



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

Διπλωματική Εργασία

**ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ
ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΚΑΙ ΦΙΛΙΚΩΝ ΠΡΟΣ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ**

ΥΠΟ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟ ΡΕΠΠΑ

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των απαιτήσεων για την απόκτηση του
Διπλώματος Πολιτικού Μηχανικού

ΒΟΛΟΣ 2021

© 2021 Κωνσταντίνος Ρέππας

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

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής Δρ. Ευτυχία Ναθαναήλ
(Επιβλέπων) Καθηγήτρια, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής Δρ. Ιωάννης Αδάμος
(Επιβλέπων) Διδάσκων, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής Δρ. Νικόλαος Γαβανάς
Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και
Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους επιβλέποντες καθηγητές μου, τον Δρα. Ιωάννη Αδάμο και τη Δρα. Ευτυχία Ναθαναήλ, για την πολύτιμη βοήθεια, την καθοδήγησή τους, τον χρόνο που αφιέρωσαν σε μένα, όπως και τις γνώσεις που μου μετέδωσαν καθ' όλη τη διάρκεια συγγραφής της διπλωματικής μου εργασίας. Επιπρόσθετα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρα. Νικόλαο Γαβανά, μέλος της Εξεταστικής Επιτροπής.

Ευχαριστώ για την ευεργετική βοήθειά τους, όλους όσους δέχθηκαν να συμμετάσχουν στην έρευνα ερωτηματολογίου. Ένα μεγάλο ευχαριστώ θα ήθελα να δώσω στους συγγενείς και τους φίλους μου για την αμέριστη ηθική και ψυχολογική υποστήριξη, όπως και την κατανόηση που έδειξαν, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών της προσπάθειάς μου.

Είμαι ευγνώμων στους γονείς μου για την αγάπη, τη συμπαράσταση και τις ηθικές αξίες που μου έχουν μεταδώσει. Αφιερώνω τη διπλωματική μου εργασία στην οικογένειά μου.

Κωνσταντίνος Ρέππας

ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΚΑΙ ΦΙΛΙΚΩΝ ΠΡΟΣ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Κωνσταντίνος Ρέππας

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, 2021

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Ευτυχία Ναθαναήλ, Καθηγήτρια

Επιβλέπων Καθηγητής: Ιωάννης Αδάμος, Διδάσκων

Περίληψη

Η αυξημένη χρήση ιδιωτικής χρήσης (ΙΧ) οχημάτων εσωτερικής καύσης επιδρά σημαντικά σε διάφορους τομείς της ζωής. Μεταξύ των επιπτώσεων είναι η δημιουργία κυκλοφοριακής συμφόρησης και κατά συνέπεια η αύξηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, η απειλή της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος παγκοσμίως. Επιπλέον, δημιουργεί καθυστερήσεις στον χρόνο διαδρομής, συμφόρηση στα οδικά δίκτυα, μειωμένη ικανοποίηση των μετακινούμενων, ενώ παράλληλα με την αύξηση της κίνησης του πληθυσμού, αυξάνονται και τα παρατηρούμενα τροχαία ατυχήματα.

Τα ηλεκτρικά και τα αυτόνομα οχήματα αποτελούν μια βιώσιμη πρόταση αναβάθμισης της παρούσας κατάστασης στις μεταφορές. Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία διερευνά ζητήματα που αφορούν στην ηλεκτροκίνηση, καθώς και την αυτοματοποίηση των μεταφορικών μέσων σε τομείς οικονομικούς, κοινωνικούς και περιβαλλοντικούς. Προς την κατεύθυνση αυτήν, έγινε συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση, σύμφωνα με την οποία διερευνήθηκε η χωροθέτηση των σταθμών φόρτισης οχημάτων εντός και εκτός πόλης, ενώ παράλληλα μελετήθηκε η αυτοματοποίηση των οχημάτων για να διεξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα, έτσι ώστε να μπορούν να ξεπεραστούν τα πιθανά εμπόδια που δυσκολεύουν την εδραίωση αυτών των καινοτομιών στη συγκοινωνιακή πραγματικότητα σε διεθνές επίπεδο.

Στη συνέχεια, διεξήχθη έρευνα ερωτηματολογίου με στόχο τη διερεύνηση των απόψεων των πολιτών σχετικά με την ηλεκτροκίνηση και τον αυτοματισμό των οχημάτων. Από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν, πραγματοποιήθηκε περιγραφική και επαγωγική στατιστική ανάλυση, όπως και ανάλυση σημαντικότητας-ικανοποίησης των χρηστών σε σχέση με τη χρήση των ΙΧ οχημάτων.

Με βάση τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου, συμπεραίνεται ότι οι συμμετέχοντες είναι αρκετά πρόθυμοι να χρησιμοποιήσουν καινοτόμα και φιλικά προς το περιβάλλον μεταφορικά μέσα αρκεί να υπάρχουν οι κατάλληλες υποδομές. Σε σχέση με τα αυτοματοποιημένα οχήματα δηλώνουν αρκετές ανησυχίες και προβληματισμούς σχετικά με τον τομέα της ασφάλειας, των ηθικών ζητημάτων και της προστασίας των προσωπικών πληροφοριών. Οι συμμετέχοντες φαίνεται να μην είναι ακόμα πρόθυμοι να τα εμπιστευτούν και θεωρούν ότι αν δεν λυθούν ορισμένοι τεχνολογικοί φραγμοί που τα συνοδεύουν, η καινοτομία αυτή δεν θα βρει άμεσα πρακτική εφαρμογή.

Αξιολογώντας κριτικά τόσο τη βιβλιογραφία, όσο και τα ευρήματα της έρευνας ερωτηματολογίου, έγινε ανάπτυξη ενός δυναμικού πλαισίου αξιολόγησης επιπτώσεων των σύγχρονων και φιλικών προς το περιβάλλον οχημάτων, το οποίο θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και μελλοντικά από τους ενδιαφερόμενους φορείς, ώστε να αξιολογήσουν τις συνέπειες στους βασικούς πυλώνες που αφορούν στη μετάβαση στην πράσινη μορφή μετακίνησης και του αυτοματισμού. Επιπλέον, θα μπορεί να συμβάλει στην επιλογή των καταλληλότερων μέτρων, όπως και έγκυρων επιστημονικά μεθόδων για την ανάπτυξη ικανοποιητικού για την κάθε εξεταζόμενη περιοχή αριθμού υποδομών.

TOWARDS AN INTEGRATED FRAMEWORK FOR THE ASSESSMENT OF IMPACTS OF CONTEMPORARY AND ENVIRONMENTALLY FRIENDLY VEHICLES

Konstantinos Reppas

University of Thessaly, Department of Civil Engineering, 2021

Thesis supervisor: Eftihia Nathanail, Professor

Thesis supervisor: Ioannis Adamos, Adjunct Lecturer

Abstract

Increased use of internal combustion private vehicles has a significant impact on various areas of life. Such effects are the creation of traffic congestion and consequently the increase in air pollution and the threat to public health and the environment worldwide. In addition, it causes delays in journey time, road traffic jams, reduced satisfaction of commuters and increased proportion of road accidents.

Electric vehicles as well as automated vehicles are a viable proposal to upgrade the current transport situation. This dissertation explores issues related to electrification and automation of vehicles in economic, social and environmental areas. To this end, a systematic bibliographical review was carried out, which investigated the location of vehicle charging stations in and out of the city. At the same time, the automation of vehicles was studied, in order to draw useful conclusions, so that they could overcome the possible obstacles that make it difficult to consolidate these innovations in the transport reality worldwide.

A descriptive and inferential statistical analysis was carried out from data collected through a national questionnaire survey. Based on the results of the questionnaire, it was observed that participants are quite willing to use innovative and environmentally friendly vehicles, as long as the appropriate infrastructure is available. On the other hand, automated vehicles indicate a number of concerns and concerns about safety, ethical issues and the protection of personal information. Participants seem not yet willing to trust them and consider that unless certain technological barriers accompanying them are resolved, this innovation will not be implemented directly.

Acknowledging the findings of the literature review and the questionnaire survey, an integrated framework for the assessment of impacts of contemporary and environmentally friendly vehicles was developed, which can be used in the future by stakeholders to assess the impact on the key pillars of the transition to green transportation and automation. In addition, it will be able to contribute to the selection of the most appropriate measures and valid scientific methods for the development of a sufficient number of infrastructure interventions for each area.

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1	Εισαγωγή	1
1.1	Ερευνητική περιοχή	1
1.2	Κίνητρο – Στόχος	1
1.3	Οργάνωση διπλωματικής εργασίας	2
1.4	Μεθοδολογία	3
Κεφάλαιο 2	Ηλεκτροκίνηση	5
2.1	Μεταφορικό έργο στη σύγχρονη εποχή	5
2.2	Αναδυόμενες τάσεις και εφαρμογές στις επιβατικές μεταφορές	8
2.3	Ηλεκτρικά οχήματα	14
2.3.1	Βασικές έννοιες	14
2.3.2	Ταξινόμηση ηλεκτρικών οχημάτων	15
2.3.3	Προοπτικές και περιορισμοί χρήσης ηλεκτρικών οχημάτων	16
2.3.4	Εκπομπές ρύπων ηλεκτρικών οχημάτων	18
2.3.5	Προοπτική γραφενίου στην ηλεκτροκίνηση	18
2.4	Κίνητρα αγοράς ηλεκτρικών οχημάτων	19
2.4.1	Οικονομικά κίνητρα	20
2.4.2	Κοινωνικοί παράγοντες	21
2.4.3	Επιρροή της αυτοκινητοβιομηχανίας	22
Κεφάλαιο 3	Φόρτιση ηλεκτροκίνητων οχημάτων	23
3.1	Δίκτυα φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων	23
3.2	Νομοθετικό πλαίσιο στην Ελλάδα	24
3.3	Σταθμοί φόρτισης	27
3.3.1	Κανονική ή αργή φόρτιση (≤ 22 kW)	30
3.3.2	Γρήγορη φόρτιση (> 22 kW)	31
3.4	Χωροθέτηση σταθμών εντός πόλης	32
3.5	Χωροθέτηση σταθμών σε αυτοκινητοδρόμους	36

3.6	Μελέτη περίπτωσης χρήσης υφιστάμενων σταθμών γρήγορης φόρτισης	38
3.7	Περιβαλλοντικά ζητήματα σταθμών φόρτισης	41
3.7.1	Μελέτη έργου SMiLE-EV	42
3.7.2	Αποτελέσματα έρευνας SMiLE-EV	44
3.8	Μελέτη περίπτωσης στην πόλη του Βόλου	46
3.9	Συμπεράσματα αναφορικά με τη χωροθέτηση των σταθμών φόρτισης	48
Κεφάλαιο 4 Αυτόνομη οδήγηση		49
4.1	Εισαγωγή στην αυτόνομη οδήγηση και επικρατούσες συνθήκες στο οδικό δίκτυο	49
4.2	Ορισμός και κατηγοριοποίηση	50
4.3	Τεχνολογία αυτό-οδηγούμενων οχημάτων	52
4.3.1	Σύστημα εντοπισμού της θέσης και πλοήγησης του αυτοκινήτου	53
4.3.2	Η αντίληψη του περιβάλλοντος	55
4.4	Στάση των ανθρώπων	56
4.5	Τύποι αυτόνομης οδήγησης	57
4.6	Νομοθεσία στην Ευρώπη	58
4.7	Ηθικά ζητήματα	59
Κεφάλαιο 5 Σχεδιασμός, υλοποίηση και αποτελέσματα έρευνας		61
5.1	Σχεδιασμός και υλοποίηση έρευνας	61
5.2	Διαμόρφωση ερωτηματολογίου	62
5.3	Υλοποίηση έρευνας και συλλογή δεδομένων	63
5.4	Αποτελέσματα έρευνας	64
5.4.1	Περιγραφή δείγματος	64
5.4.2	Περιγραφική στατιστική ανάλυση	68
5.4.3	Επαγωγική στατιστική ανάλυση	88
5.4.4	Ανάλυση Σημαντικότητας – Ικανοποίησης	92
5.5	Συμπεράσματα έρευνας ερωτηματολογίου	93

Κεφάλαιο 6	Πλαίσιο αξιολόγησης επιπτώσεων	95
6.1	Εισαγωγή	95
6.2	Κριτήρια επιλογής δεικτών	96
6.3	Επεξήγηση πυλώνων, κριτηρίων και δεικτών αξιολόγησης	97
6.3.1	Οικονομία και ενέργεια	97
6.3.2	Ασφάλεια	98
6.3.3	Υγεία	101
6.3.4	Προσβασιμότητα	102
6.4	Πλαίσιο αξιολόγησης επιπτώσεων	105
Κεφάλαιο 7	Συμπεράσματα και προτάσεις για μελλοντική έρευνα	109
	Βιβλιογραφία	113

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1:	Αριθμός επιβατικών ΙΧ οχημάτων ανά έτος στην Ελλάδα (ΕΛΣΤΑΤ, 2020).....	11
Πίνακας 3.1:	Τρόποι φόρτισης (Spöttle et al., 2018).	28
Πίνακας 3.2:	Τύποι φόρτισης (Spöttle et al., 2018).	29
Πίνακας 3.3:	Διαθέσιμοι σταθμοί φόρτισης (Spöttle et al., 2018).	32
Πίνακας 3.4:	Διαμόρφωση SeG (Filote et al., 2020).	43
Πίνακας 4.1:	Στάσεις ανθρώπων απέναντι στα αυτοματοποιημένα οχήματα (Schoettle & Sivak, 2014).	57
Πίνακας 5.1:	Μέση βαθμολογία των μεταβλητών και σύνοψη των συγκριτικών αποτελεσμάτων με κριτήριο την οδηγική εμπειρία.....	89
Πίνακας 5.2:	Κατανομή επιλογής ιδανικού τύπου αυτοκινήτου σε σχέση με το ένα είναι οικολογικό το ηλεκτρικό όχημα.	90
Πίνακας 6.1:	Κριτήρια, δείκτες και αξιολόγηση για τον πυλώνα: Οικονομία	106
Πίνακας 6.2:	Κριτήρια, δείκτες και αξιολόγηση για τον πυλώνα: Ασφάλεια	106
Πίνακας 6.3:	Κριτήρια, δείκτες και αξιολόγηση για τον πυλώνα: Υγεία	107
Πίνακας 6.4:	Κριτήρια, δείκτες και αξιολόγηση για τον πυλώνα: Προσβασιμότητα	108

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1.1: Μεθοδολογία διπλωματικής εργασίας.....	4
Σχήμα 2.1: Καταμερισμός περιαστικών μετακινήσεων σε μέσα σε διάφορες Ευρωπαϊκές πόλεις (Πηγή: www.emta.com).....	9
Σχήμα 2.2: Καταμερισμός αστικών μετακινήσεων σε μέσα σε διάφορες Ευρωπαϊκές πόλεις (Πηγή: www.emta.com).	9
Σχήμα 2.3: Σύνολο επιβατικών ΙΧ οχημάτων στην Ελλάδα ανά έτος (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2020).	10
Σχήμα 3.1: Ενδεικτική χωροθέτηση θέσεων στάθμευσης και σταθμών επαναφόρτισης επί οδοστρώματος (Πηγή: ΦΕΚ Β'2010/04.06.2019).	25
Σχήμα 3.2: Ενδεικτική χωροθέτηση θέσεων στάθμευσης και σταθμών επαναφόρτισης σε κλειστό ή υπαίθριο χώρο στάθμευσης (Πηγή: ΦΕΚ Β'2010/04.06.2019).	26
Σχήμα 3.3: Λεπτομέρειες μηχανικής προστασίας (Πηγή: ΦΕΚ Β'2010/04.06.2019).....	26
Σχήμα 3.4: Εβδομαδιαία απόσταση σε σχέση με τα συμβάντα γρήγορης φόρτισης (Πηγή: Neaimeh et al., 2017).	40
Σχήμα 3.5: Κύκλος ζωής συμβατικού και ηλεκτρικού οχήματος (Πηγή: Filote et al., 2020).	42
Σχήμα 3.6: Εκπομπή CO ₂ που προέρχεται από τα SeG ανά έτος λειτουργίας (Πηγή: Filote et al., 2020).	45
Σχήμα 3.7: Αποφευχθείσα εκπομπή CO ₂ (Πηγή: Filote et al., 2020).....	45
Σχήμα 3.8: Υφιστάμενη και προτεινόμενη υποδομή σταθμών φόρτισης στην πόλη του Βόλου (Υπόβαθρο χάρτη: Google Maps).	47
Σχήμα 4.1: Κατηγορίες αυτόνομων οχημάτων (Πηγή: Επικαιρότητα Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο).	51
Σχήμα 4.2: Συστήματα και η λειτουργικότητά τους (Πηγή: Bakak et al., 2017).	53
Σχήμα 4.3: Οπτική απεικόνιση μέσω του συστήματος Lidar (Πηγή: WCP, 2016).	56
Σχήμα 5.1: Φύλο ερωτηθέντων.	64
Σχήμα 5.2: Ηλικία ερωτηθέντων.	65
Σχήμα 5.3: Απασχόληση ερωτηθέντων.	65
Σχήμα 5.4: Οδηγική εμπειρία ερωτηθέντων.	66
Σχήμα 5.5: Μηνιαίο εισόδημα ερωτηθέντων.	66
Σχήμα 5.6: Αριθμός ατόμων στο νοικοκυριό.	67
Σχήμα 5.7: Αριθμός οχημάτων ιδιωτικής χρήσης στο νοικοκυριό.	67
Σχήμα 5.8: Λόγος μετακίνησης συμμετεχόντων.	68
Σχήμα 5.9: Δυνατότητα χρήσης οχημάτων συμμετεχόντων.	69

Σχήμα 5.10: Συνήθης τρόπος μετακίνησης.	69
Σχήμα 5.11: Μέση καθημερινή χιλιομετρική απόσταση.	70
Σχήμα 5.12: Μέσος ημερήσιος χρόνος που καταναλώνουν οι συμμετέχοντες στις μετακινήσεις τους.	71
Σχήμα 5.13: Ικανοποίηση από τον τρόπο μετακίνησης.	71
Σχήμα 5.14: Σημασία που δίνουν οι χρήστες σε διάφορα ζητήματα.	72
Σχήμα 5.15: Σημασία που δίνουν οι χρήστες σε διάφορα ζητήματα.	73
Σχήμα 5.16: Επιλογή των συμμετεχόντων ως προς το πιο οικονομικό όχημα κατά την αγορά και τη συντήρηση.	74
Σχήμα 5.17: Χαρακτηριστικά που ενδιαφέρουν τους αγοραστές νέου ΙΧ.	75
Σχήμα 5.18: Γνώση σχετικά με την αυτοματοποίηση των οχημάτων.	75
Σχήμα 5.19: Προηγούμενη εμπειρία στα αυτοματοποιημένα οχήματα.	76
Σχήμα 5.20: Συνθήκες που θα προτιμούσαν οι χρήστες ένα αυτόνομο όχημα.	77
Σχήμα 5.21: Ανησυχία χρηστών αυτόνομων οχημάτων.	78
Σχήμα 5.22: Πιθανότητα χρήσης αυτοματοποιημένου οχήματος ανά επίπεδο αυτοματισμού.	79
Σχήμα 5.23: Γνώση σχετικά με τα ηλεκτρικά οχήματα.	79
Σχήμα 5.24: Προηγούμενη εμπειρία με ηλεκτρικά οχήματα.	80
Σχήμα 5.25: Πιθανότητα αγοράς πιο προσιτού οικονομικά ηλεκτρικού οχήματος.	80
Σχήμα 5.26: Πιθανότητα αγοράς ηλεκτρικού οχήματος εάν υπήρχε σταθμός φόρτισης στη γειτονιά.	81
Σχήμα 5.27: Λόγοι που δεν υιοθετούνται μέχρι σήμερα τα ηλεκτρικά οχήματα.	82
Σχήμα 5.28: Προτιμήσεις στη μορφή ηλεκτρικού οχήματος.	82
Σχήμα 5.29: Γνώμη σχετικά με το εάν επιβαρύνει το περιβάλλον το ηλεκτρικό όχημα.	83
Σχήμα 5.30: Γνώμη σχετικά με την επιλογή τύπου οχήματος.	84
Σχήμα 5.31: Μέση διανυόμενη καθημερινή απόσταση ανά ηλικιακή ομάδα.	85
Σχήμα 5.32: Ικανοποίηση τρόπου μετακίνησης με βάση το εισόδημα.	86
Σχήμα 5.33: Προηγούμενη εμπειρία με αυτοματοποιημένα μέσα μεταφοράς ανά ηλικιακή ομάδα.	86
Σχήμα 5.34: Επιλογή αγοράς ηλεκτρικού οχήματος με βάση κοντινό σταθμό φόρτισης.	87
Σχήμα 5.35: Επιλογή αγοράς υβριδικού οχήματος με βάση κοντινό σταθμό φόρτισης.	87
Σχήμα 5.36: Πιθανότητα αγοράς ηλεκτρικού οχήματος σε σχέση με το εισόδημα και το φύλο.	91
Σχήμα 5.37: Διάγραμμα Σημαντικότητας – Ικανοποίησης.	93

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

Στο 1^ο Κεφάλαιο περιγράφεται η ερευνητική περιοχή, το κίνητρο και ο στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας, παρατίθενται συνοπτικά οι βασικές της ενότητες και συνοψίζεται η μεθοδολογική προσέγγιση που ακολουθήθηκε.

1.1 Ερευνητική περιοχή

Η αυξημένη χρήση ιδιωτικών αυτοκινήτων με κινητήρα εσωτερικής καύσης επιφέρει σοβαρές επιπτώσεις σε πολλούς τομείς της ζωής (κοινωνία, περιβάλλον, οικονομία). Τα αυξημένα ποσοστά τροχαίων ατυχημάτων οφείλονται στη συντριπτική πλειοψηφία στον ανθρώπινο παράγοντα στερώντας κάθε χρόνο εκατομμύρια ζωές. Ο συνδυασμός αυτών των δύο παραγόντων απειλεί τη βιωσιμότητα των πόλεων και επομένως απαιτείται η εύρεση αειφόρων μέσων μεταφοράς με αυξημένα επίπεδα ασφάλειας. Έχει αποδειχτεί από τη βιβλιογραφία ότι τα ηλεκτροκίνητα και τα αυτόνομα οχήματα αποτελούν μία από τις πιο αξιόλογες βιώσιμες λύσεις στις μεταφορές, αφού παρέχουν αξιοσημείωτα οφέλη σε όλους τους τομείς της κοινωνίας. Όπως γίνεται αντιληπτό όμως, σε ό,τι αφορά σε τεχνολογικές καινοτομίες, απαιτείται μία περίοδος κατάλληλης έρευνας και κατασκευής των απαραίτητων υποδομών, έτσι ώστε να μπορούν να ενσωματωθούν στη συγκοινωνιακή πραγματικότητα των πόλεων.

1.2 Κίνητρο – Στόχος

Η κατάσταση που επικρατεί στον τομέα των μεταφορών με την ανεξέλεγκτη ρύπανση του πλανήτη σε συνδυασμό με τα τροχαία ατυχήματα που συμβαίνουν καθημερινά, μας οδηγούν στην άμεση αναζήτηση βιώσιμων λύσεων. Τα σχέδια ανάπτυξης έξυπνων πόλεων εμπεριέχουν καινοτομίες, όπως αυτές της ηλεκτροκίνησης και των αυτόνομων οχημάτων. Η

μελέτη αυτών των τεχνολογιών σε συνδυασμό με επιμέρους ζητήματα που τις συνοδεύουν αποτέλεσαν το κίνητρο για τη συγγραφή της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Βασικός στόχος της εργασίας είναι η διερεύνηση της αποδοχής της ηλεκτροκίνησης και των αυτόνομων μεταφορικών μέσων από τους χρήστες. Για τη διεξαγωγή αξιόλογων και αξιόπιστων συμπερασμάτων, πραγματοποιήθηκε εκτεταμένη βιβλιογραφική ανασκόπηση, διεξήχθη δομημένη έρευνα ερωτηματολογίου και αναπτύχθηκε ολοκληρωμένο πλαίσιο αξιολόγησης επιπτώσεων από τη χρήση των τεχνολογιών που προαναφέρθηκαν.

1.3 Οργάνωση διπλωματικής εργασίας

Η διπλωματική εργασία περιλαμβάνει 7 Κεφάλαια. Στο παρόν Κεφάλαιο 1 παρουσιάζονται συνοπτικά η ερευνητική περιοχή, το κίνητρο και ο στόχος συγγραφής αυτής της διπλωματικής εργασίας, καθώς και η μεθοδολογική προσέγγιση που ακολουθήθηκε για την παράθεση των ευρημάτων της βιβλιογραφικής ανασκόπησης και την υλοποίηση της έρευνας.

Στο Κεφάλαιο 2 διαμορφώνεται το θεωρητικό υπόβαθρο σχετικά με τις επιβατικές μεταφορές. Συγκεκριμένα, περιγράφεται το μεταφορικό έργο στη σύγχρονη εποχή, οι αναδυόμενες τάσεις και εφαρμογές στις επιβατικές μεταφορές. Παράλληλα, αναλύεται διεξοδικά η ηλεκτροκίνηση από όλες τις πτυχές της.

Στο Κεφάλαιο 3 κατηγοριοποιούνται οι σταθμοί φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων με βάση την τοποθεσία και τις χρήσεις που προσφέρουν στους πολίτες. Παρατίθεται, επιπλέον, το νομοθετικό πλαίσιο που ισχύει για τη χωροθέτηση σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα. Ταυτόχρονα παρουσιάζονται ζητήματα που συνοδεύουν τη δημιουργία μίας τόσο σύγχρονης συγκοινωνιακής υποδομής. Επιπρόσθετα, μελετώνται τα περιβαλλοντικά ζητήματα που ενδέχεται να προκύψουν από την καθιέρωση της ηλεκτροκίνησης. Τέλος, δίδεται μία σχετική μελέτη περίπτωσης για τη χωροθέτηση σταθμών φόρτισης στην πόλη του Βόλου.

Στο Κεφάλαιο 4 δίνεται ο ορισμός της αυτόνομης τεχνολογίας, πραγματοποιείται κατηγοριοποίηση των επιπέδων και των τύπων αυτοματισμού, αναλύονται ηθικά διλήμματα, όπως και κοινωνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά σχετικά με αυτή την καινοτομία. Παράλληλα, εξηγούνται τα τεχνολογικά συστήματα με τα οποία εφοδιάζονται τα αυτόνομα

οχήματα. Τέλος, τονίζονται οι ελλείψεις στην έρευνα και τα προβλήματα που πρέπει να ξεπεραστούν, έτσι ώστε να αποτελεί αυτή η τεχνολογία αξιόλογη μορφή μετακίνησης.

Στο Κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται τα βήματα σχεδιασμού και υλοποίησης της έρευνας ερωτηματολογίου. Περιγράφεται η δομή και η διαδικασία διοχέτευσής του, όπως επίσης οι τεχνικές συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα ευρήματα της έρευνας και γίνεται περιγραφή των δημογραφικών χαρακτηριστικών των συμμετεχόντων της έρευνας. Αμέσως μετά, αναλύονται και ερμηνεύονται τα αποτελέσματα της περιγραφικής και επαγωγικής στατιστικής επεξεργασίας, ενώ παράλληλα εξηγούνται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την ανάλυση σημαντικότητας-ικανοποίησης που διεξήχθη σχετικά με τη χρήση οχημάτων ιδιωτικής χρήσης.

Στο Κεφάλαιο 6 παρουσιάζεται το πλαίσιο αξιολόγησης των επιπτώσεων που αναπτύχθηκε, με σκοπό να αξιολογεί πιθανές επιπτώσεις λόγω εφαρμογής της ηλεκτροκίνησης και του αυτοματισμού των μεταφορών, λαμβάνοντας υπόψιν τους τέσσερις βασικούς πυλώνες της βιωσιμότητας των μεταφορών (οικονομία, ασφάλεια, υγεία και προσβασιμότητα).

Στο Κεφάλαιο 7 συνοψίζονται τα συμπεράσματα της εργασίας και προτείνονται πιθανές προτάσεις βελτίωσης της παρούσας συγκοινωνιακής κατάστασης, όπως και τομείς ή δράσεις για περαιτέρω έρευνα σχετικά με τα υπό εξέταση θέματα της διπλωματικής εργασίας. Ακολουθούν οι βιβλιογραφικές πηγές και παράρτημα με το ερωτηματολόγιο.

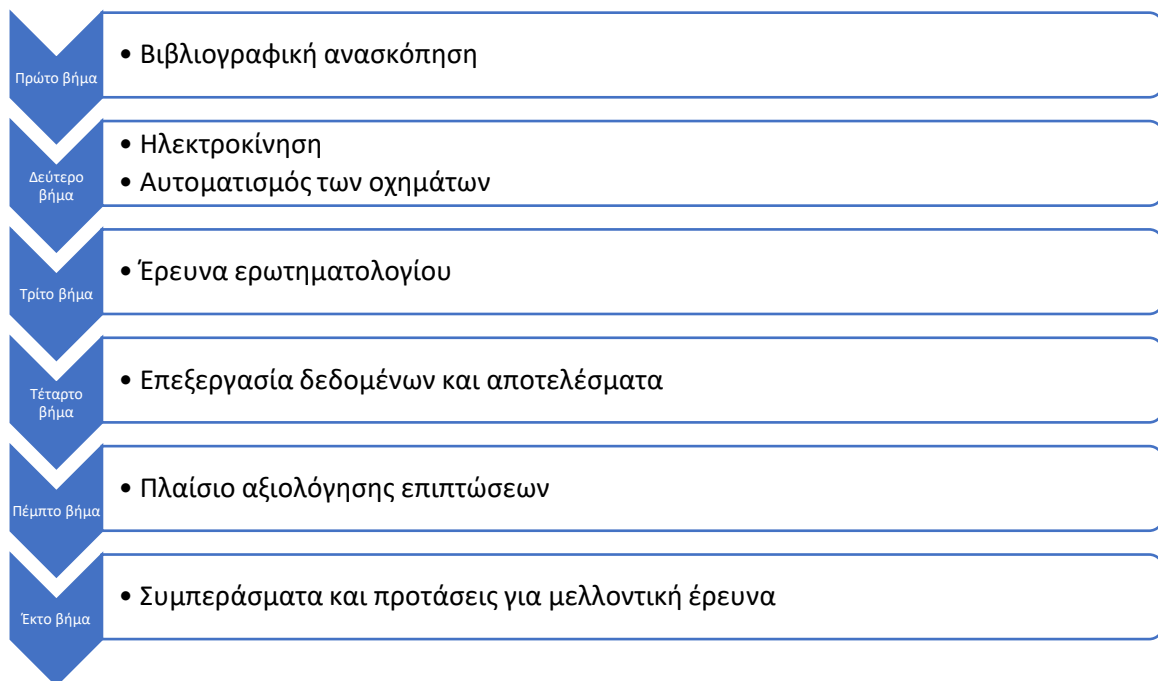
1.4 Μεθοδολογία

Η μεθοδολογική προσέγγιση της παρούσας διπλωματικής εργασίας απεικονίζεται γραφικά στο Σχήμα 1.1. Το πρώτο βήμα περιλαμβάνει συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση, η οποία οργανώθηκε σε εντοπισμό και ανάγνωση επιστημονικών άρθρων στις ηλεκτρονικές βάσεις Science Direct και Google Scholar, χρησιμοποιώντας λέξεις-κλειδιά, όπως «electric vehicles», «automated transport systems», «autonomous cars», «infrastructure for EV car», «user acceptance on autonomous cars», «ethical issues from the use of autonomous vehicles», κτλ.

Με βάση την κριτική αξιολόγηση των ευρημάτων της βιβλιογραφίας, διαμορφώθηκε το ερωτηματολόγιο για την έρευνα. Μετά την πιλοτική εφαρμογή του ερωτηματολογίου σε μικρό δείγμα χρηστών, αναπτύχθηκε η τελική του μορφή στην ηλεκτρονική πλατφόρμα Survey Monkey (<https://www.surveymonkey.com/>).

Η ανάλυση των στοιχείων που συλλέχθηκαν επεξεργάστηκαν στο υπολογιστικό πρόγραμμα του Microsoft EXCEL και στο IBM SPSS Statistics, εφαρμόζοντας περιγραφική και επαγωγική στατιστική.

Τέλος, τα ευρήματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης και της έρευνας ερωτηματολογίων, τροφοδότησαν την ανάπτυξη πλαισίου αξιολόγησης επιπτώσεων από την εφαρμογή της ηλεκτροκίνησης και του αυτοματισμού στα οχήματα. Δόθηκε μεγάλη προσοχή και βαρύτητα στην επιλογή των κατάλληλων δεικτών, έτσι ώστε να αξιολογείται η συνεισφορά των συγκεκριμένων σύγχρονων μεταφορικών μέσων ή συστημάτων στην προώθηση της έννοιας της βιωσιμότητας στις πόλεις.



Σχήμα 1.1: Μεθοδολογία διπλωματικής εργασίας.

Κεφάλαιο 2 Ηλεκτροκίνηση

2.1 Μεταφορικό έργο στη σύγχρονη εποχή

Ο αστικός ιστός αποτελείται από ένα σύνολο συγκοινωνιακών υποδομών και παρεχόμενων υπηρεσιών με σκοπό την εξυπηρέτηση του ανθρώπου και την ικανοποίηση των αυξημένων αναγκών του για εργασία, κοινωνικοποίηση, ψυχαγωγία και οργάνωση δραστηριοτήτων εντός των ορίων της πόλης. Για τη διεκπεραίωση των δραστηριοτήτων αυτών, είναι αναγκαία η άρτια οργάνωση και ο βιώσιμος σχεδιασμός των μετακινήσεων στο δίκτυο των πόλεων. Πρωταρχική τροχοπέδη για τη σωστή οργάνωση των μετακινήσεων, αποτελεί η ποικιλομορφία που διέπει τους σκοπούς πραγματοποίησης των μετακινήσεων (εργασία, ψυχαγωγία, αγορές) και η κατηγοριοποίησή τους όσον αφορά στην κατεύθυνση (προς την πόλη ή από την πόλη) και τη χρονική στιγμή διεξαγωγής τους. Οι μετακινήσεις που λαμβάνουν μέρος εντός των ορίων των πόλεων μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με βάση:

- Τις περιοχές γένεσης των μετακινήσεων.
- Τις περιοχές έλξης των μετακινήσεων.
- Τα συγκοινωνιακά/μεταφορικά δίκτυα (συλλεκτήριες/κύριες αρτηρίες).
- Τη ζήτηση και την προσφορά κάθε διαδρομής.

Τις τελευταίες δεκαετίες, λόγω της ολοένα αυξανόμενης οικονομικής και κοινωνικής εξέλιξης, ο αριθμός και η αναγκαιότητα των μετακινήσεων παρουσιάζουν ραγδαίες αυξητικές τάσεις. Στα μητροπολιτικά κέντρα ειδικότερα, η επίτευξη άρτια οργανωμένης κινητικότητας δυσκολεύει έντονα, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται χρονικές καθυστερήσεις στην περάτωση των μετακινήσεων, ενώ παράλληλα λόγω της κυκλοφοριακής συμφόρησης επιβαρύνεται ζημιόγωνα και το περιβάλλον. Παράλληλα, η διορθωτική πολιτική κατασκευής νέων συγκοινωνιακών υποδομών για την εξομάλυνση των κυκλοφοριακών ροών, καθίσταται οικονομικά και περιβαλλοντικά αδύνατη σε πολλές περιπτώσεις πόλεων λόγω και της πυκνής

δόμησης. Επιπρόσθετα, η ανομοιομορφή κατανομή των τοποθεσιών που γεννούν και προσελκύνουν μετακινήσεις εντός του αστικού ιστού, οδηγεί την κατασκευή βιώσιμων οδικών συγκοινωνιακών διαδρομών σε ένα ιδιαίτερα μεταβλητό και δυσνόητο έργο.

Για την εξομάλυνση των προαναφερθέντων ζητημάτων, με σκοπό την ελαχιστοποίηση του χρόνου και του κόστους ταξιδιού, όπως και τη βελτίωση του προσφερόμενου επιπέδου αξιοπιστίας και ασφάλειας, σε γενικές γραμμές, εφαρμόζονται τρεις λύσεις (Καρλαύτης & Λυμπέρης, 2009):

- Παροχή της βέλτιστης συγκοινωνιακής εξυπηρέτησης μέσω των διαθέσιμων μέσων (διαρκώς εξελισσόμενα).
- Περιορισμός της ανάγκης για μετακίνηση εντός της πόλης μέσω της χρήσης των προσφερόμενων τεχνολογικών διευκολύνσεων (π.χ. τηλεργασία) ή προσαρμογή των ανθρώπινων δραστηριοτήτων μέσω ωραρίων, ώστε να οργανώνονται καλύτερα οι μετακινήσεις εντός των πόλεων.
- Διαχείριση της αστικής κινητικότητας μέσα από μέτρα, τα οποία έχουν ως στόχο τη διαμόρφωση περιβαλλοντικής συνείδησης των πολιτών.
- Η εφαρμογή της δεύτερης λύσης αποτελεί μοναδικό ελαφρυντικό της κυκλοφοριακής συρροής σε πόλεις που αδυνατούν να βελτιώσουν τις συνθήκες που επικρατούν στα οδικά δίκτυα υπό τις υφιστάμενες υποδομές τους. Πάραυτα, στην εφαρμογή αυτής της λύσης πρέπει να ληφθεί υπόψιν πως η μείωση των μετακινήσεων, εγκυμονεί πολλούς κινδύνους για την κοινωνικοποίηση, την εξάρτηση από την τεχνολογία και τη ψυχική υγεία των πολιτών.

Όσον αφορά στην τρίτη λύση, η βέλτιστη δυνατή συγκοινωνιακή εξυπηρέτηση πραγματοποιείται με την οργάνωση της αστικής κινητικότητας. Αυτό επιτυγχάνεται με τη διαμόρφωση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς του μετακινούμενου, ενώ παράλληλα προσφέρονται μέσω της τεχνολογίας, πληροφορίες σχετικά με τις εναλλακτικές επιλογές μετακίνησής του (μέσα μεταφοράς που θα επιλέξει και διαδρομές που μπορεί να ακολουθήσει για την άφιξη στον προορισμό του). Σημαντική είναι να σημειωθεί η ευρωπαϊκή τάση που επικρατεί τα τελευταία χρόνια, η οποία προωθεί τη σωστή διαχείριση της κινητικότητας μέσω των κατάλληλων μέτρων έναντι της ανεξέλεγκτης επέκτασης των υφιστάμενων συγκοινωνιακών υποδομών.

Οι μετακινήσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν με Ιδιωτικής Χρήσης (ΙΧ) οχήματα, με αστικές συγκοινωνίες (μετρό, λεωφορεία, κτλ.), μέσα μαζικής μεταφοράς χαμηλής χωρητικότητας (ταξί) και μέσα χαμηλών ταχυτήτων (ποδήλατα) (Καρλαύτης & Λυμπέρης, 2009). Η μετακίνηση με ΙΧ χαρακτηρίζεται από πλήρη αυτονομία και ανεξαρτησία, ενώ παράλληλα παρέχεται ασφάλεια και άνεση. Στα δίκυκλα, η ασφάλεια κίνησης είναι σε αρκετά χαμηλότερα επίπεδα, ενώ η προσφερόμενη ευελιξία είναι αρκετά υψηλότερη και αυτό αποτελεί συνήθως τον λόγο επιλογής τους έναντι των ΙΧ. Παράλληλα, με το πέρασμα των χρόνων, η κατοχή ΙΧ συγκαταλέγεται ως σύμβολο κοινωνικής και οικονομικής καταξίωσης (Βλαστός, 1997 σε Καρλαύτη & Λυμπέρη, 2009).

Στη σημερινή εποχή, τα κέντρα των πόλεων κατακλύζονται καθημερινά από ανησυχητικά υψηλά επίπεδα αέριων ρύπων εξαιτίας του υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου που αναπτύσσεται. Η μόλυνση είναι τόσο έντονη που όχι μόνο αποτελεί κίνδυνο για το περιβάλλον, αλλά και την υγεία των πολιτών. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο οι κυβερνήσεις σε παγκόσμια κλίμακα, έχουν θέσει περιβαλλοντικούς κανονισμούς, έτσι ώστε να καταφέρουν να πετύχουν μακροχρόνια την επιθυμητή μείωση της ρύπανσης του πλανήτη που οφείλεται στην εκπομπή αέριων ρύπων. Περιορισμοί όπως αναφέρθηκαν στα προηγούμενα, έχουν εφαρμοστεί στο πλαίσιο των πόλεων μέσω της θέσπισης ζωνών χαμηλών εκπομπών ρύπων (low emission zones). Πρακτικά, οι ζώνες αυτές αποτελούν περιοχές εντός του αστικού ιστού, στις οποίες απαγορεύεται η κυκλοφορία οχημάτων, τα οποία είναι ιδιαίτερα ρυπογόνα για την ατμόσφαιρα. Αναλόγως την πολιτική που θέλει να ακολουθήσει η κάθε χώρα, τα κριτήρια και η αυστηρότητα για την επιβολή μη τήρησης των ζωνών, διαφοροποιείται.

Ωστόσο, η μη καθολική τήρηση αυστηρών μέτρων για την αλόγιστη χρήση των αυτοκινήτων, δημιουργεί ένα πρόβλημα τεσσάρων διαστάσεων στις εκπομπές ρύπων (Fernández, 2019):

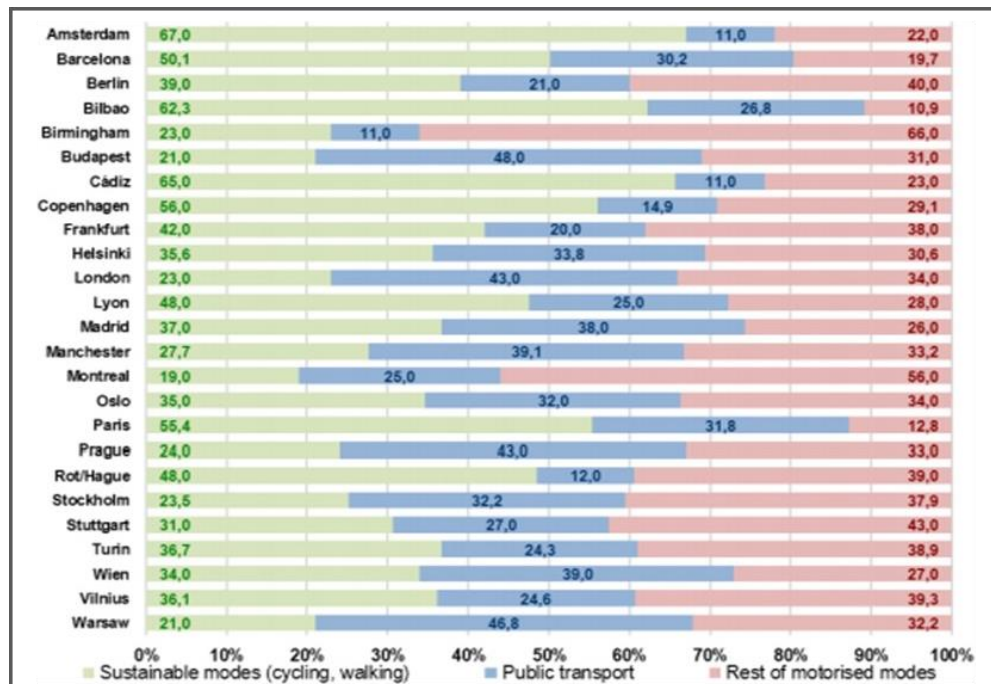
- 1^η διάσταση: απευθείας από τις εξατμίσεις των αυτοκινήτων εξέρχονται αέριοι ρύποι, υπεύθυνοι για το φαινόμενο του θερμοκηπίου (GHG - Greenhouse Gas), λόγω της εσωτερικής καύσης στις μηχανές των οχημάτων.
- 2^η διάσταση: τοπικοί ρύποι, όπως το οξειδίο του αζώτου (NO_x), το οξειδίο του θείου, το μονοοξειδίο του άνθρακα, τοξικά μέταλλα, κτλ., εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα, είτε

δημιουργούνται εκεί. Αυτού του είδους η μόλυνση, οφειλόμενη κατά κύριο λόγο στους πετρελαιοκινητήρες, έδειξαν έρευνες ότι οδήγησε σε 6,5 εκατομμύρια θανάτους ανθρώπων το 2015.

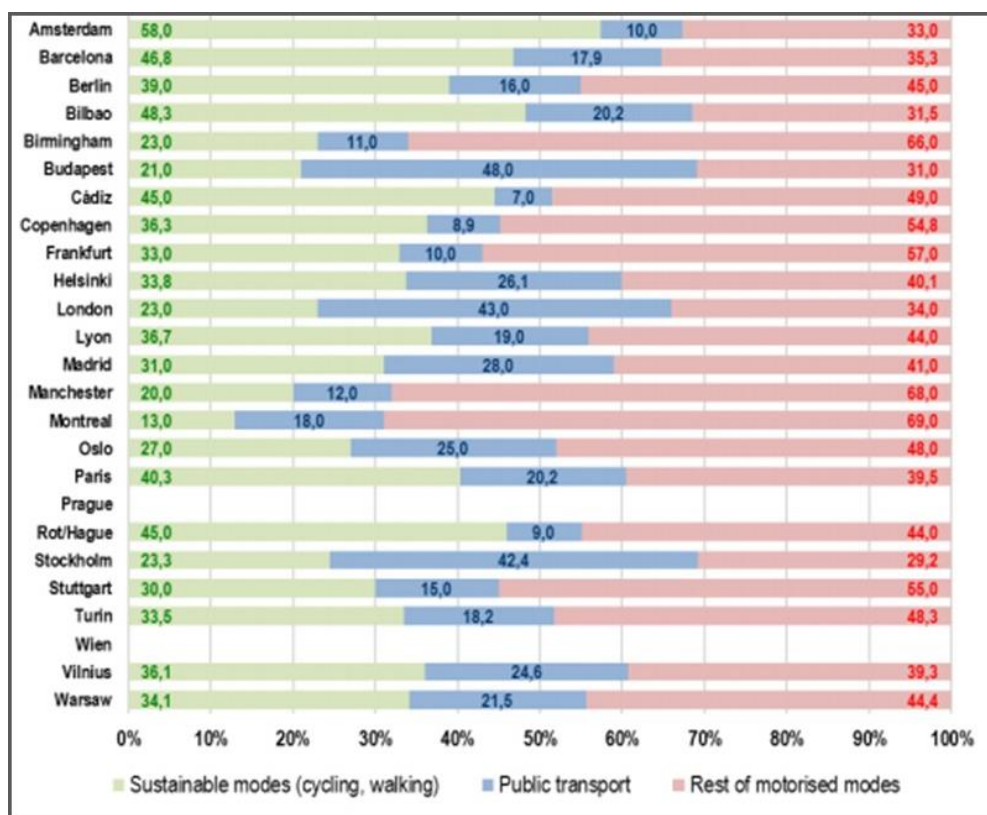
- 3^η διάσταση: αέριες εκπομπές που μολύνουν την ατμόσφαιρα εκτός των πόλεων (λόγω μετακινήσεων με σκοπό την εργασία).
- 4^η διάσταση: αέριες εκπομπές που επιβαρύνουν την ποιότητα του αέρα έξω από τα όρια των πόλεων, λόγω δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα εντός αυτών, όπως τα εργοστάσια.

