



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

**Μοντελοποίηση και Αξιοποίηση Εργαλείων Ανάλυσης Υποδομών Φόρτισης
Ηλεκτρικών Οχημάτων**

Υπεύθυνος Φοιτητής

Χατζόπουλος Δημήτριος

ΑΜ : 18392065

Επιβλέπων Καθηγητής

Δρ Σπυρόπουλος Γεώργιος



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
SCHOOL OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING

Diploma thesis

**Modeling and Utilization of Electric Vehicle Charging Infrastructure Analysis
Tools**

Student in Charge

Chatzopoulos Dimitrios

Registration Number: 18392065

Supervisor

Dr Spyropoulos Georgios

Επιτροπή Εξέτασης

Α/Α	Όνοματεπώνυμο	Υπογραφή
1	Δρ Κωνσταντίνος Μουστρής	
2	Δρ Δημήτριος Ζαφειράκης	
3	Δρ Γεώργιος Σπυρόπουλος	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Χατζόπουλος Δημήτριος του Άγγελου – Ιωάννη, με αριθμό μητρώου 18392065 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι :

«Είμαι συγγραφέας αυτής της 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

Χατζόπουλος Δημήτριος



Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα αναζητηθούν διάφορες παράμετροι, οι οποίοι μπορεί να επηρεάζουν την επιλογή μιας τοποθεσίας ενός σταθμού φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, σε τρία διαφορετικά νησιά της Ελλάδας (Αντικύθηρα, Τήλος και Χάλκη). Αρχικά, πραγματοποιείται μια εισαγωγή στον τομέα της ηλεκτροκίνησης και αναλύονται η φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων, καθώς και η υπάρχουσα νομοθεσία που ισχύει για την τοποθέτηση σταθμών φόρτισης. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται αναζήτηση και μελέτη διάφορων επιστημονικών άρθρων σχετικών με εφαρμογές στον τομέα της ηλεκτροκίνησης, όπου η πλειοψηφία αυτών αφορά την τοποθέτηση ενός σταθμού φόρτισης σε μια περιοχή. Ύστερα, εξετάζονται οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν, σε κάθε επιστημονικό άρθρο ξεχωριστά, με σκοπό την εγκατάσταση ενός σταθμού φόρτισης και επιλέγονται οι παράμετροι οι οποίες ανταποκρίνονται περισσότερο στις συνθήκες των περιοχών μελέτης της συγκεκριμένης εργασίας. Μέσω της διαδικασίας που προηγήθηκε, προσδιορίζονται οι παράμετροι οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό των πιθανών σημείων εγκατάστασης ενός σταθμού φόρτισης. Τέλος, με την βοήθεια χαρτών, προσδιορίζονται μερικά πιθανά σημεία εγκατάστασης για κάθε μια από τις τρεις περιπτώσεις ξεχωριστά.

Λέξεις- κλειδιά : Ηλεκτροκίνηση, Σταθμοί Φόρτισης, Τοποθεσίες, Παράμετροι

Abstract

In this thesis, various parameters that may influence the choice of a location for an electric vehicle charging station in three different Greek islands (Antikythera, Tilos and Halki) will be investigated. Firstly, an introduction to the field of electromobility is given and the charging of electric vehicles is analysed, as well as the existing legislation in force for the installation of charging stations. Then, a search and study of various scientific articles related to applications in the field of electromobility is carried out, the majority of which concern the placement of a charging station in a region. Then, the parameters used, in each scientific article separately, for the purpose of installing a charging station are examined and the parameters that are most appropriate to the conditions of the study areas of this study are selected. Through the preceding process, the parameters that can be used to identify possible locations for the installation of a charging station are identified. Finally, with the help of maps, some possible installation points are identified for each of the three cases separately.

Key words: Electromobility, Charging Stations, Locations, Parameters

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	5
Abstract	6
Κεφάλαιο 1 : Εισαγωγή.....	9
1.1 . Ηλεκτροκίνηση.....	9
1.1.1 Βασικός λόγος επιλογής των ηλεκτρικών οχημάτων ως κύριο μέσο μεταφοράς....	9
1.1.2 Στόχοι Ευρωπαϊκής Ένωσης	10
1.1.2 Πρότυπα Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση	11
1.1.3 Παγκόσμιες τάσεις σχετικά με την ηλεκτροκίνηση	12
1.1.4 Σημερινή κατάσταση σε Ελλάδα και Ευρωπαϊκή Ένωση	13
1.2 Φόρτιση Ηλεκτρικών Οχημάτων.....	17
1.2.1 Κατηγορίες Υποδομών Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων	17
1.2.2 Επίπεδα Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων	18
1.2.3 Τρόποι Φόρτισης Συσσωρευτών Ηλεκτρικών Οχημάτων.....	19
1.2.4 Μέθοδοι Φόρτισης Συσσωρευτών Ηλεκτρικών Οχημάτων	20
1.3 . Τεχνολογίες V2I.....	25
1.3.1 Vehicle to Grid	25
1.3.2 Vehicle to Everything.....	27
1.3.3 Vehicle to Home.....	28
1.3.4 Πρότυπα	29
1.3.5 Συμβατά Οχήματα	33
1.4 . Ελληνική Νομοθεσία.....	35
1.4.1 Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ).....	35
1.4.2 Τεύχος Τυποποίησης Τεχνικών Προδιαγραφών Γεωγραφικής Βάσης Δεδομένων.	35
1.4.1 Σχέδια Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων (ΣΦΗΟ).....	37
Κεφάλαιο 2: Μοντέλα Εφαρμογής και διαθέσιμα λογισμικά για την διεξαγωγή αναλύσεων στον τομέα της ηλεκτροκίνησης.....	39
2.1 Μοντελοποίηση.....	39
2.1.1 Ορισμός	39
2.1.2 Μοντέλα εφαρμογής για διεξαγωγή αναλύσεων στον χώρο της ηλεκτροκίνησης	39
2.2 Εργαλεία Ανάλυσης	62

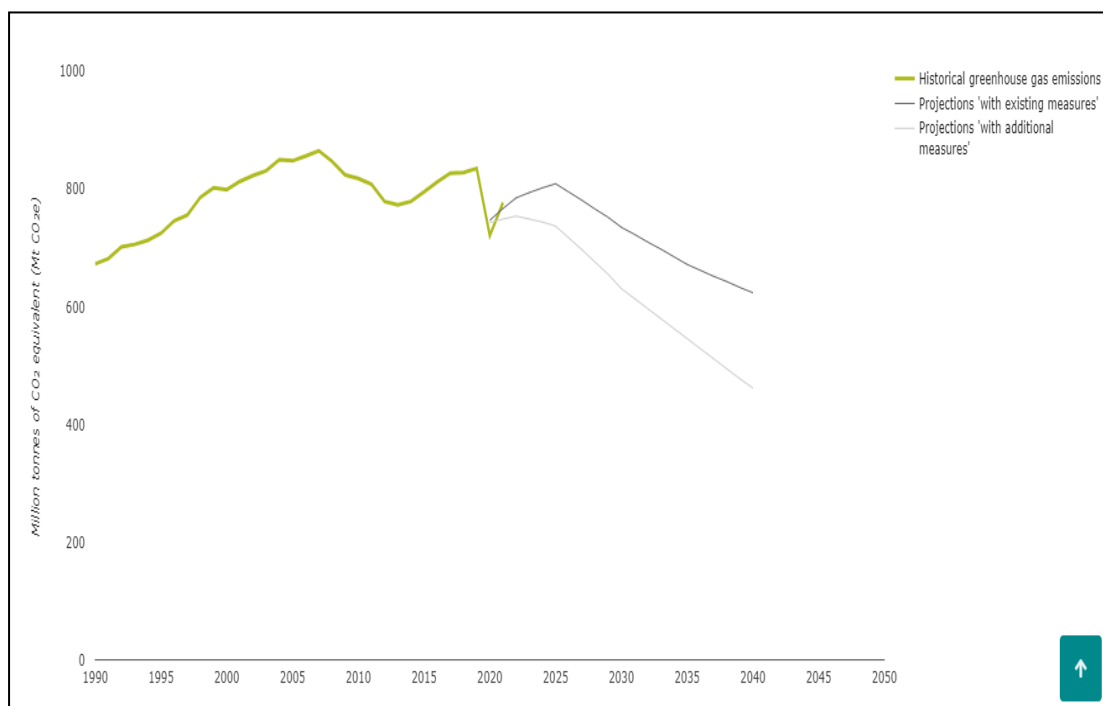
2.2.1 Ορισμός και Σκοπός Εργαλείων Ανάλυσης	62
2.2.2 Μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την αξιοποίηση των εργαλείων ανάλυσης ...	62
2.2.3 Παραδείγματα εφαρμογής εργαλείων ανάλυσης στον χώρο της ηλεκτροκίνησης	64
2.3 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	67
Κεφάλαιο 3: Μεθοδολογία.....	72
3.1 Μελέτη Περίπτωσης.....	73
3.1.1 Τήλος.....	73
3.1.2 Χάλκη.....	75
3.1.3 Αντικύθηρα.....	77
3.2 Το παράδειγμα της Αστυπάλαιας.....	78
Κεφάλαιο 4: Επιλογή πιθανών τοποθεσιών για υποδομές φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων..	80
4.1 Πιθανές τοποθεσίες σημείων επαναφόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων βάσει νομοθεσίας	80
4.1.1 Κατηγορία Α.....	81
4.1.2 Κατηγορία Β.....	81
4.1.3 Προϋποθέσεις Σ.Φ.Η.Ο.	82
4.2 Επιλογή παραμέτρων φόρτισης για την τοποθέτηση ενός σταθμού φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων	84
4.2.1 Χρησιμοποιούμενες παράμετροι σε επιστημονικά άρθρα.....	84
4.3 Πιθανές τοποθεσίες σημείων φόρτισης.....	87
4.3.1 Αντικύθηρα.....	87
4.3.2 Τήλος.....	89
4.3.3 Χάλκη.....	92
4.3.4 Ενεργειακή προσέγγιση.....	94
Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα.....	106
Κεφάλαιο 6: Βιβλιογραφία.....	111

Κεφάλαιο 1 : Εισαγωγή

1.1 . Ηλεκτροκίνηση

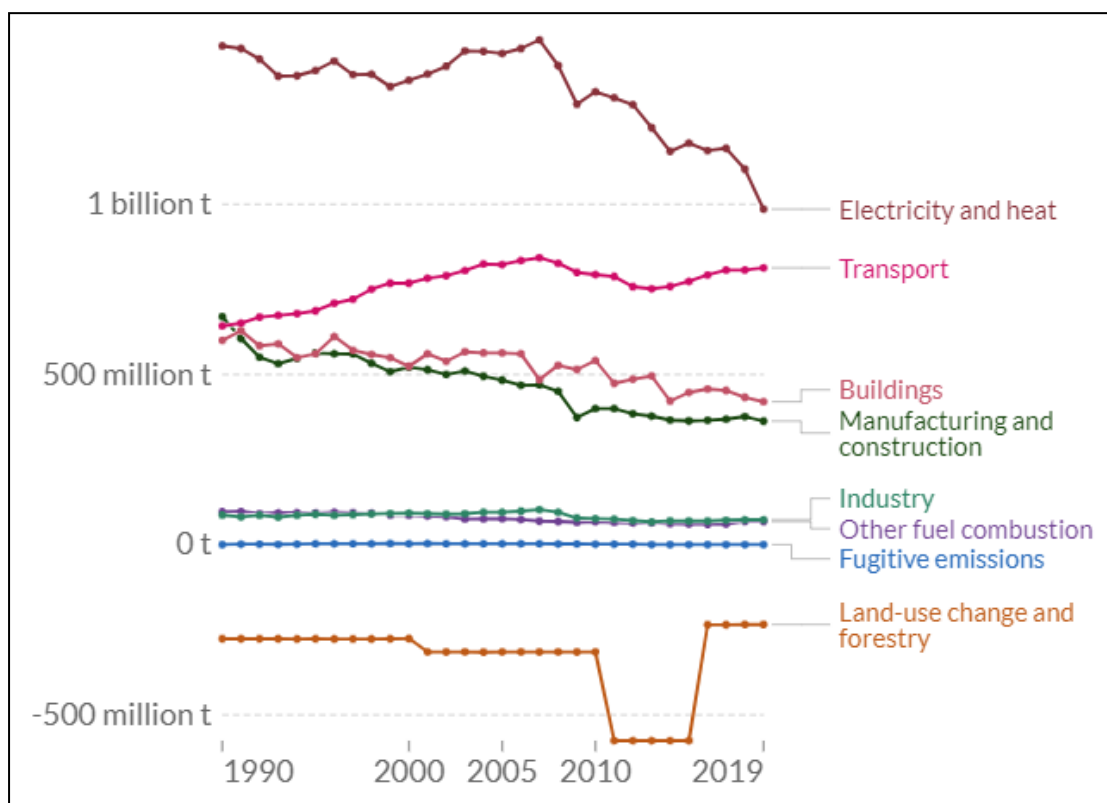
1.1.1 Βασικός λόγος επιλογής των ηλεκτρικών οχημάτων ως κύριο μέσο μεταφοράς

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται πως υπάρχει μια γενικότερη επιθυμία των αυτοκινητοβιομηχανιών καθώς και των κυβερνήσεων των χωρών για την προώθηση εναλλακτικών τεχνολογιών σχετικά με τον τρόπο κίνησης των οχημάτων , με σκοπό την μείωση της παραγωγής των πετρελαιοκίνητων οχημάτων. Μία απο αυτές τις εναλλακτικές τεχνολογίες αποτελεί και η ηλεκτροκίνηση. Η μετάβαση αυτή συμβαίνει κυρίως για περιβαλλοντολογικούς λόγους, καθώς τα πετρελαιοκίνητα οχήματα λαμβάνουν σημαντικό μερίδιο στην δημιουργία του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), το οποίο προκαλεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Πιο συγκεκριμένα , σε ευρωπαϊκή κλίμακα, ο τομέας των μεταφορών παρατηρείται πως προκαλεί αυξημένες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από το έτος 1990 μέχρι το έτος 2019 (Corradi et al., 2023), με εξαίρεση τα έτη 2020 - 2021 λόγω των περιορισμών που υπήρχε στις μετακινήσεις εξαιτίας των μέτρων που είχαν ληφθεί λόγω της έξαρσης του ιού COVID - 19 καθώς και τα έτη 2008-2010 εξαιτίας της οικονομικής κρίσης που επικρατούσε εκείνη την περίοδο, ένα γεγονός που περιόρισε τις μετακινήσεις των πολιτών .



Γράφημα 1.1.1: Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τον τομέα μεταφορών στην Ευρώπη και προβλεπόμενες εκπομπές μέχρι το έτος 2040 . (Greenhouse Gas Emissions from Transport in Europe - European Environment Agency, 2022)

Σε μια γενικότερη εικόνα, ο τομέας των μεταφορών ευθύνεται για το 24,46 % των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στον ευρωπαϊκό χώρο για το έτος 2019 όντας ο δεύτερος πιο ρυπογόνος τομέας, πίσω από αυτόν της ηλεκτροπαραγωγής . Επομένως η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει κάποιους στόχους για τα επόμενα έτη , με σκοπό τον περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου .



Γράφημα 1.1.2 : Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα για την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ritchie et al., 2020)

1.1.2 Στόχοι Ευρωπαϊκής Ένωσης

Οι στόχοι που έχουν θεσπιστεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση σχετικά με τα ηλεκτρικά οχήματα καθώς και τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι οι εξής :

- Η βιωσιμότητα όλων των μέσων μεταφοράς, με σκοπό την επίτευξη κλιματικής ουδετερότητας μέχρι το 2050
- Η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 55 % , αντίστοιχα και για τα οχήματα έως το 2030, συγκριτικά με αυτές του έτους 1990 . (Martins et al., 2023)
- Μέχρι το 2050, σχεδόν όλα τα αυτοκίνητα, βαν, λεωφορεία και φορτηγά θα είναι οχήματα μηδενικών εκπομπών

- Τα προγραμματισμένα ομαδικά ταξίδια κάτω των 500 χιλιομέτρων εντός των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης θα πρέπει να είναι ουδέτερα ως προς τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, μέχρι το 2030.
- Ανάπτυξη ευρωπαϊκού δικτύου μεταφορών , κατάλληλα σχεδιασμένο για βιώσιμες μεταφορές , το οποίο θα είναι πλήρως λειτουργικό μέχρι το 2050.
- Η κατασκευή 1 εκατομμυρίων σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων μέχρι το 2025 από τους 3 εκατομμύρια σταθμούς φόρτισης που θα υπάρχουν συνολικά μέχρι το 2030 , έτσι ώστε να μπορεί να δοθεί στους καταναλωτές η δυνατότητα πρόσβασης σε σταθμούς φόρτισης και να φορτίσουν το όχημά τους με ευκολία .
- Κυκλοφορία στο ευρωπαϊκό οδικό δίκτυο τουλάχιστον 30 εκατομμυρίων αυτοκινήτων και 80 χιλιάδων φορτηγών με μηδενικές εκπομπές ρύπων μέχρι το 2030. (COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS Sustainable and Smart Mobility Strategy – Putting European Transport on Track for the Future, 2020)
- Μαζική αύξηση της παραγωγής των ηλεκτρικών οχημάτων , με στόχο την πλήρη μείωση των εκπομπών των οχημάτων μέχρι το 2035 (*New Registrations of Electric Vehicles in Europe*)
- Απαγόρευση πώλησης καινούριων οχημάτων εσωτερικής καύσης μέχρι το έτος 2035 (Peiseler & Cabrera Serrenho, 2022)

1.1.2 Πρότυπα Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Σχετικά με την φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων υπάρχουν τρία διαθέσιμα πρότυπα θεσπισμένα από την Ευρωπαϊκή Ένωση και την Ελλάδα . Πιο συγκεκριμένα :

- **Πρότυπο ISO 6469 – 1 : 2019** : Το συγκεκριμένο πρότυπο διαμορφώνει τους κανόνες ασφαλείας σχετικά με τα επαναφορτιζόμενα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας των ηλεκτροκίνητων οχημάτων, με στόχο την διασφάλιση της υγείας των οδηγών .
- **Πρότυπο ISO 6469 –2 : 2022** : Το συγκεκριμένο πρότυπο εκφράζει τις απαραίτητες προϋποθέσεις που πρέπει να τηρούνται για την λειτουργική ασφάλεια των ηλεκτροκίνητων οχημάτων.
- **Πρότυπο ISO 6469 –3 : 2022** : Το πρότυπο αυτό αναλύει τις ανάγκες που πρέπει να πληρούνται για την επίτευξη ηλεκτρικής ασφάλειας για τα ηλεκτρικά κυκλώματα τάσης κατηγορίας B των ηλεκτρικών συστημάτων πρόωσης και των αγωγιμοποιημένων βοηθητικών ηλεκτρικών

συστημάτων των ηλεκτροκίνητων οχημάτων. Αποσκοπεί στην αποφυγή επεισοδίων θερμοπληξίας και ηλεκτροπληξίας.

- **Πρότυπο IEC 61851 –1 : 2017** : Το πρότυπο αυτό συναντά εφαρμογή στους τρόπους φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων με ονομαστική τάση τροφοδοσίας έως 1000 V AC ή έως 1500 V DC και ονομαστική τάση εξόδου έως 1000 V AC ή έως 1500 V DC . Το συγκεκριμένο πρότυπο καλύπτει διάφορες παραμέτρους όπως τα χαρακτηριστικά και τις συνθήκες λειτουργίας του εξοπλισμού φόρτισης ενός ηλεκτρικού οχήματος , τις απαραίτητες απαιτήσεις που πρέπει να τηρηθούν για την κατάλληλη σύνδεση του εξοπλισμού φόρτισης με το όχημα και τις προδιαγραφές ηλεκτρικής ασφάλειας για τον εξοπλισμό φόρτισης ενός ηλεκτρικού οχήματος.
- **Πρότυπο IEC 61851 –21 : 2017** : Το πρότυπο αυτό καθορίζει τις απαιτήσεις ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας για οποιαδήποτε εξαρτήματα η εξοπλισμό συστημάτων εκτός οχήματος τα οποία αξιοποιούνται για τη φόρτιση ή την τροφοδοσία ηλεκτρικών οχημάτων με ηλεκτρική ενέργεια μέσω αγωγίσιμης μεταφοράς ισχύος με ονομαστική τάση εισόδου , σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60038 : 2009 , έως 1000 V AC ή 1500 V DC και τάση εξόδου έως 1000 V AC ή 1500 V DC . Το συγκεκριμένο πρότυπο αναφέρει όλες τις περιπτώσεις για φόρτιση εκτός οχήματος , όπως ορίζεται και στο πρότυπο IEC 61851 –1 : 2017.
- **Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62196.01 E3 : 2014** : Το ελληνικό αυτό πρότυπο αναφέρει τις γενικές απαιτήσεις για τους ρευματοδότες , ρευματολήπτες , συνδετήρες οχημάτων και υποδοχές οχημάτων με σκοπό την επίτευξη της αγωγίσιμης φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων.

1.1.3 Παγκόσμιες τάσεις σχετικά με την ηλεκτροκίνηση

Μία από τις τάσεις που επικρατούν ανά τον κόσμο σχετικά με τον τομέα της ηλεκτροκίνησης είναι η αναβάθμιση των τωρινών δικτύων σε « έξυπνα » δίκτυα (Mastoi et al., 2022) , για την φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων , ώστε να μπορούν να αντέξουν την διείσδυση του φορτίου λόγω αύξησης της παραγωγής των ηλεκτρικών οχημάτων (Gupta et al., 2021). Τα « έξυπνα » δίκτυα θα έχουν την δυνατότητα να αποθηκεύουν και να επεξεργάζονται πληροφορίες ώστε το σύστημα να μπορέσει να έχει τις ιδανικές συνθήκες λειτουργίας . Το κυριότερο πλεονέκτημα του δικτύου αυτού είναι η αμφίδρομη ροή ενέργειας που θα παρέχει στους καταναλωτές την δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν την τεχνολογία V2G (Vehicle to Grid) στην οποία η μπαταρία θα φορτίζεται κατά τη διάρκεια της αιχμής της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θα παραδίδεται ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο όταν υπάρχει μεγάλη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας (Mude, 2018) . Η συγκεκριμένη τεχνολογία δεν είναι χρήσιμη μόνο για τους καταναλωτές

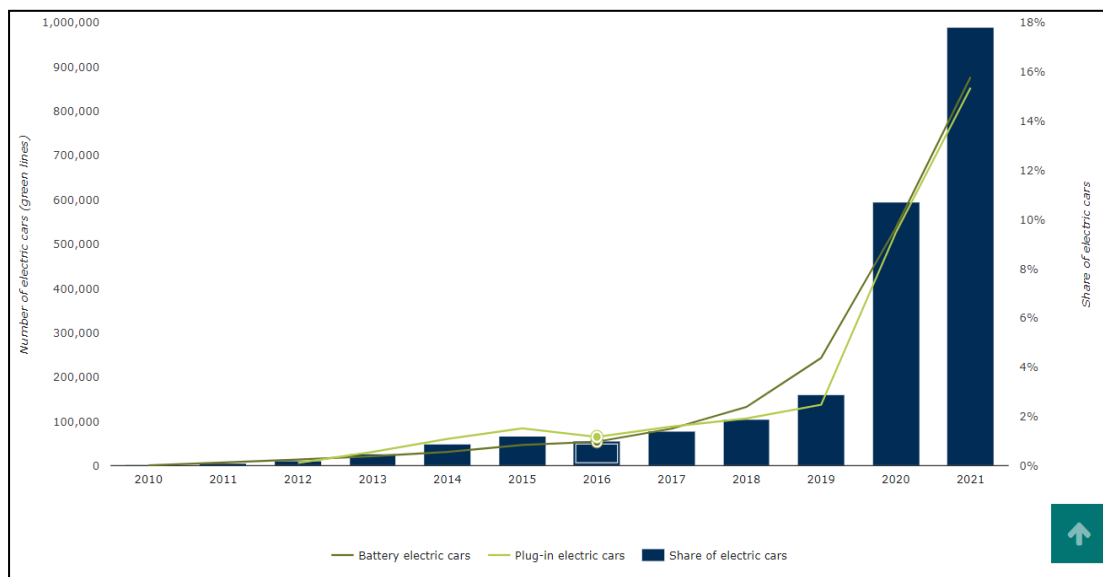
αλλά και για τους παρόχους υπηρεσιών ώστε να μπορούν να διατηρήσουν την υπερφόρτωση του συστήματος , να περιορίσουν τις διακοπές ρεύματος, να ελαττώσουν την υποβάθμιση του συστήματος και να μειωθούν οι απώλειες που εμφανίζονται από την διαδικασία της υπερφόρτωσης . (Gurpta et al., 2021)

Επίσης, διάφορες αυτοκινητοβιομηχανίες όπως η Tata Motors στην Ινδία (Singh et al., 2021) παρουσίασε τον ηλεκτροκινητήρα Ziptron, ο οποίος θα περιέχει έναν κινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος μόνιμου μαγνήτη με υπόλειμμα και αδιάβροχο πλαίσιο μπαταρίας. Ο κινητήρας αυτός θα εφαρμόζει την τεχνολογία αναγεννητικής πέδησης, η οποία ανακτά την ενέργεια που παράγεται σε κατάσταση φρεναρίσματος, με σκοπό την φόρτιση της μπαταρίας. Ακόμα, πολλές αυτοκινητοβιομηχανίες στρέφονται στην ανάπτυξη των ηλεκτρικών οχημάτων με κυψέλες καυσίμου (FCEV). Τα οχήματα αυτά μπορούν να επιτύχουν τα ίδια ποσοστά αυτονομίας συγκριτικά με τα οχήματα που χρησιμοποιούν μηχανές εσωτερικής καύσης και μπορούν να επαναφορτιστούν σε σχετικά μικρότερο χρονικό διάστημα σε σύγκριση με τα ηλεκτρικά οχήματα (35 λεπτά) παρά το γεγονός ότι έχουν χαμηλότερη απόδοση, μεγαλύτερο κόστος καθώς και μικρό αριθμό υποδομών φόρτισης για οχήματα που χρησιμοποιούν υδρογόνο , κάτι το οποίο καθιστά ανέφικτη την εξάπλωσή του στην αγορά (El-Kharouf & Kaya, 2022).

Τέλος, πολλές εταιρείες παραγωγής αυτοκινήτων (Volkswagen, Honda, Toyota, Nissan, Hyundai) ερευνούν την περίπτωση των ηλεκτροχημικών πυκνωτών για εφαρμογή σε υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα. Οι πυκνωτές αυτοί προσφέρουν ζήτηση ενέργειας σε επίπεδο φορτίου, γρήγορη έγχυση ή απορρόφηση ισχύος με σκοπό την πτώση της τάσης των διακυμάνσεων των ηλεκτρονικών συστημάτων και παρέχουν παλμική ισχύ αρκετά μεγαλύτερη από 1000 W/kg, με διάρκεια ζωής μεγαλύτερη των 500,000 κύκλων και είναι οι μόνοι που μπορούν να προσφέρουν μια κατάλληλη σύνδεση μεταξύ υψηλής πυκνότητας ισχύος και υψηλής σχετικής ενεργειακής πυκνότητας. (El-Kharouf & Kaya, 2022)

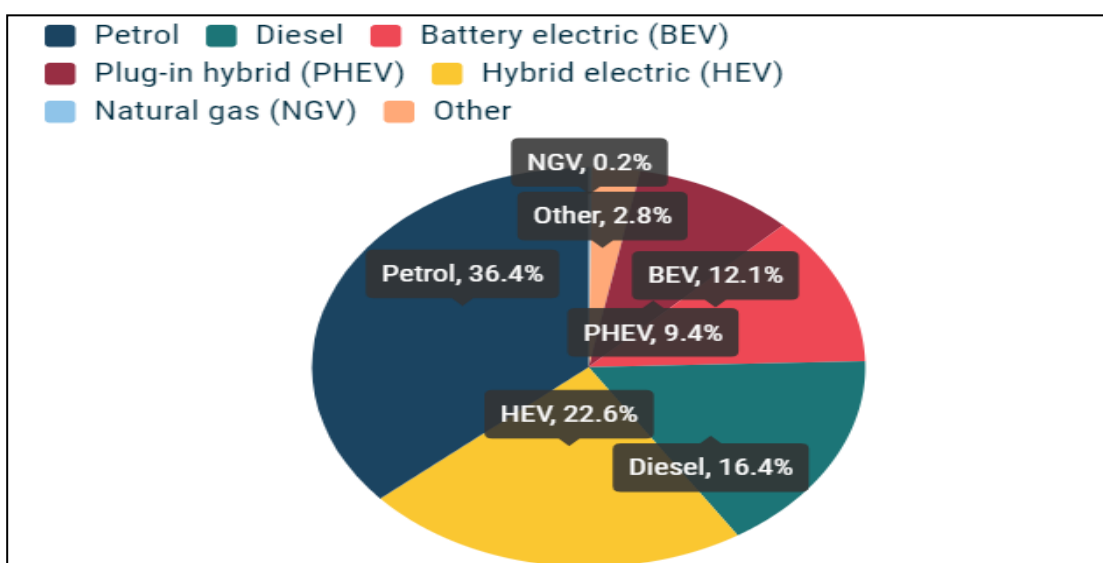
1.1.4 Σημερινή κατάσταση σε Ελλάδα και Ευρωπαϊκή Ένωση

Τα τελευταία χρόνια, παρουσιάζεται συνεχώς μια αυξητική τάση στην παραγωγή και στις πωλήσεις των ηλεκτρικών οχημάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Ειδικότερα, από τις 600 νέες πωλήσεις ηλεκτρικών οχημάτων που παρατηρήθηκαν το έτος 2010, ο αριθμός αυτός αυξήθηκε μέχρι τις 1,061,000 πωλήσεις το έτος 2020, οι οποίες και αντιπροσωπεύουν το 11 % του συνολικού στόλου νέων οχημάτων του έτους αυτού. Το 2021, οι πωλήσεις των υβριδικών ηλεκτρικών οχημάτων με πρίζα (PHEV) και των ηλεκτρικών οχημάτων με μπαταρία (BEV) αυξήθηκαν σημαντικά σε σχέση με το προηγούμενο έτος καθώς ήταν κοντά στις 1,729,000, αντιπροσωπεύοντας το 17,8 % του συνολικού στόλου νέων οχημάτων του έτους αυτού. (*New Registrations of Electric Vehicles in Europe*)



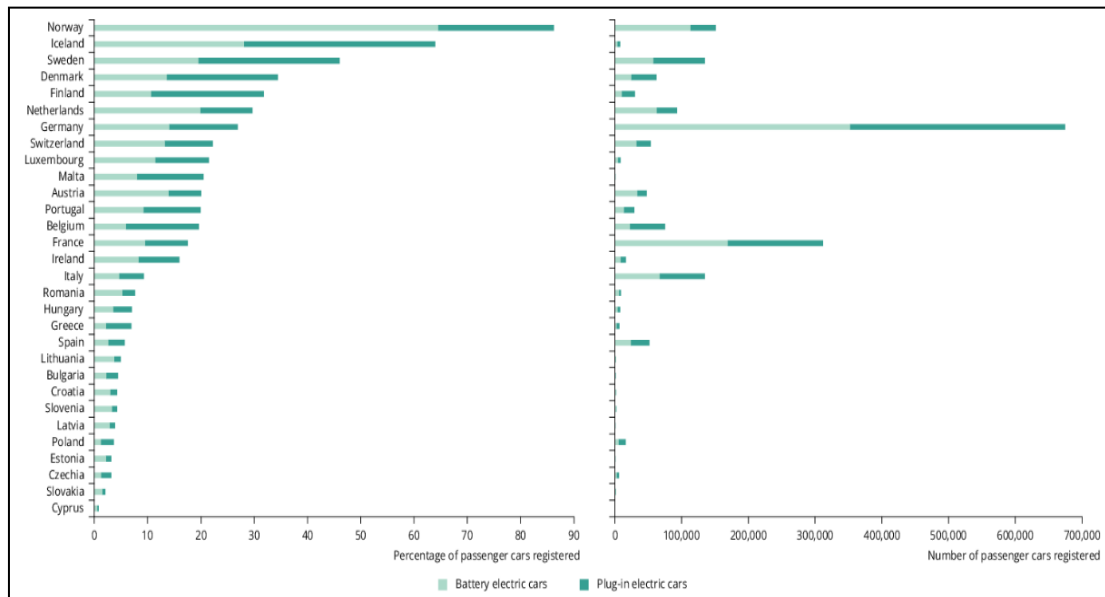
Γράφημα 1.1.3: Διακύμανση πωλήσεων ηλεκτρικών οχημάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση (New Registrations of Electric Cars, EU-27 — European Environment Agency, 2022)

Για το έτος 2022 οι αγορές καινούριων ηλεκτρικών οχημάτων (με μπαταρία, υβριδικά και υβριδικά με πρίζα) συνέχισαν να αυξάνονται, παρά την συνολική μείωση των πωλήσεων καινούριων αυτοκινήτων συγκριτικά με το προηγούμενο έτος. Ειδικότερα στις πωλήσεις των ηλεκτρικών οχημάτων με μπαταρία (BEV) παρατηρήθηκε αύξηση της τάξης του 3 % συγκριτικά με το 2021 και συνολικές πωλήσεις σε ποσοστό 12,1 %. Για τα ηλεκτρικά-υβριδικά οχήματα (HEV) παρατηρήθηκε αύξηση της τάξης του 8,6 % συγκριτικά με το 2021 και συνολικές πωλήσεις σε ποσοστό 22,6 %, ενώ στα ηλεκτρικά-υβριδικά οχήματα με πρίζα (PHEV) συναντώνται πωλήσεις της τάξης του 9,4 %, με ταυτόχρονη μείωση των πωλήσεων των πετρελαιοκίνητων οχημάτων. ('Fuel Types of New Cars', 2023)



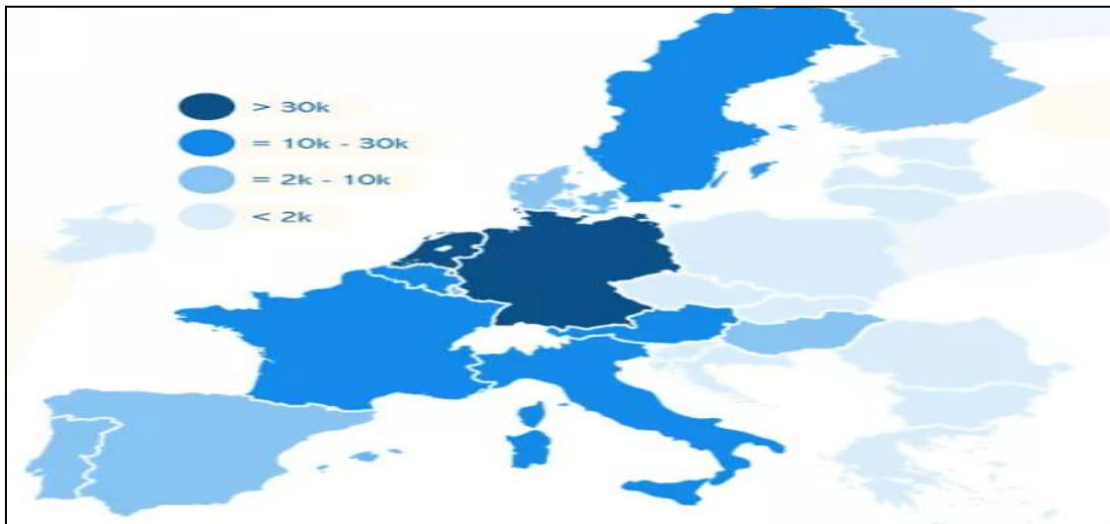
Γράφημα 1.1.4: Νέα επιβατικά οχήματα ανά τύπο καυσίμου στην Ευρωπαϊκή Ένωση για το 2022 ('Fuel Types of New Cars', 2023)

Όσον αφορά τις αγορές ηλεκτρικών οχημάτων (BEV και PHEV) ανά χώρα στην Ευρωπαϊκή Ένωση για το 2021 (συμπεριλαμβάνονται η Νορβηγία και η Ισλανδία), προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι αγορές νέων οχημάτων αυξήθηκαν σε όλες τις ευρωπαϊκές χώρες σε σύγκριση με την προηγούμενη χρονιά. Στη Νορβηγία, όπου παρατηρείται ο μεγαλύτερος αριθμός πωλήσεων νέων ηλεκτρικών οχημάτων στην Ευρώπη, τα BEV κατέχουν περίπου το 65 % των συνολικών πωλήσεων της χώρας, ενώ αντίθετα σε αρκετές ευρωπαϊκές χώρες το ποσοστό των καινούργιων ηλεκτρικών οχημάτων φτάνει κοντά στο 1 % του συνόλου των οχημάτων. Η Ελλάδα έχει ποσοστό νέων αγορών ηλεκτρικών οχημάτων κοντά στο 10 % του συνόλου των νέων οχημάτων, κάτι που την τοποθετεί στις χώρες με την μικρότερη υιοθέτηση ηλεκτρικών οχημάτων. Για να μπορέσει να υιοθετηθεί περισσότερο η ιδέα της ηλεκτροκίνησης, θα πρέπει να προσφερθούν οικονομικά κίνητρα και διάφορες φορολογικές ελαφρύνσεις, ακολουθώντας τα πρότυπα των χωρών που έχουν αφομοιώσει την ιδέα της ηλεκτροκίνησης. (*New Registrations of Electric Vehicles in Europe*)



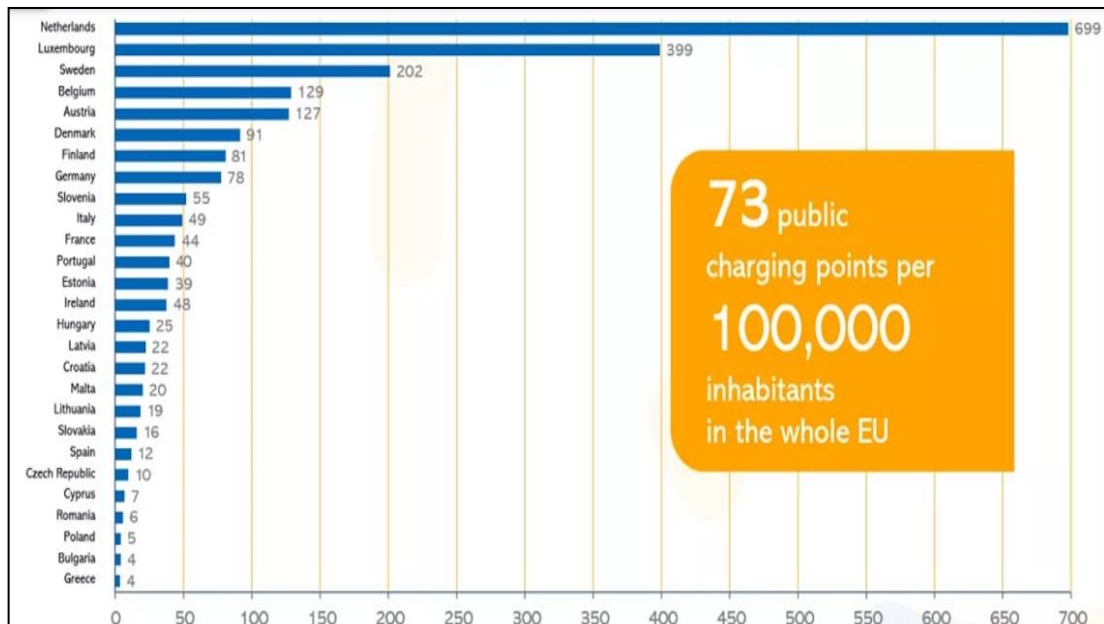
Γράφημα 1.1.5: Νέες πωλήσεις ηλεκτρικών αυτοκινήτων ανά χώρα (*New Registrations of Electric Vehicles in Europe* - *European Environment Agency, 2022*)

Αναφορικά με τους διαθέσιμους σταθμούς φόρτισης που εντοπίζονται σε Ελλάδα και Ευρωπαϊκή Ένωση, διαπιστώνεται ότι υπάρχουν περισσότεροι από 365,000 δημόσιοι σταθμοί φόρτισης, οι οποίοι είναι προσβάσιμοι στο κοινό, σύμφωνα με δεδομένα από τις 20/06/2022. Παρά το γεγονός ότι υπάρχουν 73 διαθέσιμοι σταθμοί φόρτισης ανά 100,000 κατοίκους στο σύνολο των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η κατανομή των σταθμών αυτών είναι αρκετά ανομοιομορφη μεταξύ των χωρών, καθώς μόνο 8 χώρες φτάνουν σε αυτά τα επίπεδα. Τους περισσότερους δημόσιους σταθμούς φόρτισης διαθέτουν η Ολλανδία (122,000) και η Γερμανία (65,000). (*EVs Are in High Demand. Are Europe's Charging Stations up to Speed?*, 2022)



Εικόνα 1.1.1 : Δημόσια προσβάσιμες υποδομές φόρτισης σε όλη την Ευρωπαϊκή Ένωση (*EVs Are in High Demand. Are Europe’s Charging Stations up to Speed?*, 2022)

Σχετικά με την κατάσταση που υπάρχει εντός της Ελληνικής επικράτειας , με βάση δεδομένα από το 2020, εύκολα συμπεραίνεται πως η Ελλάδα διαθέτει ελάχιστο αριθμό σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, συγκριτικά με τον Ευρωπαϊκό μέσο όρο, επομένως δεν έχουν τηρηθεί οι στόχοι που έχουν τεθεί από την Ευρωπαϊκή επιτροπή. Επίσης η Ελλάδα είναι η μία από τις τέσσερις ευρωπαϊκές χώρες όπου αντιστοιχούν περισσότερα από 10 ηλεκτρικά αυτοκίνητα ανά σταθμό φόρτισης, κάτι το οποίο και αναδεικνύει την έλλειψη υποδομών, συγκριτικά με τις περισσότερες χώρες της Ευρώπης.(*Transport & Environment - Campaigning for Cleaner Transport in Europe*)



Γράφημα 1.1.6 : Εγκατεστημένες δημόσιες υποδομές φόρτισης ανά 100,000 κατοίκους για κάθε χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (*EVs Are in High Demand. Are Europe’s Charging Stations up to Speed?*, 2022)

1.2 Φόρτιση Ηλεκτρικών Οχημάτων

1.2.1 Κατηγορίες Υποδομών Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων

Αναλόγως με την τοποθεσία όπου μπορεί να φορτιστεί ένα ηλεκτρικό όχημα, οι υποδομές φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων διαχωρίζονται στις εξής τρεις κατηγορίες :

1. Ιδιωτικοί Σταθμοί Φόρτισης

Οι ιδιωτικοί σταθμοί φόρτισης είναι η κατηγορία η οποία συναντάται περισσότερο από τις υπόλοιπες. Οι ιδιωτικοί σταθμοί συναντώνται κυρίως σε κατοικίες και χώρους στάθμευσης και χρησιμοποιούνται από ιδιώτες για προσωπική χρήση. Οι τύποι φορτιστών που χρησιμοποιούνται στους ιδιωτικούς σταθμούς είναι είτε φορτιστές επιπέδου 1, είτε φορτιστές επιπέδου 2, καθώς με την χρήση αυτών των φορτιστών, ο καταναλωτής θα μπορέσει να φορτίσει εντός 8 ωρών το ηλεκτρικό του όχημα, ενώ παράλληλα θα μειωθεί το κόστος εγκατάστασης του σταθμού, αφού οι φορτιστές επιπέδου 1 και 2 είναι οικονομικά βιωσιμότεροι.(Aduama et al., 2023)

2. Ημι-δημόσιοι Σταθμοί Φόρτισης

Οι σταθμοί αυτοί βρίσκονται κυρίως σε χώρους στάθμευσης πανεπιστημιακών κτιρίων, εμπορικά κέντρα και γενικότερα συναντώνται σε χώρους στάθμευσης διάφορων χώρων εργασίας. Οι τύποι φορτιστών που χρησιμοποιούνται στους σταθμούς αυτούς είναι είτε φορτιστές επιπέδου 1, είτε φορτιστές επιπέδου 2, αν και συναντώνται και ταχυφορτιστές σε μερικά εμπορικά κέντρα. (Aduama et al., 2023)

3. Δημόσιοι Σταθμοί Φόρτισης

Αυτοί οι σταθμοί βρίσκονται σε χώρους στους οποίους έχουν πρόσβαση όλοι οι οδηγοί ηλεκτρικών οχημάτων, όπως σε δημόσιους χώρους στάθμευσης και σε πρατήρια καυσίμων. Οι δημόσιοι σταθμοί φόρτισης διαθέτουν αρκετούς ταχυφορτιστές, με σκοπό την μικρότερη χρονικά παραμονή των χρηστών σε αυτούς, σε σχέση με τις υπόλοιπες κατηγορίες φορτιστών (Aduama et al., 2023). Επίσης, υπολογίζεται ότι οι δημόσιες υποδομές φόρτισης θα αποτελούν το 90 % των συνολικών υποδομών φόρτισης, μέχρι το 2030 (Kumar K et al., 2022), με σκοπό να μπορέσει να γίνουν τα ηλεκτροκίνητα οχήματα πιο προσιτά στους καταναλωτές και να καταστεί δυνατή η πραγματοποίηση των γενικότερων αναγκών για εγκατάσταση περισσότερων σταθμών φόρτισης.(Illmann & Kluge, 2020)

1.2.2 Επίπεδα Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων

Οι φορτιστές των ηλεκτρικών οχημάτων χωρίζονται σε διάφορα επίπεδα, αναλογικά και με τον χρόνο που απαιτείται για να φορτιστεί πλήρως ένα ηλεκτρικό όχημα. Οι φορτιστές αυτοί διαχωρίζονται ως εξής :

- **Φορτιστές επιπέδου 1**

Η φόρτιση αυτή πραγματοποιείται επί του οχήματος και είναι εναλλασσόμενου ρεύματος. Για τη φόρτιση σε αυτό το επίπεδο, συνήθως χρησιμοποιείται πρίζα της τάξης των 120 V και 15 A και χρειάζονται έως και 20 ώρες για την πλήρη φόρτιση της μπαταρίας και ως εκ τούτου είναι κατάλληλοι μόνο για οικιακή χρήση (Huang et al., 2016). Παρέχουν ισχύ μέχρι 2 kW και προσφέρει φόρτιση για αποστάσεις 5 μιλίων την ώρα. (Hemavathi & Shinisha, 2022)

- **Φορτιστές επιπέδου 2**

Οι φορτιστές επιπέδου 2 συνήθως χρησιμοποιούν κατά τη διάρκεια της φόρτισης πρίζα της τάξης των 240 V και 40 A εναλλασσόμενου ρεύματος και παρέχουν ισχύ φόρτισης από 6 έως και 19.2 kW (Gupta et al., 2021; Nie & Ghamami, 2013). Οι φορτιστές αυτοί συνήθως χρησιμοποιούνται σε κατοικίες, ξενοδοχεία και γραφεία όπου οι καταναλωτές παραμένουν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα σε σύγκριση με άλλους χώρους παραμονής (Gillera et al., 2021) και προσφέρουν φόρτιση για αποστάσεις 20 μιλίων την ώρα (Levinson & West, 2018). Επίσης, οι φορτιστές αυτοί επιτυγχάνουν την πλήρη φόρτιση της μπαταρίας σε μικρότερο χρονικό διάστημα από τους φορτιστές επιπέδου 1 και πιο συγκεκριμένα για 4-8 ώρες περίπου (Gupta et al., 2021; Mastoi et al., 2022).

- **Ταχεία φόρτιση συνεχούς ρεύματος**

Οι φορτιστές αυτοί συναντώνται κυρίως σε αυτοκινητόδρομους ή και σε σημεία στα οποία οι άνθρωποι παραμένουν για σχετικά μικρό χρονικό διάστημα. Οι ταχυφορτιστές είναι χρήσιμοι σε οδηγούς οι οποίοι πραγματοποιούν μακρινές αποστάσεις, καθώς παρέχουν ισχύ φόρτισης από 50 έως και 120 kW. (LaMonaca & Ryan, 2022). Οι φορτιστές αυτοί βρίσκονται εκτός του οχήματος σε αντίθεση με τους φορτιστές άλλης κατηγορίας. Ο χρόνος φόρτισης που απαιτείται για μια φόρτιση της μπαταρίας είναι 10-25 λεπτά, όμως οι φορτιστές αυτοί δεν χρησιμοποιούνται συχνά καθώς το κόστος εγκατάστασής τους είναι πιο ακριβό σε σχέση με αυτό των φορτιστών άλλων ειδών και η επίπτωσή τους στο δίκτυο είναι μεγαλύτερη (Rajendran et al., 2021) (Arif et al., 2021). Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι οι φορτιστές επιπέδου

3 παρέχουν εύρος τάσης από 200-600 V και ισχύ εξόδου που κυμαίνεται μεταξύ 36- 240 kW και φορτίζουν μέχρι το 80% της στάθμης της μπαταρίας καθώς για το υπόλοιπο κομμάτι πρέπει αναγκαστικά να χρησιμοποιηθεί φορτιστής επιπέδου 1 (Gurta et al., 2021).

1.2.3 Τρόποι Φόρτισης Συσσωρευτών Ηλεκτρικών Οχημάτων

Οι συσσωρευτές ενός ηλεκτρικού οχήματος μπορούν να επαναφορτιστούν με αρκετούς διαφορετικούς τρόπους. Οι τρόποι αυτοί είναι οι εξής :

- **Σταθμός Ανταλλαγής Μπαταριών**

Η μέθοδος αυτή πραγματοποιείται με την κατάθεση ενός χρηματικού ποσού μηνιαίως στον ιδιοκτήτη του σταθμού, με σκοπό την ενοικίαση μιας μπαταρίας. Αυτή η μέθοδος παρέχει πολλά πλεονεκτήματα στους καταναλωτές, καθώς μπορούν σε ελάχιστο χρονικό διάστημα να αλλάξουν μια αποφορτισμένη μπαταρία με μια καινούρια, πλήρως φορτισμένη, παραμένοντας ταυτόχρονα εντός του οχήματός τους. Ωστόσο, η διαδικασία αυτή διαθέτει και μερικά μειονεκτήματα, διότι το κόστος μπορεί να αποδειχθεί ιδιαίτερα υψηλό για τον καταναλωτή και να είναι σχετικά περίπλοκη η εγκατάσταση της μπαταρίας εντός του οχήματος. Επίσης υπάρχει το ρίσκο στο οποίο η μπαταρία του οχήματος που διαθέτει ο καταναλωτής δεν είναι συμβατή με τις μπαταρίες που διαθέτει ο σταθμός (Arif et al., 2021).

