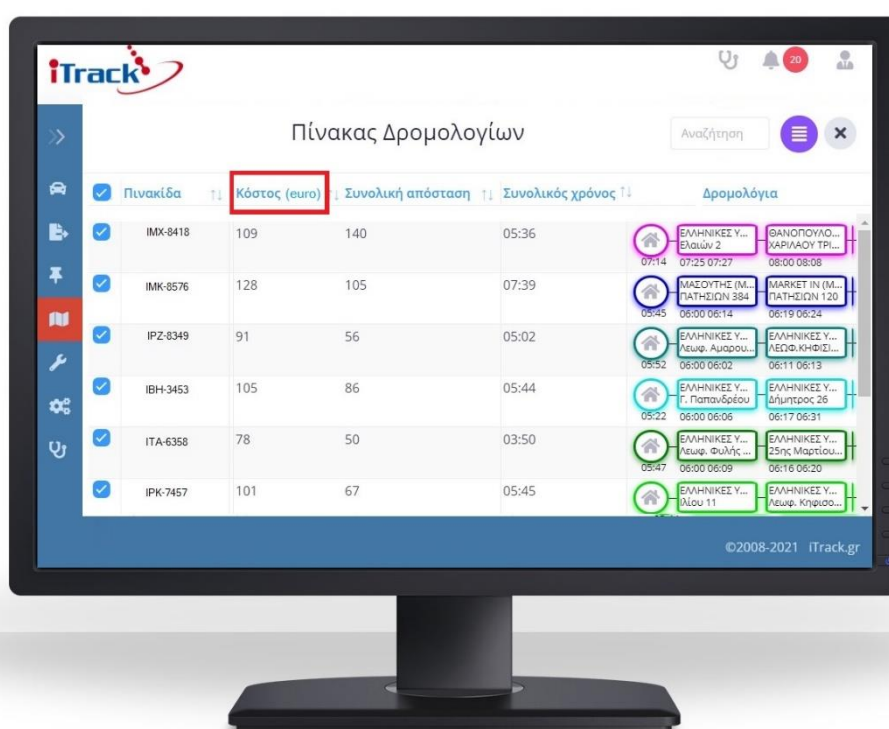
Η εισαγωγή των κιβωτίων διανομής αντιπροσωπεύει μια σημαντική πρόοδο στον τομέα της εφοδιαστικής, προσφέροντας στους παραλήπτες την ευκολία να λαμβάνουν αποστολές όλο το εικοσιτετράωρο χωρίς την ανάγκη παραδοσιακής παράδοσης κατ' οίκον. Επιπλέον, αυτά τα κουτιά παρέχουν ενημερώσεις αποστολής σε πραγματικό χρόνο και ενισχύουν την ευελιξία για τους πελάτες. Με βάση αυτή την πρωτοβουλία, ξεκίνησε τον Μάρτιο του 2021 ένα πιλοτικό πρόγραμμα για έξυπνες θυρίδες, εστιάζοντας αρχικά σε επιλεγμένες περιοχές της Αττικής. Εν αναμονή της ολοκλήρωσης της δοκιμαστικής περιόδου, βρίσκονται υπό εξέταση σχέδια για επέκταση σε άλλες βασικές πόλεις όπως η Θεσσαλονίκη, η Πάτρα, τα Ιωάννινα και η Κρήτη. Σημειωτέον, αυτά τα ερμάρια θα τοποθετηθούν στρατηγικά σε περιοχές με μεγάλη κίνηση κατά μήκος σημαντικών οδικών αρτηριών όπως η Λεωφόρος Κηφισίας, η Λεωφόρος Ποσειδώνος και η Λεωφόρος Αθηνών. Η ενθάρρυνση της υιοθέτησης και της χρήσης αυτών των καινοτομιών από τους πολίτες είναι απαραίτητη για τη διαρκή λειτουργία και επέκτασή τους, υπογραμμίζοντας τη σημασία της δημόσιας υποστήριξης και δέσμευσης.

Όσον αφορά τις άυλες υποδομές, η Ελλάδα έχει σημειώσει περιορισμένη πρόοδο παρά τον πολλαπλασιασμό των τεχνολογικών λύσεων και εφαρμογών που στοχεύουν στη βελτιστοποίηση της διαχείρισης, της αποθήκευσης και της διανομής της κυκλοφορίας. Στατιστικά στοιχεία από το 9ο ITS (Intelligent Transport Systems) Hellas Conference που έλαβε χώρα στις 5 και 6 Ιουνίου 2024 αποκαλύπτουν ότι μόνο ένα μικρό ποσοστό των επιχειρήσεων στην Ελλάδα έχει ενστερνιστεί τις δυνατότητες συνεχούς διαδικτυακής παρακολούθησης φορτίου, με πολλές άλλες να έχουν μόνο μερική πρόσβαση σε τέτοιες πληροφορίες. Αυτό υποδηλώνει επίμονο κενό γνώσης και απροθυμία να υιοθετήσουν προηγμένα τεχνολογικά συστήματα μεταξύ των επιχειρήσεων στη χώρα.

Ενώ υπάρχουν διάφορες εφαρμογές για παρακολούθηση της κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο και βελτιστοποίηση διαδρομής, η αποτελεσματικότητά τους παρεμποδίζεται από την έλλειψη ολοκληρωμένων δεδομένων παρακολούθησης και υποδομής. Ενώ τα τρέχοντα συστήματα διαχείρισης της κυκλοφορίας, όπως τα σήματα μεταβλητών μηνυμάτων, παρέχουν ενημερώσεις σε πραγματικό χρόνο για ατυχήματα και καθυστερήσεις, δεν αξιοποιούν πλήρως το δυναμικό των τεχνολογικών εξελίξεων.

Ωστόσο, η υιοθέτηση εξειδικευμένου λογισμικού και εφαρμογών για τη βελτιστοποίηση διαδρομής και την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο αντιπροσωπεύει μια οικονομικά αποδοτική στρατηγική για τη βελτίωση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Παρά τη διαθεσιμότητα τέτοιων λύσεων, η υιοθέτησή τους παραμένει περιορισμένη κυρίως σε μεγάλες αλυσίδες στην Ελλάδα.

Προχωρώντας προς τα εμπρός, υπάρχει μια σαφής ευκαιρία για επιχειρήσεις όλων των μεγεθών να αξιοποιήσουν την προηγμένη τεχνολογία για τον εξορθολογισμό των λειτουργιών logistics και τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας. Αγκαλιάζοντας καινοτόμες λύσεις για σχεδιασμό δρομολόγησης, παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο και παρακολούθηση παράδοσης, οι επιχειρήσεις μπορούν να βελτιστοποιήσουν τις αλυσίδες εφοδιασμού τους, να μειώσουν το κόστος και να βελτιώσουν την ικανοποίηση των πελατών. Ωστόσο, η καλλιέργεια μιας κουλτούρας τεχνολογικής υιοθέτησης και η παροχή επαρκούς υποστήριξης και πόρων θα είναι ουσιαστικής σημασίας για την υλοποίηση αυτών των πλεονεκτημάτων στην ευρύτερη επιχειρηματική κοινότητα.



**Εικόνα 2.23:** Ελληνικό σύστημα βέλτιστης δρομολόγησης οχημάτων

Πηγή: ([www.itrack.gr](http://www.itrack.gr) – Ανακτήθηκε 11-07-2024)

Είναι ηλίου φαεινότερο ότι η υιοθέτηση προηγμένων συστημάτων και πρακτικών logistics απαιτεί κάτι περισσότερο από απλή προώθηση από τις εταιρείες που τα αναπτύσσουν. Χρειάζεται ενεργή υποστήριξη και προώθηση από το κράτος. Οι κυβερνητικές πρωτοβουλίες για την προώθηση τέτοιων πρακτικών μέσω της διάδοσης πληροφοριών και της χρηματοδότησης είναι ζωτικής σημασίας για την ευρεία εφαρμογή τους, καθώς έχουν τη δυνατότητα να επηρεάσουν σημαντικά τις πόλεις και να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα των αστικών μεταφορών. Επιπλέον, η επένδυση στην εκπαίδευση του προσωπικού στη χρήση αυτών των συστημάτων είναι απαραίτητη για τη διασφάλιση της αποτελεσματικής εφαρμογής και αξιοποίησής τους από τις επιχειρήσεις.

Η εισαγωγή καινοτόμων εγχειρημάτων όπως η πλατφόρμα της WareM&O (Warehouse Match & Optimize) για τη συλλογική χρήση αποθηκευτικού χώρου αντιπροσωπεύει μια πολλά υποσχόμενη εξέλιξη στον τομέα των εμπορευματικών μεταφορών. Ωστόσο, για να ευδοκιμήσουν τέτοιες πρωτοβουλίες, απαιτούν νομική υποστήριξη και ρυθμιστικά πλαίσια που διευκολύνουν τη λειτουργία τους και τους επιτρέπουν να έχουν θετικά αποτελέσματα. Η νομική υποστήριξη μπορεί να παρέχει το απαραίτητο πλαίσιο για την αποτελεσματική εφαρμογή αυτών των πρακτικών και να συμβάλει στην επιτυχία τους.

Από πλευράς εξοπλισμού, ενώ ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα είναι διαθέσιμα στην ελληνική αγορά εδώ και αρκετό καιρό, η υιοθέτησή τους από τις εταιρείες παραμένει περιορισμένη. Παράγοντες όπως η οικονομική κρίση και η οικονομική πίεση που επιβλήθηκε από την πανδημία έχουν εμποδίσει τις εκτεταμένες επενδύσεις σε ηλεκτρικά οχήματα. Επιπλέον, η έλλειψη εργαλείων κρατικής χρηματοδότησης περιπλέκει περαιτέρω την κατάσταση. Η μετάβαση στα ηλεκτρικά οχήματα όχι μόνο συνεπάγεται υψηλότερο αρχικό κόστος, αλλά απαιτεί επίσης την ανάπτυξη υποδομής φόρτισης και προσεκτική εξέταση της ικανότητας του ηλεκτρικού δικτύου να υποστηρίζει τέτοια οχήματα. Ως εκ τούτου, η υιοθέτηση ηλεκτρικών οχημάτων απαιτεί ολοκληρωμένο σχεδιασμό, επενδύσεις και ανάπτυξη υποδομών, γεγονός που μπορεί να δημιουργήσει προκλήσεις για τις επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στην Ελλάδα.

Όσον αφορά τις εναλλακτικές μεθόδους διανομής όπως τα ποδήλατα φορτίου, ενώ έχουν αποδειχθεί επιτυχημένες σε πόλεις με αποκλειστική ποδηλατική υποδομή, η

σκοπιμότητά τους σε ελληνικές πόλεις με περιορισμένη ποδηλατική υποδομή παραμένει αβέβαιη. Χωρίς επαρκείς ποδηλατοδρόμους, η χρήση ποδηλάτων φορτίου θα μπορούσε να επιδεινώσει τη συμφόρηση και τις ανησυχίες για την ασφάλεια. Ωστόσο, σε μικρότερες πόλεις ή περιοχές με υπάρχουσα ποδηλατική υποδομή, τα ποδήλατα φορτίου θα μπορούσαν να προσφέρουν μια βιώσιμη λύση για τις ανάγκες τοπικής διανομής. Τελικά, η υιοθέτηση καινοτόμου εξοπλισμού και μεθόδων διανομής στην Ελλάδα απαιτεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση που θα λαμβάνει υπόψη την ανάπτυξη υποδομών, τη ρυθμιστική υποστήριξη και τα οικονομικά κίνητρα για τη διευκόλυνση της εφαρμογής τους και τη μεγιστοποίηση των οφελών τους τόσο για τις επιχειρήσεις όσο και για τις αστικές κοινότητες.

Έχετε απόλυτο δίκιο για τα πιθανά οφέλη από την υιοθέτηση καινοτόμων πρακτικών όπως τα drones, τα ρομπότ διανομής και τα αυτόνομα οχήματα στην Ελλάδα. Ωστόσο, η επιτυχής εφαρμογή τους εξαρτάται όχι μόνο από την απόκτηση της απαραίτητης τεχνογνωσίας και κατάρτισης, αλλά και από την ενθάρρυνση της αλλαγής νοοτροπίας μεταξύ των επιχειρήσεων για να υιοθετήσουν αυτές τις τεχνολογίες. Η έλλειψη ευαισθητοποίησης και πληροφοριών σχετικά με αυτές τις τεχνολογίες μπορεί να συμβάλει στην απροθυμία των επιχειρήσεων να τις υιοθετήσουν, υπογραμμίζοντας τη σημασία της εκπαίδευσης και των προσπαθειών ευαισθητοποίησης.

Όσον αφορά τα ρυθμιστικά πλαίσια για τις αστικές μεταφορές στην Ελλάδα, τα υφιστάμενα μέτρα επικεντρώνονται κυρίως σε οργανωτικά ζητήματα και ρυθμιστικούς κανόνες. Για παράδειγμα, οι περιορισμοί στην πρόσβαση και τη στάθμευση φορτηγών σε ορισμένες περιοχές της Αθήνας στοχεύουν στη διαχείριση της ροής της κυκλοφορίας και στην άμβλυνση της κυκλοφοριακής συμφόρησης. Η εφαρμογή πρακτικών όπως οι νυχτερινές διανομές, οι οποίες ήταν επιτυχείς σε άλλες χώρες, θα μπορούσαν να συμβάλουν στη βελτιστοποίηση της αποτελεσματικότητας των μεταφορών. Ωστόσο, απαιτεί προσεκτική εξέταση παραγόντων όπως το προσωπικό για τις νυχτερινές βάρδιες και το πρόσθετο κόστος που σχετίζεται με τις νυχτερινές λειτουργίες.

Ενώ πρακτικές όπως οι κοντινές περιοχές διανομής και οι λωρίδες μόνο για φορτηγά μπορεί να απαιτούν σημαντική αναδιοργάνωση της υποδομής, άλλες όπως η ανάπτυξη περιβαλλοντικών ζωνών προσφέρουν σχετικά ευκολότερες και σημαντικές λύσεις. Η αξιοποίηση των τεχνολογικών προόδων για την υποστήριξη της υλοποίησης

περιβαλλοντικών ζωνών μπορεί να ενισχύσει την αποτελεσματικότητά τους και να διευκολύνει την καλύτερη οργάνωση των καθημερινών παραδόσεων, προς όφελος τόσο των πολιτών όσο και των επιχειρήσεων.

Τελικά, η προώθηση της υιοθέτησης καινοτόμων πρακτικών αστικών εμπορευματικών μεταφορών στην Ελλάδα απαιτεί μια πολύπλευρη προσέγγιση που περιλαμβάνει εκπαίδευση, κανονιστική υποστήριξη, τεχνολογική ολοκλήρωση και ανάπτυξη υποδομών. Υιοθετώντας αυτές τις πρακτικές, η Ελλάδα μπορεί να βελτιώσει την αποδοτικότητα των μεταφορών, να μειώσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και να βελτιώσει τη συνολική ποιότητα της αστικής ζωής.

## 2.2 Το πρόβλημα δρομολόγησης Οχημάτων (VRP)

Το Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων (VRP) είναι ένας σημαντικός τομέας μελέτης από την εισαγωγή του από τους Dantzig και Ramser το 1959. Παραμένει ένα από τα πιο κρίσιμα και εφαρμόσιμα προβλήματα διανομής στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Εφαρμόζοντας αρχικά σε σενάρια όπως η διανομή βενζίνης σε πρατήρια καυσίμων, το VRP στοχεύει στη βελτιστοποίηση των διαδρομών μεταφοράς για ένα στόλο οχημάτων που ξεκινούν και τελειώνουν σε μια κεντρική αποθήκη, ικανοποιώντας παράλληλα τη ζήτηση των πελατών.

Η πολυπλοκότητα του προβλήματος του VRP το ταξινομεί ως NP-Complex, προτρέποντας την ανάπτυξη διαφόρων τεχνικών λύσης που κατηγοριοποιούνται σε τρεις κύριες ομάδες: Ακριβείς αλγόριθμους, Ευρετικούς αλγόριθμους και Μεταευρετικούς αλγόριθμους.

1. Ακριβείς αλγόριθμοι: Αυτοί οι αλγόριθμοι απαριθμούν εξαντλητικά κάθε πιθανή λύση μέχρι να εντοπιστεί η βέλτιστη. Ενώ εγγυώνται την καλύτερη λύση, συνήθως απαιτούν υψηλή υπολογιστική ισχύ και είναι μη πρακτικοί για προβλήματα μεγάλης κλίμακας. Παραδείγματα τέτοιων αλγορίθμων είναι οι Branch and Bound, Dijkstra Algorithm και Integer Linear Programming.

2. Ευρετικοί αλγόριθμοι: Αυτές οι προσεγγίσεις διερευνούν ένα περιορισμένο τμήμα του χώρου λύσης, παράγοντας αποτελεσματικές λύσεις που χαρακτηρίζονται από χαμηλότερες υπολογιστικές απαιτήσεις. Ένα αξιοσημείωτο παράδειγμα είναι ο αλγόριθμος εξοικονόμησης κόστους των Clarke και Wright (1964), ο οποίος

προσδιορίζει πιθανές εξοικονομήσεις κόστους με τη συγχώνευση εφικτών διαδρομών. Άλλα παραδείγματα είναι οι Nearest Neighbor Heuristic και Sweep Algorithm.

3. Μεταερευνητικοί αλγόριθμοι: Αυτές οι μέθοδοι, που αναπτύχθηκαν τις τελευταίες δεκαετίες, συνδυάζουν διαδικασίες τοπικής αναζήτησης με στρατηγικές υψηλότερου επιπέδου για να ξεφύγουν από τα τοπικά ελάχιστα και να δημιουργήσουν λύσεις υψηλής ποιότητας για προβλήματα NP-Complex. Η αποτελεσματικότητά τους στην εύρεση σχεδόν βέλτιστων λύσεων τα έχει κάνει δημοφιλή για VRP και άλλα πολύπλοκα προβλήματα βελτιστοποίησης. Παραδείγματα τέτοιων αλγορίθμων είναι τα Genetic Algorithms, Simulated Annealing, Tabu Search και Ant Colony Optimization.

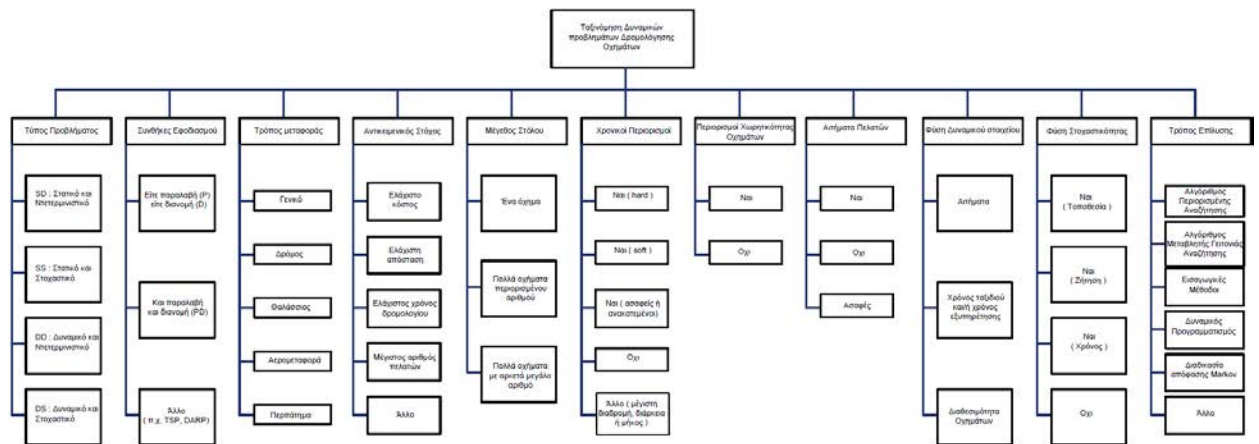
Κάθε κατηγορία αλγορίθμων έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της, με τους μεταερευνητικούς αλγόριθμους να προσφέρουν συχνά μια ισορροπία μεταξύ ποιότητας λύσης και υπολογιστικής απόδοσης. Καθώς οι επιχειρήσεις επιδιώκουν να βελτιστοποιήσουν τις λειτουργίες διανομής τους και να μειώσουν το κόστος μεταφοράς, η εφαρμογή αυτών των αλγορίθμων γίνεται όλο και πιο σχετική και πολύτιμη.

