





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ, ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ ΚΑΙ

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

**«ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΈΡΓΩΝ, ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟΣ ΚΑΙ ΧΩΡΙΚΟΣ
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ»**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΡΑΣΙΝΗ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΕΤΑΒΑΣΗ

ΣΤΙΣ ΑΣΤΙΚΕΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ

ΤΣΑΚΑΛΙΔΟΥ ΡΩΞΑΝΗ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2025

Σελίδα 2 από 81

© 2025 Ρωξάνη Τσακαλίδου

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Διαχείριση Έργων, Συγκοινωνιακός και Χωρικός Σχεδιασμός» δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του/της συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής (Συν-επιβλέπων)

Δρ. Νικόλαος Γαβανάς

Επίκουρος Καθηγητής Μεταφορών του Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Δεύτερος Εξεταστής (Συν-επιβλέπων)

Δρ. Ευτυχία Ναθαναήλ

Καθηγήτρια στον Σχεδιασμό και την Αξιολόγηση Συστημάτων Μεταφορών στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Τρίτος Εξεταστής

Δρ. Αθανάσιος Θεοφιλάτος

Επίκουρος Καθηγητής στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που με υποστήριξαν και υπήρξαν δίπλα μου κατά την εκπόνηση αυτής της εργασίας. Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συν-επιβλέποντες καθηγητές μου κύριο Νίκο Γαβανά και κυρία Ευτυχία Ναθαναήλ, για την πολύτιμη καθοδήγηση τους, τις συμβουλές τους και τις γνώσεις που μου παρείχαν κατά την υλοποίηση της παρούσας εργασίας. Ακόμα θέλω να ευχαριστήσω όλους τους φίλους μου και την οικογένειά μου για την ηθική και ψυχολογική τους υποστήριξη καθώς και για τη μεγάλη υπομονή που έδειξαν καθ' όλη τη διάρκεια αυτού του ταξιδιού.

Περίληψη

Οι αστικές εμπορευματικές μεταφορές διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη διατήρηση της οικονομικής δραστηριότητας και της αστικής ζωής, αλλά ταυτόχρονα συμβάλλουν σημαντικά στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος, τη συμφόρηση και τις κοινωνικές ανισότητες. Η παρούσα διπλωματική εργασία προσφέρει μια ολοκληρωμένη βιβλιογραφική ανάλυση της πράσινης και ψηφιακής μετάβασης στις αστικές εμπορευματικές μεταφορές, διερευνώντας πώς οι τεχνολογικές καινοτομίες, τα πλαίσια πολιτικής και τα μοντέλα διακυβέρνησης μπορούν να διευκολύνουν ένα πιο βιώσιμο σύστημα. Μέσω μιας εκτενούς ανασκόπησης διεθνών, περιφερειακών και τοπικών πρωτοβουλιών πολιτικής και μιας λεπτομερούς εξέτασης μελετών περίπτωσης από πόλεις όπως το Άμστερνταμ, το Λονδίνο, το Παρίσι, την Καλιφόρνια και τη Σιγκαπούρη, η εργασία εντοπίζει βέλτιστες πρακτικές και διαρκή κενά. Τεχνολογικές εξελίξεις όπως η ηλεκτροκίνηση, η ψηφιοποίηση, ο αυτοματισμός, η μικροκινητικότητα και η υπόγεια εφοδιαστική αξιολογούνται για το μετασχηματιστικό τους δυναμικό, ενώ τονίζεται η σημασία της συνεργατικής διακυβέρνησης και του δίκαιου σχεδιασμού πολιτικής. Τα ευρήματα υποδηλώνουν ότι οι επιτυχημένες πράσινες μεταβάσεις στα συστήματα αστικών εμπορευματικών μεταφορών απαιτούν μια ολοκληρωμένη προσέγγιση που συνδυάζει τη ρύθμιση, την καινοτομία, τις επενδύσεις σε υποδομές και τη συμμετοχή των ενδιαφερόμενων μερών. Προτείνονται συστάσεις για την υποστήριξη των υπευθύνων χάραξης πολιτικής, των πολεοδόμων και των φορέων του κλάδου στην προώθηση ανθεκτικών, χαμηλών εκπομπών άνθρακα οικοσυστημάτων αστικής εφοδιαστικής, ευθυγραμμισμένων με ευρύτερους στόχους βιωσιμότητας.

Λέξεις κλειδιά: Αστικές εμπορευματικές μεταφορές, πράσινη μετάβαση, βιώσιμη εφοδιαστική, πλαίσια πολιτικής, αστική κινητικότητα, ηλεκτροκίνηση, αυτοματισμός, ψηφιοποίηση, έξυπνοι κόμβοι, μοντέλα διακυβέρνησης, συμμετοχή ενδιαφερόμενων μερών, ανάλυση μελέτης περίπτωσης, ανθεκτικά συστήματα εμπορευματικών μεταφορών.

Abstract

Urban freight transport (UFT) plays a vital role in the prosperity of urban life and the economies, but it also causes tremendous damage to the environment, urban traffic and the incidences of social injustices. This work provides a comprehensive bibliographic survey on the green and digital transition in freight and urban transport with regards to technology innovations, policy frameworks and governance models that will make the system more sustainable. In the second part, there is a comprehensive length review of international, regional and local policies of best practice initiatives and case studies in cities like Amsterdam, London, Paris, California, Singapore and so on. The transformative potential of electrification, digitalization, automation, micromobility and underground logistics is discussed, and their crucial role in forging a collaborative form of governance through equitable policy design is stressed. The results show that the green transition of urban freight systems needs to be achieved through the combination of regulation, innovation, infrastructure investment, and engagement of stakeholders. Policymakers, planners, and private industry actors are proposed recommendations to help enable sustainable, low carbon, and resilient with respect to large scale economies intra—or better—urban logistic systems.

Keywords: Urban freight transport, green transition, sustainable logistics, policy frameworks, urban mobility, electrification, automation, digitalization, sustainable urban logistics, smart hubs, governance models, stakeholder engagement, case study analysis, resilient freight systems.

Πίνακας περιεχομένων

Πίνακας Εικόνων	10
Πίνακας Διαγραμμάτων	10
Πίνακας Πινάκων.....	10
Κεφάλαιο 1 ^ο : Εισαγωγή	11
1.1 Εισαγωγή για την Πράσινη και Ψηφιακή Μετάβαση στις Αστικές Εμπορευματικές Μεταφορές...	11
1.2 Σημασία των βιώσιμων αστικών και εμπορευματικών μεταφορών	12
1.3 Ερευνητικά Ερωτήματα και Στόχοι	14
1.4 Πεδίο και Περιορισμοί της Μελέτης	15
1.5 Δομή της εργασίας	16
Κεφάλαιο 2 ^ο : Μεθοδολογία Έρευνας	18
2.1 Σχεδιασμός Έρευνας.....	18
2.2 Πηγές Έρευνας και Βάσεις Δεδομένων	18
2.3 Στρατηγική αναζήτησης και λέξεις-κλειδιά.....	19
2.4 Κριτήρια ένταξης και αποκλεισμού.....	20
2.5 Ανάλυση των Πηγών και Επεξεργασία Δεδομένων Ανασκόπησης.....	22
2.6 Εξαγωγή και Σύνθεση Δεδομένων.....	25
2.7 Περιορισμοί της Μεθοδολογίας.....	26
Κεφάλαιο 3 ^ο : Θεωρητικό Υπόβαθρο	28
3.1 Επισκόπηση Αστικών και Εμπορευματικών Μεταφορών	28
3.1.1 Ορισμός και δομή των αστικών εμπορευματικών μεταφορών	28
3.1.2 Οι περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις των εμπορευματικών μεταφορών.....	30
3.2 Διευκρίνιση Εννοιών και Ορισμών.....	30
3.3 Πολιτικές πράσινων αστικών εμπορευματικών μεταφορών.....	32
3.3.1 Διεθνή και Περιφερειακά Πλαίσια Πολιτικής	33
3.3.2 Πρότυπα εκπομπών και κανονισμοί οχημάτων	33
3.3.3 Κανονισμοί Πολιτικών Οργάνωσης και Διαχείρισης του Αστικού Χώρου.....	34
3.3.4 Δημόσιες προμήθειες και κίνητρα για πράσινες μεταφορές.....	35
3.3.5 Έξυπνη διαχείριση και διακυβέρνηση δεδομένων.....	36
3.3.6 Μοντέλα Διακυβέρνησης και Ένταξη Ενδιαφερομένων Μερών.....	37
3.4 Βασικές Τεχνολογίες για Βιώσιμες Εμπορευματικές Μεταφορές.....	38

3.4.1 Ηλεκτροκίνηση	39
3.4.2 Αυτοματοποίηση και Αυτόνομη Παράδοση	39
3.4.3 Ψηφιοποίηση και Έξυπνες Πλατφόρμες Logistics	40
3.4.4 Μικρο-Ενοποίηση και Ποδήλατα Φορτίου	40
3.4.5 Πολυτροπικές και Ολοκληρωμένες Αστικές Μεταφορές Εμπορευμάτων	41
3.4.6 Logistics-as-a-Service (LaaS)	42
3.5 Αξιολόγηση των βιώσιμων αστικών εμπορευματικών μεταφορών	42
3.5.1 Η τριπλή κατώτατη γραμμή της βιωσιμότητας	43
3.5.2 Συστήματα δεικτών βιωσιμότητας	44
3.5.3 Προσεγγίσεις λήψης αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων (MCDM)	45
3.5.4 Θεωρία και πρακτικές μετάβασης	45
3.5.5 Ανθεκτικότητα και προσαρμοστικότητα στα πλαίσια προγραμματισμού	46
3.6 Προκλήσεις στις Αστικές Εμπορευματικές Μεταφορές Σήμερα	47
3.7 Προκλήσεις και Κενά στην Εφαρμογή Πολιτικής	48
Κεφάλαιο 4 ^ο : Μελέτες Περίπτωσης	51
4.1 Εισαγωγή στην Ανάλυση Μελετών Περίπτωσης	51
4.2 Μελέτη Περίπτωσης 1: Άμστερνταμ – Αστικές Μεταφορές μέσω Πλωτών Οδών και Ποδηλάτων Φορτίου	52
4.3 Μελέτη Περίπτωσης 2: Λονδίνο – Ζώνη Εξαιρετικά Χαμηλών Εκπομπών και Κανονισμός Μεταφορών	57
4.4 Μελέτη Περίπτωσης 3: Παρίσι – Μικρο-Ενοποίηση και Ανάπτυξη Ποδηλάτων Φορτίου	59
4.5 Μελέτη Περίπτωσης 4: Καλιφόρνια – Σχέδιο Δράσης για τις Βιώσιμες Μεταφορές	62
4.6 Μελέτη Περίπτωσης 5: Σιγκαπούρη – Πλατφόρμες Έξυπνης Λογιστικής και Αυτοματισμός	64
4.7 Συγκριτική Ανάλυση Μελετών Περιπτώσεων	66
Κεφάλαιο 5 ^ο : Συμπεράσματα και Προτάσεις	70
5.1 Συμπεράσματα	70
5.2 Προτάσεις	71
Βιβλιογραφία	77

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1: Cargo Bike στο Άμστερνταμ.....	53
Εικόνα 2: Ηλεκτροκίνητες φορηγίδες (electric barges) στο Άμστερνταμ.....	53
Εικόνα 3: Δύο παραδείγματα ποδηλάτων φορτίου.....	55
Εικόνα 4: Τα Ηλεκτρικά Ελαφρά Επαγγελματικά Οχήματα (ELCV) κυκλοφορούν ήδη στο Λονδίνο.....	58
Εικόνα 5: Η αλληλογραφία στο Παρίσι μεταφέρεται με ποδήλατα φορτίου (cargo bikes).....	60
Εικόνα 6: Ηλεκτρικό Φορηγό στην Καλιφόρνια.....	63
Εικόνα 7: Αυτόνομα ρομπότ παράδοσης δεμάτων στη Σιγκαπούρη.....	65

Πίνακας Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Ραβδόγραμμα – Κατανομή των Τελικών Πηγών Ανά Έτος και Τύπο Δημοσίευσης.....	23
Διάγραμμα 2: Κατανομή των Τελικών Πηγών Ανά Βάση Δεδομένων.....	25

Πίνακας Πινάκων

Πίνακας 1: Πλήθος Πηγών Ανά Χρονολογία και Τύπο Δημοσίευσης	22
Πίνακας 2: Κατανομή των Τελικών Πηγών Ανά Βάση Δεδομένων.....	24

Κεφάλαιο 1^ο: Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγή για την Πράσινη και Ψηφιακή Μετάβαση στις Αστικές Εμπορευματικές Μεταφορές

Οι Αστικές Εμπορευματικές Μεταφορές (Urban Freight Transport - UFT) περιλαμβάνουν όλες τις δραστηριότητες που σχετίζονται με τη μετακίνηση εμπορευμάτων από, προς και εντός αστικών περιοχών (Ayadi et al., 2024). Οι αστικές εμπορευματικές μεταφορές περιλαμβάνουν παραδόσεις τελευταίου μιλίου, δραστηριότητες ενοποίησης, μεταφόρτωση και αστική αποθήκευση. Σε αντίθεση με τις εμπορευματικές μεταφορές μεγάλων αποστάσεων, οι αστικές εμπορευματικές μεταφορές λειτουργούν σε περιβάλλοντα με υψηλή συμφόρηση και περιορισμένο χώρο και υπόκεινται σε αυστηρότερους περιβαλλοντικούς και κοινωνικούς κανονισμούς (Cowie & Fiskien, 2023). Η πολυπλοκότητά του προκύπτει από τον κατακερματισμό των φορέων, τη μεταβλητότητα της ζήτησης και τις συγκρούσεις μεταξύ των στόχων οικονομικής αποδοτικότητας και της αστικής βιωσιμότητας.

Η αστικοποίηση και η παγκοσμιοποίηση έχουν αυξήσει σημαντικά τη ζήτηση για αστικές εμπορευματικές μεταφορές, οδηγώντας σε πολύπλοκες προκλήσεις όσον αφορά τη βιώσιμη κινητικότητα, την αποτελεσματικότητα και την ευρύτερη αστική βιωσιμότητα. Καθώς οι πόλεις επεκτείνονται και το ηλεκτρονικό εμπόριο αναπτύσσεται, τα αστικά συστήματα μεταφορών αντιμετωπίζουν αυξανόμενη πίεση για να εξισορροπήσουν την οικονομική ανάπτυξη με περιβαλλοντικές και κοινωνικές ανησυχίες (Buldeo Rai et al., 2018). Τα παραδοσιακά μοντέλα εμπορευματικών μεταφορών, που εξαρτώνται από τα ορυκτά καύσιμα και τα logistics, έχουν αναγνωριστεί ως κύριοι παράγοντες που συμβάλλουν στις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, στην αστική συμφόρηση καθώς και στην κακή ποιότητα του αέρα (Giuliano & O'Brien, 2016). Αυτό ώθησε τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, τους ερευνητές και τους ηγέτες του κλάδου να στραφούν σε καινοτόμες λύσεις που στοχεύουν στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των εμπορευματικών μεταφορών διατηρώντας παράλληλα την οικονομική βιωσιμότητα.

Η έννοια της «πράσινης μετάβασης» στις αστικές εμπορευματικές μεταφορές περιλαμβάνει στρατηγικές που δίνουν προτεραιότητα στην ενεργειακή απόδοση, την ουδετερότητα των εκπομπών άνθρακα και τη βιώσιμη αστική εφοδιαστική αλυσίδα. Ο όρος «εφοδιαστική»

(logistics) αναφέρεται στη διαχείριση της ροής αγαθών, πληροφοριών και υπηρεσιών από το σημείο προέλευσης έως τον τελικό καταναλωτή, περιλαμβάνοντας δραστηριότητες όπως η μεταφορά, η αποθήκευση, η διανομή και η διαχείριση αποθεμάτων. Στο πλαίσιο των αστικών εμπορευματικών μεταφορών, η εφοδιαστική επικεντρώνεται στον τρόπο με τον οποίο διακινούνται τα εμπορεύματα εντός των πόλεων με τρόπο αποδοτικό, βιώσιμο και χαμηλού περιβαλλοντικού αντίκτυπου (Holguín-Veras et al., 2021).

Ταυτόχρονα, η «ψηφιακή μετάβαση» εστιάζει στον δομικό μετασχηματισμό των δικτύων μεταφορών, των αστικών υποδομών και των ρυθμιστικών πλαισίων για την υποστήριξη της βιώσιμης κινητικότητας (Dablane, 2025). Η ενσωμάτωση logistics, ηλεκτρικών εμπορευματικών οχημάτων, τεχνολογιών έξυπνων πόλεων και ψηφιοποίησης είναι απαραίτητη για αυτήν τη μετάβαση, συμβάλλοντας στην αντιμετώπιση βασικών προκλήσεων όπως η συμφόρηση, οι εκπομπές και η αναποτελεσματικότητα στην παράδοση του τελευταίου μιλίου (Pan et al., 2021).

Οι εμπορευματικές μεταφορές σε αστικά περιβάλλοντα παρουσιάζουν επίσης προκλήσεις διακυβέρνησης. Η συμμετοχή πολλών ενδιαφερομένων - συμπεριλαμβανομένων των τοπικών κυβερνήσεων, των φορέων μεταφορών, των επιχειρήσεων και των κατοίκων - περιπλέκει τον συντονισμό που απαιτείται για την εφαρμογή πολιτικών βιώσιμων μεταφορών (Cowie & Fiskien, 2023). Επιπλέον, ενώ τα ανεπτυγμένα έθνη έχουν κάνει βήματα για την προώθηση εμπορευματικών μεταφορών χαμηλών εκπομπών άνθρακα, οι αναδυόμενες οικονομίες εξακολουθούν να αγωνίζονται με ρυθμιστικά κενά και ελλείψεις υποδομής (Kin et al., 2017). Τόσο η Ευρωπαϊκή Ένωση όσο και μεμονωμένες χώρες αυτής όπως η Ολλανδία, η Γερμανία και η Σουηδία έχουν εισαγάγει πολιτικές που προωθούν τη βιώσιμη εφοδιαστική, έχοντας η κάθε χώρα τους δικούς της ρυθμούς υιοθέτησης (Karlsson et al., 2022).

1.2 Σημασία των βιώσιμων αστικών και εμπορευματικών μεταφορών

Η στροφή προς τις πράσινες αστικές εμπορευματικές μεταφορές είναι κρίσιμη για την επίτευξη των Στόχων Βιώσιμης Ανάπτυξης (Sustainable Development Goals - SDGs), ιδιαίτερα εκείνων που σχετίζονται με τη δράση για το κλίμα (Στόχος 13), την ανθεκτικότητα και βιωσιμότητα των πόλεων (Στόχος 11) και την υπεύθυνη κατανάλωση και παραγωγή (Στόχος 12) (Rosales, 2024). Οι εμπορευματικές μεταφορές αντιπροσωπεύουν περίπου το 40% των παγκόσμιων εκπομπών

διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που σχετίζονται με τις μεταφορές, με τις αστικές εμπορευματικές μεταφορές να ευθύνονται για ένα σημαντικό ποσοστό, λόγω της αναποτελεσματικότητας στην παράδοση του τελευταίου μιλίου¹ και στην αστική εφοδιαστική (Jaller et al., 2024). Βάση προβλέψεων μέχρι το 2050, οι εκπομπές εμπορευμάτων αναμένεται να ξεπεράσουν αυτές των επιβατικών μεταφορών εάν δεν εφαρμοστούν βιώσιμες παρεμβάσεις (Holguin-Veras et al., 2021).

Μια σημαντική πτυχή αυτής της μετάβασης είναι τα ηλεκτρικά και υδρογονοκίνητα φορτηγά οχήματα (electric trucks - hydrogen powered trucks), τα οποία προσφέρουν σημαντικές μειώσεις στις εκπομπές σε σύγκριση με τα φορτηγά που κινούνται με πετρέλαιο (He & Haasis, 2020). Πρόσφατη έρευνα υποδηλώνει ότι τα ηλεκτρικά ελαφρά επαγγελματικά οχήματα (Electric Light Commercial Vehicle - eLCV) θα μπορούσαν να αντικαταστήσουν έως και το 75% των φορτηγών αστικών διανομών, εάν βελτιωθούν οι υποδομές φόρτισης και η πολιτική υποστήριξη (Tsakalidis et al., 2020). Ομοίως, οι μετατοπίσεις των τρόπων μεταφοράς, όπως η χρήση σιδηροδρομικών και πλωτών οδών για αστική μετακίνηση εμπορευμάτων, έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικές στη μείωση της συμφόρησης των οδών και των εκπομπών (Pourmohammad-Zia & van Koningsveld, 2023).

Ο οικονομικός αντίκτυπος των βιώσιμων αστικών εμπορευματικών μεταφορών είναι επίσης αξιοσημείωτος. Ενώ οι λύσεις πράσινων μεταφορών απαιτούν συχνά υψηλές αρχικές επενδύσεις, αποφέρουν μακροπρόθεσμη εξοικονόμηση κόστους μέσω της αποδοτικότητας των καυσίμων, της μειωμένης συντήρησης και των πιστώσεων άνθρακα² (Golinska-Dawson & Sethanan, 2023). Πόλεις όπως το Άμστερνταμ, η Στοκχόλμη και η Σιγκαπούρη έχουν αποδείξει ότι η βιώσιμη εφοδιαστική αλυσίδα εμπορευματικών μεταφορών μπορεί να ενισχύσει την οικονομική ανταγωνιστικότητα, ενώ παράλληλα το περιβαλλοντικό αποτύπωμα μειώνεται (Comi et al., 2024).

¹ Τελευταίο μίλι (last mile): Όταν ένα προϊόν πλησιάζει στον τελικό προορισμό του, το κόστος μεταφοράς ανά μονάδα αρχίζει να αυξάνεται, με αποκορύφωμα το τελευταίο μίλι, ειδικά όταν πρόκειται για επαρχιακές ή αποκεντρωμένες πόλεις. Το συγκεκριμένο τμήμα του τελευταίου μιλίου ξεχωρίζει ως το πιο δαπανηρό, περίπλοκο και περιβαλλοντικά επιβλαβές στάδιο σε ολόκληρη τη διαδικασία παράδοσης (Aurambout et. al., 2019)

² Πιστώσεις άνθρακα (Carbon Credits): Αποτελεί τη βασική μονάδα που χρησιμοποιείται από την εθελοντική αγορά ανθρακούχων εκπομπών (Voluntary Carbon Market – VCM). Σύμφωνα με το Food and Agriculture Organization (2012), ένα έργο μπορεί να λάβει μία πίστωση άνθρακα όταν αφαιρείται από την ατμόσφαιρα ένας μετρικός τόνος διοξειδίου του άνθρακα ή ισοδύναμη ποσότητα άλλων αερίων του θερμοκηπίου είτε εμποδίζεται εξαρχής η εκπομπή τους. Οι πιστώσεις άνθρακα αποτιμώνται σε μονάδες «ενός τόνου ισοδυνάμου διοξειδίου του άνθρακα», και μπορούν να αξιοποιηθούν από επιχειρήσεις για να αντισταθμιστούν οι δικές τους εκπομπές.

Κοινωνικά, η πράσινη μετάβαση στις εμπορευματικές μεταφορές συμβάλλει στη βελτίωση της δημόσιας υγείας και της ποιότητας ζωής ιδιαίτερα στις αστικές περιοχές. Μειώνονται οι εκπομπές των οχημάτων, υπάρχουν χαμηλότερα ποσοστά αναπνευστικών ασθενειών, ενώ οι βελτιστοποιημένες στρατηγικές εφοδιαστικής αλυσίδας ελαχιστοποιούν την κυκλοφοριακή συμφόρηση και την ηχορύπανση (Buldeo Rai et al., 2018). Επιπλέον, οι δίκαιες πολιτικές μεταφορών μπορούν να εξασφαλίσουν ότι οι περιθωριοποιημένες κοινότητες επωφελούνται από βιώσιμες λύσεις εφοδιαστικής αλυσίδας χωρίς να αντιμετωπίζουν αυξημένο κόστος ή μειωμένη προσβασιμότητα (Fried et al., 2024).