- **Επαγωγική Φόρτιση**

Στη διαδικασία αυτή, η ισχύς μεταφέρεται μέσω ενός ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, χωρίς να υπάρχει επαφή με το όχημα. Η φόρτιση αυτή πραγματοποιείται μέσω ενός ηλεκτρομαγνητικού μαξιλαριού το οποίο βρίσκεται στο δρόμο και μεταφέρει ηλεκτρικό ρεύμα απευθείας από το δίκτυο και ενός που βρίσκεται εντός του ηλεκτρικού οχήματος. Μόλις υπάρξει επαφή μεταξύ των δύο μαγνητών, πραγματοποιείται και η μεταφορά του ρεύματος στην μπαταρία. (Mude, 2018) Με τη χρήση αυτής της μεθόδου δεν παρατηρούνται προβλήματα ηλεκτροπληξίας αφού δεν υπάρχουν καλώδια, όμως η διαδικασία αυτή δεν είναι ιδιαίτερα αποδοτική καθώς υπάρχουν σημαντικές απώλειες ισχύος (Khalid et al., 2022). Η επαγωγική φόρτιση μπορεί να φορτίσει το όχημα όσο αυτό βρίσκεται εν κινήσει (Arif et al., 2021) και προσφέρει μεγαλύτερα επίπεδα αυτονομίας, συγκριτικά με τις υπόλοιπες μεθόδους φόρτισης, για αυτό βρίσκει εφαρμογή και σε αυτοκινητόδρομους.

Εικόνα 1.1.1 : Λωρίδα δρόμου σε αυτοκινητόδρομο της Μεγάλης Βρετανίας όπου εφαρμόζεται επαγωγική φόρτιση (*UK to Trial In-Road Wireless Charging Tech for Electric Vehicles, 2015*)



- **Αγωγή Φόρτιση**

Αυτό το είδος φόρτισης είναι το πιο διαδεδομένο μέχρι σήμερα (Gorjian et al., 2021) καθώς δεν απαιτείται επιπλέον υποδομή φόρτισης για την τροφοδότηση του οχήματος, επομένως το κόστος είναι μικρότερο (*Conductive Charger - an overview | ScienceDirect Topics*). Για την πραγματοποίηση της φόρτισης χρειάζεται μια σύνδεση μεταξύ του ηλεκτρικού οχήματος και της εισόδου φόρτισης και με αυτό τον τρόπο προσφέρονται διαφορετικά επίπεδα φόρτισης (επίπεδου 1, επίπεδου 2, γρήγορη φόρτιση) και διαθέτει υψηλά επίπεδα απόδοσης καθώς η επαφή μεταξύ οχήματος και εισόδου φόρτισης είναι άμεση (Arif et al., 2021). Με την εφαρμογή της αγωγικής φόρτισης μπορεί να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της μεταφοράς υψηλής ισχύος, η οποία και είναι απαραίτητη για την εκτέλεση των μεταφορών σε μεγάλες χιλιομετρικά αποστάσεις. Τα μειονεκτήματα που παρουσιάζει αυτό το είδος φόρτισης σχετίζονται με τα επίπεδα ασφάλειας που υπάρχουν σε περίπτωση φόρτισης με υψηλή τάση (Hutchinson et al., 2019).

1.2.4 Μέθοδοι Φόρτισης Συσσωρευτών Ηλεκτρικών Οχημάτων

Ένα ηλεκτρικό όχημα μπορεί να φορτιστεί με την χρήση διάφορων μεθόδων. Οι κυριότερες από αυτές τις μεθόδους είναι οι παρακάτω :

- **Οικιακή Φόρτιση**

Η οικιακή φόρτιση αποτελεί τον τρόπο που συναντάται συχνότερα όσον αφορά την φόρτιση ενός ηλεκτρικού οχήματος, καθώς περίπου το 88 % των συνολικών φορτίσεων των οχημάτων στην Ευρώπη, πραγματοποιούνται τις ώρες στις οποίες οι άνθρωποι βρίσκονται στον χώρο κατοικίας τους (Baresch & Moser, 2019). Επίσης, η φόρτιση του οχήματος εντός της κατοικίας παρέχει αρκετά πλεονεκτήματα συγκριτικά με τους δημόσιους σταθμούς φόρτισης καθώς είναι φθηνότερη λόγω της χρήσης φορτιστών επιπέδου 1 και 2 (Zhang et al., 2018), ο χρόνος αναμονής είναι μηδενικός, μιας και ο οικιακός σταθμός

φόρτισης είναι ιδιωτικός και ακόμα, μπορεί το όχημα να παρκάρει και να φορτιστεί εκεί για μεγάλα χρονικά διαστήματα (Klein et al., 2020). Όμως, η ανέγερση ενός σταθμού φόρτισης κατ'οίκον μπορεί να αποδειχθεί ιδιαίτερα δύσκολη για τον καταναλωτή καθώς σε οικονομικό επίπεδο, το κόστος εγκατάστασης, το κόστος συντήρησης της υποδομής αλλά και το κόστος της αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να αποδειχθεί δυσβάσταχτο (Pellegrini et al., 2023).

- **Φόρτιση σε σταθμούς παρκαρίσματος**

Με την ολοένα και μεγαλύτερη διάδοση των ηλεκτροκίνητων οχημάτων στον πληθυσμό, η ύπαρξη σταθμών φόρτισης σε χώρους στάθμευσης καθίσταται επιτακτική ανάγκη. Αποτέλεσμα της εγκατάστασης σταθμών φόρτισης σε χώρους στάθμευσης είναι η ανάπτυξη των ταχυφορτιστών, ώστε να μειωθεί ο χρόνος αναμονής των οδηγών στους σταθμούς φόρτισης και η εξοικονόμηση του κόστους φόρτισης (Lin et al., 2022). Μέσω των χώρων στάθμευσης μπορούν να αναπτυχθούν τεχνολογίες οι οποίες και εξομαλύνουν το δίκτυο, όπως η τεχνολογία Vehicle to Grid (Kucevic et al., 2021), ωστόσο πιθανώς το κόστος εγκατάστασης να είναι ακριβότερο από αυτό ενός οικιακού σταθμού φόρτισης, διότι εγκαθίστανται ταχύτεροι και συνεπώς πιο ακριβοί φορτιστές έτσι ώστε το όχημα να μπορέσει να φορτιστεί σε ένα ικανοποιητικό ποσοστό κατά τη χρονική διάρκεια που είναι παρκαρισμένο (Deshmukh & Pearce, 2021).



Εικόνα 1.2.2 : Εξωτερικός χώρος στάθμευσης με εγκατεστημένους φορτιστές ηλεκτρικών οχημάτων στις ΗΠΑ (Electric Vehicle (EV) Charging / Bart.Gov)

- **Ανάκτηση Ενέργειας**

Στα ηλεκτροκίνητα οχήματα, ένα σημαντικό μέρος της ενέργειας τους (περίπου το 50 %), μετατρέπεται σε θερμότητα και διαχέεται στον ατμοσφαιρικό αέρα μέσω του συστήματος πέδησης, επομένως έχει ιδιαίτερη σημασία η ανάκτηση της ενέργειας αυτής (H. He et al., 2020; Q. He et al., 2022). Η ανάκτηση ενέργειας πραγματοποιείται μέσω του συνδυασμού ηλεκτρικής μηχανής με μια διάταξη αποθήκευσης ενέργειας και επιτυγχάνεται μέσω της διαδικασίας της πέδησης. Κατά την συγκεκριμένη διαδικασία πραγματοποιείται μετατροπή του κινητήρα έλξης σε λειτουργία γεννήτριας και η ηλεκτρική ενέργεια, κατά την διαδικασία του φρεναρίσματος, μεταφέρεται πίσω στην ηλεκτρική μπαταρία.(Atangulova et al., 2023). Το σημαντικότερο πλεονέκτημα της ανάκτησης ενέργειας είναι η αυξημένη ενεργειακή απόδοση του οχήματος λόγω της μετατροπής της κινητικής ενέργειας σε δυναμική και η αποθήκευση της στον συσσωρευτή για μελλοντική χρήση (Kotiev et al., 2020). Ωστόσο, αυτό περιορίζει αρκετά τον χρόνο ζωής της μπαταρίας λόγω της αύξησης του αριθμού των κύκλων φόρτισης – εκφόρτισης (Atangulova et al., 2023).

- **Φόρτιση από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας**

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας χρησιμοποιούνται ως μια επιπλέον παροχή ισχύος στο σύστημα διανομής με σκοπό να αποτραπεί η υπερφόρτωση του δικτύου τις ώρες που η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για την φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων είναι υψηλή (Eid et al., 2022). Συνήθως συνδυάζονται είτε με ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας είτε συνδυάζονται μεταξύ τους, ως ένα υβριδικό σύστημα, διότι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας εξαρτώνται κυρίως από τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν σε μια περιοχή (ηλιακή ακτινοβολία και ταχύτητα του ανέμου), επομένως κρίνεται απαραίτητη η ύπαρξη ενός τέτοιου συστήματος, με σκοπό να εξισορροπηθεί το φορτίο και να διατηρηθεί η σταθερότητα του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας (shafiei & Ghasemi-Marzbali, 2023).



Εικόνα 1.2.3 : Ηλιακός σταθμός φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής (Kostopoulos et al., 2018)

Επίσης εάν η ηλεκτρική ενέργεια με την οποία φορτίζεται το όχημα παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η αιολική και η ηλιακή ενέργεια, δεν παράγονται εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα συνεπώς περιορίζεται και το φαινόμενο του θερμοκηπίου (Colmenar-Santos et al., 2019).

Στα επόμενα χρόνια θα κατασκευάζονται ολοένα και περισσότεροι σταθμοί φόρτισης σε συνδυασμό με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, καθώς αυτές αποτελούν το « κλειδί » για την επίτευξη της κλιματικής ουδετερότητας που έχει τεθεί ως στόχος από την Ευρωπαϊκή Ένωση αλλά και για την κάλυψη των ολοένα και περισσότερων αναγκών για ηλεκτρική ενέργεια που θα προκύπτουν, μιας και θα υιοθετείται περισσότερο η ιδέα της ηλεκτροκίνησης. Όμως το κόστος της εγκατάστασης των απαραίτητων υποδομών ώστε να αξιοποιηθούν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ανεμογεννήτριες ή φωτοβολταϊκά) είναι αρκετά δαπανηρό, υπάρχουν απώλειες ενέργειας κατά τη διάρκεια της μετατροπής της (shafiei & Ghasemi-Marzbali, 2023) και ακόμα η παραγωγή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κάποιες φορές είναι ασταθής (Gong et al., 2020).

- **Φόρτιση κατά την κίνηση**

Μερικοί πιθανοί λόγοι που ο καταναλωτής δεν επιθυμεί να αποκτήσει ένα ηλεκτρικό όχημα είναι το περιορισμένο εύρος αυτονομίας, ο χρόνος αναμονής σε έναν σταθμό φόρτισης μέχρι την πλήρη φόρτιση της μπαταρίας και η έλλειψη υποδομών φόρτισης σε κεντρικούς δρόμους (Qiu & Du, 2023), επομένως υπάρχει η ανάγκη για προσφορά περισσότερων φορτιστών στους καταναλωτές, με σκοπό την παροχή μεγαλύτερης ευελιξίας στους χρήστες. Μια λύση, με την οποία μπορούν να αντιμετωπιστούν αυτά τα προβλήματα είναι η φόρτιση του οχήματος κατά τη διάρκεια της οδήγησης. Η επίτευξη αυτού του είδους φόρτισης επιτυγχάνεται με την χρήση των δυναμικών λωρίδων ασύρματης φόρτισης, με υψηλότερο κόστος (Tran et al., 2023). Οι φορτιστές αυτοί βρίσκονται κάτω από το οδόστρωμα και μεταφέρουν ηλεκτρική ενέργεια στο όχημα όποτε αυτό κρίνεται απαραίτητο (Jang, 2018). Η φόρτιση αυτού του είδους χωρίζεται σε δύο κατηγορίες :

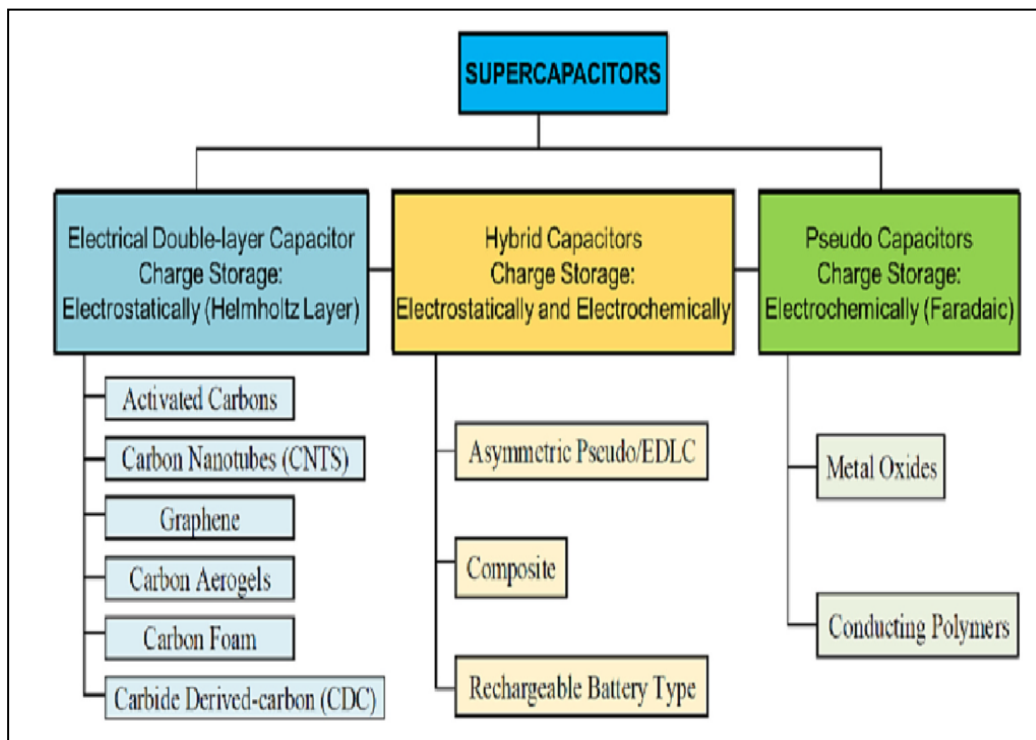
- i. Την δυναμική φόρτιση όταν ένα ηλεκτρικό όχημα επιταχύνει ή επιβραδύνει την στιγμή που είναι ακίνητο
- ii. Την δυναμική φόρτιση όταν ένα ηλεκτρικό όχημα βρίσκεται σε κίνηση (Tran et al., 2022).

Πολλοί ερευνητές έχουν στραφεί στη ανάπτυξη των φορτιστών αυτών (B. Li et al., 2022), διότι μπορούν να συνδυαστούν με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, να συμβάλλουν στην μείωση του μεγέθους της μπαταρίας του οχήματος και συνεπώς και του συνολικού κόστους του οχήματος, μιας και θα

παρέχεται μεγαλύτερη αυτονομία στο όχημα και να αυξήσουν την διείσδυση των ηλεκτρικών οχημάτων στην αγορά (Bi et al., 2019).

- **Υπερπυκνωτές**

Ο υπερπυκνωτής ορίζεται ως μια ηλεκτροχημική συσκευή που κατασκευάζεται από δύο πορώδη ηλεκτρόδια, βυθισμένα σε ηλεκτρολύτη με έναν διαχωριστή μεταξύ των ηλεκτροδίων. Η ενεργειακή τους πυκνότητα είναι υψηλότερη από τους συνηθισμένους πυκνωτές, εξαιτίας της μεγάλης επιφάνειάς τους και τις πολύ μικρές αποστάσεις μεταξύ των φορτίων (Guo et al., 2023). Ένας υπερπυκνωτής είναι ανθεκτικός σε ρεύματα υψηλής έντασης και προσφέρει μέγιστη ισχύ κατά την διάρκεια της οδήγησης, σε σύγκριση με την μπαταρία του οχήματος και διαθέτουν αυξημένη διάρκεια ζωής (Javaid & Noreen, 2022). Επίσης, ο υπερπυκνωτής μειώνει την εσωτερική θερμοκρασία της μπαταρίας και μπορεί να αποθηκεύσει μεγάλα ποσά ενέργειας. Ακόμα, κατά την διαδικασία της ανάκτησης ενέργειας μέσω της διαδικασίας της πέδησης, ο υπερπυκνωτής απορροφά μεγαλύτερες ποσότητες ενέργειας σε σύγκριση με την μπαταρία του οχήματος και πιο συγκεκριμένα, ανακτά 53 % περισσότερη ενέργεια από έναν συσσωρευτή (Jamadar & Jadhav, 2022). Σχετικά με τα μειονεκτήματα που προκαλεί ο υπερπυκνωτής, η τοποθέτηση ενός υπερπυκνωτή στο σύστημα αυξάνει και την πολυπλοκότητα αυτού καθώς και το κόστος του (Guo et al., 2023) (Wang et al., 2022).



Σχήμα 1.2.1 : Κατηγορίες υπερπυκνωτών (Guo et al., 2023)

1.3 . Τεχνολογίες V2I

Καθώς τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί ολοένα και περισσότερο η τεχνολογία της ηλεκτροκίνησης και ο αριθμός παραγωγής καινούργιων ηλεκτρικών οχημάτων είναι συνεχώς αυξανόμενος, υπάρχουν μεγάλες απαιτήσεις για παροχή ηλεκτρικού ρεύματος για την φόρτιση των οχημάτων αυτών. Για να αποφευχθεί η περίπτωση μη ικανοποίησης των αναγκών αυτών από το δίκτυο και της υπερφόρτισής του, έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνολογίες «έξυπνων» δικτύων.

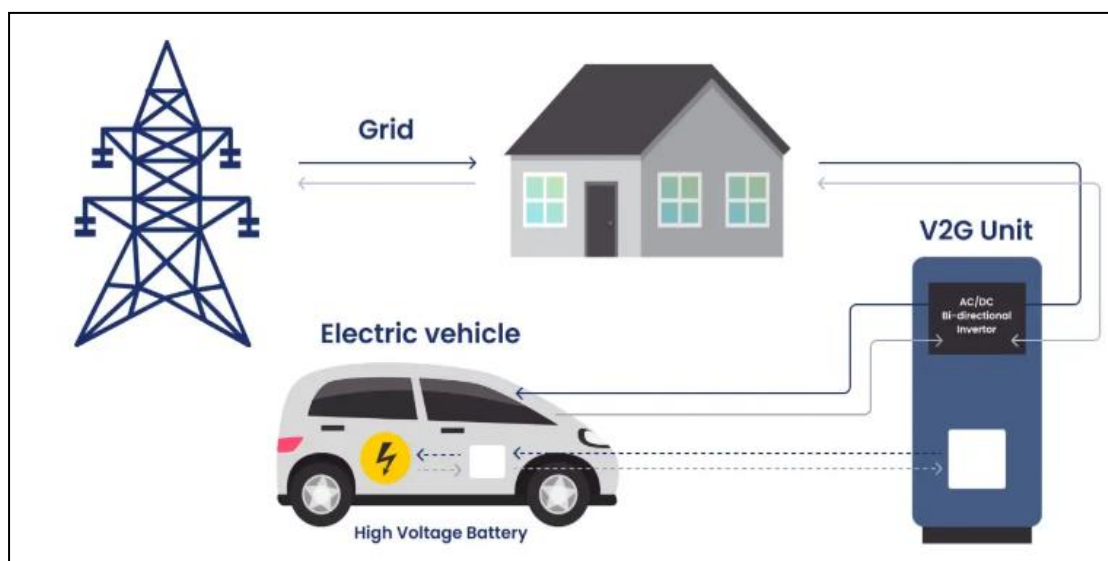
1.3.1 Vehicle to Grid

Η τεχνολογία Vehicle to Grid έχει αναπτυχθεί έτσι ώστε να μπορεί να ελέγχει την φόρτιση και την εκφόρτιση των μπαταριών (Oad et al., 2023) και να υπάρχει μια αλληλεξάρτηση μεταξύ του δικτύου και ενός σταθμού φόρτισης (Wei et al., 2022). Μέσω της τεχνολογίας αυτής, καθίσταται δυνατό να μετατοπιστούν τα φορτία σε ώρες αιχμής και να υπάρξει βελτιστοποίηση της απόδοσης ισχύος. Επίσης, η τεχνολογία αυτή είναι ικανή να αφομοιώσει τα διαθέσιμα πλεονάσματα ενέργειας από τους φορτιστές ηλεκτρικών οχημάτων κατά τη διάρκεια της ημέρας, όποτε δεν παρουσιάζεται μεγάλη ζήτηση φορτίου και να στείλει το πλεόνασμα αυτό πίσω στο δίκτυο, κατά τη διάρκεια των ωρών αιχμής, ώστε να μπορούν να καλυφθούν οι απαιτούμενες ανάγκες που προκύπτουν (Luo et al., 2023).

Ο ρυθμιστής ο οποίος και καθορίζει την ποιότητα του δικτύου V2G είναι η σωστή διαχείριση της τροφοδοσίας των ηλεκτρικών οχημάτων, με τελικό σκοπό την εκπλήρωση των αναγκών που υπάρχουν καθημερινά από τους οδηγούς με την ταυτόχρονη επίτευξη μικρότερου κόστους φόρτισης (Hao et al., 2023). Η τεχνολογία αυτή είναι ωφέλιμη για τους παρόχους ηλεκτρικής ενέργειας και για τους καταναλωτές, καθώς περιορίζονται οι κίνδυνοι που προκύπτουν από την απεριόριστη φόρτιση και η μπαταρία του οχήματος είναι δυνατόν να μετατραπεί σε μια μικρή μονάδα αποθήκευσης ενέργειας, διαθέτοντας υψηλά επίπεδα ασφαλείας και χαμηλό κόστος, προσφέροντας ταυτόχρονα σημαντική υποστήριξη στο δίκτυο (Hao et al., 2023).

Έτσι, εκ του αποτελέσματος, η τεχνολογία Vehicle to Grid λογίζεται ως μια τεχνολογία με αρκετές προοπτικές η οποία θα απορροφά την περισσευούμενη παραγωγή ενέργειας μέσω των ηλεκτρικών οχημάτων, η οποία θα παράγεται από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Duman et al., 2021). Σε καταναλωτικό επίπεδο, δίνεται η δυνατότητα ευελιξίας των ηλεκτρικών οχημάτων στις διακυμαινόμενες τιμές ηλεκτρικής ενέργειας με σκοπό την φόρτιση με το ελάχιστο δυνατό κόστος. Για παράδειγμα, αυτού του είδους η φόρτιση μπορεί να εξοικονομήσει χρήματα σε ποσοστό 4-6 % στην περιοχή της Αυστραλίας (M. Li & Lenzen, 2020).

Η πρώτη μονάδα Vehicle to Grid σχεδιάστηκε στην Μεγάλη Βρετανία το 2015 και χρειαζόταν συγκεκριμένες ρυθμίσεις για να τεθεί σε λειτουργία. Το έξυπνο αυτό δίκτυο επιτρέπει την διείσδυση και την διαχείριση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας έχουν την δυνατότητα να εντοπίζουν και να επιδιορθώνουν τις ατασθαλίες που προκύπτουν μέσω του Διαδικτύου των Πραγμάτων, από το οποίο δέχονται πληροφορίες για το δίκτυο, επομένως δεν είναι αναγκαίο να απευθύνονται στους καταναλωτές για τυχόν προβλήματα που προκύπτουν (Oad et al., 2023).



Εικόνα 1.3.1 : Παράδειγμα εφαρμογής δικτύου V2G

Μερικά ακόμα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας V2G είναι ότι ο συσσωρευτής ενός οχήματος μπορεί να αξιοποιηθεί για την φόρτιση και άλλων συσκευών εκτός από το όχημα που είναι τοποθετημένος, ότι με την εφαρμογή της τεχνολογίας αυτής μειώνονται οι επιπτώσεις των διακοπών ρεύματος και των έντονων καιρικών φαινομένων καθώς προσφέρει ηλεκτροδότηση σε διάφορες δομές σε τέτοιες περιπτώσεις (Oad et al., 2023). Επίσης, σύμφωνα με την έρευνα της Electric Power Research Institution (EPRI), που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή της Καλιφόρνια των ΗΠΑ, η τεχνολογία V2G μπορεί να έχει κέρδη ύψους 1 δισεκατομμυρίων ευρώ, με την προϋπόθεση ότι θα υπάρχουν 5 εκατομμύρια ηλεκτρικά οχήματα στην περιοχή μέχρι το έτος 2030 (Vehicle-to-Grid, 2020)

Πιθανά εμπόδια για την ανάπτυξη της τεχνολογίας αυτής αποτελούν η έλλειψη γνώσεων για την ανάπτυξη της τεχνολογίας αυτής, η επιθυμία για την επίτευξη μεγαλύτερης ευελιξίας κατά την χρήση του αυτοκινήτου και η υποβάθμιση του συσσωρευτή εξαιτίας των μεγάλων κύκλων φόρτισης (Philip et al., 2023).

1.3.2 Vehicle to Everything

Η τεχνολογία αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ολοένα και αυξανόμενο ενδιαφέρον για ανάπτυξη «έξυπνων» συστημάτων μεταφορών. Η τεχνολογία Vehicle to Everything ενώνει διάφορα οχήματα, ψηφιοποιώντας τις πινακίδες οδικής κυκλοφορίας, τα σήματα και τις υπόλοιπες υποδομές και δημιουργώντας συσκευές ανίχνευσης (Xu et al., 2023). Αυτού του είδους η τεχνολογία διαθέτει και συμβατικές λύσεις επικοινωνίας όπως η Cellular Vehicle-to-Everything (C-V2X), η οποία και αποτελείται από κυψελοειδή δίκτυα και προσφέρει σε πραγματικό χρόνο έγκυρα και έμπιστα δεδομένα, τα οποία συνδέονται με την ασφάλεια, την κινητικότητα και τον περιβαλλοντικό τομέα (Elma et al., 2022). Όμως έχει αρκετά μεγάλη οικονομική επιβάρυνση, απαιτεί εξωτερική πηγή ενέργειας και εξαρτάται από την ποιότητα του διαδικτύου. Επίσης, η τεχνολογία επικοινωνίας οπισθοσκέδασης ορατού φωτός (VLBC) προκύπτει ως μια μελλοντική λύση για την αντιμετώπιση των ατασθαλιών που προκύπτουν από την εφαρμογή των συμβατικών λύσεων, η οποία μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα οχήματα μέσω των προβολέων και των πινακίδων τους, ωστόσο η πρόσβαση σε αυτό, για τον συνδυασμό των παραμέτρων ενός δικτύου, είναι περιορισμένη (Xu et al., 2023). Ακόμα, η τεχνολογία ελέγχου πολλαπλής πρόσβασης (MAC) είναι αυτή που έχει συνδεθεί περισσότερο με την τεχνολογία V2X, όμως δεν μπορεί να συναντήσει ευρεία εφαρμογή για διάφορους λόγους, όπως τα υψηλά επίπεδα κίνησης των οχημάτων, τη φύση της κίνησης των οχημάτων και την αυτονομία αυτών (Xu et al., 2023).

Επιπλέον, η τεχνολογία V2X έχει σκοπό την βελτίωση της οδικής ασφάλειας, την βελτίωση της αποτελεσματικότητας της κυκλοφορίας, την τελειότητα στην πλοήγηση, την συγκράτηση της ενέργειας στα ίδια επίπεδα μέσω της σύνδεσης των οχημάτων, των εγκαταστάσεων και των πεζών μεταξύ τους (Abboud et al., 2016) και στην εξοικονόμηση πόρων (Bhardwaj et al., 2023). Χαρακτηριστικά του έξυπνου αυτού δικτύου συγκριτικά με τα υπόλοιπα δίκτυα επικοινωνίας είναι η κινητικότητα υψηλής ταχύτητας και η κλίμακα ανάπτυξης (Xu et al., 2023) αλλά και η δυνατότητα που δίνεται στους οδηγούς των οχημάτων να ανταλλάσσουν δεδομένα εντός του οδικού δικτύου σε πραγματικό χρόνο (C. He et al., 2023). Τέλος, προσφέρει μια πιο πρακτική χρήση των ηλεκτρικών οχημάτων, κάνοντας πιο εύκολη την υιοθέτηση της ηλεκτροκίνησης στο ευρύ κοινό, ανακουφίζει παράλληλα το δίκτυο, προσδίδοντάς του μια σταθερότητα και μπορεί να λειτουργήσει ως πηγή τροφοδοσίας για ένα άλλο όχημα (Elma et al., 2022).

Πρόσφατα, η τεχνολογία V2X, εξετάζεται σε συνδυασμό με την καινούργια ραδιοδιεπαφή αέρα, για την εκπλήρωση μεγαλύτερων απαιτήσεων, όπως την επίτευξη λιγότερου χρόνου καθυστέρησης, καθώς και μεγαλύτερης αξιοπιστίας και απόδοσης (Lv et al., 2023).

Πιθανές προκλήσεις που θα πρέπει να αντιμετωπιστούν έτσι ώστε να καθιερωθεί η τεχνολογία V2X, στην καθημερινότητα του χρήστη είναι το μεγάλο κόστος του

εξοπλισμού που μπορούν να πραγματοποιήσουν το V2X, η φθορά των συσσωρευτών και η διαχείριση της φόρτισης (Elma et al., 2022).

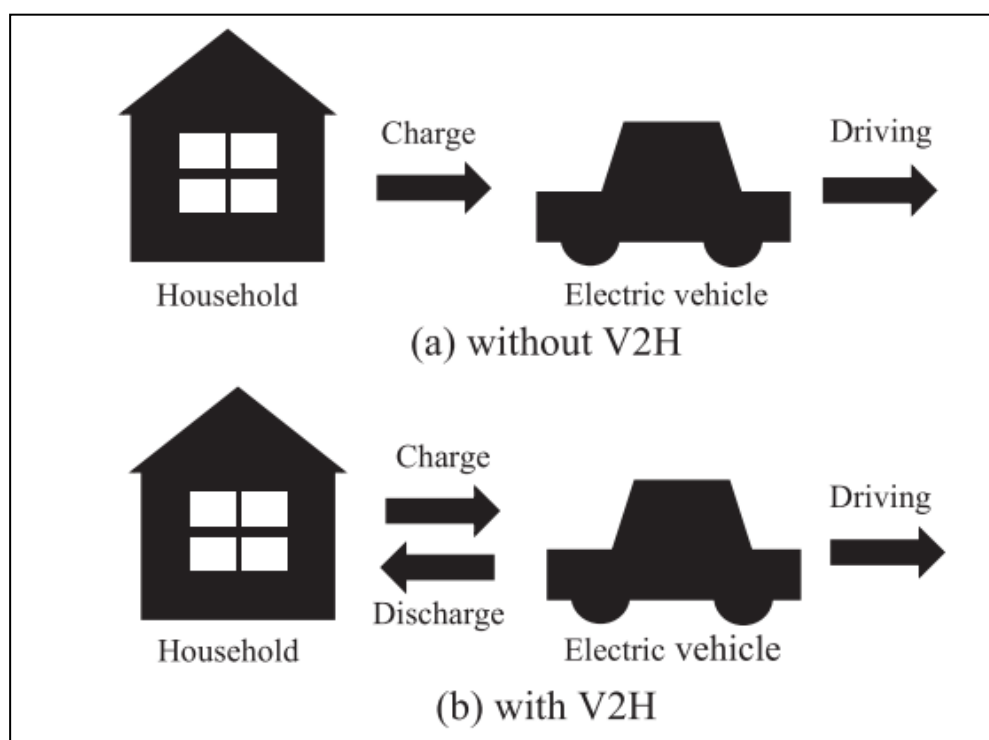
1.3.3 Vehicle to Home

Η τεχνολογία Vehicle to Home είναι ένα μελλοντικό ερευνητικό πεδίο καθώς μπορεί να λύσει διάφορα προβλήματα τα οποία σχετίζονται με τις ενεργειακές απαιτήσεις των χρηστών σε οικιακό επίπεδο. Το V2H είναι ικανό να αξιοποιήσει την αποθηκευμένη ενέργεια από το ηλεκτρικό όχημα για την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος εντός της οικίας, για την ικανοποίηση των ενεργειακών αναγκών των κατοίκων της και επομένως, αυξάνει τα επίπεδα ενεργειακής αυτονομίας του σπιτιού. Επίσης, το V2H είναι ικανό να παρέχει ισχύ σε περιπτώσεις απώλειας ισχύος (Zafar & Slama, 2022) και να διαχειρίζεται κατάλληλα την στάθμη των μπαταριών των ηλεκτρικών οχημάτων με σκοπό τον έλεγχο των ενεργειακών απαιτήσεων των κατοίκων (Elma et al., 2022).

Το V2H λειτουργεί μέσω μιας μονάδας η οποία συμπεριλαμβάνει και έναν μετρητή ισχύος, ο οποίος εγκαθίσταται στο κυριότερο σημείο σύνδεσης με το δίκτυο. Ο μετρητής αυτός μετρά την εισερχόμενη και την εξερχόμενη ισχύ του δικτύου. Όποτε το σύστημα συναντά μια οικία, η οποία αξιοποιεί ηλεκτρική ενέργεια που προέρχεται από το δίκτυο, αποστέλλει ένα σήμα στον αμφίδρομο φορτιστή ηλεκτρικών οχημάτων, έτσι ώστε να το εκφορτίσει με τον ίδιο ρυθμό, αντισταθμίζοντας ταυτόχρονα την παραγόμενη ενέργεια του δικτύου. Όποτε το σύστημα συναντά ενέργεια παραγόμενη από ανανεώσιμες πηγές, τότε δίνει εντολή για την φόρτιση του οχήματος. Τα αμφίδρομα ηλεκτρικά οχήματα είναι ικανά να παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια σε μια οικία και στο δίκτυο ή να προσφέρουν επιπλέον ηλεκτρικό ρεύμα κατά τη διάρκεια μιας διακοπής ρεύματος. Αντίστοιχα, οι σταθμοί φορτιστών μπορούν να συγκρατήσουν την περισσευούμενη ενέργεια εντός των ηλεκτρικών οχημάτων, με σκοπό την μείωση του κόστους για τους κατοίκους (Zafar & Slama, 2022).

Ακόμα μερικά πλεονεκτήματα που προσφέρει το V2H είναι ότι το ηλεκτρικό όχημα μπορεί να παρέχει ηλεκτρικό ρεύμα σε χρονικές περιόδους, όπου το όχημα είναι σταθμευμένο, κατά τη διάρκεια των οποίων το ηλεκτρικό ρεύμα είναι φθηνότερο από αυτό του δικτύου (Borge-Diez et al., 2021), η αύξηση της διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (García-Vázquez et al., 2022) για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια των νυχτερινών ωρών, όπου υπάρχει και χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας, συνεπώς θα υπάρξει και ελαχιστοποίηση των απαιτούμενων αναγκών για ηλεκτρική ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας καθώς και γενικότερη μείωση των εκπομπών αερίων διοξειδίου του άνθρακα, τα οποία είναι ρυπογόνα για το περιβάλλον (Borge-Diez et al., 2021). Όμως, πρέπει να σημειωθεί ότι, τα πλεονεκτήματα αυτά εξαρτώνται από διάφορες παραμέτρους, όπως το προφίλ

ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, η συχνότητα αξιοποίησης των ηλεκτρικών οχημάτων, η ισχύς που παράγεται από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Higashitani et al., 2021) καθώς και το τιμολόγιο τροφοδότησης των ΑΠΕ (Kern et al., 2022).



Εικόνα 1.3.2 : Σύστημα V2H (Higashitani et al., 2021)

1.3.4 Πρότυπα

Σχετικά με την νομοθεσία η οποία υπάρχει σχετικά με τις τεχνολογίες «έξυπνων» δικτύων, έχουν θεσπιστεί δύο νομοθετικά πλαίσια, τα οποία και παρουσιάζονται παρακάτω.

- **ISO 15118**

Το συγκεκριμένο πρότυπο διατυπώνει το πρωτόκολλο επικοινωνίας μεταξύ ενός ηλεκτρικού οχήματος και του σταθμού τροφοδοσίας, ώστε να φέρει καινούργια χαρακτηριστικά, όπως η «έξυπνη» φόρτιση, με την οποία τα οχήματα μπορούν να συγκρατήσουν την περισσευούμενη ενέργεια και να την διαθέσουν πίσω στο δίκτυο στις ώρες αιχμής (Ngo, 2022) (Careraa, 2022). Μερικά χαρακτηριστικά του προτύπου αυτού είναι ότι διευκολύνει τους χρήστες των ηλεκτρικών οχημάτων, φανερώνει την εξέλιξη που υπάρχει σχετικά με τη βελτιστοποίηση της ενέργειας, περιορίζει το κόστος και αυξάνει τα επίπεδα ασφάλειας (Careraa, 2022).

Το ISO 15118 παρέχει την δυνατότητα ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ του ηλεκτρικού οχήματος και του σταθμού τροφοδοσίας, όπως την κατάσταση του δικτύου, τις ενεργειακές ανάγκες του ηλεκτρικού οχήματος και τις αποστάσεις που διανύει ο κάθε οδηγός, μέσω των οποίων μπορεί να παραχθεί ένα ιδανικό πρόγραμμα φόρτισης. Μέσω αυτής της δυνατότητας, ο χρόνος στον οποίο θα φορτίζεται το όχημα, θα εναρμονίζεται με την χωρητικότητα του δικτύου (Mültin, 2023). Ακόμα, συμβάλλει στην επικοινωνία, την ανταλλαγή δεδομένων και την επεξεργασία πληροφοριών μεταξύ του ελεγκτή επικοινωνίας του ηλεκτρικού οχήματος και του ελεγκτή επικοινωνίας του σταθμού φόρτισης (*ISO 15118-20:2022(En), Road Vehicles — Vehicle to Grid Communication Interface — Part 20: 2nd Generation Network Layer and Application Layer Requirements*, 2022).

Επίσης, το ISO 15118 συνδέεται με την λειτουργία Plug & Charge, με την οποία εξελίσσονται αρκετοί κρυπτογραφικοί μηχανισμοί, οι οποίοι παρέχουν επιπλέον ασφάλεια στην επικοινωνία μεταξύ φορτιστή και οχήματος και παρέχεται η δυνατότητα ταυτοποίησης του ηλεκτρικού οχήματος, από το ίδιο το όχημα, στον σταθμό φόρτισης και απόκτησης εξουσιοδοτημένης πρόσβασης στην απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια ώστε να φορτιστεί η μπαταρία του, για ενσύρματη και ασύρματη φόρτιση (Mültin, 2023). Επιπλέον, το ISO 15118 παρέχει την δυνατότητα αμφίδρομης σύνδεσης μεταξύ ηλεκτρικού οχήματος και δικτύου (V2G) και αναφέρει τα πρωτόκολλα που είναι απαραίτητα για την σύνδεση και την ασφάλεια του υλικού, του λογισμικού και των επιπέδων επικοινωνίας (Team, 2021).

Το ISO 15118 διακρίνεται από δύο διαφορετικά στοιχεία : Το φυσικό επίπεδο και το επίπεδο εφαρμογής. Το φυσικό επίπεδο διακρίνεται από την πραγματική επαφή μεταξύ μιας υποδομής φόρτισης και ενός ηλεκτρικού οχήματος, ενώ στο επίπεδο εφαρμογής συμπεριλαμβάνονται από την ανταλλαγή μηνυμάτων (*ISO 15118 Function for a More Convenient and Safer Way to Charge Electric Vehicles.* , 2023). Η λειτουργία του περιγράφεται ως εξής : Όποτε συνδέεται ένα ηλεκτρικό όχημα, αποστέλλεται ένα μήνυμα στην υποδομή φόρτισης, ώστε να αναγνωριστεί το όχημα. Έπειτα, η υποδομή φόρτισης, μεταφέρει ένα μήνυμα όπου αναφέρει τις διαθέσιμες επιλογές φόρτισης και τις τιμές, ώστε να προτιμηθεί η καταλληλότερη επιλογή. Την στιγμή που θα γίνει αυτή η επιλογή, η υποδομή φόρτισης αποστέλλει ακόμα ένα μήνυμα στο ηλεκτρικό όχημα, έτσι ώστε να ξεκινήσει η διαδικασία της φόρτισης. Κατά την διάρκεια της διαδικασίας αυτής, το ηλεκτρικό όχημα και η υποδομή φόρτισης εξακολουθούν να βρίσκονται σε επικοινωνία, για να εξασφαλίσουν ότι δεν παρουσιάζονται προβλήματα κατά την διάρκεια της διαδικασίας (*ISO 15118 Function for a More Convenient and Safer Way to Charge Electric Vehicles.* , 2023, p. 15118).

Τέλος, το πρότυπο αυτό διαφοροποιείται συγκριτικά με τα υπόλοιπα σε δύο διαφορετικούς τομείς. Πρώτον, δίνει βάση στην συναλλαγή μεταξύ του ηλεκτρικού οχήματος και του σταθμού φόρτισης και δεύτερον, επηρεάζει καταλυτικά τις αποστάσεις που μπορούν να διανύσουν οι οδηγοί (*ISO 15118 and EV Adoption*, 2022, p. 15).

- **OCPP 2.0.1**

Το Open Charge Point Protocol, ή εν συντομία OCPP, ορίζεται ως ένα πρωτόκολλο ανοικτού κώδικα, το οποίο κάνει ευκολότερη την διαδικασία της επικοινωνίας μεταξύ μιας υποδομής φόρτισης και του κεντρικού συστήματος και του ελέγχου ενός σταθμού φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Επίσης, διευκολύνει την διαλειτουργικότητα μεταξύ πολλών εξαρτημάτων φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων και των κεντρικών συστημάτων που ελέγχουν τον σταθμό και δίνεται η δυνατότητα στους υπεύθυνους της κάθε τοποθεσίας φόρτισης ενός οχήματος να ελέγχουν την κατάσταση του σταθμού, να παρέχουν το δικαίωμα διέλευσης εντός αυτού, να καθορίζουν τα υλικά κατασκευής, να ενημερώνουν το υλικολογισμικό και να προσθέτουν διάφορες υπηρεσίες πληρωμής και χρέωσης. Αυτές οι διαδικασίες μπορούν να πραγματοποιηθούν ακόμα και όταν ο διαχειριστής του σταθμού δεν βρίσκεται εκεί (*The OCPP Handbook (2023) - AMPECO, 2023*).

Το Open Charge Point Protocol εξελίχθηκε για πρώτη φορά το έτος 2009, από την ολλανδική εταιρεία E-laad, συνεργατικά με τις εταιρείες Logica και Alfen. Η αρχική έκδοσή του, το OCPP 1.0, κυκλοφόρησε το 2010 και από τότε έχει αναβαθμιστεί άλλες 4 φορές και πλέον έχει θεσπιστεί ως το κύριο πρότυπο για την επικοινωνία μεταξύ υποδομών φόρτισης και συστημάτων διαχείρισης (*The OCPP Handbook (2023) - AMPECO, 2023*)

Τα πλεονεκτήματα που παρέχει το πρωτόκολλο OCPP συγκριτικά με τα υπόλοιπα αφορούν τους ακόλουθους τομείς .

- **Διαλειτουργικότητα και συμβατότητα**

Το πρωτόκολλο OCPP δίνει την ελευθερία σε κάθε κατασκευαστή εργαλείων φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, να επικοινωνεί με τα συστήματα διαχείρισης φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, ανεξαρτήτως των χαρακτηριστικών που διακρίνει το καθένα. Η ιδιότητα αυτή, δίνει δυνατότητες αναβάθμισης στις επιχειρήσεις καθώς τους δίνεται η ευκαιρία να έχουν στην κατοχή τους πολλαπλούς σταθμούς φόρτιση, δίχως να υπάρχει ο φόβος για τυχόν προβλήματα συμβατότητας. (*The OCPP Handbook (2023) - AMPECO, 2023*)

- **Καλύτερος συντονισμός και έλεγχος**

Το συγκεκριμένο πρωτόκολλο δίνει την ευκαιρία στην διαχείριση και τον συντονισμό των υποδομών φόρτισης εξ'αποστάσεως, όπως τον έλεγχο της φόρτισης, της καταναλισκόμενης ενέργειας, του μεταβαλλόμενου κόστους και των ατασθαλιών που μπορεί να προκύπτουν κατά την διάρκεια της φόρτισης (*The OCPP Handbook (2023) - AMPECO, 2023*).

- **Καλύτερη εξυπηρέτηση των χρηστών**

Το OCPP δίνει το δικαίωμα στους ιδιοκτήτες των υποδομών φόρτισης να ελέγχουν τα έξοδα των χρηστών και να παρέχουν διάφορες μεθόδους εξόφλησης, κάνοντας πιο εύκολη την διαδικασία πληρωμής στους καταναλωτές και συνεπώς και την χρήση των υποδομών φόρτισης (*The OCPP Handbook (2023) - AMPECO, 2023*).

- **Μείωση κόστους**

Αυτό επιτυγχάνεται λόγω του περιορισμού της χειροκίνητης συντήρησης και της ευκολότερης αξιοποίησης μιας υποδομής φόρτισης και δίνεται η δυνατότητα αλλαγής των τιμών με βάση τα πραγματικά δεδομένα, όπως η τιμή της ενέργειας και η ανάγκη που υπάρχει για φόρτιση (*The OCPP Handbook (2023) - AMPECO, 2023*).

- **Εξελισσόμενο δίκτυο**

Το πρότυπο αυτό παρουσιάζει συνεχώς ανοδική τάση και έχει όλο και μεγαλύτερες δυνατότητες εξέλιξης. Χαρακτηρίζεται από υψηλά επίπεδα ασφάλειας, όπως κρυπτογράφηση και ταυτοποίηση, επομένως εξασφαλίζεται η προστασία των δεδομένων και η συμβατότητα του σταθμού φόρτισης με τους νέους κανονισμούς και πρότυπα (*The OCPP Handbook (2023) - AMPECO, 2023*).

Το πρωτόκολλο OCPP 2.0.1 αποτελεί την τελευταία αναβάθμιση του προτύπου OCPP και δημιουργήθηκε το έτος 2020. Οι βελτιώσεις που πραγματοποιήθηκαν σε σχέση με την προηγούμενη έκδοση αφορούν τους παρακάτω τομείς.

1. Διαχείριση συσκευών

Περιλαμβάνονται χαρακτηριστικά για την λήψη και τον προσδιορισμό διαμορφώσεων, όπως και για την επίβλεψη ενός σταθμού φόρτισης. Είναι μια λειτουργία, η οποία συναντά μεγάλη αποδοχή στους ιδιοκτήτες σταθμών φόρτισης που διαχειρίζονται σύνθετους σταθμούς φόρτισης πολλαπλών προμηθευτών (DC Fast) (*OCPP 2.0.1, Protocols, Home - Open Charge Alliance, 2020*)

2. Χειρισμός συναλλαγών

Ο χειρισμός συναλλαγών βελτιώθηκε σημαντικά σε σχέση με την προηγούμενη έκδοση, καθώς πλέον καθίσταται δυνατός ο έλεγχος μεγάλου αριθμού σταθμών φόρτισης και συναλλαγών (*OCPP 2.0.1, Protocols, Home - Open Charge Alliance, 2020*).

3. Ασφάλεια

Ακόμα μια βελτίωση πραγματοποιήθηκε και στον τομέα της ασφάλειας, καθώς πλέον πραγματοποιούνται ειδοποιήσεις γεγονότων και προφίλ ασφαλείας για ταυτοποίηση,

αλλά και αύξηση της ασφάλειας της επικοινωνίας (*OCPP 2.0.1, Protocols, Home - Open Charge Alliance, 2020*).

4. Λειτουργίες έξυπνης φόρτισης

Περιλαμβάνει τον σταθμό φόρτισης και το σύστημα διαχείρισης του σταθμού (*OCPP 2.0.1, Protocols, Home - Open Charge Alliance, 2020*).

5. Παράρτημα του ISO 15-118

Αφορά στις ανάγκες του ηλεκτρικού οχήματος και του δικτύου για έξυπνη φόρτιση και plug-and-charge (*OCPP 2.0.1, Protocols, Home - Open Charge Alliance, 2020*).

6. Υποστήριξη οθόνης και μηνυμάτων

Αφορά την προσφορά δεδομένων στην οθόνη του χρήστη του οχήματος, όπως για παράδειγμα τις τιμές που διακυμαίνονται (*OCPP 2.0.1, Protocols, Home - Open Charge Alliance, 2020*).

1.3.5 Συμβατά Οχήματα

Τα τελευταία χρόνια ολοένα και περισσότερες εταιρείες έχουν στραφεί στην εξέλιξη ηλεκτροκίνητων οχημάτων, κάτι το οποίο συνεπάγεται και την αναβάθμιση διάφορων βασικών χαρακτηριστικών και λειτουργιών τους, όπως, για παράδειγμα, η συμβατότητά τους με τα πρότυπα OCPP και ISO 15118. Πιο συγκεκριμένα, οι εταιρείες Porsche, Volkswagen, Ford, Lucid έχουν προσθέσει την σύνδεσή τους με τα παραπάνω πρότυπα στα ηλεκτρικά τους οχήματα και μπορούν να επιτελέσουν την λειτουργία Plug & Share (Abuelsamid, 2022), με την οποία οι χρήστες των οχημάτων πρέπει απλά να τοποθετήσουν το καλώδιο φόρτισης του οχήματός τους στο σημείο φόρτισης ώστε να ξεκινήσει η διαδικασία της φόρτισης, έχοντας ταυτόχρονα την καλύτερη δυνατή ασφάλεια (Team, 2022). Ενδεικτικά κάποια οχήματα των παραπάνω αυτοκινητοβιομηχανιών που είναι συμβατά με το πρότυπο ISO 15118 είναι το ηλεκτρικό Smart, το Audi e-tron, το Ford Mustang Mach-E, η Porsche Taycan, το Mercedes EQS και τα μοντέλα ID.3, ID.4 και ID.5 της Volkswagen (Hagemann, 2022).

Επίσης, ως οχήματα συμβατά με την τεχνολογία Vehicle to Grid ορίζονται τα οχήματα της εταιρείας Nissan, όπως για παράδειγμα το επιβατικό όχημα Nissan Leaf και το φορτηγό e-NV200 και το όχημα της εταιρείας Mitsubishi, το Mitsubishi Outlander PHEV ('Barriers 3'). Ακόμα, διάφορα μικρά οχήματα έχουν τροποποιηθεί έτσι ώστε να είναι συμβατά με την τεχνολογία Vehicle to Grid, όπως το όχημα REV 300 ACX, τα φορτηγά Boulder Electric Vehicle των σειρών 500 και 1000, παραγωγής μεταξύ των ετών 2012-2014, το AC Propulsion T-Zero και το Renault Zoe ('Barriers 3').