#### 2.2.1 Ανάλυση των Προβλημάτων Δρομολόγησης

Το 2015 οι Psaraftis, Wen και Kontovas (Psaraftis, 2014) στην εργασία τους προχώρησαν στην δημιουργία μιας ταξινόμησης των τότε γραμμένων εργασιών με θέμα το δυναμικό πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων που βασίζεται σε 11 κριτήρια. Τα κριτήρια αυτά είναι τα ακόλουθα και παρουσιάζονται στο σχετικό διάγραμμα παρακάτω και αναλύονται εκτενώς το καθένα ξεχωριστά:

- Τύπος προβλήματος
- Συνθήκες Εφοδιασμού
- Τρόπος Μεταφοράς
- Αντικειμενικός Στόχος
- Μέγεθος Στόλου Οχημάτων
- Χρονικοί Περιορισμοί
- Δυνατότητα απόρριψης πελατών
- Φύση Δυναμικού στοιχείου

- Φύση στοχαστικότητας
- Τρόπος Επίλυσης



**Εικόνα 2.24:** Πίνακας Ταξινόμησης Δυναμικών Προβλημάτων Δρομολόγησης Οχημάτων

Η ταξινόμηση των προβλημάτων δρομολόγησης οχημάτων (VRPs) με βάση διάφορα κριτήρια βοηθά στην κατανόηση της φύσης και της πολυπλοκότητας αυτών των προβλημάτων. Ακολουθεί μια ανάλυση των διαφόρων τύπων προβλημάτων και των χαρακτηριστικών τους:

1. Πρόβλημα στατικής δρομολόγησης: Σε ένα πρόβλημα στατικής δρομολόγησης, όλες οι σχετικές πληροφορίες σχετικά με το σχεδιασμό διαδρομής είναι γνωστές στον διεκπεραιωτή πριν ξεκινήσει η διαδικασία σχεδιασμού. Αυτό περιλαμβάνει τοποθεσίες πελατών, χρόνους εξυπηρέτησης, ζήτησης και χρόνους ταξιδιού μεταξύ πελατών.
2. Πρόβλημα δυναμικής δρομολόγησης: Αντίθετα, ένα πρόβλημα δυναμικής δρομολόγησης περιλαμβάνει στοιχεία που αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου. Δεν είναι γνωστές όλες οι πληροφορίες σχεδιασμού διαδρομής εκ των προτέρων και μπορεί να αλλάζουν κατά τη διάρκεια ή μετά την αρχική φάση σχεδιασμού.
3. Στοχαστικό έναντι ντετερμινιστικού προβλήματος δρομολόγησης οχήματος: Στα ντετερμινιστικά VRP, όλες οι τιμές δεδομένων είναι γνωστές στον προγραμματιστή κατά τη διαμόρφωση του προβλήματος, ενώ στα στοχαστικά VRP, οι τιμές των τυχαίων μεταβλητών γίνονται γνωστές κατά την εκτέλεση. Στοχαστικοί παράγοντες όπως η τυχαία ζήτηση ή οι χρόνοι ταξιδιού λόγω καιρικών συνθηκών ή κλειστών δρόμων καθιστούν το πρόβλημα πιο απρόβλεπτο.

4. Όροι Παροχής: Τα VRP μπορούν να επικεντρωθούν σε παραλαβές προϊόντων (παραλαβή) ή παραδόσεις σε πελάτες (παράδοση). Για παράδειγμα, το Πρόβλημα του Ταξιδιώτη Πωλητή (TSP) είναι ένα πρόβλημα μόνο για παράδοση, ενώ το Πρόβλημα Ταξιδιώτη Επισκευαστή (TRP) αφορά μόνο παραλαβές.

5. Τρόπος μεταφοράς: Τα VRP μπορούν να περιλαμβάνουν διάφορους τρόπους μεταφοράς, συμπεριλαμβανομένων των οδικών, θαλάσσιων, αεροπορικών και πεζών διαδρομών. Ο πιο κοινός τρόπος είναι οι οδικές μεταφορές, αλλά τα VRP μπορούν επίσης να ισχύουν για θαλάσσιες και αεροπορικές διαδρομές, καθώς και για περιπατητικές.

6. Αντικειμενική συνάρτηση: Ο στόχος ενός VRP καθορίζει εάν το πρόβλημα στοχεύει στη μεγιστοποίηση ή την ελαχιστοποίηση ορισμένων παραμέτρων όπως το κόστος ταξιδιού, ο χρόνος, η απόσταση, ο αριθμός των πελατών που εξυπηρετούνται ή το κέρδος.

7. Μέγεθος στόλου: Αυτό το κριτήριο αναφέρεται στον αριθμό των διαθέσιμων οχημάτων για το πρόβλημα. Μπορεί να κυμαίνεται από ένα μεμονωμένο όχημα έως ένα συγκεκριμένο μέγεθος στόλου ή ακόμη και άπειρο αριθμό οχημάτων σε ορισμένες περιπτώσεις. Τα VRP μπορεί να περιλαμβάνουν είτε ομοιογενείς στόλους (με πανομοιότυπα οχήματα) είτε ετερογενείς στόλους (με διαφορετική χωρητικότητα και χαρακτηριστικά οχημάτων).

Η κατανόηση αυτών των ταξινομήσεων βοηθά στη διαμόρφωση κατάλληλων προσεγγίσεων λύσεων για διαφορετικούς τύπους VRP, λαμβάνοντας υπόψη τα ειδικά χαρακτηριστικά και τους στόχους τους.

Ο χαρακτηρισμός των προβλημάτων δρομολόγησης επεκτείνεται σε διάφορους περιορισμούς και δυναμικά στοιχεία που επηρεάζουν την πολυπλοκότητά τους και τις προσεγγίσεις επίλυσης:

1. Χρονικά όρια: Οι χρονικοί περιορισμοί, γνωστοί ως χρονικά παράθυρα, καθορίζουν πότε μπορούν να εξυπηρετηθούν οι πελάτες. Αυτοί οι περιορισμοί μπορεί να είναι σκληροί, πράγμα που σημαίνει ότι πρέπει να τηρούνται αυστηρά ή ήπιοι, επιτρέποντας κάποια απόκλιση από τους υποσχόμενους χρόνους παράδοσης με τις σχετικές ποινές.

2. Περιορισμοί χωρητικότητας οχημάτων: Η χωρητικότητα του στόλου οχημάτων μπορεί να είναι άπειρη ή περιορισμένη, με οχήματα να έχουν παρόμοια ή διαφορετική χωρητικότητα.

3. Αιτήματα πελατών: Ορισμένα VRP επιτρέπουν την απόρριψη πελατών, κάτι που είναι πιο συνηθισμένο σε δυναμικά σενάρια με περιορισμένα οχήματα ή στενά χρονικά παράθυρα.

4. Φύση δυναμικού στοιχείου: Τα δυναμικά VRP περιλαμβάνουν στοιχεία που αλλάζουν κατά την εκτέλεση της διαδρομής, όπως αιτήματα νέων πελατών, ακυρώσεις ή αλλαγές στην τοποθεσία, τη ζήτηση ή τη διάρκεια ταξιδιού.

5. Στοχαστική φύση: Τα στοχαστικά VRP περιλαμβάνουν αβεβαιότητα, με τυχαία στοιχεία όπως τοποθεσίες πελατών, ζήτηση ή χρόνους ταξιδιού. Η αβεβαιότητα τοποθεσίας πελατών είναι η πιο διαδεδομένη, ακολουθούμενη από το μέγεθος της ζήτησης και τη μεταβλητότητα του χρόνου ταξιδιού.

6. Μέθοδοι επίλυσης: Διάφορες μέθοδοι, συμπεριλαμβανομένων των ακριβών αλγορίθμων, των ευρετικών αλγορίθμων και των μεταευρετικών αλγορίθμων, χρησιμοποιούνται για την επίλυση προβλημάτων δρομολόγησης. Οι ευρετικές μέθοδοι προτιμώνται συχνά για την αποτελεσματικότητά τους, ειδικά όταν απαιτούνται σύντομοι χρόνοι επίλυσης.

Η κατανόηση αυτών των χαρακτηριστικών βοηθά στην επιλογή κατάλληλων προσεγγίσεων λύσεων και στη διαμόρφωση αποτελεσματικών στρατηγικών για την αντιμετώπιση της πολυπλοκότητας των προβλημάτων δρομολόγησης, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως οι χρονικοί περιορισμοί, οι χωρητικότητες του οχήματος και τα δυναμικά στοιχεία.

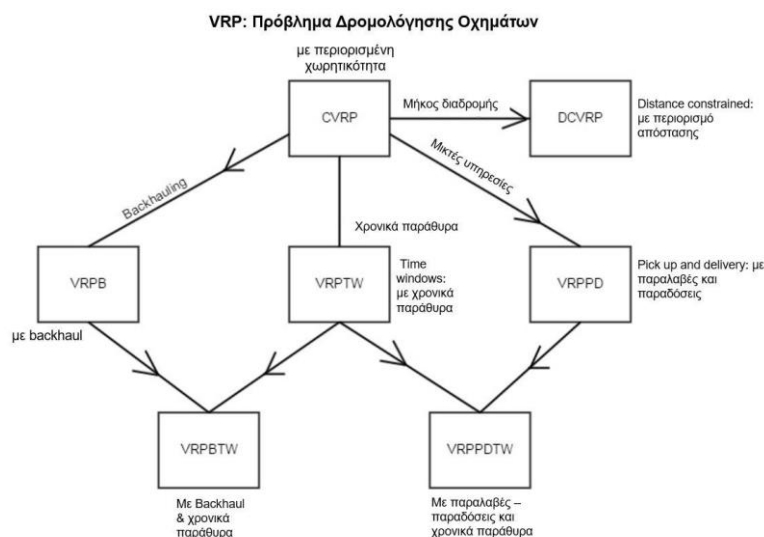
Το κλασικό Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων (VRP) είναι μια φυσική επέκταση του Προβλήματος Ταξιδιωτών Πωλητών (TSP), το οποίο αποτελεί από μόνο του μια θεμελιώδη πρόκληση στον τομέα της βελτιστοποίησης για δεκαετίες. Αρχικά διατυπώθηκε το 1930 από τους Hamilton και Kirkman, το TSP επιδιώκει να προσδιορίσει τη συντομότερη διαδρομή που πρέπει να ακολουθήσει ένας πωλητής για να επισκεφτεί μια ομάδα πόλεων ακριβώς μία φορά και να επιστρέψει στην αρχική πόλη. Παρά την απλότητά του, η εύρεση μιας βέλτιστης λύσης για το TSP παραμένει ένα δύσκολο έργο, χωρίς γενική μέθοδο διαθέσιμη μέχρι σήμερα.

Συγκριτικά, το VRP εισάγει πρόσθετες πολυπλοκότητες απαιτώντας πολλά οχήματα να εξυπηρετούν ένα σύνολο πελατών, καθένα από τα οποία ξεκινά και τελειώνει τις διαδρομές του σε μια κεντρική αποθήκη. Ο στόχος του VRP είναι να ελαχιστοποιήσει το συνολικό κόστος, είτε πρόκειται για διανυθείσα απόσταση, χρόνο ή άλλη σχετική μέτρηση, σε όλες τις διαδρομές του οχήματος.

Δεδομένων των πρακτικών εφαρμογών του στα logistics, τις μεταφορές και τη διανομή, το VRP έχει συγκεντρώσει σημαντική προσοχή στα υπολογιστικά μαθηματικά. Οι ερευνητές έχουν εξερευνήσει διάφορες προσεγγίσεις λύσεων, συμπεριλαμβανομένων ακριβών αλγορίθμων, ευρετικών μεθόδων και μεταερευνητικών τεχνικών, για να αντιμετωπίσουν τις πολυπλοκότητες που είναι εγγενείς σε περιπτώσεις VRP διαφορετικών μεγεθών και περιορισμών.

Επεκτείνοντας τις θεμελιώδεις αρχές του TSP για την αντιμετώπιση πολλαπλών οχημάτων και πρόσθετων περιορισμών, το VRP χρησιμεύει ως θεμελιώδες πρόβλημα στη βελτιστοποίηση, παρέχοντας πολύτιμες γνώσεις και μεθοδολογίες για τις πραγματικές προκλήσεις δρομολόγησης και προγραμματισμού.

## Παραλλαγές του Προβλήματος VRP



**Εικόνα 2.25:** Παραλλαγές του προβλήματος δρομολόγησης οχημάτων

*Πηγή: (Toth and Vigo, 2002)*

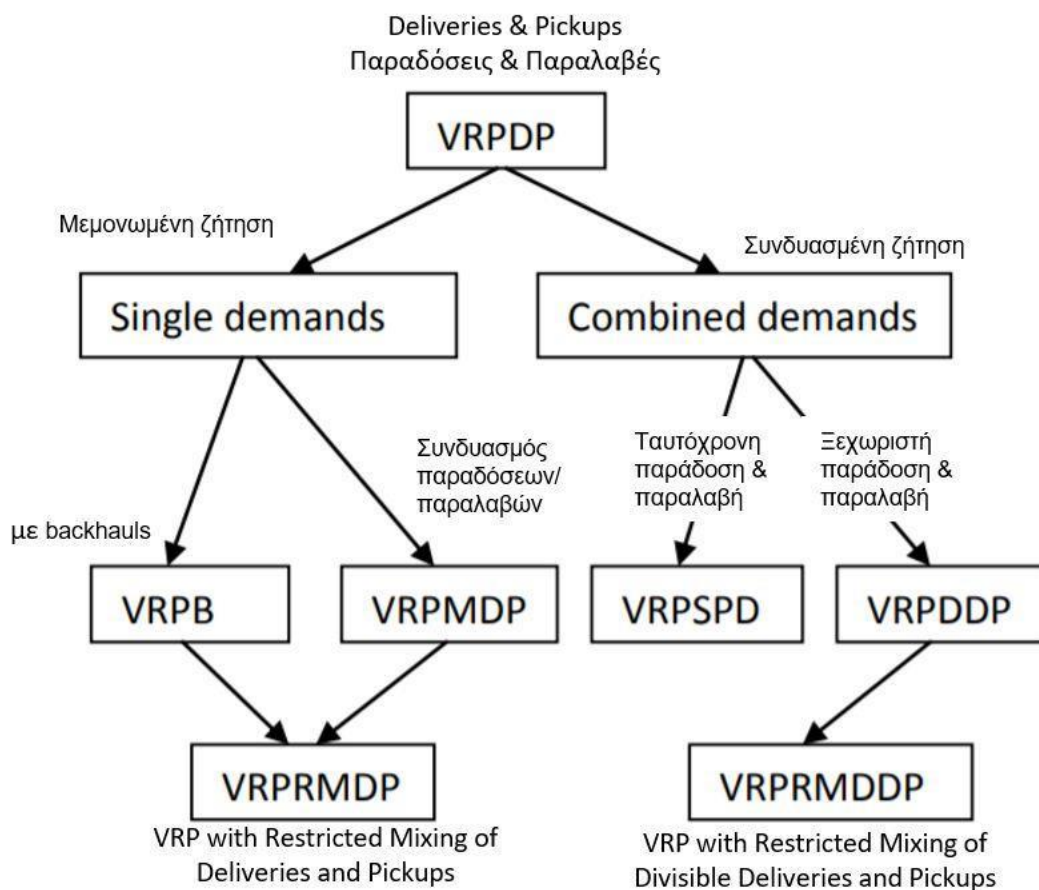
Στο πρόβλημα δρομολόγησης χωρητικότητας οχήματος (CVRP), συναντάται ένα προκαθορισμένο σύνολο πελατών με γνωστές απαιτήσεις. Τα οχήματα σε αυτό το σενάριο είναι πανομοιότυπα μεταξύ τους ως προς τη χωρητικότητα και προέρχονται από μια κεντρική αποθήκη, το καθένα τηρεί μοναδικούς περιορισμούς, συγκεκριμένα περιορισμούς χωρητικότητας. Στην ουσία, το CVRP μπορεί να γίνει κατανοητό ως μια παραλλαγή του VRP όπου κάθε όχημα διαθέτει μια σταθερή χωρητικότητα για ένα συγκεκριμένο εμπόρευμα.

Ο πρωταρχικός στόχος του VRP-CVRP είναι να ελαχιστοποιήσει τις διαδρομές που ακολουθούν τα οχήματα και τον συνολικό χρόνο μεταφοράς, διασφαλίζοντας παράλληλα ότι η σωρευτική ζήτηση για κάθε διαδρομή δεν υπερβαίνει τη χωρητικότητα του οχήματος. Επιπλέον, η απαίτηση κάθε πελάτη πρέπει να καλύπτεται από ένα μόνο όχημα και όλα τα οχήματα πρέπει να ξεκινούν και να ολοκληρώνουν τις διαδρομές τους στο κεντρικό αμαξοστάσιο. Μια εφικτή λύση εξαρτάται από την προϋπόθεση ότι η συνολική ζήτηση που εκχωρείται σε κάθε διαδρομή παραμένει εντός της χωρητικότητας του οχήματος. Ουσιαστικά, η μαθηματική διατύπωση του CVRP αντικατοπτρίζει αυτή του VRP, με τον πρόσθετο περιορισμό ότι η συνολική ζήτηση που εξυπηρετείται σε μια διαδρομή δεν πρέπει να υπερβαίνει τη χωρητικότητα του οχήματος (Κινικλής, 2009).

Το πρόβλημα δρομολόγησης με τα παράθυρα χρόνου (VRPTW) επεκτείνει το πρόβλημα δρομολόγησης οχήματος περιορισμένης χωρητικότητας ενσωματώνοντας χρονικούς περιορισμούς με τη μορφή χρονικών παραθύρων. Ο στόχος του VRPTW παραμένει συνεπής με αυτόν της εξυπηρέτησης ενός πεπερασμένου αριθμού πελατών μέσω ενός στόλου οχημάτων, ελαχιστοποιώντας παράλληλα τη συνολική απόσταση που διανύθηκε. Κάθε όχημα πρέπει να ξεκινήσει και να ολοκληρώσει το ταξίδι του στην αποθήκη, χωρίς να επισκεφθεί ξανά κανέναν πελάτη, τηρώντας κυκλικές διαδρομές. Ωστόσο, το χαρακτηριστικό γνώρισμα του VRPTW είναι ότι η εξυπηρέτηση πελατών πρέπει να πραγματοποιείται μέσα σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα, γνωστά ως χρονικά παράθυρα. Ουσιαστικά, τα οχήματα απαιτείται να φθάνουν στις τοποθεσίες των πελατών εντός αυτών των καθορισμένων χρονικών παραθύρων (Stavridis, 2017).

Το Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων με Παραλαβή & Παράδοση, εναλλακτικά γνωστό ως Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων με Backhauls και Linehauls, εισάγει

την έννοια της αμφίδρομης κίνησης προϊόντων κατά τη διάρκεια των διαδρομών. Αποτελεί μια επέκταση του προβλήματος δρομολόγησης οχημάτων όπου ο πρωταρχικός στόχος παραμένει αμετάβλητος, αλλά λαμβάνονται υπόψη δύο τύποι πελατών. Η πρώτη κατηγορία απαιτεί διανομή προϊόντων (linehauls πελάτες - παραδόσεις), ενώ η δεύτερη κατηγορία απαιτεί ανάκτηση προϊόντων (backhauls πελάτες – pickups). Κατά συνέπεια, η βασική διάκριση έγκειται στην ιεράρχηση της εξυπηρέτησης πελατών, με τους πελάτες που εστιάζονται στη διανομή να έχουν προτεραιότητα, ακολουθούμενοι από πελάτες που εστιάζουν στην παραλαβή. Αυτή η ιεραρχική ακολουθία διασφαλίζει ότι τα οχήματα αδειάζουν την αποθήκη τους πριν συλλέξουν επιπλέον προϊόντα (Σταυρίδης, 2017).