2.2 Αναδυόμενες τάσεις και εφαρμογές στις επιβατικές μεταφορές

Παρά τη μικρή χωρητικότητα για μεταφορά επιβατικού κοινού, την αυξημένη μόλυνση του περιβάλλοντος, την επίδραση στην ηχορύπανση του αστικού ιστού και τη δυσκολία εύρεσης θέσεων στάθμευσης, τα ΙΧ αποτελούν μία από τις ευρέως χρησιμοποιούμενες λύσεις για μετακίνηση σε διάφορες πόλεις στην Ευρώπη, όπως φαίνεται στα Σχήματα 2-1 και 2.2.



Σχήμα 2.1: Καταμερισμός περιαστικών μετακινήσεων σε μέσα σε διάφορες Ευρωπαϊκές πόλεις (Πηγή: www.emta.com).

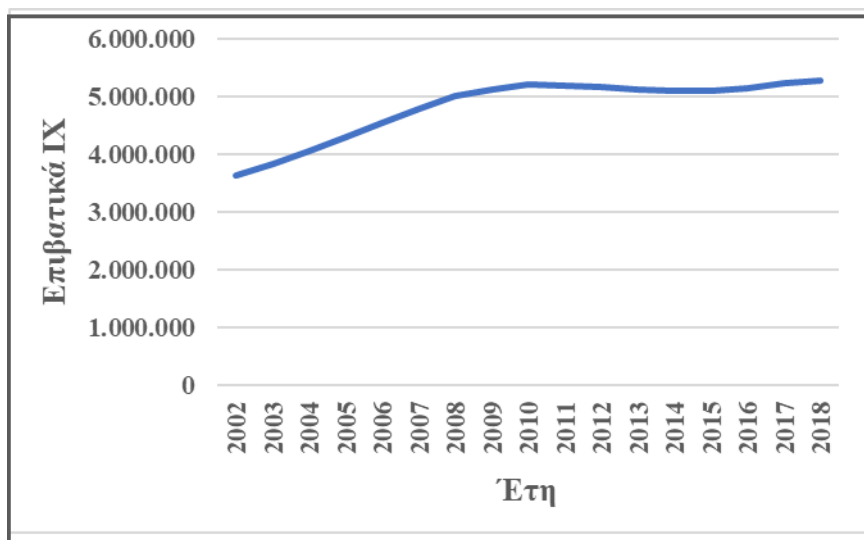


Σχήμα 2.2: Καταμερισμός αστικών μετακινήσεων σε μέσα σε διάφορες Ευρωπαϊκές πόλεις (Πηγή: www.emta.com).

Συγκεκριμένα στην Ελλάδα, σύμφωνα με τη «Μελέτη Προέλευσης Προορισμού Μετακινήσεων» του ΟΑΣΑ (2007), περίπου τα μισά νοικοκυριά στην Αττική διαθέτουν ένα ΙΧ, ενώ το 25% διαθέτει περισσότερα από ένα αυτοκίνητα (Καρλαύτης & Λυμπέρης, 2009).

Ακόμα σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Αρχή, το 2020 υπήρχαν καταγεγραμμένα στην Ελλάδα 5.492.176 επιβατικά οχήματα, εκ των οποίων 5.458.616 ήταν ιδιωτικής χρήσης και 33.560 ήταν δημόσιας χρήσης (ΕΛΣΤΑΤ, 2020).

Από τις μετρήσεις της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής, προκύπτει πως αυτός ο αριθμός είναι ο μεγαλύτερος που έχει καταγραφεί ποτέ, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2-3, ενώ ο αριθμός των επιβατικών οχημάτων είναι συνεχόμενα αυξανόμενος, με εξαίρεση τα έτη 2011-2015 στα οποία η χώρα περνούσε οικονομική κρίση. Αντίστοιχα, στον Πίνακα 2-1 παρουσιάζεται ο ακριβής αριθμός των επιβατικών οχημάτων ανά έτος.



Σχήμα 2.3: Σύνολο επιβατικών ΙΧ οχημάτων στην Ελλάδα ανά έτος (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2020).

Πίνακας 2.1: Αριθμός επιβατικών ΙΧ οχημάτων ανά έτος στην Ελλάδα (ΕΛΣΤΑΤ, 2020).

Έτος	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Αριθμός επιβατικών ΙΧ	3.646.069	3.839.549	4.073.511	4.303.129	4.543.016	4.798.530	5.023.944	5.131.960	5.216.873
Έτος	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Αριθμός επιβατικών ΙΧ	5.203.591	5.167.557	5.124.208	5.110.873	5.107.620	5.160.056	5.235.928	5.282.695	5.492.176

Είναι φανερό λοιπόν ότι η κινητικότητα ολοένα και αυξάνεται απειλώντας τη βιωσιμότητα του πλανήτη λόγω της αύξησης των εκπομπών αέριων ρύπων. Σύμφωνα με τα δεδομένα της χρονικής περιόδου που διανύουμε, ο ελληνικός στόλος οχημάτων και κατ' επέκταση οι μετακινήσεις των Ελλήνων πολιτών, διεξάγονται στη συντριπτική τους πλειοψηφία με οχήματα με μηχανές εσωτερικής καύσης που καταναλώνουν αδιάκοπτα ορυκτά καύσιμα, μετατρέποντας τον αέρα των πόλεων σε μολυσμένη περιοχή που απειλεί, τόσο την ζωή των πολιτών, όσο και το περιβάλλον. Για την καταπολέμηση των ζητημάτων αυτών, κρίθηκε πως θα μπορούσε να αποτελέσει λύση η εφαρμογή της λογικής των «ευφυών πόλεων» (Smart cities). Με τον όρο αυτό, εννοείται μια πόλη που επιδιώκει να αντιμετωπίσει τα δημόσια ζητήματα μέσω λύσεων, χρησιμοποιώντας Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας - ΤΠΕ (Information and Communication Technology - ICT), οι οποίες βασίζονται σε πολυδιάστατη δημόσια συνεργασία. Για αυτόν τον λόγο, για να χαρακτηριστεί μια πόλη ως ευφυής, πρέπει να περιλαμβάνει τουλάχιστον μία πρωτοβουλία που να χαρακτηρίζεται από: ευφυή διοίκηση, ευφυείς ανθρώπους, ευφυή διαβίωση, ευφυή κινητικότητα, ευφυή οικονομία και ευφυές περιβάλλον (Manville et al., 2014). Οι ΤΠΕ σε αυτήν την περίπτωση, επιχειρούν να συνδέσουν τις υπάρχουσες υποδομές με άλλες βελτιωμένες προς όφελος των προσφερόμενων υπηρεσιών εντός μιας πόλης.

Μία από τις εφαρμογές των έξυπνων συστημάτων στις ευφυείς πόλεις αποτελεί η ηλεκτροκίνηση. Η ηλεκτροκίνηση καθίσταται σημαντική, καθώς (Lance et al., 2018; ERTRACK, 2017):

- Προωθεί ενέργειες βελτίωσης της τοπικής ρύπανσης και υγείας των πολιτών (εντός πόλεως) και καταπολέμησης της κλιματικής αλλαγής.

- Εναρμονίζεται με την κατεύθυνση της Ευρωπαϊκής Ένωσης και των κρατών παγκοσμίως για την ελάττωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), τη φιλοδοξία απεξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα και τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- Ενισχύει την εξέλιξη του παγκόσμιου οικονομικού περιβάλλοντος ανάμεσα σε Αμερικάνικες, Ευρωπαϊκές και Ασιατικές βιομηχανίες.
- Εμπορευματοποιεί τη σημαντική πρόοδο στους ηλεκτρικούς κινητήρες, την αυξημένη αποδοτικότητα της ηλεκτρικής ενέργειας σε σύγκριση με τα συμβατικά οχήματα και τις τεχνολογίες μπαταριών που αποτελούν βασικό παράγοντα για την εξέλιξη της ηλεκτροκίνησης και την καθολική καθιέρωσή τους, καθώς μπορούν να αυξήσουν την διατιθέμενη αυτονομία.
- Προωθεί κοινωνικά κίνητρα προς όφελος της ανάπτυξης της αγοράς ηλεκτροκίνητων οχημάτων (φοροαπαλλαγές, μειωμένα τέλη κυκλοφορίας, μηδενικά τέλη στάθμευσης) και της κατασκευής υποδομών φόρτισής τους.
- Η επιλογή χρήσης ενός ηλεκτροκίνητου οχήματος βοηθάει στη διαμόρφωση περιβαλλοντικής συνείδησης και στις υπόλοιπες ενέργειες που διέπουν την καθημερινότητα των χρηστών, ενώ ταυτόχρονα παρουσιάζει τις απαραίτητες προϋποθέσεις για την εισαγωγή της μοιρασμένης κινητικότητας ως μία περιβαλλοντικά φιλική λύση για μετακίνηση.
- Συντελεί στη μείωση της ηχορύπανσης των πόλεων, καθιστώντας τις συνθήκες διαβίωσης ιδιαίτερα βελτιωμένες σε κεντρικά σημεία, στα οποία υπάρχει αυξημένη κινητικότητα.
- Η μείωση της ηχητικής ρύπανσης σε ορισμένες πολυσύχναστες περιοχές αλλάζει την πολεοδομική αξία των περιοχών δημιουργώντας πλέον άλλα οικονομικά δεδομένα για ορισμένες περιοχές που η αξία τους ήταν χαμηλότερη λόγω του αυξημένου θορύβου.
- Προωθεί την εργασία, καθώς θεωρείται ότι θα αυξηθεί η ζήτηση για την κατασκευή, τόσο των οχημάτων στην αυτοκινητοβιομηχανία, αλλά και για την κατασκευή των απαιτούμενων υποδομών φόρτισης και στάθμευσης των ηλεκτρικών οχημάτων.

- Μειώνει τη χρονική καθυστέρηση και αυξάνει την άνεση, αφού σύμφωνα με τους περισσότερους χρήστες ο ανεφοδιασμός της μπαταρίας γίνεται, είτε μέσω των οικιακών φορτίσεων, είτε μέσω της φόρτισης του οχήματος στην εργασία. Έτσι δεν απαιτείται η μετάβαση στα πρατήρια ανεφοδιασμού, όπως συνέβαινε στα συμβατικά οχήματα.
- Υποστηρίζεται ότι βελτιώνεται η ατομική και η συνολική οικονομική εξοικονόμηση λόγω των πολύ χαμηλών καταναλώσεων ρεύματος και της υψηλής απόδοσης.
- Επιτρέπει την εισχώρηση νέων επιχειρήσεων στην αυτοκινητοβιομηχανία με νέα μοντέλα ηλεκτροκίνητων οχημάτων.
- Προωθούν τη χρήση της ηλιακής και της αιολικής ενέργειας για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας βοηθώντας, τόσο στην απεξάρτηση από την ανεξέλεγκτη κατανάλωση των ορυκτών καυσίμων για τις οδικές μεταφορές, όπως και στην εδραίωσή τους και για τις υπόλοιπες ανθρώπινες δραστηριότητες.
- Βελτιώνει τα προσφερόμενα επίπεδα ασφάλειας των οχημάτων και προωθεί την εισαγωγή της αυτόνομης οδήγησης ως λύση αρκετών κυκλοφοριακών ζητημάτων λόγω της καλύτερης οργάνωσης που μπορούν να πετύχουν.

Οι πολίτες παγκοσμίως, αντιλαμβάνονται τις αλλαγές που πρόκειται να συμβούν στα κυκλοφοριακά δεδομένα του άμεσου μέλλοντος με την καθιέρωση των ηλεκτροκίνητων οχημάτων, παρόλο που αυτό δεν επιβεβαιώνεται ακόμα στις πωλήσεις. Στη δημιουργία αυτής της αντίληψης, συμβάλλουν τα αυστηρά όρια που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση για τις εκπομπές CO₂ των κρατών μελών της για τα έτη 2025, 2030 και η θέσπιση ζωνών μηδενικών εκπομπών (lez, lez+ and zero emission zones) στα κέντρα των πόλεων που μολύνονται ανεξέλεγκτα. Όπως γίνεται αντιληπτό, αυτή η πολιτική που ακολουθείται πρόκειται να εκτοξεύσει την αγορά των ηλεκτροκίνητων οχημάτων στο άμεσο μέλλον και οι αυτοκινητοβιομηχανίες καθημερινά επενδύουν ολοένα και περισσότερο στην παραγωγή ηλεκτρικών μοντέλων που θα είναι οικονομικά, αποδοτικά, ασφαλή με υψηλή τεχνολογία και θα έχουν μεγάλη αυτονομία κίνησης.

Με την ηλεκτροκίνηση, τα οφέλη φαίνεται να είναι ποικιλόμορφα, καθώς πρόκειται να αλλάξουν τα δεδομένα που επικρατούν ως τώρα, τόσο σε κοινωνικό όσο και σε περιβαλλοντικό, οικονομικό, πολεοδομικό και τεχνολογικό επίπεδο.

Συνεπώς, για να επιτύχει το εγχείρημα της εδραίωσης της ηλεκτροκίνησης στην κυκλοφορία, οφείλουν να ληφθούν σοβαρά υπόψιν τα εξής χαρακτηριστικά των οχημάτων που διατίθενται στο εμπόριο: το χαμηλό σχετικά κόστος αγοράς ενός τέτοιου οχήματος, η ποικιλία οχημάτων για όλες τις πιθανές προτιμήσεις, η αξιοπιστία και η ανθεκτικότητα που πρέπει να τα διέπει, ενώ ταυτόχρονα απαιτείται η άνετη και γρήγορη φόρτισή τους. Οι υποδομές φόρτισης θα πρέπει να χαρακτηρίζονται από ευκολία πρόσβασης, ταχύτητα και ευκολία φόρτισης, συνδεσιμότητα οχήματος/σταθμού και ευκολία πληρωμής, ασφάλεια του οχήματος κατά τη στάθμευση του οχήματος για φόρτιση, ενώ η χωροθέτηση των σταθμών φόρτισης οφείλει να σχεδιαστεί με μεγάλη προσοχή και να λάβει υπόψιν όλες τις απαραίτητες μεταβλητές, ώστε να μπορούν να έχουν τη δυνατότητα όλοι οι πολίτες για φόρτιση των οχημάτων τους.

2.3 Ηλεκτρικά οχήματα

2.3.1 Βασικές έννοιες

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, γίνεται χρήση των όρων «ηλεκτρικό όχημα», «αμιγώς ηλεκτρικό όχημα», «ηλεκτροκίνητο όχημα» και «ηλεκτρικό όχημα μπαταριών (Battery Electric Vehicle – BEV)». Τα οχήματα αυτά αποτελούν επιβατικά μέσα που κινούνται με έναν ή περισσότερους ηλεκτρικούς κινητήρες και καταναλώνουν για την κίνηση του οχήματος ηλεκτρική ενέργεια που είναι αποθηκευμένη σε μία επαναφορτιζόμενη μπαταρία ιόντων λιθίου. Με τους όρους «Plug-in Hybrid Vehicle (PHEV) (υβριδικό όχημα με καλώδιο)» και «plug-in όχημα» γίνεται λόγος σε επιβατικά οχήματα που διαθέτουν έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης (Internal Combustion Engine - ICE) και έναν ή περισσότερους ηλεκτρικούς κινητήρες, αντλούν την ενέργεια προώθησής τους από ορυκτά καύσιμα και/ή από την ηλεκτρική ενέργεια και μπορούν να φορτιστούν από μια εξωτερική πηγή ηλεκτρισμού. Τέλος, οι όροι «συμβατικό όχημα (Conventional Vehicle – CV)» και «συμβατικό αυτοκίνητο» αναφέρονται σε επιβατικά οχήματα που εφοδιάζονται αποκλειστικά από έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης που καταναλώνει ως καύσιμο βενζίνη ή πετρέλαιο (Weiss, et al., 2019).

2.3.2 Ταξινόμηση ηλεκτρικών οχημάτων

Τα ηλεκτρικά οχήματα (EV) μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε: Hybrid electric vehicles (HEV), Plug-in Hybrid Electric Vehicles (PHEV) και Battery Electric Vehicles (BEV). Τα υβριδικά οχήματα (HEV) διαθέτουν κινητήρα εσωτερικής καύσης που χρησιμοποιεί ως καύσιμο βενζίνη, πετρέλαιο ή υγρό αέριο και έναν μικρό ηλεκτρικό κινητήρα, ο οποίος εφοδιάζεται από ηλεκτρική ενέργεια που είναι αποθηκευμένη σε μια μπαταρία. Οι μπαταρίες αυτών των αυτοκινήτων δεν φορτίζονται μέσω ενός δικτύου ηλεκτρικού ρεύματος, αλλά αναγεννούνται από συστήματα που διαθέτουν τα οχήματα που επιστρέφουν ενέργεια, όπως η πέδηση και ο κινητήρας εσωτερικής καύσης τους. Για αυτόν τον λόγο, η αυτονομία των υβριδικών είναι μειωμένη και σε συνδυασμό με τη χαμηλή ταχύτητα στην οποία μπορεί να κινηθεί ως αμιγώς ηλεκτρικό όχημα, αυτή η λύση ήταν από τις πρώτες που εισήχθησαν στον τομέα των μεταφορών. Στη συνέχεια, μια πιο τεχνολογικά προηγμένη μορφή των υβριδικών είναι τα plug-in υβριδικά, τα οποία διαθέτουν ηλεκτρικό κινητήρα μεγαλύτερης χωρητικότητας και αυτονομίας. Οι μπαταρίες τους φορτίζουν με τη σύνδεση των οχημάτων απευθείας σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο, ενώ ταυτόχρονα ο κινητήρας εσωτερικής καύσης που χρησιμοποιούν καταναλώνει μια μορφή από ορυκτά καύσιμα. Τα πλήρως ηλεκτρικά οχήματα είναι η τελευταία εξέλιξη της τεχνολογίας, καθώς κινούνται αποκλειστικά από ηλεκτρισμό (Neves et al., 2019). Είναι μία τεχνολογία διαρκώς αναπτυσσόμενη και αυτό φαίνεται από τις τεράστιες επενδύσεις που έχουν κάνει όλες σχεδόν οι αυτοκινητοβιομηχανίες τα τελευταία χρόνια στην ανάπτυξη, την παραγωγή και τη βελτίωση των ηλεκτρικών οχημάτων. Τον τελευταίο καιρό όμως, γίνονται συχνά αναφορές στις επιστημονικές κοινότητες στον συνολικό κύκλο ζωής των μπαταριών αυτών και στο ενεργειακό τους αποτύπωμα.

Όλες οι απόψεις συγκλίνουν στο ότι το «κλειδί» για την περιβαλλοντικά αποδοτική χρήση τους, εστιάζει στη φόρτισή τους, η οποία θα πρέπει να γίνεται από ανανεώσιμες πηγές. Για να μειωθεί, λοιπόν, το πρόβλημα μέσω της χρήσης BEVs, θα πρέπει να ελεγχθεί η πηγή (χρήση ανανεώσιμων πηγών ή ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας) και η χωροθέτηση των σταθμών φόρτισής τους. Ορισμένοι καθοριστικοί παράγοντες που αφορούν στην ηλεκτροκίνηση και θα πρέπει σε αυτό το σημείο να τονιστούν είναι:

- Η κατανάλωση ρεύματος, η μάζα, η ταχύτητα και η απόδοση των οχημάτων.

- Ο συντελεστής εκπομπής Mix (Emission Factor $M_x - E_{fmix}$), ο οποίος αντικατοπτρίζει το σύνολο των ενεργειακών πηγών που χρειάζονται για να παράγουν την απαιτούμενη ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος για την ηλεκτροδότηση μια περιοχής. Δηλαδή, είναι το άθροισμα των ενεργειών μικρής και μεγάλης κλίμακας που συμμετέχουν, όπως είναι η συνεισφορά της υδροηλεκτρικής, του πετρελαίου, των πυρηνικών αντιδραστήρων, της γεωθερμικής, του αέρα και της ηλιακής, και καθορίζουν την ποσότητα CO₂ που εκπέμπεται ανά μονάδα ηλεκτρισμού που παράγεται. Ο συντελεστής αυτός διαφέρει για κάθε χώρα.

2.3.3 Προοπτικές και περιορισμοί χρήσης ηλεκτρικών οχημάτων

Στην αγορά, ο όρος ηλεκτροκίνητο και αμιγώς ηλεκτρικό όχημα συγχέονται, καθώς έχουν κυκλοφορήσει στην αγορά διάφορα ηλεκτρικά μοντέλα, πολλά από αυτά όμως δεν έχουν μηδενικές εκπομπές ρύπων, καθώς διαθέτουν μαζί με τον ηλεκτροκινητήρα συμπληρωματικά και μηχανή εσωτερικής καύσης. Συγκεκριμένα, ορισμένα από τα πιο δημοφιλή αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα είναι τα εξής μοντέλα: Tesla Model S, Nissan Leaf, Renault Zoe, smart EQ fortwo, Mini Cooper electric και αυτά που λειτουργούν με υδρογόνο και ηλεκτρικές κυψέλες (Toyota Mirai, Hyundai Tucson) έχουν μηδενικές εκπομπές, ενώ τα υβριδικά (PHEVs) (Toyota Prius, Hyundai Ikonix) και «range extenders» (BMW i3, Opel Ampera, Chevrolet Volt) δεν έχουν μηδενικές εκπομπές (Fernández, 2019).

Μέχρι σήμερα, τα πλήρως ηλεκτρικά οχήματα με μπαταρία καταλαμβάνουν μεγαλύτερο μερίδιο της αγοράς από τα PHEVs και αυτή η τάση αναμένεται να συνεχιστεί. Οι εκτιμήσεις έκαναν λόγο για ύπαρξη 9-20 εκατομμυρίων ηλεκτροκίνητων αυτοκινήτων μέχρι το 2020, ενώ ο αριθμός αυτός για το έτος 2025 αναμένεται να κυμανθεί στα 40-70 εκατομμύρια (Fernández, 2019). Λαμβάνοντας υπόψιν όμως τον αριθμό των αυτοκινήτων με κινητήρα ορυκτών καυσίμων που ανέρχονταν σε 950 εκατομμύρια το 2015, είναι φανερό πως ακόμα και στο πιο αισιόδοξο σενάριο, τα ηλεκτροκίνητα οχήματα θα αντικατοπτρίζουν μόλις το 10% του συνολικού πλήθους αυτοκινήτων το 2025.

Για να καταφέρουμε να εισάγουμε τα ηλεκτροκίνητα οχήματα με μεγαλύτερους ρυθμούς από αυτούς που επικρατούν αυτή τη στιγμή στην πλειονότητα των περισσότερων

Ευρωπαϊκών χωρών θα πρέπει να δημιουργηθούν ορισμένες υποδομές και να εξαλειφθούν βασικά εμπόδια. Συνοπτικά, απαιτείται (Fernández, 2019):

- Αποδοτική και εύκολα προσβάσιμη υποδομή φόρτισης των οχημάτων. Πρέπει να υπάρχει επαρκής αριθμός σταθμών φόρτισης για την κάθε πόλη και να είναι σωστά κατανομημένοι σε όλο το εύρος της πόλης. Για να λειτουργεί όμως όλο το δίκτυο φόρτισης εύρυθμα, απαιτείται μελέτη λόγω της πιθανής ανομοιόμορφης ζήτησης για φόρτιση σε όλα τα πιθανά σημεία εγκατάστασης.
- Γρήγορη φόρτιση. Μετά από μελέτες που διεξήχθησαν, έχει αποδειχθεί πως ο χρόνος που απαιτείται για πλήρη φόρτιση είναι μεγάλος στο σύνολο των οχημάτων, γεγονός που αποτελεί εμπόδιο για την υιοθέτηση των ηλεκτρικών οχημάτων. Στο συγκεκριμένο ζήτημα, πιθανή λύση φαίνεται να είναι η τεχνολογία της πάρα πολύ γρήγορης φόρτισης, γνωστή στη βιβλιογραφία ως «ultrafast charging», ένας μέσος χρόνος που απαιτείται για τη φόρτιση του οχήματος είναι τα 20 λεπτά. Βέβαια για την εφαρμογή τέτοιου συστήματος, πρέπει να ληφθεί υπόψιν η μέθοδος φόρτισης κατά την οποία επιτυγχάνεται η ορθή φόρτιση των μπαταριών και οι συνθήκες που επικρατούν κατά τη διάρκεια της φόρτισης. Το «ultrafast charging» επηρεάζει σημαντικά τον χρόνο ζωής των μπαταριών του οχήματος, καθιστώντας το προς το παρόν όχι ιδιαίτερα αποδοτικό.
- Εφαρμογή κινήτρων για την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων (ελαστικότερη φορολογία, δωρεάν διόδια, στάθμευση χωρίς πληρωμή, δωρεάν δημόσια φόρτιση). Πάραυτα, με τη σταδιακή καθιέρωση των ηλεκτρικών οχημάτων στην κυκλοφορία, τέτοιες διευκολύνσεις πιθανόν να μειωθούν ή και ακόμα να εξαφανιστούν. Επιπρόσθετα, οι τιμές παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, πιθανότατα να δεχθούν κάποια σχετική αύξηση σε σχέση με τη σημερινή της ισχύουσα τιμή ανά μονάδα kWh. Η στάθμευση χωρίς πληρωμή, συνδέεται με τη διευκόλυνση για την εύρεση χώρου στάθμευσης και αποτελεί ένα μεγάλο πλεονέκτημα των ηλεκτρικών οχημάτων σε σχέση με την κυκλοφοριακή συμφόρηση ειδικά στις μεγαλύτερες πόλεις του κόσμου.
- Εξάλειψη του άγχους σχετικά με τη δυνατή διανυόμενη απόσταση. Η πλειοψηφία των καταναλωτών πιστεύει πως η διάνυση 400-600 χιλιομέτρων με ηλεκτρικά οχήματα, θα ήταν αρκετή, ώστε να εξαλειφθεί οριστικά το άγχος μεγάλου εύρους που σίγουρα

τους απασχολεί έντονα και είναι ένας από τους βασικούς λόγους για τους οποίους δεν επιλέγονται έναντι των συμβατικών οχημάτων. Σύμφωνα βέβαια με μελέτες, για την επίτευξη τέτοιων αποστάσεων, το όχημα πρέπει να εφοδιάζεται με μπαταρίες αυξημένης χωρητικότητας γεγονός που καθιστά το βάρος του οχήματος μεγαλύτερο και αυτό οδηγεί σε μεγαλύτερες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας. Ως αποτέλεσμα αυτού που μόλις αναφέρθηκε, προκύπτει πως η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για την κάλυψη του συνόλου των ηλεκτρικών οχημάτων διογκώνεται, άρα απαιτείται μεγαλύτερη παραγόμενη ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος από τα αντίστοιχα εργοστάσια.

2.3.4 Εκπομπές ρύπων ηλεκτρικών οχημάτων

Τα ηλεκτρικά οχήματα, κινούνται καταναλώνοντας ηλεκτρική ενέργεια, και πρακτικά δεν εκπέμπουν κανένα απολύτως ρύπο. Αν γίνει όμως μία εκτενέστερη ανάλυση στο ζήτημα προκύπτει ότι το περιβαλλοντικό αποτύπωμα και η βιωσιμότητα αυτής της εφαρμογής, εξαρτάται άμεσα από τον τρόπο παραγωγής της ενέργειας αυτής. Ο ηλεκτρισμός αποτελεί ένα «εναλλακτικό» καύσιμο που υποστηρίζεται από κατάλληλες υποδομές και είναι μία βιώσιμη λύση για την αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων. Η απάντηση στην ερώτηση κατά πόσο τελικά δεν ρυπαίνει το περιβάλλον η εφαρμογή της ηλεκτροκίνησης στις χερσαίες οδικές μεταφορές, σύμφωνα με τον Fernández (2019), για να απαντηθεί σωστά, οφείλει πρώτα να διερευνηθεί το καύσιμο που χρησιμοποιείται για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας. Η μετατροπή αιολικής, ηλιακής, υδραυλικής και γεωθερμικής ενέργειας αποτελούν, σίγουρα, καλές μεθόδους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Στον αντίποδα, η καύση βενζίνης, πετρελαίου, μαζούτ, αερίων ή άνθρακα δεν είναι περιβαλλοντικά φιλικές. Γενικά όμως, ακόμα και στις χειρίστες συνθήκες, τα ηλεκτροκίνητα εκπέμπουν λιγότερα GHGs έναντι των συμβατικών μηχανών εσωτερικής καύσης.

2.3.5 Προοπτική γραφενίου στην ηλεκτροκίνηση

Η τεχνολογία των μπαταριών βρίσκεται σε πίεση, προς την ανεύρεση πρωτόγνωρων λύσεων, από τη βιομηχανία ενέργειας, τα πολυάριθμα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, τα ηλεκτρικά ποδήλατα και τα «smartphones».

Εδώ και 25 έτη, οι μπαταρίες τύπου ιόντων λιθίου αποτελούν την κυρίαρχη λύση, καθώς έχουν τη δυνατότητα να συσσωρεύουν αξιοσημείωτα ποσά ενέργειας σε λίγο χώρο. Λαμβάνοντας υπόψιν την εταιρεία ερευνών CCS Insight, οι μπαταρίες ιόντων λιθίου και οι τεχνολογίες που αφορούν στη φόρτιση οδεύουν στα όριά τους (περίπου στο 80% της δυνατότητας εξέλιξης τους οι μπαταρίες ιόντων λιθίου) και γι' αυτόν τον λόγο οδηγούμαστε στην ανεύρεση διαφορετικών ειδών τεχνολογίας. Μία από τις λύσεις φαίνεται να είναι το γραφένιο.

Το 2018, η παγκοσμίου φήμης εταιρία τεχνολογίας Samsung έφερε εις πέρας την δημιουργία μπαταριών γραφενίου για άμεση χρήση σε «smartphones». Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, οι μπαταρίες ιόντων λιθίου φθάνουν τα όρια ενέργειάς τους τα τελευταία χρόνια, δεδομένο που οδηγεί την ανάπτυξή τους να επιβραδύνεται ανεξέλεγκτα. Στην αντίπερα όχθη, οι νέες μπαταρίες γραφενίου από γνωστό παραγωγό κινητών τηλεφώνων, παρουσιάζουν έως και 45% μεγαλύτερη χωρητικότητα και έχουν τη δυνατότητα για άμεση φόρτιση έως και πέντε φορές πιο γρήγορα από τις κλασικές μπαταρίες λιθίου.

Αξιοσημείωτο γεγονός αποτελούν ορισμένα πλεονεκτήματα που φέρεται να έχει το γραφένιο έναντι του λιθίου: γερνάει βραδύτερα και προσφέρει ελαφρύτερες μπαταρίες. Επιπλέον, φτάνει έως και 100 φορές πιο υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα από τον χαλκό και τα ηλεκτρόνια του κινούνται γύρω από το γραφένιο 140 φορές ταχύτερα σε σχέση με της σιλικόνης. Συνεπώς έχοντας αυτά τα χαρακτηριστικά θα μπορούσε να βελτιωθεί ή/και ακόμα να λυθεί ένα ζωτικής σημασίας ζήτημα των ηλεκτρικών οχημάτων, αυτό της αυτονομίας, της ταχύτητας φόρτισης και του χρόνου αναμονής για πλήρη φόρτιση. Με την εκκίνηση μαζικής παραγωγής των συσσωρευτών γραφενίου, η τιμή κατασκευής τους θα είναι μικρότερη. Ενώ παράλληλα σημαντικό θεωρείται να τονιστεί πως θα είναι πιο περιβαλλοντικά φιλικό από τους προκάτοχούς τους, καθώς δεν καίγονται μετά από την τελική δυσλειτουργία των μηχανισμών ελέγχου και της λήξης του χρόνου ζωής τους (αυτό έρχεται μετά από έναν αριθμό κύκλων φόρτισης των μπαταριών).

2.4 Κίνητρα αγοράς ηλεκτρικών οχημάτων

Η υποστήριξη και προώθηση της ηλεκτροκίνησης από την πλευρά της κυβέρνησης, αναπτύσσεται με σταθερό ρυθμό τα τελευταία χρόνια, ωστόσο η υιοθέτησή της από τους

πολίτες στις περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες δεν έχει φτάσει στο προσδοκώμενο επίπεδο. Η προσπάθεια καθιέρωσης της ηλεκτροκίνητης πραγματικότητας το τελευταίο διάστημα σε παγκόσμιο, εθνικό, όπως και σε τοπικό επίπεδο, αποτελεί πρωταρχικό μέλημα, καθώς είναι απαραίτητο να επιτύχει η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) τους άμεσους περιβαλλοντικούς στόχους που έχει θέσει. Αναγκαίο είναι να απεξαρτηθεί τόσο από την καύση ορυκτών καυσίμων, όσο και να μειώσει τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε το 2013 προέκυψε πώς οι υποδομές φόρτισης ίσως μπορούν να προωθήσουν το παραπάνω εγχείρημα, ενώ σε νέα έρευνα του 2015 υποστηρίχτηκε πως οι ενέργειες προώθησης των ηλεκτροκίνητων μεταφορών είναι αποτελεσματικότερες, όταν γίνονται σε εθνικό ή τοπικό επίπεδο (Rietmann & Lieven, 2019). Χώρα που πέτυχε την κυβερνητική προώθηση της ηλεκτροκίνησης αποτελεί η Νορβηγία, στην οποία εφαρμόστηκαν κίνητρα αγοράς και χρήσης των EVs . Καλές πρακτικές για την προώθηση των ηλεκτρικών οχημάτων αποτελούν:

- Η θέσπιση οικονομικών κινήτρων, η καθιέρωση ζωνών εντός των πόλεων με κυκλοφοριακούς περιορισμούς για τα συμβατικά οχήματα (LEZ) και η εγκατάσταση ικανοποιητικού αριθμού υποδομών φόρτισης.
- Οι φορολογικές ελαφρύνσεις για τους χρήστες και κατόχους ηλεκτρικών οχημάτων. Αυτό το μέτρο ενδέχεται να φανεί ιδιαίτερα κερδοφόρο σε χώρες που οι πολίτες εκφράζουν την επιθυμία να αντικαταστήσουν τα συμβατικά τους οχήματα, αλλά η κυβέρνηση αδυνατεί να τους προσφέρει οικονομική ενίσχυση για την αγορά των οχημάτων.
- Οι εκστρατείες ενημέρωσης των πολιτών, τόσο για τη νέα τεχνολογία που αφορά στα ηλεκτρικά οχήματα, όσο και για τα περιβαλλοντικά οφέλη που επρόκειτο να συνδυαστούν με τη μαζική υιοθέτηση αυτής της καινοτομίας.

2.4.1 Οικονομικά κίνητρα

Υπάρχουν διάφοροι τύποι οικονομικών κινήτρων για τους υποψήφιους αγοραστές των EVs. Ενδεχομένως θα μπορούσαν να δοθούν επιχορηγήσεις, να απαλλαγθούν από υψηλή φορολογία για τα οχήματά τους και από τέλη κυκλοφορίας, ενώ ένα ακόμα οικονομικό κίνητρο που εφαρμόζεται αποτελεί η πολύ χαμηλή τιμή ανεφοδιασμού με ηλεκτρικό ρεύμα σε δημόσιους σταθμούς φόρτισης ή/και ακόμα και το μηδενικό κόστος φόρτισης (προφανώς

στο μέλλον όταν καθιερωθούν τα ηλεκτρικά οχήματα, πιθανότατα να παύσουν να ισχύουν ορισμένα από αυτά τα κίνητρα). Τα μέτρα αυτά διαφέρουν από χώρα σε χώρα και επηρεάζονται από την αγοραστική ικανότητα των πολιτών. Σε χώρες με ισχυρή οικονομία και υψηλό βιοτικό επίπεδο, το ποσοστό των EVs αναμένεται ότι θα είναι μεγαλύτερο σε σύγκριση με χώρες με χαμηλότερο (Rietmann & Lieven, 2019).

Οι χρήστες με μεσαίο ή χαμηλό εισόδημα δεν δείχνουν βάσει ερευνών που έχουν διεξαχθεί να έχουν την ίδια επιθυμία να αποκτήσουν ένα EV, εξαιτίας του συγκριτικά αυξημένου κόστους αγοράς. Πάραυτα, το χαμηλό λειτουργικό κόστος αντισταθμίζει τον παράγοντα αυτόν. Επιπλέον, η αύξηση στις τιμές των ορυκτών καυσίμων θα μπορούσε να κάνει τα ηλεκτρικά οχήματα ακόμα πιο ελκυστικά στους καταναλωτές ή ακόμα να μειώσει την επιθυμία για ΙΧ συμβατικά οχήματα και να τους κατευθύνει στη μοιρασμένη κινητικότητα που θα επιφέρει σημαντική περιβαλλοντική βελτίωση. Σημαντικός οικονομικός παράγοντας στον οποίο πρέπει να γίνει αναφορά, αποτελούν οι μεγάλες εταιρείες καυσίμων, οι οποίες έχουν τεράστια οικονομικά συμφέροντα από την πώληση και εξόρυξη ορυκτών. Πιθανή θα πρέπει να θεωρηθεί η αντίσταση που θα προβάλλουν για τη μετάβαση σε άλλες μορφές ενέργειας.

2.4.2 Κοινωνικοί παράγοντες

Κοινωνικοί παράγοντες, όπως το μορφωτικό επίπεδο, το επάγγελμα, η ηλικία και το μέγεθος του νοικοκυριού μπορούν να επηρεάσουν την απόφαση αγοράς ενός ηλεκτρικού οχήματος. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, το υψηλό μορφωτικό επίπεδο συνεπικουρεί στην αποδοχή των EVs, καθώς η εκπαίδευση συνδυάζεται με την περιβαλλοντική συνείδηση και τη διαρκή ενημέρωση σε θέματα που έχουν παγκόσμιο αντίκτυπο, όπως είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση. Επίσης, άτομα που ασχολούνται με την τεχνολογία και την εξέλιξή της, δηλώνουν ιδιαίτερα πρόθυμα να καινοτομήσουν και να περάσουν σε αυτή τη νέα μορφή κινητικότητας. Η πλειονότητα όμως αυτών των ατόμων, τείνει να επιλέγει τα PHEVs έναντι των EVs εξαιτίας των περιορισμών που διαθέτουν όσον αφορά στη μειωμένη αυτονομία και την πιθανότητα να αποφορτιστεί το όχημά τους σε κάποια τοποθεσία, στην οποία δεν θα υπάρχει φορτιστής.

2.4.3 Επιρροή της αυτοκινητοβιομηχανίας

Όλες οι μεγάλες αυτοκινητοβιομηχανίες παγκοσμίως, έχουν ξεκινήσει την παραγωγή ηλεκτρικών οχημάτων, τα οποία ενσωματώνουν στα μοντέλα τους, είτε ηλεκτρικές εκδόσεις των συμβατικών οχημάτων (με κινητήρα εσωτερικής καύσης), είτε αυτοτελή μοντέλα. Στην Ευρώπη ανήκουν ορισμένες από τις μεγαλύτερες ευρωπαϊκές εταιρείες αυτοκινήτων, όπως για παράδειγμα οι BMW, Audi, Volkswagen, Mercedes, Peugeot, Renault, οι οποίες έχουν ήδη κάνει τα πρώτα βήματα κατασκευάζοντας ορισμένα μοντέλα ηλεκτροκίνητα ή/και υβριδικά, προωθώντας με αυτόν τον τρόπο συνολικά την ηλεκτροκίνηση και μία νέα μορφή βιώσιμων μέσων μεταφοράς.

Ορισμένες χώρες όμως, όπως είναι η Βραζιλία, δεν έχουν καθόλου ισχυρή αυτοκινητοβιομηχανία και στηρίζονται αποκλειστικά στην εισαγωγή Ευρωπαϊκών και Αμερικανικών μοντέλων αυτοκινήτων, γεγονός που πιθανώς να τα καθιστά ακόμα ακριβότερα δυσχεραίνοντας την προώθηση της ηλεκτροκίνησης. Ενώ η Γερμανία, αποτελεί την ισχυρότερη δύναμη στην αυτοκινητοβιομηχανία γεγονός που αποτελεί ιδιαίτερα ευνοϊκό παράγοντα για την καθιέρωση ηλεκτρικών οχημάτων στη κυκλοφορία. Η σύγκριση των δύο περιπτώσεων, επισημαίνει την ανάγκη υποστήριξης της ηλεκτροκίνησης από τον βιομηχανικό τομέα, ειδικά σε χώρες με μεγάλη εξάρτηση από την αυτοκινητοβιομηχανία.

Άλλες περιπτώσεις είναι η Ολλανδία και η Ελβετία οι οποίες, δεν έχουν μεγάλες αυτοκινητοβιομηχανίες και προσπαθούν να υποστηρίξουν την ηλεκτροκίνηση με άλλα μέσα. Στην Ολλανδία συγκεκριμένα, ο δημόσιος τομέας προσπαθεί να ανανεώσει τον στόλο του με EVs , έτσι ώστε να γίνει και πιο φιλικός προς το περιβάλλον, αλλά και να δείξει τον δρόμο προς την ηλεκτροκίνηση προβάλλοντας αυτά τα οχήματα στους πολίτες.

Κεφάλαιο 3 Φόρτιση ηλεκτροκίνητων οχημάτων

Στο παρόν Κεφάλαιο περιγράφονται τα δίκτυα φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, το νομικό καθεστώς για τους σταθμούς φόρτισης στην Ελλάδα, οι τρόποι και οι τύποι φόρτισης. Δίνεται το πλαίσιο με το οποίο γίνεται ο σχεδιασμός και η χωροθέτηση των δικτύων φόρτισης εντός πόλης και σε αυτοκινητοδρόμους.

3.1 Δίκτυα φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων

Το δίκτυο φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων αφορά στη δημόσια υποδομή ενός συστήματος-συνόλου προσβάσιμων σταθμών φόρτισης των οχημάτων και αποτελεί το αντίστοιχο πρατήριο καυσίμων των συμβατικών οχημάτων. Όπως γίνεται αντιληπτό και από τις πολλές μελέτες που έχουν γίνει, ένα καλά οργανωμένο δίκτυο φόρτισης είναι αναμφισβήτητα καταλυτικός παράγοντας, τόσο για την εύρυθμη λειτουργία των υφιστάμενων ηλεκτρικών οχημάτων, όσο και για την προώθηση της ηλεκτροκίνησης. Ήδη από το 2015, κυβερνήσεις, κατασκευαστές αυτοκινήτων, εταιρείες παροχής ηλεκτρικής ενέργειας και παρόχων υποδομών φόρτισης έχουν αρχίσει να θεσμοθετούν για τη δημιουργία τέτοιων δικτύων.

Παράλληλα η τεχνολογία παρέχει τη δυνατότητα κατασκευής ευφυών δικτύων, μέσω χρήσης των κατάλληλων λογισμικών. Θεωρείται δεδομένο στη σύγχρονη εποχή ότι ο χρόνος είναι πολύτιμος, επομένως η εξοικονόμηση χρόνου και κόπου πληροφορώντας τον οδηγό του οχήματος για τα κοντινότερα σημεία φόρτισης, τον απαιτούμενο χρόνο φόρτισης του οχήματός τους, το κόστος φόρτισης, τις επιλογές φόρτισης που διαθέτει ο κάθε σταθμός, όπως και την πιθανή αναμονή για ελευθέρωση κάποια θέσης φόρτισης, αποτελούν καινοτομίες που ταιριάζουν στις σύγχρονες απαιτήσεις των πολιτών που ζουν στα μεγάλα αστικά κέντρα παγκοσμίως.

3.2 Νομοθετικό πλαίσιο στην Ελλάδα

Το νομοθετικό πλαίσιο στην Ελλάδα για την κατασκευή και λειτουργία σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων ήταν θολό προτού δημοσιευτεί το ΦΕΚ Β'50/15.01.2015. Κύριος σκοπός του συγκεκριμένου Φύλλου της Εφημερίδας της Κυβερνήσεως ήταν η σύνταξη προδιαγραφών για τις συσκευές φόρτισης συσσωρευτών ηλεκτροκίνητων οχημάτων.

Στο συγκεκριμένο ΦΕΚ, αναφέρονται ως αποδεκτές μέθοδοι φόρτισης το «Mode 3 AC Charging» και το «Mode 4 DC Charging», με αποδεκτούς ακροδέκτες τους «Type 2 (VDE-AR-E-2623-2-2)» και «Type 3 (DC Combo 3)», αντίστοιχα. Για τη μέθοδο 4, κρίθηκε νόμιμη και η χρήση ακροδέκτη με προδιαγραφές «CHAdeMO».

Ακόμα οι φορτιστές υποχρεούνται να λειτουργούν με γνώμονα την ασφάλεια, για αυτό και πρέπει να αποκλείουν την πιθανότητα υπερφόρτωσης των συσσωρευτών του οχήματος, όπως και να φέρουν χειροκίνητη διάταξη διακοπής της ηλεκτρικής παροχής στο όχημα. Στο πλαίσιο αυτό, οι φορτιστές υποχρεούνται να διαθέτουν πιστοποίηση Conformance Europeene (CE) και πιστοποιητικό αντιακρηκτικότητας ATEX (εντός των ζωνών 0-2). Τέλος, οφείλουν να συμμορφώνονται με τον Κανονισμό Ηλεκτρολογικών Εγκαταστάσεων.

Ως προς τη χωροθέτηση των σταθμών, το συγκεκριμένο ΦΕΚ ορίζει τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να εγκαθίστανται σε κατάλληλα διαμορφωμένα σημεία κοντά στις ήδη υπάρχουσες χωροθετημένες θέσεις και να είναι οριοθετημένες με κράσπεδα. Οι θέσεις αυτές θα πρέπει να εναρμονίζονται με την υπάρχουσα κυκλοφοριακή ροή οχημάτων και πεζών και να μην προκαλούν τη διατάραξη των δραστηριοτήτων των επιχειρήσεων κοντά στις οποίες είναι οριοθετημένες. Επιπλέον, σε περίπτωση που ο φορτιστής διαθέτει μόνο πιστοποίηση CE, θα πρέπει να εγκαθίσταται σε απόσταση τουλάχιστον 4 μέτρων από όλες τις δεξαμενές καυσίμων, αντλιών και συσκευών διανομής υγρών και αέριων καυσίμων. Ως προς την ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης από σχολεία, νοσοκομεία, κτλ., αυτή θα πρέπει να καθοριστεί, ενώ παράλληλα θα λαμβάνονται υπόψιν και οι οικείες πολεοδομικές διατάξεις.

Για την ολοκλήρωση της χωροθέτησης, θα πρέπει να συντάσσεται μελέτη, η οποία θα λαμβάνει υπόψιν της πρωτεύουσες και δευτερεύουσες δραστηριότητες των χωροταξικών διαρρυθμίσεων που λαμβάνουν χώρα στο σημείο ενδιαφέροντος. Αυτή θα πρέπει να συντάσσεται από μηχανικό πανεπιστημιακής ή τεχνολογικής εκπαίδευσης και να υποβάλλεται στην αρμόδια οικεία Περιφερειακή Υπηρεσία Μεταφορών και Επικοινωνιών.

Μαζί με την υποβολή, προκειμένου να ολοκληρωθεί η εγκριτική διαδικασία, ανάλογα με τη χρήση του σημείου εγκατάστασης πρέπει να υποβάλλονται ταυτόχρονα και κάποια συμπληρωματικά έγγραφα, όπως ενδεικτικά είναι το σχέδιο κάτοψης, λεπτομερειών και το πιστοποιητικό πυρασφάλειας.