Ακόμα, αρκετοί σύγχρονοι σταθμοί φόρτισης εναλλασσόμενου ρεύματος και ταχείας φόρτισης, ακολουθούν το πρότυπο ISO 15118 και υποστηρίζουν την λειτουργία Plug & Charge. Για παράδειγμα η εταιρεία Ionity, από το 2021, έχει αναπτύξει περισσότερους από 400 σταθμούς γρήγορης φόρτισης στην Ευρωπαϊκή επικράτεια, όπου είναι διαθέσιμη η λειτουργία Plug & Charge και η εταιρεία Aral έχει επίσης προσθέσει την δυνατότητα αυτή στις δικές της υποδομές φόρτισης (Hagemann, 2022).



Εικόνα 1.3.3 : Nissan Leaf (Nissan LEAF - 100% Ηλεκτρικό οικογενειακό αυτοκίνητο | Nissan, 2022)

1.4 . Ελληνική Νομοθεσία

Στον ελληνικό χώρο, τα τελευταία χρόνια, έχουν θεσπιστεί από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΝ) μερικά νομοθετικά πλαίσια και εγκύκλιοι, τα οποία αποσκοπούν στην ευρύτερη διάδοση της ηλεκτροκίνησης και στην ανάπτυξη και την εγκατάσταση δικτύων φόρτισης κατά μήκος της χώρας και στην παροχή βοήθειας προς τους δήμους για τον σκοπό αυτό. Πιο συγκεκριμένα το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας έχει προχωρήσει στην ανάπτυξη δύο νομοθετικών πλαισίων, τα οποία και αφορούν την ανάπτυξη του τομέα της ηλεκτροκίνησης στην Ελλάδα, το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ), τα Σχέδια Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων (ΣΦΗΟ) και το Τεύχος Τυποποίησης Τεχνικών Προδιαγραφών Γεωγραφικής Βάσης Δεδομένων, που αποτελεί οδηγό για την εκπόνηση ενός ΣΦΗΟ.

1.4.1 Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ)

Το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα ορίζεται ως ένα σχέδιο που έχει θεσπίσει η Ελληνική Κυβέρνηση σχετικά με τους τομείς του κλίματος και της ενέργειας , το οποίο περιλαμβάνει έναν εξειδικευμένο οδικό χάρτη για την εκπλήρωση ενεργειακών και κλιματικών στόχων που πρέπει να επιτευχθούν έως το 2030. Επίσης το ΕΣΕΚ φανερώνει και εμβαθύνει προτεραιότητες και μέτρα πολιτικής που αφορούν ένα εύρος αρκετών αναπτυξιακών και οικονομικών δραστηριοτήτων, οι οποίες και θα αποδειχτούν προνομιούχες για την ελληνική κοινωνία. Ακόμα, στο πλαίσιο του ΕΣΕΚ εξελίσσεται η μελλοντική στρατηγική που θα ακολουθηθεί μέχρι το έτος 2050, η οποία είναι ένας οδικός χάρτης σχετικά με τα κλιματικά και τα ενεργειακά θέματα και θεσπίζεται στο πλαίσιο της υιοθέτησης του στόχου της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την επίτευξη κλιματικής ουδετερότητας μέχρι το έτος 2050. Η στρατηγική αυτή ορίζεται έως το 2030 και θέτει ως προϋπόθεση την εκπλήρωση των στόχων που έχουν τεθεί από το ΕΣΕΚ (*Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα* -, 2020).

1.4.2 Τεύχος Τυποποίησης Τεχνικών Προδιαγραφών Γεωγραφικής Βάσης Δεδομένων.

Σε αυτό το τεύχος, διακρίνονται οι απαραίτητες προϋποθέσεις και οι γεωγραφικές βάσεις δεδομένων για τα Σχέδια Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων αλλά και τα πρότυπα αυτών. Σκοπός του τεύχους αυτού είναι η απομνημόνευση των διαθέσιμων στοιχείων στη βάση δεδομένων και η ελεύθερη πρόσβαση στα δεδομένα αυτά. Επίσης, στο τεύχος περιγράφονται οι κανόνες και οι προϋποθέσεις για την κατασκευή, την ορθότητα, την διαθεσιμότητα και τον έλεγχο των πληροφοριών, τα

βήματα που ακολουθούνται για την συγκέντρωση και τον έλεγχο ορθότητας των χωρικών πληροφοριών και τα μοντέλα που μπορούν να υιοθετηθούν για κάθε τύπο δεδομένων. Η γεωγραφική βάση δεδομένων θα περιέχει ως δεδομένα τις τοποθεσίες των φορτιστών και τα στοιχεία αυτών αλλά και τα χωρικά χαρακτηριστικά που αξιοποιήθηκαν για την εξέταση και την εύρεση των τοποθεσιών των υποδομών φόρτισης (*Σχέδια Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων* -, 2020).

Ακόμα, στο πρότυπο αναφέρονται οι προϋποθέσεις οι οποίες πρέπει να επιτευχθούν για την επίτευξη των απαιτούμενων στόχων, οι οποίες είναι:

- Η διαστασιολόγηση χώρων στάθμευσης και θέσεων φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων εντός των συνόρων του εκάστοτε δήμου, αλλά και σε δημόσιους εσωτερικούς ή εξωτερικούς χώρους στάθμευσης, για να τηρηθεί η προϋπόθεση της ύπαρξης το λιγότερο ενός σταθμού φόρτισης ανά χίλιους κατοίκους για κάθε δήμο.
- Η εγκατάσταση σημείων στάθμευσης και φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε διάφορες στάσεις των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς, έτσι ώστε να μπορέσουν να ανεγερθούν υποδομές φόρτισης υψηλής ισχύος για να καλυφθούν οι ανάγκες του δημόσιου στόλου οχημάτων για ηλεκτροδότηση και να μειωθεί όσο το δυνατόν περισσότερο ο χρόνος αναμονής στους σταθμούς φόρτισης για την καλύτερη δυνατή εξυπηρέτηση των πολιτών.
- Η διαστασιολόγηση σημείων στάθμευσης και φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε σημεία στάσης τουριστικών λεωφορείων, ώστε τα σημεία αυτά να περιέχουν φορτιστές ηλεκτρικών οχημάτων σε ποσοστό της τάξεως του 10 % των συνολικών θέσεων ή τουλάχιστον ενός χώρου φόρτισης σε κάθε στάση
- Η τοποθέτηση χώρων στάθμευσης και θέσεων φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, έτσι ώστε να υπάρχουν φορτιστές τουλάχιστον στο 10 % των συνολικών θέσεων που υπάρχουν για στάθμευση ή να είναι εγκατεστημένος τουλάχιστον ένας σταθμός φόρτισης. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα οχήματα θα μπορούν να φορτιστούν μόνο σε ώρες οι οποίες βρίσκονται εντός του επιτρεπόμενων ωρών φόρτισης. Επίσης, σε πολυπληθείς περιοχές και σε κέντρα πόλεων θα τοποθετηθούν θέσεις στάθμευσης, στις οποίες θα μπορούν να φορτιστούν ηλεκτρικά ποδήλατα, τα οποία θα μπορούν να φορτιστούν οποιαδήποτε ώρα της ημέρας
- Η εύρεση θέσεων φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε υπάρχοντα σημεία στάσης ταξί, ώστε να υπάρχει μια υποδομή φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων ανά πέντε θέσεις στάσης. Σε αυτά τα σημεία, επιτρέπεται μόνο η φόρτιση ταξί και όχι οποιονδήποτε άλλων οχημάτων
- Την τοποθέτηση σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε χώρους στάθμευσης οχημάτων για άτομα με ειδικές ανάγκες (*Σχέδια Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων* -, 2020).

1.4.1 Σχέδια Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων (ΣΦΗΟ)

Η εγκύκλιος αυτή αποτελεί συνέχεια του οδικού χάρτη, ο οποίος διαστασιολογεί πιθανές θέσεις φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων, έτσι ώστε να προσφερθεί η απαραίτητη βοήθεια προς τους δήμους, σχετικά με την εκπόνηση των Σχεδίων Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων (ΣΦΗΟ) και να προωθηθεί η χρήση των ηλεκτροκίνητων οχημάτων ως βασικό μέσο μεταφοράς.

Με την εφαρμογή των τεχνικών οδηγιών για τα Σχέδια Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων, γίνονται σαφή τα βήματα και οι προϋποθέσεις που πρέπει να ακολουθηθούν με σκοπό την τοποθέτηση χώρων στάθμευσης και υποδομών φόρτισης σε ολόκληρη την χώρα. Ταυτόχρονα, διασφαλίζεται ότι η εξέλιξη του δικτύου θα πραγματοποιηθεί με ομαλό τρόπο εντός των συνόρων του κάθε δήμου, ώστε να κατασκευαστεί ένα ποιοτικό και ολοκληρωμένο δίκτυο για την προσφορά της καλύτερης δυνατής εμπειρίας στους χρήστες. Επίσης γίνονται διακριτές οι ορολογίες και οι προϋποθέσεις, έτσι ώστε να μπορέσουν οι Δήμοι να τηρήσουν ευκολότερα τα σχέδια και να κρίνουν τις πολλαπλές λύσεις τοποθέτησης δημόσιων υποδομών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων (*Οδηγίες στους Δήμους για τους σταθμούς φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων* -, 2021).

Η κατάρτιση των ΣΦΗΟ έχει σχέση με την τοποθέτηση και την διαστασιολόγηση χώρων στάθμευσης και σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων χαμηλής ή υψηλής ισχύος, που αφορά τους παρακάτω χώρους.

- Υπάρχοντες εσωτερικούς ή εξωτερικούς χώρους στάθμευσης
- Υπάρχοντες χώρους στάθμευσης, δημόσιους ή ιδιωτικούς, που βρίσκονται σε κέντρα πόλεων, περιοχές με μεγάλο πληθυσμό και τουριστικές περιοχές
- Καινούργιους εσωτερικούς ή εξωτερικούς χώρους στάθμευσης, που χωροθετούνται με σκοπό την τοποθέτηση σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε αυτούς
- Διάφορους σταθμούς των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς, κυρίως τους τελευταίους
- Σταθμούς τουριστικών λεωφορείων
- Σταθμούς φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων
- Συγκεκριμένους χώρους στάσης ταξί
- Χώρους στάθμευσης οχημάτων σχεδιασμένων για άτομα με ειδικές ανάγκες
- Λοιπές δημόσιες υποδομές, εκτός των παραπάνω, βάσει της τωρινής νομοθεσίας

Επίσης, με την δημιουργία της συγκεκριμένης εγκύκλιου, διευκρινίζονται τα παρακάτω :

- Η σύνδεση των ΣΦΗΟ με όλα τα στάδια του χωρικού σχεδιασμού
- Η περίπτωση συγγραφής επιπλέον ΣΦΗΟ, που θα ειδικεύεται στις νησιωτικές περιοχές
- Οι τεχνικές κριτικής και συγγραφής των διαφορετικών λύσεων για την τοποθέτηση φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων
- Οι τρόποι επικοινωνίας του Δήμου με τον Διαχειριστή του Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ)
- Η μέθοδος συγκέντρωσης και απομνημόνευσης των διαθέσιμων πληροφοριών σχετικά με την υπάρχουσα κατάσταση και της παρουσίασης αυτών στα ψηφιακά αρχεία στο επίπεδο της Ανάλυσης
- Οι τεχνικές προϋποθέσεις των ψηφιακών αρχείων των ΣΦΗΟ
- Η μέθοδος ταξινόμησης των κύριων στόχων για την τήρηση των ΣΦΗΟ σε βάθος τριετίας ή πενταετίας
- Τα γνωρίσματα του υπάρχοντος δικτύου και οι απαιτούμενες προϋποθέσεις για την εκλογή της κατάλληλης θέσης εγκατάστασης και χωροθέτησης των υποδομών φόρτισης

Οι παραπάνω πληροφορίες αντλήθηκαν από την παρακάτω πηγή
(Οδηγίες στους Δήμους για τους σταθμούς φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων -, 2021)

Κεφάλαιο 2: Μοντέλα Εφαρμογής και διαθέσιμα λογισμικά για την διεξαγωγή αναλύσεων στον τομέα της ηλεκτροκίνησης

2.1 Μοντελοποίηση

2.1.1 Ορισμός

Με την διαδικασία της μοντελοποίησης, οι ερευνητές που ασχολούνται με έναν συγκεκριμένο τομέα, συλλέγουν διάφορα δεδομένα και χρησιμοποιούν διαφορετικές παραμέτρους με σκοπό να δημιουργήσουν μια δική τους προσέγγιση έτσι ώστε να μπορέσουν να δώσουν λύση σε προβλήματα που προκύπτουν στον τομέα αυτό, να βελτιώσουν διάφορα στοιχεία του τομέα με τον οποίο ασχολούνται, ώστε να γίνει καλύτερος συνολικά και μέσω εφαρμογής μαθηματικών τύπων και διάφορων προγραμμάτων να αναλύσουν τις πιθανές λύσεις που προκύπτουν από την εφαρμογή τους, έτσι ώστε να επιλεγθεί η καλύτερη δυνατή λύση.

2.1.2 Μοντέλα εφαρμογής για διεξαγωγή αναλύσεων στον χώρο της ηλεκτροκίνησης

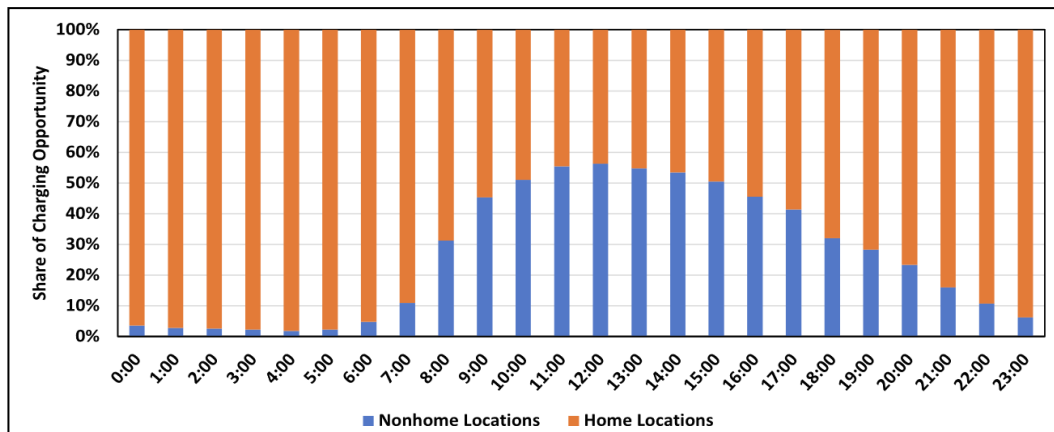
Το υπό εξέταση αντικείμενο έχει συγκεντρώσει το ερευνητικό ενδιαφέρον μεγάλου αριθμού επιστημόνων ανά τον κόσμο. Ενδεικτικά παρατίθενται διάφορα μοντέλα εφαρμογής που έχουν αναπτυχθεί από διάφορους ερευνητές.

- Οι (X. Li & Jenn, 2022) εφαρμόζουν ένα μοντέλο βελτιστοποίησης, με σκοπό να αναζητήσουν πόσοι και ποιοι σταθμοί φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων είναι απαραίτητο να εγκατασταθούν και σε ποιες τοποθεσίες. Επίσης, προσδιορίζουν τις αποτελεσματικότερες στρατηγικές φόρτισης για τους ιδιοκτήτες ηλεκτρικών οχημάτων, οι οποίες στοχεύουν στην ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους του συστήματος και στην ομαλή ενσωμάτωση της υποδομής φόρτισης στο δίκτυο, βασιζόμενοι στις μέσες χιλιομετρικές αποστάσεις που διανύει ο καταναλωτής, στον μόνιμο τόπο κατοικίας τους και στην τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας. Με βάση τις καθημερινές ασχολίες του καταναλωτή εισάγεται ο ορισμός της « ευκαιρίας φόρτισης » για να αναπαρασταθούν οι διαθέσιμες ευκαιρίες φόρτισης και μέσω αυτών αναδεικνύεται η σημασία του τόπου κατοικίας για τον σωστό σχεδιασμό μιας υποδομής φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων και φανερώνονται οι δυνατότητες για εγκατάσταση ταχυφοριστών σε μη κατοικημένες περιοχές.

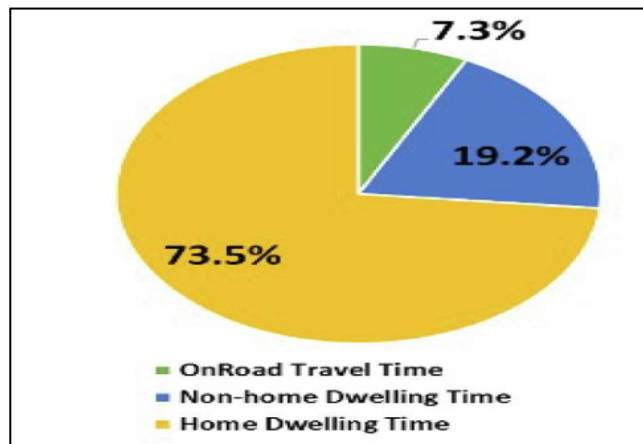
Το μοντέλο IEVCO εφαρμόζεται σε δύο διαφορετικές περιοχές των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής και απεικονίζονται οι ενεργειακές,

οικονομικές και περιβαλλοντικές των συστημάτων υποδομών φόρτισης και προσδιορίζονται οι βέλτιστες κατανομές των δραστηριοτήτων φόρτισης και τα νούμερα των φορτιστών διαφορετικών επιπέδων που θα τοποθετηθούν στις περιοχές αυτές.

Επιπλέον, φανερόνται οι ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις του τοπικού συστήματος υποδομών φόρτισης και μέσω του μοντέλου αυτού συνδυάζονται η εξομάλυνση του δικτύου, η διαχείριση του χρόνου φόρτισης και η αποφυγή των μη αναγκαίων αναβαθμίσεων του δικτύου. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά αποτελέσματα που προκύπτουν από την πειραματική εφαρμογή του μοντέλου αυτού.



Γράφημα 2.1.1 : Ευκαιρίες φόρτισης εντός και εκτός οικίας εντός της ημέρας (X. Li & Jenn, 2022)



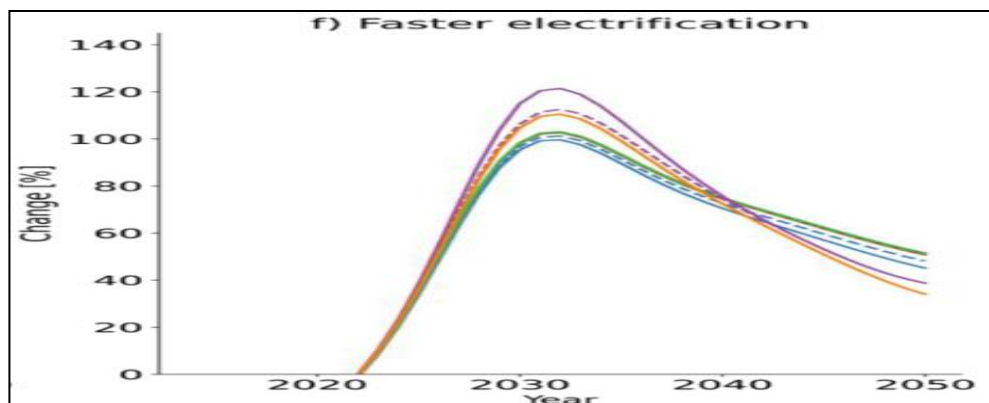
Γράφημα 2.1.2 : Χρόνοι παραμονής των κατοίκων σε εξωτερικούς και εσωτερικούς χώρους (X. Li & Jenn, 2022)

- Οι (Nazari et al., 2019) μέσω ενός μοντέλου διερευνούν τον τύπο καυσίμου που χρησιμοποιεί κάθε όχημα σε επίπεδο νοικοκυριού, με την προϋπόθεση ότι το κάθε νοικοκυριό διαθέτει και από ένα όχημα. Για τον υπολογισμό αυτό, λαμβάνονται υπόψη τα χαρακτηριστικά του κάθε ατόμου, έχοντας ως βάση την ταξιδιωτική συμπεριφορά του μέσου οδηγού ενός ηλεκτρικού οχήματος.

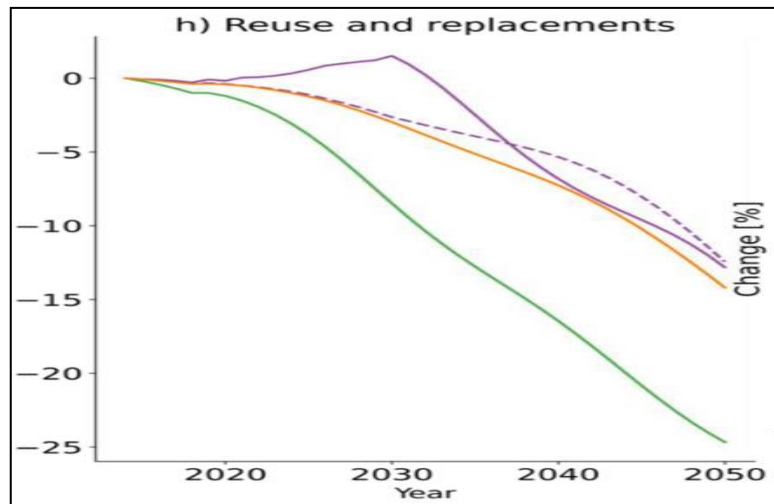
Χρησιμοποιώντας μια βάση δεδομένων της Έρευνας Ταξιδιών των Νοικοκυριών της Καλιφόρνια (2012-2013), διακρίνονται η ηλικία, το μορφωτικό επίπεδο των πολιτών, το ετήσιο εισόδημά τους, το μέρος διαμονής των πολιτών (εάν βρίσκονται κοντά σε κάποιον σταθμό φόρτισης) και ο αριθμός των δημόσιων φορτιστών που είναι διαθέσιμοι στην περιοχή. Ακολουθώντας αυτά τα κριτήρια, προσδιορίζονται και οι προτιμήσεις τους σχετικά με την επιλογή του κατάλληλου οχήματος για αυτούς.

- Οι (Aguilar Lopez et al., 2023) αξιολογούν διάφορες στρατηγικές για την διαχείριση των πόρων που χρησιμοποιούνται σε μπαταρίες ιόντων - λιθίου για ηλεκτρικά οχήματα, χρησιμοποιώντας το παγκόσμιο μοντέλο MATILDA. Τα αποτελέσματα του συγκεκριμένου μοντέλου φανερώνουν ότι αν η μετάβαση στην ηλεκτροκίνηση συμβεί με την χρήση μπαταριών ιόντων – λιθίου, θα προκύψει μια μεγάλη αύξηση της ζήτησης πρώτων υλών για την κατασκευή των μπαταριών. Επίσης, η έρευνά τους έδειξε ότι οι σημερινές φιλοδοξίες για κατασκευή χημικών επόμενης γενιάς, δεν μπορούν να καταπολεμήσουν τις ανησυχίες που προκύπτουν σχετικά με την κάλυψη των απαραίτητων ποσοτήτων που ζητούνται για το λίθιο, το οποίο είναι και το βασικό χημικό στοιχείο που συναντάται στις μπαταρίες ιόντων – λιθίου και του οποίου η ζήτηση θα αυξηθεί κατακόρυφα μέχρι τα επόμενα χρόνια.

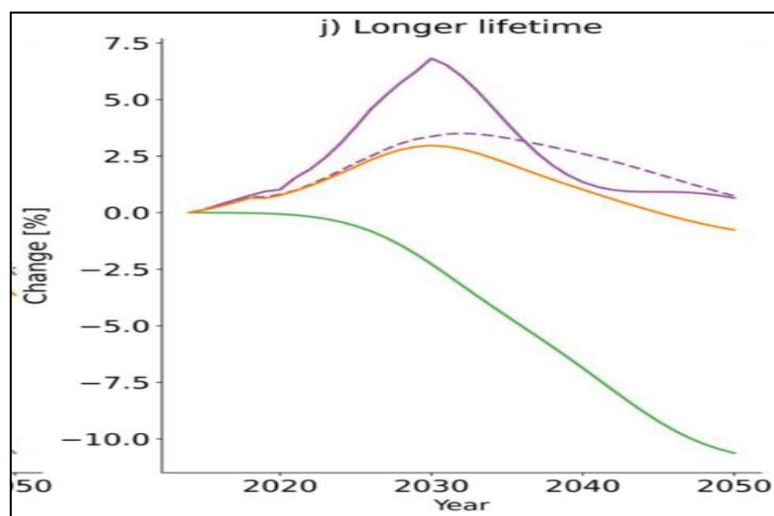
Το μοντέλο MATILDA παρέχει ενημέρωση στις βάσεις δεδομένων των βιομηχανιών και στους φορείς χάραξης πολιτικής, σχετικά με όλα τα διαθέσιμα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή μπαταριών καθώς και για τα προβλήματα που παρουσιάζονται σχετικά με την διαθεσιμότητά τους. Επιπρόσθετα, το μοντέλο αυτό μπορεί να αξιοποιηθεί για την πραγματοποίηση πιο αναλυτικών μελετών με σκοπό την καλύτερη αντίληψη του αντίκτυπου στους επιμέρους κύκλους των υλικών που θα προκαλέσει η μετάβαση στα ηλεκτρικά οχήματα. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά αποτελέσματα που προκύπτουν από την πειραματική εφαρμογή του μοντέλου αυτού.



Γράφημα 2.1.3 : Ποσοστιαία μεταβολή της ταχύτερης ηλεκτροδότησης της μπαταρίας για διαφορετικό υλικό με την πάροδο του χρόνου (Aguilar Lopez et al., 2023)



Γράφημα 2.1.4 : Ποσοστιαία μεταβολή της επαναχρησιμοποίησης και αντικατάστασης της μπαταρίας για διαφορετικό υλικό με την πάροδο του χρόνου (Aguilar Lopez et al., 2023)



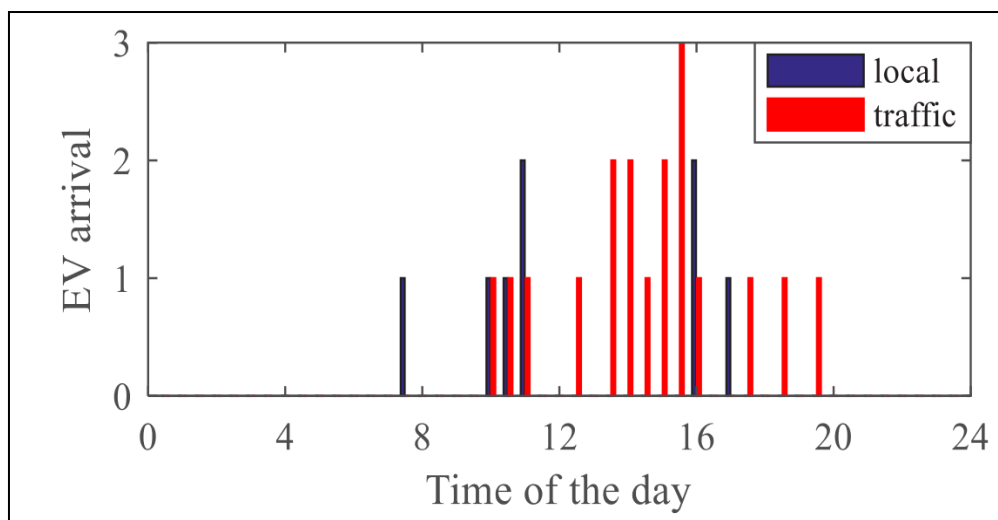
Γράφημα 2.1.5 : Ποσοστιαία μεταβολή της μεγαλύτερης διάρκειας ζωής της μπαταρίας για διαφορετικό υλικό με την πάροδο του χρόνου (Aguilar Lopez et al., 2023)



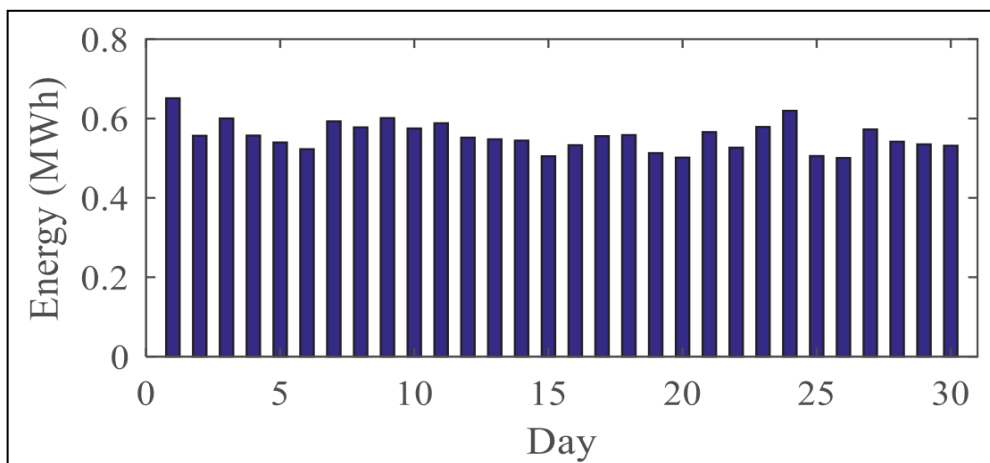
Εικόνα 2.1.1 : Υλικά κατασκευής συσσωρευτών που αντιστοιχούν σε διαφορετικές καμπύλες (Aguilar Lopez et al., 2023)

- Οι (Aboshady et al., 2022) ανέπτυξαν ένα δικό τους στοχαστικό μοντέλο που αφορά την άφιξη των ηλεκτρικών οχημάτων στην αγορά. Το μοντέλο αυτό λαμβάνει υπόψιν τα διάφορα προβλήματα που προκύπτουν σχετικά με την αυτονομία των οχημάτων, το βάθος εκφόρτισης του συσσωρευτή, τον χρόνο εκκίνησης της φόρτισης και τα χαρακτηριστικά που διακρίνουν το κάθε όχημα. Με βάση τα δεδομένα αυτά, το μοντέλο είναι ικανό να μιμηθεί παρατηρήσιμη ζήτηση ισχύος για μία υποδομή φόρτισης οχημάτων, η οποία προέρχεται από δεδομένα σχετικά με την ταξιδιωτική συμπεριφορά των οδηγών ηλεκτρικών οχημάτων. Επίσης, το συγκεκριμένο μοντέλο διαχωρίζει τους τύπους των ηλεκτρικών οχημάτων και τα αντιλαμβάνεται ως τοπικούς πληθυσμούς κυκλοφορίας και συμπεριλαμβάνει την σύγκριση μεταξύ της φόρτισης στο προαύλιο με την φόρτιση σε υπόλοιπες εγκαταστάσεις και μελετάται κατά πόσο επηρεάζεται το μοντέλο από διάφορες παραμέτρους. Ακόμα, λαμβάνει υπόψιν το ερευνητικό κενό που προκύπτει μεταξύ ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας και ηλεκτρονικών ισχύος, βασιζόμενο πρωτίστως στα χαρακτηριστικά του στόλου των ηλεκτροκίνητων οχημάτων.

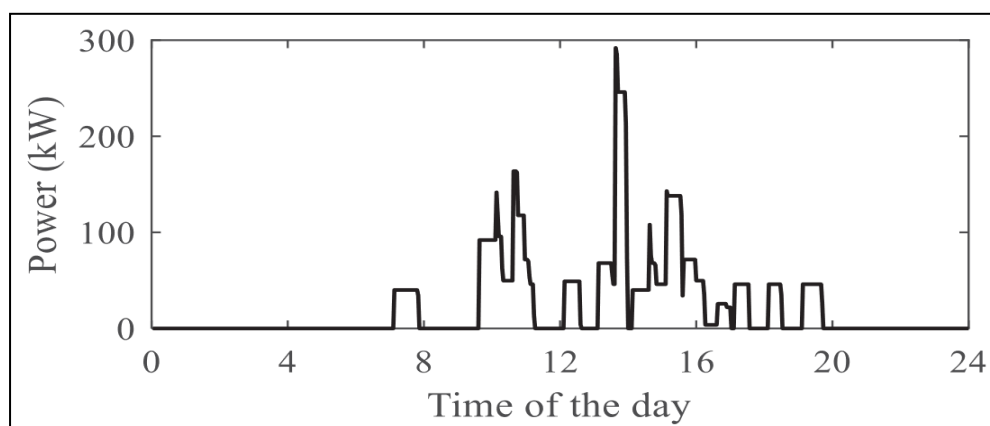
Ως μελέτη περίπτωσης χρησιμοποιείται ο πρώτος εξειδικευμένος φορτιστής για πολλαπλές φορτίσεις μεγάλης κλίμακας, που βρίσκεται στο Ηνωμένο Βασίλειο. Το μοντέλο εφαρμόστηκε με πραγματικά δεδομένα και παράγει και προσφέρει αληθοφανή μοτίβα άφιξης ηλεκτρικών οχημάτων για όλες τις κατηγορίες που διαχωρίζεται και προβάλλει την χαρακτηριστική ζήτηση ισχύος της περιοχής. Τέλος, το μοντέλο ανεξάρτητα από την περιοχή στην οποία εφαρμόζεται, χρησιμοποιεί δεδομένα ανοικτού κώδικα και είναι ευέλικτα δομημένο, επομένως γίνεται απλή η χρήση του και για υπόλοιπες πιθανές τοποθεσίες. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά γραφήματα που χρησιμοποιήθηκαν για την πειραματική εφαρμογή του μοντέλου αυτού.



Γράφημα 2.1.6 : Κατανομή αφίξεων ηλεκτρικών οχημάτων για μια ημέρα (Aboshady et al., 2022)



Γράφημα 2.1.7 : Ισχύς φόρτισης για μια τυπική μέρα (Aboshady et al., 2022)



Γράφημα 2.1.8 : Ημερήσια ενέργεια φόρτισης για έναν ολόκληρο μήνα (Aboshady et al., 2022)

- Σε ελληνικό επίπεδο, οι (Zafeiratou & Spataru, 2022) μέσω του λογισμικού PLEXOS ερευνούν ένα μεγάλο φάσμα σεναρίων φόρτισης, ταυτόχρονα με συνδυασμό δύο σεναρίων ανάπτυξης ηλεκτρικών οχημάτων για τα οποία και δημιουργούνται αντίστοιχα προφίλ φορτίου. Παράλληλα, συνιστούν τεχνικές οι οποίες μπορούν να ασκηθούν σε αρκετά απομακρυσμένες περιοχές.

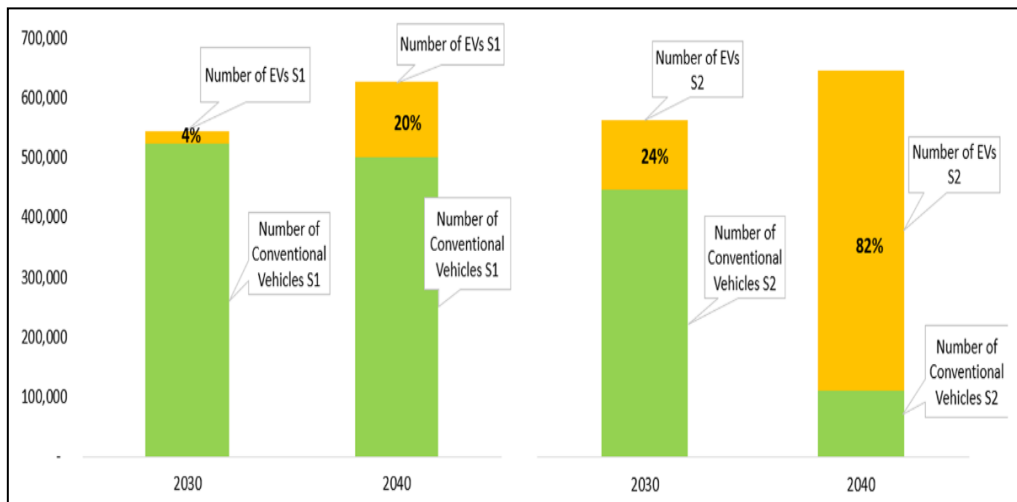
Από την έρευνα αυτή προκύπτει ότι για την πλήρη αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων που προσφέρει η παρουσία των ηλεκτρικών οχημάτων στα τοπικά συστήματα πρέπει να εφαρμοστούν σενάρια V2G (Vehicle to Grid), η οποία υποστηρίζει το τοπικό δίκτυο όποτε υπάρχει ζήτηση, συγκριτικά με ένα σενάριο που δεν περιλαμβάνει την ηλεκτροκίνηση.

Επιπρόσθετα, η τεχνολογία V2G εξαλείφει τα ελλείματα ενέργειας κατά 30 - 100 % σε σύγκριση με το σενάριο που δεν περιλαμβάνει την ηλεκτροκίνηση και προτείνονται λύσεις ώστε η τεχνολογία αυτή να μπορέσει να αποδώσει τη μέγιστη δυνατή βοήθεια στο δίκτυο και να υποστηρίξει τα αδύναμα τοπικά δίκτυα των ελληνικών νησιών.

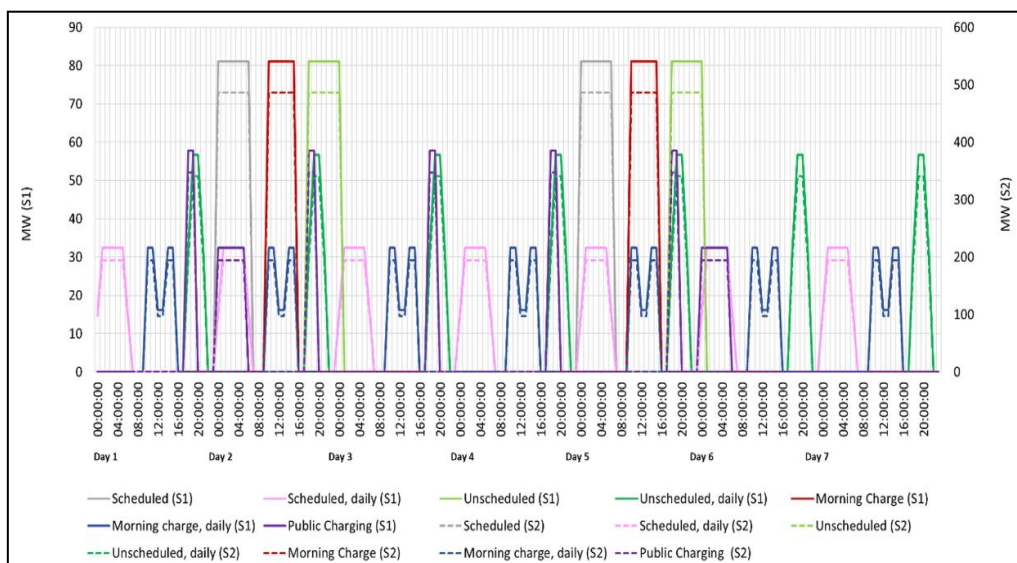
Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής φανερώνουν ότι με την προώθηση των ηλεκτροκίνητων οχημάτων στα ελληνικά νησιά, θα μπορούσε να επιτευχθεί και μεγαλύτερη διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο τοπικό

δίκτυο (μέχρι 7 % περισσότερο) και μπορούν να προσελκυσθούν αρκετοί επενδυτές για την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (με ισχύ μεταξύ 600 και 720 MW, αναλογικά με την κατάσταση διασύνδεσης των ελληνικών νησιών). Εξετάζονται δύο σενάρια, ένα με μέτρια ανάπτυξη των ηλεκτρικών οχημάτων και το δεύτερο με γρήγορη ανάπτυξη αυτών.

Τέλος, η έρευνα έδειξε ότι τα σενάρια που περιλαμβάνουν την τεχνολογία V2G καλύπτουν πλήρως τους οικονομικούς και περιβαλλοντικούς στόχους που έχουν τεθεί και φανερώνεται πως, σε επίπεδο ασφάλειας εφοδιασμού, υπάρχουν θετικές αλλαγές πάνω στο διασυνδεδεμένο πλαίσιο που συνοδεύεται από περιορισμούς θερμικής παραγωγής, χωρίς όμως να αποκλείονται οι ελλείψεις ισχύος, οι οποίες υπάρχουν και στο σενάριο που δεν υφίστανται ηλεκτρικά οχήματα. Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά διαγράμματα που σχηματίστηκαν με αφορμή την συγκεκριμένη έρευνα.



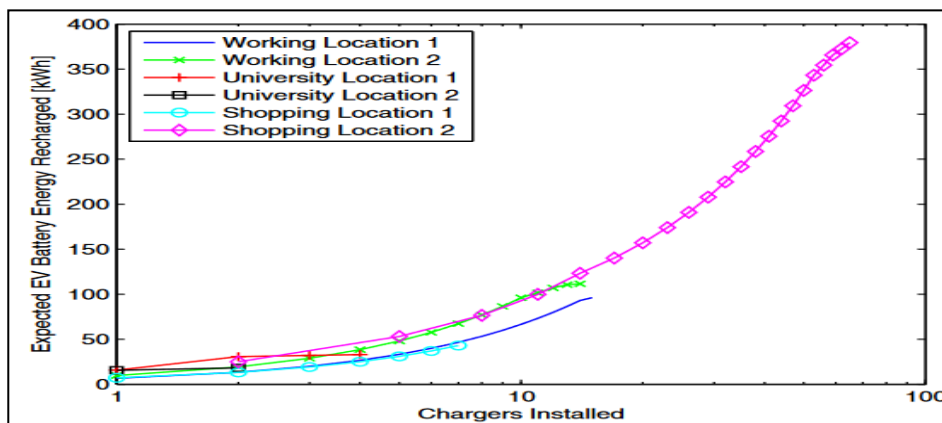
Γράφημα 2.1.9 : Σενάρια ανάπτυξης ηλεκτρικών οχημάτων σεναρίων S1 και S2 έναντι των οχημάτων με μηχανές εσωτερικής καύσης (Zafeiratou & Spataru, 2022)



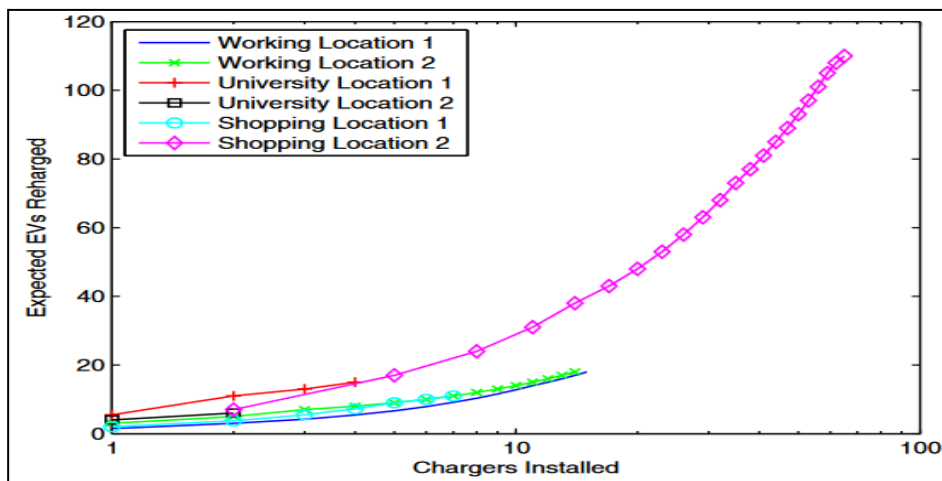
Γράφημα 2.1.10 : Προφίλ φόρτισης για το 2030 για τα σενάρια S1 και S2 (Zafeiratou & Spataru, 2022)

- Οι (Xi et al., 2013) εξελίσσουν ένα μοντέλο προσομοίωσης με κύριο σκοπό τον προσδιορισμό της θέσης ενός σταθμού φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων για να μπορέσει να αξιοποιηθεί στο μέγιστο δυνατό επίπεδο από τους χρήστες. Το συγκεκριμένο μοντέλο εφαρμόζεται στην περιοχή Οχάιο των ΗΠΑ και συμπεραίνεται ότι προτιμάται μια μίξη μεταξύ φορτιστών επιπέδου 1 και επιπέδου 2 παρά μόνο φορτιστές ενός επιπέδου. Επίσης ερευνώνται οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ του εφαρμοζόμενου μοντέλου και του απαιτούμενου κόστους και πραγματοποιείται ανάλυση ευαισθησίας με σκοπό την μελέτη της επιρροής της συντηρητικής χρήσης στους σταθμούς φόρτισης.

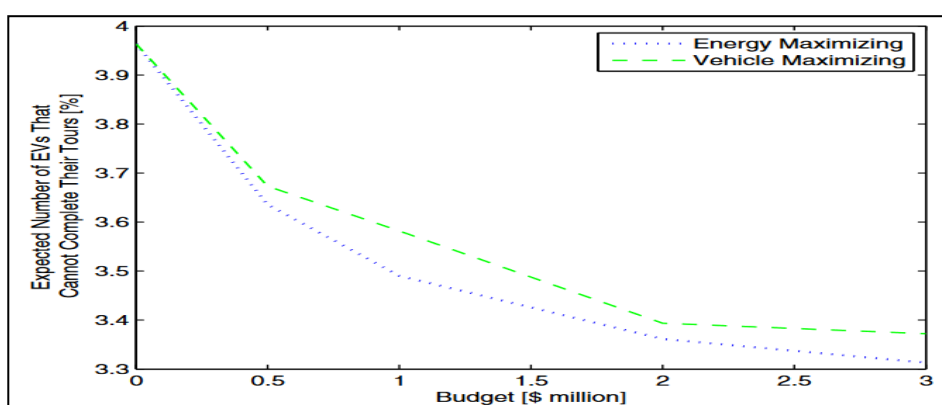
Το μοντέλο εκτελείται μέσω τριών βημάτων. Στο πρώτο βήμα υπολογίζεται προσεγγιστικά ο όγκος των ηλεκτρικών οχημάτων, χρησιμοποιώντας πληθυσμιακά δεδομένα για την περιοχή και εξετάζοντας την πιθανότητα απόκτησης ενός ηλεκτρικού οχήματος, βασιζόμενοι σε δεδομένα όπως το μέσο εισόδημα των κατοίκων και τις αποστάσεις που διανύονται σε καθημερινή βάση. Στο δεύτερο βήμα αναπτύσσεται ένα μοντέλο προσομοίωσης για τον υπολογισμό του αριθμού των ηλεκτρικών οχημάτων που μπορούν να φορτιστούν σε μια πιθανή θέση, λαμβάνοντας υπόψη και τον αριθμό των φορτιστών που κατασκευάζονται. Τέλος, αξιοποιείται ένα γραμμικό μοντέλο προγραμματισμού με σκοπό την επιλογή της τοποθεσίας του σταθμού, με ταυτόχρονο υπολογισμό του μεγέθους του. Στο μοντέλο ελέγχεται η περίπτωση στην οποία τα ηλεκτρικά οχήματα αποτελούν το 1 % των οχημάτων που κυκλοφορούν στην περιοχή. Μέσω του MORPC η περιοχή που μελετάται χωρίζεται σε υποπεριοχές και συλλέγονται δεδομένα κοινωνικοοικονομικά, πληθυσμιακά και κατοχής ηλεκτρικών οχημάτων. Επίσης, το MORPC διαθέτει δεδομένα σχετικά με πιθανούς προορισμούς των οδηγών ηλεκτρικών οχημάτων, με σκοπό τον προσδιορισμό πιθανών θέσεων ενός σταθμού φόρτισης. Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά διαγράμματα που σχηματίστηκαν με αφορμή την συγκεκριμένη έρευνα.