**Εικόνα 2.26:** Βασικές κατηγορίες του προβλήματος δρομολόγησης με διανομή και παραλαβή προϊόντων (VRPDP)

*Πηγή: (Niaz και Gabor, 2014)*

Η σφαίρα των προβλημάτων δρομολόγησης οχημάτων με παραλαβές και παραδόσεις (VRPPD) παρουσιάζει ένα διαφοροποιημένο τοπίο προκλήσεων, καθεμία προσαρμοσμένη σε συγκεκριμένους συνδυασμούς αιτημάτων πελατών, χωρητικότητα οχημάτων και άλλες μεταβλητές. Αντλώντας από τις ιδέες των Niaz και Gabor (2014), τα προβλήματα VRPPD μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

1. Ενιαία ζήτηση: Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει σενάρια όπου οι πελάτες ζητούν αποκλειστικά παραλαβές ή παραδόσεις. Όταν οι παραλαβές και οι παραδόσεις διαχωρίζονται, οδηγεί στην εμφάνιση ευδιάκριτων προβλημάτων: το Πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων με Backhauls (VRPB) και το VRP με μικτές παραδόσεις και παραλαβές (VRPMDP). Στο VRPB, όλες οι παραδόσεις πρέπει να προηγούνται των παραλαβών, ενώ στο VRPMDP, οι παραδόσεις και οι παραλαβές μπορούν να πραγματοποιηθούν με οποιαδήποτε σειρά.

2. Πρόβλημα δρομολόγησης με περιορισμένη μίξη παραδόσεων και παραλαβών (VRPRMDP): Αυτή η παραλλαγή επιβάλλει περιορισμούς στο συνδυασμό παραδόσεων και παραλαβών, υπαγορεύοντας συγκεκριμένα πρωτόκολλα για την ενσωμάτωσή τους.

Σε σενάρια όπου οι πελάτες απαιτούν τόσο παραλαβές όσο και παραδόσεις, που αναφέρονται ως συνδυασμένες απαιτήσεις, προκύπτουν δύο ακόμη τύποι προβλημάτων:

1. Πρόβλημα ταυτόχρονης παραλαβής και παράδοσης: Τα οχήματα εκτελούν εργασίες παραλαβής και παράδοσης για κάθε πελάτη ταυτόχρονα, με τον περιορισμό της εξυπηρέτησης κάθε πελάτη μόνο μία φορά.

2. Πρόβλημα Διαιρούμενης Παραλαβής και Παράδοσης: Εδώ, τα οχήματα μπορούν να εξυπηρετήσουν έναν πελάτη έως και δύο φορές, διευκολύνοντας τις εργασίες παράδοσης και παραλαβής, αν και χωριστά.

Επιπλέον, το Πρόβλημα δρομολόγησης με τον περιορισμό στο συνδυασμό διαιρεμένων παραδόσεων και παραλαβών (VRPRMDDP) συνεπάγεται συνδυασμένες απαιτήσεις των πελατών, ενώ παράλληλα επιβάλλει ελεύθερο χώρο εντός των οχημάτων τόσο για παραλαβές όσο και για παραδόσεις.

Αξίζει να σημειωθεί ότι, όπως τονίστηκε από τους Niaz και Gabor (2014), τα μικτά σενάρια VRPPD μπορούν να μεταβούν σε ταυτόχρονη παραλαβή και παράδοση, υπό

την προϋπόθεση ότι οι λειτουργίες linehaul και backhaul επαναφέρονται αντίστοιχα. Ωστόσο, η αντίστροφη μετάβαση δεν είναι εφικτή. Επιπλέον, τα προβλήματα συνδυασμένης ζήτησης μπορούν να αντιμετωπιστούν ως ζητήματα μεμονωμένης ζήτησης, αντιγράφοντας τους πελάτες για να ικανοποιήσουν ξεχωριστά αιτήματα παράδοσης και παραλαβής.

Πέρα από το VRPPD, το Πρόβλημα Dial-a-Ride (DARP) περιστρέφεται γύρω από τη δημιουργία βέλτιστων διαδρομών και χρονοδιαγραμμάτων για τη μεταφορά ατόμων μεταξύ καθορισμένων τοποθεσιών παραλαβής και αποβίβασης. Σε αντίθεση με το VRPPD, το DARP αφορά τη μεταφορά επιβατών και όχι την παράδοση προϊόντων. Αυτό το πρόβλημα συχνά συνεπάγεται χρήστες με διπλά αιτήματα — ένα για την εξερχόμενη μεταφορά και ένα άλλο για το ταξίδι επιστροφής. Τα οχήματα, που λειτουργούν συνήθως από μια κεντρική αποθήκη, στοχεύουν στην εκπλήρωση αυτών των αιτημάτων, ελαχιστοποιώντας το κόστος και τηρώντας διάφορους περιορισμούς, όπως η χωρητικότητα του οχήματος και η βελτιστοποίηση διαδρομής (Cordeau & Laporte, 2007).

Το DARP μπορεί να εκδηλωθεί είτε ως στατικό είτε ως δυναμικό πρόβλημα, ανάλογα με το εάν τα αιτήματα μεταφοράς είναι γνωστά εκ των προτέρων ή εμφανίζονται σταδιακά κατά τη διάρκεια της ημέρας, προκαλώντας προσαρμογές διαδρομής σε πραγματικό χρόνο. Η σύνθεση του στόλου, είτε είναι ομοιογενής είτε ετερογενής, επηρεάζει περαιτέρω την πολυπλοκότητα του προβλήματος και τις στρατηγικές επίλυσης, κάνοντας διάκριση μεταξύ ομογενούς VRP στόλου (HFVRP) και ετερογενούς VRP στόλου (HFVRP).

Όταν αντιμετωπίζουμε το Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων MultiDepot (MDVRP), όπου εμπλέκονται πολλές αποθήκες και όλοι οι πελάτες χρειάζονται σέρβις, η συμβατική προσέγγιση για την επίλυση αυτού του προβλήματος υφίσταται προσαρμογή. Η παρουσία πολλαπλών αποθηκών δημιουργεί αβεβαιότητα σχετικά με την αποθήκη από την οποία θα αναχωρήσει ή στην οποία θα φτάσει ένα όχημα κατά την πρόσβαση σε έναν πελάτη. Κατά συνέπεια, η αντιμετώπιση αυτής της συγκεκριμένης πρόκλησης βασίζεται συχνά σε μία από τις ακόλουθες παραδοχές:

1. Υπόθεση μεμονωμένου στόλου: Σύμφωνα με αυτήν την προϋπόθεση, κάθε αποθήκη λειτουργεί με τον δικό της πεπερασμένο στόλο οχημάτων και εξυπηρετεί τη διακριτή πελατειακή βάση της. Στην ουσία, το MDVRP προσεγγίζεται ως πολλαπλά ανεξάρτητα

προβλήματα δρομολόγησης οχημάτων (VRP), με κάθε αποθήκη να αντιμετωπίζεται ως αυτόνομη οντότητα.

2. Υπόθεση ταξιδιού μεταξύ αποθηκών: Εναλλακτικά, επιτρέπεται στα οχήματα να ξεκινούν τη διαδρομή τους από μια αποθήκη και να την ολοκληρώνουν σε άλλη. Σε αυτό το σενάριο, δεν υπάρχουν περιορισμοί στην κατανομή πελατών, πράγμα που σημαίνει ότι οι κυκλικές διαδρομές — όπου το σημείο εκκίνησης συμπίπτει με το σημείο τερματισμού — δεν είναι υποχρεωτικές. Αυτή η ευελιξία επιτρέπει τον βέλτιστο σχεδιασμό διαδρομής σε πολλές αποθήκες χωρίς περιορισμούς στην κίνηση του στόλου.

### **Κεφάλαιο 3: Το Εμπορικό Τρίγωνο Αθηνών**

Το Εμπορικό Τρίγωνο της Αθήνας, μια από τις πιο πολυσύχναστες και ζωτικές περιοχές της πόλης, χαρακτηρίζεται από υψηλή πυκνότητα εμπορικών δραστηριοτήτων και σημαντική κυκλοφοριακή κίνηση. Βρίσκεται στο κέντρο της πόλης και οριοθετείται από τις οδούς Σταδίου, Πειραιώς και Ερμού. Η περιοχή αυτή αποτελεί τον πυρήνα των εμπορικών και οικονομικών δραστηριοτήτων της πόλης, φιλοξενώντας πληθώρα καταστημάτων, επιχειρήσεων και υπηρεσιών. Η υψηλή πυκνότητα των εμπορικών δραστηριοτήτων σε συνδυασμό με τον μεγάλο αριθμό επισκεπτών και εργαζομένων που κινούνται στην περιοχή καθιστά το Εμπορικό Τρίγωνο έναν σημαντικό κόμβο αστικής κινητικότητας (Smith, 2018).

Η περιοχή διαθέτει έναν μοναδικό συνδυασμό εμπορικών, πολιτιστικών και ιστορικών στοιχείων, καθιστώντας την ιδιαίτερα ελκυστική τόσο για τους κατοίκους όσο και για τους επισκέπτες. Οι ιστορικές τοποθεσίες και τα κτίρια που βρίσκονται στην περιοχή προσθέτουν αξία στην εμπορική δραστηριότητα, δημιουργώντας μια ζωντανή και δυναμική αστική περιοχή. Τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά της περιοχής, με πολλά νεοκλασικά κτίρια και σύγχρονες κατασκευές, συνεισφέρουν στην ιδιαίτερη ταυτότητα του Εμπορικού Τριγώνου, καθιστώντας το σημείο αναφοράς για την πόλη της Αθήνας. Ωστόσο, η συγκέντρωση όλων αυτών των δραστηριοτήτων σε μια σχετικά μικρή περιοχή δημιουργεί πολλές προκλήσεις για τη διαχείριση της κυκλοφορίας και της κινητικότητας.

Η περιοχή του Εμπορικού Τριγώνου αποτελεί επίσης ένα σημαντικό κοινωνικό και πολιτιστικό κέντρο, καθώς φιλοξενεί ιστορικά κτίρια, μουσεία και χώρους ψυχαγωγίας.

Ωστόσο, η έντονη εμπορική δραστηριότητα και η υψηλή πυκνότητα κυκλοφορίας δημιουργούν σημαντικές προκλήσεις για την ποιότητα ζωής των κατοίκων και των επισκεπτών. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όπως η ατμοσφαιρική ρύπανση και ο θόρυβος, είναι ιδιαίτερα έντονες, επηρεάζοντας αρνητικά την υγεία και την ευημερία των πολιτών (Johnson & Turner, 2015). Η περιοχή αντιμετωπίζει επίσης προβλήματα όπως η έλλειψη πράσινων χώρων και η υποβάθμιση του αστικού περιβάλλοντος, που επιδεινώνουν την ποιότητα ζωής. Η ποιότητα του αέρα στην περιοχή συχνά υπερβαίνει τα ασφαλή όρια, με επιπτώσεις στην υγεία των κατοίκων και των επισκεπτών, ιδιαίτερα των ευάλωτων ομάδων, όπως τα παιδιά και οι ηλικιωμένοι (Thompson et al., 2014).

Η κυκλοφοριακή συμφόρηση αποτελεί ένα από τα κύρια προβλήματα στο Εμπορικό Τρίγωνο της Αθήνας. Κατά τις ώρες αιχμής, η κυκλοφορία στους κύριους οδικούς άξονες της περιοχής παρουσιάζει σημαντικές καθυστερήσεις, ενώ η παράνομη στάθμευση και η κίνηση των φορτηγών τροφοδοσίας συμβάλλουν στην επιδείνωση της κυκλοφοριακής κατάστασης (Brown, 2017). Η ανάλυση της κυκλοφορίας στην περιοχή καταδεικνύει την ανάγκη για την εφαρμογή στρατηγικών που θα μειώσουν τη χρήση των ιδιωτικών οχημάτων και θα ενισχύσουν τις εναλλακτικές μορφές μεταφοράς (Davis, 2016). Οι υποδομές για τους πεζούς και τους ποδηλάτες είναι συχνά ανεπαρκείς και δεν ανταποκρίνονται στις ανάγκες μιας πολυσύχναστης αστικής περιοχής, γεγονός που δημιουργεί περαιτέρω προβλήματα στην κυκλοφοριακή ροή. Η περιορισμένη διαθεσιμότητα ποδηλατοδρόμων και ασφαλών διαβάσεων για πεζούς καθιστά τη μετακίνηση με τα πόδια και το ποδήλατο λιγότερο ελκυστική και ασφαλή επιλογή (Garcia & Martinez, 2017).

Η βελτίωση της αστικής κινητικότητας στο Εμπορικό Τρίγωνο της Αθήνας απαιτεί την αντιμετώπιση πολλαπλών προκλήσεων. Η ανάγκη για την ενίσχυση των υποδομών πεζών και ποδηλατών, η βελτίωση των δημόσιων συγκοινωνιών και η μείωση της χρήσης ιδιωτικών οχημάτων αποτελούν κρίσιμα ζητήματα. Παράλληλα, η αξιοποίηση των τεχνολογιών έξυπνης πόλης και η προώθηση των βιώσιμων μορφών μεταφοράς μπορούν να συμβάλλουν στη δημιουργία ενός πιο λειτουργικού και φιλικού προς το περιβάλλον αστικού περιβάλλοντος (Clark et al., 2019). Η ενσωμάτωση πράσινων υποδομών, όπως οι πράσινες στέγες και οι αστικοί κήποι, μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα του αέρα και να μειώσει τις θερμοκρασίες στην περιοχή, καθιστώντας την πιο βιώσιμη και ευχάριστη για τους κατοίκους και τους επισκέπτες. Η προώθηση της χρήσης ηλεκτρικών οχημάτων και η εγκατάσταση σταθμών φόρτισης μπορεί επίσης να

μειώσει τις εκπομπές ρύπων και να βελτιώσει την ποιότητα του αέρα (White & Shaw, 2020).

Η χρήση τεχνολογιών για τη βελτιστοποίηση της κυκλοφορίας, όπως τα ευφυή συστήματα διαχείρισης κυκλοφορίας, μπορεί να συμβάλλει στη μείωση της συμφόρησης και στη βελτίωση της ροής της κυκλοφορίας. Η ανάπτυξη και εφαρμογή πολιτικών που ενθαρρύνουν τη χρήση των δημόσιων συγκοινωνιών και των εναλλακτικών μορφών μεταφοράς, όπως τα κοινόχρηστα ποδήλατα και τα ηλεκτρικά σκούτερ, μπορεί επίσης να συμβάλλει στη μείωση της εξάρτησης από τα ιδιωτικά οχήματα και στη βελτίωση της ποιότητας ζωής στην περιοχή (Miller & Reed, 2020). Η ενίσχυση της αστικής κινητικότητας μέσω της δημιουργίας πεζόδρομων και ζωνών χαμηλής κυκλοφορίας μπορεί να δημιουργήσει πιο ασφαλείς και φιλικές προς τους πεζούς περιοχές, προωθώντας την κοινωνική αλληλεπίδραση και τη βιώσιμη ανάπτυξη.

Η συνεργασία μεταξύ δημόσιων και ιδιωτικών φορέων είναι απαραίτητη για την υλοποίηση αυτών των στρατηγικών. Οι τοπικές αρχές, οι επιχειρήσεις και οι κάτοικοι πρέπει να συνεργαστούν για την ανάπτυξη και την εφαρμογή πολιτικών που θα βελτιώσουν την αστική κινητικότητα και θα μειώσουν τις αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι πολιτικές που προωθούν τη βιώσιμη κινητικότητα, όπως η επιδότηση των δημόσιων συγκοινωνιών και η προώθηση των εναλλακτικών μορφών μεταφοράς, μπορούν να συμβάλλουν στη δημιουργία ενός πιο βιώσιμου αστικού περιβάλλοντος (Lopez & Hernandez, 2021).

Η ανάπτυξη και η εφαρμογή σχεδίων αστικής κινητικότητας πρέπει να βασίζονται σε εμπειριστατωμένες μελέτες και στην ανάλυση δεδομένων για να εξασφαλιστεί η αποδοτικότητα και η αποτελεσματικότητα των μέτρων που θα ληφθούν. Η συλλογή και η ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο μέσω συστημάτων παρακολούθησης της κυκλοφορίας μπορεί να παρέχει πολύτιμες πληροφορίες για τη διαχείριση της κυκλοφορίας και την πρόληψη της συμφόρησης. Επιπλέον, η χρήση τεχνολογιών Big Data και Machine Learning μπορεί να βελτιώσει την πρόβλεψη των κυκλοφοριακών ροών και να υποστηρίξει τη λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο (Nguyen et al., 2020).

Τέλος, η ευαισθητοποίηση και η εκπαίδευση των πολιτών σχετικά με τα οφέλη της βιώσιμης κινητικότητας και των εναλλακτικών μορφών μεταφοράς αποτελεί έναν κρίσιμο παράγοντα για την επιτυχημένη εφαρμογή των προτεινόμενων μέτρων. Οι

πολίτες πρέπει να ενημερώνονται και να εκπαιδεύονται για τα οφέλη της μείωσης της χρήσης ιδιωτικών οχημάτων και της υιοθέτησης βιώσιμων μορφών μεταφοράς, όπως η ποδηλασία και η χρήση των δημόσιων συγκοινωνιών (Hansen & Johnson, 2018). Η προώθηση προγραμμάτων ευαισθητοποίησης και η ενθάρρυνση της συμμετοχής των πολιτών στις διαδικασίες σχεδιασμού μπορούν να συμβάλλουν στη δημιουργία μιας κουλτούρας βιώσιμης κινητικότητας.

Η αναβάθμιση των υποδομών είναι επίσης απαραίτητη για την υποστήριξη των προτεινόμενων μέτρων. Η βελτίωση των δρόμων, των πεζοδρομίων και των ποδηλατοδρόμων, καθώς και η ανάπτυξη νέων υποδομών, όπως οι σταθμοί φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, μπορούν να διευκολύνουν την υιοθέτηση βιώσιμων μορφών μεταφοράς (Gonzalez & Martin, 2019). Επιπλέον, η δημιουργία ζωνών χαμηλής κυκλοφορίας και πεζοδρομήσεων σε κεντρικά σημεία του Εμπορικού Τριγώνου μπορεί να βελτιώσει την ασφάλεια και την ποιότητα ζωής των κατοίκων και των επισκεπτών, μειώνοντας ταυτόχρονα την κυκλοφοριακή συμφόρηση.

Η ενίσχυση της δημόσιας συγκοινωνίας είναι ένα άλλο σημαντικό στοιχείο για την βελτίωση της αστικής κινητικότητας στο Εμπορικό Τρίγωνο. Η αύξηση της συχνότητας των δρομολογίων, η αναβάθμιση του στόλου των οχημάτων και η βελτίωση της ποιότητας των υπηρεσιών μπορούν να κάνουν τις δημόσιες συγκοινωνίες πιο ελκυστικές για τους πολίτες (Rodriguez & Sanchez, 2020). Επιπλέον, η εφαρμογή ευφών συστημάτων διαχείρισης της κυκλοφορίας μπορεί να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα των δημόσιων συγκοινωνιών και να μειώσει τις καθυστερήσεις.