Στο Άρθρο 17 του ΦΕΚ Α'9/23.01.2018, τροποποιείται ο Νόμος 4067/2012 και προστίθεται στη παράγραφο 2 του Άρθρου 20, η υποκατηγορία «(ε) εγκατάσταση σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων». Η κατηγορία αυτή, συμπληρώνει τις ήδη υπάρχουσες κατασκευές που μπορούν να πραγματοποιηθούν στους δημόσιους χώρους.

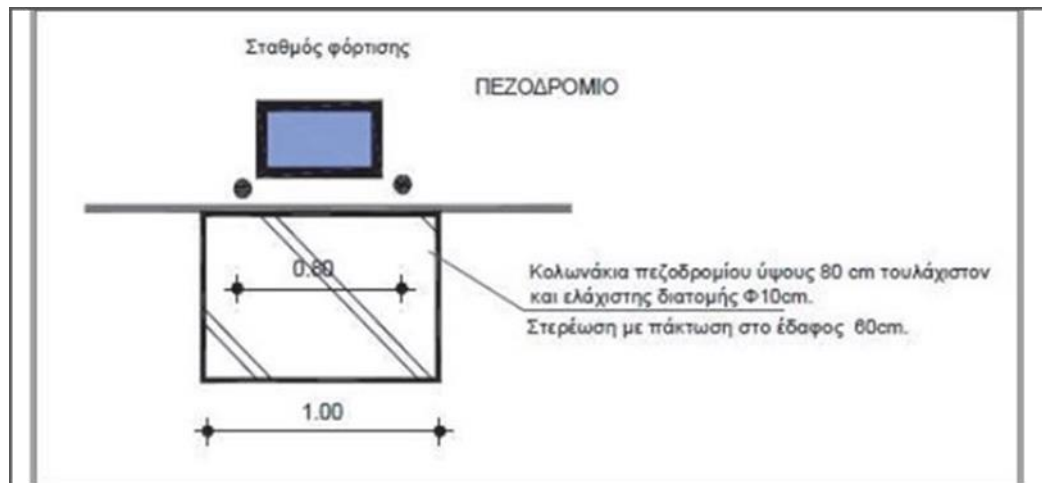
Το Φύλλο της Εφημερίδας της Κυβερνήσεως (ΦΕΚ Β' 2040/04.06.2019) καθορίζει τους όρους, τις προϋποθέσεις και τις τεχνικές προδιαγραφές για την εγκατάσταση συσκευών φόρτισης συσσωρευτών ηλεκτροκίνητων οχημάτων (σημεία επαναφόρτισης), στις εγκαταστάσεις εξυπηρέτησης οχημάτων, σε δημοσίως προσβάσιμα σημεία επαναφόρτισης κατά μήκος του αστικού, υπεραστικού και εθνικού δικτύου και σε χώρους στάθμευσης δημοσίων και ιδιωτικών κτιρίων.



Σχήμα 3.1: Ενδεικτική χωροθέτηση θέσεων στάθμευσης και σταθμών επαναφόρτισης επί οδοστρώματος (Πηγή: ΦΕΚ Β'2010/04.06.2019).



Σχήμα 3.2: Ενδεικτική χωροθέτηση θέσεων στάθμευσης και σταθμών επαναφόρτισης σε κλειστό ή υπαίθριο χώρο στάθμευσης (Πηγή: ΦΕΚ Β'2010/04.06.2019).



Σχήμα 3.3: Λεπτομέρειες μηχανικής προστασίας (Πηγή: ΦΕΚ Β'2010/04.06.2019).

3.3 Σταθμοί φόρτισης

Ένας σταθμός φόρτισης με ένα καλώδιο μετρείται ως ένα σημείο πρόσβασης, ένας σταθμός με δύο καλώδια και ικανότητα φόρτισης δύο PEVs ταυτόχρονα μετρείται ως δύο σημεία πρόσβασης, κτλ. (Spöttle et al., 2018). Συχνά οι σταθμοί γρήγορης φόρτισης που λειτουργούν με συνεχές ρεύμα (direct current – DC), έχουν δύο καλώδια, αλλά δεν είναι ικανοί να φορτίσουν δύο οχήματα ταυτόχρονα. Συγκεκριμένα, διαθέτουν τα καλώδια αυτά για να μπορούν να εξυπηρετήσουν τα διαφορετικά πρότυπα συνδεσιμότητας της γρήγορης φόρτισης των οχημάτων. Αυτού του είδους οι σταθμοί, μετρούνται ως μονά σημεία πρόσβασης εάν μπορούν να φορτίσουν μόνο ένα όχημα τη φορά.

Η φόρτιση των PEVs κατανέμεται σε κατηγορίες με βάση τον τύπο και τον τρόπο (mode) φόρτισης, όπως παρουσιάζονται στους Πίνακες 3-1 και 3-2. Το mode φόρτισης (Spöttle et al., 2018):

- Περιγράφει την ταχύτητα με την οποία φορτίζεται το EV.
- Ορίζει την απαιτούμενη τάση, ρεύμα και ταχύτητα, τα οποία τα καλώδια του συγκεκριμένου mode θα πρέπει να υποστηρίζουν.
- Καθορίζει το επίπεδο επικοινωνίας μεταξύ του οχήματος και του φορτιστή.



Από την άλλη πλευρά, ο τύπος φόρτισης αφορά στην πρίζα του σημείου φόρτισης, στην οποία συνδέεται το όχημα.

Πίνακας 3.1: Τρόποι φόρτισης (Spöttle et al., 2018).

Τρόπος φόρτισης	Διαθέσιμες επιλογές
Mode 1	Αργή οικιακή φόρτιση με εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) με τη χρήση πριζών του σπιτιού, η συσκευή φόρτισης είναι ενσωματωμένη στο όχημα (250 Volt (V) 1-φάσης ή 480V 3-φάσεων; max. 16 Ampere (A); 3,7-11 kW).
Mode 2	Αργή φόρτιση με εναλλασσόμενο ρεύμα με ημιενεργή (semi- active) ικανότητα σύνδεσης με το όχημα για λόγους ασφαλείας, σε περίπτωση που μπορούν να χρησιμοποιηθούν 32 A (250 V 1-φάσης ή 400 V 3-φάσεων; max. 32 A; 7,4-22 kW).
Mode 3	Φόρτιση με εναλλασσόμενο ρεύμα με ενεργή σύνδεση οχήματος και φορτιστή, για λόγους ασφαλείας και έξυπνης φόρτισης (fast charging) (250 V 1-φάσης ή 480 V 3-φάσεων; max. 32 A; 14,5-43,5 kW).
Mode 4	Γρήγορη φόρτιση με συνεχές ρεύμα και ενεργή σύνδεση μεταξύ φορτιστή και οχήματος (600 V DC, max. 400 A; 38-170 kW).

Πίνακας 3.2: Τύποι φόρτισης (Spöttle et al., 2018).

Τύπος Φόρτισης	Διαθέσιμες επιλογές	Φωτογραφίες (https://www.conducetuciudad.com + www.tesla.com)
Τύπος 1 (Yazaki, SAE J1772-2009)	Επιτρέπει την αργή φόρτιση και εφαρμόζεται στη Βόρεια Αμερική	
Τύπος 2 (Mennekes, VDE-AR-E 2623-2-2)	Το Ευρωπαϊκό πρότυπο για την αργήφόρτιση	
Τύπος 3 (EV Plug Alliance)	Επιτρέπει την αργή φόρτιση, εφαρμόστηκε στην Ιταλία και τη Γαλλία μέχρι το 2012	
Τύπος 4 (CHAdeMO, JEVS G105-1993)	Επιτρέπει την αργή και γρήγορη φόρτιση και εφαρμόζεται στην Ευρώπη και την Ιαπωνία	
CSS (Combined Charging System, Type 2 and Combo 2)	Το ευρωπαϊκό πρότυπο για αργή φόρτιση τύπου 2 και γρήγορη φόρτιση Combo 2	

Τύπος Φόρτισης	Διαθέσιμες επιλογές	Φωτογραφίες (https://www.conducetuciudad.com + www.tesla.com)
Tesla Charger	Ο φορτιστής αργής φόρτισης για τα οχήματα Tesla	
Tesla Supercharger	Ο φορτιστής γρήγορης φόρτισης για τα οχήματα Tesla	

3.3.1 Κανονική ή αργή φόρτιση (≤ 22 kW)

Όλα τα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα κατασκευάζονται έχοντας στον εξοπλισμό τους ένα φορητό καλώδιο, το οποίο συνδέεται απευθείας με μια διαθέσιμη AC υποδοχή (πρίζα) και το σύστημα διαχείρισης της φόρτισης του οχήματος μετατρέπει το ρεύμα σε συνεχές με σκοπό τη φόρτιση των μπαταριών του. Τα PEVs που κυκλοφορούν στην αγορά αυτή την εποχή, έχουν τη δυνατότητα να φορτίζουν στις κατοικίες μέσω παροχής AC σε τιμές μεταξύ 3,3-11kW. Η ανάγκη για εφοδιασμό των οχημάτων με μεγαλύτερες μπαταρίες, χρήζουν απαραίτητη την κατασκευή σταθμών υψηλότερων ενεργειακών απαιτήσεων.

Η αργή φόρτιση συχνά αναφέρεται και ως φόρτιση επιπέδου 2 (mode 2), χαρακτηρισμός που αποδίδεται στο καλώδιο φόρτισης που χρησιμοποιείται. Στους δημόσιους σταθμούς φόρτισης, η φόρτιση mode 2 AC μπορεί να γίνει με τριφασικό ρεύμα 480V για ακόμα γρηγορότερες ταχύτητες φόρτισης. Σε αυτά τα επίπεδα, η φόρτιση

κυμαίνεται ανάμεσα σε 19- 22 kW και ο σταθμός μπορεί να είναι, είτε στερεωμένος στον τοίχο, είτε πακτωμένος στο έδαφος.

Η επιλογή αυτής της φόρτισης είναι αποδοτική για τη φόρτιση ενός οχήματος που είναι σταθμευμένο για πολλές ώρες ή κατά τη διάρκεια της νύχτας.

3.3.2 Γρήγορη φόρτιση (>22 kW)

Η γρήγορη φόρτιση μπορεί να επιτευχθεί, τόσο με τη χρήση εναλλασσόμενου, όσο και με τη χρήση συνεχούς ρεύματος. Όταν αυτή γίνεται με τη χρήση τριφασικού εναλλασσόμενου ρεύματος, τα παραγόμενα επίπεδα ενέργειας φτάνουν μέχρι και τα 43kW. Από την άλλη μεριά, η γρήγορη φόρτιση με συνεχές ρεύμα αποδίδει μεγαλύτερα επίπεδα ενέργειας σε σχέση με τις περισσότερες φορτίσεις με AC. Ένας φορτιστής DC μετατρέπει το εναλλασσόμενο ρεύμα του δικτύου σε συνεχές και εξυπηρετεί κυρίως τα ηλεκτρικά οχήματα με μπαταρία (BEVs – Battery Electric Vehicles) παρά τα περισσότερα PHEVs, καθώς απαιτούνται μεγαλύτερα επίπεδα ισχύος του εξοπλισμού DC φόρτισης για την πλήρη φόρτιση μεγάλων μπαταριών σε αποδεκτά χρονικά όρια (Spöttle et al., 2018).

Οι σταθμοί φόρτισης DC είναι αρκετά ακριβότεροι από τους περισσότερους AC, καθώς επιτυγχάνουν τη φόρτιση σε πολύ λιγότερο χρόνο. Σήμερα οι περισσότεροι σταθμοί DC επιτυγχάνουν ισχύ 50 kW, παρόλο που ορισμένοι φτάνουν στο μισό της τιμής αυτής, δηλαδή γύρω στα 20-25 kW. Ακόμα, δημιουργούνται φορτιστές DC 100-150 kW, ακόμα και 400 kW, που θα εξυπηρετούν τις ανάγκες των επόμενων PEVs που θα διαθέτουν αρκετά μεγαλύτερες μπαταρίες (80 kWh (Kilowatt-hour)).

Κύριος στόχος της DC φόρτισης είναι να φορτίσει τη μπαταρία ενός PEV σε ποσοστό 80% σε 20 λεπτά ή και λιγότερο.

Πίνακας 3.3: Διαθέσιμοι σταθμοί φόρτισης (Spöttle et al., 2018).

Τύπος φόρτισης	Παραγόμενη ενέργεια	Διανύμενα χιλιόμετρα με 10 λεπτά φόρτισης	Συνήθεις τοποθεσίες	Κόστος ενός σημείου πρόσβασης (δεν συμπεριλαμβάνεται η εγκατάσταση, η σύνδεση στο δίκτυο και τα λειτουργικά κόστη)
AC Mode 2 (Κατοικίες)	≤ 11 kW	1-2	Κατοικίες	< 800€
AC Mode 2 (Εμπορικό)	≤ 19,4 kW	3,2	Δημόσιοι, ιδιωτικοί και εργασιακοί χώροι	< 2.000€
AC Mode 3 – Γρήγορη φόρτιση	22 kW ή 43 kW	21	Δημόσιοι και ιδιωτικοί χώροι	1.000 – 4.000€
DC γρήγορη φόρτιση	20-50 kW	64	Δημόσιοι και ιδιωτικοί χώροι	20.000€
DC υψηλά γρήγορη φόρτιση	100-400 kW	90	Δημόσιοι χώροι	40.000 – 60.000€

3.4 Χωροθέτηση σταθμών εντός πόλης

Η κατάλληλη χωροθέτηση σταθμών φόρτισης ηλεκτροκίνητων οχημάτων εντός του αστικού δικτύου θεωρείται από τους πιο βασικούς παράγοντες για την ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης παγκοσμίως. Συντελεί κύριο λόγο, καθώς ο σχεδιασμός των υποδομών οφείλει να συμπεριλάβει ποικίλες μεταβλητές που επηρεάζουν, τόσο τις ανθρώπινες χρήσεις, όσο και το περιβάλλον εφαρμογής. Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά στον ανθρώπινο παράγοντα πρέπει να ληφθεί υπόψιν ο αριθμός των κατοίκων ανά πόλη, ο αριθμός των ιδιοκτητών που έχουν στην κατοχή τους παραπάνω από ένα οχήματα, ο αριθμός των κατοίκων που μετακινείται καθημερινά με αυτοκίνητο στην εργασία του, το μέσο οικογενειακό εισόδημα, η υφιστάμενη αποδοχή των ηλεκτρικών οχημάτων με δείκτες που υποδεικνύουν τα ποσοστά νέων ταξινομήσεων οχημάτων. Ενώ, αναφορικά με το περιβάλλον εφαρμογής πρέπει να

ληφθούν υπόψιν οι χρήσεις γης, οι εμπορικές δραστηριότητες, η πυκνότητα των κατοικιών, αλλά και οι περιορισμοί σε πιθανή επέκταση της υποδομής.

Η αναγκαιότητα της δημόσιας υποδομής φόρτισης αποδεικνύεται μέσα από τη βιβλιογραφία και τις προηγούμενες μελέτες που έχουν διεξαχθεί. Η ύπαρξη της ηλεκτροκίνητης πραγματικότητας δεν μπορεί να ολοκληρωθεί δίχως την ύπαρξη της κατάλληλης υποδομής. Σχεδιάζουμε σταθμούς φόρτισης για τους σημερινούς και μελλοντικούς οδηγούς ηλεκτρικών οχημάτων, οι οποίοι δεν διαθέτουν χώρο/θέση στάθμευσης, για τους μετακινούμενους και επισκέπτες, οι οποίοι εξαρτώνται από το αυτοκίνητό τους, για τους σημερινούς και μελλοντικούς δημόσιους στόλους οχημάτων, οι οποίοι δεν εξυπηρετούνται από τις υπάρχουσες υποδομές στάθμευσης, αλλά και για τα ταξί και τα συστήματα μοιρασμένης μετακίνησης. Για την ορθή λειτουργία των σταθμών πρέπει να ληφθεί υπόψιν ότι θα απαιτηθούν χώροι στάθμευσης οχημάτων, οι οποίοι δεν θα προκαλέσουν διαταραχή στο υφιστάμενο οδικό δίκτυο. Επιπλέον, θα πρέπει να γίνει επιβολή μεθόδων αξιοποίησης δεδομένων για τον εντοπισμό ζωνών για την κατασκευή σταθμών φόρτισης, έτσι ώστε να έχουν προκύψει από τις καθημερινές συνθήκες που επικρατούν στο δίκτυο. Σύμφωνα με μελέτη που διεξήχθη στην πόλη του Βερολίνου για να αποκαλείται μία υποδομή αποδοτική πρέπει η υποδομή να μην παρεμποδίζεται από σταθμευμένα οχήματα, τα οποία δεν φορτίζουν. Εάν αυτό δεν συμβαίνει, η θεωρητική ικανότητα και χωρητικότητα της υποδομής δεν θα μπορεί να επιτευχθεί. Αυτή η μείωση στη χωρητικότητα προκαλεί σοβαρές συνέπειες, διότι αυξάνει αισθητά την ανάγκη για επιπλέον υποδομή για να εξασφαλιστεί η ζητούμενη προμήθεια για έναν συγκεκριμένο μέγεθος στόλου ηλεκτρικών οχημάτων (Illmann et al., 2019).

Ο αποκλεισμός της υποδομής μπορεί να πάρει δύο μορφές. Στη μία περίπτωση, όλα τα οχήματα ανεξαρτήτως του κινητήρα που διαθέτουν, μπορεί να καταλαμβάνουν παράνομα τον ηλεκτρικό σταθμό φόρτισης. Στη συγκεκριμένη παράβαση, ο έλεγχος γίνεται από την αστυνομία ή τις τοπικές αρχές διοίκησης και επιβάλλεται πρόστιμο. Σε ορισμένες περιοχές μπορεί μέχρι και να κατασχεθεί το όχημα. Στην άλλη περίπτωση, οι χρήστες ηλεκτροκίνητων οχημάτων μπλοκάρουν την υποδομή φόρτισης και τη χρησιμοποιούν περισσότερο χρόνο από ό,τι απαιτείται για να φορτίσουν τα οχήματά τους, συνήθως για να σταθμεύσουν και να κάνουν τις δραστηριότητές τους, εάν η τιμολογιακή πολιτική που ακολουθεί ο σταθμός

φόρτισης τους το επιτρέπει. Αυτή η κατάσταση είναι ιδιαίτερα δύσκολη να εντοπιστεί και αρκετά δύσκολη να αντιμετωπιστεί. Σύμφωνα με τα πραγματικά δεδομένα που καταγράφηκαν στη μελέτη του Βερολίνου από όλους τους φορτιστές, για την περίοδο παρατήρησης ο χρόνος αποκλεισμού ήταν ίσος με 595 ώρες ανά φορτιστή, ενώ ο χρόνος φόρτισης ίσος με 651 ώρες. Παράλληλα, οι υψηλότερες τιμές αποκλεισμού εντοπίστηκαν στην άκρη του κέντρου της πόλης που δεν υπήρχε τόσο αυστηρή επιτήρηση από την αστυνομία σε σχέση με το κέντρο της πόλης (Hardinghaus et al., 2020).

Με βάση τα πραγματικά δεδομένα που προέκυψαν από τη μελέτη της πόλης του Βερολίνου, ακόμη και για τους χρήστες ιδιωτικού ηλεκτρικού οχήματος EV που χρησιμοποιούν για τη φόρτιση κυρίως το σπίτι, δηλαδή την ιδιωτική υποδομή, εξακολουθεί να υπάρχει μεγάλη ζήτηση για φόρτιση που πρέπει να ικανοποιηθεί με τη δημόσια υποδομή. Σημαντικό παράμετρο του θέματος αποτελεί η έλλειψη πυλωτών και χώρων στάθμευσης στα πυκνοκατοικημένα Ευρωπαϊκά κέντρα, μειώνοντας δραστικά τη θεωρητική κάλυψη στο ζήτημα της προσφοράς φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Επομένως, ο σχεδιασμός και η επέκταση των υποδομών χρήζει ζωτικής σημασίας και πρέπει να γίνουν οι κατάλληλες μελέτες τόσο χωροθέτησης όσο και ενεργειακής κάλυψης για αυτήν την επικείμενη ζήτηση από χρήστες ΙΧ ηλεκτρικών οχημάτων. Όσον αφορά στους χρήστες αυτοκινήτων μοιρασμένης κινητικότητας, τα ευρήματα της έρευνας αποδεικνύουν πως προκαλούν αποκλεισμό στην υποδομή για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα από ό,τι οι ιδιοκτήτες ΙΧ EV.

Επιπρόσθετα, η ισχύς φόρτισης διαδραματίζει καθοριστικό παράγοντα στον αποκλεισμό που προκαλείται από τους χρήστες. Όταν παρέχεται από την υποδομή υψηλή ισχύς φόρτισης, τότε οι οδηγοί φαίνεται να χρησιμοποιούν την υποδομή με παρόμοιο τρόπο και αναλογικά παρόμοιο χρόνο που απαιτείται και για τον ανεφοδιασμό σε πρατήρια καυσίμων με αποτέλεσμα να μην προκαλούν φραγή. Συνεπώς, συμπεραίνουμε πως για την επίλυση αυτού του ζητήματος που αφορά στη φραγή της υποδομής από χρήστες κοινόχρηστων οχημάτων πρέπει να αναπτυχθούν δυναμικά μοντέλα τιμολόγησης για τον στόλο των οχημάτων που προσφέρουν προς χρήση. Σημαντική μεταβλητή αποτελεί η τιμή ενοικίασης ηλεκτρικών οχημάτων, η οποία μπορεί να διαφοροποιείται αν το όχημα εγκαταλείπεται πλήρως φορτισμένο αποδεσμεύοντας την εταιρεία ενοικίασης από τη χρονοβόρα διαδικασία φόρτισης που απαιτείται, έτσι ώστε να είναι σε θέση να

επαναχρησιμοποιηθεί. Με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας επιβεβαιώθηκε η αναγκαιότητα των ταχυφορτιστών και όχι η τοποθέτηση ενός μεγάλου αριθμού απλών φορτιστών σε μία πόλη καθώς αποτελούν λύση, τόσο στην αυξημένη ζήτηση για φόρτιση σε μικρό χρονικό διάστημα όσο και στην αύξηση της χωρητικότητας προσφοράς στο δίκτυο, μειώνοντας την κατάληψη των υποδομών από χρήστες που εκμεταλλεύονται την υποδομή για παραπάνω χρόνο από ό,τι την χρειάζονται για φόρτιση.

Η βέλτιστη λύση με βάση τα προαναφερθέντα παρόλα αυτά είναι και ιδιαίτερα πιο ακριβή σε σχέση με τους σταθμούς βραδείας ή και ημι-ταχείας φόρτισης, συνεπώς το οικονομικό κομμάτι αποτελεί πάντα έναν καθοριστικό παράγοντα για την επιλογή των κατάλληλων και βιώσιμων υποδομών κάθε χώρας. Συμπληρωματικά, για την ολοκληρωμένη μελέτη χωροθέτησης πρέπει να γίνει μία αναλυτική έρευνα ζήτησης για φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων, καθώς σε αρκετές περιοχές υπάρχει αυξημένη απαίτηση για φόρτιση, ενώ σε άλλες η ηλεκτροκίνηση δεν έχει υιοθετηθεί ακόμα. Αυτό αποδείχθηκε και μέσω της μελέτης του Βερολίνου, στο οποίο υπήρχε άνιση κατανομή των σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων εντός της πόλης, λόγω της άνισης κατανομής της ζήτησης για φόρτιση. Παράλληλα, διαπιστώθηκε από τη μελέτη ότι η ανάπτυξη ενός μεγάλου δικτύου σταθμών φόρτισης ίσως να μην αποτελέσει σε τόσο μεγάλο βαθμό κίνητρο για τους πολίτες, έτσι ώστε να αγοράσουν EV, καθώς φαίνεται να τους ενδιαφέρει περισσότερο η κυκλοφορία νέων μοντέλων ηλεκτρικών πρωτοπόρων οχημάτων ή τάσεις της αυτοκινητοβιομηχανίας φιλικότερες για το περιβάλλον. Συμπεραίνουμε λοιπόν πως οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής θα πρέπει να κάνουν σκόπιμες επενδύσεις στο θέμα των σταθμών φόρτισης των οχημάτων και να μην υπερεκτιμούν τη συνεισφορά τους στην προώθηση της ηλεκτροκίνησης.

Ένα ακόμα ζήτημα που θα πρέπει να απαντηθεί, είναι ποιες θα μπορούσαν να είναι οι πιθανές θέσεις εγκατάστασης σταθμών φόρτισης σε μία πόλη. Για την κατάλληλη χωροθέτηση πρέπει να επιλεγθούν θέσεις οι οποίες να είναι εύκολα προσβάσιμες από το ευρύ κοινό, να αποτελούν μέρος της καθημερινής τους ζωής, να έχουν μεγάλη χωρητικότητα, ώστε να μπορούν να καλύψουν και το ενδεχόμενο επέκτασης της υποδομής στο μέλλον, ενώ παράλληλα να μην παρεμποδίζουν την υπάρχουσα διαμόρφωση της οδικής κυκλοφορίας. Με βάση τα παραπάνω ορισμένες από τις πιθανές θέσεις είναι τα πρατήρια καυσίμων, οι τερματικοί σταθμοί (ΚΤΕΛ, λιμάνια, σιδηροδρομικοί σταθμοί), τα πάρκινγκ των εμπορικών

κέντρων και των σούπερ μάρκετ που οι πολίτες καταναλώνουν σημαντικό χρόνο για την κάλυψη των αναγκών τους, ενώ μία ακόμη λύση θα μπορούσαν να αποτελέσουν και τα πάρκινγκ για τους εργαζόμενους. Όλα τα προαναφερθέντα, θα μπορούσαν να λειτουργήσουν συνεπικουρικά των δημόσιων χώρων στάθμευσης, ώστε να καλύψουν τη ζήτηση.

3.5 Χωροθέτηση σταθμών σε αυτοκινητοδρόμους

Η κατάλληλη υποδομή φόρτισης κατά μήκος αυτοκινητοδρόμων είναι ιδιαίτερα σημαντική για την προώθηση της ηλεκτροκίνησης μεγάλων αποστάσεων. Αποτελεί ένα ζήτημα ζωτικής σημασίας το άγχος μεγάλου εύρους, καθώς η χρήση των ηλεκτρικών οχημάτων για ταξίδια παρεμποδίζεται από τη μικρή σχετικά χωρητικότητα των μπαταριών, αλλά και από την περιορισμένη ύπαρξη σταθμών φόρτισης κατά μήκος των αυτοκινητοδρόμων. Ο αποκαρβουνισμός των οδικών μεταφορών αποτελεί έναν από τους κύριους στόχους που έχουν τεθεί παγκοσμίως. Η ανάγκη για γρήγορες, πράσινες και αποδοτικές οικονομικά και περιβαλλοντικά μεταφορές ωθεί την επιστήμη στην εύρεση λύσεων στα προβλήματα που αποτελούν τροχοπέδη για την επίτευξη τέτοιων στόχων. Μέσα από τη μεθοδευμένη ανάλυση αυτών των ζητημάτων, καθώς και την τάση για αύξηση της ζήτησης μεταφορών τις επόμενες δεκαετίες, χρήζει έγκαιρης αντιμετώπισης και ανάπτυξης ενός υλικοτεχνικού περιβάλλοντος που θα δίνει τη δυνατότητα στην κοινωνία να μετακινείται αδιάλειπτα δίχως προβληματισμούς και περιορισμούς καθημερινά. Συμπεραίνουμε λοιπόν ύστερα και από τις εκτεταμένες έρευνες, ότι η ύπαρξη ενός οργανωμένου δικτύου φόρτισης θα μπορέσει να επιταχύνει την εφαρμογή της ηλεκτροκίνησης.

Στην Ευρώπη, υπάρχουν χώρες τεχνολογικά προηγμένες, οι οποίες λόγω και της οικονομικής ευχέρειας έχουν εφαρμόσει την ηλεκτροκίνηση, όπως για παράδειγμα η Σουηδία, η Δανία, η Ολλανδία και η Γερμανία. Η κρατική μέριμνα σε θέματα περιβαλλοντικά είναι ανεπτυγμένη και οι πολίτες τους μπορούν να καρπωθούν τα οφέλη τέτοιων οργανωμένων κοινωνιών. Επομένως, η υιοθέτηση νέων τεχνολογιών μπορεί να επιτευχθεί με μεγαλύτερη ευκολία. Εφαρμογές τέτοιων χωρών δεν μπορούν να αποτελέσουν ακριβές παράδειγμα για άλλες χώρες με μικρότερη δυνατότητα επένδυσης, διότι τα αποτελέσματα πρόκειται να διαφοροποιούνται σε αξιοσημείωτο βαθμό. Δυστυχώς όμως αν δεν υπάρχει η

κατάλληλη επένδυση και προώθηση δημόσιων υποδομών η μετάβαση στην ηλεκτροκίνητη πραγματικότητα θα αργήσει και οι στόχοι δεν θα μπορέσουν να επιτευχθούν.

Η χωροθέτηση σταθμών φόρτισης σε αυτοκινητοδρόμους αποτελεί μία ιδιαίτερα πολύπλοκη και κοστοβόρα διαδικασία. Τόσο απαραίτητη όμως που πρέπει να επιτευχθεί με γνώμονα τη ζήτηση, αλλά και την εξυπηρέτηση των πολιτών σε καθημερινές συνθήκες κίνησης. Απαιτεί πολυπαραμετρική ανάλυση, έτσι ώστε η τελική τοποθέτηση της υποδομής να είναι άρτια και οικονομικά βιώσιμη, τόσο για τους χρήστες, όσο και για τους διαχειριστές της. Λόγω της φύσης των μετακινήσεων και της απαίτησης για μικρούς χρόνους παραμονής στην υποδομή έως ότου να ολοκληρωθεί η φόρτιση, η ύπαρξη ταχυφορτιστών αποτελεί μοναδική λύση. Εξαιρέσεις στην προηγούμενη συνθήκη αποτελούν οι υποδομές που δίνουν τη δυνατότητα στον χρήστη να σταθμεύσει και να συνδυάσει τη φόρτιση με άλλες δραστηριότητες ή ακόμα και την παραμονή του σε κάποια ξενοδοχειακή υποδομή (μοτέλ). Παρόλα αυτά, η εγκατάσταση ταχυφορτιστών απαιτεί υψηλή ζήτηση ροής ενέργειας και σε μικρό χρονικό διάστημα με αποτέλεσμα να δημιουργείται το ερώτημα κατά πόσο και σε ποιο βαθμό είναι ικανό το υπάρχον ηλεκτρικό δίκτυο κάθε περιοχής να καλύψει τις αυξημένες απαιτήσεις.

Σύμφωνα με μελέτη που διεξήχθη στους Γερμανικούς αυτοκινητοδρόμους, προέκυψε πως για συνεχή λειτουργία της σύνδεσης δικτύου σε πλήρη χωρητικότητα, η χρήση ηλεκτρικού συστήματος αποθήκευσης μπαταρίας επιτρέπει την εξυπηρέτηση έως 600 ηλεκτρικά οχήματα με μπαταρία (EV) ανά ημέρα σε κοινόχρηστους χώρους εξυπηρέτησης. Μία αντίστοιχη μελέτη είναι απαραίτητη να πραγματοποιηθεί σε όλες τις χώρες που ενδιαφέρονται για την εφαρμογή της ηλεκτροκίνησης, έτσι ώστε να γνωρίζουν τις αντοχές των υφιστάμενων δικτύων παροχής ηλεκτρικής ενέργειας.

Σύμφωνα με αρκετές μελέτες, η χωροθέτηση των σταθμών φόρτισης για να θεωρείται ένα δίκτυο πυκνό και να μην δημιουργεί άγχος στους οδηγούς οφείλει να τοποθετεί σταθμούς ανά 60 χιλιόμετρα. Πιθανές θέσεις χωροθέτησης των φορτιστών αποτελούν οι υφιστάμενες υποδομές, όπως οι Σταθμοί Εξυπηρέτησης Αυτοκινητιστών, τα πρατήρια καυσίμων κατά μήκος του αυτοκινητοδρόμου, οι χώροι προσωρινής στάθμευσης για ξεκούραση με τις κατάλληλες πάντα υποδομές για προστασία των οδηγών από την

κυκλοφορία, καθώς και παράπλευρα των διοδίων σε ειδικά διαμορφωμένους χώρους στάθμευσης.

3.6 Μελέτη περίπτωσης χρήσης υφιστάμενων σταθμών γρήγορης φόρτισης

Η μεταστροφή των σύγχρονων κοινωνιών σε φιλικότερες προς το περιβάλλον πολιτικές, όπως ο τομέας της ηλεκτροκίνησης, συχνά συνοδεύονται από ειδικά διαμορφωμένες οικονομικές στρατηγικές που τις πλαισιώνουν και τους δίνουν την απαραίτητη ώθηση. Σύμφωνα με τα πρότυπα της Διακήρυξης του Παρισιού είναι απαιτούμενη η ανάπτυξη 100 εκατομμυρίων ηλεκτρικών οχημάτων σε παγκόσμια εμβέλεια έως το 2030 (IEA, 2016, UNFCCC, 2015). Ωστόσο κάτι τέτοιο αντιτίθεται σε δεδομένα που αντιστοιχούν για το 2015, οπότε το παγκόσμιο απόθεμα ηλεκτροκίνητων οχημάτων άγγιζε τα 1,26 εκατομμύρια (IEA, 2016).

Με βήμα την παγκόσμια απόκλιση των δεδομένων, έρχονται στο προσκήνιο ερωτήματα που σχετίζονται με το τι αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα και ποιοι παράγοντες θα θέσουν τα θεμέλια για την ευρεία αποδοχή. Σε αυτά τα ζητήματα, έχει επικεντρωθεί πλήθος ερευνών. Ανάμεσα στα πιο σημαντικά ευρήματα, εντοπίζεται η συσχέτιση της προθυμίας απόκτησης EV με την υπάρχουσα υποδομή φόρτισης (Sierzchula et al., 2014). Ταυτόχρονα ιδιαίτερα σημαντικός παρουσιάζεται ο τύπος φόρτισης που διακρίνεται η γρήγορη φόρτιση ως ένας παράγοντας που προδιαθέτει την ανάπτυξη BEV στο πλαίσιο των πόλεων (Nilsson & Nykvist, 2016).

Τοποθετώντας στο μικροσκόπιο τη φόρτιση που πραγματοποιείται σε σύντομο χρονικό διάστημα, διαπιστώνεται πως οι υφιστάμενοι σταθμοί φόρτισης με ισχύ 50 kW, είναι σε θέση να φορτίσουν την μπαταρία ενός ηλεκτρικού οχήματος, από την κατάσταση μηδέν (άδεια μπαταρία) έως ένα ποσοστό 80% επί της πλήρους φορτισμένης κατάστασης σε χρονικό διάστημα των 30 λεπτών (DBT, 2013). Όμως αυτό που ανασύρει αμφιβολίες είναι η δυνητική επιβάρυνση του συστήματος και η εμφάνιση φαινομένων, όπως η πτώση της τάσης. Σε αυτό το θέμα, λύση θα αποτελέσει η χρήση υποδομών με διαμορφωμένα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας, τα οποία θα αναλυθούν σε επομένη ενότητα.

Επανερχόμενοι σε υποδομές γρήγορης φόρτισης στην προσπάθεια διερεύνησης του βαθμού χρήσης από το κοινωνικό σύνολο προκειμένου να διαπιστωθεί εάν όντως επιδρά καταλυτικά στην ενσωμάτωση της ηλεκτροκίνησης, παρατίθεται μελέτη που

πραγματοποιήθηκε από τους Neaimeh et al., 2017. Στη μελέτη αντλήθηκαν δεδομένα από τρεις διαφορετικές πηγές. Ως πηγές λειτούργησαν, ένα δίκτυο υποδομής γρήγορων φορτιστών στο Ηνωμένο Βασίλειο, ένα αντίστοιχο δίκτυο στις ΗΠΑ, καθώς και δίκτυο ηλεκτρικών οχημάτων που είχαν πρόσβαση σε ταχυφορτιστές.

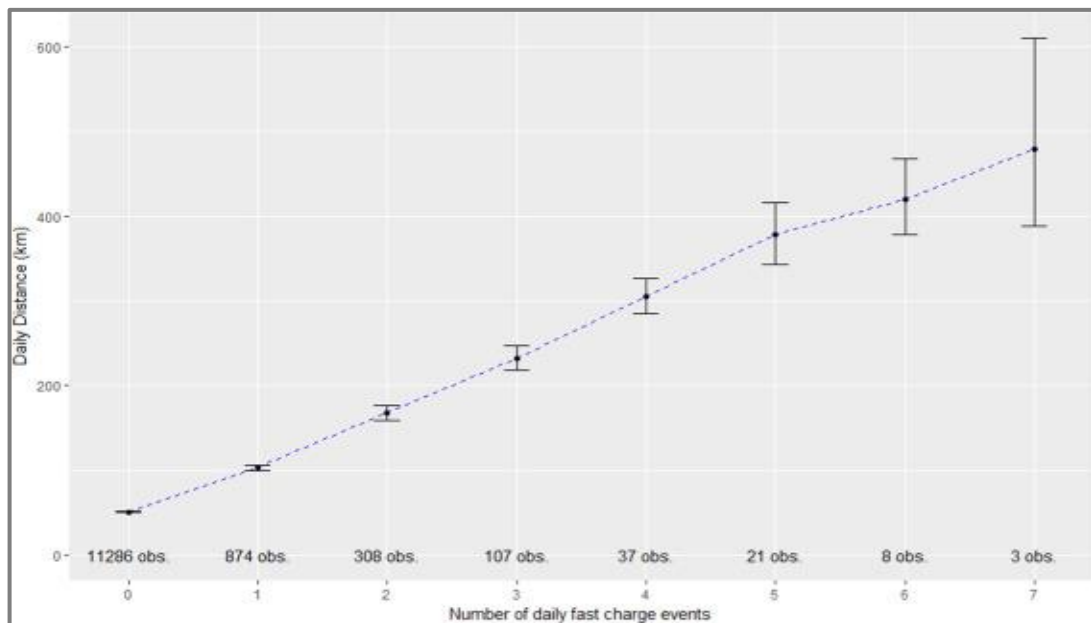
Αναλυτικότερα, τα δεδομένα που αντλήθηκαν από τις ΗΠΑ αντιστοιχούν σε υποδομή 106 γρήγορων φορτιστών, σε χώρους εντός και περιμετρικά μεγάλων μητροπολιτικών περιοχών (μέρος του προγράμματος με ονομασία EV), για χρονικό διάστημα 18 μηνών. Ενώ οι πληροφορίες που εξήχθησαν από το Ηνωμένο Βασίλειο υπόκεινται σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία αφορά σε δεδομένα, τα οποία ελήφθησαν από 51 γρήγορους φορτιστές (μέρους του προγράμματος RCN) τοποθετημένους στο Διευρωπαϊκό Δίκτυο (TEN-T) στη διάρκεια 13 μηνών. Η δεύτερη κατηγορία απαρτίζεται από 35 BEV (επιλέχθηκαν ανάμεσα σε μεγαλύτερο αριθμό εθελοντών) ιδιωτικής κατοχής με πρόσβαση σε υποδομές RCN. Όλοι οι κάτοχοι είχαν ως κύριο όχημα, το BEV, ενώ διασφαλίσθηκε ότι διέθεταν το όχημα για χρονικό διάστημα τουλάχιστον 3 μηνών, ώστε να εξασφαλίζεται η εξοικείωσή τους.

Για όλο το δείγμα τα δεδομένα που αντλήθηκαν, υπέστησαν περιγραφική ανάλυση για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών της φόρτισης των οχημάτων (μεταφερόμενη ενέργεια, διάρκεια συμβάντος), ενώ για τον πληθυσμό των επιλεγμένων BEV χρησιμοποιήθηκε μοντέλο πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης, ώστε να βρεθεί η σχέση μεταξύ των χαρακτηριστικών φόρτισης και της διανυόμενης απόστασης.

Τα στοιχεία που αντλήθηκαν από τις υποδομές των έργων EV και RCN αντίστοιχα, έρχονται σε συμφωνία με άλλες μελέτες και καταδεικνύουν πως η μεταφερόμενη ενέργεια από το σύστημα αντιστοιχεί κατά μέσο όρο, στο ήμισυ της χωρητικότητας της μπαταρίας. Το γεγονός αυτό, είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με τη διάρκεια φόρτισης ή ακόμα και με τις αρχικές συνθήκες από τις οποίες χαρακτηρίζεται η μπαταρία (Idaho National Lab, 2016). Αναφερόμενοι στη χρονική διάρκεια, στα υπό μελέτη συμβάντα φόρτισης παρατηρείται πως, και για τα δύο προγράμματα οι τιμές του απαιτούμενου χρόνου βρίσκονται πολύ κοντά στα 30 λεπτά. Η ίδια χρονική περίοδος, είναι σε θέση να εξασφαλίσει ένα ποσοστό φόρτισης για τη μπαταρία, πολύ κοντά στις συνθήκες πλήρους φόρτισης, ωστόσο όσο αυξάνεται η ενεργειακή πληρότητα του συστήματος, ο ρυθμός φόρτισης μειώνεται. Με αυτόν τον τρόπο ένας φορτιστής θα μπορούσε να βρίσκεται υπό κατάληψη για μεγάλο χρονικό διάστημα,

συγκριτικά μεγαλύτερο από το αναγκαίο επηρεάζοντας τη διαθεσιμότητα υποδομής και για τους άλλους χρήστες.

Για τα επιλεγμένα οχήματα στο Ηνωμένο Βασίλειο, η ανάλυση προσπάθησε να συσχετίσει τον παράγοντα «απόσταση» με τη χρήση υποδομών γρήγορης φόρτισης. Αναλύθηκαν σχεδόν 12.700 μέρες οδήγησης κατά τις οποίες τα BEV είχαν πρόσβαση σε υποδομές φόρτισης (αργού & γρήγορου τύπου). Στο Σχήμα 3-4 αναπαρίσταται η διανυόμενη οδική απόσταση σε εβδομαδιαία βάση με τον αριθμό ανά εβδομάδα των καταγεγραμμένων συμβάντων γρήγορης φόρτισης.



Σχήμα 3.4: Εβδομαδιαία απόσταση σε σχέση με τα συμβάντα γρήγορης φόρτισης (Πηγή: Neaimeh et al., 2017).

Από το παραπάνω Σχήμα, αντλείται το συμπέρασμα πως η προτίμηση της γρήγορης έναντι της αργής φόρτισης κατείχε υψηλότερο βαθμό σημαντικότητας σε ταξίδια μεγαλύτερης εμβέλειας, γεγονός που εναποτίθεται στους μικρούς χρόνους φόρτισης που προσφέρει. Συγκεκριμένα κατά τη διάρκεια της έρευνας, διαπιστώθηκε ότι γρήγορη φόρτιση έχει μεγαλύτερη απήχηση σε δρομολόγια άνω των 240 km ημερησίως. Ωστόσο, τέτοιες αποστάσεις είναι πιο σπάνιο φαινόμενο. Τα ευρήματα της έρευνας τείνουν να συμφωνούν με άλλες μελέτες. Η διαπίστωση, πως η χρήση γρήγορης φόρτισης μπορεί να διευκολύνει ταξίδια μεγαλύτερου βεληνεκούς, δίνει την ευκαιρία στα BEV να ξεπεράσουν την αντίληψη

των ιδανικών οχημάτων για κίνηση αυστηρά μέσα στο πλαίσιο της πόλης και να είναι πλέον σε θέση να πραγματοποιούν μεγάλες διαδρομές.

Ακόμη αρκετά συχνό φαινόμενο, είναι οι εκάστοτε οδηγοί, να παρασύρονται από το άγχος της επάρκειας λειτουργίας της μπαταρίας. Αυτό πολλές φορές οδηγεί σε υποεκτίμηση των δυνατοτήτων των οχημάτων ή ακόμα και στον μετριασμό του εύρους μετακίνησης (Egbue and Long, 2012). Έτσι η έρευνα έρχεται να καλύψει ένα σημαντικό κενό, υποστηρίζοντας πως η χρήση υποδομών γρήγορης φόρτισης επιτρέπει ταξίδια πολλών μιλίων που θεωρούνταν ακατόρθωτα, χωρίς όμως να εννοείται πως η υποδομή γρήγορης φόρτισης είναι αυτή που προκαθορίζει τα ταξίδια μεγάλων αποστάσεων. Ενώ, τέλος, οι δυνατότητες που προσφέρουν οι υποδομές ταχύτατης φόρτισης, ενδέχεται να αποτελέσουν ενθαρρυντικό παράγοντα υιοθέτησης ηλεκτρικών οχημάτων στο μέλλον.

Το δείγμα οδηγών των επιλεγμένων BEV, παρουσίασε υψηλή συμβατότητα με το προφίλ των πρώτων που υιοθέτησαν τα BEV, ωστόσο δεν είναι σε θέση να αποτελέσει, πλήρη εικόνα όλου του πληθυσμού που έχουν υιοθετήσει την ηλεκτροκίνηση. Για αυτόν τον λόγο, ενώ παρατηρείται συσχέτιση μεταξύ απόστασης και χρήσης υποδομών γρήγορης φόρτισης, δεν μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για τον προσδιορισμό της ακριβούς σχέσης, απαιτώντας μεγαλύτερη διερεύνηση.

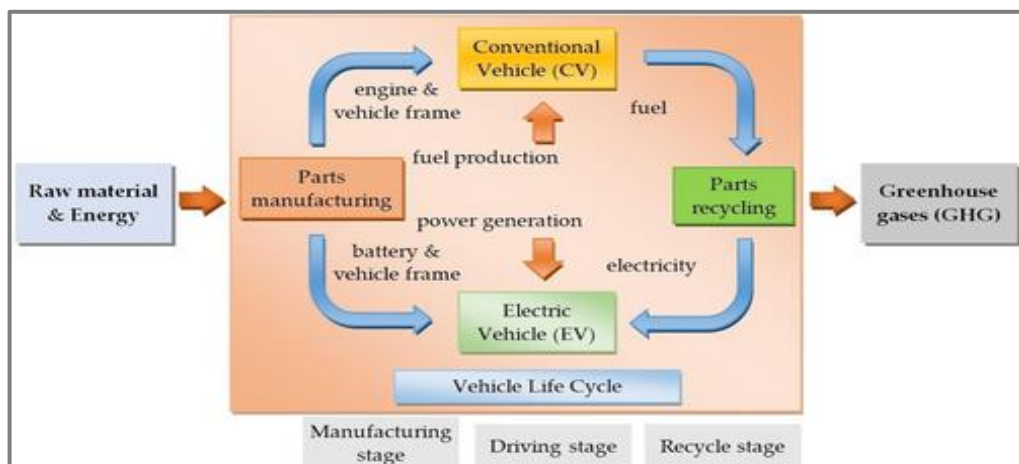
3.7 Περιβαλλοντικά ζητήματα σταθμών φόρτισης

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου αποτέλεσε έναυσμα για την παγκόσμια ευαισθητοποίηση του κοινού αναφορικά με τα περιβαλλοντικά προβλήματα που χαρακτηρίζουν τη σύγχρονη κοινωνία. Με κύριο παράγοντα που συντέλεσε στην κλιμάκωση του φαινομένου, την υπέρμετρη συγκέντρωση CO₂ από την ανθρωπογενή δραστηριότητα (καύση ορυκτών καυσίμων από κινητήρες, αποψίλωση δασών, παραγωγή ενέργειας κ.ά.) γίνεται λόγος σε παγκόσμιο επίπεδο για προσπάθεια μείωσης των εκπομπών και υιοθέτηση μίας νοοτροπίας με πράσινο χαρακτήρα.

