



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**Ολοκληρωμένη Επισκόπηση της Τεχνολογίας Vehicle to Grid με
Βάση την Επιστημονική Βιβλιογραφία και την Τρέχουσα Αγορά**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

Δημήτριου Κρίκη

Επιβλέπων:

Καλδέλλης Ιωάννης

Κωστόπουλος Εμμανουήλ

Αθήνα, Ιούλιος 2023



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING

**A comprehensive review of Vehicle to Grid systems based on
global scholarly and market literature.**

DIPLOMA THESIS

of

Dimitrios Krikis

Supervisor:

Kaldelis Ioannis

Kostopoulos Emmanouil

ATHENS, JULY 2023

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική Επιτροπή την

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

.....

Δρ. Δημήτριος Ζαφειράκης

Δρ. Σπυρόπουλος Γεώργιος

Δρ Ιωάννης Κ. Καλδέλλης

Αθήνα, Ιούλιος 2023

Copyright © - Δημήτριος Κρίκης, 2023

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται στον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο Δηλών
(Υπογραφή)



Δημήτριος Κρίκης

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Δημήτριος Κρίκης του Λιάντη Κρίκη, με αριθμό μητρώου 51204460 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

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

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

Ο Δηλών



Περίληψη

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί ένα από τα βασικότερα προβλήματα της γενιάς μας με την ανεξέλεγκτη εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου να υποβαθμίζει σημαντικά το περιβάλλον, με αποτέλεσμα την υποβάθμιση της χλωρίδας της πανίδας αλλά και της δημόσιας υγείας. Ο τομέας των μεταφορών αποτελεί τον μεγαλύτερο τομέα παραγωγής αερίων του θερμοκηπίου, με την τεχνολογία της ηλεκτροκίνησης να αποτελεί βασικό πυλώνα για την επίτευξη των στόχων που έχει θέση η ΕΕ για την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Την περαιτέρω αξιοποίηση των ηλεκτρικών οχημάτων έρχεται να δώσει η τεχνολογία της αμφίδρομης φόρτισης. Σε αυτή την διπλωματική εργασία γίνεται η συγκέντρωση της τεχνολογικής στάθμης, η διαλογή και κατηγοριοποίηση της επιστημονικής βιβλιογραφίας σύμφωνα με την διασύνδεση στο ηλεκτρικό δίκτυο και η παρουσίαση των θετικών και αρνητικών της τεχνολογίας της αμφίδρομης φόρτισης. Σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση το V2G προσφέρει μείωση διαστασιολόγησης υβριδικών συστημάτων και ενεργειακών καταναλώσεων. Ενώ επίσης σημαντικά είναι τα οικονομικά οφέλη που προκύπτουν ,από την πώληση ενέργειας από την μπαταρία του οχήματος πίσω στο ηλεκτρικό δίκτυο, αλλά και από επικουρικές λειτουργίες όπως είναι η μετατόπιση του φορτιού καταναλώσεων, η ρύθμιση της συχνότητας και της τάσης του δικτύου. Πολλές δυσκολίες ωστόσο όπως το υψηλό επενδυτικό κόστος, ο εκφυλισμός της μπαταρίας και ο ψυχολογικός αντίκτυπος της τεχνολογίας στους χρήστες αποτελούν τροχοπέδη στην ανάπτυξη της τεχνολογίας. Στη συνέχεια, δημιουργήθηκε ένα ερωτηματολόγιο με θεματολογία το V2G για να καλύψει το κενό που υπάρχει στην ελληνική βιβλιογραφία. Στα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου βλέπουμε πως η αυξημένη διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και τα οικονομικά οφέλη είναι τα μεγαλύτερα θετικά της τεχνολογίας ενώ η ελλιπής υπάρχουσα αγορά οχημάτων και φορτιστών που να στηρίζουν αμφίδρομη φόρτιση εγείρει την μεγαλύτερη ανησυχία. Γι' αυτό τον λόγο είναι απαραίτητη η δημιουργία μιας νομοθεσίας που θα επιτρέψει την μαζική υιοθέτηση της τεχνολογίας, προσφέροντας επιδοτήσεις και οικονομικά κίνητρα για την βέλτιστη προώθηση, ενώ ταυτόχρονα θα δημιουργεί σχέσεις εμπιστοσύνης μεταξύ των φορέων διαχείρισης και των χρηστών.

Λέξεις Κλειδιά

Ηλεκτρικά οχήματα, Αμφίδρομη φόρτιση, Έξυπνη φόρτιση, Πρωτόκολλα φόρτισης, Όχημα σε φορτίο, Όχημα σε οικεία, Όχημα σε δίκτυο, Κατηγοριοποίηση επιστημονικής βιβλιογραφίας, Εικονικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής, Ερωτηματολόγιο

Abstract

Climate change is one of the main problems of our generation with the uncontrolled emission of greenhouse gases significantly degrading the environment, resulting in the degradation of flora and fauna as well as public health. The transport sector is the largest producer of greenhouse gases, with electric mobility technology being a key pillar in achieving the targets set by the EU to reduce greenhouse gas emissions. The further utilization of electric vehicles is provided by the technology of bidirectional charging. In this thesis, the technological level is gathered, the scientific literature is sorted and categorized according to the interconnection in the electrical network and the positive and negative aspects of the bidirectional charging technology are presented. According to the categorization, V2G offers a reduction in dimensioning of hybrid systems and energy consumption. While also important are the economic benefits arising from the sale of energy from the vehicle's battery back to the electric network, but also from auxiliary functions such as the shifting of the consumption load, the regulation of the frequency and voltage of the network. Many difficulties, however, such as high investment costs, battery degradation and the psychological impact of the technology on users are a brake on the development of the technology. Then, a questionnaire was created with the theme of V2G to fill the gap that exists in the Greek literature. In the results of the questionnaire, we see that the increased penetration of Renewable Energy Sources and the economic benefits are the biggest positives of the technology, while the incomplete existing market for vehicles and chargers that support bidirectional charging raises the biggest concern. For this reason, it is necessary to create a legislation that will allow the mass adoption of the technology, offering subsidies and financial incentives for optimal promotion, while at the same time it will create relationships of trust between management bodies and users.

Key Words

Electric vehicles, Bidirectional charging, Smart charging, Charging protocols, Vehicle to Load (V2L), Vehicle to Home (V2H), Vehicle to Grid (V2G), Categorization of scientific literature, Virtual power plants, Questionnaire

Ευχαριστίες

Με την ευκαιρία αυτή θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους όσους με στήριξαν και συνέβαλαν στην επιτυχή ολοκλήρωση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Εμμανουήλ Κωστόπουλο, επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας. Τον ευχαριστώ που πίστεψε στις δυνατότητες του ερευνητικού μου θέματος και που μου έδωσε την ευκαιρία να το εξερευνήσω σε βάθος. Οι προτάσεις και τα εποικοδομητικά σχόλια συνέβαλαν καθοριστικά στην βελτίωση του πεδίου και της μεθοδολογίας της διπλωματικής εργασίας, οδηγώντας σε μια πιο ολοκληρωμένη μελέτη.

Ευχαριστώ ακόμα την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την πίστη τους σε μένα και την συνεχή τους ενθάρρυνση. Ειδικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Καλλιόπη Λιάκη που με την στήριξη της κατά τη διάρκεια στιγμών αυτοαμφισβήτησης, ήταν πηγή δύναμης, ωθώντας με να επιμείνω και να ξεπεράσω τα εμπόδια.

Εν κατακλείδι, είμαι βαθιά ευγνώμων σε όλους όσους συμμετείχαν σε αυτήν την ακαδημαϊκή προσπάθεια. Οι συνεισφορές σας, ανεξάρτητα από το πόσο μεγάλες ή μικρές, έχουν αφήσει ανεξίτηλο το σημάδι σε αυτή τη διατριβή και την προσωπική μου ανάπτυξη ως άνθρωπο.

Σας ευχαριστώ που ήσασταν μέρος αυτού του ταξιδιού.

Με ευγνωμοσύνη,

Δημήτριος Κρίκης

.....

Περιεχόμενα

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	6
Κατάλογος Διαγραμμάτων	15
Κατάλογος Πινάκων.....	16
Κατάλογος Εικόνων	17
1 Εισαγωγή	19
1.1 Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και περιβαλλοντικές επιπτώσεις.....	19
1.1.1 Περιβαλλοντικός αντίκτυπος διοξειδίου του άνθρακα.	19
1.1.2 Τομέας μεταφορών και περιβαλλοντικός αντίκτυπος.....	19
1.1.3 Μέτρα μείωσης διοξειδίου του άνθρακα στον τομέα των μεταφορών.	22
1.1.4 Σκοπός.....	24
1.1.5 Αντικείμενο.....	24
1.2 Ηλεκτροκίνηση	25
1.2.1 Οικονομικά στοιχεία ηλεκτρικών οχημάτων.....	25
1.2.2 Είδη ηλεκτρικών οχημάτων.....	26
1.2.3 Είδη μπαταριών ηλεκτρικών οχημάτων	27
1.3 Φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων.....	30
1.3.1 Στόχοι υποδομών επαναφόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων	30
1.3.2 Προδιαγραφές φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων.	31
1.3.3 Υποδομή φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων	33
1.3.4 Ενσωματωμένος φορτιστής (On-board Charger)	36
2 Εισαγωγή στην Αμφίδρομη φόρτιση	38
2.1 Τί είναι η αμφίδρομη φόρτιση;	38
2.1.1 Vehicle to Grid (V2G).....	38
2.1.2 Vehicle to Everything (V2X).....	40
2.2 Οχήματα που υποστηρίζουν V2G ή V2X	40
2.3 Προδιαγραφές V2G.....	41
2.3.1 ISO 15118.....	41
2.3.2 Open Charge Point Protocol (OCPP).....	41
3 Μεθοδολογία	44
4 Κατηγοριοποίηση των άρθρων	47
4.1 Λειτουργίες διασύνδεσης	47
4.1.1 Αυτόνομο δίκτυο.....	48

4.1.2	Διασυνδεδεμένο στο δίκτυο	49
4.1.3	Βοηθητικές υπηρεσίες στο δίκτυο.	53
5	Εμπόδια και δυσκολίες του V2G.....	60
5.1	Υψηλό επενδυτικό κόστος.....	60
5.2	Εκφυλισμός της μπαταρίας.....	60
5.2.1	Αρνητικά.....	61
5.2.2	Αντιμετώπιση των αρνητικών	62
5.3	Στοχαστικότητα των ΗΟ και των ΑΠΕ.....	63
5.4	Ψυχολογία και κοινωνικός αντίκτυπος	64
6	Ερωτηματολόγιο	66
6.1	Ανασκόπηση ερωτηματολογίων V2G που έχουν πραγματοποιηθεί.....	66
6.2	Σκοπός του ερωτηματολογίου	68
6.3	Σχεδιασμός του ερωτηματολογίου	69
6.4	Προώθηση του ερωτηματολογίου.....	73
6.5	Σχολιασμός αποτελεσμάτων	73
7	Η αγορά και το μέλλον του V2G	97
7.1	Ανάπτυξη του V2G	98
7.1.1	Αύξηση ζήτησης ηλεκτρικών οχημάτων.....	98
7.1.2	Κυβερνητικές πρωτοβουλίες για την ανάπτυξη υποδομών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων	98
7.1.3	Ραγδαία αύξηση της αστικοποίησης και της εκβιομηχάνισης.....	99
7.1.4	Έλλειψη τυποποίησης της φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων V2G.....	99
7.1.5	Γεωγραφική ανάλυση της παγκόσμιας αγοράς V2G.....	99
7.2	V2G Projects.....	101
8	NOMΟΘΕΣΙΑ.....	105
9	Συμπεράσματα	106
9.1	Μελλοντική δουλειά.....	110
10	BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	110

Κατάλογος Διαγραμμάτων

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΕΡΩΤΗΘΕΝΤΩΝ ΜΕ ΒΑΣΕΙ ΤΟ ΦΥΛΟ.....	74
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2. ΗΛΙΚΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΕΡΩΤΗΘΕΝΤΩΝ.	74
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΕΡΩΤΗΘΕΝΤΩΝ ΜΕ ΒΑΣΕΙ ΤΟ ΜΟΡΦΩΤΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ.	75
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΕΡΩΤΗΘΕΝΤΩΝ ΜΕ ΒΑΣΕΙ ΤΟ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΚΟ ΕΙΣΟΔΗΜΑ.	75
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΕΡΩΤΗΘΕΝΤΩΝ ΜΕ ΒΑΣΕΙ ΤΟ ΚΑΥΣΙΜΟ ΤΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ.	75
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΕΡΩΤΗΘΕΝΤΩΝ ΜΕ ΒΑΣΕΙ ΤΗΝ ΚΑΤΟΧΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ.	76
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΚΑΤΟΧΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΒΑΣΕΙ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥΣ.	76
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 8. ΠΡΟΘΕΣΗ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΣΤΑ ΕΠΟΜΕΝΑ 5 ΕΤΗ. 1=“ΔΕΝ ΕΧΩ ΣΚΟΠΟ ΝΑ ΑΓΟΡΑΣΩ”, 5=“ΣΙΓΟΥΡΑ ΘΑ ΑΓΟΡΑΣΩ”.....	77
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 9. ΕΠΙΠΕΔΟ ΓΝΩΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ. 1=“ΚΑΘΟΛΟΥ”, 5=“ΠΟΛΥ ΚΑΛΑ”.....	77
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 10. ΕΠΙΠΕΔΟ ΓΝΩΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΤΟΧΩΝ ΗΟ. 1=“ΚΑΘΟΛΟΥ”, 5=“ΠΟΛΥ ΚΑΛΑ”.....	78
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 11. ΕΠΙΠΕΔΟ ΓΝΩΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΜΜΗΟ. 1=“ΚΑΘΟΛΟΥ”, 5=“ΠΟΛΥ ΚΑΛΑ”.....	78
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 12. ΕΠΙΠΕΔΟ ΓΝΩΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΜΗΟ. 1=“ΚΑΘΟΛΟΥ”, 5=“ΠΟΛΥ ΚΑΛΑ”.....	78
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 13. ΕΠΙΠΕΔΟ ΓΝΩΣΗΣ ΚΑΤΟΧΩΝ ΗΟ ΓΙΑ ΤΟ V2G.....	83
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 14. ΕΠΙΠΕΔΟ ΓΝΩΣΗΣ ΜΗΟ ΓΙΑ ΤΟ V2G.....	83
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 15. ΕΠΙΠΕΔΟ ΓΝΩΣΗΣ ΜΜΗΟ ΓΙΑ ΤΟ V2G.....	84
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 16. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΘΕ ΕΡΩΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΑ ΟΦΕΛΗ ΤΟΥ V2G ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΡΩΤΗΘΕΝΤΩΝ.....	87
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 17. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΘΕ ΕΡΩΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΤΟΥ V2G ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΡΩΤΗΘΕΝΤΩΝ.....	90
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 18. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΘΕ ΕΡΩΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΤΟΥ V2G ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΡΩΤΗΘΕΝΤΩΝ.....	92
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 19. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΘΕ ΕΡΩΤΗΣΗΣ ΣΕ ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ V2G ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΡΩΤΗΘΕΝΤΩΝ.....	95

Κατάλογος Πινάκων

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. ΚΥΡΙΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΦΟΡΤΙΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ.(ΑΛΙ ΒΑΗΡΑΜΙ,2020),(DAS ET AL., 2020Α)	32
ΠΙΝΑΚΑΣ 2. ΠΡΟΤΥΠΑ ΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ. (ΑΛΙ ΒΑΗΡΑΜΙ)	33
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. ΕΠΙΠΕΔΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ 1,2 DC ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ J1772.....	34
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. ΠΡΟΤΥΠΑ ΓΙΑ V2G. (CENEX).....	43
ΠΙΝΑΚΑΣ 5. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΡΘΡΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ.....	59
ΠΙΝΑΚΑΣ 6. ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΚΑΙ ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ, ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ “ΓΝΩΡΙΖΕΤΑΙ ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΟΥΝ ΤΑ ΗΟ;”	79
ΠΙΝΑΚΑΣ 7. ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΚΑΙ ΤΥΠΙΚΕΣ ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΚΑΤΟΧΩΝ ΗΟ ΣΕ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗ.....	80
ΠΙΝΑΚΑΣ 8. ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΚΑΙ ΤΥΠΙΚΕΣ ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΜΗΟ ΣΕ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗ.....	81
ΠΙΝΑΚΑΣ 9. ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΚΑΙ ΤΥΠΙΚΕΣ ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΜΜΗΟ ΣΕ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗ.....	82
ΠΙΝΑΚΑΣ 10. ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΚΑΙ ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΣΤΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΕΙΔΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΗΟ.....	85
ΠΙΝΑΚΑΣ 11. ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΚΑΙ ΤΥΠΙΚΕΣ ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΚΑΤΟΧΩΝ ΗΟ ΣΕ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΤΑ ΟΦΕΛΗ ΤΟΥ V2G.	86
ΠΙΝΑΚΑΣ 12. ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΚΑΙ ΤΥΠΙΚΕΣ ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΜΗΟ ΣΕ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΤΑ ΟΦΕΛΗ ΤΟΥ V2G.....	86
ΠΙΝΑΚΑΣ 13. ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΚΑΙ ΤΥΠΙΚΕΣ ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΜΜΗΟ ΣΕ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΤΑ ΟΦΕΛΗ ΤΟΥ V2G.....	87
ΠΙΝΑΚΑΣ 14. ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΚΑΙ ΤΥΠΙΚΕΣ ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΚΑΤΟΧΩΝ ΗΟ ΣΕ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΤΟΥ V2G.	88
ΠΙΝΑΚΑΣ 15. ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΚΑΙ ΤΥΠΙΚΕΣ ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΜΗΟ ΣΕ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΤΟΥ V2G.....	89
ΠΙΝΑΚΑΣ 16. ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΚΑΙ ΤΥΠΙΚΕΣ ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΜΜΗΟ ΣΕ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΤΟΥ V2G.	90
ΠΙΝΑΚΑΣ 17. ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΚΑΙ ΤΥΠΙΚΕΣ ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΚΑΤΟΧΩΝ ΗΟ ΣΕ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΤΗΝ ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΤΟΥ V2G.....	91
ΠΙΝΑΚΑΣ 18. ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΚΑΙ ΤΥΠΙΚΕΣ ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΜΗΟ ΣΕ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΤΗΝ ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΤΟΥ V2G.....	91
ΠΙΝΑΚΑΣ 19. ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΚΑΙ ΤΥΠΙΚΕΣ ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΜΜΗΟ ΣΕ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΤΗΝ ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΤΟΥ V2G.....	92
ΠΙΝΑΚΑΣ 20. ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΚΑΙ ΤΥΠΙΚΕΣ ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΚΑΤΟΧΩΝ ΗΟ ΣΕ ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟΝ V2G.	93
ΠΙΝΑΚΑΣ 21. ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΚΑΙ ΤΥΠΙΚΕΣ ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΜΗΟ ΣΕ ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟΝ V2G.	94
ΠΙΝΑΚΑΣ 22. ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΚΑΙ ΤΥΠΙΚΕΣ ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΜΜΗΟ ΣΕ ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟΝ V2G.	95

Κατάλογος Εικόνων

ΕΙΚΟΝΑ 1. ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΜΕ ΒΑΣΕΙ ΤΟΥΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΥΣ ΤΟΜΕΙΣ ΤΟ 2021 ΣΤΙΣ ΗΠΑ. (ΕΡΑ)	19
ΕΙΚΟΝΑ 2. ΠΗΓΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ ΤΟ 2022. (ΕΕΑ)	20
ΕΙΚΟΝΑ.3. ΜΕΡΙΔΙΑ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΤΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ 2022. (ΕΡΑ)	20
ΕΙΚΟΝΑ.4. ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 1990-2017. (ΕΕΑ).....	21
ΕΙΚΟΝΑ.5. ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΑΝΑ ΤΟΜΕΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 1990-2018.(ΔΙΑΝΕΟΣΙΣ).....	22
ΕΙΚΟΝΑ.6. ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΑΝΑ ΤΟΜΕΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 1990-2014 (ΔΙΑΝΕΟΣΙΣ.)	22
ΕΙΚΟΝΑ.7. ΠΩΛΗΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 2010-2022. (GLOBAL EV OUTLOOK 2023)	25
ΕΙΚΟΝΑ 8. ΠΩΛΗΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ (STATISTA).	26
ΕΙΚΟΝΑ 9. ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΑΜΙΓΓΩΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ	26
ΕΙΚΟΝΑ 10. ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ	26
ΕΙΚΟΝΑ 11. ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ PLUG-IN ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ	27
ΕΙΚΟΝΑ 12. ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΚΥΨΕΛΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ	27
ΕΙΚΟΝΑ 13. ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΚΥΨΕΛΗΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ LI-ΙΟΝ.....	27
ΕΙΚΟΝΑ 1.14 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ ΙΟΝΤΩΝ-ΛΙΘΙΟΥ (ΜΙΑΟ ET AL).....	28
ΕΙΚΟΝΑ 15. ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ ΤΟΥ MERCEDES EQS 450+.	28
ΕΙΚΟΝΑ 16.ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ ΤΟΥ VOLKSWAGEN E-UP!.....	29
ΕΙΚΟΝΑ 17. ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ ΤΟΥ SKODA ENYAQ IV 80.	29
ΕΙΚΟΝΑ 18. ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ ΤΟΥ NISSAN LEAF E+.	29
ΕΙΚΟΝΑ 19. ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ ΤΟΥ TESLA MODEL S PLAID.	30
ΕΙΚΟΝΑ 20. ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ ΤΟΥ TESLA MODEL 3.	30
ΕΙΚΟΝΑ 21. ΣΧΗΜΑ ΒΥΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΔΟΧΩΝ ΠΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΒΑΣΕΙ ΤΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ. (DAS ET AL., 2020B)	36
ΕΙΚΟΝΑ 1.22. ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΜΕ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΚΑΙ ΣΥΝΕΧΕΣ ΡΕΥΜΑ. (RESEARCHGATE).....	37
ΕΙΚΟΝΑ 1.23. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΤΑΣΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΤΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ. (ΤΑΟ ET AL., 2019).....	37
ΕΙΚΟΝΑ 24. ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΜΦΙΔΡΟΜΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ. [25].....	40
ΕΙΚΟΝΑ 25. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΤΗΣ ΑΜΦΙΔΡΟΜΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ. (CHADEMO, -B).....	40
ΕΙΚΟΝΑ 26. ΛΟΓΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ ΑΡΘΡΩΝ.....	45
ΕΙΚΟΝΑ 27.ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕΤΑΞΥ ΔΥΟ ΟΧΗΜΑΤΩΝ. (ΜΑΗΥΡΕ ET AL., 2020).....	49
ΕΙΚΟΝΑ 28. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ. (ΙΝCΙ ET AL., 2022C).....	53
ΕΙΚΟΝΑ 29.ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ ΦΟΡΤΙΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ V2G. (HUANG ET AL., 2022).....	54
ΕΙΚΟΝΑ 30.ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΑΠΟ 30 ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΟΥ ΚΑΛΥΨΑΝ ΤΟ V2G ΚΑΙ ΤΗΝ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΑΠΟΔΟΧΗ. (VAN HEUVELN ET AL., 2021A)	68
ΕΙΚΟΝΑ 31. ΜΕΡΙΔΙΟ ΑΓΟΡΑΣ V2G ΑΠΟ ΠΛΕΥΡΑΣ ΕΣΟΔΩΝ, ΜΕ ΒΑΣΕΙ ΤΗΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ. (INDUSTRY ARC.).....	100
ΕΙΚΟΝΑ 32.ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΤΩΝ V2G PROJECT ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ.	101
ΕΙΚΟΝΑ 33. ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΤΩΝ V2G PROJECT ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ.....	101
ΕΙΚΟΝΑ 34. ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΤΩΝ V2G PROJECT ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ.	102

ΕΙΚΟΝΑ 35. ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΓΗΠΕΔΟΥ JOHAN CRUIJFF ARENA (WEFORUM)	103
ΕΙΚΟΝΑ 36. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ SUNNYPARC. (SUNNYPARC, N.D.).....	104

1 Εισαγωγή

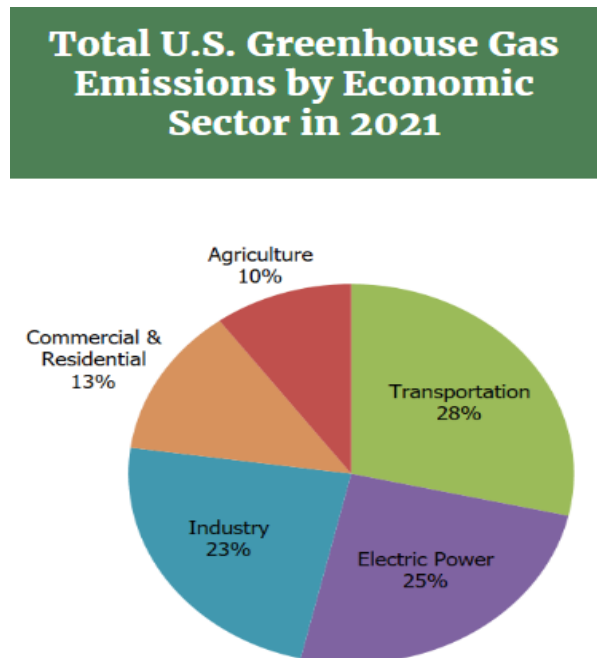
1.1 Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

1.1.1 Περιβαλλοντικός αντίκτυπος διοξειδίου του άνθρακα.

Η τεράστια και ανεξέλεγκτη εκπομπή των αερίων του θερμοκηπίου από πολλούς τομείς κατά τη διάρκεια των ανθρώπινων δραστηριοτήτων έχει οδηγήσει σε σοβαρή υποβάθμιση του περιβάλλοντος (Apergis & Pinar, 2021). Κύρια πηγή των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου είναι η καύση των ορυκτών καυσίμων που χρησιμοποιούνται ως καταλύτης στην οικονομική ανάπτυξη των κρατών, καθώς χρησιμοποιούνται κυρίως στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, στη θέρμανση και στον τομέα των μεταφορών (EPA). Οι τεράστιες εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα και η μόλυνση του περιβάλλοντος έχουν θέσει σε κίνδυνο, όχι μόνο αυτή την γενιά, αλλά και τις μελλοντικές. Η μόλυνση και υποβάθμιση του περιβάλλοντος είναι η μεγαλύτερη περιβαλλοντική αιτία ασθενειών και πρόωρων θανάτων στον κόσμο σήμερα. Οι ασθένειες που προκαλούνται από την ρύπανση ήταν υπεύθυνες για περίπου 9 εκατομμύρια πρόωρους θανάτους το 2015 -16% όλων των θανάτων παγκοσμίως- (Landrigan et al., 2018).

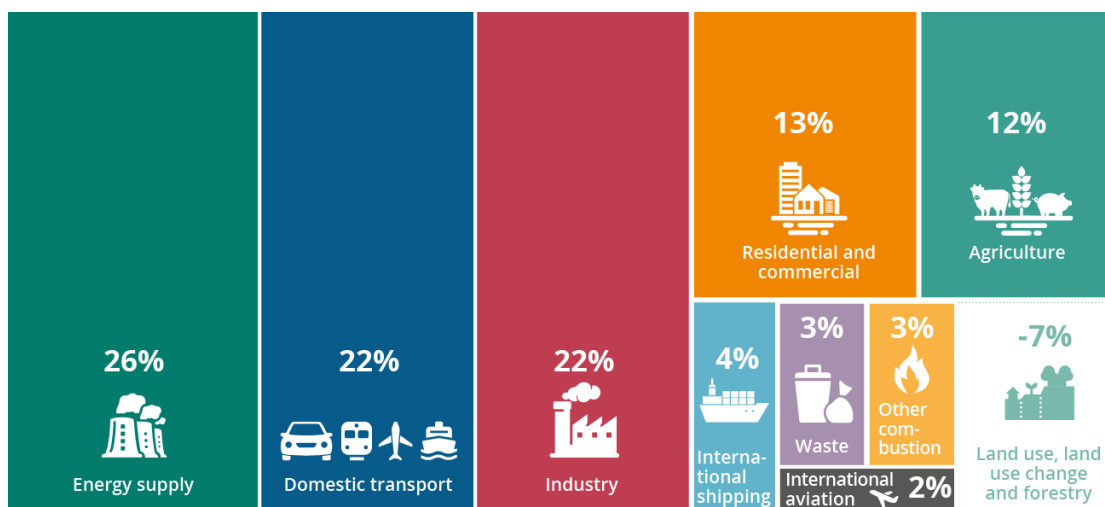
1.1.2 Τομέας μεταφορών και περιβαλλοντικός αντίκτυπος.

Ο τομέας των μεταφορών είναι ζωτικής σημασίας για τους ανθρώπους καθώς επιτρέπει την μετακίνηση των ατόμων και στηρίζει την οικονομική ανάπτυξη του συνόλου. Η πρόσβαση και χρήση ενός ποιοτικού συστήματος μεταφορών επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα ζωής ενός ανθρώπου. Πολλές φορές ωστόσο τα οφέλη αυτά προκύπτουν εις βάρος του περιβάλλοντος, δημιουργώντας προβλήματα βιωσιμότητας (Ladi et al., 2022). Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία της Υπηρεσίας Προστασίας του Περιβάλλοντος των ΗΠΑ το 2021, περισσότερο από το 90% των καυσίμων μεταφοράς βασίζονται στο πετρέλαιο ενώ ο τομέας των μεταφορών είναι η κύρια πηγή εκπομπής των αερίων του θερμοκηπίου με μερίδιο 28% (EPA).



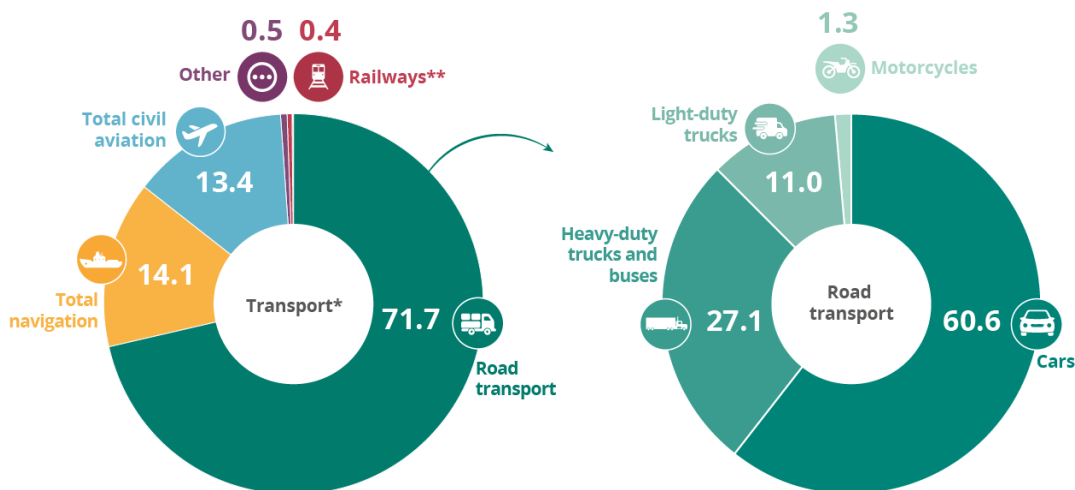
Εικόνα 1. Συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου με βάση τους οικονομικούς τομείς το 2021 στις ΗΠΑ. (EPA)

Παρόμοια ποσοστά εμφανίζονται επίσης όσον αφορά και την Ευρώπη καθώς το 2017 ο τομέας των μεταφορών παρήγαγε το 27% των αερίων του θερμοκηπίου, παρουσιάζοντας αύξηση 2,2% σε σχέση με το 2016 (EEA).



Εικόνα 2. Πηγές παραγωγής αερίων του θερμοκηπίου στην Ευρώπη το 2022. (EEA)

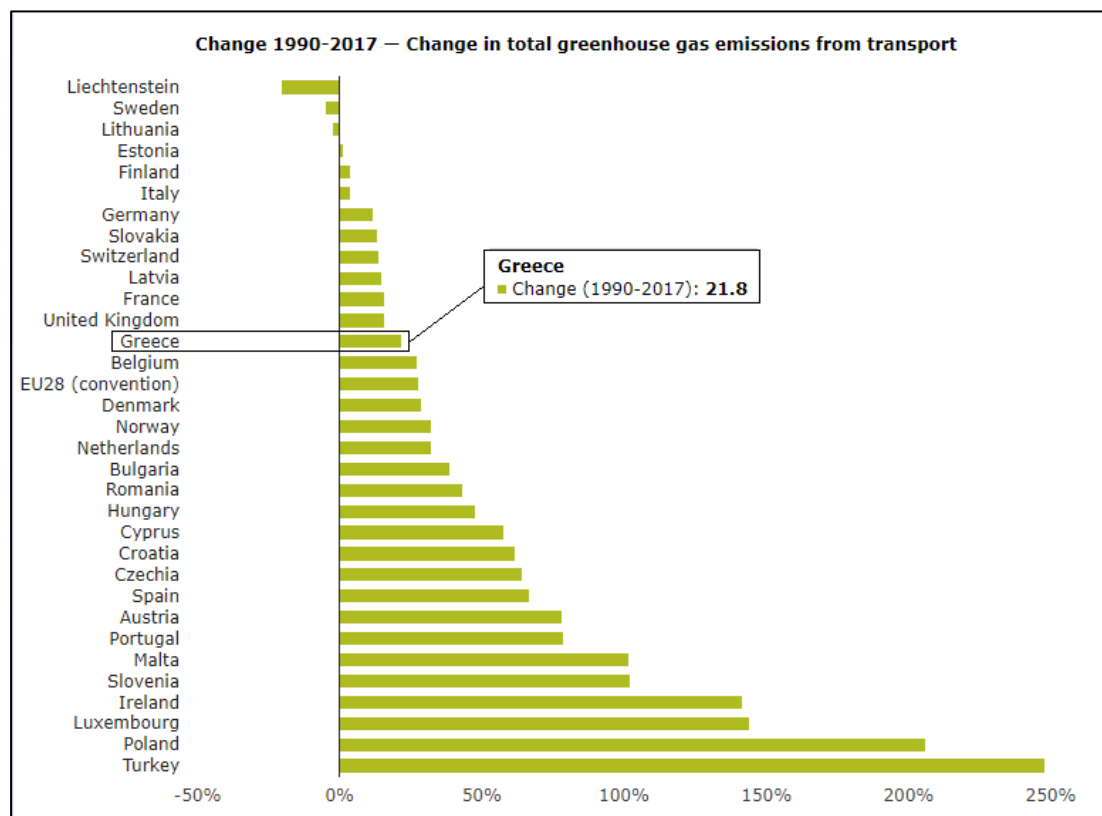
Σημαντικό είναι και το γεγονός πως το 2022 το 72% των αερίων των θερμοκηπίων παράχθηκε από τον τομέα των οδικών μεταφορών δείχνοντας έτσι την μεγάλη επίδραση και επιβάρυνση που δημιουργείται από τα ρυπογόνα οχήματα στις μεγάλες αστικές πόλεις.



Εικόνα.3. Μέρη εκπομπών του αερίου του θερμοκηπίου στον τομέα των μεταφορών της Ευρώπης 2022. (EPA)

Ενώ αν αναλυθούν τα ποσοστά στον τομέα των μεταφορών θα δούμε πως υπεύθυνα για την μεγαλύτερη παραγωγή αερίων του θερμοκηπίου είναι τα συμβατικά οχήματα με ποσοστό 60,6%, εγείροντας ακόμα μεγαλύτερες ανησυχίες για τις καθημερινές επιπτώσεις που προκαλούν τα οχήματα που χρησιμοποιούμε καθημερινά.

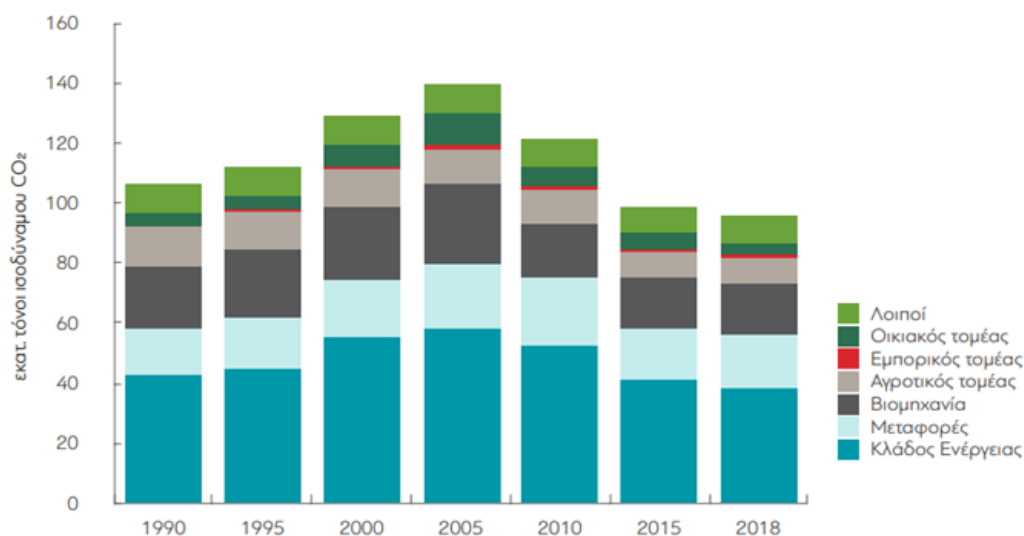
Στην Ελλάδα το 22% των αερίων του θερμοκηπίου παράγεται από τον τομέα των οδικών μεταφορών παρουσιάζοντας μια συνεχή αύξηση την τελευταία δεκαετία λόγω της μεγάλης αύξησης του τουρισμού. Ενώ σύμφωνα με τα δεδομένα της Ευρωπαϊκής Ένωσης η Ελλάδα παρουσιάζει αύξηση 21.8 % στις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου στον τομέα των μεταφορών από το 1990 (Paschalidou et al., 2022).



Εικόνα.4. Μεταβολή των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην Ευρώπη την περίοδο 1990-2017. (EEA)

Ο τομέας των μεταφορών κατέχει το τρίτο μεγαλύτερο μερίδιο εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου με εκπομπές που ανήλθαν σε 17,45 εκατ. τόνους ισοδύναμου CO₂ το 2018. Οι οδικές μεταφορές, στις οποίες αντιστοιχεί διαχρονικά περίπου το 80-85% των εκπομπών του τομέα μεταφορών, αποτελούν την κυριότερη πηγή εκπομπών του τομέα (Dianeosis).

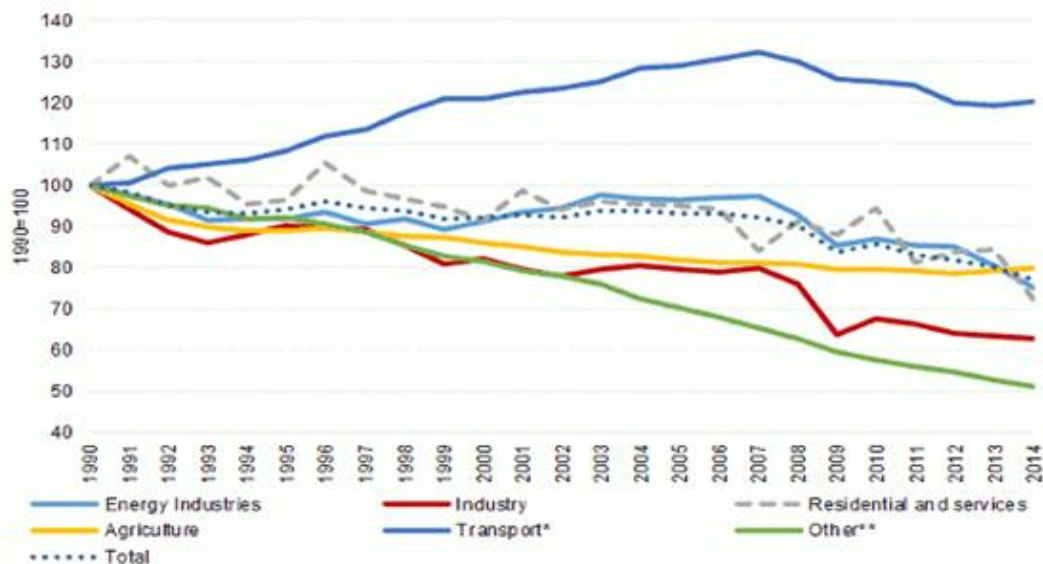
Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου στην Ελλάδα ανά τομέα, 1990-2018



Εικόνα.5. Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην Ελλάδα ανά τομέα την περίοδο 1990-2018.(Dianeosis)

1.1.3 Μέτρα μείωσης διοξειδίου του άνθρακα στον τομέα των μεταφορών.

Όπως είναι φανερό λοιπόν είναι αναγκαίο να παρθούν μέτρα για την μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, κυρίως από τον τομέα των μεταφορών καθώς σε αυτό τον τομέα δεν παρατηρείται η ίδια ετήσια μείωση εκπομπών που παρατηρείται στους υπόλοιπους τομείς.



Εικόνα.6. Μεταβολή των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα την περίοδο 1990-2014 (Dianeosis.)

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει ως στόχο οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου μέχρι το 2050, να έχουν μειωθεί κατά τουλάχιστον 60% σε γενικό βαθμό και κατά 90% στον τομέα των μεταφορών με σκοπό την βελτίωση της ποιότητας του αέρα, την μείωση της ηχορύπανσης και την ενίσχυση της ασφάλειας

[(European Commission, -a),(European Commission, -b). Για αυτό τον λόγο σύμφωνα με την ρύθμιση 2019/631 του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και συμβουλίου από το 2020 έχει θεσπιστεί (EUR-Lex):

Όριο 95g CO₂/km για τα επιβατικά οχήματα ιδιωτικής χρήσης.

Όριο 147g CO₂/km για τα ελαφρά επαγγελματικά οχήματα.

Ενώ μείωση κατά 10g CO₂/km και στις δύο κατηγορίες σχεδιάζεται έως το 2025. Από το 2025 θα υπάρχει περαιτέρω μείωση των ορίων κατά 15% σε σχέση με τα όρια του 2021 και στις δύο κατηγορίες. Τέλος μία ακόμη μεγαλύτερη μείωση υπολογίζεται από το 2030 σε σχέση με τις τιμές του 2021, 37,5% μείωση για τα επιβατικά οχήματα ιδιωτικής χρήσης και 31% μείωση για τα ελαφρά επαγγελματικά οχήματα.

Όσον αφορά την δομή των στόλων των δύο κατηγοριών, από το 2025 το 15% και των δύο κατηγοριών θα πρέπει να είναι κατηγορίας μηδενικών ή χαμηλών εκπομπών ενώ από το 2030 το ποσοστό ανεβαίνει στο 35% για τα επιβατικά οχήματα ιδιωτικής χρήσης και 30% για τα ελαφρά επαγγελματικά οχήματα. Τέλος, έως το 2050, σχεδόν όλα τα αυτοκίνητα και τα ημιφορτηγά στο οδικό δίκτυο θα πρέπει να είναι οχήματα μηδενικών εκπομπών. Τα πρότυπα εκπομπών CO₂ για τα αυτοκίνητα και τα ημιφορτηγά αποτελούν βασικό παράγοντα για τη μείωση των εκπομπών CO₂ στον τομέα των οδικών μεταφορών [(European Commission, -b)].

Η ανάπτυξη επαναστατικών μεθόδων μετακίνησης μέσω καθαρών και χαμηλών εκπομπών τεχνολογιών είναι ένας παγκόσμιος στόχος. Για την επίτευξη αυτού του στόχου είναι σημαντική η εξερεύνηση και ανάπτυξη των μεταφορών τροφοδοτούμενων από την πράσινη ενέργεια και η προώθηση της αρμονικής ανάπτυξης τους με την φύση (Sun, 2022). Ο εξηλεκτρισμός του τομέα των μεταφορών φαίνεται να είναι μία από τις πλέον εφικτές λύσεις για προβλήματα όπως η κλιματική αλλαγή, η ενεργειακή κρίση και ασφάλεια και οι γεωπολιτικές ανησυχίες σχετικά με την διαθεσιμότητα των ορυκτών καυσίμων (Mwasilu et al., 2014).

1.1.4 Σκοπός

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται διερεύνηση και επισκόπηση της τεχνολογίας της αμφίδρομης φόρτισης ή Vehicle to Grid (V2G). Γίνεται διαχωρισμός επιστημονικών μελετών με βάση την διασύνδεση του οχήματος στο δίκτυο έτσι ώστε να καλυφθεί το μεγαλύτερο εύρος λειτουργιών της τεχνολογίας.

Στόχος της διπλωματικής αυτής εργασίας είναι να λειτουργήσει ως ένας ενήμερος και λεπτομερής οδηγός για την τεχνολογία της αμφίδρομης φόρτισης που θα καθοδηγήσει τους μελλοντικούς ερευνητές και να καλύψει το κενό που υπάρχει στην ελληνική βιβλιογραφία.

Ο αναγνώστης θα είναι σε θέση να αντλήσει πληροφορίες όπως τι είναι η αμφίδρομη φόρτιση, ποιες είναι οι λειτουργίες της τεχνολογίας με βάση την σύνδεση στο δίκτυο, ποια είναι τα οφέλη και οι δυσκολίες αλλά και ποια είναι η τρέχουσα οικονομική και τεχνολογική στάθμιση της τεχνολογίας της αμφίδρομης φόρτισης σε ένα πιο αναλυτικό επίπεδο.

1.1.5 Αντικείμενο

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί (i) η ενημέρωση του αναγνώστη στην σημασία της ηλεκτροκίνησης και η εισαγωγή του στην τεχνολογία της αμφίδρομης φόρτισης, (ii) η συγκέντρωση της τεχνολογικής στάθμης της τεχνολογίας του V2G, όπως είναι τα πρωτόκολλα φόρτισης και η τρέχουσα αγορά που στηρίζει το V2G, (iii) η συγκέντρωση και κατηγοριοποίηση της επιστημονικής βιβλιογραφίας σύμφωνα με την διασύνδεση στο δίκτυο, (iv) η παρουσίαση των θετικών επιπτώσεων αλλά και των εμποδίων που υπάρχουν ακόμα.