Η βιώσιμη αστική κινητικότητα δεν αφορά μόνο τη μείωση της χρήσης των ιδιωτικών οχημάτων, αλλά και τη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου και προσβάσιμου συστήματος μεταφορών που εξυπηρετεί τις ανάγκες όλων των πολιτών. Η εξασφάλιση της προσβασιμότητας για τα άτομα με αναπηρίες και τους ηλικιωμένους είναι απαραίτητη για τη δημιουργία ενός δίκαιου και βιώσιμου αστικού περιβάλλοντος (Hall & Peters, 2021). Οι υποδομές πρέπει να σχεδιάζονται και να αναπτύσσονται με βάση τις ανάγκες όλων των χρηστών, λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορές στην κινητικότητα και τις απαιτήσεις τους.

Συνοψίζοντας, η περιοχή του Εμπορικού Τριγώνου της Αθήνας παρουσιάζει σημαντικές προκλήσεις και ευκαιρίες για τη βελτίωση της αστικής κινητικότητας. Η ενίσχυση των υποδομών για πεζούς και ποδηλάτες, η βελτίωση των δημόσιων

συγκοινωνιών, η μείωση της χρήσης ιδιωτικών οχημάτων και η προώθηση των βιώσιμων μορφών μεταφοράς αποτελούν κρίσιμα βήματα προς αυτή την κατεύθυνση. Η χρήση τεχνολογιών έξυπνης πόλης, η συλλογή και ανάλυση δεδομένων, η ευαισθητοποίηση των πολιτών και η συνεργασία μεταξύ δημόσιων και ιδιωτικών φορέων μπορούν να συμβάλλουν στη δημιουργία ενός πιο λειτουργικού και φιλικού προς το περιβάλλον αστικού περιβάλλοντος (Nguyen et al., 2020).

## **Κεφάλαιο 4: Μεθοδολογία Έρευνας**

### **4.1 Σκοπός - Στόχος Έρευνας**

Ο σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η διερεύνηση και ανάλυση της βιώσιμης αστικής κινητικότητας, με έμφαση στις στρατηγικές που μπορούν να βελτιώσουν την ποιότητα ζωής στις αστικές περιοχές μέσω της μείωσης των αρνητικών επιπτώσεων από τη χρήση των οχημάτων και της προώθησης εναλλακτικών μορφών μεταφοράς. Η βιώσιμη αστική κινητικότητα αποτελεί ένα κρίσιμο ζήτημα για τις σύγχρονες πόλεις, καθώς η αυξημένη χρήση των αυτοκινήτων προκαλεί κυκλοφοριακή συμφόρηση, ατμοσφαιρική ρύπανση και περιβαλλοντική υποβάθμιση, επηρεάζοντας αρνητικά την υγεία και την ευημερία των πολιτών (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2017). Πιο συγκεκριμένα, θέλει να εστιάσει στο ωράριο φορτοεκφόρτωσης Αστικών Εμπορευμάτων στο Εμπορικό τρίγωνο της Αθήνας με αφορμή το άρθρο που δημοσιεύτηκε σε ηλεκτρονική σελίδα ενημέρωσης. Το άρθρο αυτό βασίστηκε στην απόφαση του περιφερειακού συμβουλίου Αττικής με αριθμό 177/14.12.2022 η οποία δημοσιεύθηκε στο ΦΕΚ Β' 7084/31-12-2022. (Capital, 2023)

### **Στόχοι της Έρευνας**

1. Ανάλυση του Θεσμικού και Εθνικού Πλαισίου: Η μελέτη θα εξετάσει το θεσμικό πλαίσιο και τις πολιτικές που υιοθετούνται σε ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο για την προώθηση της βιώσιμης αστικής κινητικότητας. Ειδικότερα, θα αναλυθούν οι στρατηγικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης και οι εφαρμογές τους στην Ελλάδα, όπως αναφέρονται στα Σχέδια Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας (ΣΒΑΚ) (European Communities, 1992).
2. Περιβαλλοντικές και Κοινωνικές Επιπτώσεις: Η έρευνα θα επικεντρωθεί στις περιβαλλοντικές και κοινωνικές διαστάσεις της αστικής κινητικότητας, εξετάζοντας τις επιπτώσεις της κυκλοφοριακής συμφόρησης, της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της

ηχορύπανσης στην υγεία και την ποιότητα ζωής των κατοίκων των αστικών περιοχών (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2007).

3. Χρηματοδοτικά Εργαλεία και Υλοποίηση ΣΒΑΚ: Θα διερευνηθούν τα χρηματοδοτικά εργαλεία που είναι διαθέσιμα για την ανάπτυξη και εφαρμογή των ΣΒΑΚ στην Ελλάδα. Αυτό περιλαμβάνει ευρωπαϊκά και εθνικά προγράμματα χρηματοδότησης που υποστηρίζουν τη βιώσιμη αστική κινητικότητα (Πράσινο Ταμείο, 2011).

4. Συσχέτιση με τον Τοπικό Χωρικό Σχεδιασμό: Θα εξεταστεί πώς τα ΣΒΑΚ ενσωματώνονται στον τοπικό χωρικό σχεδιασμό, αναλύοντας τις συνέργειες και τις προκλήσεις που προκύπτουν από την ενσωμάτωση βιώσιμων πρακτικών κινητικότητας στις πολεοδομικές πολιτικές (Siolas et al., 2015).

1. Ποιο είναι το θεσμικό πλαίσιο για τη βιώσιμη αστική κινητικότητα στην Ευρωπαϊκή Ένωση και πώς αυτό μεταφράζεται σε εθνικό επίπεδο στην Ελλάδα;

- Εξετάζονται οι ευρωπαϊκές πολιτικές και οδηγίες για τη βιώσιμη αστική κινητικότητα και η ενσωμάτωσή τους στις ελληνικές νομοθεσίες και κατευθυντήριες γραμμές (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2011).

2. Ποιες είναι οι κύριες περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις της τρέχουσας κατάστασης αστικής κινητικότητας στις μεγάλες πόλεις της Ελλάδας;

- Αναλύεται η επίδραση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και της ρύπανσης στην υγεία των κατοίκων και στην ποιότητα ζωής, καθώς και οι κοινωνικές ανισότητες στην πρόσβαση στα μέσα μεταφοράς (ΟΟΣΑ, 1996).

3. Ποια χρηματοδοτικά εργαλεία είναι διαθέσιμα για την υλοποίηση Σχεδίων Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας και ποιος είναι ο ρόλος των τοπικών αρχών στη διαχείριση αυτών των πόρων;

- Εξετάζονται τα ευρωπαϊκά προγράμματα χρηματοδότησης, όπως το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης και το Πράσινο Ταμείο, και η χρήση αυτών των πόρων από τις τοπικές αρχές για την ανάπτυξη βιώσιμων υποδομών μεταφορών (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2013).

4. Πώς ενσωματώνονται τα ΣΒΑΚ στον τοπικό χωρικό σχεδιασμό και ποιες είναι οι κύριες προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι ελληνικές πόλεις στην εφαρμογή τους;

- Αναλύονται οι διαδικασίες και οι στρατηγικές ενσωμάτωσης των ΣΒΑΚ στις πολεοδομικές πολιτικές και οι προκλήσεις που προκύπτουν από την ανάγκη συνεργασίας μεταξύ διαφόρων φορέων και ενδιαφερομένων (Institute for Sustainable Mobility and Transport Networks, 2018).

Η έρευνα αυτή στοχεύει να προσφέρει μια ολοκληρωμένη ανάλυση της βιώσιμης αστικής κινητικότητας, εντοπίζοντας τις βέλτιστες πρακτικές και προτάσεις για τη βελτίωση των συνθηκών μετακίνησης στις ελληνικές πόλεις. Μέσα από την εξέταση του θεσμικού πλαισίου, των περιβαλλοντικών και κοινωνικών επιπτώσεων, των χρηματοδοτικών εργαλείων και της συσχέτισης με τον τοπικό χωρικό σχεδιασμό, η μελέτη επιδιώκει να συμβάλει στην ανάπτυξη αποτελεσματικών στρατηγικών για τη βιώσιμη αστική κινητικότητα.

#### 4.2 Η Μέθοδος του Image classification

Η ταξινόμηση εικόνων είναι μια κομβική εργασία στο πεδίο της όρασης υπολογιστή, με στόχο την κατηγοριοποίηση των εικόνων σε προκαθορισμένες κατηγορίες. Αυτή η μεθοδολογία χρησιμοποιεί μια ποικιλία τεχνικών μηχανικής μάθησης και βαθιάς μάθησης για την αυτοματοποίηση της διαδικασίας αναγνώρισης και κατηγοριοποίησης εικόνων, με εφαρμογές που καλύπτουν πολλούς τομείς όπως η ιατρική απεικόνιση, η τηλεπισκόπηση και οι ψηφιακές ανθρωπιστικές επιστήμες.

##### Τα βασικά στοιχεία της ταξινόμησης εικόνων

Η ταξινόμηση εικόνας περιλαμβάνει την αντιστοίχιση μιας ετικέτας σε μια ολόκληρη εικόνα με βάση το οπτικό της περιεχόμενο. Οι παραδοσιακές προσεγγίσεις βασίζονταν σε μεγάλο βαθμό στη χειροκίνητη εξαγωγή χαρακτηριστικών και στους αλγόριθμους μηχανικής μάθησης. Ωστόσο, η έλευση της βαθιάς μάθησης έχει φέρει επανάσταση σε αυτόν τον τομέα επιτρέποντας την αυτόματη εξαγωγή χαρακτηριστικών και τη μάθηση από άκρο σε άκρο μέσω Συνελικτικών Νευρωνικών Δικτύων – Convolutional Neural Networks (CNN) και άλλων αρχιτεκτονικών βαθιάς μάθησης (Journal of Big Data, 2023).

##### Deep Learning και CNN στην ταξινόμηση εικόνων

Η βαθιά μάθηση, ένα υποσύνολο της μηχανικής μάθησης, έχει μεταμορφώσει ιδιαίτερα τις εργασίες ταξινόμησης εικόνων. Τα CNN, εμπνευσμένα από τον ανθρώπινο οπτικό φλοιό, ήταν στην πρώτη γραμμή αυτής της επανάστασης. Αποτελούνται από πολλαπλά

επίπεδα που μαθαίνουν αυτόματα να αναγνωρίζουν χαρακτηριστικά χαμηλού επιπέδου (όπως άκρες και υφές) στα αρχικά επίπεδα και χαρακτηριστικά υψηλού επιπέδου (όπως αντικείμενα και σχήματα) στα βαθύτερα επίπεδα. Αυτή η ιεραρχική διαδικασία μάθησης επιτρέπει στα CNN να επιτυγχάνουν υψηλή ακρίβεια στις εργασίες ταξινόμησης εικόνων χωρίς την ανάγκη χειροκίνητης ταξινόμησης αναλόγως των χαρακτηριστικών (Springer, 2023).

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα των μοντέλων βαθιάς μάθησης, όπως τα CNN, είναι η ικανότητά τους να χειρίζονται μεγάλα σύνολα δεδομένων και πολύπλοκες δομές εικόνας. Για παράδειγμα, τα CNN έχουν εφαρμοστεί με επιτυχία στην ανάλυση ιατρικών εικόνων, ενισχύοντας τον εντοπισμό και την ταξινόμηση ασθενειών από ιατρικές εικόνες, όπως εικόνες βυθού αμφιβληστροειδούς και ακτινογραφίες θώρακος (Neural Computing and Applications, 2023; International Journal of Multimedia Information Retrieval, 2023).

### **Μεθοδολογικές Προσεγγίσεις**

Εποπτευόμενη μάθηση: Αυτή είναι η πιο κοινή προσέγγιση στην ταξινόμηση εικόνων, όπου το μοντέλο εκπαιδεύεται σε ένα προκαθορισμένο σύνολο δεδομένων. Κάθε εικόνα στο σετ εκπαίδευσης σχετίζεται με μια ετικέτα και το μοντέλο μαθαίνει να αντιστοιχίζει εικόνες εισόδου σε αυτές τις ετικέτες. Τεχνικές όπως η αύξηση δεδομένων και η εκμάθηση μεταφοράς χρησιμοποιούνται συχνά για τη βελτίωση της απόδοσης του μοντέλου. Η μάθηση μεταφοράς, για παράδειγμα, αξιοποιεί προ-εκπαιδευμένα μοντέλα σε μεγάλα σύνολα δεδομένων για τη βελτίωση της ακρίβειας ταξινόμησης σε μικρότερα σύνολα δεδομένων για συγκεκριμένο τομέα (IntechOpen, 2023).

Μη εποπτευόμενη και ημι-εποπτευόμενη μάθηση: Αυτές οι μέθοδοι χρησιμοποιούνται όταν τα δεδομένα με ετικέτα είναι σπάνια. Οι αλγόριθμοι μάθησης χωρίς επίβλεψη, όπως η ομαδοποίηση, μπορούν να ομαδοποιήσουν παρόμοιες εικόνες χωρίς σαφείς ετικέτες. Η ημι-εποπτευόμενη μάθηση, από την άλλη πλευρά, συνδυάζει μια μικρή ποσότητα δεδομένων με ετικέτα με ένα μεγαλύτερο σύνολο δεδομένων χωρίς ετικέτα κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης, επιτυγχάνοντας μια ισορροπία μεταξύ της ακρίβειας του μοντέλου και του κόστους της επισήμανσης δεδομένων (IntechOpen, 2023).

Υβριδικές μέθοδοι: Συνδυάζοντας χειροκίνητες και αυτοματοποιημένες τεχνικές, οι υβριδικές μέθοδοι επιτρέπουν μια πιο διαφοροποιημένη διαδικασία ταξινόμησης. Οι αναλυτές μπορούν να παρέχουν αρχικές εισροές και γνώσεις για συγκεκριμένο τομέα

για να καθοδηγήσουν την ταξινόμηση, ενώ οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης αυτοματοποιούν άλλα μέρη της διαδικασίας. Αυτή η προσέγγιση είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στην τηλεπισκόπηση, όπου η ετερογένεια των φυσικών τοπίων μπορεί να περιπλέξει την καθαρή αλγοριθμική ταξινόμηση (Springer, 2023).

### **Προκλήσεις και Μελλοντικές Κατευθύνσεις**

Παρά τις σημαντικές προόδους, η ταξινόμηση εικόνων εξακολουθεί να αντιμετωπίζει αρκετές προκλήσεις:

1. Ποιότητα και ποσότητα δεδομένων: Τα υψηλής ποιότητας σύνολα δεδομένων με ετικέτα είναι ζωτικής σημασίας για την εκπαίδευση ακριβών μοντέλων. Σε πολλούς τομείς, όπως η ιατρική απεικόνιση, η απόκτηση μεγάλων, σχολιασμένων συνόλων δεδομένων μπορεί να είναι δύσκολη και δαπανηρή (Journal of Big Data, 2023).
2. Ερμηνευσιμότητα Μοντέλων: Τα μοντέλα βαθιάς μάθησης, ειδικά εκείνα με πολύπλοκες αρχιτεκτονικές, συχνά λειτουργούν ως μαύρα κουτιά. Η ενίσχυση της ερμηνευσιμότητας αυτών των μοντέλων είναι ζωτικής σημασίας για την απόκτηση εμπιστοσύνης σε κρίσιμες εφαρμογές όπως τα ιατρικά διαγνωστικά (SN Computer Science, 2023).
3. Υπολογιστικοί Πόροι: Η εκπαίδευση μοντέλων βαθιάς μάθησης απαιτεί σημαντική υπολογιστική ισχύ και πόρους, που μπορεί να είναι περιοριστικός παράγοντας για πολλούς ερευνητές και ιδρύματα (Journal of Big Data, 2023).

Η μελλοντική έρευνα είναι πιθανό να επικεντρωθεί στην ανάπτυξη πιο αποτελεσματικών αλγορίθμων που απαιτούν λιγότερα δεδομένα και υπολογιστική ισχύ, στη βελτίωση της ερμηνείας των μοντέλων βαθιάς μάθησης και στην εξερεύνηση νέων εφαρμογών σε διάφορους τομείς. Επιπλέον, οι εξελίξεις στη μάθηση μεταφοράς και η ενσωμάτωση πολυτροπικών δεδομένων (συνδυάζοντας οπτικά δεδομένα με άλλους τύπους δεδομένων) αναμένεται να ενισχύσουν περαιτέρω τις δυνατότητες των συστημάτων ταξινόμησης εικόνων (SN Computer Science, 2023).

Η ταξινόμηση εικόνων παραμένει ο ακρογωνιαίος λίθος της έρευνας για την υπολογιστική όραση, καθοδηγούμενη από τις εξελίξεις στη μηχανική μάθηση και τις τεχνολογίες βαθιάς μάθησης. Αυτοματοποιώντας τη διαδικασία εξαγωγής χαρακτηριστικών και αξιοποιώντας τεράστιες ποσότητες δεδομένων, οι σύγχρονες

μέθοδοι ταξινόμησης εικόνων έχουν επιτύχει αξιοσημείωτη επιτυχία σε διάφορους τομείς. Η συνεχής έρευνα και καινοτομία σε αυτόν τον τομέα υπόσχονται να ξεκλειδώσουν ακόμη μεγαλύτερες δυνατότητες, αντιμετωπίζοντας τις τρέχουσες προκλήσεις και διευρύνοντας τους ορίζοντες του τι είναι δυνατό με την ταξινόμηση εικόνων.

Η επιλογή της μεθόδου ταξινόμησης εικόνων (image classification) αντί άλλων εναλλακτικών, όπως η χρήση στατιστικών δεδομένων για την ανάλυση της κυκλοφορίας, βασίστηκε σε μία σειρά από λόγους που σχετίζονται με την οικονομία, την αποδοτικότητα και την απλοποίηση της ανάλυσης. Μία από τις εναλλακτικές θα ήταν η δημιουργία μίας μήτρας από σημεία αναφοράς στους δρόμους και η συλλογή δεδομένων για το χρόνο ταξιδιού ανά τρία λεπτά παραδείγματος χάρη. Αυτή η μέθοδος θα απαιτούσε τη συνεχή παρακολούθηση της κίνησης και τη καταγραφή των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο για κάθε δρόμο. Στη συνέχεια, τα δεδομένα αυτά θα έπρεπε να υποβληθούν σε στατιστική ανάλυση, προκειμένου να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με τη πυκνότητα της κυκλοφορίας.

Ωστόσο, η συγκεκριμένη προσέγγιση παρουσιάζει σημαντικά προβλήματα. Πρώτον, υπάρχει ένα όριο στον αριθμό των αιτημάτων που μπορούν να γίνουν δωρεάν μέσω των υπηρεσιών διαδικτυακών χαρτών. Κάθε μέρα επιτρέπονται μόνο 2.500 δωρεάν αιτήματα, και αν λάβουμε υπόψη ότι θα έπρεπε να παρακολουθούμε 50 δρόμους, θα χρειαζόμασταν 2.500 αιτήματα στον πρώτο έλεγχο. Αυτό σημαίνει ότι θα εξαντλούσαμε τα δωρεάν αιτήματα πολύ γρήγορα, καθιστώντας τη μέθοδο οικονομικά ασύμφορη, καθώς η επιπλέον χρήση θα συνεπαγόταν σημαντικά κόστη.

Επιπλέον, η συνεχής συλλογή δεδομένων και η επεξεργασία τους μέσω στατιστικών μεθόδων απαιτεί χρόνο και πόρους. Η διαδικασία στατιστικής ανάλυσης των δεδομένων κυκλοφορίας δεν είναι μόνο πολύπλοκη, αλλά ενέχει και κινδύνους ασφαλείας, ειδικά όταν υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις στην κυκλοφορία κατά τη διάρκεια της ημέρας ή από μέρα σε μέρα.