Ο τομέας των μεταφορών σε παγκόσμιο επίπεδο κατατάσσεται στη δεύτερη θέση ως προς τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, με ποσοστό που αντιστοιχεί σε 31%. Δεδομένης της παγκόσμιας ανάγκης μείωσης των αερίων που σχετίζονται με το φαινόμενο, η πίεση για την ανάληψη δράσης μεταφέρεται σε κάθε τομέα, συμπεριλαμβανομένου του τομέα των

μεταφορών. Επικεντρώνοντας το ενδιαφέρον στην ηλεκτροκίνηση, εύκολα γίνεται αντιληπτό ότι έχει κερδίσει σημαντικό προβάδισμα τα τελευταία χρόνια, εφόσον αποτελεί ιδανική λύση για τον αποκαρβουνισμό των μετακινήσεων. Παράλληλα, στα θετικά της προστίθεται, η υψηλή συμβατότητα με το ήδη υπάρχον σύστημα ηλεκτροδότησης που εντοπίζεται στα σύγχρονα κέντρα.

Ωστόσο προβληματισμός εγείρεται στο κομμάτι των υποδομών φόρτισης. Εκτός από τον μεγάλο αριθμό που απαιτείται για να καλυφθεί η ζήτηση, σημαντική είναι και η δυναμική των υποδομών προκειμένου να μην επιβαρύνουν το ισχύον δίκτυο. Ταυτόχρονα, ιδιαίτερα σημαντική παρουσιάζεται, η ποιότητα του ηλεκτρικού δικτύου. Λαμβάνοντας υπόψιν τον συνολικό κύκλο ζωής ενός EV, σε έρευνα που διεξήχθη (Li et al., 2019) αναδείχθηκε πως οι εκπομπές CO₂ ενός EV είναι μεγαλύτερες σε ποσοστό που αγγίζει έως και το 31%, έναντι ενός συμβατικού οχήματος. Κάτι τέτοιο είναι στενά συνδεδεμένο με τη σύνθεση του υφιστάμενου δικτύου ηλεκτροδότησης. Για μεγαλύτερα επίπεδα καθαρής ενέργειας στο δίκτυο, αναμένεται μείωση των εκπεμπόμενων ποσοστών CO₂. Με αυτόν τον τρόπο, η εναλλακτική της τροφοδοσίας από πράσινα συστήματα, παρουσιάζεται άκρως ελκυστική, υποσχόμενη τη μείωση του περιβαλλοντικού αντίκτυπου.



Σχήμα 3.5: Κύκλος ζωής συμβατικού και ηλεκτρικού οχήματος (Πηγή: Filote et al., 2020).

3.7.1 Μελέτη έργου SMiLE-EV

Ανατρέχοντας στη βιβλιογραφία εύκολα παρατηρεί κανείς το πλήθος των δοκιμών με κύρια ενασχόληση, το περιβαλλοντικό αντίκτυπο του ηλεκτρικού σταθμού φόρτισης,

τροφοδοτούμενο από το δίκτυο. Ωστόσο, το κενό εντοπίζεται στον αντίκτυπο των πράσινων συστημάτων τροφοδοσίας ενός σταθμού. Εκμεταλλευόμενοι το έλλειμμα της βιβλιογραφίας, στο πλαίσιο του έργου «SMiLE – EV» προσομοιώθηκαν και εξετάστηκαν έξι διαφορετικά συστήματα πράσινης ενέργειας (SeG) με απώτερο σκοπό τη διερεύνηση της συμβολής τους σε περιβαλλοντικό επίπεδο. Στον Πίνακα 3.4, παρατίθενται τα διαμορφωμένα συστήματα και ο τρόπος λειτουργίας τους.

Πίνακας 3.4: Διαμόρφωση SeG (Filote et al., 2020).

SeG	Εξοπλισμός μετατροπής ενέργειας	Εξοπλισμός αποθήκευσης ενέργειας
SeG 1	Φωτοβολταϊκά πάνελ (PV)	Μπαταρία (B)
SeG 2	Ανεμογεννήτριες (WT)	Μπαταρία (B)
SeG 3	Φωτοβολταϊκά πάνελ (PV) & Ανεμογεννήτριες (WT)	Μπαταρία (B)
SeG 4	Φωτοβολταϊκά πάνελ (PV), Κυψέλη καυσίμου (FC) & Ηλεκτρολύτης (Ely) Δεξαμενή+ H ₂	Δεξαμενή αποθήκευσης υδρογόνου (H ₂ tank)
SeG 5	Ανεμογεννήτριες (WT), Κυψέλη καυσίμου (FC) & Ηλεκτρολύτης (Ely) Δεξαμενή + H ₂	Δεξαμενή αποθήκευσης υδρογόνου (H ₂ tank)
SeG 6	Φωτοβολταϊκά πάνελ (PV), Ανεμογεννήτριες (WT), Κυψέλη καυσίμου (FC) & Ηλεκτρολύτης (Ely) Δεξαμενή H ₂	Δεξαμενή αποθήκευσης υδρογόνου (H ₂ tank)

Με τη βοήθεια του λογισμικού εικονικής προσομοίωσης iHOGA PRO + 2.5 (Hybrid Optimization by Genetic Algorithms) κάθε ένα από τα επιμέρους συστήματα τροφοδότησης σταθμού σχεδιάστηκε και προσομοιώθηκε σε κατάλληλο περιβάλλον βάσει των αναγκών του. Αναλυτικότερα:

- Για τα SeG2, SeG3, SeG5 και SeG6, επιλέχθηκε ένα περιβάλλον γεωργικής περιοχής.
- Τα SeG1 και SeG4 χρησιμοποιήθηκαν τόσο σε περιοχές πόλεων, όσο και σε απομακρυσμένες τοποθεσίες.

Η ανάλυση των SeG πραγματοποιήθηκε σε διάφορους τομείς. Για όλα τα συστήματα, εξετάστηκαν και υπολογίστηκαν ενεργειακά δεδομένα, οικονομικά στοιχεία, καθώς και η σύνδεση του κύκλου ζωής τους με τις εκπομπές CO₂. Για τους σκοπούς της ανάλυσης χρησιμοποιήθηκε βελτιστοποίηση πολλαπλών αντικειμενικών τύπων. Τέλος, θεωρείται ότι

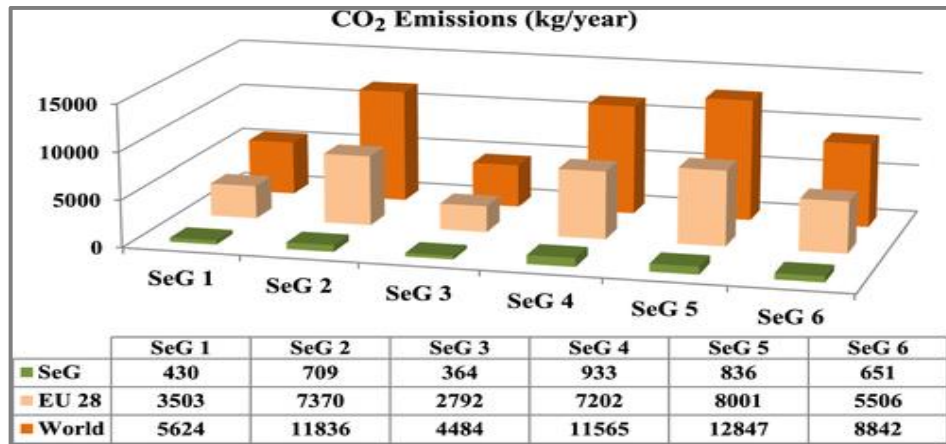
τα πράσινα συστήματα που διαμορφώθηκαν, χαρακτηρίζονταν από τον βέλτιστο τρόπο λειτουργίας τους σε όλη τη διάρκεια της μελέτης.

3.7.2 Αποτελέσματα έρευνας SMiLE-EV

Η εφαρμογή συστημάτων που βασίζεται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτέλεσε τον ακρογωνιαίο λίθο της έρευνας. Λαμβάνοντας υπόψιν παραμέτρους, όπως τεχνικά χαρακτηριστικά και περιορισμούς, η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε μια ικανοποιητική ικανότητα της λειτουργίας των συστημάτων. Το περιβάλλον προσομοίωσης άντλησε δεδομένα που συνδέονται με τον κύκλο ζωής των πράσινων συστημάτων, ενώ τα αποτελέσματα εξετάζονται σε χρονικό διάστημα 25 ετών. Στην περίπτωση αναφοράς σε έτος λειτουργίας, τα στοιχεία που αφορούν στα 25 έτη ανάχθηκαν στη διάρκεια ενός έτους.

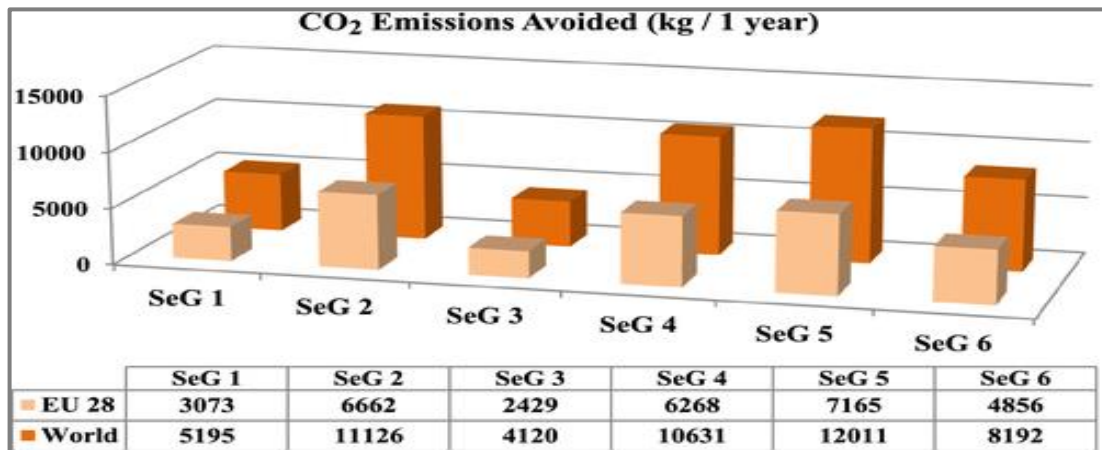
Η διαμόρφωση των έξι εναλλακτικών συστημάτων πράσινης ενέργειας πραγματοποιήθηκε προκειμένου να διερευνηθεί εάν τα εν λόγω συστήματα δύνανται να βελτιώσουν τις συνθήκες λειτουργίας των σταθμών φόρτισης. Θεωρώντας ότι ανά καταναλωτή η ενεργειακή απαίτηση ανέρχεται σε 6022 kWh/έτος, παρατηρείται ότι όλα τα συστήματα είναι σε θέση να καλύψουν τη ζήτηση και ταυτόχρονα να έχουν και εφεδρική ενέργεια αποθηκευμένη. Με βάση τα δεδομένα που αντλούνται, τα διαμορφωμένα SeG της έρευνας συγκρινόμενα με τις δίκτυα ηλεκτρισμού της ΕΕ, καθώς και σε παγκόσμια κλίμακα, προσφέρουν μειωμένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα σε ποσοστό 88,3% και 92,7%, αντίστοιχα.

Η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, προσφέρει την αίσθηση πως απαλλάσσονται των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Κάτι τέτοιο διαφοροποιείται στο πλαίσιο της έρευνας, γεγονός που οφείλεται σε απόδοση ενός μικρού ποσοστού εκπομπής CO₂ στο εσωτερικό των διαμορφωμένων πράσινων συστημάτων. Έτσι προκύπτουν οι εκτιμήσεις για τα επιμέρους συστήματα που παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.6.



Σχήμα 3.6: Εκπομπή CO₂ που προέρχεται από τα SeG ανά έτος λειτουργίας (Πηγή: Filote et al., 2020).

Εξετάζοντας την αντίστοιχη εκπομπή ρύπων από τα συστήματα που αντλούν ενέργεια από το υπάρχον δίκτυο ηλεκτροδότησης σε παγκόσμιο επίπεδο, αλλά και στα δεδομένα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, προκύπτει το μέγεθος των εκπομπών σε διοξείδιο του άνθρακα που θα μπορούσε να αποφευχθεί με τη χρήση των προτεινόμενων συστημάτων (Σχήμα 3.7).



Σχήμα 3.7: Αποφευχθείσα εκπομπή CO₂ (Πηγή: Filote et al., 2020).

Δεδομένου ότι πρόκειται για συστήματα υποδομών που συνδέονται στενά με το πλαίσιο της κοινωνίας, εξίσου σημαντική είναι και η εξέταση του οικονομικού τομέα. Τα συστήματα που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορεί να συνεπάγονται πληθώρα περιβαλλοντικών ωφελειών, όμως δεν παύουν να χαρακτηρίζονται από υψηλό κόστος επένδυσης. Αυτό γίνεται εμφανές και στην προκειμένη περίπτωση για κάθε ένα από τα διαμορφωμένα συστήματα πράσινης ενέργειας. Ιδιαίτερως υψηλή είναι η απαίτηση σε κόστος αρχικού κεφαλαίου, ενώ ταυτόχρονα μεγάλο είναι το χρηματικό ποσό που χαρακτηρίζει τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας (μπαταρίες, δεξαμενή υδρογόνου) (Filote et al., 2020).

3.8 Μελέτη περίπτωσης στην πόλη του Βόλου

Αρχικά θα πρέπει να απαντηθούν τα εξής ερωτήματα:

- Πόσοι σταθμοί φόρτισης απαιτούνται;
- Σε ποια σημεία/τοποθεσίες θα πρέπει να εγκατασταθούν;
- Ποιον τύπο φόρτισης θα πρέπει να υποστηρίζουν;
- Τι συμβαίνει με την κυκλοφορία στην περιοχή επιρροής;
- Απαιτείται ιδιαίτερη μέριμνα;

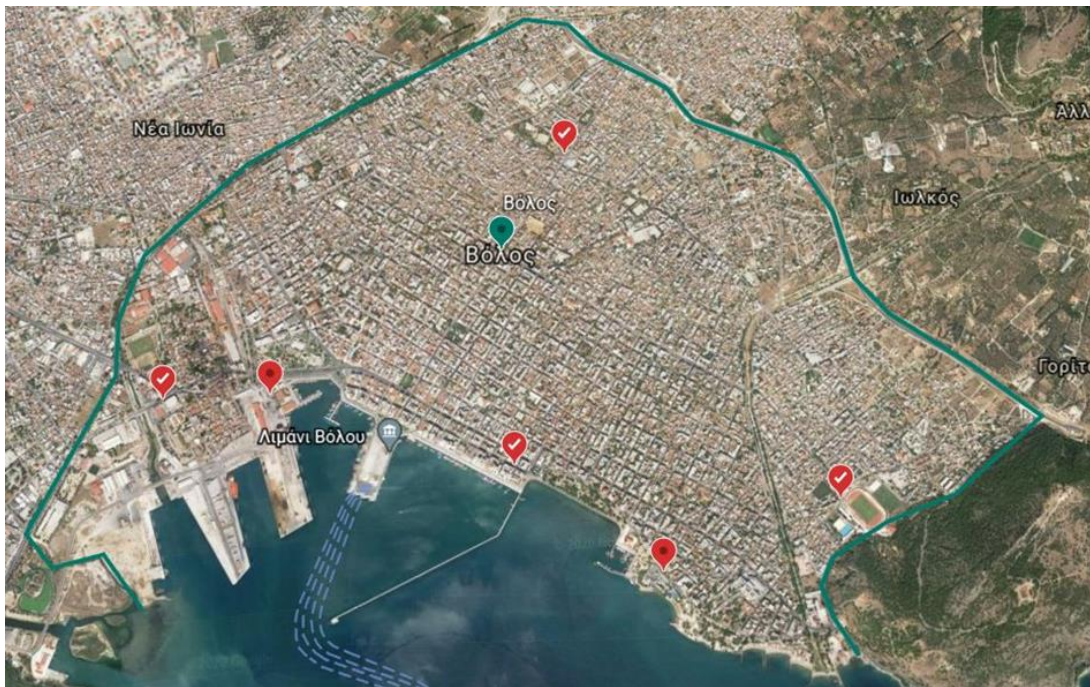
Με βάση τη νομοθεσία που προέκυψε τον Οκτώβριο του 2020, η χωροθέτηση θέσεων στάθμευσης και σημείων επαναφόρτισης Η/Ο εντός των διοικητικών ορίων του Φορέα Εκπόνησης μπορεί να γίνει στους χώρους στάσης και στάθμευσης, καθώς και σε ελεγχόμενους από τους δήμους χώρους στάθμευσης και δημοτικούς χώρους στάθμευσης, προβλέπεται υποχρεωτικά η ύπαρξη ενός (1) κατ' ελάχιστον σημείου επαναφόρτισης Η/Ο ανά χιλίους (1.000) κατοίκους του δήμου. Στην πόλη του Βόλου είναι εγκατεστημένοι ήδη 2 σταθμοί φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, οι οποίοι με βάση τη ζήτηση στην παρούσα χρονική στιγμή καλύπτουν άνετα τις ανάγκες για ηλεκτρική φόρτιση.

Για την εύρεση του αριθμού σταθμών φόρτισης πρέπει να δοθεί σημασία στους εξής παράγοντες:

- Κοινωνικοοικονομικά στοιχεία.
- Δεδομένα κινητικότητας – μεταφορών.
- Μέγεθος – επισκεψιμότητα.

- Εκτιμώμενος βαθμός διείσδυσης.
- Εξυπηρετούμενα οχήματα / δημόσιο σημείο φόρτισης → 1 φορτιστής ανά 25 ηλεκτρικά οχήματα.
- Ακτίνα επιρροής σταθμού → 5 ή 7 χλμ.
- Κάλυψη ζήτησης ή κάλυψη έκτασης.

Παράλληλα με την εγκατάσταση σταθμών ηλεκτρικών οχημάτων οι πολίτες επιλύουν ορισμένους προβληματισμούς που τους απασχολούν. Κυρίως ως προς την ευκολία φόρτισης αυτών των οχημάτων, καθώς μαζί με το κόστος απόκτησής τους αποτελούν τα κυριότερα ζητήματα. Επομένως ο αριθμός των απαιτούμενων σταθμών φόρτισης δεν μπορεί να δοθεί έτσι. Η χωροθέτησή τους μπορεί να γίνει σε πρατήρια καυσίμων ακόμα και σε πάρκινγκ από supermarket και ξενοδοχειακών μονάδων. Στην περίπτωση του Βόλου κατάλληλη τοποθεσία θεωρούμε πως αποτελούν ο λιμένας καθώς έχει μεγάλη χωρητικότητα, ενώ παράλληλα βρίσκεται πλησίον της πόλης. Μία άλλη λύση θα ήταν ο τερματικός σταθμός των λεωφορείων, μία πολύ καλή λύση, αφού θα μπορούσε να εξυπηρετήσει και τις ανάγκες για φόρτιση των οχημάτων πριν εξέλθουν από την πόλη για τον αυτοκινητόδρομο.



Σχήμα 3.8: Υφιστάμενη και προτεινόμενη υποδομή σταθμών φόρτισης στην πόλη του Βόλου (Υπόβαθρο χάρτη: Google Maps).

3.9 Συμπεράσματα αναφορικά με τη χωροθέτηση των σταθμών φόρτισης

Οι σταθμοί φόρτισης οχημάτων διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην ηλεκτροκίνηση. Η ύπαρξη δημόσιων υποδομών φόρτισης βάσει των ευρημάτων, επρόκειτο να συνδράμει τόσο στην εξυπηρέτηση των καθημερινών αναγκών όσο και στην προώθηση της ηλεκτροκίνησης, έτσι ώστε να επιτευχθούν οι περιβαλλοντικοί στόχοι παγκοσμίως. Η οικονομική επένδυση για την κατασκευή τέτοιων υποδομών πρέπει να λάβει πολυπαραμετρικές μεθόδους για να επιτευχθούν βιώσιμες λύσεις. Βάσει των ευρημάτων, δεν πρέπει να υπερεκτιμηθούν οι ωφέλειες από την εγκατάσταση δημόσιων υποδομών στην προώθηση πράσινων μέσων μεταφοράς, ενώ παράλληλα κυρίαρχο παράγοντα για την αποδοτική λειτουργία των υποδομών αποτελεί η προσφερόμενη ισχύς από το σύστημα.

Συμπεραίνεται λοιπόν πως το ζήτημα της κάλυψης ενέργειας δεν είναι καθαρά ποσοτικό, αλλά και ποιοτικό. Προτείνεται η γρήγορη φόρτιση τόσο σε αστικό όσο και σε υπεραστικό δίκτυο, ενώ παράλληλα απαιτείται η διάρθρωση ορθής πολιτικής χρέωσης των σταθμών έτσι ώστε να μην παρεμποδίζονται από άσκοπη κατάληψη τους. Η χωρητικότητα του δικτύου αποτελεί βασικό παράγοντα που οφείλουν να δώσουν προσοχή οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής, έτσι ώστε να γνωρίζουν τις αντοχές του δικτύου τους με την υφιστάμενη παραγωγή ενέργειας. Επιπρόσθετα, το περιβαλλοντικό αποτύπωμα από την εδραίωση της ηλεκτροκίνησης, αναμένεται να διαφοροποιείται ανάλογα με τον τρόπο παραγωγής της προσφερόμενης ενέργειας. Προτείνεται η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, φιλικών προς το περιβάλλον μεθόδων, όπως ηλιακή και αιολική ενέργεια, έτσι ώστε να μεταβούμε σε καθαρότερες από τον άνθρακα πόλεις. Από τη μελέτη περίπτωσης του Βόλου, αναλύθηκαν τα χαρακτηριστικά της πόλης και η ζήτηση για ηλεκτρική φόρτιση. Αποτυπώθηκαν σε χάρτη οι προτεινόμενες τοποθεσίες που κρίθηκαν κατάλληλες για τη μελλοντική εγκατάσταση σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στην υπό εξέταση πόλη.

Οι υποδομές φόρτισης θα πρέπει να χαρακτηρίζονται από ευκολία πρόσβασης, ταχύτητα και ευκολία φόρτισης, συνδεσιμότητα οχήματος/σταθμού και πληρωμής, ενώ η θέση τους οφείλει να είναι σε σημεία που εξυπηρετούν τις ανάγκες των περισσότερων πολιτών.

Κεφάλαιο 4 Αυτόνομη οδήγηση

4.1 Εισαγωγή στην αυτόνομη οδήγηση και επικρατούσες συνθήκες στο οδικό δίκτυο

Στη σημερινή εποχή με την εξέλιξη των παρεχόμενων τεχνολογιών και την καθολική ενσωμάτωσή τους στον τομέα των χερσαίων οδικών μεταφορών, παρατηρείται ολοένα και μεγαλύτερη ζήτηση για μετακινήσεις των πολιτών. Τις τελευταίες δεκαετίες, η αναπτυσσόμενη ταχύτητα των μέσων μεταφοράς και ο μειωμένος χρόνος ταξιδιού καθιστούν το μεταφορικό έργο εύκολα επιτεύξιμο. Πάραυτα, η αύξηση της ζήτησης για μετακινήσεις, δημιουργεί διαρκώς κυκλοφοριακά προβλήματα και συγκρούσεις. Σύμφωνα με έρευνες, το ποσοστό των τροχαίων ατυχημάτων ετησίως είναι σε ανησυχητικά υψηλά επίπεδα. Λαμβάνοντας υπόψη ότι περίπου το 95% των τροχαίων ατυχημάτων οφείλεται σε ανθρώπινο σφάλμα και αφαιρεί χιλιάδες ζωές ετησίως, γίνεται τα τελευταία χρόνια μία προσπάθεια από τις αυτοκινητοβιομηχανίες και τους μεγάλους εταιρείες τεχνολογίας (google) για τον αυτοματισμό των οχημάτων, ώστε να διαπιστωθεί εάν η αυτόνομη οδήγηση με ή χωρίς παρουσία οδηγού, επηρεάζει την οδική συμπεριφορά και κατ' επέκταση το επίπεδο ασφάλειας σε ένα δίκτυο.

Τα αυτοματοποιημένα οχήματα έχουν τη δυνατότητα επανάστασης στη μελλοντική επιλογή μεταφοράς, όπως και στην άνεση που παρέχουν στους χρήστες. Τα αυτό-οδηγούμενα οχήματα θα μπορούσαν να αποτελέσουν εναλλακτική λύση μεταφοράς. Ορισμένες από τις βασικές μεταβλητές που διαδραματίζουν στατιστικά σημαντικούς ρόλους στην προθυμία χρήσης αυτοματοποιημένων οχημάτων είναι το κόστος χρήσης, το μέγεθος των νοικοκυριών, οι ημερήσιοι χρόνοι ταξιδιού, η ασφάλεια ως προς την προστασία δεδομένων, αλλά και την ενδεχόμενη σύγκρουση, καθώς και το ιστορικό συντριβής οχημάτων. Η χαμηλή κατανάλωση οχημάτων, τα υψηλά ποσοστά σύγκρουσης σε συνδυασμό

με τα υψηλά επίπεδα εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου δημιουργούν την ευκαιρία για να εισέλθουν στην αγορά τα κοινόχρηστα αυτοματοποιημένα οχήματα και να βελτιωθούν ορισμένα από αυτά τα ζητήματα.

Συγκεκριμένα, οι ομάδες χρηστών που έχουν προβλήματα όρασης ή σωματικής βλάβης θα μπορούσαν να βρουν αυτόν τον νέο τρόπο μεταφοράς πιο χρήσιμο αν υποτεθεί ότι η τιμή της υπηρεσίας δεν αποτελεί σημαντικό εμπόδιο. Σήμερα, από πολλούς θεωρείται ότι τα αυτόνομα οχήματα αποτελούν μία λύση εφικτή και κοντά στην πραγματικότητα σε σχέση με το παρελθόν.

4.2 Ορισμός και κατηγοριοποίηση

Τα αυτόνομα ή αυτο-οδηγούμενα οχήματα αποτελούν μια επαναστατική τεχνολογία, για την οποία γίνεται πολύς λόγος τη σύγχρονη εποχή. Με τον όρο αυτόνομα οχήματα, νοούνται τα οχήματα τα οποία με ένα κατάλληλα διαμορφωμένο σύστημα αισθητήρων, λογισμικού, όπως και άλλων οργάνων (laser, scanning και κάμερες), μπορούν να κυκλοφορούν στο οδικό δίκτυο με ή και χωρίς οδηγό (Kotseruba et al., 2017). Ωστόσο, για να επιτευχθούν όλα αυτά απαιτείται η επικοινωνία μεταξύ των οχημάτων και της υποδομής (λειτουργίες V2V και V2I), επομένως και ο εκσυγχρονισμός της λοιπής κυκλοφορίας είναι απαραίτητος για τη μετάβαση σε αυτήν την προηγμένη τεχνολογία.

Τα αυτόνομα οχήματα ανάλογα με το επίπεδο αυτοματισμού που παρέχουν κατηγοριοποιούνται σε 6 επίπεδα αυτοματισμού (Lee & Hess, 2020):

- **Επίπεδο 0 – Κανένας αυτοματισμός:** ο οδηγός είναι αποκλειστικά υπεύθυνος για όλες τις κινήσεις του οχήματος.
- **Επίπεδο 1 – Βασικά συστήματα υποβοήθησης της οδήγησης:** συναντώνται βασικά συστήματα υποβοήθησης της οδήγησης, όπως «adaptive cruise control και parking assistant».
- **Επίπεδο 2 – Μερική αυτονομία:** τα συγκεκριμένα συστήματα μπορούν να κυκλοφορήσουν μόνο υπό συγκεκριμένες συνθήκες και χρειάζονται διαρκή επίβλεψη από τον οδηγό.

- **Επίπεδο 3 – Αυτονομία υπό όρους:** τα αυτόνομα οχήματα έχουν πλήρη επίγνωση του περιβάλλοντος και έχουν αναλάβει την οδήγηση, ωστόσο ανά πάσα στιγμή μπορεί να κληθεί ο οδηγός να παρέμβει.
- **Επίπεδο 4 – Υψηλό επίπεδο αυτοματισμού:** το αυτόνομο όχημα μπορεί να διαχειριστεί όλες τις λειτουργίες της οδήγησης, ωστόσο υπό συγκεκριμένα «σενάρια», όπως ενός καλά χαρτογραφημένου δικτύου.
- **Επίπεδο 5 – Πλήρης αυτονομία:** σε αυτό το επίπεδο, το αυτόνομο όχημα είναι ικανό να διαχειριστεί με ευκολία την οδήγηση σε όλες τις περιπτώσεις, κάτω από όλες τις καιρικές συνθήκες, όπως θα έκανε και ένας άνθρωπος.



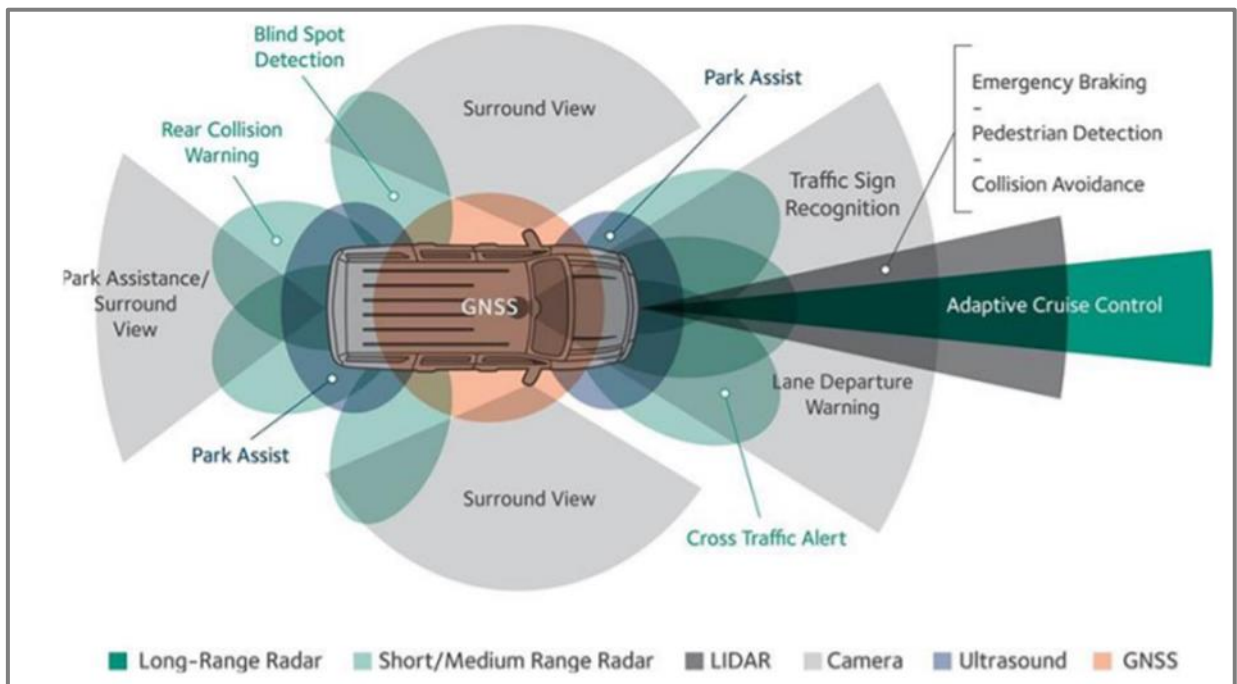
Σχήμα 4.1: Κατηγορίες αυτόνομων οχημάτων (Πηγή: Επικαιρότητα Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο).

4.3 Τεχνολογία αυτό-οδηγούμενων οχημάτων

Η τεχνολογία που υιοθετείται στα αυτόνομα οχήματα είναι ένας συνδυασμός ηλεκτρονικών μικροϋπολογιστών (ECU), λογισμικού και κατάλληλων αισθητήρων που επικοινωνούν μεταξύ τους, έτσι ώστε να μπορεί να κινηθεί πλήρως αυτόνομα το όχημα, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις επικοινωνούν με τον χειριστή του για την ολοκλήρωση της λήψης απόφασης. (Colonna et al., 2012). Ο αξιόπιστος εντοπισμός (tracking) είναι η βασική μεταβλητή οποιουδήποτε αυτο-οδηγούμενου οχήματος. Για τον έλεγχο και την πλοήγηση των αυτόνομων οχημάτων χρησιμοποιούνται αρκετά διαφορετικά συστήματα, καθώς και ένα σύνολο διαφορετικών αισθητήρων. Οι πιο γνωστοί αισθητήρες συμπεριλαμβάνουν το LiDAR, το GPS, το ραντάρ, τους υπερηχητικούς αισθητήρες και τις αδρανειακές μονάδες μέτρησης (Babak et al., 2017). Η εξέλιξη των τεχνολογιών που στηρίζονται στους αισθητήρες και την επικοινωνία των συνδεδεμένων οχημάτων είναι ζωτικής σημασίας για την παραγωγή αξιόπιστων αυτόνομων οχημάτων. Τα συστήματα που βασίζονται σε αισθητήρες προσφέρουν αρκετά στάδια υποβοήθησης στον οδηγό, όπως και στην υπάρχουσα μορφή τους δεν είναι ακόμη σε θέση να προσφέρουν ολοκληρωμένες και οικονομικά βιώσιμες εμπειρίες αυτό-οδήγησης (βρισκόμαστε έως επιπέδου 3 αυτοματισμό) (Rathore, 2016).

Τα αυτόνομα οχήματα χρειάζονται πληθώρα δεδομένων που βασίζονται στη σύνδεση με τον κυβερνοχώρο, ώστε να μπορούν να λειτουργήσουν αποδοτικά (Bloom et al., 2017). Το λογισμικό των αισθητήρων ουσιαστικά δημιουργεί μία τρισδιάστατη απεικόνιση του περιβάλλοντος κυκλοφορίας του οχήματος (Colonna et al., 2012). Οι αισθητήρες περιλαμβάνουν: ένα σύστημα GPS για πλοήγηση, έναν κωδικοποιητή των τροχών για την παρακολούθηση των κινήσεων του αυτοκινήτου, ραντάρ στο μπροστινό και πίσω προφυλακτήρα για την αναγνώριση του οδοστρώματος, μια κάμερα κοντά στον καθρέπτη για την αναγνώριση των χρωμάτων, των διαγραμμίσεων, την αναγνώριση μιας σύγκρουσης, και τις ειδοποιήσεις για πεζούς, καθώς και έναν αισθητήρα LiDAR στην οροφή που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ενός 3D χάρτη του περιβάλλοντος του οχήματος (Bloom et al., 2017). Το σύστημα LiDAR εγκαθίστανται στην οροφή των αυτόνομων οχημάτων και συνιστά πλέον αναγκαίο εργαλείο για την οδήγηση αυτών των οχημάτων. Το LiDAR έχει πολύ μεγαλύτερη εμβέλεια από τις κάμερες, αλλά διαθέτει αισθητά χαμηλότερη ανάλυση. Ωστόσο, μπορεί να λειτουργήσει αποτελεσματικά σε διαφορετικές περιβαλλοντικές

συνθήκες από τις κάμερες. Έχει προηγμένη ευκρίνεια σε σχέση με το Radar, ενώ παράλληλα μπορεί να δημιουργήσει ένα περίγραμμα των αντικειμένων που διαφοροποιούνται το ένα από το άλλο (πρακτικά διακρίνει τα σχήματα των αντικειμένων και διαμορφώνει μία τρισδιάστατη απεικόνισή τους). Ο υπολογιστής διαθέτει λογισμικό που εφαρμόζει στα δεδομένα που ανακτώνται από το λογισμικό ανίχνευσης αλγόριθμους λήψης αποφάσεων, βασισμένους στην ανθρώπινη λογική. Με βάση τα δεδομένα που έχει συλλέξει από το περιβάλλον και τους κατάλληλους αλγορίθμους, το λογισμικό αυτό προσφέρει στο όχημα δεδομένα που έχουν υποστεί επεξεργασία, τα οποία με τη σειρά τους δίνουν οδηγίες για την πραγματοποίηση αυτόματων κινήσεων, συμπεριλαμβανομένης της επιτάχυνσης, της επιβράδυνσης και της αλλαγής πορείας για αποφυγή συγκρούσεων (Colonna et al., 2012).



Σχήμα 4.2: Συστήματα και η λειτουργικότητά τους (Πηγή: Bakak et al., 2017).

4.3.1 Σύστημα εντοπισμού της θέσης και πλοήγησης του αυτοκινήτου

Κατά τη διάρκεια της αυτόνομης οδήγησης, πρέπει να βρεθεί λύση για δύο κύρια θέματα. Το πρώτο αφορά στον εντοπισμό της τρέχουσας θέσης του οχήματος και το δεύτερο αφορά στη μετάβασή του από τη θέση που βρίσκεται προς τον τελικό προορισμό. Προφανές θεωρείται πως, με την ύπαρξη οδηγού που λαμβάνει τη ευθύνη της κίνησης του οχήματος, τα

προαναφερθέντα ζητήματα μπορούν να επιλυθούν από τις γνώσεις που ο ίδιος διαθέτει. Ωστόσο, κατά τη διαδικασία της αυτο-οδήγησης, το αυτόνομο όχημα πρέπει να είναι σε θέση να προσεγγίσει τη θέση στην οποία βρίσκεται και να προγραμματίσει τη διαδρομή που θα ακολουθήσει για να φτάσει στον τελικό προορισμό του. Οι μέθοδοι εντοπισμού μπορεί να κατηγοριοποιηθούν στους εξής τρόπους: στον σχετικό εντοπισμό, τον απόλυτο και τον υβριδικό εντοπισμό θέσης. Για τον σχετικό εντοπισμό θέσης, η τρέχουσα θέση του αυτο-οδηγούμενου οχήματος βρίσκεται προσθέτοντας την κίνηση και την κατεύθυνση στην προηγούμενη θέση.

Έχοντας αυτά τα δεδομένα, υπολογίζεται η κατεύθυνση και η απόσταση από το αυτοκίνητο. Ωστόσο, ανασταλτικό παράγοντα αποτελούν οι κραδασμοί του οχήματος κατά τη διάρκεια της οδήγησης, οι οποίοι οδηγούν σε απόκλιση την υπολογιζόμενη θέση και τη πραγματική θέση (Zhao et al., 2018). Η μέθοδος του απόλυτου εντοπισμού θέσης χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό της θέσης του οχήματος που προκύπτει από τις πληροφορίες που λαμβάνονται από το σύστημα εντοπισμού θέσης. Πάραυτα, το δορυφορικό σήμα επηρεάζεται από παρεμβολές που οφείλονται στις καιρικές συνθήκες (βροχή, άνεμοι), το διαμορφωμένο αστικό περιβάλλον (όπως τα κτίρια) και το φυσικό περιβάλλον (όπως είναι οι ορεινοί όγκοι). Όλα τα προαναφερθέντα δύναται να προκαλέσουν σφάλματα και θόρυβο στο σήμα θέσης, οδηγώντας σε μη ακριβή μετρούμενη απόλυτη θέση του οχήματος. Έτσι τελικά επιλέγουμε τον υβριδικό εντοπισμό θέσης, ο οποίος συνδυάζει τα χαρακτηριστικά των δύο προσφερόμενων μεθόδων εντοπισμού και είναι σε θέση να εκτελέσει όλες τις απαιτούμενες ενέργειες ενός αυτόνομου αυτοκινήτου (ibid) με ακρίβεια και αποδοτική λειτουργία.

Ένας δέκτης GPS στη γη εντοπίζει τη θέση με ακρίβεια μερικών μέτρων (Babak et al., 2017), ενώ ο «διαφορικός δέκτης GPS» που χρησιμοποιείται για την πλοήγηση ενός αυτόνομου οχήματος είναι σε θέση να υπολογίσει τη θέση του οχήματος με ακρίβεια εκατοστών (απαραίτητη προδιαγραφή για τη ασφαλή κίνηση των αυτό-οδηγούμενων οχημάτων). Στη συνέχεια, εισάγονται αυτά τα δεδομένα στο μοντέλο αντιστοίχισης στον χάρτη, στον οποίο διατίθενται έξυπνοι αλγόριθμοι χάραξης διαδρομής (π.χ. αλγόριθμος Dijkstra, αλγόριθμος Bellman-Ford) που υπολογίζουν την πορεία που θα ακολουθήσει το όχημα για να ολοκληρωθεί το ταξίδι προς τον τελικό προορισμό του.

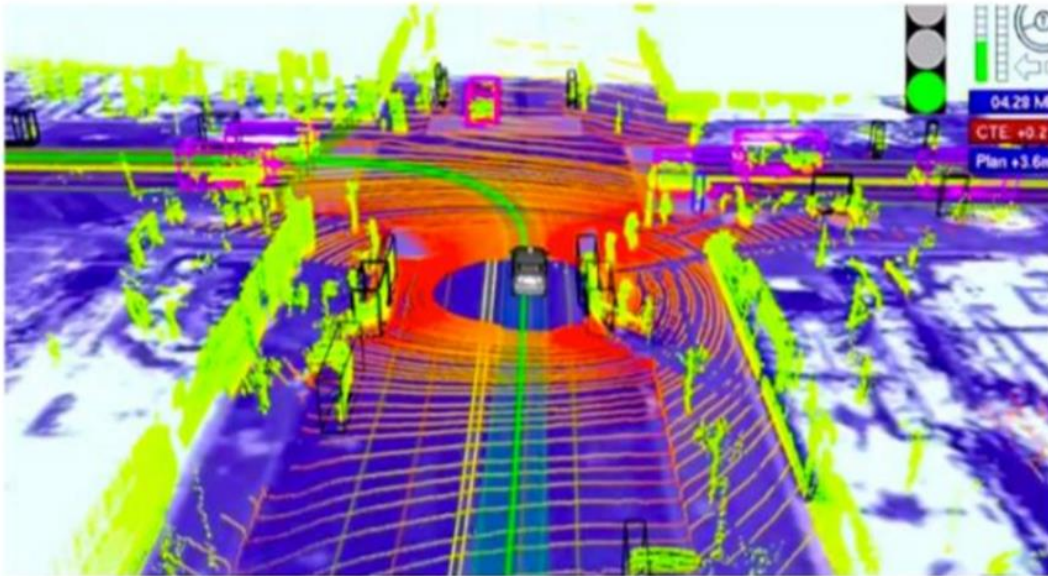
Ένα σύστημα αδρανειακής πλοήγησης (Inertial Navigation Systems ή INS) διαθέτει γυροσκόπια και επιταχυνσιόμετρα για να είναι σε θέση να γνωρίζει ανά πάσα στιγμή την ακριβή θέση, τη ταχύτητα και τον ρυθμό συμπεριφοράς του οχήματος επί του οποίου είναι εγκατεστημένο το INS. Το συγκεκριμένο σύστημα εφαρμόζεται σε πληθώρα οχημάτων όπως είναι τα χερσαία αυτοκινούμενα οχήματα, τα αεροσκάφη, τα διαστημόπλοια, οι πύραυλοι, τα πλοία και τα υποβρύχια. Ένα σύστημα INS αποτελείται από τα ακόλουθα τμήματα:

- Την αδρανειακή μονάδα μέτρησης (IMU).
- Ηλεκτρονικά εξαρτήματα που υποστηρίζουν τα όργανα.
- Τους υπολογιστές πλοήγησης, οι οποίοι υπολογίζουν την επιτάχυνση της βαρύτητας (που δεν μετράται από τα επιταχυνσιόμετρα) και ολοκληρώνουν διπλά την καθαρή επιτάχυνση για να διατηρήσουν μια εκτίμηση της θέσης του οχήματος.

4.3.2 Η αντίληψη του περιβάλλοντος

Η αντίληψη του περιβάλλοντος αποτελεί ζωτικής σημασίας συνιστώσα για την ασφαλή κίνηση ενός αυτόνομου αυτοκινήτου. Για την παροχή των απαιτούμενων πληροφοριών έτσι ώστε να είναι σε θέση να λαμβάνει αποφάσεις αυτόνομα το όχημα, είναι υποχρεωτικό το αυτοκίνητο να αντιλαμβάνεται ανεξάρτητα το περιβάλλον γύρω από το οποίο πρόκειται να κινηθεί. Κατά τη διάρκεια της αντίληψης του περιβάλλοντος, πολλαπλοί αισθητήρες (δηλαδή ένας αισθητήρας λέιζερ ή ένας αισθητήρας ραντάρ) λαμβάνουν πληροφορίες οι οποίες στην συνέχεια συντίθενται για την οπτικοποίηση του χώρου. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται αισθητήρες υπερήχων μικρής εμβέλειας, οι οποίοι στέλνουν υπερηχητικό κύμα παλμών και ανιχνεύουν ηχώ η οποία προκύπτει από τα εμπόδια στα οποία προσπίπτει ο ήχος. Τα συγκεκριμένα συστήματα βρίσκουν εφαρμογή στην υποβοήθηση της οδήγησης χαμηλής ταχύτητας, όπως για παράδειγμα την ανίχνευση χώρου στάθμευσης, ενώ παράλληλα είναι σε θέση να ανιχνεύουν εμπόδια σε συνθήκες κυκλοφορικής συμφόρησης. Τα συστήματα που βασίζονται στην όραση μέσα από κάμερα αποτελούν μία έξυπνα λύση για την αντίληψη του περιβάλλοντος, καθώς ταυτίζονται με την ανθρώπινη όραση. Από αρκετές έρευνες έχει διεξαχθεί το συμπέρασμα, ότι τα συστήματα με βάση την κάμερα θα αποτελούν πάντα σημαντικό μέρος των εξελιγμένων συστημάτων υποβοήθησης της οδήγησης ή της αυτόνομης οδήγησης. Παράλληλα, αποτελούν μία φθηνή σχετικά λύση σε σχέση με την τεχνολογία Lidar

και τα radar. Οι κύριες εφαρμογές για συστήματα με βάση την κάμερα είναι οι εξής: προειδοποίηση σύγκρουσης με το προπορευόμενο όχημα, ανίχνευση πεζών και σημάτων κυκλοφορίας, προειδοποίηση εξόδου από τη λωρίδα, παρακολούθηση πορείας και έξυπνος έλεγχος των προβολέων για να μην τυφλώνουν είτε τα προπορευόμενα είτε τα αυτοκίνητα που κινούνται στην αντίθετη κατεύθυνση.



Σχήμα 4.3: Οπτική απεικόνιση μέσω του συστήματος Lidar (Πηγή: WCP, 2016).

4.4 Στάση των ανθρώπων

Σύμφωνα με την έρευνα των Schoettle και Sivak (2014) προέκυψαν τα ακόλουθα ευρήματα:

- Το μεγαλύτερο μέρος των ερωτηθέντων είχε ενημερωθεί για αυτοματοποιημένα οχήματα πριν την έρευνα και είχε γενικά θετική γνώμη, καθώς και μεγάλες απαιτήσεις για τα οφέλη αυτών των καινοτομιών.
- Η πλειοψηφία των ερωτηθέντων έδειξε σοβαρή ανησυχία για την ασφάλεια και την αξιοπιστία των αυτοματοποιημένων οχημάτων, καθώς και για την άρτια λειτουργία της τεχνολογίας τους.
- Οι ανησυχίες τους αφορούσαν σε αυτοματοποιημένα οχήματα που δεν έχουν κανέναν έλεγχο των συνηθισμένων οχημάτων (επιπέδου >3).