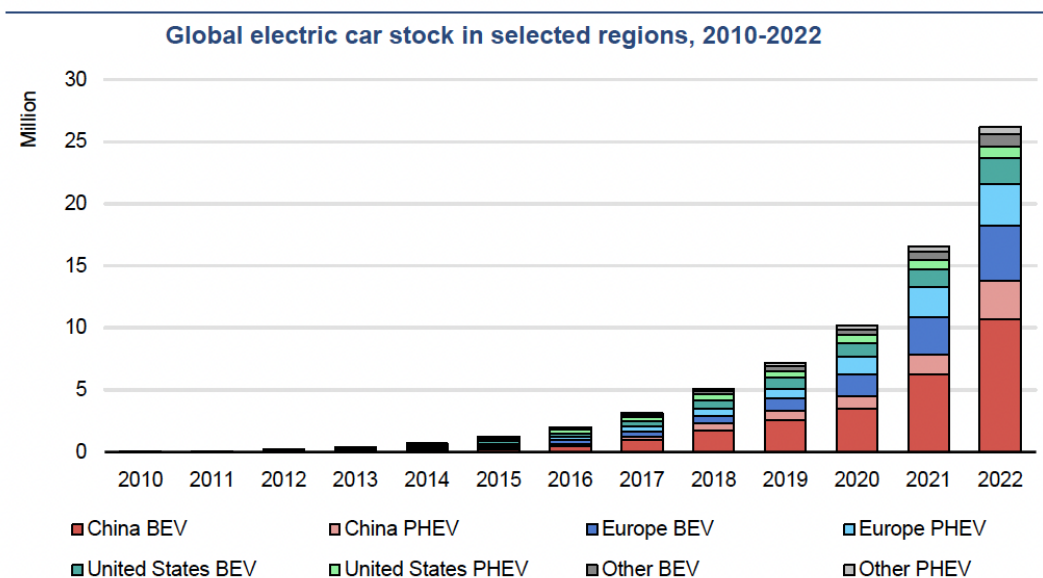
Στην πορεία της διερεύνησης της τεχνολογίας παρατηρήθηκε η ανάγκη εξερεύνησης του επιπέδου γνώσης, αποδοχής και προοπτικής που μπορεί να έχει η αμφίδρομη φόρτιση στην Ελλάδα. Για αυτό τον λόγο, αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας αποτελεί και (v) η σύνθεση και ανάλυση ενός ερωτηματολογίου με θέμα την αμφίδρομη φόρτιση.

1.2 Ηλεκτροκίνηση

Η ηλεκτροκίνηση αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία για την απανθρακοποίηση και την εξέλιξη του τομέα των μεταφορών. Τα οχήματα μηδενικών και ελάχιστων ρύπων είναι το κλειδί για την ελαχιστοποίηση των αερίων του θερμοκηπίου προσφέροντας ταυτόχρονα οφέλη όπως μείωση κόστους κίνησης και συντήρησης, ελαχιστοποίηση της ηχορύπανσης και ευκολία στην οδήγηση (E-AMRIT).

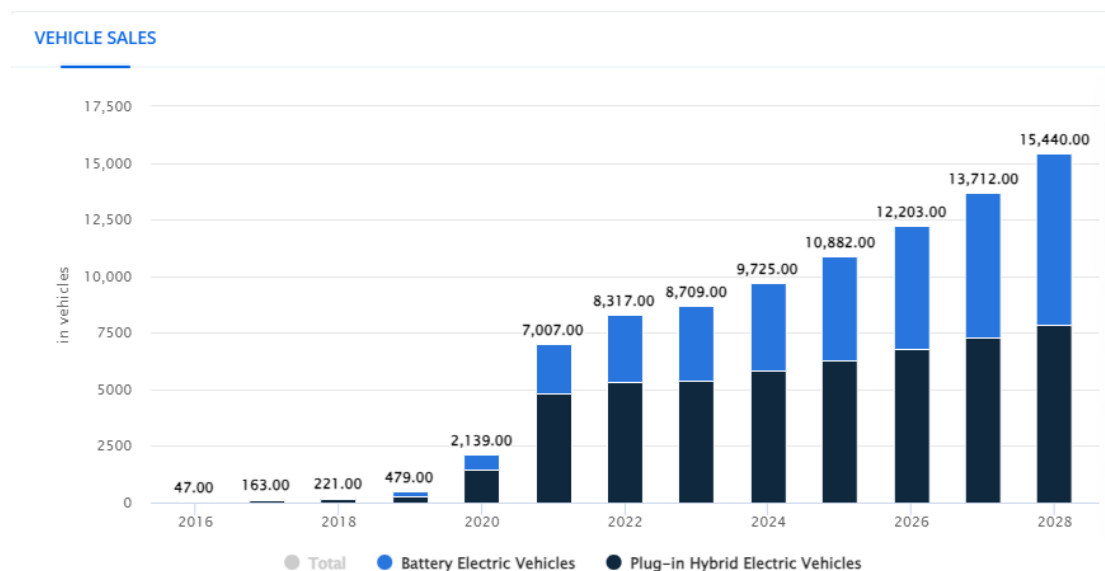
1.2.1 Οικονομικά στοιχεία ηλεκτρικών οχημάτων

Μετά την είσοδο στις εμπορικές αγορές το πρώτο μισό της δεκαετίας, οι πωλήσεις ηλεκτρικών αυτοκινήτων έχουν εκτοξευθεί στα ύψη. Μόνο περίπου 17.000 ηλεκτρικά αυτοκίνητα κυκλοφορούσαν στους δρόμους του κόσμου το 2010. Μέχρι το 2019, ο αριθμός αυτός είχε αυξηθεί σε 7,2 εκατομμύρια και οι εκτιμήσεις για το 2023 φτάνουν τις 14 εκατομμύρια πωλήσεις (Global EV Outlook 2023). Η κυβέρνηση της Κίνας ενθάρρυνε ενεργά την ανάπτυξη ηλεκτρικών οχημάτων και εισήγαγε συνεχώς κίνητρα για να παρακινήσει τους καταναλωτές να αγοράσουν ηλεκτρικά οχήματα τα τελευταία δέκα χρόνια. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα οι πωλήσεις των ηλεκτρικών οχημάτων το 2020 στην Κίνα να φτάσουν τις 3,5 εκατομμύρια. Ο όγκος πωλήσεων ηλεκτρικών οχημάτων στην Κίνα κατέχει την πρώτη θέση στον κόσμο για πέντε συνεχόμενα χρόνια. Δυναμική είναι η παρουσία των ηλεκτρικών οχημάτων και στην Ευρώπη με τις αιτήσεις για ηλεκτρικά και plug-in υβριδικά οχήματα το 2020 να φτάνουν σχεδόν τις 1.350.000 από 550.000 το 2019, αντιπροσωπεύοντας το 11% των συνολικών νέων αιτήσεων και τον ενεργό στόλο αυτών των οχημάτων να είναι περίπου 3,2 εκατομμύρια. Μέχρι το 2025, οι αυτοκινητοβιομηχανίες έχουν ανακοινώσει σχέδια για την κυκλοφορία ακόμα 200 νέων μοντέλων ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Οι αριθμοί αυτοί αντικατοπτρίζουν τις προσπάθειες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για κλιματική ουδετερότητα (IEA).



Εικόνα.7. Πωλήσεις ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων την περίοδο 2010-2022. (Global EV Outlook 2023)

Μια αντίστοιχη ανάπτυξη αλλά με μικρότερο ρυθμό ανάπτυξης παρατηρείται και στις πωλήσεις αμιγώς ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων και στην Ελλάδα. Οι πωλήσεις για το 2022 όπως βλέπουμε στο παρακάτω διάγραμμα έφτασαν τις 8.317 και εκτιμάται σχεδόν διπλασιασμός αυτών των πωλήσεων στην επόμενη δετία.



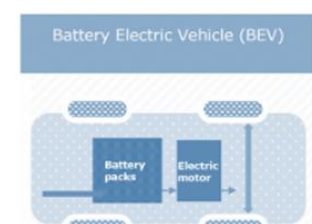
Εικόνα 8. Πωλήσεις ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων στην Ελλάδα (Statista).

1.2.2 Είδη ηλεκτρικών οχημάτων.

Αυτή την στιγμή υπάρχουν 4 είδη ηλεκτρικών οχημάτων:

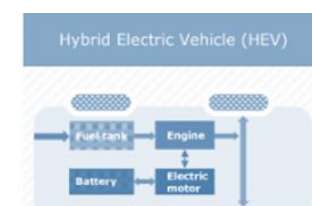
- Battery Electric Vehicle (BEV)
- Hybrid Electric Vehicle (HEV)
- Plug-in Electric Vehicle (PHEV)
- Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV)

Battery electric Vehicle (BEV): Είναι ηλεκτρικά οχήματα που λειτουργούν εξ ολοκλήρου με ηλεκτρικό σύστημα μετάδοσης κίνησης με μπαταρία. Η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιείται για την οδήγηση του οχήματος αποθηκεύεται σε μια μεγάλη μπαταρία που μπορεί να φορτιστεί συνδέοντας την στο ηλεκτρικό δίκτυο. Η φορτισμένη μπαταρία παρέχει στη συνέχεια ισχύ σε έναν ή περισσότερους ηλεκτρικούς κινητήρες για τη λειτουργία του ηλεκτρικού αυτοκινήτου.



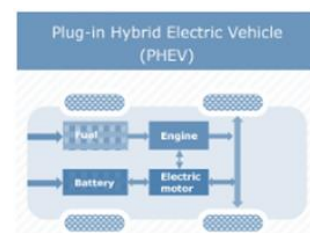
Εικόνα 9. Σχηματική αναπαράσταση αμιγώς ηλεκτρικού οχήματος

Hybrid Electric Vehicle (HEV): Τα HEV διαθέτουν συμβατικό κινητήρα και ηλεκτροκινητήρα. Ο κινητήρας λαμβάνει ενέργεια από το καύσιμο και ο κινητήρας παίρνει ηλεκτρική ενέργεια από τις μπαταρίες. Το κιβώτιο ταχυτήτων περιστρέφεται ταυτόχρονα από τον κινητήρα και τον ηλεκτροκινητήρα το οποίο στην συνέχεια κινεί τους τροχούς.



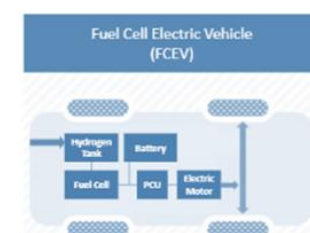
Εικόνα 10. Σχηματική αναπαράσταση υβριδικού οχήματος

Plug-in Electric Vehicle (PHEV): Τα PHEV διαθέτουν επίσης ένα συμβατικό κινητήρα και ηλεκτροκινητήρα και λειτουργούν με παρόμοιο τρόπο όπως τα HEV. Η διαφορά του είναι πως τα PHEV ξεκινούν σε πλήρως ηλεκτρική λειτουργία μέχρι να εξαντληθεί η μπαταρία τους. Αφού αδειάσει η μπαταρία τότε λειτουργεί ο συμβατικός κινητήρας. Η μπαταρία στην συνέχεια φορτίζεται όπως σε ένα BEV με σύνδεση στο ηλεκτρικό δίκτυο.



Εικόνα 11. Σχηματική αναπαράσταση Plug-in υβριδικού οχήματος

Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV): Τα FCEV είναι επίσης γνωστά ως οχήματα μηδενικών εκπομπών καθώς έχουν ως προϊόντα απλά νερό και θερμότητα. Χρησιμοποιούν «τεχνολογία κυψελών καυσίμου» για να παράγουν την ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται για τη λειτουργία του οχήματος. Η χημική ενέργεια του καυσίμου μετατρέπεται απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια που τροφοδοτεί τον ηλεκτροκινητήρα (E-AMRIT).

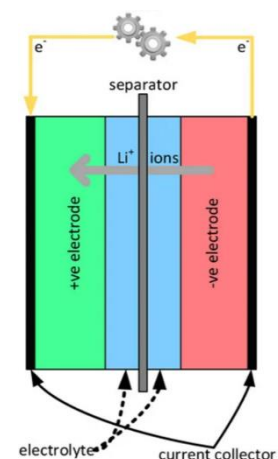


Εικόνα 12. Σχηματική αναπαράσταση οχήματος κυψελών υδρογόνου

1.2.3 Είδη μπαταριών ηλεκτρικών οχημάτων

Η πιο διαδεδομένη κατηγορία που χρησιμοποιείται στα ηλεκτρικά οχήματα σήμερα είναι αυτή των μπαταριών λιθίου ιόντων (Li-ion). Οι μπαταρίες αυτές κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τον συνδυασμό της ανόδου και της καθόδου που χρησιμοποιείται. Οι κατηγορίες αυτές είναι: Λιθίου-Κοβαλτίου (LiCoO_2), Λιθίου-Μαγνησίου (LMO), Λιθίου-Σιδίριου-Φοσφόρου (LFP), Λιθίου-Νικελίου-Μαγνησίου-Κοβαλτίου (NMC), Λιθίου-Νικελίου-Κοβαλτίου-Αλουμινίου (NCA), Λιθίου-Τιτανίου (LTO).

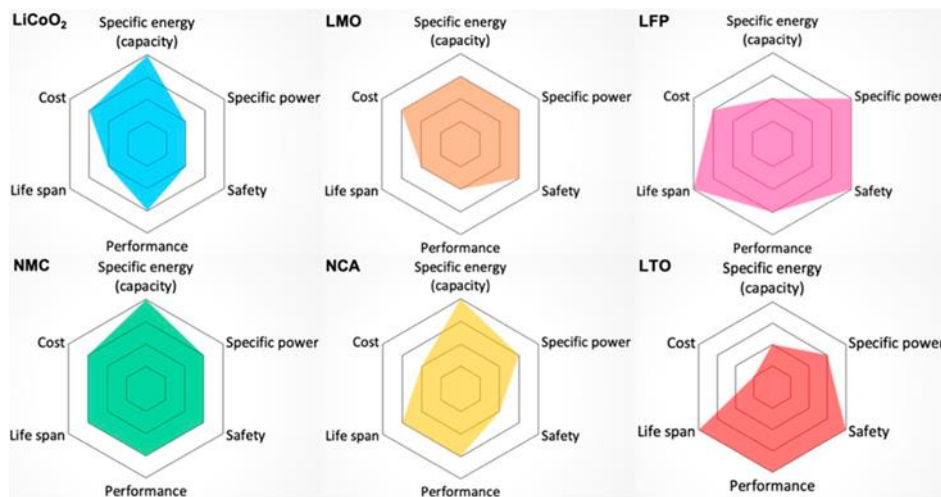
- **Λιθίου-Κοβαλτίου (LiCoO_2):** Χρησιμοποιούνται κυρίως σε ηλεκτρονικές συσκευές (laptops, κάμερες, κλπ) λόγω της υψηλής ενεργειακής πυκνότητας (150-200 Wh/kg), της μεγάλης διάρκειας ζωής και την εύκολη παραγωγή τους. Ωστόσο είναι θερμικά ασταθείς και η περιορισμένη διαθεσιμότητα κοβαλτίου, αυξάνει το κόστος παραγωγής. Για αυτούς τους λόγους συνήθως δεν προτιμάται πλέον στην κατασκευή μπαταριών ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Παρόλα αυτά τα οχήματα “Tesla Roadster” και “Smart Fortwo” χρησιμοποιούν τέτοιες μπαταρίες.
- **Λιθίου-Μαγνησίου (LMO):** Χαρακτηρίζονται από χαμηλές εσωτερικές αντιστάσεις το οποίο δίνει την δυνατότητα γρήγορης φόρτισης και τη δυνατότητα μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος έντασης 20-30 Ampere. Ωστόσο στα αρνητικά της τεχνολογίας αυτής είναι οι χαμηλοί κύκλοι ζωής (300-700 κύκλοι) και η χαμηλή χωρητικότητα.
- **Λιθίου-Σιδίριου-Φοσφόρου (LFP):** Διακρίνονται από σχετικά υψηλή ενεργειακή πυκνότητα (90-160 Wh/kg) χαμηλή εσωτερική αντίσταση, θερμική σταθερότητα και μεγάλους κύκλους ζωής. Ωστόσο η μικρή χωρητικότητα τους έχει περιορίσει την χρήση της σε μικρά ηλεκτρικά οχήματα, ηλεκτρικές μηχανές ή σε βιομηχανικό εξοπλισμό λόγω της μεγάλης ασφάλειας που την χαρακτηρίζει.
- **Λιθίου-Νικελίου-Μαγνησίου-Κοβαλτίου (NMC):** Το νικέλιο προσφέρει υψηλή ειδική ενέργεια αλλά χαμηλή σταθερότητα, ενώ αντίθετα το μαγνήσιο



Εικόνα 13. Σχηματική αναπαράσταση κυψέλης μπαταρίας Li-ion

προσφέρει χαμηλή ειδική ενέργεια αλλά χαμηλές εσωτερικές αντιστάσεις και θερμική σταθερότητα. Ο συνδυασμός των δύο αυτών στοιχείων προσφέρει σε αυτή την τεχνολογία μπαταριών υψηλή ενεργειακή πυκνότητα (150-220 Wh/kg) και ασφάλεια, κάνοντας αυτή την τεχνολογία την ιδανικότερη για τις αυτοκινητοβιομηχανίες ηλεκτρικών οχημάτων.

- Λιθίου-Νικελίου-Κοβαλτίου-Αλουμινίου (NCA): Έχει παρόμοια χαρακτηριστικά με την NMC παρέχοντας υψηλότερη ειδική ενέργεια (260 Wh/kg) και μεγάλη διάρκεια ζωής, ωστόσο δεν είναι το ίδιο ασφαλής λόγω χαμηλής θερμικής σταθερότητας αλλά και πιο ακριβή στην παραγωγή. Παρόλα αυτά έχει χρησιμοποιηθεί σε μοντέλα όπως το Tesla model 3.
- Λιθίου-Τιτανίου (LTO): Η πιο νέα τεχνολογία συγκριτικά. Η αντικατάσταση του γραφίτη που χρησιμοποιείται στην άνοδο της μπαταρίας, με τιτάνιο δίνει την δυνατότητα για γρήγορες φορτίσεις και εκφορτίσεις χωρίς να επηρεάζεται η ασφάλεια της μπαταρίας. Η χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα ωστόσο είναι το βασικό μειονέκτημα της τεχνολογίας αυτής (Miao et al., 2019).



Εικόνα 1.14 Συγκριτικό διάγραμμα μπαταριών Ιόντων-Λιθίου (Miao et al).

Ύστερα από αναζήτηση στο [101] επιβεβαιώνεται πως οι πλειοψηφία των μεγάλων αυτοκινητοβιομηχανιών όπως οι Mercedes, Volkswagen, Skoda και Nissan χρησιμοποιούν μπαταρίες Λιθίου-Νικελίου-Μαγνησίου-Κοβαλτίου (NMC).

Mercedes EQS 450+

Battery			
Nominal Capacity *	120.0 kWh	Useable Capacity	107.8 kWh
Battery Type	Lithium-ion	Cathode Material	NCM811
Number of Cells	432	Pack Configuration	108s4p
Architecture	400 V	Nominal Voltage	396 V

Εικόνα 15. Πληροφορίες μπαταρίας του Mercedes EQS 450+.

Volkswagen e-Up!

Battery			
Nominal Capacity	36.8 kWh	Useable Capacity	32.3 kWh
Battery Type	Lithium-ion	Cathode Material	NCM622
Number of Cells	168	Pack Configuration	84s2p
Architecture	400 V	Nominal Voltage	310 V

Εικόνα 16. Πληροφορίες μπαταρίας του Volkswagen e-Up!.

Skoda Enyaq iV 80

Battery			
Nominal Capacity	82.0 kWh	Useable Capacity	77.0 kWh
Battery Type	Lithium-ion	Cathode Material	NCM712
Number of Cells	288	Pack Configuration	96s3p
Architecture	400 V	Nominal Voltage	350 V

Εικόνα 17. Πληροφορίες μπαταρίας του Skoda Enyaq iV 80.

Nissan Leaf e+

Battery			
Nominal Capacity	62.0 kWh	Useable Capacity	59.0 kWh
Battery Type	Lithium-ion	Cathode Material	NCM523
Number of Cells	288	Pack Configuration	96s3p
Architecture	400 V	Nominal Voltage	350 V

Εικόνα 18. Πληροφορίες μπαταρίας του Nissan Leaf e+.

Διαφοροποιήσεις παρατηρούνται στα οχήματα της Tesla όπου χρησιμοποιούνται διαφορετικά είδη μπαταριών ανάλογα με τον σκοπό που θέλουν να επιτύχουν. Όπως για παράδειγμα το μοντέλο Tesla model S Plaid, το οποίο είναι ένα αυτοκίνητο επιδόσεων χρησιμοποιεί μπαταρίας τύπου Λιθίου-Νικελίου-Κοβαλτίου-Αλουμινίου (NCA) ενώ σε πιο οικονομικά μοντέλα όπως το Tesla model 3 χρησιμοποιείται μπαταρία τύπου Λιθίου-Σιδίρου-Φοσφόρου (LFP).

Tesla model S Plaid

Battery			
Nominal Capacity *	100.0 kWh	Useable Capacity*	95.0 kWh
Battery Type	Lithium-ion	Cathode Material	NCA
Number of Cells	7920	Pack Configuration	110s72p
Architecture	400 V	Nominal Voltage	407 V

Εικόνα 19. Πληροφορίες μπαταρίας του Tesla model S Plaid.

Tesla model 3

Battery			
Nominal Capacity *	60.0 kWh	Useable Capacity*	57.5 kWh
Battery Type	Lithium-ion	Cathode Material	LFP
Number of Cells	106	Pack Configuration	106s1p
Architecture	400 V	Nominal Voltage	340 V

Εικόνα 20. Πληροφορίες μπαταρίας του Tesla model 3.

1.3 Φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων.

1.3.1 Στόχοι υποδομών επαναφόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων

Η ανάπτυξη υποδομών ηλεκτρικής φόρτισης πρέπει να επιταχυνθεί με ρυθμό ανάλογο του αναμενόμενου στόλου ηλεκτρικών οχημάτων στο οδικό δίκτυο της ΕΕ, ο οποίος προβλέπεται να ανέλθει σε τουλάχιστον 30 εκατομμύρια αυτοκίνητα έως το 2030. Οι στόχοι με βάση τον στόλο θα εξασφαλίσουν ότι για κάθε ηλεκτρικό αυτοκίνητο με συσσωρευτή που ταξινομείται σε ένα κράτος μέλος, εγκαθίσταται ικανότητα φόρτισης 1 KW. Αυτό σε συνδυασμό με τους προηγούμενους στόχους που είχαν οριστεί στην στρατηγική της Επιτροπής για βιώσιμη και έξυπνη κίνηση, αναμένεται να αποφέρει περισσότερα από 1 εκατομμύρια σημεία επαναφόρτισης έως το 2025 και περίπου 3,5 εκατομμύρια έως το 2030.

Για να διασφαλιστεί η πλήρης συνδεσιμότητα των ευρωπαϊκών αυτοκινητοδρόμων ολόκληρου του διευρωπαϊκού δικτύου μεταφορών (ΔΕΔ-Μ), θα πρέπει να εγκατασταθεί δυναμικότητα τουλάχιστον 300 kW (η οποία θα παρέχεται από σημεία ταχείας επαναφόρτισης (με τουλάχιστον ένα σημείο δυναμικότητας 150 kW) ανά 60 χιλιόμετρα του κεντρικού δικτύου ΔΕΔ-Μ) έως το 2025 και δυναμικότητα 600 kW έως το 2030. Στο εκτεταμένο δίκτυο ΔΕΔ-Μ, οι στόχοι αυτοί πρέπει να επιτευχθούν έως το 2030 και το 2035, αντίστοιχα (European Commission, -b).

1.3.2 Προδιαγραφές φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων.

Οι (IEC), (SAE), (DIN) είναι οργανισμοί, που αποτελούνται από χιλιάδες επιστήμονες. Σκοπός των οργανισμών αυτών είναι η ανάπτυξη τεχνολογικής καινοτομίας και προτύπων, για την ασφαλέστερη και καθαρή ανάπτυξη των υποδομών.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα κύρια διεθνή πρότυπα που ισχύουν για την φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων.

Πρότυπο	Τίτλος
IEC 61439-7	Low voltage switchgear and control gear assemblies – part7
IEC 60038	IEC Standard voltages
IEC 61000-4-4	Electromagnetic compatibility (EMC) – Part4-4: Testing and measurement techniques- Electrical fast/burst immunity test
IEC61000-4-5	Electromagnetic compatibility (EMC) – Part4-5: Testing and measurement techniques-Surge immunity test
IEC 61000-4-6	Electromagnetic compatibility (EMC) – Part4-6: Testing and measurement techniques- Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields
IEC 61000-4-11	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-11: Testing and measurement techniques - Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests for equipment with input current up to 16 A per phase
IEC 61557-8	Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1.000 VAC. and 1.500 VDC - Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures - Part 8: Insulation monitoring devices for IT systems
Noise TA	Technical instructions for noise protection
IEC 61000-6-1	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-1: Generic standards - Immunity standard for residential, commercial and light-industrial environments
IEC 60529	Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)
IEC 60364-7-722	Low-voltage electrical installations - Part 7-722: Requirements for special installations or locations - Supplies for electric vehicles
IEC61851	Electric vehicle conductive charging system - Part 1: General requirements
IEC 61980	Electric vehicle wireless power transfer (WPT) systems - Part 1: General requirements

IEC62196	Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets - Conductive charging of electric vehicles - Part 1: General requirements
North America and Germany	
SAE J1766	Recommended Practice for Electric, Fuel Cell and Hybrid Electric Vehicle Crash Integrity Testing
SAEJ2293	Energy Transfer System for Electric Vehicles—Part 1: Functional Requirements and System Architectures
SAEJ1772	SAE Electric Vehicle and Plug in Hybrid Electric Vehicle Conductive Charge Coupler
SAEJ1773	SAE Electric Vehicle Inductively Coupled Charging
SAEJ2847	Communication Between Plug-In Vehicles and Off-Board DC Chargers
SAEJ2931	Digital Communications for Plug-in Electric Vehicles
SAEJ2954	Wireless Power Transfer for Light-Duty Plug-in/Electric Vehicles and Alignment Methodology
DIN EN 50160	Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution electricity networks;

Πίνακας 1. Κύρια Πρότυπα για την φόρτιση Ηλεκτρικών οχημάτων. (Ali Bahrami,2020),(Das et al., 2020a)

Στον πίνακα 2 παρουσιάζονται πρότυπα που παρέχουν ρυθμιστικές κατευθυντήριες γραμμές για τα περισσότερα προϊόντα που αναπτύσσονται στις αυτοκινητοβιομηχανίες. Οι κανονισμοί αφορούν την μόνωση, τις περιβαλλοντικές συνθήκες, τις ηλεκτρικές δοκιμές και την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα.

Πρότυπο	Τίτλος-Περιγραφή
IEC 60664-1	Insulation coordination for equipment within low-voltage supply systems;
ISO 16750	Road vehicles—Environmental conditions and electrical testing for electrical and electronic equipment;
UNECE REG10	Vehicle Radiated Emissions & Immunity Testing
CISPR 12	Vehicles, boats and internal combustion engines - Radio disturbance characteristics - Limits and methods of measurement for the protection of off-board receivers. CISPR 12 is equivalent to the SAE J 551-2 standard. SAE J551/2 is the north American equivalent standard to CISPR 12.
CISPR 25	Vehicles, boats and internal combustion engines - Radio disturbance characteristics - Limits and methods of measurement for the protection of on-board receivers. SAE

	J551/4 and SAE J1113/41 are the north American equivalent standards to CISPR 25.
ISO 11451	Road vehicles — Vehicle test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy.
ISO 11452	Road vehicles — Component test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy.
ISO 7637	Road vehicles — Electrical disturbances from conduction and coupling.
ISO 10605	Road vehicles — Test methods for electrical disturbances from electrostatic discharge.
EN12895	Industrial trucks - Electromagnetic compatibility; This European Standard is applicable to industrial trucks, regardless of the power source (called only trucks). It specifies: - the requirements and the limit values for electromagnetic emission and immunity to external electromagnetic fields; - the procedure and criteria for testing trucks and their electrical/electronic systems.

Πίνακας 2. Πρότυπα για ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό σχεδιασμό προϊόντων για τις αυτοκινητοβιομηχανίες. (Ali Bahrami)

1.3.3 Υποδομή φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων

1.3.3.1 AC και DC φόρτιση για Βόρεια Αμερική και Ιαπωνία

Στην Ιαπωνία και την Βόρεια Αμερική η φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες.

Επίπεδο 1 φόρτιση - AC

Ο εξοπλισμός για την φόρτιση επιπέδου 1 παρέχει φόρτιση μέσω βύσματος 120V, εναλλασσόμενο ρεύμα και απαιτεί ειδικό κύκλωμα. Γενικά, η φόρτιση επιπέδου 1 αναφέρεται στη χρήση μιας τυπικής οικιακής πρίζας. Ο εξοπλισμός για φόρτιση επιπέδου 1 είναι δεδομένος σε κάθε όχημα, οπότε μπορεί να μεταφερθεί και δεν απαιτεί εγκατάσταση εξοπλισμού φόρτισης. Στο ένα άκρο του παρεχόμενου καλωδίου υπάρχει ένα τυπικό οικιακό βύσμα με τρία άκρα, ενώ στο άλλο άκρο υπάρχει βύσμα που συνδέεται στο όχημα. Γενικά, συνήθως, με την φόρτιση επιπέδου 1 χρειάζονται 8-12 ώρες φόρτισης για την πλήρη φόρτιση της μπαταρίας, με την χρέωση να γίνεται στην οικεία του ιδιοκτήτη και συνήθως λαμβάνει ώρα κατά τη διάρκεια της νύχτας. Φυσικά οι αριθμοί αυτοί αλλάζουν ανάλογα με την τεχνολογία και το μέγεθος της μπαταρίας και τις συνθήκες του ιδιοκτήτη.

Επίπεδο 2 φόρτιση - AC

Ο εξοπλισμός φόρτισης επιπέδου 2 παρέχει φόρτιση μέσω βύσματος 240V, εναλλασσόμενο και απαιτεί εγκατάσταση οικιακής φόρτισης ή δημόσιο εξοπλισμό φόρτισης. Αυτές οι μονάδες απαιτούν ένα αποκλειστικό κύκλωμα 40Α. Ο εξοπλισμός φόρτισης επιπέδου 2 είναι συμβατός με όλα τα ηλεκτρικά οχήματα και τα plug-in ηλεκτρικά υβριδικά οχήματα. Οι φορτιστές επιπέδου 2 έχουν ένα καλώδιο που συνδέεται απευθείας στο όχημα στην ίδια θέση σύνδεσης που χρησιμοποιείται για εξοπλισμό Επιπέδου 1. Ανάλογα με την τεχνολογία μπαταρίας που χρησιμοποιείται στο όχημα, η φόρτιση επιπέδου 2 διαρκεί γενικά 4 έως 6 ώρες για να φορτιστεί πλήρως η μπαταρία του οχήματος. Οι φορτιστές επιπέδου 2 βρίσκονται συνήθως σε κατοικίες, δημόσιους χώρους στάθμευσης, χώρους εργασίας και εμπορικούς χώρους.

Επίπεδο 3 φόρτιση - DC

Η χρήση της φόρτισης επιπέδου 3 σημαίνει πως γίνεται παράκαμψη του ενσωματωμένου φορτιστή μπαταρίας (on board charger) και η μεταφορά ενέργεια γίνεται μέσω συνεχούς ρεύματος. Οι περισσότεροι φορτιστές Επιπέδου 3 παρέχουν φόρτιση 80% σε 30 λεπτά.

Το J1772-2017 χωρίζει το επίπεδο 3 DC Charging σε δύο υποκατηγορίες:

Επίπεδο φόρτισης	Έξοδος Τάσης (V)	Μέγιστο ρεύμα (A)
Επίπεδο 1 DC	50-1.000	80
Επίπεδο 2 DC	50-1.000	400

Πίνακας 3. Επίπεδα φόρτισης 1,2 DC σύμφωνα με το πρότυπο J1772.

Επίπεδο 3 φόρτιση - DC – CCS 1

Το Combined Charging System (CCS) είναι ένα πρότυπο για τη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων. Παρέχει υποδοχές για την Βόρεια Αμερική και Ιαπωνία (CCS1) αλλά και την Ευρώπη (CCS2) για παροχή ισχύος έως και 350kW.

Επίπεδο 3 φόρτιση - DC – CHAdeMO

Οι φορτιστές επιπέδου 3 τύπου CHAdeMO σχεδιάστηκαν και χρησιμοποιούνται κυρίως από Ιαπωνικές αυτοκινητοβιομηχανίες όπως η Nissan, η Mitsubishi και η Toyota. Προσφέρει ισχύ μέχρι και 400kW.

Επίπεδο 3 φόρτιση - DC – Tesla Supercharger

Οι φορτιστές Tesla Supercharger είναι μια τεχνολογία ταχείας φόρτισης 480V συνεχούς ρεύματος (DC) που κατασκευάστηκε από την αμερικανική εταιρεία κατασκευής οχημάτων Tesla, Inc. για τα αμιγώς ηλεκτρικά αυτοκίνητά τους. Το δίκτυο σταθμών ταχείας φόρτισης Tesla Supercharger εισήχθη από το 2012. Ο φορτιστής αυτός διαθέτει βύσμα για παροχή ηλεκτρικής ενέργειας έως και 250 kW μέσω σύνδεσης συνεχούς ρεύματος σε το πακέτο μπαταριών αυτοκινήτου 400V.

1.3.3.2 AC και DC φόρτιση για Ευρώπη και Κίνα

Εναλλασσόμενη φόρτιση AC

Για την εναλλασσόμενη φόρτιση, οι ευρωπαϊκές χώρες υιοθέτησαν το IEC 62196 Type 2 connector. Λόγω των περιορισμών που επιβλήθηκαν από τους διαχειριστές διανομής δικτύου το αντλούμενο ρεύμα AC ανά κάθε καταναλωτή, σε σύστημα διανομής AC χαμηλής τάσης περιορίζεται στα 32 A, που σημαίνει ότι η ισχύς φόρτισης AC στην Ευρώπη περιορίζεται στα 22 kW. Ηλεκτρική ισχύς για φόρτιση AC στην Ευρώπη παρέχεται μέσω μονοφασικής ή τριφασικής σύνδεσης. Σε ορισμένες ευρωπαϊκές χώρες η μονοφασική σύνδεση περιορίζεται σε 16A, που σημαίνει ότι η μονοφασική φόρτιση AC περιορίζεται στα 3,6 kW.

Το πρότυπο Guobiao GB/T 20234.2-2015 παρέχει οδηγίες για τη φόρτιση AC στη Κίνα. Καθορίζει τον συζευκτήρα φόρτισης AC με τροποποιημένη υποδοχή τύπου 2 και με διαφορετική σηματοδότηση ελέγχου. Όπως και στις ευρωπαϊκές χώρες, η φόρτιση AC στην Κίνα πραγματοποιείται μέσω μονοφασικής και τριφασικής παροχής.

Συνεχής φόρτιση DC




Στη Βόρεια Αμερική, την Ιαπωνία και την Ευρώπη υπάρχει μεγάλος ανταγωνισμός σχετικά με τις υποδοχές και τα πρωτόκολλα γρήγορης φόρτισης μεταξύ των αυτοκινητοβιομηχανιών. Ενώ οι ιαπωνικές αυτοκινητοβιομηχανίες πιέζουν την CHAdeMO, στην Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική οι αυτοκινητοβιομηχανίες ακολούθησαν το σύστημα CCS SAE (γνωστός και ως CCS1 και CC2) και η Tesla ακολούθει τον δικό της δρόμο με το Supercharger, ενώ η κινέζικη αυτοκινητοβιομηχανία εισήγαγε και χρησιμοποίησε το δικό της πρότυπο γρήγορης φόρτισης DC το GB/T 20234 ή GB/T DC γρήγορη φόρτιση.

Chaoji










Η Κίνα και η Ιαπωνία αναπτύσσουν μια νέα έκδοση του προτύπου γρήγορης φόρτισης GB/T (που αναφέρεται ως Chaoji). Οι προβλεπόμενες προδιαγραφές υποδηλώνουν ισχύ εξόδου πέρα από οτιδήποτε έχουμε δει μέχρι τώρα - 900 kW στα 1.500V και 600A.

Επί του παρόντος, η GB/T προσέφερε μόνο 237,5 kW στα 950 V και 250 A, επομένως θα είναι σχεδόν τέσσερις φορές πιο ικανή όσον αφορά την ισχύ. Η ισχύς θα είναι υπερδιπλάσια από τις νέες προδιαγραφές CHAdeMO 400 kW και 350 kW CCS.

Έχει διατυπωθεί ότι το Chaoji θα είναι συμβατό με την Tesla και με την χρήση εξωτερικών προσαρμογών που θα μπορούν να αγοραστούν, θα είναι συμβατό και με όλα τα άλλα υπάρχοντα πρωτόκολλα. Η φόρτιση Chaoji θα προσφέρουν επίσης την δυνατότητα αμφίδρομης φόρτισης (CHAdeMO, -a).

	USA	JAPAN	EU	CHINA	
Single Phase/ 3-Phase AC Charging	 SAE J1772 Level 1, Level 2 Single phase	 SAE J1772 Level 1, Level 2 Single phase	 IEC 62196 Level 1 Single Phase	 IEC 62196-2 Level 2,3 Single/Three phase	 IEC 62196 Level 1,2 Single/Three Phase
DC Fast Charging /AC-DC Combo	 Level 1 + DC Level 2 + DC SAE J1772 Combo	 JEVS G105-1993 CHAdeMO DC Fast Charging	 IEC 62196-3 Hybrid Combo	 GB/T 20234.3-2011 DC Fast charging	

(a) Charging ports

	USA	JAPAN	EU	CHINA	
Single Phase/ 3-Phase AC Charging	 SAE J1772 Level 1, Level 2 Single phase	 SAE J1772 Level 1, Level 2 Single phase	 IEC 62196-2 Level 1, 2 Single/Three phase	 IEC 62196 Level 1,2 Single/Three Phase	
DC Fast Charging /AC-DC Combo	 SAE J1772 Level 2 + DC Combo	 Tesla Supercharger	 CHAdeMO DC Fast Charging	 IEC 62196-3 Hybrid Combo	 GB/T 20234.3-2011 DC Fast charging

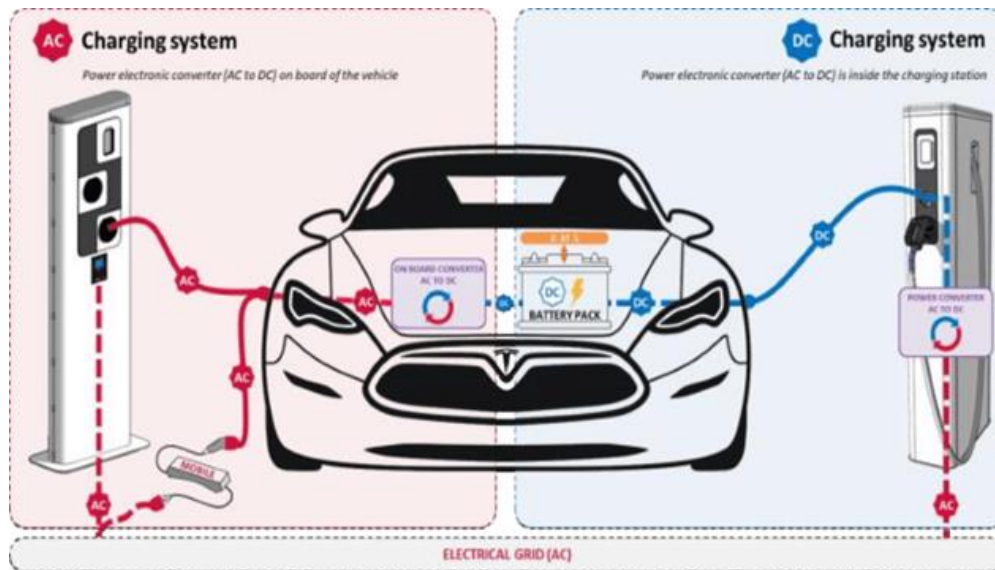
(b) Charging connectors

Εικόνα 21. Σχήμα βυσμάτων και υποδοχών που κατασκευάζονται με βάση τα διαφορετικά πρότυπα. (Das et al., 2020b)

1.3.4 Ενσωματωμένος φορτιστής (On-board Charger)

Η φόρτιση μπορεί να γίνει είτε με εναλλασσόμενο είτε με συνεχές ρεύμα. Στην περίπτωση χρήσης εναλλασσόμενου ρεύματος, το ρεύμα περνάει από το καλώδιο στον ενσωματωμένο φορτιστή, όπου γίνεται μετατροπή του εναλλασσόμενου ρεύματος σε συνεχές που απαιτείται για την φόρτιση της μπαταρίας. Στην περίπτωση χρήσης

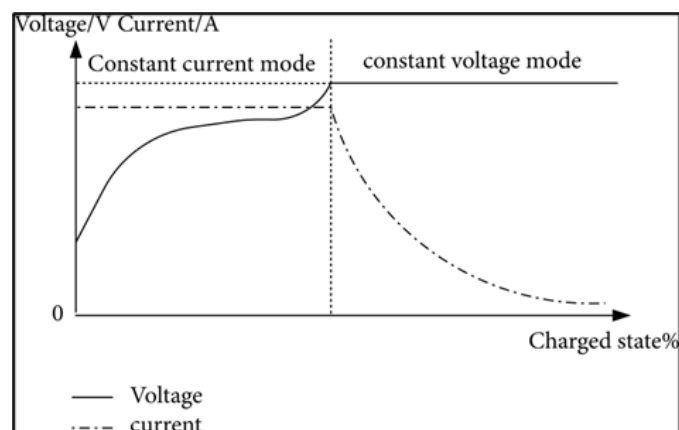
συνεχούς ρεύματος τότε το ρεύμα περνώντας από το καλώδιο παρακάμπτει τον ενσωματωμένο φορτιστή και φορτίζει απευθείας την μπαταρία (EVexpert, n.d.).



Εικόνα 1.22. Ενδεικτική εικόνα φόρτισης με εναλλασσόμενο και συνεχές ρεύμα. (ResearchGate)

Ο κύριος ρόλος του ενσωματωμένου φορτιστή είναι η ρύθμιση του ρεύματος και της τάσης που χρειάζονται για την φόρτιση. Ο φορτιστής μπορεί να παράσχει σταθερό ρεύμα ή σταθερή τάση, το καθένα με τα θετικά και τα αρνητικά του.

Αν η ένταση του σταθερού ρεύματος είναι πολύ μικρή τότε η φόρτιση θα πάρει μεγάλο διάστημα για να ολοκληρωθεί, ενώ αν είναι πολύ υψηλή τότε μπορεί να προκαλέσει υπερφόρτιση της μπαταρίας στα τελικά στάδια της φόρτισης. Σε αντίθεση, με την φόρτιση υπό σταθερή τάση αποφεύγεται η υπερφόρτιση στο τελικό στάδιο. Ωστόσο στο αρχικό στάδιο της φόρτισης μπορεί να προκαλέσει υπερθέρμανση της μπαταρίας. Με σκοπό την αποφυγή μείωσης της ζωής της μπαταρίας, ο ενσωματωμένος φορτιστής φροντίζει πως η μπαταρία θα φορτίζει αρχικά με συνεχές ρεύμα, ώστε να έχουμε υψηλότερη απόδοση και γρήγορη φόρτιση, και στην συνέχεια αλλάζει σε φόρτιση με σταθερή τάση (Tao et al., 2019).



Εικόνα 1.23. Διάγραμμα τάσης και έντασης ρεύματος σε σχέση με το ποσοστό φόρτισης του οχήματος. (Tao et al., 2019)

2 Εισαγωγή στην Αμφίδρομη φόρτιση

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή τα ΗΟ παραμένουν σταθμευμένα το 95% της ζωής τους (European Commission, -c), κάτι το οποίο καθιστά τα ηλεκτρικά οχήματα μη αποδοτικά. Επιπλέον οι υβριδικές εγκαταστάσεις ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θεωρούνται οι κυριότερες λύσεις στα περιβαλλοντικά προβλήματα, με την αιολική και ηλιακή να είναι οι βασικές πηγές ενέργειας. Ωστόσο, η μεγάλη εξάρτηση των εγκαταστάσεων αυτών από τις καιρικές συνθήκες αλλά και το μεγάλο αρχικό επενδυτικό κόστος εγείρουν αμφιβολίες για αυτές (Baloglu & Demir, 2017a). Η μεγάλη αύξηση στις πωλήσεις των ηλεκτρικών οχημάτων που αναμένεται στα επόμενα έτη θα δημιουργήσει επιπλέον ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, βαραίνοντας έτσι την παραγωγή και μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας, κυρίως στις ώρες αιχμής (Gough et al., 2017a).

Μια πιθανή λύση στην διαχείριση της αύξησης του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και των αιχμών της ζήτησης μπορεί να προέλθει από την χρήση των ίδιων των ηλεκτρικών οχημάτων ως ένα ευέλικτο αποθηκευτικό σύστημα με την αξιοποίηση της τεχνολογίας του Vehicle to Grid (V2G). Με την τεχνολογία αυτή μπορεί να προέλθει και η μέγιστη αξιοποίηση των ηλεκτρικών οχημάτων.

Η τεχνολογία του V2G δημιουργεί ένα μονοπάτι για ένα πιο έξυπνο και ευέλικτο ενεργειακό σύστημα, όπου τα ηλεκτρικά οχήματα γίνονται ενεργοί συμμετέχοντες στην ενεργειακή μετάβαση. Υποστηρίζει τη σταθερότητα του δικτύου, την ενοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, την εξοικονόμηση κόστους, τις μειώσεις εκπομπών και ένα πιο ανθεκτικό και βιώσιμο μέλλον.

2.1 Τί είναι η αμφίδρομη φόρτιση;

Η ιδέα πίσω από την αμφίδρομη φόρτιση είναι παρόμοια με αυτή της έξυπνης φόρτισης (Smart charging). Η έξυπνη φόρτιση γνωστή και ως V1G, μας δίνει την δυνατότητα να ελέγχουμε και να ρυθμίζουμε την φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων και να αυξομειώνουμε την ισχύ που χρειάζεται ανάλογα με τις ανάγκες μας. Η αμφίδρομη φόρτιση πάει αυτή την ιδέα ένα βήμα παραπέρα και επιτρέπει στην ενέργεια του οχήματος να δοθεί πίσω στο δίκτυο για διαχείριση της παραγόμενης και καταναλισκόμενης ενέργειας (VIRTA).

2.1.1 Vehicle to Grid (V2G)

Η τεχνολογία V2G είναι μια ροή ενέργειας, πληροφοριών και χρημάτων μεταξύ των ιδιοκτητών ηλεκτρικών οχημάτων, των ΦοΣΕ και του ηλεκτρικού δικτύου, με σκοπό την επίτευξη ισορροπίας μεταξύ ζήτησης και προσφοράς. Η απλή δομή αυτού του συστήματος αποτελείται από τρία στοιχεία:

1^{ον} Εξοπλισμό σύνδεσης του οχήματος στο δίκτυο.