1.3 Ερευνητικά Ερωτήματα και Στόχοι

Η παρούσα διπλωματική εργασία στοχεύει στη διερεύνηση του ρόλου της πράσινης και της ψηφιακής μετάβασης στις αστικές εμπορευματικές μεταφορές πραγματοποιώντας μια περιγραφική βιβλιογραφική μελέτη. Η έρευνα δομείται γύρω από τα ακόλουθα βασικά ερωτήματα:

- Πώς έχουν εξελιχθεί τα παγκόσμια συστήματα αστικών εμπορευματικών μεταφορών σε σχέση με τη βιωσιμότητα την τελευταία δεκαετία;
- Ποιες είναι οι βασικές πολιτικές και οι τεχνολογικές καινοτομίες που οδηγούν την πράσινη μετάβαση στις αστικές εμπορευματικές μεταφορές;
- Ποιες είναι οι κύριες προκλήσεις και τα εμπόδια στην εφαρμογή βιώσιμης εφοδιαστικής αλυσίδας σε αστικό επίπεδο;
- Πώς συμβάλλουν οι μελέτες περίπτωσης, από διαφορετικές πόλεις, στην ανάδειξη βέλτιστων πρακτικών για τις βιώσιμες αστικές εμπορευματικές μεταφορές;
- Ποιες είναι οι μελλοντικές τάσεις και συστάσεις για την ενίσχυση της βιωσιμότητας στις αστικές και ψηφιακές εμπορευματικές μεταφορές;

Η προσέγγιση που ακολουθήθηκε σε αυτή τη διπλωματική εργασία είναι να παρέχει μια ολοκληρωμένη σύνθεση της υπάρχουσας έρευνας σχετικά με τις βιώσιμες αστικές εμπορευματικές μεταφορές, αντλώντας γνώσεις από διάφορες μελέτες περιπτώσεων και ακαδημαϊκές πηγές. Η μελέτη αξιολόγησε τα πλαίσια πολιτικής, τις τεχνολογικές καινοτομίες, τις

οικονομικές επιπτώσεις και τις περιβαλλοντικές εκτιμήσεις, ενώ θα εντοπίζει ευκαιρίες και προκλήσεις στη μετάβαση προς ένα βιώσιμο ψηφιακό οικοσύστημα εμπορευματικών μεταφορών.

1.4 Πεδίο και Περιορισμοί της Μελέτης

Αυτή η διπλωματική εργασία εστιάζει κυρίως σε ακαδημαϊκή βιβλιογραφία, μελέτες περιπτώσεων και εκθέσεις πολιτικής που σχετίζονται με τις αστικές και εμπορευματικές μεταφορές. Η μελέτη δεν περιλαμβάνει πρωτογενή συλλογή δεδομένων, αντίθετα, βασίζεται σε μια εκτενή ανασκόπηση των υπάρχουσών πηγών για την κατασκευή μιας περιγραφικής βιβλιογραφικής ανάλυσης (Schrader et al., 2023).

Το πεδίο εφαρμογής περιλαμβάνει:

- Συστήματα αστικών εμπορευματικών μεταφορών σε όλη την Ευρώπη, τη Βόρεια Αμερική και την Ασία, με μελέτες περιπτώσεων από πόλεις που εφαρμόζουν βιώσιμες πολιτικές αστικών μεταφορών.
- Τεχνολογικές καινοτομίες, όπως ηλεκτρικά οχήματα, φορτηγά που κινούνται με υδρογόνο, έξυπνα logistics και ψηφιοποίηση στη διαχείριση εμπορευμάτων.
- Ρυθμιστικά μέτρα και πολιτικές που επηρεάζουν τις βιώσιμες μεταβάσεις στις μεταφορές.
- Οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές διαστάσεις της πράσινης εφοδιαστικής αλυσίδας εμπορευμάτων.

Ωστόσο, αυτή η μελέτη έχει ορισμένους περιορισμούς:

- Δεν διεξάγει πρωτογενή εμπειρική έρευνα, αλλά αντίθετα βασίζεται σε δευτερεύουσες πηγές.
- Η ανάλυση επικεντρώνεται σε πόλεις και περιοχές με διαθέσιμη βιβλιογραφία, αποκλείοντας ενδεχομένως τις αναπτυσσόμενες οικονομίες με περιορισμένα δεδομένα για τις πολιτικές πράσινων μεταφορών.
- Αν και οι αναδυόμενες τεχνολογίες παρουσιάζουν σημαντικές δυνατότητες, η μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα και δυνατότητα ευρείας εφαρμογής τους παραμένουν

αβέβαιες, εξαιτίας των αστάθμητων παραγόντων που σχετίζονται με το ρυθμιστικό και χρηματοοικονομικό περιβάλλον.

1.5 Δομή της εργασίας

Η παρούσα διπλωματική οργανώνεται σε πέντα κεφάλαια, καθένα από τα οποία ασχολείται με μια συγκεκριμένη πτυχή της πράσινης και ψηφιακής μετάβασης στις αστικές εμπορευματικές μεταφορές. Η δομή διασφαλίζει μια λογική ροή από την εννοιολογική διευκρίνιση έως την μεθοδολογική αιτιολόγηση, την ανασκόπηση πολιτικής, τις τεχνολογικές καινοτομίες, τις εφαρμογές στον πραγματικό κόσμο και τα τελικά συμπεράσματα.

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζει το ιστορικό, τη σημασία, τους ερευνητικούς στόχους, καθώς και το εύρος και τους περιορισμούς της μελέτης. Εισάγει επίσης την ανάγκη για βιβλιογραφική ανάλυση με επίκεντρο τον βιώσιμο μετασχηματισμό των αστικών εμπορευματικών μεταφορών.

Κεφάλαιο 2: Μεθοδολογία Έρευνας

Το κεφάλαιο 2 περιγράφει τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την βιβλιογραφική ανασκόπηση. Καθορίζει το χρονικό πλαίσιο (τα τελευταία πέντε χρόνια), τη γεωγραφική εστίαση (διεθνής, Ευρωπαϊκή Ένωση, Ελλάδα), τους τύπους εγγράφων που περιλαμβάνονται, τις πηγές πληροφοριών (π.χ., Google Scholar, ScienceDirect), τις λέξεις-κλειδιά που χρησιμοποιούνται για την αναζήτηση και τα κριτήρια συμπερίληψης και αποκλεισμού για την επιλογή της βιβλιογραφίας.

Κεφάλαιο 3: Θεωρητικό Υπόβαθρο

Σε αυτό το κεφάλαιο, ορίζονται και εξηγούνται οι βασικοί όροι και έννοιες που χρησιμοποιούνται σε όλη την διπλωματική. Καλύπτει ορισμούς που σχετίζονται με τη βιώσιμη αστική ανάπτυξη, τη βιώσιμη αστική κινητικότητα, την πράσινη μετάβαση, την ψηφιακή μετάβαση, τις αστικές εμπορευματικές μεταφορές και τις αναδυόμενες τεχνολογίες. Εξετάζονται παγκόσμια, ευρωπαϊκά και εθνικά πλαίσια πολιτικής που σχετίζονται με τις βιώσιμες αστικές εμπορευματικές μεταφορές.

Κεφάλαιο 4: Μελέτες Περιπτώσεων

Αυτό το κεφάλαιο παρέχει δομημένες μελέτες περιπτώσεων από διαφορετικές πόλεις και περιοχές. Κάθε μελέτη περίπτωσης περιγράφει λεπτομερώς το πού, πότε, γιατί, από ποιον, πώς και με ποιο αντίκτυπο εφαρμόστηκαν οι πρωτοβουλίες, επισημαίνοντας τις επιτυχίες, τις προκλήσεις και τις μελλοντικές επιπτώσεις.

Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα και Προτάσεις

Το τελευταίο κεφάλαιο συνθέτει τα ευρήματα της μελέτης, αναλύει τις συνολικές τάσεις και προκλήσεις και παρέχει προτάσεις για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, τους πολεοδόμους και τους μελλοντικούς ερευνητές που στοχεύουν στην προώθηση βιώσιμων αστικών και εμπορευματικών μεταφορών.

Κεφάλαιο 2^ο: Μεθοδολογία Έρευνας

2.1 Σχεδιασμός Έρευνας

Η παρούσα διπλωματική εργασία υιοθετεί ένα βιβλιογραφικό ερευνητικό σχέδιο, που επικεντρώνεται στη συστηματική αναγνώριση, επιλογή και κριτική ανάλυση ακαδημαϊκών πηγών σχετικών με τις πράσινες και ψηφιακές αστικές εμπορευματικές μεταφορές. Μια βιβλιογραφική μεθοδολογία κρίθηκε κατάλληλη δεδομένων των στόχων της μελέτης: να συνθέσει την υπάρχουσα γνώση, να αξιολογήσει τις αναδυόμενες τάσεις και να εντοπίσει βέλτιστες πρακτικές που σχετίζονται με την πράσινη και ψηφιακή μετάβαση στα εμπορευματικά συστήματα.

Η βιβλιογραφική έρευνα επιτρέπει την ολοκληρωμένη διερεύνηση παγκόσμιων, περιφερειακών και εθνικών προοπτικών, διασφαλίζοντας παράλληλα μια δομημένη, βασισμένη σε τεκμήρια ανάλυση. Η μεθοδολογία τηρεί τα καθιερωμένα πρότυπα για συστηματικές ανασκοπήσεις βιβλιογραφίας, διασφαλίζοντας τη διαφάνεια και την ακαδημαϊκή αυστηρότητα.

2.2 Πηγές Έρευνας και Βάσεις Δεδομένων

Για να διασφαλιστεί η συλλογή υψηλής ποιότητας και σχετικής βιβλιογραφίας, διεξήχθη στρατηγική αναζήτηση σε αναγνωρισμένες ακαδημαϊκές βάσεις δεδομένων. Οι πηγές περιλαμβάνουν:

- Google Scholar
- ScienceDirect
- Scopus
- Web of Science
- SpringerLink
- Taylor & Francis Online

Ελήφθησαν υπόψη μόνο άρθρα σε επιστημονικά περιοδικά με αξιολόγηση από ομότιμους, εργασίες με αξιολόγηση από πρακτικά συνεδρίων, εκθέσεις από αξιόπιστους φορείς και μελέτες αξιολόγησης από διαπιστευμένους φορείς.

Ο κατάλογος αναφορών που έχει ήδη επιμεληθεί για αυτήν τη διπλωματική εργασία περιλαμβάνει πρόσφατες, υψηλής ποιότητας δημοσιεύσεις (κυρίως μετά το 2018), διασφαλίζοντας ότι η ανάλυση αντικατοπτρίζει τις πιο ενημερωμένες συζητήσεις και τεχνολογικές εξελίξεις στις αστικές και εμπορευματικές μεταφορές (π.χ., Comi et al., 2024; Ayadi et al., 2024).

2.3 Στρατηγική αναζήτησης και λέξεις-κλειδιά

Η στρατηγική αναζήτησης βασίστηκε σε έναν συνδυασμό τελεστών Boolean³, ελεγχόμενου λεξιλογίου και συγκεκριμένων συμβολοσειρών λέξεων-κλειδιών που σχετίζονται με τα κύρια θέματα ενδιαφέροντος.

Οι κύριες λέξεις-κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν:

- "Sustainable Urban Freight Transport"
- "Urban Logistics"
- "Green Transition in Transport"
- "Electric Freight Vehicles"
- "Smart Urban Mobility"
- "Urban Consolidation Centers"
- "Last Mile Delivery and Sustainability"
- "Digital Transformation in Freight Transport"
- "Logistics-as-a-Service"
- "Urban Mobility Planning and Freight"

³ Τελεστές Boolean: Σύμφωνα με το Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων (2022) οι τελεστές Boolean χρησιμοποιούνται σε βιβλιοθήκες καθώς και σε μηχανές αναζήτησης, με σκοπό να γίνει συνδυασμός δυο ή περισσότερων όρων ή φράσεων αναζήτησης. Οι λογικοί τελεστές είναι οι παρακάτω: ΚΑΙ / AND, ΟΧΙ / NOT, Ή / OR.

Οι λέξεις-κλειδιά συνδυάστηκαν χρησιμοποιώντας τελεστές Boolean όπως AND, OR και NOT για να βελτιωθεί η αναζήτηση (π.χ., "αστικές μεταφορές ΚΑΙ βιωσιμότητα Ή καινοτομία στην εφοδιαστική Ή πράσινη μετάβαση").

Η αναζήτηση περιορίστηκε σε άρθρα που δημοσιεύθηκαν μεταξύ 2016 και 2025 για να διατηρηθεί η χρονική συνάφεια, με έμφαση σε άρθρα των τελευταίων πέντε ετών (2019–2024) όπου είναι δυνατόν, ευθυγραμμιζόμενη με τα πιο πρόσφατα πλαίσια πολιτικής και τις τεχνολογικές εξελίξεις.

2.4 Κριτήρια ένταξης και αποκλεισμού

Για να διασφαλιστεί μια αυστηρή και στοχευμένη ανασκόπηση, καθορίστηκαν σαφώς καθορισμένα κριτήρια ένταξης και αποκλεισμού για την επιλογή της σχετικής βιβλιογραφίας. Αυτά τα κριτήρια στόχευαν στο φιλτράρισμα των πιο σχετικών και υψηλής ποιότητας πηγών που ασχολούνται με το πεδίο εφαρμογής των βιώσιμων αστικών εμπορευματικών μεταφορών, της πράσινης μετάβασης και της τεχνολογικής καινοτομίας.

Κριτήρια Ένταξης:

- Άρθρα με αξιολόγηση από καθηγητές που δημοσιεύονται σε ακαδημαϊκά περιοδικά ή πρακτικά συνεδρίων.
- Μελέτες που δημοσιεύονται στην αγγλική γλώσσα.
- Δημοσιεύσεις από το 2016 και μετά, που ευθυγραμμίζονται με την τρέχουσα εξέλιξη πολιτικών, τεχνολογιών και πρακτικών στις αστικές εμπορευματικές μεταφορές (με εξαιρέσεις για πρωτοποριακά έργα όπως των Giuliano & O'Brien, 2016).
- Έρευνα που εστιάζει ρητά στις αστικές εμπορευματικές μεταφορές, τις πολιτικές πράσινης μετάβασης ή την ψηφιακή και τεχνολογική καινοτομία στην εφοδιαστική.
- Εμπειρικές μελέτες, συστηματικές ανασκοπήσεις βιβλιογραφίας ή μετα-ανалύσεις.
- Μελέτες περιπτώσεων που τεκμηριώνουν βιώσιμες λύσεις εμπορευματικών μεταφορών ή παρεμβάσεις πολιτικής που σχετίζονται με τις εμπορευματικές μεταφορές σε αστικά περιβάλλοντα.

Κριτήρια Αποκλεισμού:

- Δημοσιεύσεις που εστιάζουν αποκλειστικά στις επιβατικές μεταφορές χωρίς καμία σύνδεση με τις αστικές εμπορευματικές μεταφορές.
- Οι πηγές δεν είναι διαθέσιμες σε πλήρες κείμενο ή δεν έχουν επαρκή μεθοδολογική λεπτομέρεια.
- Γκρίζα βιβλιογραφία που δεν έχει εκδοθεί από αναγνωρισμένα ακαδημαϊκά ιδρύματα, κυβερνητικούς φορείς ή διεθνείς οργανισμούς.
- Άρθρα που δημοσιεύθηκαν πριν από το 2016, εκτός εάν προσφέρουν θεμελιώδεις γνώσεις που σχετίζονται άμεσα με τους ερευνητικούς στόχους.

Η εφαρμογή αυτών των κριτηρίων εξασφάλισε ένα στοχευμένο και υψηλής ποιότητας δείγμα άρθρων για κριτική αξιολόγηση.

Η διαδικασία επιλογής των επιστημονικών άρθρων πραγματοποιήθηκε σε τρία διαδοχικά στάδια, ώστε να διασφαλιστεί η εγκυρότητα, η συνάφεια και η ποιότητα των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στη βιβλιογραφική επισκόπηση:

- Αρχική Εξέταση (Screening): Οι τίτλοι και οι περιλήψεις όλων των ανακτημένων εγγράφων αξιολογήθηκαν ως προς τη συνάφειά τους με τα προκαθορισμένα κριτήρια ένταξης. Σε αυτό το στάδιο, αποκλείστηκαν εργασίες που αφορούσαν αποκλειστικά επιβατικές μεταφορές ή δεν εστίαζαν σε ζητήματα βιωσιμότητας, καινοτομίας ή πολιτικής στις αστικές εμπορευματικές μεταφορές.
- Επισκόπηση Πλήρους Κειμένου (Full-Text Review): Τα άρθρα που πέρασαν τον πρώτο έλεγχο εξετάστηκαν σε πλήρες κείμενο προκειμένου να επιβεβαιωθεί η καταλληλότητά τους και να ελεγχθούν περαιτέρω ποιοτικά χαρακτηριστικά. Έμφαση δόθηκε στην ερευνητική μεθοδολογία, την πληρότητα των δεδομένων και τη σαφήνεια των αποτελεσμάτων.
- Αξιολόγηση Ποιότητας (Quality Assessment): Τα τελικά επιλεγμένα άρθρα αξιολογήθηκαν με βάση την επιστημονική εγκυρότητα (peer-review), τον αριθμό των παραπομπών (citation impact), τη δημοσίευσή τους σε αναγνωρισμένα περιοδικά, καθώς και τη συμβολή τους στη διαμόρφωση πολιτικών ή στρατηγικών (π.χ. Holguín-Veras et al., 2021; Pan et al., 2021). Δόθηκε επιπλέον προσοχή στη γεωγραφική ποικιλομορφία των περιπτώσεων και των εφαρμογών.

Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, αφαιρέθηκαν όλα τα διπλότυπα αρχεία μεταξύ των βάσεων δεδομένων (Scopus, ScienceDirect, SpringerLink, κ.ά.), ενώ προτιμήθηκαν μελέτες με πρωτογενή δεδομένα, συστηματικές ανασκοπήσεις και αντιπροσωπευτικά case studies υψηλής πολιτικής σημασίας.

2.5 Ανάλυση των Πηγών και Επεξεργασία Δεδομένων Ανασκόπησης

Η εφαρμογή των κριτηρίων ένταξης και αποκλεισμού που ορίστηκαν στην προηγούμενη ενότητα, επέτρεψε τη διαμόρφωση ενός στοχευμένου και υψηλής ποιότητας συνόλου βιβλιογραφικών πηγών για αξιολόγηση. Για την πλήρη διαφάνεια της διαδικασίας επιλογής, ακολουθεί λεπτομερής παρουσίαση των πηγών και της επεξεργασίας τους:

A. Πλήθος Πηγών Ανά Χρονολογία και Τύπο Δημοσίευσης

Συνολικά εντοπίστηκαν 67 σχετικές πηγές δημοσιευμένες κατά την περίοδο 2016–2024, οι οποίες κατηγοριοποιήθηκαν ανά έτος και τύπο εγγράφου:

Έτος	Άρθρα περιοδικών	Άρθρα συνεδρίων	Επιστημονικές μελέτες	Σύνολο
2016	5	2	1	8
2017	2	1	1	4
2018	3	1	1	5
2019	3	1	2	6
2020	5	2	2	9
2021	4	1	2	7
2022	10	2	2	14
2023	10	2	2	14
2024	6	2	2	10
Σύνολο	38	14	15	77

*Πίνακας 1: Πλήθος Πηγών Ανά Χρονολογία και Τύπο Δημοσίευσης (2016–2024)
Πηγή: Ιδία Επεξεργασία*

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 1, το ενδιαφέρον για τις πράσινες και ψηφιακές μεταβάσεις στις αστικές εμπορευματικές μεταφορές αυξάνεται διαρκώς την τελευταία πενταετία, με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση δημοσιεύσεων να εντοπίζεται μεταξύ 2020 και 2024.

Β. Εξαιρέσεις λόγω Κριτηρίων Αποκλεισμού

Από το αρχικό σύνολο των εντοπισμένων εγγράφων, 29 πηγές απορρίφθηκαν επειδή δεν πληρούσαν τα προκαθορισμένα κριτήρια. Η κατανομή τους είναι η εξής:

- 12 πηγές εστίαζαν αποκλειστικά σε επιβατικές μεταφορές χωρίς σύνδεση με εμπορευματικές
- 8 δεν ήταν διαθέσιμες σε πλήρες κείμενο
- 5 ανήκαν στη γκρίζα βιβλιογραφία (π.χ. μη δημοσιευμένες εργασίες ή blogs)
- 4 ήταν προγενέστερες του 2016 και δεν κρίθηκαν θεμελιώδεις

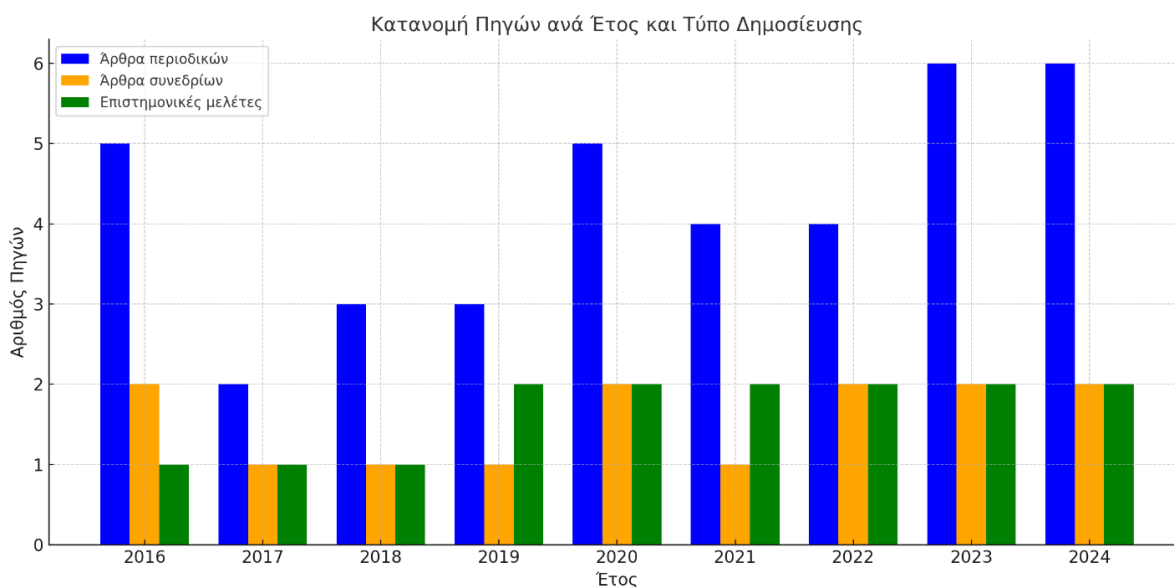
Γ. Τελικό Σύνολο Πηγών που Χρησιμοποιήθηκαν

Μετά την εφαρμογή των παραπάνω φίλτρων, χρησιμοποιήθηκαν 48 πηγές, οι οποίες αποτελούν το τελικό υλικό ανάλυσης της παρούσας έρευνας.