Γράφημα 2.1.11 : Επίπεδα εξυπηρέτησης σε ένα επιλεγμένο σύνολο υποψήφιων θέσεων συναρτήσει με τον αριθμό εγκατεστημένων φορτιστών επιπέδου 2 (Xi et al., 2013)



Γράφημα 2.1.12 : Επίπεδα εξυπηρέτησης σε ένα επιλεγμένο σύνολο υποψήφιων θέσεων συναρτήσει με τον αριθμό εγκατεστημένων φορτιστών επιπέδου 2 (Xi et al., 2013)

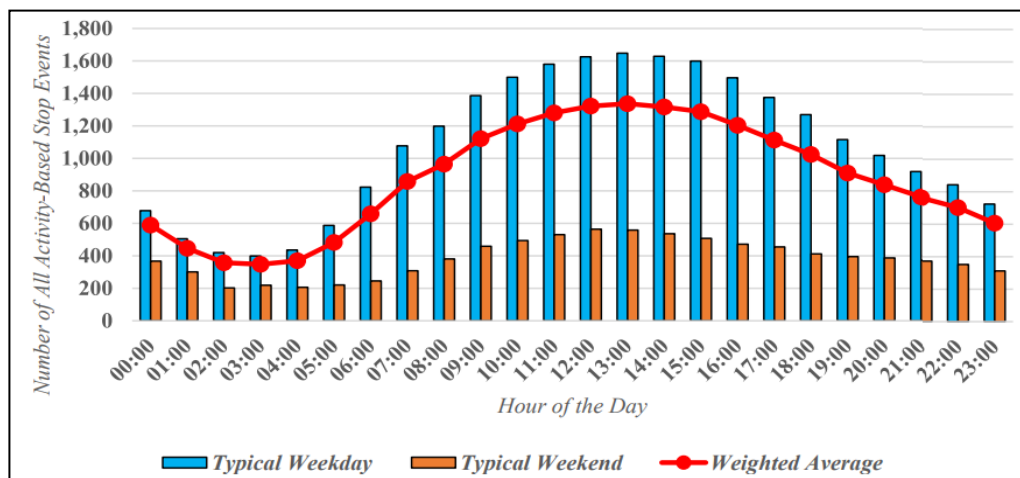


Γράφημα 2.1.13 : Προσδοκώμενος αριθμός ηλεκτρικών οχημάτων που δεν μπορούν να ολοκληρώσουν την διαδρομή τους συναρτήσει του διαθέσιμου κόστους (Xi et al., 2013)

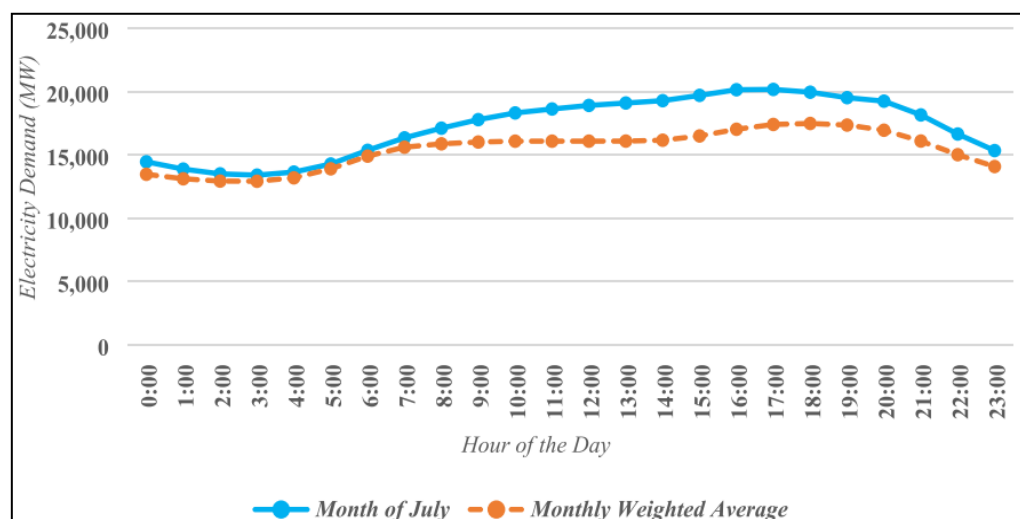
- Οι (Dimatulac et al., 2023) μέσω των δεδομένων GPS των βαρέων οχημάτων που πραγματοποιούν μακρινά ταξίδια και της αξιοποίησης εργαλείων χωρικών δικτύων στα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών σχεδιάζουν ένα μοντέλο δικτύου δρομολόγησης, που αποκαλείται ARN, με σκοπό την εύρεση διάφορων τοποθεσιών για έναν σταθμό φόρτισης. Το μοντέλο ARN προβάλλει γενικά στοιχεία για τα οχήματα, όπως τις χιλιομετρικές αποστάσεις τους και τις τοποθεσίες στάθμευσής τους για μια συγκεκριμένη περιοχή. Η έρευνα αυτή πραγματοποιείται στην περιοχή Οντάριο του Καναδά και το συμπέρασμα που προκύπτει από την εφαρμογή του μοντέλου αυτού είναι ότι η πλειοψηφία των σταθμών φόρτισης πρέπει να βρίσκεται κατά μήκος κεντρικών αυτοκινητόδρομων. Επίσης, υπολογίζονται προσεγγιστικά οι πρόσθετες ανάγκες για ηλεκτρική ενέργεια και συγκρίνονται με τις τωρινές απαιτήσεις που υπάρχουν για ηλεκτρική ενέργεια στην περιοχή. Συμπεραίνεται πως παρότι οι ανάγκες που παρουσιάζονται κατά την φόρτιση είναι λιγότερες από τις συνολικές ανάγκες της περιοχής, παρατηρείται ότι κατά τις ώρες στις οποίες υπάρχει μεγάλη ζήτηση σε ηλεκτρικό ρεύμα για την φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων, μπορεί να υπάρξει σημαντική επιβάρυνση του τοπικού δικτύου. Τα δεδομένα αυτά αντλήθηκαν από την Shaw Tracking, η οποία είναι μια εταιρεία τηλεματικής, που επιτρέπει στους οδηγούς να

παρακολουθήσουν την θέση των οχημάτων τους σε πραγματικό χρόνο και από τις στατιστικές υπηρεσίες του Καναδά. Χρησιμοποιήθηκαν ο αριθμός των ηλεκτρικών βαρέων οχημάτων που υπάρχουν στην περιοχή, το οδικό της δίκτυο και η ζήτηση που υπάρχει για ηλεκτρικό ρεύμα

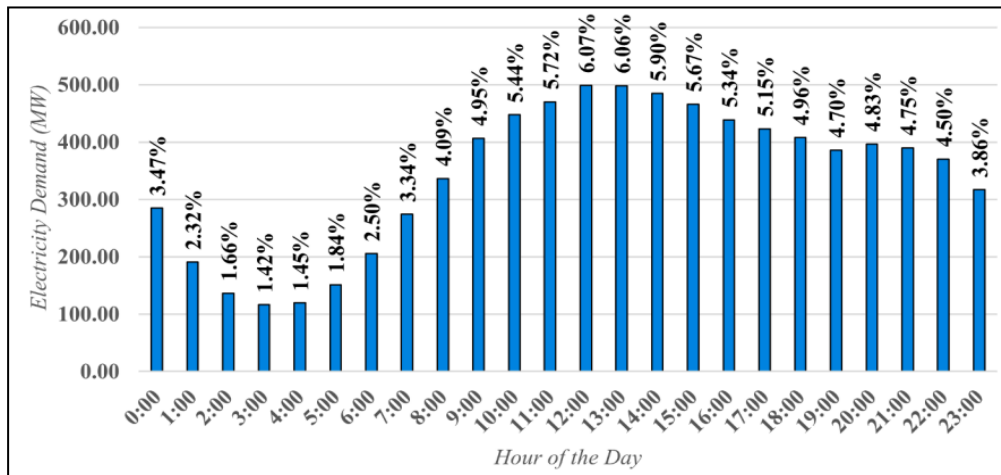
Βρέθηκαν στο σύνολο 421 πιθανές τοποθεσίες σταθμών φόρτισης βαρέων οχημάτων με χρήση της πρόβλεψης του χάρτη πυρήνα. Έπειτα πραγματοποιήθηκε η επαλήθευση των 50 πιο πολυσύχναστων τοποθεσιών με την χρήση της εφαρμογής Google Maps. Επίσης, παρατηρείται πως η πλειοψηφία των σταθμών βρίσκεται στο βόρειο μέρος της περιοχής, κάτι το οποίο αντικατοπτρίζει την εύκολη πρόσβαση σε έναν σταθμό φόρτισης και τέλος επιτυγχάνονται αυξημένα επίπεδα εμβέλειας.



Γράφημα 2.1.14 : Κατανομή όλων των γεγονότων στάσης ανά ώρα της ημέρας (Dimatulac et al., 2023)



Γράφημα 2.1.15 : Κατανομή της μέσης ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας ανά μια ώρα ημερησίως (Dimatulac et al., 2023)



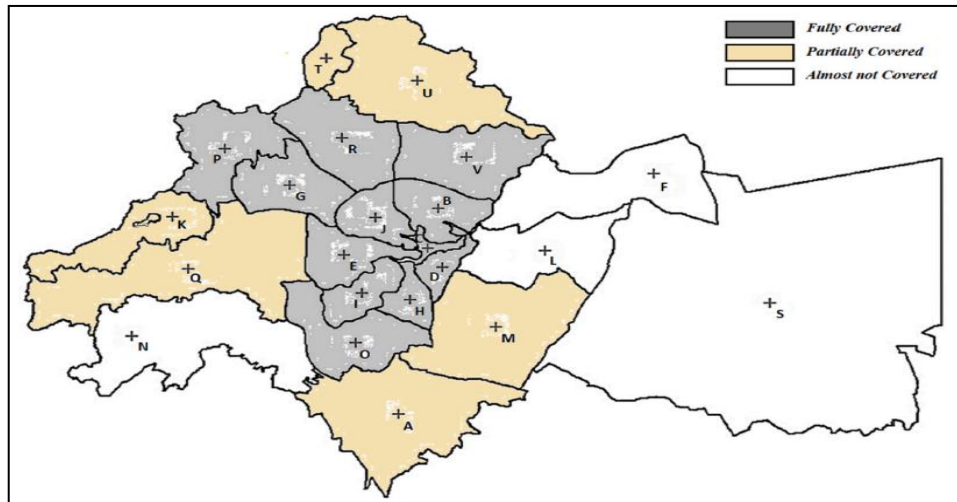
Γράφημα 2.1.16 : Κατανομή της μέσης ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας των πιθανών θέσεων φόρτισης ανά ώρα της ημέρας (Dimatulac et al., 2023)

- Οι (Hamed et al., 2023) ασχολούνται με την ανάπτυξη των υποδομών φόρτισης, εξετάζοντας διάφορες παραμέτρους, όπως το κόστος και ο αριθμός των φορτιστών που θα τοποθετηθούν. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιείται ένα μοντέλο θέσης μέγιστης κάλυψης, που αποκαλείται MCLM, το οποίο στηρίζεται στην ζήτηση φόρτισης που αναμένεται. Κατά την διαδικασία εφαρμογής του μοντέλου αυτού, γίνεται επιλογή ποικίλων σεναρίων φόρτισης με βάση το επίπεδο φορτιστών που εγκαθίστανται και αναπτύσσεται ένα γραμμικό πρόβλημα μικτού ακεραίου σε συνδυασμό με αρκετούς περιορισμούς με στόχο την εύρεση της σωστής τοποθεσίας ενός σταθμού φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος. Ταυτόχρονα, γίνεται μοντελοποίηση και της ζήτησης ηλεκτρικού ρεύματος που υπάρχει με την εγκατάσταση ενός σταθμού. Η έρευνα αυτή αποσκοπεί στην αύξηση της διείσδυσης των ηλεκτρικών οχημάτων στην αγορά καθώς και στην εύρεση της κατάλληλης τοποθεσίας μιας υποδομής φόρτισης και στην κάλυψη της προκύπτουσας ζήτησης ισχύος.

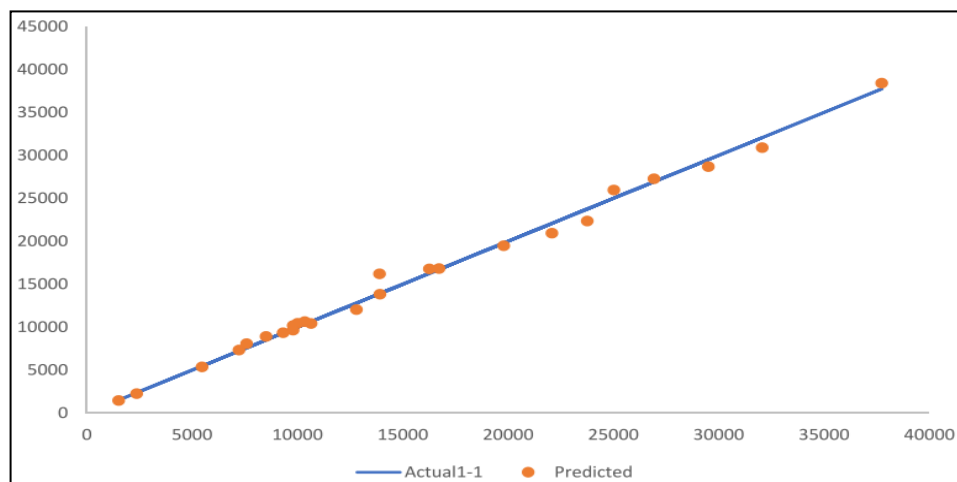
Το πρώτο βήμα για την σωστή εφαρμογή του μοντέλου πραγματοποιείται με τον υπολογισμό της ημερήσιας και της νυχτερινής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας για κάθε φόρτιση που πραγματοποιείται στην περιοχή μελέτης. Στη συνέχεια εκτιμάται ο αριθμός των διαθέσιμων ηλεκτρικών οχημάτων μέσω μιας μαθηματικής προσέγγισης, έχοντας ως δεδομένα τον αριθμό των κατοίκων της περιοχής και έπειτα μέσω της εφαρμογής του μοντέλου MCLM βρίσκεται ένα εύρος πιθανών θέσεων για ένα σταθμό φόρτισης.

Από την εφαρμογή του μοντέλου αυτού προκύπτει ότι η φόρτιση επιπέδου 1 δεν είναι προτιμητέα εξαιτίας του σημαντικού αριθμού των διαθέσιμων σημείων για φόρτιση και των ελάχιστων εσόδων που παράγονται. Οι φορτιστές επιπέδου 2 είναι οι επικρατέστεροι καθώς ικανοποιούν τις ανάγκες των χρηστών για την φόρτιση του οχήματός τους, ενώ οι φορτιστές επιπέδου 3 παρότι έχουν ακριβό κόστος και σχετικά μεγάλη περίοδο απόσβεσης, κάτι που επηρεάζει το συνολικό επενδυτικό κόστος μπορούν να προτιμηθούν για

εγκατάσταση καθώς έχουν γρήγορο χρόνο φόρτισης και συνεπώς θα χρειαστεί μικρότερος αριθμός φορτιστών για την κάλυψη της ζήτησης.



Σχήμα 1.1.1 : Κάλυψη της ζήτησης για κάθε ζώνη για όλα τα σενάρια για την περιοχή μελέτης (Hamed et al., 2023)

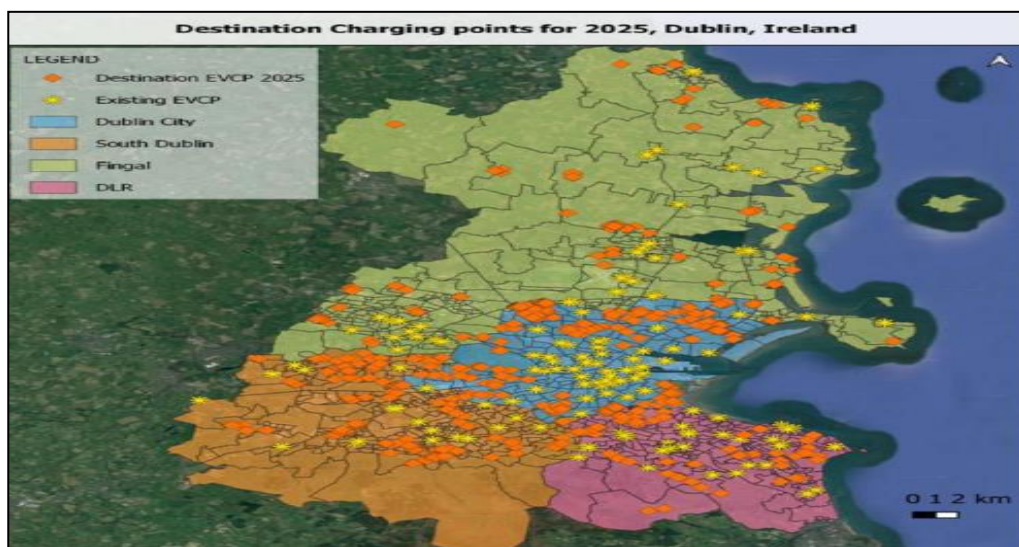


Γράφημα 3 : Πραγματικός και προβλεπόμενος αριθμός αυτοκινήτων ανά περιοχή μέσω χρήσης γραμμικού μοντέλου τυχαίων παραμέτρων (Hamed et al., 2023)

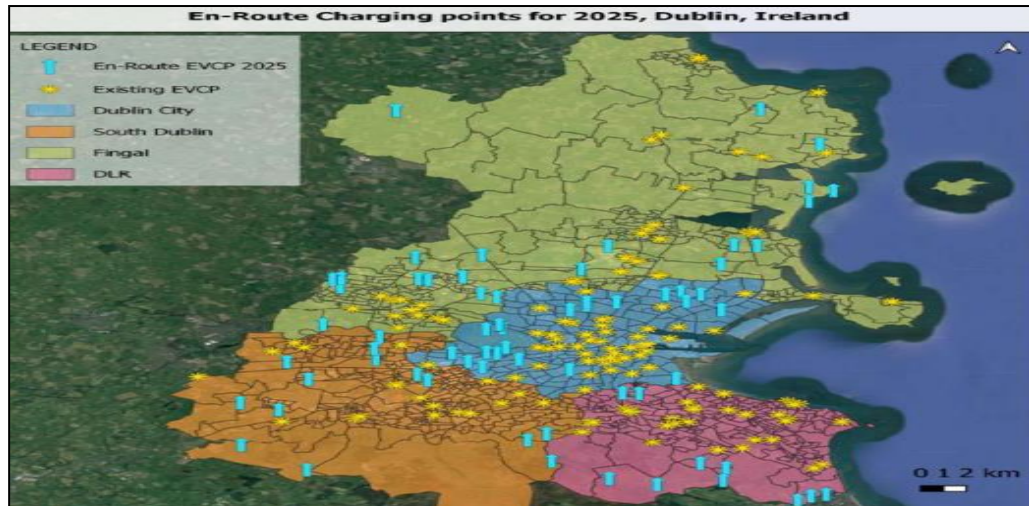
- Οι (Charly et al., 2023) αποσκοπούν μέσω της έρευνάς τους στην εύρεση των κατάλληλων τοποθεσιών δημόσιων σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, βασιζόμενοι στην προσέγγιση GIS και με χρήση του OSM. Πραγματοποιείται διαχωρισμός των σταθμών φόρτισης σε διάφορες κατηγορίες (κοινόχρηστων κατοικιών, κατά τη διαδρομή και προορισμού) και τα κριτήρια επιλογής για κάθε τύπο σταθμού ποικίλλουν ανάλογα τα χαρακτηριστικά του κάθε ανθρώπου. Από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε προέκυψαν 3,850 διαφορετικές πιθανές τοποθεσίες στην περιοχή του Δουβλίνου, ελαχιστοποιώντας παράλληλα το κόστος με τη χρήση προκαθορισμένων χώρων στάθμευσης, για να καλυφθούν οι στόχοι που έχουν τεθεί από την κυβέρνηση μέχρι το 2030. Στόχος της έρευνας αυτής είναι η παροχή

πληροφοριών σε άλλες πόλεις για να βελτιώσουν τις υποδομές φόρτισής τους. Κατά την διαδικασία της έρευνας χρησιμοποιείται ένα GIS ανοικτού κώδικα που μπορεί να προσαρμοστεί σε διάφορες περιοχές παγκοσμίως. Οι μελετητές εστιάζουν περισσότερο στην τοποθέτηση υποδομών φόρτισης σε περιοχές με μεγαλύτερο πληθυσμό, επομένως οι περιοχές διαχωρίζονται ανάλογα με τον πληθυσμό τους και επιθυμούν να τοποθετήσουν τους σταθμούς φόρτισης στην ελάχιστη δυνατή χιλιομετρική απόσταση από τους υπάρχοντες, για την επίτευξη ίσης κατανομής μεταξύ των σταθμών. Για να επιβεβαιωθεί ότι ακολουθήθηκε η σωστή πειραματική διαδικασία για την παραγωγή αποτελεσμάτων και ότι χρησιμοποιήθηκαν τα σωστά κριτήρια επιλογής, αξιοποιείται ένα ρυθμιστικό εργαλείο, το οποίο είναι χρήσιμο στην εύρεση των σημείων φόρτισης εντός των περιοχών που έχουν καθοριστεί από τους ερευνητές. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή αποτελεσμάτων, αντλήθηκαν από το Central Statistics Office, το Open Street Map και το Geofabrik.

Επίσης, τα αποτελέσματα της έρευνας καταδεικνύουν ότι είναι απαραίτητη η εγκατάσταση και άλλων σταθμών φόρτισης εκτός αστικών κέντρων και προβλέπεται ότι οι τοποθεσίες που προτείνονται στην συγκεκριμένη εργασία, μπορούν να παρέχουν τις υπηρεσίες τους σε 140,274 κατοίκους και είναι συνυφασμένες με τις θέσεις στάθμευσης, τις ανάγκες ανεφοδιασμού και την ασφάλεια αντίληψης. Η εύρεση των σωστών σημείων για την τοποθέτηση ενός οχήματος πιθανώς να προσελκύσει νέους χρήστες και με την έρευνα που πραγματοποιείται μπορούν να γίνουν αντιληπτές οι προτιμήσεις φόρτισης των χρηστών. Ωστόσο, η μελέτη που διεξάγεται συνεπάγεται και από κάποιες παραλείψεις που λήφθηκαν, όπως η παράλειψη του δικτύου διανομής της περιοχής, του αριθμού των χώρων στάθμευσης, των κατοίκων της περιοχής, ο στόλος των οχημάτων και το οδικό δίκτυο.



Εικόνα 2.1.1 : Χάρτης που δείχνει τη θέση του προτεινόμενου προορισμού και των υφιστάμενων σταθμών φόρτισης για το έτος 2025 (Charly et al., 2023)



Εικόνα 2.1.2 : Χάρτης με τους προτεινόμενους σταθμούς φόρτισης και τους υφιστάμενους σταθμούς φόρτισης για το έτος 2025 (Charly et al., 2023)

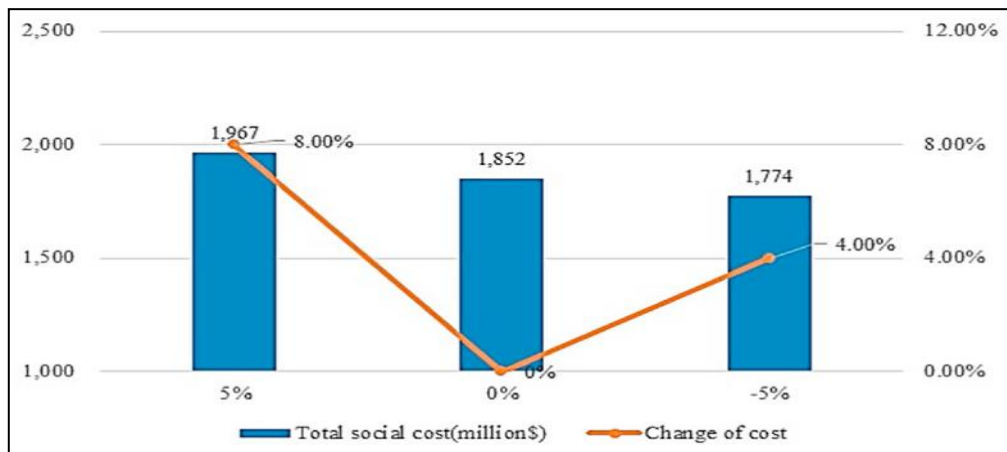
- Οι (Zhou et al., 2022) στα πλαίσια της έρευνας τους εξετάζουν έναν αλγόριθμο για τον προσδιορισμό της βέλτιστης κατανομής των σταθμών φόρτισης εντός μιας περιοχής. Για να προβούν στην μείωση του κόστους, αναπτύσσουν ένα μοντέλο κοινωνικού κόστους, το οποίο καλύπτει το οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος, όμως συνεπάγεται και κάποιους περιορισμούς όπως η ισχύς φόρτισης που παρέχεται σε κάθε φόρτιση, η απόσταση φόρτισης και οι ευκαιρίες φόρτισης για κάθε όχημα. Ως μελέτη περίπτωσης της έρευνας λαμβάνεται η ευρύτερη περιοχή της Ιρλανδίας και προσομοιώθηκαν 670 καλύτερα σημεία τοποθέτησης των σταθμών φόρτισης. Επίσης, για να κατανοηθούν οι παράγοντες που επιδρούν στο κόστος εγκατάστασης ενός σταθμού φόρτισης, έγινε μια ανάλυση ευαισθησίας και τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής φανερώνουν ότι η κατανομή των σταθμών φόρτισης επηρεάζεται σημαντικά από τον αριθμό των σταθμών, την ανάγκη για φόρτιση και την πιθανότητα φόρτισης του οχήματος σε καθημερινή βάση. Οι γνώσεις που παρέχει η έρευνα που πραγματοποιήθηκε είναι οι εξής :
 - i. Η εύρεση των κατάλληλων σημείων για την τοποθέτηση σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, με βάση το συνολικό κοινωνικό κόστος.
 - ii. Η εύρεση της καλύτερης δυνατής διάταξης ενός σταθμού φόρτισης, μέσω της αξιοποίησης εξειδικευμένων αλγορίθμων.
 - iii. Ο υπολογισμός της απόστασης μεταξύ του ηλεκτρικού οχήματος και του σταθμού, μέσω του υπολογισμού του συντελεστή καμπυλότητας του οδοστρώματος.

Επιπλέον, στην έρευνα αυτή αναζητάται το επίπεδο επιθυμίας των πέντε μεγαλύτερων πόλεων της Ιρλανδίας για εγκατάσταση σταθμών φόρτισης, με τελικό σκοπό την εύρεση των καλύτερων σημείων για την τοποθέτηση ενός σταθμού. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν, συμβάλλουν στην δημιουργία εκσυγχρονισμένων πολιτικών φόρτισης, στον έλεγχο των αλλαγών του

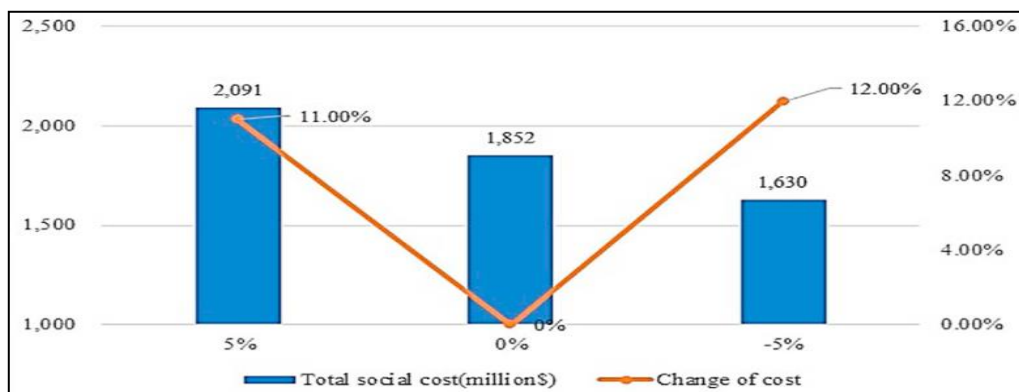
φορτίου στο δίκτυο και στην διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την κάλυψη των απαιτήσεων σε ηλεκτρική ενέργεια. Ωστόσο, για την διεξαγωγή της έρευνας αυτής υπάρχει και ένας περιορισμός, που είναι το εύρος στο οποίο μπορεί να διεξαχθεί η έρευνα.



Εικόνα 2.1.3 : Πιθανές τοποθεσίες σταθμών φόρτισης στην περιοχή της Ιρλανδίας (Zhou et al., 2022)



Γράφημα 4 : Ανάλυση ευαισθησίας σχετικά με την μεταβολή του αριθμού των ηλεκτρικών οχημάτων (Zhou et al., 2022)



Γράφημα 2.1.19 : Ανάλυση ευαισθησίας σχετικά με την πιθανότητα φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων σε καθημερινή βάση (Zhou et al., 2022)

- Οι (J. He et al., 2018), διεξάγουν μια ακόμα έρευνα με σκοπό την εύρεση των καλύτερων πιθανών τοποθεσιών ενός σταθμού φόρτισης, χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο προγραμματισμού δύο επιπέδων. Τα δύο αυτά επίπεδα διακρίνονται σε ανώτερο και κατώτερο επίπεδο, όπου το ανώτερο επίπεδο αντιπροσωπεύει την βελτιστοποίηση των θέσεων ενός σταθμού φόρτισης, ενώ το κατώτερο επίπεδο εκφράζει το δίλλημα του χρήστη σχετικά με την διαδρομή που θα ακολουθήσει. Για να διαπιστωθεί ότι το μοντέλο αυτό μπορεί να εφαρμοστεί, διατυπώνονται μαθηματικά παραδείγματα σε συνδυασμό με μια εφαρμογή γραμμικοποίησης με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί ένας αλγόριθμος επίλυσης, από τον οποίο προκύπτει ότι η αυτονομία ενός οχήματος έχει καταλυτικό αντίκτυπο στην εύρεση της κατάλληλης θέσης ενός σταθμού φόρτισης.

Για την εφαρμογή του μοντέλου αυτού, λαμβάνονται υπόψιν διάφορα δεδομένα όπως το επίπεδο αυτονομίας του οχήματος και ο αναγκαίος χρόνος φόρτισης για την εγκατάσταση αυτών των σταθμών. Ελέγχεται, επίσης, η περίπτωση στην οποία οι οδηγοί πραγματοποιούν την φόρτιση του οχήματός τους εντός της οικίας τους.

Σε σύγκριση με παρόμοιες έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί, τα νέα στοιχεία που προσφέρει η παρούσα έρευνα εκδηλώνονται στους εξής τομείς :

- i. Η πολύπλοκη σύνδεση μεταξύ της πραγματοποίησης μιας διαδρομής και της εξάπλωσης των σταθμών φόρτισης απλουστεύεται με την ύπαρξη διάφορων παραδοχών.
- ii. Η σχέση που συνδέει τους οδηγούς με τους κατασκευαστές σταθμών φόρτισης αναλύεται από ένα μοντέλο δύο επιπέδων, όπου λαμβάνονται υπόψιν το διάστημα φόρτισης, η διαδρομή που πραγματοποιείται και η τοποθεσία ενός σταθμού φόρτισης.
- iii. Το μοντέλο δύο επιπέδων στη συνέχεια αναλύεται σε μοντέλο ενός επιπέδου με την χρήση μαθηματικών εξισώσεων, με σκοπό την επίτευξη της μέγιστης αξιοπιστίας των μεθόδων επίλυσης

Για να μπορέσει να βρεθεί μια λύση όσο το δυνατόν ευκολότερα, πραγματοποιούνται οι παρακάτω παραδοχές :

- i. Όλοι οι οδηγοί διαθέτουν από έναν φορτιστή, ώστε να φορτίζεται το όχημά τους οποιαδήποτε στιγμή, έτσι διασφαλίζεται ότι όλα τα οχήματα είναι πλήρως φορτισμένα.
- ii. Η ανέγερση των φορτιστών στοχεύει στην κάλυψη των αναγκών για ηλεκτρικό ρεύμα που προκύπτουν όταν πραγματοποιούνται διαδρομές μεγάλων χιλιομετρικών αποστάσεων και στην ικανοποίηση της ζήτησης σε περιπτώσεις ανάγκης.
- iii. Δίνεται η δυνατότητα στους χρήστες να καλύψουν τις ανάγκες τους μόνο μια φορά καθώς ταξιδεύουν. Για να πραγματοποιηθεί αυτό, θα πρέπει η συνολική απόσταση να μην ξεπερνάει το διπλάσιο της απόστασης που διανύουν οι οδηγοί.

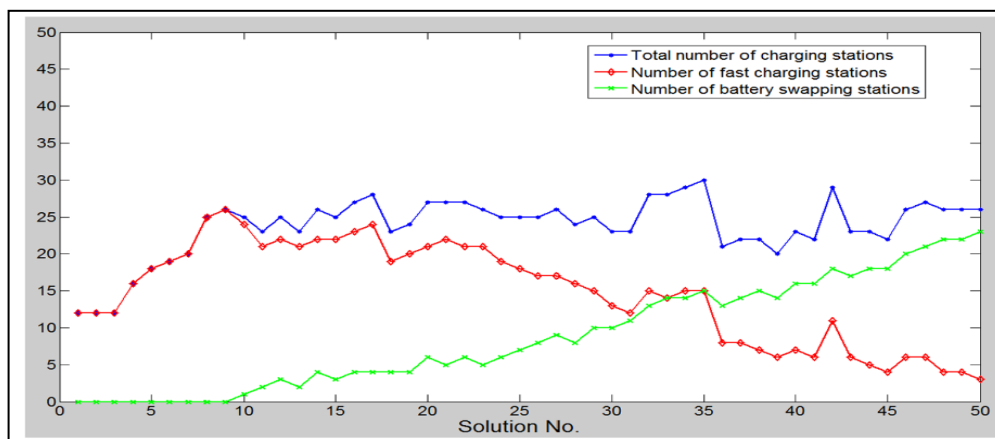
- iv. Η ηλεκτρική ενέργεια που ξοδεύεται από κάθε ηλεκτρικό όχημα εξαρτάται μόνο από την απόσταση που διανύεται και όχι από την ροή.
- Οι (Ren et al., 2019) διεξάγουν μια έρευνα, εκμεταλλευόμενοι ένα μοντέλο θέσης που μειώνει σημαντικά τον οικονομικό αντίκτυπο μιας εγκατάστασης ενός σταθμού φόρτισης και στην συνέχεια με την χρήση αλγορίθμου προσδιορίζεται η τοποθεσία και η ποσότητα των σταθμών φόρτισης. Έπειτα δημιουργείται ένα σύστημα δεικτών αξιολόγησης, στο οποίο περιέχονται πέντε παράμετροι οι οποίες αποτελούν κριτήριο για την επιλογή τοποθεσίας. Οι πέντε αυτές παράμετροι είναι οι εξής : Το κόστος γης και κατασκευής, η κυκλοφορία οχημάτων, η κατάσταση του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας και το περιβάλλον. Τέλος χρησιμοποιείται το μοντέλο λήψης γκριζών αποφάσεων και η γκριζα θεωρία στόχων για την εύρεση λύσεων και την αντιμετώπιση του προβλήματος. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν μετά την εφαρμογή της έρευνας αυτής είναι ότι η χρήση του μοντέλου λήψης γκριζών αποφάσεων παρέχει τα πλεονεκτήματα της εύχρηστης λειτουργίας και της ικανότητας να λειτουργεί με μικρή παροχή δεδομένων για την εκλογή της καλύτερης τοποθεσίας. Το μοντέλο λήψης γκριζών αποφάσεων που χρησιμοποιείται είναι μια μαθηματική προσέγγιση μέσω της οποίας μπορεί να προκύψουν οι λύσεις που ικανοποιούν τις απαιτήσεις των ερευνητών, ωστόσο υπάρχει και το μειονέκτημα ότι πιθανώς η λύση να βασίζεται στα υποκειμενικά κριτήρια που έχουν θέσει οι ερευνητές. Ως μελέτη περίπτωσης της συγκεκριμένης έρευνας λαμβάνεται η περιοχή Nanjing στην Κίνα.
 - Οι (Bai et al., 2019) αντιμετωπίζουν και αυτοί το πρόβλημα της εύρεσης τοποθεσίας ενός σταθμού φόρτισης, με σκοπό να μπορέσει να διαδοθεί περισσότερο η ιδέα της ηλεκτροκίνησης στους πολίτες. Οι ερευνητές αυτοί εξετάζουν τις πιθανές θέσεις τοποθέτησης ενός σταθμού φόρτισης, σε μια περιοχή με περιορισμένο αριθμό ηλεκτρικών οχημάτων. Η εξεταζόμενη περιοχή χωρίζεται σε ένα πλέγμα με αρκετά ίδια κελιά, όπου το ένα κελί αντιπροσωπεύει την μικρότερη δυνατή έκταση που αξιοποιείται για τον υπολογισμό των αναγκών φόρτισης και την εύρεση θέσεων για τους σταθμούς. Οι ανάγκες για ηλεκτρικό ρεύμα υπολογίζονται χρησιμοποιώντας τα στοιχεία τροχιάς GPS, τα οποία έχουν παρθεί από τον στόλο οχημάτων που κινούνται στους δρόμους της περιοχής Shenzhen και αντλήθηκαν από την βάση δεδομένων της εταιρείας Yiliu. Έπειτα, εφαρμόζεται ένα μοντέλο βασιζόμενο στα κύτταρα, ώστε να αποφημιστούν η θέση, ο αριθμός και οι τύποι των φορτιστών ενός σταθμού φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, για να μπορούν να καλυφθούν οι ανάγκες που παρουσιάζονται κατά τις ώρες αιχμής, θέτοντας παράλληλα ως στόχο την μείωση του κόστους και την εξισορρόπηση της ποιότητας των υπηρεσιών. Η συγκεκριμένη έρευνα, για την επιλογή

τοποθεσίας, δίνει βάση σε δύο διαφορετικούς σταθμούς φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων : Στους σταθμούς ανταλλαγής μπαταριών και στους σταθμούς ταχείας φόρτισης

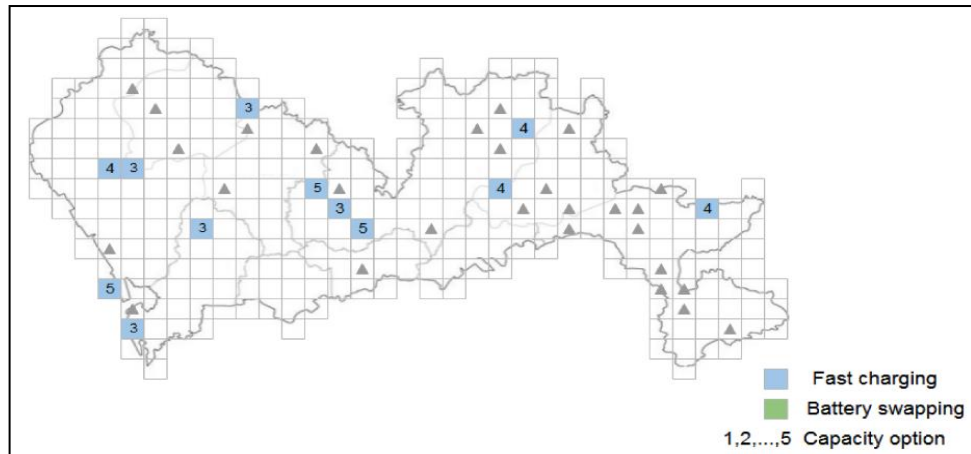
Για την επίλυση του προβλήματος αυτού, το οποίο εκφράζεται ως ένα μοντέλο ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού, εφαρμόζεται ένας αλγόριθμος NSGA-II συνδυαζόμενος με γραμμικό προγραμματισμό και αναζήτηση γειτονιάς, με σκοπό την εύρεση όσο το δυνατόν περισσότερων λύσεων Pareto και γίνεται σύγκριση της μεθόδου αυτής με άλλες εφαρμόσιμες μεθόδους. Στη συνέχεια πραγματοποιούνται υπολογιστικές εφαρμογές στην περιοχή της Shenzhen στην Κίνα, έτσι ώστε να κριθεί η εγκυρότητα του αλγορίθμου και παρέχονται λύσεις σχετικά με την ανέγερση υποδομών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Τέλος, πραγματοποιείται μια ανάλυση ευαισθησίας, με σκοπό την παροχή συγκεκριμένων πληροφοριών που αφορούν τον έλεγχο των λειτουργιών ενός σταθμού φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων.

Το πρόβλημα που τίθεται αναλύεται σε δύο υποκατηγορίες : Την φάση εντοπισμού και την φάση ανάθεσης. Η φάση εντοπισμού αφορά την τοποθεσία, τις παρεχόμενες υπηρεσίες και την απαιτούμενη χωρητικότητα ενός σταθμού. Η φάση ανάθεσης αφορά τις ανάγκες κατανάλωσης που παρατηρούνται κατά την διαδικασία της φόρτισης και τις αποφάσεις που μπορούν να παρθούν για την αναβάθμιση της ποιότητας της προσφοράς ενός σταθμού.

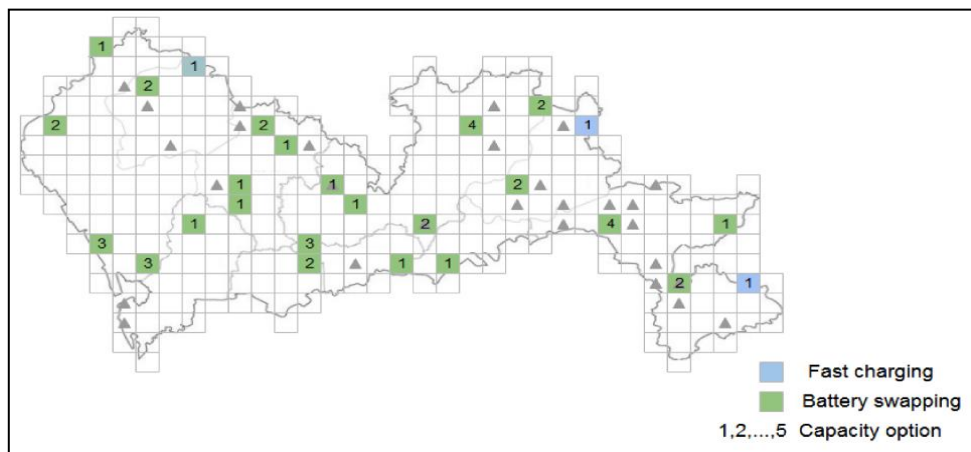
Εν κατακλείδι, στη έρευνα που διεξάχθηκε, συμπεραίνεται ότι η ύπαρξη μικρότερου κόστους κατασκευής ενός σταθμού συνεπάγεται και μικρότερο αριθμό σταθμών φόρτισης και υψηλότερο ποσοστό σταθμών γρήγορης φόρτισης, ενώ η παροχή καλύτερων υπηρεσιών συνεπάγεται μεγαλύτερο αριθμό σταθμών φόρτισης και περισσότερους σταθμούς εναλλαγής μπαταριών



Γράφημα 5 : Ποικιλία σταθμών φόρτισης στην περιοχή της Shenzhen (Bai et al., 2019)



Γράφημα 2.1.21 : Πιθανές τοποθεσίες με επίτευξη ελάχιστου κόστους και ποιότητας στην περιοχή της Shenzhen (Bai et al., 2019)



Γράφημα 6 : Πιθανές τοποθεσίες με επίτευξη μέγιστου κόστους και ποιότητας στην περιοχή της Shenzhen (Bai et al., 2019)

- Οι (Hosseini & Sarder, 2019) επιλέγουν το δίκτυο Bayesian για τον προσδιορισμό της βέλτιστης τοποθεσίας ενός σταθμού, το οποίο περιλαμβάνει όχι μόνο ποσοτικούς αλλά και ποιοτικούς δείκτες. Οι παράμετροι που λήφθηκαν υπόψιν για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού είναι κυρίως οικονομικοί, κοινωνικοί και περιβαλλοντικοί, θέτοντας ταυτόχρονα την βιωσιμότητα της λύσης ως προτεραιότητα. Το δίκτυο Bayesian είναι ένα μοντέλο, το οποίο ασχολείται με την αντίληψη κινδύνων και το πάρσιμο αποφάσεων με ένα μικρό ποσοστό αβεβαιότητας και για να επιβεβαιωθεί η εγκυρότητα του μοντέλου αυτού, πραγματοποιείται μια ανάλυση ευαισθησίας. Επίσης, το δίκτυο είναι ικανό να εντοπίσει αιτίες και να εξάγει αποτελέσματα, μέσω της αξιοποίησης ενός γραφικού πλαισίου, στο οποίο συνδέονται μεταξύ τους ποικίλλες μεταβλητές. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι πραγματοποιήθηκε και ανάλυση διάδοσης, η οποία στοχεύει στην φανέρωση του τρόπου με τον οποίο η αλλαγή ενός κριτηρίου μπορεί να μεταβάλλει την τοποθεσία ενός σταθμού φόρτισης.

Τα πλεονεκτήματα που παρέχει αυτή η μέθοδος συγκριτικά με τις υπόλοιπες μεθόδους είναι η δυνατότητα μοντελοποίησης των ποσοτικών και των ποιοτικών δεικτών και η ικανότητα ερμηνεύσης διάφορων σεναρίων, η οποία αποκαλείται ανάλυση διάδοσης. Τα τελευταία χρόνια το δίκτυο Bayesian έχει υιοθετηθεί σε διάφορους τομείς, όπως η ασφάλεια και η ιεράρχηση κινδύνων και ο έλεγχος της κυκλοφορίας και μέσω της έρευνας αυτής σκοπεύεται το μοντέλο να ενσωματωθεί και στην διαχείριση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Όσον αφορά την μεθοδολογία για την εκτέλεση του πειράματος, ακολουθούνται τα εξής βήματα : Στο πρώτο βήμα αναλύονται τα κριτήρια και τα υποκριτήρια τα οποία καθορίζουν την θέση ενός σταθμού φόρτισης. Επιλέγονται τέσσερα κριτήρια και δέκα υποκριτήρια μέσω βιβλιογραφικής ανασκόπησης που προηγήθηκε και για την επιλογή τους δόθηκε προτεραιότητα στην επίτευξη βιωσιμότητας και στην τεχνική προοπτική. Στο επόμενο βήμα ερευνώνται τα αίτια και τα αποτελέσματα που ωθούν στην επιλογή θέσης. Στο τρίτο βήμα δημιουργείται το μοντέλο δικτύου Bayesian για κάθε πιθανό σημείο τοποθέτησης ενός σταθμού και στη συνέχεια πραγματοποιείται μια ανάλυση ευαισθησίας με σκοπό την επιβεβαίωση της εγκυρότητας του μοντέλου αυτού, συγκρίνονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή του μοντέλου και επιλέγεται η καλύτερη λύση μέσω της συνθήκης αληθούς-ψευδούς που αναπτύσσεται στο μοντέλο. Τέλος, συμπεραίνεται ότι τα τεχνικά και τα περιβαλλοντικά κριτήρια έχουν την μεγαλύτερη και την μικρότερη επιρροή στην επιλογή ενός σημείου φόρτισης για σταθμό ηλεκτρικών οχημάτων.

- Οι (Yi & Bauer, 2016) ερευνούν την περίπτωση εύρεσης της καλύτερης δυνατής θέσης ενός σταθμού φόρτισης σε αστικές περιοχές, κάνοντας χρήση ενός μοντέλου λήψης αποφάσεων και ενός μοντέλου βελτιστοποίησης πολλαπλών στόχων που ελέγχει ταυτόχρονα δύο διαφορετικά κριτήρια, τα οποία είναι η αύξηση της διείσδυσης της ηλεκτροκίνησης στην κοινωνία και την μείωση του κόστους των ηλεκτρονικών μεταφορών. Μετά την διεξαγωγή της έρευνας εξάγονται ορισμένα αποτελέσματα για δύο διαφορετικές περιοχές, με σκοπό να φανερωθούν οι ερευνητικές μέθοδοι που προτείνονται και αποκαλύπτεται ότι η βελτιστοποίηση πολλαπλών στόχων προσφέρει καλύτερες λύσεις σχετικά με την εύρεση θέσης ενός σταθμού φόρτισης.

Οι διαφορές της συγκεκριμένης έρευνας σε σχέση με τις υπόλοιπες που έχουν πραγματοποιηθεί είναι οι εξής :

- i. Παρουσιάζεται ένα πλαίσιο βελτιστοποίησης, το οποίο προσφέρει απαντήσεις στο θέμα της εύρεσης τοποθεσίας ενός σταθμού και λαμβάνονται υπόψιν δύο διαφορετικά ενεργειακά κριτήρια σε

συνδυασμό με την συμπερίληψη περιορισμών, όπως η μείωση της εμβέλειας που επηρεάζεται από το κόστος ενέργειας. Επίσης, παρουσιάζεται ένα μοντέλο λήψης αποφάσεων, με σκοπό την παροχή καλύτερων σχεδίων τοποθέτησης ισορροπίας.

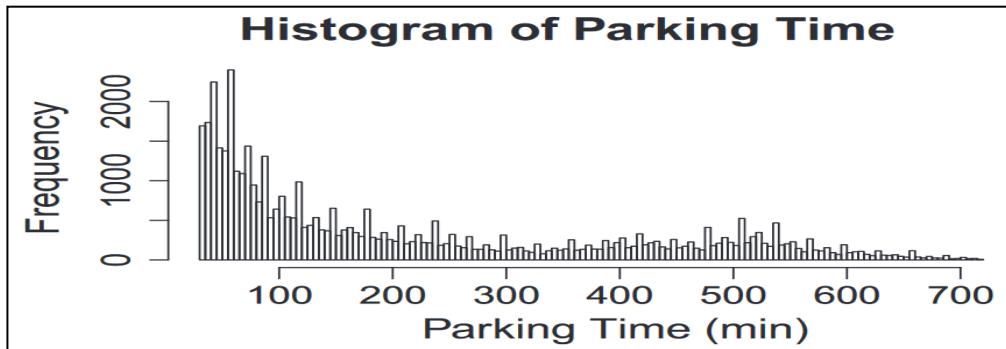
- ii. Γίνεται χρήση ενός μοντέλου υπολογισμού της ενεργειακής κατανάλωσης για την λήψη καλύτερων αποφάσεων και πραγματοποιείται σύγκριση με μοντέλα άλλων εργασιών.
- iii. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος μεγάλης κλίμακας χρησιμοποιείται ένας αλγόριθμος, που αποκαλείται προσαρμοστική άμεση αναζήτηση πλέγματος.
- iv. Αξιοποιείται ένας αλγόριθμος ομαδοποίησης για τον καθορισμό του εύρους αριθμών των σταθμών φόρτισης και μετατρέπεται σε ευκολότερη διαδικασία την εκλογή της καλύτερης πιθανής τοποθεσίας ενός σταθμού.
- v. Αναλύονται πραγματικά δεδομένα από πόλεις με μεγάλο και μικρό πληθυσμό και με αυτό τον τρόπο αναδεικνύεται η αποτελεσματικότητα του αλγορίθμου που κατασκευάστηκε.

Σχετικά με την μεθοδολογία που ακολουθείται, οι ερευνητές ασχολούνται με την αύξηση της διείσδυσης των ηλεκτροκίνητων οχημάτων στην κοινωνία, γνωρίζοντας ταυτόχρονα τα όρια της μπαταρίας. Έχοντας γνώση των περιορισμών που έχουν παρθεί, η εμβέλεια μπορεί να παρθεί χρησιμοποιώντας τους χάρτες της Google. Για να υπάρξει ένα αποτέλεσμα σχετικά με το νούμερο των καταναλωτών που καλύπτονται σε μια συγκεκριμένη περιοχή, είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθεί κατανομή του πληθυσμού για την περιοχή που ερευνάται. Μια μέθοδος με την οποία μπορεί η περιοχή να χωριστεί σε μικρότερες είναι μέσω του ταχυδρομικού κώδικα, επομένως θα χρησιμοποιείται η κάθε πληθυσμιακή ομάδα ξεχωριστά ανάλογα με τον ταχυδρομικό της κώδικα.

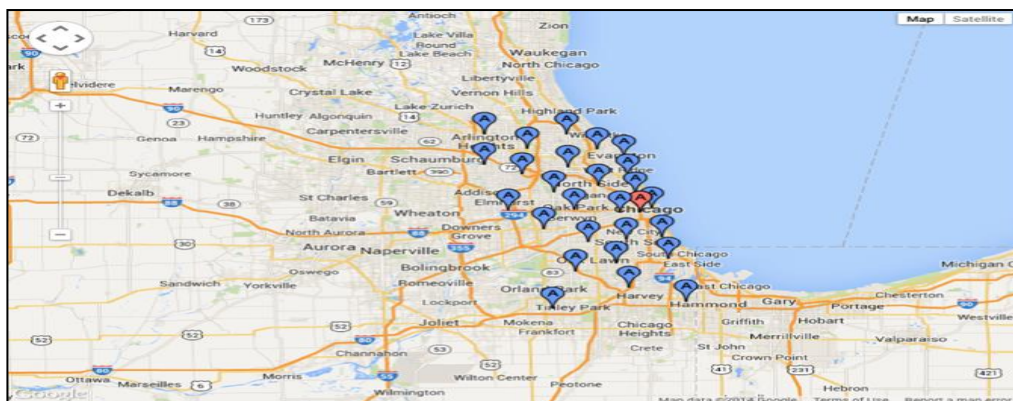
Ως μελέτη περίπτωσης επιλέγεται η περιοχή South Bend, IN, μια πόλη που εντάσσεται στην μεσαία κατηγορία και κατηγοριοποιείται σε 13 υποπεριοχές σύμφωνα με την κατανομή του ταχυδρομικού κώδικα και η περιοχή Chicago που θεωρείται ως μια περιοχή με μεγάλο πληθυσμό και κατηγοριοποιείται σε 13 υποπεριοχές σύμφωνα με την κατανομή του ταχυδρομικού κώδικα. Για να βρεθεί το εύρος των πιθανών τοποθεσιών σε αυτή την μελέτη περίπτωσης, αξιοποιείται ο αλγόριθμος ομαδοποίησης K-means για την κατανομή των δεδομένων.