2^{ον} Συσκευές επικοινωνίας για την δημιουργία αμοιβαίας σχέσης μεταξύ του χειριστή και την κατάσταση της μπαταρίας του ηλεκτρικού οχήματος.

3^{ον} Συσκευές μέτρησης, για την καταγραφή και μέτρηση της καταναλισκόμενης και παραγόμενης ενέργειας (Clement-Nyns et al., 2011)

Το V2G μπορεί να περιγραφεί ως ένα σύστημα στο οποίο ένα ηλεκτρικό όχημα μπορεί είτε να φορτιστεί από το δίκτυο είτε να επιστρέψει ενέργεια πίσω σε αυτό. Γενικά, η πλεονάζουσα ενέργεια του δικτύου αποθηκεύεται σε ηλεκτρικά οχήματα κατά τις περιόδους χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας, ενώ τα ηλεκτρικά οχήματα ανατροφοδοτούν ενέργεια πίσω στο δίκτυο σε περιόδους αιχμής με υψηλή ζήτηση ενέργειας. Μέσω αυτής της λειτουργίας, οι χρήστες ηλεκτρικών οχημάτων μπορούν να αγοράσουν ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο όταν η τιμή ηλεκτρικής ενέργειας είναι χαμηλή και να πουλήσουν ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο όταν η τιμή ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλή, αποκομίζοντας έτσι οφέλη. Η λειτουργία V2G λοιπόν όχι μόνο μπορεί να δημιουργήσει οικονομικά οφέλη για τους χρήστες αλλά βοηθά επίσης στην αποτελεσματική και ομαλή λειτουργία των επιχειρήσεων παραγωγής και παροχής ενέργειας ενώ ταυτόχρονα μπορεί να συμβάλει στην διαχείριση και στην εξομάλυνση του δικτύου (X. Li et al., 2020a).

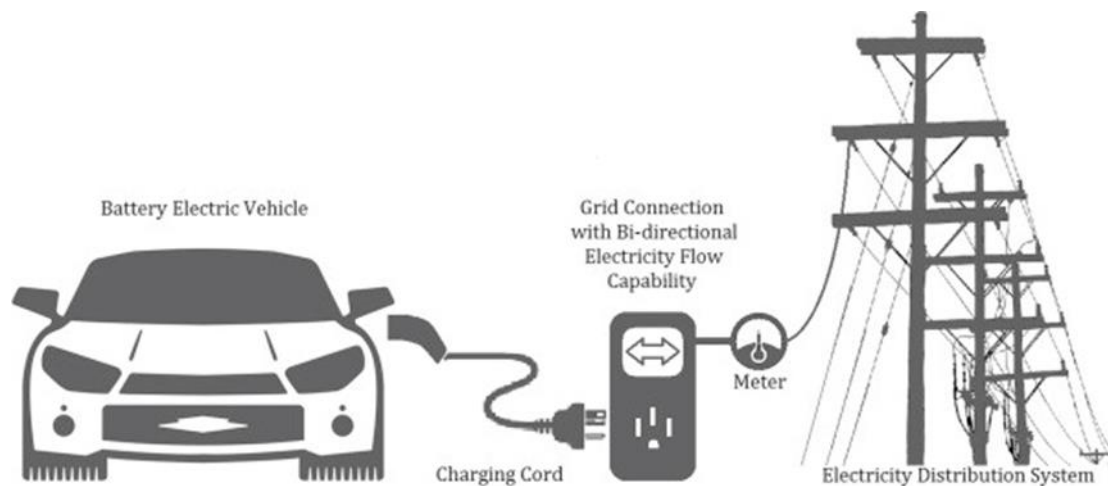
Με βάση τη ζήτηση του δικτύου και τη θέση των σταθμών φόρτισης, τα EV συντονίζονται σε αυτή τη διαδικασία και απελευθερώνουν την ενέργειά τους στο δίκτυο. Είναι σαφές λοιπόν πως τα ασυντόνιστα οχήματα μπορούν να προκαλέσουν αναταράξεις στο δίκτυο καθώς πραγματοποιούν πλήρεις φορτίσεις κατά την διάρκεια αιχμής του δικτύου ή καθώς σταματούν την φόρτιση σε μη προβλεπόμενες στιγμές. Τα ηλεκτρικά οχήματα μπορούν να οριστούν στο έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο με τρεις τρόπους με την αποστολή σήματος:

-Σε όλα τα οχήματα ένα προς ένα.

-Σε έναν κεντρικό ελεγκτή που θα μπορούσε να διαχειριστεί τα ηλεκτρικά οχήματα σε μια εγκατάσταση (π.χ. πάρκινγκ).

-Σε έναν εξωτερικό τρίτο χρήστη (ΦοΣΕ) που θα διαχειρίζεται τα εκάστοτε οχήματα.

Ο ρόλος των ΦοΣΕ μπορεί να αποτελέσει σημαντικός βοηθητικός παράγοντας στην μέγιστη αξιοποίηση της τεχνολογίας του V2G. Τα αποτελέσματα και ο ρόλος ενός μεμονωμένου ηλεκτρικού οχήματος μπορεί να είναι αμελητέα, οπότε είναι απαραίτητος ο ρόλος των ΦοΣΕ στη δημιουργία μιας αλυσίδας ηλεκτρικών οχημάτων για την παρακολούθηση, τον έλεγχο και την υποστήριξη του δικτύου. Οι ΦοΣΕ θα πρέπει να ακολουθούν μια σειρά από στρατηγικές με σκοπό την ικανοποίηση των οδηγικών αναγκών του εκάστοτε ιδιοκτήτη, την ρύθμιση της συχνότητας του δικτύου αλλά και την μέγιστη επίτευξη κέρδους.



Εικόνα 24. Ενδεικτική εικόνα ενός συστήματος αμφίδρομης φόρτισης. [25]

2.1.2 Vehicle to Everything (V2X)

Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνεται η χρήση διαφορετικών σεναρίων όπως:

- Το V2L (Vehicle to Load), για παροχή ενέργειας σε κάποιο φορτίο όπως η κατασκήνωση ή μία περίπτωση έκτακτης ανάγκης.
- Το V2H (Vehicle to Home), για παροχή ενέργειας στην οικία με σκοπό την βέλτιστη διαχείριση του ηλεκτρικού φορτίου.
- Το V2B (Vehicle to Building), για παρόμοια χρήση με το V2H αλλά σε μεγαλύτερη διαστασιολόγηση.



Εικόνα 25. Κατηγορίες της αμφίδρομης φόρτισης. (CHAdEMO, -b)

2.2 Οχήματα που υποστηρίζουν V2G ή V2X

Αυτή την στιγμή δεν υπάρχουν πολλά αυτοκίνητα που βρίσκονται στην παραγωγή και προσφέρονται για χρήση σε παγκόσμια κλίμακα, που να είναι συμβατά με την τεχνολογία της αμφίδρομης φόρτισης. Τα οχήματα που είναι συμβατά είναι [(ElectroBit),(Cars)]:

- Nissan e-NV200
- Nissan Leaf
- Mitsubishi Outlander PHEV
- Mitsubishi Eclipse Cross PHEV

- Ford F-150 Lightning
- Hyundai Ioniq 5
- Kia EV6

Υπάρχουν ωστόσο και οχήματα τα οποία είναι συμβατά σε συγκεκριμένες χώρες, όπως η Ιαπωνία ή προσφέρονται τροποποιημένες εκδόσεις τους για χρήση αυτών σε διάφορα Projects ανά τον κόσμο, ώστε να βρεθούν τα οφέλη της τεχνολογίας αυτής. Μερικά οχήματα σε αυτή την κατηγορία είναι τα εξής:

- Toyota bZ4X
- Mercedes EQS
- Honda e Electric
- BMW i3
- BYD e6

2.3 Προδιαγραφές V2G

Η ενότητα αυτή της διπλωματικής εργασίας εστιάζει στις ρυθμιστικές απαιτήσεις για το V2G. Στις περισσότερες περιπτώσεις, τα πρότυπα που ισχύουν για τον εξοπλισμό των ηλεκτρικών οχημάτων, ισχύουν επίσης για εφαρμογές V1G και V2G. Ωστόσο, πρόσθετα πρότυπα ισχύουν επίσης για τα V1G και V2G αντίστοιχα.

2.3.1 ISO 15118

Το ISO 15118- ‘Road Vehicles – Vehicle to Grid communication interface’ είναι ένα διεθνές πρότυπο που ορίζει την επικοινωνία μεταξύ του ηλεκτρικού οχήματος και του εξοπλισμού της αμφίδρομης φόρτισης κατά την διάρκεια της φόρτισης και της εκφόρτισης. Το πρότυπο ISO 15118 παρέχει μια γενική επισκόπηση των πτυχών που επηρεάζουν την αναγνώριση, την συσχέτιση, τον έλεγχο και τη βελτιστοποίηση της φόρτισης και εκφόρτισης, την εξομάλυνση του φορτίου αλλά και την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο και το απόρρητο (ISO).

2.3.2 Open Charge Point Protocol (OCPP)

Το OCPP ορίζεται ως ένα διεθνές πρότυπο επικοινωνίας που στοχεύει να επιλύσει τις προκλήσεις που προκύπτουν από τα ιδιόκτητα δίκτυα. Το OCPP επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ του οχήματος, των σημείων φόρτισης και του χειριστή του δικτύου σημείου φόρτισης. Αυτό το πρότυπο εξασφαλίζει μια ανοιχτή πλατφόρμα που συγκέντρωσε μεγάλη υποστήριξη από τη βιομηχανία και τους καταναλωτές. Το OCPP 1.6 ενημερώθηκε το 2017 για να περιλαμβάνει εκτεταμένα μέτρα ασφαλείας, συμπεριλαμβανομένων μεθόδων κρυπτογράφησης, καταγραφής ασφαλείας και πιστοποίησης χειρισμού. Επιπλέον, το OCPP 2.0 αναπτύσσει την υποστήριξη για έξυπνα συστήματα φόρτισης, ενσωματώνοντας το V2G. Το OCPP 2.0 ενσωματώνει επίσης πολλές από τις πτυχές του ISO 15118, υποστηρίζοντας τη μελλοντική

λειτουργία «plug and charge», καθιστώντας αυτό ένα δωρεάν πρωτόκολλο για το ISO 15118, αν και όχι μια άμεση εναλλακτική (Cenex).

Παρακάτω παρουσιάζεται μια λίστα των προτύπων που ισχύουν για την τεχνολογία του V2G.

Πρότυπο	Τίτλος
ISO 15118-1:2013	Road vehicles -- Vehicle to grid communication interface - - Part 1: General information and use-case definition
ISO/DIS 15118-1 [Under development]	Road vehicles -- Vehicle to grid communication interface - - Part 1: General information and use-case definition
ISO 15118-2:2014	Road vehicles -- Vehicle-to-Grid Communication Interface -- Part 2: Network and application protocol requirements
ISO/CD 15118-2 [Under development]	Road vehicles -- Vehicle to grid communication interface - - Part 2: Network and application protocol requirements
ISO 15118-3:2015	Road vehicles -- Vehicle to grid communication interface - - Part 3: Physical and data link layer requirements
ISO 15118-4 [Under development]	Road vehicles -- Vehicle to grid communication interface - - Part 4: Network and application protocol conformance test
ISO 15118-5 [Under development]	Road vehicles -- Vehicle to grid communication interface - - Part 5: Physical layer and data link layer conformance test
ISO 15118-8 [Under development]	Road vehicles -- Vehicle to grid communication interface - - Part 8: Physical layer and data link layer requirements for wireless communication
J2836/3_201701	Use Cases for Plug-In Vehicle Communication as a Distributed Energy Resource
J2847/3_201312	Communication for Plug-in Vehicles as a Distributed Energy Resource
J2836/3_201301	Use Cases for Plug-in Vehicle Communication as a Distributed Energy Resource
J2847/1_201105	Communication between Plug-in Vehicles and the Utility Grid
J2847/1_201006	Communication between Plug-in Vehicles and the Utility Grid

J2836/1_201004	Use Cases for Communication Between Plug-in Vehicles and the Utility Grid
ISO 15118-1:2013	Road vehicles -- Vehicle to grid communication interface - - Part 1: General information and use-case definition
ISO 15118-2:2014	Road vehicles -- Vehicle-to-Grid Communication Interface -- Part 2: Network and application protocol requirements
ISO 15118-3:2015	Road vehicles -- Vehicle to grid communication interface - - Part 3: Physical and data link layer requirements
9741	Outline of Investigation for Bidirectional Electric Vehicle (EV) Charging System Equipment

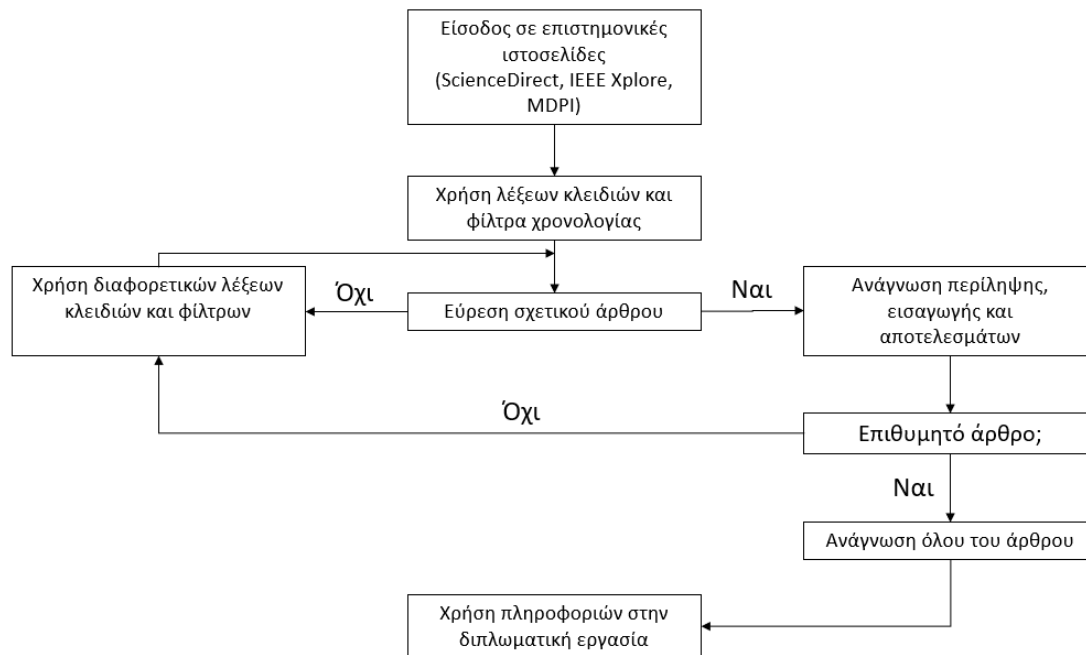
Πίνακας 4. Πρότυπα για V2G. (Cenex)

Καθώς η αγορά κινείται πώς την εμπορική κυκλοφορία του V2G, η τεχνολογία αυτή θα πρέπει να συμμορφώνεται με τα νέα πρότυπα. Η συνοχή και η διαλειτουργικότητα μεταξύ των προτύπων αυτών είναι ουσιαστικής σημασίας για την υποστήριξη και την μακροζωία της αγοράς της αμφίδρομης φόρτισης.

3 Μεθοδολογία

Για την επίτευξη του σκοπού αυτής της διπλωματικής εργασίας αναζητήθηκαν επιστημονικά άρθρα που είναι δημοσιευμένα σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά και είναι αναρτημένα στο διαδίκτυο σε επιστημονικές σελίδες αναζήτησης όπως το ScienceDirect, το IEEE Xplore και το MDPI. Η εύρεση των άρθρων έγινε με την χρήση πληθώρας λέξεων κλειδιών με την βοήθεια της λογικής Boolean (AND/OR/NOT) ανάλογα με ενότητα μελέτης. Παραδείγματα αναζητήσεων είναι (“Vehicle to Grid” AND Literature review”), (“Vehicle to Grid” AND “economical” AND (“Benefits” OR “Disadvantages”)), (“Vehicle to Grid” AND “Battery Degradation”), (“Vehicle to Grid” AND “Virtual Power Plants”), (“Vehicle to Grid” AND “Psychology”). Επιπλέον, σημαντικό ρόλο στην επιλογή των άρθρων είχε και η ημερομηνία έκδοσης καθώς αναζητήθηκαν πρόσφατα άρθρα με την χρονική περίοδο αναζήτησης να επικεντρώνεται την τελευταία δεκαετία. Η επιλογή πρόσφατων άρθρων έγινε με σκοπό το περιεχόμενο της διπλωματικής εργασίας να είναι όσο το δυνατόν πιο ενήμερο με την τρέχουσα τεχνολογική και οικονομική στάθμιση. Ωστόσο, έγινε ανάγνωση πληθώρας άρθρων έκδοσης παλαιότερης χρονολογίας ώστε να υπάρχει μια ολοκληρωμένη άποψη της εξέλιξης που παρουσιάζει η τεχνολογία. Για αυτό τον λόγο όπου θεωρήθηκε σωστό ή απαραίτητο έγινε χρήση και παλαιότερης βιβλιογραφίας.

Η κατηγοριοποίηση των άρθρων της βιβλιογραφικής ανασκόπησης έγινε σύμφωνα με την διασύνδεση του οχήματος στο δίκτυο. Η κατηγοριοποίηση με αυτό το κριτήριο έχει έναν ευρύ χαρακτήρα το οποίο δίνει την δυνατότητα κάλυψης όσο μεγαλύτερων άρθρων. Η θεματολογία των άρθρων ποικίλει σε οικονομικά, ενεργειακά και περιβαλλοντικά, τεχνικά αλλά και ψυχολογικά. Με αυτό τον τρόπο γίνεται κάλυψη των οικονομικών, τεχνικών και επικουρικών δεδομένων της τεχνολογίας. Εφόσον, έγινε η κάλυψη των θετικών επιδράσεων της τεχνολογίας, γίνεται μια επίσης εκτενής κάλυψη των αρνητικών και των δυσκολιών της αμφίδρομης φόρτισης. Η κάλυψη αυτή επικεντρώνεται κυρίως στην αρνητική επίδραση που μπορεί να έχει η αμφίδρομη φόρτιση στην μπαταρία του οχήματος, καθώς είναι η πιο σημαντική αρνητική επίδραση που πρέπει να αντιμετωπιστεί.



Εικόνα 26. Λογικό διάγραμμα μεθοδολογίας αναζήτησης άρθρων.

Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε η δημιουργία και διανομή ενός ερωτηματολογίου με θέμα την αμφίδρομη φόρτιση. Η δημιουργία του ερωτηματολογίου έγινε στο δωρεάν διαδικτυακό εργαλείο Google Forms. Το ερωτηματολόγιο δημιουργήθηκε ύστερα από ανάλυση ερωτηματολογίων και συνεντεύξεων που έχουν πραγματοποιηθεί στο εξωτερικό, αξιολογώντας τις ερωτήσεις αυτών, συμπληρώνοντας κενά που τυχόν βρέθηκαν και προσαρμόστηκε στα ελληνικά δεδομένα. Πριν την τελική προώθηση του ερωτηματολογίου έγινε έλεγχος του ερωτηματολογίου από τυχαίους ερωτηθέντες ώστε να διασταυρωθεί η κατανόηση και οι ελλείψεις που μπορεί να υπήρχαν. Στην τελική μορφή του το ερωτηματολόγιο αποτελούνταν από i) Δημογραφικές ερωτήσεις, ii) Ερωτήσεις σχετικές με την ηλεκτροκίνηση και τον βαθμό εξοικείωσης των ερωτηθέντων με αυτή, iii) Ερωτήσεις βαθμολόγησης των θετικών επιπτώσεων του V2G, iv) Ερωτήσεις βαθμολόγησης των αρνητικών επιπτώσεων του V2G, v) Ερωτήσεις για την προώθηση του V2G, iv) Ερωτήσεις γενικού περιεχομένου για το V2G. Ο χρόνος απάντησης του ερωτηματολογίου απαιτούσε τουλάχιστον 10 λεπτά.

Σκοπός του ερωτηματολογίου είναι να καλύψει το κενό που υπάρχει στην Ελλάδα, όσον αφορά το επίπεδο γνώσης και οικειότητας που υπάρχει και την επιθυμία των ερωτηθέντων να υιοθετήσουν το V2G. Το ερωτηματολόγιο απευθύνεται σε ένα ευρύ κοινό, από κατόχους ηλεκτρικών οχημάτων μέχρι και ανθρώπους που δεν γνωρίζουν πολλά για την ηλεκτροκίνηση. Σκοπός της προώθησης του ερωτηματολογίου σε ένα τόσο ευρύ κοινό, είναι η συλλογή διαφορετικών απόψεων που θα αντικατοπτρίζει καλύτερα το επίπεδο γνώσης και αποδοχής της ελληνικής κοινωνίας.

Για την επίτευξη του σκοπού αυτού το ερωτηματολόγιο προωθήθηκε σε ομάδα στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης που ασχολείται αποκλειστικά με τα θέματα της ηλεκτροκίνησης. Από αυτή την ομάδα συλλέχθηκαν απαντήσεις από κατόχους

ηλεκτρικών οχημάτων. Στη συνέχεια το ερωτηματολόγιο προωθήθηκε μέσω του ιδρυματικού email, στην εκπαιδευτική και μαθητική κοινότητα του πανεπιστημίου. Με αυτό τον τρόπο δημιουργήθηκαν τρεις κατηγορίες ερωτηθέντων, i) Κάτοχοι ηλεκτρικών οχημάτων ii) Μελλοντικοί κάτοχοι ηλεκτρικών οχημάτων iii) Μη μελλοντικοί κάτοχοι ηλεκτρικών οχημάτων.

Ύστερα από την συλλογή των απαντήσεων έγινε αξιολόγηση και σχολιασμός των αποτελεσμάτων και μια άμεση σύγκριση μεταξύ των ομάδων που δημιουργήθηκαν.

4 Κατηγοριοποίηση των άρθρων

Το V2G ως έννοια υπάρχει εδώ και πολύ καιρό. Η παλαιότερη καταγεγραμμένη ακαδημαϊκή μελέτη του θέματος ήταν το 1997 από το πανεπιστήμιο του Delaware. Η μελέτη δεν χρησιμοποίησε τον όρο V2G αλλά περιέγραψε την αξία των μπαταριών στην διαχείριση των διακυμάνσεων ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας και υπέθεσε ότι οι μπαταρίες των ηλεκτρικών οχημάτων μπορούν να παρέχουν την απαραίτητη ηλεκτρική ενέργεια για να καταστεί δυνατή η διαχείριση αυτή σε μεγάλη κλίμακα.

Περαιτέρω έρευνα υπήρξε πάνω στην τεχνολογία της αμφίδρομης φόρτισης μέσα στα επόμενα χρόνια, ωστόσο μόλις κυκλοφόρησε το πρώτο Nissan leaf το 2010 άρχισε να φαίνεται η πραγματική προοπτική της τεχνολογίας αυτής στον κόσμο.

Ακολούθησε αμέσως μετά το 2011 ο σεισμός στο Tohoku της Ιαπωνίας και η επακόλουθη πυρηνική κρίση στην Fukushima Daiichi. Λόγω αυτού πολλές ανησυχίες δημιουργήθηκαν στο Ιαπωνικό ενεργειακό σύστημα και ξεκίνησε μια προτροπή στην εύρεση εναλλακτικών τρόπων υποστήριξης του ηλεκτρικού δικτύου. Μέχρι εκείνη την στιγμή η Ιαπωνία είχε την υψηλότερη συγκέντρωση ηλεκτρικών οχημάτων και σταθμών φόρτισης στον κόσμο. Αυτό οδήγησε σε έρευνες για τη χρήση του V2G στην τροφοδοσία ρεύματος στα σπίτια σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, αλλά και σε περιπτώσεις συντηρήσεων ρουτίνας [35].

4.1 Λειτουργίες διασύνδεσης

Ένας εικονικός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής είναι ένα σύμπλεγμα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, συστημάτων αποθήκευσης/παραγωγής ενέργειας και ομάδων καταναλωτών, που συχνά συνδέονται με το δίκτυο κοινής ωφέλειας. Οι εικονικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής διαθέτουν επίσης και ηλεκτρικά οχήματα (Golla & Sudabattula, 2021). Το V1G, V2G και γενικότερα το V2X είναι η τρόπος διασύνδεσης του οχήματος με το δίκτυο.

Σε αυτή τη διπλωματική εργασία επιλέχθηκε να γίνει διαχωρισμός των άρθρων με βάση την διασύνδεση του ηλεκτρικού οχήματος στο δίκτυο. Η κατηγοριοποίηση αυτή επιλέχθηκε σύμφωνα με το άρθρο του (İnci et al., 2022a) όπου καταδεικνύονται οι έννοιες της διασύνδεσης, τα σενάρια και η αγορά των εικονικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής που ενσωματώνονται με ηλεκτρικά οχήματα.

Με την επιλογή αυτής της κατηγοριοποίησης μπορεί να σχολιαστεί το μεγαλύτερο εύρος σεναρίων της τεχνολογίας της αμφίδρομης φόρτισης και να αναλυθεί ξεχωριστά η επίδραση που έχουν τα ηλεκτρικά οχήματα, τόσο σε οικονομικό επίπεδο όσο και σε παροχή επικουρικών υπηρεσιών στο δίκτυο. Έτσι, γίνεται αναφορά σε κατηγορίες της τεχνολογίας όπως V2H, V2B και V2B. Ωστόσο, μεγαλύτερη εστίαση γίνεται στην διασύνδεση με το δίκτυο (V2G) καθώς μέσω αυτής προκύπτουν τα περισσότερα οικονομικά και επικουρικά οφέλη.

4.1.1 Αυτόνομο δίκτυο

Με την έννοια του αυτόνομου δικτύου απευθυνόμαστε σε ένα σύστημα το οποίο δεν είναι συνδεδεμένο στο ηλεκτρικό δίκτυο ενώ επίσης έχει ενσωματωθεί και ένα ηλεκτρικό όχημα στο σύστημα αυτό. Τα αυτόνομα συστήματα σαν και αυτό συνήθως αποτελούνται από ένα ή περισσότερα ηλεκτρικά οχήματα, μονάδες αποθήκευσης ενέργειας, φορτιστές μπαταριών, ηλεκτρικά φορτία και μικρά συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Τα συστήματα αυτά μπορούν:

- 1) να πραγματοποιήσουν μεταφορές ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ των αποθηκευτικών συστημάτων ή του ηλεκτρικού οχήματος και το φορτίο,
- 2) να παράσχουν εφεδρική πηγή ενέργειας για φορτία κατά την διάρκεια ελλείψεων
- 3) να μετριάσουν τις δυσμενείς επιπτώσεις που μπορεί να έχουν οι διακυμάνσεις στην παραγωγή των ΑΠΕ κατά την αυτόνομη λειτουργία (İnci et al., 2022b).

Με αυτό τον τρόπο διασύνδεσης εξερευνούνται κυρίως τα σενάρια που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 2.1.2.

Σημαντικό είναι και το οικονομικό όφελος της τεχνολογίας V2X καθώς σύμφωνα με το Electric Power Research Institute (EPRI) από την χρήση και εφαρμογή του V2X 5 εκατομμυρίων ηλεκτρικών οχημάτων μπορεί να παραχθεί οικονομικό όφελος της τάξης του 1 δισεκατομμυρίου (EPRI Journal).

Οι (Shurrab et al., 2022a) αναπτύσσοντας στρατηγικές ζήτησης και σενάρια V2H σε ένα σπίτι με αυτόνομο σύστημα παραγωγής ενέργειας έφτασαν στο συμπέρασμα πως ένας συνδυασμός βέλτιστης ζήτησης και V2H μπορεί να μειώσει το συνολικό κόστος του project κατά 41,5%.

Οι (Barone et al., 2019) ανέλυσαν ένα σύστημα διαχείρισης ενέργειας μεταξύ κτηρίων που συνδέονται σε ένα microgrid, θεωρώντας τα ηλεκτρικά οχήματα ως ένα από τα βασικά εργαλεία του συστήματος για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Εξετάζοντας διάφορα σενάρια B2V και V2B (V2B²) έφτασαν σε αποτελέσματα μείωσης των ενεργειακών καταναλώσεων από 45% έως και 77%.

Οι (Barone et al., 2020) σε μια ακόμη μελέτη V2B² έφτασαν σε αποτελέσματα εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας έως και 11,4% και οικονομική έως και 8,1% .

Οι έρευνες των (Shurrab et al., 2022b), (B S et al., 2022), (Mou et al., 2020), (Mahure et al., 2020) απευθύνονται σε μία διαφορετική ιδέα αυτόνομου συστήματος, αυτό της μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ δύο ηλεκτρικών οχημάτων (V2V) χωρίς την χρήση σταθμού φόρτισης. Η χρήση της τεχνολογίας αυτής μπορεί να είναι λύση στους φόβους πολλών οδηγών πως το όχημα τους μπορεί να ξεμείνει από ηλεκτρική ενέργεια στη μέση ενός μεγάλου ταξιδιού. Για την επίτευξη αυτής της φόρτισης είναι απαραίτητος ένας μετατροπέας DC-DC με αμφίδρομη ροή ενέργειας.

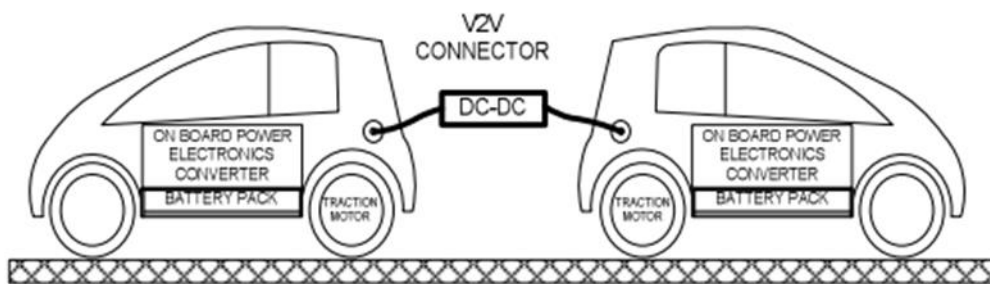


Fig. 1. Off-Board DC V2V Energy Exchange.

Εικόνα 27. Εξωτερικό σύστημα μεταφοράς ενέργειας μεταξύ δύο οχημάτων. (Mahure et al., 2020)

Μέσα από την ποικιλία των τεχνολογιών και εφαρμογών τις αμφίδρομης φόρτισης είναι φανερό πως μπορούν να προωθηθούν και να εξελιχθούν ιδέες όπως τα κτήρια (σχεδόν) μηδενικών καταναλώσεων. Η αμφίδρομη φόρτιση και τα ηλεκτρικά οχήματα μπορούν να βοηθήσουν στην ελαχιστοποίηση των προβλημάτων των ΑΠΕ και να κάνουν πιο αξιόπιστα αλλά και πιο οικονομικά συμφέροντα τα αυτόνομα συστήματα.

4.1.2 Διασυνδεδεμένο στο δίκτυο

Ένα σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας από τα ηλεκτρικά οχήματα, τα οποία λειτουργούν ως εικονικά συστήματα παραγωγής ενέργειας, ορίζεται ως ένα σύστημα διασυνδεδεμένο στο δίκτυο. Αυτή η λειτουργία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για οικονομικά αποδοτικά σενάρια αγοροπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας, πωλώντας περίσσεια ηλεκτρική ενέργεια από τις μπαταρίες των ηλεκτρικών οχημάτων αλλά και ως βοηθητικά συστήματα διείσδυσης και υποστήριξης των ΑΠΕ.

Σύμφωνα με τους (Inci et al., 2022c) τα κύρια σενάρια που προκύπτουν από την πληθώρα μελετών μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε:

-Απευθείας V2G

Σε αυτή τη λειτουργία πραγματοποιείται απευθείας μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας από το ηλεκτρικό όχημα στο ηλεκτρικό δίκτυο και ανάποδα.

Σε μελέτες που έχουν γίνει πάνω σε αυτή την λειτουργία οι (Ko et al., 2018) κατέληξαν πως η αμφίδρομη εναλλαγή ενέργειας βελτιώνει την αξιοπιστία του συστήματος πάνω στην μελέτη περίπτωσης τριών μικροδικτύων που μελέτησαν.

Οι (Singh & Tiwari, 2020) ερεύνησαν τις μακροπρόθεσμες οικονομικές επιπτώσεις που έχει το V2G στο σύστημα διανομής ενέργειας. Παρατήρησαν πως οι συντονισμένες στρατηγικές φόρτισης-εκφόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων είναι επωφελείς τόσο από τεχνικής αλλά και οικονομικής άποψης για το σύστημα διανομής. Οι μακροχρόνια οικονομική αποζημίωση από το V2G υπερβαίνει τα κόστη για την αρχική υλοποίηση αυτού.

Οι (Honarmand et al., 2014) εξετάζουν την διαχείριση και αξιοποίηση των ηλεκτρικών οχημάτων ενός πάρκινγκ και φτάνουν στο συμπέρασμα πως τέτοιες εφαρμογές μπορούν να παίξουν τον ρόλο ενός ΦοΣΕ (aggregator) καθώς θα μπορεί να διαχειριστεί

την ενέργεια των ηλεκτρικών οχημάτων μιας περιοχής με αποτέλεσμα να αποφευχθούν υπερφορτώσεις του συστήματος ενώ ταυτόχρονα οι χρήστες θα μπορούν να επωφελούνται οικονομικά από αυτό.

Οι (Zeng et al., 2015) εξέτασαν τα κόστη και τα κέρδη υβριδικών οχημάτων με την δυνατότητα αμφίδρομης φόρτισης αλλά και χωρίς, καταλήγοντας πως τα ηλεκτρικά οχήματα θα είχαν πολλά οικονομικά οφέλη με την συμμετοχή τους στο δίκτυο.

Οι (Baloglu & Demir, 2017b) σύγκριναν ηλεκτρικά οχήματα με χρήση αμφίδρομης φόρτισης σε μια υβριδική εγκατάσταση με συμβατικά οχήματα. Εξετάζοντας 2 σενάρια, ένα με ευνοϊκές καταστάσεις για τα ηλεκτρικά οχήματα και ένα με δυσχερείς. Το σενάριο της αμφίδρομης φόρτισης είναι οικονομικά πιο βιώσιμο και περιβαλλοντικά καλύτερο σε κάθε σενάριο. Ακόμα και στο σενάριο των δυσχερών παραμέτρων το σενάριο της αμφίδρομης φόρτισης είναι κατά 22% οικονομικά ευνοϊκότερο.

Επιπλέον σύστημα διασύνδεσης με V2G και δυνατότητα ασύρματης φόρτισης έχει αναπτυχθεί από τους (Mohammad et al., 2021). Η ασύρματη λειτουργία γίνεται από απόσταση σχεδόν 30 εκατοστών και επιτυγχάνει βαθμό απόδοσης φόρτισης-εκφόρτισης 96%.

-V2G με φορτία καταναλώσεων (V2L)

Η λειτουργία V2L επιτρέπει σε ένα ηλεκτρικό όχημα να παρέχει κανονική τροφοδοσία εναλλασσόμενου ρεύματος σε συσκευές ή φορτία όπως φώτα, φορητούς υπολογιστές ή ακόμα και μεγαλύτερες συσκευές όπως ένα ψυγείο. Πρόκειται για μια τεχνολογία όπου το ηλεκτρικό όχημα περιέχει έναν ενσωματωμένο μετατροπέα για την παροχή εναλλασσόμενου ρεύματος μέσω μιας ή περισσότερων εξόδων 120V ή 240V. Το V2L μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εφεδρική ισχύ έκτακτης ανάγκης, όπως και μια ηλεκτρογεννήτρια.

Ενώ το V2L είναι χρήσιμο για την παροχή ενέργειας κατά τη διάρκεια ενός ταξιδιού ή για βασική εφεδρική ισχύ στο σπίτι, η τεχνολογία αυτή μπορεί να μειώσει την εξάρτηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων από γεννήτριες βενζίνης ή πετρελαίου (CER).

Για τον σκοπό αυτό οι (Khan et al., 2019) πρότειναν έναν αυτόνομο μετατροπέα πολλαπλών λιμένων (multi-port converter) που μπορεί να ελέγξει την ροή ενέργειας προς πολλές κατευθύνσεις. Ο μετατροπέας έχει προγραμματιστεί σε Matlab/Simulink.

Οι (Liu et al., 2019; X. Wang et al., 2018, 2019) ανέλυσαν με λεπτομέρειες τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μετασχηματιστών αλλά και τους τρόπους λειτουργίας του V2L για συνεχές αλλά και εναλλασσόμενο ρεύμα.

-V2G σε συνδυασμό με κατοικίες (V2H) /V2G υποστηριζόμενα από ΑΠΕ (V2G with RES)

Εάν η λειτουργία του V2G χρησιμοποιείται για την παροχή ενεργής και άεργης ισχύς σε οικιακές συσκευές που είναι συνδεδεμένες σε ένα έξυπνο σπίτι, τότε η λειτουργία αυτή ονομάζεται V2H. Η λειτουργία του V2H είναι πλέον από τις πιο διαδεδομένες λειτουργίες του V2G και οι εφαρμογές της αυξάνονται με γρήγορους ρυθμούς. Ο συνδυασμός του V2H μαζί με συστήματα παραγωγής ενέργειας ΑΠΕ προσφέρει βελτιωμένες παροχές όπως φαίνεται και από τις παρακάτω μελέτες.

Από την μελέτη περίπτωσης των (Luo et al., 2020) όπου έγινε, εξετάστηκαν σενάρια λειτουργίας V2G μαζί με φωτοβολταϊκά. Κατέληξαν πως η σωστή και προγραμματισμένη χρήση του V2G μπορεί να προσφέρει μεγαλύτερη διείσδυση των φωτοβολταϊκών με αποτέλεσμα την μικρότερη διαστασιολόγηση αυτών άρα και ένα οικονομικότερο σύστημα.

Στην δική τους μελέτη οι (Gao et al., 2019) ενσωμάτωσαν στο δίκτυο ανεμογεννήτριες και ηλεκτρικά οχήματα με την δυνατότητα V2G. Ανέπτυξαν ένα πρόγραμμα φόρτισης-εκφόρτισης με σκοπό τον περιορισμό των λειτουργικών κοστών ενώ ταυτόχρονα ικανοποιούσαν και τις οδηγικές ανάγκες. Επιπλέον τα οχήματα χρησιμοποιήθηκαν και ως διαχειριστές ενέργειας λόγω της γρήγορης απόκρισης που απαιτούσαν οι απότομες αλλαγές στην παραγωγή και την ζήτηση. Με την χρήση του V2G μετριάστηκαν οι διακυμάνσεις στην ισχύ και έτσι σταθεροποιούταν η συχνότητα και η τάση του δικτύου.

Οι (Chen et al., 2020) στην δουλειά τους ανέλυσαν στρατηγικές βελτιστοποίησης της διαχείρισης ενέργειας σε ένα έξυπνο σπίτι με την χρήση ή χωρίς του V2G και με την χρήση ή χωρίς των οικιακών φωτοβολταϊκών, λαμβάνοντας επίσης υπόψιν τόσο τις οδηγικές ανάγκες του χειριστή όσο και την επίδραση των καιρικών συνθηκών. Στην μελέτη περίπτωσης τους ο συνδυασμός του V2G και των φωτοβολταϊκών ήταν σε θέση να καλύψει πλήρως τις ηλεκτρικές ανάγκες της οικίας σε ηλιόλουστες αλλά και συννεφιασμένες μέρες χωρίς την χρήση ενέργειας από το δίκτυο. Ενώ με σωστό σχεδιασμό και μετατόπιση των καταναλώσεων το σύστημα ήταν σε θέση να καλύψει πλήρως την ζήτηση, ακόμα και σε μια βροχερή μέρα.

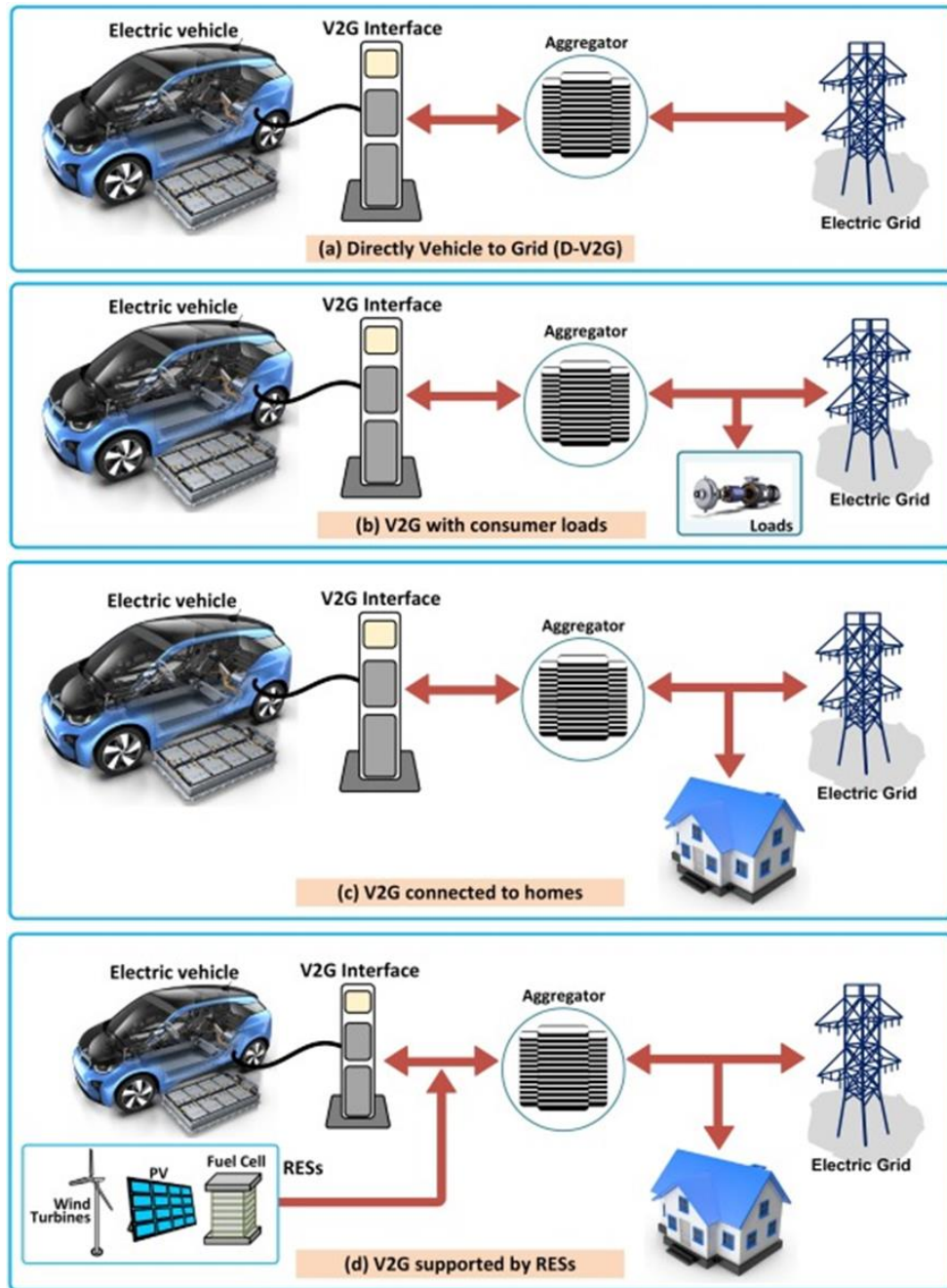
Οι (Nunes et al., 2015) με την χρήση του υπολογιστικού εργαλείου EnergyPLAN εφάρμοσαν διάφορα σενάρια για την Πορτογαλία του 2050, μεταβάλλοντας τα ποσοστά αξιοποίησης των ηλεκτρικών οχημάτων με αμφίδρομη φόρτιση και τα ποσοστά παραγόμενης ενέργειας από φωτοβολταϊκά. Ένας υψηλός συνδυασμός φωτοβολταϊκών και ηλεκτρικών οχημάτων μπορεί να επιφέρει μεγάλη μείωση στα ποσοστά CO₂, μεγάλη διείσδυση των φωτοβολταϊκών στο ενεργειακό μίγμα αλλά και να μηδενίσει την πλεονάζουσα παραγόμενη ενέργεια (πλήρης αξιοποίηση των φωτοβολταϊκών).

Οι (García-Vázquez et al., 2022) εξέτασαν ένα υβριδικό σύστημα ΑΠΕ για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιώντας το ηλεκτρικό όχημα σαν βοηθητικό εργαλείο.

Στο σενάριο που το όχημα λειτούργησε μόνο ως σύστημα μεταφοράς ενέργειας (V2H) βρήκαν πως το ηλεκτρικό όχημα μπορεί να μειώσει την διαστασιολόγηση της αποθηκευτικής μονάδας ενώ στο σενάριο πώλησης περίσσειας ενέργειας στο δίκτυο (V2G) είχε σαν αποτέλεσμα οικονομική εξοικονόμηση έως και 25%.

Οι (De Lazari & Sperandio, 2019) σε μια μελέτη όπου πρότειναν διάφορα σενάρια παροχής ενέργειας σε μια οικεία στην Βραζιλία με την χρήση της λειτουργίας V2H συμπέραναν πως αν και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις οδηγικές συνήθειες του χρήστη είναι δυνατή η εξομάλυνση του δικτύου σε ώρες αιχμής αλλά και να παραχθούν οικονομικά οφέλη από αυτό.

Οι (X. Li et al., 2020b) εξέτασαν τα οικονομικά οφέλη που προκύπτουν από την εξομάλυνση του δικτύου μέσω της χρήσης των ηλεκτρικών οχημάτων, φτάνοντας στο συμπέρασμα πως οι χρήστες έχουν οικονομικά οφέλη σε κάθε περίπτωση, με τα κέρδη να αυξάνονται όσο μεγαλώνει και η εξομάλυνση του δικτύου. Τα κέρδη γίνονται “αξιόλογα” όταν η τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας είναι τουλάχιστον 3 φορές μεγαλύτερη της ελάχιστης τιμής.



Εικόνα 28. Κατηγορίες διασύνδεσης στο ηλεκτρικό δίκτυο. (Inci et al., 2022c)

4.1.3 Βοηθητικές υπηρεσίες στο δίκτυο.