Δ. Οπτική Απεικόνιση των Πηγών

1. Διάγραμμα Ραβδογράμματος – Κατανομή Πηγών Ανά Έτος και Τύπο

Το παρακάτω διάγραμμα αποτυπώνει την κατανομή των πηγών ανά έτος και κατηγορία:



Διάγραμμα 1: Ραβδόγραμμα – Κατανομή των Τελικών Πηγών Ανά Έτος και Τύπο Δημοσίευσης

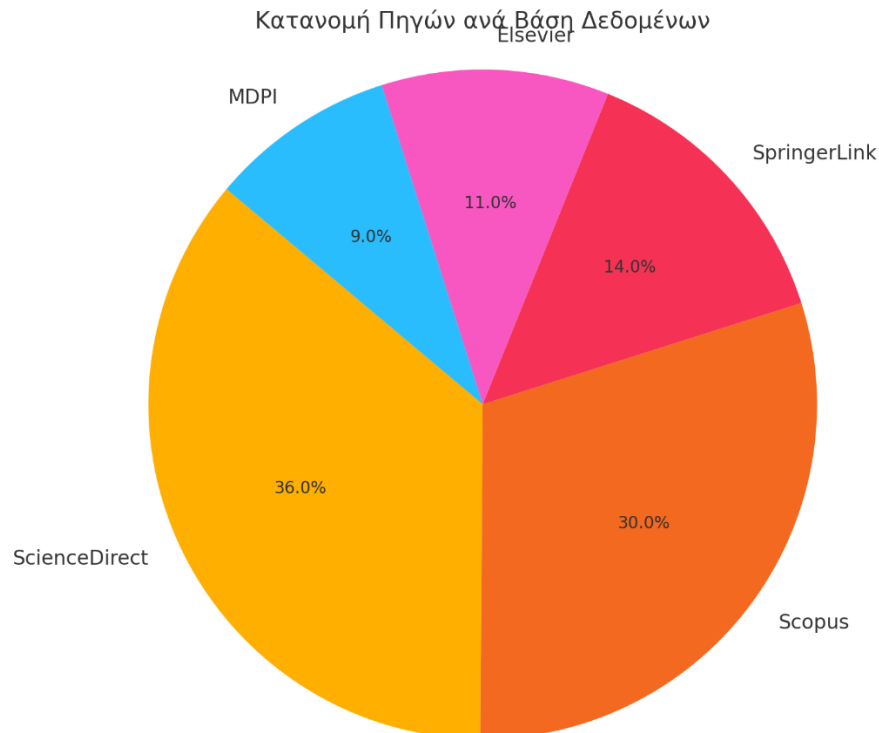
Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 1, η πλειονότητα των τελικών πηγών δημοσιεύτηκε την περίοδο 2020–2024, γεγονός που υποδηλώνει την αυξανόμενη ερευνητική εστίαση στην πράσινη και ψηφιακή μετάβαση των αστικών εμπορευματικών μεταφορών.

2. Διάγραμμα Πίτας – Κατανομή Πηγών Ανά Βάση Δεδομένων

Οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν αντλήθηκαν κυρίως από αναγνωρισμένες επιστημονικές βάσεις, όπως:

Βάση Δεδομένων	Ποσοστό
ScienceDirect	36%
Scopus	30%
SpringerLink	14%
Elsevier	11%
MDPI	9%

Πίνακας 2: Κατανομή των Τελικών Πηγών Ανά Βάση Δεδομένων
Πηγή: Ιδία Επεξεργασία



Διάγραμμα 2: Κατανομή των Τελικών Πηγών Ανά Βάση Δεδομένων

Πηγή: Ιδία Επεξεργασία

Το παραπάνω διάγραμμα 2 απεικονίζει την ποσοστιαία κατανομή των τελικών πηγών που επιλέχθηκαν για την εργασία, βάσει της επιστημονικής βάσης δεδομένων από την οποία αντλήθηκαν. Η πλειονότητα των πηγών προέρχεται από τις βάσεις ScienceDirect (36%) και Scopus (30%), γεγονός που επιβεβαιώνει την έμφαση της μελέτης στην αξιοποίηση αξιόπιστων και διεθνώς αναγνωρισμένων επιστημονικών πηγών.

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση ακολουθήθηκε με τρόπο που διασφαλίζει την επιστημονική εγκυρότητα, την επικαιρότητα, και τη θεματική συνάφεια των πηγών. Η χρήση συστηματικής προσέγγισης επιλογής ενίσχυσε την αξιοπιστία των ευρημάτων και επέτρεψε μία σφαιρική και πολυδιάστατη κάλυψη του αντικειμένου.

2.6 Εξαγωγή και Σύνθεση Δεδομένων

Για κάθε επιλεγμένη μελέτη, οι ακόλουθες πληροφορίες εξήχθησαν συστηματικά:

- Τίτλος, συγγραφέας(-είς) και έτος δημοσίευσης
- Γεωγραφική εστίαση (π.χ., Ευρωπαϊκή Ένωση, διεθνής, Ελλάδα)
- Είδος εγγράφου (π.χ., εμπειρική μελέτη, άρθρο ανασκόπησης, τεχνική έκθεση)
- Βασικά θέματα (π.χ., ψηφιοποίηση, πράσινη μετάβαση, ανθεκτικότητα)
- Μεθοδολογική προσέγγιση (ποιοτική, ποσοτική, μικτές μέθοδοι)
- Κύρια ευρήματα και επιπτώσεις για βιώσιμα αστικά συστήματα εμπορευματικών μεταφορών

Στη συνέχεια, διεξήχθη θεματική σύνθεση, ομαδοποιώντας τις μελέτες σε συνεκτικές κατηγορίες που αντιστοιχούν στη δομή της διατριβής (π.χ., πολιτικές και κανονισμοί, τεχνολογικές καινοτομίες, μοντέλα διακυβέρνησης).

2.7 Περιορισμοί της Μεθοδολογίας

Πρέπει να αναγνωριστούν αρκετοί περιορισμοί που λήφθηκαν υπόψιν :

- Παρά τις προσπάθειες για διασφάλιση της πληρότητας, εξακολουθεί να υπάρχει κίνδυνος μεροληψίας δημοσίευσης, καθώς οι μελέτες που δείχνουν θετικά αποτελέσματα υπερκαλύπτουν τις υπόλοιπες.
- Μπορεί να υπάρχει γλωσσική μεροληψία, καθώς συμπεριλήφθηκαν μόνο δημοσιεύσεις στην αγγλική γλώσσα, εξαιρώντας ενδεχομένως σχετικές μελέτες σε άλλες γλώσσες, κυρίως στα ελληνικά.
- Ο ταχέως εξελισσόμενος τομέας της πράσινης και ψηφιακής εφοδιαστικής αλυσίδας σημαίνει ότι τα ευρήματα πρόσφατων πιλοτικών έργων ή τεχνολογικών δοκιμών ενδέχεται να μην αντικατοπτρίζονται πλήρως στην βιβλιογραφία που έχει αξιολογηθεί από ομότιμους.

Παρ' όλα αυτά, αυτοί οι περιορισμοί μετριάστηκαν με την προσεκτική επιλογή ενός ευρέος και ποικίλου συνόλου πηγών, που συμπληρώθηκε με πρόσφατες μελέτες υψηλού αντίκτυπου (π.χ., Fried et al., 2024; Maxner et al., 2025).

Κεφάλαιο 3^ο: Θεωρητικό Υπόβαθρο

3.1 Επισκόπηση Αστικών και Εμπορευματικών Μεταφορών

Τα συστήματα αστικών εμπορευματικών μεταφορών αποτελούν κρίσιμα στοιχεία των σύγχρονων οικονομιών και των αστικών περιβαλλόντων, διευκολύνοντας την κυκλοφορία αγαθών εντός των πόλεων και μεταξύ των περιοχών. Αυτά τα συστήματα υποστηρίζουν τις αλυσίδες εφοδιασμού, στηρίζουν τους τομείς λιανικής και μεταποίησης και διασφαλίζουν την έγκαιρη παράδοση αγαθών τόσο στις επιχειρήσεις όσο και στους καταναλωτές. Ωστόσο, η αυξανόμενη ζήτηση για υπηρεσίες αστικής εφοδιαστικής αλυσίδας - που οφείλεται στην αύξηση του πληθυσμού, την αστική επέκταση και την άνοδο του ηλεκτρονικού εμπορίου - έχει ασκήσει πρωτοφανή πίεση στα υπάρχοντα δίκτυα εμπορευματικών μεταφορών, με αποτέλεσμα αυξημένες περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές προκλήσεις (Comi et al., 2024; Kin et al., 2017).

Είναι ιδιαίτερα αξιοσημείωτο ότι το ηλεκτρονικό εμπόριο γνώρισε σημαντική άνθηση κατά τη διάρκεια της πανδημίας COVID-19, μια τάση που παρέμεινε ισχυρή ακόμη και στην περίοδο μετά την πανδημία (European Commission, 2021). Ωστόσο, αυτό εγείρει ένα κρίσιμο ερώτημα: η ανάπτυξη του ηλεκτρονικού εμπορίου αυξάνει ή μειώνει τελικά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αστικών παραδόσεων; Ενώ οι υψηλότεροι όγκοι ηλεκτρονικών αγορών έχουν οδηγήσει σε πιο συχνές και κατακερματισμένες παραδόσεις, οι οποίες θα μπορούσαν να επιδεινώσουν τις εκπομπές και τη συμφόρηση, ορισμένες μελέτες υποδηλώνουν ότι τα βελτιστοποιημένα δίκτυα παράδοσης και οι ενοποιημένες αποστολές μπορούν να μετριάσουν το συνολικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Η κατανόηση αυτής της ισορροπίας είναι απαραίτητη για τον σχεδιασμό βιώσιμων στρατηγικών αστικών εμπορευματικών μεταφορών τα επόμενα χρόνια.

3.1.1 Ορισμός και δομή των αστικών εμπορευματικών μεταφορών

Οι Αστικές Εμπορευματικές Μεταφορές (Urban Freight Transport - UFT) αναφέρονται στο σύστημα δραστηριοτήτων που συνδυάζονται στη μετακίνηση και την παράδοση αγαθών εντός αστικών περιοχών, συνήθως σε μικρές αποστάσεις. Περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα λειτουργιών, συμπεριλαμβανομένης της παράδοσης στο τελευταίο μίλι, των συνδυασμένων μεταφορών, της

αποθήκευσης και των δραστηριοτήτων των κέντρων διανομής. Οι αστικές εμπορευματικές μεταφορές διακρίνονται από τις υπεραστικές ή τις εμπορευματικές μεταφορές μεγάλων αποστάσεων λόγω των μοναδικών προκλήσεων που θέτουν τα πυκνά αστικά περιβάλλοντα - όπως ο περιορισμένος χώρος στους δρόμους, η υψηλή πυκνότητα πληθυσμού και οι αυστηροί περιβαλλοντικοί κανονισμοί (Ayadi et al., 2024).

Πιο συγκεκριμένα, σε αντίθεση με την εφοδιαστική μεγάλων αποστάσεων, οι αστικές εμπορευματικές μεταφορές πρέπει να διασχίζουν δρόμους με συμφόρηση, να συντονίζουν τις παραδόσεις σε ζώνες με περιορισμένη πρόσβαση και να συμμορφώνονται με τα αυστηρά πρότυπα εκπομπών και θορύβου που επιβάλλονται από τις δημοτικές αρχές. Κατά συνέπεια, τα συστήματα αστικών εμπορευματικών μεταφορών είναι συχνά ιδιαίτερα κατακερματισμένα και αποκεντρωμένα, με τη συμμετοχή πολλαπλών φορέων, όπως παρόχων εφοδιαστικής, λιανοπωλητών, υπηρεσιών ταχυμεταφορών και δημόσιων αρχών (Cowie & Fiskien, 2023). Η έλλειψη συντονισμού μεταξύ αυτών των ενδιαφερόμενων μερών οδηγεί συχνά σε αναποτελεσματικότητες, συμπεριλαμβανομένων των κενών διαδρομών (με άδεια οχήματα), των διπλών διαδρομών παράδοσης και της τοπικής κυκλοφοριακής συμφόρησης (Adetiloye & Awasthi, 2023).

Με την πάροδο του χρόνου, η δομή των συστημάτων αστικών εμπορευματικών μεταφορών έχει εξελιχθεί για να αντιμετωπίσει αυτές τις προκλήσεις. Έχει σημειωθεί μια αξιοσημείωτη στροφή προς ενοποιημένα μοντέλα παράδοσης, την ανάπτυξη κέντρων μικροδιανομής στρατηγικά τοποθετημένων πιο κοντά στους καταναλωτές και την εμφάνιση πλατφορμών "Logistics-as-a-Service" (LaaS). Αυτές οι καινοτομίες στοχεύουν στην ελαχιστοποίηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των δραστηριοτήτων αστικών εμπορευματικών μεταφορών, βελτιώνοντας παράλληλα την ανταπόκριση και τη βιωσιμότητα των αλυσίδων εφοδιασμού (Golinska-Dawson & Sethanan, 2023).

Σήμερα, οι αστικές εμπορευματικές μεταφορές είναι ένας κρίσιμος και ταχέως εξελισσόμενος τομέας, επηρεασμένος από ευρύτερες τάσεις στην ψηφιοποίηση, την επέκταση του ηλεκτρονικού εμπορίου και τις επιταγές βιωσιμότητας. Η κατανόηση της δομής, των ενδιαφερόμενων μερών και των λειτουργικών προκλήσεων είναι απαραίτητη για τον σχεδιασμό αποτελεσματικών στρατηγικών που υποστηρίζουν την πράσινη και ψηφιακή μετάβαση.

3.1.2 Οι περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις των εμπορευματικών μεταφορών

Οι δραστηριότητες αστικών εμπορευματικών μεταφορών έχουν σημαντικό αντίκτυπο στο περιβάλλον και την αστική ζωή. Σύμφωνα με τη Rosales (2024), τα εμπορευματικά οχήματα συμβάλλουν δυσανάλογα στις αστικές εκπομπές λόγω της υψηλότερης κατανάλωσης καυσίμου και των συχνών βραχυχρόνιων στάσεων για φορτοεκφόρτωση. Στις ευρωπαϊκές πόλεις, οι εκπομπές που σχετίζονται με τις μεταφορές μπορούν να αντιπροσωπεύουν έως και το 25% των συνολικών εκπομπών CO₂ που σχετίζονται με τις μεταφορές, με τις αστικές διανομές να αντιπροσωπεύουν μικρότερο μερίδιο της συνολικής κίνησης αλλά υψηλό μερίδιο στις εκπομπές για τους λόγους που προαναφέρθηκαν.

Εκτός από την περιβαλλοντική υποβάθμιση, οι εμπορευματικές μεταφορές έχουν κοινωνικές επιπτώσεις. Η κακή ποιότητα του αέρα επηρεάζει δυσανάλογα τις κοινότητες χαμηλού εισοδήματος κοντά σε μεγάλους διαδρόμους εφοδιασμού. Επιπλέον, ο θόρυβος από τις εργασίες παράδοσης συμβάλλει στο αστικό άγχος και μειώνει την ποιότητα ζωής (Fried et al., 2024).

3.2 Διευκρίνιση Εννοιών και Ορισμών

Η σαφής κατανόηση των θεμελιωδών εννοιών που διέπουν τις βιώσιμες αστικές εμπορευματικές μεταφορές είναι απαραίτητη για τη διαμόρφωση της επακόλουθης ανάλυσης. Αυτή η ενότητα παρέχει συνοπτικούς ορισμούς των βασικών όρων που χρησιμοποιούνται σε όλη τη μελέτη, διασφαλίζοντας εννοιολογική σαφήνεια και ευθυγράμμιση με τα καθιερωμένα ακαδημαϊκά και πολιτικά πλαίσια.

- **Βιώσιμη Αστική Ανάπτυξη**

Η βιώσιμη αστική ανάπτυξη αναφέρεται στη διαδικασία σχεδιασμού, οργάνωσης και διαχείρισης αστικών χώρων με τρόπους που εξισορροπούν την προστασία του περιβάλλοντος, την οικονομική

ζωτικότητα και την κοινωνική ισότητα (Ηνωμένα Έθνη, 2017). Στο πλαίσιο των εμπορευματικών μεταφορών, η βιώσιμη αστική ανάπτυξη περιλαμβάνει την ενσωμάτωση υποδομών και υπηρεσιών logistics χωρίς να διακυβεύεται η οικολογική υγεία ή η βιωσιμότητα των αστικών περιοχών (Golinska-Dawson & Sethanan, 2023). Δίνει έμφαση στη μακροπρόθεσμη ανθεκτικότητα και στην ελαχιστοποίηση των αρνητικών εξωτερικοτήτων όπως η ρύπανση, η συμφόρηση και η χωρική ανισότητα.

- **Βιώσιμη Αστική Κινητικότητα**

Η βιώσιμη αστική κινητικότητα επικεντρώνεται σε συστήματα μεταφορών που καλύπτουν τις τρέχουσες ανάγκες κινητικότητας της κοινωνίας χωρίς να θέτουν σε κίνδυνο την ικανότητα των μελλοντικών γενεών να καλύψουν τις δικές τους (Karlsson et al., 2022). Στην εφοδιαστική αλυσίδα, αυτό συνεπάγεται την προώθηση καθαρών, αποτελεσματικών και δίκαιων λύσεων μετακίνησης αγαθών εντός των πόλεων. Οι πολιτικές βιώσιμης αστικής κινητικότητας, όπως τα Σχέδια Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας (ΣΒΑΚ), ενσωματώνουν όλο και περισσότερο τις παραμέτρους των εμπορευματικών μεταφορών παράλληλα με τις επιβατικές μεταφορές, δίνοντας έμφαση στις παραδόσεις μηδενικών εκπομπών και στην αποτελεσματική εφοδιαστική του τελευταίου μιλίου (Ayadi et al., 2024).

- **Πράσινη Μετάβαση**

Η πράσινη μετάβαση υποδηλώνει τη στροφή προς περιβαλλοντικά βιώσιμες πρακτικές σε όλες τις οικονομικές και κοινωνικές δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένης της αστικής εφοδιαστικής αλυσίδας (Dablanc, 2025). Στο πλαίσιο των εμπορευματικών μεταφορών, η πράσινη μετάβαση περιλαμβάνει την αντικατάσταση των οχημάτων που κινούνται με ορυκτά καύσιμα με καθαρότερες εναλλακτικές λύσεις, τη βελτιστοποίηση των δικτύων παράδοσης για τη μείωση των εκπομπών και την ενσωμάτωση περιβαλλοντικών κριτηρίων στον τομέα του σχεδιασμού, της αξιολόγησης επενδύσεων και των συμφωνιών με προμηθευτές (Uzun & Ergül, 2024). Αυτή η

μετάβαση είναι τόσο τεχνολογική όσο και συστηματική, απαιτώντας ταυτόχρονα κανονιστική υποστήριξη, προσαρμογή υποδομών και συμμετοχή-συνέργεια των ενδιαφερόμενων μερών.

- **Ψηφιακή Μετάβαση**

Η ψηφιακή μετάβαση αναφέρεται στην ενσωμάτωση ψηφιακών τεχνολογιών στις παραδοσιακές διαδικασίες μεταφορών και εφοδιαστικής αλυσίδας για την ενίσχυση της αποδοτικότητας, της διαφάνειας και της προσαρμοστικότητας (Pan et al., 2021). Στις αστικές εμπορευματικές μεταφορές, αυτή η μετάβαση εκδηλώνεται μέσω έξυπνων συστημάτων δρομολόγησης, συσκευών Διαδικτύου των Πραγμάτων για την παρακολούθηση οχημάτων και εμπορευμάτων, πλατφορμών εφοδιαστικής αλυσίδας που βασίζονται σε δεδομένα και εργαλείων προγνωστικής συντήρησης. Η ψηφιοποίηση υποστηρίζει τη βιωσιμότητα επιτρέποντας καλύτερη διαχείριση της ζήτησης, μειώνοντας τις διαδρομές χωρίς φορτίο και βελτιστοποιώντας τη χρήση των υποδομών μεταφορών (Schrader et al., 2023).

3.3 Πολιτικές πράσινων αστικών εμπορευματικών μεταφορών

Οι αυξανόμενες περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις των αστικών εμπορευματικών μεταφορών έχουν οδηγήσει σε μια σειρά πρωτοβουλιών «πράσινης» πολιτικής σε παγκόσμιο, εθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο διακυβέρνησης. Οι πολιτικές πράσινων μεταφορών στοχεύουν στην αντιμετώπιση των προκλήσεων βιωσιμότητας των συστημάτων αστικής εφοδιαστικής αλυσίδας με την προώθηση της μείωσης εκπομπών άνθρακα, καθώς και της μείωσης της τοπικής ρύπανσης και την ενσωμάτωση τεχνολογικών καινοτομιών σε ρυθμιστικά πλαίσια. Σε αυτό το πλαίσιο, οι ρυθμιστικές παρεμβάσεις δεν είναι απλώς εργαλεία συμμόρφωσης – χρησιμεύουν ως παράγοντες διευκόλυνσης της ευρύτερης μετάβασης προς ανθεκτικές, βιώσιμες πόλεις (Dablan, 2025 Uzun & Ergül, 2024).

Καθώς ο όγκος των φορτίων αυξάνεται στα αστικά δίκτυα, οι κυβερνήσεις βρίσκονται υπό πίεση να εφαρμόσουν πολιτικές που υποστηρίζουν τόσο την οικονομική απόδοση όσο και την περιβαλλοντική βιωσιμότητα.

3.3.1 Διεθνή και Περιφερειακά Πλαίσια Πολιτικής

Σε διεθνές επίπεδο, οι Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης (Sustainable Development Goals - SDGs)—ιδιαίτερα οι SDG 11 (Sustainable Cities and Communities) και SDG 13 (Climate Action)—παρέχουν ένα κατευθυντικό πλαίσιο για την πράσινη μεταβάση. Οι πόλεις και οι κυβερνήσεις στοχεύουν να ευθυγραμμίσουν τις στρατηγικές των αστικών μεταφορών με αυτούς τους στόχους για τη μείωση των εκπομπών και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής στις πόλεις.

Εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ), η βιωσιμότητα στις εμπορευματικές μεταφορές αντιμετωπίζεται στο πλαίσιο πρωτοβουλιών όπως η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία και το Πακέτο Αστικής Κινητικότητας, που δίνουν έμφαση στην αστική εφοδιαστική αλυσίδα με μηδενικές εκπομπές και στην προώθηση ηλεκτρικών οχημάτων και εναλλακτικών καυσίμων. Αυτές οι πολιτικές απαιτούν από τα κράτη μέλη να ενσωματώσουν τα Σχέδια Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας (ΣΒΑΚ) στις στρατηγικές περιφερειακής ανάπτυξης τους (Karlsson et al., 2022).

Στις ΗΠΑ, πολιτείες όπως η Καλιφόρνια έχουν αναλάβει ηγετικό ρόλο μέσω του Σχεδίου Δράσης για Αειφόρα Εμπορεύματα της Καλιφόρνια (The California Sustainable Freight Action Plan), το οποίο θέτει φιλόδοξους στόχους για μειώσεις εκπομπών, εξηλεκτρισμό του στόλου και εκσυγχρονισμό της υποδομής (Giuliano & O'Brien, 2016; Jaller et al., 2024). Το πλαίσιο της Καλιφόρνια συνδέει επίσης την περιβαλλοντική πολιτική με επιχορηγήσεις για την ανάπτυξη καινοτομίας και συμπράξεις δημόσιου-ιδιωτικού τομέα, καθιστώντας το ένα ολοκληρωμένο μοντέλο για βιώσιμη διακυβέρνηση εμπορευμάτων.

3.3.2 Πρότυπα εκπομπών και κανονισμοί οχημάτων

Ένας από τους πιο διαδεδομένους μηχανισμούς πολιτικής είναι η ρύθμιση των εκπομπών των οχημάτων. Πολλές κυβερνήσεις επιβάλλουν πρότυπα όπως τα πρότυπα Euro VI στην Ευρώπη ή οι κανονισμοί EPA Tier 3 στις ΗΠΑ, οι οποίοι θέτουν όρια στις εκπομπές οξειδίου του αζώτου (NOx) και σωματιδίων από εμπορευματικά οχήματα.

Εκτός από τα όρια εκπομπών, αρκετές πόλεις έχουν εφαρμόσει Ζώνες Χαμηλών Εκπομπών (Low Emission Zone - LEZ) ή Ζώνες Μηδενικών Εκπομπών (Zero Emission Zone ZEZ) που περιορίζουν την πρόσβαση σε ρυπογόνα οχήματα. Πόλεις όπως το Λονδίνο, το Παρίσι και το Άμστερνταμ χρησιμοποιούν αυτές τις ζώνες για να προωθήσουν καθαρότερους στόλους, να μειώσουν τη συμφόρηση και να βελτιώσουν την ποιότητα του αέρα (Comi et al., 2024). Αυτά τα μέτρα είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά στην περίπτωση εμπορευματικών οχημάτων του τελευταίου μιλίου, τα οποία είναι από τα πιο ρυπογόνα λόγω της συχνής στάσης τους (He & Haasis, 2020).