Αντιθέτως, η μέθοδος ταξινόμησης εικόνων προσφέρει μία πολύ πιο πρακτική και αποδοτική λύση. Με τη χρήση εικόνων, μπορούμε να απαλλαγούμε από τον περιορισμό των αιτημάτων, καθώς οι εικόνες μπορούν να ληφθούν με μικρότερο κόστος – αν όχι μηδενικό. Στη συνέχεια, αυτές οι εικόνες επεξεργάζονται μέσω αλγορίθμων μηχανικής μάθησης, όπως τα Συγκεντρωτικά Νευρωνικά Δίκτυα (CNNs), τα οποία είναι

ιδιαίτερος αποδοτικά στην ανάλυση μοτίβων κυκλοφορίας. Αυτό όχι μόνο εξοικονομεί κόστος, αλλά επίσης γλιτώνει την ανάγκη για σύνθετες στατιστικές διαδικασίες, επιτρέποντας την ταχύτερη και πιο ακριβή ανάλυση της κατάστασης της κυκλοφορίας στους δρόμους.

#### 4.3 Μελέτη Περίπτωσης: Το εμπορικό Τρίγωνο Αθηνών

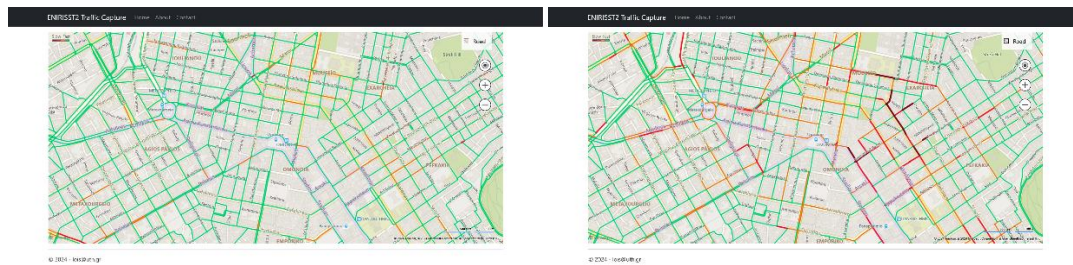
Η ταυτοποίηση και ανάλυση της αστικής κινητικότητας αποτελεί κρίσιμο ζήτημα για τη βιώσιμη ανάπτυξη των πόλεων. Στην παρούσα μελέτη περίπτωσης, εξετάζεται η χρήση τεχνικών ταξινόμησης εικόνων (image classification) στο Εμπορικό Τρίγωνο της Αθήνας, με στόχο την ανάλυση και βελτίωση της αστικής κινητικότητας. Οι σύγχρονες τεχνικές μηχανικής μάθησης και, ειδικότερα, τα Συνελκτικά Νευρωνικά Δίκτυα (Convolutional Neural Networks - CNNs) έχουν αποδειχθεί εξαιρετικά αποδοτικά στην αναγνώριση και ταξινόμηση αντικειμένων σε εικόνες, παρέχοντας έτσι μια ισχυρή μεθοδολογία για την ανάλυση των δεδομένων εικόνας σε αστικό περιβάλλον. Ο κύριος σκοπός της έρευνας είναι να αναπτύξει και να εφαρμόσει ένα σύστημα ταξινόμησης εικόνων για την παρακολούθηση της κινητικότητας στο Εμπορικό Τρίγωνο της Αθήνας. Οι στόχοι της έρευνας περιλαμβάνουν:

**Συλλογή και Προ-επεξεργασία Δεδομένων Εικόνων:** Καταγραφή εικόνων από διαδικτυακούς χάρτες που περιλαμβάνουν εκτίμηση της κίνησης σε πραγματικό χρόνο στην ευρύτερη περιοχή του Εμπορικού Τριγώνου, προ-επεξεργασία των εικόνων για την αφαίρεση θορύβου και κανονικοποίηση των διαστάσεων τους.

**Ανάπτυξη και Εκπαίδευση Μοντέλου Ταξινόμησης Εικόνων:** Χρήση τεχνικών βαθιάς μάθησης και συγκεκριμένα των Συνελκτικά Νευρωνικών Δικτύων (CNN) για την ανάπτυξη ενός μοντέλου που θα ταξινομεί τις εικόνες ανάλογα με την πυκνότητα της κίνησης (Χαμηλή, Μεσαία και Υψηλή Κίνηση).

**Αξιολόγηση του Μοντέλου:** Εφαρμογή μετρικών όπως η ακρίβεια (accuracy) στην εκπαίδευση και στην πιστοποίηση της απόδοσης του μοντέλου.

**Ανάλυση Αποτελεσμάτων και Εξαγωγή Συμπερασμάτων:** Χρήση των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης για την ανάλυση της κυκλοφοριακής πυκνότητας και τη διατύπωση προτάσεων για τις προτεινόμενες ώρες φόρτωσης και εκφόρτωσης εμπορευμάτων για κάθε ημέρα της εβδομάδας.



**Εικόνα 4.1 – 4.2:** Δείγμα ερευνάς για την προσομοίωση. Πηγή : Λόης Αθανάσιος (2024)

#### 4.4 Περιορισμοί Έρευνας

Η παρούσα μελέτη, η οποία αφορά την εφαρμογή τεχνικών ταξινόμησης εικόνων στο Εμπορικό Τρίγωνο της Αθήνας, αντιμετωπίζει αρκετούς περιορισμούς που ενδέχεται να επηρεάσουν την εγκυρότητα και την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Οι περιορισμοί αυτοί σχετίζονται κυρίως με την ποιότητα και την ποικιλία των δεδομένων, την επεξεργασία τους, καθώς και τις μεθοδολογικές προσεγγίσεις που χρησιμοποιήθηκαν.

##### 1. Ποιότητα και Ποικιλία Δεδομένων

Ένας από τους κύριους περιορισμούς της έρευνας είναι η ποιότητα και η ποικιλία των δεδομένων εικόνας που χρησιμοποιήθηκαν. Οι εικόνες συλλέχθηκαν μέσω διαδικτυακών χαρτών της Microsoft, που μπορεί να περιέχουν περιορισμούς ως προς την ανάλυση και τη χρονική ακρίβεια των εικόνων. Ειδικότερα:

- Χρονική Ασυνέχεια: Οι εικόνες από διαδικτυακούς χάρτες δεν είναι απαραίτητα ενημερωμένες και μπορεί να μην αντιπροσωπεύουν την τρέχουσα κατάσταση στο Εμπορικό Τρίγωνο.
- Ποιότητα Εικόνας: Η ανάλυση και η ποιότητα των εικόνων μπορεί να ποικίλλει, επηρεάζοντας την ακρίβεια της ταξινόμησης των αντικειμένων.
- Περιορισμένη Ποικιλία: Οι εικόνες μπορεί να μην περιλαμβάνουν όλες τις πιθανές καταστάσεις κυκλοφοριακής συμφόρησης σε όλους τους δρόμους της επιλεγμένης περιοχής.

##### 2. Προ-επεξεργασία Δεδομένων

Η προ-επεξεργασία των δεδομένων αποτελεί έναν ακόμη σημαντικό περιορισμό. Οι τεχνικές προεπεξεργασίας που χρησιμοποιήθηκαν, όπως η αλλαγή μεγέθους των εικόνων στα 150x150 pixels, ενδέχεται να έχουν προκαλέσει απώλεια σημαντικών λεπτομερειών που είναι κρίσιμες για την ακριβή ταξινόμηση.

- Απώλεια Πληροφοριών: Η κανονικοποίηση των διαστάσεων των εικόνων μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια πληροφοριών, ειδικά σε περιπτώσεις όπου τα αντικείμενα είναι πολύ μικρά ή πολύ μεγάλα.

### 3. Μεθοδολογία και Εκπαίδευση του Μοντέλου

Η επιλογή της μεθοδολογίας και η εκπαίδευση του μοντέλου είναι επίσης περιοριστικοί παράγοντες. Αν και χρησιμοποιήθηκε ένα ισχυρό μοντέλο όπως το VGG16, προέκυψαν προκλήσεις που σχετίζονται με την εκπαίδευση και την αξιολόγηση του μοντέλου.

- Εκπαίδευση με Περιορισμένα Δεδομένα: Η εκπαίδευση του μοντέλου με περιορισμένα και ενδεχομένως μη αντιπροσωπευτικά δεδομένα μπορεί να επηρεάσει την ικανότητά του να γενικεύει σε νέα δεδομένα.

- Αξιολόγηση της Απόδοσης: Οι μετρικές που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της απόδοσης του μοντέλου (όπως η ακρίβεια) ενδέχεται να μην είναι επαρκείς για να αξιολογήσουν πλήρως την απόδοση του μοντέλου σε πραγματικές συνθήκες.

- Υπερπροσαρμογή: Η εκπαίδευση του μοντέλου σε συγκεκριμένο σύνολο δεδομένων μπορεί να οδηγήσει σε υπερπροσαρμογή, όπου το μοντέλο αποδίδει καλά στα δεδομένα εκπαίδευσης αλλά όχι σε νέα δεδομένα.

Οι περιβαλλοντικοί και κοινωνικοί παράγοντες είναι επίσης σημαντικοί περιορισμοί που πρέπει να ληφθούν υπόψη.

- Αλλαγές στο Περιβάλλον: Οι αλλαγές στο αστικό περιβάλλον, όπως κατασκευαστικά έργα ή αλλαγές στη χρήση των χώρων, μπορούν να επηρεάσουν την ακρίβεια της ταξινόμησης.

- Κοινωνικές Συμπεριφορές: Η συμπεριφορά των ανθρώπων και οι αλλαγές στις συνήθειες μετακίνησης μπορεί να μην αντικατοπτρίζονται επαρκώς στα δεδομένα εικόνων, επηρεάζοντας τα αποτελέσματα της ανάλυσης.

Η έρευνα αυτή προσφέρει σημαντικές πληροφορίες για την αστική κινητικότητα στο Εμπορικό Τρίγωνο της Αθήνας μέσω της χρήσης τεχνικών ταξινόμησης εικόνας.

Ωστόσο, οι περιορισμοί που αναφέρονται παραπάνω πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων και την εφαρμογή των ευρημάτων στην πράξη. Η περαιτέρω έρευνα με τη χρήση βελτιωμένων δεδομένων και μεθοδολογιών μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της ακρίβειας και της αξιοπιστίας των αναλύσεων αυτών.

## **Κεφάλαιο 5: Αποτελέσματα**

### 5.1 Ανάλυση και Επεξήγηση του Αλγορίθμου Ανίχνευσης Κίνησης μέσω Εικόνων

Ο αλγόριθμος που αναπτύχθηκε για την ταξινόμηση εικόνων βασίζεται σε ένα προ-εκπαιδευμένο μοντέλο, το VGG16, το οποίο έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματικό στην επεξεργασία και ανάλυση εικόνων. Το μοντέλο αυτό προσαρμόστηκε για να αντιμετωπίσει ένα συγκεκριμένο πρόβλημα ταξινόμησης σε τρεις κατηγορίες εικόνων.

#### **Αρχές Λειτουργίας του Αλγορίθμου**

Ο αλγόριθμος χρησιμοποιεί την τεχνολογία των Convolutional Neural Networks (CNNs), και πιο συγκεκριμένα την αρχιτεκτονική VGG16, η οποία είναι ένα βαθύ νευρωνικό δίκτυο με 16 συνελκτικά επίπεδα. Το CNN επεξεργάζεται τις εικόνες μέσω πολλών επιπέδων, εξάγοντας χαρακτηριστικά όπως άκρα, σχήματα, και πιο σύνθετα μοτίβα.

Η ανάπτυξη του μοντέλου περιλάμβανε τα εξής στάδια:

1. **Προ-επεξεργασία εικόνων:** Οι εικόνες προ-επεξεργάστηκαν μέσω ενός Image Data Generator για να διασφαλιστεί ότι όλες οι εικόνες είναι στις ίδιες διαστάσεις (150x150 pixels) και ότι οι τιμές των pixels είναι κανονικοποιημένες μεταξύ 0 και 1. Η διαδικασία αυτή εφαρμόστηκε στα σύνολα των δεδομένων εκπαίδευσης, επικύρωσης και δοκιμής. (Cholet, 2015)
2. **Εξαγωγή των χαρακτηριστικών των εικόνων με το μοντέλο VGG16:** Χρησιμοποιήθηκε το VGG16 ως βάση για το μοντέλο, με τα πρώτα 15 επίπεδα να είναι παγωμένα για να διατηρηθούν τα προ-εκπαιδευμένα βάρη. Το VGG16 μοντέλο χρησιμοποιήθηκε ως feature extractor, διατηρώντας τα προ-εκπαιδευμένα βάρη του. Τα χαρακτηριστικά εξάχθηκαν από το επίπεδο block5\_pool και στη

συνέχεια αναμορφώθηκαν σε μονοδιάστατο πίνακα για να χρησιμοποιηθούν ως είσοδοι για το επόμενο βήμα. (Simonyan & Zisserman, 2014)

3. **Εκπαίδευση του SVM μοντέλου:** Το εξαγόμενο σύνολο χαρακτηριστικών χρησιμοποιήθηκε για την εκπαίδευση ενός μοντέλου SVM (Support Vector Machine) με γραμμικό πυρήνα. Το SVM εκπαιδεύτηκε με στόχο την κατηγοριοποίηση των εικόνων σε διαφορετικές κατηγορίες, βασιζόμενο στα χαρακτηριστικά που εξήχθησαν από το VGG16. (Cortes & Vapnik, 1995)
4. **Αξιολόγηση και αποθήκευση του μοντέλου:** Μετά την εκπαίδευση, το SVM μοντέλο αξιολογήθηκε τόσο στο σύνολο επικύρωσης όσο και στο σύνολο δοκιμής για να ελεγχθεί η απόδοσή του. Η ακρίβεια του μοντέλου μετρήθηκε, και το μοντέλο αποθηκεύτηκε σε μορφή αρχείου (SVM\_model.pkl) για μελλοντική χρήση.

### Τεχνικά Στοιχεία του Αλγορίθμου

Ο αλγόριθμος βασίζεται στα εξής τεχνικά στοιχεία:

- **ImageDataGenerator:** Χρησιμοποιείται για την προ-επεξεργασία και κανονικοποίηση των εικόνων πριν την εξαγωγή χαρακτηριστικών.
- **VGG16:** Ένα προεκπαιδευμένο συνελκτικό νευρωνικό δίκτυο (ConvNet) χρησιμοποιείται για την εξαγωγή χαρακτηριστικών από τις εικόνες. Το μοντέλο εξάγει χαρακτηριστικά από τα βαθιά επίπεδα του δικτύου, που είναι πλούσια σε πληροφορίες.
- **Support Vector Machine (SVM):** Ένα κλασικό αλγοριθμικό μοντέλο ταξινόμησης που χρησιμοποιεί τα εξαγόμενα χαρακτηριστικά για την εκπαίδευση και κατηγοριοποίηση των εικόνων.

### Εφαρμογές και Χρήση του Αλγορίθμου

Αυτός ο αλγόριθμος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορους τομείς, όπως:

1. **Ανάλυση Ιατρικών Εικόνων:** Για την αυτόματη ταξινόμηση ιατρικών εικόνων, όπως ακτινογραφίες, σε κατηγορίες (π.χ., υγιής, ασθενής). (Litjens et al. 2017)
2. **Επιτήρηση και Ασφάλεια:** Για την αναγνώριση αντικειμένων ή δραστηριοτήτων μέσα από εικόνες κάμερας επιτήρησης.

3. **Αυτόνομη Οδήγηση:** Για την αναγνώριση και ταξινόμηση αντικειμένων στον δρόμο, βοηθώντας στην ασφαλή κίνηση των οχημάτων. (Grigorescu et al., 2020)

### Περιορισμοί και Βελτιώσεις

1. Ο αλγόριθμος έχει ορισμένους περιορισμούς που μπορούν να βελτιωθούν:
2. **Εξάρτηση από το Σετ Δεδομένων:** Η ακρίβεια εξαρτάται από την ποιότητα και την ποικιλία των δεδομένων εκπαίδευσης. Η χρήση μεγαλύτερων και πιο αντιπροσωπευτικών συνόλων δεδομένων μπορεί να βελτιώσει την απόδοση.
3. **Χρόνος Εκπαίδευσης και Υπολογιστική Ισχύς:** Η εκπαίδευση τέτοιων μοντέλων απαιτεί ισχυρούς υπολογιστικούς πόρους και σημαντικό χρόνο, ειδικά για μεγάλα σύνολα δεδομένων.
4. **Προσαρμογή για Δυναμικά Περιβάλλοντα:** Η προσαρμογή του μοντέλου για χρήση σε περιβάλλοντα όπου οι συνθήκες αλλάζουν γρήγορα μπορεί να είναι δύσκολη και απαιτεί ειδικές τεχνικές προσαρμογής. (Srivastava et al., 2014)

Ακολουθεί ο κώδικας :

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.svm import SVC
from sklearn.metrics import accuracy_score, confusion_matrix, classification_report
from tensorflow.keras.preprocessing.image import ImageDataGenerator
from tensorflow.keras.applications import VGG16
from tensorflow.keras.models import Model
import joblib
```

```
# Set the paths to your datasets
```

```
train_dir = 'data/train'
validation_dir = 'data/validation'
test_dir = 'data/test'
```

```
# Image data generator for preprocessing images
```

```
datagen = ImageDataGenerator(rescale=1./255)
```

```
# Define data generators for train, validation, and test sets
```

```
train_generator = datagen.flow_from_directory(
    train_dir,
    target_size=(150, 150),
    batch_size=20,
    class_mode='categorical',
    shuffle=False
)
```

```
validation_generator = datagen.flow_from_directory(
    validation_dir,
    target_size=(150, 150),
```

```

    batch_size=20,
    class_mode='categorical',
    shuffle=False
)

test_generator = datagen.flow_from_directory(
    test_dir,
    target_size=(150, 150),
    batch_size=20,
    class_mode='categorical',
    shuffle=False
)

# Load the VGG16 model without the top layer (for feature extraction)
base_model = VGG16(weights='imagenet', include_top=False, input_shape=(150, 150, 3))
model = Model(inputs=base_model.input,
outputs=base_model.get_layer('block5_pool').output)

# Function to extract features using VGG16
def extract_features(directory, sample_count, generator):
    feature_shape = model.output_shape[1:]
    num_features = np.prod(feature_shape) # Calculate total number of features
    features = np.zeros((sample_count, num_features))
    labels = []
    i = 0
    for inputs_batch, labels_batch in generator:
        features_batch = model.predict(inputs_batch)
        current_batch_size = features_batch.shape[0]
        features[i * current_batch_size: (i + 1) * current_batch_size] =
features_batch.reshape(current_batch_size, num_features)
        labels.extend(np.argmax(labels_batch, axis=1))
        i += 1
    if i * generator.batch_size >= sample_count:
        break
    return features, labels

# Extract features for training, validation, and test sets
train_features, train_labels = extract_features(train_dir, train_generator.samples,
train_generator)
validation_features, validation_labels = extract_features(validation_dir,
validation_generator.samples, validation_generator)
test_features, test_labels = extract_features(test_dir, test_generator.samples, test_generator)

# Train the SVM model
svm = SVC(kernel='linear', probability=True) # Enable probability estimates
svm.fit(train_features, train_labels)

# Save the SVM model
joblib.dump(svm, 'SVM_model.pkl')

# Evaluate on the validation set
validation_predictions = svm.predict(validation_features)
val_acc = accuracy_score(validation_labels, validation_predictions)
print(f'Validation accuracy: {val_acc * 100:.2f}%')

```

```

# Evaluate on the test set
test_predictions = svm.predict(test_features)
test_probabilities = svm.predict_proba(test_features)
test_acc = accuracy_score(test_labels, test_predictions)
print(f'Test accuracy: {test_acc * 100:.2f}%')