Όπως βλέπουμε από τα αποτελέσματα των παραπάνω μελετών η τεχνολογία του V2G είναι σε θέση να προσφέρει, εκτός από οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη, μια ποικιλία βοηθητικών υπηρεσιών στο ίδιο το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Οι υπηρεσίες αυτές μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σύμφωνα με την βιβλιογραφία σε τέσσερις κατηγορίες που αφορούν 1) την ενεργό ισχύ του ηλεκτρικού δικτύου, 2) την άεργο ισχύ του ηλεκτρικού δικτύου 3) την ρύθμιση της συχνότητας και 4) της τάσης του ηλεκτρικού δικτύου.

Το σύνολο της ισχύος (φαινόμενη ισχύς S) μιας συσκευής χωρίζεται σε δύο υποσύνολα: την ενεργό ισχύ (P) και την άεργο (Q).

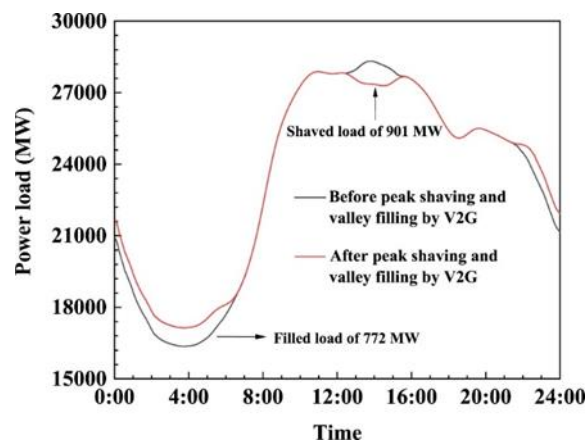
-Ενεργός ισχύς

Το σύνολο της ισχύος (φαινόμενη ισχύς S) μιας συσκευής χωρίζεται σε δύο υποσύνολα: την ενεργό ισχύ (P) και την άεργο (Q). Το πρώτο υποσύνολο της φαινόμενης ισχύος η ενεργός ισχύς (P), δηλαδή η ηλεκτρική ενέργεια ανά μονάδα χρόνου που παράγει πραγματικό έργο και μετριέται σε κιλοβάτ (kW). Με τον όρο «πραγματικό έργο» εννοείται το σύνολο της ενέργειας που τελικά μετατρέπεται, σε ωφέλιμο έργο.

Με τον όρο βοηθητικές υπηρεσίες στην ενεργό ισχύ εννοούμε την μεταφορά ενέργειας από τα αποθηκευτικά συστήματα των ηλεκτρικών οχημάτων στο δίκτυο κοινής ωφέλειας μέσω αμφίδρομων μετατροπέων. Ο κύριος στόχος της σχετικής υποστήριξης είναι να ομαλοποιήσει το προφίλ των καταναλώσεων, μετατοπίζοντας την καμπύλη του φορτίου (White & Zhang, 2011a).

Οι (Zheng et al., 2021) στην προσπάθειά τους να εξερευνήσουν την εξομάλυνση του φορτίου με την χρήση του V2G, δημιούργησαν σενάρια με κύριο παράγοντα τις συνήθειες των χρηστών. Τα αποτελέσματά τους έδειξαν πως με την συμβατική φόρτιση υπάρχει επιδείνωση της μέγιστης ζήτησης κατά την διάρκεια του καλοκαιριού κατά 7,59% για το 2025. Ενώ στα σενάρια χρήσης του V2G σε ποσοστό 50% και 90% υπήρχε αντίστοιχη επιδείνωση της τάξεως 2,53% και 1,71%.

Οι (Huang et al., 2022) σε μια πρόσφατη έρευνα τους βρήκαν πως η μέγιστη διαφορά μεταξύ των “κοιλιάδων” και των “κορυφών” μπορεί να μειωθεί κατά 14% με την χρήση του V2G στην πόλη της Σανγκάη στην Κίνα.



Εικόνα 29.Εξομάλυνση φορτίου με την χρήση του V2G. (Huang et al., 2022)

-Άεργος ισχύς

Το δεύτερο υποσύνολο της φαινόμενης ισχύος ονομάζεται άεργος ισχύς (Q) και μετριέται σε κιλόβόλταμπέρ (reactive power) (kVAr). Ονομάζεται άεργος ισχύς διότι σε αντίθεση με την ενεργό ισχύ δεν μετατρέπεται σε έργο, αλλά αντανακλάται από τη συσκευή και επιστρέφει στο ηλεκτρικό δίκτυο με διαφορετική μορφή (PALS).

Με τις βοηθητικές υπηρεσίες στην άεργο ισχύ, γνωστή και ως Vehicle for Grid (V4G), οι φορτιστές χρησιμοποιούνται να μεταφέρουν άεργη ισχύ στο δίκτυο σε σενάρια λειτουργίας αμφίδρομης φόρτισης (He et al., 2020). Ποικίλες μελέτες έχουν γίνει όπως αυτή των όπου προτείνουν πως η υποστήριξη άεργου ισχύος, η μετατόπιση και η περικοπή φορτίου των ηλεκτρικών οχημάτων θα πρέπει να συντονιστούν για την βελτιστοποίηση των λειτουργιών του συστήματος ισχύος (J. Wang et al., 2019). Αν γίνει ο απαραίτητος συντονισμός, θα οδηγήσει σε μεγαλύτερη διείσδυση των ηλεκτρικών οχημάτων άλλα και βελτίωση της λειτουργίας του ηλεκτρικού δικτύου.

Σε μια άλλη μελέτη οι (Tan et al., 2019) πρότειναν έναν φορτιστή που εκτός από αμφίδρομη φόρτιση και εκφόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος, μπορεί να προσφέρει βοηθητικές λειτουργίες όπως αντιστάθμιση άεργου ισχύος, διόρθωση του συντελεστή ισχύος και ρύθμιση του δικτύου τάσης. Τα αποτελέσματα της έρευνας και του αλγορίθμου που προτάθηκε έδειξαν ότι ο αλγόριθμος έδινε οδηγίες στον φορτιστή ανάλογα με τα όρια τάσης του δικτύου. Κάθε φορά που η τάση δικτύου υπερέβαινε τα όρια, ο φορτιστής άλλαζε αυτόματα σε λειτουργία ρύθμισης της τάσης του ηλεκτρικού δικτύου. Η ρύθμιση της τάσης γινόταν με την έγχυση άεργης ισχύς στο ηλεκτρικό δίκτυο.

Επομένως, η παραγωγή άεργης ισχύος θα βοηθήσει, παρέχοντας αυξημένη απόδοση μεταφοράς ισχύος και θα μειώσει την πιθανότητα εμφάνισης συνθηκών υπερφόρτισης του μετασχηματιστή (Pavličević & Mujović, 2022).

-Ρύθμιση συχνότητας

Η συχνότητα της παροχής ηλεκτρικού ρεύματος είναι ένας από τους σημαντικότερους δείκτες σταθερότητας που χρησιμοποιούνται στην λειτουργία του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας και πρέπει να ελέγχεται μεταξύ των ορίων που καθορίζονται από τις ρυθμιστικές αρχές. Οι αποκλίσεις στη συχνότητα του δικτύου μπορούν να αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά με την προσαρμογή της παραγωγής και της κατανάλωσης ενέργειας από την πλευρά της προσφοράς και την ζήτησης, αντίστοιχα. Παραδοσιακά, η υποστήριξη συχνότητας παρέχεται με την χρήση συμβατικών γεννητριών, αλλά η χρήση τους οδηγεί στην παραγωγή επιβλαβών αερίων, μείωση της θερμικής απόδοσης και φθορά (Kaur et al., 2019a). Λόγω του άμεσου χρόνου απόκρισης των μπαταριών ηλεκτρικών οχημάτων (συνήθως της τάξης των 10ms), τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν πλεονέκτημα έναντι άλλων ρυθμιστικών υπηρεσιών, όπως μηχανήματα συγχρωτισμού, έτσι τα ηλεκτρικά οχήματα μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στη διαχείριση των ανισορροπιών ζήτησης και προσφοράς στο εγγύς μέλλον.

Ένα πιθανό όφελος από την ενσωμάτωση των ηλεκτρικών οχημάτων είναι η δυνατότητα διατήρησης της αξιόπιστης λειτουργίας του δικτύου μέσω του συντονισμού του οχήματος και της υπηρεσίας κοινής ωφέλειας. Η τεχνολογία V2G επιτρέπει στα ηλεκτρικά οχήματα να παρέχουν υπηρεσία υποστήριξης της συχνότητας για το σύστημα του ηλεκτρικού δικτύου. Τα ηλεκτρικά οχήματα συνεργάζονται με το

διαχειριστή του ηλεκτρικού δικτύου και στην συνέχεια ο διαχειριστής παρέχει οικονομικά κίνητρα στα οχήματα που συμμετέχουν στην υπηρεσία ρύθμισης της συχνότητας (Amamra & Marco, 2019).

Ωθούμενοι από αυτά τα δεδομένα οι (Kaur et al., 2019b) στην μελέτη τους παρουσιάζουν ένα σχέδιο διαχείρισης ενέργειας για την εκμετάλλευση της συμμετοχής των ηλεκτρικών οχημάτων για δευτερεύουσα ρύθμιση της συχνότητας. Σκοπός τους ήταν να ελαχιστοποιήσουν τις διακυμάνσεις συχνότητας του δικτύου σύμφωνα με τις ανάγκες φόρτισης-εκφόρτισης, την ισχύ του οχήματος του κάθε χρήστη, αλλά και τη μεγιστοποίηση του κέρδους.

Σε μια παλαιότερη μελέτη οι (White & Zhang, 2011b) βρήκαν πως υπάρχει σημαντική προοπτική για οικονομικά οφέλη από την τεχνολογία του V2G όταν χρησιμοποιείται για ρύθμιση της συχνότητας ενώ ταυτόχρονα μειώνει και τις περιβαλλοντικές ζημιές. Πρέπει να σημειωθεί ωστόσο πως τα αποτελέσματα αυτά προκύπτουν για την τότε αγορά, ενώ οι συγγραφείς υποστηρίζουν πως η αύξηση των συμμετεχόντων στην ρύθμιση της συχνότητας θα επέφερε μείωση των κερδών.

Στην δική τους μελέτη οι (Meesenburg et al., 2020) πρότειναν έναν συνδυασμό μεταξύ ηλεκτρικών οχημάτων και μιας μεγάλων διαστάσεων αντλίας θερμότητας για την ρύθμιση της συχνότητας. Με τον συνδυασμό αυτό χρησιμοποιούσαν την γρήγορη απόκριση των ηλεκτρικών οχημάτων αλλά και την μεγάλη χωρητικότητα της αντλίας θερμότητας. Η συνδυαστική χρήση των δύο τεχνολογιών επέφερε οικονομικά οφέλη αρκετά για να αντισταθμίσουν τα λειτουργικά κόστη τόσο της αντλίας θερμότητας όσο και των ηλεκτρικών οχημάτων.

Πρόσφατα, ένα μοντέλο προγνωστικού ελέγχου ηλεκτρικών οχημάτων για του φορείς συσώρευσης ενέργειας έχει εισαχθεί από τους (Cai & Matsushashi, 2021). Το μοντέλο αυτό μεγιστοποιεί το οικονομικό όφελος λαμβάνοντας υπόψιν τις ρυθμιστικές τιμές. Με βάση το βελτιωμένο αυτό μοντέλο, το οικονομικό κέρδος αυξάνεται κατά 4,3% σε σύγκριση με την απλή πρόβλεψη.

Το μοντέλο που ανέπτυξαν και αξιολόγησαν οι (Kolawole & Al-Anbagi, 2019) είχε ως σκοπό του κόστους φθοράς της μπαταρίας του ηλεκτρικού οχήματος όταν αυτό χρησιμοποιείται για ρύθμιση της συχνότητας. Χρησιμοποιώντας πραγματικές τιμές φόρτισης-εκφόρτισης, ρύθμισης συχνότητας και τιμές ηλεκτρικής ενέργειας, τα αποτελέσματα έδειξαν πως οι ιδιοκτήτες των ηλεκτρικών οχημάτων μπορούν να συμμετέχουν αποτελεσματικά στη ρύθμιση συχνότητας και ταυτόχρονα να παράγουν έσοδα ελαχιστοποιώντας το κόστος φθοράς της μπαταρίας.

Τέλος οι (Metwly et al., 2023) συγκεντρώνουν ένα πλήθος ερευνών που εστιάζουν στην ρύθμιση της συχνότητας μέσω των ηλεκτρικών οχημάτων ενώ ταυτόχρονα συγκρίνουν και στρατηγικές διαχείρισης της ενέργειας που συμβάλουν στην ρύθμιση αυτή.

Άρθρο	Διασύνδεση στο δίκτυο	V2X κατηγορία	Θεματολογία			
			Οικονομικό	Τεχνικό	Περιβαλλοντικό	Ψυχολογικό
(Elkholy et al., 2022)	Αυτόνομο	V2H	✓			
(Barone et al., 2019)	Αυτόνομο	V2B	✓		✓	
(Barone et al., 2020)	Αυτόνομο	V2B	✓		✓	
(Shurrab et al., 2022)	Αυτόνομο	V2V		✓		✓
(B.S. et al., 2022)	Αυτόνομο	V2V		✓		✓
(Mou et al., 2020)	Αυτόνομο	V2V		✓		✓
(Mahure et al., 2020)	Αυτόνομο	V2V		✓		✓
(Ko et al., 2018)	Διασυνδεδεμένο	V2G		✓		
(Singh & Tiwari, 2020)	Διασυνδεδεμένο	V2G	✓	✓		
(Honarmand et al., 2014)	Διασυνδεδεμένο	V2G	✓	✓		
(Zeng et al., 2015)	Διασυνδεδεμένο	V2G	✓			
(Baloglu & Demir, 2017)	Διασυνδεδεμένο	V2G	✓		✓	
(Mohammad et al., 2021)	Διασυνδεδεμένο	V2G		✓		
(Khan et al., 2019)	Διασυνδεδεμένο	V2G/V2L		✓		

(X. Wang et al., 2018)	Διασυνδεδεμένο	V2G/V2L		✓		
(X. Wang et al., 2019)	Διασυνδεδεμένο	V2G/V2L		✓		
(Liu et al., 2019)	Διασυνδεδεμένο	V2G/V2L		✓		
(Luo et al., 2020)	Διασυνδεδεμένο	V2G w/ RES	✓		✓	
(Gao et al., 2019)	Διασυνδεδεμένο	V2G w/ RES		✓		
(Chen et al., 2020)	Διασυνδεδεμένο	V2G w/ RES	✓	✓	✓	
(Nunes et al., 2015)	Διασυνδεδεμένο	V2G w/ RES			✓	
(García-Vázquez et al., 2022)	Διασυνδεδεμένο	V2G/ V2H w/ RES	✓		✓	
(De Lazari & Sperandio, 2019)	Διασυνδεδεμένο	V2G/V2H w/ RES	✓	✓		
(X. Li et al., 2020)	Διασυνδεδεμένο	V2G w/ RES	✓			
(Zheng et al., 2021)	Βοηθητικό	V2G	✓	✓	✓	
(Huang et al., 2022)	Βοηθητικό	V2G		✓	✓	
(J. Wang et al., 2019)	Βοηθητικό	V2G		✓		
(Tan et al., 2019)	Βοηθητικό	V2G		✓		

(Pavličević & Mujović, 2022)	Βοηθητικό	V2G		✓		
(Kaur et al., 2019)	Βοηθητικό	V2G	✓	✓		
(White & Zhang, 2011)	Βοηθητικό	V2G	✓			
(Meesenburg et al., 2020)	Βοηθητικό	V2G	✓	✓		
(Cai & Matsuhashi, 2021)	Βοηθητικό	V2G	✓			
(Kolawole & Al-Anbagi, 2019)	Βοηθητικό	V2G	✓	✓		
(Metwly et al., 2023)	Βοηθητικό	V2G		✓	✓	

Πίνακας 5. Συγκεντρωτική κατηγοριοποίηση των άρθρων σύμφωνα με την διασύνδεση.

5 Εμπόδια και δυσκολίες του V2G.

5.1 Υψηλό επενδυτικό κόστος

Ένα από τα μεγαλύτερα εμπόδια για την εφαρμογή της τεχνολογίας V2G είναι οι υψηλές επενδύσεις που απαιτούνται. Στην πραγματικότητα, ένα σύστημα V2G βασίζεται σε μια αμοιβαία ροή πληροφοριών, ισχύος και χρημάτων μεταξύ των ιδιοκτητών ηλεκτρικών οχημάτων, των ΦοΣΕ και των χειριστών του δικτύου που χρειάζεται μια καλά οργανωμένη και έξυπνη υποδομή. Για παράδειγμα, απαιτείται ένα αποτελεσματικό σύστημα τηλεπικοινωνιών για να δημιουργηθεί μια γέφυρα μεταξύ των χρηστών σε αυτό το σύστημα. Τα οχήματα πρέπει να είναι εξοπλισμένα με εξοπλισμό μέτρησης της ισχύος εισόδου και εξόδου αλλά και με εξοπλισμό αποστολής του επιπέδου φόρτισης της μπαταρίας στους χειριστές του δικτύου. Συνολικά, όλοι αυτοί οι παράγοντες απαιτούν υψηλό επίπεδο επένδυσης και χρόνου για την αποτελεσματική εφαρμογή του συστήματος V2G (Bibak & Tekiner-Moğulkoç, 2021a).

Η υποδομή φόρτισης V2G (σημεία φόρτισης) είναι πιο ακριβή από τα συμβατικά έξυπνα σημεία φόρτισης αυτή τη στιγμή. Μεγάλο μέρος αυτού του κόστους σχετίζεται με τον εξειδικευμένο μετατροπέα που απαιτείται για τη μετατροπή της ισχύος συνεχούς ρεύματος από την μπαταρία σε εναλλασσόμενο ρεύμα για τροφοδοσία του ηλεκτρικού δικτύου. Ωστόσο, εάν οι κατασκευαστές οχημάτων σχεδίασαν τον ενσωματωμένο μετατροπέα (on-board charger) του οχήματος να επιτρέπει αμφίδρομη ροή ενέργειας τότε το V2G θα ήταν δυνατό χρησιμοποιώντας τα ίδια ακριβώς έξυπνα σημεία φόρτισης που χρησιμοποιούνται για την έξυπνη φόρτιση ήδη.

Από την μελέτη της OVO, μιας εταιρείας διαχείρισης ενέργειας στην Μεγάλη Βρετανία, διαπιστώθηκε ότι το μέσο κόστος του υλικού και της εγκατάστασης V2G είναι επί του παρόντος περίπου 3.700 £ υψηλότερο στο Ηνωμένο Βασίλειο από ό,τι για έναν κανονικό έξυπνο φορτιστή. Οι συμμετέχοντες στην μελέτη είπαν πως μια μείωση περίπου 1.000£ θα ενθάρρυνε την αγορά και εγκατάσταση, καθώς η περίοδος απόσβεσης θα είναι τότε το πολύ πέντε χρόνια (Nick Banks, 2021).

5.2 Εκφυλισμός της μπαταρίας

Η χρήση της τεχνολογίας Vehicle to Grid (V2G) μπορεί ενδεχομένως να οδηγήσει σε υποβάθμιση της μπαταρίας στα ηλεκτρικά οχήματα. Η υποβάθμιση της μπαταρίας συμβαίνει όταν η μπαταρία χάνει την ικανότητά της να κρατά μια φόρτιση με την πάροδο του χρόνου και το V2G μπορεί να επιταχύνει αυτή τη διαδικασία υποβάλλοντας την μπαταρία σε επιπλέον κύκλους φόρτισης και εκφόρτισης. Η έκταση της υποβάθμισης της μπαταρίας από το V2G εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως η συχνότητα και η διάρκεια της λειτουργίας του V2G, η χημεία της μπαταρίας και το σύστημα διαχείρισης της μπαταρίας. Ωστόσο, η χρήση του V2G μπορεί επίσης να έχει θετική επίδραση στη διάρκεια ζωής της μπαταρίας, εάν γίνει σωστή διαχείριση. Για παράδειγμα, το V2G μπορεί να βοηθήσει στην εξισορρόπηση των κύκλων φόρτισης και εκφόρτισης της μπαταρίας, γεγονός που μπορεί να μειώσει τη συνολική πίεση στην

μπαταρία και να βελτιώσει τη διάρκεια ζωής της. Επιπλέον, το V2G μπορεί ενδεχομένως να μειώσει την ανάγκη για γρήγορη φόρτιση, η οποία μπορεί επίσης να συμβάλει στην υποβάθμιση της μπαταρίας.

5.2.1 Αρνητικά

Η φθορά της μπαταρίας είναι αποτέλεσμα πολλών στοιχείων όπως η θερμοκρασία, το βάθος εκφόρτισης, ο ρυθμός φόρτισης και ο χρόνος. Στην πραγματικότητα, η υποβάθμιση της μπαταρίας είναι αποτέλεσμα πολλών παραγόντων που καθιστούν δύσκολη την αξιολόγηση. Για παράδειγμα, η θερμοκρασία της μπαταρίας των EVs επηρεάζεται από την ηλιακή ακτινοβολία, τη θερμότητα που παράγεται από τη φόρτιση και την εκφόρτιση, το σύστημα εξαερισμού, τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και ούτω καθεξής.

Σε μελέτες των τελευταίων ετών παρατηρείται ανησυχία για τις επιπτώσεις του V2G.

Οι (Hill et al., 2012) ανησυχούν για το εάν τα έσοδα από το V2G μπορούν να καλύψουν την απώλεια χωρητικότητας της μπαταρίας του οχήματος.

Οι (Guenther et al., 2013) διεξήγαγαν μια μελέτη για να εξετάσει τα χαρακτηριστικά υποβάθμισης της μπαταρίας ιόντων λιθίου. Ελήφθησαν υπόψιν διάφοροι συνδυασμοί σεναρίων οδήγησης, οικονομικών επιβαρύνσεων και εξομαλύνσεις φορτίων. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι συναλλαγές V2G μειώνουν τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας κατά περίπου 3 χρόνια λόγω των παρατεταμένων κύκλων εκφόρτισης και του μεγαλύτερου βάθους εκφόρτισης.

Οι (Gough et al., 2017b) πιστεύει πως το V2G θα επιτάχυνε την υποβάθμιση της μπαταρίας και πως τα κέρδη που προκύπτουν από το V2G δεν θα μπορούσαν να καλύψουν το κόστος από την υποβάθμιση της μπαταρίας.

Οι συγγραφείς (D. Wang et al., 2016) επικεντρώνονται κυρίως στον ποσοτικό προσδιορισμό της υποβάθμισης της μπαταρίας σε δύο τρόπους οδήγησης. Ένα σενάριο κανονικής οδήγησης και ένα σενάριο οδήγησης και παροχής υπηρεσιών με την χρήση του V2G. Υπάρχουν δύο μέθοδοι για τη μέτρηση της διάρκειας ζωής της μπαταρίας EV. Το πρώτο είναι η ημερολογιακή διάρκεια που είναι ο αριθμός των ετών που αναμένεται να λειτουργήσουν οι μπαταρίες και το δεύτερο είναι η διάρκεια ζωής του κύκλου που είναι ο αριθμός των κύκλων φόρτισης και εκφόρτισης. Στα αποτελέσματα αυτής της έρευνας παρατηρείται πως για λειτουργίες εξομάλυνσης του δικτύου, ρύθμισης της συχνότητας και χρήση για περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, ο εκφυλισμός της μπαταρίας είναι αρκετά μικρός. Οι μέσες απώλειες χωρητικότητας 10 ετών είναι 0,38%, 0,21% και 1,18% περισσότερες από ό,τι στο βασικό σενάριο οδήγησης, εάν τα ηλεκτρικά οχήματα παρέχουν εξομάλυνση του φορτίου αιχμής (V2G), ρύθμιση συχνότητας για 20 φορές ανά έτος. Επίσης κατέληξαν πως με την χρήση φορτιστή 7kW επιταχύνεται σημαντικά η απώλεια χωρητικότητας στα σενάρια V2G λόγω της μεγαλύτερης απορρόφησης από την μπαταρία.

Στην εργασία των (Bishop et al., 2013) έγινε ποσοτικοποίησή του αντίκτυπου σε διάφορα χαρακτηριστικά των μπαταριών κατά την παροχή υπηρεσιών με την χρήση V2G. Οι επιδράσεις των υπηρεσιών του V2G πάνω στον εκφυλισμό της μπαταρίας αξιολογήθηκε για τα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα και plug-in υβριδικά οχήματα για διαφορετικές χωρητικότητες μπαταριών, ποσοστά φόρτισης και βάθη εκφόρτισης. Η ρυθμός εκφυλισμού της μπαταρίας βασίστηκε σε τρεις παράγοντες. Την στάθμη της φόρτισης, το βάθος εκφόρτισης και την παροχή ενέργειας κατά τη χρήση του V2G. Η παροχής ενέργειας ήταν ο κυρίαρχος παράγοντας που καθόριζε τον ρυθμό και την έκταση της υποβάθμισης σε καθεμία από τις δοκιμές ευαισθησίας που πραγματοποιήθηκαν. Προέκυψαν μεγάλες παροχές ενέργειας από οχήματα με μεγάλη χωρητικότητα μπαταριών που αποφορτίζονταν σε περιόδους μεγάλης ζήτησης. Κατά συνέπεια η μεγάλη παροχή ενέργειας σε περιόδους μεγάλης ζήτησης οδήγησε σε ετήσια αντικατάσταση μπαταριών σε όλα τα σενάρια μπαταριών.

Εν κατακλείδι, ενώ η τεχνολογία V2G έχει τεράστιες δυνατότητες για να μεταμορφώσει τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούμε την ενέργεια και αντιμετωπίζουμε τις προκλήσεις σταθερότητας του δικτύου, είναι σημαντικό να αναγνωρίσουμε τον αντίκτυπο που μπορεί να έχει στην υποβάθμιση της μπαταρίας. Τα συστήματα V2G, τα οποία επιτρέπουν στα ηλεκτρικά οχήματα να τροφοδοτούν την ισχύ πίσω στο δίκτυο, εισάγουν πρόσθετους κύκλους και καταπόνηση στην μπαταρία του οχήματος, οδηγώντας σε σταδιακή φθορά με την πάροδο του χρόνου.

5.2.2 Αντιμετώπιση των αρνητικών

Όπως αναφέρθηκε και στην παραπάνω παράγραφο ο εκφυλισμός της μπαταρίας ενός ηλεκτρικού οχήματος από την χρήση της τεχνολογίας του V2G είναι ένα από τα βασικά προβλήματα της τεχνολογίας. Για αυτό τον λόγο πολλές έρευνες έχουν εστιάσει στο πως μπορούμε να υποβαθμίσουμε αυτό το πρόβλημα και σε πολλές περιπτώσεις ακόμα και να το ανατρέψουμε, δημιουργώντας σενάρια όπου η τεχνολογία του V2G μπορεί να έχει και θετικές επιδράσεις στην ζωή της μπαταρίας.

Μελέτες όπως αυτή των (Marongiu et al., 2015) που εξέτασε απλά προφίλ φόρτισης-εκφόρτισης με τα αποτελέσματα του να υποδηλώνουν, πως όσον αφορά την χωρητικότητα της μπαταρίας, το χειρότερο σενάριο προέκυψε στις περιπτώσεις όπου υπήρχαν μεγάλες περίοδοι στάθμευσης στην εργασία και μη χρήση V2G στο σπίτι. Αυτό σημαίνει πως με έξυπνο σχεδιασμό κατά τις περιόδους στάθμευσης, υπάρχει η πιθανότητα το V2G να επηρεάσει θετικά την υγεία της μπαταρίας ενός ηλεκτρικού οχήματος.

Στο (Fouladi et al., 2021) σε αυτό το άρθρο, παρουσιάστηκε ένα σύστημα διαχείρισης ενέργειας για τη σωστή φόρτιση των PHEV λαμβάνοντας υπόψη τη στοχαστική φύση του προφίλ φόρτισης καθώς και την ισχύ εξόδου από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ο στόχος του προτεινόμενου συστήματος είναι η φόρτιση των PHEV με τρόπο που ταυτόχρονα ελαχιστοποιεί την ενέργεια που αντλείται από το δίκτυο κοινής ωφέλειας και μεγιστοποιεί τη διάρκεια ζωής των συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας της μπαταρίας. Αποδείχθηκε ότι το προτεινόμενο σύστημα διαχείρισης ενέργειας επιτρέπει

τη φόρτιση των PHEV βελτιώνοντας τη διάρκεια ζωής των συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας της μπαταρίας και επιτυγχάνοντας τη μέγιστη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, μειώνοντας έτσι την ενέργεια που αντλείται από το δίκτυο κοινής ωφέλειας, ακόμη και όταν το επίπεδο διείσδυσης των PHEV είναι υψηλό.

Σε αυτή τη μελέτη των (S. Li et al., 2020) προτείνεται μια νέα προσέγγιση με σκοπό την αντιγήρανση των μπαταριών από τη χρήση του V2G. Ένας πολυπαραγοντικός μηχανισμός, ο οποίος σχεδιάστηκε ώστε να επιλύσει το πρόβλημα προγραμματισμού και χρονοδιαγράμματος του V2G. Σε σχέση με έναν απλό σχεδιασμό, αυτός ο μηχανισμός διαχείρισης μείωσε τον αριθμό των πλήρων και μερικών κύκλων φόρτισης-εκφόρτισης κατά 79,4% και 15,6% αντίστοιχα, γεγονός που δείχνει ότι το φαινόμενο υποβάθμισης της μπαταρίας κατά την εφαρμογή V2G καταστέλλεται αποτελεσματικά.

Οι συστοιχίες των μπαταριών των ηλεκτρικών οχημάτων μπορούν να αναπτύξουν δυναμικές παραλλαγές εντός της κυψέλης με την πάροδο του χρόνου. Αυτό οφείλεται στη δομική πολυπλοκότητα και στις ηλεκτροχημικές λειτουργίες στις συστοιχίες των μπαταριών. Αυτές οι παραλλαγές μπορεί να προκύψουν σε συστήματα μπαταριών που χρησιμοποιούνται για V2G λόγω πρόσθετων κύκλων φόρτισης και εκφόρτισης στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω εξωτερικών παραγόντων και λόγω της μακροχρόνιας θερμοκρασίας.

Στο άρθρο των (Khalid & Peng, 2020), αναλύθηκε μια παραλλαγή στην συστοιχία των μπαταριών ενός οχήματος που χρησιμοποιούνταν για V2G. Το προτεινόμενο σχέδιο έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνει τη διάρκεια ζωής των μπαταριών στα ηλεκτρικά οχήματα και ως εκ τούτου ενισχύει την αποτελεσματικότητα των βοηθητικών υπηρεσιών του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας.

Συμπεραίνουμε πως ο μετριασμός του εκφυλισμού της μπαταρίας μέσω προηγμένων συστημάτων διαχείρισης μπαταριών, βελτιστοποιημένων στρατηγικών φόρτισης και βελτιωμένων τεχνολογιών μπαταρίας θα είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση της μακροπρόθεσμης βιωσιμότητας των λύσεων V2G. Επιτυγχάνοντας μια ισορροπία μεταξύ των πλεονεκτημάτων του V2G και της ανάγκης διατήρησης της υγείας των μπαταριών, μπορούμε να ξεκλειδώσουμε ένα βιώσιμο και ανθεκτικό ενεργειακό μέλλον όπου τα ηλεκτρικά οχήματα συμβάλλουν ενεργά στη σταθερότητα και την αποτελεσματικότητα των δικτύων ενέργειας μας.

5.3 Στοχαστικότητα των ΗΟ και των ΑΠΕ

Η στοχαστική φύση των στρατηγικών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων αναφέρεται στην μεταβλητότητα, στην διαθεσιμότητα αλλά και στα μοτίβα φόρτισης των οχημάτων αυτών. Παράμετροι όπως οι χρόνοι άφιξης και αναχώρησης σε σταθμούς φόρτισης, οι καθημερινές αποστάσεις που διανύονται από τα οχήματα, η χωρητικότητα των μπαταριών και τα μεγέθη των φορτιστών μπορούν να μειώσουν την αξιοπιστία της τεχνολογίας και του ηλεκτρικού δικτύου (Bibak & Tekiner-Moğulkoc, 2021b). Αυτές οι παράμετροι μπορούν να δημιουργήσουν προκλήσεις για τους ΦοΣΕ αλλά και τους

χειριστές του δικτύου κατά την ενσωμάτωση της τεχνολογίας V2G, καθώς καθιστά δύσκολη την πρόβλεψη της ποσότητας ενέργειας που διατίθεται από τα ηλεκτρικά οχήματα ανά πάσα στιγμή.

Ομοίως, η στοχαστική φύση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια, μπορεί να επηρεάσει την εφαρμογή της τεχνολογίας V2G. Αυτές οι πηγές ενέργειας εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις καιρικές συνθήκες και η διαθεσιμότητά τους μπορεί να κυμαίνεται απρόβλεπτα κατά τη διάρκεια της ημέρας. Αυτή η μεταβλητότητα μπορεί να καταστήσει δύσκολη την εξισορρόπηση του δικτύου, καθώς η ποσότητα της διαθέσιμης ενέργειας από αυτές τις πηγές μπορεί να αλλάξει γρήγορα, απαιτώντας από τους διαχειριστές του δικτύου να προσαρμόζονται συνεχώς την παροχή ενέργειας για να ανταποκρίνονται στη ζήτηση.

Για να ξεπεραστούν αυτές οι προκλήσεις, η τεχνολογία V2G πρέπει να σχεδιαστεί με υψηλό βαθμό ευελιξίας και προσαρμοστικότητας. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση προηγμένων αλγορίθμων πρόβλεψης που μπορούν να προβλέψουν τη διαθεσιμότητα ηλεκτρικών οχημάτων και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς και με τη χρήση προηγμένων συστημάτων ελέγχου που μπορούν να ανταποκριθούν γρήγορα σε αλλαγές στην προσφορά και ζήτηση ενέργειας του δικτύου. Επιπλέον, η χρήση υποδομών έξυπνης φόρτισης και των πρωτοκόλλων της επικοινωνίας του V2G μπορεί να βοηθήσει στη βελτιστοποίηση των προτύπων φόρτισης και εκφόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων, διασφαλίζοντας ότι είναι διαθέσιμα όταν χρειάζεται για τη σταθεροποίηση του δικτύου.

Τέτοιοι αλγόριθμοι έχουν παρουσιαστεί και σχολιαστεί σε άρθρα όπως αυτά των (Hernández et al., 2017) και (Ruiz-Rodriguez et al., 2018) όπου αξιολογούνται οι συμπεριφορές των ηλεκτρικών οχημάτων και των φωτοβολταϊκών με την χρήση GAT (general analytical technique) και πιθανολογικών μεθόδων.

5.4 Ψυχολογία και κοινωνικός αντίκτυπος

Οι ψυχολογικές επιπτώσεις της τεχνολογίας V2G στους χρήστες ηλεκτρικών οχημάτων δεν είναι ακόμη καλά κατανοητές, καθώς η υιοθέτηση της τεχνολογίας V2G βρίσκεται ακόμη στα αρχικά της στάδια. Ωστόσο, ορισμένες πιθανές ψυχολογικές επιπτώσεις μπορεί να προκύψουν με βάση την έρευνα σε σχετικούς τομείς.

Παρά τη σημασία της, η αποδοχή των καταναλωτών δεν έχει μελετηθεί σχετικά σε σύγκριση με τις πιο τεχνικές πτυχές που σχετίζονται με το V2G. Η ενσωμάτωση και αποθήκευση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οι υπηρεσίες για το ηλεκτρικό δίκτυο σε παγκόσμιο επίπεδο και επίπεδο διανομής και ο αντίκτυπος στις μπαταρίες των ηλεκτρικών οχημάτων, που προκαλούν επιταχυνόμενη υποβάθμιση, είναι οι τομείς στους οποίους επικεντρώνεται η συντριπτική πλειοψηφία των μελετών V2G (van Heuveln et al., 2021a). Οι (B. K. Sovacool et al., 2018) διαπίστωσαν ότι οι κοινωνικές πτυχές του V2G που σχετίζονται με την αποδοχή των καταναλωτών αναφέρθηκαν σε λιγότερο από το 3% της διαθέσιμης βιβλιογραφίας σχετικά με το V2G. Συγκεκριμένα, υπάρχουν κενά που σχετίζονται με την αντίληψη για το V2G που επικρατούν μεταξύ

των σημερινών οδηγών των ηλεκτρικών οχημάτων τα υποκειμενικά κίνητρα πίσω από τη στάση τους και τους παράγοντες που επηρεάζουν την αποδοχή της τεχνολογίας.

Ένας πιθανός ψυχολογικός αντίκτυπος του V2G θα μπορούσε να είναι η αίσθηση ευθύνης και ελέγχου μεταξύ των χρηστών ηλεκτρικών οχημάτων. Με τη χρήση του V2G, οι ιδιοκτήτες ηλεκτρικών οχημάτων έχουν την ευκαιρία να συμβάλουν στη σταθερότητα του ηλεκτρικού δικτύου και να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, γεγονός που μπορεί να ενισχύσει την αίσθηση περιβαλλοντικής ευθύνης.

Επιπλέον, η αβεβαιότητα γύρω από την τεχνολογία V2G θα μπορούσε επίσης να οδηγήσει σε αισθήματα δυσπιστίας ή σκεπτικισμού μεταξύ των ιδιοκτητών EV, ειδικά εάν υπάρχει έλλειψη διαφάνειας σχετικά με τον τρόπο χρήσης της μπαταρίας τους και τον αντίκτυπο που μπορεί να έχει στη διάρκεια ζωής της μπαταρίας.

Από την άλλη πλευρά, η χρήση του V2G θα μπορούσε επίσης να δημιουργήσει αισθήματα άγχους ή στρες στους χρήστες των ηλεκτρικών οχημάτων. Για παράδειγμα, η ανάγκη παροχής ενέργειας πίσω στο δίκτυο σε περιόδους αιχμής ζήτησης μπορεί να απαιτήσει από τους ιδιοκτήτες ηλεκτρικών οχημάτων να αλλάξουν τα μοτίβα φόρτισης και οδήγησης, κάτι που θα μπορούσε να εκληφθεί ως επιβάρυνση ή ταλαιπωρία.

Στο μεταξύ, μία από τις μεγαλύτερες ανησυχίες των ιδιοκτητών των ηλεκτρικών οχημάτων είναι το απόρρητο και η ασφάλεια αυτού του συστήματος. Επειδή, υπάρχει μια συνεχής και αμοιβαία επικοινωνία μεταξύ των ιδιοκτητών των ηλεκτρικών οχημάτων και των χειριστών του δικτύου, μπορεί όλες οι πληροφορίες των ιδιοκτητών όπως διεύθυνση κατοικίας και εργασίας, πρόγραμμα κ.λπ. να είναι προσβάσιμο στους χειριστές (Shen et al., 2018).

Συνολικά, οι ψυχολογικές επιπτώσεις της τεχνολογίας V2G στους χρήστες EV είναι πιθανό να είναι περίπλοκες και πολύπλευρες και θα εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες όπως μεμονωμένες αξίες και πεποιθήσεις, πρότυπα χρήσης και την αξιοπιστία και τη διαφάνεια της τεχνολογίας. Καθώς το V2G συνεχίζει να υιοθετείται και να ερευνάται, είναι πιθανό να προκύψει καλύτερη κατανόηση των ψυχολογικών του επιπτώσεων.

6 Ερωτηματολόγιο

6.1 Ανασκόπηση ερωτηματολογίων V2G που έχουν πραγματοποιηθεί

Αρκετές προηγούμενες μελέτες διερεύνησαν την αποδοχή του V2G από δυνητικούς πελάτες, εστιάζοντας σε διάφορες πτυχές, όπως η προθυμία πληρωμής για ηλεκτρικά οχήματα με δυνατότητα V2G, η προθυμία συμμετοχής σε συμβάσεις V2G, οι προτιμήσεις σε σχέση με αυτές τις συμβάσεις και ούτω καθεξής.

Σε μια παλαιότερη έρευνα οι (Parsons et al., 2014) συνέλεξαν δεδομένα μέσω διαδικτυακών ερευνών από οδηγούς οχημάτων κινητήρων εσωτερικής καύσης (IC) (υποψήφιους χρήστες EV) στις ΗΠΑ. Εστιάζοντας περισσότερο στον οικονομικό παράγοντα οι συγγραφείς βρήκαν πως οι οδηγοί ένιωθαν άβολα να υπογράψουν συμβάσεις V2G. Αυτό οφείλεται πιθανώς σε έναν συνδυασμό πολλών παραγόντων, συμπεριλαμβανομένης της επιθυμίας των οδηγών για ευελιξία στη χρήση του αυτοκινήτου, της έλλειψης επίγνωσής τους για το πόσες ώρες είναι σταθμευμένα τα αυτοκίνητά τους και της ανησυχίας τους ότι μπορεί να μην ξέρουν πώς να εξαιρεθούν από ορισμένους όρους του συμβολαίου. Με βάση τις προτιμήσεις που δήλωσαν οι ερωτηθέντες στις ερωτήσεις της έρευνας, πρότειναν να παρέχονται στους πελάτες είτε προκαταβολικά κίνητρα, είτε να χρεώνονται με βάση το “pay-as-you-go” και όχι με συμβόλαια που επιβάλλουν συγκεκριμένη συμπεριφορά χρέωσης.

Οι (Geske & Schumann, 2018) διερεύνησαν την προθυμία συμμετοχής στο V2G μέσω πειραμάτων διακριτών επιλογών, καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι το άγχος αυτονομίας του οχήματος ήταν μια ιδιαίτερα σημαντική παράμετρος. Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, λόγω της χαμηλής διείσδυσης των ηλεκτρικών οχημάτων στη Γερμανία τη στιγμή της συλλογής των δεδομένων, η εργασία βασίστηκε σε μεγάλο βαθμό σε έρευνες που συμπληρώθηκαν από χρήστες συμβατικών οχημάτων που ενδιαφέρονται για τη μελλοντική αγορά ενός EV. Ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα 611 χρηστών οχημάτων συμμετείχε στην έρευνα, συμπεριλαμβανομένων 14 χρηστών ηλεκτρικών οχημάτων.

Οι (Kester et al., 2018) πραγματοποίησαν 227 ημιδομημένες συνεντεύξεις με 257 συμμετέχοντες από περισσότερα από 200 ιδρύματα σε καθεμία από τις πέντε σκανδιναβικές χώρες από τον Σεπτέμβριο του 2016 έως τον Μάιο του 2017. Τα αποτελέσματά δείχνουν πως ο αριθμός των ειδικών που προσφέρουν προτάσεις στις πολιτικές για την τεχνολογία του V2G είναι μικρός. Τα βασικά συμπεράσματα της έρευνας είναι πρώτον, η έλλειψη συνειδητοποίησης και βαθύτερης κατανόησης του τι είναι το V2G και πώς λειτουργεί στον τομέα των μεταφορών και της ηλεκτρικής ενέργειας, κάτι που είναι εμφανές δεδομένου του μικρού αριθμού προτεινόμενων μηχανισμών και της σύγχυσης με την έξυπνη φόρτιση. Τα ευρήματα επιβεβαιώνουν την ανάγκη για πολιτικές που στοχεύουν τους ΦοΣΕ, τους διαχειριστές του ηλεκτρικού δικτύου, την οικονομία του ηλεκτρικού ρεύματος, την ανάγκη δημιουργίας τυποποιήσεων και κατευθυντήριων γραμμών τόσο για τους καταναλωτές όσο και για τις βιομηχανίες που συνδέονται με το V2G.

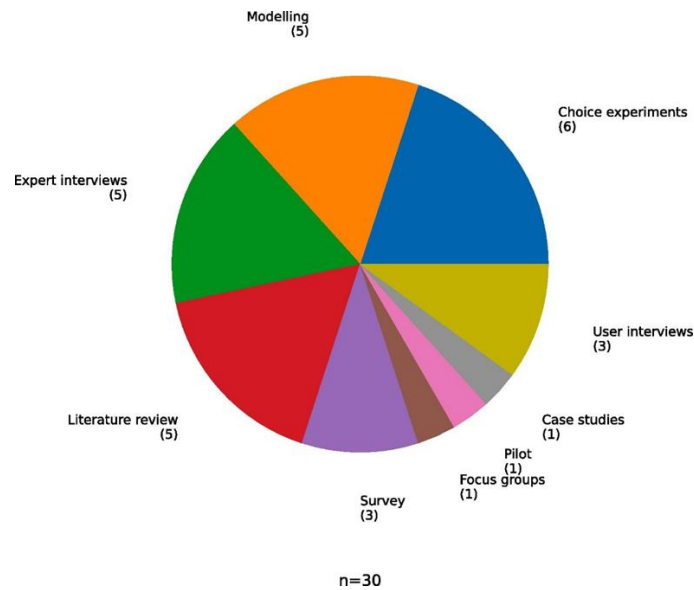
Η (Meijssen et al., 2019) χρησιμοποίησε διαδικτυακές και εκτός σύνδεσης έρευνες για να επικοινωνήσει με τους Ολλανδούς οδηγούς ηλεκτρικών οχημάτων. Η

διαθεσιμότητα εγκαταστάσεων γρήγορης φόρτισης διαπιστώθηκε ότι μειώνει την ανησυχία των χρηστών και, κατά συνέπεια, τους έκανε πιο πρόθυμους να συμμετάσχουν σε συμβάσεις V2G.

H (van Heuveln et al., 2021b) πραγματοποίησαν συνεντεύξεις σε 20 πολίτες της Ολλανδίας που κατέχουν ηλεκτρικό όχημα. Δυνητικοί χρήστες ηλεκτρικών οχημάτων δεν συμπεριελήφθησαν στις συνεντεύξεις καθώς η έλλειψη εμπειρίας θεωρήθηκε πως θα έκανε τις απαντήσεις τους λιγότερο αξιόπιστες. Τα θέματα των συνεντεύξεων ποικίλαν, καθώς τους ζητήθηκε να σχολιάσουν τα οικονομικά οφέλη του V2G, τον εκφυλισμό της μπαταρίας, το άγχος αυτονομίας (range anxiety), την κατάσταση της αγοράς, την έλλειψη νομοθεσιών και πρωτοκόλλων ή την ελευθερία ελέγχου του χρήστη πάνω στο όχημα. Στις απαντήσεις φάνηκε μια θετική στάση στα οικονομικά κίνητρα που προκύπτουν, ενώ στον εκφυλισμό της μπαταρίας υπήρχαν διαφορετικές απόψεις, σχολιάζοντας πως αν τα κέρδη είναι ανάλογα ή αν ο εκφυλισμός δεν είναι πολύ μεγάλος, η υποβάθμιση της μπαταρίας δεν αποτελεί μεγάλο εμπόδιο. Μεγάλη ανησυχία και άγνοια υπήρχε στα θέματα χρήσης του V2G, καθώς οι χρήστες δεν γνώριζαν καν αν τα οχήματά τους διέθεταν την δυνατότητα αμφίδρομης φόρτισης, και ακόμα και αν την διέθεταν, οι χρήστες δεν γνώριζαν πως να τη χρησιμοποιήσουν.