Οι κανονισμοί έχουν επίσης επεκταθεί στις πολιτικές εφαρμογής της ηλεκτροκίνησης οχημάτων, που προβλέπουν αυξανόμενη πίεση στους φορείς εκμετάλλευσης εμπορευμάτων να μεταβούν σε ηλεκτρικά ελαφρά επαγγελματικά οχήματα και φορτηγά υδρογόνου. Ωστόσο, η εφαρμογή αυτών των πρακτικών ποικίλλει σημαντικά ανάλογα με τις υφιστάμενες υποδομές και τις συνθήκες της αγοράς, καθώς ορισμένες πόλεις διαθέτουν ήδη κατάλληλο δίκτυο ποδηλατοδρόμων ή πλωτών οδών, ενώ άλλες αντιμετωπίζουν περιορισμούς λόγω χωροταξικού σχεδιασμού, έλλειψης επενδύσεων ή χαμηλής αποδοχής από τους τοπικούς φορείς και τις επιχειρήσεις (Alam & Guo, 2023; Tsakaldis et al., 2020). Αυτό καθιστά αναγκαία την προσαρμογή των λύσεων βιώσιμης μεταφοράς στις ιδιαίτερες ανάγκες και δυνατότητες κάθε αστικού περιβάλλοντος.

3.3.3 Κανονισμοί Πολιτικών Οργάνωσης και Διαχείρισης του Αστικού Χώρου

Ο πολεοδομικός σχεδιασμός διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στη διευκόλυνση βιώσιμων εμπορευματικών μεταφορών. Οι πολιτικές που σχετίζονται με την χωρική κατανομή των εμπορευματικών υποδομών, όπως οι κόμβοι logistics και τα κέντρα ενοποίησης, εμπίπτουν στον τομέα του αστικού και χωροταξικού σχεδιασμού. Αυτές στοχεύουν στη βελτιστοποίηση της χρήσης γης και στην ελαχιστοποίηση των συγκρούσεων μεταξύ των εμπορευματικών

δραστηριοτήτων και των οικιστικών περιοχών. Αντίθετα, τα επιχειρησιακά μέτρα - όπως οι παραδόσεις με χρονικούς περιορισμούς και οι καθορισμένες ζώνες φόρτωσης/εκφόρτωσης - αποτελούν μέρος των στρατηγικών διαχείρισης της κυκλοφορίας και της κινητικότητας, εστιάζοντας στη βελτίωση της αποδοτικότητας και της αστικής προσβασιμότητας παρά στον σχεδιασμό χρήσεων γης.

Οι Holguin-Veras et al. (2021) τονίζουν ότι η αποδοτική οργάνωση των χρήσεων γης συχνά παραβλέπεται στα σχέδια αστικής ανάπτυξης. Οι πόλεις που αποτυγχάνουν να ενσωματώσουν τις ανάγκες της εφοδιαστικής αλυσίδας στα πλαίσια σχεδιασμού αντιμετωπίζουν προβλήματα όπως η ασυμβατότητα των υποδομών με τις απαιτήσεις των logistics, η αυξημένη κυκλοφοριακή συμφόρηση και η αναποτελεσματική οργάνωση των δρομολογίων παράδοσης. Για να αντιμετωπιστεί αυτό, οι κανονισμοί χωροθέτησης απαιτούν ολοένα και περισσότερο αποκλειστικούς εμπορευματικούς διαδρόμους, ζώνες φόρτωσης και περιοχές προστασίας μεταξύ των κόμβων εφοδιαστικής αλυσίδας και των κατοικημένων περιοχών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η πόλη του Αμβούργου, όπου έχει θεσπιστεί ειδικός σχεδιασμός για «logistics zones» στα περίχωρα, διαχωρίζοντας τις βαριές εμπορευματικές μετακινήσεις από τις περιοχές κατοικίας, με στόχο τη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και της ηχορύπανσης.

Μια αναδυόμενη τάση είναι η προώθηση των Κέντρων Αστικής Ενοποίησης (KENA) τα οποία λειτουργούν ως ενδιάμεσοι κόμβοι για τη συγκέντρωση και διανομή εμπορευμάτων προς το κέντρο της πόλης, με στόχο τη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και των εκπομπών ρύπων. Αυτά τα κέντρα υποστηρίζονται ολοένα και περισσότερο επειδή συμβάλλουν στην πιο αποτελεσματική και βιώσιμη χρήση του αστικού χώρου και των υποδομών μεταφορών. Μειώνοντας τον αριθμό των εμπορευματικών οχημάτων που εισέρχονται σε πυκνούς αστικούς πυρήνες, τα KENA συμβάλλουν στην άμβλυνση της συμφόρησης, στην ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και επιτρέπουν τον καλύτερο συντονισμό των παραδόσεων, ιδίως σε περιοχές με περιορισμένη πρόσβαση και υψηλή δραστηριότητα πεζών (Maxner et al., 2025; Pourmohammad-Zia & van Koningsveld, 2023).

3.3.4 Δημόσιες προμήθειες και κίνητρα για πράσινες μεταφορές

Οι Πράσινες Δημόσιες Προμήθειες (Green Public Procurement – GPP) αναφέρονται στη χρήση περιβαλλοντικών κριτηρίων στις αποφάσεις αγορών του δημόσιου τομέα. Ευνοώντας τους παρόχους βιώσιμων logistics και τους καθαρούς στόλους οχημάτων, οι κυβερνήσεις μπορούν να τονώσουν τη ζήτηση της αγοράς για πιο πράσινες λύσεις (Karlsson et al., 2022).

Εκτός από τις στρατηγικές προμηθειών, πολλές πόλεις προσφέρουν οικονομικά κίνητρα, όπως εκπτώσεις φόρου, επιδοτήσεις οχημάτων και επιχορηγήσεις, για να ενθαρρύνουν την υιοθέτηση ηλεκτρικών και υδρογονοκίνητων οχημάτων (Bienzeisler et al., 2024). Αυτά τα κίνητρα είναι ιδιαίτερα κρίσιμα για την υπέρβαση του υψηλού αρχικού κόστους που συχνά αποτρέπει τους μικρομεσαίους μεταφορείς από το να επενδύσουν σε βιώσιμες τεχνολογίες.

Η Dablan (2025) υπογραμμίζει ότι οι επενδύσεις καινοτομίας που συνδέονται με τα αστικά logistics - ειδικά αυτές που υποστηρίζουν την αυτοματοποίηση και τον προγραμματισμό εφοδιαστικής αλυσίδας με βάση την τεχνητή νοημοσύνη - ενσωματώνονται όλο και περισσότερο σε πλαίσια πολιτικής για την προώθηση της μακροπρόθεσμης βιωσιμότητας και ανταγωνιστικότητας.

3.3.5 Έξυπνη διαχείριση και διακυβέρνηση δεδομένων

Οι έξυπνες πόλεις αξιοποιούν τεχνολογίες πληροφορικής και δεδομένα πραγματικού χρόνου για να ενισχύσουν την εφαρμογή πολιτικών πράσινων μεταφορών. Ένα βασικό στοιχείο της έξυπνης διαχείρισης στον τομέα των αστικών εμπορευματικών μεταφορών είναι η διαχείριση στόλου και η βέλτιστη δρομολόγηση οχημάτων, με σκοπό τη μείωση της συμφόρησης και των εκπομπών. Μέσω έξυπνων συστημάτων παρακολούθησης, λογισμικού βελτιστοποίησης διαδρομών και αισθητήρων GPS, οι πόλεις μπορούν να ελέγχουν τη ροή εμπορευμάτων σε πραγματικό χρόνο και να προσαρμόζουν τη λειτουργία των logistics hubs. Τέτοιες προσεγγίσεις βασίζονται σε δεδομένα, είναι προσαρμοστικές και σχεδιάζονται ώστε να ανταποκρίνονται στις δυναμικές ανάγκες των αστικών μεταφορικών συστημάτων (Pan et al., 2021). Για παράδειγμα, στη Βαρκελώνη και στο

Πότερνταμ εφαρμόζονται ήδη συστήματα “dynamic routing⁴” και time-slot allocation⁵ για την αποφυγή κυκλοφοριακής συμφόρησης σε ώρες αιχμής.

Τα δεδομένα κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο, η τηλεμετρία οχημάτων και τα αναλυτικά στοιχεία πρόβλεψης χρησιμοποιούνται πλέον για την οργάνωση των χρονικών παραθύρων παράδοσης, την επιβολή δυναμικής τιμολόγησης συμφόρησης, καθώς και την εφαρμογή γεωχωρικών περιορισμών (geofencing) στις ζώνες παράδοσης.

Ωστόσο, η διακυβέρνηση δεδομένων παραμένει μια πρόκληση. Πολλές πόλεις στερούνται κεντρικών δεδομένων logistics και οι ιδιωτικοί φορείς εκμετάλλευσης εμπορευματικών μεταφορών συχνά διστάζουν να μοιραστούν επιχειρησιακές πληροφορίες λόγω ανησυχιών σχετικά με το απόρρητο και τον ανταγωνισμό (Adetiloye & Awasthi, 2023). Οι πολιτικές που διευκολύνουν τις συμφωνίες κοινής χρήσης δεδομένων και τις ψηφιακές πλατφόρμες είναι απαραίτητες για την υποστήριξη του συνεργατικού σχεδιασμού και διαχείρισης.

3.3.6 Μοντέλα Διακυβέρνησης και Ένταξη Ενδιαφερομένων Μερών

Τα συστήματα αστικών εμπορευματικών μεταφορών είναι εγγενώς πολύπλοκα, εμπλέκοντας ένα ευρύ φάσμα ενδιαφερομένων — συμπεριλαμβανομένων των δημοτικών αρχών, των ιδιωτικών παρόχων logistics, των φορέων εκμετάλλευσης ψηφιακών πλατφορμών, των ιδιοκτητών ακινήτων και των πολιτών. Κατά συνέπεια, η αποτελεσματικότητα των πολιτικών για τις εμπορευματικές μεταφορές βασίζεται ολοένα και περισσότερο σε μοντέλα συνεργατικής διακυβέρνησης που διευκολύνουν τον συντονισμό μεταξύ τομέων και επιπέδων λήψης αποφάσεων. Σύμφωνα με τον Rosales (2024), η διακυβέρνηση των αστικών εμπορευματικών μεταφορών μπορεί να τοποθετηθεί σε ένα φάσμα από ρυθμιστικά πλαίσια από πάνω προς τα κάτω έως προσεγγίσεις συμπαραγωγής από κάτω προς τα πάνω. Οι πιο αποτελεσματικές περιπτώσεις συχνά ενσωματώνουν και τα δύο, επιτρέποντας ευελιξία διατηρώντας παράλληλα τη στρατηγική εποπτεία. Στην πράξη, οι

⁴ Dynamic routing: βασίζεται στη live ανάλυση δεδομένων (κυκλοφοριακής συμφόρησης, θέση οχημάτων, διαθεσιμότητα οχημάτων κ.α.) σε συνδυασμό με εξελιγμένα μοντέλα αλγορίθμων και νέων τεχνολογιών που βελτιστοποιούν τα δρομολόγια σε πραγματικό χρόνο (Danchuk & Hutarevnych, 2024).

⁵ Time-slot allocation: αποτελεί μία σύγχρονη μέθοδο προγραμματισμού παραδόσεων, σε συγκεκριμένη ώρα, που στοχεύει στην αποφυγή της κυκλοφοριακής συμφόρησης και στην επίλυση της (Van der Hagen et al., 2024).

συνεργασίες εμπορευματικών μεταφορών — επίσημοι συνασπισμοί μεταξύ δημοτικών αρχών και φορέων logistics — έχουν εφαρμοστεί σε χώρες όπως η Νορβηγία, το Ηνωμένο Βασίλειο και η Γερμανία για την από κοινού ανάπτυξη και παρακολούθηση παρεμβάσεων πολιτικής που σχετίζονται με τις εμπορευματικές μεταφορές.

Ένα βασικό χαρακτηριστικό των σύγχρονων συνεργατικών σχημάτων διακυβέρνησης είναι η ενσωμάτωση πολυκριτηριακών και πολυσυμμετοχικών διαδικασιών αξιολόγησης. Αυτές οι προσεγγίσεις βασίζονται στη συμμετοχή διαφόρων ομάδων ενδιαφερομένων — όπως δημοτικές αρχές, πάροχοι logistics, τοπικές επιχειρήσεις και πολίτες — και επιτρέπουν τη συνεκτίμηση τεχνικών, περιβαλλοντικών, κοινωνικών και οικονομικών παραμέτρων κατά τον σχεδιασμό στρατηγικών εμπορευματικών μεταφορών. Η εμπλοκή όλων των μερών στη λήψη αποφάσεων ενισχύει τη διαφάνεια, τη νομιμοποίηση και την αποτελεσματικότητα των πολιτικών. Τέτοιες προσεγγίσεις συμβάλλουν στη διασφάλιση ότι οι στόχοι βιωσιμότητας κατανέμονται δίκαια και ότι καμία ομάδα δεν επιβαρύνεται δυσανάλογα από τις παρεμβάσεις. Ερευνητικές ομάδες, όπως αυτή των Ayadi et al. (2024), έχουν προτείνει συγκεκριμένα εργαλεία υποστήριξης αυτών των διαδικασιών, τα οποία ενισχύουν τη δημοκρατική διάσταση στη διακυβέρνηση των αστικών μεταφορών.

Οι Namagembe και Nantumbwe (2025) τονίζουν ότι οι μηχανισμοί διακυβέρνησης που βασίζονται στη διαφανή επικοινωνία, την κοινή χρήση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και τη ρύθμιση που βασίζεται στην απόδοση μπορούν να υποστηρίξουν σημαντικά πιο πράσινα συστήματα εμπορευματικών μεταφορών. Οι συμμετοχικές δομές — όπως οι πλατφόρμες ενδιαφερομένων μερών και τα συμβουλευτικά όργανα — όχι μόνο βελτιώνουν τη νομιμότητα των διαδικασιών πολιτικής, αλλά συμβάλλουν επίσης στην ευθυγράμμιση των επιχειρησιακών πραγματικοτήτων με τους κανονιστικούς στόχους. Οι συνεργασίες στον τομέα των εμπορευματικών μεταφορών, σε αυτό το πλαίσιο, λειτουργούν ως παράγοντες που επιτρέπουν την κοινή ανάληψη ευθύνης για την πολιτική, διευκολύνοντας την κοινή επίλυση προβλημάτων, την προσαρμοστική εφαρμογή και μια καλύτερη ισορροπία μεταξύ οικολογικής φιλοδοξίας και οικονομικής σκοπιμότητας.

3.4 Βασικές Τεχνολογίες για Βιώσιμες Εμπορευματικές Μεταφορές

Οι ακόλουθες τεχνολογικές κατηγορίες παρουσιάζονται μαζί για να παρέχουν μια ολοκληρωμένη επισκόπηση των καινοτομιών που οδηγούν τη μετάβαση προς βιώσιμα συστήματα αστικών εμπορευματικών μεταφορών. Η κατανόηση αυτών των τεχνολογιών με ολοκληρωμένο τρόπο είναι απαραίτητη όχι μόνο για την αξιολόγηση του επιμέρους αντίκτυπού τους, αλλά και για την ενημέρωση συνεκτικών, μελλοντικά προσανατολισμένων στρατηγικών πολιτικής που ευθυγραμμίζουν την αστική εφοδιαστική με ευρύτερους περιβαλλοντικούς στόχους και στόχους κινητικότητας.

Η τεχνολογική καινοτομία βρίσκεται στο επίκεντρο του μετασχηματισμού προς ένα πιο βιώσιμο, αποτελεσματικό και ανθεκτικό σύστημα αστικών μεταφορών. Καθώς οι πόλεις αντιμετωπίζουν αυξανόμενες προκλήσεις όπως η συμφόρηση, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και οι περιβαλλοντικές ανισότητες, μια σειρά από αναδυόμενες τεχνολογίες συμβάλλουν στην αναμόρφωση της εφοδιαστικής σε καθαρότερες, πιο έξυπνες και πιο προσαρμοστικές λειτουργίες. Παρακάτω παρατίθενται οι πιο σημαντικές τεχνολογικές κατηγορίες που οδηγούν αυτήν τη μετάβαση.

3.4.1 Ηλεκτροκίνηση

Η ηλεκτροκίνηση περιλαμβάνει την αντικατάσταση των οχημάτων με κινητήρα εσωτερικής καύσης με ηλεκτρικές εναλλακτικές λύσεις, συμπεριλαμβανομένων των Ελαφρών Ηλεκτρικών Εμπορικών Οχημάτων (ELCV) και των Ηλεκτρικών Φορτηγά με Μπαταρία (BET) (Tsakalidis et al., 2020). Αυτά τα οχήματα συμβάλλουν σημαντικά στη μείωση της τοπικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης και στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Οι Alam και Guo (2023) τονίζουν ότι η ηλεκτροκίνηση προσφέρει άμεσα περιβαλλοντικά οφέλη, ειδικά σε πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές. Ωστόσο, παραμένουν προκλήσεις, όπως η ανεπαρκής υποδομή φόρτισης, το υψηλό αρχικό κόστος των οχημάτων και η περιορισμένη πρόσβαση σε επιδοτήσεις για μικρούς φορείς εφοδιαστικής (Karlsson et al., 2022).

3.4.2 Αυτοματοποίηση και Αυτόνομη Παράδοση

Ο αυτοματισμός αναφέρεται στη χρήση τεχνολογίας για την εκτέλεση εργασιών logistics με ελάχιστη ανθρώπινη παρέμβαση. Αυτό περιλαμβάνει αυτόνομα ρομπότ παράδοσης, drones και υπόγεια αυτοματοποιημένα συστήματα εμπορευματικών μεταφορών. Σύμφωνα με τους Bienzeisler et al. (2024) και Powell et al. (2024), αυτές οι τεχνολογίες έχουν τη δυνατότητα να μειώσουν το λειτουργικό κόστος, να μετριάσουν τη συμφόρηση στην επιφάνεια και να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα της παράδοσης. Ενώ είναι πολλά υποσχόμενα, πολλά από αυτά τα συστήματα βρίσκονται ακόμη σε πιλοτικές φάσεις λόγω της πολυπλοκότητάς τους και των υψηλών κεφαλαιακών απαιτήσεών τους.

3.4.3 Ψηφιοποίηση και Έξυπνες Πλατφόρμες Logistics

Η ενσωμάτωση συσκευών Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things - IoT), παρακολούθησης μέσω GPS, αναλυτικών στοιχείων που βασίζονται στο cloud και πλατφορμών με δυνατότητα Application Programming Interface (API) έχει οδηγήσει σε έξυπνα οικοσυστήματα logistics. Αυτές οι πλατφόρμες επιτρέπουν τη συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, τη δυναμική αναδρομολόγηση και τη βελτιωμένη αξιοποίηση των περιουσιακών στοιχείων. Οι Pan et al. (2021) και Adetiloye & Awasthi (2023) υποστηρίζουν ότι η ψηφιοποίηση βελτιώνει τη βελτιστοποίηση των διαδρομών, μειώνει τον χρόνο αδράνειας και βελτιώνει την περιβαλλοντική απόδοση. Επιπλέον, οι «πύργοι ελέγχου» αστικής εφοδιαστικής — δηλαδή ψηφιακά κέντρα συντονισμού που λειτουργούν υπό την εποπτεία των δημοτικών αρχών — παρέχουν συνεχή εποπτεία των εμπορευματικών ροών στην πόλη και διευκολύνουν την επιβολή κανονισμών μέσω γεωχωρικών περιορισμών (geofencing) και ελεγχόμενης πρόσβασης ανάλογα με τη χρονική στιγμή (Pourmohammad-Zia & van Koningsveld, 2023).

3.4.4 Μικρο-Ενοποίηση και Ποδήλατα Φορτίου

Οι στρατηγικές ενοποίησης στις αστικές εμπορευματικές μεταφορές διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες: τα Κέντρα Αστικής Ενοποίησης (Urban Consolidation Centers - UCCs) και τα Κέντρα Μικρο-Ενοποίησης (Micro-Consolidation Centers - MCCs). Τα UCCs βρίσκονται συνήθως στην

περιφέρεια των πόλεων και λειτουργούν ως κόμβοι όπου συγκεντρώνονται φορτία από διαφορετικούς αποστολείς, τα οποία στη συνέχεια επαναδιανέμονται προς το κέντρο της πόλης με οχήματα χαμηλών ή μηδενικών εκπομπών. Από την άλλη, τα MCCs τοποθετούνται πιο κοντά στο τελικό σημείο παράδοσης, συνήθως σε πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές, και εξυπηρετούν το «τελευταίο χιλιόμετρο» της διανομής μέσω μικρο-οχημάτων, όπως ηλεκτρικά ποδήλατα φορτίου και πεζοί διανομείς. Η λειτουργικότητα και η αποτελεσματικότητα των δύο μοντέλων διαφέρουν ανάλογα με τη γεωγραφική πυκνότητα, τις ρυθμίσεις πρόσβασης και τις τοπικές πολιτικές για βιώσιμη κινητικότητα.

Οι Rześny-Cieplińska et al. (2023) και Schrader et al. (2023) τονίζουν ότι τα ποδήλατα φορτίου είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά σε πυκνούς αστικούς πυρήνες, προσφέροντας λύσεις παράδοσης χαμηλού αντίκτυπου και ευέλικτες. Η συμβατότητά τους με πεζόδρομους και ζώνες συμφόρησης τα καθιστά ιδανικά για διανομή τελευταίου μιλίου, ενώ παράλληλα υποστηρίζουν τη μείωση των εκπομπών και τη μειωμένη κατανάλωση οδικού χώρου.

3.4.5 Πολυτροπικές και Ολοκληρωμένες Αστικές Μεταφορές Εμπορευμάτων

Οι πολυτροπικές λύσεις περιλαμβάνουν τη συντονισμένη χρήση διαφόρων τρόπων μεταφοράς - όπως οι σιδηρόδρομοι, οι υπόγειες σήραγγες και οι εσωτερικές πλωτές οδοί - για την αποτελεσματική μεταφορά αγαθών εντός αστικών περιβαλλόντων. Αυτές οι εναλλακτικές λύσεις μειώνουν την εξάρτηση από τα συμφορημένα οδικά δίκτυα και συμβάλλουν σημαντικά στην απαλλαγή των εμπορευματικών μεταφορών από τον άνθρακα. Μετατοπίζοντας τα εμπορεύματα μακριά από τα συμβατικά οδικά συστήματα, οι πόλεις μπορούν να μετριάσουν την επιφανειακή συμφόρηση, να μειώσουν τις εκπομπές και να αξιοποιήσουν πιο αποτελεσματικά τις υποχρησιμοποιούμενες υποδομές.

Για παράδειγμα, στο Άμστερνταμ, η πόλη έχει αναζωογονήσει το ιστορικό της δίκτυο καναλιών για να υποστηρίξει τις αστικές εμπορευματικές μεταφορές. Ηλεκτρικά σκάφη χρησιμοποιούνται πλέον για τη μεταφορά δομικών υλικών, προϊόντων λιανικής πώλησης, ακόμη και αποβλήτων μέσω του κέντρου της πόλης, παρακάμπτοντας την οδική κυκλοφορία και μειώνοντας τις εκπομπές (Pourmohammad-Zia & van Koningsveld, 2023). Ομοίως, η Ζυρίχη εφαρμόζει πιλοτικά

αυτόνομα υπόγεια συστήματα εμπορευματικών μεταφορών που χρησιμοποιούν ειδικές σήραγγες για την απευθείας παράδοση αγαθών σε αστικούς κόμβους, ελαχιστοποιώντας τις παρεμβολές στις επιβατικές μεταφορές και επιτρέποντας λειτουργίες 24/7 με ελάχιστο θόρυβο και περιβαλλοντική διαταραχή (Bienzeisler et al., 2024).