Πίνακας 4.1: Στάσεις ανθρώπων απέναντι στα αυτοματοποιημένα οχήματα (Schoettle & Sivak, 2014).

Απάντηση	Πολύ θετική (%)	Κάπως θετικό (%)	Ουδέτερο (%)	Κάπως αρνητικό (%)	Πολύ αρνητικό (%)
Κίνα (N = 610)	49.8	37.4	9.8	2.3	0.7
Ινδία (N = 527)	45.9	38.3	12.5	3.0	0.2
Ιαπωνία (N = 585)	10.1	32.8	50.3	6.2	0.7
ΗΠΑ (N = 501)	22.0	34.3	27.3	12.4	4.0
Ηνωμένο Βασίλειο (N = 527)	13.9	38.3	34.2	11.2	2.5
Αυστραλία (N = 505)	16.2	45.7	26.7	8.3	3.0

4.5 Τύποι αυτόνομης οδήγησης

Οι αυτοματοποιημένες δημόσιες συγκοινωνίες με καθορισμένα χρονοδιαγράμματα και δρομολόγια αποτελούν μια μορφή κινητικότητας, η οποία χρηματοδοτείται κυρίως από το δημόσιο και περιλαμβάνει σιδηροδρομικές μεταφορές υψηλών ταχυτήτων (HSR), βαριές σιδηροδρομικές μεταφορές, ελαφρές σιδηροδρομικές μεταφορές, μετρό, ταχεία συγκοινωνία και παραδοσιακά λεωφορεία.

Η αυτοματοποιημένη (on-demand) μαζική μεταφορά περιλαμβάνει ένα μέσο μαζικής μεταφοράς ζήτησης-απόκρισης, παρέχει υπηρεσίες καταμερισμού χωρίς σταθερά χρονοδιαγράμματα ή διαδρομές, και κατά κύριο λόγο χρηματοδοτούνται από το δημόσιο. Η υπηρεσία επιτρέπει στους χρήστες με ξεχωριστή προέλευση και προορισμό να ταξιδεύουν μαζί σε οχήματα χωρητικότητας έξι έως 14 ατόμων και μπορεί να χρησιμεύσει ως πρώτο και τελευταίο ή ενδιάμεσο μέσο μεταφοράς.

Τα κοινόχρηστα αυτοματοποιημένα οχήματα με βάση τον στόλο παρέχουν μια υπηρεσία από πόρτα σε πόρτα χαμηλού κόστους που ανταποκρίνεται στη ζήτηση, τέσσερις έως πέντε επιβάτες που παρέχονται από ανεξάρτητες ιδιωτικές εταιρείες. Η ανταλλαγή αυτοκινήτων ή άλλων μεταφορικών μέσων αναφέρεται στη χρήση μεμονωμένων οχημάτων για ένα δρομολόγιο όπου εξυπηρετείται ο επιβάτης.

Το κομβίο βαρέων οχημάτων (platooning), επιτρέπει δύο ή περισσότερα φορτηγά να ταξιδεύουν μαζί σε συνοδεία, μέσω τεχνολογίας συνδεσιμότητας και αυτοματοποιημένων

συστημάτων υποστήριξης οδήγησης. Αυτά τα οχήματα δημιουργούν μία φάλαγγα, κινούνται σε κοντινή απόσταση, όταν είναι συνδεδεμένα για ορισμένα μέρη ενός ταξιδιού, όπως παραδείγματος χάρη σε αυτοκινητόδρομους. Τα φορτηγά μπορούν να βρίσκονται σε απόσταση μόλις 12 μέτρων το ένα από το άλλο. Οι οδηγοί είναι σε θέση ελέγχου καθ' όλη τη διάρκεια του ταξιδιού, οπότε έχουν τη δυνατότητα όποτε θελήσουν να αφήσουν τη φάλαγγα και να οδηγήσουν ανεξάρτητα.

Διευκολύνοντας τη χρήση αυτόνομων φορτηγών, η τεχνολογία κομβόι θα μπορούσε επίσης να συμβάλει στην αντιμετώπιση της έλλειψης οδηγών φορτηγών που επηρεάζουν σήμερα την ευρωπαϊκή αγορά. Όπως όλες οι καινοτόμες τεχνολογίες, η αυτοματοποίηση των φορτηγών έχει να αντιμετωπίσει ορισμένες προκλήσεις. Οι βασικότερες είναι τα διαφορετικά φορτία του κάθε φορτηγού του κομβόι (αντιδρά διαφορετικά αναλόγως το βάρος του το κάθε όχημα ή/και απαιτεί περισσότερο χρόνο επιβράδυνσης και επιτάχυνσης), οι καιρικές συνθήκες επηρεάζουν την απόδοση του συστήματος (βροχή και χιόνι έχει δείξει ότι η τεχνολογία δεν αποδίδει καλά), αλλά και η διαλειτουργικότητα (μπορεί να χρησιμοποιούνται διαφορετικές μάρκες φορτηγών στην ίδια φάλαγγα). Ωστόσο, το μέλλον κινείται προς το παρόν σε ένα αυτοματοποιημένο δίκτυο οδικών εμπορευματικών μεταφορών και μια προηγμένη επικοινωνία μεταξύ των φορτηγών, καθώς και όλων των άλλων οχημάτων στον δρόμο. Πολλές γνωστές εταιρείες φορτηγών, όπως για παράδειγμα η Scania και η Volvo θεωρούν αρκετά υποσχόμενη και αποδοτική την αυτοματοποίηση των οχημάτων που κατασκευάζουν, για αυτόν τον λόγο επενδύουν στην ανάπτυξη αυτής της τεχνολογίας.

4.6 Νομοθεσία στην Ευρώπη

Η ΕΕ έχει θεσπίσει κανόνες για να μπορεί να διαχειριστεί τους κινδύνους και να διασφαλίσει θέματα ιδιωτικότητας-ασφάλειας στον κυβερνοχώρο που ισχύουν για όλα τα δεδομένα στην επικράτειά της, επιδεικνύοντας μια στρατηγική προσανατολισμένη στον έλεγχο. Το σχέδιο δράσης του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου για τα ευφυή συστήματα μεταφορών το 2009 τόνισε από τα πρώτα στάδια σχεδιασμού των αυτόνομων οχημάτων, τη σημασία προστασίας της ιδιωτικής ζωής ενώ παράλληλα η Επιτροπή έδωσε στη δημοσιότητα το 2012 μια μελέτη, η οποία αξιολογούσε τις πιθανές μεθόδους διασφάλισης των δεδομένων των αυτό-

οδηγούμενων οχημάτων. Αυτές οι προσπάθειες ενοποιήθηκαν με τη Διακήρυξη του Άμστερνταμ.

4.7 Ηθικά ζητήματα

Τα αυτόνομα και διασυνδεδεμένα αυτοκίνητα (CAV-Connected Automated Vehicles) αποτελούν την αιχμή της τεχνολογίας, έχουν σχεδιαστεί ως ρομπότ με Τεχνητή Νοημοσύνη που έρχεται σε επικοινωνία με ένα διαδικτυακό κέντρο πληροφοριών, το οποίο του προσφέρει τα απαραίτητα δεδομένα για την κίνησή του στο οδικό δίκτυο στο οποίο όμως υπάρχουν και άλλα μη αυτόνομα αυτοκίνητα (για αρχή) και άλλα απρόβλεπτα εμπόδια (πεζοί, ποδηλάτες, ευάλωτες ομάδες πολιτών, ζώα και ούτω καθεξής). Σε αυτό το σημείο δημιουργούνται στην παγκόσμια κοινότητα, τόσο την επιστημονική, όσο και στους απλούς πολίτες που πρόκειται να χρησιμοποιήσουν στο μέλλον αυτό το μέσο μεταφοράς αρκετά ηθικά διλήμματα. Είναι σε θέση αυτή η τεχνολογία να αποφασίσει σε κρίσιμες και ακραίες περιπτώσεις ατυχημάτων τι απόφαση να πάρει για να αποφύγει το θανατηφόρο ατύχημα τόσο των επιβαινόντων ή και ακόμα τη θανατηφόρο σύγκρουση με πεζούς;

Ρεαλιστικά, κάθε αυτόματο όχημα που αναλαμβάνει την ευθύνη πλοήγησης με στόχο την επίτευξη του τελικού προορισμού, πρέπει αδιάκοπτα για ό,τι συμβάν προκύπτει στο δρόμο να παίρνει αποφάσεις. Αποφάσεις που δεν θα ληφθούν με τη λογική ενός συνειδητού ανθρώπινου όντος, αλλά με βάση προγραμματισμένες παραμέτρους και αλγορίθμους που προκύπτουν από έναν υπολογιστή. Εδώ είναι που πραγματικά ξεκινάνε τα δύσκολα ηθικά διλήμματα. Διότι έχουν δημιουργηθεί πολλά σενάρια και διάφορες συνθήκες, στις οποίες δεν μπορεί να δοθεί μια σωστή και αποδεκτή απάντηση εξολοκλήρου. Τέτοιου είδους ηθικούς προβληματισμούς περιγράφονται με το κοινό «πρόβλημα του τρόλεϊ», κατά το οποίο, το AV πρέπει να επιλέξει μεταξύ δύο ενεργειών με θανατηφόρα αποτελέσματα.

Αρκετές μελέτες έδειξαν ότι οι άνθρωποι ήταν υπέρ ενός χρηστικού AV που θα «θυσιάζε» τον επιβάτη του για το κοινό καλό, τον μεγαλύτερο δηλαδή δυνατό αριθμό ανθρώπων που θα μπορούσαν να σωθούν στην κάθε περίπτωση σύγκρουσης. Εκτός αυτού, το είδος της συνέπειας θεωρείται εύπλαστο, όπως η «ελαχιστοποίηση του αριθμού των νεκρών» ή η «ελαχιστοποίηση της συνολικής βλάβης» και είναι πολύτιμο για την εξάρθρωση ενός προεξέχοντος κοινωνικού διλήμματος που απορρέει από τη σύγκρουση μεταξύ

ιδιοτέλειας και δημόσιου συμφέροντος. Συμπεραίνουμε λοιπόν, πως αυτή η τεχνολογία για να μπορέσει να γίνει αποδεκτή από το κοινό, αλλά και να προσφέρει τη μέγιστη δυνατή ασφάλεια για την κοινωνία, οφείλει να βρει απαντήσεις σε αυτά τα ηθικά διλήμματα που αναφέρθηκαν, ενώ παράλληλα δεν πρέπει να αμελήσει να έχει πάντα ανθρωποκεντρικό χαρακτήρα που σέβεται και προστατεύει τους χρήστες για να θεωρηθεί επιτυχημένη.

Κεφάλαιο 5 Σχεδιασμός, υλοποίηση και αποτελέσματα έρευνας

Στο παρόν Κεφάλαιο γίνεται διεξοδική περιγραφή της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για την πραγματοποίηση της έρευνας. Αρχικά για την πραγματοποίηση της, έγινε αναζήτηση στο διαδίκτυο σε σχετικά άρθρα με την ηλεκτροκίνηση και τον αυτοματισμό των οχημάτων, έτσι ώστε να διαμορφωθεί το θεωρητικό υπόβαθρο που χρησιμοποιήθηκε για τη σύνταξη του ερωτηματολογίου. Στη συνέχεια, αναλύονται όλες οι ερωτήσεις που κλήθηκαν να απαντήσουν οι συμμετέχοντες στην έρευνα, τα μέσα διοχέτευσης του ερωτηματολογίου, οι μέθοδοι συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων που προέκυψαν. Τέλος, παρουσιάζονται τα ευρήματα της έρευνας.

5.1 Σχεδιασμός και υλοποίηση έρευνας

Τα ηλεκτρικά και τα αυτόνομα οχήματα θα επιφέρουν μεγάλες αλλαγές στον τομέα των μεταφορών και ιδιαίτερα στον σχεδιασμό βιώσιμων πόλεων. Για τον λόγο αυτόν, έχουν διεξαχθεί πολλές έρευνες οι οποίες αποσκοπούν τόσο στην αξιολόγηση της προτίμησης των χρηστών, όσο και στις ανάγκες μετακίνησης. Η εφαρμογή των καινοτομιών που προαναφέρθηκαν και η υιοθέτησή τους από τους χρήστες των οδών, μπορεί να υλοποιηθεί εφόσον υπάρχει αποδοχή από τους χρήστες. Όπως προκύπτει από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, υπάρχουν διάφοροι ορισμοί για την έννοια της αποδοχής της τεχνολογίας, έτσι επιλέγεται στην παρούσα εργασία ο ορισμός της αποδοχής ως η συμπεριφορά που επιτρέπει ή προάγει τη χρήση μιας τεχνολογίας (Huijts et al., 2012), καθώς και της πρόθεσης να χρησιμοποιήσει ένα νέο σύστημα.

Ωστόσο, η ανάλυση της βιβλιογραφίας κατέδειξε μια ιδιαίτερα σημαντική έλλειψη των υφιστάμενων ερευνών στην αναζήτηση των πεποιθήσεων και προτιμήσεων των χρηστών που ανήκουν στην ηλικιακή ομάδα 18-25 ετών, δηλαδή των νέων οδηγών. Προς αυτήν την κατεύθυνση, σχεδιάστηκε το κατάλληλο ερωτηματολόγιο με στόχο να διερευνηθεί η άποψη

κυρίως των νέων Ελλήνων οδηγών. Στην έρευνα, ανταποκρίθηκαν 182 άτομα, ηλικίας 18 έως 66 ετών, άνδρες και γυναίκες, ενώ σημειώνεται ότι η πλειοψηφία των συμμετεχόντων είναι φοιτητές/τριες (71%).

5.2 Διαμόρφωση ερωτηματολογίου

Η οργάνωση της έρευνας βασίσθηκε σε ερωτηματολόγιο, το οποίο διαμορφώθηκε για να σκιαγραφήσει τις συνθήκες των καθημερινών μετακινήσεων των Ελλήνων πολιτών, μία πρώτη άποψη απέναντι στα αυτόνομα συστήματα μεταφορών, αλλά και τη στάση τους απέναντι στην ηλεκτροκίνητη πραγματικότητα που έρχεται δυναμικά να εδραιωθεί τα επόμενα χρόνια σε όλη την Ευρώπη. Το ερωτηματολόγιο με βάση τα προαναφερθέντα, καταστρώθηκε με τρόπο τέτοιο ώστε να ληφθούν όλες οι χρήσιμες απαντήσεις από τους ερωτηθέντες. Χωρίστηκε σε τέσσερα μέρη. Το μέρος Α περιλαμβάνει ερωτήσεις σχετικά με τα χαρακτηριστικά των μετακινήσεων και την ικανοποίησή τους από τον τρόπο μεταφοράς τους, το μέρος Β εμπεριέχει ερωτήσεις που σχετίζονται με τα αυτόνομα οχήματα, καθώς και ειδικά διαμορφωμένα σενάρια χρήσης των αυτόνομων οχημάτων στις καθημερινές μετακινήσεις. Το μέρος Γ περιέχει ερωτήσεις σχετικά με τη γνώση των χρηστών γύρω από την ηλεκτροκίνηση, όπως και τις απόψεις τους σχετικά με την τεχνολογία αυτή. Τέλος, το μέρος Δ περιλαμβάνει ερωτήσεις που αφορούν στα δημογραφικά χαρακτηριστικά των ερωτηθέντων. Το πλήρες ερωτηματολόγιο επισυνάπτεται στο Παράρτημα.

Το πρώτο τμήμα του ερωτηματολογίου αποτελείται από 10 ερωτήσεις και ασχολείται με τα χαρακτηριστικά μετακινήσεων των χρηστών, όπως ο μέσος χρόνος μετακίνησης, ο σκοπός, ο τρόπος, η απόσταση, όπως και το αν κατέχουν οι ερωτηθέντες δίπλωμα οδήγησης. Ενώ παράλληλα καλύπτεται ένα μέρος του πρώτου τμήματος, με ερωτήσεις που αφορούν στις απαιτήσεις των χρηστών από τα ΙΧ οχήματα, αλλά και την ικανοποίησή τους από τον τρόπο μεταφοράς. Στη συνέχεια, ακολουθεί το μέρος Β που αποτελείται από 5 ερωτήσεις και ασχολείται με την αυτοματοποίηση των οχημάτων. Οι ερωτηθέντες έχουν να απαντήσουν ερωτήσεις σχετικά με το αν έχουν προηγούμενη εμπειρία με αυτοματισμούς στον μεταφορικό τομέα, ποιες είναι οι μεγαλύτερες ανησυχίες σχετικά με αυτήν την τεχνολογία, κάτω από ποιες συνθήκες θα προτιμούσαν να χρησιμοποιήσουν αυτόνομο όχημα, αλλά και ποιο επίπεδο αυτοματισμού θα εμπιστευόντουσαν ευκολότερα. Ακολουθεί το τρίτο μέρος

του ερωτηματολογίου το οποίο αφορά στην ηλεκτροκίνηση. Αποτελείται από 8 ερωτήσεις, οι οποίες είναι σχετικές με την επαφή των χρηστών με τα ηλεκτροκίνητα οχήματα, τις ανησυχίες τους σχετικά με την τεχνολογία που τα διέπει, τη σημασία της χωροθέτησης των σταθμών φόρτισης, το αν επιβαρύνουν ή όχι το περιβάλλον και τέλος ποια μορφή ηλεκτροκίνητων οχημάτων θα επέλεγαν. Το τέταρτο και τελευταίο μέρος του ερωτηματολογίου αποτελείται από 8 ερωτήσεις που έχουν ως στόχο την περιγραφή του προφίλ των ερωτηθέντων (δημογραφικά στοιχεία). Οι ερωτήσεις αφορούν στο φύλο, την ηλικία, το οικογενειακό εισόδημα, την εκπαίδευση, τον αριθμό των ατόμων στο κάθε νοικοκυριό, καθώς και τον αριθμό των ΙΧ που αντιστοιχούν στο καθένα, την απασχόληση και την οδηγική εμπειρία.

5.3 Υλοποίηση έρευνας και συλλογή δεδομένων

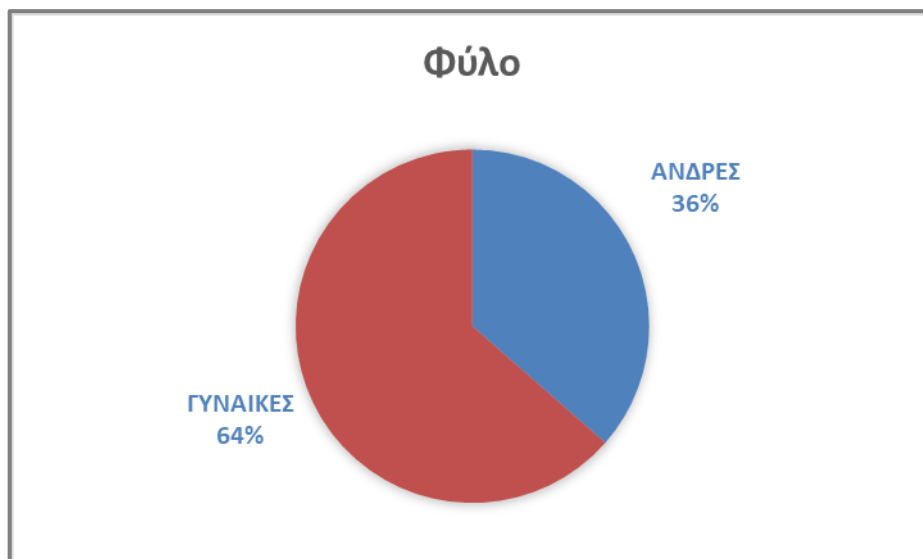
Το ερωτηματολόγιο αρχικά απαντήθηκε πιλοτικά από μια μικρή ομάδα ατόμων (10 άτομα), ώστε να γίνει έλεγχος ως προς την κατανόηση και την πληρότητά του. Αμέσως μόλις συλλέχθηκαν τα δεδομένα και λαμβάνοντας υπόψιν μικρές παρατηρήσεις, πραγματοποιήθηκαν οι απαραίτητες αλλαγές. Έχοντας την τελική του μορφή πλέον, δημοσιεύτηκε στην ηλεκτρονική πλατφόρμα του Survey Monkey, οπότε και ήταν διαθέσιμο προς απάντηση από τον Φεβρουάριο του 2020 έως τον Μάιο του 2020 σε άτομα που διαμένουν σε όλη την Ελλάδα. Για μεγαλύτερη συμμετοχή στο ερωτηματολόγιο, επιλέχθηκε να προωθηθεί μέσω των «Social Media» και την ηλεκτρονική αλληλογραφία του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Οι απαντήσεις του ερωτηματολογίου συλλέχθηκαν από την πλατφόρμα του Survey Monkey και δημιουργήθηκε βάση δεδομένων στο υπολογιστικό πρόγραμμα του EXCEL. Οι απαντήσεις που συλλέχθηκαν ήταν από 227 άτομα δείγμα, αλλά λόγω ελλιπών απαντήσεων σε ορισμένες ερωτήσεις, επιλέχθηκε να μειωθεί το δείγμα σε όσα άτομα είχαν ολοκληρώσει όλες τις ερωτήσεις (182 άτομα). Έπειτα πραγματοποιήθηκε επεξεργασία της βάσης δεδομένων στο EXCEL για τη διεξαγωγή αποτελεσμάτων περιγραφικής στατιστικής. Παράλληλα χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα της IBM SPSS Statistics, για την ολοκλήρωση της επαγωγικής στατιστικής. Ορισμένα από τα χαρακτηριστικά των ερωτηθέντων αναλύθηκαν με εκτίμηση των μέσων τιμών και των τυπικών αποκλίσεων.

5.4 Αποτελέσματα έρευνας

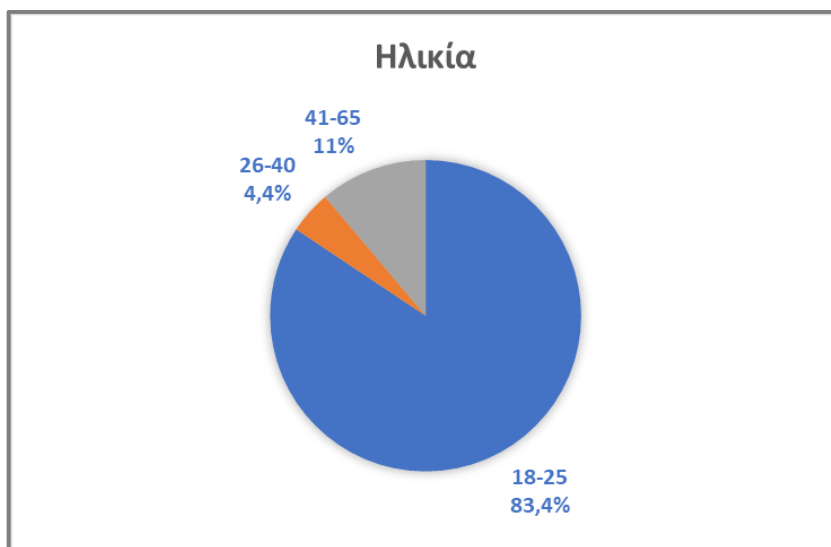
Στο παρόν Υπο-Κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα της έρευνας ερωτηματολογίου, οργανωμένα ως εξής: περιγραφή δείγματος, περιγραφική στατιστική ανάλυση, επαγωγική στατιστική ανάλυση και ανάλυση Σημαντικότητας – Ικανοποίησης.

5.4.1 Περιγραφή δείγματος

Στην έρευνα συμμετείχαν 182 άτομα, κάτοικοι από διάφορες περιοχές της Ελλάδας, εκ των οποίων 115 (64%) είναι γυναίκες και 66 (36%) άνδρες. Η πλειοψηφία του δείγματος ανήκει στην ηλικιακή ομάδα των 18 έως 25 ετών και ακολουθούν οι ηλικίες 41 έως 65 ετών και 26 έως 40 ετών επίσης σε μικρότερο ποσοστό. Στο Σχήμα 5-1, φαίνεται το ποσοστό των ερωτηθέντων ανά φύλο. Στο Σχήμα 5-2, φαίνονται αναλυτικά τα ποσοστά των ατόμων που αναλογούν σε κάθε ηλικιακή κατηγορία.

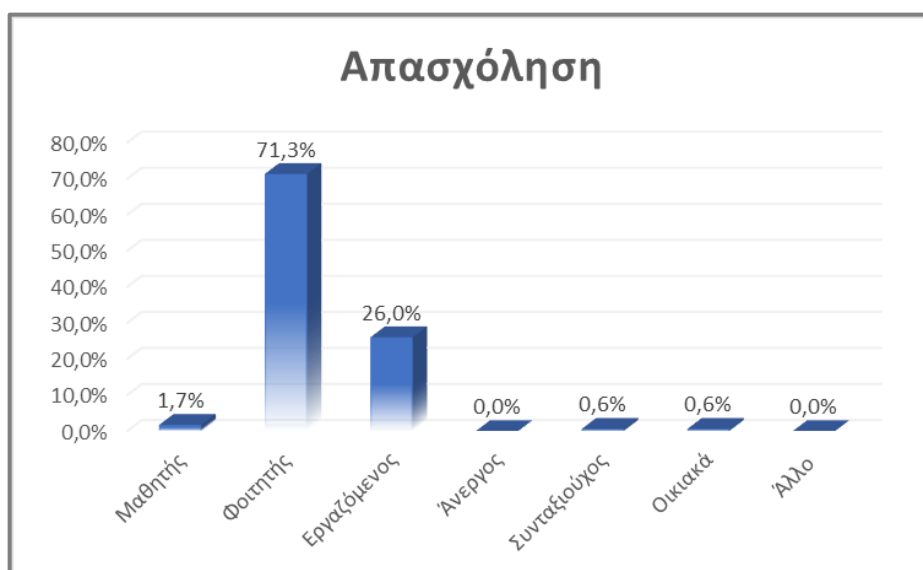


Σχήμα 5.1: Φύλο ερωτηθέντων.



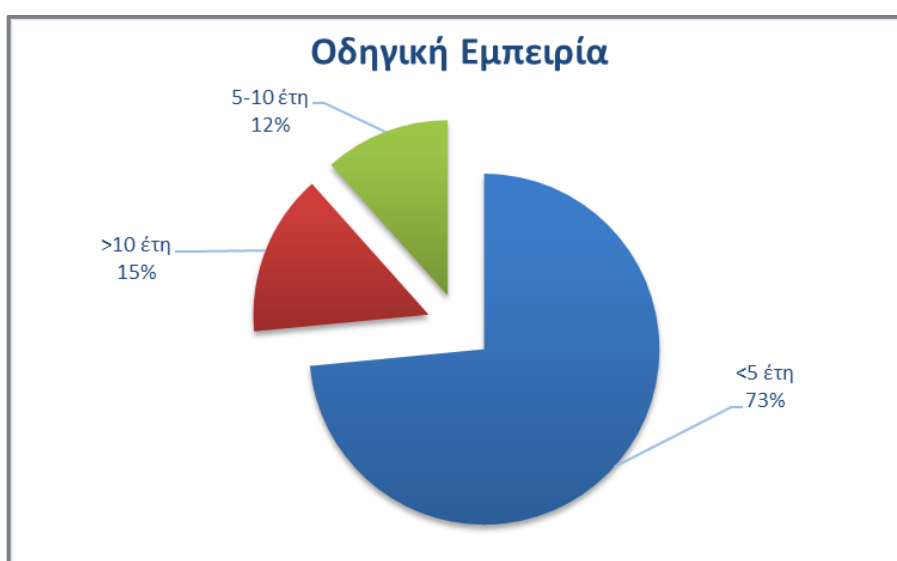
Σχήμα 5.2: Ηλικία ερωτηθέντων.

Σχετικά με το επίπεδο εκπαίδευσης των ερωτηθέντων, οι περισσότεροι κατέχουν πτυχίο Ανώτατου/Ανώτερου Εκπαιδευτικού Ιδρύματος, σε ποσοστό 57,5% και ακολουθούν οι κάτοχοι απολυτηρίου λυκείου, σε ποσοστό 42%. Ως προς την απασχόληση των συμμετεχόντων, το 71,3% του δείγματος είναι φοιτητές, το 26% εργαζόμενοι, ενώ στις υπόλοιπες κατηγορίες αντιστοιχούν ελάχιστα άτομα (Σχήμα 5-3).

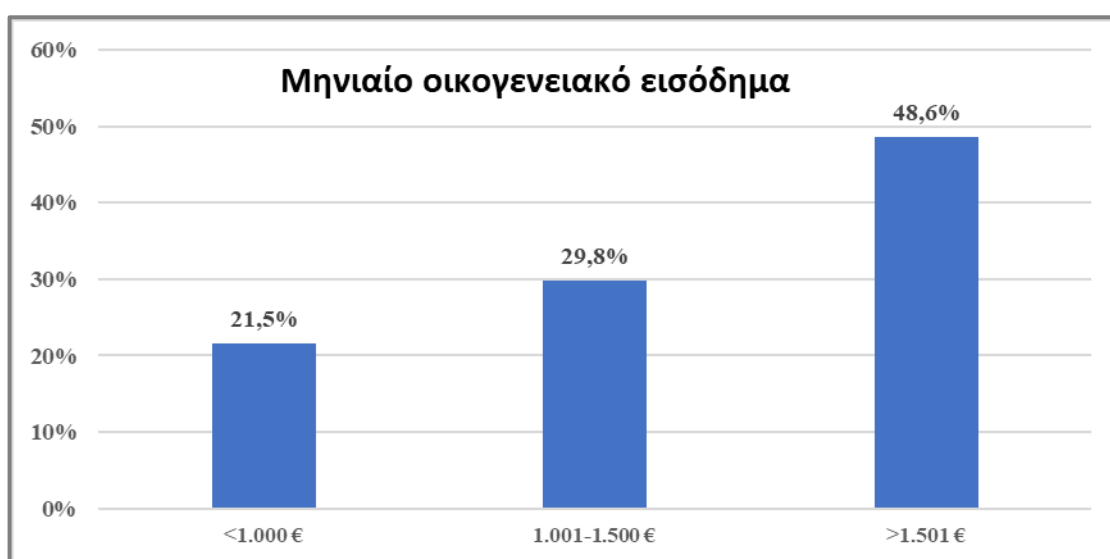


Σχήμα 5.3: Απασχόληση ερωτηθέντων.

Αναφορικά με την οδηγική εμπειρία των ερωτηθέντων, η πλειοψηφία δήλωσε ότι ήταν μικρότερη από 5 έτη σε ποσοστό 73,5%, από 5 έως 10 έτη σε ποσοστό 14,9%, ενώ μεγαλύτερη από 10 έτη σε ποσοστό 11,6% (Σχήμα 5-4). Επιπλέον, το μεγαλύτερο ποσοστό του δείγματος (75%) είναι κάτοχοι διπλώματος. Στην ερώτηση που αφορούσε στο μηνιαίο οικογενειακό εισόδημα, το 48,6% των συμμετεχόντων δήλωσε ότι έχει εισόδημα μεγαλύτερο από 1.500€, το 29,8% από 1.001€ έως 1.500€, ενώ το υπόλοιπο 21,5% μικρότερο από 1.000€ (Σχήμα 5-5).



Σχήμα 5.4: Οδηγική εμπειρία ερωτηθέντων.

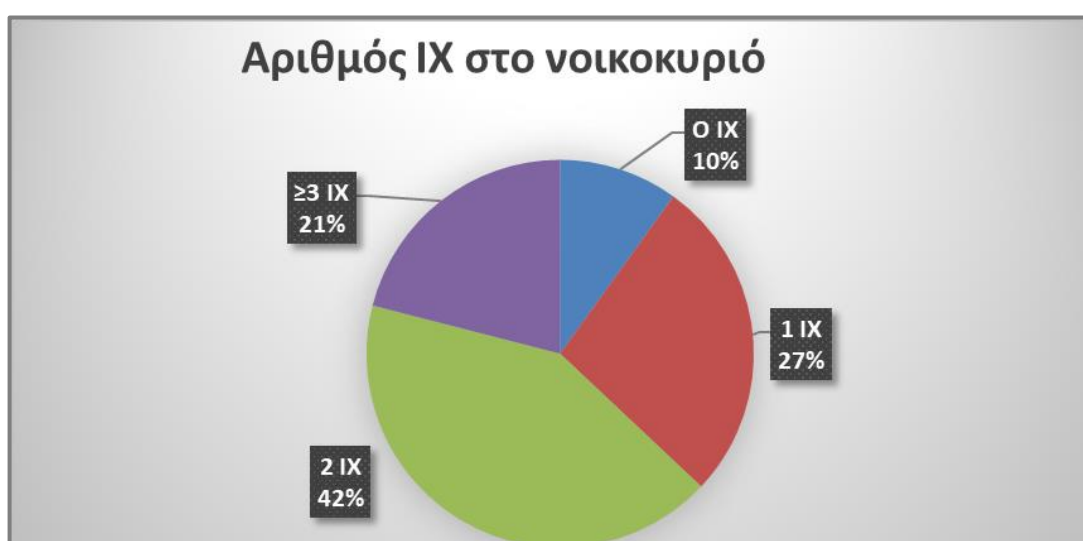


Σχήμα 5.5: Μηνιαίο εισόδημα ερωτηθέντων.

Στην ερώτηση που αφορούσε στον αριθμό των ατόμων του νοικοκυριού, οι συμμετέχοντες απάντησαν κυρίως 4 άτομα (48,6%), ενώ σχεδόν ισόψηφες γύρω στο 10% η καθεμία είναι οι υπόλοιπες κατηγορίες, ελαφρώς υψηλότερα είναι εκείνη του ενός ατόμου με ποσοστό 18% (Σχήμα 5-6). Παράλληλα στην ερώτηση που αφορούσε στον αριθμό των αυτοκινήτων ιδιωτικής χρήσης στο νοικοκυριό, η πλειοψηφία των απαντήσεων κινήθηκε στα 2 ΙΧ με ποσοστό 42%, ακολούθησε η κατηγορία με 1 ΙΧ σε ποσοστό 27%, η κατηγορία με παραπάνω από 3 ΙΧ σε ποσοστό 21% και τέλος η κατηγορία με μηδενικά ΙΧ σε ποσοστό κοντά στο 10% (Σχήμα 5-7).



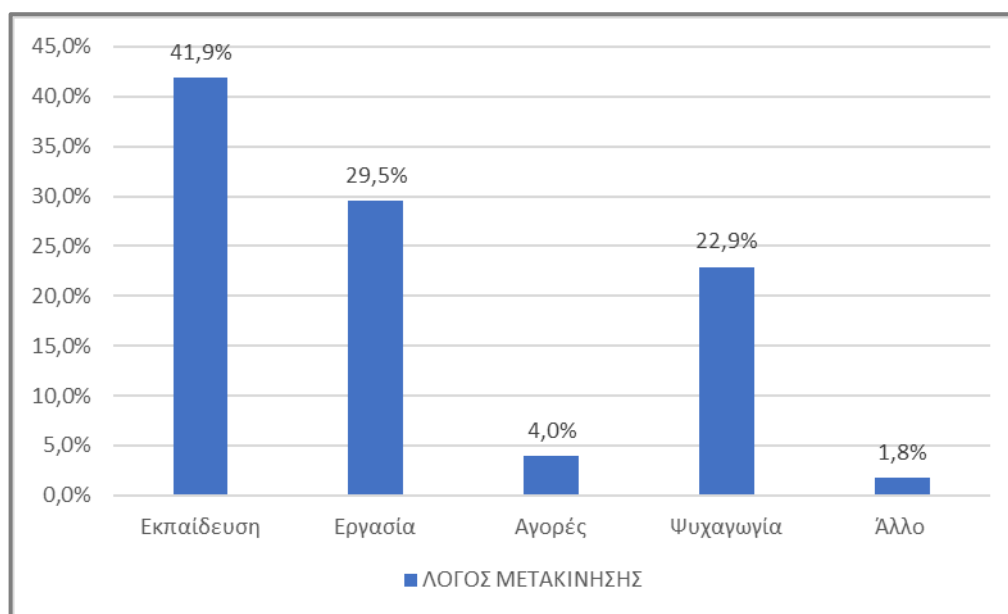
Σχήμα 5.6: Αριθμός ατόμων στο νοικοκυριό.



Σχήμα 5.7: Αριθμός οχημάτων ιδιωτικής χρήσης στο νοικοκυριό.

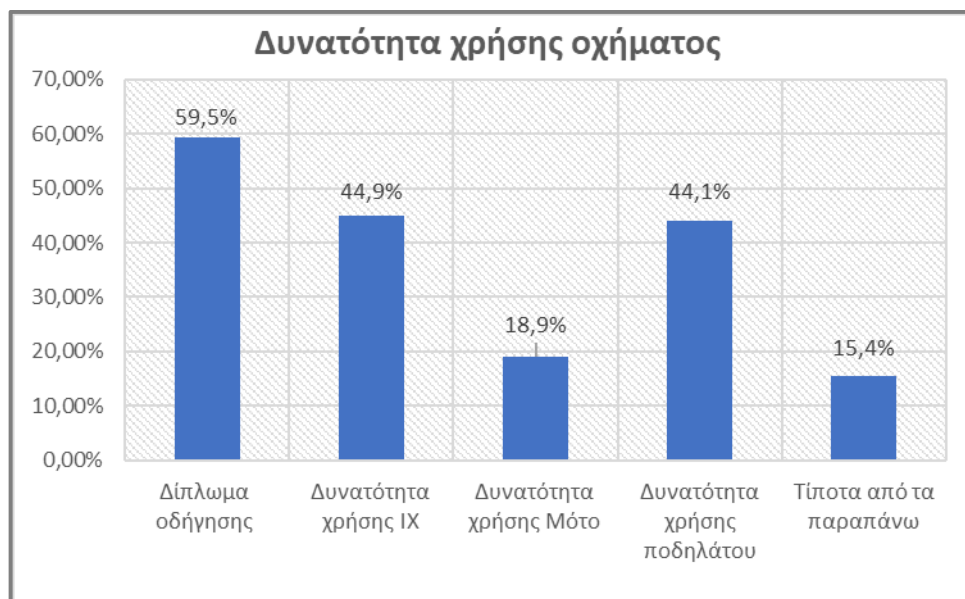
5.4.2 Περιγραφική στατιστική ανάλυση

Το πρώτο μέρος της έρευνας εστίαζε στο να σκιαγραφήσει τα βασικά χαρακτηριστικά των μετακινήσεων των πολιτών. Στο ερώτημα ποιος είναι ο συνήθης σκοπός των μετακινήσεων, η πλειοψηφία απάντησε ότι είναι η εκπαίδευση σε ποσοστό 41,9% , ακολουθεί η εργασία με 29,5% και η ψυχαγωγία με 22,9%. Οι υπόλοιπες απαντήσεις αποτέλεσαν την μειονότητα. Αναλυτικά φαίνονται τα ποσοστά στο Σχήμα 5-8 που ακολουθεί.



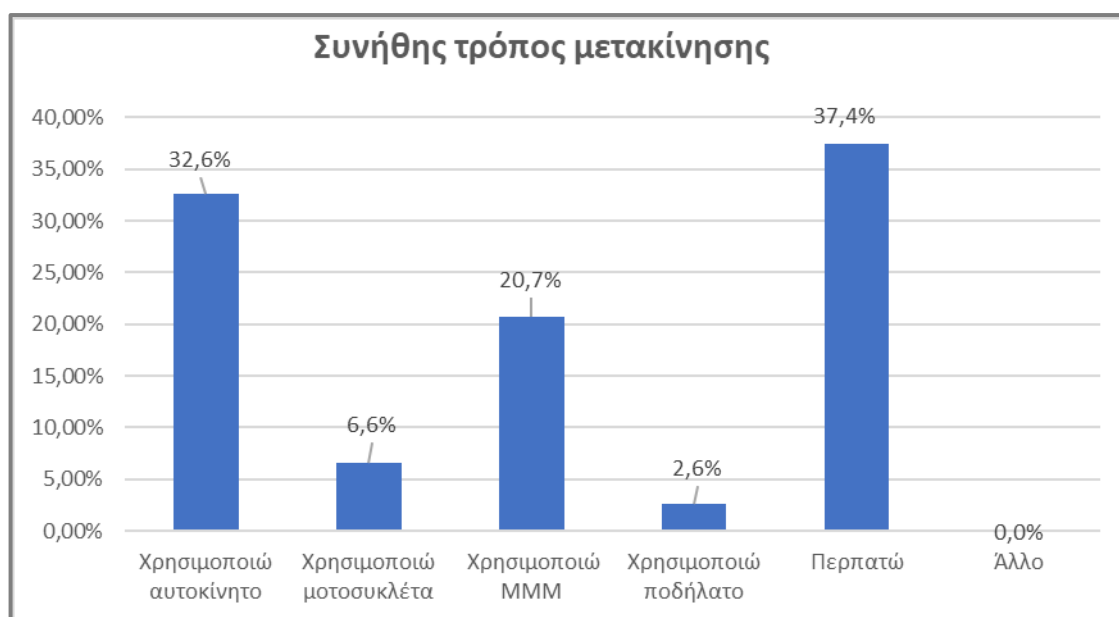
Σχήμα 5.8: Λόγος μετακίνησης συμμετεχόντων.

Στη συνέχεια, οι συμμετέχοντες ερωτήθηκαν για το αν έχουν τη δυνατότητα να επιλέξουν το μεταφορικό τους μέσω ανάμεσα σε μία πληθώρα οχημάτων. Η πλειοψηφία δήλωσε ότι έχει δίπλωμα οδήγησης σε ποσοστά 75%, ενώ παράλληλα έχει τη δυνατότητα χρήσης ποδηλάτου και ΙΧ αυτοκινήτου σε ισάξια ποσοστά 44%, ενώ ακολούθησαν σε μικρότερα ποσοστά οι άλλες επιλογές (Σχήμα 5-9).



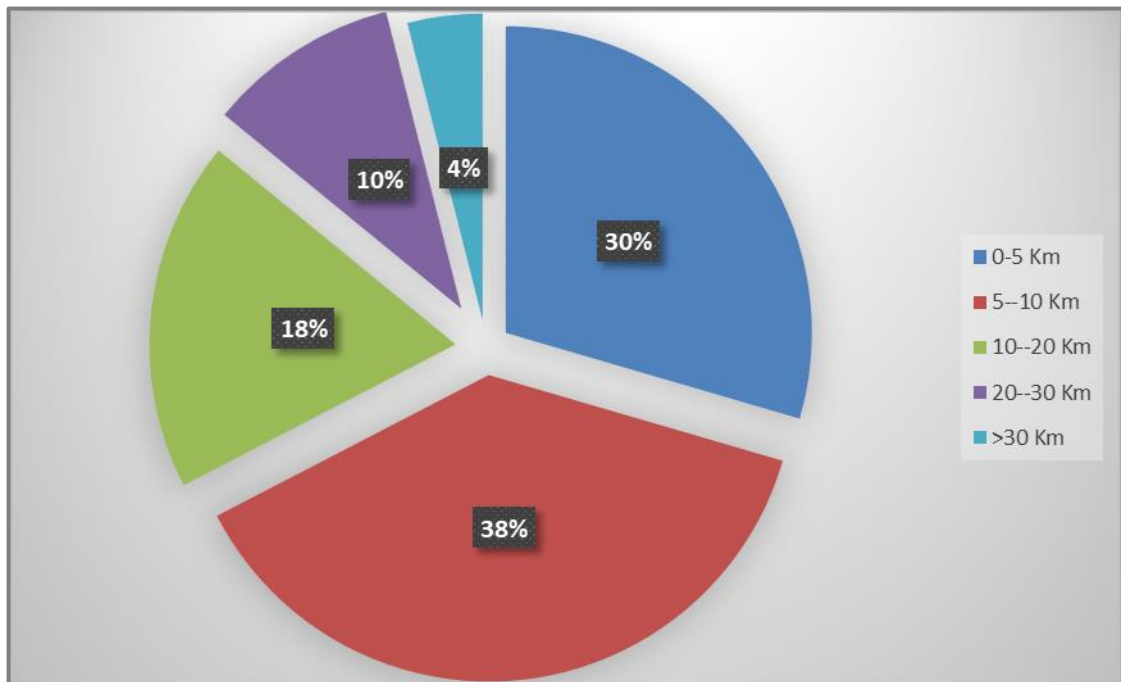
Σχήμα 5.9: Δυνατότητα χρήσης οχημάτων συμμετεχόντων.

Στην ερώτηση ποιος είναι ο συνήθης τρόπος μετακίνησης μέσα στην πόλη, η πλειοψηφία απάντησε ότι περπατάει σε ποσοστό 37,4%, μετακινείται με το αυτοκίνητο σε ποσοστό 32,6% και χρησιμοποιεί τα μέσα μαζικής μεταφοράς σε ποσοστό 20,7%. Οι υπόλοιπες απαντήσεις δεν είχαν σημαντική απήχηση. Αναλυτικά φαίνονται τα ποσοστά στο Σχήμα 5-10.



Σχήμα 5.10: Συνήθης τρόπος μετακίνησης.

Σημαντικές μεταβλητές των μετακινήσεων εντός πόλεως αποτελούν η μέση ημερήσια απόσταση που καλούνται να καλύψουν καθημερινά οι πολίτες, όπως και ο χρόνος που καταναλώνουν καθημερινά για αυτές τις αποστάσεις. Ενώ επί της ουσίας, όσο πιο εύκολα και γρήγορα διεκπεραιώνουν τις μετακινήσεις τους οι χρήστες των οδών, τόσο μεγαλύτερη ικανοποίηση υπάρχει. Για όλα αυτά τα προαναφερθέντα ζητήματα, οι ερωτηθέντες που συμμετείχαν έδωσαν προσωπικές απαντήσεις. Τα αποτελέσματα έδειξαν αρχικά, ότι η πλειοψηφία σε ποσοστό 37,9% καλείται να μετακινηθεί καθημερινά σε αποστάσεις από 5-10 χιλιόμετρα (Σχήμα 5-11). Η απόσταση κρίνεται μικρή. Επιπλέον η πλειοψηφία έδειξε ότι παρόλη τη μικρή απόσταση που καλείται να καλύψει καθημερινά καταναλώνει 30 λεπτά και άνω για τις καθημερινές μετακινήσεις. Χρόνος που κρίνεται αρκετά μεγάλος αναλογικά με τις αποστάσεις που δήλωσαν (Σχήμα 5-12). Το συμπέρασμα όσων προαναφέρθηκαν έρχεται να τονίσει η ουδετερότητα που δήλωσε η πλειοψηφία σε ποσοστό 53% στην ερώτηση της ικανοποίησης από πλευράς τρόπου μετακίνησης (Σχήμα 5-13).



Σχήμα 5.11: Μέση καθημερινή χιλιομετρική απόσταση.