# Plotting the accuracy
accuracies = [val_acc, test_acc]
labels = ['Validation', 'Test']

plt.figure(figsize=(8, 6))
plt.bar(labels, accuracies, color=['blue', 'green'])
plt.ylim(0, 1)
plt.ylabel('Accuracy')
plt.title('Validation and Test Accuracy')
plt.show()

# Classification report and confusion matrix for test data
print("Classification Report:")
print(classification_report(test_labels, test_predictions))

print("Confusion Matrix:")
print(confusion_matrix(test_labels, test_predictions))

```

## 5.2 Ανάλυση και Επεξήγηση του Δεύτερου Αλγορίθμου Ταξινόμησης Εικόνων, Αποθήκευσης Αποτελεσμάτων και της Σχέσης του με τον Πρώτο Αλγόριθμο

Ο αλγόριθμος που παρουσιάζεται εδώ είναι ένα εργαλείο για την ταξινόμηση εικόνων σε τρεις κατηγορίες κίνησης (υψηλή, χαμηλή, και μεσαία κίνηση), χρησιμοποιώντας ένα προ-εκπαιδευμένο μοντέλο CNN (Convolutional Neural Network) και ένα εκπαιδευμένο μοντέλο SVM. Το μοντέλο έχει ήδη εκπαιδευτεί και αποθηκευτεί, και τώρα χρησιμοποιείται για να κατηγοριοποιήσει νέες εικόνες και να αποθηκεύσει τα αποτελέσματα σε ένα αρχείο Excel για περαιτέρω ανάλυση.

### **Αρχές Λειτουργίας του Αλγορίθμου**

Ο αλγόριθμος χρησιμοποιεί το προ-εκπαιδευμένο μοντέλο VGG16 για την εξαγωγή χαρακτηριστικών από τις εικόνες. Τα χαρακτηριστικά αυτά, τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί ήδη για την εκπαίδευση του μοντέλου SVM, εφαρμόζονται στις νέες εικόνες για να προβλεφθεί η κατηγορία της: υψηλή, χαμηλή, και μεσαία κίνηση.

### **Διαδικασία Λειτουργίας:**

1. **Φόρτωση του Μοντέλου:** Το πρώτο βήμα είναι η φόρτωση του ήδη εκπαιδευμένου μοντέλου SVM από το αποθηκευμένο αρχείο

(SVM\_model.pkl). Το μοντέλο VGG16 χρησιμοποιείται για την εξαγωγή χαρακτηριστικών, τα οποία θα εισαχθούν στο SVM για την ταξινόμηση των εικόνων.

2. **Προ-επεξεργασία Εικόνων:** Κάθε εικόνα που πρόκειται να ταξινομηθεί προ-επεξεργάζεται ώστε να είναι κατάλληλη για το μοντέλο. Η εικόνα προσαρμόζεται σε διαστάσεις 150x150 pixels και κανονικοποιείται (οι τιμές των pixels περιορίζονται μεταξύ 0 και 1) για να εξασφαλιστεί ότι η είσοδος στο μοντέλο είναι ομοιόμορφη, προβλέψιμη και συμβατή.
3. **Εξαγωγή Χαρακτηριστικών και Ταξινόμηση Εικόνων:** Για κάθε εικόνα, τα χαρακτηριστικά εξάγονται μέσω του προ-εκπαιδευμένου μοντέλου VGG16 και στη συνέχεια ταξινομούνται από το μοντέλο SVM που εκπαιδεύτηκε. Το SVM προβλέπει την κατηγορία στην οποία ανήκει κάθε εικόνα και υπολογίζει την εμπιστοσύνη της πρόβλεψης σε ποσοστό.
4. **Εξαγωγή Ημερομηνίας και Ώρας:** Ο αλγόριθμος προσπαθεί να εξαγάγει την ημερομηνία και την ώρα από το όνομα του αρχείου εικόνας. Αυτή η πληροφορία είναι κρίσιμη για την καταγραφή της στιγμής κατά την οποία λήφθηκε η εικόνα, επιτρέποντας την ανάλυση της κίνησης σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους.
5. **Αποθήκευση Αποτελεσμάτων σε Excel:** Τα αποτελέσματα αποθηκεύονται σε ένα αρχείο Excel (SVM\_classification\_results.xlsx), επιτρέποντας την εύκολη αποθήκευση και ανάλυση των δεδομένων σε μεταγενέστερο στάδιο καθώς περιλαμβάνουν και πληροφορίες όπως η ημερομηνία, η ώρα και το ποσοστό εμπιστοσύνης της πρόβλεψης.
6. **Διαμόρφωση και Προσαρμογή του Excel:** Το αρχείο Excel προσαρμόζεται περαιτέρω για ευκολότερη χρήση

### Τεχνικά Στοιχεία του Αλγορίθμου

Ο αλγόριθμος βασίζεται σε μερικά βασικά τεχνικά στοιχεία που περιλαμβάνουν:

- **TensorFlow και Keras:** Οι βιβλιοθήκες αυτές χρησιμοποιούνται για τη φόρτωση του μοντέλου VGG16 και την εξαγωγή χαρακτηριστικών από τις νέες εικόνες.

- **SVM με Jolib:** Το SVM μοντέλο φορτώνεται και χρησιμοποιείται μέσω της βιβλιοθήκης Jolib για την ταξινόμηση των χαρακτηριστικών που εξάγονται.
- **Pandas και Openpyxl για Excel:** Τα αποτελέσματα ταξινόμησης αποθηκεύονται σε ένα αρχείο Excel μέσω της βιβλιοθήκης Pandas, και το Openpyxl εξασφαλίζει τη σωστή αποθήκευση του αρχείου Excel.

## Εφαρμογές και Χρήση του Αλγορίθμου

Ο αλγόριθμος αυτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πλήθος εφαρμογών, όπως:

1. **Παρακολούθηση Κυκλοφορίας:** Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση της κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο, καταγράφοντας την ένταση της κίνησης σε διάφορες χρονικές στιγμές.
2. **Ασφάλεια:** Σε συστήματα επιτήρησης, ο αλγόριθμος μπορεί να εντοπίσει την παρουσία ή την απουσία ανθρώπων ή οχημάτων, βοηθώντας στη λήψη αποφάσεων ασφαλείας.
3. **Διαχείριση Δεδομένων από Κάμερες:** Η ταξινόμηση εικόνων από κάμερες σε μεγάλα δίκτυα επιτήρησης ή σε περιβάλλοντα IoT (Internet of Things) μπορεί να αυτοματοποιηθεί, επιτρέποντας την έξυπνη διαχείριση των δεδομένων.

## Περιορισμοί και Βελτιώσεις

Παρά τις δυνατότητες του αλγορίθμου, υπάρχουν ορισμένοι περιορισμοί που πρέπει να ληφθούν υπόψη:

1. **Εξάρτηση από την Ονοματοδοσία Αρχείων:** Ο αλγόριθμος βασίζεται στην ονοματοδοσία των αρχείων για την εξαγωγή της ημερομηνίας και της ώρας, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε σφάλματα εάν τα αρχεία δεν έχουν σωστά ονόματα.
2. **Ακρίβεια Προβλέψεων:** Η ακρίβεια του μοντέλου εξαρτάται από την ποιότητα του αρχικού σετ δεδομένων εκπαίδευσης και από το πόσο καλά εκπαιδεύτηκε το μοντέλο για να αναγνωρίζει τις διάφορες κατηγορίες κίνησης.
3. **Επεξεργασία Πολυάριθμων Εικόνων:** Η απόδοση του αλγορίθμου σε περιβάλλοντα που απαιτούν ταυτόχρονη επεξεργασία πολλών εικόνων μπορεί να επηρεαστεί, απαιτώντας βελτιστοποίηση των πόρων.

Αυτός ο αλγόριθμος είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για την αυτόματη ταξινόμηση εικόνων και την αποθήκευση των αποτελεσμάτων για μελλοντική ανάλυση, προσφέροντας σημαντικά πλεονεκτήματα σε τομείς όπου η ανάλυση εικόνων είναι κρίσιμη.

### Σχέση του Δεύτερου Αλγορίθμου με τον Πρώτο Αλγόριθμο

Η σχέση μεταξύ του πρώτου και του δεύτερου αλγορίθμου είναι θεμελιώδης για την επιτυχία της ανάλυσης. Ο πρώτος αλγόριθμος λειτουργεί ως το "μάτι" που ανιχνεύει το περιεχόμενο σε κάθε εικόνα ενώ ο δεύτερος αλγόριθμος χρησιμοποιεί το ήδη εκπαιδευμένο μοντέλο για την ταξινόμηση νέων εικόνων. Χωρίς τις προβλέψεις του πρώτου αλγορίθμου, ο δεύτερος αλγόριθμος δεν θα είχε δεδομένα για να αναλύσει. Συγκεκριμένα:

- **Πρώτος Αλγόριθμος ως Βάση:** Ο πρώτος αλγόριθμος παρέχει τα πρωτογενή δεδομένα, δηλαδή την πληροφορία για το εάν υπάρχει κάποια κατηγορία σε κάθε εικόνα. Αυτά τα δεδομένα είναι απαραίτητα για τον δεύτερο αλγόριθμο, ο οποίος τα χρησιμοποιεί για να ταξινομήσει σε κάποια από τις τρεις κατηγορίες τις καινούριες εικόνες.
- **Συνεργατική Λειτουργία:** Οι δύο αλγόριθμοι συνεργάζονται για να παράγουν ένα συνολικό αποτέλεσμα. Ενώ ο πρώτος αλγόριθμος επικεντρώνεται στην ανάλυση της εικόνας, ο δεύτερος αλγόριθμος επικεντρώνεται στην ανάλυση του χρόνου και στην ταξινόμηση.
- **Εξαρτημένη Απόδοση:** Η απόδοση του δεύτερου αλγορίθμου εξαρτάται άμεσα από την ακρίβεια του πρώτου αλγορίθμου. Αν ο πρώτος αλγόριθμος δεν αναγνωρίσει σωστά το μοτίβο σε μια εικόνα, αυτό θα επηρεάσει τα τελικά αποτελέσματα του δεύτερου αλγορίθμου. Για παράδειγμα, αν ο πρώτος αλγόριθμος αποτύχει να ανιχνεύσει κίνηση σε μια ώρα αιχμής, ο δεύτερος αλγόριθμος μπορεί να καταλήξει σε λανθασμένα συμπεράσματα σχετικά με το σε ποια κατηγορία ταξινομείται η εικόνα που ανιχνεύει.

Ακολουθεί ο κώδικας :

```
import os
import numpy as np
from tensorflow.keras.preprocessing.image import load_img, img_to_array
from tensorflow.keras.applications import VGG16
from tensorflow.keras.models import Model
import joblib
```

```

import pandas as pd
from openpyxl import load_workbook

# Set the path to the directory containing new images
new_images_dir = 'New_Images' # Directory with new images to classify

# Load the pre-trained SVM model
svm_model_path = 'SVM_model.pkl'
svm = joblib.load(svm_model_path)

# Load the VGG16 model without the top layer (for feature extraction)
base_model = VGG16(weights='imagenet', include_top=False, input_shape=(150, 150, 3))
model = Model(inputs=base_model.input,
outputs=base_model.get_layer('block5_pool').output)

# Function to load and preprocess a single image
def load_and_preprocess_image(image_path):
    img = load_img(image_path, target_size=(150, 150)) # Load image and resize
    img_array = img_to_array(img) # Convert to array
    img_array = np.expand_dims(img_array, axis=0) # Expand dimensions to fit model input
    img_array /= 255.0 # Normalize to [0, 1] range
    return img_array

# Function to extract features for all images in a directory
def extract_features_for_new_images(image_dir):
    image_paths = [os.path.join(image_dir, fname) for fname in os.listdir(image_dir) if
fname.lower().endswith(('png', 'jpg', 'jpeg', 'bmp', 'gif'))]
    features = []
    for image_path in image_paths:
        img_array = load_and_preprocess_image(image_path)
        features_batch = model.predict(img_array)
        features.append(features_batch.flatten())
    features = np.array(features)
    return features, image_paths

# Extract features for the new images
new_images_features, image_paths = extract_features_for_new_images(new_images_dir)

# Predict the classes and probabilities for the new images
predictions = svm.predict(new_images_features)
probabilities = svm.predict_proba(new_images_features)

# Extract date and time from the file names
dates = []
times = []
for path in image_paths:
    filename = os.path.basename(path)
    date_str = filename[:8] # Extracting date part (YYYYMMDD)
    time_str = filename[9:15] # Extracting time part (HHMMSS)
    formatted_date = f'{date_str[:4]}/{date_str[4:6]}/{date_str[6:]}'
    formatted_time = f'{time_str[:2]}:{time_str[2:4]}:{time_str[4:]}'
    dates.append(formatted_date)
    times.append(formatted_time)

# Map numeric labels back to class names

```

```

predicted_classes = ['High_Traffic', 'Low_Traffic', 'Medium_Traffic']
predicted_class_names = [predicted_classes[pred] for pred in predictions]

# Get the confidence percentages
confidence_percentages = np.round(np.max(probabilities, axis=1) * 100, 2) # Round confidence to 2 decimals

# Create a DataFrame
results_df = pd.DataFrame({
    'Date': dates,
    'Time': times,
    'Predicted Class': predicted_class_names,
    'Confidence (%)': confidence_percentages
})

# Save the classification results to an Excel file
excel_file_path = 'SVM_classification_results.xlsx'
results_df.to_excel(excel_file_path, index=False)

# Load the workbook to modify the Excel file
wb = load_workbook(excel_file_path)
ws = wb.active

# Freeze the first row
ws.freeze_panes = ws['A2']

# Adjust all column widths to the widest content
for col in ws.columns:
    max_length = 0
    column = col[0].column_letter # Get the column name
    for cell in col:
        try:
            max_length = max(max_length, len(str(cell.value)))
        except:
            pass
    adjusted_width = (max_length + 2)
    ws.column_dimensions[column].width = adjusted_width

# Save the modified Excel file
wb.save(excel_file_path)

print("Classification results for new images saved to 'SVM_classification_results.xlsx'")

```

### 5.3 Ανάλυση και Επεξήγηση του Αλγορίθμου Επεξεργασίας και Μορφοποίησης Δεδομένων Excel για Αποτελέσματα Ταξινόμησης Εικόνων

Ο αλγόριθμος αυτός έχει ως στόχο την ανάλυση και μορφοποίηση των αποτελεσμάτων ταξινόμησης εικόνων που έχουν αποθηκευτεί σε ένα αρχείο Excel. Η ταξινόμηση αφορά την αναγνώριση της έντασης της κυκλοφορίας (υψηλή, χαμηλή, μεσαία) από ένα σύνολο εικόνων. Το τελικό αποτέλεσμα είναι ένα αρχείο Excel με τα αποτελέσματα

της ταξινόμησης και ένα εβδομαδιαίο χρονοδιάγραμμα για την καταγραφή των χρονικών διαστημάτων με υψηλή κυκλοφορία.

### **Αρχές Λειτουργίας του Αλγορίθμου**

Ο αλγόριθμος εκτελεί μια σειρά από βήματα για την ανάλυση των αποτελεσμάτων ταξινόμησης, την επισήμανση (highlight) συγκεκριμένων γραμμών στο Excel που δημιουργήθηκε από τον δεύτερο αλγόριθμο, και τη δημιουργία ενός νέου αρχείου Excel που καταγράφει το εβδομαδιαίο πρόγραμμα εισόδου φορτηγών βάσει των περιόδων με υψηλή κυκλοφορία.

### **Διαδικασία Λειτουργίας:**

1. **Φόρτωση και Προετοιμασία Δεδομένων Excel:** Τα δεδομένα φόρτωσης από το αρχείο Excel μετατρέπονται σε ένα Pandas Data Frame για ευκολότερη επεξεργασία. Οι στήλες ημερομηνίας και ώρας συνδυάζονται για τη δημιουργία μιας ενιαίας στήλης datetime που επιτρέπει την υπολογισμό διαφορών χρόνου μεταξύ των εγγραφών.
2. **Επισήμανση Περιόδων με Κενά:** Ο αλγόριθμος προσδιορίζει και επισημαίνει (highlight) τις περιόδους όπου υπάρχουν μεγάλα χρονικά κενά (περισσότερες από 2 ώρες) μεταξύ καταγραφών υψηλής κυκλοφορίας. Οι γραμμές αυτές επισημαίνονται με διαφορετικά χρώματα (π.χ. πράσινο για χαμηλή κυκλοφορία και κίτρινο για μεσαία κυκλοφορία εντός των περιόδων αυτών) στο αρχείο Excel.
3. **Επεξεργασία και Αποθήκευση των Αποτελεσμάτων:** Ο αλγόριθμος εφαρμόζει μορφοποιήσεις στο αρχείο Excel, όπως η προσθήκη περιγραμμάτων στα κελιά και η διατήρηση της ομοιομορφίας στο πλάτος των στηλών. Μετά την επεξεργασία, το αρχείο Excel αποθηκεύεται ξανά με τις νέες μορφοποιήσεις.
4. **Δημιουργία Εβδομαδιαίου Χρονοδιαγράμματος:** Ο αλγόριθμος αναλύει τις επισημασμένες γραμμές και δημιουργεί ένα εβδομαδιαίο χρονοδιάγραμμα για τις περιόδους με υψηλή κυκλοφορία. Το χρονοδιάγραμμα αποθηκεύεται σε ένα νέο αρχείο Excel, το οποίο καταγράφει τις περιόδους κατά τις οποίες η κυκλοφορία ήταν χαμηλή ή μέτρια ανά ημέρα της εβδομάδας.

## Τεχνικά Στοιχεία του Αλγορίθμου

Ο αλγόριθμος βασίζεται σε μια σειρά από τεχνικά στοιχεία που περιλαμβάνουν:

- **Pandas για Διαχείριση Δεδομένων:** Η βιβλιοθήκη Pandas χρησιμοποιείται για τη φόρτωση και επεξεργασία των δεδομένων Excel. Αυτή επιτρέπει τη μετατροπή των στηλών ημερομηνίας και ώρας σε αντικείμενα datetime, καθώς και την εύκολη διαχείριση των δεδομένων μέσω Data Frame.
- **Openpyxl για Μορφοποίηση Excel:** Η βιβλιοθήκη Openpyxl χρησιμοποιείται για την εφαρμογή μορφοποιήσεων, όπως η επισήμανση με χρώμα, η προσθήκη περιγραμμάτων, και η προσαρμογή του πλάτους των στηλών στο αρχείο Excel.

## Εφαρμογές και Χρήση του Αλγορίθμου

Αυτός ο αλγόριθμος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορους τομείς όπου είναι απαραίτητη η ανάλυση χρονικών δεδομένων και η επισήμανση συγκεκριμένων περιόδων ενδιαφέροντος, όπως:

1. **Διαχείριση Κυκλοφορίας:** Η ανάλυση και καταγραφή των περιόδων με υψηλή κυκλοφορία μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση της ρύθμισης της κυκλοφορίας και της διαχείρισης της υποδομής.
2. **Επιτήρηση και Ασφάλεια:** Η καταγραφή και ανάλυση των περιόδων με υψηλή δραστηριότητα μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση των στρατηγικών επιτήρησης και ασφάλειας.

## Περιορισμοί και Βελτιώσεις

Ο αλγόριθμος έχει μερικούς περιορισμούς που μπορούν να βελτιωθούν:

1. **Ανάλυση Δεδομένων σε Πραγματικό Χρόνο:** Ο αλγόριθμος λειτουργεί με δεδομένα που έχουν ήδη καταγραφεί και αποθηκευτεί. Η επέκτασή του για ανάλυση σε πραγματικό χρόνο θα απαιτούσε περαιτέρω ανάπτυξη.
2. **Αντιμετώπιση Απρόβλεπτων Περιόδων:** Σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν απρόβλεπτες μεταβολές στην κυκλοφορία, ο αλγόριθμος μπορεί να δυσκολευτεί να προσδιορίσει με ακρίβεια τις περιόδους ενδιαφέροντος.

3. **Αποτελεσματικότητα σε Μεγάλες Κλίμακες:** Η απόδοση του αλγορίθμου μπορεί να επηρεαστεί όταν εφαρμόζεται σε πολύ μεγάλα σύνολα δεδομένων, γεγονός που μπορεί να απαιτεί βελτιστοποίηση.

Αυτός ο αλγόριθμος αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο για την επεξεργασία και μορφοποίηση δεδομένων ταξινόμησης, επιτρέποντας την εύκολη ανάλυση και καταγραφή των αποτελεσμάτων σε αρχείο Excel, και παρέχει σημαντική υποστήριξη για τη διαχείριση της κυκλοφορίας και άλλες σχετικές εφαρμογές.

Ακολουθεί ο κώδικας :

```
import pandas as pd
from openpyxl import load_workbook, Workbook
from openpyxl.styles import PatternFill, Font, Border, Side

# Load the Excel file into a pandas DataFrame
excel_file_path = 'SVM_classification_results.xlsx'
df = pd.read_excel(excel_file_path)

# Convert Date and Time columns to datetime for easier manipulation
df['Datetime'] = pd.to_datetime(df['Date'] + ' ' + df['Time'])

# Calculate the time difference between consecutive rows
df['Time_Difference'] = df['Datetime'].diff()

# Strip any leading or trailing spaces from the 'Predicted Class' column
df['Predicted Class'] = df['Predicted Class'].str.strip()

# Initialize a flag for marking sequences that should be highlighted
df['Highlight'] = False

# Load the workbook to apply conditional formatting
wb = load_workbook(excel_file_path)
ws = wb.active

# Step 1: Clear any existing highlighting at the workbook (starting from row 2)
for row in ws.iter_rows(min_row=2, max_row=ws.max_row, min_col=1, max_col=4):
    for cell in row:
        cell.fill = PatternFill(fill_type=None) # Clear any fill format

# Initialize variables for tracking cumulative duration
cumulative_time_diff = pd.Timedelta(0)
start_index = None

# Step 2: Loop through the DataFrame (starting from index 0) to identify consecutive non-
# "High_Traffic" periods
for i in range(1, len(df)):
    # Check if the current row is NOT classified as "High_Traffic"
    if df.loc[i, 'Predicted Class'] != 'High_Traffic':
        if start_index is None:
            start_index = i # Start tracking the duration from this row
```

```

# Add the time difference for this row to the cumulative total
cumulative_time_diff += df.loc[i, 'Time_Difference']

else:
    # We encountered a "High_Traffic" event, so we now evaluate the accumulated time
    if cumulative_time_diff > pd.Timedelta(hours=2):
        # If the cumulative time exceeds 2 hours, highlight the rows
        for j in range(start_index, i):
            df.loc[j, 'Highlight'] = True
        print(f'Highlighting rows from {start_index} to {i-1} (cumulative time > 2 hours).")