Αυτές οι μελέτες περίπτωσης καταδεικνύουν πώς η ενσωμάτωση υπόγειων και υδάτινων συστημάτων μεταφοράς εμπορευμάτων μπορεί να ενισχύσει την ανθεκτικότητα, την ευελιξία και την περιβαλλοντική απόδοση της αστικής εφοδιαστικής. Ως εκ τούτου, προσφέρουν πολύτιμες πληροφορίες για πόλεις που αναζητούν καινοτόμες και κλιμακούμενες εναλλακτικές λύσεις στις παραδοσιακές οδικές μεταφορές εμπορευμάτων.

3.4.6 Logistics-as-a-Service (LaaS)

Η έννοια του Logistics-as-a-Service (LaaS) αναφέρεται στην παροχή υπηρεσιών εμπορευματικών μεταφορών μέσω ψηφιακών, κοινόχρηστων πλατφορμών που επιτρέπουν τη δυναμική συνεργασία μεταξύ πολλαπλών παρόχων και χρηστών. Σε αυτό το πλαίσιο, τα συνεργατικά συστήματα εφοδιαστικής αξιοποιούν κοινόχρηστη δικτυακή ικανότητα – όπως αποθηκευτικούς χώρους, στόλους οχημάτων ή δρομολόγια – για να επιτύχουν βελτιστοποίηση της χρήσης πόρων, μείωση κόστους και περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Ο συντονισμός σε πραγματικό χρόνο διευκολύνει την ανταλλαγή πληροφοριών και τη διαχείριση των ροών εμπορευμάτων με μεγαλύτερη ευελιξία, προωθώντας ένα πιο αποδοτικό και συλλογικό μοντέλο αστικής εφοδιαστικής. Οι Golinska-Dawson & Sethanan (2023) εξηγούν ότι τα μοντέλα LaaS μειώνουν τον κατακερματισμό στην αστική εφοδιαστική ενθαρρύνοντας την κοινή χρήση υποδομών, οχημάτων και σημείων παράδοσης. Αυτό οδηγεί σε πιο αποτελεσματική κατανομή πόρων, μείωση των χιλιομέτρων των κενών οχημάτων και βελτιωμένη συνεργασία μεταξύ δημόσιων και ιδιωτικών φορέων.

3.5 Αξιολόγηση των βιώσιμων αστικών εμπορευματικών μεταφορών

Η κατανόηση και η εφαρμογή βιώσιμων εμπορευματικών μεταφορών σε αστικά περιβάλλοντα απαιτεί περισσότερα από απλά πρακτικά εργαλεία ή τεχνολογικές παρεμβάσεις — απαιτεί ένα δομημένο θεωρητικό πλαίσιο ικανό να καθοδηγήσει τη λήψη αποφάσεων, να αξιολογήσει τις επιπτώσεις και να διασφαλίσει την ευθυγράμμιση με τις αρχές της βιωσιμότητας. Οι βιώσιμες αστικές εμπορευματικές μεταφορές αποτελούν μια πολυδιάστατη πρόκληση, που περιλαμβάνει περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές διαστάσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν μέσω ολιστικών, διεπιστημονικών μοντέλων.

Αυτά τα πλαίσια παρέχουν την αναλυτική βάση για την αξιολόγηση των συμβιβασμών, την ιεράρχηση των δράσεων και την ευθυγράμμιση των στόχων των ενδιαφερόμενων μερών (Kumar, 2021; Holguin-Veras et al., 2021). Οι βασικές θεωρητικές προσεγγίσεις περιλαμβάνουν πλαίσια δεικτών βιωσιμότητας, μεθόδους λήψης αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων (Multi-Criteria Decision-Making - MCDM), θεωρία μετάβασης και μοντέλα ανάλυσης πολλαπλών κριτηρίων πολλαπλών παραγόντων. Αυτά τα εργαλεία είναι απαραίτητα για την υποστήριξη της πράσινης και αστικής μετάβασης των εμπορευματικών συστημάτων.

Ειδικότερα, τα ολοκληρωμένα πλαίσια αξιολόγησης, όπως αυτά που προτείνονται από τους Nathanail et al. (2018) και εφαρμόζονται περαιτέρω από τους Nathanail et al. (2021), προσφέρουν μια μέθοδο αξιολόγησης σε διασταυρούμενες περιπτώσεις για λύσεις αστικής εφοδιαστικής. Αυτά τα πλαίσια ενσωματώνουν περιβαλλοντικούς, κοινωνικούς και λειτουργικούς δείκτες για να παρέχουν μια συστηματική αξιολόγηση των μέτρων για τις αστικές μεταφορές σε διαφορετικά πλαίσια. Η προσέγγισή τους διευκολύνει τη συγκριτική αξιολόγηση των παρεμβάσεων και υποστηρίζει τον σχεδιασμό αστικών μεταφορών βάσει τεκμηρίων, καθιστώντας τους εξαιρετικά σχετικούς τόσο για τους ερευνητές όσο και για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής.

Αυτές οι θεωρητικές δομές χρησιμεύουν όχι μόνο για να ενημερώσουν τον σχεδιασμό βιώσιμων συστημάτων εφοδιαστικής, αλλά και για να υποστηρίξουν συνεργατικές, χωρίς αποκλεισμούς διαδικασίες διακυβέρνησης — διασφαλίζοντας ότι η μετάβαση προς τη βιωσιμότητα είναι δίκαιη και προσαρμόσιμη στις τοπικές πραγματικότητες.

3.5.1 Η τριπλή κατώτατη γραμμή της βιωσιμότητας

Στον πυρήνα κάθε στρατηγικής βιώσιμης μεταφοράς εμπορευμάτων βρίσκεται το πλαίσιο Triple Bottom Line (TBL), το οποίο αξιολογεί τις παρεμβάσεις στις μεταφορές σε τρεις πυλώνες: περιβαλλοντική βιωσιμότητα, οικονομική βιωσιμότητα και κοινωνική ισότητα. Στις αστικές εμπορευματικές μεταφορές, αυτό σημαίνει ταυτόχρονα μείωση των εκπομπών (περιβαλλοντικές), διασφάλιση κόστους-αποτελεσματικότητας (οικονομική) και ελαχιστοποίηση αρνητικών εξωτερικών επιπτώσεων όπως η συμφόρηση, ο θόρυβος και η ρύπανση σε ευάλωτες κοινότητες (κοινωνικές).

Αυτό το πλαίσιο έχει εφαρμοστεί σε πολυάριθμες μελέτες για την αξιολόγηση των πολιτικών μεταφοράς εμπορευμάτων. Για παράδειγμα, οι Golinska-Dawson και Sethanan (2023) χρησιμοποίησαν το TBL για να αξιολογήσουν ενεργειακά αποδοτικά μοντέλα εφοδιαστικής αλυσίδας έξυπνων πόλεων, τονίζοντας τη σημασία της εξισορρόπησης των οικολογικών επιπτώσεων με την οικονομική σκοπιμότητα και τον κοινωνικό αντίκτυπο.

Οι Holguin-Veras et al. (2021) επεκτείνουν αυτόν τον τρόπο σκέψης εισάγοντας την προσέγγιση «Εμπορευματικά Αποτελεσματική Χρήση Γης», η οποία συνδυάζει το TBL με την ανάλυση αστικών ζωνών, επιτρέποντας στους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής να εξετάσουν τις χωρικές και κοινωνικές συνέπειες των αποφάσεων για τις εμπορευματικές υποδομές.

3.5.2 Συστήματα δεικτών βιωσιμότητας

Για την υλοποίηση των στόχων βιωσιμότητας, οι ερευνητές και οι πολεοδόμοι βασίζονται σε πλαίσια βασισμένα σε δείκτες που ποσοτικοποιούν την απόδοση σε βασικούς τομείς όπως οι εκπομπές, η απόδοση καυσίμου, η ταχύτητα παράδοσης, η χρήση υποδομών και οι επιπτώσεις στη δημόσια υγεία. Αυτοί οι δείκτες προσφέρουν έναν μετρήσιμο και συγκρίσιμο τρόπο παρακολούθησης της προόδου με την πάροδο του χρόνου και συγκριτικής αξιολόγησης μεταξύ των πόλεων.

Οι Buldeo Rai et al. (2018) ανέπτυξαν μια από τις πιο ευρέως αναφερόμενες προσεγγίσεις δεικτών για βιώσιμες αστικές εμπορευματικές μεταφορές, συμπεριλαμβανομένων μετρήσεων όπως ποσοστά πληρότητας οχημάτων, αξιοπιστία παράδοσης, επίπεδα θορύβου και κατανάλωση ενέργειας. Οι Ayadi et al. (2024) το εξέλιξαν περαιτέρω ενσωματώνοντας δείκτες σε ένα μοντέλο

ανάλυσης πολλαπλών κριτηρίων, επιτρέποντας πιο διαφοροποιημένες αξιολογήσεις που αντικατοπτρίζουν τοπικές προτεραιότητες.

Αυτά τα εργαλεία ενσωματώνονται ολοένα και περισσότερο στα αστικά συστήματα σχεδιασμού, ειδικά μέσω των διαδραστικοί πίνακες παρακολούθησης και των συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών (Geographic Information System - GIS) που βοηθούν στην οπτικοποίηση των επιπτώσεων των εμπορευμάτων στις συνοικίες της πόλης.

3.5.3 Προσεγγίσεις λήψης αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων (MCDM)

Ο σχεδιασμός των αστικών εμπορευματικών μεταφορών περιλαμβάνει πολύπλοκους συσχετισμούς μεταξύ ανταγωνιστικών στόχων: μείωση εκπομπών έναντι διασφάλισης της ταχύτητας παράδοσης, ελαχιστοποίηση του κόστους έναντι επένδυσης σε καθαρότερες υποδομές και βελτίωση της προσβασιμότητας έναντι μείωσης της συμφόρησης. Για τη διαχείριση αυτής της πολυπλοκότητας, έχουν υιοθετηθεί πλαίσια λήψης αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων (MCDM).

Ο Kumar (2021), για παράδειγμα, τονίζει τη χρησιμότητα των μεθόδων Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (Analytical Hierarchical Process - AHP) με τη Μέθοδο TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution - TOPSIS) στην αστική εφοδιαστική αλυσίδα. Αυτές οι μέθοδοι επιτρέπουν στα ενδιαφερόμενα μέρη να ταξινομούν και να ιεραρχούν τις εναλλακτικές πολιτικές με βάση προκαθορισμένα κριτήρια. Για παράδειγμα, η ηλεκτροκίνηση ενός στόλου οχημάτων μπορεί να κατατάσσεται υψηλότερα από την επέκταση της οδικής υποδομής όταν σταθμίζεται από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

3.5.4 Θεωρία και πρακτικές μετάβασης

Η πράσινη και ψηφιακή μετάβαση στις εμπορευματικές μεταφορές δεν αφορά απλώς την εφαρμογή μεμονωμένων καινοτομιών. Αντιπροσωπεύει έναν συστημικό μετασχηματισμό που περιλαμβάνει τεχνολογία, ρυθμίσεις, νοοτροπία και υποδομές. Η θεωρία της μετάβασης προσφέρει έναν εννοιολογικό φακό για την κατανόηση αυτής της διαδικασίας δίνοντας έμφαση

στον ρόλο των εξειδικευμένων καινοτομιών, της θεσμικής αδράνειας των κατεστημένων συστημάτων (regime) και των εξωτερικών πιέσεων στη διαμόρφωση βιώσιμης αλλαγής (Dabanc, 2025).

Σύμφωνα με μελετητές της διαχείρισης της μετάβασης, όπως αυτοί που αναφέρονται από τους Kin et al. (2017), τα συστήματα αστικών εμπορευματικών μεταφορών λειτουργούν εντός ενός κοινωνικο-τεχνικού καθεστώτος που ευνοεί τις υφιστάμενες πρακτικές. Η υπέρβαση αυτών των εδραιωμένων συστημάτων απαιτεί στρατηγική ενίσχυση και διαχείριση καινοτομιών σε προστατευμένα περιβάλλοντα, υποστήριξη από πολιτικές παρεμβάσεις και ένα μακροπρόθεσμο όραμα. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στις εμπορευματικές μεταφορές, όπου οι εταιρείες logistics ενδέχεται να αντιστέκονται στην αλλαγή λόγω μειωμένου κόστους ή φόβου διακοπής.

Ο Kumar (2021) συνδέει τη θεωρία της μετάβασης με τα αστικά εμπορεύματα προτείνοντας ένα πλαίσιο πολιτικής μετάβασης που βασίζεται σε στάδια: οραματισμός, πειραματισμός, θεσμική ενσωμάτωση και κλιμάκωση. Αυτή η προσέγγιση μπορεί να βοηθήσει τις πόλεις να περάσουν από πιλοτικά έργα - όπως δοκιμές μικροκινητικότητας ή υπόγειες σήραγγες εμπορευμάτων - σε πλήρως ολοκληρωμένα συστήματα.

3.5.5 Ανθεκτικότητα και προσαρμοστικότητα στα πλαίσια προγραμματισμού

Η πανδημία του COVID-19, η κλιματική αλλαγή και οι γεωπολιτικές διαταραχές έχουν αποδείξει τη σημασία της ανθεκτικότητας στα αστικά συστήματα logistics. Τα πλαίσια σχεδιασμού προσανατολισμένα στην ανθεκτικότητα δίνουν έμφαση στην ευελιξία και την ανταπόκριση σε πραγματικό χρόνο στα συστήματα μεταφοράς εμπορευμάτων.

Οι τεχνολογικές καινοτομίες —όπως η παρακολούθηση με βάση αισθητήρες και οι προσομοιώσεις με τεχνητή νοημοσύνη— υποστηρίζουν πλέον την προσαρμοστική διαχείριση εμπορευμάτων, επιτρέποντας στις πόλεις να ανταποκρίνονται δυναμικά στις μεταβαλλόμενες συνθήκες (Schrader et al., 2023; Powell et al., 2024). Αυτά τα πλαίσια είναι ιδιαίτερα χρήσιμα σε μελλοντικά δίκτυα αστικών εμπορευματικών μεταφορών, διασφαλίζοντας ότι οι επενδύσεις που γίνονται σήμερα μπορούν να αντέξουν τις αβεβαιότητες του αύριο.

Οι Comi et al. (2024) τονίζουν τη σημασία της ενσωμάτωσης της ανθεκτικότητας στα Σχέδια Βιώσιμης Αστικής Εφοδιαστικής (Sustainable Urban Logistics Plans – SULPs) και στις σχετικές στρατηγικές κινητικότητας, ιδιαίτερα σε σχέση με τον κλιματικό κίνδυνο, την ενεργειακή ασφάλεια και τους οικονομικούς κραδασμούς.

3.6 Προκλήσεις στις Αστικές Εμπορευματικές Μεταφορές Σήμερα

Η ζήτηση για αστικές εμπορευματικές μεταφορές αυξάνεται ραγδαία, με εκτιμήσεις που υποδηλώνουν ότι ο όγκος των εμπορευματικών μεταφορών στις πόλεις θα αυξηθεί κατά περίπου 40% έως το 2030 (He & Haasis, 2020). Αυτή η αύξηση οφείλεται κυρίως σε διάφορους παράγοντες:

Αστικοποίηση: Περισσότερο από το ήμισυ του παγκόσμιου πληθυσμού κατοικεί πλέον σε αστικές περιοχές, εντείνοντας την πυκνότητα της κατανάλωσης και κλιμακώνοντας τη ζήτηση για έγκαιρες παραδόσεις.

Επέκταση του ηλεκτρονικού εμπορίου: Η ραγδαία ανάπτυξη των ηλεκτρονικών αγορών έχει φέρει επανάσταση στο λιανικό εμπόριο, με αποτέλεσμα την απότομη αύξηση των παραδόσεων μεμονωμένων δεμάτων, που συχνά απαιτούν μικρότερα παράθυρα παράδοσης και αυξημένη συχνότητα.

Παγκοσμιοποιημένες Αλυσίδες Εφοδιασμού: Η ολοκλήρωση των παγκόσμιων αγορών απαιτεί εξελιγμένα δίκτυα αστικής εφοδιαστικής αλυσίδας για να διασφαλιστεί η αποτελεσματική παράδοση στο τελευταίο χιλιόμετρο.

Ενώ αυτές οι τάσεις υποστηρίζουν την οικονομική ανάπτυξη, ταυτόχρονα επιδεινώνουν τις προϋπάρχουσες υποδομές, καθώς και τις περιβαλλοντικές και λειτουργικές προκλήσεις εντός των πόλεων. Οι δραστηριότητες αστικών εμπορευματικών μεταφορών συμβάλλουν σημαντικά στην ατμοσφαιρική ρύπανση, τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και την ηχορύπανση (Buldeo Rai et al., 2018). Οι παραδόσεις στο τελευταίο μίλι από μόνες τους μπορούν να αντιπροσωπεύουν έως και το 30% της συνολικής αστικής κυκλοφορίας, αυξάνοντας σημαντικά την κυκλοφοριακή συμφόρηση και επηρεάζοντας την αστική κινητικότητα (Tsakalidis et al., 2020).

Επιπλέον, τα παραδοσιακά συστήματα εμπορευματικών μεταφορών είναι συχνά άκαμπτα και μη βιώσιμα. Η συνεχιζόμενη εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, η έλλειψη σχεδιασμού logistics βάσει δεδομένων και η ανεπάρκεια των αστικών υποδομών παρουσιάζουν σημαντικά εμπόδια στην επίτευξη τόσο της λειτουργικής αποτελεσματικότητας όσο και της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας (Jaller et al., 2024; Holguin-Veras et al., 2021). Σε πολλές περιπτώσεις, τα ξεπερασμένα μοντέλα logistics οδηγούν σε κατακερματισμένες παραδόσεις, αναποτελεσματικό σχεδιασμό διαδρομών και τον πολλαπλασιασμό των υποφορτωμένων οχημάτων που κυκλοφορούν εντός των ήδη συμφορημένων αστικών πυρήνων.

Η αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων απαιτεί έναν συστηματικό μετασχηματισμό του τρόπου με τον οποίο οι αστικές εμπορευματικές μεταφορές οργανώνονται, ρυθμίζονται και ενσωματώνονται σε ευρύτερες στρατηγικές βιώσιμης αστικής κινητικότητας. Όπως θα αναλυθεί στις επόμενες ενότητες, τα πλαίσια πολιτικής και οι τεχνολογικές καινοτομίες είναι κρίσιμες για τη διαχείριση αυτών των δυναμικών και την επίτευξη πιο οικολογικών, πιο ανθεκτικών συστημάτων αστικών εμπορευματικών μεταφορών.

3.7 Προκλήσεις και Κενά στην Εφαρμογή Πολιτικής

Παρά τις σημαντικές εξελίξεις στη διακυβέρνηση και τον σχεδιασμό πολιτικής για τις αστικές μεταφορές, εξακολουθούν να υπάρχουν σημαντικές προκλήσεις στην εφαρμογή. Πολλές πόλεις αντιμετωπίζουν διαρθρωτικά⁶, οικονομικά και θεσμικά εμπόδια που επιβραδύνουν ή περιορίζουν την ανάπτυξη βιώσιμων λύσεων μεταφοράς εμπορευμάτων.

Μια σημαντική πρόκληση είναι ο θεσμικός κατακερματισμός. Οι αρμοδιότητες για τις αστικές μεταφορές συχνά εμπίπτουν σε διαφορετικά κυβερνητικά τμήματα - μεταφορές, περιβάλλον, οικονομική ανάπτυξη - που οδηγούν σε ασυντόνιστες ή αντικρουόμενες στρατηγικές (Kin et al., 2017). Χωρίς κεντρική αρχή ή ισχυρή συνεργασία μεταξύ των υπηρεσιών, οι πολιτικές κινδυνεύουν να εφαρμοστούν με ασυνέπεια ή να επιβληθούν ανεπαρκώς.

⁶ Διορθωτικά εμπόδια: ανεπαρκείς υποδομές, υποανάπτυκτες εναλλακτικές διαδρομές, αναποτελεσματική χρήση του χώρου κ.α.

Ένα άλλο επίμονο κενό έγκειται στους περιορισμούς χρηματοδότησης και πόρων. Η μετάβαση σε βιώσιμα συστήματα μεταφορών - κατασκευή κέντρων αστικής ενοποίησης, επιδότηση ηλεκτρικών οχημάτων, αναβάθμιση υποδομών - απαιτεί σημαντικές επενδύσεις. Οι μικρότερες πόλεις, ειδικότερα, δυσκολεύονται να κινητοποιήσουν την απαραίτητη δημόσια και ιδιωτική χρηματοδότηση, αφήνοντας πολλά σχέδια ανεκπλήρωτα (Uzun & Ergül, 2024).

Η επιβολή αποτελεί επίσης ένα σημαντικό εμπόδιο. Ακόμα και όταν υπάρχουν προοδευτικοί κανονισμοί, η ανεπαρκής επιβολή - λόγω περιορισμένων δυνατοτήτων παρακολούθησης ή νομικών κενών - υπονομεύει τον αντίκτυπό τους. Για παράδειγμα, χωρίς αποτελεσματική τεχνολογία επιτήρησης, οι ζώνες χαμηλών εκπομπών και τα χρονικά παράθυρα παράδοσης ενδέχεται να παραβιαστούν ευρέως, διαιωνίζοντας τη συμφόρηση και τη ρύπανση (Schrader et al., 2023).

Οι τεχνολογικές και κανονιστικές αναντιστοιχίες περιπλέκουν περαιτέρω την εφαρμογή. Νέες καινοτομίες κινητικότητας, όπως τα αυτόνομα ρομπότ παράδοσης ή η εφοδιαστική με drone, συχνά ξεπερνούν τα υπάρχοντα νομικά πλαίσια, δημιουργώντας αβεβαιότητα τόσο για τις πόλεις όσο και για τους φορείς εκμετάλλευσης (Bienzeisler et al., 2024). Επομένως, οι πόλεις πρέπει να υιοθετήσουν προληπτικές προσεγγίσεις διακυβέρνησης που επιτρέπουν ευέλικτη κανονιστική προσαρμογή.

Ένα άλλο κρίσιμο κενό αφορά την κοινωνική ισότητα. Πολλές πρωτοβουλίες βιωσιμότητας εμπορευματικών μεταφορών, όπως οι ζώνες χαμηλών εκπομπών και τα τέλη συμφόρησης, κινδυνεύουν να επηρεάσουν δυσανάλογα τις μικρές επιχειρήσεις και τους φορείς εκμετάλλευσης logistics με χαμηλότερο εισόδημα που δεν μπορούν εύκολα να αντέξουν οικονομικά τις αναβαθμίσεις του στόλου (Fried et al., 2024). Χωρίς στοχευμένα μέτρα υποστήριξης, όπως επιχορηγήσεις ή απαλλαγές, υπάρχει ο κίνδυνος οι μεταβάσεις στη βιωσιμότητα να εμβαθύνουν τις αστικές ανισότητες αντί να τις μετριάσουν.

Τέλος, η αντίσταση στην αλλαγή μεταξύ των φορέων εκμετάλλευσης εμπορευματικών μεταφορών παραμένει μια πρόκληση. Ιδιαίτερα σε περιβάλλοντα όπου τα πετρελαιοκίνητα οχήματα είναι βαθιά εδραιωμένα ή όπου τα δίκτυα logistics κατασκευάζονται γύρω από μοντέλα

just-in-time⁷, η συμπεριφορική⁸ και η δομική αδράνεια⁹ μπορούν να καθυστερήσουν τις προσπάθειες μετάβασης (Dablanc, 2025). Η υπέρβαση αυτού απαιτεί έναν συνδυασμό οικονομικών κινήτρων, κανονιστικής πίεσης και αποδεδειγμένων πιλοτικών επιτυχιών για την οικοδόμηση εμπιστοσύνης και δυναμικής.