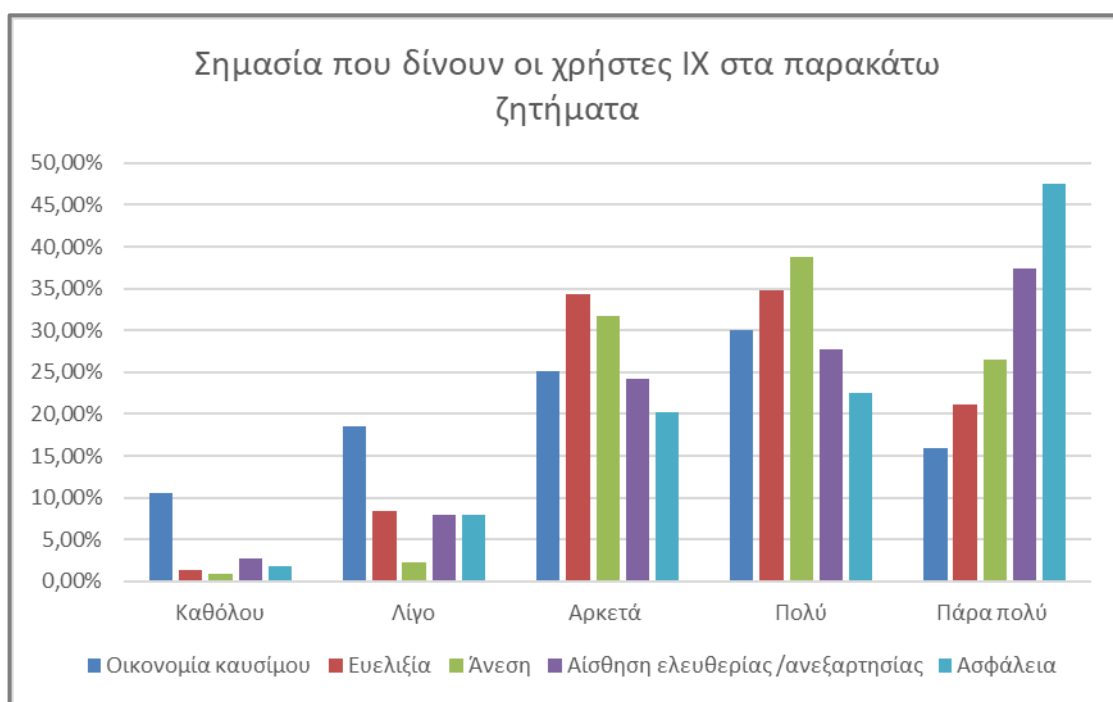


Σχήμα 5.12: Μέσος ημερήσιος χρόνος που καταναλώνουν οι συμμετέχοντες στις μετακινήσεις τους.



Σχήμα 5.13: Ικανοποίηση από τον τρόπο μετακίνησης.

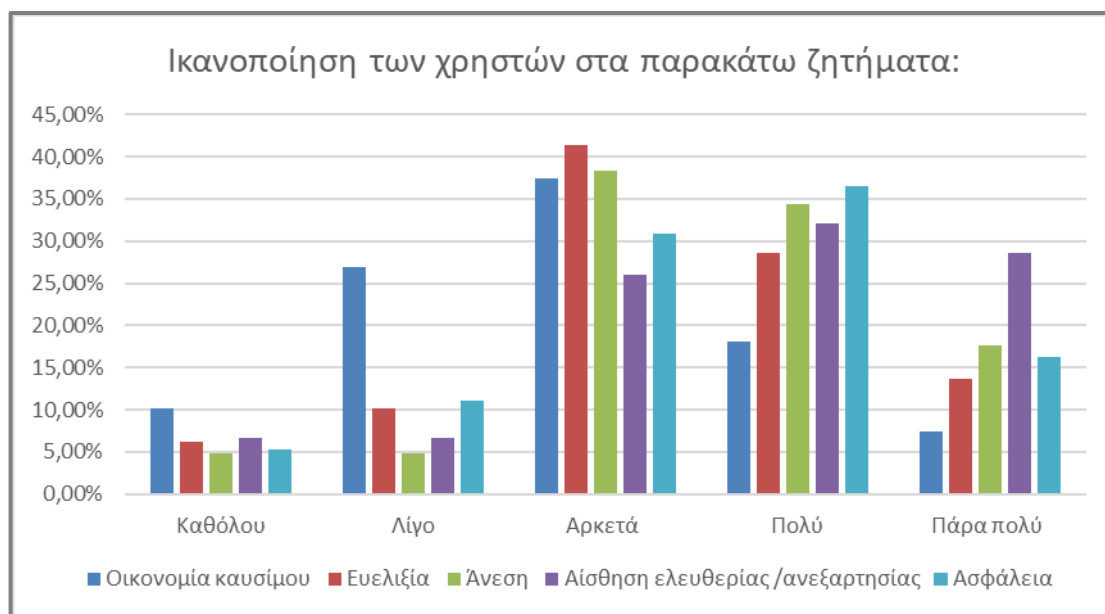
Στη συνέχεια, έγινε ανασκόπηση των προτιμήσεων και της σημασίας που δίνουν οι χρήστες σε ορισμένα χαρακτηριστικά που διέπουν τα μεταφορικά οχήματα. Τα αποτελέσματα της έρευνας ανέδειξαν ότι, η πλειονότητα των χρηστών δίνει μεγάλη σημασία στην παρεχόμενη ασφάλεια των οχημάτων με ποσοστό 47,6% και στην αίσθηση ελευθερίας με ποσοστό που ανέρχεται στο 37,4%. Μεγάλη σημασία δίνει στην ευελιξία με ποσοστό 34,8% καθώς επίσης και στην άνεση με 38,7%. Επιπλέον, αρκετή σημασία φαίνεται να δείχνουν οι χρήστες στην άνεση με 34,4%, ενώ αδιάφορος παράγοντας, φαίνεται να είναι για τους χρήστες η οικονομία καυσίμου, αφού δείχνουν από λίγο έως καθόλου σημασία βάσει των απαντήσεων που έδωσαν. Αναλυτικά, τα ποσοστά των απαντήσεων που δόθηκαν παρουσιάζονται στο Σχήμα 5-14 που ακολουθεί.



Σχήμα 5.14: Σημασία που δίνουν οι χρήστες σε διάφορα ζητήματα.

Στη συνέχεια, ζητήθηκε να απαντήσουν πόσο ικανοποιημένοι είναι τελικά οι χρήστες στα ζητήματα που προηγουμένως είχαν τεθεί να απαντήσουν ως προς τη σημασία τους. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η πλειονότητα των συμμετεχόντων ικανοποιείται πάρα πολύ στο κομμάτι της αίσθησης της ανεξαρτησίας που τους προσφέρει το όχημά τους με ποσοστό

28,6%, πολύ στην παρεχόμενη ασφάλεια και στην άνεση με ισάξιο ποσοστό κοντά στο 35%, αρκετά ως προς την άνεση με ποσοστό 38,3% ενώ εν τέλει είναι απογοητευμένοι πολύ ως πάρα πολύ ως προς το κομμάτι της οικονομίας καυσίμου. Αναλυτικά, τα ποσοστά των απαντήσεων που δόθηκαν παρουσιάζονται στο Σχήμα 5-15 που ακολουθεί.



Σχήμα 5.15: Σημασία που δίνουν οι χρήστες σε διάφορα ζητήματα.

Ο τομέας της αγοράς και της συντήρησης αποτελεί καταλυτικό οικονομικό παράγοντα στην επιλογή του μεταφορικού μέσου των πολιτών. Για αυτόν τον λόγο, τέθηκε ως ερώτημα στην έρευνα που διεξήχθη. Τα αποτελέσματα ανέδειξαν ότι το κοινό θεωρεί ως την πιο οικονομική λύση το πετρελαιοκίνητο όχημα με ποσοστό 32,2%, ενώ με παραπλήσια ποσοστά ακολουθούν τα υβριδικά και τα ηλεκτρικά οχήματα με ποσοστά 22% και 27,8% αντίστοιχα. Οι υπόλοιπες επιλογές αποτελούν πρόταση για την μειονότητα των συμμετεχόντων. Το Σχήμα 5-16 παρουσιάζει με ακρίβεια όλες τις πληροφορίες σχετικά με το παραπάνω ερώτημα.



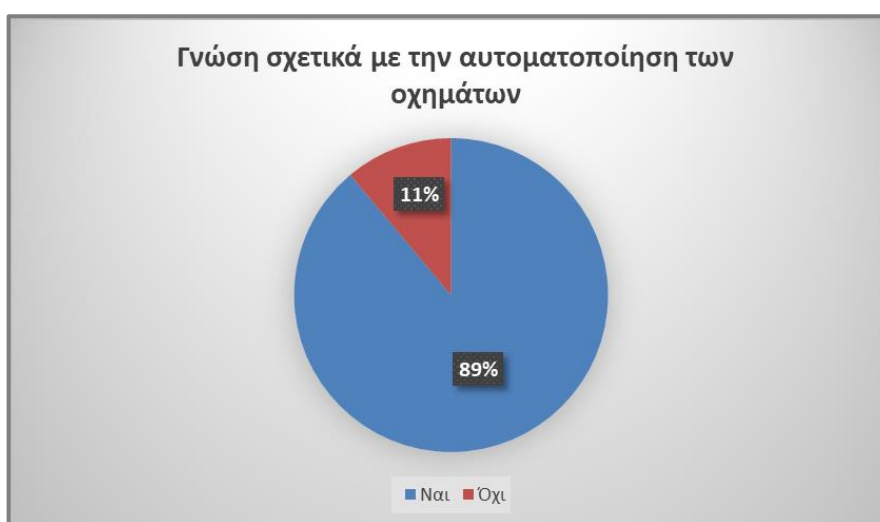
Σχήμα 5.16: Επιλογή των συμμετεχόντων ως προς το πιο οικονομικό όχημα κατά την αγορά και τη συντήρηση.

Στην έρευνα θεωρήθηκε σκόπιμο να γίνει ανασκόπηση των προτιμήσεων των χρηστών στα χαρακτηριστικά που πρέπει να διέπουν το όχημα με το οποίο μετακινούνται. Οι επιλογές που δόθηκαν στους συμμετέχοντες αφορούσαν στην οικονομία καυσίμου, την ιπποδύναμη, την άνεση και την αισθητική των μεταφορικών μέσων. Η πλειοψηφία ανέδειξε ότι ενδιαφέρεται το όχημα που επιλέγει, να εφοδιάζεται με όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά σε συντριπτικό ποσοστό 63%. Το Σχήμα 5-17 παρέχει όλες τις λεπτομέρειες από τις απαντήσεις που δόθηκαν.

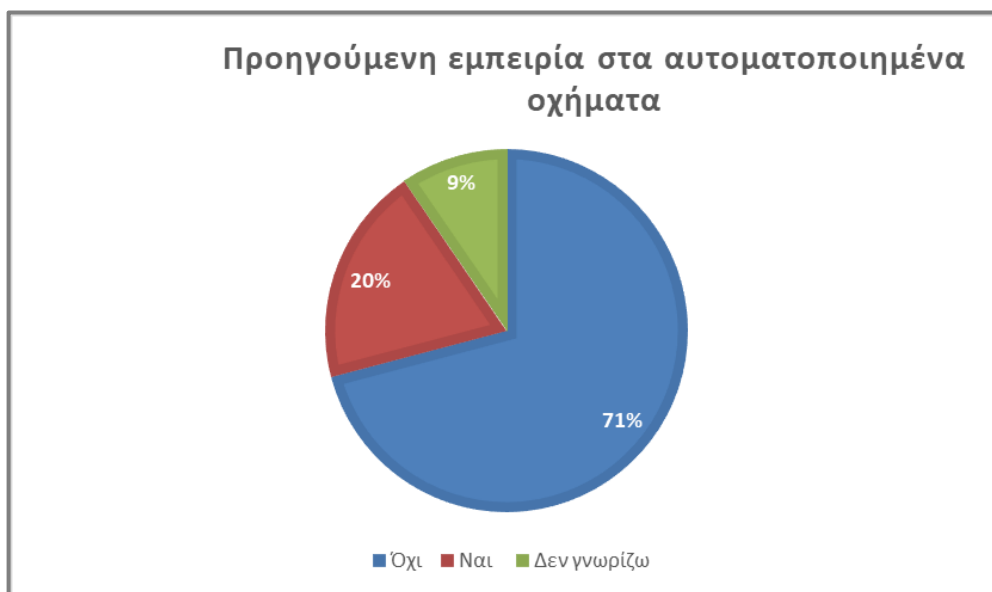


Σχήμα 5.17: Χαρακτηριστικά που ενδιαφέρουν τους αγοραστές νέου ΙΧ.

Ένα από τα χαρακτηριστικά της βιώσιμης κινητικότητας που τονίζεται στη βιβλιογραφία, είναι η αυτοματοποίηση των συστημάτων μεταφορών. Σύμφωνα με τα ευρήματα που διεξήχθησαν από την έρευνα, οι πολίτες φαίνεται να γνωρίζουν το φαινόμενο της αυτοματοποίησης που επέρχεται στα οχήματα αφού δηλώνει το 89% ότι έχει ενημερωθεί σχετικά με αυτή την καινοτομία. Σε αντίθεση με αυτό έρχεται η πλειοψηφία των συμμετεχόντων που δήλωσε σε ποσοστό 71% ότι δεν έχει χρησιμοποιήσει ποτέ κάποιο μέσο μεταφοράς.



Σχήμα 5.18: Γνώση σχετικά με την αυτοματοποίηση των οχημάτων.



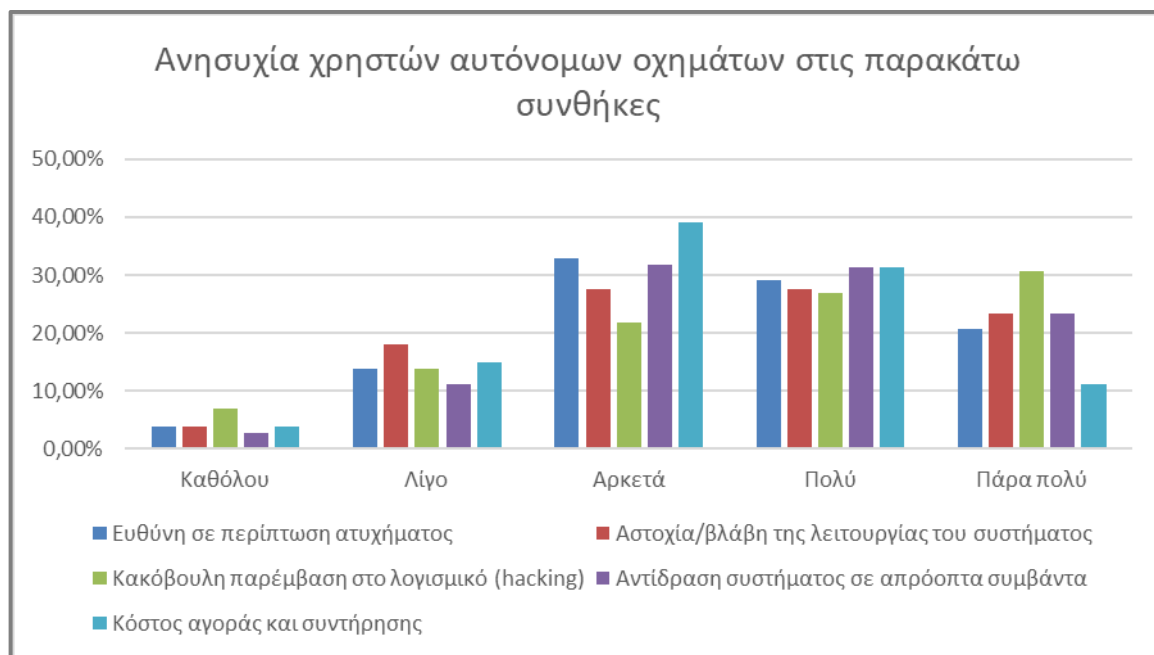
Σχήμα 5.19: Προηγούμενη εμπειρία στα αυτοματοποιημένα οχήματα.

Στο ερώτημα που τους τέθηκε σχετικά με τις συνθήκες κάτω από τις οποίες θα προτιμούσαν να χρησιμοποιήσουν αυτόνομο όχημα, οι συμμετέχοντες δήλωσαν ότι συμφωνούν απόλυτα σε μεγάλο ποσοστό να αυτοοδηγηθούν όταν αισθάνονται κόπωση ή αδιαθεσία. Η πλειοψηφία των ερωτηθέντων φάνηκε να είναι σύμφωνη με την ιδέα της αυτόνομης οδήγησης όταν θα πρέπει να οδηγήσουν νυχτερινές ώρες, όπως και όταν δεν είναι εξοικειωμένοι με το οδικό περιβάλλον. Ουδέτερη στάση φάνηκε να έχουν στη συνθήκη της αυτόνομης μεταφοράς, όταν ο τύπος του οχήματος είναι άγνωστος. Τέλος, έντονη διαφωνία παρουσιάζεται να έχουν οι χρήστες στο σενάριο της αυτόνομης οδήγησης, όταν οι καιρικές συνθήκες είναι δυσμενείς. Αναλυτικά όλα τα ποσοστά από το συγκεκριμένο ερώτημα παρουσιάζονται στο Σχήμα 5-20.



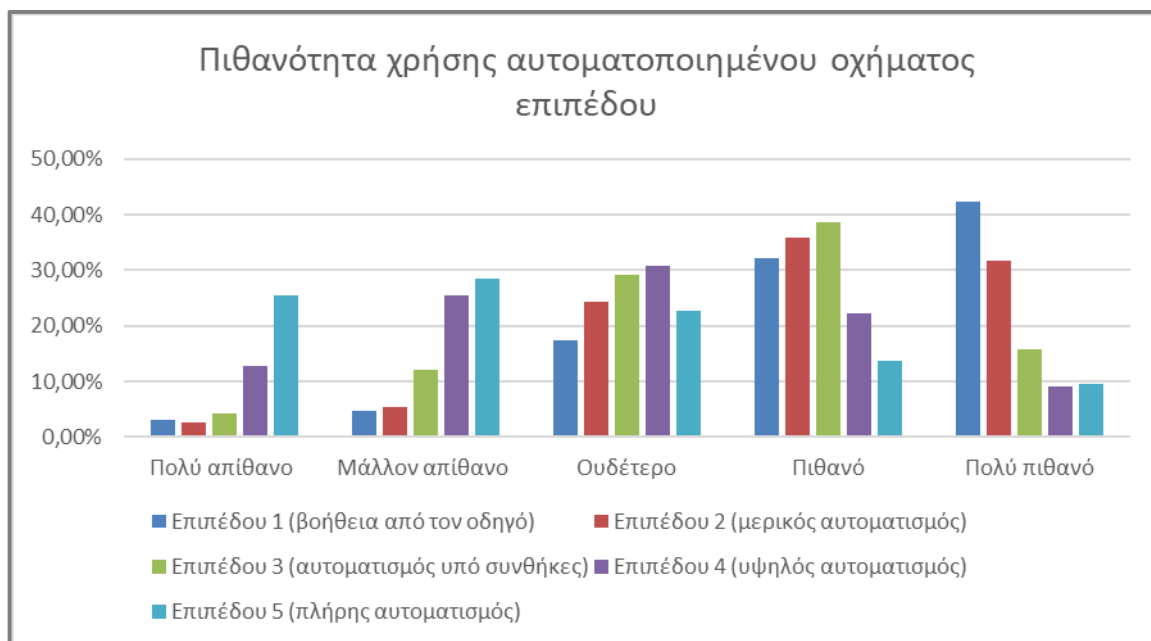
Σχήμα 5.20: Συνθήκες που θα προτιμούσαν οι χρήστες ένα αυτόνομο όχημα.

Ένας από τους βασικούς στόχους της έρευνας είναι να τονιστούν οι κύριες ανησυχίες και οι προβληματισμοί των πολιτών σχετικά με τον αυτοματισμό των οχημάτων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η πλειονότητα, δείχνει να προβληματίζεται πάρα πολύ έντονα όσον αφορά στο ενδεχόμενο κακόβουλης παρέμβασης στο λογισμικό του συστήματος με το οποίο εφοδιάζονται τα αυτόνομα οχήματα. Μεγάλη ανησυχία φαίνεται να έχουν για την αντίδραση του συστήματος σε απρόοπτα συμβάντα, όπως και για την ευθύνη σε περίπτωση ατυχήματος. Ουδέτερη στάση έχουν οι ερωτηθέντες ως προς το κόστος αγοράς ενώ λίγη ως και καθόλου ανησυχία φαίνεται να έχουν σε πιθανή αστοχία-βλάβη της λειτουργίας του συστήματος. Στο Σχήμα 5-21 αναλύονται όλες οι απαντήσεις με τα αντίστοιχα ποσοστά.



Σχήμα 5.21: Ανησυχία χρηστών αυτόνομων οχημάτων.

Εστιάζοντας στην πιθανότητα χρήσης αυτόνομων οχημάτων για τις μετακινήσεις, κάτω από διαφορετικά επίπεδα αυτοματισμού, προέκυψε ότι μέχρι το επίπεδο 3 αυτοματισμού, οι χρήστες είναι πιθανό έως πολύ πιθανό να εμπιστευθούν τα αυτόνομα οχήματα, ενώ στην περίπτωση που η αυτονομία είναι επιπέδου 4 ή 5, η πιθανότητα χρήσης είναι χαμηλότερη. Αναλυτικά, τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 5-22.

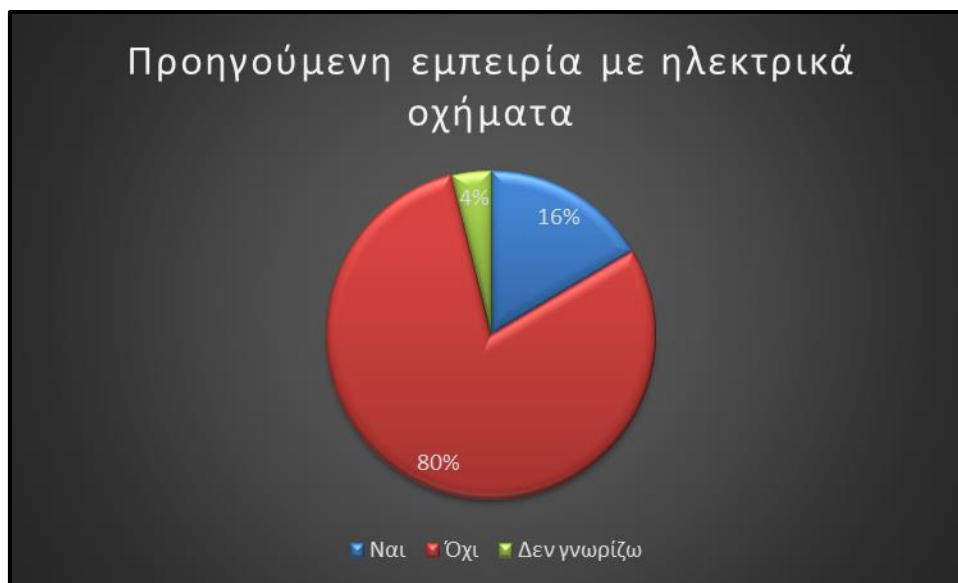


Σχήμα 5.22: Πιθανότητα χρήσης αυτοματοποιημένου οχήματος ανά επίπεδο αυτοματισμού.

Στη συνέχεια του ερωτηματολογίου, ζητήθηκε από τους ερωτηθέντες να δώσουν κάποιες απαντήσεις σε θέματα που αφορούν στην ηλεκτροκίνηση. Η συντριπτική πλειοψηφία με ποσοστό 95,6% δήλωσε ότι γνωρίζει την ύπαρξη ηλεκτρικών οχημάτων, με το 80% όμως να μην τα έχει χρησιμοποιήσει ποτέ.



Σχήμα 5.23: Γνώση σχετικά με τα ηλεκτρικά οχήματα.



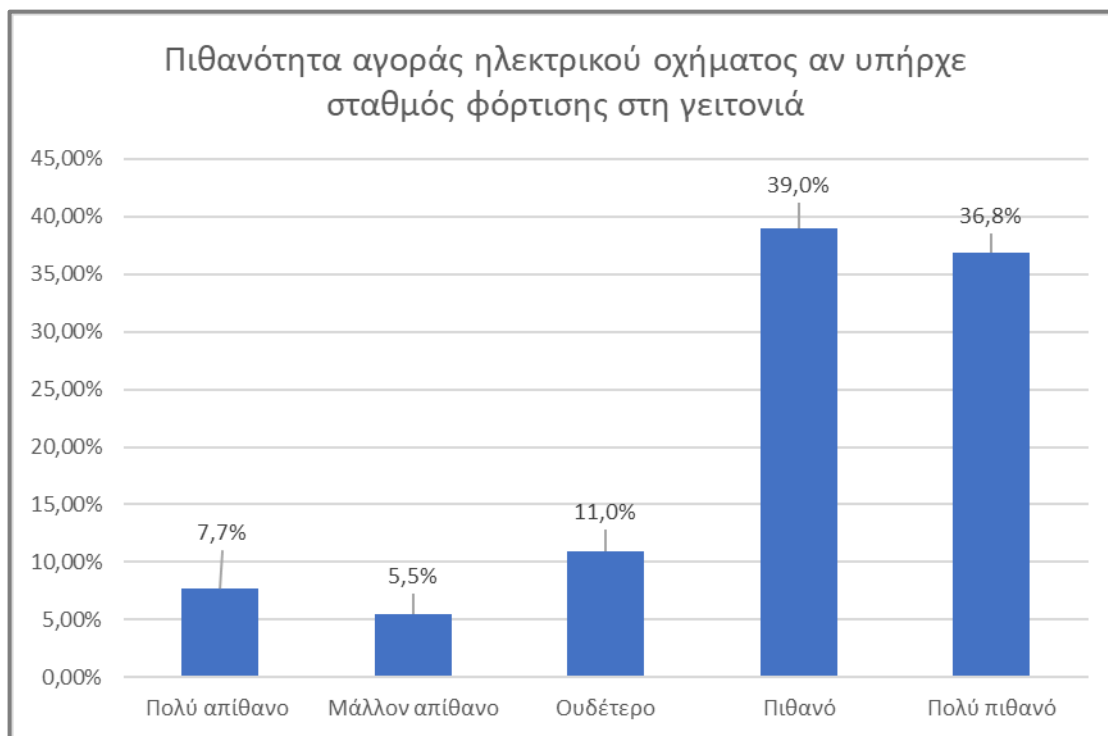
Σχήμα 5.24: Προηγούμενη εμπειρία με ηλεκτρικά οχήματα.

Σε ερώτηση που έγινε στους συμμετέχοντες σχετικά με την πιθανή αγορά ενός ηλεκτρικού οχήματος του οποίου η τιμή γινόταν περισσότερο προσιτή, η πλειοψηφία απάντησε ότι υπό αυτές τις συνθήκες θα υπήρχε πολύ μεγάλη πιθανότητα (πολύ πιθανό με ποσοστό 32,4% και πιθανό 37,4%) να επέλεγαν την αγορά αυτού του οχήματος. Οι υπόλοιπες επιλογές συμπλήρωσαν σημαντικά χαμηλότερα ποσοστά. Στο Σχήμα 5-25 περιγράφονται οι απαντήσεις που δόθηκαν.



Σχήμα 5.25: Πιθανότητα αγοράς πιο προσιτού οικονομικά ηλεκτρικού οχήματος.

Στη βιβλιογραφία είχε δοθεί ιδιαίτερη βαρύτητα στο ζήτημα της σωστής χωροθέτησης των σταθμών φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων. Βάσει των ευρημάτων που προέκυψαν και από τις απαντήσεις του ερωτηματολογίου, τονίζεται η σημασία της κατάλληλης χωροθέτησης των σταθμών, καθώς το μεγαλύτερο μέρος των πολιτών δήλωσε ότι θα αποτελούσε κίνητρο για την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων η ύπαρξη σταθμών φόρτισης κοντά στην κατοικία τους.



Σχήμα 5.26: Πιθανότητα αγοράς ηλεκτρικού οχήματος εάν υπήρχε σταθμός φόρτισης στη γειτονιά.

Ένα από τα πιο σημαντικά ευρήματα που ανέδειξε η έρευνά μας αποτελεί η παρουσίαση των βασικών αιτιών για τις οποίες οι πολίτες δεν επιλέγουν μέχρι σήμερα να χρησιμοποιήσουν ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Το μεγαλύτερο ποσοστό 45% δήλωσε ότι το υψηλό κόστος αγοράς αποτελεί αποτρεπτικό παράγοντα και ακολουθεί με ποσοστό 29% η πιθανή δυσκολία στην φόρτιση. Οι υπόλοιποι λόγοι συμπληρώνουν αρκετά χαμηλότερα ποσοστά.



Σχήμα 5.27: Λόγοι που δεν υιοθετούνται μέχρι σήμερα τα ηλεκτρικά οχήματα.

Στην ερώτηση που τέθηκε περί του οχήματος που θα επέλεγαν να χρησιμοποιήσουν οι πολίτες στις καθημερινές τους μετακινήσεις στην πόλη, η πλειονότητα θα επέλεγε το ηλεκτρικό αυτοκίνητο, ενώ παράλληλα με αρκετά υψηλά ποσοστά αποτελούν επιλογή το ηλεκτρικό δίκυκλο και το ηλεκτρικό ποδήλατο.

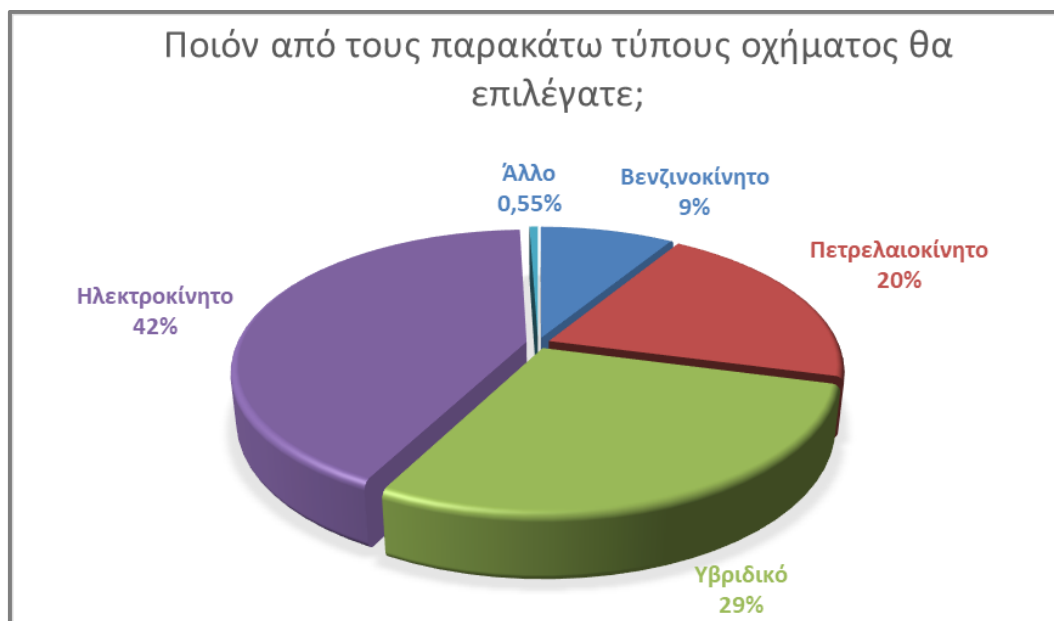


Σχήμα 5.28: Προτιμήσεις στη μορφή ηλεκτρικού οχήματος.

Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της ηλεκτροκίνησης βάσει της βιβλιογραφίας φαίνεται να διαφοροποιείται λαμβάνοντας υπόψιν πολλές μεταβλητές. Μία πρώτη γνώμη των πολιτών, φαίνεται να τους φέρνει σύμφωνους με τη φιλικότητα ως προς το περιβάλλον αυτής της καινοτομίας. Το 59% δήλωσε ότι πιστεύει πως ένα ηλεκτρικό όχημα δεν επιβαρύνει το περιβάλλον. Παρόλα αυτά πρέπει να τονιστεί και η αβεβαιότητα σημαντικού ποσοστού των ερωτηθέντων 24% που δήλωσε ότι δεν γνωρίζει σχετικά με την επίδραση της τεχνολογίας αυτής στο περιβάλλον. Η αποδοχή των ηλεκτροκίνητων οχημάτων συνοδεύεται από το γεγονός ότι αν τους δινόταν η επιλογή του μέσου μεταφοράς το μεγαλύτερο μέρος των πολιτών θα επέλεγε τα υβριδικά και τα ηλεκτρικά οχήματα, με ποσοστά 29% και 42% αντίστοιχα.

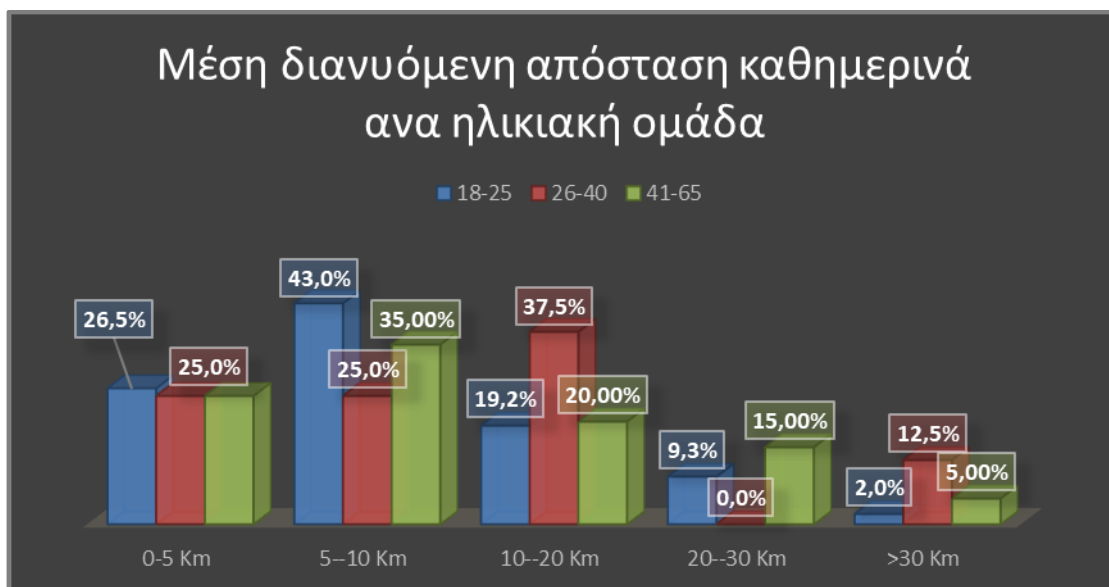


Σχήμα 5.29: Γνώμη σχετικά με το εάν επιβαρύνει το περιβάλλον το ηλεκτρικό όχημα.



Σχήμα 5.30: Γνώμη σχετικά με την επιλογή τύπου οχήματος.

Κρίθηκε σκόπιμο να γίνει συνδυαστική ανάλυση των απαντήσεων που δόθηκαν σε δύο ερωτήσεις που κλήθηκαν να απαντήσουν οι συμμετέχοντες του ερωτηματολογίου. Βασικό ζήτημα των μετακινήσεων αποτελεί η μέση καθημερινή διανυόμενη απόσταση σε σχέση με την ηλικιακή ομάδα. Για τις αποστάσεις από 0-5 χιλιόμετρα όλες οι ηλικιακές ομάδες είχαν ποσοστά γύρω στο 25%. Στις αποστάσεις από 5-10 χιλιόμετρα η ηλικιακή ομάδα 18 έως 25 είχε το μεγαλύτερο ποσοστό 43%. Στις αποστάσεις 10-20 χιλιόμετρα η ηλικιακή ομάδα 26 ως 40 συμπλήρωσε το μεγαλύτερο ποσοστό 37%. Στις αποστάσεις 20 ως 30 χιλιόμετρα η ηλικιακή ομάδα 41 ως 65 είχε ποσοστό 15% και ακολούθησε η ομάδα 18 ως 25 με 9,2% ενώ η ηλικιακή ομάδα 26 ως 40 δεν είχε καθόλου συμμετοχή σε αυτές τις αποστάσεις. Τέλος, σε αποστάσεις μεγαλύτερες των 30 χιλιομέτρων μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής είχε η ομάδα 26 ως 40 με 12,5%. Στο Σχήμα 5-31 παρουσιάζονται όλα τα αποτελέσματα αναλυτικά.



Σχήμα 5.31: Μέση διανυόμενη καθημερινή απόσταση ανά ηλικιακή ομάδα.

Μείζονος σημασίας είναι η ικανοποίηση των πολιτών από τον τρόπο μετακίνησής τους στη συγκοινωνιακή καθημερινότητά τους. Το εισόδημα επηρεάζει ουσιαστικά τις επιλογές στον τρόπο μετακίνησης των χρηστών. Ο συνδυασμός αυτών των δύο μεταβλητών είναι ζωτικής σημασίας για τη διεξαγωγή συμπερασμάτων, για την αρτιότητα της οργάνωσης των μεταφορών. Βάσει των αποτελεσμάτων και για τις τρεις ομάδες εισοδημάτων, εμφανίζεται μία ουδέτερη ικανοποίηση προς καλή ενώ παράλληλα για καμία από τις τρεις ομάδες δεν έχουμε ακραίες τιμές ικανοποίησης (δηλαδή υψηλά ποσοστά ικανοποίησης ή υψηλά ποσοστά δυσαρέσκειας). Στο Σχήμα 5-32 παρουσιάζονται όλα τα ποσοστά με κριτήριο το εισόδημα ανά κάθε κατηγορία ικανοποίησης.



Σχήμα 5.32: Ικανοποίηση τρόπου μετακίνησης με βάση το εισόδημα.

Η αυτοματοποίηση των οχημάτων αποτελεί αναμφισβήτητα μία καινοτομία η οποία πρόκειται να επιφέρει ριζικές αλλαγές στις συγκοινωνιακές συνθήκες των πολιτών. Όπως είναι αναμενόμενο όμως, όλες οι τεχνολογικές καινοτομίες αποτελούν άγνωστο μονοπάτι για τους πολίτες όταν βρίσκονται στο αρχικό στάδιο πριν καταφέρουν να εδραιωθούν. Αυτό διαφαίνεται και από τις απαντήσεις που έδωσε η πλειοψηφία σε όλες τις ηλικιακές ομάδες στο ερώτημα αν έχουν προηγούμενη εμπειρία με αυτοματοποιημένα μέσα μεταφοράς. Τα ποσοστά που δήλωσαν ότι δεν είχαν επαφή με αυτήν την καινοτομία ξεπερνούσαν σε όλες τις περιπτώσεις το 75%.



Σχήμα 5.33: Προηγούμενη εμπειρία με αυτοματοποιημένα μέσα μεταφοράς ανά ηλικιακή ομάδα.

Οι χρήστες που επέλεξαν ως ιδανικό μέσο μεταφοράς το ηλεκτρικό όχημα δηλώνουν πιθανό ως και πολύ πιθανό, με ποσοστό που συνδυαστικά αγγίζει το 83%, να αγοράζαν πιο εύκολα ηλεκτρικό αν υπήρχε σταθμός φόρτισης κοντά στην κατοικία τους. Αντίστοιχα αποτελέσματα (84% συνδυαστικά) διακρίνονται και για την περίπτωση των χρηστών που επέλεξαν ως ιδανικό μέσο το υβριδικό όχημα, η ύπαρξη σταθμών φόρτισης σε κοντινή απόσταση από το σπίτι τους, θα αποτελούσε ενθαρρυντικό παράγοντα για την αύξηση της πιθανότητας αγοράς αυτού του οχήματος.



Σχήμα 5.34: Επιλογή αγοράς ηλεκτρικού οχήματος με βάση κοντινό σταθμό φόρτισης.



Σχήμα 5.35: Επιλογή αγοράς υβριδικού οχήματος με βάση κοντινό σταθμό φόρτισης.

5.4.3 Επαγωγική στατιστική ανάλυση

Στις επόμενες παραγράφους, συνοψίζονται τα κυριότερα ευρήματα της μη-παραμετρικής επεξεργασίας των συλλεχθέντων δεδομένων, με εφαρμογή των κατάλληλων στατιστικών ελέγχων (π.χ. Kruskal-Wallis, Test, 1-way ANOVA, chi-square test, κτλ.).

Αρχικά, διερευνήθηκαν οι συνθήκες που θα προτιμούσαν οι χρήστες να χρησιμοποιήσουν αυτόνομο όχημα, σε σχέση με την οδηγική εμπειρία, η οποία διαμορφώθηκε σε τρεις κατηγορίες: <5 έτη, 5-10 έτη και >10 έτη. Αναλυτικά, τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης ανάλυσης παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.1.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το p-value σε όλες τις υποθέσεις που κάναμε ήταν μεγαλύτερο του 5%, άρα δεν εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι καμία από τις συνθήκες που θα προτιμούσαν οι χρήστες να χρησιμοποιήσουν αυτόνομα οχήματα όπως είναι οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες, η έλλειψη εξοικείωσης με το οδικό περιβάλλον, η οδήγηση αργά τη νύχτα, το αίσθημα κόπωσης ή αδιαθεσίας και ο άγνωστος τύπος οχήματος, δεν εξαρτάται από την οδηγική εμπειρία των ατόμων. Φαίνεται όμως ότι υψηλότερα βαθμολόγησαν το αίσθημα κόπωσης ή αδιαθεσίας ως τη συνθήκη που θα προτιμούσαν οι χρήστες να χρησιμοποιήσουν αυτόνομο όχημα, τόσο οι νέοι οδηγοί, όσο και οι οδηγοί με εμπειρία 5 έως 10 έτη.

Στον Πίνακα 5.1 επίσης, παρουσιάζεται η μέση βαθμολογία που έδωσαν οι ερωτηθέντες σε σχέση με την ανησυχία ή το άγχος που τους προκαλεί η χρήση αυτόνομου οχήματος σε διαφορετικές συνθήκες. Διαπιστώθηκε ότι το p-value σε όλες τις υποθέσεις που κάναμε ήταν μεγαλύτερο του 5%. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι οι ανησυχίες που δείχνουν οι οδηγοί απέναντι στην ευθύνη πιθανών ατυχημάτων σε αυτοματοποιημένα συστήματα, στην ενδεχόμενη αστοχία του συστήματος, στην κακόβουλη παρέμβαση στο λογισμικό, στην αντίδραση του οχήματος σε απρόοπτα συμβάντα, όπως και στο κόστος αγοράς-συντήρησης δεν επηρεάζονται από την οδηγική εμπειρία των ατόμων.

Ωστόσο, διαφαίνεται ότι υψηλότερα βαθμολόγησαν την ανησυχία τους ως προς την αντίδραση του συστήματος σε απρόοπτα συμβάντα και το κόστος αγοράς-συντήρησης οι έμπειροι οδηγοί, ενώ οι νέοι οδηγοί φαίνεται να ανησυχούν περισσότερο για κακόβουλη παρέμβαση στο λογισμικό του οχήματος.

Πίνακας 5.1: Μέση βαθμολογία των μεταβλητών και σύνοψη των συγκριτικών αποτελεσμάτων με κριτήριο την οδηγική εμπειρία.

Μεταβλητές	Οδηγική εμπειρία <5 έτη		Οδηγική εμπειρία 5-10 έτη		Οδηγική εμπειρία >10 έτη		Kruskal-Wallis H	p-value
	MT	TA	MT	TA	MT	TA		
Συνθήκες που θα προτιμούσαν οι χρήστες να χρησιμοποιήσουν αυτόνομο όχημα								
Δυσμενείς καιρικές συνθήκες (έντονη βροχή, ομίχλη, κτλ.)	2,99	1,015	2,67	1,038	3,38	1,161	5,780	0,056
Έλλειψη εξοικείωσης με το οδικό περιβάλλον (άγνωστη διαδρομή, κτλ.)	3,21	1,034	2,93	0,958	3,19	1,03	2,194	0,334
Οδήγηση αργά τη νύχτα ή τις πρώτες πρωινές ώρες	3,39	1,018	3,11	0,801	3,38	1,071	2,833	0,243
Αίσθημα κόπωσης ή αδιαθεσίας (π.χ. κρουαλόγημα)	3,63	1,031	3,63	0,742	3,29	1,231	1,168	0,558
Άγνωστος τύπος οχήματος (π.χ. ηλεκτρικό ή υβριδικό αρχείο)	3,16	0,935	2,93	0,874	3,19	0,928	1,668	0,434
Ανησυχία ή άγχος λόγω χρήσης αυτόνομου οχήματος στις παρακάτω συνθήκες								
Ευθύνη σε περίπτωση ατυχήματος	3,47	1,148	3,37	0,926	3,62	0,865	0,847	0,655
Αστοχία συστήματος	3,46	1,212	3,52	0,975	3,52	0,981	0,027	0,987
Κακόβουλη παρέμβαση λογισμικού	3,6	1,257	3,59	1,248	3,57	1,326	0,005	0,997
Αντίδραση συστήματος σε απρόοπτα συμβάντα	3,59	1,084	3,59	1,01	3,71	0,902	0,204	0,903
Κόστος αγοράς -συντήρησης	3,25	0,947	3,22	1,155	3,71	0,956	4,555	0,103
MT: Μέση Τιμή, TA: Τυπική Απόκλιση, *Στατιστικά σημαντικό, p-value<5%								

Στο επόμενο βήμα της ανάλυσης, έγινε συσχέτιση της γνώμης των ερωτηθέντων για το εάν ένα ηλεκτρικό όχημα επιβαρύνει το περιβάλλον (Q23), με τον τύπο αυτοκινήτου που θα επέλεγαν να αγοράσουν (Q22), εάν είχαν τη δυνατότητα. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 5.2. Σύμφωνα με τον συγκεκριμένο έλεγχο το p-value προέκυψε ότι είναι μικρότερο του 5% επομένως τα δείγματα παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα. Συνολικά 58 άτομα από τα 182 δηλαδή περίπου το 1/3 των ερωτηθέντων, απάντησε ότι το ηλεκτρικό όχημα δεν επιβαρύνει το περιβάλλον και αν είχε τη δυνατότητα θα το επέλεγε ως μέσο μεταφοράς.

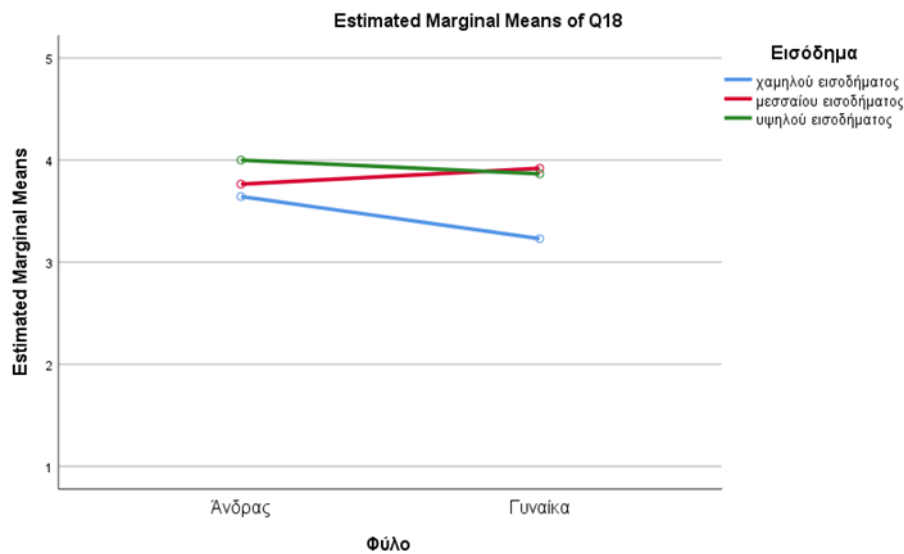
Πίνακας 5.2: Κατανομή επιλογής ιδανικού τύπου αυτοκινήτου σε σχέση με το ένα είναι οικολογικό το ηλεκτρικό όχημα.