    # Reset the cumulative time and start index after processing the sequence
    cumulative_time_diff = pd.Timedelta(0)
    start_index = None

# After the loop, check if the last batch of rows (if any) exceeded 2 hours
if cumulative_time_diff > pd.Timedelta(hours=2):
    for j in range(start_index, len(df)):
        df.loc[j, 'Highlight'] = True
    print(f'Highlighting rows from {start_index} to the end (cumulative time > 2 hours).")

# Step 3: Define fill patterns for highlighting
light_green_fill = PatternFill(start_color="90EE90", end_color="90EE90", fill_type="solid")
# Light green for gaps
yellow_fill = PatternFill(start_color="FFFF00", end_color="FFFF00", fill_type="solid") #
Yellow for Medium Traffic

# Apply conditional formatting to highlight the identified rows
for idx, row in df.iterrows():
    if row['Highlight']:
        for col in range(1, 5): # Highlight the entire row (Date, Time, Predicted Class,
            Confidence)
            if row['Predicted Class'] == 'Medium_Traffic':
                ws.cell(row=idx + 2, column=col).fill = yellow_fill # Yellow for Medium_Traffic
rows
            else:
                ws.cell(row=idx + 2, column=col).fill = light_green_fill # Light green for others in
the gap

# Drop unnecessary columns before saving to Excel
df = df.drop(columns=['Datetime', 'Time_Difference', 'Highlight'])

# Define border style
thin_border = Border(left=Side(style='thin'),
                    right=Side(style='thin'),
                    top=Side(style='thin'),
                    bottom=Side(style='thin'))

# Apply borders to all cells in the range
for i in range(2, ws.max_row + 1):
    for col in ['A', 'B', 'C', 'D']:
        ws[f'{col}{i}'].border = thin_border

# Save the highlighted Excel file

```

```

wb.save(excel_file_path)

print(f'Rows with cumulative gaps of more than 2 hours between non-'High_Traffic' periods
have been highlighted in light green, with Medium_Traffic rows in yellow, in
{excel_file_path}.')

# Load the Excel file with the classification results
excel_file_path = 'SVM_classification_results.xlsx'
df = pd.read_excel(excel_file_path)

# Convert Date and Time columns to datetime for easier manipulation
df['Datetime'] = pd.to_datetime(df['Date'] + ' ' + df['Time'])

# Initialize dictionary to store periods between High_Traffic events for each day
weekly_timetable = {
    'Monday': [],
    'Tuesday': [],
    'Wednesday': [],
    'Thursday': [],
    'Friday': []
}

# Variables to keep track of High_Traffic events
start_of_gap = None
current_day = None
last_non_high_traffic_time = None

# Iterate through the DataFrame to find highlighted rows and add them to the weekly
timetable
for idx, row in df.iterrows():
    # Extract the day of the week and time
    day_of_week = row['Datetime'].strftime('%A')
    start_time = row['Time']

    # Check if the current row is highlighted
    highlighted = any(ws[f'{col}{idx+2}'].fill.start_color.index != '00000000' for col in ['A', 'B',
'C', 'D'])

    if highlighted:
        if idx < len(df) - 1 and df.loc[idx + 1, 'Datetime'].strftime('%A') == day_of_week:
            end_time = df.loc[idx + 1, 'Time']
        else:
            end_time = start_time # Maintain the same end time if it's the last known period

        # Add the highlighted time period to the timetable (without date)
        if weekly_timetable[day_of_week]:
            # Get the last added period
            last_period = weekly_timetable[day_of_week][-1]
            last_start, last_end = last_period.split(' - ')

            # If the current period starts where the last one ended, merge them
            if last_end == start_time:
                weekly_timetable[day_of_week][-1] = f'{last_start} - {end_time}'
            else:

```

```

        weekly_timetable[day_of_week].append(f"{start_time} - {end_time}")
    else:
        weekly_timetable[day_of_week].append(f"{start_time} - {end_time}")

# Create a new Excel workbook and sheet to store the weekly timetable
new_excel_file_path = 'SVM_weekly_truck_entry_timetable.xlsx'
wb = Workbook()
ws = wb.active
ws.title = 'Weekly Timetable'

# Define styles
bold_font = Font(bold=True)
thin_border = Border(left=Side(style='thin'),
                    right=Side(style='thin'),
                    top=Side(style='thin'),
                    bottom=Side(style='thin'))

# Define column headers
headers = ['Monday', 'Tuesday', 'Wednesday', 'Thursday', 'Friday']
ws.append(headers)

# Apply bold style and borders to headers
for col in range(1, len(headers) + 1):
    cell = ws.cell(row=1, column=col)
    cell.font = bold_font
    cell.border = thin_border

# Fill in the data row by row for each day
max_length = max(len(v) for v in weekly_timetable.values())
for i in range(max_length):
    row = []
    for day in headers:
        if i < len(weekly_timetable[day]):
            row.append(weekly_timetable[day][i])
        else:
            row.append("") # Leave empty if no more periods for this day
    ws.append(row)

# Determine the maximum width of any column
max_width = 0
for col in ws.columns:
    for cell in col:
        if cell.value:
            max_width = max(max_width, len(str(cell.value)))

# Apply borders and set all columns to the maximum width
for col in ws.columns:
    for cell in col:
        cell.border = thin_border
    ws.column_dimensions[col[0].column_letter].width = max_width + 2