Συμπερασματικά, ενώ η ρύθμιση και η διακυβέρνηση των αστικών εμπορευματικών μεταφορών έχουν σημειώσει αξιοσημείωτη πρόοδο, η υλοποίηση ενός πραγματικά βιώσιμου και ανθεκτικού συστήματος εμπορευματικών μεταφορών απαιτεί συντονισμένες, επαρκώς χρηματοδοτούμενες, κοινωνικά χωρίς αποκλεισμούς και τεχνολογικά ευέλικτες πολιτικές προσεγγίσεις. Η συστηματική αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων θα είναι κρίσιμη καθώς οι πόλεις συνεχίζουν να επιδιώκουν την πράσινη και ψηφιακή μετάβασή τους τις επόμενες δεκαετίες.

⁷ Μοντέλο Just-in-Time (JIT): Αποτελεί μια στρατηγική διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας, που έχει ως βασικό της στόχο τη μείωση των αποθεμάτων και την αύξηση της αποδοτικότητας, παραδίδοντας τα προϊόντα ή τα υλικά την ακριβή στιγμή που απαιτούνται είτε κατά την παραγωγική διαδικασία είτε κατά την παράδοση (Dablanc, 2025).

⁸ Συμπεριφορική αδράνεια: Εξηγείται ως η διαρκής προσκόλληση στις καθιερωμένες πρακτικές και συνήθειες, παρά την ύπαρξη νέων πληροφοριών/τεχνολογιών ή απαιτήσεων για αλλαγή (Kotter, 1996).

⁹ Δομική αδράνεια: Αφορά τις τεχνικές, οργανωτικές ή θεσμικές δομές που περιορίζουν την ικανότητα ενός οργανισμού ή συστήματος να προσαρμοστεί, να αλλάξει ή να εξελιχθεί (Hannan & Freeman, 1984).

Κεφάλαιο 4^ο: Μελέτες Περίπτωσης

4.1 Εισαγωγή στην Ανάλυση Μελετών Περίπτωσης

Τα συστήματα αστικών εμπορευματικών μεταφορών εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το περιβάλλον, διαμορφωμένα από μοναδικές τοπικές μεταβλητές, όπως οι υποδομές, τα πλαίσια διακυβέρνησης, η τεχνολογική ετοιμότητα και οι κοινωνικοοικονομικές συνθήκες. Για να κατανοήσουμε σε βάθος τη δυναμική της πράσινης και ψηφιακής μετάβασης των συστημάτων εμπορευματικών μεταφορών, είναι κρίσιμο να αναλύσουμε πρακτικές εφαρμογές στον πραγματικό κόσμο όπου έχουν εφαρμοστεί βιώσιμες στρατηγικές εμπορευματικών μεταφορών. Οι μελέτες περιπτώσεων χρησιμεύουν ως ένα πολύτιμο μεθοδολογικό εργαλείο, επιτρέποντας την αξιολόγηση του τρόπου με τον οποίο τα θεωρητικά πλαίσια, τα ρυθμιστικά εργαλεία και οι τεχνολογικές καινοτομίες μεταφράζονται στην πραγματικότητα.

Στο πλαίσιο αυτής της διπλωματικής εργασίας, οι επιλεγμένες μελέτες περιπτώσεων επιλέχθηκαν με βάση συγκεκριμένα κριτήρια. Πρώτον, αντιπροσωπεύουν πρωτοβουλίες που αναπτύχθηκαν κυρίως τα τελευταία πέντε χρόνια, διασφαλίζοντας τη συνάφειά τους με το τρέχον τεχνολογικό και πολιτικό τοπίο (Golinska-Dawson & Sethanan, 2023). Δεύτερον, δόθηκε προτεραιότητα στη γεωγραφική ποικιλομορφία, με έμφαση σε πόλεις που έχουν επιδείξει ηγετική θέση ή καινοτομία στη βιώσιμη αστική εφοδιαστική, όπως το Άμστερνταμ, το Λονδίνο, το Παρίσι, η Σιγκαπούρη και περιοχές όπως η Καλιφόρνια (Pourmohammad-Zia & van Koningsveld, 2023; Jaller et al., 2024; Pan et al., 2021). Τρίτον, κάθε περίπτωση αναδεικνύει μια ξεχωριστή προσέγγιση, από τη χρήση πλωτών οδών και ποδηλάτων φορτίου έως την ανάπτυξη ζωνών εξαιρετικά χαμηλών εκπομπών και πλατφορμών ψηφιακής εφοδιαστικής.

Η ανάλυση μελετών περιπτώσεων παρέχει πολλά οφέλη:

- Αναδεικνύει πώς αλληλεπιδρούν στην πράξη πολλαπλοί ρυθμιστικοί, τεχνολογικοί και διακυβερνητικοί παράγοντες (Ayadi et al., 2024).
- Επισημαίνει τις συνθήκες που ευνοούν την επιτυχή μετάβαση και τα εμπόδια που μπορεί να τις εμποδίζουν (Holguin-Veras et al., 2021).

- Προσφέρει παραδείγματα καλής πρακτικής που άλλες πόλεις θα μπορούσαν να υιοθετήσουν ή να προσαρμόσουν, αναγνωρίζοντας τις διαφορές στις ιδιαίτερες τοπικές συνθήκες.

Συνεπώς, το παρόν κεφάλαιο στοχεύει στη συστηματική εξέταση επιλεγμένων πρωτοβουλιών στον πραγματικό κόσμο, αξιολογώντας την αποτελεσματικότητά τους, τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν και τις ευρύτερες επιπτώσεις για την πράσινη και ψηφιακή μετάβαση των συστημάτων εμπορευματικών μεταφορών.

4.2 Μελέτη Περίπτωσης 1: Άμστερνταμ – Αστικές Μεταφορές μέσω Πλωτών Οδών και Ποδηλάτων Φορτίου

Το Άμστερνταμ παρουσιάζει ένα καλό παράδειγμα του πώς οι ιστορικές υποδομές μπορούν να προσαρμοστούν για βιώσιμη και σύγχρονη μεταφορά εμπορευμάτων. Ως πόλη που χαρακτηρίζεται από στενούς δρόμους, υψηλή πυκνότητα πληθυσμού και ένα ιστορικό δίκτυο καναλιών, το Άμστερνταμ αντιμετωπίζει οξείες υλικοτεχνικές προκλήσεις που επιδεινώνουν την κατάσταση για τα παραδοσιακά συστήματα οδικών μεταφορών. Για την αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων, η πόλη έχει εφαρμόσει μια συνδυασμένη στρατηγική που δίνει έμφαση στη χρήση πλωτών οδών και ποδηλάτων φορτίου για παραδόσεις τελευταίου μιλίου, υποστηρίζοντας τους ευρύτερους στόχους της για κλιματική ουδετερότητα.



*Εικόνα 1: Cargo Bike στο Άμστερνταμ.
Πηγή: www.alamy.com*

Χρήση Πλωτών Οδών για Μεταφορές

Η προσαρμογή των καναλιών του Άμστερνταμ για εμπορευματικές μεταφορές αποτελεί στρατηγική κίνηση προς τη μείωση εκπομπών άνθρακα και την ανακούφιση από την συμφόρηση. Σύμφωνα με τους Pourmohammad-Zia και van Koningsveld (2023), η μετατόπιση από τις οδικές στις πλωτές μεταφορές όχι μόνο αξιοποιεί τις υπάρχουσες υποδομές, αλλά μειώνει επίσης σημαντικά την οδική συμφόρηση και τις εκπομπές των οχημάτων στον πυκνό αστικό πυρήνα. Οι ηλεκτροκίνητες φορτηγίδες (electric barges), γνωστές ως "Πόλεις-Φορτηγίδες", χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά εμπορευμάτων σε όλο το δίκτυο καναλιών της πόλης, διευκολύνοντας ένα καθαρό και αποτελεσματικό μέσο διανομής.



*Εικόνα 2: Ηλεκτροκίνητες φορτηγίδες (electric barges) στο Άμστερνταμ
Πηγή: www.alamy.com*

Μια βασική καινοτομία σε αυτή τη στρατηγική είναι η ανάπτυξη αυτοματοποιημένων και ημιαυτόματων φορτηγών, ενσωματωμένων με έξυπνες πλατφόρμες προγραμματισμού που βελτιστοποιούν τους χρόνους παράδοσης με βάση την κυκλοφορία των καναλιών και τις

απαιτήσεις αστικής εφοδιαστικής αλυσίδας (Schrader et al., 2023). Αυτά τα συστήματα ελαχιστοποιούν την ανθρώπινη παρέμβαση, μειώνουν το λειτουργικό κόστος με την πάροδο του χρόνου και μειώνουν το αποτύπωμα άνθρακα των εμπορευματικών μεταφορών. Η πόλη του Άμστερνταμ έχει συνεργαστεί με φορείς logistics και εταιρείες τεχνολογίας για να εφαρμόσει πιλοτικά αυτές τις πρωτοβουλίες, αποτελώντας παράδειγμα μιας προσέγγισης συνεργατικής διακυβέρνησης που ευθυγραμμίζεται με σχέδια βιώσιμης αστικής κινητικότητας (Karlsson et al., 2022).

Επέκταση των ποδηλάτων φορτίου για παραδόσεις τελευταίου μιλίου

Παράλληλα με τη στρατηγική για τις πλωτές οδούς, το Άμστερνταμ έχει προωθήσει ενεργά τη χρήση ποδηλάτων φορτίου -ιδίως ποδηλάτων ηλεκτρικού φορτίου- για παραδόσεις τελευταίου μιλίου. Αυτά τα οχήματα είναι ιδιαίτερα κατάλληλα για τους στενούς δρόμους της πόλης και τους αυστηρούς περιβαλλοντικούς κανονισμούς. Οι Rześny-Cieplińska et al. (2023) τονίζουν ότι τα ποδήλατα φορτίου όχι μόνο μειώνουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, αλλά και ξεπερνούν τα παραδοσιακά φορτηγά παράδοσης όσον αφορά την ταχύτητα και την οικονομική αποδοτικότητα σε πυκνά αστικά περιβάλλοντα.



Εικόνα 3: Δύο παραδείγματα ποδηλάτων φορτίου. Η DHL και η UPS χρησιμοποιούν ποδήλατα φορτίου στις στρατηγικές διανομής δεμάτων τους τόσο στις ΗΠΑ όσο και στην Ευρώπη.

Πηγή: www.researchgate.net

Φορείς όπως η DHL, η UPS και τοπικές εταιρείες παράδοσης έχουν επενδύσει σε μεγάλους στόλους ποδηλάτων ηλεκτρικού φορτίου, συχνά χρησιμοποιώντας κέντρα μικρο-συγκέντρωσης που βρίσκονται στην περιφέρεια των ζωνών χαμηλών εκπομπών της πόλης (Comi et al., 2024). Τα εμπορεύματα μεταφέρονται πρώτα σε αυτούς τους κόμβους - μερικές φορές μέσω ηλεκτρικών φορτηγών- και στη συνέχεια διανέμονται στο κέντρο της πόλης χρησιμοποιώντας ποδήλατα φορτίου¹⁰. Αυτή η συνδυαστική στρατηγική μεταφορών διασφαλίζει ότι μπορούν να

¹⁰ Ποδήλατα φορτίου (Cargo bikes): Είναι δίτροχα ή τρίτροχα οχήματα, που έχουν σχεδιαστεί έχοντας την κατάλληλη χωρητικότητα ώστε να μεταφέρουν φορτία. Τα ποδήλατα φορτίου έχουν συνήθως ηλεκτρικό κινητήρα ο οποίος βοηθά τον οδηγό κατά την ποδηλασία (Gruber et al., 2022).

εξυπηρετηθούν μεγαλύτεροι όγκοι εμπορευμάτων χωρίς να αυξηθεί το αστικό αποτύπωμα άνθρακα.

Ένα επιπλέον πλεονέκτημα είναι η μείωση της ηχορύπανσης, μια σημαντική ανησυχία για την αστική βιωσιμότητα. Σύμφωνα με τους Fried et al. (2024), η αντικατάσταση των οχημάτων πετρελαίου με ποδήλατα ηλεκτρικού φορτίου και ηλεκτρικές φορτηγίδες (electric barges) έχει βελτιώσει σημαντικά τα επίπεδα θορύβου περιβάλλοντος στο κέντρο του Άμστερνταμ, βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής των κατοίκων.

Υποστήριξη Πολιτικής και Στρατηγική Ολοκλήρωση

Η επιτυχία αυτών των πρωτοβουλιών υποστηρίζεται από ένα ισχυρό πλαίσιο πολιτικής. Η στρατηγική αστικών εμπορευματικών μεταφορών του Άμστερνταμ ευθυγραμμίζεται με την ευρύτερη Συμφωνία για το Κλίμα της πόλης, η οποία στοχεύει στην επίτευξη μείωσης των εκπομπών CO₂ κατά 55% έως το 2030. Η πόλη επιβάλλει αυστηρούς κανονισμούς πρόσβασης στο ιστορικό της κέντρο, συμπεριλαμβανομένων ζωνών μηδενικών εκπομπών που δίνουν κίνητρα στους φορείς εκμετάλλευσης να υιοθετήσουν καθαρά οχήματα (Ayadi et al., 2024).

Επιπλέον, οικονομικά κίνητρα όπως οι επιδοτήσεις για την απόκτηση ηλεκτρικών οχημάτων και τα μειωμένα τέλη αδειοδότησης για τους φορείς βιώσιμης εφοδιαστικής αλυσίδας έχουν επιταχύνει περαιτέρω την υιοθέτηση λύσεων πράσινων εμπορευματικών μεταφορών (Uzun & Ergül, 2024). Η δημοτική κυβέρνηση διαδραματίζει επίσης διευκολυντικό ρόλο, συντονίζοντας μεταξύ των δημόσιων αρχών υποδομών, των ιδιωτικών παρόχων εφοδιαστικής αλυσίδας και των τοπικών κοινοτήτων για να διασφαλίσει δίκαιη και αποτελεσματική εφαρμογή.

Προκλήσεις και Διδάγματα

Παρά τις επιτυχίες της, η προσέγγιση του Άμστερνταμ αντιμετωπίζει επίσης προκλήσεις. Ο περιορισμένος χώρος αποβάθρας για φόρτωση και εκφόρτωση φορτηγίδων (electric barges) και ο ανταγωνισμός για τη χρήση των καναλιών με τουριστικές και ψυχαγωγικές δραστηριότητες περιορίζουν μερικές φορές τις λειτουργίες εφοδιαστικής αλυσίδας (Rosales, 2024). Επιπλέον, η κλιμάκωση των στόλων ποδηλάτων ηλεκτρικού φορτίου απαιτεί επενδύσεις σε υποστηρικτικές υποδομές, όπως ασφαλείς χώρους στάθμευσης και κόμβους συντήρησης.

Παρ' όλα αυτά, η εμπειρία του Άμστερνταμ φανερώνει την αξία των ολοκληρωμένων, πολυτροπικών και υποστηριζόμενων από πολιτικές προσεγγίσεων στις βιώσιμες εμπορευματικές μεταφορές. Η χρήση πλωτών οδών και ποδηλάτων φορτίου τονίζει πώς οι πόλεις μπορούν να αξιοποιήσουν ιστορικά περιουσιακά στοιχεία και αναδυόμενες τεχνολογίες για να καλύψουν τις σύγχρονες ανάγκες αστικής εφοδιαστικής, προσφέροντας πολύτιμα μαθήματα για άλλες πυκνοκατοικημένες, ιστορικές πόλεις που επιδιώκουν να κάνουν πιο οικολογικά τα συστήματα εμπορευματικών μεταφορών τους.

4.3 Μελέτη Περίπτωσης 2: Λονδίνο – Ζώνη Εξαιρετικά Χαμηλών Εκπομπών και Κανονισμός Μεταφορών

Το Λονδίνο βρίσκεται στην πρώτη γραμμή της ενσωμάτωσης της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας στη διαχείριση των αστικών εμπορευματικών μεταφορών μέσω της εφαρμογής κανονιστικών μέτρων όπως η Ζώνη Εξαιρετικά Χαμηλών Εκπομπών (Ultra Low Emission Zone - ULEZ). Η ULEZ, η οποία εισήχθη τον Απρίλιο του 2019 και επεκτάθηκε σταδιακά έκτοτε, αποτελεί βασικό στοιχείο της στρατηγικής της πόλης για τη μείωση των εκπομπών των οχημάτων, τον μετριασμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και την προώθηση καθαρότερων εμπορευματικών μεταφορών (Comi et al., 2024; Giuliano & O'Brien, 2016).

Η ULEZ επιβάλλει αυστηρά πρότυπα εκπομπών για τα οχήματα που κινούνται εντός καθορισμένων περιοχών του Λονδίνου. Τα εμπορευματικά οχήματα που δεν πληρούν τα πρότυπα Euro VI για το πετρέλαιο ή τα πρότυπα Euro 4 για τη βενζίνη υπόκεινται σε σημαντικές ημερήσιες χρεώσεις. Αυτός ο κανονισμός έχει επηρεάσει ιδιαίτερα τους φορείς εφοδιαστικής αλυσίδας να εκσυγχρονίσουν τους στόλους τους με ηλεκτρικά, υβριδικά ή εναλλακτικά καύσιμα οχήματα (Tsakalidis et al., 2020).



*Εικόνα 4: Τα Ηλεκτρικά Ελαφρά Επαγγελματικά Οχήματα (ELCV) κυκλοφορούν ήδη στο Λονδίνο.
Πηγή: meatmanagement.com*

Για τον τομέα των εμπορευματικών μεταφορών, η οικονομική πίεση που δημιουργείται από τη συμμόρφωση με την ULEZ έχει επιταχύνει τη μετάβαση προς καθαρότερες τεχνολογίες. Οι εταιρείες παράδοσης που λειτουργούν στο Λονδίνο έχουν στραφεί ολοένα και περισσότερο σε ηλεκτρικά ελαφρά επαγγελματικά οχήματα (ELCV) και έχουν πειραματιστεί με νέα μοντέλα logistics, όπως η χρήση μικροαποθηκών και ποδηλάτων ηλεκτρικού φορτίου για παραδόσεις τελευταίου μιλίου (Rześny-Cieplińska et al., 2023). Οι εταιρείες που δεν διαθέτουν την οικονομική δυνατότητα να ανανεώσουν τον στόλο τους συχνά συνεργάζονται με παρόχους πράσινων logistics¹¹ ή αναδιαρθρώνουν τα χρονοδιαγράμματα παράδοσης για να αποφύγουν τις χρεώσεις ULEZ.

Πέρα από τα πρότυπα εκπομπών, η Transport for London (TfL) έχει αναπτύξει συμπληρωματικά ρυθμιστικά εργαλεία, συμπεριλαμβανομένου του Προτύπου Άμεσης Όρασης για βαρέα φορτηγά οχήματα (HGV), το οποίο ενισχύει την οδική ασφάλεια και υποστηρίζει έμμεσα μικρότερες, ελαφρύτερες εναλλακτικές λύσεις εμπορευμάτων (Karlsson et al., 2022). Αυτά τα μέτρα

¹¹ Πάροχοι πράσινων logistics: Πρόκειται για εταιρείες που παρέχουν υπηρεσίες εφοδιαστικής αλυσίδας, έχοντας ως στόχο τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των μεταφορών, καθώς και της διαχείρισης εμπορευμάτων (Zhang et al, 2024)

αναδεικνύουν πώς ο ολοκληρωμένος σχεδιασμός πολιτικής - που συνδυάζει τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς και τους κανονισμούς ασφαλείας - μπορεί να μεταμορφώσει τη συμπεριφορά των εμπορευματικών μεταφορών στους αστικούς πυρήνες.

Το μοντέλο διακυβέρνησης πίσω από την ULEZ είναι επίσης αξιοσημείωτο. Η προσέγγιση του Λονδίνου χαρακτηρίζεται από μία ισχυρή ηγεσία δημάρχου, σαφείς επικοινωνιακές εκστρατείες και ισχυρούς μηχανισμούς παρακολούθησης δεδομένων που παρακολουθούν τις βελτιώσεις στην ποιότητα του αέρα (Schrader et al., 2023). Η διακυβέρνηση που βασίζεται σε πραγματικά δεδομένα έχει επιτρέψει προσαρμογές με την πάροδο του χρόνου, συμπεριλαμβανομένων των επεκτάσεων της ζώνης και της βελτίωσης των κριτηρίων εξαίρεσης, ευθυγραμμιζόμενη στενά με τις αρχές της προσαρμοστικής ρύθμισης των αστικών εμπορευματικών μεταφορών που περιγράφονται από τους Pan et al. (2021).

Ενώ η ULEZ έχει αποδείξει την επιτυχία της με μετρήσιμα αποτελέσματα- όπως μια αναφερόμενη μείωση κατά 44% των επιπέδων διοξειδίου του αζώτου κατά μήκος των οδών εντός της κεντρικής ζώνης (Fried et al., 2024), οι προκλήσεις παραμένουν. Οι ‘μικροί’ φορείς εκμετάλλευσης εμπορευματικών μεταφορών αντιμετωπίζουν συχνά δυσανάλογα οικονομικά βάρη και οι επικριτές υποστηρίζουν ότι οι υποστηρικτικοί μηχανισμοί χρηματοδότησης για τις αναβαθμίσεις του στόλου θα πρέπει να επεκταθούν (Namagembe & Nantumbwe, 2025). Παρ'όλα αυτά, η ULEZ του Λονδίνου παρέχει μια ισχυρή μελέτη περίπτωσης για το πώς οι ρυθμιστικοί μοχλοί μπορούν να οδηγήσουν σε συστημική αλλαγή στην εφοδιαστική των αστικών εμπορευματικών μεταφορών προς ένα πιο βιώσιμο μέλλον.

4.4 Μελέτη Περίπτωσης 3: Παρίσι – Μικρο-Ενοποίηση και Ανάπτυξη Ποδηλάτων Φορτίου

Το Παρίσι έχει υιοθετήσει μια σαφώς πολυμορφική και αποκεντρωμένη προσέγγιση για βιώσιμες αστικές μεταφορές, εστιάζοντας σε κέντρα μικρο-ενοποίησης και στην εκτεταμένη ανάπτυξη ποδηλάτων φορτίου για παραδόσεις τελευταίου μιλίου. Αυτές οι πρωτοβουλίες αποτελούν ακρογωνιαίο λίθο του ευρύτερου «Σχεδίου Κλίματος» (Climate Plan) της πόλης, το οποίο

στοχεύει στην ουδετερότητα άνθρακα έως το 2050 και αντιμετωπίζει ρητά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των εμπορευμάτων (Dablanç, 2025).

Τα κέντρα μικρο-ενοποίησης, γνωστά ως «hôtels logistiques» ή «logistics hotels», βρίσκονται σε στρατηγικά σημεία στην περιφέρεια της πόλης και εντός αναξιοποίητων αστικών χώρων. Χρησιμοποιούν ως ενδιάμεσοι κόμβοι όπου τα εμπορεύματα μεταφέρονται από μεγαλύτερα οχήματα μεταφοράς εμπορευμάτων σε μικρότερα, χαμηλών εκπομπών μέσα παράδοσης, όπως ηλεκτρικά φορτηγά και ποδήλατα φορτίου (Bienzeisler et al., 2024). Σύμφωνα με τους Holguin-Veras et al. (2021), αυτή η στρατηγική βελτιστοποιεί την κατανομή φορτίου μειώνοντας τον αριθμό των μεγάλων φορτηγών που εισέρχονται στον πυκνό αστικό πυρήνα, μειώνοντας έτσι την κυκλοφοριακή συμφόρηση, τις εκπομπές και τις ζημιές στο οδόστρωμα.