Όσον αφορά την Ελλάδα, τα ερωτηματολόγια που αφορούν την ηλεκτροκίνηση είναι πολλά, με κάθε ερωτηματολόγιο να προσεγγίζει διαφορετικά το θέμα. Στην διπλωματική εργασία του (Φωτόπουλος Ιωάννης, 2019) εξετάζεται η πρόθεση για υιοθέτηση της ηλεκτροκίνησης με βάσει τις τάσεις και τις συνήθειες της εποχής μας, ενώ στην διπλωματική εργασία της (Ποϊζη Άννα, 2018) μελετάται η ενημέρωση και η ωριμότητα των πολιτών πάνω στην ηλεκτροκίνηση, εξετάζοντας τις απόψεις τόσο τοπικών φορέων, όπως δήμοι, πανεπιστήμια και γραφεία αλλά και πολίτες. Στην διπλωματική εργασία του (Κυπαρίσσης Ιωάννης, 2021) γίνεται ανάλυση των προτιμήσεων των οδηγών απέναντι στα ηλεκτρικά οχήματα, εξετάζοντας και συγκρίνοντας διάφορα σενάρια μεταξύ συμβατικών, υβριδικών και αμιγώς ηλεκτρικών οχημάτων.

Είναι δεδομένο πως έχει γίνει ήδη μεγάλη προσπάθεια να καλυφθεί η άποψη των πολιτών και των φορέων για την ηλεκτροκίνηση. Ωστόσο, δεν έχει γίνει κάποια προσπάθεια ακόμα για την κάλυψη της τεχνολογίας της αμφίδρομης φόρτισης.



Εικόνα 30. Μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν από 30 μελέτες που κάλυψαν το V2G και την κοινωνική αποδοχή. (van Heuveln et al., 2021a)

6.2 Σκοπός του ερωτηματολογίου

Διαβάζοντας την βιβλιογραφία του V2G που εστιάζει σε ερωτηματολόγια και συνεντεύξεις παρατηρούμε πως τα παλαιότερα ερωτηματολόγια αποτελούνται από ερωτηθέντες που στην πλειοψηφία τους δεν κατείχαν ηλεκτρικά οχήματα ενώ τα πιο πρόσφατα εστιάζουν κυρίων σε χρήστες που κατέχουν ηλεκτρικό όχημα, καθώς οι γνώσεις και οι απόψεις των χρηστών αυτών θεωρούνται πιο αξιόπιστες.

Το ερωτηματολόγιο αυτό καλείται να καλύψει δύο κενά. Καθώς ο βαθμός κοινωνικής αποδοχής είναι ένας σημαντικός παράγοντας της επιτυχίας του V2G, ο κύριος στόχος αυτής της έρευνας ήταν να εξερευνήσει τις προτιμήσεις των Ελλήνων οδηγών ηλεκτρικών οχημάτων σχετικά με τη συμμετοχή τους στο V2G.

Η διεξαγωγή ενός ερωτηματολογίου σχετικά με την τεχνολογία V2G, ειδικά στην Ελλάδα, έχει σημαντική σημασία λόγω της απουσίας προηγούμενων ερευνών για το θέμα αυτό στη χώρα. Με την διεξαγωγή του ερωτηματολογίου δίνεται η ευκαιρία να εξερευνηθούν οι αντιλήψεις, οι γνώσεις και η στάση των Ελλήνων κατοίκων τόσο στο θέμα της ηλεκτροκίνησης αλλά και ειδικότερα στο θέμα της αμφίδρομης φόρτισης. Σχεδιάζοντας ένα ερωτηματολόγιο προσαρμοσμένο στο ελληνικό πλαίσιο, οι μελλοντικοί ερευνητές και ενδιαφερόμενοι μπορούν να αξιολογήσουν τις συγκεκριμένες προκλήσεις και ευκαιρίες που συνδέονται με το V2G στην Ελλάδα, όπως η ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η υπάρχουσα υποδομή, τα ρυθμιστικά πλαίσια και οι προτιμήσεις των καταναλωτών.

Αυτό το ερωτηματολόγιο ευελπιστεί να καλύψει σε ένα βαθμό το κενό γνώσης παρέχοντας μια ενδεικτική εικόνα της κατάστασης στην Ελλάδα στους ενδιαφερόμενους που έχουν ως σκοπό την διαμόρφωση στρατηγικών για την προώθηση της βιώσιμης μεταφοράς και την ενίσχυση της αποδοτικότητας του δικτύου στην Ελλάδα.

Ο δεύτερος στόχος του ερωτηματολογίου είναι να καλύψει το κενό που έχει δημιουργηθεί τα τελευταία χρόνια, συμπεριλαμβάνοντας τις απόψεις τόσο αυτών που κατέχουν ΗΟ, όσο και αυτών που δεν κατέχουν. Σκοπός αυτής της επιλογής είναι να δοθεί η δυνατότητα άμεσης σύγκρισης των κατηγοριών, με σκοπό την χάραξη διαφορετικών στρατηγικών προώθησης και προσέγγισης, για την βέλτιστη ανάπτυξη του V2G.

6.3 Σχεδιασμός του ερωτηματολογίου

Το ερωτηματολόγιο σχεδιάστηκε ύστερα από μελέτη των άρθρων που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 6.1 απ' όπου αναλύθηκαν οι ερωτήσεις των συγγραφέων και αξιολογήθηκε ο σκοπός τους αλλά και τυχόν ελλείψεις που θεωρήθηκε πως υπάρχουν. Πριν φτάσει στην τελική του μορφή το ερωτηματολόγιο δόθηκε σε τυχαίους υποψηφίους ώστε να διασταυρωθεί τόσο η πληρότητα και η έλλειψη ερωτήσεων όσο και η κατανόηση αυτών. Στην τελική μορφή το ερωτηματολόγιο χωρίστηκε σε μια πληθώρα κατηγοριών ξεκινώντας με τις δημογραφικές ερωτήσεις, 8 στο πλήθος.

Οι δημογραφικές ερωτήσεις ήταν οι εξής:

- 1) Παρακαλώ συμπληρώστε το φύλο σας.
- 2) Ποια είναι η ηλικία σας;
- 3) Ποιο είναι το μορφωτικό σας επίπεδο;
- 4) Είδος απασχόλησης.
- 5) Προσωπική κατάσταση.
- 6) Αριθμός μελών νοικοκυριού.
- 7) Οικογενειακό εισόδημα.
- 8) Κατοικείτε σε αστικό ή επαρχιακό περιβάλλον;

Στην συνέχεια ακολούθησαν 11 ερωτήσεις που σχετίζονταν με τις οδηγικές συνήθειες και επιλογές των ερωτηθέντων αλλά και συγκεκριμένες ερωτήσεις για τους χρήστες ηλεκτρικών οχημάτων.

- 9) Πόσα χρόνια είναι η οδηγική σας εμπειρία;
- 10) Τι είδους καύσιμο χρησιμοποιεί το όχημα σας;
- 11) Πόσες ώρες οδηγείτε καθημερινά;
- 12) Πόσα χιλιόμετρα διανύετε καθημερινά; (Δευτέρα-Παρασκευή)
- 13) Γνωρίζετε πως λειτουργούν τα ηλεκτρικά οχήματα;
- 14) Κατέχετε ηλεκτρικό όχημα;
- 15) Εάν ναι, τι είδος ηλεκτρικού ή υβριδικού οχήματος κατέχετε;

- 16) Εάν κατέχετε ηλεκτρικό όχημα, για πόσο χρονικό διάστημα;
- 17) Η χρήση του ηλεκτρικού οχήματος είναι:
- 18) Εάν δεν κατέχετε ηλεκτρικό όχημα, ποια είναι η πρόθεση σας να αγοράσετε στα επόμενα 5 χρόνια;
- 19) Στην περίπτωση που θα αγοράζατε κάποιο εξηλεκτρισμένο όχημα, τι είδους θα ήταν;

Ακολουθούν 10 ερωτήσεις που αφορούν την ηλεκτροκίνηση. Στις 5 πρώτες ερωτήσεις βαθμολογούν το πόσο σημαντικό θεωρούν το κάθε λόγο να έχει κάποιος ηλεκτρικό όχημα.

- 20) Είναι φιλικά προς το περιβάλλον.
- 21) Είναι αθόρυβα και συνεισφέρουν στην μείωση της ηχορύπανσης.
- 22) Έχουν χαμηλά λειτουργικά κόστη και χαμηλό κόστος συντήρησης.
- 23) Είναι δυναμικά και προσφέρουν διασκέδαση στην οδήγηση.
- 24) Είναι συνεχώς εξελισσόμενη τεχνολογία.

Ενώ στις επόμενες 5 ερωτήσεις οι χρήστες βαθμολογούν τους στόχους που μπορούν να επιτευχθούν από την μαζική χρήση ηλεκτρικών οχημάτων.

- 25) Μείωση εξάρτησης από το πετρέλαιο.
- 26) Μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τον τομέα των μεταφορών.
- 27) Μείωση της ηχορύπανσης στις αστικές περιοχές.
- 28) Μείωση της ρύπανσης του αέρα στις αστικές περιοχές.
- 29) Αύξηση της σταθερότητας του ηλεκτρικού δικτύου χρησιμοποιώντας τα ηλεκτρικά οχήματα ως αποθηκευτικά μέσα ηλεκτρικής ενέργειας.

Ύστερα από το πέρας αυτών των ερωτήσεων μπαίνουμε στις ερωτήσεις που αφορούν την τεχνολογία της αμφίδρομης φόρτισης όπου βλέπουμε κατά πόσο οι χρήστες γνωρίζουν για την τεχνολογία αυτή, αλλά γίνεται και μια επεξήγηση για τα διαφορετικά είδη φόρτισης για τους χρήστες που δεν γνωρίζουν.

- 30) Έχετε ακούσει ποτέ τον όρο αμφίδρομη φόρτιση (Vehicle to Grid-V2G);
- 31) **Μη ελεγχόμενη φόρτιση:** Η μπαταρία του οχήματος θα φορτιστεί μόλις συνδεθεί το όχημα στο ηλεκτρικό δίκτυο.
- 32) **Μονόδρομη φόρτιση:** Ορίζετε μια συγκεκριμένη ώρα που επιθυμείτε το όχημα να είναι στην διάθεση σας πλήρως φορτισμένο. Συνήθως η φόρτιση δεν θα ξεκινάει αμέσως, αλλά θα γίνεται όταν υπάρχει πλεόνασμα ηλεκτρικής ενέργειας ή όταν η ζήτηση είναι χαμηλή. Ο διαχειριστής του ηλεκτρικού δικτύου έχει την επίβλεψη της φόρτισης με προτεραιότητα την πλήρη φόρτιση του οχήματος.

33) **Αμφίδρομη φόρτιση (V2G):** Ορίζετε μια συγκεκριμένη ώρα που επιθυμείτε το όχημα να είναι στην διάθεση σας πλήρως φορτισμένο. Συνήθως η φόρτιση δεν θα ξεκινάει αμέσως, αλλά θα γίνεται όταν υπάρχει πλεόνασμα ηλεκτρικής ενέργειας ή όταν η ζήτηση είναι χαμηλή. Επιπλέον υπάρχει η δυνατότητα το όχημα να εκφορτίζεται όταν υπάρχει μεγάλη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Ο διαχειριστής του ηλεκτρικού δικτύου έχει την επίβλεψη της φόρτισης και εκφόρτισης με προτεραιότητα την πλήρη φόρτιση του οχήματος. Τέλος ο χρήστης καθορίζει το κατώτατο όριο εκφόρτισης.

Μετά τις 4 εισαγωγικές ερωτήσεις, ακολουθούν 6 ερωτήσεις που ζητούν την κρίση των ερωτηθέντων για τα θετικά που μπορεί να έχει η χρήση της αμφίδρομης φόρτισης και πόσο σημαντικά η όχι τα θεωρούν.

- 34) Μείωση κόστους διαστασιολόγησης μελλοντικού αποθηκευτικού συστήματος;
- 35) Αύξηση ποσοστού διείσδυσης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στο ηλεκτρικό δίκτυο;
- 36) Ασφάλεια και σταθερότητα από την μεταβλητότητα και στοχαστικότητα της παραγωγής των ΑΠΕ;
- 37) Ρύθμιση της συχνότητας και της τάσης του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας;
- 38) Ενεργειακή ασφάλεια σε οικιακό επίπεδο σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης (διακοπή ρεύματος);
- 39) Οικονομικά οφέλη, φορτίζοντας όταν η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι φθηνή και πουλώντας ηλεκτρική ενέργεια όταν η τιμή είναι υψηλότερη;

Και ακολουθούν 7 ερωτήσεις για τα αρνητικά της τεχνολογίας αυτής όπου τους ζητείτε να βαθμολογήσουν πόσο τους ανησυχούν.

- 40) Με την αμφίδρομη φόρτιση, θα φοβόμουν ότι η διάρκεια ζωής της μπαταρίας θα μειωνόταν από τη συχνή φόρτιση και εκφόρτιση και θα έπρεπε να αγοράσω μια νέα μπαταρία νωρίτερα.
- 41) Η ελλιπής υπάρχουσα αγορά ηλεκτρικών φορτιστών και ηλεκτρικών οχημάτων αμφίδρομης φόρτισης στην Ελλάδα περιορίζει την λειτουργία του V2G.
- 42) Με την αμφίδρομη φόρτιση, θα φοβόμουν ότι η μπαταρία δεν είναι επαρκώς φορτισμένη όταν θέλω να ξεκινήσω ένα ταξίδι.
- 43) Νιώθω ότι περιορίζεται η ελευθερία και ο έλεγχος του χρήστη πάνω στο όχημα.
- 44) Πόσο σας ανησυχεί η περίπτωση του να μην υπάρχει αρκετό οικονομικό όφελος από το V2G για να αντισταθμίσει τον εκφυλισμό της μπαταρίας.
- 45) Με την αμφίδρομη φόρτιση, θα φοβόμουν ότι τα δεδομένα μου θα χρησιμοποιούνταν για τη δημιουργία προφίλ κίνησης.

46) Με φοβίζει η έλλειψη ενημέρωσης για το V2G αλλά και η ασφάλεια του οχήματός μου (ηλεκτρολογικό ατύχημα) κατά τη διάρκεια αμφίδρομης φόρτισης.

Στην προτελευταία κατηγορία ερωτήσεων γίνονται 6 ερωτήσεις που ζητούν να βαθμολογήσουν οι λόγοι που θα έκαναν του ερωτηθέντες να χρησιμοποιήσουν τελικά την τεχνολογία της αμφίδρομης φόρτισης.

47) Αν τα οικονομικά οφέλη αντισταθμίζουν τον εκφυλισμό της μπαταρίας.

48) Αν η αμφίδρομη φόρτιση είναι φθηνότερη από την μη ελεγχόμενη.

49) Αν είχα έκπτωση/επιδότηση στην αγορά νέου ηλεκτρικού οχήματος.

50) Αν είχα έκπτωση/επιδότηση στην αγορά ή εγκατάσταση του σταθμού αμφίδρομης φόρτισης.

51) Αν είχα πλήρη ενημέρωση για το πότε θα γινόταν εκφόρτιση της μπαταρίας και μπορούσα να θέσω ο ίδιος το όριο της εκφόρτισης.

52) Υπήρχε εγγύηση για αποκλειστική φόρτιση από ΑΠΕ.

Το ερωτηματολόγιο τελειώνει με 6 ερωτήσεις γενικού περιεχομένου για την τεχνολογία, όπου ζητείται να βαθμολογήσουν πόσο συμφωνούν με τις ερωτήσεις.

53) Η μεγιστοποίηση του κέρδους από το V2G είναι το πιο σημαντικό.

54) Είμαι πρόθυμος να προσαρμόσω τις οδηγικές και καθημερινές μου ανάγκες σύμφωνα με τις απαιτήσεις για την μέγιστη αξιοποίηση του V2G. (π.χ χρήση των MMM όταν το όχημα χρησιμοποιείται για V2G ή μετατόπιση της χρήσης του πλυντηρίου σε διαφορετική ώρα, κλπ)

55) Ο θετικός περιβαλλοντικός αντίκτυπος του V2G είναι το πιο σημαντικό.

56) Η αίσθηση συμμετοχής σε κάτι καινοτόμο και καινούριο (V2G) δημιουργεί θετικά συναισθήματα και ώθηση προς αυτό.

57) Θα έπρεπε να υπάρξει επίσπευση για την δημιουργία νομοθεσίας για την αμφίδρομη φόρτιση.

58) Έχω έλλειψη εμπιστοσύνης για την διαχείριση του ηλεκτρικού οχήματος από τον διαχειριστή του ηλεκτρικού δικτύου.

Το ερωτηματολόγιο σχεδιάστηκε με τρόπο που εισάγει τον ερωτηθέντα σταδιακά στην τεχνολογία της ηλεκτροκίνησης ώστε να δούμε ποιοι είναι οι λόγοι που κάποιος επιλέγει ένα ηλεκτρικό όχημα. Στον κομμάτι των ερωτήσεων που αφορούν την αμφίδρομη φόρτιση, σκοπός ήταν να αναλυθεί κάθε κομμάτι, όπως είναι τα θετικά της τεχνολογίας, τα αρνητικά αλλά και τι θεωρεί ο καθένας ότι χρειάζεται για να προωθηθεί η τεχνολογία. Με αυτές τις ερωτήσεις είμαστε σε θέση να κρίνουμε την άποψη των ερωτηθέντων τόσο με βάση τα δημογραφικά στοιχεία αλλά και πληροφορίες όπως είναι η κατοχή ηλεκτρικού οχήματος και η υπάρχουσα γνώση κάποιου για την τεχνολογία της αμφίδρομης φόρτισης.

6.4 Προώθηση του ερωτηματολογίου

Όσον αφορά το κομμάτι της προώθησης, υπήρξαν δύο φάσεις. Αρχικά έγινε προσέγγιση μέσω των κοινωνικών δικτύων και συγκεκριμένα σε μια ομάδα που αφορά την ηλεκτροκίνηση, με κύριο σκοπό αυτής, την ανάρτηση ειδήσεων αλλά και σχολιασμό των νεότερων εξελίξεων που αφορούν την ηλεκτροκίνηση. Η προσέγγιση της ομάδας αυτής έγινε σκοπό να αντλήσουμε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο αριθμό ανθρώπων που κατέχουν ηλεκτρικό όχημα και είναι πιθανότερο να γνωρίζουν ήδη για την τεχνολογία της αμφίδρομης φόρτισης.

Στην συνέχεια το ερωτηματολόγιο προωθήθηκε μέσω του ιδρυματικού email στην ευρύτερη επιστημονική κοινότητα της σχολής. Η πλειοψηφία αυτών των ερωτηθέντων δεν κατείχε ηλεκτρικό όχημα, ωστόσο η προώθηση σε αυτό το κοινό έγινε με σκοπό να συγκεντρωθεί και να σχολιαστεί η άποψη μελλοντικών χρηστών ηλεκτρικών οχημάτων αλλά και ανθρώπων που δεν σκοπεύουν να αγοράσουν, στο σύντομο μέλλον, ένα ηλεκτρικό όχημα.

Έγινε η προσπάθεια με αυτή την στρατηγική να συγκεντρωθεί ένα ευρύτερο φάσμα ανθρώπων και απόψεων που περιγράφει καλύτερα την τωρινή κατάσταση στην Ελλάδα.

6.5 Σχολιασμός αποτελεσμάτων

Ο τελικός αριθμός αυτών που συμμετεχόντων στο ερωτηματολόγιο ήταν 102. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε μορφή πίτας όταν οι ερωτηθέντες είχαν να επιλέξουν μεταξύ διαφόρων επιλογών ενώ σε πίνακες και γραφήματα στηλών παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα στις ερωτήσεις που απαιτούσαν την βαθμολόγηση των ερωτηθέντων.

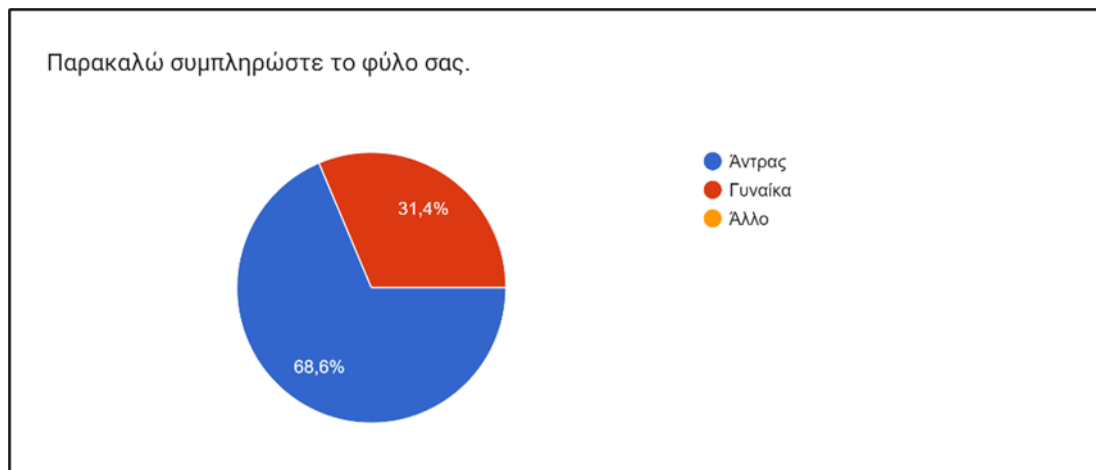
Η μέσος τιμή των απαντήσεων υπολογίστηκε στο υπολογιστικό πρόγραμμα Excel χρησιμοποιώντας την εντολή “Average” και μας δείχνει την που κυμαίνεται η βαθμολογία των απαντήσεων.

Η τυπική απόκλιση των απαντήσεων υπολογίστηκε επίσης στο υπολογιστικό πρόγραμμα Excel χρησιμοποιώντας την εντολή “STDEV.S”. Η τυπική απόκλιση προσδιορίζει την συσπείρωση των απαντήσεων γύρω από την μέση τιμή. Μικρή τυπική απόκλιση σημαίνει πως οι απαντήσεις ήταν κοντά στην μέση τιμή, ενώ μεγάλη τυπική απόκλιση σημαίνει πως υπάρχει μεγάλο εύρος απαντήσεων. Η τυπική απόκλιση είναι σημαντική για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων καθώς μεταξύ δύο απαντήσεων που μπορεί να έχουν παραπλήσια μέση τιμή αλλά διαφορετική τυπική απόκλιση, τα συμπεράσματα διαφέρουν (Μιλτιάδης Σ. Χαλικιάς, 2012).

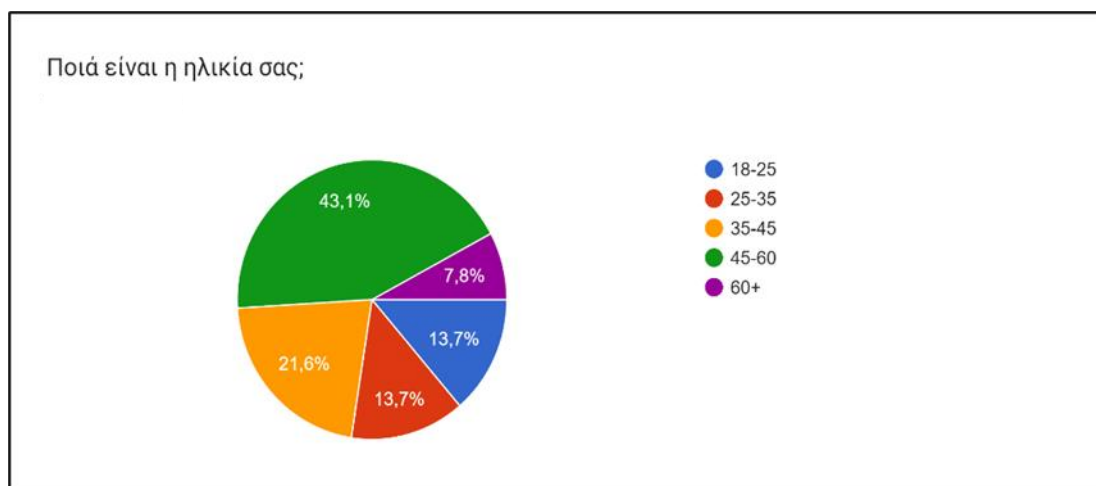
Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων με την χρήση των εξισώσεων της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης έγιναν ύστερα από την ανάγνωση και αξιολόγηση του ερωτηματολογίου των (Geske & Schumann, 2018). Η παρουσίαση με αυτό τον τρόπο θεωρήθηκε πως είναι απλή και κατανοητή για τον αναγνώστη καθώς δίνονται δύο μεγέθη μέσα από τα οποία μπορεί να αξιολογηθεί τόσο η τάση των απαντήσεων (μέσω

της μέσης τιμής) όσο και η αποδοχή και συσπείρωση των απαντήσεων (μέσω της τυπικής απόκλισης).

Παρακάτω παρουσιάζονται τα βασικά δημογραφικά δεδομένα των συμμετεχόντων, ενώ τα αποτελέσματα από κάθε ερώτηση μπορούν να βρεθούν στο παράρτημα.

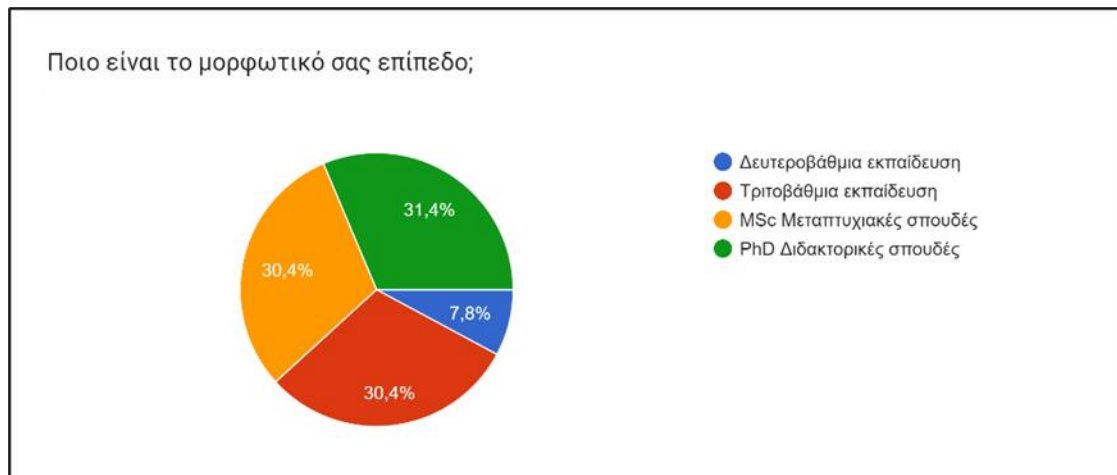


Διάγραμμα 1. Κατανομή των ερωτηθέντων με βάση το φύλο.

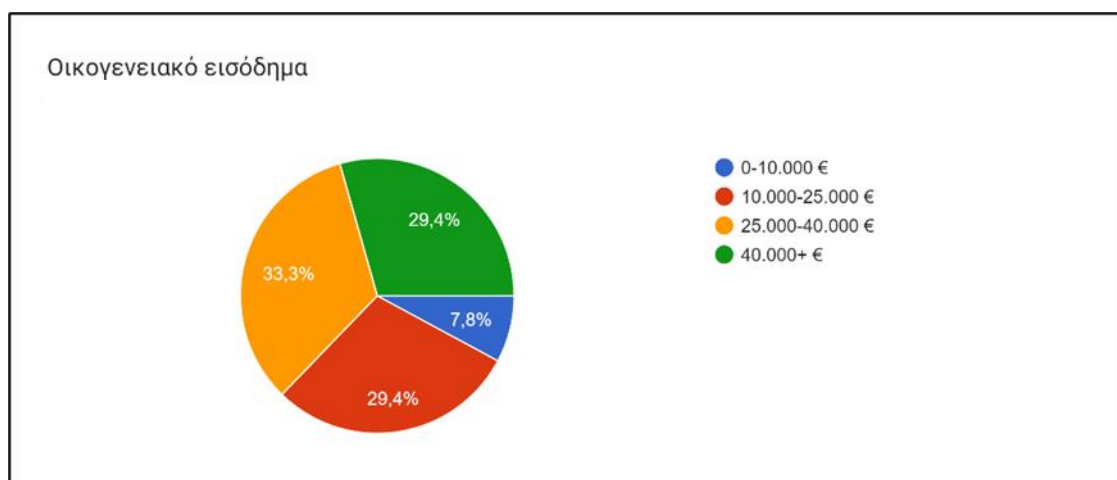


Διάγραμμα 2. Ηλικιακή κατανομή των ερωτηθέντων.

Όπως φαίνεται από τα διαγράμματα σχεδόν το 70% των ερωτηθέντων είναι άντρες και το υπόλοιπο 30% γυναίκες. Όσον αφορά την ηλικία των συμμετεχόντων βλέπουμε πως υπάρχει αξιόλογο εύρος από κάθε ηλικιακή ομάδα, ωστόσο η πλειοψηφία προέρχεται από τα ηλικιακά εύρη των 35-45 και 45-60 με συνολικό ποσοστό σχεδόν 65%.

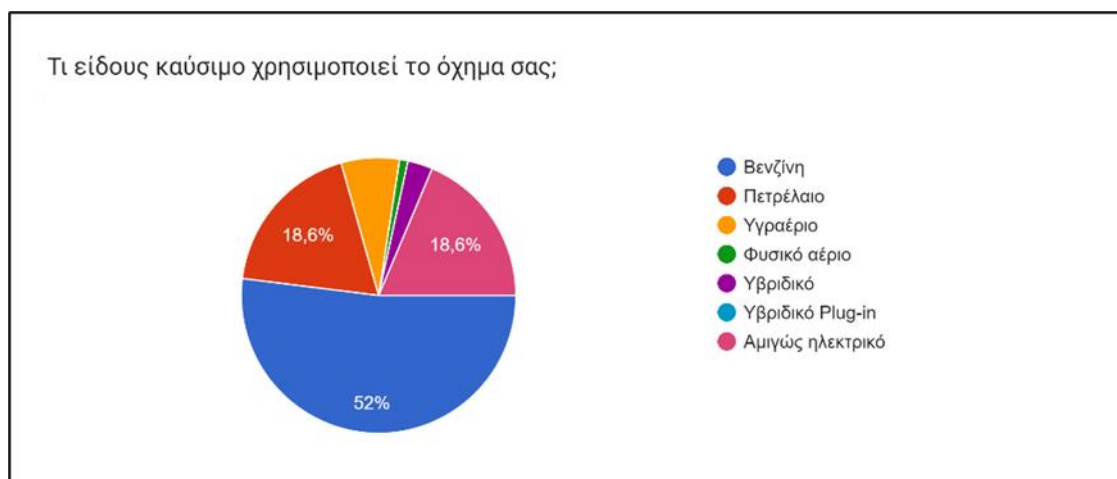


Διάγραμμα 3. Κατανομή των ερωτηθέντων με βάση το μορφωτικό επίπεδο.



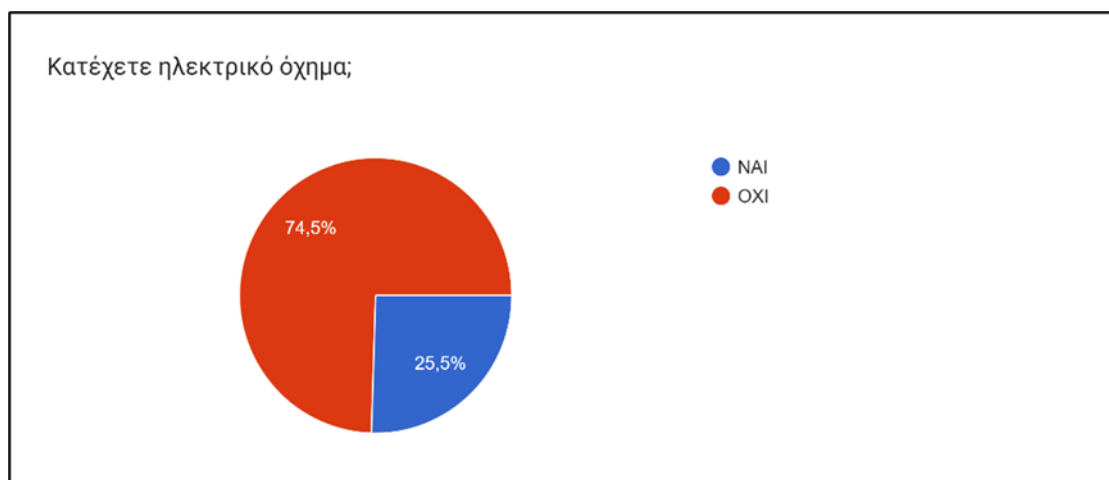
Διάγραμμα 4. Κατανομή των ερωτηθέντων με βάση το οικογενειακό εισόδημα.

Από τις απαντήσεις στις ερωτήσεις του μορφωτικού επιπέδου και του οικογενειακού εισοδήματος παρατηρούμε επίσης αξιόλογο πλήθος σε κάθε επιλογή, επιβεβαιώνοντας με αυτό τον τρόπο την στρατηγική προώθησης του ερωτηματολογίου για συγκέντρωση μεγάλου φάσματος ανθρώπων.



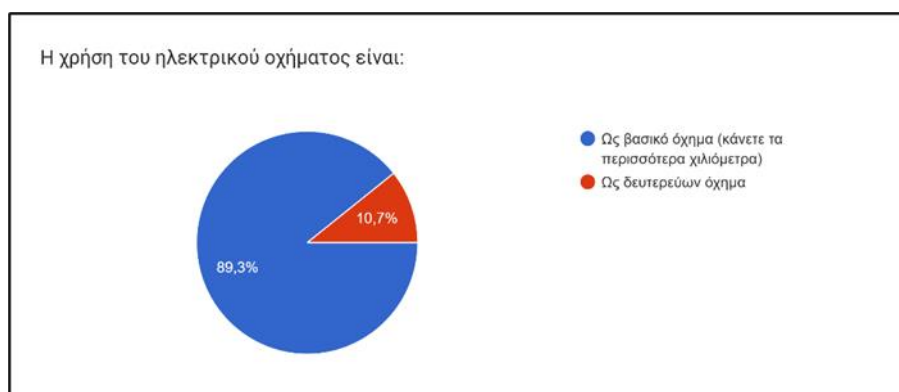
Διάγραμμα 5. Κατανομή των ερωτηθέντων με βάση το καύσιμο του οχήματος.

Όσον αφορά τα οχήματα που χρησιμοποιούν οι ερωτηθέντες βλέπουμε πως το 70,5% του πλήθους χρησιμοποιεί οχήματα βενζίνης και πετρελαίου ενώ το 21,5% κατέχει υβριδικό ή αμιγώς ηλεκτρικό όχημα. Ενώ μόλις το 8,5% κατέχει όχημα με υγραέριο ή φυσικό αέριο. Στο πλήθος του ερωτηματολογίου δεν υπήρξε κανένας χρήστης υβριδικού Plug-in οχήματος.



Διάγραμμα 6. Κατανομή των ερωτηθέντων με βάση την κατοχή ηλεκτρικού οχήματος.

Στο παραπάνω διάγραμμα βλέπουμε τα ποσοστά των ερωτηθέντων που έχουν ηλεκτρικό όχημα και αυτών που δεν έχουν. Η διαφορά του ποσοστού σε σχέση με το προηγούμενο διάγραμμα πιθανόν να οφείλεται στο ότι μερικοί χρήστες κατέχουν και όχημα με μηχανή εσωτερικής καύσης και αλλά και ηλεκτροκίνητο και έχουν το ένα από τα δύο ως δευτερεύον όχημα.



Διάγραμμα 7. Κατανομή των κατόχων ηλεκτρικών οχημάτων με βάση την χρήση του οχήματος τους.

Στους μη κατόχους ηλεκτρικών οχημάτων έγινε η ερώτηση 'ποια είναι η πρόθεσή τους να αγοράσουν ηλεκτρικό όχημα μέσα στα επόμενα 5 χρόνια' βαθμολογώντας από το 1 έως το 5. Το 1 αντιστοιχεί στην απάντηση πως δεν έχουν σκοπό να αγοράσουν και το 5 στην απάντηση πως θα αγοράσουν σίγουρα. Οπότε και προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα:



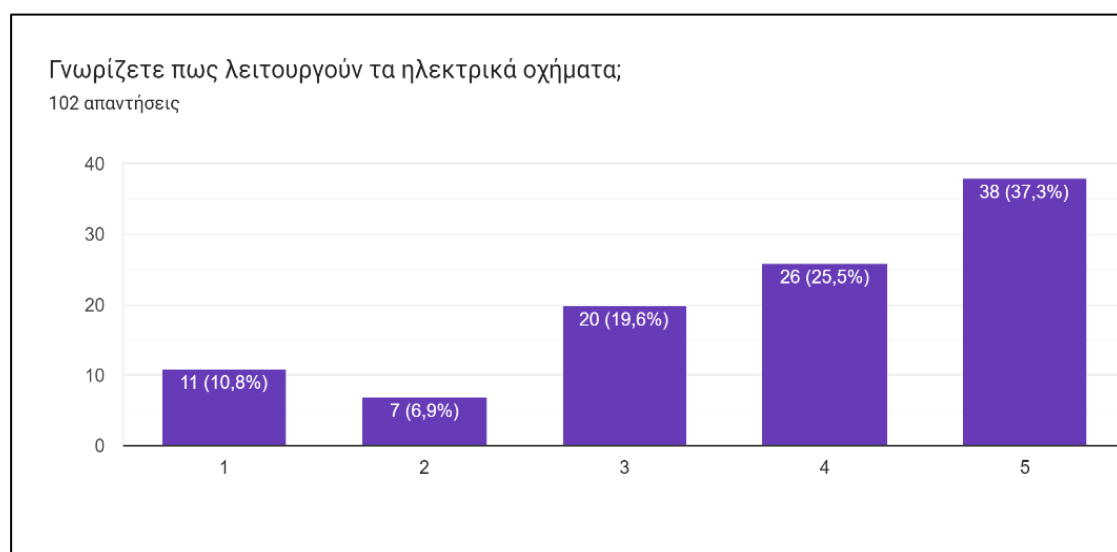
Διάγραμμα 8. Πρόθεση αγοράς ηλεκτρικού οχήματος στα επόμενα 5 έτη. 1="Δεν έχω σκοπό να αγοράσω", 5="Σίγουρα θα αγοράσω".

Η απάντηση με το νούμερο 3 θεωρήθηκε πως αντιστοιχεί σε αβεβαιότητα για το αν ο χρήστης θέλει να αγοράσει ή πως θέλει να αγοράσει αλλά αδυνατεί οικονομικά αυτή την στιγμή. Από τα αποτελέσματα βλέπουμε πως περίπου το 67% αδυνατεί ή δεν έχει σκοπό να αγοράσει ηλεκτρικό όχημα μέσα στα επόμενα χρόνια ενώ το 33% σχεδόν σίγουρα θα αγοράσει ηλεκτρικό όχημα.

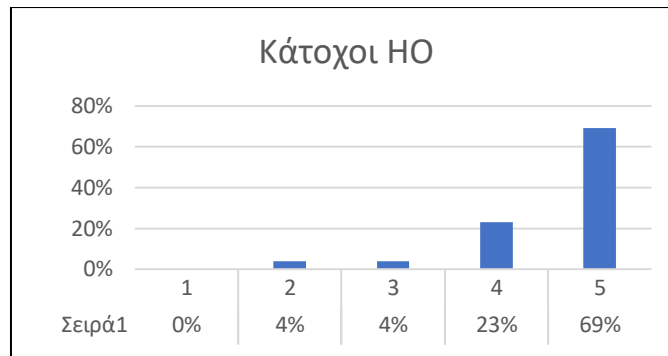
Με τα παραπάνω δεδομένα γίνεται ένας διαχωρισμός σε τρεις ομάδες οι οποίες είναι:

- Κάτοχοι ηλεκτρικών οχημάτων με 26 απαντήσεις
- Μελλοντικοί κάτοχοι ηλεκτρικών οχημάτων με 19 απαντήσεις
- Μη (μελλοντικοί) κάτοχοι ηλεκτρικών οχημάτων με 57 απαντήσεις

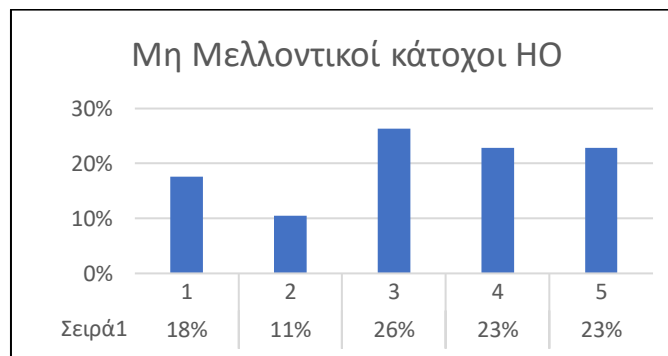
Με βάση αυτές τις 3 ομάδες θα σχολιάσουμε τα αποτελέσματα των απαντήσεων.



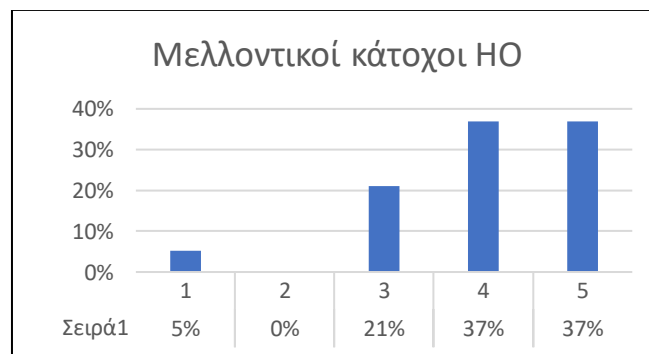
Διάγραμμα 9. Επίπεδο γνώσης λειτουργίας ηλεκτρικών οχημάτων. 1="καθόλου", 5="Πολύ καλά".



Διάγραμμα 10. Επίπεδο γνώσης λειτουργίας ηλεκτρικών οχημάτων κατόχων ΗΟ. 1= "καθόλου", 5= "Πολύ καλά".



Διάγραμμα 11. Επίπεδο γνώσης λειτουργίας ηλεκτρικών οχημάτων ΜΜΗΟ. 1= "καθόλου", 5= "Πολύ καλά".



Διάγραμμα 12. Επίπεδο γνώσης λειτουργίας ηλεκτρικών οχημάτων ΜΗΟ. 1= "καθόλου", 5= "Πολύ καλά".

Στα παραπάνω διαγράμματα βλέπουμε συγκεντρωτικά αλλά και σε κάθε κατηγορία τα αποτελέσματα της ερώτησης “Γνωρίζετε πως λειτουργούν τα ηλεκτρικά οχήματα;” με το 1 να αντιστοιχεί στην απάντηση “καθόλου” και το 5 στην απάντηση “Πολύ καλά”. Ενώ στο παρακάτω πίνακα βλέπουμε τον μέσο όρο και την τυπική απόκλιση των απαντήσεων τους.

Γνωρίζεται πως λειτουργούν τα ΗΟ;	Χρήστες ΗΟ		Μελλοντικοί Χρήστες ΗΟ		Μη Μελλοντικοί Χρήστες ΗΟ	
	Μ.Ο.	Τυπική Απόκλιση	Μ.Ο.	Τυπική Απόκλιση	Μ.Ο.	Τυπική Απόκλιση
	4,58	0,76	4	1,05	3,23	1,39

Πίνακας 6. Μέσος όρος και τυπική απόκλιση απαντήσεων ανά κατηγορία, στην ερώτηση “Γνωρίζεται πως λειτουργούν τα ΗΟ;”.

Αξιολογώντας την ερώτηση αν οι ερωτηθέντες γνωρίζουν πως λειτουργούν τα ηλεκτρικά οχήματα σύμφωνα με τις ομάδες που αναφέρθηκαν παραπάνω, βλέπουμε πως οι κάτοχοι των ηλεκτρικών οχημάτων γνωρίζουν σε πολύ μεγάλο βαθμό την τεχνολογία όπως είναι και λογικό. Παραπλήσια νούμερα βλέπουμε και στους μελλοντικούς κατόχους κάτι που δείχνει πως οι περισσότεροι από αυτούς τους ερωτηθέντες έχουν κάνει την έρευνα τους πριν την αγορά ενός ηλεκτρικού οχήματος.

Τέλος, στους μη κατόχους βλέπουμε πως υπάρχει ένα μεγάλο εύρος απαντήσεων με ανθρώπους που γνωρίζουν ελάχιστα αλλά και πολύ καλά την τεχνολογία. Η απόκλιση αυτή δικαιολογείται καθώς άνθρωποι που δεν είχαν σκεφτεί ακόμα την αγορά ενός ηλεκτρικού οχήματος είναι λογικό να μην έχουν αφιερώσει τον χρόνο για να ενημερωθούν για την τεχνολογία αυτή. Αντίθετα, οι ερωτηθέντες που δεν σκοπεύουν να αγοράσουν αλλά απάντησαν πως γνωρίζουν πολύ καλά τα ηλεκτρικά οχήματα είναι είτε άνθρωποι που δεν μπορούν για οικονομικούς λόγους να αγοράσουν ηλεκτρικό όχημα, ενώ είναι υποστηρικτές αυτών, είτε άνθρωποι που ύστερα από έρευνα τους δεν είναι υποστηρικτές της τεχνολογίας.

Αυτός είναι ένας βασικός λόγος που στα αποτελέσματα αυτής της ομάδας θα παρατηρήσουμε μια μεγαλύτερη τυπική απόκλιση.

Παρακάτω παρατίθενται η βαθμολογία των απαντήσεων κάθε ομάδας για την ενότητα που αφορά τους λόγους κατοχής ηλεκτρικού οχήματος αλλά και των στόχων που επιτυγχάνονται από την μαζική χρήση αυτών.

Η βαθμολογία με τον αριθμό 1 αντιστοιχούσε στην απάντηση “καθόλου σημαντικό” ενώ η βαθμολογία με τον αριθμό 5 αντιστοιχούσε στην απάντηση “πολύ σημαντικό”.

ΧΡΗΣΤΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ		
Παρακάτω παρατίθενται 5 λόγοι να έχει κάποιος/α στην κατοχή του ηλεκτρικό όχημα. Βαθμολογείστε πόσο σημαντικό θεωρείτε κάθε λόγο.	M.O.	Τυπική Απόκλιση
Είναι φιλικά προς το περιβάλλον.	4,50	0,76
Είναι αθόρυβα και συνεισφέρουν στην μείωση της ηχορύπανσης.	4,62	0,80
Έχουν χαμηλά λειτουργικά κόστη και χαμηλό κόστος συντήρησης.	4,88	0,43
Είναι δυναμικά και προσφέρουν διασκέδαση στην οδήγηση.	3,92	1,29
Είναι συνεχώς εξελισσόμενη τεχνολογία.	4,12	1,03
Παρακάτω παρατίθενται 5 στόχοι που μπορούν να επιτευχθούν με την μαζική χρήση ηλεκτρικών οχημάτων. Βαθμολογείστε πόσο σημαντικό ή όχι θεωρείτε τον κάθε στόχο.	M.O.	Τυπική Απόκλιση
Μείωση εξάρτησης από το πετρέλαιο.	4,50	0,76
Μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τον τομέα των μεταφορών.	4,62	0,85
Μείωση της ηχορύπανσης στις αστικές περιοχές	4,65	0,69
Μείωση της ρύπανσης του αέρα στις αστικές περιοχές.	4,85	0,46
Αύξηση της σταθερότητας του ηλεκτρικού δικτύου χρησιμοποιώντας τα ηλεκτρικά οχήματα ως αποθηκευτικά μέσα ηλεκτρικής ενέργειας.	3,85	1,08

Πίνακας 7. Μέσος όρος και τυπικές αποκλίσεις κατόχων ΗΟ σε ερωτήσεις σχετικές με την ηλεκτροκίνηση.

Παρατηρώντας τους λόγους που οι κάτοχοι αγόρασαν ηλεκτρικό όχημα συμπεραίνουμε πως η αγορά έγινε για περιβαλλοντικούς αλλά κυρίως οικονομικούς λόγους καθώς οι ερωτήσεις αυτού του περιεχομένου έλαβαν την υψηλότερη βαθμολογία. Η επιλογή της διασκέδασης αλλά και το γεγονός πως είναι μια εξελισσόμενη τεχνολογία, για πολλούς αποτελεί δευτερεύον λόγο αγοράς, λαμβάνοντας ωστόσο αρκετά μεγάλη βαθμολογία.

Όσον αφορά τους στόχους βλέπουμε πως υπάρχει μια γενική αποδοχή του θετικού περιβαλλοντικού αντίκτυπου που έχει η ηλεκτροκίνηση.

ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΧΡΗΣΤΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ		
Παρακάτω παρατίθενται 5 λόγοι να έχει κάποιος/α στην κατοχή του ηλεκτρικό όχημα. Βαθμολογείστε πόσο σημαντικό θεωρείτε κάθε λόγο.	M.O.	Τυπική Απόκλιση
Είναι φιλικά προς το περιβάλλον.	4,32	0,89
Είναι αθόρυβα και συνεισφέρουν στην μείωση της ηχορύπανσης.	4,32	0,95
Έχουν χαμηλά λειτουργικά κόστη και χαμηλό κόστος συντήρησης.	4,47	0,84
Είναι δυναμικά και προσφέρουν διασκέδαση στην οδήγηση.	3,42	1,22
Είναι συνεχώς εξελισσόμενη τεχνολογία.	4,05	0,85
Παρακάτω παρατίθενται 5 στόχοι που μπορούν να επιτευχθούν με την μαζική χρήση ηλεκτρικών οχημάτων. Βαθμολογείστε πόσο σημαντικό ή όχι θεωρείτε τον κάθε στόχο.	M.O.	Τυπική Απόκλιση
Μείωση εξάρτησης από το πετρέλαιο.	4,63	0,76
Μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τον τομέα των μεταφορών.	4,42	0,96
Μείωση της ηχορύπανσης στις αστικές περιοχές	4,63	0,68
Μείωση της ρύπανσης του αέρα στις αστικές περιοχές.	4,74	0,65
Αύξηση της σταθερότητας του ηλεκτρικού δικτύου χρησιμοποιώντας τα ηλεκτρικά οχήματα ως αποθηκευτικά μέσα ηλεκτρικής ενέργειας.	3,95	0,91

Πίνακας 8. Μέσος όρος και τυπικές αποκλίσεις ΜΗΟ σε ερωτήσεις σχετικές με την ηλεκτροκίνηση.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα με τους ήδη κατόχους παρατηρείται μια ελαφριά μείωση στην βαθμολογία για τους λόγους αγοράς ενός ηλεκτρικού οχήματος, με τα αποτελέσματα ωστόσο να είναι το ίδιο υψηλά. Παρατηρείται η ίδια τάση με τους οικονομικούς λόγους να είναι οι πιο σημαντικοί και να ακολουθούν οι περιβαλλοντικοί. Τόσο η διασκέδαση όσο και η φύση της τεχνολογίας φαίνεται να αποτελούν υποδεέστερο λόγο αγοράς.

Στους στόχους που μπορεί να επιτευχθούν από την ηλεκτροκίνηση παρατηρούνται το ίδιο υψηλά αποτελέσματα.

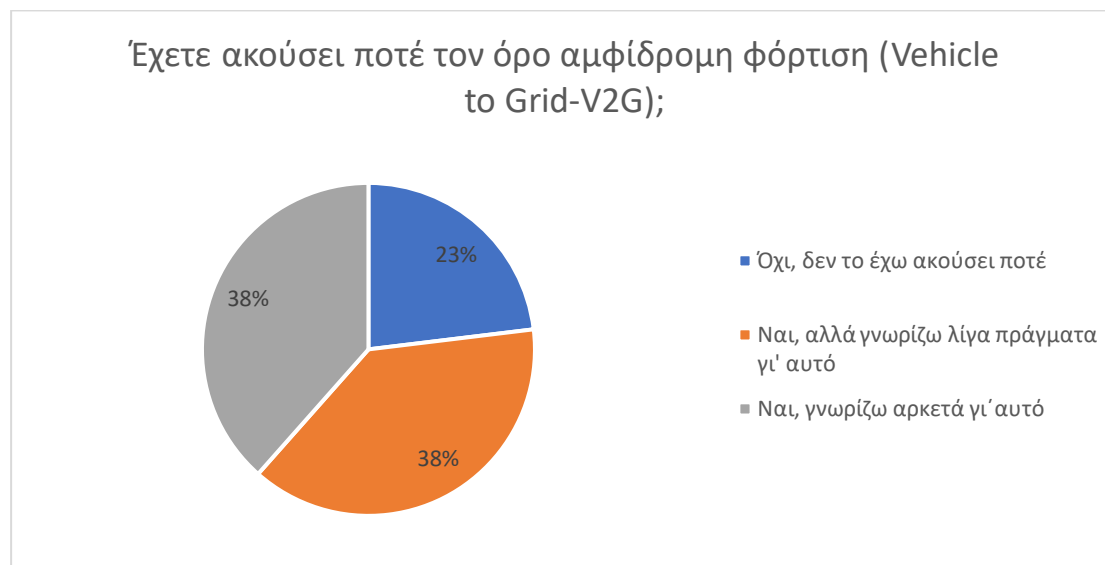
ΜΗ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΧΡΗΣΤΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ		
Παρακάτω παρατίθενται 5 λόγοι να έχει κάποιος/α στην κατοχή του ηλεκτρικό όχημα. Βαθμολογείστε πόσο σημαντικό θεωρείτε κάθε λόγο.	Μ.Ο.	Τυπική Απόκλιση
Είναι φιλικά προς το περιβάλλον.	3,89	1,30
Είναι αθόρυβα και συνεισφέρουν στην μείωση της ηχορύπανσης.	3,82	1,35
Έχουν χαμηλά λειτουργικά κόστη και χαμηλό κόστος συντήρησης.	4,00	1,24
Είναι δυναμικά και προσφέρουν διασκέδαση στην οδήγηση.	2,81	1,37
Είναι συνεχώς εξελισσόμενη τεχνολογία.	3,51	1,15
Παρακάτω παρατίθενται 5 στόχοι που μπορούν να επιτευχθούν με την μαζική χρήση ηλεκτρικών οχημάτων. Βαθμολογείστε πόσο σημαντικό ή όχι θεωρείτε τον κάθε στόχο.	Μ.Ο.	Τυπική Απόκλιση
Μείωση εξάρτησης από το πετρέλαιο.	4,18	1,21
Μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τον τομέα των μεταφορών.	4,23	1,17
Μείωση της ηχορύπανσης στις αστικές περιοχές	4,19	1,17
Μείωση της ρύπανσης του αέρα στις αστικές περιοχές.	4,51	1,02
Αύξηση της σταθερότητας του ηλεκτρικού δικτύου χρησιμοποιώντας τα ηλεκτρικά οχήματα ως αποθηκευτικά μέσα ηλεκτρικής ενέργειας.	3,56	1,30

Πίνακας 9. Μέσος όρος και τυπικές αποκλίσεις ΜΜΗΟ σε ερωτήσεις σχετικές με την ηλεκτροκίνηση.

Στην κατηγορία των μη μελλοντικών χρηστών βλέπουμε μια μεγάλη μείωση της γενικής βαθμολογίας συγκριτικά με τις δύο προηγούμενες ομάδες. Αυτό οφείλεται στην δυσαρέσκεια η στην μη αποδοχή της τεχνολογίας της ηλεκτροκίνησης. Ωστόσο, όπως και στις προηγούμενες ομάδες οι οικονομικοί λόγοι υπερισχύουν ως ο πιο σημαντικός λόγος αγοράς ηλεκτρικού οχήματος. Αξίζει επίσης να σημειωθεί η μεγάλη διαφορά στην βαθμολογία της θέσης, πως είναι δυναμικά και προσφέρουν διασκέδαση στην οδήγηση, μεταξύ πως μη μελλοντικών χρηστών και τον ήδη χρηστών ηλεκτρικών οχημάτων.

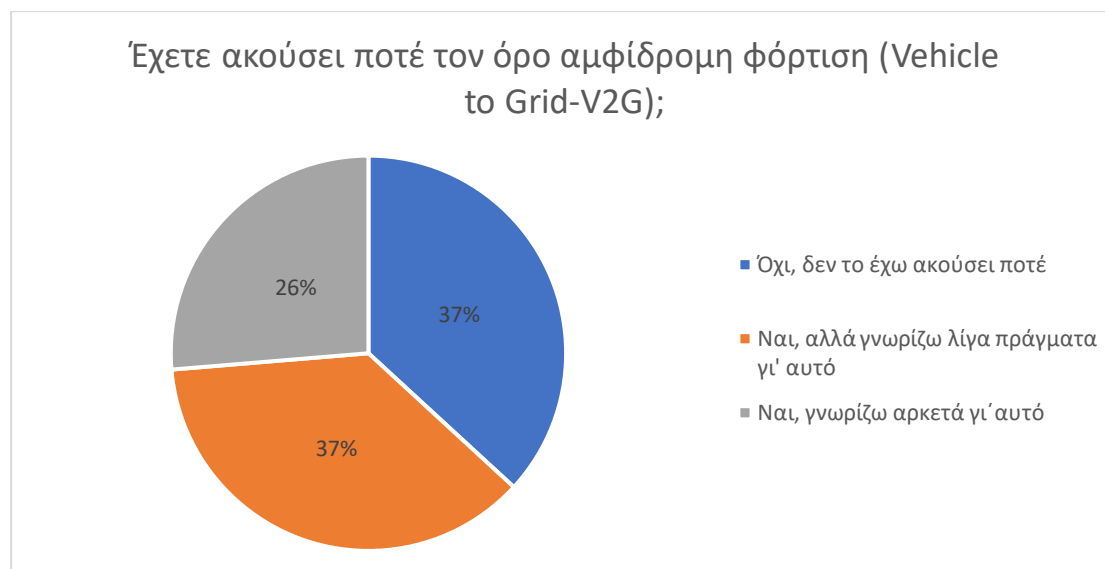
Όσον αφορά όμως τους περιβαλλοντικούς στόχους και αυτή η κατηγορία έχει βαθμολογήσει υψηλά, δείχνοντας έτσι την καθολική άποψη πως η ηλεκτροκίνηση μπορεί να έχει σημαντικές θετικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και την βελτίωση της ποιότητας της ζωής, κυρίως στα μεγάλα αστικά κέντρα.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα στην ερώτηση “Έχετε ακούσει ποτέ τον όρο αμφίδρομη φόρτιση (Vehicle to Grid-V2G);”



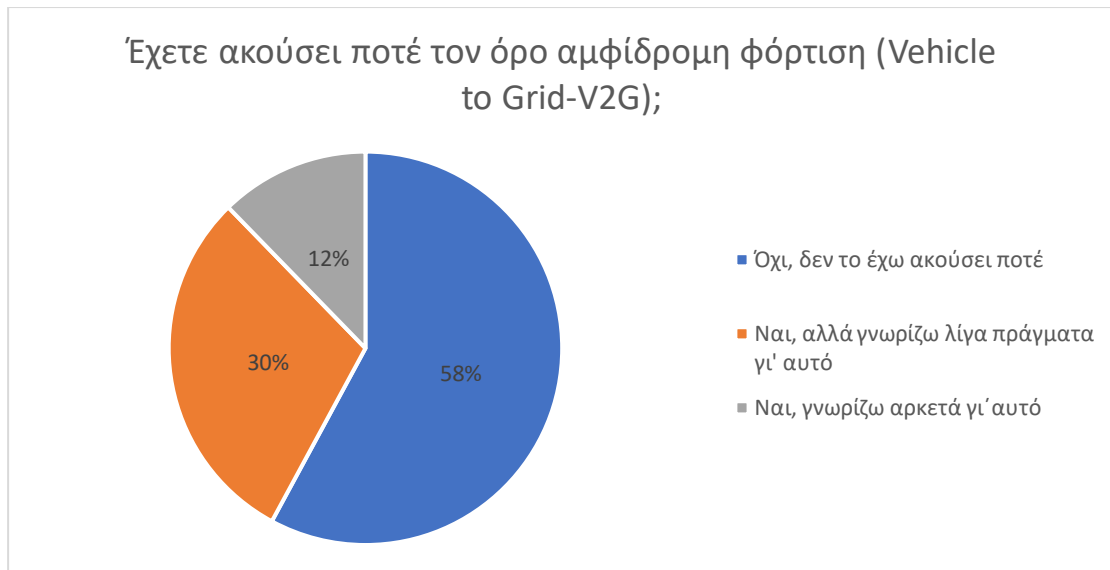
Διάγραμμα 13. Επίπεδο γνώσης κατόχων ΗΟ για το V2G.

Το μεγαλύτερο ποσοστό γνωρίζει τουλάχιστον λίγα πράγματα για την τεχνολογία της αμφίδρομης φόρτισης, με σχεδόν το 40% να γνωρίζει αρκετά. Το μεγάλο ποσοστό των ατόμων που γνωρίζουν για το V2G από αυτή την κατηγορία έχει θετικό αντίκτυπο στα αποτελέσματα, καθώς η εμπειριστατωμένη άποψη αυτών των ερωτηθέντων για το V2G κάνει τα αποτελέσματα πιο ακριβή και ουσιαστικά.



Διάγραμμα 14. Επίπεδο γνώσης ΜΗΟ για το V2G.

Σε αυτή την κατηγορία βλέπουμε πως τα ποσοστά των ατόμων που γνωρίζουν αρκετά για το V2G πέφτει. Αυτό είναι αναμενόμενο καθώς το V2G αποτελεί προς το παρόν μια λειτουργία των ηλεκτρικών οχημάτων που δεν είναι ευρέως γνωστή παγκοσμίως. Οπότε άνθρωποι που ακόμα δεν έχουν αγοράσει ηλεκτρικό όχημα είναι φυσιολογικό να μην γνωρίζουν για την τεχνολογία του V2G.



Διάγραμμα 15. Επίπεδο γνώσης MMHO για το V2G.

Τέλος, όπως είναι αναμενόμενο, σε αυτή την κατηγορία βλέπουμε τα μεγαλύτερα ποσοστά ερωτηθέντων οι οποίοι δεν γνωρίζουν για την τεχνολογία του V2G. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η έλλειψη προώθησης του V2G έχει σαν αποτέλεσμα η μεγάλη πλειοψηφία των ανθρώπων που δεν σκοπό να αγοράσουν ηλεκτρικό όχημα, να μην γνωρίζουν την ύπαρξη του V2G. Ωστόσο, η άποψη αυτών των ερωτηθέντων είναι εξίσου σημαντική καθώς με αυτό τον τρόπο μπορούμε να αξιολογήσουμε την αντίδραση και την πρώτη επαφή του κόσμου που δεν γνωρίζει για το V2G, που είναι και η πλειοψηφία παγκοσμίως. Επιπλέον, η προώθηση του ερωτηματολογίου, και σε αυτή την κατηγορία, μπορεί να αποτελέσει παράγοντας εξερεύνησης και κοινοποίησης της τεχνολογίας στο ευρύτερο κοινό.

Στη συνέχεια δόθηκε μια σύντομη εξήγηση των διαφόρων τρόπων φόρτισης ενός ηλεκτρικού οχήματος με σκοπό ακόμα και όσοι δεν γνωρίζουν, να ενημερωθούν για αυτές. Ζητήθηκε επίσης να βαθμολογήσουν ποιον τρόπο προτιμούν με τον αριθμό 1 να αντιστοιχεί στην απάντηση “καθόλου πιθανό” και τον αριθμό 5 στην απάντηση “πολύ πιθανό”.

	ΧΡΗΣΤΕΣ ΗΟ		ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΧΡΗΣΤΕΣ ΗΟ		ΜΗ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΧΡΗΣΤΕΣ ΗΟ	
	Μ.Ο.	Τυπική Απόκλιση	Μ.Ο.	Τυπική Απόκλιση	Μ.Ο.	Τυπική Απόκλιση
Μη ελεγχόμενη φόρτιση: Η μπαταρία του οχήματος θα φορτιστεί μόλις συνδεθεί το όχημα στο ηλεκτρικό δίκτυο.	4,00	1,20	3,68	1,20	3,65	1,29
Μονόδρομη φόρτιση: Ορίζετε μια συγκεκριμένη ώρα που επιθυμείτε το όχημα να είναι στην διάθεση σας πλήρως φορτισμένο. Συνήθως η φόρτιση δεν θα ξεκινάει αμέσως, αλλά θα γίνεται όταν υπάρχει πλεόνασμα ηλεκτρικής ενέργειας ή όταν η ζήτηση είναι χαμηλή. Ο διαχειριστής του ηλεκτρικού δικτύου έχει την επίβλεψη της φόρτισης με προτεραιότητα την πλήρη φόρτιση του οχήματος.	4,08	1,29	4,32	0,95	3,28	1,32
Αμφίδρομη φόρτιση (V2G): Ορίζετε μια συγκεκριμένη ώρα που επιθυμείτε το όχημα να είναι στην διάθεση σας πλήρως φορτισμένο. Συνήθως η φόρτιση δεν θα ξεκινάει αμέσως, αλλά θα γίνεται όταν υπάρχει πλεόνασμα ηλεκτρικής ενέργειας ή όταν η ζήτηση είναι χαμηλή. Επιπλέον υπάρχει η δυνατότητα το όχημα να εκφορτίζεται όταν υπάρχει μεγάλη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Ο διαχειριστής του ηλεκτρικού δικτύου έχει την επίβλεψη της φόρτισης και εκφόρτισης με προτεραιότητα την πλήρη φόρτιση του οχήματος. Τέλος ο χρήστης καθορίζει το κατώτατο όριο εκφόρτισης.	3,23	1,39	4,16	0,90	3,07	1,51

Πίνακας 10. Μέσος όρος και τυπική απόκλιση απαντήσεων ανά κατηγορία στα διαφορετικά είδη φόρτισης ΗΟ.

Παρατηρώντας τις απαντήσεις των χρηστών των ηλεκτρικών οχημάτων βλέπουμε πως υπάρχει μια σημαντική προτίμηση χρήσης της απλής φόρτισης και της έξυπνης (μονόδρομης) φόρτισης έναντι της αμφίδρομης. Σε αντίθεση με τους μελλοντικούς χρήστες όπου παρατηρείται η αντίθετη τάση, με την μικρότερη προτίμηση στην απλή, συμβατική φόρτιση και μια τάση προς τις έξυπνες μεθόδους φόρτισης, τόσο στην μονόδρομη όσο και στην αμφίδρομη. Τέλος, στους μη μελλοντικούς χρήστες, βλέπουμε μια γενική χαμηλότερη βαθμολογία, με μια μικρή προτίμηση στην απλή φόρτιση σε σχέση με τις έξυπνες μεθόδους φόρτισης. Η γενικότερα χαμηλή βαθμολογία μπορεί να οφείλεται στην πιθανή έλλειψη πρακτικής εμπειρίας φόρτισης ενός ηλεκτρικού οχήματος από τους χρήστες, με αποτέλεσμα την επιλογή απάντησης με το νούμερο 3, ως η πιο ουδέτερη επιλογή.

Στην συνέχεια αξιολογείται η βαθμολογία στο κομμάτι του ερωτηματολογίου που αφορά τα οφέλη που μπορεί να προσφέρει το V2G. Ο αριθμός 1 να αντιστοιχεί στην απάντηση “καθόλου σημαντικό” και τον αριθμό 5 στην απάντηση “πολύ σημαντικό”.

ΧΡΗΣΤΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ			
Ερώτηση	Πόσο σημαντικά θεωρείτε τα παρακάτω οφέλη της αμφίδρομης φόρτισης;	Μ.Ο.	Τυπική Απόκλιση
1	Μείωση κόστους διαστασιολόγησης μελλοντικού αποθηκευτικού συστήματος;	3,88	0,91
2	Αύξηση ποσοστού διείσδυσης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στο ηλεκτρικό δίκτυο;	4,62	0,75
3	Ασφάλεια και σταθερότητα από την μεταβλητότητα και στοχαστικότητα της παραγωγής των ΑΠΕ;	4,35	1,02
4	Ρύθμιση της συχνότητας και της τάσης του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας;	4,12	1,07
5	Ενεργειακή ασφάλεια σε οικιακό επίπεδο σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης (διακοπή ρεύματος);	4,35	0,98
6	Οικονομικά οφέλη, φορτίζοντας όταν η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι φθηνή και πουλώντας ηλεκτρική ενέργεια όταν η τιμή είναι υψηλότερη;	4,58	0,70

Πίνακας 11. Μέσος όρος και τυπικές αποκλίσεις κατόχων ΗΟ σε ερωτήσεις σχετικές με τα οφέλη του V2G.

Από τις απαντήσεις των χρηστών ηλεκτρικών οχημάτων βλέπουμε πως οι δύο υψηλότερες βαθμολογίες είναι στις που αφορούν την διείσδυση των ΑΠΕ αλλά και στα οικονομικά οφέλη που προκύπτουν από το V2G. Γενικά, υπάρχει μια γενική αποδοχή και θετική οπτική στα οφέλη που μπορεί να υπάρξουν δείχνοντας έτσι την διάθεση χρήσης του V2G αν τους δινόταν η ευκαιρία.

ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΧΡΗΣΤΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ			
Ερώτηση	Πόσο σημαντικά θεωρείτε τα παρακάτω οφέλη της αμφίδρομης φόρτισης;	Μ.Ο.	Τυπική Απόκλιση
1	Μείωση κόστους διαστασιολόγησης μελλοντικού αποθηκευτικού συστήματος;	4,16	0,90
2	Αύξηση ποσοστού διείσδυσης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στο ηλεκτρικό δίκτυο;	4,32	0,82
3	Ασφάλεια και σταθερότητα από την μεταβλητότητα και στοχαστικότητα της παραγωγής των ΑΠΕ;	4,37	0,68
4	Ρύθμιση της συχνότητας και της τάσης του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας;	3,84	0,96
5	Ενεργειακή ασφάλεια σε οικιακό επίπεδο σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης (διακοπή ρεύματος);	4,37	0,83
6	Οικονομικά οφέλη, φορτίζοντας όταν η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι φθηνή και πουλώντας ηλεκτρική ενέργεια όταν η τιμή είναι υψηλότερη;	4,32	0,89

Πίνακας 12. Μέσος όρος και τυπικές αποκλίσεις ΜΗΟ σε ερωτήσεις σχετικές με τα οφέλη του V2G.

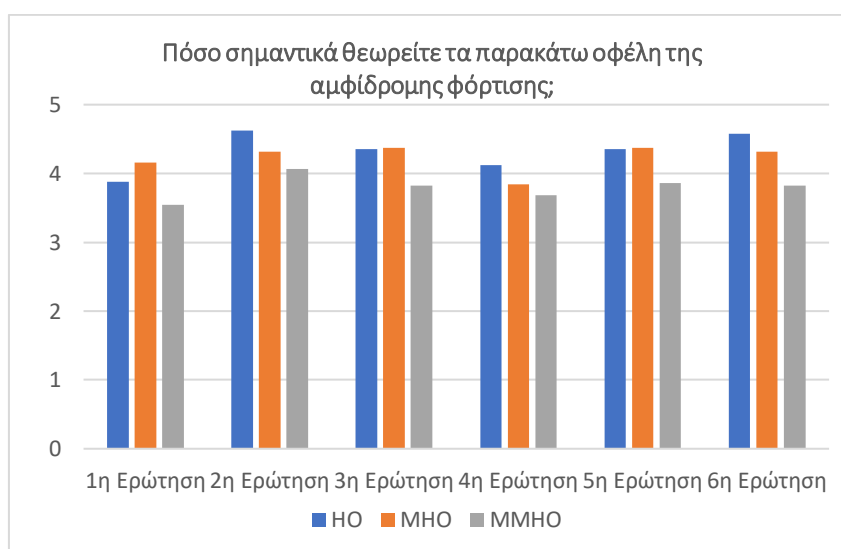
Στις απαντήσεις της κατηγορίας των μελλοντικών χρηστών ηλεκτρικών οχημάτων παρατηρείται μια παρόμοια συμπεριφορά με αυτή των κατόχων, μια θετική στάση και αποδοχή στα οφέλη με μια μικρή μείωση στην απάντηση που αφορά τα τεχνικά οφέλη της ρύθμισης της συχνότητας και της τάσης του ηλεκτρικού δικτύου. Η μικρή αυτή

μείωση μπορεί να οφείλεται στην απουσία ενημέρωσης σχετικά με την διαδικασία ρύθμισης.

ΜΗ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΧΡΗΣΤΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ			
Ερώτηση	Πόσο σημαντικά θεωρείτε τα παρακάτω οφέλη της αμφίδρομης φόρτισης;	Μ.Ο.	Τυπική Απόκλιση
1	Μείωση κόστους διαστασιολόγησης μελλοντικού αποθηκευτικού συστήματος;	3,54	1,34
2	Αύξηση ποσοστού διείσδυσης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στο ηλεκτρικό δίκτυο;	4,07	1,13
3	Ασφάλεια και σταθερότητα από την μεταβλητότητα και στοχαστικότητα της παραγωγής των ΑΠΕ;	3,82	1,23
4	Ρύθμιση της συχνότητας και της τάσης του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας;	3,68	1,24
5	Ενεργειακή ασφάλεια σε οικιακό επίπεδο σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης (διακοπή ρεύματος);	3,86	1,19
6	Οικονομικά οφέλη, φορτίζοντας όταν η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι φθηνή και πουλώντας ηλεκτρική ενέργεια όταν η τιμή είναι υψηλότερη;	3,82	1,31

Πίνακας 13. Μέσος όρος και τυπικές αποκλίσεις ΜΜΗΟ σε ερωτήσεις σχετικές με τα οφέλη του V2G.

Σε αυτή την κατηγορία βλέπουμε μια γενική μείωση στο πόσο σημαντικά θεωρούνται τα θετικά του V2G, με σχετικά υψηλές βαθμολογίες ωστόσο ακόμα. Την μεγαλύτερη βαθμολογία έβαλε η απάντηση που αφορά την διείσδυση των ΑΠΕ με μικρότερη τυπική απόκλιση. Η απάντηση αυτή έλαβε από τις υψηλότερες βαθμολογίες σε όλες τις κατηγορίες δείχνοντας έτσι την γενική επιθυμία των ερωτηθέντων για την προώθηση των ΑΠΕ και την πράσινη ενέργεια.



Διάγραμμα 16. Συγκενρωτικό διάγραμμα κάθε ερώτησης για τα οφέλη του V2G ανά κατηγορία ερωτηθέντων.

Ακολουθεί η βαθμολογία των απαντήσεων για την ανησυχία που προκαλούν στους ερωτηθέντες οι παρακάτω θέσεις. Ο αριθμός 1 να αντιστοιχεί στην απάντηση “καθόλου” και τον αριθμό 5 στην απάντηση “πολύ”. Οπότε μια μικρή βαθμολογία αντιστοιχεί σε μια χαμηλή ανησυχία ενώ μια υψηλή σε μεγαλύτερη ανησυχία.

ΧΡΗΣΤΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ			
Ερώτηση	Πόσο σας ανησυχούν τα παρακάτω:	Μ.Ο.	Τυπική Απόκλιση
1	Με την αμφίδρομη φόρτιση, θα φοβόμουν ότι η διάρκεια ζωής της μπαταρίας θα μειωνόταν από τη συχνή φόρτιση και εκφόρτιση και θα έπρεπε να αγοράσω μια νέα μπαταρία νωρίτερα.	3,46	1,42
2	Η έλλιπής υπάρχουσα αγορά ηλεκτρικών φορτιστών και ηλεκτρικών οχημάτων αμφίδρομης φόρτισης στην Ελλάδα περιορίζει την λειτουργία του V2G.	4,08	1,23
3	Με την αμφίδρομη φόρτιση, θα φοβόμουν ότι η μπαταρία δεν είναι επαρκώς φορτισμένη όταν θέλω να ξεκινήσω ένα ταξίδι.	3,31	1,05
4	Νιώθω ότι περιορίζεται η ελευθερία και ο έλεγχος του χρήστη πάνω στο όχημα.	3,12	1,34
5	Πόσο σας ανησυχεί η περίπτωση του να μην υπάρχει αρκετό οικονομικό όφελος από το V2G για να αντισταθμίσει τον εκφυλισμό της μπαταρίας.	4,04	1,11
6	Με την αμφίδρομη φόρτιση, θα φοβόμουν ότι τα δεδομένα μου θα χρησιμοποιούνταν για τη δημιουργία προφίλ κίνησης.	2,15	1,29
7	Με φοβίζει η έλλειψη ενημέρωσης για το V2G αλλά και η ασφάλεια του οχήματός μου (ηλεκτρολογικό ατύχημα) κατά τη διάρκεια αμφίδρομης φόρτισης.	2,58	1,58

Πίνακας 14. Μέσος όρος και τυπικές αποκλίσεις κατόχων ΗΟ σε ερωτήσεις σχετικές με τις δυσκολίες του V2G.

Παρατηρούμε πως την μεγαλύτερη ανησυχία των χρηστών ηλεκτρικών οχημάτων την προκαλεί η έλλειψη αγοράς οχημάτων και φορτιστών που να υποστηρίζουν το V2G. Μια ανησυχία που είναι δικαιολογημένη, καθώς δεδομένα αυτή την στιγμή η αγορά του V2G είναι μικρή και αναπτύσσεται σε παγκόσμια κλίμακα. Ωστόσο η τεχνολογία αυτή στην Ελλάδα βρίσκεται ακόμα σε πολύ πρώιμα στάδια κάτι που κάνει τους ερωτηθέντες να το θεωρούν ως το μεγαλύτερο εμπόδιο και βλέπουν την τεχνολογία ως κάτι πολύ μακρινό. Μεγάλη ανησυχία φαίνεται να προκαλεί επίσης η περίπτωση να μην υπάρχει αρκετό οικονομικό όφελος από το V2G. Αυτό αποτελεί μια από τις μεγαλύτερες ανησυχίες γενικότερα και στις υπόλοιπες έρευνες που έχουν γίνει και είναι μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις της τεχνολογίας. Η βελτίωση της τεχνολογίας των μπαταριών και η δημιουργία εξελιγμένων συστημάτων πρόγνωσης είναι δεδομένο πως θα περιορίσουν σημαντικά την πιθανότητα να μην υπάρχει αρκετό οικονομικό όφελος που να μην αντισταθμίζει τον εκφυλισμό της μπαταρίας.

Αντίθετα, μικρή ανησυχία φαίνεται να προκαλεί η δημιουργία προφίλ κίνησης και ο κίνδυνος κάποιου ατυχήματος, δείχνοντας πως υπάρχει εμπιστοσύνη τόσο στην τεχνολογία της ηλεκτροκίνησης όσο και στις τεχνολογίες που προκύπτουν από αυτή όπως το V2G.

ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΧΡΗΣΤΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ			
Ερώτηση	Πόσο σας ανησυχούν τα παρακάτω:	Μ.Ο.	Τυπική Απόκλιση
1	Με την αμφίδρομη φόρτιση, θα φοβόμουν ότι η διάρκεια ζωής της μπαταρίας θα μειωνόταν από τη συχνή φόρτιση και εκφόρτιση και θα έπρεπε να αγοράσω μια νέα μπαταρία νωρίτερα.	3,42	1,12
2	Η ελλιπής υπάρχουσα αγορά ηλεκτρικών φορτιστών και ηλεκτρικών οχημάτων αμφίδρομης φόρτισης στην Ελλάδα περιορίζει την λειτουργία του V2G.	4,37	0,68
3	Με την αμφίδρομη φόρτιση, θα φοβόμουν ότι η μπαταρία δεν είναι επαρκώς φορτισμένη όταν θέλω να ξεκινήσω ένα ταξίδι.	3,37	1,07
4	Νιώθω ότι περιορίζεται η ελευθερία και ο έλεγχος του χρήστη πάνω στο όχημα.	3,26	1,24
5	Πόσο σας ανησυχεί η περίπτωση του να μην υπάρχει αρκετό οικονομικό όφελος από το V2G για να αντισταθμίσει τον εκφυλισμό της μπαταρίας.	3,53	1,12
6	Με την αμφίδρομη φόρτιση, θα φοβόμουν ότι τα δεδομένα μου θα χρησιμοποιούνταν για τη δημιουργία προφίλ κίνησης.	2,58	1,30
7	Με φοβίζει η έλλειψη ενημέρωσης για το V2G αλλά και η ασφάλεια του οχήματός μου (ηλεκτρολογικό ατύχημα) κατά τη διάρκεια αμφίδρομης φόρτισης.	3,05	1,58

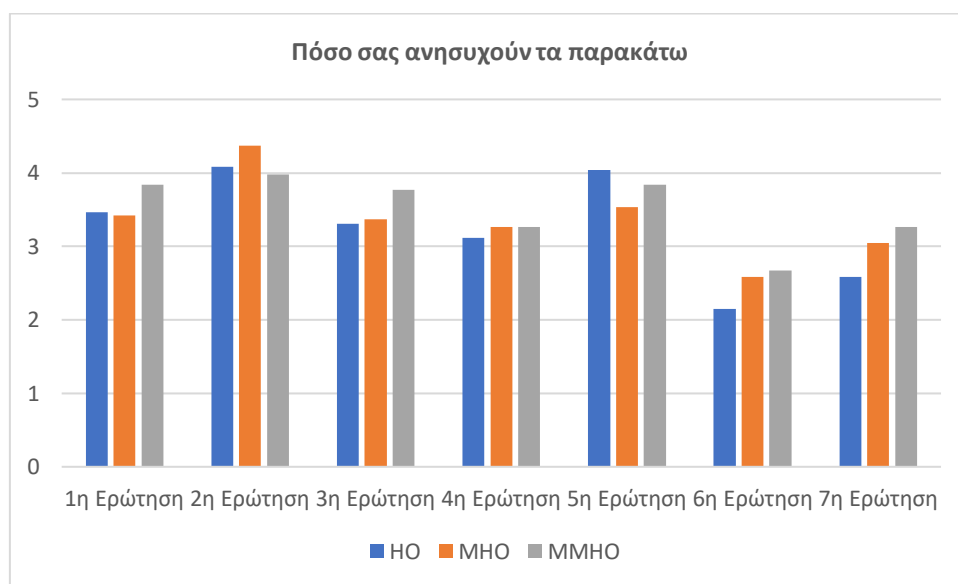
Πίνακας 15. Μέσος όρος και τυπικές αποκλίσεις ΜΗΟ σε ερωτήσεις σχετικές με τις δυσκολίες του V2G.

Σε αυτή την κατηγορία βλέπουμε μια μικρή αύξηση στις απαντήσεις των ερωτηθέντων με σημαντικότερη την ανησυχία της ελλιπής αγοράς του V2G. Αυτή η γενικότερη αύξηση είναι λογική καθώς η μικρότερη εμπειρία με την ηλεκτροκίνηση σε σχέση με τους χρήστες μπορεί να δημιουργήσει μεγαλύτερες αμφιβολίες για μια καινούρια τεχνολογία. Αυτό αντικατοπτρίζεται και στην αυξημένη βαθμολογία στην απάντηση ότι τους φοβίζει η έλλειψη ενημέρωσης για το V2G αλλά και η ασφάλεια του οχήματός μου (ηλεκτρολογικό ατύχημα) κατά τη διάρκεια αμφίδρομης φόρτισης.

ΜΗ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΧΡΗΣΤΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ			
Ερώτηση	Πόσο σας ανησυχούν τα παρακάτω:	Μ.Ο.	Τυπική Απόκλιση
1	Με την αμφίδρομη φόρτιση, θα φοβόμουν ότι η διάρκεια ζωής της μπαταρίας θα μειωνόταν από τη συχνή φόρτιση και εκφόρτιση και θα έπρεπε να αγοράσω μια νέα μπαταρία νωρίτερα.	3,84	1,24
2	Η ελλιπής υπάρχουσα αγορά ηλεκτρικών φορτιστών και ηλεκτρικών οχημάτων αμφίδρομης φόρτισης στην Ελλάδα περιορίζει την λειτουργία του V2G.	3,98	1,22
3	Με την αμφίδρομη φόρτιση, θα φοβόμουν ότι η μπαταρία δεν είναι επαρκώς φορτισμένη όταν θέλω να ξεκινήσω ένα ταξίδι.	3,77	1,31
4	Νιώθω ότι περιορίζεται η ελευθερία και ο έλεγχος του χρήστη πάνω στο όχημα.	3,26	1,51
5	Πόσο σας ανησυχεί η περίπτωση του να μην υπάρχει αρκετό οικονομικό όφελος από το V2G για να αντισταθμίσει τον εκφυλισμό της μπαταρίας.	3,84	1,13
6	Με την αμφίδρομη φόρτιση, θα φοβόμουν ότι τα δεδομένα μου θα χρησιμοποιούνταν για τη δημιουργία προφίλ κίνησης.	2,67	1,44
7	Με φοβίζει η έλλειψη ενημέρωσης για το V2G αλλά και η ασφάλεια του οχήματός μου (ηλεκτρολογικό ατύχημα) κατά τη διάρκεια αμφίδρομης φόρτισης.	3,26	1,20

Πίνακας 16. Μέσος όρος και τυπικές αποκλίσεις ΜΜΗΟ σε ερωτήσεις σχετικές με τις δυσκολίες του V2G.

Σε αυτή την κατηγορία ερωτήσεων δε παρατηρούμε μεγάλη διαφορά στην βαθμολογία των μη μελλοντικών χρηστών ηλεκτρικών οχημάτων συγκριτικά με τις άλλες δύο ομάδες. Όπως και προηγουμένως έτσι και εδώ την μεγαλύτερη ανησυχία προκαλεί η ελλιπής αγορά. Μια αύξηση που αξίζει να σχολιαστεί είναι η αυξημένη ανησυχία που υπάρχει για την στάθμη της μπαταρίας μετά από την χρήση V2G και ο εκφυλισμός που προκαλείται από αυτό.



Διάγραμμα 17. Συγκεντρωτικό διάγραμμα κάθε ερώτησης για τις δυσκολίες του V2G ανά κατηγορία ερωτηθέντων.

Μέσα από τις απαντήσεις των τριών ομάδων φαίνεται ξεκάθαρα ποιες είναι οι μεγαλύτερες ανησυχίες των ερωτηθέντων σχετικά με το V2G. Η ελλιπής αγορά οχημάτων και φορτιστών συμβατών με την τεχνολογία του V2G αλλά και το οικονομικό κέρδος που προκύπτει είναι τα θέματα που θα πρέπει να λύσουν τόσο οι επιστήμονες και οι κατασκευαστές που ασχολούνται με την ανάπτυξη της τεχνολογίας, όσο και οι κρατικοί φορείς, που πρέπει προωθήσουν την αγορά αυτή περισσότερο στην Ελληνική αγορά.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι βαθμολογίες που αφορούν θέσεις που θα ωθούσαν τους ερωτηθέντες να χρησιμοποιήσουν τα οχήματα τους για V2G. Ο αριθμός 1 αντιστοιχεί στην απάντηση “Διαφωνώ” ενώ ο αριθμός 5 στην απάντηση “Συμφωνώ”.

ΧΡΗΣΤΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ			
Ερώτηση	Θα χρησιμοποιούσα το όχημα μου για V2G αν:	Μ.Ο.	Τυπική Απόκλιση
1	Αν τα οικονομικά οφέλη αντισταθμίζουν τον εκφυλισμό της μπαταρίας.	4,58	0,81
2	Αν η αμφίδρομη φόρτιση είναι φθηνότερη από την μη ελεγχόμενη.	4,27	0,92
3	Αν είχα έκπτωση/επιδότηση στην αγορά νέου ηλεκτρικού οχήματος.	4,65	0,63
4	Αν είχα έκπτωση/επιδότηση στην αγορά ή εγκατάσταση του σταθμού αμφίδρομης φόρτισης.	4,58	0,70
5	Αν είχα πλήρη ενημέρωση για το πότε θα γινόταν εκφόρτιση της μπαταρίας και μπορούσα να θέσω ο ίδιος το όριο της εκφόρτισης.	4,69	0,47
6	Υπήρχε εγγύηση για αποκλειστική φόρτιση από ΑΠΕ.	3,92	1,26

Πίνακας 17. Μέσος όρος και τυπικές αποκλίσεις κατόχων ΗΟ σε ερωτήσεις σχετικές με την προώθηση του V2G.

ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΧΡΗΣΤΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ			
Ερώτηση	Θα χρησιμοποιούσα το όχημα μου για V2G αν:	Μ.Ο.	Τυπική Απόκλιση
1	Αν τα οικονομικά οφέλη αντισταθμίζουν τον εκφυλισμό της μπαταρίας.	4,26	0,87
2	Αν η αμφίδρομη φόρτιση είναι φθηνότερη από την μη ελεγχόμενη.	4,68	0,48
3	Αν είχα έκπτωση/επιδότηση στην αγορά νέου ηλεκτρικού οχήματος.	4,68	0,67
4	Αν είχα έκπτωση/επιδότηση στην αγορά ή εγκατάσταση του σταθμού αμφίδρομης φόρτισης.	4,84	0,50
5	Αν είχα πλήρη ενημέρωση για το πότε θα γινόταν εκφόρτιση της μπαταρίας και μπορούσα να θέσω ο ίδιος το όριο της εκφόρτισης.	4,58	0,69
6	Υπήρχε εγγύηση για αποκλειστική φόρτιση από ΑΠΕ.	4,05	1,03

Πίνακας 18. Μέσος όρος και τυπικές αποκλίσεις ΜΗΟ σε ερωτήσεις σχετικές με την προώθηση του V2G.

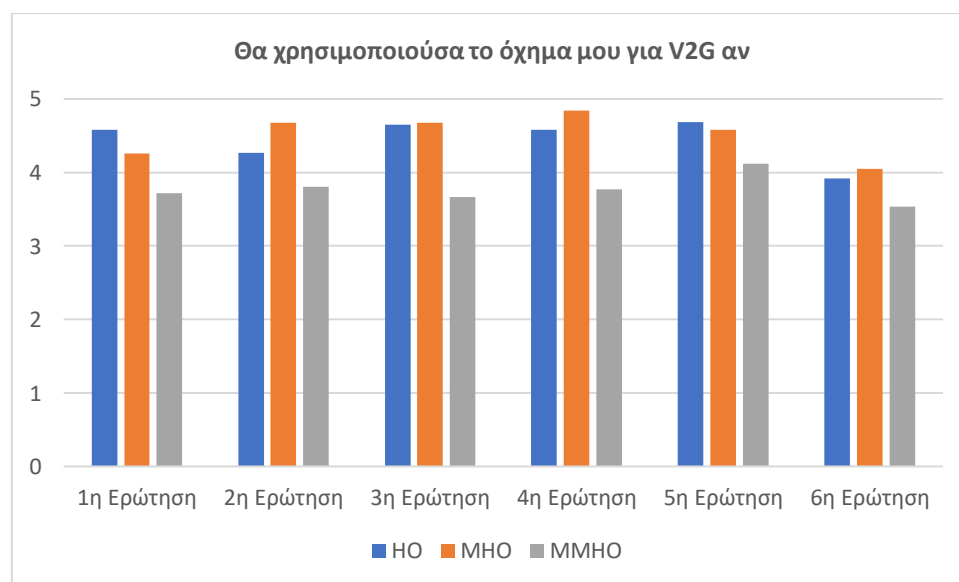
Σε αυτή την ερώτηση παρατηρούμε παρόμοιες βαθμολογίες τόσο στους χρήστες όσο και στους μελλοντικούς κατόχους ηλεκτρικών οχημάτων. Τα οικονομικά κίνητρα κάθε φύσης είναι σημαντικός παράγοντας προώθησης του V2G, κάτι που δείχνει τον

σημαντικό ρόλο που έχει η ενίσχυση του κράτους προς την τεχνολογία για να επιτευχθεί η διάδοση και χρήση αυτής.

ΜΗ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΧΡΗΣΤΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ			
Ερώτηση	Θα χρησιμοποιούσα το όχημα μου για V2G αν:	Μ.Ο.	Τυπική Απόκλιση
1	Αν τα οικονομικά οφέλη αντιστάθμιζαν τον εκφυλισμό της μπαταρίας.	3,72	1,19
2	Αν η αμφίδρομη φόρτιση είναι φθηνότερη από την μη ελεγχόμενη.	3,81	1,17
3	Αν είχα έκπτωση/επιδότηση στην αγορά νέου ηλεκτρικού οχήματος.	3,67	1,43
4	Αν είχα έκπτωση/επιδότηση στην αγορά ή εγκατάσταση του σταθμού αμφίδρομης φόρτισης.	3,77	1,38
5	Αν είχα πλήρη ενημέρωση για το πότε θα γινόταν εκφόρτιση της μπαταρίας και μπορούσα να θέσω ο ίδιος το όριο της εκφόρτισης.	4,12	1,17
6	Υπήρχε εγγύηση για αποκλειστική φόρτιση από ΑΠΕ.	3,54	1,40

Πίνακας 19. Μέσος όρος και τυπικές αποκλίσεις ΜΜΗΟ σε ερωτήσεις σχετικές με την προώθηση του V2G.