		Τύπος αυτοκινήτου (Q23)				Σύνολο	
		Βενζίνη	Πετρέλαιο	Υβριδικό	Ηλεκτρικό		
Q22	Ναι	Count	5	7	11	8	31
		% within Q22	16,1%	22,6%	35,5%	25,8%	100,0%
		% within Q23	29,4%	18,9%	21,2%	10,5%	17,0%
	Όχι	Count	6	18	25	58	107
		% within Q22	5,6%	16,8%	23,4%	54,2%	100,0%
		% within Q23	35,3%	48,6%	48,1%	76,3%	58,8%
	ΔΓ/ΔΑ	Count	6	12	16	10	44
		% within Q22	13,6%	27,3%	36,4%	22,7%	100,0%
		% within Q23	35,3%	32,4%	30,8%	13,2%	24,2%
Σύνολο		Count	17	37	52	76	182
		% within Q22	9,3%	20,3%	28,6%	41,8%	100,0%
		% within Q23	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

	Value	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	17,907 ^a	,006
Likelihood Ratio	18,404	,005
Fisher's Exact Test	18,635	
Linear-by-Linear Association	,388 ^c	,533
N of Valid Cases	182	

Τέλος, διερευνήθηκε η πιθανότητα αγοράς ηλεκτρικού αυτοκινήτου εάν το κόστος γινόταν περισσότερο προσιτό, σε σχέση τόσο με το εισόδημα, όσο και με το φύλο των ερωτηθέντων (Σχήμα 5-36). Παρατηρείται ότι το p-value σε όλες τις υποθέσεις που κάναμε προκύπτει ότι είναι μεγαλύτερο του 5% άρα δεν έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Επομένως συμπεραίνουμε ότι ούτε το φύλο ($p\text{-value}=0,467$), ούτε το εισόδημα ($p\text{-value}=0,206$), αλλά ούτε και ο συνδυασμός και του φύλου και του εισοδήματος ($p\text{-value}=0,559$) επηρεάζει την απάντηση ως προς την πιθανότητα αγοράς ενός ηλεκτρικού οχήματος ακόμα και αν γίνει πιο προσιτό.

Παρόλα αυτά σύμφωνα με το Σχήμα 5-36 παρατηρούμε ότι οι άνδρες υψηλού εισοδήματος είναι πιο πιθανό να αγοράζαν ένα ηλεκτρικό όχημα εάν γινόταν πιο προσιτό, ενώ οι γυναίκες χαμηλού εισοδήματος φαίνεται να απαντούν ότι είναι πιο απίθανο να αγοράζαν ένα τέτοιο όχημα ακόμα και αν η τιμή αγοράς γινόταν πιο προσιτή.

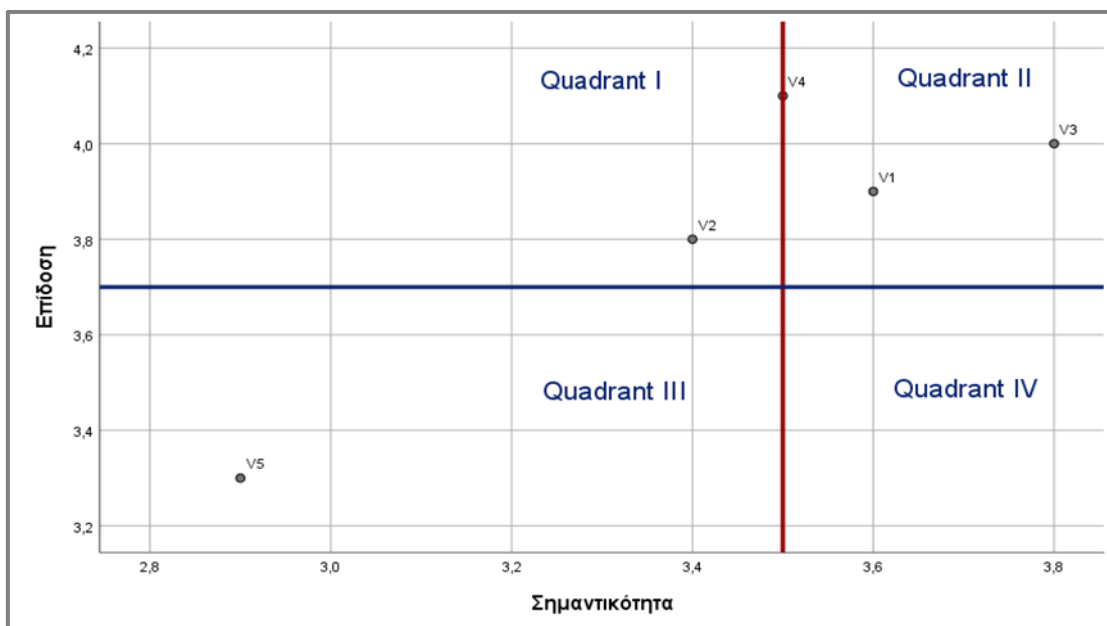


Σχήμα 5.36: Πιθανότητα αγοράς ηλεκτρικού οχήματος σε σχέση με το εισόδημα και το φύλο.

5.4.4 Ανάλυση Σημαντικότητας – Ικανοποίησης

Η παρούσα έρευνα χρησιμοποιεί την Ανάλυση Σημαντικότητας-Ικανοποίησης (Importance – Performance Analysis - IPA), για την αξιολόγηση των χαρακτηριστικών που σχετίζονται με τη χρήση των ΙΧ οχημάτων. Πραγματοποιείται ομαδοποίηση 5 μεταβλητών του ερωτηματολογίου, σε κάθε ένα από τα τέσσερα τεταρτημόρια, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5-37. Ο κατακόρυφος άξονας αφορά στην ικανοποίηση των χρηστών και αντίστοιχα ο οριζόντιος άξονας αφορά στη σημαντικότητα που θεωρούν οι χρήστες ότι έχει καθεμία από αυτές τις μεταβλητές. Το διάγραμμα αυτό αποτελείται από τέσσερα τεταρτημόρια. Το πρώτο τεταρτημόριο (Q1) δείχνει υψηλή σημαντικότητα και χαμηλή ικανοποίηση. Το δεύτερο τεταρτημόριο (Q2) δείχνει υψηλή σημαντικότητα και υψηλή ικανοποίηση. Το τρίτο τεταρτημόριο (Q3) καταγράφει χαμηλή σημαντικότητα και ικανοποίηση και το τέταρτο τεταρτημόριο (Q4) χαμηλή σημαντικότητα και υψηλή ικανοποίηση. Προκύπτει λοιπόν ότι τρεις από τις εξεταζόμενες μεταβλητές βρίσκονται στο 2^ο τεταρτημόριο, αυτό μεταφράζεται σε υψηλή σημαντικότητα σε συνδυασμό με υψηλή ικανοποίηση από τις προσφερόμενες μεταφορικές υπηρεσίες.

Τα προαναφερθέντα αφορούν στην αίσθηση ελευθερίας/ανεξαρτησίας, η οποία ψηφίστηκε ως η πιο σημαντική παράμετρος (σημαντικότητα=3,8) που ενδιαφέρει τους χρήστες ΙΧ, ενώ παράλληλα χαίρει και υψηλής ικανοποίησης (ικανοποίηση=4,0). Η προσφερόμενη ασφάλεια από τα ΙΧ ψηφίστηκε ως η μεταβλητή που χαίρει μεγαλύτερης ικανοποίησης (ικανοποίηση=4,1) σε συνδυασμό με την παράμετρο της σημαντικότητας να βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα (σημαντικότητα=3,5). Τέλος ο παράγοντας της άνεσης αποτέλεσε και εκείνος σημαντική προϋπόθεση για τα ΙΧ (συγκεντρώνοντας σημαντικότητα=3,6), ενώ παράλληλα η ικανοποίηση κινήθηκε σε αρκετά μεγάλα επίπεδα (ικανοποίηση=3,9). Καλό είναι να τονιστεί το γεγονός ότι η παράμετρος της οικονομίας καυσίμου ψηφίστηκε ως ο πιο ασήμαντος (σημαντικότητα=2,9) για ιδιοκτήτες ΙΧ ενώ παράλληλα και η ικανοποίησή τους σε αυτή εντοπίστηκε να συλλέγει πολύ χαμηλά ποσοστά (ικανοποίηση=3,3).



Σχήμα 5.37: Διάγραμμα Σημαντικότητας – Ικανοποίησης.

Παράμετροι σχήματος:

V1 άνεση

V2 ευελιξία

V3 αίσθηση ελευθερίας/ ανεξαρτησίας

V4 ασφάλεια

V5 οικονομία

5.5 Συμπεράσματα έρευνας ερωτηματολογίου

Μετά από τη μελέτη της βιβλιογραφίας αξιολογήθηκαν οι στάσεις των νέων ανθρώπων απέναντι στα ηλεκτρικά και τα αυτοματοποιημένα οχήματα για να προσδιοριστεί η γενική γνώμη, τα πλεονεκτήματα και η συνεισφορά στην προστασία του περιβάλλοντος και τον σχεδιασμό βιώσιμων πόλεων. Εξετάστηκαν οι ανησυχίες και οι ελλείψεις που εμποδίζουν την υιοθέτηση αυτοματοποιημένων οχημάτων και των ηλεκτροκίνητων οχημάτων. Έτσι εντοπίστηκε η έλλειψη των απόψεων στις νεαρές ηλικίες και για αυτό τον λόγο διεξήχθη έρευνα ερωτηματολογίου που μας προσέφερε αρκετά χρήσιμα συμπεράσματα.

Αρχικά το ηλεκτρικό όχημα φαίνεται να αποτελεί την πρώτη επιλογή των ερωτηθέντων, αρκεί να ξεπεραστούν οι δυσκολίες, τόσο από οικονομικής άποψης, όσο και

από την πλευρά των υποδομών. Στη συνέχεια εντοπίσαμε πως τα αυτόνομα οχήματα αποτελούν μία λύση τεχνολογικά προηγμένη που έχει να προσφέρει στον τομέα των μεταφορών, τόσο από πλευράς ασφάλειας, όσο και άνεσης. Από τις απαντήσεις των ερωτηθέντων συμπεραίνουμε όμως ότι οι ανησυχίες τους για τα αυτοματοποιημένα οχήματα επιπέδου 3 και πάνω, είναι ιδιαίτερα έντονες και έως ότου γίνει η πλήρης υιοθέτησή τους, υπάρχουν αρκετά εμπόδια που χρήζουν αντιμετώπισης.

Μετά από στατιστική ανάλυση που έγινε στο πρόγραμμα SPSS, συμπεραίνουμε ότι οι ανησυχίες γύρω από τη χρήση των αυτοματοποιημένων οχημάτων, καθώς και οι συνθήκες που θα προτιμούσαν οι χρήστες να χρησιμοποιήσουν αυτοματοποιημένα οχήματα δεν επηρεάζονται από την οδηγική εμπειρία. Τέλος, διερευνήθηκε η πιθανότητα αγοράς ηλεκτρικού αυτοκινήτου εάν το κόστος γινόταν περισσότερο προσιτό από τη στιγμή που το κόστος απόκτησης φάνηκε από τις απαντήσεις των ερωτηθέντων να αποτελεί έναν από τους κυριότερους αποθαρρυντικούς παράγοντες ως προς την υιοθέτησή τους. Η εξέταση έγινε σε σχέση τόσο με το εισόδημα, όσο και με το φύλο των ερωτηθέντων και βάση των αποτελεσμάτων δεν φάνηκε να επηρεάζεται από το φύλο ή το εισόδημα, αλλά ούτε και από τον συνδυασμό τους.

Συμπληρωματικά, πρέπει να τονιστεί πως ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα που εντοπίστηκαν από τη βιβλιογραφία είναι ο τρόπος παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας με σκοπό την κάλυψη των απαιτήσεων του δικτύου ηλεκτρικών οχημάτων. Πρέπει να ληφθεί υπόψιν, η μορφή των καυσίμων που χρησιμοποιούνται (αν είναι ανανεώσιμες πηγές ή μη ανανεώσιμες), καθώς επηρεάζει και το περιβαλλοντικό όφελος από την εισαγωγή της ηλεκτροκίνησης στην κυκλοφοριακή πραγματικότητα παγκοσμίως.

Κεφάλαιο 6 Πλαίσιο αξιολόγησης επιπτώσεων

6.1 Εισαγωγή

Οι μεταφορές θεωρούνται ευρέως ως ένας τομέας με σημαντικές θετικές και αρνητικές εξωτερικές επιπτώσεις που επηρεάζουν την κοινωνία, το περιβάλλον, την υγεία των πολιτών και την οικονομία. Το γεγονός της ενσωμάτωσης των βασικών αρχών της βιώσιμης ανάπτυξης στον προγραμματισμό των μεταφορών είναι πρωταρχικής σημασίας, ωστόσο η μετάβαση προς τη βιωσιμότητα των μεταφορών αποτελεί δύσκολο έργο, απαιτείται συνεχής παρακολούθηση και εντατική αξιολόγηση των σημερινών συνθηκών μέσω ευρέως αποδεκτών μεθοδολογικών εργαλείων, όπως είναι οι δείκτες.

Οι δείκτες που επιλέχθηκαν για την αξιολόγηση της εφαρμογής της ηλεκτροκίνησης και των νέων τεχνολογιών αποτελούν μία ενιαία βάση με τους δείκτες που αφορούν στη βιωσιμότητα των μεταφορών να έχουν εξετασθεί μέσω εκτενούς βιβλιογραφικής ανασκόπησης στο παρελθόν.

Στόχος της αξιολόγησης είναι να συνεπικουρήσει στη διαδικασία λήψης αποφάσεων σχετικά με την αποτελεσματικότητα και την αποδοτικότητα και να οδηγήσει στη βελτίωση μιας διαδικασίας, προγράμματος ή έργου. Στην υλικοτεχνική υποστήριξη των πόλεων, η επιλογή των κατάλληλων διαρθρωτικών μέτρων θα πρέπει να βασίζεται σε μια καλά δομημένη διαδικασία αξιολόγησης, η οποία εξετάζει τις αναμενόμενες επιπτώσεις στη συγκεκριμένη πόλη και διευκολύνει τη λήψη αποφάσεων. Θεωρείται ιδιαίτερα χρήσιμη η αξιολόγηση που διενεργείται πριν την εφαρμογή μίας επέμβασης ή καινοτομίας, έτσι ώστε να αποτυπώσει την τάση και το γενικό ενδιαφέρον γύρω από το υπό συζήτηση θέμα. Με αυτό τον τρόπο καθίσταται δυνατή η ενεργοποίηση/επαγρύπνηση των αντίστοιχων φορέων για να διενεργήσουν τις κατάλληλες διαδικασίες στον σωστό χρόνο και να προβλέψουν την αναμενόμενη ζήτηση που μπορεί να προέλθει.

Λόγω της ex-ante ανάλυσης που πραγματοποιείται δεν μας δίνεται η δυνατότητα επί του παρόντος να χρησιμοποιήσουμε το πλαίσιο που διαμορφώνουμε για ποσοτική αξιολόγηση επιπτώσεων από τη στιγμή που δεν έχουμε ευρεία υιοθέτηση αυτών των μορφών μεταφοράς, αλλά πάρα μόνο με τη μορφή περιγραφικής στατιστικής, έτσι ώστε να παρουσιάσουμε την τάση στο υπό εξέταση θέμα. Παράλληλα όμως δημιουργούμε ένα δυναμικό πλαίσιο αξιολόγησης που θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και μελλοντικά από τους ενδιαφερόμενους φορείς, ώστε να αξιολογήσουν τις συνέπειες στους βασικούς πυλώνες που αφορούν στη μετάβαση στην πράσινη μορφή μετακίνησης και του αυτοματισμού. Στόχος της συγκεκριμένης εργασίας ήταν η δημιουργία ενός ουσιαστικού επιχειρησιακού εργαλείου για τους ερευνητές με στόχο την προώθηση της σχετικής έρευνας. Επιπλέον, θα μπορεί να συμβάλει στην επιλογή των καταλληλότερων μέτρων, αλλά και έγκυρων επιστημονικά μεθόδων για την ανάπτυξη ικανοποιητικού για την κάθε εξεταζόμενη περιοχή αριθμού υποδομών.

6.2 Κριτήρια επιλογής δεικτών

Η επιλογή των κατάλληλων δεικτών αποτελεί μια διαδικασία μείζονος σημασίας για την πολυκριτηριακή αξιολόγηση επεμβάσεων σε διαφόρους τομείς με κριτήριο πάντα το όφελος της κοινωνίας, της οικονομίας και του περιβάλλοντος. Η επιλογή των δεικτών βασίζεται σε διεθνώς καθιερωμένα κριτήρια που σχετίζονται με την πολιτική, την οικονομία, την αειφόρα ανάπτυξη και την ασφάλεια. Οι δείκτες για την ηλεκτροκίνηση και τον αυτοματισμό των οχημάτων θα πρέπει να αξιολογούν την πρόοδο και την αποδοχή με την πάροδο του χρόνου και να παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τις επιδόσεις των μεταφορών, τα παρεχόμενα επίπεδα ασφάλειας, την κοινωνική και οικονομική βιωσιμότητα, ενώ θα πρέπει επίσης να έχουν άμεση σχέση με τις πολιτικές και τους στόχους που επιθυμεί να ακολουθήσει το κάθε κράτος.

Επιπρόσθετα θα πρέπει να είναι σε θέση να εντοπίζουν προβλήματα που δημιουργούνται με την εφαρμογή των λύσεων που είχαν προταθεί αρχικά. Σύμφωνα με αρκετούς συγγραφείς στη βιβλιογραφία, τονίζεται πως οι δείκτες θα πρέπει να επιτρέπουν συγκρίσεις ανάμεσα σε διαφορετικές περιοχές ή/και δικαιοδοσίες που μοιράζονται παρόμοια χαρακτηριστικά, ενώ παράλληλα θα πρέπει να απεικονίζουν πολυδιάστατα

φαινόμενα με τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε να γίνονται αντιληπτά, τόσο από τους επιστήμονες, όσο και από τους απλούς πολίτες.

6.3 Επεξήγηση πυλώνων, κριτηρίων και δεικτών αξιολόγησης

6.3.1 Οικονομία και ενέργεια

Οι μεταφορές είναι ένας σημαντικός τομέας που συνδέεται άμεσα με την οικονομία σε κατάσταση λειτουργίας εντός και εκτός των ορίων των πόλεων. Εξαιτίας της ανεξέλεγκτης καύσης ορυκτών καυσίμων για την εκτέλεση του μεταφορικού έργου προσφέρεται σαν λύση η ηλεκτροκίνηση. Για την επιτυχή υιοθέτησή της όμως απαιτείται η δημιουργία ενός ολοκληρωμένου και άρτια σχεδιασμένου δικτύου παραγωγής και διοχέτευσης ηλεκτρικής ενέργειας. Η χρήση μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας οδηγεί σε πηγές ενέργειας που εξαντλούνται και αυξημένη τιμολόγηση, επομένως δημιουργούνται μη βιώσιμες κοινότητες. Χρησιμοποιήθηκαν δύο δείκτες για την περιγραφή της οικονομικής διάστασης που θα επηρεαστεί από την προώθηση της ηλεκτροκίνησης και του αυτοματισμού. Η μία αφορά στη μακροοικονομία και η άλλη τη μικροοικονομία. Επιλέχθηκαν συνολικά για την περιγραφή των προβληματισμών που αφορούν στην οικονομία 11 δείκτες. Αναλύονται παρακάτω.

Ευημερία: αφορά στην οικονομική βιωσιμότητα των κοινωνιών σε όλα τα επίπεδα.

Βιομηχανική οργάνωση: το θέμα που μας αφορά είναι να ανιχνεύσουμε σε τι μοντέλα αναπτύσσεται η εξεταζόμενη τεχνολογία.

Γενική ισορροπία (τιμή-ζήτηση): υπάρχει ή όχι ισορροπία σε μια ελεύθερη αγορά.

Ελάχιστο κόστος παραγωγής-μέγιστο όφελος καταναλωτών: μας αφορά να ανιχνεύσουμε τη σημασία που έχει τόσο για τις αυτοκινητοβιομηχανίες η παραγωγή οχημάτων με το ελάχιστο δυνατό κόστος, όσο και για τους καταναλωτές το μέγιστο δυνατό κέρδος.

Κατά κεφαλήν ΑΕΠ: το ατομικό εισόδημα περιλαμβάνει εισοδήματα από τόκους που τα νοικοκυριά εισπράττουν από τα μερίδιά τους από το δημόσιο χρέος και εισοδήματα που εισπράττουν από δημόσιες κοινωνικές δαπάνες.

Ιδιοκτησία Ι.Χ./κάτοικο: αφορά στον δείκτη που παρουσιάζει την εξάρτηση των πολιτών από το ΙΧ ανά κάθε κάτοικο και παράλληλα αναδεικνύει κατά πόσο χρησιμοποιούνται συστήματα μοιρασμένης κινητικότητας, όπως είναι τα μέσα μαζικής μεταφοράς. Αποτελεί έναν

καθοριστικό δείκτη, καθώς έχει την τάση τις τελευταίες δεκαετίες να αυξάνεται και χρήζει άμεσης επέμβασης με τα αντίστοιχα μέτρα.

Συνολικά έξοδα μεταφορών (αυτοκίνητο, στάθμευση, υπηρεσίες μεταφορών): αφορά στα μέσα συνολικά έξοδα που αναλογούν στον κάθε πολίτη για την κάλυψη της μεταφοράς του.

Έξοδα νοικοκυριού για δημόσιες μεταφορές: αφορά στα έξοδα του νοικοκυριού για την κάλυψη του μεταφορικού έργου και αντιπροσωπεύουν το κόστος που έχουν οι παρεχόμενες δημόσιες συγκοινωνίες σε κάθε περιοχή ανά τον κόσμο.

Επενδύσεις στο σύστημα μεταφορών/κάτοικο: αφορούν στα οικονομικά στοιχεία που σχετίζονται με την επένδυση που κάνουν οι υπεύθυνοι φορείς σε κάθε περιοχή για τη βελτίωση των παρεχόμενων συστημάτων μεταφορών. Το επενδυόμενο ποσό διαιρείται ανά κάτοικο της περιοχής μελέτης.

Έξοδα νοικοκυριού για ιδιωτικές μεταφορές: αφορούν στα συνολικά έξοδα που έχουν τα νοικοκυριά για την κάλυψη των μεταφορών τους με τα ΙΧ οχήματα που κατέχουν.

Διεθνές εμπόριο: μας ενδιαφέρει πως επρόκειτο να αλλάξει η εδραίωση της ηλεκτροκίνησης και ο αυτοματισμός των οχημάτων τις συνθήκες του διεθνούς εμπορίου. Αποτελεί καθοριστικό παράγοντα, καθώς φαίνεται να αλλάζει τις ισορροπίες για αυτόν τον λόγο επιλέχθηκε να αναλυθεί.

6.3.2 Ασφάλεια

Η ασφάλεια των χρηστών ενός οδικού συγκοινωνιακού συστήματος ανέκαθεν αποτελούσε ζωτικής σημασίας μεταβλητή. Με την είσοδο της ηλεκτροκίνησης και του αυτοματισμού των οχημάτων στη συγκοινωνιακή καθημερινότητα των κοινοτήτων, φαίνεται να είναι σκόπιμο η εκτεταμένη διερεύνηση απειλής της ασφάλειας των χρηστών, τόσο από πλευράς παθητικής και ενεργητικής ασφάλειας, όσο και των επιθέσεων που μπορεί να δεχθούν τα συστήματα στον κυβερνοχώρο. Βάσει της βιβλιογραφίας μεγάλο μερίδιο προβληματισμού των χρηστών, αποτελεί η ασφάλεια κατά τη διάρκεια αυτόνομης οδήγησης στην περίπτωση κυβερνοεπιθέσεων, αλλά και του ηθικού διλήμματος που προκύπτει από την ευθύνη σε απρόβλεπτα συμβάντα τροχαίων ατυχημάτων. Δίνεται ιδιαίτερα μεγάλη προσοχή στην ανάπτυξη αισθήματος εμπιστοσύνης των χρηστών στα νέα αυτά μεταφορικά συστήματα, καθώς εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό η υιοθέτησή τους από αυτήν τη μεταβλητή. Η

βιωσιμότητα αυτών των καινοτομιών θα εξαρτηθεί από τα παρεχόμενα επίπεδα ασφάλειας και κατά πόσο η τεχνολογία αυτή θα μπορέσει να ξεπεράσει τα προβλήματα εξάρτησης που έχει με τη διαδικτυακή σύνδεση παντός χρόνου. Οι κίνδυνοι είναι πολυδιάστατοι και οι δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν στο προσφερόμενο πλαίσιο έχουν επιλεγθεί με μεγάλη προσοχή, έτσι ώστε να αντικατοπτρίζουν ακριβώς τα προβλήματα που συνδέονται με τις τεχνολογίες που έρχονται να εδραιωθούν στις μετακινήσεις παγκοσμίως. Χρησιμοποιήθηκε ένα κριτήριο που είναι οι χρήστες για την περιγραφή του πυλώνα «ασφάλεια». Η ανάλυση του κριτηρίου μας έδωσε 13 δείκτες. Περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω:

Ασφάλεια κατά τη διάρκεια αυτόνομης οδήγησης: αφορά στο αίσθημα ασφάλειας των επιβαινόντων κατά τη διάρκεια του υψηλού επιπέδου αυτοματισμού των οχημάτων (επιπέδου 4 και 5). Βάσει της βιβλιογραφίας οι πολίτες φαίνεται να μην εμπιστεύονται μέχρι στιγμής οχήματα πλήρως αυτοματοποιημένα παρόλο που αυτή τεχνολογία έρχεται για να μειώσει τα ανθρώπινα σφάλματα και τις συγκρούσεις. Αποτελεί βασική παράμετρο και απασχολεί όλους τους επιστήμονες που ασχολούνται με την αυτόνομη οδήγηση η ανάπτυξη οχημάτων που θα είναι τόσο άρτια κατασκευασμένα που θα εμπνέουν υψηλά επίπεδα εμπιστοσύνης στους χρήστες τους.

Ασφάλεια κατά τη διάρκεια ηλεκτροκίνητης οδήγησης: αφορά στο αίσθημα ασφάλειας κατά τη διάρκεια ηλεκτροκίνητης οδήγησης και την εμπιστοσύνη των οδηγών σε αυτή την νέα τεχνολογία. Βάσει των ερευνών που έχουν διεξαχθεί οι ιδιοκτήτες ηλεκτρικών οχημάτων δείχνουν να μην αποτελεί αποθαρρυντικό παράγοντα η παρεχόμενη ασφάλεια των οχημάτων του και τα προτιμούν από τα συμβατικά.

Ασφάλεια κατά τη φόρτιση ηλεκτροκίνητων οχημάτων: επιλέχθηκε ως δείκτης καθώς από τη στιγμή που αποτελεί μία νέα τεχνολογία η ηλεκτροκίνηση, η φόρτιση αυτών των οχημάτων μπορεί για ένα μερίδιο του πληθυσμού να αποτελεί μία πρόκληση και έναν αποθαρρυντικό παράγοντα για την υιοθέτησή τους.

Ασφάλεια κατά των κυβερνοεπιθέσεων: αποτελεί βάσει της βιβλιογραφίας τη μεγαλύτερη τροχοπέδη για την εξέλιξη των αυτοματοποιημένων οχημάτων, καθώς η ασφάλεια αυτών των οχημάτων απέναντι στις κυβερνοεπιθέσεις δεν είναι στα επιθυμητά επίπεδα. Τα οχήματα είναι επιρρεπή σε τέτοιες επιθέσεις και η ανάπτυξη ισχυρών λογισμικών από τις κατασκευάστριες εταιρίες χρήζει άμεσης αντιμετώπισης.

Ασφάλεια ως προς την εμπιστευτικότητα προσωπικών δεδομένων: όπως αναφέρθηκε και για τον προηγούμενο δείκτη, η ασφάλεια των προσωπικών δεδομένων σε πιθανή επίθεση είναι μία βασική προϋπόθεση για την άρτια και ασφαλή λειτουργία αυτών των οχημάτων.

Ασφάλεια κατά την διάρκεια λήψης «λογικών αποφάσεων» από τα αυτόνομα οχήματα: αποτελεί έναν βασικό δείκτη που επρόκειτο να επηρεάσει την υιοθέτηση των αυτόνομων οχημάτων, καθώς συνδέεται άμεσα με τα ηθικά διλήμματα που εμπεριέχονται στη διαδικασία λήψης αποφάσεων από το αυτόνομο σύστημα οδήγησης. Η διαδικασία δημιουργίας των αλγορίθμων που θα καθοδηγούν το αυτόνομο όχημα πρέπει να γίνει με μεγάλη προσοχή.

Εμπιστοσύνη απέναντι στα αυτόνομα οχήματα.

Αναγνώριση των πραγματικών κυκλοφοριακών συνθηκών από τα αυτόνομα οχήματα: αφορά στην αναγνώριση των κυκλοφοριακών συνθηκών που επικρατούν κάθε φορά στο οδικό δίκτυο. Η αναγνώρισή τους επιτυγχάνεται με μία σειρά τεχνολογικών συστημάτων που είναι εγκατεστημένα στο όχημα. Το αίσθημα ασφάλειας που θα εμπνέουν στους χρήστες αποτελεί βασική παράμετρο που πρέπει να δοθεί σημασία, όπως και στα προβλήματα που πρόκειται να προκαλέσει μία πιθανή δυσλειτουργία του συστήματος.

Ορθή αντίδραση σε έκτακτα κυκλοφοριακά συμβάντα: πρέπει το αυτόνομο όχημα να είναι σε θέση όχι μόνο να λειτουργεί άρτια στις καθημερινές συνθήκες οδήγησης αλλά και να είναι προετοιμασμένο να αντιδράσει ασφαλώς και στα έκτακτα κυκλοφοριακά συμβάντα.

Αναγνώριση των πεζών από τα αυτόνομα οχήματα: το αυτόνομο όχημα πρέπει να είναι σε θέση να αναγνωρίσει άμεσα και τους υπόλοιπους χρήστες των οδών, όπως είναι οι πεζοί. Σε μία κοινωνία για να αποδεχτούν τα αυτόνομα οχήματα πρέπει να νιώθουν ασφάλεια από την κίνησή τους όχι μόνο οι επιβαίνοντες, αλλά όλοι οι πολίτες. Η ασφάλεια των πολιτών αποτελεί πρωταρχικό μέλημα πίσω από οποιαδήποτε τεχνολογία.

Ασφάλεια των πεζών από την άμεση αντίδραση των αυτόνομων οχημάτων για αποφυγή των αστικών τροχαίων δυστυχημάτων: το αυτόνομο όχημα πρέπει να είναι σε θέση να αποφύγει μία θανατηφόρα σύγκρουση εντός των ορίων της πόλης, καθώς ο αριθμός των πεζών είναι μεγάλος και μία σύγκρουση με άνθρωπο θα επιφέρει τραγικές συνέπειες για τη φήμη απέναντι στην ασφάλεια των αυτόνομων αλλά και στην κοινωνία.

Αναγνώριση των ζώων από τα αυτόνομα οχήματα για αποφυγή ατυχημάτων.

Διαφορετική αντιμετώπιση των ζώων σε έκτακτα συμβάντα, ώστε να σωθεί η ανθρώπινη ζωή και όχι το ζώο σε περίπτωση πρόσκρουσης: σε μία αναπόφευκτη σύγκρουση με ζώο το αυτόνομο όχημα πρέπει να συμπεριφέρεται με ανθρώπινη λογική και να προσπαθεί να σώσει πάντα τον άνθρωπο.

6.3.3 Υγεία

Η υγεία των πολιτών αποτελεί πρωταρχικό στόχο σε όλες τις ενέργειες που διενεργούνται. Η διαρκής αναζήτηση του ανθρώπου, για τρόπους και μέσα που μπορούν να βελτιώσουν το βιοτικό επίπεδο, είναι εκείνη που κινεί όλες τις επιστήμες να συνεργαστούν για να προάγουν την άνεση και τις συνθήκες ζωής των ανθρώπων. Για να καταστεί αυτό δυνατό, η προστασία του περιβάλλοντος αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση. Έτσι φτάνουμε στο συμπέρασμα ότι η βιωσιμότητα πρέπει να έρχεται μαζί με κάθε λύση και καινοτομία που προτείνουμε. Η ηλεκτροκίνηση και ο αυτοματισμός των οχημάτων είναι δύο τεχνολογικές προτάσεις που έχουν ως στόχο κατά κύριο λόγο την προστασία του περιβάλλοντος από την ανεξέλεγκτη μόλυνσή του. Ενώ παράλληλα προτείνονται ως λύσεις για τη μείωση των θανάτων και των συγκρούσεων στις μεταφορές που όπως έχει αποδειχθεί στην πλειοψηφία, υπεύθυνος είναι ο ανθρώπινος παράγοντας. Για την περιγραφή των επιπτώσεων και των κινδύνων των συνοδεύουν τις προαναφερθείσες τεχνολογίες από πλευράς της υγείας χρησιμοποιήθηκαν 5 κριτήρια. Η ανάλυση αυτών μας οδήγησε στην εύρεση 7 δεικτών. Περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω:

Προστασία του περιβάλλοντος μέσω της χρήσης ηλεκτρικών οχημάτων: η ηλεκτροκίνηση προτείνεται ως μία άκρως φιλική προς το περιβάλλον λύση, καθώς τα οχήματα εκπέμπουν μηδενικούς ρύπους.

Μείωση του διοξειδίου του άνθρακα μέσω της χρήσης ανανεώσιμων εναλλακτικών πηγών καυσίμων: η χρήση ορυκτών καυσίμων όπως η βενζίνη, το πετρέλαιο, η κηροζίνη και άλλα ορυκτά καύσιμα για την εκπλήρωση του μεταφορικού έργου παγκοσμίως έχει φέρει σε μία πολύ άσχημη κατάσταση το περιβάλλον, οπότε καθίσταται ζωτικής σημασίας η απεξάρτηση του ανθρώπου από την καύση ορυκτών καυσίμων. Με την εδραίωση της ηλεκτροκίνησης αυτός ο δείκτης θα λάβει τεράστια βαρύτητα, καθώς θα χρησιμοποιούνται εναλλακτικές

μορφές ανανεώσιμων πηγών καυσίμων, οπότε κρίνεται σημαντική η ποιοτική και ποσοτική παρακολούθησή του.

Προστασία των οικοσυστημάτων από τη μόλυνση λόγω καύσης ορυκτών καυσίμων: με την έννοια της προστασίας του περιβάλλοντος νοούνται και τα οικοσυστήματα που πλήττονται από την αέρια και υδάτινη μόλυνση γύρω από περιοχές που αναπτύσσεται κυκλοφορία και βιομηχανική δραστηριότητα.

Πρώθηση της ηλεκτροκίνησης για τον μηδενισμό της ακουστικής όχλησης των συμβατικών οχημάτων: με την πάροδο των χρόνων ολοένα και αυξάνεται η ζήτηση για μετακίνηση των ανθρώπων. Τα ηλεκτροκίνητα οχήματα είναι σε θέση να μηδενίσουν την ακουστική όχληση λόγω της αθόρυβης λειτουργίας. Αυτός ο δείκτης θα λάβει τεράστια βαρύτητα με την εδραίωση της ηλεκτροκίνησης και θα αποτελεί συγκριτικό εργαλείο για τη μέτρηση του θορύβου στην υφιστάμενη κατάσταση που επικρατεί και στη μελλοντική που θα επικρατούν τα ηλεκτροκίνητα.

Αποφυγή-μείωση των τροχαίων ατυχημάτων μέσω του αυτοματισμού οχημάτων: τα αυτοματοποιημένα οχήματα είναι σε θέση να προβλέψουν συγκρούσεις, οπότε κρίνεται σημαντική η καταγραφή του αριθμού των συγκρούσεων. Η παρακολούθηση αυτού του δείκτη προτείνεται, έτσι ώστε να μπορεί να παρουσιαστεί στους πολίτες για την προώθηση του αυτοματισμού με αποδεικτικά στοιχεία τα στατιστικά στοιχεία.

Μείωση του άγχους οδήγησης μέσω της αυτόματης καθοδήγησης που προσφέρουν αυτοοδηγούμενα οχήματα.

Πρώθηση αυτόνομων οχημάτων για θέσεις εργασίας σε επικίνδυνες και ανθυγιεινές συνθήκες.

6.3.4 Προσβασιμότητα

Η ηλεκτροκίνηση και ο αυτοματισμός των οχημάτων αποτελούν λύσεις στα προαναφερθέντα ζητήματα, αφού έχουν τη δυνατότητα να αλλάξουν τους όρους και τις συνθήκες με τις οποίες μετακινείται ο πληθυσμός. Για τον άρτιο σχεδιασμό των μεταφορών μέσα από τη βιβλιογραφία, κρίνεται απαραίτητο να δοθεί μεγάλη βαρύτητα σε δείκτες που αφορούν στη μέτρηση της προσβασιμότητας στις νέες αυτές μεταφορικές καινοτομίες. Η πρόοδος στον τομέα των συγκοινωνιακών μεταφορών μπορεί να φανεί από την αξιοποίησή τους από το

ευρύ κοινό και όχι μονάχα από μειονότητα πολιτών που πληρούν ορισμένα κοινωνικά και οικονομικά κριτήρια. Για την απάντηση των επιπτώσεων στον πυλώνα της προσβασιμότητας επιλέχθηκαν 11 κριτήρια. Τα κριτήρια αυτά μας οδήγησαν σε 11 δείκτες οι οποίοι μπορούν να απαντήσουν στην παρούσα φάση ποιοτικά στα ερωτήματα που προκύπτουν, ενώ παράλληλα στο μέλλον είναι διαμορφωμένο έτσι το πλαίσιο ώστε να είναι δυναμικό και να μπορούν να δοθούν και ποσοτικές απαντήσεις. Τα κριτήρια εξηγούνται αναλυτικά παρακάτω:

Διευκόλυνση αυτόνομων οχημάτων σε άτομα με ειδικές ανάγκες: στα άτομα με ειδικές ανάγκες μπορεί με τη βοήθεια των αυτόνομων οχημάτων να τους παρέχεται μία νέα πιο ξεκούραστη ως προς την πρόσβαση μεταφορά. Ο δείκτης αυτός προάγει την κοινωνική ισότητα και αναδεικνύει τις παρεχόμενες υπηρεσίες που είναι σε θέση να παρέχουν τα αυτοματοποιημένα οχήματα.

Ύπαρξη βοηθητικού τρόπου μεταφοράς για πολίτες της τρίτης ηλικίας: αφορά σε άτομα τρίτης ηλικίας που θα μπορούν με τη βοήθεια των αυτοματοποιημένων οχημάτων να εξυπηρετούνται και ταυτόχρονα να μην νιώθουν ότι βρίσκονται στο περιθώριο. Μία βιώσιμη λύση πρέπει πάντα να σέβεται όλους τους πολίτες και να τους αντιμετωπίζει ισάξια. Αποτελεί έναν κοινωνικό δείκτη που συνδυάζεται με τον πυλώνα της προσβασιμότητας.

Εφαρμογή του carsharing ως οικονομική λύση αλλά και περιβαλλοντικά φιλική: η μοιρασμένη κινητικότητα αποτελεί ένα από τους στόχους της βιώσιμης ανάπτυξης των πόλεων. Προάγει την προστασία του περιβάλλοντος μέσω της απεξάρτησης από τα ΙΧ, ενώ ταυτόχρονα ενισχύει την εξοικονόμηση χρημάτων.

Εφαρμογή προσωποποιημένης επιλογής μέσου μεταφοράς, ενώ παράλληλα αποφυγή της ευθύνης οδήγησης μέσω των αυτοματοποιημένων οχημάτων: τα αυτοματοποιημένα έχουν τη δυνατότητα να προσφέρουν σε άτομα που η ευθύνη της οδήγησης τους προκαλεί άγχος ένα εντελώς καινοτόμο τρόπο μεταφοράς. Με αυτό τον τρόπο διευρύνεται η προσβασιμότητα, αφού η τεχνολογία αυτή προσελκύει ένα μερίδιο πληθυσμού που δυσκολευόταν να μετακινηθεί. Αποτελεί κάτι πρωτοποριακό ως μορφή μεταφοράς για αυτόν τον λόγο ο συγκεκριμένος δείκτης επιλέχθηκε και συνίσταται η προσεκτική παρακολούθησή του.

Προσφορά αυτοματοποιημένου μέσου μεταφοράς για ανήλικα άτομα που οι γονείς αδυνατούν να τα μεταφέρουν.

Προσφορά αυτοματοποιημένου μέσου μεταφοράς σε πολίτες υπό την επήρεια ουσιών ή αλκοόλ έναντι της χρήσης ΙΧ σε αυτές τις συνθήκες: ο συγκεκριμένος δείκτης έχει τεράστια σημασία, καθώς η λύση που προσφέρουν τα αυτοματοποιημένα οχήματα σε ανθρώπους υπό την επήρεια ουσιών ή αλκοόλ που δεν θα ήταν σε θέση να οδηγήσουν τα συμβατικά ΙΧ δύναται να σώσει ανθρώπινες ζωές. Η προσβασιμότητα επιδρά άμεσα και η ποσοτική αξιολόγηση (αριθμός θανάτων από συγκρούσεις που είχαν ως αιτία την επήρεια ουσιών ή αλκοόλ) έχει ιδιαίτερα μεγάλο ενδιαφέρον.

Προσφορά αυτοματοποιημένου μέσου μεταφοράς σε πολίτες με περιορισμένο ωράριο που αδυνατούν να εντοπίσουν χώρο στάθμευσης: τα αυτοματοποιημένα είναι σε θέση να ολοκληρώσουν όλες τις ευθύνες οδήγησης, όπως για παράδειγμα την αναζήτηση χώρου στάθμευσης. Όπως γίνεται αντιληπτό για ανθρώπους με περιορισμένο χρόνο αποτελεί ιδανική λύση. Ο δείκτης αυτός έχει μεγάλο ενδιαφέρον τόσο ποιοτικά έτσι ώστε να αντιληφθούμε την τάση πριν την εδραίωση των αυτοματοποιημένων, αλλά και ποσοτικά κατά πόσο αποτέλεσε ενθαρρυντικό παράγοντα για τους χρήστες εκ των υστέρων.

Κάλυψη μεγαλύτερης έκτασης περιοχών με την χρήση αυτοματοποιημένων περιοχών από ένα σύστημα αυτοματοποιημένων δημοσίων συγκοινωνιών.

Υποδομές που αφορούν στην κίνηση οχημάτων με νέες μορφές ενέργειας (ηλεκτρική, υβριδική, κτλ.): η επένδυση σε υποδομές που αφορούν στην ηλεκτροκίνηση είναι ζωτικής σημασίας για την άμεση υιοθέτηση αυτών των οχημάτων. Δίχως τον σωστό προγραμματισμό κατασκευής και λειτουργίας των υποδομών η ηλεκτροκίνηση είναι αδύνατον να ακμάσει, συνεπώς συμπεραίνουμε ότι αποτελεί βασικότατο δείκτη που απαιτείται να δοθεί προσοχή τόσο στην ποιοτική αξιολόγηση όσο και εκ των υστέρων στην ποσοτική.

Κοινή χρήση οχημάτων.

Χρόνος διαδρομής: Ο συγκεκριμένος δείκτης συνδέεται με την αλληλεπίδραση των συμμετεχόντων στις μεταφορές υπό συνθήκες περιορισμένης οδικής χωρητικότητας. Το κόστος της συμφόρησης είναι αποτέλεσμα του αυξημένου χρόνου ταξιδιού, των καθυστερήσεων που προκύπτουν και του υπερβολικού κόστους λειτουργίας και συντήρησης των οχημάτων.

6.4 Πλαίσιο αξιολόγησης επιπτώσεων

Στους Πίνακες 6-1 έως 6-4 παρουσιάζεται το περιεχόμενο του πλαισίου αξιολόγησης επιπτώσεων σύγχρονων και φιλικών προς το περιβάλλον οχημάτων, όπως είναι τα ηλεκτρικά/υδριβικά και τα αυτόνομα οχήματα. Η προστιθέμενη αξία του προτεινόμενου πλαισίου έγκειται στην ενσωμάτωση πυλώνων, κριτηρίων και δεικτών που είναι σύγχρονοι και ενσωματώνουν τις σύγχρονες τάσεις στην αυτοκίνηση, όπως και λαμβάνουν υπόψιν τις ανάγκες που προκύπτουν στην καθημερινή ζωή των μετακινούμενων με τα σύγχρονα μέσα. Στον Πίνακα, παρουσιάζονται για κάθε πυλώνα, τα αντίστοιχα κριτήρια αξιολόγησης, όπως και ενδεικτικοί ποσοτικοί και ποιοτικοί δείκτες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην αξιολόγηση.

Σημειώνεται ότι το προτεινόμενο πλαίσιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί από εκπροσώπους φορέων λήψης αποφάσεων, όπως είναι οι Δήμοι και οι Περιφέρειες, όπως επίσης από οποιαδήποτε φορέα, ιδιωτικό ή δημόσιο, ο οποίος επιθυμεί να αξιολογήσει ένα νέο σύγχρονο σχήμα εξυπηρέτησης των αναγκών των μετακινούμενων με οχήματα ή μεταφορικά συστήματα, τα οποία είναι ηλεκτρικά/υβριδικά ή/και αυτόνομα. Το πλαίσιο επιτρέπει τόσο την αξιολόγηση διαφορετικών επεμβάσεων σε μια πόλη, συγκρίνοντας τις επιπτώσεις που εκτιμάται ότι θα προκύψουν από την εφαρμογή ενός συστήματος, όπως επίσης την «από πριν» αξιολόγηση των επιπτώσεων που μπορεί να έχει η εφαρμογή ενός σύγχρονου συστήματος, αξιολογώντας τις εκτιμώμενες επιπτώσεις «πριν» και «μετά» την εφαρμογή του συστήματος.