Εικόνα 5: Η αλληλογραφία στο Παρίσι μεταφέρεται με ποδήλατα φορτίου (cargo bikes), ώστε να μειωθεί το περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Πηγή: www.euronews.com

Η χρήση ποδηλάτων φορτίου στο Παρίσι έχει αυξηθεί ραγδαία, υποστηριζόμενη από δημοτικά κίνητρα και βελτιώσεις στις υποδομές. Μεγάλοι πάροχοι logistics - συμπεριλαμβανομένων των La Poste, UPS και Amazon - έχουν ενσωματώσει στόλους ποδηλάτων φορτίου στις δραστηριότητές τους στο Παρίσι, συνδυάζοντάς τους συχνά με μοντέλα μικροαποθηκών για μεγαλύτερη απόδοση (Golinska-Dawson & Sethanan, 2023). Οι Rześny-Cieplińska et al. (2023) αναφέρουν ότι τα ποδήλατα φορτίου μπορούν να ολοκληρώσουν έως και 60% των αστικών παραδόσεων ταχύτερα από τα βαν/μικρά φορτηγά σε πυκνοκατοικημένες γειτονιές, προσφέροντας τόσο περιβαλλοντικά όσο και λειτουργικά οφέλη.

Η στρατηγική του Παρισιού έχει ενισχυθεί από προληπτικές παρεμβάσεις αστικού σχεδιασμού. Οι προστατευόμενοι ποδηλατόδρομοι έχουν επεκταθεί σε όλη την πόλη, με συγκεκριμένες διευκολύνσεις για την κυκλοφορία ποδηλάτων φορτίου. Επιπλέον, οι νέοι κανονισμοί δίνουν προτεραιότητα στις ζώνες φόρτωσης για ελαφρά ηλεκτρικά οχήματα και ποδήλατα έναντι των παραδοσιακών βαν (Uzun & Ergül, 2024). Αυτές οι χωρικές πολιτικές διασφαλίζουν ότι η ανάπτυξη υποδομών ευθυγραμμίζεται με τη μετάβαση προς πιο βιώσιμες μεθόδους μεταφοράς εμπορευμάτων.

Επιπλέον, η πόλη έχει αξιοποιήσει συνεργασίες με ιδιώτες κατασκευαστές για την ενσωμάτωση χώρων logistics σε νέα έργα ακινήτων, διασφαλίζοντας ότι η μελλοντική αστική ανάπτυξη θα καλύπτει τις ανάγκες μεταφοράς εμπορευμάτων με βιώσιμο τρόπο (Rosales, 2024). Αυτή η μελλοντική ενσωμάτωση αντικατοπτρίζει διδάγματα από προηγούμενες αδυναμίες σχεδιασμού, όπου τα logistics εμπορευμάτων συχνά περιθωριοποιούνταν στον αστικό σχεδιασμό (Holguin-Veras et al., 2021).

Παρά τα έως τώρα επιτεύγματα, το Παρίσι αντιμετωπίζει συνεχιζόμενες προκλήσεις. Ένα ζήτημα είναι η περιορισμένη χωρητικότητα των υφιστάμενων κέντρων ενοποίησης, τα οποία δυσκολεύονται να εξυπηρετήσουν τον αυξανόμενο όγκο ηλεκτρονικού εμπορίου (Maxner et al., 2025). Ένα άλλο ζήτημα που προκύπτει είναι η πολυπλοκότητα συντονισμού μεταξύ πολλαπλών παρόχων logistics που μοιράζονται κοινούς μικροκόμβους. Ψηφιακές πλατφόρμες που διευκολύνουν τη συνεργασία σε πραγματικό χρόνο μεταξύ των φορέων μεταφοράς εμπορευμάτων τίθενται σε πιλοτική εφαρμογή για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος, αντανakλώντας ευρύτερες τάσεις στην ψηφιοποίηση της logistics (Schrader et al., 2023).

Συνολικά, το Παρίσι υποδηλώνει ότι η μικροενοποίηση και η ανάπτυξη ποδηλάτων φορτίου, όταν συνδυάζονται με υποστηρικτικές υποδομές, κίνητρα και κανονιστικά μέτρα, μπορούν να αποτελέσουν μια αποτελεσματική στρατηγική για την απαλλαγή από τον άνθρακα των αστικών εμπορευματικών μεταφορών. Αυτές οι πρωτοβουλίες υπογραμμίζουν τη σημασία του ολιστικού αστικού σχεδιασμού που ενσωματώνει την εφοδιαστική ως κεντρικό στοιχείο της βιώσιμης ανάπτυξης των πόλεων (Pan et al., 2021; Ayadi et al., 2024).

4.5 Μελέτη Περίπτωσης 4: Καλιφόρνια – Σχέδιο Δράσης για τις Βιώσιμες Μεταφορές

Το Σχέδιο Δράσης για τις Βιώσιμες Μεταφορές (Sustainable Freight Action Plan - SFAP) της Καλιφόρνια αντιπροσωπεύει μια πρωτοποριακή περιφερειακή προσέγγιση για την ενσωμάτωση περιβαλλοντικών στόχων στην ανάπτυξη του συστήματος μεταφορών. Δημοσιεύτηκε το 2016 και ενημερώνεται περιοδικά, το SFAP στοχεύει στη μετάβαση του τεράστιου δικτύου μεταφορών της Καλιφόρνια σε τεχνολογίες μηδενικών εκπομπών, διατηρώντας παράλληλα την οικονομική ανταγωνιστικότητα (Giuliano & O'Brien, 2016; Jaller et al., 2024).

Το Σχέδιο περιλαμβάνει τρεις ευρείς στόχους: βελτίωση της αποδοτικότητας του συστήματος μεταφορών, μετάβαση σε τεχνολογίες μηδενικών εκπομπών και ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας του τομέα μεταφορών της Καλιφόρνια. Στοχεύει σε όλες τις δραστηριότητες που σχετίζονται με τις μεταφορές, συμπεριλαμβανομένων των λιμένων, των σιδηροδρόμων, των φορτηγών και των αποθηκευτικών χώρων, δίνοντας έμφαση σε μια συνδυαστική στρατηγική (Dablanc, 2025). Σε αντίθεση με τις τοπικές παρεμβάσεις, το SFAP υιοθετεί μια συστημική προοπτική σε ολόκληρη την πολιτεία, αναγνωρίζοντας τη διασυνδεδεμένη φύση της εφοδιαστικής, του εμπορίου και της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας.

Μεταξύ των βασικών δράσεων του Σχεδίου είναι η ανάπτυξη ηλεκτρικών καθώς και υδρογόνου φορτηγών κυψελών καυσίμου, ο εκσυγχρονισμός των λιμενικών εγκαταστάσεων με χερσαία ενέργεια και καθαρό εξοπλισμό, και η προώθηση εναλλακτικών λύσεων για τις σιδηροδρομικές και τις θαλάσσιες μεταφορές μικρών αποστάσεων (Alam & Guo, 2023). Οι επενδύσεις σε

υποδομές, όπως ειδικοί διάδρομοι φόρτισης φορτηγών και κόμβοι πράσινης εφοδιαστικής, είναι αναπόσπαστο κομμάτι της επιτυχίας του σχεδίου.



*Εικόνα 6: Ηλεκτρικό Φορτηγό στην Καλιφόρνια.
Πηγή: www.nytimes.com*

Ένα από τα διακριτικά χαρακτηριστικά του SFAP είναι η συνεργατική δομή διακυβέρνησής του. Η Υπηρεσία Μεταφορών της Πολιτείας της Καλιφόρνια (California State Transportation Agency - CalSTA), το Συμβούλιο Αεροπορικών Πόρων της Καλιφόρνια (California Air Resources Board - CARB), η Επιτροπή Ενέργειας της Καλιφόρνια (California Energy Commission - CEC) και άλλοι φορείς ανέπτυξαν από κοινού το σχέδιο σε συνεννόηση με ενδιαφερόμενους φορείς, συμπεριλαμβανομένων ιδιωτικών εταιρειών εφοδιαστικής, περιβαλλοντικών ομάδων και κοινοτικών οργανώσεων (Karlsson et al., 2022).

Η πολιτεία έχει υποστηρίξει το SFAP με σημαντική χρηματοδότηση μέσω προγραμμάτων όπως το California Climate Investments, που προέρχονται από έσοδα από το cap-and-trade¹². Αυτά τα

¹² Cap-and-trade: Σύμφωνα με το California Air Resources Board (2025) πρόκειται για ένα σύστημα εξαγοράς εκπομπών ρύπων, που παρέχει οικονομικά κίνητρα, με σκοπό την ελάττωση των αέριων του θερμοκηπίου.

κεφάλαια έχουν συμβάλει καθοριστικά στην υποστήριξη πιλοτικών έργων, όπως επιδείξεις ηλεκτρικών φορτηγών μεταφοράς εμπορευμάτων στα λιμάνια του Λος Άντζελες και του Λονγκ Μπιτς (He & Haasis, 2020).

Παρ' όλα αυτά, η εμπειρία της Καλιφόρνια αναδεικνύει επίσης κρίσιμες προκλήσεις εφαρμογής. Η ηλεκτροκίνηση βαρέων εμπορευματικών μεταφορών παραμένει δαπανηρή και τεχνολογικά πολύπλοκη, ιδιαίτερα για μεταφορές μεγάλων αποστάσεων. Η ανάπτυξη υποδομών, συμπεριλαμβανομένων των σταθμών φόρτισης και του ανεφοδιασμού με υδρογόνο, έχει μείνει πίσω από τη διαθεσιμότητα οχημάτων (Tsakalidis et al., 2020). Επιπλέον, οι μικρές εταιρείες φορτηγών αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην προσαρμογή τους στις νέες απαιτήσεις χωρίς ουσιαστική οικονομική υποστήριξη.

Παρά τα εμπόδια αυτά, το SFAP χρησιμεύει ως παγκόσμιο σημείο αναφοράς για την ενσωμάτωση των κλιματικών στόχων στην πολιτική εμπορευματικών μεταφορών, καταδεικνύοντας τη σημασία του συστημικού σχεδιασμού, της κανονιστικής καινοτομίας και της συνεργασίας μεταξύ πολλών ενδιαφερομένων μερών (Buldeo Rai et al., 2018).

4.6 Μελέτη Περίπτωσης 5: Σιγκαπούρη – Πλατφόρμες Έξυπνης Λογιστικής και Αυτοματισμός

Η στρατηγική logistics της Σιγκαπούρης παρέχει ένα αντίθετο μοντέλο που δίνει έμφαση στην ψηφιοποίηση, τον αυτοματισμό και τη βελτιστοποίηση σε ιδιαίτερα πυκνά αστικά περιβάλλοντα. Ως σημαντικός παγκόσμιος κόμβος logistics, η Σιγκαπούρη αντιμετωπίζει έντονους περιορισμούς γης και περιβαλλοντικές πιέσεις, γεγονός που οδηγεί σε στροφή προς την «Έξυπνη Λογιστική» (Smart Logistics) στο πλαίσιο της πρωτοβουλίας Έξυπνο Έθνος (Smart Nation) (Pan et al., 2021).

Μια βασική πρωτοβουλία είναι η ανάπτυξη ομοσπονδιακών πλατφορμών όπου θα υποστηρίζει τα αστικά logistics (urban logistics) που ενοποιούν δεδομένα από πολλαπλούς φορείς μεταφοράς εμπορευμάτων, επιτρέποντας τη βελτιστοποίηση σε πραγματικό χρόνο των διαδρομών παράδοσης, των χρονοδιαγραμμάτων φόρτωσης και των παραθύρων πρόσβασης στις πόλεις (Pourmohammad-Zia & van Koningsveld, 2023). Μέσω συνεργασιών μεταξύ κυβερνητικών φορέων όπως η Αρχή Ανάπτυξης Μέσων Πληροφορικής (Infocomm Media Development

Authority - IMDA) και εταιρειών logistics, η Σιγκαπούρη έχει δημιουργήσει ένα ψηφιακά ολοκληρωμένο οικοσύστημα όπου οι ροές εμπορευμάτων διαχειρίζονται πιο αποτελεσματικά.



*Εικόνα 7: Αυτόνομα ρομπότ παράδοσης δεμάτων στη Σιγκαπούρη.
Πηγή: www.advantech.com*

Η Σιγκαπούρη έχει επίσης υιοθετήσει αυτόνομα οχήματα παράδοσης και drones ως μέρος της στρατηγικής καινοτομίας της στα αστικά logistics. Δοκιμές αυτόνομων ρομπότ παράδοσης και παράδοσης δεμάτων με μη επανδρωμένα αεροσκάφη (Unmanned Aerial Vehicles - UAV) έχουν διεξαχθεί σε ελεγχόμενες αστικές περιοχές, παρουσιάζοντας πολλά υποσχόμενα αποτελέσματα για την κλιμάκωση του αυτοματισμού του τελευταίου μιλίου (Bienzeisler et al., 2024).

Η ανάπτυξη έξυπνων υποδομών logistics, όπως έξυπνες αποθήκες με αυτοματοποιημένα συστήματα αποθήκευσης και ανάκτησης (Automated Storage and Retrieval System - ASRS) και κάθετους κόμβους logistics, αντιμετωπίζει τη σοβαρή έλλειψη γης/χώρου της πόλης (Golinska-Dawson & Sethanan, 2023). Αυτές οι εγκαταστάσεις βελτιστοποιούν τη χρήση του χώρου και ενσωματώνονται με ψηφιακές πλατφόρμες για δυναμική διαχείριση αποθεμάτων και στόλου.

Ένα διακριτό χαρακτηριστικό της προσέγγισης της Σιγκαπούρης είναι η ισχυρή ευθυγράμμιση των δημόσιων πολιτικών, των ψηφιακών υποδομών και της καινοτομίας του ιδιωτικού τομέα. Η κυβερνητική υποστήριξη επεκτείνεται πέρα από τη ρύθμιση στην προληπτική διευκόλυνση, συμπεριλαμβανομένων των επιχορηγήσεων για την ψηφιοποίηση της logistics και των κανονιστικών ζωνών που επιτρέπουν τη δοκιμή πειραματικών τεχνολογιών υπό ευέλικτες συνθήκες συμμόρφωσης (Rosales, 2024).

Οι προκλήσεις παραμένουν, ιδίως όσον αφορά τους κινδύνους στον κυβερνοχώρο, την εναρμόνιση λειτουργίας των ψηφιακών πλατφορμών μεταξύ διαφόρων φορέων μεταφορών και την ανάγκη για συνεχή επανεκπαίδευση του εργατικού δυναμικού για τη διαχείριση ολοένα και πιο αυτοματοποιημένων λειτουργιών (Schrader et al., 2023). Ωστόσο, το μοντέλο της Σιγκαπούρης υποδηλώνει πώς οι στρατηγικές επενδύσεις σε ψηφιακές και φυσικές υποδομές εφοδιαστικής αλυσίδας μπορούν να προωθήσουν βιώσιμες λύσεις εμπορευματικών μεταφορών ακόμη και σε πόλεις με υψηλή πυκνότητα.

4.7 Συγκριτική Ανάλυση Μελετών Περιπτώσεων

Οι πέντε μελέτες περιπτώσεων—Άμστερνταμ, Λονδίνο, Παρίσι, Καλιφόρνια και Σιγκαπούρη—προσφέρουν εκτενείς γνώσεις σχετικά με ποικίλες οδούς για την προώθηση βιώσιμων αστικών εμπορευματικών μεταφορών, υπογραμμίζοντας τη σημασία της προσαρμογής στο πλαίσιο, της καινοτομίας πολιτικής και της τεχνολογικής ολοκλήρωσης.

- **Καινοτομία Πολιτικής και Ρυθμιστικής Μεταφοράς**

Το Λονδίνο και η Καλιφόρνια τονίζουν την αποτελεσματικότητα των ρυθμιστικών μέσων στην προώθηση της αλλαγής. Η ULEZ του Λονδίνου, μέσω αυστηρών προτύπων εκπομπών και οικονομικών κυρώσεων, επέβαλε ταχεία ανανέωση του στόλου, ενώ το SFAP της Καλιφόρνια εφάρμοσε ένα μοντέλο με βάση κίνητρα σε συνδυασμό με μακροπρόθεσμο στρατηγικό σχεδιασμό (Giuliano & O'Brien, 2016; Jaller et al., 2024). Και οι δύο δείχνουν ότι τα ισχυρά πλαίσια διακυβέρνησης, υποστηριζόμενα από συνεπή χρηματοδότηση και συμμετοχή των ενδιαφερόμενων μερών, είναι ζωτικής σημασίας για το συστημικό αντίκτυπο.

Αντιθέτως, το Παρίσι ακολούθησε μια λιγότερο κανονιστική, περισσότερο προσανατολισμένη στις υποδομές προσέγγιση με κέντρα μικροενοποίησης και εφοδιαστική αλυσίδα ποδηλάτων, προβάλλοντας πώς η αστική μορφή και οι πρακτικές κινητικότητας μπορούν να

αναδιαμορφωθούν μέσω του σχεδιασμού και των επενδύσεων (Dablanc, 2025; Rześny-Cieplińska et al., 2023).

- **Τεχνολογική Ενσωμάτωση**

Η Σιγκαπούρη και η Καλιφόρνια αποτελούν τα παραδείγματα των δύο άκρων του τεχνολογικού φάσματος. Οι μεγάλες επενδύσεις της Σιγκαπούρης σε ψηφιακές πλατφόρμες, IoT και αυτόνομη παράδοση υπογραμμίζουν πώς οι πόλεις μπορούν να χρησιμοποιήσουν την τεχνολογία για να βελτιστοποιήσουν τις υπάρχουσες ροές εφοδιαστικής αλυσίδας χωρίς απαραίτητα να αυξήσουν τον όγκο των οχημάτων (Pan et al., 2021; Pourmohammad-Zia & van Koningsveld, 2023). Η Καλιφόρνια, από την άλλη πλευρά, δίνει μεγαλύτερη έμφαση στη μετάβαση στην τεχνολογία οχημάτων - ηλεκτροκίνηση και καινοτομίες κυψελών καυσίμου - για την επίτευξη μειώσεων των εκπομπών (Alam & Guo, 2023).

Οι ευρωπαϊκές πόλεις, ιδιαίτερα το Άμστερνταμ και το Παρίσι, επικεντρώνονται περισσότερο σε παρεμβάσεις χαμηλής τεχνολογίας αλλά με υψηλό αντίκτυπο, όπως οι πλωτές οδοί, τα ποδήλατα φορτίου και οι τοπικοί κόμβοι ενοποίησης, οι οποίοι είναι οικονομικά αποδοτικοί (Comi et al., 2024; Golinska-Dawson & Sethanan, 2023).

- **Υποδομές και Αστικός Σχεδιασμός**

Το μοντέλο του Άμστερνταμ, που συνδυάζει τις πλωτές οδούς και τα ποδήλατα φορτίου, υπογραμμίζει τη σημασία των πολυτροπικών υποδομών στις βιώσιμες αστικές εμπορευματικές μεταφορές (Kin et al., 2017). Το Παρίσι δείχνει περαιτέρω πώς τα κέντρα αστικής ενοποίησης και οι μικροαποθήκες μπορούν να βελτιώσουν δραστικά την αποδοτικότητα του τελευταίου μιλίου, μειώνοντας παράλληλα τη συμφόρηση και τη ρύπανση στο κέντρο της πόλης (Bienzeisler et al., 2024).

Η προσέγγιση της Καλιφόρνια σε ολόκληρη την πολιτεία, αν και φιλόδοξη, αντιμετωπίζει προκλήσεις στην κλιμάκωση των υποδομών για τις ηλεκτρικές μεταφορές αλλά και τις μεταφορές

με υδρογόνο, σε μεγάλες αποστάσεις - ένα θεμελιωδώς διαφορετικό πρόβλημα από τη βελτιστοποίηση των παραδόσεων σε συμπαγή αστικά περιβάλλοντα.

- **Προκλήσεις και Κριτικές Σκέψεις**

Παρά τις εντυπωσιακές καινοτομίες, όλες οι μελέτες περιπτώσεων αποκαλύπτουν επίμονα εμπόδια:

Εμπόδια κόστους: Το αρχικό κόστος των ηλεκτρικών οχημάτων, του αυτοματισμού και των έξυπνων υποδομών είναι υψηλό, περιορίζοντας την υιοθέτησή τους από μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις (MME) (Tsakalidis et al., 2020; Karlsson et al., 2022).

Κατακερματισμός διακυβέρνησης: Ακόμη και σε πόλεις όπως το Λονδίνο και το Παρίσι, ο συντονισμός μεταξύ διαφορετικών κυβερνητικών επιπέδων και ιδιωτικών φορέων παραμένει περίπλοκος (Rosales, 2024).

Ζητήματα κοινής χρήσης δεδομένων: Παρά τις προόδους της Σιγκαπούρης, η διασφάλιση της ορθής συνεργασίας, του απορρήτου των δεδομένων και της εμπιστοσύνης μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών στον τομέα των εμπορευματικών μεταφορών παραμένει μια πρόκληση παγκοσμίως (Schrader et al., 2023).

Ανησυχίες για την κοινωνική ισότητα: Μέτρα όπως το ULEZ, αν και περιβαλλοντικά αποτελεσματικά, μπορούν να επιβάλουν δυσανάλογα βάρη σε μικρούς φορείς εκμετάλλευσης ή ομάδες χαμηλού εισοδήματος, εκτός εάν συνοδεύονται από υποστηρικτικά προγράμματα (Namagembe & Nantumbwe, 2025).

- **Συστάσεις για μελλοντική πολιτική και έρευνα**

Η συγκριτική ανάλυση υποδηλώνει ότι δεν υπάρχει λύση "ενιαίας λύσης". Ένα επιτυχημένο μοντέλο:

- Συνδυάζει κανονιστική ώθηση και οικονομικά κίνητρα.

- Αγκαλιάζει την τεχνολογική καινοτομία σύμφωνα με τις τοπικές ανάγκες.
- Επενδύει σε πολυτροπικά συστήματα υποδομών που υποστηρίζουν βιώσιμες εμπορευματικές μεταφορές.
- Ενισχύει συνεργατικά μοντέλα διακυβέρνησης που περιλαμβάνουν φορείς εκμετάλλευσης εμπορευματικών μεταφορών, πολεοδόμους, παρόχους τεχνολογίας και κοινότητες.

Επιπλέον, ο ευέλικτος, προσαρμοστικός σχεδιασμός πολιτικής, βασισμένος στη συνεχή παρακολούθηση και την ανατροφοδότηση από τα ενδιαφερόμενα μέρη, είναι ζωτικής σημασίας για την αντιμετώπιση των εξελισσόμενων αστικών και τεχνολογικών τοπίων (Fried et al., 2024; Pan et al., 2021).

Κεφάλαιο 5^ο: Συμπεράσματα και Προτάσεις

5.1 Συμπεράσματα

Η έρευνα της παρούσας διπλωματικής εργασίας έχει διερευνήσει συστηματικά τη σύγχρονη δομή, τις προκλήσεις και τις καινοτομίες των συστημάτων αστικών εμπορευματικών μεταφορών, με ιδιαίτερη έμφαση στον πράσινο και βιώσιμο μετασχηματισμό τους. Μέσω μιας λεπτομερούς μεθοδολογίας βασισμένης στη βιβλιογραφία και μιας ολοκληρωμένης ανάλυσης μελέτης περίπτωσης, προκύπτουν αρκετά κρίσιμα συμπεράσματα.

Πρώτον, οι αστικές εμπορευματικές μεταφορές (UFT) έχουν γίνει ένας ολοένα και πιο σημαντικός παράγοντας στην αστική συμφόρηση, την ατμοσφαιρική ρύπανση, τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και τις κοινωνικές ανισότητες (Buldeo Rai et al., 2018; Fried et al., 2024). Παρά το γεγονός ότι αποτελούν ένα σχετικά μικρό μερίδιο του όγκου αστικής κυκλοφορίας, τα εμπορευματικά οχήματα συμβάλλουν δυσανάλογα στα περιβαλλοντικά και κοινωνικά βάρη, ιδίως σε πυκνοκατοικημένες μητροπολιτικές περιοχές.