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν ύστερα από την εφαρμογή της έρευνας, φανερώνουν ότι τα μοντέλα που εφαρμόζονται μπορούν να προσφέρουν πολλά έξυπνα σχέδια για την εύρεση της κατάλληλης θέσης ενός σταθμού φόρτισης. Επίσης, δημιουργείται ένα μοντέλο βελτιστοποίησης πολλαπλών

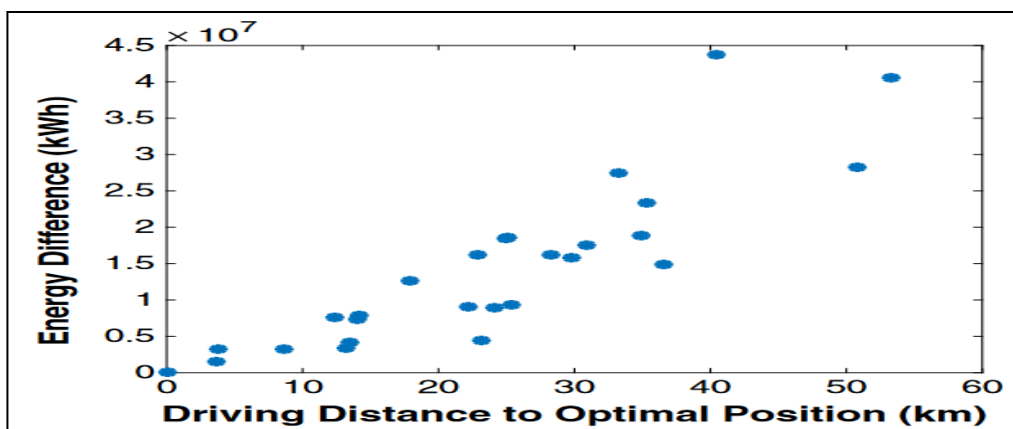
στόχων, με σκοπό τον έλεγχο των δύο κριτηρίων που θέτονται. Η έρευνα που πραγματοποιείται στην περιοχή του Chicago, φανερώνει την ύπαρξη προόδου σχετικά με τον ταυτόχρονο έλεγχο των δύο κριτηρίων. Επιπλέον, η έρευνα αυτή αφήνει το περιθώριο για την αφομοίωση περαιτέρω περιορισμών, όπως η παροχή ισχύος και οι διαθέσιμες θέσεις. Τέλος, πρέπει να τονιστεί ότι οι σταθμοί γρήγορης φόρτισης δεν ερευνώνται στην συγκεκριμένη εργασία.



Γράφημα 2.1.23 : Ιστόγραμμα του χρόνου στάθμευσης για δείγματα με λιγότερο από 12 ώρες και περισσότερο από 30 λεπτά (Yi & Bauer, 2016)



Γράφημα 2.1.24 : Ενιαία βέλτιστη τοποθέτηση σταθμού φόρτισης στο Σικάγο (Yi & Bauer, 2016)

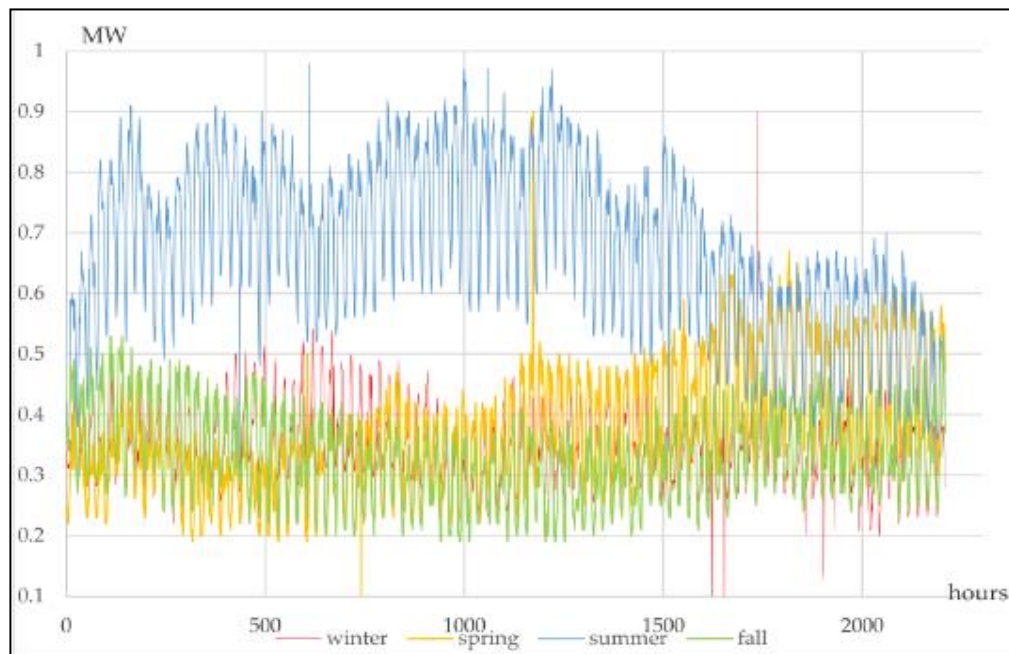


Γράφημα 2.1.25 : Ανάλυση ευαισθησίας (Yi & Bauer, 2016)

- Οι (Mele et al., 2021) εφαρμόζουν ένα μοντέλο γενετικού αλγορίθμου, με σκοπό να μειώσουν την επιβάρυνση που προκαλείται στο δίκτυο ενός μη διασυνδεδεμένου ελληνικού νησιού, μέσω της αλληλεπίδρασης ενός ηλεκτρικού οχήματος με το δίκτυο και να αυξηθεί η διείσδυση της φωτοβολταϊκής ενέργειας στο ηλεκτρικό δίκτυο. Εξετάζονται διάφορες περιπτώσεις για την επίτευξη των σκοπών αυτών.

Στην πρώτη περίπτωση υπάρχει ως δεδομένο ότι η ηλεκτρική ενέργεια στο νησί θα παράγεται αποκλειστικά από τον αυτόνομο σταθμό ντίζελ και έπειτα ελέγχεται η περίπτωση διείσδυσης ηλεκτρικής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά. Οι περιπτώσεις αυτές συνδυάζονται με τα σενάρια περιορισμού στον χρόνο φόρτισης και χαράσσονται διάφορες στρατηγικές, ώστε να αξιοποιηθεί η δυνατότητα του V2G των ηλεκτρικών οχημάτων, στον μέγιστο δυνατό βαθμό

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν φανερώνουν το ποσοστό διείσδυσης των φωτοβολταϊκών και ο αριθμός των ηλεκτρικών οχημάτων που απαιτείται ώστε να καλυφθεί η ζήτηση, για χειμερινή και θερινή περίοδο αντίστοιχα, όμως τα αποτελέσματα αυτά θα πρέπει να προσαρμόζονται ανάλογα και με τις ανάγκες του νησιού. Συμπεραίνεται ότι με την παρουσία ηλεκτρικών οχημάτων, τα οποία και θα υποστηρίζουν το δίκτυο στην διάρκεια των ωρών αιχμής επιτυγχάνεται σημαντική μείωση των εκπομπών καθώς και η απεξάρτηση από την τροφοδοσία μέσω σταθμών ντίζελ.



Γράφημα 2.1.27 : Ωριαία ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για τους μήνες χειμώνα, άνοιξη, καλοκαίρι και φθινόπωρο για το 2018 (Mele et al., 2021).

2.2 Εργαλεία Ανάλυσης

2.2.1 Ορισμός και Σκοπός Εργαλείων Ανάλυσης

Ως εργαλεία ανάλυσης ορίζονται όλα τα γραφήματα και οι χάρτες τα οποία έχουν παραχθεί για την συλλογή, την επεξήγηση, την προσομοίωση και την παρουσίαση των δεδομένων για ένα εύρος τομέων και εφαρμογών. Υπάρχει σημαντική εξέλιξη των εργαλείων αυτών καθώς έχουν δημιουργηθεί ποικίλλα προγράμματα και μεθοδολογίες, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πολλούς ερευνητικούς σκοπούς, για ένα εύρος εφαρμογών πάνω στον τομέα της βιομηχανίας (*What are Data Collection & Analysis Tools? / ASQ*). Μέχρι σήμερα έχουν αναπτυχθεί αρκετά εργαλεία ανάλυσης από τα οποία μπορούν να επιλέξουν οι ερευνητές για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων τους. Μερικά από αυτά είναι το Microsoft Excel, η Python, η R Programming, το Tableau Public, η SAS και η Apache Sparks (Proschool, 2017, p. 1).

2.2.2 Μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την αξιοποίηση των εργαλείων ανάλυσης

Ένα εργαλείο ανάλυσης μπορεί να αξιοποιηθεί με τη χρήση διάφορων μεθόδων. Πιο συγκεκριμένα η ανάλυση δεδομένων, η οποία και θα χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο ανάλυσης στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, διαχωρίζεται σε διάφορες τεχνικές. Μερικές από αυτές είναι οι παρακάτω :

- Η ανάλυση παλινδρόμησης ερευνά την περίπτωση της αλληλεξάρτησης μεταξύ των μεταβλητών. Σκοπός της μεθόδου αυτής είναι να υπολογίσει τον τρόπο που οι διάφορες μεταβλητές είναι ικανές να ασκήσουν επιρροή στην μεταβλητή που αναζητάται. Η μέθοδος αυτή είναι αρκετά χρήσιμη για την εξαγωγή προβλέψεων και μελλοντικών τάσεων, ωστόσο δεν παρέχει στοιχεία για τα αίτια και το αποτέλεσμα της συσχέτισης αυτής και εξαρτάται από τον τύπο δεδομένων που παρέχονται για την έρευνα.
- Η μέθοδος Monte Carlo ορίζεται ως μια ηλεκτρονική μέθοδος η οποία εφαρμόζεται για την παραγωγή μοντέλων πιθανών αποτελεσμάτων και των κατανομών. Ελέγχεται ένα φάσμα πιθανών αποτελεσμάτων και κατόπιν βρίσκεται η πιθανότητα για το πόσο εφικτή είναι η πραγματοποίηση του κάθε αποτελέσματος. Η μέθοδος αυτή βρίσκει εφαρμογή από αρκετούς επιστήμονες, καθώς προβλέπεται καλύτερα τα αποτελέσματα που μπορούν να προκύψουν μελλοντικά και προμηνύει τους πιθανούς κινδύνους.
- Μία από τις μεθόδους που υπάρχουν για την εφαρμογή της ανάλυσης δεδομένων είναι και η ανάλυση παραγόντων. Χρησιμοποιείται για τον περιορισμό ενός μεγάλου αριθμού μεταβλητών σε έναν μικρότερο και

προσφέρει γνώσεις σχετικά με την φανέρωση κρυφών μοτίβων. Επίσης, μέσω αυτού του μοντέλου μπορεί να ερευνηθούν έννοιες, οι οποίες είναι μη μετρήσιμες και μπορεί να ομαδοποιήσει κάποιες μεταβλητές, βασιζόμενο σε κοινά χαρακτηριστικά αυτών.

- Με την ανάλυση κοορτής, διαχωρίζονται οι καταναλωτές σε κατηγορίες και ελέγχεται η συμπεριφορά τους με την πάροδο του χρόνου. Επίσης, φανερώνει διάφορες μορφές συμπεριφοράς του καταναλωτή χρονολογικά και διάφορες πληροφορίες σχετικά με την ζωή του και την καθημερινότητά του. Χρησιμοποιείται περισσότερο από τις εταιρείες για την παροχή πιο εξατομικευμένων πληροφοριών και την προσφορά μιας καλύτερης εμπειρίας στον καταναλωτή.
- Η ανάλυση συστάδων τοποθετεί διάφορα σημεία δεδομένων σε κατηγορίες, οι οποίες είναι εσωτερικά ομοιογενείς και εξωτερικά ετερογενείς. Η σημασία αυτής της ομαδοποίησης είναι ότι τα σημεία δεδομένων εντός μιας συστάδας ταιριάζουν μεταξύ τους, ενώ με τα σημεία εκτός αυτής είναι αταίριαστα. Μέσω της ανάλυσης αυτής μπορεί ένας ερευνητής να αντιληφθεί την σημασία των υπάρχοντων δεδομένων και να προχωρήσει στην περαιτέρω ανάλυση αυτών.
- Χρησιμοποιώντας την τεχνική της ανάλυσης χρονοσειρών γίνεται μια ανασκόπηση των τάσεων και της εποχικότητας, που συνδέονται με τον χρόνο και οι ερευνητές μπορούν να καταλάβουν πως θα διακυμανθεί μελλοντικά μια μεταβλητή που τους απασχολεί. Η συγκεκριμένη μέθοδος συναντά χρήση κυρίως σε επιχειρήσεις για οικονομικούς σκοπούς. Έχουν δημιουργηθεί τρία διαφορετικά μοντέλα με βάση τα δεδομένα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν.
 - i. Τα αυτοπαλίνδρομα μοντέλα
 - ii. Τα ολοκληρωμένα μοντέλα
 - iii. Τα μοντέλα κινητού μέσου όρου
- Ακόμα μια τεχνική η οποία συναντάται στις μέρες μας είναι αυτή της ανάλυσης συναισθήματος. Στόχος της είναι η αποκωδικοποίηση και η ταξινόμηση των συναισθημάτων. Συναντώνται τρεις διαφορετικοί τύποι μοντέλων ανάλυσης συναισθημάτων, οι οποίοι είναι οι εξής :
 - i. Λεπτομερής ανάλυση συναισθήματος.
 - ii. Ανίχνευση συναισθημάτων
 - iii. Ανάλυση συναισθήματος με βάση τις πτυχές

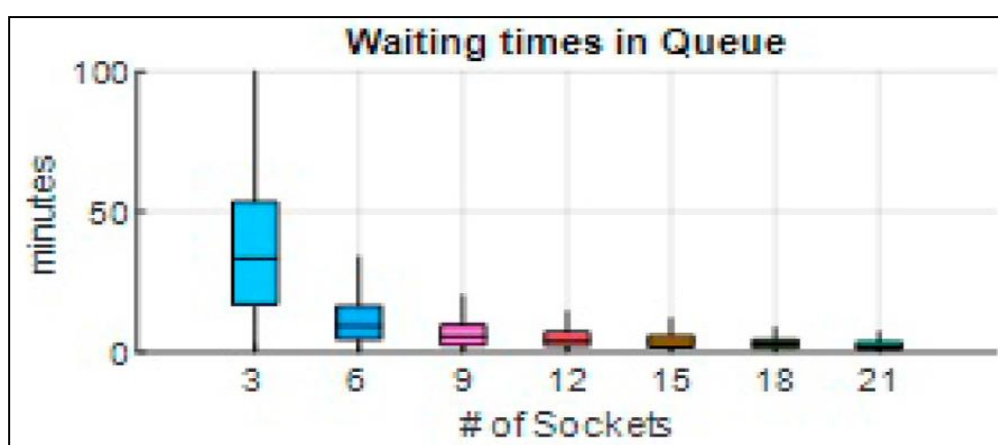
Εν συντομία, ο συγκεκριμένος τύπος ανάλυσης εφαρμόζει διάφορα συστήματα επεξεργασίας φυσικής γλώσσας, έτσι ώστε να μπορέσουν οι ερευνητές να αντιληφθούν τα αισθήματα του καταναλωτή για ένα συγκεκριμένο αντικείμενο και να εντοπίσουν τυχόν προβλήματα που προκαλούνται ώστε να βελτιωθεί το αντικείμενο αυτό.

Οι παραπάνω πληροφορίες αντλήθηκαν από την πηγή (*The 7 Most Useful Data Analysis Techniques [2023 Guide]*, 2021)

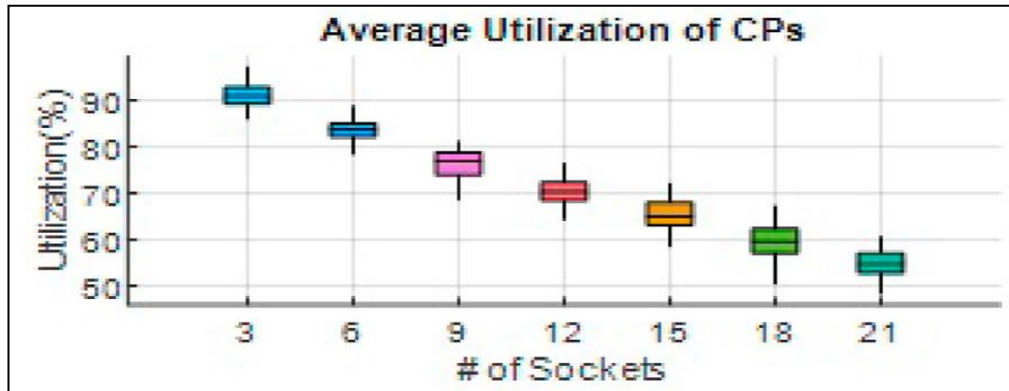
2.2.3 Παραδείγματα εφαρμογής εργαλείων ανάλυσης στον χώρο της ηλεκτροκίνησης

Διάφορα εργαλεία έχουν χρησιμοποιηθεί από αρκετούς ερευνητές για την διεξαγωγή μεγάλου αριθμού ερευνών στον χώρο της ηλεκτροκίνησης. Παρακάτω παρατίθενται διάφορα παραδείγματα που έχουν διενεργηθεί στον χώρο της ηλεκτροκίνησης.

- Οι (Poyrazoglu & Coban, 2021) ερευνούν τον χώρο ενός εμπορικού κέντρου, που είναι ανοιχτό για 12 ώρες την ημέρα και με ένα εύρος 300-400 ηλεκτρικών οχημάτων να εισέρχονται καθημερινά στον χώρο, με την χρήση ενός εργαλείου στοχαστικής εκτίμησης τιμών για διάφορα σημεία φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Για την διεξαγωγή της έρευνας αυτής χρησιμοποιούνται τα ρεαλιστικά δεδομένα που προέρχονται από το Google Popularity Rating και έτσι κατασκευάζεται ένα χρονικό σύνολο δεδομένων για τον χρόνο που φτάνουν και τον χρόνο που φεύγουν από έναν σταθμό τα ηλεκτρικά οχήματα. Το εργαλείο που έχει αναπτυχθεί στην παρούσα εργασία παράγει ποικιλία δεδομένων σχετικά με το θέμα της ηλεκτρονικής κινητικότητας. Τα δεδομένα αυτά είναι σε θέση να αξιοποιηθούν για διαφορετικές έρευνες σχετικές με το θέμα της ηλεκτροκίνησης, όπως για την αποτίμηση και την υλοποίηση της φόρτισης των υποδομών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων ή για εφαρμογές έξυπνης φόρτισης. Οι συγκεκριμένοι ερευνητές πραγματεύονται τον χρόνο αναμονής των ηλεκτρικών οχημάτων στον σταθμό φόρτισης του εμπορικού κέντρου και πως αυτός μεταβάλλεται με την τοποθέτηση περισσότερων πριζών και αποδεικνύεται πως μια οικονομικότερη ηλεκτρική υποδομή σε συνδυασμό με έναν έξυπνο αλγόριθμο φόρτισης μπορεί να ικανοποιήσει τις ανάγκες για μια ικανοποιητική φόρτιση ενός φορτιστή ηλεκτρικού οχήματος. Παρακάτω παραθέτονται μερικά γραφήματα που αφορούν την συγκεκριμένη έρευνα.



Γράφημα 2.2.1 : Ο μέσος χρόνος αναμονής συγκριτικά με τον αριθμό των διαθέσιμων πριζών (Poyrazoglu & Coban, 2021)



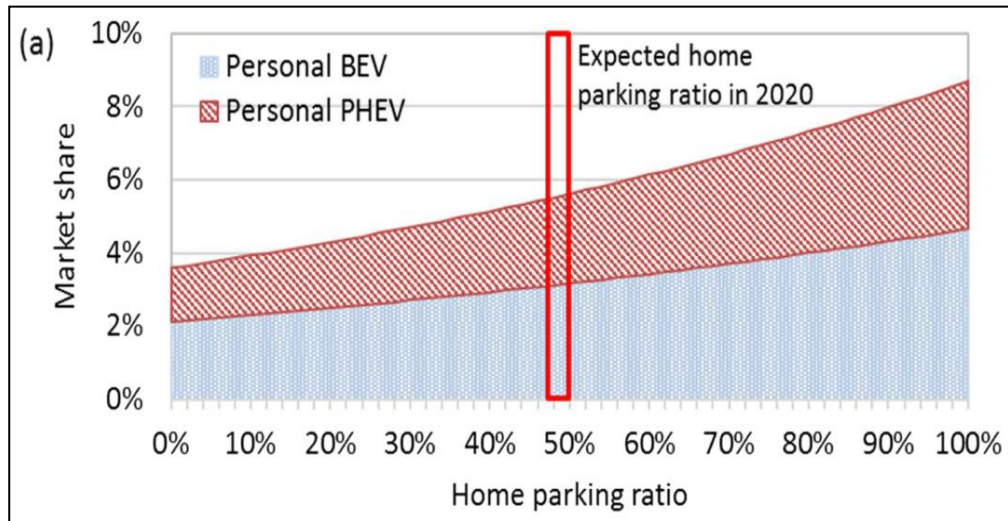
Γράφημα 2.2.2 : Μέση χρήση των σημείων φόρτισης συγκριτικά με τον αριθμό των εγκατεστημένων πριζών (Poyrazoglu & Coban, 2021)

- Οι (Belaid et al., 2022) στην έρευνά τους, εισάγουν ένα εργαλείο βελτιστοποίησης που προορίζεται για έναν σταθμό φόρτισης που τροφοδοτείται από φωτοβολταϊκά πάνελ, με στόχο την επίτευξη μιας βελτιστοποιημένης γραμμικής ροής ισχύος, έχοντας ως περιοριστικά στοιχεία την χρονική διάρκεια επαναφόρτισης, την κατανάλωση των ηλεκτρικών οχημάτων εντός μιας ημέρας και την παραγωγή φωτοβολταϊκής ισχύος από τα πάνελ κατά τη διάρκεια μιας ημέρας. Η έρευνα αυτή εξαρτάται από έναν αλγόριθμο βελτιστοποίησης, μέσω του οποίου μπορεί να επιλεγεί ο καλύτερος σταθμός φόρτισης για ένα συγκεκριμένο σημείο, βασιζόμενοι στην ανάγκη για κινητικότητα και επαναφόρτιση καθώς και στο διαθέσιμο κόστος επένδυσης, στοχεύοντας σε μια πιο ρεαλιστική επιλογή ενός σταθμού φόρτισης και στην μεγαλύτερη κοινωνική αποδοχή του από τους καταναλωτές.

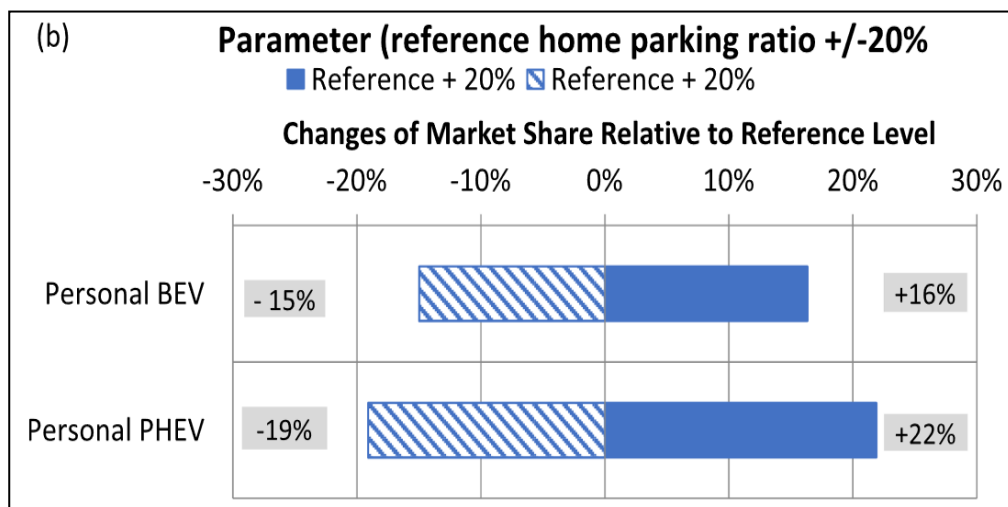
Επίσης, φανερώνεται μέσω του πειραματικού μέρους της έρευνας, ότι αυτή η βελτιστοποίηση επιτρέπει την ακολούθηση του προφίλ παραγωγής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά, ενώ την ίδια στιγμή διατηρείται ο μικρότερος δυνατός χρόνος επαναφόρτισης και δίνεται στον οδηγό η δυνατότητα εντοπισμού του καλύτερου δυνατού τρόπου επαναφόρτισης, παίρνοντας ως δεδομένους διάφορους περιορισμούς.

- Επίσης, οι (Ou et al., 2020) προσπαθούν να εξελίξουν μια μέθοδο για να ενσωματωθεί και η ποσοτικοποίηση της υποδομής φόρτισης, χρησιμοποιώντας το εργαλείο ανάλυσης της αγοράς οχημάτων NEOCC. Δημιουργείται μια κύρια περίπτωση αλλά και πολλές διαφορετικές δευτερεύουσες περιπτώσεις για να γίνει αντιληπτό πως η απόκτηση ενός ηλεκτρικού οχήματος μεταβάλλεται με την αλλαγή διάφορων παραγόντων. Στην έρευνα αυτή συνειδητοποιείται η σύνδεση μεταξύ της δυναμικής των οχημάτων και του σταθμού φόρτισης, σε πολλούς χώρους. Ακόμα, η έρευνα αυτή διερευνά την ευαισθησία των παραμέτρων στα κέρδη του τομέα της ηλεκτροκίνησης και φανερώνει ότι τα χαρακτηριστικά της υποδομής φόρτισης ασκούν λιγότερη επιρροή στο κέρδος της επιχείρησης από ότι το κόστος της

μπαταρίας. Παρακάτω παραθέτονται μερικά γραφήματα που αφορούν την συγκεκριμένη έρευνα.



Γράφημα 2.2.3 : Μεριδίο αγοράς των ηλεκτρικών οχημάτων ανά ποσοστό στάθμευσης στο σπίτι (Ou et al., 2020)



Γράφημα 2.2.4 : Μεταβολές των προσωπικών μεριδίων αγοράς ηλεκτρικών οχημάτων που επηρεάζονται από την αναλογία στάθμευσης στο σπίτι (Ou et al., 2020)

2.3 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Ερευνώντας διάφορα επιστημονικά άρθρα που δημοσιεύθηκαν και τα οποία αφορούν τον τομέα της ηλεκτροκίνησης όπου τα περισσότερα από τα άρθρα, αφορούν ειδικότερα την επιλογή της βέλτιστης τοποθεσίας ενός σταθμού φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, εξετάζοντας διάφορες παραμέτρους. Θα πραγματοποιηθεί μια σύγκριση μεταξύ των εξεταζόμενων ερευνών και θα γίνει αξιολόγηση του μοντέλου και των παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν σε καθεμία από αυτές. Επίσης, θα ερευνηθεί η πηγή από την οποία αντλήθηκαν τα δεδομένα των ερευνητών καθώς και η ποικιλία των παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν.

Αρχικά, θα πραγματοποιηθεί μια αξιολόγηση των παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε ερευνητική εργασία ξεχωριστά.

Στη συνέχεια θα κατασκευαστεί ένας πίνακας στον οποίο θα παρατεθούν οι πηγές από τις οποίες άντλησαν τα δεδομένα τους οι ερευνητές και εάν είναι διαθέσιμες στο ευρύτερο κοινό.

Ύστερα, θα γίνει επιλογή των καλύτερων παραμέτρων που χρησιμοποιούνται στα επιστημονικά άρθρα που μελετήθηκαν, σύμφωνα και με τις ανάγκες που παρουσιάζονται στην μελέτη περίπτωσης της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο οι ερευνητές εφαρμόζουν τα μοντέλα τους, παρατηρούνται οι παρακάτω συνδυασμοί :

- Οι (X. Li & Jenn, 2022), (Aboshady et al., 2022), (Bai et al., 2019) , (Hosseini & Sarder, 2019) χρησιμοποιούν διάφορες μαθηματικές εξισώσεις ώστε να αποτυπώσουν το πρόβλημα. Οι (Aguilar Lopez et al., 2023) βασίζονται σε παρόμοιες έρευνες με την δική τους και μέσω αυτών προτείνουν σενάρια και κάνουν χρήση της ανάλυσης ευαισθησίας, για τον προσδιορισμό των προβλημάτων που πρέπει να επιλυθούν. Οι (Charly et al., 2023) για την επίλυση του προβλήματος χρησιμοποιούν την προσέγγιση GIS με σκοπό την επεξεργασία των δεδομένων τους, τα οποία πάρθηκαν με την συνεισφορά άλλων ερευνητικών εργασιών. Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν διάφορα εργαλεία όπως διανυσματικά και plug – in για την δημιουργία γραφημάτων, όπως και τα εργαλεία autoSaver για την αποθήκευση του έργου, το Qpackage για την εξαγωγή των διανυσματικών επιπέδων από το ένα σύστημα αναφοράς συντεταγμένων στο άλλο και το QuickOSM για την λήψη δεδομένων.
- Οι (Dimatulac et al., 2023) χρησιμοποιούν δεδομένα με βάση το λογισμικό GIS (Geographical Information Systems) σε συνδυασμό με δεδομένα GPS βαρέων οχημάτων, για την ανάπτυξη του μοντέλου τους και αξιοποιούν παρόμοιες ερευνητικές εργασίες για την εξαγωγή των δεδομένων τους. Τέλος, στο μοντέλο που χρησιμοποιούν εφαρμόζεται μια μαθηματική εξίσωση για

τον υπολογισμό μιας παραμέτρου. και έγινε χρήση της εφαρμογής Google Maps για την επαλήθευση των πιθανών τοποθεσιών που προέκυψαν από την εφαρμογή του μοντέλου. Οι (Hamed et al., 2023) χρησιμοποιούν ένα μαθηματικό πλαίσιο για τον υπολογισμό του αριθμού οχημάτων και του συνολικού βαθμού κάλυψης. Επίσης, γίνεται εκμετάλλευση του λογισμικού FrontlineSolvers και ενός μοντέλου γραμμικού προγραμματισμού για την μαθηματική βελτιστοποίηση του προβλήματος. Επιπλέον, χρησιμοποιείται μια μακροεντολή VBA για τον προσδιορισμό της απόστασης μεταξύ του κέντρου κάθε περιοχής και του σημείου όπου θα εγκατασταθεί ένας σταθμός φόρτισης και πραγματοποιείται μια ανάλυση κόστους – οφέλους για να αξιολογηθεί η χρησιμότητα των διαφορετικών επιπέδων φόρτισης. Οι (J. He et al., 2018) κάνουν χρήση γραμμικών συστημάτων και μαθηματικών μοντέλων διάφορων ερευνητών για την εύρεση λύσης στο πρόβλημα.

- Οι (Nazari et al., 2019) προχωρούν σε ανάλυση και αξιολόγηση των δεδομένων που λαμβάνουν με σκοπό τον προσδιορισμό για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της υιοθέτησης των ηλεκτρικών οχημάτων, οι (Ren et al., 2019) αξιοποιούν αλγόριθμους και μαθηματικές εξισώσεις αποσκοπώντας στην επίλυση του προβλήματος. Οι (Xi et al., 2013) μέσω ενός μοντέλου γραμμικού ακέραιου προγραμματισμού, που έχει χρησιμοποιηθεί και σε προηγούμενη έρευνα, μοντέλων προσομοίωσης και μοντέλων βελτιστοποίησης βρίσκουν τρόπους επίλυσης του προβλήματος της τοποθέτησης ενός σταθμού φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων και πραγματοποιείται μια ανάλυση ευαισθησίας για να επιβεβαιωθεί η διαδικασία που ακολουθήθηκε από τους ερευνητές.
- Οι (Yi & Bauer, 2016) αξιοποιούν διάφορα εργαλεία που έχουν στην διάθεσή τους, όπως ένα πλαίσιο βελτιστοποίησης για την εύρεση πιθανών σημείων τοποθέτησης ενός σταθμού φόρτισης, ένα μοντέλο λήψης αποφάσεων για την επιλογή των καλύτερων δυνατών στρατηγικών τοποθέτησης και ένα μοντέλο υπολογισμού της κατανάλωσης ενέργειας των ηλεκτρικών οχημάτων για την υλοποίηση ενός μοντέλου λήψης αποφάσεων. Επιπλέον χρησιμοποιείται ένας αλγόριθμος που αποκαλείται προσαρμοστική άμεση αναζήτηση πλέγματος, το λογισμικό EVRE για τον υπολογισμό του ενεργειακού κόστους, η πόλη προσομοίωσης SimCity, με σκοπό την φανέρωση των διαθέσιμων μοντέλων βελτιστοποίησης, τεχνικές εξαγωγής δεδομένων (Chicago Regional Household Travel Inventory) για την περαιτέρω ανάλυση των δεδομένων. Ακόμα, αξιοποιείται ο αλγόριθμος K-means για την ταξινόμηση των δεδομένων σε διάφορες κλάσεις και η λύση Pareto για να βρεθεί η καλύτερη δυνατή αντιμετώπιση στο πρόβλημα και αξιολογείται ο χρόνος παραμονής στους σταθμούς φόρτισης για όλες τις επιλεγμένες περιοχές.

- Οι (Zafeiratou & Spataru, 2022) στην δική τους επιστημονική έρευνα, εκμεταλλεύονται τις δυνατότητες του λογισμικού PLEXOS, το οποίο παρέχει την προσομοίωση και την βελτιστοποίηση των αγορών ηλεκτρικού ρεύματος και φυσικού αερίου και χρησιμοποιούν το εργαλείο βελτιστοποίησης τιμής Long Term το οποίο βοηθάει στην παροχή των καλύτερων δυνατών επενδύσεων για την παραγωγή, την αποθήκευση και την μεταφορά σε κάθε περιοχή που μελετάται, καθώς και το εργαλείο προσομοίωσης Short Term, το οποίο εφαρμόστηκε για προσομοιώσεις ηλεκτρικών οχημάτων. Οι (Zhou et al., 2022) χρησιμοποιούν ένα μοντέλο βελτιστοποίησης για την καλύτερη τοποθέτηση των σταθμών φόρτισης, έναν αναγνωρισμένο γενετικό αλγόριθμο για την προσομοίωση της καλύτερης τοποθέτησης των σταθμών φόρτισης, ένα μοντέλο κοινωνικού κόστους, βασιζόμενο σε διάφορα κοινωνικά κόστη. Ακόμα καθορίστηκαν πιθανοί συνδυασμοί διάφορων παραμέτρων μέσω του λογισμικού MATLAB και λαμβάνεται υπόψιν ο καλύτερος δυνατός συνδυασμός τύπων φορτιστών για την εύρεση του χαμηλότερου δυνατού κόστους.
- Οι (Belaid et al., 2022) χρησιμοποιούν μια γραμμική ροή ισχύος για τον συνδυασμό των ιδανικότερων χαρακτηριστικών του σταθμού, όπως ο μικρός χρόνος φόρτισης εντός των πλαισίων παραγωγής του φωτοβολταϊκού ενώ ταυτόχρονα επιτυγχάνεται το ελάχιστο δυνατό κόστος. Για την κωδικοποίηση του συγκεκριμένου μοντέλου χρησιμοποιείται το λογισμικό Python και πιο συγκεκριμένα η βιβλιοθήκη PYPSA, που χρησιμοποιείται για την προσομοίωση και την βελτίωση των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, αξιοποιείται η λειτουργική ανάλυση, με σκοπό την καλύτερη αντίληψη του σχεδιασμού του προϊόντος και για την έγκριση της λειτουργίας του εργαλείου χρησιμοποιείται ένα μοντέλο επικύρωσης στο οποίο αξιολογούνται τα κριτήρια που λήφθηκαν υπόψιν.
- Οι (Ou et al., 2020) εφαρμόζουν το NEOCC, το οποίο ορίζεται ως ένα μοντέλο βελτιστοποίησης όπου εφαρμόζεται η δυναμική της αγοράς της αυτοκινητοβιομηχανίας, έχοντας ως κριτήρια τα κίνητρα που παρέχει η κυβέρνηση και τα μέτρα που λαμβάνονται για τα ηλεκτρικά οχήματα στην Κίνα. Το συγκεκριμένο μοντέλο, με την βοήθεια της συνάρτησης nested logit εκτιμά τις τιμές 18 διαφορετικών τύπων οχημάτων είτε αυτά είναι προσωπικά οχήματα είτε δημόσια. Επίσης, χρησιμοποιούνται αρκετές εξισώσεις για την παραγωγή αποτελεσμάτων και για να βρεθεί το καλύτερο δυνατό σύνολο λύσεων, χρησιμοποιείται ένας γενετικός αλγόριθμος. Ακόμα μερικές παράμετροι που χρησιμοποιούνται είναι το κόστος ανησυχίας για την εμπέλεια, το οποίο αξιοποιείται για την δημιουργία ποσοστού σχετικά με τα ηλεκτρικά οχήματα τα οποία αδυνατούν να ολοκληρώσουν την διαδρομή τους, λόγω του χαμηλού εύρους αυτονομίας τους και η ικανοποίηση των αναγκών του οδηγού. Επιπλέον αξιοποιείται η κατανομή Γάμμα που αφορά

τις αποστάσεις που διανύει ένας κάτοικος ημερησίως, μια ανάλυση ευαισθησίας με σκοπό τον υπολογισμό της αβεβαιότητας των κριτηρίων που θεσπίζονται για την εγκατάσταση ενός σταθμού φόρτισης και μέσω της ανάλυσης της υποδομής φόρτισης του μοντέλου NEOCC, παρακολουθείται η επίδραση που προκαλεί η οικιακή φόρτιση.

- Οι (Poyrazoglu & Coban, 2021) έχουν στην διάθεση τους μια προσομοίωση, η οποία δημιουργεί διαφορετικούς τύπους δεδομένων σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Για την εξαγωγή αποτελεσμάτων πραγματοποιείται μια προσομοίωση ενός δημόσιου σταθμού φόρτισης, με διαφορετικές αφίξεις οχημάτων και ώρες εξυπηρέτησης σύμφωνα με το Google Popular Times και μη επιλεγμένη στάθμη μπαταρίας. Επιπλέον, οι ερευνητές αξιοποιούν δεδομένα του Google Location History και την κατανομή Poisson.

Σχετικά με την προσομοίωση που πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια της έρευνας, αρχικά στη μονάδα Vehicle Features Generator (VFG) κάθε όχημα που καταφθάνει στον χώρο μελέτης, διαχειρίζεται ξεχωριστά για την κατασκευή ενός αληθοφανούς συνόλου οχημάτων που καταφθάνουν καθημερινά. Τα επόμενα στάδια της προσομοίωσης αποτελούνται από την μονάδα εισερχόμενων οχημάτων και με την μονάδα OV, στην οποία αναγράφεται η στιγμή αναχώρησης κάθε οχήματος και όποτε ένα όχημα αποχωρεί από την ουρά αναμονής καταγράφεται από την μονάδα παρακολούθησης ουράς. Η υπηρεσία παρκαδόρου είναι μια πρόσθετη μονάδα, η οποία παραλαμβάνει το όχημα κατά την άφιξη του στην περιοχή και το οδηγεί στον χώρο στάθμευσης και η παράδοσή του μετά την ολοκλήρωση των υποχρεώσεων του οδηγού. Τέλος, για να διευκρινιστεί η ακρίβεια του πειράματος και για την δημιουργία γραφημάτων, πραγματοποιείται μια σύγκριση των μετρήσεων για διαφορετικούς αριθμούς υποδοχών με ταυτόχρονη διατήρηση των παραδοχών που έχουν ληφθεί.

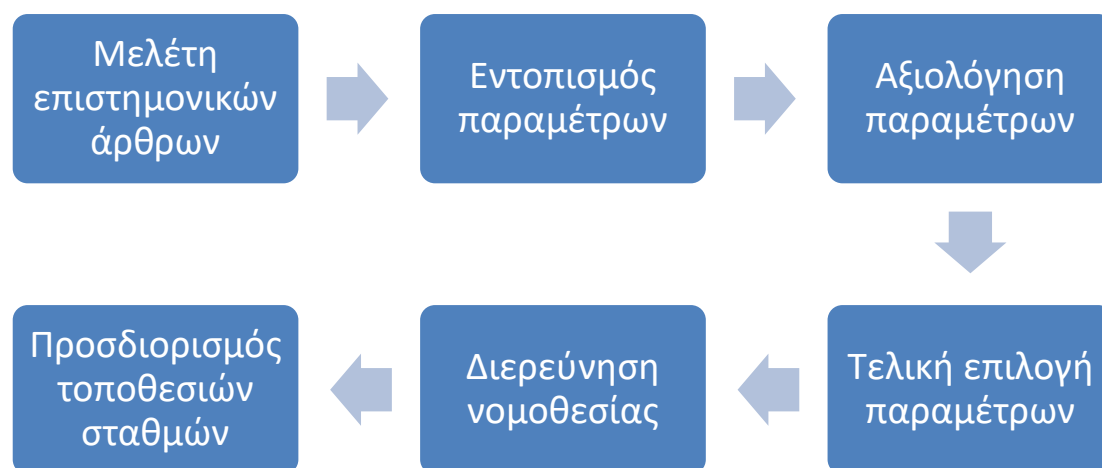
- Οι (Mele et al., 2021) για την παραγωγή των αποτελεσμάτων τους, χρησιμοποιούν αρχικά το πρόγραμμα PVGIS, ώστε να παραχθεί η καμπύλη ισχύος ενός φωτοβολταϊκού σταθμού ονομαστικής ισχύος 140 kWp, για χειμώνα και καλοκαίρι αντίστοιχα. Έπειτα, δημιουργείται από τους ερευνητές ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης, το οποίο χαρακτηρίζεται ως πρόβλημα τετραγωνικού προγραμματισμού και το οποίο περιλαμβάνει διάφορες μαθηματικές εξισώσεις οι οποίες αποσκοπούν στην επίτευξη της μεγαλύτερης διείσδυσης των φωτοβολταϊκών και στην μείωση της παραγόμενης ενέργειας από κινητήρα ντίζελ για την φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων. Για τον προσδιορισμό των πιθανών λύσεων για το πρόβλημα αυτό, χρησιμοποιείται ένας γενετικός αλγόριθμος

Όνομασία Ερευνητών	Όνομασία Μοντέλου	Διαθεσιμότητα Δεδομένων
X.Li & Jenn	IEVCO	U.S. Department of Energy's National Renewable Energy Laboratory
Nazari	NL	California Household Travel Survey
Aguilar-Lopez	MATILDA	BatPac model
Aboshady		UK National Travel Survey, EV Database, Gridserve, UK Department for Transport
Zafeiratou & Spataru	PLEXOS	HEDNO, National Aeronautics and Space Administration, Electric Vehicle Database, Hellenic Statistical Authority, World Bank, Eurostat, Hellenic Republic - Ministry of Tourism
Xi	MORPC	Mid-Ohio Regional Planning Commission, US Department of Energy's Energy Information Administration, US Environmental Protection Agency
Dimatulac	ARN	Shaw Tracking, Independent Electricity System Operator
Hamed	MCLM	Greater Amman Municipality
Charly	OSM	Central Statistics Office, Open Street Map, Geofabrik.
Zhou	GA	Environmental System Research Institute, Sustainable Energy Authority of Ireland, Central Statistics Office, Wikipedia
J.He	Bi-level	Global Position System
Ren	Gray Model	State Grid Nanjing Power Supply Company Website
Bai	NSGA-II	Yiliu
Hosseini & Sarder	Bayesian	Transportation and Traffic Organization of Tehran Municipality
Yi & Bauer	K-means	DOT, Wikipedia, Chicago Regional Household Travel Inventory, UnitedStatesZipCodes.org
Poyzaroglu & Coban		Google Popularity Rating
Belaid	PYPSA	Moroccan market
Mele		HEVDO
Ou	NEOCC	China's 2017 Passenger Vehicle Market, Shanghai Electric Vehicle Data Center, China Automotive Technology and Research Center

Πίνακας 1.1 : Βάσεις δεδομένων όπου αντλήθηκαν τα στοιχεία της κάθε έρευνας

Κεφάλαιο 3: Μεθοδολογία

Για να μπορέσει να υπάρξει ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα και να επιλεγούν τα κατάλληλα κριτήρια με τα οποία θα επιλεγεί η ποσότητα των σταθμών φόρτισης που πρέπει να εγκατασταθεί, ακολουθήθηκε η διαδικασία που παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 3.1 : Μεθοδολογία

Όσον αφορά την μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας, εκφράζεται με τα παρακάτω βήματα :

Βήμα 1 : Αρχικά, πραγματοποιείται μια μελέτη διάφορων επιστημονικών άρθρων ,στα οποία εφαρμόζονται μοντέλα που αφορούν τον χώρο της ηλεκτροκίνησης, κυρίως όσον αφορά την επιλογή τοποθεσίας ενός σταθμού φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων.

Βήμα 2 : Εντοπίζονται οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται σε κάθε ένα από τα επιστημονικά άρθρα που μελετήθηκαν

Βήμα 3 : Συγκεντρώνονται οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται σε κάθε μοντέλο ξεχωριστά και γίνεται αξιολόγηση της βαρύτητας της κάθε παραμέτρου που χρησιμοποιείται στα εξεταζόμενα μοντέλα και προσδιορίζεται η σημαντικότητα της καθεμίας από αυτές.

Βήμα 4 : Τελική επιλογή παραμέτρων από τα επιστημονικά άρθρα που μελετήθηκαν, τα οποία θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν, με βάση και τις ανάγκες των περιοχών μελέτης που έχουν επιλεγεί.

Βήμα 5 : Διερεύνηση της νομοθεσίας που προσδιορίζει τις πιθανές τοποθεσίες ενός σημείου φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων

Βήμα 6 : Προσδιορισμός τοποθεσιών σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, στις περιοχές μελέτης που έχουν επιλεγεί βάσει και του νομοθετικού πλαισίου που αφορά την εγκατάσταση σταθμών φόρτισης

3.1 Μελέτη Περίπτωσης

Ως μελέτη περίπτωσης της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα ερευνηθούν το σύμπλεγμα νησιών Τήλου, Χάλκης και των Αντικυθήρων με σκοπό την εύρεση πιθανών θέσεων εγκατάστασης ενός σταθμού φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων.

3.1.1 Τήλος

Η Τήλος είναι ένα νησί το οποίο βρίσκεται στα Δωδεκάνησα, έχοντας έκταση 61,487 km², με πληθυσμό 746 κατοίκους, σύμφωνα με την απογραφή του 2021 (*Μόνιμος Πληθυσμός - ELSTAT, 2021*) και το συνολικό κύριο και δευτερεύων οδικό δίκτυο της Τήλου εκτείνεται στα 33 km (: : Γενική Γραμματεία Αιγαίου Και Νησιωτικής Πολιτικής / Νησιά Του Αιγαίου (Χώρος Ευθύνης Γ.Γ. Αιγαίου & Ν.Π.), n.d.) . Η Τήλος αποτελεί μέρος αρκετών ερευνητικών προγραμμάτων σχετικά με την ενεργειακή μετάβαση του νησιού, όπως το πρόγραμμα «Αντώνης Τρίτσης», ύψους 1.000.000, το οποίο έχει σχέση με την διάδοση της ηλεκτροκίνησης στο νησί, καθώς το πρόγραμμα αυτό προβλέπει την παροχή ηλεκτρικών οχημάτων και την προμήθεια ηλεκτρικών φορτιστών στο νησί. Πιο συγκεκριμένα μέσω του προγράμματος αυτού διατέθηκαν στον δήμο Τήλου για χρήση, τα παρακάτω (*Με ηλεκτρικά οχήματα θα εφοδιαστεί η Τήλος, 2021*).

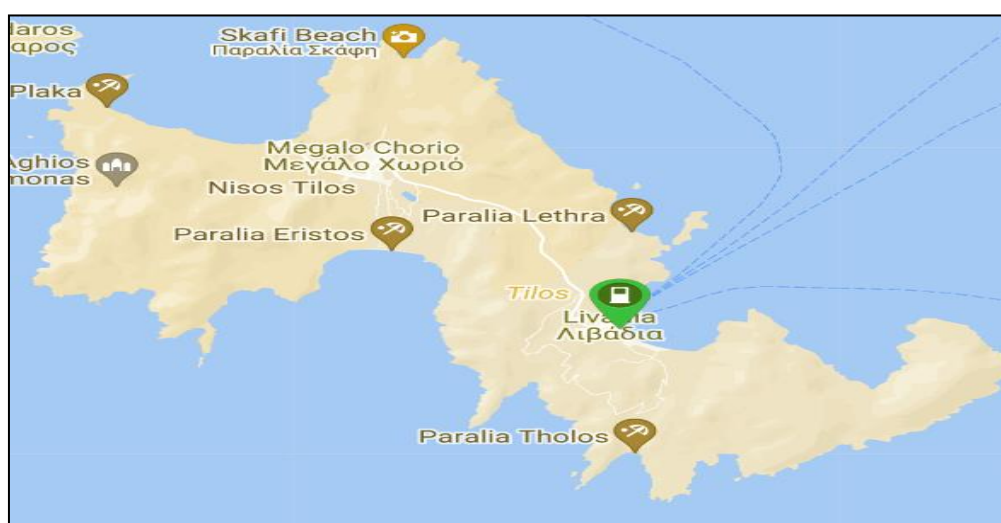
- 1 ηλεκτρικό επιβατικό όχημα
- 1 ηλεκτρικό όχημα βαρέως τύπου
- 1 ηλεκτρικό όχημα με ανατροπή, για πολλαπλές χρήσεις
- 1 ηλεκτρικό όχημα για συλλογή απορριμμάτων
- 1 ηλεκτρικό λεωφορείο, που διαθέτει 42 θέσεις για επιβάτες
- 1 σταθμός φόρτισης και 4 επιτοίχιους φορτιστές, οι οποίοι θα αξιοποιηθούν για την φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων

Επίσης, στο νησί κυκλοφορεί ακόμα ένα λεωφορείο με 52 διαθέσιμες θέσεις για τους επιβάτες και το οποίο διαθέτει αυτονομία για 300 χιλιόμετρα (athenstransport, 2022) Ακόμα, αξίζει να σημειωθεί ότι στην Τήλο εγκαταστάθηκε ο πρώτος ηλιακός σταθμός φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε ελληνικό νησί. Το συγκεκριμένο

σύστημα φόρτισης είναι της εταιρείας "Schneider" και θα τροφοδοτείται από τον αυτόνομο φωτοβολταϊκό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που είναι εγκατεστημένος σε δημόσιο κτήριο και θα καλύπτει τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια 2 ηλεκτρικών οχημάτων (1:30 ώρα φόρτισης για κάλυψη 100 km αυτονομίας), ενώ παράλληλα θα καλύπτονται οι ανάγκες σε ηλεκτρισμό του δημοσίου κτηρίου στο οποίο στεγάζεται ο σταθμός παραγωγής (Στην Τήλο ο πρώτος ηλιακός σταθμός φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε ελληνικό νησί, 2019). Επίσης, αξίζει να αναφερθεί ότι ο φορτιστής που περιλαμβάνεται είναι τύπου TYPE II, μέγιστης ισχύος 7 kW, ενώ η πρίζα είναι τυπική πρίζα "σούκα" EU 230 V μέγιστης ισχύος 3 kW (‘Ο πρώτος ηλιακός σταθμός φόρτισης ηλεκτροκίνητων σε ελληνικά νησιά στην Τήλο (φωτο)', n.d.). Γενικότερα, παρατηρούνται συνολικά 3 σταθμοί φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων κατά μήκος του νησιού.