Στην κατηγορία των μη μελλοντικών χρηστών φαίνεται να υπάρχει μια μικρή μείωση στην επίδραση που θα είχαν τα οικονομικά κίνητρα. Ωστόσο σημαντικό φαίνεται να αποτελεί το κριτήριο της πλήρους ενημέρωσης και ελέγχου πάνω στο όχημα και στην φόρτιση. Αυτό το κριτήριο φαίνεται να λύνεται η ανησυχία που μπορεί να έχουν οι χρήστες όσον αφορά την ενημέρωση αλλά και τον έλεγχο πάνω στο όχημα.



Διάγραμμα 18. Συγκεντρωτικό διάγραμμα κάθε ερώτησης για την προώθηση του V2G ανά κατηγορία ερωτηθέντων.

Στο τέλος του ερωτηματολογίου παρατέθηκαν κάποιες θέσεις για να δούμε αν συμφωνούν ή όχι οι ερωτηθέντες με αυτά. Ο αριθμός 1 αντιστοιχεί στην απάντηση “Διαφωνώ” ενώ ο αριθμός 5 στην απάντηση “Συμφωνώ”.

ΧΡΗΣΤΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ			
Ερώτηση	Πόσο συμφωνείτε με τα παρακάτω:	Μ.Ο.	Τυπική Απόκλιση
1	Η μεγιστοποίηση του κέρδους από το V2G είναι το πιο σημαντικό.	3,81	0,94
2	Είμαι πρόθυμος να προσαρμόσω τις οδηγικές και καθημερινές μου ανάγκες σύμφωνα με τις απαιτήσεις για την μέγιστη αξιοποίηση του V2G. (π.χ χρήση των MMM όταν το όχημα χρησιμοποιείται για V2G ή μετατόπιση της χρήσης του πλυντηρίου σε διαφορετική ώρα, κλπ).	2,62	1,36
3	Ο θετικός περιβαλλοντικός αντίκτυπος του V2G είναι το πιο σημαντικό.	3,81	0,94
4	Η αίσθηση συμμετοχής σε κάτι καινοτόμο και καινούριο (V2G) δημιουργεί θετικά συναισθήματα και ώθηση προς αυτό.	3,50	1,14
5	Θα έπρεπε να υπάρξει επίσπευση για την δημιουργία νομοθεσίας για την αμφίδρομη φόρτιση.	3,96	0,87
6	Έχω έλλειψη εμπιστοσύνης για την διαχείριση του ηλεκτρικού οχήματος από τον διαχειριστή του ηλεκτρικού δικτύου.	3,42	1,21

Πίνακας 20. Μέσος όρος και τυπικές αποκλίσεις κατόχων ΗΟ σε γενικές ερωτήσεις για το V2G.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε πως τόσο τα οικονομικά όσο και τα περιβαλλοντικά οφέλη του V2G είναι εξίσου σημαντικά. Ενώ πολύ σημαντικό είναι πως δεν υπάρχει, από τους περισσότερους ερωτηθέντες, η διάθεση για περαιτέρω προσαρμογή της καθημερινότητας τους. Αυτό είναι σημαντικό καθώς η προσαρμογή των χρηστών στις ανάγκες του ηλεκτρικού δικτύου, και η προσαρμογή των καθημερινών συνηθειών είναι παράγοντες που έχουν μεγάλη επίδραση στην βιωσιμότητα του V2G. Τέλος, βλέπουμε πως οι χρήστες έχουν βαθμολογήσει υψηλά και την επίσπευση δημιουργίας νομοθεσίας για το V2G, καθώς αποτελεί πρωτεύον παράγοντα για την έναρξη της αγοράς και της χρήσης του V2G στην Ελλάδα.

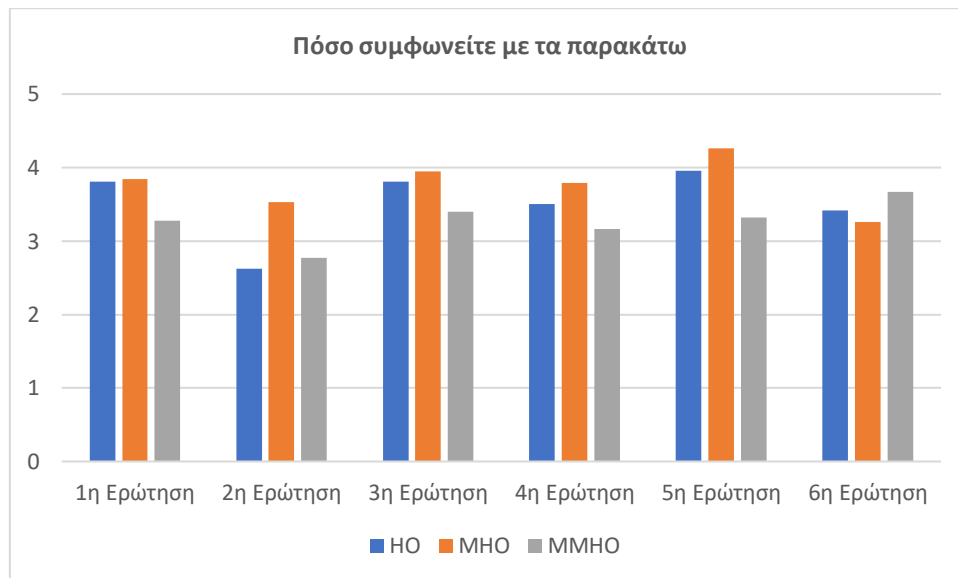
ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΧΡΗΣΤΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ			
Ερώτηση	Πόσο συμφωνείτε με τα παρακάτω:	Μ.Ο.	Τυπική Απόκλιση
1	Η μεγιστοποίηση του κέρδους από το V2G είναι το πιο σημαντικό.	3,84	1,01
2	Είμαι πρόθυμος να προσαρμόσω τις οδηγικές και καθημερινές μου ανάγκες σύμφωνα με τις απαιτήσεις για την μέγιστη αξιοποίηση του V2G. (π.χ χρήση των MMM όταν το όχημα χρησιμοποιείται για V2G ή μετατόπιση της χρήσης του πλυντηρίου σε διαφορετική ώρα, κλπ).	3,53	1,47
3	Ο θετικός περιβαλλοντικός αντίκτυπος του V2G είναι το πιο σημαντικό.	3,95	0,97
4	Η αίσθηση συμμετοχής σε κάτι καινοτόμο και καινούριο (V2G) δημιουργεί θετικά συναισθήματα και ώθηση προς αυτό.	3,79	1,03
5	Θα έπρεπε να υπάρξει επίσπευση για την δημιουργία νομοθεσίας για την αμφίδρομη φόρτιση.	4,26	0,99
6	Έχω έλλειψη εμπιστοσύνης για την διαχείριση του ηλεκτρικού οχήματος από τον διαχειριστή του ηλεκτρικού δικτύου.	3,26	1,33

Πίνακας 21. Μέσος όρος και τυπικές αποκλίσεις ΜΗΟ σε γενικές ερωτήσεις για το V2G.

Όπως και παραπάνω βλέπουμε πως το οικονομικό και το περιβαλλοντικό όφελος έχουν εξίσου σημαντικό αντίκτυπο στις απόψεις των ερωτηθέντων. Είναι σημαντική ωστόσο η αύξηση στην προθυμία προσαρμογής των συνηθειών. Αυτό δείχνει πως οι μελλοντικοί χρήστες είναι πιο δεκτικοί στο δεδομένο ότι θα πρέπει να γίνουν κάποιιο συμβιβασμοί προς την μετάβαση στην ηλεκτροκίνηση, οπότε είναι διαθέσιμοι να κάνουν κάποιες παραπάνω προσαρμογές με σκοπό τα οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη της τεχνολογίας. Μια εξίσου μεγάλη βαθμολογία με τους μελλοντικούς χρήστες των ηλεκτρικών οχημάτων, δόθηκε και εδώ, στην θέση για επίσπευση της νομοθεσίας.

ΜΗ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΧΡΗΣΤΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ			
Ερώτηση	Πόσο συμφωνείτε με τα παρακάτω:	Μ.Ο.	Τυπική Απόκλιση
1	Η μεγιστοποίηση του κέρδους από το V2G είναι το πιο σημαντικό.	3,28	1,13
2	Είμαι πρόθυμος να προσαρμόσω τις οδηγικές και καθημερινές μου ανάγκες σύμφωνα με τις απαιτήσεις για την μέγιστη αξιοποίηση του V2G. (π.χ χρήση των MMM όταν το όχημα χρησιμοποιείται για V2G ή μετατόπιση της χρήσης του πλυντηρίου σε διαφορετική ώρα, κλπ).	2,77	1,41
3	Ο θετικός περιβαλλοντικός αντίκτυπος του V2G είναι το πιο σημαντικό.	3,40	1,22
4	Η αίσθηση συμμετοχής σε κάτι καινοτόμο και καινούριο (V2G) δημιουργεί θετικά συναισθήματα και ώθηση προς αυτό.	3,16	1,26
5	Θα έπρεπε να υπάρξει επίσηυση για την δημιουργία νομοθεσίας για την αμφίδρομη φόρτιση.	3,32	1,35
6	Έχω έλλειψη εμπιστοσύνης για την διαχείριση του ηλεκτρικού οχήματος από τον διαχειριστή του ηλεκτρικού δικτύου.	3,67	1,17

Πίνακας 22. Μέσος όρος και τυπικές αποκλίσεις MMHO σε γενικές ερωτήσεις για το V2G.



Διάγραμμα 19. Συγκεντρωτικό διάγραμμα κάθε ερώτησης σε γενικές ερωτήσεις για το V2G ανά κατηγορία ερωτηθέντων.

Σύγκριση αποτελεσμάτων με βιβλιογραφία

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου με την βιβλιογραφία της παραγράφου 5.1 παρατηρούμε κοινά συμπεράσματα τόσο στα θετικά όσο και στα αρνητικά και τις ανησυχίες πάνω στο V2G. Όπως και στις μελέτες των (Parsons et al., 2014) και (Geske & Schumann, 2018), συμπεραίνουμε επίσης πως το ρίσκο για έλλειψη οικονομικού οφέλους και το άγχος αυτονομίας είναι σημαντικοί παράγοντες όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 17. Από το διάγραμμα 17 επίσης βλέπουμε πως την μεγαλύτερη ανησυχία σε όλες τις κατηγορίες των ερωτηθέντων την προκαλεί η έλλειψη υπάρχουσας αγοράς οχημάτων και φορτιστών που να υποστηρίζουν το V2G, ένα πρόβλημα που επισημάνθηκε και στην μελέτη (Meijssen et al., 2019) όπου συμπέραναν πως η εγκατάσταση εξοπλισμού θα μειώσει πολύ το άγχος και θα ενισχύσει την προθυμία συμμετοχής. Αντίθετα με τις συνεντεύξεις των (van Heuveln et al., 2021a) όπου η πλειοψηφία των ερωτηθέντων δήλωσε πως δεν τους αγχώνει σε μεγάλο βαθμό η υποβάθμιση της μπαταρίας, στην δική μας μελέτη περίπτωσης παρατηρούμε πως η κατηγορία των μη μελλοντικών χρηστών δηλώνει μεγάλη ανησυχία για την υποβάθμιση της μπαταρίας. Από αυτή την σύγκριση είναι φανερό η αντίθεση μεταξύ των αποτελεσμάτων των δύο ερωτηματολογίων και η επιτυχία κάλυψης του κενού που αναφέρεται στην παράγραφο 5.2. Γενικότερα παρατηρείται μια ομοιότητα στις απαντήσεις του ερωτηματολογίου με την βιβλιογραφία, κάτι που δείχνει πως η ιδιαιτερότητα του Ελληνικού περιβάλλοντος δεν αποτελεί σημαντικό παράγοντα στα αποτελέσματα, με την μοναδική διαφορά να είναι το επίπεδο προώθησης και αφομοίωσης της ηλεκτροκίνησης γενικότερα.

7 Η αγορά και το μέλλον του V2G

Η αγορά του V2G όπως συμπεράναμε και από τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου είναι από τους βασικούς τομείς που επηρεάζουν την άποψη των καταναλωτών. Μία σταθερή και αναπτυσσόμενη αγορά δίνει σιγουριά τόσο στους μελλοντικούς αγοραστές όσο και στους ενδεχόμενους επενδυτές, που μπορούν να συνδράμουν στην περαιτέρω ανάπτυξη της τεχνολογίας του V2G.

Πολλές μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί τα τελευταία χρόνια που αναλύουν τους παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη της αγοράς του V2G και κάνουν τις εκτιμήσεις τους για τους ρυθμούς ανάπτυξης.

- Σύμφωνα με την μελέτη που έχει δημοσιευθεί στο Allied Market Research από τους Mayank H. και Sonia M. το 2021 η αγορά του V2G ανερχόταν σε 1,72\$ δισεκατομμύρια το 2021 και αναμένεται να φτάσει τα 15,03\$ δισεκατομμύρια έως το 2031 με ρυθμό αύξησης (CAGR) 25,3% από το 2022 έως το 2031.
- Στην μελέτη που δημοσιεύθηκε στο Research and Markets από το IMARC Group αναφέρεται πως η αγορά ανέρχεται στο 1,7\$ δισεκατομμύρια το 2021 και αναμένεται να φτάσει τα 15,4\$ δισεκατομμύρια έως το 2027 εμφανίζοντας ρυθμό αύξησης 44,38% κατά την χρονική περίοδο 2021-2027.
- Στην μελέτη που δημοσιεύθηκε στο transparency market research η αγορά ανέρχεται στο 2,78\$ δισεκατομμύρια το 2021 και αναμένεται να φτάσει τα 20,06\$ δισεκατομμύρια έως το τέλος του 2031 εμφανίζοντας ρυθμό αύξησης CAGR 21,40% κατά την χρονική περίοδο 2022-2031.
- Τέλος, στην μελέτη του Geographic Scope and Forecast που δημοσιεύθηκε στο Verified Market Research η αγορά ανέρχεται στο 2,01\$ δισεκατομμύρια το 2021 και αναμένεται να φτάσει τα 14,09\$ δισεκατομμύρια έως το τέλος του 2030 εμφανίζοντας ρυθμό αύξησης CAGR 23,2% κατά την χρονική περίοδο 2023-2030.

Από τις παραπάνω μελέτες είναι εμφανής ότι ο ρυθμός αύξησης ποικίλει από μελέτη σε μελέτη, κάτι που οφείλεται στις διαφορετικές παραμέτρους που έχουν λάβει υπόψιν τους, ωστόσο οι περισσότερες μελέτες δίνουν μεγάλο ποσοστό αύξησης τα επόμενα έτη. Αυτός ο ρυθμός ανάπτυξης αλλά και οι εκτιμήσεις πως η τωρινή αγορά των 2\$ δισεκατομμυρίων θα αυξηθεί στα 15\$ δισεκατομμύρια αποτελεί σημαντικό παράγοντα και κίνητρο ενασχόλησης με το V2G.

Εκτός από τις μελέτες ωστόσο, πολύ σημαντικό κίνητρο για την ενασχόληση με το V2G αποτελεί και η δήλωση της μεγαλύτερης αυτοκινητοβιομηχανίας παραγωγής ηλεκτρικών οχημάτων, της Tesla. Την 1^η μαρτίου του 2023 στην εκδήλωση της “2023 Investors Day” ο αντιπρόεδρος της εταιρείας Drew Baglino, δήλωσε πως τα οχήματα της Tesla μέχρι το 2025 θα διαθέτουν την δυνατότητα αμφίδρομης φόρτισης. Αν και ο πρόεδρος της εταιρείας συνεχίζει να εκφράζει την προσωπική του άποψη πως ο κόσμος δεν θα χρησιμοποιήσει τόσο το V2G, η στροφή και η αποδοχή της αμφίδρομης τεχνολογίας από την Tesla αποτελεί σημαντικό δεδομένο που θα επηρεάσει σημαντικά την ανάπτυξη της τεχνολογίας.

7.1 Ανάπτυξη του V2G

Στις παραπάνω μελέτες έχουν αναλυθεί οι κύριοι λόγοι που επηρεάζουν την ανάπτυξη του V2G τόσο αρνητικά όσο και θετικά. Οι λόγοι που θα σχολιαστούν παρακάτω είναι η αύξηση της ζήτησης των ηλεκτρικών οχημάτων, οι πρωτοβουλίες των κυβερνήσεων για βελτίωση των υποδομών φόρτισης, η καλπάζουσα αύξηση της αστικοποίησης αλλά και η έλλειψη πρωτοκόλλων φόρτισης.

7.1.1 Αύξηση ζήτησης ηλεκτρικών οχημάτων

Τα ηλεκτρικά οχήματα προσφέρουν πολλαπλά πλεονεκτήματα, όπως χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης σε σύγκριση με τους συμβατικούς βενζινοκινητήρες, συμβαδίζουν με τις εφαρμογές αυστηρών κυβερνητικών κανονισμών για τον περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος, και έχουν μειωμένες ή μηδενικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Αυτά τα πλεονεκτήματα αυξάνουν σημαντικά τη ζήτηση τους σε όλο τον κόσμο. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας της τεχνολογίας σε περιοχές όπως οι ΗΠΑ, η Κίνα και η Ευρώπη, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των πωλήσεων κατά 160% το πρώτο εξάμηνο του 2021 σε σύγκριση με το προηγούμενο έτος, σε 2,6 εκατομμύρια μονάδες, που αντιπροσωπεύουν το 26% των νέων πωλήσεων στην παγκόσμια αγορά αυτοκινήτου. Η ραγδαία ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης έχει οδηγήσει του βασικούς παίχτες που δραστηριοποιούνται στην αγορά του V2G να υιοθετήσουν στρατηγικές ανάπτυξης και προώθησης των προϊόντων τους για να αξιοποιήσουν τις επιχειρηματικές δυνατότητες.

Για παράδειγμα, τον Νοέμβριο του 2020, η Nuvve Corporation, μια εταιρεία που ασχολείται με το V2G και η Lion, μια εταιρεία παραγωγής βαρέων επαγγελματικών οχημάτων, συνεργάστηκαν και λάνσαραν ηλεκτρικά σχολικά οχήματα με δυνατότητα αμφίδρομης φόρτισης.

Επιπλέον, τον Απρίλιο του 2021, η Volkswagen ανακοίνωσε το σχέδιο της να υιοθετήσει την τεχνολογία του V2G σε όλα τα ηλεκτρικά οχήματα της από το 2022 στην Modular Electric Drive matrix (MEB) πλατφόρμα της. Ενώ, το Αύγουστο του 2021, η γαλλική εταιρεία κοινής ωφέλειας EDF, ανακοίνωσε την συνεργασία της με την Ιαπωνική αυτοκινητοβιομηχανία Nissan, για την έναρξη μιας νέας εμπορικής υπηρεσίας φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων με την χρήση V2G για χρήστες στο Ηνωμένο Βασίλειο (Industry Arc).

Οι εξελίξεις στην αγορά ηλεκτρικών οχημάτων αναμένεται να ωθήσουν την ανάπτυξη της αγοράς V2G τα επόμενα χρόνια.

7.1.2 Κυβερνητικές πρωτοβουλίες για την ανάπτυξη υποδομών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων

Οι πρωτοβουλίες των κυβερνήσεων για την υιοθέτηση ηλεκτρικών οχημάτων και οι ρυθμίσεις σχετικά με τα περιβαλλοντικά ζητήματα σε συνδυασμό με την αυξανόμενη περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση του κοινού, διαδραματίζουν βασικό ρόλο στην ανάπτυξη αυτής της αγοράς. Τον Αύγουστο του 2020, η κυβέρνηση του Ηνωμένου Βασιλείου χορήγησε περίπου 1,7 εκατομμύρια δολάρια σε δύο έργα φόρτισης

ηλεκτρικών οχημάτων, προκειμένου να τους βοηθήσει να χρησιμοποιήσουν την ηλεκτρική ενέργεια, όταν είναι φθηνότερη με σκοπό την εξισορρόπηση του δικτύου.

Τον Σεπτέμβριο του 2019, η ολλανδική κυβέρνηση ανακοίνωσε τον προγραμματισμό της σχετικά με την επένδυση 6 εκατομμυρίων δολαρίων σε ένα σχέδιο εγκατάστασης σημείων φόρτισης V2G σε ολόκληρη την χώρα. Πέραν αυτού, το Υπουργείο Υποδομών και Διαχείρισης Υδάτων ανακοίνωσε ότι η κυβέρνηση σκοπεύει να στηρίξει εταιρείες που θέλουν να εγκαταστήσουν φορτιστές V2G, για να μειώσουν την πίεση στο εθνικό δίκτυο της χώρας (Industry Arc).

Τέτοιες πρωτοβουλίες θα επιταχύνουν την ανάπτυξη αυτής της αγοράς.

7.1.3 Ραγδαία αύξηση της αστικοποίησης και της εκβιομηχάνισης

Το επίπεδο εκβιομηχάνισης και το επίπεδο αστικοποίησης έχουν βελτιωθεί λόγω της ραγδαίας ανάπτυξης της οικονομίας και της κοινωνίας σε πολλές ανεπτυγμένες χώρες σε όλο τον κόσμο. Επιπλέον, τα τελευταία χρόνια, το ευφυές σύστημα μεταφορών (ITS) που βασίζεται σε V2X αναπτύχθηκε ταχέως λόγω της παγκόσμιας αστικοποίησης και εκβιομηχάνισης, το οποίο θεωρείται ως η βασική τεχνολογία που επιτρέπει τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας και της κυκλοφορίας.

Επιπλέον, μακροοικονομικοί παράγοντες όπως η αύξηση του διαθέσιμου εισοδήματος, η αύξηση του ποσοστού απασχόλησης και το αυξανόμενο συνολικό ΑΕΠ εμπνέουν επίσης τις εξελίξεις όπως οι έξυπνες πόλεις με εγκαταστάσεις έξυπνων υποδομών, οι οποίες με τη σειρά τους αναμένεται να ωθήσουν την ανάπτυξη της V2X αγοράς και ως συνέπεια την ανάπτυξη και του V2G.

7.1.4 Έλλειψη τυποποίησης της φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων V2G

Η έλλειψη τυποποίησης στους φορτιστές EV εμποδίζει τη ζήτησή τους από τους χρήστες. Οι καταναλωτές συχνά διστάζουν εάν τέτοιοι φορτιστές EV είναι κατάλληλοι για τα οχήματά τους ή όχι. Επιπλέον, τα οχήματα χρειάζονται ευέλικτες λύσεις φόρτισης, ώστε να μπορούν να επωφεληθούν από τους ρυθμούς φόρτισης και εκφόρτισης όταν είναι διαθέσιμοι. Η έλλειψη τυποποιημένων βυσμάτων περιπλέκει περαιτέρω τη φόρτιση.

Επιπλέον, η αυτοκινητοβιομηχανία έχει τυποποιήσει βύσματα 120 και 240 volt, τα οποία χρησιμοποιούνται κυρίως στα σπίτια, αλλά δεν έχουν θέσει ακόμη ένα πρότυπο για τα βύσματα ή τις θύρες που μπορούν να φορτίσουν τα οχήματα σε 30 λεπτά ή λιγότερο. Τα βύσματα και οι θύρες φόρτισης χρησιμοποιούνται επίσης για το V2G. Επομένως, η έλλειψη τυποποίησης εμποδίζει την ανάπτυξη της αγοράς V2G.

7.1.5 Γεωγραφική ανάλυση της παγκόσμιας αγοράς V2G

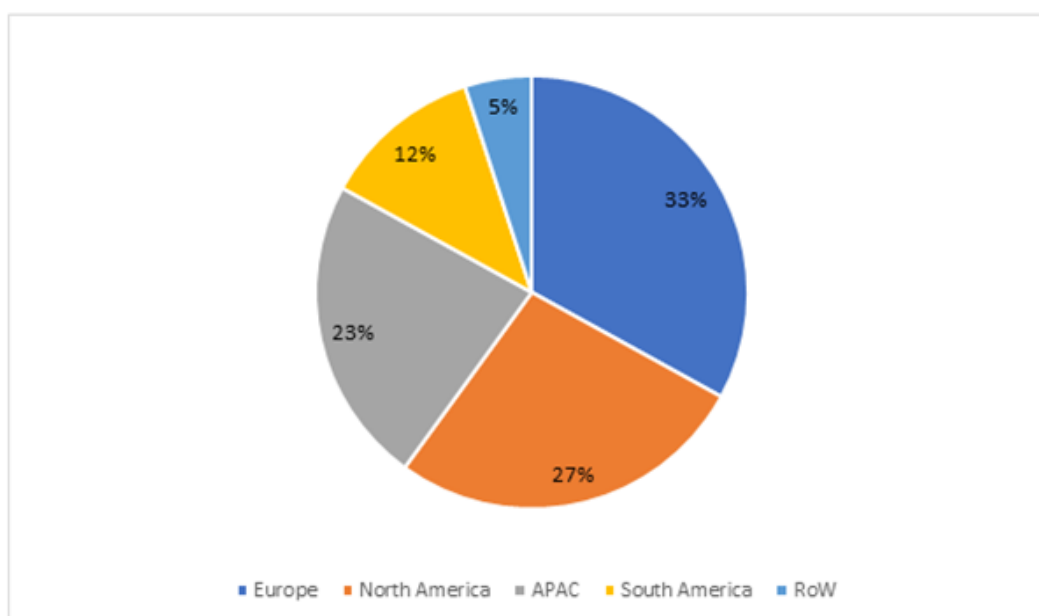
Η ανάλυση της παγκόσμιας αγοράς του V2G αποκαλύπτει ότι η Ευρώπη και η Βόρεια Αμερική κατέχουν το κυρίαρχο μερίδιο της παγκόσμιας αγοράς, από πλευράς εσόδων. Η τεχνολογία της αμφίδρομης φόρτισης στο Ηνωμένο Βασίλειο έγινε πόλος έλξης επενδύσεων από αρκετούς κατασκευαστές με σκοπό την ανάπτυξη της τεχνολογίας της

ηλεκτροκίνησης και της έξυπνης διαχείρισης του δικτύου, οι οποίες οδήγησαν και στην ανάπτυξη της αμφίδρομης φόρτισης (Transparency and Research).

Στην Ασία αναμένεται να υπάρξει μεγάλη αύξηση στην ανάπτυξη της τεχνολογίας του V2G και ανάλογη αύξηση στην κερδοφορία. Μαζί με τις υποδομές φόρτισης, οι εταιρείες δημιουργούν επίσης δίκτυα φόρτισης V2G. Τον Σεπτέμβριο του 2020 η Nuvve Corporation ανακοίνωσε πως θα παρέχει την τεχνογνωσία πάνω στο V2G για την δημιουργία ενός προγράμματος που έχει ως στόχο την εμπορευματοποίηση του ελέγχου της προσφοράς και ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι το 2021. Το πρόγραμμα ελέγχεται από την Nuvve Corporation, την Toyota Tsusho Corporation μαζί με την Chubu Electric Power Grid Co η οποία είναι διαχειριστής του συστήματος μεταφοράς ενέργειας στην Ιαπωνία. Για την επίτευξη των στόχων χρησιμοποιήθηκαν από την Toyota Motor Corporation οχήματα όπως Prius PHEV. Τέτοιες πρωτοβουλίες αναμένεται να οδηγήσουν στην ανάπτυξη της αγοράς του V2G (Allied Market Research).

Επιπλέον, η Κίνα ανέλαβε την πρωτοβουλία να αναβαθμίσει τις υποδομές φόρτισης σε όλες τις πολιτείες της για να απλοποιήσει τη μετάβαση στα ηλεκτρικά οχήματα. Στην Ινδία, σύμφωνα με την Ένωση Έρευνας Αυτοκινήτου της Ινδίας (ARAI), περισσότεροι από 200 σταθμοί φόρτισης EV αναμένεται να εγκατασταθούν σε εθνικό επίπεδο. Επιπλέον, η Tata Power, ένας πάροχος ηλεκτρικών συστημάτων κοινής ωφελείας με έδρα την Ινδία, υποστηρίζει την Εθνική Αποστολή Ηλεκτρικής Κινητικότητας της Κυβέρνησης της Ινδίας και έχει αναπτύξει το πρώτο σύνολο σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων της χώρας στη Βομβάη (Ινδία) (Transparency and Research)

Vehicle to Grid (V2G) Market Value Share, by Geography, 2020 (%)

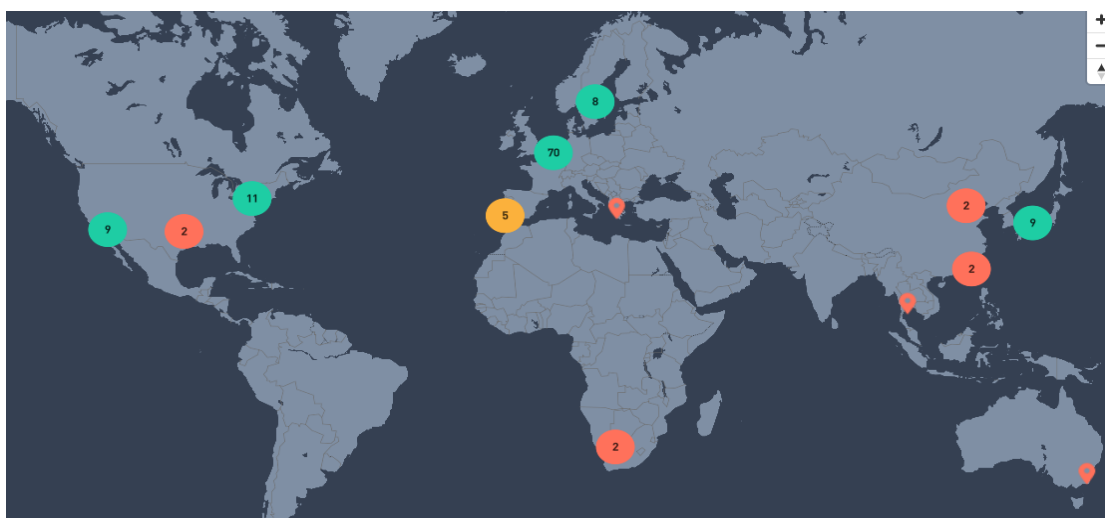


Εικόνα 31. Μερίδιο αγοράς V2G από πλευράς εσόδων, με βάση την γεωγραφία. (Industry Arc.)

7.2 V2G Projects

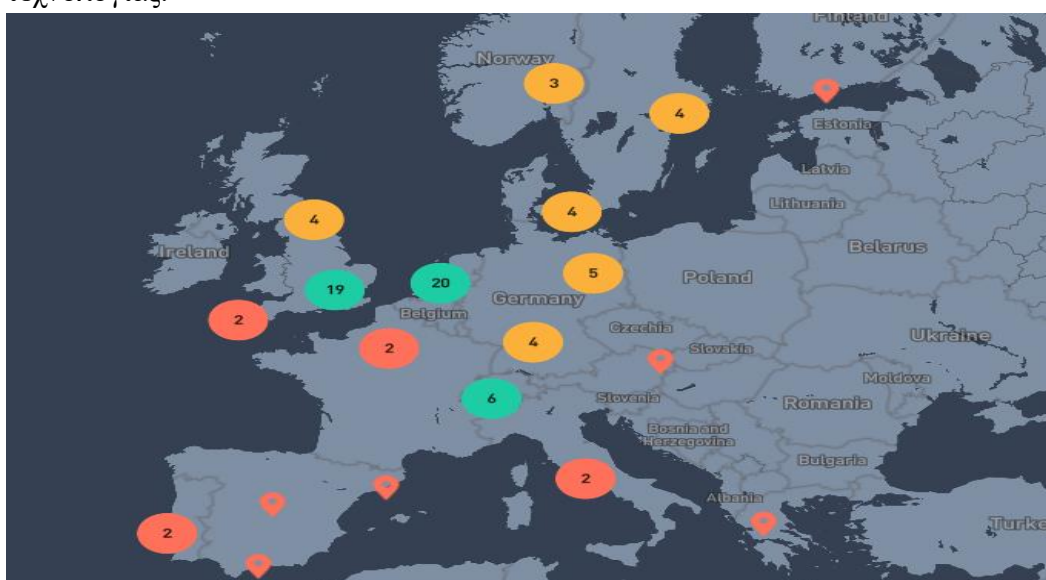
Η μεγάλη αύξηση της ποσότητας και της επιρροής των ηλεκτρικών οχημάτων έχουν προσελκύσει το ενδιαφέρον τόσο ιδιωτικών όσο και κρατικών φορέων και πολλά πιλοτικά προγράμματα και επενδύσεις εκατομμυρίων έχουν γίνει πάνω στο V2G.

Στην ιστοσελίδα (V2G-Hub) είναι συγκεντρωμένα όλα τα project που πραγματοποιήθηκαν και πραγματοποιούνται από το 2009 μέχρι και σήμερα. Συνολικά έχουν πραγματοποιηθεί 125 projects σε 27 χώρες. Όπως φαίνεται και στον παρακάτω χάρτη η πλειοψηφία των project έχουν λάβει χώρα στην Ευρώπη με τις ΗΠΑ και την Ανατολική Ασία να ακολουθούν.



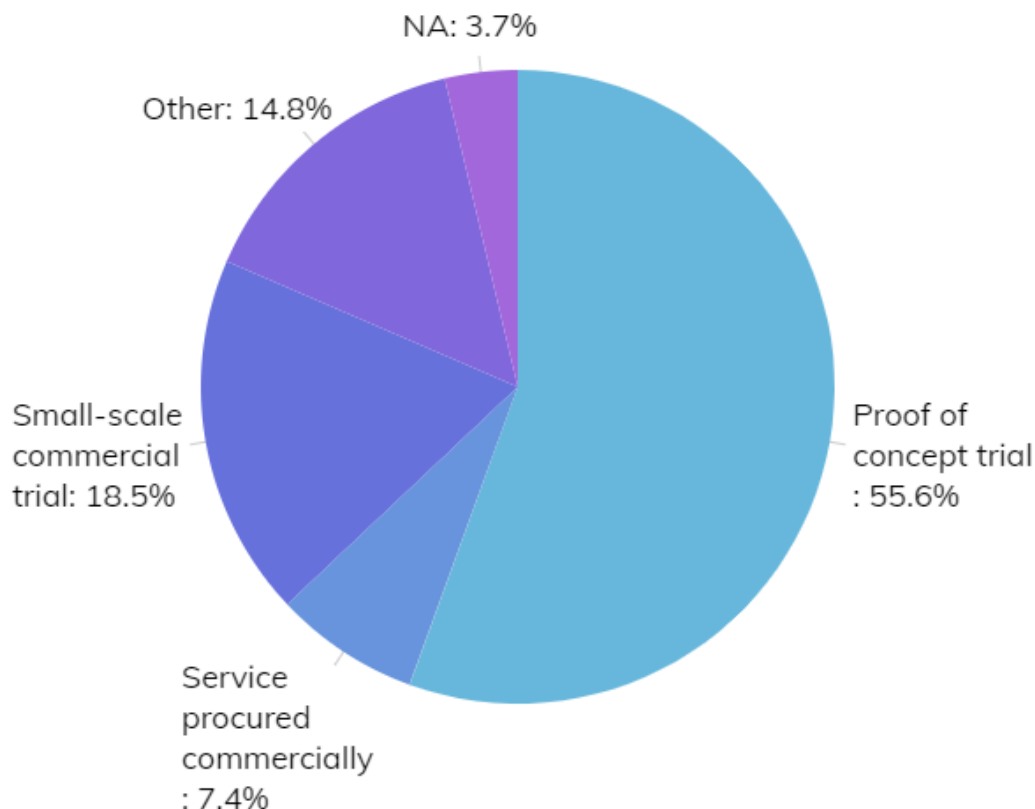
Εικόνα 32. Διασπορά των V2G Project στον κόσμο.

Εστιάζοντας στα προγράμματα που έχουν τρέξει στην Ευρώπη βλέπουμε πως οι Βόρειες χώρες έχουν διεξάγει τα περισσότερα προγράμματα με χώρες όπως την Ολλανδία, την Γερμανία και το Ηνωμένο Βασίλειο να πρωτοστατούν στην εξέλιξη της τεχνολογίας.



Εικόνα 33. Διασπορά των V2G Project στην Ευρώπη.

Όσον αφορά την κατάσταση και τον σκοπό των project βλέπουμε στο παρακάτω διάγραμμα πως τα περισσότερα έχουν δοκιμαστικό χαρακτήρα, τόσο για να εξετάσουν κάποιο συγκεκριμένο σχέδιο είτε τις εμπορικές χρήσεις της τεχνολογίας.



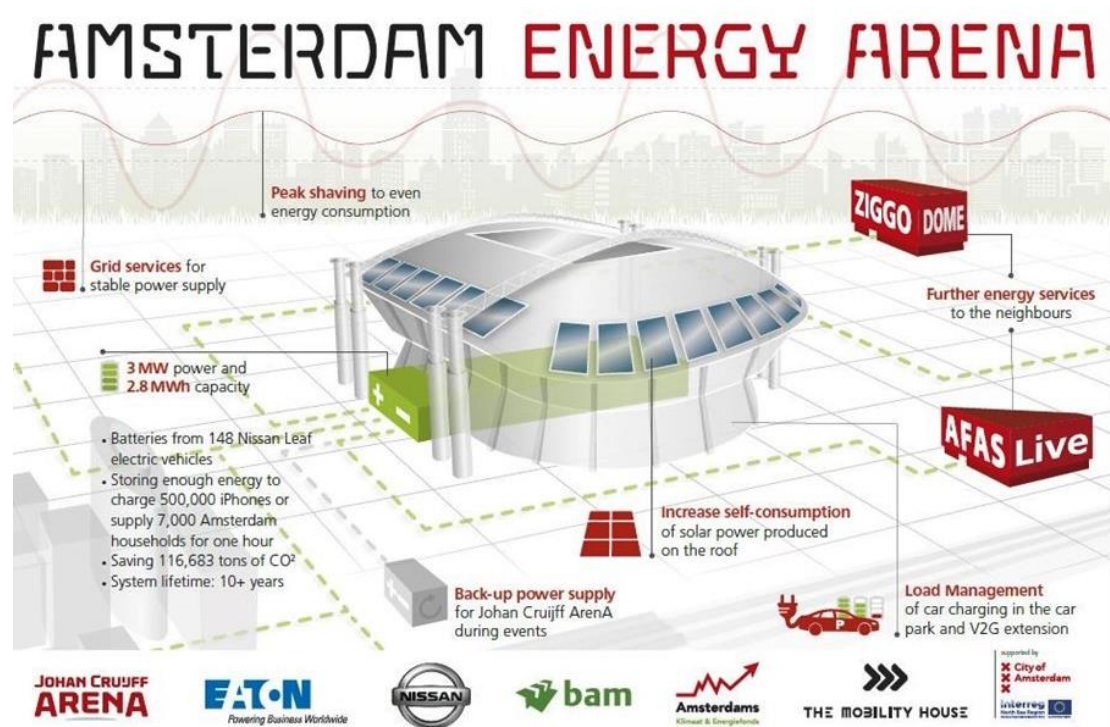
Εικόνα 34. Χαρακτήρας των V2G project στον κόσμο.

Από το διάγραμμα αυτό γίνεται ξεκάθαρη η κατάσταση στην οποία βρίσκεται αυτή την στιγμή η τεχνολογία του V2G. Μία πειραματική κατάσταση που ακόμα εξερευνώνται και ζυγίζονται οι επιπτώσεις τις τεχνολογίας πριν περάσει σε ένα στάδιο εμπορικής εξέλιξης που θα είναι διαθέσιμο στο ευρύ κοινό.

Μερικά παραδείγματα είναι:

- **Johan Crujff Arena (2019)**

Παρόμοια προγράμματα έχουν υλοποιηθεί σε όλο τον κόσμο με πολλά από αυτά να είναι αντισυμβατικά όπως ο εξοπλισμός του χώρου στάθμευσης του σταδίου “Johan Crujff Arena” με αμφίδρομους φορτιστές. Οι φορτιστές σε συνδυασμό με τα φωτοβολταϊκά που διαθέτει ήδη το στάδιο δίνουν την δυνατότητα στους θεατές να φορτίζουν τα οχήματα τους ή να τροφοδοτούν τις εκδηλώσεις που παρακολουθούν (WeForum).



Εικόνα 35. Σχηματική αναπαράσταση των ενεργειακών εγκαταστάσεων του γηπέδου Johan Cruyff Arena (WeForum)

- **The Realising Electric Vehicle-to-Grid Services project (2020)**

Το έργο Realizing Electric Vehicle-to-Grid Services επιδιώκει να ξεκλειδώσει τα πλήρη οικονομικά και ενεργειακά πλεονεκτήματα του V2G στην Αυστραλία. Στο πρόγραμμα αυτό έχουν εγκατασταθεί 51 αμφίδρομοι σταθμοί φόρτισης και θα αναπτυχθεί επίσης ένας στόλος 51 οχημάτων με την δυνατότητα της αμφίδρομης φόρτισης (ARENA,).

- **The 'i-rEzEPT' project (2021)**

Αυτό το πρόγραμμα έγινε υπό την συνεργασία της Nissan και της Bosch στο οποίο η Nissan παρείχε σε 13 οικογένειες απ' όλη την Γερμανία, οι οποίοι διέθεταν ήδη φωτοβολταϊκό σύστημα, με ένα ηλεκτρικό όχημα Nissan Leaf και τον κατάλληλο σταθμό φόρτισης για V2G. Στόχος του προγράμματος είναι να γίνει βέλτιστη χρήση της ενέργειας που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά, η ελάφρυνση του δημόσιου δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας και ταυτόχρονα η μείωση του λειτουργικού κόστους του ηλεκτρικού οχήματος. Χρησιμοποιώντας τη δυνατότητα αμφίδρομης φόρτισης του Nissan LEAF (V2G) οι συμμετέχοντες μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα οχήματα για να αποθηκεύσουν την ηλιακή ενέργεια που παράγεται στην οροφή του σπιτιού τους στην μπαταρία και να χρησιμοποιηθεί ανάλογα με τις ανάγκες (Nissan).

- **SunnYparc (2022)**

Το SunnYparc στοχεύει να δημιουργήσει ένα μικροδίκτυο σε ένα βιομηχανικό πάρκο στην Ελβετία γύρω από μια σημαντική τοπική παραγωγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και μια ανάπτυξη ηλεκτρικής κινητικότητας που αντιπροσωπεύει τις

αναμενόμενες μελλοντικές εξελίξεις. Στόχος είναι να δοκιμαστεί σε πραγματικό χρόνο η ενσωμάτωση της ηλεκτροκίνησης και να παρουσιαστεί η βελτιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ χάρη στην τεχνολογία του V2G σε συνδυασμό με ένα έξυπνο σύστημα ελέγχου. Ο στόχος είναι να δοκιμαστούν νέα επιχειρηματικά μοντέλα που βασίζονται σε αυτές τις νέες τεχνολογίες και να εξεταστούν διαφορετικά οικονομικά σενάρια, ώστε να αναδειχθεί οι οικονομική προοπτική και δυνατότητα αυτού του τύπου μικροδικτύου. Στο project αυτό υπάρχουν 250 σταθμοί φόρτισης με 50 από αυτούς να έχουν την δυνατότητα αμφίδρομης φόρτισης (*Sunny parc*).



Εικόνα 36. Εγκατάσταση Sunny parc. (Sunny parc, n.d.)

- **PEPP – Public EV Power Pilots (2023)**

Το PEPP Project έχει ως σκοπό να εξερευνήσει αν είναι δυνατή η εξομάλυνση του δικτύου με την χρήση του V2G. Θα εξεταστούν δύο σενάρια, ένα με οχήματα παρκαρισμένα στους χώρους εργασίας και ένα με οχήματα παρκαρισμένα σε χώρους στάθμευσης. Η διαφορά των δύο σεναρίων είναι ο χρόνος παραμονής των οχημάτων σε κατάσταση στάθμευσης, αλλά θα εξεταστούν και άλλα δεδομένα που αφορούν τον τεχνικό χαρακτήρα της εγκατάστασης, την αποδοχή και αφομοίωση των χρηστών, την ανάγκη για δημιουργία της απαραίτητης νομοθεσίας και τι κέρδη θα προκύψουν από το project. Οι δοκιμές θα διαρκέσουν δύο χρόνια και θα περιλαμβάνουν συνολικά δώδεκα αυτοκίνητα, έξι σε κάθε σενάριο. Στα τέλη του 2024 το έργο θα πρέπει να έχει φτάσει στα τελικά του αποτελέσματα, και το 2025 αναμένονται μελέτες μεγαλύτερης κλίμακας, όπου μπορεί να συμπεριλαμβάνουν και εκατοντάδες αυτοκίνητα.

Έργα σαν τα παραπάνω καταφέρνουν να ενώσουν τους ιδιώτες και τους κρατικούς φορείς καθώς επίσης και τις βιομηχανίες μεταφοράς και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε μια ομάδα που θα επιταχύνει την ανάπτυξη των αμφίδρομων φορτιστών και τις υπηρεσίες του V2G.

8 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Την στιγμή της συγγραφής αυτής της διπλωματικής εργασίας δεν υπάρχει κάποια επίσημη νομοθεσία που να αφορά άμεσα την τεχνολογία της αμφίδρομης φόρτισης τόσο στην Ελλάδα όσο και στον υπόλοιπο κόσμο. Το πρώιμο στάδιο της τεχνολογίας δεν επιτρέπει ακόμα την δημιουργία ενός νομοθετικού πλαισίου που να αφορά την προώθηση και τα τεχνικά χαρακτηριστικά λειτουργίας της τεχνολογίας.

Λαμβάνοντας υπόψη τα κοινωνικά οφέλη που μπορεί να έχει το V2G για μια χώρα αλλά και τη σοβαρότητα και την έκταση των κοινωνικοτεχνικών φραγμών που παρεμβαίνουν επί του παρόντος στην ικανότητα της κοινωνίας να καρπωθεί αυτά τα πλεονεκτήματα, η ανάγκη της πολιτικής παρέμβασης γίνεται σαφέστερη (Noel et al., 2019).

Φυσικά, πριν την δυνατότητα της αμφίδρομη φόρτισης, έρχεται η ανάγκη ύπαρξης ηλεκτρικών οχημάτων. Η μεταβίβαση στην ηλεκτροκίνηση είναι αργή και αντιμετωπίζει πολλές προκλήσεις. Γι' αυτό οι κυβερνήσεις μπορούν και πρέπει να λάβουν διάφορες ενέργειες για την ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης πάνω στο οποίο θα μπορεί αργότερα να αναπτυχθεί και το V2G. Για παράδειγμα, το V2G μπορεί να αυξηθεί σε αξία όταν οι καταναλωτές αποκτήσουν μεγαλύτερη γνώση σχετικά με τα ηλεκτρικά οχήματα (B. Sovacool, 2016), καθώς οι πωλήσεις και το ενδιαφέρον των ηλεκτρικών οχημάτων έχουν βρεθεί ότι σχετίζονται άμεσα με τα κυβερνητικά κίνητρα και δεσμεύσεις.