# Save the new Excel file
wb.save(new_excel_file_path)

print(f"SVM_Weekly truck entry timetable saved to {new_excel_file_path}")

```

| Date       | Time     | Predicted Class | Confidence (%) |
|------------|----------|-----------------|----------------|
| 2024/09/03 | 16:35:07 | Low_Traffic     | 57,98          |
| 2024/09/03 | 16:38:03 | Low_Traffic     | 60,08          |
| 2024/09/03 | 16:38:09 | Medium_Traffic  | 50,63          |
| 2024/09/03 | 16:38:16 | Medium_Traffic  | 50,63          |
| 2024/09/03 | 16:41:11 | Medium_Traffic  | 48,66          |
| 2024/09/03 | 16:41:17 | Medium_Traffic  | 57,13          |
| 2024/09/03 | 16:41:23 | Medium_Traffic  | 45,82          |
| 2024/09/03 | 16:44:19 | Medium_Traffic  | 47,22          |
| 2024/09/03 | 16:44:25 | Medium_Traffic  | 49             |
| 2024/09/03 | 16:44:31 | Medium_Traffic  | 49             |
| 2024/09/03 | 16:47:27 | Low_Traffic     | 78,42          |
| 2024/09/03 | 16:47:33 | Low_Traffic     | 81,63          |
| 2024/09/03 | 16:47:39 | Low_Traffic     | 81,63          |
| 2024/09/03 | 16:50:35 | Low_Traffic     | 86,23          |
| 2024/09/03 | 16:50:41 | Low_Traffic     | 85,32          |
| 2024/09/03 | 16:50:47 | Low_Traffic     | 85,32          |
| 2024/09/03 | 16:53:43 | Low_Traffic     | 95,43          |
| 2024/09/03 | 16:53:49 | Low_Traffic     | 93,34          |
| 2024/09/03 | 16:53:55 | Low_Traffic     | 93,03          |
| 2024/09/03 | 16:56:51 | Low_Traffic     | 59,77          |
| 2024/09/03 | 16:56:57 | Low_Traffic     | 59,77          |
| 2024/09/03 | 16:57:03 | Low_Traffic     | 59,77          |
| 2024/09/03 | 16:59:59 | Low_Traffic     | 59,77          |
| 2024/09/03 | 17:00:05 | Low_Traffic     | 92,36          |
| 2024/09/03 | 17:00:11 | Low_Traffic     | 95,34          |
| 2024/09/03 | 17:03:07 | Low_Traffic     | 94,83          |
| 2024/09/03 | 17:03:13 | Low_Traffic     | 70,71          |
| 2024/09/03 | 17:03:20 | Low_Traffic     | 69,72          |
| 2024/09/03 | 17:06:15 | Low_Traffic     | 68,72          |
| 2024/09/03 | 17:06:21 | High_Traffic    | 51,57          |
| 2024/09/03 | 17:06:27 | High_Traffic    | 55,31          |
| 2024/09/03 | 17:09:23 | High_Traffic    | 51,91          |
| 2024/09/03 | 17:09:29 | Low_Traffic     | 60,69          |
| 2024/09/03 | 17:09:36 | Low_Traffic     | 58,49          |
| 2024/09/03 | 17:12:31 | Low_Traffic     | 53,32          |

**Εικόνα 5.1:** Δείγμα αποτελέσματος ανάλυσης κίνησης.

| Monday              | Tuesday             | Wednesday           | Thursday            | Friday              |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 06:04:50 - 21:31:32 | 06:02:57 - 17:06:21 | 06:00:51 - 12:23:35 | 06:02:08 - 08:23:24 | 06:00:00 - 14:31:17 |
|                     | 17:50:08 - 21:29:47 | 12:26:43 - 15:07:09 | 08:26:19 - 21:00:05 | 14:31:23 - 18:10:49 |
|                     |                     | 18:40:30 - 21:30:10 |                     | 18:10:55 - 22:03:08 |

**Εικόνα 5.2:** Δείγμα αποτελέσματος προτεινόμενου χρονοδιαγράμματος φορτοεκφόρτωσης.

## 5.4 Τελικά Αποτελέσματα Αλγορίθμου

Η ανάλυση κίνησης αποτελεί κρίσιμο στοιχείο στη βελτιστοποίηση της διαχείρισης των διαδικασιών φορτοεκφόρτωσης και γενικότερα στη βελτίωση της ροής της κυκλοφορίας σε συγκεκριμένες περιοχές. Η παρούσα μελέτη επικεντρώνεται στην ανάλυση κίνησης μέσω εικόνων που ελήφθησαν από ένα συγκεκριμένο αρχείο, με στόχο τον προσδιορισμό των χρονικών στιγμών με ελάχιστη κίνηση. Οι εικόνες προέρχονται από μια περιοχή που παρουσιάζει διαφοροποιημένη κίνηση καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, και η κατανόηση των προτύπων κίνησης μπορεί να βοηθήσει στην καλύτερη οργάνωση της κυκλοφορίας, εξοικονόμηση χρόνου και αύξηση της αποτελεσματικότητας των διαδικασιών φορτοεκφόρτωσης. Η μελέτη που πραγματοποιήθηκε χρησιμοποίησε τρεις αλγόριθμους για την επεξεργασία, ανάλυση, και αποθήκευση των αποτελεσμάτων ταξινόμησης εικόνων με στόχο τον προσδιορισμό των χρονικών περιόδων με μειωμένη ή αυξημένη κίνηση. Τα αποτελέσματα αυτά μπορούν να βοηθήσουν στη βελτιστοποίηση της κυκλοφορίας και των σχετικών διαδικασιών.

### **Προσέγγιση και Μεθοδολογία**

Για την ανάλυση της κίνησης χρησιμοποιήθηκε ένας συνδυασμός αλγορίθμων μηχανικής μάθησης και ανάλυσης δεδομένων, οι οποίοι αναπτύχθηκαν για να εντοπίζουν πρότυπα κίνησης από εικόνες και να αποθηκεύουν τα αποτελέσματα σε αρχεία Excel για περαιτέρω ανάλυση.

Η διαδικασία περιελάμβανε τα εξής βήματα:

1. **Εξαγωγή Χαρακτηριστικών και Ταξινόμηση Εικόνων:** Με τη χρήση ενός Convolutional Neural Network (CNN) και ενός Support Vector Machine (SVM), οι εικόνες που εισήχθησαν στον αλγόριθμο ταξινομήθηκαν με βάση την κυκλοφοριακή τους κατάσταση. Το CNN χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή χαρακτηριστικών από τις εικόνες, τα οποία στη συνέχεια ταξινομήθηκαν σε κατηγορίες κυκλοφορίας μέσω του SVM.
2. **Αποθήκευση Αποτελεσμάτων και Μορφοποίηση Excel:** Τα αποτελέσματα της ταξινόμησης αποθηκεύτηκαν σε ένα αρχείο Excel, ενώ εφαρμόστηκαν μορφοποιήσεις για την καλύτερη οργάνωση και ανάλυση των δεδομένων. Οι περίοδοι με σημαντικά κενά στην κίνηση επισημάνθηκαν και τα δεδομένα

αναλύθηκαν για τη δημιουργία εβδομαδιαίων προγραμμάτων εισόδου φορτηγών.

3. **Δημιουργία Εβδομαδιαίου Χρονοδιαγράμματος:** Με βάση τα αποτελέσματα της ταξινόμησης, δημιουργήθηκε ένα εβδομαδιαίο πρόγραμμα που καταγράφει τις ώρες με αυξημένη ή μειωμένη κίνηση. Το πρόγραμμα αυτό παρέχει καθοδήγηση για την οργάνωση των δραστηριοτήτων φορτοεκφόρτωσης σε ώρες με χαμηλότερη κίνηση.

Τα αποτελέσματα αυτής της ανάλυσης παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τις ώρες της ημέρας όπου η κίνηση είναι πιο ήπια ή μέτρια, επιτρέποντας έτσι στις επιχειρήσεις και τις αρμόδιες αρχές να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις για τη διαχείριση της κυκλοφορίας.

#### 1. Πρωινές Ώρες (08:00 - 11:00):

- Οι εικόνες που αναλύθηκαν στις ώρες αυτές έδειξαν ότι η κίνηση ήταν αυξημένη το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου. Για παράδειγμα, οι εικόνες στο διάστημα 08:00 - 11:00 εμφάνισαν σαφή σημάδια κίνησης, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι πρωινές ώρες είναι πιθανόν οι πιο πολυσύχναστες της ημέρας.

#### 2. Μεσημεριανές Ώρες (11:00 - 16:00):

- Στις μεσημεριανές ώρες παρατηρήθηκε μια μείωση στην κίνηση. Συγκεκριμένα, η εικόνα που ληφθήκαν στο διάστημα 11:30 – 15:30 δεν παρουσίασε σημαντική κίνηση, κάτι που υποδηλώνει ότι αυτή η ώρα της ημέρας μπορεί να είναι κατάλληλη για διαδικασίες φορτοεκφόρτωσης. Παρόλα αυτά, η κατάσταση μπορεί να διαφοροποιείται ανάλογα με την ημέρα της εβδομάδας.

#### 3. Απογευματινές Ώρες (16:00 - 20:00):

- Καθώς προχωράει η μέρα, η κίνηση φαίνεται να αυξάνεται ξανά. Παρόλο που το απόγευμα παρατηρείται μια ήπια αύξηση της κίνησης, η κατάσταση μπορεί να διαφέρει ανάλογα με την ημέρα της εβδομάδας. Οι εικόνες που αναλύθηκαν στις απογευματινές ώρες παρουσίασαν

ενδείξεις μέτριας κίνησης, κάτι που μπορεί να δυσχεράνει τις διαδικασίες φορτοεκφόρτωσης.

#### **4. Βραδινές Ώρες (20:00 - 24:00):**

- ο Στις βραδινές ώρες η κίνηση φαίνεται να μειώνεται σημαντικά. Η ανάλυση έδειξε ότι οι εικόνες που ελήφθησαν μετά τις 20:00 είχαν λιγότερη κίνηση, καθιστώντας αυτές τις ώρες πιο κατάλληλες για δραστηριότητες που απαιτούν περιορισμένη κυκλοφορία, όπως η φορτοεκφόρτωση.

Τα παραπάνω αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι οι ώρες με λιγότερη κίνηση είναι οι μεσημεριανές και βραδινές ώρες, ενώ οι πρωινές και απογευματινές ώρες εμφανίζουν αυξημένη κίνηση. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τις επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στην περιοχή, για τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών τους, όπως είναι η φορτοεκφόρτωση από φορτηγά, οι οποίες θα μπορούσαν να πραγματοποιούνται τις ώρες με λιγότερη κίνηση.

Επιπλέον, η χρήση αλγορίθμων μηχανικής μάθησης για την ανάλυση κίνησης μέσω εικόνων αποτελεί ένα εργαλείο που μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορες περιοχές και περιπτώσεις, προσφέροντας ταχεία και ακριβή αποτελέσματα. Η παρούσα μεθοδολογία μπορεί να προσαρμοστεί και να επεκταθεί για τη χρήση σε μεγαλύτερα δεδομένα ή σε πραγματικό χρόνο, με στόχο τη συνεχή παρακολούθηση της κίνησης και την αυτοματοποίηση των διαδικασιών λήψης αποφάσεων.

Παρ' όλο που τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες, είναι σημαντικό να αναγνωριστούν οι περιορισμοί της παρούσας μεθοδολογίας. Για παράδειγμα, οι προβλέψεις του αλγορίθμου βασίζονται σε ένα συγκεκριμένο μοντέλο που έχει εκπαιδευτεί σε ένα περιορισμένο σετ δεδομένων. Για τη βελτίωση της ακρίβειας των προβλέψεων, θα ήταν σκόπιμο να εκπαιδευτεί το μοντέλο σε μεγαλύτερα και πιο διαφοροποιημένα δεδομένα.

Επιπλέον, οι εξωτερικές συνθήκες που μπορεί να επηρεάζουν την κίνηση, όπως ο καιρός, τα συμβάντα στην περιοχή, ή οι εποχικές διακυμάνσεις, δεν έχουν ληφθεί υπόψη στην παρούσα ανάλυση. Για μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση, θα ήταν χρήσιμο να συνδυαστούν τα δεδομένα εικόνας με άλλα δεδομένα, όπως είναι οι

κυκλοφοριακές μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο, ώστε να παραχθούν πιο ολοκληρωμένες προβλέψεις.

Συνοψίζοντας, η παρούσα ανάλυση αποτελεί ένα πρώτο βήμα προς την κατεύθυνση της χρήσης τεχνολογιών μηχανικής μάθησης για την ανάλυση της κίνησης σε συγκεκριμένες περιοχές και χρονικές στιγμές. Με την περαιτέρω βελτίωση και εξέλιξη της μεθοδολογίας, είναι δυνατόν να δημιουργηθούν πιο ακριβείς και προσαρμοσμένες λύσεις για την καλύτερη διαχείριση της κυκλοφορίας και των σχετικών διαδικασιών.

Βάση των όσων συζητήθηκαν προκύπτουν οι ακόλουθες λύσεις :

### **1. Ρύθμιση φορτοεκφόρτωσης εμπορευμάτων κατά τις ώρες μειωμένης κίνησης**

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης, παρατηρήθηκε ότι οι ώρες με μειωμένη κίνηση εντοπίζονται κυρίως στις μεσημεριανές και βραδινές ώρες. Συγκεκριμένα, η ώρα γύρω στις 14:00 και μετά τις 20:00 είναι οι πιο κατάλληλες για δραστηριότητες φορτοεκφόρτωσης. Ως εκ τούτου, προτείνεται η ρύθμιση των ωρών φορτοεκφόρτωσης να γίνεται κατά προτεραιότητα στις συγκεκριμένες χρονικές ζώνες, ώστε να αποφεύγεται η περαιτέρω επιβάρυνση της κυκλοφορίας σε ώρες αιχμής. Αυτή η ρύθμιση θα επιτρέψει στις επιχειρήσεις να λειτουργούν πιο αποτελεσματικά χωρίς να επηρεάζουν την ροή της κυκλοφορίας.

### **2. Δημιουργία ζωνών μειωμένης κυκλοφορίας σε ώρες αιχμής**

Από την ανάλυση προκύπτει ότι οι πρωινές ώρες (08:00 - 10:00) και οι απογευματινές ώρες (16:00 - 20:00) είναι οι πιο πολυσύχναστες. Για να μειωθεί η συμφόρηση κατά τη διάρκεια αυτών των ωρών, μπορεί να εφαρμοστεί η δημιουργία ζωνών μειωμένης κυκλοφορίας ή ακόμα και ζωνών όπου απαγορεύεται η κυκλοφορία ιδιωτικών οχημάτων. Ειδικά για τις ώρες 08:00 - 09:00, όπου η κίνηση είναι έντονη λόγω της προσέλευσης στα σχολεία και τους χώρους εργασίας, η αποθάρρυνση της χρήσης ιδιωτικών οχημάτων και η προώθηση των δημόσιων μεταφορών μπορεί να είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική.

### **3. Διευθέτηση της κυκλοφορίας μέσω εναλλασσόμενων ρυθμίσεων**

Για να αντιμετωπιστεί η πρόκληση της αυξημένης κυκλοφορίας σε συγκεκριμένες ώρες, προτείνεται η εφαρμογή εναλλασσόμενων ρυθμίσεων κυκλοφορίας, όπως η καθοδήγηση των οχημάτων προς εναλλακτικές διαδρομές ή η ρύθμιση της

κυκλοφορίας μέσω εναλλαγής πράσινων και κόκκινων φαναριών σε κομβικά σημεία. Αυτό θα βοηθήσει στην κατανομή της κυκλοφορίας και στη μείωση της συμφόρησης κατά τις ώρες αιχμής.

#### **4. Προώθηση της δημόσιας συγκοινωνίας σε ώρες υψηλής κίνησης**

Η χρήση δημόσιων συγκοινωνιών μπορεί να είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική για τη μείωση της κίνησης τις πρωινές και απογευματινές ώρες. Προτείνεται η ενίσχυση των δρομολογίων κατά τις ώρες αιχμής, ειδικά στις διαδρομές που εξυπηρετούν το κέντρο της πόλης. Η παροχή κινήτρων για τη χρήση δημόσιων μεταφορών, όπως η μείωση των κομίστρων ή η διάθεση ειδικών εισιτηρίων για ώρες αιχμής, μπορεί να συμβάλει στην αποσυμφόρηση των δρόμων.

#### **5. Επέκταση των ζωνών φορτοεκφόρτωσης κατά τις ώρες με μειωμένη κίνηση**

Οι ώρες με μειωμένη κίνηση, όπως οι μεσημεριανές 13:00-15:00 και οι βραδινές ώρες μετά τις 20:00, αποτελούν ιδανικό χρονικό πλαίσιο για την επέκταση των ζωνών φορτοεκφόρτωσης. Οι ζώνες αυτές μπορούν να επιτρέπουν την είσοδο μεγάλων οχημάτων που χρειάζονται περισσότερο χώρο για την εκφόρτωση χωρίς να διαταράσσουν την κανονική κυκλοφορία. Επιπλέον, η δημιουργία ειδικών διαδρομών για τα οχήματα αυτά που να αποφεύγουν τις κεντρικές οδούς μπορεί να συμβάλει στην αποσυμφόρηση του κέντρου.

#### **6. Ρυθμίσεις προσωρινής στάθμευσης σε ώρες μειωμένης κίνησης**

Εκτός από τη φορτοεκφόρτωση, η στάθμευση των οχημάτων μπορεί επίσης να ρυθμιστεί με βάση τις ώρες μειωμένης κίνησης. Προτείνεται η δυνατότητα προσωρινής στάθμευσης σε κεντρικές οδούς κατά τις ώρες όπου παρατηρείται λιγότερη κίνηση, δηλαδή μετά τις 20:00 και κατά τις μεσημεριανές ώρες. Αυτή η πρακτική θα αποτρέψει τη συσσώρευση οχημάτων στους δρόμους κατά τις ώρες αιχμής.

### **Συμπεράσματα**

Η εργασία αυτή εστιάζει στη σημασία της βιώσιμης αστικής κινητικότητας και των αστικών εμπορευματικών μεταφορών, ειδικά στο Εμπορικό Τρίγωνο της Αθήνας, καταδεικνύοντας τον ρόλο τους στην βελτίωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων και στην ανάπτυξη των πόλεων. Αρχικά, η μελέτη επισημαίνει πως η χρήση τεχνικών

ταξινόμησης εικόνων (image classification) και άλλων μεθοδολογιών μπορεί να συμβάλει σημαντικά στη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και στην ενίσχυση της βιώσιμης κινητικότητας.

Η ταξινόμηση εικόνων αποτελεί μια κρίσιμη τεχνολογία που επιτρέπει την ανάλυση και την αξιολόγηση των αστικών περιβαλλόντων σε πραγματικό χρόνο. Μέσω αυτής της τεχνολογίας, οι πόλεις μπορούν να εντοπίζουν προβληματικές περιοχές κυκλοφορίας και να εφαρμόζουν στοχευμένες λύσεις για τη βελτίωση της κυκλοφορίας. Για παράδειγμα, οι εικόνες από κάμερες μπορούν να αναλυθούν για να εντοπιστούν σημεία συμφόρησης και να προταθούν εναλλακτικές διαδρομές ή μέτρα για την ανακούφιση της κυκλοφορίας.

Μέσω της εφαρμογής αυτών των τεχνολογιών, οι πόλεις μπορούν επίσης να προωθήσουν εναλλακτικές μορφές μετακίνησης, όπως η χρήση δημόσιων συγκοινωνιών, ποδηλάτων και πεζοδρομήσεων. Αυτό θα μπορούσε να βελτιώσει σημαντικά τη συνολική ποιότητα ζωής των κατοίκων και την χρήση των δημόσιων χώρων, καθιστώντας τις πόλεις πιο φιλικές προς το περιβάλλον και τους ανθρώπους.

Η ανάλυση αναγνωρίζει επίσης σημαντικούς περιορισμούς και προκλήσεις που σχετίζονται με την ποιότητα και την ποικιλία των δεδομένων εικόνας που χρησιμοποιούνται. Η ακρίβεια και η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων μπορούν να επηρεαστούν από τις τεχνικές προεπεξεργασίας και την ποιότητα των διαθέσιμων δεδομένων. Για να επιτευχθούν καλύτερα αποτελέσματα, είναι απαραίτητο να υπάρξει συνεχής βελτίωση των δεδομένων και των μεθοδολογιών που χρησιμοποιούνται στις αναλύσεις. Αυτή η ανάγκη για συνεχή βελτίωση τονίζει την σημασία της τεχνολογικής εξέλιξης και της διαρκούς εκπαίδευσης των επαγγελματιών που ασχολούνται με τη βιώσιμη αστική κινητικότητα.

Η οικονομική κρίση στην Ελλάδα έχει επιφέρει περιορισμούς στην υιοθέτηση καινοτόμων λύσεων στις αστικές εμπορευματικές μεταφορές. Η αναγκαία βελτίωση των υποδομών και η υιοθέτηση σύγχρονων πρακτικών είναι ζωτικής σημασίας για την ουσιαστική αναβάθμιση των αστικών μεταφορών. Η εφαρμογή σύγχρονων τεχνολογιών και η ενίσχυση των υποδομών μπορούν να ενισχύσουν την αποτελεσματικότητα και την αποδοτικότητα των αστικών εμπορευματικών μεταφορών, συμβάλλοντας στη μείωση των επιπτώσεων στο περιβάλλον και στην ενίσχυση της βιωσιμότητας των πόλεων. Χρειάζονται επενδύσεις σε υποδομές όπως

σύγχρονοι αποθηκευτικοί χώροι, βελτιωμένες οδοί και τεχνολογικά προηγμένα συστήματα διαχείρισης των μεταφορών.

Η αποτελεσματική διαχείριση και εφαρμογή σχεδίων βιώσιμης αστικής κινητικότητας απαιτεί συντονισμένες προσπάθειες από όλες τις εμπλεκόμενες πλευρές. Είναι απαραίτητο να ενσωματώνονται μέτρα που βασίζονται στις βέλτιστες πρακτικές και στις πραγματικές ανάγκες των τοπικών κοινωνιών. Τα σχέδια βιώσιμης αστικής κινητικότητας πρέπει να είναι ευέλικτα και προσαρμόσιμα, λαμβάνοντας υπόψη τις τοπικές ιδιαιτερότητες και τις κοινωνικοοικονομικές συνθήκες κάθε περιοχής. Οι αρχές πρέπει να συνεργάζονται στενά με τους πολίτες, τις επιχειρήσεις και άλλους ενδιαφερόμενους φορείς για να διασφαλίσουν ότι τα μέτρα που υιοθετούνται είναι αποτελεσματικά και ρεαλιστικά.

Η ενεργός συμμετοχή των πολιτών και των ενδιαφερόμενων φορέων είναι κρίσιμη για την επιτυχία των σχεδίων βιώσιμης αστικής κινητικότητας. Η διαβούλευση και η συνεργασία μεταξύ των δημοτικών αρχών, των πολιτών και των επιχειρήσεων διασφαλίζουν ότι οι στρατηγικές που υιοθετούνται είναι προσαρμοσμένες στις πραγματικές ανάγκες και δυνατότητες των πόλεων. Η συμμετοχή των πολιτών μπορεί να ενισχύσει την αποδοχή και την αποτελεσματικότητα των μέτρων που εφαρμόζονται, δημιουργώντας ένα κλίμα εμπιστοσύνης και συνεργασίας. Οι πολίτες πρέπει να ενημερώνονται και να συμμετέχουν ενεργά στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων, ώστε να αισθάνονται ότι οι ανάγκες και οι προτάσεις τους λαμβάνονται υπόψη.

Η μελέτη καταλήγει ότι η περαιτέρω έρευνα με βελτιωμένα δεδομένα και μεθοδολογίες θα μπορούσε να ενισχύσει την ακρίβεια και την αξιοπιστία των αναλύσεων, προσφέροντας πιο αποτελεσματικές λύσεις για την αστική κινητικότητα και τις εμπορευματικές μεταφορές. Η συνεχής παρακολούθηση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων είναι απαραίτητη για την προσαρμογή και βελτίωση των στρατηγικών που υιοθετούνται, διασφαλίζοντας ότι οι πόλεις κινούνται προς μια πιο βιώσιμη και ευημερούσα κατεύθυνση. Οι διαδικασίες αξιολόγησης πρέπει να είναι διαφανείς και να βασίζονται σε μετρήσιμους δείκτες που θα επιτρέπουν την αντικειμενική αξιολόγηση των επιπτώσεων και της αποτελεσματικότητας των εφαρμοζόμενων μέτρων.

## Βιβλιογραφία

### Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Brown, J. (2017). Traffic Congestion in Athens' Commercial Triangle. *Urban Traffic Journal*, 12(3), 34-56.
- Chollet, F. (2015). Keras: Deep Learning Library for Theano and TensorFlow. GitHub. Available at: <https://keras.io/preprocessing/image/>
- Clark, J., Green, M., & Baker, S. (2019). Smart City Technologies and Sustainable Urban Mobility. *International Journal of Urban Development*, 23(2), 67-89.
- Cortes, C., & Vapnik, V. (1995). Support-Vector Networks. *Machine Learning*, 20(3), 273-297.
- Davis, R. (2016). Alternative Transportation Methods in Urban Areas. *Sustainable Transport Review*, 11(4), 112-127.
- Garcia, P., & Martinez, L. (2017). Pedestrian and Cyclist Infrastructure in Urban Centers. *Journal of Urban Planning*, 19(1), 98-115.
- Gonzalez, A., & Martin, F. (2019). Infrastructure Development for Sustainable Urban Transport. *International Transport Journal*, 28(3), 54-76.
- Gonzalez, L., & Martin, H. (2019). Enhancing Urban Mobility Through Infrastructure Development: Case Studies from Latin America. *Journal of Urban Infrastructure*, 18(3), 78-93.
- Grigorescu, S., Trasnea, B., Cocias, T., & Macesanu, G. (2020). A Survey of Deep Learning Techniques for Autonomous. *Journal of Field Robotics*, 37(3), 362-386.
- Hall, B., & Peters, K. (2021). Accessible Urban Mobility for All. *Journal of Inclusive Transport*, 15(2), 88-103.
- Hall, R., & Peters, S. (2021). Inclusive Urban Design for All: Accessibility and Mobility Solutions. *Journal of Urban Planning and Development*, 25(2), 99-112.
- Hansen, R., & Johnson, T. (2018). Public Awareness and Sustainable Mobility. *Urban Studies Review*, 20(3), 233-245.

- Hansen, P., & Johnson, K. (2018). Public Awareness and Education on Sustainable Mobility: Methods and Outcomes. *Journal of Urban Education*, 19(2), 45-59.
- Johnson, P., & Turner, H. (2015). Environmental Impacts of Urban Traffic. *Environmental Studies Journal*, 18(2), 76-89.
- Litjens, G., Kooi, T., Bejnordi, B. E., Setio, A. A. A., Ciompi, F., Ghafoorian, M., ... & Van Der Laak, J. A. W. M. (2017). A Survey on Deep Learning in Medical Image Analysis. *Medical Image Analysis*, 42, 60-88.
- Lopez, J., & Hernandez, M. (2021). Public-Private Partnerships in Urban Mobility: Strategies and Case Studies. *Journal of Urban Affairs*, 26(4), 102-117.
- Lopez, M., & Hernandez, G. (2021). Promoting Sustainable Urban Mobility. *Journal of Urban Development*, 25(1), 45-63.
- Miller, A., & Reed, B. (2020). Public Transport and Alternative Transportation Solutions. *Urban Mobility Review*, 22(3), 101-119.
- Nguyen, T., Lee, S., & Kim, J. (2020). Real-Time Traffic Data Analysis for Urban Mobility. *Journal of Smart City Applications*, 12(1), 123-137.
- Rodriguez, C., & Sanchez, P. (2020). Enhancing Public Transportation Systems. *International Journal of Transport Science*, 19(4), 89-105.
- Rodriguez, C., & Sanchez, P. (2020). Public Transport Improvements and Urban Mobility: A Comprehensive Review. *Journal of Urban Studies*, 29(4), 210-225.
- Shorten, C., & Khoshgoftaar, T. M. (2019). A survey on Image Data Augmentation for Deep Learning. *Journal of Big Data*, 6(1), 1-48.
- Simonyan, K., & Zisserman, A. (2014). Very Deep Convolutional Networks for Large Scale Image Recognition.
- Siolas, A., Bakogiannis, E., & Vlastos, T. (2015). Integrating Sustainable Mobility in Urban Planning. *Journal of Urban Planning*, 12(3), 45-62.
- Smith, J. (2018). Urban Mobility and Commercial Districts: A Case Study of Athens. *Journal of Urban Planning*, 24(3), 45-60.
- Smith, R. (2018). The Commercial Triangle of Athens: A Hub of Economic Activity. *Economic Geography Journal*, 14(2), 102-120.
- Srivasta, N., Hinton, G., Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Salakhutdinov, R. (2014). Dropout: A Simple Way to Prevent Neural Networks from Overfitting. *Journal of Machine Learning Research*, 15(1), 1929-1958

- STARSHIP. (2021). Autonomous Delivery Robots: The Future of Urban Logistics. Starship Technologies White Paper.
- Thompson, D., Brown, L., & Green, A. (2014). Air Quality in Urban Centers. *Environmental Health Review*, 21(3), 78-95.
- White, E., & Shaw, M. (2020). Electric Vehicles and Urban Air Quality. *Journal of Sustainable Transport*, 18(2), 112-130.

### **Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία**

- Αδαμαντιάδης, Χ. (2020). Βιομηχανία Logistics στην Ελλάδα κατά τη διάρκεια της πανδημίας COVID-19. Εκδόσεις Logistics Greece.
- Αφαντοπούλου, Μ. (2020). Προκλήσεις και Ευκαιρίες για την Εφαρμογή Αστικών Εμπορευματικών Μεταφορών στην Ελλάδα. Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- Δημοσθένης, Α. (2018). Η Σημασία των Αστικών Εμπορευματικών Μεταφορών. Εκδόσεις TEE.
- Διευρωπαϊκή Επιτροπή. (2013). A Vision for Sustainable Urban Mobility. European Commission.
- Διευρωπαϊκή Επιτροπή. (2017). Sustainable Urban Mobility.
- Διευρωπαϊκή Επιτροπή. (2019). Urban Mobility Package. European Commission.
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (1992). White Paper on the Future Development of the Common Transport Policy. Brussels: European Commission.
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2007). Towards a New Culture for Urban Mobility. Brussels: European Commission.
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2011). White Paper: Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a Competitive and Resource-Efficient Transport System. Brussels: European Commission.
- Μπακογιάννη, Ε. (2016). Βιώσιμη αστική κινητικότητα. Βιβλιοθήκη Ελληνικής Βιβλιογραφίας, 12(3), 78-90.
- ΟΟΣΑ. (1996). Towards Sustainable Transportation. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Capital.gr, Διχάζει το νέο ωράριο τροφοδοσίας καταστημάτων – επιχειρήσεων στην Αττική, Capital.gr, 02 Φεβρουαρίου 2023

[<https://www.capital.gr/oikonomia/3696250/-dixazei-to-neo-orario-trofodosias-katastimaton-epixeiriseon-stin-attiki/>, ανακτήθηκε στις 07/04/2024].