Εικόνα 3.1 : Ο πρώτος ηλιακός σταθμός φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων της εταιρείας "Schneider" στο νησί της Τήλου (Η Τήλος Στην Εποχή Της Ηλεκτροκίνησης, 2019)



Εικόνα 3.2 : Απεικόνιση του νησιού της Τήλου και τοποθεσία σταθμού φόρτισης (PlugShare - EV Charging Station Map - Find a Place to Charge, 2023)



Εικόνα 2.3 : Απεικόνιση του ηλιακού σταθμού φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στο νησί της Τήλου ('Ο πρώτος ηλιακός σταθμός φόρτισης ηλεκτροκίνητων σε ελληνικά νησιά στην Τήλο (φωτο)', n.d.)

3.1.2 Χάλκη

Η Χάλκη είναι ένα νησί το οποίο βρίσκεται στο νοτιοανατολικό Αιγαίο και πιο συγκεκριμένα στην περιοχή των Δωδεκανήσων, έχοντας έκταση 26,98 km², 475 μόνιμους κατοίκους, σύμφωνα με την απογραφή που πραγματοποιήθηκε το 2021 (*Μόνιμος Πληθυσμός - ELSTAT, 2021*) και το συνολικό κύριο και δευτερεύων οδικό δίκτυο της Χάλκης εκτείνεται στα 13 km (: : *Γενική Γραμματεία Αιγαίου Και Νησιωτικής Πολιτικής / Νησιά Του Αιγαίου (Χώρος Ευθύνης Γ.Γ. Αιγαίου & Ν.Π.)*, n.d.)

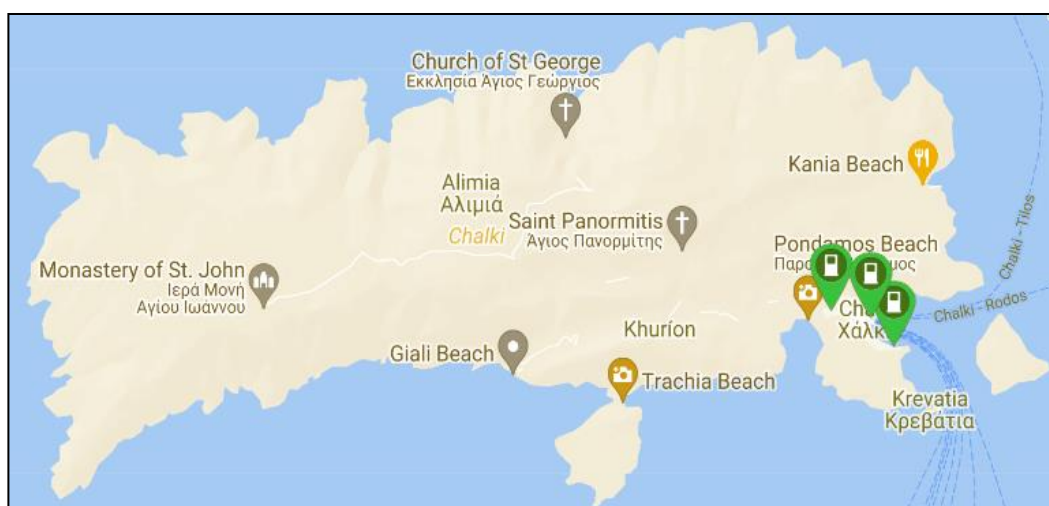
Επίσης, η Χάλκη είναι το πρώτο GR-eco island της Ελλάδας καθώς βρίσκεται στη διαδικασία της ενεργειακής μετάβασης. Ένα από τα μέτρα που πάρθηκαν για την μετατροπή του νησιού σε « πρότυπο » νησί για την βιώσιμη ανάπτυξη, είναι και ο εξηλεκτρισμός του στόλου οχημάτων του νησιού με την αντικατάσταση των οχημάτων μηχανών εσωτερικής καύσης σε ηλεκτρικά με ταυτόχρονη παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, παρέχοντας πλήρη ικανοποίηση των αναγκών των μόνιμων κατοίκων της περιοχής, μειώνοντας παράλληλα τις εκπομπές ρύπων κατά περίπου 1800 τόνους διοξειδίου του άνθρακα και το κόστος παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας (περίπου 250,000 €) (Πολύζος, 2021). Για να πραγματοποιηθεί ο στόχος αυτός, ο όμιλος Citroen δώρισε 6 ηλεκτρικά οχήματα για την ικανοποίηση των απαιτήσεων στην αυτοκίνηση, του Δήμου, της Αστυνομίας και του Λιμενικού, ενώ ταυτόχρονα εγκαταστάθηκαν 4 σταθμοί φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων για την κάλυψη των αναγκών των οχημάτων. Τα μοντέλα που συμπεριλήφθηκαν

στην δωρεά είναι τα εξής : AMI, ë-C4 C-Cross, ë-SpaceTourer και ë-Jumpy. Επιπλέον, η εταιρεία ALD Automotive θα προσφέρει προς διάθεση για τις υπηρεσίες του δήμου, 1 ηλεκτρικό όχημα CITROEN και 1 ηλεκτρικό αυτοκίνητο CITROEN με τη μέθοδο του leasing (Newsroom, 2021). Ακόμα, στις ακτές του νησιού κυκλοφορεί και ένα ηλεκτρικό σκάφος το οποίο είναι ηλιακά ηλεκτροκίνητο και περιλαμβάνει φωτοβολταϊκά πάνελ, το οποίο και θα συμβάλλει στην μείωση των εκπομπών ρύπων (Πολύζος, 2021).

Ταυτόχρονα με τον εκσυγχρονισμό του στόλου οχημάτων του νησιού, ο όμιλος Citroen προσφέρει ειδικά προνομιακά προγράμματα με συμφέρουσες τιμές και επιδοτήσεις, ειδικά για τους μόνιμους κατοίκους της Χάλκης, με σκοπό την γρηγορότερη υιοθέτηση της ηλεκτροκίνησης.



Εικόνα 3.3 : Δύο από τα έξι ηλεκτρικά οχήματα που διατέθηκαν για τις ανάγκες των δημόσιων υπηρεσιών (Χάλκη, 2021)

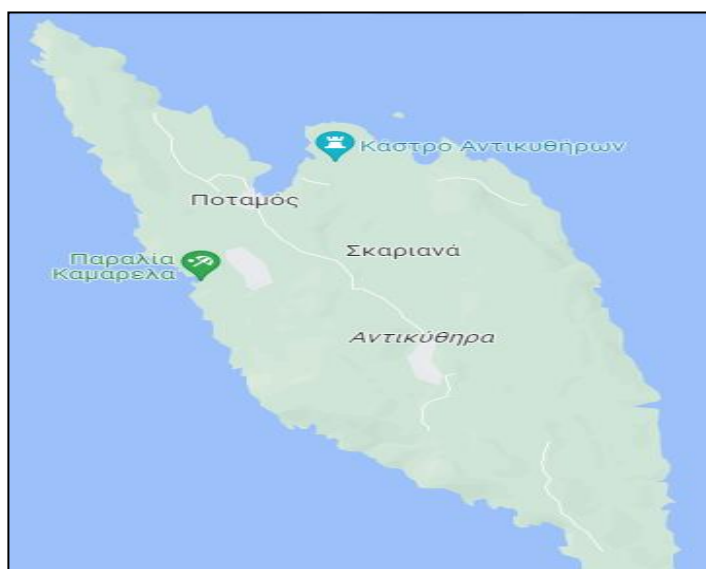


Εικόνα 3.4 : Απεικόνιση του νησιού της Χάλκης και τοποθεσίες των σταθμών φόρτισης (PlugShare - EV Charging Station Map - Find a Place to Charge, 2023)

3.1.3 Αντικύθηρα

Τα Αντικύθηρα είναι ένα νησί το οποίο βρίσκεται στο Αιγαίο και πιο συγκεκριμένα στην περιοχή μεταξύ των Κυθήρων και της Κρήτης, έχοντας έκταση 20,43 km², 39 μόνιμους κατοίκους, σύμφωνα με την απογραφή πληθυσμού που πραγματοποιήθηκε το 2021 (*Μόνιμος Πληθυσμός - ELSTAT, 2021*) και το συνολικό κύριο οδικό δίκτυο του εκτείνεται στα 9 km (Βλάχου, 2023).

Τα Αντικύθηρα συγκαταλέγονται στα διάφορα ελληνικά νησιά στα οποία παρουσιάζεται ένα σοβαρό ενδιαφέρον για επενδύσεις σχετικές με τον εξηλεκτρισμό του νησιού, μέσω της παροχής ηλεκτρικών οχημάτων (Λιανός, 2021) και την γενικότερη μετατροπή του νησιού σε «πράσινο». Πιο συγκεκριμένα, θα αναπτυχθεί ένας φωτοβολταϊκός σταθμός παραγωγής ενέργειας, ο οποίος αφενός θα μειώσει το κόστος παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο ανέρχεται στα 1.400 ευρώ ανά Mwh και αφετέρου θα μειωθούν οι εκπομπές αερίων διοξειδίου του άνθρακα καθώς η ενέργεια που παράγεται, προέρχεται από καύση πετρελαίου (Τζάννε, 2020).



Εικόνα 3.5 : Απεικόνιση του νησιού των Αντικυθήρων (Google Maps, 2023)

3.2 Το παράδειγμα της Αστυπάλειας

Η Αστυπάλεια είναι ένα νησί το οποίο βρίσκεται μεταξύ των Κυκλάδων και των Δωδεκανήσων, έχοντας έκταση 97 km², 1376 μόνιμους κατοίκους, σύμφωνα με την απογραφή πληθυσμού που πραγματοποιήθηκε το 2021 (*Μόνιμος Πληθυσμός - ELSTAT*, 2021) και το συνολικό κύριο οδικό δίκτυο τους εκτείνεται στα 70 km. Η Αστυπάλεια, μέσω της συνεργασίας της με την εταιρεία αυτοκινήτων Volkswagen, προσπαθεί να μετατραπεί σε ένα πρότυπο νησί για την κυκλοφορία οχημάτων μηδενικών εκπομπών, με ταυτόχρονη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Η μετάβαση από τα πετρελαιοκίνητα προς τα ηλεκτρικά οχήματα ξεκίνησε μέσω του έργου Smart & Sustainable Island, το οποίο περιλαμβάνει την διανομή χωρίς χρέωση ηλεκτρικών οχημάτων στον δήμο, την τοποθέτηση φορτιστών ιδιωτικής χρήσης σε διάφορους χώρους, την παροχή επιδοτήσεων προς τους κατοίκους της περιοχής για την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων και την δυνατότητα μετακίνησης με μικρά λεωφορεία μέσω εφαρμογής για κινητά τηλέφωνα. Επίσης, δίνεται η δυνατότητα του « διαμοιρασμού οχημάτων » μόνο με ηλεκτρικά οχήματα. Αυτή η υπηρεσία θα μπορεί να αξιοποιηθεί από κάθε κάτοικο ή επισκέπτη για την χρονική διάρκεια που επιθυμεί, πληρώνοντας μόνο το ποσό που αντιστοιχεί για την διάρκεια χρήσης του οχήματος. Ακόμα, προβλέπεται η ανέγερση ενός Υβριδικού Σταθμού Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας, ο οποίος θα συνεισφέρει στην σημαντική μείωση της ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από τον υπάρχοντα θερμικό σταθμό και ταυτόχρονα θα προσφέρει πράσινη ενέργεια στο τοπικό δίκτυο. Τέλος, θα πραγματοποιηθούν έργα βελτίωσης και ψηφιοποίησης του ηλεκτρικού δικτύου του νησιού και τοποθέτηση δημοσίων προσβάσιμων φορτιστών κατά μήκος του νησιού (*E-Astypalea Services*, 2024).

Το νησί έχει στην διάθεση του 11 φορτιστές ηλεκτρικών οχημάτων, εναλλασσόμενου ρεύματος, όπου ο καθένας έχει δύο υποδοχές φόρτισης, με ισχύ 11 kW ο καθένας και έναν ταχυφορτιστή με ισχύ της τάξης των 50 kW καθιστώντας εύκολη διαδικασία την φόρτιση του οχήματος ενός χρήστη (Σταυρόπουλος, 2023). Επομένως, στο νησί παρατηρείται μια αναλογία της τάξεως των 133 κατοίκων/φορτιστή, η οποία είναι η υψηλότερη στην Ευρώπη, ξεπερνώντας χώρες όπως η Ολλανδία και η Γερμανία (Χάλλας, 2023)

Επίσης, στο έργο αυτό συμπεριλήφθηκε και η παράδοση 8 ηλεκτρικών οχημάτων, μεταξύ των οποίων το πρώτο ηλεκτρικό περιπολικό και ασθενοφόρο στην Ελλάδα. Σε συνδυασμό με την παροχή σημαντικών οικονομικών ελαφρύνσεων (μέχρι 12,000 ευρώ) από την πολιτεία προς τους κατοίκους του νησιού για την αγορά ενός ηλεκτρικού οχήματος, οι κάτοικοι του νησιού ωθήθηκαν στην αγορά ηλεκτρικών οχημάτων, με αποτέλεσμα σήμερα στο νησί να υπάρχουν 84 ηλεκτρικά αυτοκίνητα, με τα 51 από αυτά να ανήκουν σε ιδιώτες, ενώ εκκρεμούν 50 παραγγελίες ακόμα. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι όλα τα καινούργια αυτοκίνητα που ταξινομούνται

είναι ηλεκτρικά, κάτι το οποίο δείχνει την διάθεση των κατοίκων σχετικά με την ενεργειακή μετάβαση του νησιού (Χάλλας, 2023).



Εικόνα 3.6 : Απεικόνιση του νησιού της Αστυπάλαιας και διαθέσιμοι φορτιστές (*PlugShare - EV Charging Station Map - Find a Place to Charge Your Car!*, 2023)



Εικόνα 3.7 : Ένα από τα ηλεκτρικά οχήματα που καλύπτουν τις ανάγκες των πολιτών της Αστυπάλαιας (Χάλλας, 2023)

Κεφάλαιο 4: Επιλογή πιθανών τοποθεσιών για υποδομές φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων

Στο κεφάλαιο αυτό θα πραγματοποιηθεί η επιλογή των πιθανών τοποθεσιών για εγκατάσταση υποδομών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, ώστε να καλύπτονται πλήρως οι ανάγκες φόρτισης των οχημάτων και να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος ο χρόνος αναμονής του κάθε οχήματος.

Επίσης θα γίνει τοποθέτηση των σταθμών αυτών στις διάφορες περιοχές μελέτης που έχουν επιλεγεί, καθώς η επιλογή της κατάλληλης τοποθεσίας παρέχει την καλύτερη δυνατή εξυπηρέτηση στους χρήστες και σε συνδυασμό με την κατάλληλη ποσότητα υποδομών διευκολύνει την περαιτέρω διάδοση της ηλεκτροκίνησης και στην αγορά περισσότερων τέτοιων οχημάτων από τους καταναλωτές, εφόσον παρατηρηθεί ότι καλύπτονται επαρκώς οι ανάγκες τους.

Η εύρεση του αριθμού των υποδομών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων που απαιτούνται έτσι ώστε να υπάρξει η μέγιστη δυνατή πληρότητα των αναγκών των χρηστών σε ηλεκτρικό ρεύμα, γίνεται με την χρήση του υπάρχοντος νομικού πλαισίου που έχει θεσμοθετηθεί στον Ευρωπαϊκό χώρο.

4.1 Πιθανές τοποθεσίες σημείων επαναφόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων βάσει νομοθεσίας

Βάσει της υπάρχουσας νομοθεσίας και διάφορων διατάξεων που υπάρχουν στον Ελληνικό χώρο σχετικά με την εγκατάσταση σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, αναφέρονται διάφορες πιθανές τοποθεσίες εγκατάστασης σταθμών επαναφόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, με σκοπό την διευκόλυνση της διείσδυσης των ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελληνική αγορά και την επέκτασή τους εντός της Ελληνικής επικράτειας.

Βάσει της απόφασης Αριθμ. ΥΠΕΝ/ΑΤΗ/49144/468, η οποία προκηρύσσει την δράση με τίτλο «ΦΟΡΤΙΖΩ ΠΑΝΤΟΥ», οι πιθανές τοποθεσίες εγκατάστασης σταθμών επαναφόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, χωρίζονται σε δύο κατηγορίες βάσει του χώρου εγκατάστασής τους.

4.1.1 Κατηγορία Α

Στην κατηγορία Α εντάσσονται όλοι οι σταθμοί φόρτισης οι οποίοι είναι δημοσίως προσβάσιμοι στο ευρύ κοινό, και ανήκουν σε χώρους αρμοδιότητα Ο.Τ.Α. Α' βαθμού, οι οποίοι περιέχονται σε σχέδια φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων (Σ.Φ.Η.Ο.) του άρθρου 17 του ν. 4710/2020.

4.1.2 Κατηγορία Β

Στην κατηγορία Β συμπεριλαμβάνονται οι σταθμοί φόρτισης που είναι δημοσίως προσβάσιμοι, οι οποίοι εντάσσονται εκτός Σ.Φ.Η.Ο. και εκτός της κατηγορίας Α. Οι συγκεκριμένοι σταθμοί φόρτισης χωρίζονται σε δύο υποκατηγορίες, βάσει του σημείου ανέγερσης τους, οι οποίες είναι :

- Υπό-κατηγορία Β.1 : Στην υποκατηγορία αυτή εντάσσονται οι δημοσίως προσβάσιμοι σταθμοί φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων επί των αξόνων ή των κόμβων του κεντρικού Διευρωπαϊκού Δικτύου Μεταφορών (ΔΕΔ-Μ), όπως αυτό αποτυπώνεται στον Κανονισμό (ΕΕ) αριθ. 1315/2013 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 11ης Δεκεμβρίου 2013 «περί των προσανατολισμών της Ένωσης για την ανάπτυξη του διευρωπαϊκού δικτύου μεταφορών και για την κατάργηση της απόφασης αριθ. 661/2010/ΕΕ», και συγκεκριμένα σε αξιοποιήσιμους από τους χρήστες ηλεκτρικών οχημάτων χώρους στάσης ή στάθμευσης:
 - i. Β.1.1 κατά μήκος της οδού, συμπεριλαμβανομένων χώρων που βρίσκονται σε απόσταση έως δύο (2) χιλιομέτρων εκατέρωθεν της οδού,
 - ii. Β.1.2 εντός περιοχών που εντάσσονται σε λιμενική ζώνη, στην οποία κατηγορία δεν ανήκουν οι υποδομές τροφοδότησης πλοίων,
 - iii. Β.1.3. εντός αερολιμένα
 - iv. Β.1.4 εντός σιδηροδρομικού σταθμού

- Υπό-κατηγορία Β.2 : Στην υποκατηγορία αυτή εντάσσονται δημόσιοι σταθμοί φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, που βρίσκονται σε κοινόχρηστους χώρους όπως :
 - i. Β.2.1. στα υπάρχοντα ή υπό αδειοδότηση «Πρατήρια παροχής καυσίμων και ενέργειας»,
 - ii. Β.2.2. στους υπάρχοντες ή υπό κατασκευή ή υπό παραχώρηση χώρους στάσης και στάθμευσης εντός των περιοχών των τουριστικών λιμένων, στην οποία κατηγορία δεν ανήκουν οι υποδομές τροφοδότησης πλοίων,
 - iii. Β.2.3. στους υπάρχοντες ή υπό ανέγερση εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους στάθμευσης οχημάτων,
 - iv. Β.2.4. στα υπάρχοντα ή υπό κατασκευή συνεργεία συντήρησης και επισκευής οχημάτων καθώς και σε δημόσια η ιδιωτικά Κέντρα Τεχνικού Ελέγχου Οχημάτων (Κ.Τ.Ε.Ο.),
 - v. Β.2.5. εντός χώρων στάθμευσης δημόσιων και ιδιωτικών κτηρίων, όπου παρέχεται δημόσια πρόσβαση,
 - vi. Β.2.6. κατά μήκος των οδών, εντός λιμανιών, εντός αεροδρομίων, εντός σιδηροδρομικών σταθμών, εφόσον αυτά δεν συμπεριλαμβάνονται στην υποκατηγορία Β1. Πρέπει να τονιστεί ότι στην συγκεκριμένη κατηγορία δεν ανήκουν οι υποδομές τροφοδότησης πλοίων,.

4.1.3 Προϋποθέσεις Σ.Φ.Η.Ο.

Επίσης, αξίζει να αναφερθεί ότι στο Σ.Φ.Η.Ο., αναφέρονται οι παράμετροι οι οποίοι πρέπει να ληφθούν υπόψιν για την επιλογή σημείου φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Οι προϋποθέσεις αυτές είναι οι εξής :

- Επιλογή χωροθέτησης βάσει νομοθεσίας.
- Οι σταθμοί επαναφόρτισης οφείλουν να ικανοποιούν τις ανάγκες των ηλεκτρικών οχημάτων για τροφοδοσία για τα επόμενα 5 χρόνια.
- Σαν προτεραιότητες επιλογής σημείων φόρτισης καθορίζονται :
 - i. Σημεία της περιοχής με μεγάλη καθημερινή προσέλευση πολιτών
 - ii. Χώροι δημόσιας στάθμευσης
 - iii. Κεντρικές αστικές περιοχές κατοικίας με κτήρια τα οποία δεν περιέχουν χώρους στάθμευσης

- iv. Ελεγχόμενη στάθμευση
 - v. Ποδηλατόδρομοι
 - vi. Ποσότητα – Αριθμός πωλήσεων ηλεκτρικών οχημάτων
- Κατασκευή διάφορων σεναρίων κάλυψης της ζήτησης που υπάρχει για ηλεκτρικό ρεύμα, ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες τροφοδοσίας των ηλεκτρικών οχημάτων, όπως :
 - i. Τον υπολογισμό των αναγκών των ηλεκτροκίνητων οχημάτων όπου λαμβάνεται υπόψιν :
 - a. Τα χαρακτηριστικά της περιοχής (πληθυσμός, αριθμός οχημάτων, οικονομικά στοιχεία, κοινωνικά χαρακτηριστικά)
 - b. 1 σημείο φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων ανά 1000 κατοίκους για κάθε δήμο (αναφέρεται μόνο στους σταθμούς φόρτισης που είναι προσβάσιμοι στο ευρύ κοινό)
 - c. Τα υπάρχοντα δημοσίως προσβάσιμα σημεία φόρτισης που παρατηρούνται εντός πρατηρίων καυσίμου και ενέργειας.
 - ii. Τις ανάγκες λόγω της υπάρχουσας ανάγκης για μετακίνηση ή στάθμευση.
 - Η επιλογή των τοποθεσιών γίνεται με βάση τα εξής:
 - i. Την χωροθέτηση σημείων φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε ορισμένες περιοχές με μεγάλο αριθμό πολυκατοικιών όπου δεν παρέχεται η δυνατότητα στάθμευσης σε ιδιωτικές θέσεις, σε τοποθεσίες με αρκετά σημεία ενδιαφέροντος, πολλές μετακινήσεις και μεγάλες ανάγκες για στάθμευση (όπως κέντρα πόλεων σε περιοχές με κόσμο, δημόσια κτήρια διοίκησης, νοσοκομεία, αθλητικές εγκαταστάσεις, σχολεία, πανεπιστήμια, κόμβος δημόσιων συγκοινωνιών, τουριστικών αξιοθέατων)
 - Ελέγχεται η επάρκεια του τοπικού δικτύου ηλεκτροδότησης αλλά και η καταλληλότητα των επιλεγμένων περιοχών για την σύνδεση των σημείων φόρτισης με το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, προτείνεται να μη γίνεται προσέγγιση σημείων, στα οποία συγκεντρώνονται ύδατα (βροχή, παραλία) και με δυσχέρειες εκσκαφής (μετρό, αρχαιολογικοί χώροι) διότι η σύνδεση είναι κάτω από τη γη (αυτό το μέτρο εφαρμόζεται συνήθως όταν πρόκειται για ανέγερση μεγάλου αριθμού σημείων είτε για σύνδεση μεταξύ σημείων φόρτισης υψηλής ισχύος).

4.2 Επιλογή παραμέτρων φόρτισης για την τοποθέτηση ενός σταθμού φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων

Μέσω της εξέτασης διάφορων επιστημονικών άρθρων σχετικών με μοντέλα και εφαρμογές στον τομέα της ηλεκτροκίνησης, εξετάστηκαν οι παράμετροι που λήφθηκαν υπόψιν, μέσω των οποίων παρήχθησαν τα διάφορα αποτελέσματα των ερευνών.

4.2.1 Χρησιμοποιούμενες παράμετροι σε επιστημονικά άρθρα

Πιο συγκεκριμένα, στα επιστημονικά άρθρα που έχουν μελετηθεί, οι (X. Li & Jenn, 2022) στην έρευνά τους λαμβάνουν υπόψιν τον χρόνο παραμονής των χρηστών ηλεκτρικών οχημάτων σε μια συγκεκριμένη περιοχή, τις μέσες αποστάσεις (σε χιλιόμετρα) που διανύει ο κάθε χρήστης, την πιθανότητα φόρτισης κατά την διάρκεια της ημέρας, τον τύπο φορτιστή, την ζήτηση ενέργειας για την φόρτιση οχημάτων καθημερινά, το κόστος εγκατάστασης των φορτιστών αλλά και το κόστος της φόρτισης. Οι (Nazari et al., 2019) χρησιμοποιούν ως παραμέτρους τον τρόπο μετακίνησης των κατοίκων, τα διαθέσιμα ηλεκτρικά οχήματα της περιοχής και τον τύπο των οχημάτων αυτών αλλά και τα κοινωνικοοικονομικά τους χαρακτηριστικά όπως το εισόδημα, η καταγωγή, το επίπεδο εκπαίδευσης. Οι (Aguilar Lopez et al., 2023) χρησιμοποιούν ως παραμέτρους για την έρευνά τους την επίδραση των ανακυκλώσιμων υλικών στη διάρκεια ζωής της μπαταρίας, την επίδραση της διείσδυσης των ηλεκτρικών οχημάτων στην βιωσιμότητα των υλικών και την δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των μπαταριών στα οχήματα.

Οι (Zafeiratou & Spataru, 2022) ελέγχουν την επίδραση της ανάπτυξης των ηλεκτρικών οχημάτων στη ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια, λαμβάνοντας υπόψιν τον τουρισμό, τον τύπο των φορτιστών, τα χαρακτηριστικά της μπαταρίας των ηλεκτρικών οχημάτων (διάρκεια ζωής, βάθος εκφόρτισης), τις αποστάσεις που διανύονται καθημερινά και την μέση αυτονομία ενός ηλεκτρικού οχήματος. Οι (Aboshady et al., 2022) έχουν ως παραμέτρους τον διαθέσιμο στόλο ηλεκτρικών οχημάτων της εξεταζόμενης περιοχής, τα επίπεδα αυτονομίας του οχήματος (βάθος εκφόρτισης της μπαταρίας) και τον αριθμό των οχημάτων που προσέρχονται σε έναν συγκεκριμένο χώρο. Οι (Xi et al., 2013) για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων τους αξιοποιούν τον πληθυσμό της εξεταζόμενης περιοχής, τον στόλο οχημάτων, τον τύπο φορτιστών που χρησιμοποιούνται, τα κοινωνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά των χρηστών ηλεκτρικών οχημάτων όπως το εισόδημα και το επίπεδο εκπαίδευσης αλλά και τα επίπεδα αυτονομίας του ηλεκτρικού οχήματος (βάθος εκφόρτισης μπαταρίας).

Οι (Dimatulac et al., 2023) έχουν ως δεδομένα τις διαδρομές που διανύουν τα βαρέα οχήματα, τον χρόνο παραμονής των οδηγών βαρέων οχημάτων σε έναν χώρο, την ζήτηση που υπάρχει για ηλεκτρική ενέργεια, το επίπεδο αυτονομίας ενός ηλεκτρικού οχήματος και τον τύπο φορτιστή. Οι (Hamed et al., 2023) εξετάζουν τον στόλο οχημάτων, τον πληθυσμό, τα ατομικά χαρακτηριστικά του κάθε κατοίκου (κοινωνικά και οικονομικά), το είδος των κτηρίων που παρατηρούνται στον χώρο (νοσοκομεία, σχολεία, πανεπιστήμια), την ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας, την αυτονομία του οχήματος, τις διανυόμενες αποστάσεις σε χιλιόμετρα αλλά και τις καθημερινές συνήθειες των κατοίκων. Οι (Charly et al., 2023) έχουν ως παραμέτρους την έκταση του οδικού δικτύου της περιοχής, τα χιλιόμετρα που διανύει καθημερινά ο μέσος χρήστης ηλεκτρικών οχημάτων, τις τοποθεσίες χώρων στάθμευσης, φορτιστών, κύριων δρόμων και κατοικιών, τον τρόπο και τον τύπο φόρτισης αλλά και τον πληθυσμό.

Οι (Zhou et al., 2022) λαμβάνουν υπόψιν το κόστος (εγκατάστασης και φόρτισης), την αυτονομία του οχήματος, τις εκπομπές ρύπων, τον αριθμό οχημάτων που χρειάζονται φόρτιση καθημερινά και τον αριθμό των φορτιστών που θα χρειαστεί να τοποθετηθούν. Οι (J. He et al., 2018) έχουν ως παραμέτρους την αυτονομία του οχήματος, την έκταση του οδικού δικτύου και τον χρόνο παραμονής των οχημάτων σε έναν σταθμό φόρτισης. Οι (Ren et al., 2019) για την παραγωγή αποτελεσμάτων χρησιμοποιούν το κόστος (κόστος κατασκευής, λειτουργικό κόστος και κόστος φόρτισης), τον αριθμό των σταθμών φόρτισης, την ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια, τον αριθμό οχημάτων που έχουν ανάγκες φόρτισης και την χωρητικότητα κάθε σταθμού φόρτισης ξεχωριστά. Οι (Bai et al., 2019) χρησιμοποιούν το κόστος κατασκευής, τον αριθμό των σταθμών φόρτισης, την ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια, τον στόλο οχημάτων, την χωρητικότητα κάθε σταθμού φόρτισης ξεχωριστά, την μέση ταχύτητα ενός ηλεκτρικού οχήματος και την ακριβή τοποθεσία των πρατηρίων καυσίμου σε εύρος μιας συγκεκριμένης περιοχής.

Οι (Hosseini & Sarder, 2019) δίνουν σημασία στα περιβαλλοντικά κριτήρια (ποιότητα αέρα, βαθμός καταστροφής υδάτινων πόρων και απόρριψη αποβλήτων), οικονομικά κριτήρια (κόστος γης, κόστος κατασκευής, κόστος αναμονής), κοινωνικά κριτήρια (ασφάλεια τοποθεσίας, ευκολία μετακίνησης, επίπεδο εξυπηρέτησης, πληθυσμιακή πυκνότητα) και στα τεχνικά κριτήρια (εκτιμώμενος χρόνος μέχρι κάποια διακοπή ρεύματος). Οι (Yi & Bauer, 2016) λαμβάνουν ως παραμέτρους για την τοποθέτηση ενός σταθμού φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, τις καθημερινές διαδρομές των οδηγών ηλεκτρικών οχημάτων, τις τοποθεσίες με την μεγαλύτερη επισκεψιμότητα, κοινωνικό-οικονομικούς παράγοντες, την κατανάλωση ενέργειας ενός ηλεκτρικού οχήματος, τα χιλιόμετρα που διανύει καθημερινά ο μέσος χρήστης ενός ηλεκτρικού οχήματος, την απόσταση μεταξύ ενός σημείου φόρτισης και του τόπου διαμονής του χρήστη ηλεκτρικού οχήματος και τον χρόνο παραμονής εντός χώρων στάθμευσης.

Οι (Poyrazoglu & Coban, 2021) αξιοποιούν τον χρόνο παραμονής των ηλεκτρικών οχημάτων εντός ενός χώρου στάθμευσης, τον τύπο των φορτιστών, τον αριθμό των ηλεκτρικών οχημάτων εντός ενός χώρου στάθμευσης, την μέγιστη χωρητικότητα της μπαταρίας ενός οχήματος, την τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος, την ωριαία κατανάλωση ενέργειας εντός ενός ηλεκτρικού σταθμού, την ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για φόρτιση και τον αριθμό των διαθέσιμων φορτιστών. Οι (Belaid et al., 2022) για την παραγωγή αποτελεσμάτων χρησιμοποιούν τον διαθέσιμο αριθμό ηλεκτρικών οχημάτων, τον απαιτούμενο χρόνο επαναφόρτισης, την αυτονομία ενός ηλεκτρικού οχήματος, τον τύπο φορτιστή, την μέγιστη ισχύ φόρτισης και την τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος αλλά και το κόστος εγκατάστασης. Οι (Ou et al., 2020) λαμβάνουν υπόψιν τον χρόνο ζωής του οχήματος, τις αποστάσεις που διανύει ένας χρήστης ηλεκτρικού οχήματος, το κόστος εγκατάστασης ενός σταθμού, το κόστος φόρτισης, τον τύπο φορτιστή, τον χρόνο που απαιτείται για φόρτιση, την αυτονομία ενός ηλεκτρικού οχήματος, τις ευκαιρίες φόρτισης σε δημόσιο χώρο και την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Τέλος, οι (Mele et al., 2021) ως παραμέτρους χρησιμοποιούν τα χρονικά πλαίσια μέσα στον οποίο μπορεί να φορτιστεί ένα όχημα, την παραγόμενη ισχύ από έναν φωτοβολταϊκό σταθμό και την ζήτηση που υπάρχει για ηλεκτρική ενέργεια (για διαφορετικές εποχές). Επίσης, αξιοποιούν την κατάσταση φόρτισης, την αποθηκευτική ικανότητα και την αποδοτικότητα της μπαταρίας ενός ηλεκτρικού οχήματος, την ισχύ ενός σταθμού φόρτισης, τον αριθμό των ηλεκτρικών οχημάτων καθώς και την αυτονομία τους

Με βάση τις παραμέτρους που χρησιμοποιήθηκαν από τις παραπάνω έρευνες, με σκοπό τον προσδιορισμό της τοποθεσίας ενός σταθμού φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.1) οι παράμετροι οι οποίες θα συμβάλλουν στην εύρεση του κατάλληλου αριθμού σταθμών φόρτισης και στην τοποθέτηση αυτών.

Επιλεγμένες παράμετροι
Πληθυσμός
Τουρισμός
Έκταση οδικού δικτύου
Στόλος οχημάτων
Τύπος φορτιστή
Χρόνος παραμονής

Πίνακας 4.1 : Χρησιμοποιούμενες παράμετροι

4.3 Πιθανές τοποθεσίες σημείων φόρτισης

Βάσει του νομοθετικού πλαισίου που υπάρχει για τον ελληνικό χώρο προκύπτουν διάφορες πιθανές τοποθεσίες ενός σταθμού φόρτισης στα ελληνικά νησιά τα οποία θα μελετηθούν. Πιο συγκεκριμένα πιθανές τοποθεσίες, οι οποίες και παρατηρούνται στα νησιά αυτά είναι :

- Λιμάνια
- Χώροι στάθμευσης
- Παραλίες
- Πλατείες
- Χώροι με μεγάλη επισκεψιμότητα (μουσεία, αξιοθέατα)
- Αυτοκινητόδρομοι με μεγάλη κυκλοφορία οχημάτων

Εξετάζοντας ξεχωριστά κάθε περίπτωση μελέτης, παρατηρούνται διάφορες πιθανές τοποθεσίες με την του αξιοποίηση του εργαλείου Google Maps, οι οποίες και θα παρουσιαστούν παρακάτω. Για την αναπαράσταση των πιθανών τοποθεσιών σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων και για τις τρεις περιπτώσεις που θα μελετηθούν, θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα ArcGIS, όπου μέσω των χαρτών της γεωγραφικής βάσης δεδομένων Open Street Map θα προσδιορισθούν οι πιθανές τοποθεσίες στις περιοχές μελέτης που έχουν επιλεγεί.

4.3.1 Αντικύθηρα

Για το νησί των Αντικυθήρων προκύπτουν οι παρακάτω τοποθεσίες, με την εξής προτεραιότητα :

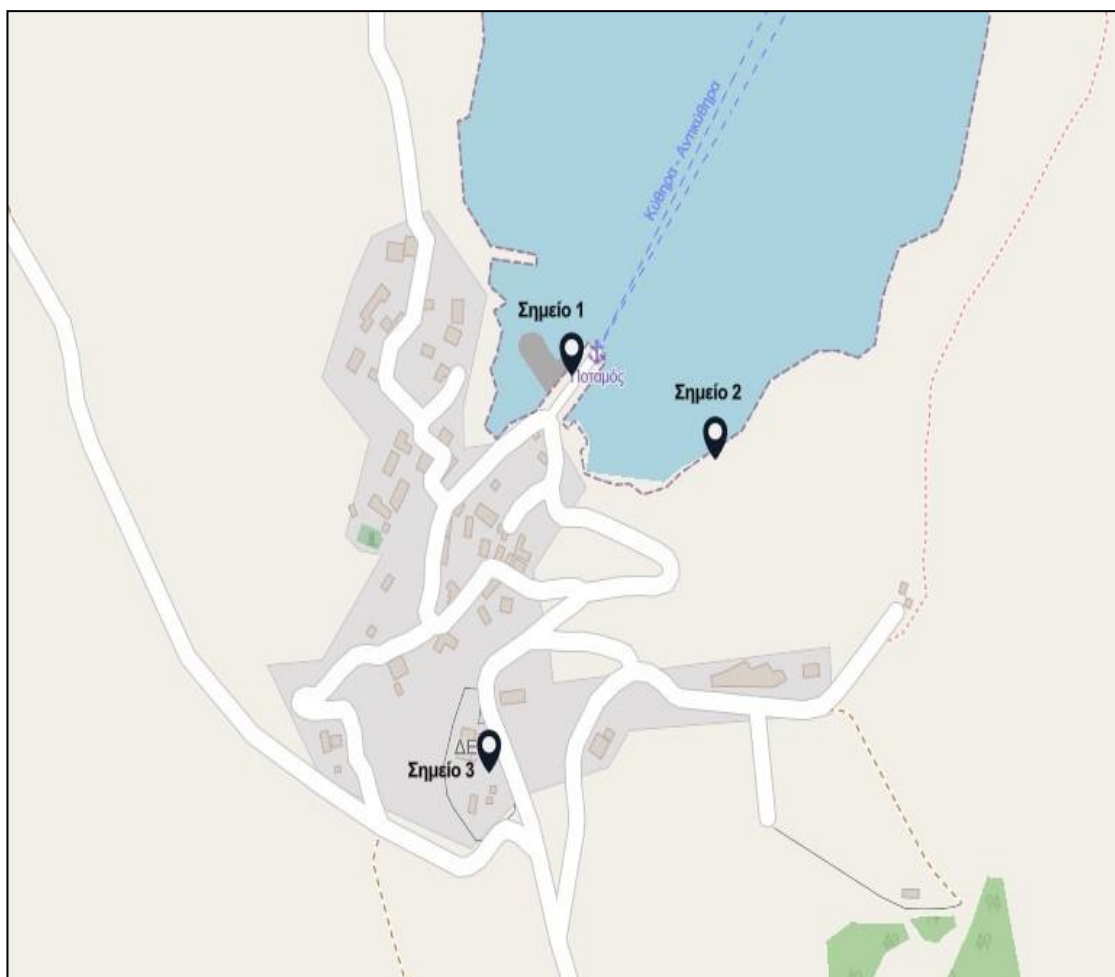
- Σημείο 1 : Λιμάνι Αντικυθήρων (Ποταμός)
- Σημείο 2 : Παραλία Ποταμού
- Σημείο 3 : Τοπικός Σταθμός ΔΕΗ (Ποταμός)

Οι τοποθεσίες αυτές επιλέγονται με βάση τα κριτήρια που έχουν τεθεί και το υπάρχον νομοθετικό πλαίσιο, καθώς τα σημεία αυτά βρίσκονται στην περιοχή με την μεγαλύτερη επισκεψιμότητα (Ποταμός). Επίσης στα σημεία αυτά είναι πιθανόν, οι κάτοικοι και οι επισκέπτες να παραμείνουν για μεγάλο χρονικό διάστημα, έτσι ώστε να μπορέσουν να φορτίσουν το όχημά τους χωρίς να χρειαστεί να αφιερώσουν χρόνο από τις δραστηριότητές τους. Ως πρώτη επιλογή για την εγκατάσταση ενός σταθμού φόρτισης στα Αντικύθηρα ορίζεται το λιμάνι των Αντικυθήρων καθώς είναι το μέρος στο οποίο υπάρχει η μεγαλύτερη κινητικότητα, εξαιτίας του γεγονότος ότι είναι ο μόνος τρόπος πρόσβασης των επισκεπτών στο νησί, συνεπώς παρουσιάζονται αρκετές ευκαιρίες για φόρτιση στο μέρος αυτό. Το δεύτερο σημείο αφορά την παραλία του Ποταμού, που αποτελεί την δημοφιλέστερη παραλία του νησιού,

συμπερασματικά είναι πιθανό να υπάρξει ζήτηση για φόρτιση από άτομα, κατά την παραμονή τους στον χώρο. Ως τρίτη τοποθεσία ορίζεται ο τοπικός σταθμός ΔΕΗ, της περιοχής, καθώς πρόκειται για δημόσιο κτήριο, επομένως βάσει νομοθεσίας ορίζεται ως μια πιθανή τοποθεσία σταθμού φόρτισης, στον οποίο θα μπορούν να φορτίσουν οι υπάλληλοι κατά τη διάρκεια της εργασίας τους.

Ακόμα, αξίζει να σημειωθεί ότι τα Αντικύθηρα πρόκειται για ένα αρκετά μικρό νησί, καθώς ο πληθυσμός τους εκτιμάται στους 39 μόνιμους κατοίκους ενώ το ασφαλτοστρωμένο οδικό δίκτυο τους δεν είναι μεγαλύτερο από 4 χιλιόμετρα (Τουρούτογλου, 2022) και ο αριθμός των τουριστών που επισκέπτονται το νησί είναι αρκετά μικρός. Αυτό σημαίνει ότι οι ανάγκες για φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων είναι περιορισμένες συγκριτικά με άλλες περιοχές, επομένως μπορούν να καλυφθούν και από την παρουσία μόνο ενός σταθμού φόρτισης.

Για τον νησί των Αντικυθήρων :



Σχήμα 4.1 : Πιθανά σημεία τοποθέτησης σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στο νησί των Αντικυθήρων

4.3.2 Τήλος

Για το νησί της Τήλου προκύπτουν οι παρακάτω τοποθεσίες :

- Σημείο 1 : Λιμάνι Τήλου (Λιβάδια)
- Σημείο 2 : Παραλία Λιβάδια
- Σημείο 3 : Πλατεία Λιβάδια
- Σημείο 9 : Χώρος στάθμευσης (Μεγάλο Χωριό)
- Σημείο 5 : Δημοτικό Γήπεδο Τήλου (Μεγάλο Χωριό)
- Σημείο 6 : Στάση λεωφορείου (Μεγάλο Χωριό)
- Σημείο 7 : Παραλία Έριστος

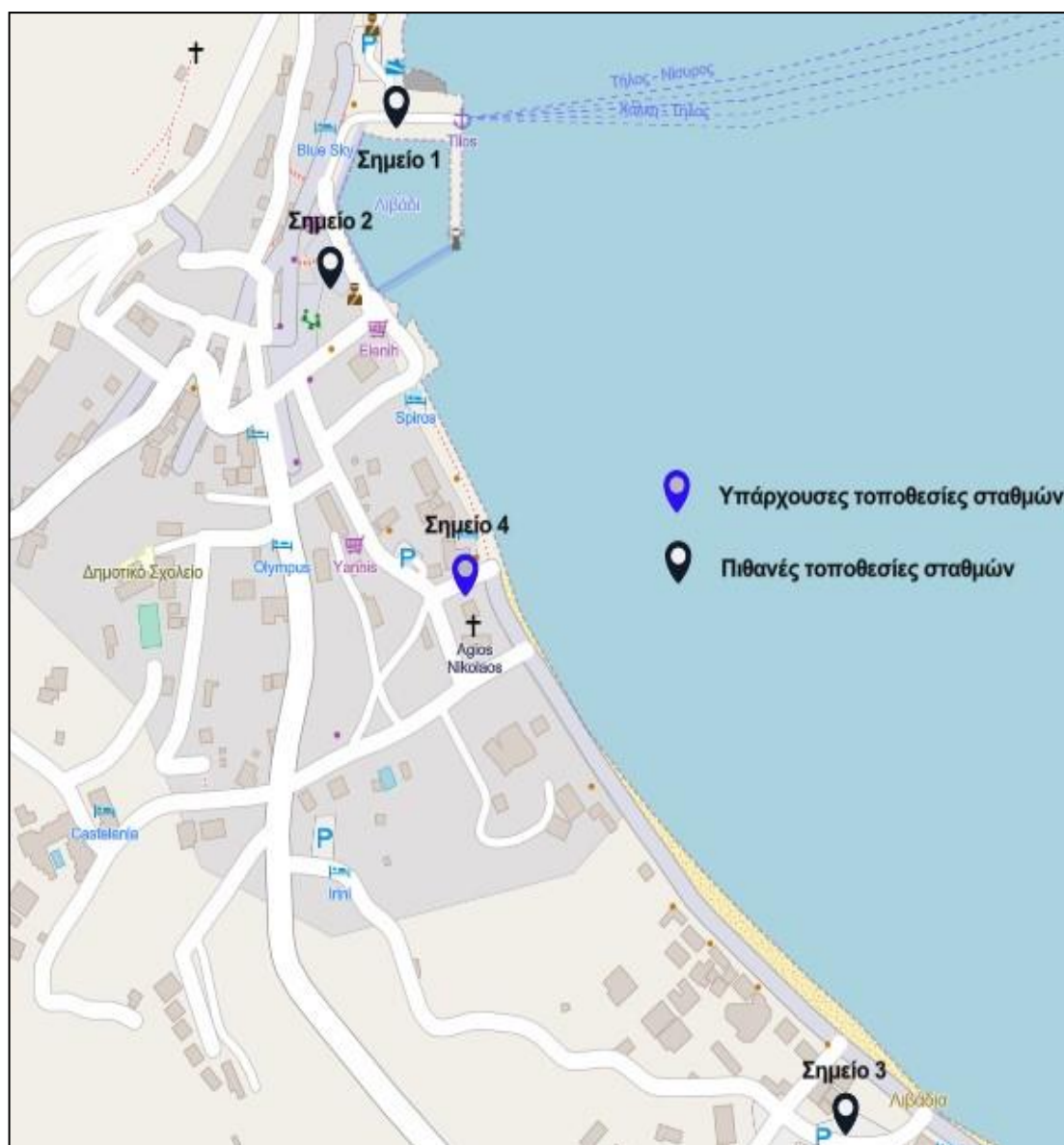
Για το νησί της Τήλου, παρουσιάζονται περισσότερα σημεία στα οποία μπορούν να τοποθετηθούν σταθμοί φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Αυτά συναντώνται στα δύο χωριά της Τήλου με την μεγαλύτερη επισκεψιμότητα, το Μεγάλο Χωριό, το οποίο και αποτελεί και πρωτεύουσα του νησιού και τα Λιβάδια.

Τα τρία πρώτα σημεία συναντώνται στα Λιβάδια και πιο συγκεκριμένα το πρώτο σημείο αφορά το λιμάνι της Τήλου, όπου εκεί είναι το μέρος στο οποίο υπάρχει η μεγαλύτερη κινητικότητα και επίσης απο το λιμάνι έχουν πρόσβαση αρκετοί τουρίστες που επισκέπτονται το νησί ετησίως, επομένως μπορούν οι χρήστες ηλεκτρικών οχημάτων να φορτίσουν το όχημά τους κατά την παραμονή τους στον χώρο. Το δεύτερο σημείο βρίσκεται στην παραλία του χωριού, καθώς πρόκειται για μια από τις δημοφιλέστερες παραλίες του νησιού, συνεπώς θα μπορούν οι χρήστες των ηλεκτρικών οχημάτων να φορτίσουν το όχημά τους χωρίς να σπαταλούν χρόνο από την καθημερινότητά τους. Το τρίτο σημείο βρίσκεται στην πλατεία του χωριού, διότι το σημείο αυτό αποτελεί πόλο συνάθροισης των κατοίκων και των τουριστών καθώς εκεί συγκεντρώνονται διάφορα καταστήματα στα οποία μπορεί ο χρήστης ενός ηλεκτρικού οχήματος να περάσει ευχάριστα τον χρόνο του, ενώ ταυτόχρονα θα φορτίζει το όχημά του, ενώ παράλληλα σε αυτό το σημείο παρατηρούνται κτήρια διάφορων δημόσιων υπηρεσιών (ΕΛΤΑ, Αστυνομικό τμήμα) επομένως θα υπάρχει η δυνατότητα φόρτισης του οχήματος εν ώρα εργασίας.