Δεύτερον, τα πλαίσια πολιτικής σε διεθνές, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο έχουν σταδιακά ενσωματώσει τους στόχους βιωσιμότητας στον σχεδιασμό των εμπορευματικών μεταφορών. Οι παγκόσμιες δεσμεύσεις όπως οι Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης (SDG), οι ευρωπαϊκές πρωτοβουλίες όπως η Πράσινη Συμφωνία και οι περιφερειακοί κανονισμοί όπως η Ζώνη Εξαιρετικά Χαμηλών Εκπομπών του Λονδίνου ή το Σχέδιο Δράσης για Βιώσιμες Μεταφορές της Καλιφόρνιας αποτελούν παραδείγματα της αυξανόμενης έμφασης στην επίτευξη αστικής εφοδιαστικής αλυσίδας χαμηλών εκπομπών άνθρακα (Giuliano & O'Brien, 2016; Jaller et al., 2024; Karlsson et al., 2022).

Ωστόσο, ένα σημαντικό εύρημα είναι ότι οι πολιτικοί και οι ρυθμιστικοί μηχανισμοί, αν και βελτιώνονται, συχνά υστερούν σε σχέση με τις τεχνολογικές εξελίξεις και τη δυναμική της αγοράς. Εξακολουθούν να υπάρχουν κενά στη συνεπή εφαρμογή των περιβαλλοντικών προτύπων, την ισότιμη πρόσβαση σε τεχνολογίες πράσινων μεταφορών και τον συντονισμό μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών (Namagembe & Nantumbwe, 2025; Rosales, 2024).

Τρίτον, το τεχνολογικό τοπίο υφίσταται ραγδαίους μετασχηματισμούς. Οι καινοτομίες στην ηλεκτροκίνηση, τον αυτοματισμό, τη μικροκινητικότητα, τα έξυπνα κέντρα ενοποίησης, τις υπόγειες σήραγγες εμπορευματικών μεταφορών και τις πλατφόρμες logistics που τροφοδοτούνται από το IoT και την Τεχνητή Νοημοσύνη αναδιαμορφώνουν το οικοσύστημα των αστικών εμπορευματικών μεταφορών (Pan et al., 2021; Schrader et al., 2023; Pourmohammad-Zia & van Koningsveld, 2023). Πόλεις όπως η Σιγκαπούρη και το Άμστερνταμ δείχνουν ότι τόσο οι λύσεις προηγμένης όσο και οι απλές λύσεις τεχνολογίας μπορούν να είναι εξαιρετικά αποτελεσματικές εάν ενσωματωθούν σωστά στο εκάστοτε πλαίσιο.

Παρ' όλα αυτά, η τεχνολογία από μόνη της δεν επαρκεί. Οι μελέτες περιπτώσεων υπογραμμίζουν ότι η κανονιστική υποστήριξη, τα κίνητρα της αγοράς, οι συμπράξεις δημόσιου-ιδιωτικού τομέα και η εστίαση στην κοινωνική ισότητα είναι απαραίτητα για να καταστεί δυνατή η υιοθέτηση της τεχνολογίας και να διασφαλιστεί ότι οι μεταβάσεις είναι βιώσιμες και χωρίς αποκλεισμούς (Comi et al., 2024; Bienzeisler et al., 2024).

Επιπλέον, η έρευνα τονίζει ότι δεν υπάρχει μοντέλο "one-size-fits-all". Οι τοπικές συνθήκες — όπως η αστική πυκνότητα, η οικονομική δομή, οι ανάγκες εφοδιαστικής αλυσίδας και η πολιτική ικανότητα— καθορίζουν σημαντικά ποιες στρατηγικές είναι εφικτές και αποτελεσματικές (Kin et al., 2017; He & Haasis, 2020). Επομένως, η προσαρμοστικότητα, η συμμετοχή των ενδιαφερόμενων μερών και ο σχεδιασμός που βασίζεται σε δεδομένα είναι κρίσιμα συστατικά για την επιτυχία.

Συμπερασματικά, ενώ έχει σημειωθεί ουσιαστική πρόοδος προς βιώσιμα συστήματα αστικών εμπορευματικών μεταφορών, εξακολουθούν να υπάρχουν σημαντικές προκλήσεις. Οι συντονισμένες, προσαρμοστικές και καινοτόμες προσεγγίσεις είναι απαραίτητες για να επιτύχουν οι πόλεις τους περιβαλλοντικούς στόχους, να διατηρήσουν την οικονομική ζωτικότητα και να βελτιώσουν την αστική βιωσιμότητα.

5.2 Προτάσεις

Βασιζόμενες στα ευρήματα της μελέτης, προτείνονται οι ακόλουθες προτάσεις για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, τους πολεοδόμους, τους ιδιωτικούς φορείς εκμετάλλευσης

logistics και τους ερευνητές για την υποστήριξη της πράσινης και αστικής μετάβασης των συστημάτων εμπορευματικών μεταφορών:

- **Ενίσχυση της ολοκλήρωσης πολιτικής και της διακυβέρνησης**

Οι πόλεις πρέπει να ενσωματώσουν πλήρως τις παραμέτρους των εμπορευματικών μεταφορών στον σχεδιασμό της αστικής κινητικότητας αντί να αντιμετωπίζουν την εφοδιαστική ως δεύτερη σκέψη. Τα Σχέδια Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας και τα Σχέδια Βιώσιμης Αστικής Εφοδιαστικής Αλυσίδας θα πρέπει να είναι υποχρεωτικά για τις μητροπολιτικές περιοχές των μεγάλων πόλεων, με σαφείς στόχους για μείωση των εκπομπών, μετριασμό της συμφόρησης και αποτελέσματα ισότητας (Ayadi et al., 2024; Dablanc, 2025).

Επιπλέον, τα πλαίσια πολυεπίπεδης διακυβέρνησης είναι ζωτικής σημασίας. Οι εθνικές πολιτικές θα πρέπει να παρέχουν στρατηγική κατεύθυνση και πόρους, ενώ οι τοπικές αυτοδιοικήσεις θα πρέπει να διατηρήσουν την ευελιξία για προσαρμογές στο πλαίσιο (Giuliano & O'Brien, 2016; Rosales, 2024). Η δημιουργία συνεργασιών στον τομέα των εμπορευματικών μεταφορών με τη συμμετοχή δημόσιων αρχών, φορέων εκμετάλλευσης εμπορευματικών μεταφορών, εταιρειών τεχνολογίας και της κοινωνίας των πολιτών είναι το κλειδί για την εξισορρόπηση διαφορετικών συμφερόντων και τη διασφάλιση της νομιμότητας της πολιτικής.

- **Επιτάχυνση της Υιοθέτησης Τεχνολογίας με Υποστηρικτική Υποδομή**

Οι κυβερνήσεις θα πρέπει να διευκολύνουν ενεργά τη μετάβαση σε τεχνολογίες καθαρών εμπορευματικών μεταφορών μέσω κινήτρων και ανάπτυξης υποδομών. Αυτό περιλαμβάνει:

1. Επέκταση δικτύων φόρτισης και ανεφοδιασμού με υδρογόνο για ηλεκτρικά και φορτηγά με κυψέλες καυσίμου (Alam & Guo, 2023; Tsakalidis et al., 2020).
2. Υποστήριξη της ανάπτυξης μικροκόμβων και Κέντρων Αστικής Ενοποίησης (UCC) για τη βελτιστοποίηση των παραδόσεων τελευταίου μιλίου (Golinska-Dawson & Sethanan, 2023).

3. Επένδυση σε ψηφιακές πλατφόρμες εμπορευματικών μεταφορών που επιτρέπουν τη βελτιστοποίηση των ροών αστικής εφοδιαστικής αλυσίδας σε πραγματικό χρόνο (Pan et al., 2021).

Η δημόσια χρηματοδότηση θα πρέπει να δώσει προτεραιότητα στις μικρομεσαίες επιχειρήσεις που διαφορετικά θα μπορούσαν να αποκλειστούν από την πράσινη μετάβαση λόγω εμποδίων κόστους (Karlsson et al., 2022).

- **Προώθηση της Μικροκινητικότητας και των Λύσεων Τελευταίου Μιλίου Χαμηλού Αντίκτυπου**

Οι πόλεις θα πρέπει να ενσωματώσουν στρατηγικές μικροκινητικότητας στα σχέδιά τους για τις εμπορευματικές μεταφορές. Τα ποδήλατα φορτίου, τα ηλεκτρικά σκούτερ και τα μικρά ηλεκτρικά οχήματα προσφέρουν σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη και οφέλη για την κυκλοφοριακή συμφόρηση, ιδιαίτερα στα ιστορικά κέντρα των πόλεων και στις πυκνοκατοικημένες γειτονιές (Rześny-Cieplińska et al., 2023; Comi et al., 2024).

Οι ειδικοί ποδηλατόδρομοι, οι εγκαταστάσεις στάθμευσης για οχήματα μικροκινητικότητας και η κανονιστική υποστήριξη για τους φορείς εκμετάλλευσης logistics ποδηλάτων φορτίου θα είναι απαραίτητα για την ενσωμάτωση αυτών των λύσεων. Οι πολιτικές πρέπει επίσης να διασφαλίζουν την ασφάλεια των χρηστών μικροκινητικότητας και των πεζών, εξισορροπώντας τη βιωσιμότητα και τη δημόσια ασφάλεια.

- **Ενίσχυση της Καινοτομίας σε Υπόγεια και Εναλλακτικά Συστήματα Μεταφορών**

Οι πόλεις που αντιμετωπίζουν ακραίους περιορισμούς στην πυκνότητα θα πρέπει να διερευνήσουν εναλλακτικές λύσεις για υπόγειες και πλωτές μεταφορές, όπως αποδεικνύεται από το Άμστερνταμ και τη Σιγκαπούρη (Bienzeisler et al., 2024; Pourmohammad-Zia & van Koningsveld, 2023).

Οι συμπράξεις δημόσιου και ιδιωτικού τομέα μπορούν να βοηθήσουν στη χρηματοδότηση του υψηλού αρχικού κόστους υποδομών, όπως οι υπόγειες σήραγγες και τα έξυπνα συστήματα καναλιών. Τα πιλοτικά προγράμματα και οι σταδιακές αναπτύξεις μπορούν σταδιακά να δοκιμάσουν και να κλιμακώσουν αυτές τις τεχνολογίες.

Επιπλέον, η ενσωμάτωση των σιδηροδρομικών και θαλάσσιων επιλογών στις αστικές αλυσίδες εφοδιαστικής—ειδικά για τις πόλεις-λιμάνια— μπορεί να βοηθήσει στη διαφοροποίηση των ροών εμπορευμάτων και στη μείωση της οδικής συμφόρησης (Comi et al., 2024; Maxner et al., 2025).

- **Αξιοποίηση Δεδομένων για Έξυπνη, Προσαρμοστική Διαχείριση Εμπορευματικών Μεταφορών**

Οι πόλεις πρέπει να δημιουργήσουν δυνατότητες για σχεδιασμό και παρακολούθηση βάσει δεδομένων. Αυτό περιλαμβάνει:

1. Δημιουργία ανοιχτών πλατφορμών δεδομένων για τις εμπορευματικές μεταφορές με αυστηρή προστασία της ιδιωτικής ζωής.
2. Εφαρμογή προγνωστικών αναλύσεων για την πρόβλεψη των προτύπων ζήτησης και τη βελτιστοποίηση της χωροθέτησης εφοδιαστικής αλυσίδας (Schrader et al., 2023).
3. Χρήση ψηφιακών διδύμων για τη μοντελοποίηση του αντίκτυπου διαφορετικών πολιτικών για τις εμπορευματικές μεταφορές πριν από την ανάπτυξη σε μεγάλη κλίμακα (Pan et al., 2021).

Τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο μπορούν να βελτιώσουν την τιμολόγηση της συμφόρησης, τη ρύθμιση των παραθύρων παράδοσης και την παρακολούθηση των εκπομπών, καθιστώντας τη διαχείριση των αστικών εμπορευματικών μεταφορών πιο προσαρμοστική και αποτελεσματική.

- **Αντιμετώπιση της Ισότητας και της Κοινωνικής Ένταξης στη Μετάβαση στις Εμπορευματικές Μεταφορές**

Η στροφή προς τη βιώσιμη αστική εφοδιαστική πρέπει να είναι χωρίς αποκλεισμούς. Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής πρέπει να διασφαλίσουν ότι μέτρα όπως οι Ζώνες Χαμηλών Εκπομπών δεν επηρεάζουν δυσανάλογα τις κοινότητες χαμηλού εισοδήματος, τους ιδιοκτήτες μικρών επιχειρήσεων ή τους ανεξάρτητους οδηγούς φορτηγών (Namagembe & Nantumbwe, 2025).

Οι επιδοτήσεις για την αναβάθμιση οχημάτων, η οικονομική βοήθεια για την ηλεκτροκίνηση του στόλου και οι διαδικασίες διαβούλευσης χωρίς αποκλεισμούς μπορούν να βοηθήσουν στην πρόληψη ακούσιων κοινωνικών ανισοτήτων. Η πολιτική για τις μεταφορές θα πρέπει να πλαισιώνεται από ευρύτερες στρατηγικές για την αστική ισότητα και την κλιματική δικαιοσύνη (Fried et al., 2024).

- **Ενίσχυση της Έρευνας, της Πιλοτικής Εφαρμογής και της Ανάπτυξης Ικανοτήτων**

Απαιτείται συνεχής έρευνα σχετικά με τις περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις των καινοτομιών στις μεταφορές. Τα πιλοτικά προγράμματα μπορούν να δοκιμάσουν νέες λύσεις όπως η αυτόνομη παράδοση ή η εφοδιαστική με drones σε ελεγχόμενα περιβάλλοντα πριν από την ευρύτερη εφαρμογή τους (Bienzeisler et al., 2024; Powell et al., 2024).

Οι πόλεις θα πρέπει επίσης να επενδύσουν σε προγράμματα κατάρτισης για την αναβάθμιση των δεξιοτήτων του εργατικού δυναμικού στον τομέα της εφοδιαστικής αλυσίδας σε ψηφιακές δεξιότητες, διαχείριση στόλου και βιώσιμες πρακτικές. Τα πανεπιστήμια, τα ερευνητικά ιδρύματα καθώς και οι ενώσεις μεταφορών διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην οικοδόμηση μακροπρόθεσμης τομεακής ανθεκτικότητας.

Οι βιώσιμες αστικές εμπορευματικές μεταφορές δεν αποτελούν πλέον περιφερειακό μέλημα, αλλά κεντρικό πυλώνα των πράσινων αστικών μεταβάσεων. Τα παραδείγματα κορυφαίων πόλεων και περιφερειών τονίζουν ότι είναι δυνατές ουσιαστικές βελτιώσεις μέσω του οραματικού σχεδιασμού, της τεχνολογικής καινοτομίας, της συνεργατικής διακυβέρνησης και της κοινωνικής ένταξης.

Ωστόσο, η επίτευξη πραγματικά βιώσιμων συστημάτων εφοδιαστικής αλυσίδας απαιτεί επίμονη προσπάθεια, ευέλικτη προσαρμογή στις εξελισσόμενες τεχνολογίες και τις πραγματικότητες της αγοράς, καθώς και σταθερή δέσμευση στις αρχές της περιβαλλοντικής, οικονομικής και κοινωνικής βιωσιμότητας. Ενσωματώνοντας τις εμπορευματικές μεταφορές στην καρδιά των στρατηγικών αστικής βιωσιμότητας, οι πόλεις μπορούν να κινηθούν προς ένα πιο υγιές, πιο δίκαιο και πιο ανθεκτικό μέλλον.

Βιβλιογραφία

Adetiloye, T., & Awasthi, A. (2023). Modeling the Complexity of City Logistics Systems for Sustainability.

Alam, M. R., & Guo, Z. (2023). A review on the charging station planning and fleet operation for electric freight vehicles.

Aurambout, J.-P., Gkoumas, K. and Ciuffo, B. (2019). Last mile delivery by drones: an estimation of viable market potential and access to citizens across European cities. *European Transport Research Review*, [online] 11(1). doi:<https://doi.org/10.1186/s12544-019-0368-2>.

Ayadi, H., Benaissa, M., Hamani, N., & Kermad, L. (2024). Selecting indicators to assess the sustainability of urban freight Transport using a multi-criteria analysis. *Logistics*.

Bienzeisler, L., Lelke, T., & Friedrich, B. (2024). Autonomous Underground Freight Transport Systems--The Future of Urban Logistics?.

Buldeo Rai, H., Van Lier, T., Meers, D., & Macharis, C. (2018). An indicator approach to sustainable urban freight transport. *Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability*, 11(1), 81-102.

California Air Resources Board. (2025). Cap-and-Trade Program. Retrieved from <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/cap-and-trade-program>

Comi, A., Fancello, G., Piras, F., & Serra, P. (2024). Towards More Sustainable Cities: Tools and Policies for Urban Goods Movements. *Journal of Advanced Transportation*, 2024(1).

Community guidelines for accessing forestry voluntary carbon markets FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS REGIONAL OFFICE FOR ASIA AND THE PACIFIC Bangkok, 2012

Cowie, J., & Fiskén, K. (2023). Urban freight policy maturity and sustainable logistics: are they related?. *Journal of Shipping and Trade*.

Dabblanc, L. (2025). The Role of Freight Transportation in Smart Cities for Advancing the Clean Energy Transition. In *The Palgrave Handbook of Cybersecurity, Technologies and Energy Transitions* (pp. 1-19). Cham: Springer Nature Switzerland.

Danchuk, D., & Hutarevych, R. (2024). Dynamic routing using GIS and real-time data in urban logistics. *International Journal of Logistics Research and Applications*.

European Commission (2021). The New Urban Mobility Framework. Brussels: European Commission. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021DC0811>

Fried, T., Goodchild, A., Browne, M., & Sanchez-Diaz, I. (2024). Seeking equity and justice in urban freight: where to look?. *Transport Reviews*..

Giuliano, G., & O'Brien, T. (2016). Freight efficiency strategies: a white paper series to inform the California Sustainable Freight Action Plan.

Golinska-Dawson, P., & Sethanan, K. (2023). Sustainable urban freight for energy-efficient smart cities—systematic literature review. *Energies*.

Gruber, J., de Bortoli, A., & Lorimier, A. (2022). Electric cargo bikes in urban areas: A new mobility option for private and commercial transport. *Transport Policy*, 127, <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2022.08.002>

Harry Groenevelt, Chapter 12 The just-in-time system, Elsevier, Volume 4, 1993, Pages 629-670, [https://doi.org/10.1016/S0927-0507\(05\)80192-6](https://doi.org/10.1016/S0927-0507(05)80192-6).

He, Z., & Haasis, H. D. (2020). A theoretical research framework of future sustainable urban freight transport for smart cities. *Sustainability*, 1975.

Holguin-Veras, J., Ramirez-Rios, D., Ng, J., Wojtowicz, J., Haake, D., Lawson, C. T., ... & Cara, W. (2021). Freight-efficient land uses: Methodology, strategies, and tools. *Sustainability*

Hannan, M. T., & Freeman, J. (1984). Structural inertia and organizational change. *American Sociological Review*, 49(2), 149-164. <https://doi.org/10.2307/2095567>

Jaller, M., Valencia-Cardenas, M. C., Lopez, J. C., & Joby, R. (2024). Improving the Efficiency of Urban Freight Systems in California.

- Karlsson, H., Meland, S., Ystmark Bjerkan, K., Bjørgen, A., Bjørge, N. M., & Babri, S. (2022). Green Public Procurement for Accelerating the Transition towards Sustainable Freight Transport. *World Electric Vehicle Journal*.
- Kijewska, K., & Jedliński, M. (2018). The concept of Urban Freight Transport Projects durability and its assessment within the framework of a Freight Quality Partnership. *Sustainability*.
- Kin, B., Verlinde, S., & Macharis, C. (2017). Sustainable urban freight transport in megacities in emerging markets. *Sustainable cities and society*.
- Kotter, J. P. (1996). Leading change. Harvard Business Review Press.
- Kumar, A. (2021). Transition management theory-based policy framework for analyzing environmentally responsible freight transport practices. *Journal of Cleaner Production*.
- Muñoz, Lucio, 2020. Sustainability thoughts 105: An overview of the externality structure of all possible markets and of the specific market illusion under which each of them operates, Boletín CEBEM-REDESMA, Año 14, No.6, November, La Paz, Bolivia.
- Maxner, T., Dalla Chiara, G., & Goodchild, A. (2025). The State of Sustainable Urban Last-Mile Freight Planning in the United States. *Journal of the American Planning Association*.
- Namagembe, S., & Nantumbwe, S. (2025). Adoption of environmentally friendly urban freight logistics practices: the role of communication and governance. *Urbanization, Sustainability and Society*.
- Narayanan, S., & Antoniou, C. (2022). Electric cargo cycles – A comprehensive review. *Transport Policy*, 116, 278–303. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2021.12.011>
- Nathanail, Eftihia & Mitropoulos, Lambros & Karakikes, Ioannis & Adamos, Giannis. (2018). Sustainability Framework for Assessing Urban Freight Transportation Measures. *Logistics & Sustainable Transport*. 9. 16-36. 10.2478/jlst-2018-0007
- Nathanail, Eftihia & Karakikes, Ioannis & Mitropoulos, Lambros & Adamos, Giannis. (2020). A Sustainability Cross-Case Assessment of City Logistics Solutions. *Case Studies on Transport Policy*. 9. 10.1016/j.cstp.2020.12.005.

- Pan, S., Zhou, W., Piramuthu, S., Giannikas, V., & Chen, C. (2021). Smart city for sustainable urban freight logistics. *International Journal of Production Research*.
- Pourmohammad-Zia, N., & van Koningsveld, M. (2023). Urban Logistics in Amsterdam: A Modal Shift from Roadways to Waterway.
- Powell, S., Campbell, A. M., & Hosseini, M. (2024). Underground Freight Transportation for Package Delivery in Urban Environments.
- Rahardjo, H., Satyanaga, A., Gofar, N., Leong, E. (2019). Geobarrier System for Protection Against Rainfall-induced Slope Failure. *International Journal of Geoengineering Case Histories*, 5(1), 26–42. <https://doi.org/10.4417/IJGCH-05-01-03>
- Rosales, R. (2024). Is it enough to enable freight? Modes of governance for urban logistics in Norway. *European Planning Studies*.
- Rześny-Cieplińska, J., Tomaszewski, T., Piecyk-Ouellet, M., & Kiba-Janiak, M. (2023). Emerging trends for urban freight transport—The potential for sustainable micromobility. *Plos one*.
- Saran S, Gurjar M, Baronia A, Sivapurapu V. Heating, ventilation and air conditioning (HVAC) in intensive care unit. *Crit Care*. 2020 May 6; doi: 10.1186/s13054-020-02907-5.
- Schrader, M., Kumar, N., Collignon, N., Sørig, E., Yoon, S., Srivastava, A., ... & Astefanoaei, M. (2023). Modelling the performance of delivery vehicles across urban micro-regions to accelerate the transition to cargo-bike logistics.
- Shevchenko, Y., Reips, UD. Geofencing in location-based behavioral research: Methodology, challenges, and implementation. *Behav Res* 56, 6411–6439 (2024). <https://doi.org/10.3758/s13428-023-02213-2>
- Tsakalidis, A., Krause, J., Julea, A., Peduzzi, E., Pisoni, E., & Thiel, C. (2020). Electric light commercial vehicles: Are they the sleeping giant of electromobility?. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*.
- Uzun, F., & Ergül, M. Y. (2024). The Role of Logistics in Sustainable Cities and Communities. In *Effective Logistics for Sustainable Development Goals* (pp. 126-144). IGI Global.

Zhang, Y., Wang, L., & Zhang, J. (2024). Green logistics providers: Strategies and impacts on sustainable supply chain management. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024>

Van der Hagen, C., Agatz, N., Spliet, R., Visser, L., & Kok, A. (2024). Data-driven dynamic time slot pricing for last-mile delivery. *Transportation Science*

European Commission. (2022). Κανονισμός για τις εκπομπές από τα οχήματα EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=LEGISSUM:mi0029>

Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. Βιβλιοθήκη και Κέντρο Πληροφόρησης. (2022, Φεβρουάριος).