Πίνακας 6.1: Κριτήρια, δείκτες και αξιολόγηση για τον πυλώνα: **Οικονομία.**

Κριτήριο	Δείκτης	Ποιοτική αξιολόγηση του δείκτη	Ποσοτική αξιολόγηση του δείκτη	Μονάδα μέτρησης
Μικροοικονομία	Ευημερία	κλίμακα 1-5 (από πολύ σημαντικό-ασήμαντο)	% αύξηση/μείωση συγκριτικά με τα συμβατικά οχήματα	ευρώ (€)
	Βιομηχανική οργάνωση	κλίμακα 1-5 (από πολύ σημαντικό-ασήμαντο)	% αύξηση/μείωση συγκριτικά με τα συμβατικά οχήματα	ευρώ (€)
	Γενική ισορροπία (τιμή-ζήτηση)	κλίμακα 1-5 (από πολύ σημαντικό-ασήμαντο)	% αύξηση/μείωση συγκριτικά με τα συμβατικά οχήματα	ευρώ (€)
	Ελάχιστο κόστος παραγωγής-μέγιστο όφελος καταναλωτών	κλίμακα 1-5 (από πολύ σημαντικό-ασήμαντο)	% αύξηση/μείωση συγκριτικά με τα συμβατικά οχήματα	ευρώ (€)
Μακροοικονομία	Κατά κεφαλήν ΑΕΠ	κλίμακα 1-5 (από πολύ σημαντικό - ασήμαντο)	% αύξηση/μείωση συγκριτικά με τα συμβατικά οχήματα	ευρώ (€)
	Ιδιοκτησία Ι.Χ./κάτοικο	κλίμακα 1-5 (από πολύ σημαντικό - ασήμαντο)	% αύξηση/μείωση συγκριτικά με τα συμβατικά οχήματα	ευρώ (€)
	Συνολικά έξοδα μεταφορών (αυτοκίνητο, στάθμευση, υπηρεσίες μεταφορών)	κλίμακα 1-5 (από πολύ σημαντικό-ασήμαντο)	% αύξηση/μείωση συγκριτικά με τα συμβατικά οχήματα	ευρώ (€)
	Έξοδα νοικοκυριού για δημόσιες μεταφορές	κλίμακα 1-5 (από πολύ σημαντικό-ασήμαντο)	% αύξηση/μείωση συγκριτικά με τα συμβατικά οχήματα	ευρώ (€)
	Επενδύσεις στο σύστημα μεταφορών / κάτοικο	κλίμακα 1-5 (από πολύ σημαντικό-ασήμαντο)	% αύξηση/μείωση συγκριτικά με τα συμβατικά οχήματα	ευρώ (€)
	Έξοδα νοικοκυριού για ιδιωτικές μεταφορές	κλίμακα 1-5 (από πολύ σημαντικό-ασήμαντο)	% αύξηση/μείωση συγκριτικά με τα συμβατικά οχήματα	ευρώ (€)
	Διεθνές εμπόριο	κλίμακα 1-5 (από πολύ σημαντικό-ασήμαντο)	% αύξηση/μείωση συγκριτικά με τα συμβατικά οχήματα	ευρώ (€)

Πίνακας 6.2: Κριτήρια, δείκτες και αξιολόγηση για τον πυλώνα: **Ασφάλεια.**

Κριτήριο: χρήστες			
Δείκτης	Ποιοτική αξιολόγηση του δείκτη	Ποσοτική αξιολόγηση του δείκτη	Μονάδα μέτρησης
Ασφάλεια κατά τη διάρκεια αυτόνομης οδήγησης	κλίμακα 1-5 (πολύ επικίνδυνο-πολύ ασφαλές)	% αύξηση/μείωση συγκριτικά με τα συμβατικά οχήματα	αριθμός πολιτών που υιοθετούν τις νέες τεχνολογίες-μεταφορικά συστήματα
Ασφάλεια κατά την διάρκεια ηλεκτροκίνητης οδήγησης	κλίμακα 1-5 (πολύ επικίνδυνο-πολύ ασφαλές)	% αύξηση/μείωση συγκριτικά με τα συμβατικά οχήματα	αριθμός πολιτών που υιοθετούν τις νέες τεχνολογίες-μεταφορικά συστήματα
Ασφάλεια κατά την φόρτιση ηλεκτροκίνητων	κλίμακα 1-5 (πολύ επικίνδυνο-πολύ ασφαλές)	% αύξηση/μείωση συγκριτικά με τα συμβατικά οχήματα	αριθμός πολιτών που υιοθετούν τις νέες τεχνολογίες-μεταφορικά συστήματα
Ασφάλεια κατά των κυβερνοεπιθέσεων	κλίμακα 1-5 (πολύ επικίνδυνο-πολύ ασφαλές)	% αύξηση/μείωση συγκριτικά με τα συμβατικά οχήματα	αριθμός πολιτών που υιοθετούν τις νέες τεχνολογίες-μεταφορικά συστήματα
Ασφάλεια ως προς την εμπιστευτικότητα προσωπικών δεδομένων	κλίμακα 1-5 (πολύ επικίνδυνο-πολύ ασφαλές)	% αύξηση/μείωση συγκριτικά με τα συμβατικά οχήματα	αριθμός πολιτών που υιοθετούν τις νέες τεχνολογίες-μεταφορικά συστήματα
Ασφάλεια κατά τη διάρκεια λήψης «λογικών αποφάσεων» από τα αυτόνομα οχήματα	κλίμακα 1-5 (πολύ επικίνδυνο-πολύ ασφαλές)	% αύξηση/μείωση συγκριτικά με τα συμβατικά οχήματα	αριθμός πολιτών που υιοθετούν τις νέες τεχνολογίες-μεταφορικά συστήματα
Εμπιστοσύνη απέναντι στα αυτόνομα οχήματα	κλίμακα 1-5 (πολύ επικίνδυνο-πολύ ασφαλές)	% αύξηση/μείωση συγκριτικά με τα συμβατικά οχήματα	αριθμός πολιτών που υιοθετούν τις νέες τεχνολογίες-μεταφορικά συστήματα

Αναγνώριση των πραγματικών κυκλοφοριακών συνθηκών από τα αυτόνομα οχήματα	κλίμακα 1-5 (από πολύ σημαντικό-ασήμαντο)	% αύξηση/μείωση συγκριτικά με τα συμβατικά οχήματα	αριθμός πολιτών που υιοθετούν τις νέες τεχνολογίες-μεταφορικά συστήματα
Ορθή αντίδραση σε έκτακτα κυκλοφοριακά συμβάντα	κλίμακα 1-5 (από πολύ σημαντικό-ασήμαντο)	% αύξηση/μείωση συγκριτικά με τα συμβατικά οχήματα	αριθμός πολιτών που υιοθετούν τις νέες τεχνολογίες-μεταφορικά συστήματα
Αναγνώριση των πεζών από τα αυτόνομα οχήματα	κλίμακα 1-5 (από πολύ σημαντικό-ασήμαντο)	% αύξηση/μείωση συγκριτικά με τα συμβατικά οχήματα	αριθμός πολιτών που υιοθετούν τις νέες τεχνολογίες-μεταφορικά συστήματα
Ασφάλεια των πεζών από την άμεση αντίδραση των αυτόνομων για αποφυγή των αστικών τροχαίων δυστυχημάτων	κλίμακα 1-5 (πολύ επικίνδυνο-πολύ ασφαλές)	% αύξηση/μείωση συγκριτικά με τα συμβατικά οχήματα	αριθμός πολιτών που υιοθετούν τις νέες τεχνολογίες-μεταφορικά συστήματα
Αναγνώριση των ζώων από τα αυτόνομα για αποφυγή ατυχημάτων	κλίμακα 1-5 (από πολύ σημαντικό - ασήμαντο)	% αύξηση/μείωση συγκριτικά με τα συμβατικά οχήματα	αριθμός πολιτών που υιοθετούν τις νέες τεχνολογίες-μεταφορικά συστήματα
Διαφορετική αντιμετώπιση των ζώων σε έκτακτα συμβάντα ώστε να σωθεί η ανθρώπινη ζωή και όχι το ζώο σε περίπτωση πρόσκρουσης	κλίμακα 1-5 (από πολύ σημαντικό-ασήμαντο)	% αύξηση/μείωση συγκριτικά με τα συμβατικά οχήματα	αριθμός πολιτών που υιοθετούν τις νέες τεχνολογίες-μεταφορικά συστήματα

Πίνακας 6.3: Κριτήρια, δείκτες και αξιολόγηση για τον πυλώνα: Υγεία.

Κριτήριο	Δείκτης	Ποιοτική αξιολόγηση του δείκτη	Ποσοτική αξιολόγηση του δείκτη	Μονάδα μέτρησης
Εναέριοι ρύποι	Προστασία του περιβάλλοντος μέσω της χρήσης ηλεκτρικών οχημάτων	κλίμακα 1-5 (από πολύ σημαντικό-ασήμαντο)	% αύξηση/μείωση εκπεμπόμενων αέριων ρύπων συγκριτικά με τα συμβατικά οχήματα	mg/m ²
	Μείωση των διοξειδίων του άνθρακα μέσω της χρήσης ανανεώσιμων εναλλακτικών πηγών καυσίμων	κλίμακα 1-5 (από πολύ σημαντικό-ασήμαντο)	% αύξηση/μείωση εκπεμπόμενων αέριων ρύπων συγκριτικά με τα συμβατικά οχήματα	mg/m ²
	Προστασία των οικοσυστημάτων από τη μόλυνση λόγω καύσης ορυκτών καυσίμων	κλίμακα 1-5 (από πολύ σημαντικό-ασήμαντο)	% αύξηση/μείωση εκπεμπόμενων αέριων ρύπων συγκριτικά με τα συμβατικά οχήματα	mg/m ²
Ηχορύπανση	Προώθηση της ηλεκτροκίνησης για τον μηδενισμό της ακουστικής όχλησης των συμβατικών οχημάτων	κλίμακα 1-5 (από πολύ θετική άποψη-πολύ αρνητική άποψη)	% αύξηση/μείωση εκπεμπόμενων ακουστικών ρύπων συγκριτικά με τα συμβατικά οχήματα	dB
Τροχαία ατυχήματα	Αποφυγή- μείωση των τροχαίων ατυχημάτων μέσω του αυτοματισμού οχημάτων	κλίμακα 1-5 (από πολύ θετική άποψη-πολύ αρνητική άποψη)	αριθμός τροχαίων ατυχημάτων-συγκρούσεων	αριθμός θανάτων-τραυματισμών
Άγχος ευθύνης οδήγησης	Μείωση του άγχους οδήγησης μέσω της αυτόματης καθοδήγησης που προσφέρουν αυτοοδηγούμενα οχήματα	κλίμακα 1-5 (από πολύ θετική άποψη-πολύ αρνητική άποψη)	% αύξηση/μείωση του αριθμού εξυπηρετούμενων ανθρώπων από τα νέα μεταφορικά συστήματα	αριθμός
Ανθρώπινες ασθένειες λόγω χώρου εργασίας	Βελτίωση εργασίας σε επικίνδυνες και ανθυγιεινές συνθήκες	κλίμακα 1-5 (από πολύ θετική άποψη-πολύ αρνητική άποψη)	% αύξηση/μείωση των ανθρώπων που νοσούν λόγω των συνθηκών εργασίας	αριθμός/έτος

Πίνακας 6.4: Κριτήρια, δείκτες και αξιολόγηση για τον πυλώνα: Προσβασιμότητα.

Κριτήριο	Δείκτης	Ποιοτική αξιολόγηση του δείκτη	Ποσοτική αξιολόγηση του δείκτη	Μονάδα μέτρησης
ΑμεΑ	Διευκόλυνση αυτόνομων οχημάτων σε άτομα με ειδικές ανάγκες	κλίμακα 1-5 (από πολύ σημαντικό-ασήμαντο)	% αύξηση/μείωση του αριθμού εξυπηρετούμενων ανθρώπων από τα νέα μεταφορικά συστήματα	αριθμός
Ηλικιωμένοι	Ύπαρξη βοηθητικού τρόπου μεταφοράς για πολίτες της τρίτης ηλικίας	κλίμακα 1-5 (από πολύ σημαντικό-ασήμαντο)	% αύξηση/μείωση του αριθμού εξυπηρετούμενων ανθρώπων από τα νέα μεταφορικά συστήματα	αριθμός
Πολίτες χαμηλού εισοδήματος	Εφαρμογή του carsharing ως οικονομική και περιβαλλοντικά φιλική λύση	κλίμακα 1-5 (από πολύ σημαντικό-ασήμαντο)	% αύξηση/μείωση του αριθμού εξυπηρετούμενων ανθρώπων από τα νέα μεταφορικά συστήματα	αριθμός
Πολίτες με δυσκολία στην ανάληψη της ευθύνης του έργου οδήγησης	Εφαρμογή προσωποποιημένης επιλογής μέσου μεταφοράς ενώ παράλληλα αποφυγή της ευθύνης οδήγησης μέσω των αυτοματοποιημένων οχημάτων	κλίμακα 1-5 (από πολύ σημαντικό-ασήμαντο)	% αύξηση/μείωση του αριθμού εξυπηρετούμενων ανθρώπων από τα νέα μεταφορικά συστήματα	αριθμός
Ανήλικα άτομα	Προσφορά αυτοματοποιημένου μέσου μεταφοράς για ανήλικα άτομα που οι γονείς αδυνατούν να τα μεταφέρουν	κλίμακα 1-5 (από πολύ σημαντικό-ασήμαντο)	% αύξηση/μείωση του αριθμού εξυπηρετούμενων ανθρώπων από τα νέα μεταφορικά συστήματα	αριθμός
Πολίτες υπό την επιρροή ουσιών	Προσφορά αυτοματοποιημένου μέσου μεταφοράς σε πολίτες υπό την επήρεια ουσιών ή αλκοόλ έναντι της χρήσης ΙΧ σε αυτές τις συνθήκες	κλίμακα 1-5 (από πολύ σημαντικό-ασήμαντο)	% αύξηση/μείωση του αριθμού εξυπηρετούμενων ανθρώπων από τα νέα μεταφορικά συστήματα	αριθμός
Πολίτες με περιορισμένο ελεύθερο χρόνο	Προσφορά αυτοματοποιημένου μέσου μεταφοράς σε πολίτες με περιορισμένο ωράριο που αδυνατούν να ψάξουν χώρο στάθμευσης	κλίμακα 1-5 (από πολύ σημαντικό-ασήμαντο)	% αύξηση/μείωση του αριθμού εξυπηρετούμενων ανθρώπων από τα νέα μεταφορικά συστήματα	λεπτά
Κάλυψη περιοχών από το δίκτυο δημόσιων συγκοινωνιών	Κάλυψη μεγαλύτερης έκτασης περιοχών με την χρήση αυτοματοποιημένων περιοχών από ένα σύστημα αυτοματοποιημένων δημοσίων συγκοινωνιών	κλίμακα 1-5 (από πολύ σημαντικό-ασήμαντο)	τετραγωνικά μέτρα	τετραγωνικά μέτρα
Ορθή χωροθέτηση των δημοσίων σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων	Υποδομές που αφορούν στην κίνηση οχημάτων με νέες μορφές ενέργειας (ηλεκτρική, υβριδική, κτλ.)	κλίμακα 1-5 (από πολύ σημαντικό-ασήμαντο)	αριθμός νέων σταθμών φόρτισης	αριθμός νέων σταθμών φόρτισης
Σύστημα μοιρασμένης κινητικότητας	Κοινή χρήση οχημάτων	κλίμακα 1-5 (από πολύ σημαντικό-ασήμαντο)	αριθμός κοινόχρηστων οχημάτων	αριθμός κοινόχρηστων οχημάτων
Απροβλημάτιστη και ταχεία μεταφορά μέσω των νέων αστικών συγκοινωνιακών συστημάτων	Χρόνος διαδρομής	κλίμακα 1-5 (από πολύ σημαντικό-ασήμαντο)	λεπτά	λεπτά

Κεφάλαιο 7 Συμπεράσματα και προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στην ηλεκτροκίνηση και τον αυτοματισμό των μεταφορικών μέσων, διερευνά τις αιτίες που μπορεί να δυσχεραίνουν την υιοθέτηση αυτών των καινοτομιών, μελετά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από μία τόσο διευρυμένη συγκοινωνιακή αλλαγή και καταλήγει σε ελλείψεις στην έρευνα και πιθανές προτάσεις για το μέλλον.

Από την έρευνα ερωτηματολογίου που υλοποιήθηκε, προκύπτει ότι η συντριπτική πλειοψηφία των συμμετεχόντων γνωρίζει την ύπαρξη των ηλεκτρικών και των αυτοματοποιημένων οχημάτων, ενώ δηλώνει πως δεν έχει προηγούμενη εμπειρία με αυτές τις καινοτόμες μορφές μεταφοράς. Από την έρευνα διαφαίνεται έντονα η ουδετερότητα της ικανοποίησης των χρηστών από τον τρόπο μετακίνησής τους.

Οι πολίτες βάσει των ευρημάτων της έρευνας, φαίνεται να πιστεύουν ότι το οικονομικότερο όχημα κατά την αγορά και τη συντήρησή του είναι το πετρελαιοκίνητο, αλλά ενθαρρυντικά είναι και τα ποσοστά που καταλαμβάνουν τα υβριδικά και τα ηλεκτρικά σε αυτή την ερώτηση. Τους αγοραστές φαίνεται να τους ενδιαφέρει κατά την αγορά του οχήματός τους, το αυτοκίνητο που επιλέγουν να συνδυάζει πολλούς παράγοντες μαζί, όπως η ιπποδύναμη, η άνεση, η αισθητική και η οικονομία καυσίμου και όχι μονοδιάστατα ένας από αυτούς.

Ένα αξιοσημείωτο συμπέρασμα που διεξήχθη από την έρευνα αφορά στην ανασφάλεια που νιώθουν οι πολίτες σχετικά με τα αυτοματοποιημένα οχήματα επιπέδου 4 και 5. Δηλώνουν από πιθανό έως πολύ πιθανό να χρησιμοποιήσουν αυτοοδηγούμενα οχήματα έως επιπέδου 3 (αυτοματοποίηση υπό όρους), καθώς η πλήρης αυτόνομη λειτουργία δεν τους κάνει να νιώθουν άνετα ακόμα για την ασφάλειά τους, αλλά και τις αποφάσεις που ενδέχεται να πάρουν σε απρόοπτα συμβάντα.

Από την άλλη πλευρά, η ηλεκτροκίνηση για να καταφέρει να αποτελεί δελεαστική επιλογή μεταφοράς, όπως διαφαίνεται και από τις απαντήσεις των χρηστών οφείλει να ξεπεράσει δύο εμπόδια. Το πρώτο και βασικότερο αφορά στο κόστος αγοράς των οχημάτων, καθώς οι χρήστες δηλώνουν ότι αποτελεί τον κυριότερο λόγο για τον οποίο δεν υιοθετούνται έως σήμερα ηλεκτρικά οχήματα. Το δεύτερο αφορά στην πιθανή δυσκολία στη φόρτιση των οχημάτων, είναι απολύτως λογικό από την στιγμή που η ηλεκτροκίνηση αποτελεί μία τεχνολογική καινοτομία να υπάρχουν στην αρχή ορισμένα ερωτήματα στο ευρύ κοινό σχετικά με τη λειτουργία της. Τα προαναφερθέντα επιβεβαιώνονται ακόμα εντονότερα και από τις απαντήσεις που έδωσαν οι ερωτηθέντες σε σχετικές ερωτήσεις που αφορούσαν πόσο πιο πιθανό θα ήταν η αγορά ενός ηλεκτρικού οχήματος του οποίου το κόστος αγοράς είναι μικρότερο και υπάρχει υποδομή φόρτισης κοντά στις οικίες τους. Η συντριπτική πλειοψηφία θεωρεί από πιθανόν έως πολύ πιθανόν υπό αυτές τις συνθήκες να αγοράζε ηλεκτροκίνητο όχημα.

Από την έρευνα καταλήξαμε σε ακόμα ένα βασικό συμπέρασμα. Ένας παράγοντας στον οποίο πρέπει να δοθεί βαρύτητα, αν επιθυμούμε να αυξηθούν τα ηλεκτρικά οχήματα που κυκλοφορούν στους δρόμους, είναι το κομμάτι της προώθησής τους μέσω καμπανιών που θα γνωστοποιούν στο ευρύ κοινό τα περιβαλλοντικά οφέλη που τα συνοδεύουν και το χαρακτήρα της βιωσιμότητας που επιδιώκεται να έχουν στο παρόν και στο μέλλον όλες οι μορφές μεταφοράς. Αυτό διαφάνηκε και από το υψηλό ποσοστό που δεν γνώριζε αν επιβαρύνουν ή όχι τα ηλεκτρικά οχήματα το περιβάλλον. Επίσης παρατηρήσαμε πως η ικανοποίηση των πολιτών από τον τρόπο μετακίνησής τους κινείται σε ουδέτερα επίπεδα και για τις τρεις εισοδηματικές ομάδες.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τις αναλύσεις με επαγωγική στατιστική, εξάγονται ορισμένα συμπεράσματα σχετικά με τις συνθήκες που θα προτιμούσαν οι χρήστες να χρησιμοποιήσουν αυτόνομο όχημα, σε σχέση με την οδηγική εμπειρία. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι καμία από τις συνθήκες που θα προτιμούσαν οι χρήστες να χρησιμοποιήσουν αυτόνομα οχήματα, όπως είναι οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες, η έλλειψη εξοικείωσης με το οδικό περιβάλλον, η οδήγηση αργά τη νύχτα, το αίσθημα κόπωσης ή αδιαθεσίας και ο άγνωστος τύπος οχήματος, δεν εξαρτάται από την οδηγική εμπειρία των ατόμων. Φαίνεται όμως ότι υψηλότερα βαθμολόγησαν το αίσθημα κόπωσης ή αδιαθεσίας

ως τη συνθήκη που θα προτιμούσαν οι χρήστες να χρησιμοποιήσουν αυτόνομο όχημα, τόσο οι νέοι οδηγοί, όσο και οι οδηγοί με εμπειρία 5 έως 10 έτη. Από την εξέταση της μέσης βαθμολογίας που έδωσαν οι ερωτηθέντες, σε σχέση με την ανησυχία ή το άγχος που τους προκαλεί η χρήση αυτόνομου οχήματος σε διαφορετικές συνθήκες και της οδηγικής εμπειρίας που έχουν, προέκυψε το συμπέρασμα ότι δεν εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές, άρα καταλήγουμε στο γεγονός ότι οι ανησυχίες που εμφανίζουν οι πολίτες απέναντι στα αυτόνομα δεν εξαρτώνται από τη οδηγική τους εμπειρία. Ωστόσο, διαφαίνεται ότι υψηλότερα βαθμολόγησαν την ανησυχία τους ως προς την αντίδραση του συστήματος σε απρόοπτα συμβάντα και το κόστος αγοράς-συντήρησης οι έμπειροι οδηγοί, ενώ οι νέοι οδηγοί φαίνεται να ανησυχούν περισσότερο για κακόβουλη παρέμβαση στο λογισμικό του οχήματος. Επιπροσθέτως, με επαγωγική στατιστική ανάλυση εξετάστηκε και το αν επηρεάζεται η επιλογή αγοράς ενός ηλεκτρικού οχήματος από την άποψη που έχουν σχηματίσει για το αν αποτελεί περιβαλλοντικά φιλικό όχημα. Βάσει των ευρημάτων προέκυψε ότι εμφανίζουν στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα, ενώ παράλληλα φαίνεται να απάντησε το 1/3 των συμμετεχόντων ότι το ηλεκτρικό όχημα δεν επιβαρύνει το περιβάλλον και αν είχε τη δυνατότητα θα το επέλεγε ως μέσο μεταφοράς. Τέλος, διερευνήθηκε η πιθανότητα αγοράς ηλεκτρικού αυτοκινήτου εάν το κόστος γινόταν περισσότερο προσιτό, σε σχέση τόσο με το εισόδημα, όσο και με το φύλο των ερωτηθέντων ακόμα και από τον συνδυασμό αυτών των δύο. Προέκυψε ότι ούτε το φύλο, ούτε το εισόδημα, αλλά ούτε και ο συνδυασμός και του φύλου και του εισοδήματος επηρεάζει την απάντηση ως προς την πιθανότητα αγοράς ενός ηλεκτρικού οχήματος ακόμα και αν γίνει πιο προσιτό.

Παρόλα αυτά παρατηρούμε ότι οι άνδρες υψηλού εισοδήματος είναι περισσότερο πιθανό να αγοράζαν ένα ηλεκτρικό όχημα εάν γινόταν πιο προσιτό, ενώ οι γυναίκες χαμηλού εισοδήματος φαίνεται να απαντούν ότι είναι πιο απίθανο να αγοράζαν ένα τέτοιο όχημα ακόμα και αν η τιμή αγοράς γινόταν πιο προσιτή.

Από την ανάλυση σημαντικότητας-ικανοποίησης των χαρακτηριστικών που συνοδεύουν τα ΙΧ οχήματα, συμπεραίνουμε πως οι τρεις μεταβλητές που θεωρούνται σημαντικές χαίρουν υψηλής ικανοποίησης από τους πολίτες. Αυτές για τις οποίες γίνεται λόγος είναι η άνεση, η αίσθηση ελευθερίας/ανεξαρτησίας και η παρεχόμενη ασφάλεια.

Η παρούσα έρευνα αν και έχει καταλήξει σε αξιόλογα συμπεράσματα, παρουσιάζει ορισμένους περιορισμούς, οι οποίοι θα μπορούσαν να αντιμετωπιστούν σε μελλοντικές έρευνες. Ο βασικότερος περιορισμός είναι η μικρή σχετικά συμμετοχή από ηλικιακές ομάδες άνω των 25 ετών και η μικρή συμμετοχή από εργαζομένους καθώς η έρευνα είχε μεγάλη απήχηση σε φοιτητές. Με την παρούσα διπλωματική εργασία διαφάνηκαν ορισμένα πεδία στα οποία πρέπει να δοθεί ιδιαίτερα μεγάλη προσοχή και να υπάρξει περαιτέρω επιστημονική έρευνα.

Όσον αφορά στην ηλεκτροκίνηση, βαρύτητα πρέπει να δοθεί στη χωροθέτηση των σταθμών φόρτισης, έτσι ώστε να κατασκευαστούν υποδομές που θα πληρούν όλες τις προδιαγραφές και θα είναι λειτουργικές. Επιπροσθέτως, το κόστος των ηλεκτρικών οχημάτων πρέπει να μειωθεί σε πιο λογικά επίπεδα, έτσι ώστε να μπορούν να αποτελούν μέσα μεταφοράς και για τα χαμηλότερα οικονομικά στρώματα. Αυτό όπως αντιλαμβανόμαστε μπορεί να επιτευχθεί μόνο με την επιστημονική πρόοδο και την μαζικοποίηση των ηλεκτρικών οχημάτων. Τέλος, μεγάλη σημασία πρέπει να δοθεί στη μελλοντική έρευνα που θα γίνεται για τον τρόπο παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας και τις επιπλέον απαιτήσεις που θα δημιουργηθούν στο ενεργειακό σύστημα πριν την εγκατάσταση σημαντικού αριθμού σταθμών φόρτισης στην κάθε περιοχή. Ο τρόπος παραγωγής των αυξημένων επιπέδων ενεργειακής ζήτησης που θα υπάρξει, πρέπει να γίνεται με φιλικές προς το περιβάλλον διεργασίες, καθώς επηρεάζει το ενεργειακό αποτύπωμα αυτής της μεταστροφής στην ηλεκτροκίνηση.

Από την πλευρά του αυτοματισμού των οχημάτων, συμπεραίνεται ότι για να καταφέρει αυτή η τεχνολογία να έχει αποδέκτες πρέπει να ξεπεράσει ένα σημαντικό αριθμό εμποδίων. Υπάρχουν σοβαρές ανησυχίες των πολιτών ως προς την πιθανότητα διαρροής των προσωπικών δεδομένων τους και ως προς ενδεχόμενες κυβερνοεπιθέσεις. Μεγάλο άγχος εμφανίζουν οι πιθανοί χρήστες των αυτοματοποιημένων ως προς την αντίδραση των οχημάτων σε απρόοπτα συμβάντα, καθώς τα πλήρως αυτοματοποιημένα οχήματα δεν δίνουν τη δυνατότητα στους πολίτες να αναλάβουν τον έλεγχό τους. Τέλος, μείζονος σημασίας αποτελεί η τελειοποίηση των τεχνολογικών κενών καθώς προκύπτουν ηθικά διλήμματα από τη λειτουργία και τις αποφάσεις που δύναται να πάρει το σύστημα.

Βιβλιογραφία

Babak, S-J., Hussain, S., Karakas, B. & Cetin, S., 2017. Control of autonomous ground vehicles: a brief technical review. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 224 012029.

Bloom, C., Tan, J., Ramjohn, J. & Bauer, L., 2017. Self-driving cars and data collection: Privacy perceptions of networked autonomous vehicles. Proceedings of the 13th Symposium of Usable Privacy and Security (SOUPS 2017), July 12-14, 2017, Santa Clara, CA, USA. ISBN 978-1-931971-39-3.

Colonna, K., 2012. Autonomous Cars and Tort Liability. Case West. Reserve J. Law Technol. Internet, 4 (2012), pp. 81-131, doi:10.2139/ssrn.2325879.

Egbue, O. & Long, S-M., 2012. Barriers to widespread adoption of electric vehicles: An analysis of consumer attitudes and perceptions. *Energy Policy* 48:717-29.

ERTRAC, EPoSS & ETIP SNET, 2017. European Roadmap Electrification of Road Transport. 3rd Edition, Version 10, June 2017.

European Environmental Agency, 2016.

Fernández, R. Á., 2019. Method for assessing the environmental benefit of road transport electrification and its influence on greenhouse gas inventories. *Journal of Cleaner Production*, Volume 218, 1 May 2019, pages 476-485.

Filote C., Felseghi R.A, Raboaca M.S & Așchilean I., 2020. Environmental impact assessment of green energy systems for power supply of electric vehicle charging station. *International Journal of energy research*. Volume 44, Issue 13, Pages 10471-10494.

Hardinghaus M., Löcher M. & Anderson J.E., 2020. Real-world insights on public charging demand and infrastructure use from electric vehicles. *Environmental Research Letters*, Volume 15, Number 10.

Illmann U. & Kluge J., 2020. Public charging infrastructure and the market diffusion of electric vehicles. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Volume 86.

Lance, N., Zarazua de Rubens, G., Kester, J. & Sovacool, B., 2018. Beyond emissions and economics: Rethinking the co-benefits of electric vehicles (EVs) and vehicle-to-grid (V2G). *Transport Policy*, Volume 71, 30 November 2018, Pages 130-137

Lee, D. & Hess, D., 2020. Regulations for on-road testing of connected and automated vehicles: Assessing the potential for global safety harmonization. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Volume 136, June 2020, pages 85-98.

Manville, C., Cochrane, G., Cave, J., Millard, J., Pederson, J. K., Thaarup, R. K., Liebe, A., Wissner, M., Massink, R. & Kotterink, B., 2014. Mapping Smart Cities in the EU. Directorate General for Internal Policies Policy Department A: Economic and Scientific Policy.

Neaimeh M., Salisbury S.D, Hill G.A, Blythe P.T, Scoffield D.R & Francfort J.E., 2017. Analysing the usage and evidencing the importance of fast chargers for the adoption of battery electric vehicles. *Energy Policy*, Volume 108, pp. 474-486.

Neves, S-A., Marques, A-C., Fuinhas, J-A., 2019. Technological progress and other factors behind the adoption of electric vehicles: Empirical evidence for EU countries. *Research in Transportation Economics*, Volume 74, May 2019, pages 28-39.

Nilsson, M. & Nykvist, B., 2016. Governing the electric vehicle transition – Near term interventions to support a green energy economy. *Applied Energy*, Vol. 179, pages 1360-1371.

Rathore, A., 2016. State-of-the-Art Self Driving Cars: Comprehensive Review. The International Academic Multi-Disciplinary Conference, organized by the World Academic - Industry Research Collaboration Organization.

Rietman, N. & Lieven, T., 2019. How policy measures succeeded to promote electric mobility – Worldwide review and outlook. *Journal of Cleaner Production*, Volume 206, pages 66-75.

Schoettle, B. & Sivak, M., 2014. A survey of public opinion about autonomous and self-driving vehicles in the U.S., the U.K. and Australia. UMTRI University of Michigan, Transportation Research Institute. Report No. UMTRI-2014-21.

Spöttle, M., Jörling, K., Schimmel, M., Staats, M., Grizzel L., Jerram, L., Drier, W., Gartner, J., 2018. Research for TRAN Committee – Charging infrastructure for electric road vehicles, European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies, Brussels.

Weiss, M., Zerfass, A. & Helmers, E., 2019. Fully electric and plug-in hybrid cars - An analysis of learning rates, user costs, and costs for mitigating CO2 and air pollutant emissions. *Journal of Cleaner Production*, Volume 212, 1 March 2019, pages 1478-1489.

Zhao, J., Liang, B., Chen, Q., 2018. The key technology toward the self-driving car. *International Journal of Intelligent Unmanned Systems*, Vol. 6, Issue 1.

ΕΛΣΤΑΤ, 2020. Ελληνική Στατιστική Αρχή.

Καρλαύτης, Μ. Γ. & Λυμπέρης, Κ. Π., 2009. Συστήματα Αστικών Συγκοινωνιών - Σχεδιασμός, Κατασκευή, Λειτουργία. Αθήνα, Εκδόσεις Συμμετρία.

ΦΕΚ Α'79/09.04.2012. Νέος Οικοδομικός Κανονισμός.

ΦΕΚ Α'9/23.01.2018. Ενεργειακές Κοινότητες και άλλες διατάξεις.

ΦΕΚ Β'2040/04.06.2019. Καθορισμός των όρων, των προϋποθέσεων και των τεχνικών προδιαγραφών για την εγκατάσταση συσκευών φόρτισης συσσωρευτών ηλεκτροκίνητων οχημάτων (σημεία επαναφόρτισης), στις εγκαταστάσεις εξυπηρέτησης οχημάτων, σε δημοσίως προσβάσιμα σημεία επαναφόρτισης κατά μήκος του αστικού, υπεραστικού και εθνικού οδικού δικτύου καθώς και σε χώρους στάθμευσης δημόσιων και ιδιωτικών κτιρίων.

ΦΕΚ Β'50/15.01.2015. Καθορισμός των όρων, προϋποθέσεων και τεχνικών προδιαγραφών συσκευών φόρτισης συσσωρευτών ηλεκτροκίνητων οχημάτων, για την εγκατάσταση αυτών σε υφιστάμενα ή υπό αδειοδότηση «Πρατήρια παροχής Καυσίμων και Ενέργειας», σε υφιστάμενους ή υπό αδειοδότηση στεγασμένους και υπαίθριους σταθμούς αυτοκινήτων, σε υφιστάμενα ή υπό αδειοδότηση συνεργεία συντήρησης και επισκευής αυτοκινήτων, μοτοσικλετών και μοτοποδηλάτων και σε υφιστάμενα ή υπό αδειοδότηση δημόσια ή ιδιωτικά ΚΤΕΟ.

<https://www.europarl.europa.eu/news/el/headlines/economy/20190110STO23102/autonoma-autokinita-stin-ee-apo-epistimoniki-fantasia-se-apti-pragmatikotita>

<https://pnoental.com/truck-platooning-the-future-of-road-transport/>

<https://travelestate.gr/16436/no-borders/o-ithikos-kodikas-ton-aytonomon-aytokiniton-kante-to-koyiz/>

<http://www.futuremobility.gr/tech-news/eafo>

<https://www.heliev.gr/wpcontent/uploads/2017/11/%CE%91%CE%BD%CE%B5%CF%86%CE%BF%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82-EV.pdf>

Χρήση αυτόνομων και ηλεκτρικών οχημάτων

Πραγματοποιείται έρευνα με θέμα τη διερεύνηση του βαθμού αποδοχής των μετακινούμενων στη χρήση αυτόνομων και ηλεκτρικών οχημάτων.

Θα σας παρακαλούσαμε να συμπληρώσετε το παρακάτω ερωτηματολόγιο με εκτιμώμενη διάρκεια τα 10 λεπτά.

Σημειώνεται ότι:

- Οι απαντήσεις σας στο ερωτηματολόγιο θα χρησιμοποιηθούν στο πλαίσιο εκπόνησης ερευνητικής εργασίας.
- Τα προσωπικά σας δεδομένα δεν θα προωθηθούν σε τρίτους ή ομάδες τρίτων.

Χρήση αυτόνομων και ηλεκτρικών οχημάτων

Μέρος A: Χαρακτηριστικά μετακινήσεων

* 1. Ποιος είναι ο συνήθης σκοπός μετακίνησής σας;

- | | |
|----------------------------------|--|
| <input type="radio"/> Εκπαίδευση | <input type="radio"/> Ψυχαγωγία |
| <input type="radio"/> Εργασία | <input type="radio"/> Άλλο (παρακαλώ προσδιορίστε) |
| <input type="radio"/> Αγορές | |

* 2. Έχετε: (μπορείτε να επιλέξετε περισσότερες από μία απαντήσεις)

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Δίπλωμα οδήγησης | <input type="checkbox"/> Δυνατότητα χρήσης ποδηλάτου |
| <input type="checkbox"/> Δυνατότητα χρήσης αυτοκινήτου ιδιωτικής χρήσης | <input type="checkbox"/> Τίποτα από τα παραπάνω |
| <input type="checkbox"/> Δυνατότητα χρήσης δίκυκλου | |

* 3. Ποιος είναι ο συνήθης τρόπος μετακίνησής σας μέσα στην πόλη;

- | | |
|--|--|
| <input type="radio"/> Χρησιμοποιώ αυτοκίνητο | <input type="radio"/> Χρησιμοποιώ ποδήλατο |
| <input type="radio"/> Χρησιμοποιώ δίκυκλο | <input type="radio"/> Περπατώ |
| <input type="radio"/> Χρησιμοποιώ μέσα μαζικής μεταφοράς (λεωφορείο, κτλ.) | <input type="radio"/> Άλλο (παρακαλώ προσδιορίστε) |

* 4. Ποια είναι η μέση απόσταση σε χιλιόμετρα που καλείσθε να μετακινηθείτε καθημερινά;

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| <input type="radio"/> 0-5 | <input type="radio"/> 20-30 |
| <input type="radio"/> 5-10 | <input type="radio"/> >30 |
| <input type="radio"/> 10-20 | |

* 5. Ποιος είναι ο μέσος χρόνος σε λεπτά που καταναλώνετε καθημερινά στις μετακινήσεις σας;

- 0-10
 10-20
 20-30
 >30

* 6. Σε γενικές γραμμές πόσο ικανοποιημένοι είστε από τον τρόπο μετακίνησής σας;

Καθόλου Λίγο Αρκετά Πολύ Πάρα πολύ

- | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|

* 7. Πόσο σημαντικά θεωρείτε τα παρακάτω χαρακτηριστικά των αυτοκινήτων ιδιωτικής χρήσης (ΙΧ);

	Καθόλου	Λίγο	Αρκετά	Πολύ	Πάρα πολύ
Άνεση	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ευελιξία	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Αίσθηση ελευθερίας/ανεξαρτησίας	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ασφάλεια	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Οικονομία	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

* 8. Πόσο ικανοποιημένοι είστε από τη χρήση του ΙΧ αυτοκινήτου σας σε σχέση με τα παρακάτω χαρακτηριστικά;

	Καθόλου	Λίγο	Αρκετά	Πολύ	Πάρα πολύ
Άνεση	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ευελιξία	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Αίσθηση ελευθερίας/ανεξαρτησίας	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ασφάλεια	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Οικονομία	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

* 9. Ποιο κατά τη γνώμη σας είναι το πιο οικονομικό όχημα ως προς την αγορά και τη συντήρησή του;

- Βενζινοκίνητο
- Πετρελαιοκίνητο
- Υβριδικό
- Ηλεκτροκίνητο
- Other (please specify)

* 10. Ποια από τα παρακάτω χαρακτηριστικά σας ενδιαφέρουν στην αγορά ενός αυτοκινήτου; (μπορείτε να επιλέξετε περισσότερες από μία απαντήσεις)

- Οικονομία καυσίμου
- Αισθητική
- Ιπποδύναμη
- Όλα τα παραπάνω
- Άνεση
- Κανένα από τα παραπάνω

Μέρος Β: Αυτόνομα οχήματα

Πριν προχωρήσετε στο Μέρος Β του ερωτηματολογίου, παρακαλώ πολύ δείτε στη συνέχεια τα επίπεδα αυτοματισμού για οχήματα.

Επίπεδα αυτοματισμού για οχήματα (J3016 Standard, SAE International, 2016)

Επίπεδο 0: Κανένας αυτοματισμός: ο οδηγός αναλαμβάνει εξ' ολοκλήρου τον έλεγχο του οχήματος.

Επίπεδο 1: Βοήθεια από τον οδηγό: ο οδηγός αναλαμβάνει τον έλεγχο του οχήματος με την υποστήριξη διάφορων συστημάτων, π.χ. πλοήγησης, υποβοήθησης στάθμευσης, κτλ.

Επίπεδο 2: Μερικός αυτοματισμός: το όχημα πραγματοποιεί τη λειτουργία της οδήγησης, υπό την επίβλεψη του οδηγού.

Επίπεδο 3: Αυτοματισμός υπό συνθήκες: το όχημα αναλαμβάνει εξ' ολοκλήρου τη λειτουργία της οδήγησης, ενώ ο οδηγός μπορεί να αναλάβει τον έλεγχο του οχήματος, εάν χρειαστεί.

Επίπεδο 4: Υψηλός αυτοματισμός: το όχημα αναλαμβάνει τη λειτουργία της οδήγησης, χωρίς την παρέμβαση του οδηγού παρά μόνο σε συγκεκριμένες συνθήκες.

Επίπεδο 5: Πλήρης αυτοματισμός: το όχημα είναι σχεδιασμένο, ώστε να αναλάβει πλήρως τη λειτουργία της οδήγησης, χωρίς την παρέμβαση του οδηγού σε όλες τις περιπτώσεις.

Χρήση αυτόνομων και ηλεκτρικών οχημάτων

Μέρος Β: Αυτόνομα οχήματα

* 11. Γνωρίζετε την ύπαρξη και λειτουργία αυτοματοποιημένων συστημάτων σε οχήματα;

- Ναι
 Όχι

* 12. Έχετε χρησιμοποιήσει ποτέ κάποιο αυτόνομο μέσο μεταφοράς;

- Ναι
 Όχι
 Δεν γνωρίζω

* 13. Κάτω από ποιες συνθήκες θα προτιμούσατε να χρησιμοποιήσετε αυτόνομο όχημα;

	Διαφωνώ έντονα	Διαφωνώ	Δεν συμφωνώ, ούτε διαφωνώ	Συμφωνώ	Συμφωνώ απόλυτα
Όταν οι καιρικές συνθήκες είναι δυσμενείς (έντονη βροχή, ομίχλη, κτλ.).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Όταν δεν είμαι εξοικειωμένος/η με το οδικό περιβάλλον (π.χ. σε άγνωστη διαδρομή).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Όταν θα πρέπει να οδηγήσω αργά τη νύχτα ή τις πρώτες πρωινές ώρες.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Όταν αισθάνομαι κόπωση ή αδιαθεσία (πχ. κρυολόγημα).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Όταν ο τύπος του οχήματος είναι άγνωστος, π.χ. ηλεκτρικό ή υβριδικό αυτοκίνητο.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

* 14. Στις παρακάτω καταστάσεις, παρακαλώ δηλώστε πόσο μεγάλη ανησυχία ή άγχος θα σας προκαλούσε η χρήση αυτόνομου οχήματος.

	Καθόλου	Λίγο	Αρκετά	Πολύ	Πάρα πολύ
Ευθύνη σε περίπτωση ατυχήματος.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Αστοχία/βλάβη της λειτουργίας του συστήματος.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Κακόβουλη παρέμβαση στο λογισμικό του συστήματος (hacking).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Αντίδραση συστήματος σε απρόοπτα συμβάντα.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Κόστος αγοράς και συντήρησης.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

* 15. Πόσο πιθανό είναι να χρησιμοποιούσατε αυτόνομο όχημα για τις μετακινήσεις σας, εάν ο αυτοματισμός ήταν:

	Πολύ απίθανο	Μάλλον απίθανο	Ουδέτερο	Πιθανό	Πολύ πιθανό
Επιπέδου 1 (βοήθεια από τον οδηγό)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Επιπέδου 2 (μερικός αυτοματισμός)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Επιπέδου 3 (αυτοματισμός υπό συνθήκες)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Επιπέδου 4 (υψηλός αυτοματισμός)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Επιπέδου 5 (πλήρης αυτοματισμός)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Μέρος Γ: Ηλεκτρικά οχήματα

Πριν προχωρήσετε στο Μέρος Γ του ερωτηματολογίου, παρακαλώ πολύ δείτε στη συνέχεια κάποια χαρακτηριστικά των ηλεκτρικών οχημάτων.

Ηλεκτρικά είναι τα οχήματα τα οποία χρησιμοποιούν για την κίνησή τους ηλεκτρική ενέργεια (αποθηκευμένη σε μπαταρίες). Στα ηλεκτρικά οχήματα γίνεται χρήση αποκλειστικά ηλεκτρικών κινητήρων, σε αντίθεση με τα συμβατικά οχήματα, τα οποία χρησιμοποιούν μηχανές εσωτερικής καύσης.

Χρήση αυτόνομων και ηλεκτρικών οχημάτων

Μέρος Γ: Ηλεκτρικά οχήματα

* 16. Γνωρίζετε την ύπαρξη ηλεκτρικών οχημάτων;

- Ναι
 Όχι

* 17. Έχετε χρησιμοποιήσει ποτέ ηλεκτρικό όχημα;

- Ναι
 Όχι
 Δεν γνωρίζω

* 18. Πόσο πιθανό είναι να αγοράζατε ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο, εάν το κόστος αγοράς γινόταν περισσότερο προσιτό;

Πολύ απίθανο

Μάλλον απίθανο

Ουδέτερο

Πιθανό

Πολύ πιθανό

* 19. Πόσο πιθανό είναι να αγοράζατε ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο, εάν υπήρχε σταθμός φόρτισης στη γειτονιά σας;

Πολύ απίθανο

Μάλλον απίθανο

Ουδέτερο

Πιθανό

Πολύ πιθανό

* 20. Για ποιον λόγο πιστεύετε ότι δεν χρησιμοποιείτε μέχρι σήμερα ηλεκτρικό αυτοκίνητο;

- Υψηλό κόστος αγοράς
 Πιθανή δυσκολία στη φόρτιση
 Ζητήματα ασφαλείας και αξιοπιστίας
 Δυσκολία εύρεσης του κατάλληλου αυτοκινήτου
 Other (please specify)

* 21. Ποιο από τα παρακάτω οχήματα θα χρησιμοποιούσατε πιο εύκολα για τις καθημερινές σας μετακινήσεις στην πόλη;

- Ηλεκτρικό πατίνι
- Ηλεκτρικό ποδήλατο
- Ηλεκτρικό δίκυκλο/τρίκυκλο
- Ηλεκτρικό αυτοκίνητο
- Other (please specify)

* 22. Κατά τη γνώμη σας, ένα ηλεκτρικό όχημα επιβαρύνει το περιβάλλον;

- Ναι
- Όχι
- Δεν γνωρίζω/δεν απαντώ

* 23. Εάν είχατε τη δυνατότητα, ποιον από τους παρακάτω τύπους αυτοκινήτου θα επιλέγατε;

- Βενζινοκίνητο
- Πετρελαιοκίνητο
- Υβριδικό
- Ηλεκτροκίνητο
- Other (please specify)

Χρήση αυτόνομων και ηλεκτρικών οχημάτων

Μέρος Δ: Δημογραφικά στοιχεία

* 24. Φύλο

- Άνδρας
 Γυναίκα

* 25. Ηλικία

- 18-25
 26-40
 41-65
 >66

* 26. Επίπεδο εκπαίδευσης

- Απολυτήριο Δημοτικού/Γυμνασίου
 Απολυτήριο Λυκείου
 Πτυχίο Ανώτατου/Ανώτερου Εκπαιδευτικού Ιδρύματος

* 27. Απασχόληση

- | | |
|--|------------------------------------|
| <input type="radio"/> Μαθητής | <input type="radio"/> Άνεργος |
| <input type="radio"/> Φοιτητής | <input type="radio"/> Συνταξιούχος |
| <input type="radio"/> Εργαζόμενος | <input type="radio"/> Οικιακά |
| <input type="radio"/> Other (please specify) | |

* 28. Οδηγική εμπειρία

- <5
 5-10 έτη
 >10 έτη

* 29. Άτομα στο νοικοκυριό

1

4

2

≥ 5

3

* 30. Αριθμός αυτοκινήτων ιδιωτικής χρήσης στο νοικοκυριό

0

1

2

≥ 3

31. Μηνιαίο οικογενειακό εισόδημα

<1000 €

1001 € - 1500 €

> 1501 €

Χρήση αυτόνομων και ηλεκτρικών οχημάτων

Ευχαριστούμε πολύ για τη συμμετοχή σας!