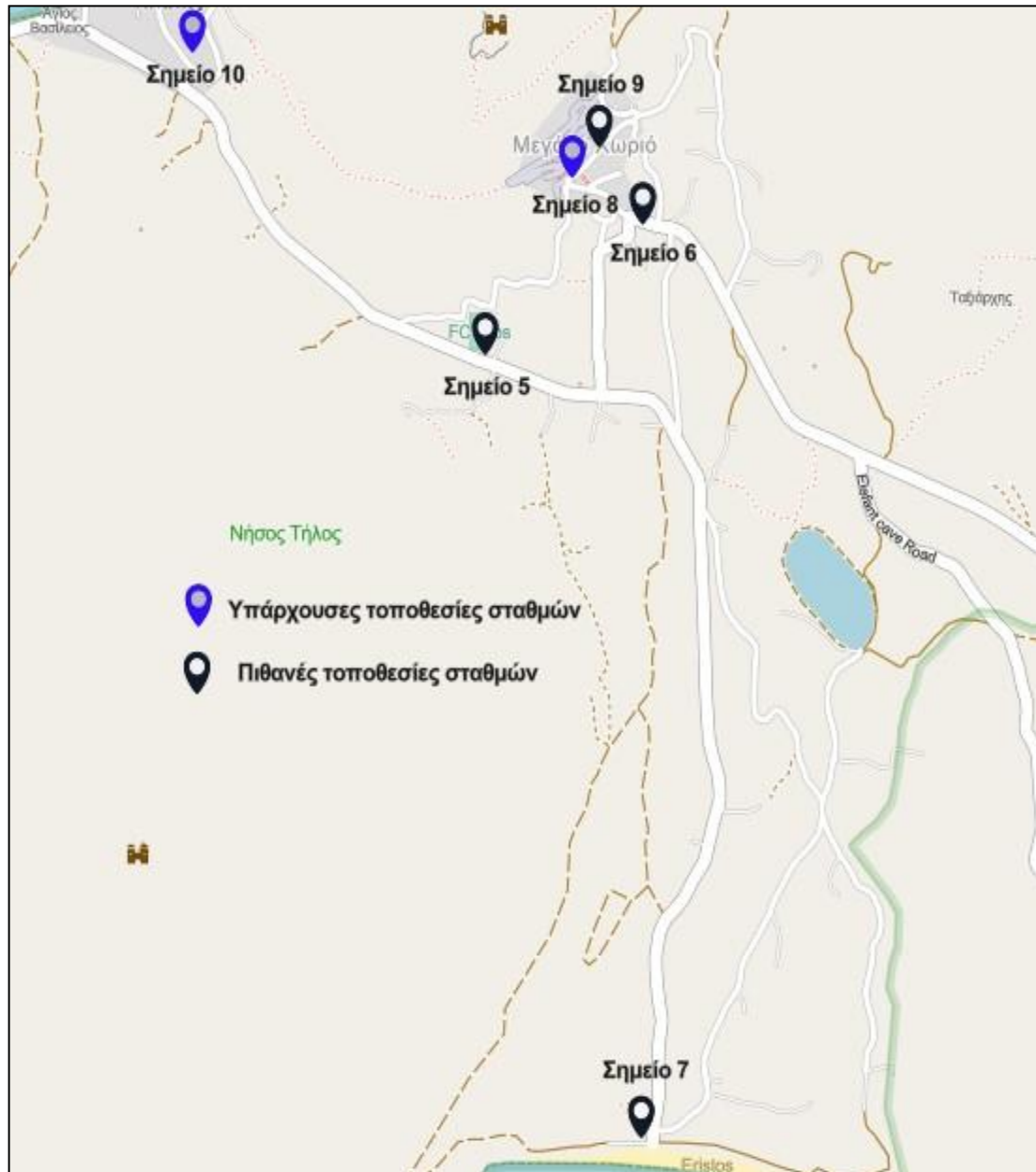
Τα τρία επόμενα σημεία βρίσκονται στο Μεγάλο Χωριό. Το τέταρτο σημείο βρίσκεται σε κεντρικό χώρο στάθμευσης στο Μεγάλο Χωριό, εφόσον οι χώροι στάθμευσης θέτονται σαν χώρο προτεραιότητας εγκατάστασης σταθμών από την υπάρχουσα νομοθεσία. Το πέμπτο σημείο βρίσκεται στο δημοτικό στάδιο της Τήλου, που είναι επίσης ένας χώρος στον οποίο μπορεί να φορτιστεί ένα ηλεκτρικό όχημα, καθώς είναι ένα βασικό σημείο στο οποίο συγκεντρώνονται οι κάτοικοι της περιοχής ώστε να αθληθούν και μπορούν να παραμείνουν σε αυτό για ένα εύλογο χρονικό διάστημα μέχρι να φορτιστεί το όχημα. Τέλος, ως 6^ο σημείο ορίζεται η στάση λεωφορείου στο Μεγάλο Χωριό καθώς στην περιοχή κινούνται ηλεκτρικά λεωφορεία, επομένως θα χρειαστεί να φορτιστούν, πιθανώς σε κάποιον τερματικό

σταθμό, ώστε να μην υπάρχει χρόνος αναμονής για τους επιβάτες, οπότε το συγκεκριμένο σημείο κρίνεται ως εν δυνάμει τοποθεσία ενός φορτιστή.

Επίσης, το τελευταίο σημείο βρίσκεται στην παραλία της Εριστού, η οποία είναι η δημοφιλέστερη και η μεγαλύτερη παραλία της Τήλου (*travel.gr*, 2021), επομένως είναι ένα ακόμα πιθανό σημείο εγκατάστασης σταθμού φόρτισης στο νησί μιας και είναι σημείο το οποίο προσελκύει πολύ κόσμο, επομένως μπορούν αρκετά άτομα να φορτίσουν το όχημά τους κατά τις ώρες παραμονής τους στον χώρο. Ακόμα, στην περιοχή παρατηρείται και ένα ξενοδοχείο, επομένως ο σταθμός φόρτισης σε αυτό το σημείο μπορεί να γίνει εκμεταλλεύσιμος και από τους πελάτες του ξενοδοχείου για φόρτιση κατά τις βραδινές ώρες. Επιπλέον υπάρχει στον χώρο και μια στάση λεωφορείου, άρα πιθανώς είναι ένας χώρος στον οποίο θα μπορούσαν να φορτίσουν και τα ηλεκτρικά λεωφορεία που υπάρχουν στην περιοχή.



Σχήμα 4.2 : Πιθανά σημεία τοποθέτησης σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στο νησί της Τήλου (στο χωριό Λιβάδια)



Σχήμα 4.3 : Πιθανά σημεία τοποθέτησης σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στο νησί της Τήλου (στο Μεγάλο Χωριό και στην παραλία της Εριστού)

Επίσης, αξίζει να αναφερθεί ότι η Τήλος διαθέτει ήδη 3 σταθμούς φόρτισης (ο ένας από αυτούς περιλαμβάνει 2 φορτιστές). Οι σταθμοί αυτοί συναντώνται στα εξής μέρη : Στο Δημαρχείο της Τήλου (βρίσκεται στο Μεγάλο Χωριό, Σημείο 8 στον χάρτη), στο χωριό Λιβάδια (κοντά στον παραλιακό πεζόδρομο που οδηγεί στο λιμάνι, Σημείο 4 στον χάρτη) και στον χώρο στάθμευσης των λεωφορείων που κυκλοφορούν στο νησί της Τήλου (Σημείο 10 στον χάρτη)(Τα σημεία αυτά αναγράφονται πάνω στους χάρτες).

4.3.3 Χάλκη

Για το νησί της Χάλκης προκύπτουν οι παρακάτω τοποθεσίες :

- Σημείο 1 : Λιμάνι Χάλκης
- Σημείο 2 : Αστυνομικό τμήμα Χάλκης
- Σημείο 3 : Δημαρχείο Χάλκης
- Σημείο 4 : Παραλία Κάγια
- Σημείο 5 : Παραλία Πόνταμος

Στα παραπάνω σημεία προκύπτουν διάφορες πιθανές τοποθεσίες για την τοποθέτηση σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Το πρώτο σημείο ορίζεται το λιμάνι της Χάλκης, διότι αυτό είναι το μέρος στο οποίο υπάρχει η μεγαλύτερη συνάθροιση ατόμων και είναι το μοναδικό μέρος από το οποίο μπορεί να υπάρξει πρόσβαση στο νησί από τουρίστες, επομένως μπορεί να πραγματοποιηθεί φόρτιση των οχημάτων των ατόμων κατά την άφιξή τους ή κατά την αποχώρησή τους από το νησί. Ακόμα, μπορεί να γίνει αξιοποίηση αυτού του σταθμού φόρτισης και για την κάλυψη των αναγκών σε τροφοδοσία των ηλεκτρικών οχημάτων που έχουν διατεθεί στο λιμενικό σώμα.

Το δεύτερο και το τρίτο σημείο αφορούν το Αστυνομικό τμήμα και το Δημαρχείο της περιοχής αντίστοιχα, καθώς στους χώρους αυτούς μπορεί να πραγματοποιηθεί η φόρτιση των οχημάτων που έχουν δοθεί για την εξυπηρέτηση των αναγκών του Δήμου και της Αστυνομίας, ενώ παράλληλα δε θα χάνεται χρόνος για την φόρτιση των οχημάτων καθώς αυτά θα φορτίζουν όποτε δεν υπάρχει ανάγκη για χρήση των οχημάτων. Ένας ακόμα λόγος που θα μπορούσε να τοποθετηθεί ένας σταθμός φόρτισης στο Δημαρχείο του νησιού είναι ότι η τοποθέτησή του στον συγκεκριμένο χώρο θα μπορούσε να αποτελέσει παράδειγμα για την ευρύτερη υιοθέτηση της ηλεκτροκίνησης στο νησί και συνεπώς για την γενικότερη επίτευξη του σκοπού των δημοτικών αρχών, ο οποίος είναι οι μηδενικές εκπομπές ρύπων.

Τέλος, το τέταρτο και το πέμπτο σημείο αφορούν δύο από τις δημοφιλέστερες παραλίες της Χάλκης, την Κάγια και τον Πόνταμο (σύμφωνα με το *(Tripadvisor)*), διότι αυτές οι δύο παραλίες προσελκύουν τους περισσότερους κατοίκους και τουρίστες, συνεπώς υπάρχει η πιθανότητα να παρουσιαστούν περισσότερες ανάγκες και ζήτηση για φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων στις περιοχές αυτές.

Παρακάτω ακολουθεί αναπαράσταση σε χάρτη των πιθανών σημείων τοποθέτησης σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στο νησί της Χάλκης.



Σχήμα 4.4 : Πιθανά σημεία τοποθέτησης σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στο νησί της Χάλκης

Η Χάλκη διαθέτει ήδη 3 σταθμούς φόρτισης (τα σημεία αυτά αναγράφονται πάνω στους χάρτες). Ο ένας βρίσκεται κοντά στο αστυνομικό τμήμα της περιοχής (Σημείο 6), ο άλλος βρίσκεται κοντά στο λιμάνι (Σημείο 8), ενώ ο τελευταίος συναντάται σχετικά κοντά στην παραλία του Πόνταμου (Σημείο 7).

4.3.4 Ενεργειακή προσέγγιση

Γενικότερα, οι επιπλέον ανάγκες που πιθανώς θα προκύψουν για την κάλυψη της ζήτησης των ηλεκτρικών οχημάτων για φόρτιση, θα πρέπει να καλύπτονται αποκλειστικά από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, αλλιώς δεν θα υπάρχουν περιβαλλοντικά οφέλη. Τα περισσότερα νησιά έχουν ως πηγή τροφοδοσίας κυρίως αυτόνομους σταθμούς ντίζελ, επομένως παρατηρείται σημαντική αύξηση στο κόστος παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας, κυρίως λόγω της μη διασύνδεσης με άλλα δίκτυα, κάτι το οποίο πιθανώς και να προκαλέσει περαιτέρω προβλήματα στο δίκτυο.

Για να επιτευχθεί, επομένως, μείωση του κόστους παραγωγής ηλεκτρισμού καθώς και σημαντική μείωση των εκπομπών ρύπων προς το περιβάλλον θα πρέπει οι ανάγκες των ηλεκτρικών οχημάτων να καλύπτονται αποκλειστικά από ανανεώσιμες πηγές, όπως από φωτοβολταϊκά πάνελ. Επομένως, μέσω του προγράμματος της Ευρωπαϊκής Ένωσης PVGIS (*JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission, n.d.*), θα εκτιμηθεί η παραγωγή ενέργειας από ένα φωτοβολταϊκό σύστημα μη διασυνδεδεμένο με το δίκτυο, με σκοπό να καλύπτει όλες τις ανάγκες του μέγιστου αριθμού των σταθμών φόρτισης που μπορούν να τοποθετηθούν.

Για το νησί της Τήλου προκύπτει ότι :

Υπάρχουν 7 διαθέσιμα σημεία τα οποία προκύπτουν ως εν δυνάμει σταθμοί φόρτισης και τα οποία θα αποτελούνται από φορτιστές επιπέδου 2, οι οποίοι συναντώνται συχνότερα στην περίπτωση που πρόκειται για φορτιστές σε δημόσιο χώρο.

Παίρνοντας σαν δεδομένο ότι τα ηλεκτρικά οχήματα θα διανύουν καθημερινά αποστάσεις που αντιστοιχούν στην συνολική έκταση του οδικού δικτύου της Τήλου (33 χιλιόμετρα) και γνωρίζοντας ότι το μέσο ηλεκτρικό όχημα για κάθε χιλιόμετρο που διανύει ξοδεύει 0.2 kWh (*How Much Electricity Does an Electric Car Use?*, n.d.), υπολογίζονται οι κίλοβατώρες που καταναλώνονται καθημερινά.

$$kwh_{day} = km * kwh_{km} = 33 * 0,2 = 6.6 kwh = 6,600 wh$$

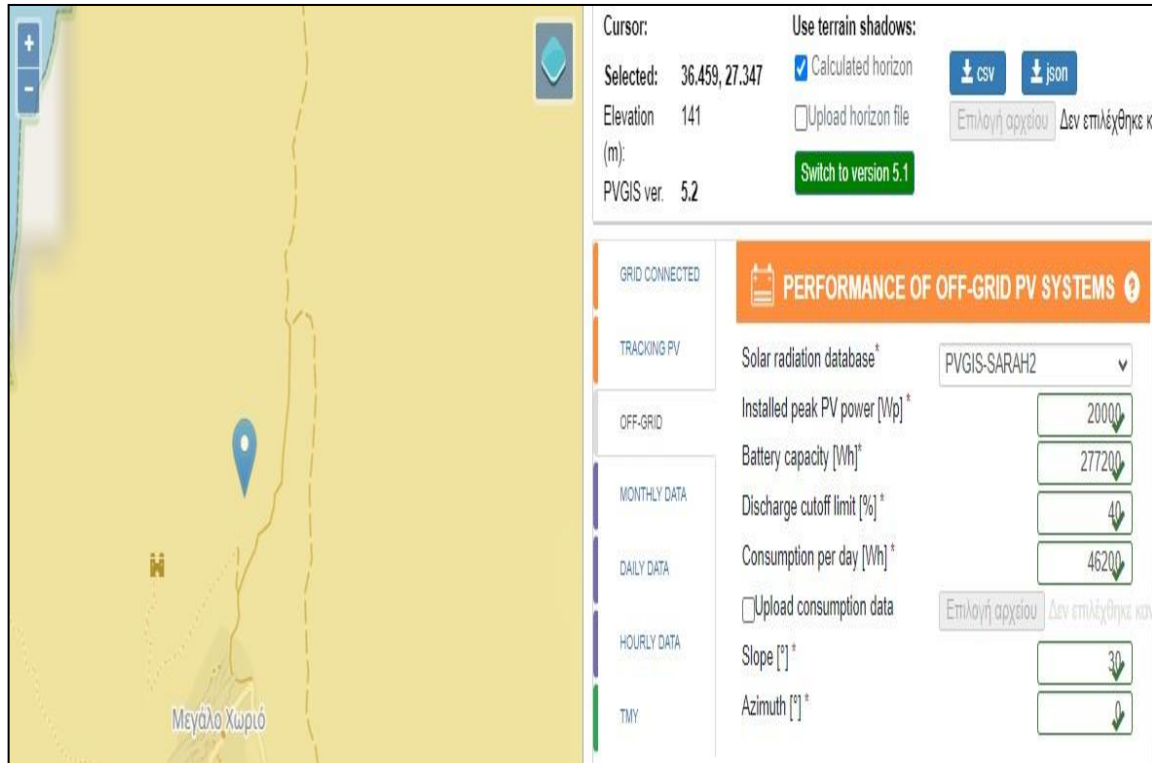
Επομένως κάθε ηλεκτρικό όχημα για να μπορέσει να διανύσει αυτές τις αποστάσεις θα χρειαστεί να ξοδέψει 6.6 kwh, άρα οι φορτιστές που θα τοποθετηθούν σε κάθε σταθμό, θα έχουν ονομαστική ισχύ 6.6 kW, έτσι ώστε όταν το όχημα θα φορτίζεται για μια ώρα, να μπορέσει να διανύσει τις απαιτούμενες καθημερινές αποστάσεις.

Αφού θα χρειαστεί όλοι οι 7 σταθμοί φόρτισης να είναι διαθέσιμοι ανά πάσα στιγμή για φόρτιση, κάθε φορά που χρησιμοποιείται ο κάθε σταθμός θα καταναλώνει ο καθένας από αυτούς 6,6 kW. Επομένως, η ημερήσια κατανάλωση των σταθμών φόρτισης, με την προϋπόθεση ότι θα χρησιμοποιούνται τουλάχιστον μια φορά την ημέρα ορίζεται ως

$$con_{daily} = num_{chargers} * kW_{daily}$$

$$con_{daily} = 7 * 6.6 kW = 46.2 kW = 46,200 W$$

Επομένως η ημερήσια κατανάλωση ορίζεται στα 46,200 W.



Πίνακας 4.2 : Δεδομένα εισαγωγής για την κάλυψη αναγκών 7 σταθμών φόρτισης από φωτοβολταϊκό σταθμό για το νησί της Τήλου

Παραπάνω παρατηρούνται τα δεδομένα τα οποία έχουν εισαχθεί έτσι ώστε να καλυφθεί η ζήτηση που προκύπτει με την παρουσία των σταθμών φόρτισης. Ως ονομαστική ισχύς του φωτοβολταϊκού σταθμού επιλέγεται η τιμή των 20 kWp = 20,000 Wp, καθώς αυτή είναι η ελάχιστη τιμή η οποία μπορεί να καλύψει τις ανάγκες των σταθμών φόρτισης. Η χωρητικότητα της μπαταρίας υπολογίζεται με την χρήση του παρακάτω τύπου (Beckers, 2023) :

$$\begin{aligned} & battery\ capacity(kWh) \\ & = Daily\ energy\ use\ (kWh) \\ & * \frac{Number\ of\ days\ of\ autonomy}{1 - SOC} \end{aligned}$$

όπου battery capacity = χωρητικότητα της μπαταρίας σε kWh

Daily energy use = Καθημερινή κατανάλωση ενέργειας σε kWh (έχει υπολογισθεί σε 46.2 kWh ημερησίως)

Number of days of autonomy = Οι μέρες στις οποίες δεν θα υπάρχει μεγάλη παραγωγή ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά για να καλύψει την ζήτηση (κυρίως σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει ηλιοφάνεια), επομένως θα χρειαστεί η αποθηκευμένη ενέργεια της μπαταρίας ώστε να καλυφθεί η ζήτηση. Για να καλυφθεί η περίπτωση αυτή

SOC = Η χωρητικότητα της μπαταρίας μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή (*State of Charge - an Overview | ScienceDirect Topics, 2022*).

Ο αριθμός ημερών αυτονομίας και το SOC παίρνουν τις τιμές 3 και 50 % αντίστοιχα, ακολουθώντας την τυπική διαστασιολόγηση μιας μπαταρίας (Beckers, 2023)

Άρα

$$\text{battery capacity}(kWh) = 46.2 (kWh) * \frac{3}{1 - 0.5}$$

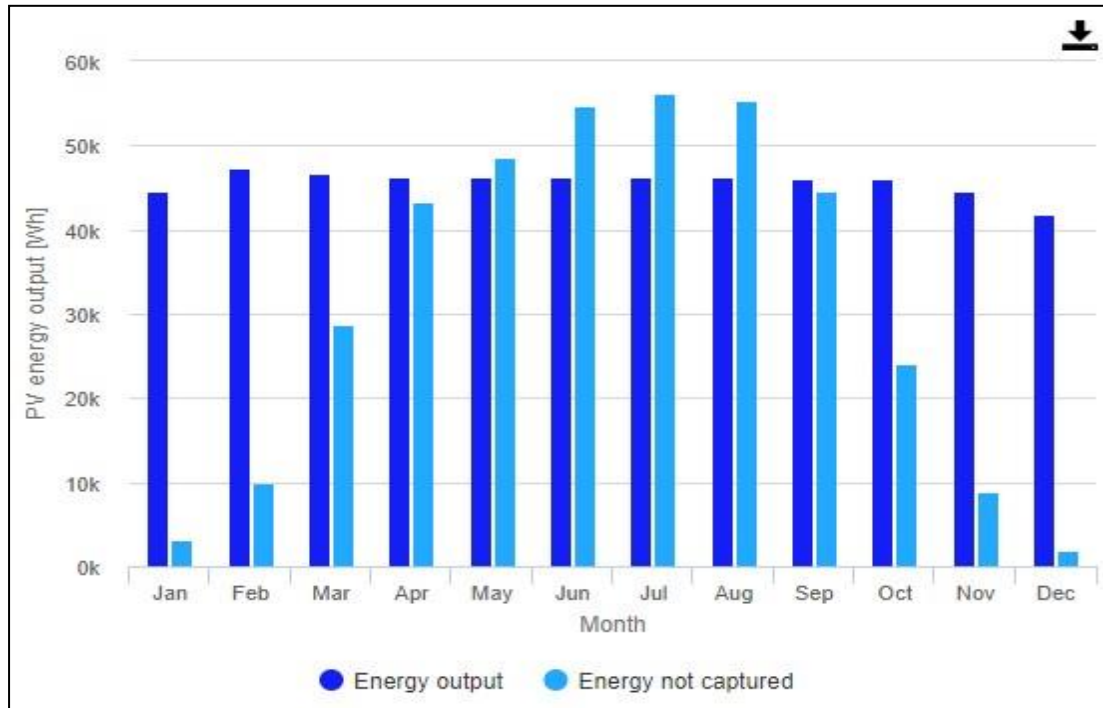
$$\text{battery capacity}(kWh) = 277.2 = 277,200 Wh$$

Στη συνέχεια υπάρχει το discharge cutoff limit (%), το οποίο σημαίνει την διακοπή φόρτισης της μπαταρίας ούτως ώστε να μην μπορεί να πέσει κάτω από ένα συγκεκριμένο ποσοστό της πλήρους φόρτισης. Η τιμή που επιλέγεται είναι η προεπιλεγμένη τιμή του προγράμματος που αντιστοιχεί στο 40 %.

Η μεταβλητή consumption per day αναφέρεται στην καθημερινή κατανάλωση που έχει υπολογισθεί στις 46,200 Wh.

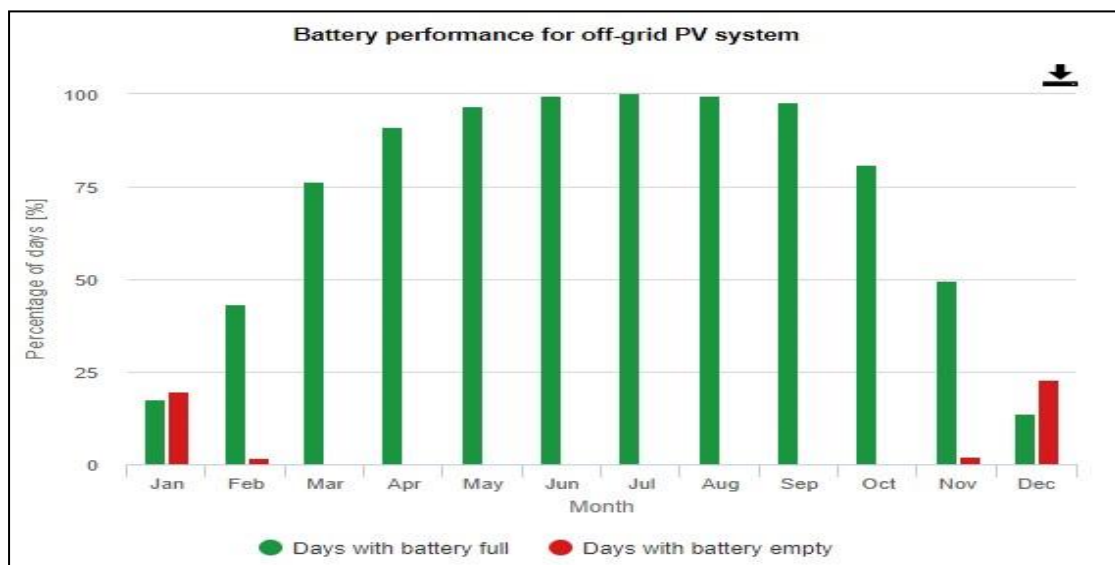
Τέλος, οι δύο τελευταίες παράμετροι αφορούν την γωνία τοποθέτησης των πάνελ και την αζιμούθια γωνία, όπου έχουν τις τιμές των 30 και των 0 μοιρών αντίστοιχα, σύμφωνα με το άρθρο του (Τσίγκλος, 2012).

Επομένως με την χρήση των παραπάνω δεδομένων και μέσω του προγράμματος PVGIS, παράγονται τα εξής αποτελέσματα



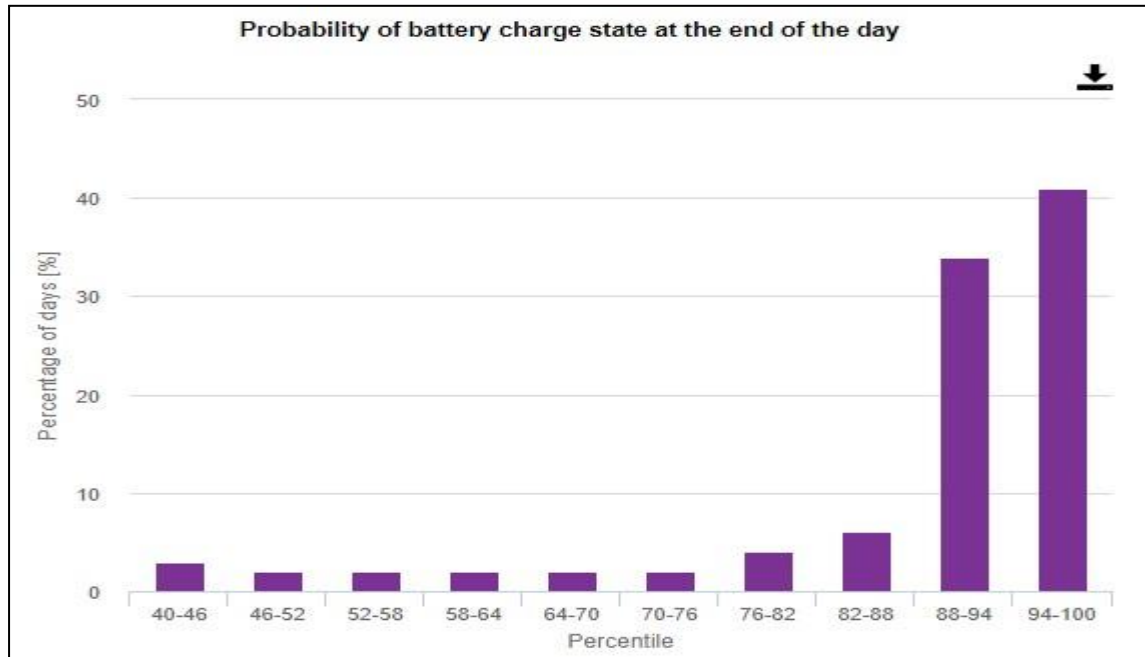
Γράφημα 4.1 : Εκτίμηση παραγωγής ενέργειας για φωτοβολταϊκό σύστημα εκτός δικτύου

Στο Γράφημα 4.1 με χρώμα μπλε σκούρο παρατηρείται η παραγόμενη ενέργεια η οποία καταναλώνεται από τους σταθμούς φόρτισης, ενώ με γαλάζιο χρώμα παρατηρείται η περισσευόμενη ενέργεια η οποία δεν αξιοποιείται, συνεπώς αποθηκεύεται στην μπαταρία.



Γράφημα 4.2 : Απόδοση μπαταρίας για φωτοβολταϊκό σύστημα εκτός δικτύου

Στο Γράφημα 4.2 με πράσινο χρώμα αναφέρεται το ποσοστό των ημερών για κάθε μήνα στο οποίο η μπαταρία θα είναι γεμάτη, ενώ με κόκκινο χρώμα αναφέρεται το ποσοστό των ημερών εντός του μήνα στο οποίο η μπαταρία θα αδειάσει



Γράφημα 4.3 : Πιθανότητα κατάστασης φόρτισης της μπαταρίας στο τέλος της ημέρας

Στο Γράφημα 4.3 αναγράφονται τα πιθανά ποσοστά φόρτισης της μπαταρίας συναρτήσει με το ποσοστό των ημερών, στις οποίες συναντώνται τα ποσοστά αυτά.

Για το νησί της Χάλκης προκύπτει ότι :

Υπάρχουν 5 διαθέσιμα σημεία τα οποία προκύπτουν ως εν δυνάμει σταθμοί φόρτισης και τα οποία θα αποτελούνται από φορτιστές επιπέδου 2, οι οποίοι συναντώνται συχνότερα στην περίπτωση που πρόκειται για φορτιστές σε δημόσιο χώρο.

Παίρνοντας σαν δεδομένο ότι τα ηλεκτρικά οχήματα θα διανύουν καθημερινά αποστάσεις που αντιστοιχούν στην συνολική έκταση του οδικού δικτύου του νησιού (13 χιλιόμετρα) και γνωρίζοντας ότι το μέσο ηλεκτρικό όχημα για κάθε χιλιόμετρο που διανύει ξοδεύει 0.2 kWh, υπολογίζονται οι κιλοβατώρες που καταναλώνονται καθημερινά.

$$kwh_{day} = km * kwh_{km} = 13 * 0.2 = 2.6 kwh = 2,600 wh$$

Επομένως κάθε ηλεκτρικό όχημα για να μπορέσει να διανύσει αυτές τις αποστάσεις θα χρειαστεί να ξοδέψει 2.6 kWh, άρα οι φορτιστές που θα τοποθετηθούν σε κάθε σταθμό, θα έχουν ονομαστική ισχύ 5.2 kW, έτσι ώστε όταν το όχημα θα φορτίζεται για μισή ώρα, να μπορέσει να διανύσει τις απαιτούμενες καθημερινές αποστάσεις.

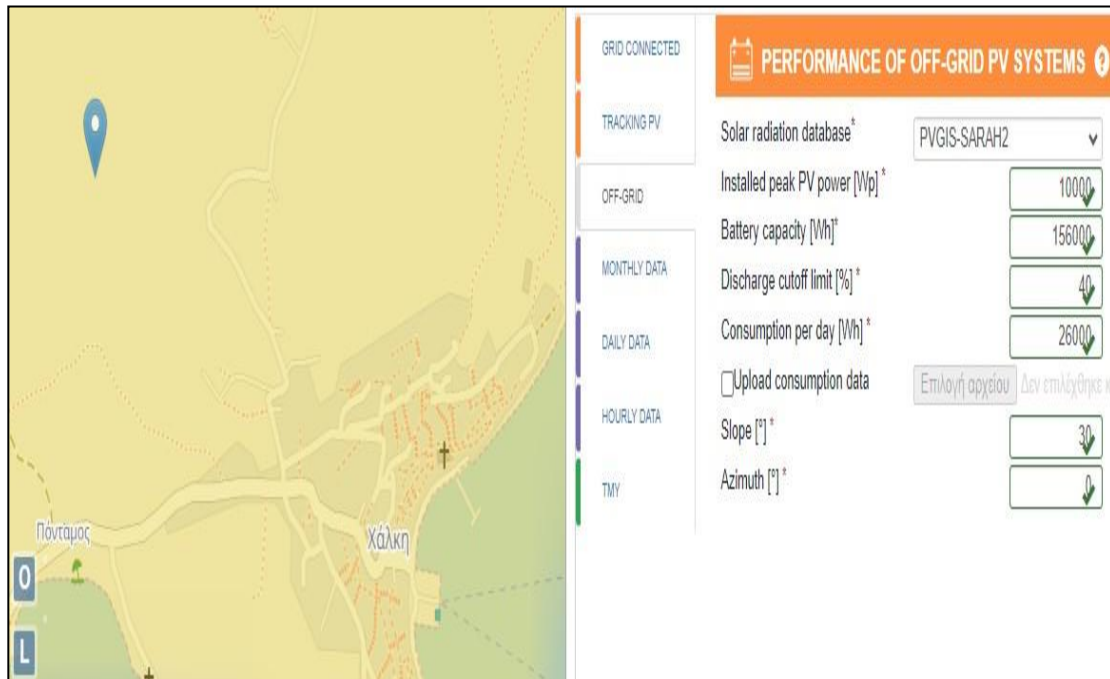
Αφού θα χρειαστεί όλοι οι 5 σταθμοί φόρτισης να είναι διαθέσιμοι ανά πάσα στιγμή για φόρτιση, κάθε φορά που χρησιμοποιείται ο κάθε σταθμός θα καταναλώνει ο καθένας από αυτούς 5.2 kW. Επομένως, η ημερήσια κατανάλωση των σταθμών

φόρτισης, με την προϋπόθεση ότι θα χρησιμοποιούνται τουλάχιστον μια φορά την ημέρα ορίζεται ως

$$con_{daily} = num_{chargers} * kW_{daily}$$

$$con_{daily} = 5 * 5.2 kW = 26 kW = 26000 W$$

Επομένως η ημερήσια κατανάλωση ορίζεται στα 26,000 W.



Πίνακας 4.3 : Δεδομένα εισαγωγής για την κάλυψη αναγκών 5 σταθμών φόρτισης από φωτοβολταϊκό σταθμό για το νησί της Χάλκης

Παραπάνω παρατηρούνται τα δεδομένα τα οποία έχουν εισαχθεί έτσι ώστε να καλυφθεί η ζήτηση που προκύπτει με την παρουσία των σταθμών φόρτισης. Ως ονομαστική ισχύς του φωτοβολταϊκού σταθμού επιλέγεται η τιμή των 10 kWp = 10,000 Wp, καθώς αυτή είναι η ελάχιστη τιμή η οποία μπορεί να καλύψει τις ανάγκες των σταθμών φόρτισης. Η χωρητικότητα της μπαταρίας υπολογίζεται με την χρήση του παρακάτω τύπου (Beckers, 2023) :

$$\begin{aligned} & battery\ capacity(kWh) \\ & = \text{Daily energy use (kWh)} \\ & * \frac{\text{Number of days of autonomy}}{1 - SOC} \end{aligned}$$

όπου battery capacity = χωρητικότητα της μπαταρίας σε kWh

Ο αριθμός ημερών αυτονομίας και το SOC παίρνουν τις τιμές 3 και 50 % αντίστοιχα, ακολουθώντας την τυπική διαστασιολόγηση μιας μπαταρίας

Άρα

$$\text{battery capacity}(kWh) = 26 (kWh) * \frac{3}{1 - 0.5}$$

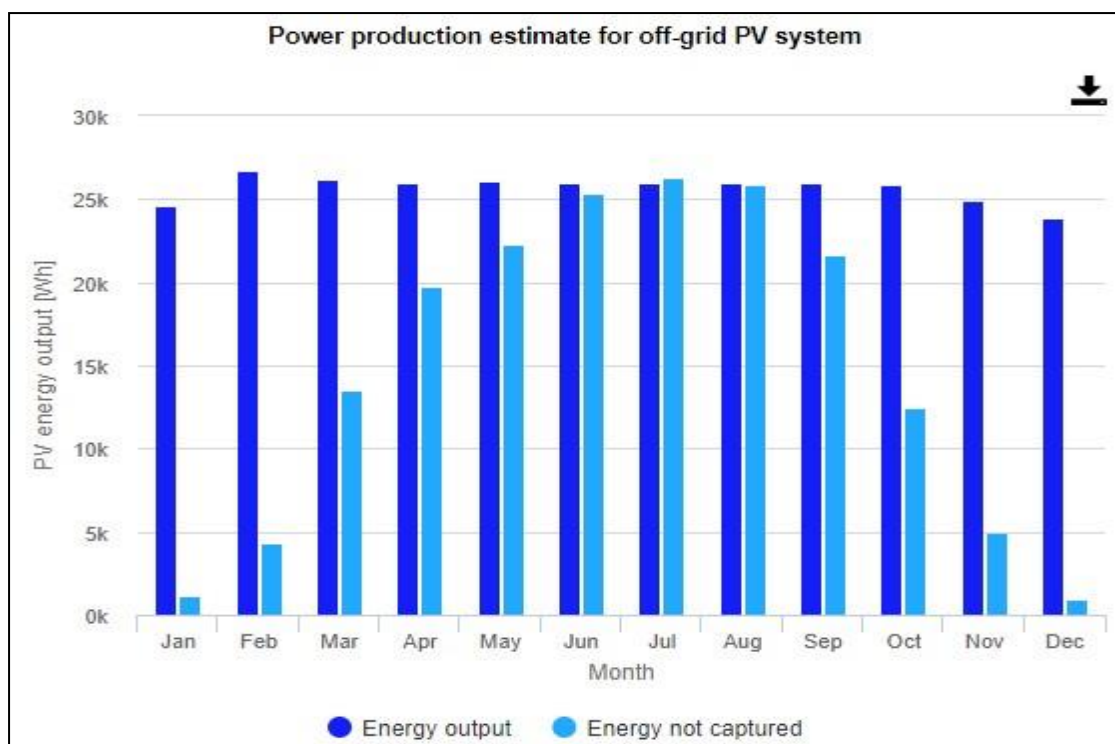
$$\text{battery capacity}(kWh) = 156 = 156,000 Wh$$

Στη συνέχεια υπάρχει το discharge cutoff limit (%), στο οποίο επιλέγεται η προεπιλεγμένη τιμή του προγράμματος που αντιστοιχεί στο 40 %.

Η μεταβλητή consumption per day αναφέρεται στην καθημερινή κατανάλωση που έχει υπολογισθεί στις 26.000 Wh.

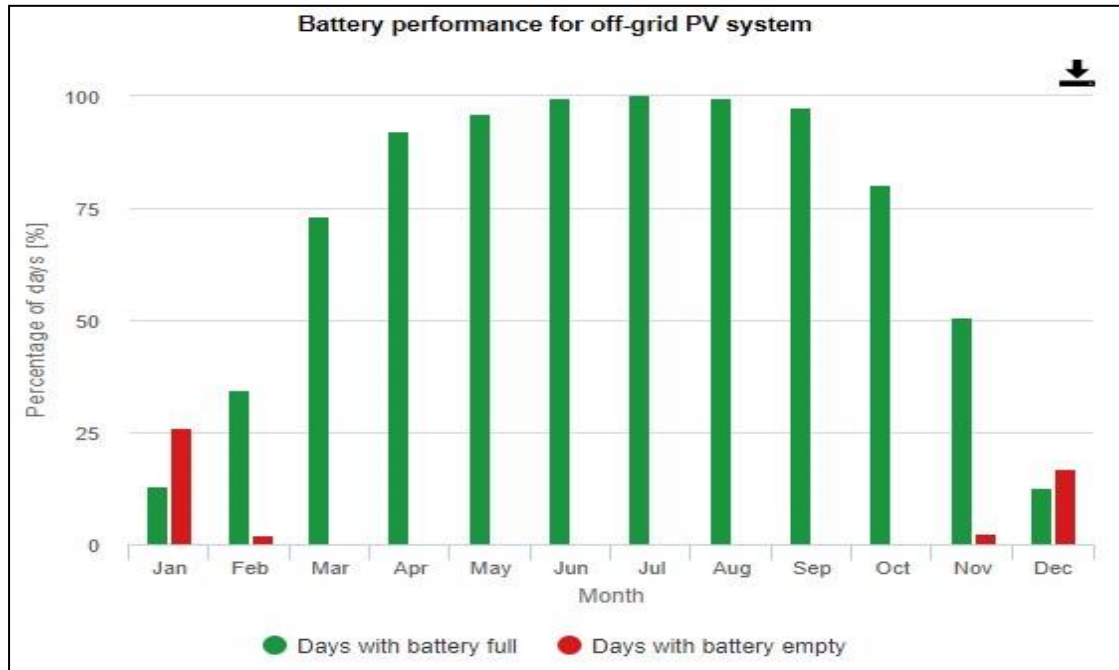
Τέλος, οι δύο τελευταίες παράμετροι αφορούν την γωνία τοποθέτησης των πάνελ και την αζιμούθια γωνία, όπου έχουν τις τιμές των 30 και των 0 μοιρών αντίστοιχα

Επομένως με την χρήση των παραπάνω δεδομένων και μέσω του προγράμματος PVGIS, παράγονται τα εξής αποτελέσματα



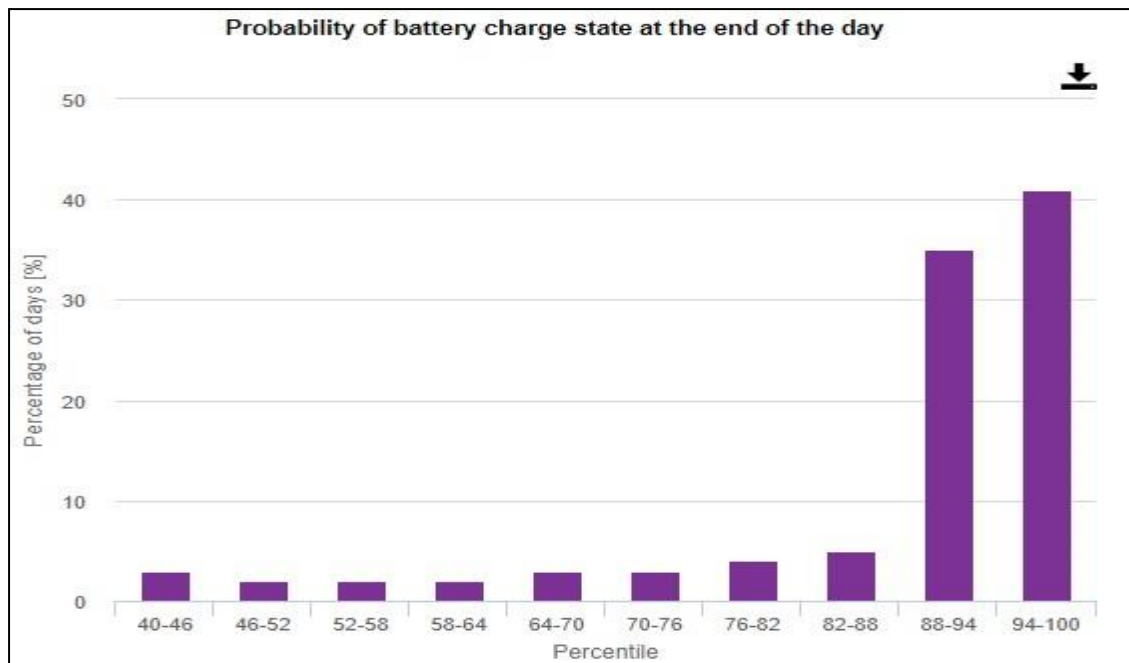
Γράφημα 4.4 : Εκτίμηση παραγωγής ενέργειας για φωτοβολταϊκό σύστημα εκτός δικτύου

Στο Γράφημα 4.4 με χρώμα μπλε σκούρο παρατηρείται η παραγόμενη ενέργεια η οποία καταναλώνεται από τους σταθμούς φόρτισης, ενώ με γαλάζιο χρώμα παρατηρείται η περισσευόμενη ενέργεια η οποία δεν αξιοποιείται, συνεπώς αποθηκεύεται στην μπαταρία.



Γράφημα 4.5 : Απόδοση μπαταρίας για φωτοβολταϊκό σύστημα εκτός δικτύου

Στο Γράφημα 4.5 με πράσινο χρώμα αναφέρεται το ποσοστό των ημερών για κάθε μήνα στο οποίο η μπαταρία θα είναι γεμάτη, ενώ με κόκκινο χρώμα αναφέρεται το ποσοστό των ημερών εντός του μήνα στο οποίο η μπαταρία θα αδειάσει



Γράφημα 4.6 : Πιθανότητα κατάστασης φόρτισης της μπαταρίας στο τέλος της ημέρας

Στο Γράφημα 4.6 αναγράφονται τα πιθανά ποσοστά φόρτισης της μπαταρίας συναρτήσει με το ποσοστό των ημερών, στις οποίες συναντώνται τα ποσοστά αυτά.

Για το νησί των Αντικυθήρων προκύπτει ότι :

Υπάρχουν 3 διαθέσιμα σημεία τα οποία προκύπτουν ως εν δυνάμει σταθμοί φόρτισης και τα οποία θα αποτελούνται από φορτιστές επιπέδου 2, οι οποίοι συναντώνται συχνότερα στην περίπτωση που πρόκειται για φορτιστές σε δημόσιο χώρο.

Παίρνοντας σαν δεδομένο ότι τα ηλεκτρικά οχήματα θα διανύουν καθημερινά αποστάσεις που αντιστοιχούν στην συνολική έκταση του οδικού δικτύου του νησιού (9 χιλιόμετρα) και γνωρίζοντας ότι το μέσο ηλεκτρικό όχημα για κάθε χιλιόμετρο που διανύει ξοδεύει 0.2 kWh, υπολογίζονται οι κιλοβατώρες που καταναλώνονται καθημερινά.

$$kwh_{day} = km * kwh_{km} = 9 * 0.2 = 1.8 kwh = 1,800 wh$$

Επομένως κάθε ηλεκτρικό όχημα για να μπορέσει να διανύσει αυτές τις αποστάσεις θα χρειαστεί να ξοδέψει 1.8 kWh, άρα οι φορτιστές που θα τοποθετηθούν σε κάθε σταθμό, θα έχουν ονομαστική ισχύ 3.6 kW, έτσι ώστε όταν το όχημα θα φορτίζεται για μισή ώρα, να μπορέσει να διανύσει τις απαιτούμενες καθημερινές αποστάσεις.

Αφού θα χρειαστεί όλοι οι 3 σταθμοί φόρτισης να είναι διαθέσιμοι ανά πάσα στιγμή για φόρτιση, κάθε φορά που χρησιμοποιείται ο κάθε σταθμός θα καταναλώνει ο καθένας από αυτούς 3.6 kW. Επομένως, η ημερήσια κατανάλωση των σταθμών φόρτισης, με την προϋπόθεση ότι θα χρησιμοποιούνται τουλάχιστον μια φορά την ημέρα ορίζεται ως

$$con_{daily} = num_{chargers} * kW_{daily}$$

$$con_{daily} = 3 * 3.6 kW = 10.8 kW = 10,800 W$$

Επομένως η ημερήσια κατανάλωση ορίζεται στα 10,800 W.

The screenshot shows the PVGIS-SARAH2 interface. On the left is a map of the island of Antikythera with a blue location pin. On the right, the 'PERFORMANCE OF OFF-GRID PV SYSTEMS' section is active. The 'Consumption per day [Wh]' field is set to 10800, which corresponds to the 10,800 W daily consumption calculated in the text. Other parameters include installed peak PV power of 5000 Wp and a battery capacity of 64800 Wh.

Πίνακας 4.3 : Δεδομένα εισαγωγής για την κάλυψη αναγκών 3 σταθμών φόρτισης από φωτοβολταϊκό σταθμό για το νησί των Αντικυθήρων

Παραπάνω παρατηρούνται τα δεδομένα τα οποία έχουν εισαχθεί έτσι ώστε να καλυφθεί η ζήτηση που προκύπτει με την παρουσία των σταθμών φόρτισης. Ως ονομαστική ισχύς του φωτοβολταϊκού σταθμού επιλέγεται η τιμή των 5 kWp = 5,000 Wp, καθώς αυτή είναι η ελάχιστη τιμή η οποία μπορεί να καλύψει τις ανάγκες των σταθμών φόρτισης. Η χωρητικότητα της μπαταρίας υπολογίζεται με την χρήση του παρακάτω τύπου (Beckers, 2023):

$$\begin{aligned} & \text{battery capacity}(kWh) \\ & = \text{Daily energy use } (kWh) \\ & * \frac{\text{Number of days of autonomy}}{1 - SOC} \end{aligned}$$

όπου battery capacity = χωρητικότητα της μπαταρίας σε kWh

Ο αριθμός ημερών αυτονομίας και το SOC παίρνουν τις τιμές 3 και 50 % αντίστοιχα, ακολουθώντας την τυπική διαστασιολόγηση μιας μπαταρίας

Άρα

$$\text{battery capacity}(kWh) = 10.8 (kWh) * \frac{3}{1 - 0.5}$$

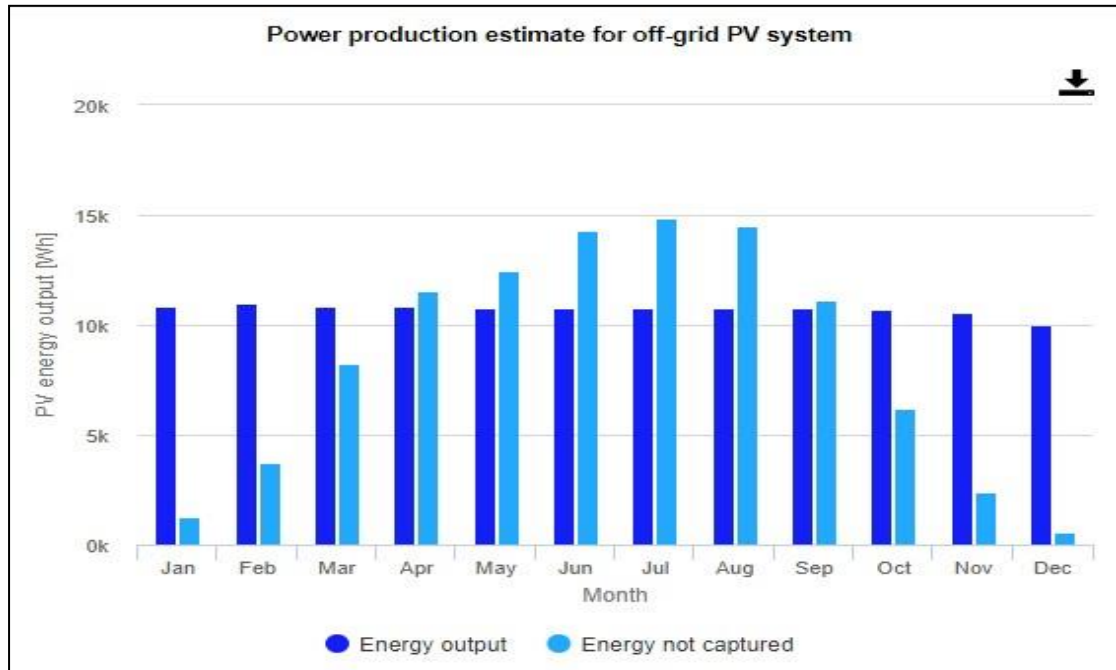
$$\text{battery capacity}(kWh) = 64.8 = 64,800 Wh$$

Στη συνέχεια υπάρχει το discharge cutoff limit (%), στο οποίο επιλέγεται η προεπιλεγμένη τιμή του προγράμματος που αντιστοιχεί στο 40 %.