Ωστόσο, αν και η αύξηση και προώθηση της ηλεκτροκίνησης είναι θετικά για την αύξηση και του V2G, την ίδια στιγμή δεν είναι και τόσο ωφέλιμο να πωλούνται τόσα ηλεκτρικά οχήματα που δεν διαθέτουν την δυνατότητα αμφίδρομης φόρτισης. Ως εκ τούτου, υπάρχει κάπως μια ανταλλαγή μεταξύ της ανάπτυξης του οικοσυστήματος των ηλεκτρικών οχημάτων και την ανάπτυξη του V2G. Αυτό πρέπει να διευκρινιστεί από τους διεθνείς στόχους και τα οράματα της ηλεκτροκίνησης, έτσι ώστε οι φορείς τόσο των ηλεκτρικών οχημάτων, όσο του V2G να μπορούν να προετοιμαστούν για το πότε αναμένεται μια τέτοια μετάβαση από την κυβέρνηση. Άλλα στοιχεία του κοινού εξοπλισμού των ηλεκτρικών οχημάτων και του V2G όπως είναι οι σταθμοί φόρτισης, μπορούν να αναπτυχθούν και να προστατευθούν μελλοντικά ώστε να είναι συμβατοί με τα διεθνή πρότυπα V2G όπως το ISO 15118.

Ακόμα, οι κυβερνήσεις μπορούν ενθαρρύνουν έμμεσα την ανάπτυξη του V2G δίνοντας κίνητρα για την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Επιπλέον, το V2G θα πρέπει να γίνει μέρος των εθνικών ενεργειακών σχεδίων, παράλληλα με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ως διεύρυνση της αποθήκευσης στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Η αποσαφήνιση και η ανάπτυξη κανονισμών για τεχνολογίες αποθήκευσης όπως το V2G είναι μια βασική πτυχή για την ενθάρρυνση της συνεργασίας των χρηστών με το ηλεκτρικό δίκτυο.

Τέλος, απαραίτητες πρωτοβουλίες πρέπει να παρθούν στην ανάπτυξη πιλοτικών προγραμμάτων. Ο συνδυασμός των προγραμμάτων αυτών με κοινωνική έρευνα, όπως αυτή η διπλωματική εργασία, θα μπορούσε να αναλύσει τις συμπεριφορές των χρηστών. Έτσι, θα δημιουργηθεί μια βαθύτερη κατανόηση του V2G τόσο από τους χρήστες όσο και από τους φορείς και τις κυβερνήσεις.

9 Συμπεράσματα

Σε αυτή την διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση της τεχνολογίας της αμφίδρομης φόρτισης ύστερα από διαλογή και κατηγοριοποίηση επιστημονικών άρθρων. Επιπλέον έγινε μια ανασκόπηση της τρέχουσας αγοράς της αμφίδρομης φόρτισης, από επενδυτικές εξελίξεις και ανακοινώσεις μεγάλων αυτοκινητοβιομηχανιών και φορέων παροχής ηλεκτρικής ενέργειας.

Η ραγδαία αύξηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ανά τον κόσμο, και συγκεκριμένα το μεγάλο μερίδιο του τομέα των μεταφορών σε αυτό, σε συνδυασμό με τους στόχους και τους κανονισμούς που έχουν τεθεί από κυβερνήσεις και οργανισμούς σε όλο τον κόσμο, έχουν σαν αποτέλεσμα την γεωμετρική αύξηση της ηλεκτροκίνησης. Η ηλεκτροκίνηση και οι ΑΠΕ αποτελούν δύο από τις τεχνολογίες κλειδιά στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και την μείωση των αερίων του θερμοκηπίου κυρίως στα αστικά κέντρα.

Το γεγονός πως τα οχήματα παραμένουν σταθμευμένα το 95% της ζωής καθιστά την τεχνολογία της ηλεκτροκίνησης μην αποδοτική, καθώς τεράστια ποσά ενέργειας παραμένουν αναξιοποίητα. Το πρόβλημα αυτό προσπαθεί να λύσει η τεχνολογία της αμφίδρομης φόρτισης. Η αμφίδρομη φόρτιση είναι η δυνατότητα ενός ηλεκτρικού οχήματος να δώσει ενέργεια από την μπαταρία του. Ανάλογα με το που επιστρέφει την ενέργεια έχουμε τις διάφορες κατηγορίες της αμφίδρομης φόρτισης, όπως είναι το V2L, V2B, V2V ή το V2G. Την δεδομένη στιγμή η αγορά της αμφίδρομης τεχνολογίας δεν είναι μεγάλη. Οι μεγάλες αυτοκινητοβιομηχανίες δεν διαθέτουν πολλά μοντέλα με αυτή την τεχνολογία στην παραγωγή, ωστόσο μια πληθώρα οχημάτων έχουν τροποποιηθεί ώστε να χρησιμοποιηθούν σε διάφορες μελέτες και προγράμματα ανά τον κόσμο.

Σε αυτή τη διπλωματική εργασία με βάσει τις μελέτες αυτές έγινε διαλογή και κατηγοριοποίηση σύμφωνα με την διασύνδεση τους δίκτυο. Οι κατηγορίες αυτές είναι i) Αυτόνομο δίκτυο, ii) Διασυνδεδεμένο στο δίκτυο, iii) Βοηθητικές στο δίκτυο.

Όσον αφορά την πρώτη κατηγορία, στην οποία περιλαμβάνονται κατηγορίες αμφίδρομης φόρτισης όπως V2L, V2B και V2V. Πολλά θετικά προκύπτουν από την χρήση της αμφίδρομης φόρτισης σε αυτόνομα δίκτυα, όπως είναι οικονομικά οφέλη που προκύπτουν από μείωση της διαστασιολόγησης του υβριδικού συστήματος, καθώς το όχημα χρησιμοποιείται σαν επικουρικό αποθηκευτικό σύστημα. Επιπλέον, τα θετικά

συγκαταλέγεται και η μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων. Η μείωση αυτή προκύπτει από την χρήση της μπαταρίας του οχήματος για την κάλυψη διαφόρων καταναλώσεων. Ακόμα, η ανάπτυξη συστημάτων φόρτισης μεταξύ οχημάτων V2V, έχει σημαντικές θετικές ψυχολογικές επιπτώσεις καθώς βοηθάει στην αντιμετώπιση του άγχους αυτονομίας. Γενικά, η αμφίδρομη φόρτιση σε αυτόνομα δίκτυα, μπορεί να ενισχύσει και να προωθήσει σημαντικά τις ενέργειες και τα προγράμματα που αφορούν τα microgrids και τα κτήρια μηδενικών καταναλώσεων.

Αντίστοιχα θετικά δεδομένα προκύπτουν και από την αμφίδρομη φόρτιση σε διασυνδεδεμένο στο δίκτυο (V2G). Σε αυτή την περίπτωση είναι δυνατή η πώληση ηλεκτρικής ενέργειας πίσω στο δίκτυο όταν αυτό συμφέρει οικονομικά. Με τη χρήση προγραμμάτων δημιουργίας χρονοδιαγραμμάτων φόρτισης και εκφόρτισης είναι δυνατή η βελτιστοποίηση της παραγωγής κέρδους, όπου μπορούν να ξεπεράσουν και τις αρνητικές επιπτώσεις όπως είναι ο εκφυλισμός της μπαταρίας. Επίσης, η χρήση του V2G σε συνδυασμό με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, μπορεί να βελτιώσει στην στοχαστική φύση των ΑΠΕ δημιουργώντας ένα πιο σταθερό περιβάλλον ενώ ταυτόχρονα μπορεί να ενισχύσει την διείσδυση των ΑΠΕ στο δίκτυο και να ελαχιστοποιήσει την χαμένη ενέργεια που παράγεται σε περιόδους μεγάλης παραγωγής.

Τέλος, όταν το V2G χρησιμοποιείται ως ένα επικουρικό σύστημα στο δίκτυο, προκύπτουν επιπλέον θετικά, όπως είναι η εξομάλυνση του φορτίου και η μετακίνηση των καταναλώσεων, η ρύθμιση της τάσης του δικτύου με την έγχυση άεργης ισχύς αλλά και η ρύθμιση της συχνότητας του δικτύου. Επιπλέον, οι επικουρικές αυτές λειτουργίες μπορούν να προσφέρουν περαιτέρω οικονομικό όφελος στον χρήστη.

Ωστόσο, εκτός από τις θετικές επιπτώσεις που έχει η τεχνολογία υπάρχουν και αρνητικά χαρακτηριστικά που λειτουργούν ως τροχοπέδη στην ανάπτυξη της τεχνολογίας. Ένα από τα αρνητικά αποτελεί το υψηλό επενδυτικό κόστος, ειδικά όταν συγκρίνεται με έναν έξυπνο φορτιστή. Η περαιτέρω ανάπτυξη της τεχνολογίας ωστόσο και η μελλοντική μαζική υιοθέτηση και παραγωγή θα ρίξει σημαντικά το κόστος της τεχνολογίας. Επιπλέον, ιδέες όπως η μετατροπή του ενσωματωμένου φορτιστή του οχήματος, ώστε να προσφέρει αυτός την δυνατότητα αμφίδρομης φόρτισης, δίνει την δυνατότητα χρήσης των ήδη εγκατεστημένων έξυπνων φορτιστών, περιορίζοντας έτσι το επενδυτικό κόστος για την ανάπτυξη της αγοράς των τωρινών οχημάτων.

Ένας ακόμα σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει αρνητικά την ανάπτυξη της τεχνολογίας αποτελεί ο εκφυλισμός της μπαταρίας που προκαλείται από τους περαιτέρω κύκλους φόρτισης που πραγματοποιούνται. Πολλές παλαιότερες μελέτες καταλήγουν στο συμπέρασμα πως τα οικονομικά οφέλη δεν αρκούν για να αντισταθμίσουν τον εκφυλισμό της μπαταρίας. Ωστόσο, με την ανάπτυξη της τεχνολογίας των μπαταριών, και την δημιουργία εξελιγμένων προγραμμάτων, μπορούν να δημιουργηθούν σενάρια όπου περιορίζεται σημαντικά ο εκφυλισμός και μεγιστοποιούνται τα κέρδη. Σε αρκετές μελέτες ακόμα, οι αρθρογράφοι φτάνουν σε συμπεράσματα πως το V2G με προσεχτικό χειρισμό μπορεί τελικά να επεκτείνει την

ζωή της μπαταρίας. Γενικά, στην βιβλιογραφία παρατηρείται μια αλλαγή στον τρόπο αντιμετώπισης του εκφυλισμού, καθώς πλέον αναγνωρίζεται πως ο εκφυλισμός είναι σημαντικό αρνητικό της τεχνολογίας, και γίνονται προσπάθειες μετριασμού αυτού του αρνητικού.

Τέλος, όσον αφορά την ψυχολογική επίδραση που μπορεί να έχει η τεχνολογία του V2G πάνω στον χρήστη, μπορεί να είναι και θετική αλλά και αρνητική. Ένα αίσθημα που μπορεί να προκληθεί από την έλλειψη εξοικείωσης του χρήστη είναι αυτό της αβεβαιότητας, από την έλλειψη διαφάνειας που μπορεί να υπάρχει για την χρήση της μπαταρίας. Επιπλέον, μπορεί να ενταθεί το άγχος αυτονομίας που έχουν οι χρήστες ηλεκτρικών οχημάτων, καθώς η περαιτέρω χρήση της μπαταρίας για την αμφίδρομη φόρτιση, μπορεί να αφήσει το όχημα με λιγότερη στάθμη από την επιθυμητή. Τέλος, μπορεί να υπάρξει ανησυχία για το απόρρητο και την ασφάλεια, καθώς η συνεχής εναλλαγή πληροφοριών μεταξύ του δικτύου και του οχήματος μπορεί να δημιουργήσει αυτές τις σκέψεις. Αντίθετα, όμως αίσθηση συμμετοχής σε μια καινούρια και φιλική προς το περιβάλλον τεχνολογία, μπορεί να δημιουργήσει θετικά συναισθήματα ευθύνης και συμμετοχής προς την βελτίωση της κοινωνίας.

Για να αναλυθούν σε έναν μεγαλύτερο βαθμό οι απόψεις των Ελλήνων οδηγών δημιουργήθηκε το ερωτηματολόγιο, που ζητά την άποψη των ερωτηθέντων, στα θετικά, τα αρνητικά αλλά και ποιες ενέργειες είναι οι καλύτερες για την προώθηση της τεχνολογίας.

Αξιολογώντας τα αποτελέσματα στις ερωτήσεις που έχουν θέμα τις θετικές επιδράσεις του V2G παρατηρούμε πως οι κάτοχοι των ηλεκτρικών οχημάτων αξιολογούν υψηλότερα την αύξηση του ποσοστού διείσδυσης των ΑΠΕ στο δίκτυο αλλά και τα οικονομικά οφέλη που μπορούν να προσκομίσουν από το V2G. Οι απαντήσεις αυτές επίσης είχαν και χαμηλή τυπική απόκλιση που δείχνει και την θετική συσπείρωση σε αυτές τις απαντήσεις. Αντίστοιχα, μεγάλη θετική αξιολόγηση σε αυτές τις ερωτήσεις δίνουν και οι μελλοντικοί κάτοχοι ηλεκτρικών οχημάτων, ωστόσο την υψηλότερη βαθμολογία και με την μικρότερη τυπική απόκλιση συγκέντρωσαν οι ερωτήσεις που αφορούν την ασφάλεια και την σταθερότητα από την μεταβλητότητα των ΑΠΕ αλλά και την ενεργειακή ασφάλεια σε μια περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Τέλος, οι μη μελλοντικοί κάτοχοι ηλεκτρικών οχημάτων αξιολόγησαν υψηλότερα την αύξηση του ποσοστού διείσδυσης των ΑΠΕ. Ωστόσο, οι απαντήσεις αυτές διακρίνονταν από μεγάλη τυπική απόκλιση που καθιστά τα αποτελέσματα λιγότερο αξιόπιστα.

Γενικά, η αύξηση διείσδυσης των ΑΠΕ στο ηλεκτρικό δίκτυο βαθμολογήθηκε υψηλά από όλες τις κατηγορίες δείχνοντας την επιθυμία των ερωτηθέντων προς τις ΑΠΕ και την ανάπτυξη αυτών. Ενώ, αντίθετα η ρύθμιση της τάσης και την συχνότητας βαθμολογήθηκε σχετικά χαμηλά από όλες τις ομάδες, κάτι που μπορεί ωστόσο να οφείλεται στην έλλειψη γνώσης των ερωτηθέντων για τον τρόπο λειτουργίας και τον βαθμό επίδρασης που μπορεί να έχει η ρύθμιση αυτή.

Προχωρώντας στις ερωτήσεις με τα αρνητικά του V2G βλέπουμε πως την μεγαλύτερη αρνητική επίδραση και τροχοπέδη σε όλες τις κατηγορίες των ερωτηθέντων προκαλεί η ελλιπής υπάρχουσα αγορά φορτιστών και ηλεκτρικών οχημάτων που να υποστηρίζουν το V2G. Την δεύτερη μεγαλύτερη ανησυχία προκαλεί το ενδεχόμενο να μην υπάρχει αρκετά μεγάλο οικονομικό όφελος που να αντισταθμίσει τον εκφυλισμό της μπαταρίας. Αυτή η ανησυχία είναι λογική καθώς πάνω σε αυτό το θέμα εστιάζουν και πολλές μελέτες στον κόσμο και προσπαθούν να βελτιστοποιήσουν το οικονομικό όφελος. Αντίθετα, σε όλες τις κατηγορίες ερωτηθέντων δεν φαίνεται να προκαλεί μεγάλη ανησυχία οι ερωτήσεις που αφορούν το απόρρητο και την ασφάλεια, δείχνοντας έτσι την εμπιστοσύνη των ερωτηθέντων στην τεχνολογία του V2G αλλά και γενικότερα της ηλεκτροκίνησης.

Στις ερωτήσεις προώθησης του V2G στους κατόχους των ηλεκτρικών οχημάτων βλέπουμε πως όλες οι ερωτήσεις έχουν βαθμολογηθεί υψηλά ωστόσο την μικρότερη τυπική απόκλιση εμφανίζουν οι απαντήσεις πως θα χρησιμοποιούσαν του V2G αν είχαν έκπτωση στην αγορά νέου ηλεκτρικού οχήματος και αν είχαν πλήρη ενημέρωση για τις στιγμές φόρτισης και εκφόρτισης του οχήματος. Αντίστοιχα, και στην κατηγορία των μελλοντικών κατόχων ηλεκτρικών οχημάτων, όλα τα μέτρα προώθησης έχουν λάβει υψηλή βαθμολογία. Ωστόσο, μεγαλύτερη βαθμολογία και μικρότερη τυπική απόκλιση έχουν λάβει οι απαντήσεις για επιδότηση σταθμού φόρτισης και να είναι δεδομένο πως η αμφίδρομη φόρτιση θα είναι πιο φθηνή από την συμβατική. Τέλος, στην κατηγορία των μη μελλοντικών χρηστών, την υψηλότερη βαθμολογία έλαβε η απάντηση πως πρέπει να υπάρχει πλήρης ενημέρωση για την φόρτιση και εκφόρτιση του οχήματος. Ωστόσο, και σε αυτή την κατηγορία ερωτήσεων, υπάρχει μεγάλη τυπική απόκλιση. Από τις απαντήσεις των χρηστών γενικότερα βλέπουμε πως δεν υπάρχει μια συγκεκριμένη μέθοδος προώθησης που προτιμάται, αλλά για την βέλτιστη ανάπτυξη της τεχνολογίας πρέπει να υπάρχει ένα πακέτο με μέτρα προώθησης που να εστιάζουν σε κάθε ανάγκη του εκάστοτε χρήστη.

Τέλος, από την τελευταία ομάδα ερωτήσεων βγάζουμε το συμπέρασμα πως μία από τις σημαντικότερες κινήσεις είναι η επίσπευση της νομοθεσίας για το V2G ώστε να παρθούν πρωτοβουλίες για την εγκατάσταση αμφίδρομων φορτιστών και να ξεκινήσει η τεχνολογία να δοκιμάζεται σε πρώτο χέρι από τους χρήστες. Αυτό που αξίζει να σημειωθεί επιπλέον είναι η άρνηση των ερωτηθέντων να προσαρμόσουν τις καθημερινές συνήθειες τους για την βέλτιστη λειτουργία του V2G. Αυτός είναι ένας σημαντικός παράγοντας που θα πρέπει οι μελλοντικές μελέτες να εστιάζουν, καθώς μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τα αποτελέσματα, τα οποία μπορεί να διαφέρουν από τα βέλτιστα χρονοδιαγράμματα που παράγουν τα αντίστοιχα προγράμματα.

9.1 Μελλοντική δουλειά

Σημαντικά βήματα χρειάζονται ακόμα να γίνουν πάνω στην τεχνολογία της αμφίδρομης φόρτισης για να κατανοηθεί πλήρως η επίδραση που μπορεί να έχει η τεχνολογία αυτή στην καθημερινή ζωή των πολιτών στην Ελλάδα. Μια βαθύτερη ανάλυση είναι απαραίτητη για την κατανόηση των απόψεων των πολιτών, για αυτό τον λόγο περισσότερα ερωτηματολόγια είναι απαραίτητα που να εστιάζουν σε συγκεκριμένες πτυχές της τεχνολογίας, Επιπλέον, σημαντικό είναι να πραγματοποιηθούν συνεντεύξεις με πολίτες, ώστε να γίνει καλύτερη κατανόηση του V2G από μεριά τους, αλλά ταυτόχρονα να μπορούν να αξιολογηθούν με περισσότερη ακρίβεια οι απαντήσεις των πολιτών.

10 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ali Bahrami. (n.d.). *EV Charging Definitions, Modes, Levels, Communication Protocols and Applied Standards*. https://www.researchgate.net/publication/338586995_EV_Charging_Definitions_Modes_Levels_Communication_Protocols_and_Applied_Standards?channel=doi&linkId=61d36dfbda5d105e55191a36&showFulltext=true#pf5
- Allied Market Research. (n.d.). <https://www.alliedmarketresearch.com/vehicle-to-grid-v2g-market-A08446>
- Amamra, S.-A., & Marco, J. (2019). Vehicle-to-Grid Aggregator to Support Power Grid and Reduce Electric Vehicle Charging Cost. *IEEE Access*, 7, 178528–178538. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2958664>
- Apergis, N., & Pinar, M. (2021). The role of party polarization in renewable energy consumption: Fresh evidence across the EU countries. *Energy Policy*, 157, 112518. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112518>
- ARENA. (n.d.). <https://arena.gov.au/projects/realising-electric-vehicle-to-grid-services/>
- B S, U., Khadkikar, V., Zeineldin, H. H., Singh, S., Otrok, H., & Mizouni, R. (2022). Direct Electric Vehicle to Vehicle (V2V) Power Transfer Using On-Board Drivetrain and Motor Windings. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 69(11), 10765–10775. <https://doi.org/10.1109/TIE.2021.3121707>
- Baloglu, U. B., & Demir, Y. (2017a). Economic Analysis of Hybrid Renewable Energy Systems with V2G Integration Considering Battery Life. *Energy Procedia*, 107, 242–247. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.12.140>
- Baloglu, U. B., & Demir, Y. (2017b). Economic Analysis of Hybrid Renewable Energy Systems with V2G Integration Considering Battery Life. *Energy Procedia*, 107, 242–247. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.12.140>

- Barone, G., Buonomano, A., Calise, F., Forzano, C., & Palombo, A. (2019). Building to vehicle to building concept toward a novel zero energy paradigm: Modelling and case studies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *101*, 625–648. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.11.003>
- Barone, G., Buonomano, A., Forzano, C., Giuzio, G. F., & Palombo, A. (2020). Increasing self-consumption of renewable energy through the Building to Vehicle to Building approach applied to multiple users connected in a virtual micro-grid. *Renewable Energy*, *159*, 1165–1176. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.05.101>
- Bibak, B., & Tekiner-Moğulkoç, H. (2021a). A comprehensive analysis of Vehicle to Grid (V2G) systems and scholarly literature on the application of such systems. *Renewable Energy Focus*, *36*, 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.ref.2020.10.001>
- Bibak, B., & Tekiner-Moğulkoç, H. (2021b). A comprehensive analysis of Vehicle to Grid (V2G) systems and scholarly literature on the application of such systems. *Renewable Energy Focus*, *36*, 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.ref.2020.10.001>
- Bishop, J. D. K., Axon, C. J., Bonilla, D., Tran, M., Banister, D., & McCulloch, M. D. (2013). Evaluating the impact of V2G services on the degradation of batteries in PHEV and EV. *Applied Energy*, *111*, 206–218. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.04.094>
- Cai, S., & Matsushashi, R. (2021). Model Predictive Control for EV Aggregators Participating in System Frequency Regulation Market. *IEEE Access*, *9*, 80763–80771. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3085345>
- Cars*. (n.d.). <https://www.elektrobit.com/trends/vehicle-to-grid-technology/>
- Cenex*. (n.d.). <https://www.cenex.co.uk/app/uploads/2019/10/V2G-Market-Study-FINAL-LCV-Edition-with-QR-Code.pdf>
- CER*. (n.d.). <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/vehicle-to-load-v2l-explained>
- CHAdEMO*. (n.d.-a). <https://www.chademo.com/technology/high-power>
- CHAdEMO*. (n.d.-b). <https://www.chademo.com/technology/v2g>
- Chen, J., Zhang, Y., Li, X., Sun, B., Liao, Q., Tao, Y., & Wang, Z. (2020). Strategic integration of vehicle-to-home system with home distributed photovoltaic power generation in Shanghai. *Applied Energy*, *263*, 114603. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114603>
- Clement-Nyns, K., Haesen, E., & Driesen, J. (2011). The impact of vehicle-to-grid on the distribution grid. *Electric Power Systems Research*, *81*(1), 185–192. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2010.08.007>

- Das, H. S., Rahman, M. M., Li, S., & Tan, C. W. (2020a). Electric vehicles standards, charging infrastructure, and impact on grid integration: A technological review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 120, 109618. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109618>
- Das, H. S., Rahman, M. M., Li, S., & Tan, C. W. (2020b). Electric vehicles standards, charging infrastructure, and impact on grid integration: A technological review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 120, 109618. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109618>
- De Lazari, G. M., & Sperandio, M. (2019). Vehicle-to-Home Evaluation in Brazil. *2019 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference - Latin America (ISGT Latin America)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ISGT-LA.2019.8895438>
- Dianeosis*. (n.d.). https://www.moneyreview.gr/wp-content/uploads/2021/04/Energy_study_final-1.pdf
- DIN*. (n.d.). <https://www.din.de/en>
- E-AMRIT*. (n.d.). <https://e-amrit.niti.gov.in/benefits-of-electric-vehicles>
- ElectroBit*. (n.d.). <https://www.elektrobit.com/trends/vehicle-to-grid-technology/>
- EPA*. (n.d.). <https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions>
- EPRI journal*. (n.d.). <https://eprijournal.com/vehicle-to-grid-1-billion-in-annual-grid-benefits/>
- EUR-Lex*. (n.d.). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32019R0631>
- European Commission*. (n.d.-a). Retrieved July 20, 2023, from https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/el/qanda_21_3525
- European Commission*. (n.d.-b). https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/el/qanda_21_3525
- European Commission*. (n.d.-c). <https://smart-cities-marketplace.ec.europa.eu/news-and-events/news/2020/project-i-rezept-works-towards-self-consumption-and-storage-locally>
- EVexpert*. (n.d.). <https://www.evexpert.eu/eshop1/knowledge-center/on-board-charger>
- Fouladi, E., Baghaee, H. R., Bagheri, M., & Gharehpetian, G. B. (2021). Smart V2G/G2V Charging Strategy for PHEVs in AC Microgrids Based on Maximizing Battery Lifetime and RER/DER Employment. *IEEE Systems Journal*, 15(4), 4907–4917. <https://doi.org/10.1109/JSYST.2020.3034045>

- Gao, X., Chan, K. W., Xia, S., Zhou, B., Lu, X., & Xu, D. (2019). Risk-constrained offering strategy for a hybrid power plant consisting of wind power producer and electric vehicle aggregator. *Energy*, *177*, 183–191. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.04.048>
- García-Vázquez, C. A., Espinoza-Ortega, H., Llorens-Iborra, F., & Fernández-Ramírez, L. M. (2022). Feasibility analysis of a hybrid renewable energy system with vehicle-to-home operations for a house in off-grid and grid-connected applications. *Sustainable Cities and Society*, *86*, 104124. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104124>
- Geske, J., & Schumann, D. (2018). Willing to participate in vehicle-to-grid (V2G)? Why not! *Energy Policy*, *120*, 392–401. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.05.004>
- Global EV Outlook 2023*. (n.d.). <https://evmarketsreports.com/global-ev-outlook-2023-2/>
- Golla, N. K., & Sudabattula, S. K. (2021). WITHDRAWN: Impact of Plug-in electric vehicles on grid integration with distributed energy resources: A comprehensive review on methodology of power interaction and scheduling. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.03.306>
- Gough, R., Dickerson, C., Rowley, P., & Walsh, C. (2017a). Vehicle-to-grid feasibility: A techno-economic analysis of EV-based energy storage. *Applied Energy*, *192*, 12–23. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.01.102>
- Gough, R., Dickerson, C., Rowley, P., & Walsh, C. (2017b). Vehicle-to-grid feasibility: A techno-economic analysis of EV-based energy storage. *Applied Energy*, *192*, 12–23. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.01.102>
- Guenther, C., Schott, B., Hennings, W., Waldowski, P., & Danzer, M. A. (2013). Model-based investigation of electric vehicle battery aging by means of vehicle-to-grid scenario simulations. *Journal of Power Sources*, *239*, 604–610. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2013.02.041>
- He, T., Lu, D. D.-C., Wu, M., Yang, Q., Li, T., & Liu, Q. (2020). Four-Quadrant Operations of Bidirectional Chargers for Electric Vehicles in Smart Car Parks: G2V, V2G, and V4G. *Energies*, *14*(1), 181. <https://doi.org/10.3390/en14010181>
- Hernández, J. C., Ruiz-Rodríguez, F. J., & Jurado, F. (2017). Modelling and assessment of the combined technical impact of electric vehicles and photovoltaic generation in radial distribution systems. *Energy*, *141*, 316–332. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.09.025>

- Hill, D. M., Agarwal, A. S., & Ayello, F. (2012). Fleet operator risks for using fleets for V2G regulation. *Energy Policy*, *41*, 221–231. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.10.040>
- Honarmand, M., Zakariazadeh, A., & Jadid, S. (2014). Optimal scheduling of electric vehicles in an intelligent parking lot considering vehicle-to-grid concept and battery condition. *Energy*, *65*, 572–579. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.11.045>
- Huang, S., Liu, W., Zhang, J., Liu, C., Sun, H., & Liao, Q. (2022). Vehicle-to-grid workplace discharging economics as a function of driving distance and type of electric vehicle. *Sustainable Energy, Grids and Networks*, *31*, 100779. <https://doi.org/10.1016/j.segan.2022.100779>
- IEA. (n.d.). <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>
- IEC. (n.d.). <https://iec.ch/homepage>
- İnci, M., Savrun, M. M., & Çelik, Ö. (2022a). Integrating electric vehicles as virtual power plants: A comprehensive review on vehicle-to-grid (V2G) concepts, interface topologies, marketing and future prospects. *Journal of Energy Storage*, *55*, 105579. <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.105579>
- İnci, M., Savrun, M. M., & Çelik, Ö. (2022b). Integrating electric vehicles as virtual power plants: A comprehensive review on vehicle-to-grid (V2G) concepts, interface topologies, marketing and future prospects. *Journal of Energy Storage*, *55*, 105579. <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.105579>
- İnci, M., Savrun, M. M., & Çelik, Ö. (2022c). Integrating electric vehicles as virtual power plants: A comprehensive review on vehicle-to-grid (V2G) concepts, interface topologies, marketing and future prospects. *Journal of Energy Storage*, *55*, 105579. <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.105579>
- Industry Arc. (n.d.). <https://www.industryarc.com/Report/19376/vehicle-to-grid-market.html>
- ISO. (n.d.). <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:15118:-1:ed-2:v1:en>
- Kaur, K., Kumar, N., & Singh, M. (2019a). Coordinated Power Control of Electric Vehicles for Grid Frequency Support: MILP-Based Hierarchical Control Design. *IEEE Transactions on Smart Grid*, *10*(3), 3364–3373. <https://doi.org/10.1109/TSG.2018.2825322>
- Kaur, K., Kumar, N., & Singh, M. (2019b). Coordinated Power Control of Electric Vehicles for Grid Frequency Support: MILP-Based Hierarchical Control Design. *IEEE Transactions on Smart Grid*, *10*(3), 3364–3373. <https://doi.org/10.1109/TSG.2018.2825322>

- Kester, J., Noel, L., Zarazua de Rubens, G., & Sovacool, B. K. (2018). Promoting Vehicle to Grid (V2G) in the Nordic region: Expert advice on policy mechanisms for accelerated diffusion. *Energy Policy*, *116*, 422–432. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.02.024>
- Khalid, H. M., & Peng, J. C.-H. (2020). Bidirectional Charging in V2G Systems: An In-Cell Variation Analysis of Vehicle Batteries. *IEEE Systems Journal*, *14*(3), 3665–3675. <https://doi.org/10.1109/JSYST.2019.2958967>
- Khan, S. A., Islam, Md. R., Guo, Y., & Zhu, J. (2019). A New Isolated Multi-Port Converter With Multi-Directional Power Flow Capabilities for Smart Electric Vehicle Charging Stations. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, *29*(2), 1–4. <https://doi.org/10.1109/TASC.2019.2895526>
- Ko, H., Pack, S., & Leung, V. C. M. (2018). Mobility-Aware Vehicle-to-Grid Control Algorithm in Microgrids. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, *19*(7), 2165–2174. <https://doi.org/10.1109/TITS.2018.2816935>
- Kolawole, O., & Al-Anbagi, I. (2019). Electric Vehicles Battery Wear Cost Optimization for Frequency Regulation Support. *IEEE Access*, *7*, 130388–130398. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2930233>
- Ladi, T., Mahmoudpour, A., & Sharifi, A. (2022). Assessing environmental impacts of transportation sector by integrating DPSIR framework and X-Matrix. *Case Studies on Transport Policy*, *10*(1), 434–443. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2022.01.004>
- Landrigan, P. J., Fuller, R., Acosta, N. J. R., Adeyi, O., Arnold, R., Basu, N. (Nil), Baldé, A. B., Bertollini, R., Bose-O'Reilly, S., Boufford, J. I., Breyse, P. N., Chiles, T., Mahidol, C., Coll-Seck, A. M., Cropper, M. L., Fobil, J., Fuster, V., Greenstone, M., Haines, A., ... Zhong, M. (2018). The Lancet Commission on pollution and health. *The Lancet*, *391*(10119), 462–512. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32345-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0)
- Li, S., Li, J., Su, C., & Yang, Q. (2020). Optimization of Bi-Directional V2G Behavior With Active Battery Anti-Aging Scheduling. *IEEE Access*, *8*, 11186–11196. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2964699>
- Li, X., Tan, Y., Liu, X., Liao, Q., Sun, B., Cao, G., Li, C., Yang, X., & Wang, Z. (2020a). A cost-benefit analysis of V2G electric vehicles supporting peak shaving in Shanghai. *Electric Power Systems Research*, *179*, 106058. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2019.106058>
- Li, X., Tan, Y., Liu, X., Liao, Q., Sun, B., Cao, G., Li, C., Yang, X., & Wang, Z. (2020b). A cost-benefit analysis of V2G electric vehicles supporting peak shaving in Shanghai. *Electric Power Systems Research*, *179*, 106058. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2019.106058>

- Liu, Y., Wang, X., Qian, W., Janabi, A., Wang, B., Lu, X., Zou, K., Chen, C., & Peng, F. Z. (2019). DC Voltage Control of Inverter Interfaced Dual Active Bridge Converter for V2L applications. *2019 IEEE 7th Workshop on Wide Bandgap Power Devices and Applications (WiPDA)*, 319–324. <https://doi.org/10.1109/WiPDA46397.2019.8998961>
- Luo, L., Wu, Z., Gu, W., Huang, H., Gao, S., & Han, J. (2020). Coordinated allocation of distributed generation resources and electric vehicle charging stations in distribution systems with vehicle-to-grid interaction. *Energy*, *192*, 116631. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116631>
- Mahure, P., Keshri, R. K., Abhyankar, R., & Buja, G. (2020). Bidirectional Conductive Charging of Electric Vehicles for V2V Energy Exchange. *IECON 2020 The 46th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 2011–2016. <https://doi.org/10.1109/IECON43393.2020.9255386>
- Marongiu, A., Roscher, M., & Sauer, D. U. (2015). Influence of the vehicle-to-grid strategy on the aging behavior of lithium battery electric vehicles. *Applied Energy*, *137*, 899–912. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.06.063>
- Meesenburg, W., Thingvad, A., Elmegaard, B., & Marinelli, M. (2020). Combined provision of primary frequency regulation from Vehicle-to-Grid (V2G) capable electric vehicles and community-scale heat pump. *Sustainable Energy, Grids and Networks*, *23*, 100382. <https://doi.org/10.1016/j.segan.2020.100382>
- Meijssen, A., Lukszo, Z., Annema, J. A., & Huang, B. (2019). *Dutch electric vehicle drivers' preferences regarding vehicle-to-grid contracts: Examining the willingness to participate in vehicle-to-grid contracts by conducting a context-dependent stated choice experiment taking into account the EV recharging speed*. <http://resolver.tudelft.nl/uuid:0cb03a83-148a-48b6-bb14-32a46fdb4e01>
- Metwly, M. Y., Ahmed, M., Hamad, M. S., Abdel-Khalik, A. S., Hamdan, E., & Elmalhy, N. A. (2023). Power management optimization of electric vehicles for grid frequency regulation: Comparative study. *Alexandria Engineering Journal*, *65*, 749–760. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.10.030>
- Miao, Y., Hynan, P., von Jouanne, A., & Yokochi, A. (2019). Current Li-Ion Battery Technologies in Electric Vehicles and Opportunities for Advancements. *Energies*, *12*(6), 1074. <https://doi.org/10.3390/en12061074>
- Mohammad, M., Onar, O. C., Su, G.-J., Pries, J., Galigekere, V. P., Anwar, S., Asa, E., Wilkins, J., Wiles, R., White, C. P., & Seiber, L. E. (2021). Bidirectional LCC – LCC -Compensated 20-kW Wireless Power Transfer System for Medium-Duty Vehicle Charging. *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, *7*(3), 1205–1218. <https://doi.org/10.1109/TTE.2021.3049138>

- Mou, X., Gladwin, D. T., Zhao, R., Sun, H., & Yang, Z. (2020). Coil Design for Wireless Vehicle-to-Vehicle Charging Systems. *IEEE Access*, 8, 172723–172733. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3025787>
- Mwasilu, F., Justo, J. J., Kim, E.-K., Do, T. D., & Jung, J.-W. (2014). Electric vehicles and smart grid interaction: A review on vehicle to grid and renewable energy sources integration. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34, 501–516. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.03.031>
- Nick Banks. (2021). *V2G Barriers and Opportunities: a capability approach*. <https://project-leo.co.uk/wp-content/uploads/2022/01/V2G-barriers-and-opportunities-211221-covered.pdf>
- Nissan. (n.d.). <https://europe.nissannews.com/en-GB/releases/release-e4aa4529117ca1fc3d23c36b36050953-v2g-project-i-rezept-impresses-with-first-interim-review?selectedTabId=releases>
- Noel, L., Zarazua de Rubens, G., Kester, J., & Sovacool, B. K. (2019). V2G Deployment Pathways and Policy Recommendations. In *Vehicle-to-Grid* (pp. 167–190). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04864-8_7
- Nunes, P., Farias, T., & Brito, M. C. (2015). Enabling solar electricity with electric vehicles smart charging. *Energy*, 87, 10–20. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.04.044>
- PALS. (n.d.). <https://www.shop-e.gr/%CF%87%CF%81%CE%B7%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%B1-%CE%B1%CF%81%CE%B8%CF%81%CE%B1/47-%CE%95%CE%BE%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%BD%CF%8C%CE%BC%CE%B7%CF%83%CE%B7-%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CF%82/122-2012-12-20-17-21-03#:~:text=%CE%A4%CE%BF%20%CE%B4%CE%B5%CF%8D%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%BF%20%CF%85%CF%80%CE%BF%CF%83%CF%8D%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%20%CF%84%CE%B7%CF%82%20%CF%86%CE%B1%CE%B9%CE%BD%CF%8C%CE%BC%CE%B5%CE%BD%CE%B7%CF%82,%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CF%8C%20%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF%20%CE%BC%CE%B5%20%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%86%CE%BF%CF%81%CE%B5%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%BC%CE%BF%CF%81%CF%86%CE%AE>
- Parsons, G. R., Hidrue, M. K., Kempton, W., & Gardner, M. P. (2014). Willingness to pay for vehicle-to-grid (V2G) electric vehicles and their contract terms. *Energy Economics*, 42, 313–324. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.12.018>

- Paschalidou, A. K., Petrou, I., Fytianos, G., & Kassomenos, P. (2022). Anatomy of the atmospheric emissions from the transport sector in Greece: trends and challenges. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(23), 34670–34684. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-18062-5>
- Pavličević, A., & Mujović, S. (2022). Impact of Reactive Power from Public Electric Vehicle Stations on Transformer Aging and Active Energy Losses. *Energies*, 15(19), 7085. <https://doi.org/10.3390/en15197085>
- ResearchGate. (n.d.). https://www.researchgate.net/figure/2-On-board-charger-versus-off-board-charger_fig3_344332333
- Ruiz-Rodriguez, F. J., Hernández, J. C., & Jurado, F. (2018). Voltage behaviour in radial distribution systems under the uncertainties of photovoltaic systems and electric vehicle charging loads. *International Transactions on Electrical Energy Systems*, 28(2), e2490. <https://doi.org/10.1002/etep.2490>
- SAE. (n.d.). <https://www.sae.org/>
- Shen, G., Su, Y., & Zhang, M. (2018). Secure and Membership-Based Data Sharing Scheme in V2G Networks. *IEEE Access*, 6, 58450–58460. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2874622>
- Shurrab, M., Singh, S., Otrók, H., Mizouni, R., Khadkikar, V., & Zeineldin, H. (2022a). An Efficient Vehicle-to-Vehicle (V2V) Energy Sharing Framework. *IEEE Internet of Things Journal*, 9(7), 5315–5328. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2021.3109010>
- Shurrab, M., Singh, S., Otrók, H., Mizouni, R., Khadkikar, V., & Zeineldin, H. (2022b). An Efficient Vehicle-to-Vehicle (V2V) Energy Sharing Framework. *IEEE Internet of Things Journal*, 9(7), 5315–5328. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2021.3109010>
- Singh, J., & Tiwari, R. (2020). Cost Benefit Analysis for V2G Implementation of Electric Vehicles in Distribution System. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 56(5), 5963–5973. <https://doi.org/10.1109/TIA.2020.2986185>
- Sovacool, B. (2016). *Fact and Fiction in Global Energy Policy*. Johns Hopkins University Press. <https://doi.org/10.1353/book.72116>
- Sovacool, B. K., Noel, L., Axsen, J., & Kempton, W. (2018). The neglected social dimensions to a vehicle-to-grid (V2G) transition: a critical and systematic review. *Environmental Research Letters*, 13(1), 013001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa9c6d>
- Statista. (n.d.). <https://www.statista.com/statistics/1101415/number-of-electric-vehicles-by-type/>

- Sun, F. (2022). Green Energy and Intelligent Transportation—promoting green and intelligent mobility. *Green Energy and Intelligent Transportation*, 1(1), 100017. <https://doi.org/10.1016/j.geits.2022.100017>
- Sunnyparc*. (n.d.). <https://sunnyparc.ch/>
- Tan, K. M., Padmanaban, S., Yong, J. Y., & Ramachandaramurthy, V. K. (2019). A multi-control vehicle-to-grid charger with bi-directional active and reactive power capabilities for power grid support. *Energy*, 171, 1150–1163. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.01.053>
- Tao, H., Zhang, G., & Zheng, Z. (2019). Onboard Charging DC/DC Converter of Electric Vehicle Based on Synchronous Rectification and Characteristic Analysis. *Journal of Advanced Transportation*, 2019, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2019/2613893>
- Transparency and Research*. (n.d.). <https://www.transparencymarketresearch.com/vehicle-to-grid-technology-market.html>
- V2G-Hub*. (n.d.). <https://www.v2g-hub.com/insights/#graphs>
- van Heuveln, K., Ghotge, R., Annema, J. A., van Bergen, E., van Wee, B., & Pesch, U. (2021a). Factors influencing consumer acceptance of vehicle-to-grid by electric vehicle drivers in the Netherlands. *Travel Behaviour and Society*, 24, 34–45. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2020.12.008>
- van Heuveln, K., Ghotge, R., Annema, J. A., van Bergen, E., van Wee, B., & Pesch, U. (2021b). Factors influencing consumer acceptance of vehicle-to-grid by electric vehicle drivers in the Netherlands. *Travel Behaviour and Society*, 24, 34–45. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2020.12.008>
- VIRTA*. (n.d.). <https://www.virta.global/vehicle-to-grid-v2g>
- Wang, D., Coignard, J., Zeng, T., Zhang, C., & Saxena, S. (2016). Quantifying electric vehicle battery degradation from driving vs. vehicle-to-grid services. *Journal of Power Sources*, 332, 193–203. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2016.09.116>
- Wang, J., Bharati, G. R., Paudyal, S., Ceylan, O., Bhattarai, B. P., & Myers, K. S. (2019). Coordinated Electric Vehicle Charging With Reactive Power Support to Distribution Grids. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 15(1), 54–63. <https://doi.org/10.1109/TII.2018.2829710>
- Wang, X., Liu, Y., Qian, W., Janabi, A., Wang, B., Lu, X., Zou, K., Chen, C., & Peng, F. Z. (2019). Design, and Control of a SiC Isolated Bidirectional Power Converter for V2L Applications to both DC and AC Load. *2019 IEEE 7th Workshop on Wide Bandgap Power Devices and Applications (WiPDA)*, 143–150. <https://doi.org/10.1109/WiPDA46397.2019.8998951>

- Wang, X., Liu, Y., Qian, W., Wang, B., Lu, X., Zou, K., Gonzalez-Santini, N., Karki, U., Peng, F. Z., & Chen, C. (2018). A 25kW SiC Universal Power Converter Building Block for G2V, V2G, and V2L Applications. *2018 IEEE International Power Electronics and Application Conference and Exposition (PEAC)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/PEAC.2018.8590435>
- WeForum*. (n.d.). <https://www.weforum.org/agenda/2018/07/netherlands-football-johan-crujff-stadium-electric-car-batteries/>
- White, C. D., & Zhang, K. M. (2011a). Using vehicle-to-grid technology for frequency regulation and peak-load reduction. *Journal of Power Sources*, 196(8), 3972–3980. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2010.11.010>
- White, C. D., & Zhang, K. M. (2011b). Using vehicle-to-grid technology for frequency regulation and peak-load reduction. *Journal of Power Sources*, 196(8), 3972–3980. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2010.11.010>
- Zeng, W., Gibeau, J., & Chow, M.-Y. (2015). Economic benefits of plug-in electric vehicles using V2G for grid performance-based regulation service. *IECON 2015 - 41st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 004322–004327. <https://doi.org/10.1109/IECON.2015.7392772>
- Zheng, Y., Shao, Z., & Jian, L. (2021). The peak load shaving assessment of developing a user-oriented vehicle-to-grid scheme with multiple operation modes: The case study of Shenzhen, China. *Sustainable Cities and Society*, 67, 102744. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102744>
- EEA*. (n.d.). <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/air-pollutant-emissions-data-viewer-5>
- Κυπαρίσσης Ιωάννης. (2021). *ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΤΙΜΗΣΕΩΝ ΑΠΕΝΑΝΤΙ ΣΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ*.
- Μιλτιάδης Σ. Χαλικιάς. (2012). *Επαγωγική Στατιστική*.
- Ποῦζη Άννα. (2018). *ΜΕΛΕΤΗ ΠΡΟΟΠΤΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ ΙΔΙΩΤΙΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ*. <http://ikee.lib.auth.gr/record/299824/files/%CE%94%CE%99%CE%A0%CE%9B%CE%A9%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%97.pdf>
- Φωτόπουλος Ιωάννης. (2019). *Η αποδοχή και η τάση για υιοθέτηση της ιδέας της Ηλεκτροκίνησης*. https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/12407/FOTOPOULOS_E_MBA1559.pdf?sequence=1&isAllowed=y