Η μεταβλητή consumption per day αναφέρεται στην καθημερινή κατανάλωση που έχει υπολογισθεί στις 10,800 Wh.

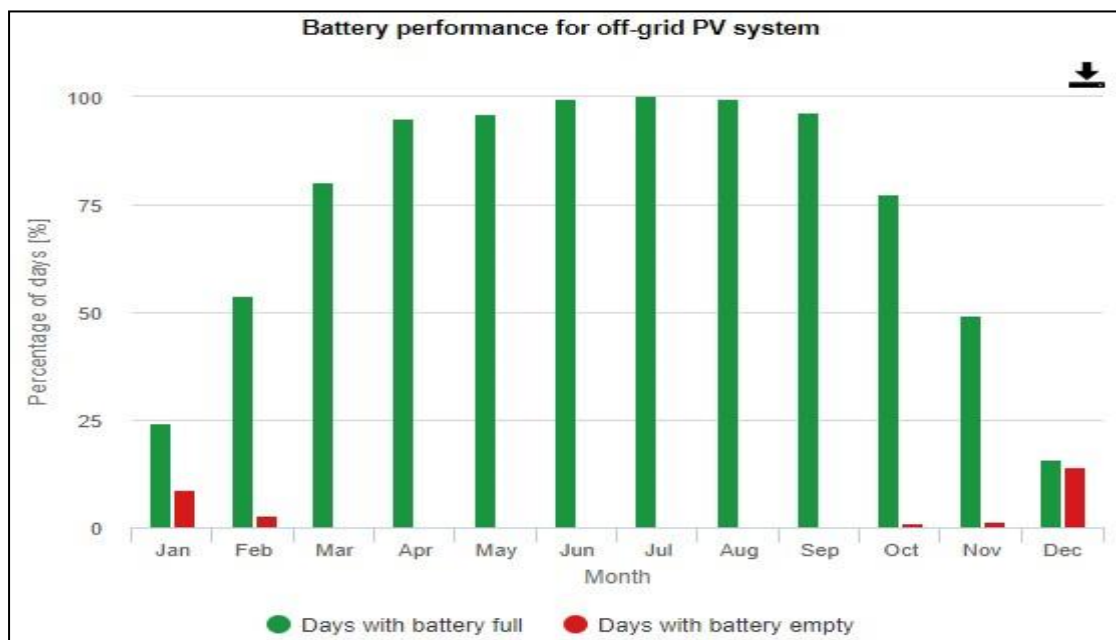
Τέλος, οι δύο τελευταίες παράμετροι αφορούν την γωνία τοποθέτησης των πάνελ και την αζιμούθια γωνία, όπου έχουν τις τιμές των 30 και των 0 μοιρών αντίστοιχα

Επομένως με την χρήση των παραπάνω δεδομένων και μέσω του προγράμματος PVGIS, παράγονται τα εξής αποτελέσματα



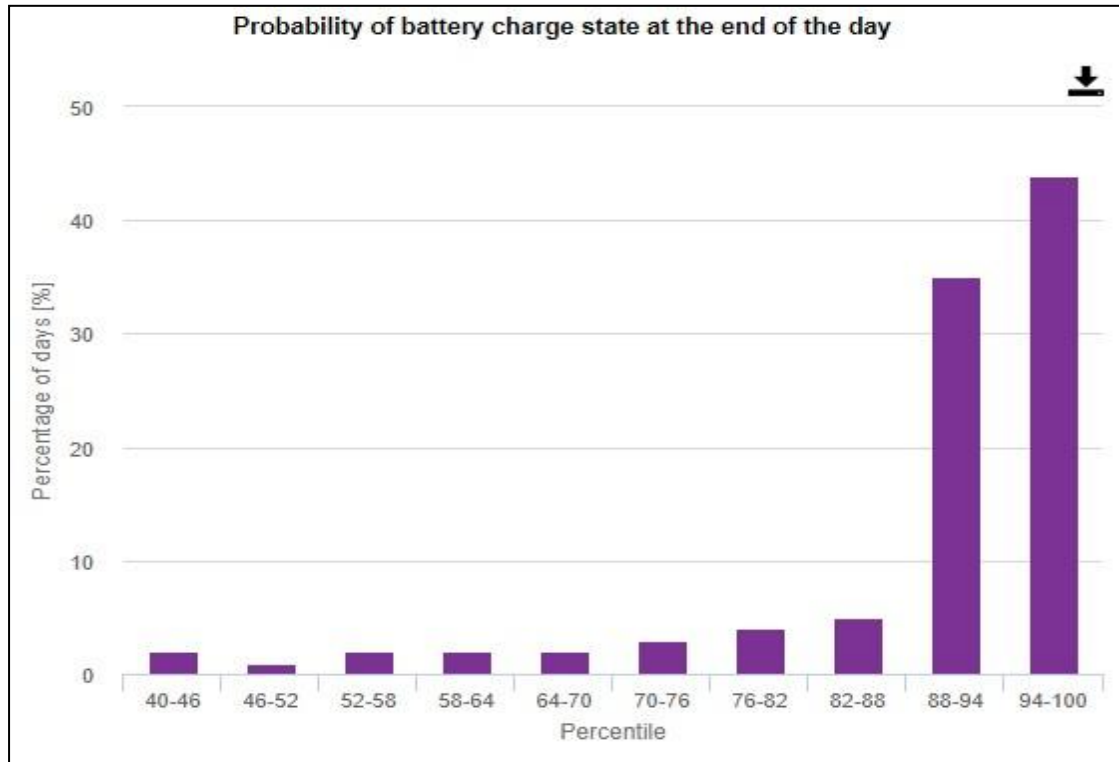
Γράφημα 4.7 : Εκτίμηση παραγωγής ενέργειας για φωτοβολταϊκό σύστημα εκτός δικτύου

Στο Γράφημα 4.4 με χρώμα μπλε σκούρο παρατηρείται η παραγόμενη ενέργεια η οποία καταναλώνεται από τους σταθμούς φόρτισης, ενώ με γαλάζιο χρώμα παρατηρείται η περισσευόμενη ενέργεια η οποία δεν αξιοποιείται, συνεπώς αποθηκεύεται στην μπαταρία.



Γράφημα 4.8 : Απόδοση μπαταρίας για φωτοβολταϊκό σύστημα εκτός δικτύου

Στο Γράφημα 4.8 με πράσινο χρώμα αναφέρεται το ποσοστό των ημερών για κάθε μήνα στο οποίο η μπαταρία θα είναι γεμάτη, ενώ με κόκκινο χρώμα αναφέρεται το ποσοστό των ημερών εντός του μήνα στο οποίο η μπαταρία θα αδειάσει



Γράφημα 4.9 : Πιθανότητα κατάστασης φόρτισης της μπαταρίας στο τέλος της ημέρας

Στο Γράφημα 4.9 αναγράφονται τα πιθανά ποσοστά φόρτισης της μπαταρίας συναρτήσει με το ποσοστό των ημερών, στις οποίες συναντώνται τα ποσοστά αυτά.

Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα

Αναφορικά με την διαδικασία που ακολουθήθηκε για την επιλογή των κατάλληλων τοποθεσιών εγκατάστασης σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε τρία Ελληνικά νησιά, προκύπτουν διάφορα συμπεράσματα.

Για την επιλογή τύπου φορτιστή για κάθε δημόσιο σταθμό φόρτισης που θα τοποθετηθεί προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα :

- Σχετικά με τον τύπο φορτιστή (φορτιστής επιπέδου 1,2 ή 3) που θα πρέπει να εγκατασταθεί στις τοποθεσίες αυτές, θα είναι προτιμότερο να εγκατασταθεί ένας φορτιστής επιπέδου 2 συγκριτικά με τους φορτιστές άλλων επιπέδων. Οι φορτιστές επιπέδου 2 είναι συχνά χρησιμοποιούμενοι στην περίπτωση των δημοσίως προσβάσιμων φορτιστών, καθώς μπορούν να φορτίσουν πλήρως το όχημα σε ένα εύλογο χρονικό διάστημα (περίπου 3 ώρες για φόρτιση μέχρι 20 χιλιόμετρα, 8 ώρες για φόρτιση μέχρι 129 χιλιόμετρα, σύμφωνα με το ('EvoCharge', 2021)). Προτιμώνται από τους φορτιστές επιπέδου 1, καθώς οι φορτιστές επιπέδου 1 είναι κατάλληλοι κυρίως για οικιακή φόρτιση μιας και χρειάζονται αρκετό χρόνο για να φορτίσουν ένα όχημα (11-20 ώρες για αυτονομία 8 χιλιομέτρων ('EvoCharge', 2021)).
- Συγκριτικά με τους φορτιστές επιπέδου 3, οι φορτιστές του επιπέδου αυτού είναι αρκετά πιο γρήγοροι στον χρόνο φόρτισης (30-60 λεπτά για 121-193 χιλιόμετρα αυτονομία ('EvoCharge', 2021)), συνεπώς χρειάζονται και λιγότεροι φορτιστές επιπέδου 3 από ότι φορτιστές επιπέδου 2, για την κάλυψη των αναγκών φόρτισης. Ωστόσο το κόστος εξοπλισμού και εγκατάστασης για τον φορτιστή επιπέδου 3, είναι αρκετά μεγαλύτερο από εκείνο ενός φορτιστή επιπέδου 2. Πιο συγκεκριμένα, το κόστος εξοπλισμού κυμαίνεται από 10,000 έως 40,000 ευρώ για τους φορτιστές επιπέδου 3 ενώ για τους φορτιστές επιπέδου 2 το κόστος εξοπλισμού κυμαίνεται από 400 έως 6,500 ευρώ (*Alternative Fuels Data Center: Electric Vehicles for Fleets*, n.d.). Όσον αφορά το κόστος εγκατάστασης, αυτό κυμαίνεται από 4,000 έως 51,000 ευρώ για τους φορτιστές επιπέδου 3 ενώ για τους φορτιστές επιπέδου 2 το κόστος εξοπλισμού κυμαίνεται από 1,600 έως 12,700 ευρώ (*Alternative Fuels Data Center: Electric Vehicles for Fleets*, n.d.), επομένως κρίνεται πιο βιώσιμη η επιλογή ενός φορτιστή επιπέδου 2 αναφορικά με το συνολικό κόστος της εγκατάστασης.
- Αξίζει να σημειωθεί ότι ο χρόνος φόρτισης εξαρτάται και από την εγκατεστημένη ισχύ του φορτιστή αλλά και από την ισχύ που μπορεί να δεχθεί το κάθε ηλεκτρικό όχημα. Επιπροσθέτως, κάθε φορτιστής πρέπει να είναι συμβατός και για ελαφρά αλλά και για βαρέα οχήματα.

- Επίσης η εγκατεστημένη ισχύς ενός φορτιστή επιπέδου 2 μπορεί να φτάσει από τα 6 kW μέχρι και τα 19.2 kW ενώ η εγκατεστημένη ισχύς ενός φορτιστή επιπέδου 3 μπορεί να φτάσει μέχρι από τα 50 kW μέχρι και τα 120 kW. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει περίπτωση, μια εγκατάσταση ενός σταθμού φόρτισης με φορτιστή επιπέδου 3, να επιβαρύνει σε μεγάλο βαθμό το δίκτυο των νησιών και να μην μπορέσει να καλυφθεί η ζήτηση για φόρτιση, καθώς το δίκτυο των νησιών στην Ελλάδα είναι αρκετά πιο αδύναμο συγκριτικά με άλλες πόλεις της χώρας.
- Επομένως, προτιμάται η εγκατάσταση ενός σταθμού φόρτισης επιπέδου 2 στα σημεία που έχουν επιλεγεί για την τοποθέτηση σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Όμως, υπάρχει περίπτωση να χρειαστεί να τοποθετηθούν σταθμοί φόρτισης επιπέδου 3, σε χώρους που ο χρόνος παραμονής δεν είναι μεγάλος, όπως σε βενζινάδικα, στάσεις λεωφορείων ή αυτοκινητόδρομους με σκοπό την μείωση του χρόνου αναμονής, ωστόσο γενικότερα παρατηρούνται ελάχιστα τέτοια σημεία στα νησιά που έχουν επιλεγεί για μελέτη, άρα αποφεύγεται η χρήση τους.

Γενικά συμπεράσματα :

- Υπάρχει το ενδεχόμενο, να μην μπορεί να καλυφθεί η ζήτηση κατά την διάρκεια των ωρών αιχμής (κυρίως κατά τις μεσημεριανές και απογευματινές ώρες). Επομένως προτείνεται η φόρτιση των οχημάτων κυρίως κατά τις νυχτερινές ώρες έτσι ώστε να υπάρξει αποσυμφόρηση του δικτύου και επομένως να μειωθεί η ζήτηση κατά τις ώρες αιχμής και να περιοριστούν τα προβλήματα που παρουσιάζονται κατά την υπερφόρτωση του δικτύου, όπως οι διακοπές ρεύματος. Ακόμα, προτείνεται ο συνδυασμός των σταθμών φόρτισης των οχημάτων με την τεχνολογία V2G (προσφορά ρεύματος στο δίκτυο σε ώρες αιχμής) και στρατηγικών έξυπνης φόρτισης (μεταφορά φόρτισης σε ώρες στις οποίες δεν υπάρχει ζήτηση), προσαρμοσμένες στις ανάγκες του χρήστη και του δικτύου (Mele et al., 2021), έτσι ώστε να υπάρξει ακόμα μεγαλύτερη υποστήριξη στο τοπικό δίκτυο.
- Η ανεξέλεγκτη φόρτιση μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερες αιχμές στην ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, κάτι το οποίο καταπονεί σημαντικά το δίκτυο, κυρίως στην περίπτωση των μη διασυνδεδεμένων ελληνικών νησιών.
- Ιδανικά, προτείνεται η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την κάλυψη της ζήτησης των σταθμών φόρτισης, καθώς με αυτό τον τρόπο μειώνεται σημαντικά το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και υπάρχουν

περιβαλλοντικά οφέλη, καθώς μειώνεται σε σημαντικό βαθμό η εξάρτηση από τους αυτόνομους σταθμούς ντίτζελ, οι οποίοι αποτελούν ένα σημαντικό κομμάτι των παραγωγών ηλεκτρικής ενέργειας στα ελληνικά νησιά, μέχρι και σήμερα.

- Γενικά, στην περίπτωση των μη διασυνδεδεμένων δικτύων, προτείνεται ελεγχόμενη φόρτιση και αύξηση της διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, έτσι ώστε να υπάρχει μια σταθερότητα στο δίκτυο για να αποφευχθεί η πιθανότητα ύπαρξης προβλημάτων σε αυτό.
- Ακόμα, υπάρχει ένα ενδεχόμενο ο χώρος στον οποίο θα τοποθετηθεί ο σταθμός φόρτισης, να χρειαστεί ειδική διαμόρφωση, έτσι ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες του σταθμού.

Σχετικά με τα νησιά των Αντικυθήρων, της Τήλου και της Χάλκης προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα :

- Σε γενικό επίπεδο, αξίζει να αναφερθεί ότι τα επίπεδα αυτονομίας του κάθε οχήματος δεν θα ληφθούν υπόψη για την εγκατάσταση σταθμών φόρτισης, για την συγκεκριμένη περίπτωση μελέτης, καθώς τα νησιά των Αντικυθήρων, της Τήλου και της Χάλκης, είναι νησιά με μικρό οδικό δίκτυο. Πιο συγκεκριμένα το οδικό δίκτυο των Αντικυθήρων εκτείνεται στα 9 χιλιόμετρα, της Τήλου στα 33 χιλιόμετρα και της Χάλκης στα 13 χιλιόμετρα. Οι αριθμοί αυτοί αναφέρονται σε ασφαλτοστρωμένα και μη δίκτυα, επομένως μπορεί ένα ηλεκτρικό όχημα να διανύσει αρκετές αποστάσεις εντός των νησιών μέχρι να ξεφορτίσει πλήρως, επομένως μειώνεται και η ανάγκη για ύπαρξη μεγάλου αριθμού σταθμών φόρτισης.
- Γενικά, η διείσδυση ηλεκτρικών οχημάτων είναι συνυφασμένη με τις ανάγκες που υπάρχουν για μετακίνηση και μειώνεται από τον πληθυσμό και την έκταση του οδικού δικτύου του νησιού, χωρίς να υπάρχει μεγάλη εξάρτηση από τις ανάγκες του δικτύου ηλεκτρισμού. Επίσης, ενδεχομένως να χρειαστούν περισσότεροι σταθμοί φόρτισης για την κάλυψη των αναγκών για φόρτιση μελλοντικά, καθώς αναμένεται αύξηση στην ζήτηση των ηλεκτρικών οχημάτων, μιας και η ελληνική κοινωνία στρέφεται στον εκμηδενισμό των ρύπων.
- Όσον αφορά τα επίπεδα των τουριστών που προσέρχονται στο κάθε νησί ξεχωριστά, αυτά διαφέρουν για κάθε νησί. Στα Αντικύθηρα ο αριθμός των τουριστών που προσέρχεται στο νησί δεν ξεπερνά τα 1,000 άτομα (*Hotelsline.Gr*), στο νησί της Τήλου ο αριθμός αυτός ανέρχεται στα 23,000 άτομα ετησίως (*Fortuna*, 2018), ενώ στο νησί της Χάλκης ο

αριθμός αυτός εκτοξεύεται στα 56,742 άτομα ετησίως (Καρυώτης, 2023). Ο αριθμός αυτός των τουριστών αναφέρεται κυρίως στους καλοκαιρινούς μήνες, άρα αυτό σημαίνει ότι πιθανώς να υπάρχει αυξημένη ζήτηση για φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων εκείνους τους μήνες, κυρίως για τα νησιά της Τήλου και της Χάλκης, καθώς ο αριθμός των τουριστών που προσέρχονται στο νησί των Αντικυθήρων είναι αρκετά μικρός. Επομένως ο αριθμός των τουριστών που προσέρχονται στα νησιά δεν πρέπει να αμεληθεί, διότι πιθανώς να χρειαστεί τοποθέτηση περισσότερων σταθμών φόρτισης στα νησιά αυτά, με σκοπό την κάλυψη της ζήτησης, καθώς αυτή θα αυξομειώνεται ανάλογα με την εποχή.

- Επίσης, παρατηρείται πως τα περισσότερα σημεία για φόρτιση συναντώνται στο νησί της Τήλου, κάτι που είναι λογικό διότι είναι το νησί με την μεγαλύτερη έκταση, με τους περισσότερους κατοίκους και με τα περισσότερα οχήματα, άρα θα χρειαστούν και περισσότεροι σταθμοί φόρτισης για την κάλυψη της ζήτησης, συγκριτικά με τα άλλα δύο νησιά.
- Επιπλέον, η ισχύς που επιλέγεται για κάθε φωτοβολταϊκό σε κάθε νησί ξεχωριστά, αποσκοπεί στην κάλυψη της ζήτησης που προκύπτει για κάθε σημείο φόρτισης, άρα και στην πλήρη ενεργειακή αυτονομία των σταθμών αλλά και στην ύπαρξη πλεονάσματος ενέργειας κατά την διάρκεια του μήνα, σε περίπτωση που αυτό χρειαστεί για την κάλυψη της αυξανόμενης ζήτησης. Ακόμα, παρατηρείται πως για το νησί της Τήλου επιλέγεται η μεγαλύτερη ονομαστική ισχύς για το φωτοβολταϊκό, διότι εκεί παρατηρούνται τα περισσότερα σημεία φόρτισης, επομένως η ζήτηση θα είναι πιο αυξημένη, συγκριτικά με τα άλλα δύο νησιά.
- Σχετικά με τα διαγράμματα που σχηματίστηκαν, μέσω του προγράμματος PVGIS, με σκοπό την κάλυψη των αναγκών όλων των σταθμών φόρτισης από ΑΠΕ, παρατηρείται ότι υπάρχει σημαντική περίσσεια ενέργειας, σε όλα τα νησιά κυρίως στους θερινούς μήνες, κάτι που είναι λογικό καθώς εκείνους τους μήνες παρατηρούνται τα υψηλότερα επίπεδα ηλιοφάνειας στην περιοχή. Επίσης, καλύπτεται για όλους τους μήνες η ζήτηση των σταθμών φόρτισης για ηλεκτρικό ρεύμα, έχοντας την μικρότερη περίσσεια ενέργειας, τους μήνες Ιανουάριο και Δεκέμβριο. Ειδικότερα, παρατηρείται ότι η χαμηλότερη παραγωγή ενέργειας παρατηρείται τον μήνα Δεκέμβριο, λόγω πιθανώς των μη ευνοϊκών καιρικών συνθηκών που επικρατούν στον μήνα εκείνο και συνεπώς παρατηρούνται και τα χαμηλότερα αποθέματα ενέργειας, ενώ αντιθέτως η υψηλότερη παραγωγή ενέργειας παρατηρείται τον μήνα Ιούλιο, έχοντας ταυτόχρονα και την μεγαλύτερη περίσσεια ενέργειας για όλο τον χρόνο στον μήνα εκείνο.

- Όσον αφορά τα επίπεδα φόρτισης της μπαταρίας, παρατηρείται ότι η μπαταρία τους περισσότερους μήνες του χρόνου είναι πλήρως φορτισμένη, εκτός από τους χειμερινούς μήνες στους οποίους κάποιες μέρες η μπαταρία αποφορτίζεται μέχρι ένα ποσοστό ώστε να τροφοδοτήσει τους σταθμούς φόρτισης, καθώς τις μέρες εκείνες πιθανώς δεν θα παράγεται αρκετή ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά, ώστε να καλύψει τις ανάγκες των σταθμών φόρτισης

Για το νησί των Αντικυθήρων προκύπτει ότι :

- Πρόκειται για ένα αρκετά μικρό νησί, με ελάχιστο αριθμό μόνιμων κατοίκων, όπου οι περισσότεροι πρόκεινται για άτομα μεγάλης ηλικίας, με μικρό αριθμό τουριστών και με αρκετά περιορισμένο αριθμό υποδομών (μικρό οδικό δίκτυο, δεν υπάρχει βενζινάδικο και χώροι στάθμευσης και η μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ χωριών εκτείνεται στα 4 χιλιόμετρα). Επομένως, δεν κρίνεται απαραίτητη η εγκατάσταση μεγάλου αριθμού σταθμών φόρτισης για την κάλυψη των αναγκών του νησιού, οπότε υπάρχει η δυνατότητα εκπόνησης του ΣΦΗΟ (1 φορτιστής ανά 1000 κατοίκους)

Για το νησί της Τήλου προκύπτει ότι :

- Εκτός από τα σημεία τα οποία επελέγησαν για εγκατάσταση σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, εν δυνάμει τοποθεσίες μπορούν να χαρακτηριστούν και διάφοροι χώροι στάθμευσης, στάσεις λεωφορείων και βενζινάδικα που υπάρχουν στο νησί. Επίσης, βάσει του αριθμού των επισκεπτών του νησιού ετησίως και του αριθμού των ηλεκτρικών οχημάτων που έχουν καταγραφεί στο νησί χρειάζεται να τοποθετηθούν περισσότεροι του ενός σταθμού φόρτισης που ορίζει το ΣΦΗΟ, οι οποίοι θα περιλαμβάνουν φορτιστές επιπέδου 2, για τους λόγους που περιεγράφηκαν παραπάνω.

Για το νησί της Χάλκης προκύπτει ότι :

- Λόγω του αυξημένου αριθμού τουριστών που προσέρχονται στο νησί, ενδέχεται να υπάρχουν αυξημένα επίπεδα ζήτησης για φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων, επομένως πιθανώς να χρειαστεί να τοποθετηθούν περισσότεροι του ενός σταθμού φόρτισης που ορίζει το ΣΦΗΟ, χωρίς όμως ο αριθμός αυτός να είναι μεγάλος λόγω του μικρού οδικού δικτύου του νησιού.

Κεφάλαιο 6: Βιβλιογραφία

Γενική Γραμματεία Αιγαίου και Νησιωτικής Πολιτικής / Νησιά του Αιγαίου (Χώρος ευθύνης

Γ.Γ. Αιγαίου & Ν.Π.). (n.d.). Retrieved 11 June 2023, from

<http://www.ypai.gr/site/home/Basic+Menu/The+islands+of+Aegean.csp>

Abboud, K., Omar, H. A., & Zhuang, W. (2016). Interworking of DSRC and Cellular Network

Technologies for V2X Communications: A Survey. *IEEE Transactions on Vehicular*

Technology, 65(12), 9457–9470. Scopus. <https://doi.org/10.1109/TVT.2016.2591558>

Aboshady, F. M., Pisica, I., & Axon, C. J. (2022). A stochastic model for estimating electric

vehicle arrival at multi-charger forecourts. *Energy Reports*, 8, 11569–11578.

<https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.09.007>

Abuelsamid, S. (2022). *All GM EVs Add Plug And Charge Capability*. Forbes.

<https://www.forbes.com/sites/samabuelsamid/2022/06/23/all-gm-evs-add-plug-and-charge-capability/>

Aduama, P., Al-Sumaiti, A. S., & Al-Hosani, K. H. (2023). Electric Vehicle Charging

Infrastructure and Energy Resources: A Review. *Energies*, 16(4), Article 4.

<https://doi.org/10.3390/en16041965>

Aguilar Lopez, F., Billy, R. G., & Müller, D. B. (2023). Evaluating strategies for managing

resource use in lithium-ion batteries for electric vehicles using the global MATILDA model. *Resources, Conservation and Recycling*, 193, 106951.

<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.106951>

Alternative Fuels Data Center: Electric Vehicles for Fleets. (n.d.). Retrieved 1 February 2024,

from https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_fleets.html

Arif, S. M., Lie, T. T., Seet, B. C., Ayyadi, S., & Jensen, K. (2021). Review of Electric Vehicle

Technologies, Charging Methods, Standards and Optimization Techniques.

Electronics, 10(16), Article 16. <https://doi.org/10.3390/electronics10161910>

- Atangulova, A., Komshilov, K., Sennikova, A., Barbashov, N., Shanygin, S., & Lobacheva, E. (2023). Method for Recovery of Vehicle Braking Energy with Electric Drive Powered by DC Network and Device for Its Implementation. *Transportation Research Procedia*, 68, 967–972. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.02.134>
- athenstransport. (2022, January 5). Ηλεκτρικό λεωφορείο ξεκινά δρομολόγια στην Τήλο. *Athens Transport*. <https://www.athenstransport.com/2022/01/ilektriko-leoforeio-tilos/>
- Bai, X., Chin, K.-S., & Zhou, Z. (2019). A bi-objective model for location planning of electric vehicle charging stations with GPS trajectory data. *Computers & Industrial Engineering*, 128, 591–604. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.008>
- Baresch, M., & Moser, S. (2019). Allocation of e-car charging: Assessing the utilization of charging infrastructures by location. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 124, 388–395. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.04.009>
- Barriers 3: Hardware and Compatibility. (n.d.). *FutureLearn*. Retrieved 28 July 2023, from <https://www.futurelearn.com/info/blog>
- Beckers, R. (2023). *How to Size a Solar System That Really Works—Solacity*. <https://www.solacity.com/how-to-size-a-solar-system-that-really-works/>
- Belaid, M., Beid, S. E., & Anas, H. (2022). Optimization Tool of Electric Vehicles Charging Infrastructure. *IFAC-PapersOnLine*, 55(12), 121–125. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.07.298>
- Bhardwaj, S., Kim, D.-H., & Kim, D.-S. (2023). Backscatter-enabled CR-NOMA based cooperative V2X communication with imperfect CSI. *Vehicular Communications*, 42, 100611. <https://doi.org/10.1016/j.vehcom.2023.100611>
- Bi, Z., Keoleian, G. A., Lin, Z., Moore, M. R., Chen, K., Song, L., & Zhao, Z. (2019). Life cycle assessment and tempo-spatial optimization of deploying dynamic wireless charging

- technology for electric cars. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 100, 53–67. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2019.01.002>
- Borge-Diez, D., Icaza, D., Açikkalp, E., & Amaris, H. (2021). Combined vehicle to building (V2B) and vehicle to home (V2H) strategy to increase electric vehicle market share. *Energy*, 237, 121608. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121608>
- Caperaa, S. (2022, September 26). *Position paper: Which market for 15-118 standard*. GIREVE. <https://www.gireve.com/why-15118-rooted-open-market/>
- Charly, A., Thomas, N. J., Foley, A., & Caulfield, B. (2023). Identifying optimal locations for community electric vehicle charging. *Sustainable Cities and Society*, 94, 104573. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104573>
- Colmenar-Santos, A., Muñoz-Gómez, A.-M., Rosales-Asensio, E., & López-Rey, Á. (2019). Electric vehicle charging strategy to support renewable energy sources in Europe 2050 low-carbon scenario. *Energy*, 183, 61–74. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.06.118>
- COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS Sustainable and Smart Mobility Strategy – Putting European Transport on Track for the Future (2020). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0789>
- Conductive Charger—An overview | ScienceDirect Topics*. (n.d.). Retrieved 13 May 2023, from <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/conductive-charger>
- Corradi, C., Sica, E., & Morone, P. (2023). What drives electric vehicle adoption? Insights from a systematic review on European transport actors and behaviours. *Energy Research & Social Science*, 95, 102908. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102908>

- Deshmukh, S. S., & Pearce, J. M. (2021). Electric vehicle charging potential from retail parking lot solar photovoltaic awnings. *Renewable Energy*, *169*, 608–617.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.01.068>
- Dimatulac, T., Maoh, H., & Carriveau, R. (2023). An archetypal routing network model to help identify potential charging locations for long-haul electric vehicles in Ontario, Canada. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, *19*, 100825.
<https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100825>
- Duman, A. C., Erden, H. S., Gönül, Ö., & Güler, Ö. (2021). A home energy management system with an integrated smart thermostat for demand response in smart grids. *Sustainable Cities and Society*, *65*, 102639.
<https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102639>
- E-Astypalea Services*. (n.d.). Retrieved 15 January 2024, from <https://e-astypalea.gov.gr/>
- Eid, A., Mohammed, O., & El-Kishky, H. (2022). Efficient operation of battery energy storage systems, electric-vehicle charging stations and renewable energy sources linked to distribution systems. *Journal of Energy Storage*, *55*, 105644.
<https://doi.org/10.1016/j.est.2022.105644>
- Electric Vehicle (EV) Charging | bart.gov*. (n.d.). Retrieved 31 May 2023, from <https://www.bart.gov/sustainability/electricvehicle>
- El-Kharouf, A., & Kaya, M. F. (2022). 23—Fuel-cell (hydrogen) electric hybrid vehicles**Revisions based on an original chapter by B. G. Pollet, University of the Western Cape, South Africa; I. St Affell, Imperial College London, United Kingdom; J. I. Shang, University of Birmingham, United Kingdom and V. Molkov, University of Ulster, United Kingdom. In R. Folkson & S. Sapsford (Eds.), *Alternative Fuels and Advanced Vehicle Technologies for Improved Environmental Performance (Second Edition)* (pp. 681–710). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90979-2.00033-0>

- Elma, O., Cali, U., & Kuzlu, M. (2022). An overview of bidirectional electric vehicles charging system as a Vehicle to Anything (V2X) under Cyber–Physical Power System (CPPS). *Energy Reports*, 8, 25–32. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.10.008>
- EvoCharge. (2021, February 22). *EvoCharge*. <https://evocharge.com/resources/the-difference-between-level-1-2-ev-chargers/>
- EVs are in high demand. Are Europe’s charging stations up to speed?* (2022, June 20). Euronews. <https://www.euronews.com/next/2022/06/20/demand-for-evs-is-soaring-is-europes-charging-station-network-up-to-speed>
- Fortuna, C. (2018, July 28). *Green Energy Will Provide Island with Reliable Solar & Wind Power*. Ecopreneurist. <https://www.ecopreneurist.com/2018/07/28/green-energy-provide-island-reliable-year-round-energy/>
- Fuel types of new cars: Battery electric 12.1%, hybrid 22.6% and petrol 36.4% market share full-year 2022. (2023, February 1). ACEA - European Automobile Manufacturers’ Association. <https://www.acea.auto/fuel-pc/fuel-types-of-new-cars-battery-electric-12-1-hybrid-22-6-and-petrol-36-4-market-share-full-year-2022/>
- 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>
- Gilleran, M., Bonnema, E., Woods, J., Mishra, P., Doebber, I., Hunter, C., Mitchell, M., & Mann, M. (2021). Impact of electric vehicle charging on the power demand of retail buildings. *Advances in Applied Energy*, 4, 100062. <https://doi.org/10.1016/j.adapen.2021.100062>
- Gong, L., Cao, W., Liu, K., Yu, Y., & Zhao, J. (2020). Demand responsive charging strategy of electric vehicles to mitigate the volatility of renewable energy sources. *Renewable Energy*, 156, 665–676. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.04.061>

Google Maps. (2023). Google Maps.

https://www.google.com/maps/place/%CE%9D%CE%AF%CF%83%CF%85%CF%81%CE%BF%CF%82/@36.5814112,27.0585577,11.46z/data=!4m6!3m5!1s0x14960789576fad0b:0x1dc7b9636adb64ae!8m2!3d36.5900619!4d27.1676269!16s%2Fg%2F1ptxvrpd_!5m1!1e1?entry=ttu

Gorjian, S., Ebadi, H., Trommsdorff, M., Sharon, H., Demant, M., & Schindele, S. (2021). The advent of modern solar-powered electric agricultural machinery: A solution for sustainable farm operations. *Journal of Cleaner Production*, 292, 126030.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126030>

Greenhouse gas emissions from transport in Europe—European Environment Agency. (n.d.).

Retrieved 27 April 2023, from <https://www.eea.europa.eu/ims/greenhouse-gas-emissions-from-transport>

Guo, L., Hu, P., & Wei, H. (2023). Development of supercapacitor hybrid electric vehicle.

Journal of Energy Storage, 65, 107269. <https://doi.org/10.1016/j.est.2023.107269>

Gupta, R. S., Tyagi, A., & Anand, S. (2021). Optimal allocation of electric vehicles charging infrastructure, policies and future trends. *Journal of Energy Storage*, 43, 103291.

<https://doi.org/10.1016/j.est.2021.103291>

Hagemann, M. (2022). *ISO 15118 | #explore*. [https://www.tuev-](https://www.tuev-nord.de/explore/en/explains/what-is-iso-15118/)

[nord.de/explore/en/explains/what-is-iso-15118/](https://www.tuev-nord.de/explore/en/explains/what-is-iso-15118/)

Hamed, M. M., Kabtawi, D. M., Al-Assaf, A., Albatayneh, O., & Gharaibeh, E. S. (2023).

Random parameters modeling of charging-power demand for the optimal location of electric vehicle charge facilities. *Journal of Cleaner Production*, 388, 136022.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136022>

Hao, X., Chen, Y., Wang, H., Wang, H., Meng, Y., & Gu, Q. (2023). A V2G-oriented

reinforcement learning framework and empirical study for heterogeneous electric

- vehicle charging management. *Sustainable Cities and Society*, 89, 104345.
<https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104345>
- He, C., Zhao, L., Wan, Y., Lu, H., & Shimizu, T. (2023). Sub-6 GHz V2X-assisted MmWave optimal scheduling for vehicular networks. *Vehicular Communications*, 41, 100610.
<https://doi.org/10.1016/j.vehcom.2023.100610>
- He, H., Wang, C., Jia, H., & Cui, X. (2020). An intelligent braking system composed single-pedal and multi-objective optimization neural network braking control strategies for electric vehicle. *Applied Energy*, 259, 114172.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114172>
- He, J., Yang, H., Tang, T.-Q., & Huang, H.-J. (2018). An optimal charging station location model with the consideration of electric vehicle's driving range. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 86, 641–654.
<https://doi.org/10.1016/j.trc.2017.11.026>
- He, Q., Yang, Y., Luo, C., Zhai, J., Luo, R., & Fu, C. (2022). Energy recovery strategy optimization of dual-motor drive electric vehicle based on braking safety and efficient recovery. *Energy*, 248, 123543.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.123543>
- Hemavathi, S., & Shinisha, A. (2022). A study on trends and developments in electric vehicle charging technologies. *Journal of Energy Storage*, 52, 105013.
<https://doi.org/10.1016/j.est.2022.105013>
- Higashitani, T., Ikegami, T., Uemichi, A., & Akisawa, A. (2021). Evaluation of residential power supply by photovoltaics and electric vehicles. *Renewable Energy*, 178, 745–756. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.06.097>
- Hosseini, S., & Sarder, M. (2019). Development of a Bayesian network model for optimal site selection of electric vehicle charging station. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 105, 110–122. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2018.08.011>

- Hotelsline.gr*. (n.d.). Retrieved 8 February 2024, from http://www.hotelsline.gr/root/newhotel/mx/m_Antikithira_tour.asp
- How much electricity does an electric car use? | EVBox*. (n.d.). Retrieved 12 March 2024, from <https://evbox.com/en/ev-home-charger-electricity-usage>
- Huang, K., Kanaroglou, P., & Zhang, X. (2016). The design of electric vehicle charging network. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *49*, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.08.028>
- Hutchinson, L., Waterson, B., Anvari, B., & Naberezhnykh, D. (2019). Potential of wireless power transfer for dynamic charging of electric vehicles. *IET Intelligent Transport Systems*, *13*(1), 3–12. <https://doi.org/10.1049/iet-its.2018.5221>
- Illmann, U., & Kluge, J. (2020). Public charging infrastructure and the market diffusion of electric vehicles. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *86*, 102413. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102413>
- ISO 15118 and EV Adoption*. (2022). EV Connect. <https://www.evconnect.com/blog/iso-15118-and-ev-adoption>
- ISO 15118 function for a more convenient and safer way to charge electric vehicles*. . (2023). Evcharging Energy5. <https://energy5.com/iso-15118-function-for-a-more-convenient-and-safer-way-to-charge-electric-vehicles-->
- ISO 15118-20:2022(en), Road vehicles—Vehicle to grid communication interface—Part 20: 2nd generation network layer and application layer requirements*. (2022). <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:15118:-20:ed-1:v1:en>
- Jamadar, N. M., & Jadhav, H. T. (2022). Effectiveness of supercapacitor during braking operation of electric vehicle. *Materials Today: Proceedings*, *56*, 314–319. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.01.168>

- Jang, Y. J. (2018). Survey of the operation and system study on wireless charging electric vehicle systems. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 95, 844–866. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2018.04.006>
- Javaid, A., & Noreen, S. (2022). Mechanically robust structural hybrid supercapacitors with high energy density for electric vehicle applications. *Journal of Energy Storage*, 55, 105818. <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.105818>
- JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)—European Commission. (n.d.). Retrieved 12 March 2024, from https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/
- Kern, T., Dossow, P., & Morlock, E. (2022). Revenue opportunities by integrating combined vehicle-to-home and vehicle-to-grid applications in smart homes. *Applied Energy*, 307, 118187. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.118187>
- Khalid, M., Ahmad, F., Panigrahi, B. K., & Al-Fagih, L. (2022). A comprehensive review on advanced charging topologies and methodologies for electric vehicle battery. *Journal of Energy Storage*, 53, 105084. <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.105084>
- Klein, M., Lüpke, L., & Günther, M. (2020). Home charging and electric vehicle diffusion: Agent-based simulation using choice-based conjoint data. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 88, 102475. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102475>
- Kostopoulos, Em., Spyropoulos, G., Christopoulos, K., & Kaldellis, J. K. (2018). Solar energy contribution to an electric vehicle needs on the basis of long-term measurements. *Procedia Structural Integrity*, 10, 203–210. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2018.09.029>
- Kotiev, G. O., Gumerov, I. F., Stadukhin, A. A., & Kositsyn, B. B. (2020). Selection of the capacity of the onboard energy storage device for a high-mobility wheeled vehicle wear-resistant brake system with an electric machine. *IOP Conference Series:*

Materials Science and Engineering, 819(1), 012032. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/819/1/012032>

- Kucevic, D., Englberger, S., Sharma, A., Trivedi, A., Tepe, B., Schachler, B., Hesse, H., Srinivasan, D., & Jossen, A. (2021). Reducing grid peak load through the coordinated control of battery energy storage systems located at electric vehicle charging parks. *Applied Energy*, 295, 116936. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116936>
- Kumar K, J., Kumar, S., & V.s, N. (2022). Standards for electric vehicle charging stations in India: A review. *Energy Storage*, 4(1), e261. <https://doi.org/10.1002/est2.261>
- LaMonaca, S., & Ryan, L. (2022). The state of play in electric vehicle charging services – A review of infrastructure provision, players, and policies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 154, 111733. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111733>
- Levinson, R. S., & West, T. H. (2018). Impact of public electric vehicle charging infrastructure. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 64, 158–177. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.10.006>
- Li, B., Dong, X., & Wen, J. (2022). Cooperative-driving control for mixed fleets at wireless charging sections for lane changing behaviour. *Energy*, 243, 122976. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122976>
- Li, M., & Lenzen, M. (2020). How many electric vehicles can the current Australian electricity grid support? *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 117, 105586. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2019.105586>
- Li, X., & Jenn, A. (2022). An integrated optimization platform for spatial-temporal modeling of electric vehicle charging infrastructure. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 104, 103177. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103177>
- Lin, R., Xu, Z., Huang, X., Gao, J., Chen, H., & Shen, T. (2022). Optimal scheduling management of the parking lot and decentralized charging of electric vehicles based

- on Mean Field Game. *Applied Energy*, 328, 120198.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.120198>
- Luo, H., Yu, H., & Luo, J. (2023). PRAFT and RPBFT: A class of blockchain consensus algorithm and their applications in electric vehicles charging scenarios for V2G networks. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*, 3, 61–70.
<https://doi.org/10.1016/j.iotcps.2023.02.003>
- Lv, J., He, X., Yang, X., & Luo, T. (2023). MBC-SS: A multi-band cooperative sidelink scheme for NR V2X networks. *Ad Hoc Networks*, 149, 103240.
<https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2023.103240>
- Martins, H., Henriques, C. O., Figueira, J. R., Silva, C. S., & Costa, A. S. (2023). Assessing policy interventions to stimulate the transition of electric vehicle technology in the European Union. *Socio-Economic Planning Sciences*, 101505.
<https://doi.org/10.1016/j.seps.2022.101505>
- Mastoi, M. S., Zhuang, S., Munir, H. M., Haris, M., Hassan, M., Usman, M., Bukhari, S. S. H., & Ro, J.-S. (2022). An in-depth analysis of electric vehicle charging station infrastructure, policy implications, and future trends. *Energy Reports*, 8, 11504–11529. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.09.011>
- Mele, E., Natsis, A., Ktena, A., Manasis, C., & Assimakis, N. (2021). Electromobility and Flexibility Management on a Non-Interconnected Island. *Energies*, 14(5), Article 5.
<https://doi.org/10.3390/en14051337>
- Mude, K. N. (2018). Battery charging method for electric vehicles: From wired to on-road wireless charging. *Chinese Journal of Electrical Engineering*, 4(4), 1–15.
<https://doi.org/10.23919/CJEE.2018.8606784>
- Mültin, M. (2023). *What is ISO 15118?* <https://www.switch-ev.com/blog/what-is-iso-15118>
- Nazari, F., Mohammadian, A. (Kouros), & Stephens, T. (2019). Modeling electric vehicle adoption considering a latent travel pattern construct and charging infrastructure.

- Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 72, 65–82.
<https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.04.010>
- New registrations of electric cars, EU-27—European Environment Agency*. (n.d.). [Data Visualization]. Retrieved 31 May 2023, from https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/new-electric-vehicles-in-eu-2#tab-chart_3
- New registrations of electric vehicles in Europe*. (n.d.). Retrieved 28 April 2023, from <https://www.eea.europa.eu/ims/new-registrations-of-electric-vehicles>
- New registrations of electric vehicles in Europe—European Environment Agency*. (n.d.). Retrieved 5 May 2023, from <https://www.eea.europa.eu/ims/new-registrations-of-electric-vehicles>
- Newsroom. (2021, July 2). *Χάλκη: Αλλάζει σελίδα το νησί - Στοιχεύει στην προώθηση της πράσινης μετάβασης | ΣΚΑΪ*. <https://www.skai.gr/news/environment/xalki-allazei-selida-to-nisi-stoxeyei-stin-proothisi-tis-prasinis-metavasis>
- Ngo, V. (2022, October 12). *Safe EV charging for user's experience—Plug&Charge*. GIREVE. <https://www.gireve.com/safe-ev-charging-for-user-experience-plug-charge-gireve/>
- Nie, Y. (Marco), & Ghamami, M. (2013). A corridor-centric approach to planning electric vehicle charging infrastructure. *Transportation Research Part B: Methodological*, 57, 172–190. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2013.08.010>
- Nissan LEAF - 100% Ηλεκτρικό οικογενειακό αυτοκίνητο | Nissan*. (n.d.). Nissan Master. Retrieved 29 July 2023, from <https://www.nissan.gr/vehicles/new-vehicles/leaf-vlp-2022.html>
- Oad, A., Ahmad, H. G., Talpur, M. S. H., Zhao, C., & Pervez, A. (2023). Green smart grid predictive analysis to integrate sustainable energy of emerging V2G in smart city technologies. *Optik*, 272, 170146. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2022.170146>
- OCPP 2.0.1, Protocols, Home—Open Charge Alliance*. (2020). <https://www.openchargealliance.org/protocols/ocpp-201/>

- Ou, S., Lin, Z., He, X., Przesmitzki, S., & Bouchard, J. (2020). Modeling charging infrastructure impact on the electric vehicle market in China. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 81, 102248. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102248>
- Peiseler, L., & Cabrera Serrenho, A. (2022). How can current German and EU policies be improved to enhance the reduction of CO2 emissions of road transport? Revising policies on electric vehicles informed by stakeholder and technical assessments. *Energy Policy*, 168, 113124. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113124>
- Pellegrini, A., Borriello, A., & Rose, J. M. (2023). Assessing the willingness of Australian households for adopting home charging stations for electric vehicles. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 148, 104034. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2023.104034>
- Philip, T., Whitehead, J., & Prato, C. G. (2023). Adoption of electric vehicles in a laggard, car-dependent nation: Investigating the potential influence of V2G and broader energy benefits on adoption. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 167, 103555. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.11.015>
- PlugShare—EV Charging Station Map—Find a place to charge. (2023). <https://www.plugshare.com/>
- PlugShare—EV Charging Station Map—Find a place to charge your car! (n.d.). Retrieved 18 June 2023, from <https://www.plugshare.com/>
- Poyrazoglu, G., & Coban, E. (2021). A stochastic value estimation tool for electric vehicle charging points. *Energy*, 227, 120335. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120335>
- Proschool, I. M. S. (2017, October 30). TOP 10 DATA ANALYTICS TOOLS. *Proschoolonline*. <https://proschoolonline.com/blog/top-10-data-analytics-tools>
- Qiu, J., & Du, L. (2023). Optimal dispatching of electric vehicles for providing charging on-demand service leveraging charging-on-the-move technology. *Transportation*

Research Part C: Emerging Technologies, 146, 103968.

<https://doi.org/10.1016/j.trc.2022.103968>

Rajendran, G., Vaithilingam, C. A., Misron, N., Naidu, K., & Ahmed, M. R. (2021). A comprehensive review on system architecture and international standards for electric vehicle charging stations. *Journal of Energy Storage*, 42, 103099.

<https://doi.org/10.1016/j.est.2021.103099>

Ren, X., Zhang, H., Hu, R., & Qiu, Y. (2019). Location of electric vehicle charging stations: A perspective using the grey decision-making model. *Energy*, 173, 548–553.

<https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.02.015>

Ritchie, H., Roser, M., & Rosado, P. (2020). CO₂ and Greenhouse Gas Emissions. *Our World in Data*. <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector>

shafiei, M., & Ghasemi-Marzbali, A. (2023). Electric vehicle fast charging station design by considering probabilistic model of renewable energy source and demand response.

Energy, 267, 126545. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.126545>

Singh, V., Singh, V., & Vaibhav, S. (2021). Analysis of electric vehicle trends, development and policies in India. *Case Studies on Transport Policy*, 9(3), 1180–1197.

<https://doi.org/10.1016/j.cstp.2021.06.006>

State of Charge—An overview | ScienceDirect Topics. (2022).

<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/state-of-charge>

Team, D. (2021, March 11). *What is ISO 15118 ?* Driivz. <https://driivz.com/glossary/iso-15118/>

Team, D. (2022, March 4). *Plug & Charge for Electric Vehicle: What is it?* Driivz.

<https://driivz.com/glossary/plug-and-charge/>

The 7 Most Useful Data Analysis Techniques [2023 Guide]. (2021, January 4).

<https://careerfoundry.com/en/blog/data-analytics/data-analysis-techniques/>

- The OCPP Handbook (2023)*—AMPECO. (2023, March 8).
<https://www.ampeco.com/guides/complete-ocpp-guide/>
- Tran, C. Q., Keyvan-Ekbatani, M., & Ngoduy, D. (2023). Towards clean transportation systems: Infrastructure planning for EVs charging while driving. *Sustainable Cities and Society*, 104633. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104633>
- Tran, C. Q., Keyvan-Ekbatani, M., Ngoduy, D., & Watling, D. (2022). Dynamic wireless charging lanes location model in urban networks considering route choices. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 139, 103652. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2022.103652>
- Transport & Environment—Campaigning for cleaner transport in Europe*. (n.d.). Transport & Environment. Retrieved 6 May 2023, from <https://www.transportenvironment.org/Travel.gr>
- Travel.gr*. (2021, July 6). travel.gr. https://www.travel.gr/the_guides/stin-tilo-gia-enallaktikes-diakopes/
- Tripadvisor*. (n.d.). Tripadvisor. Retrieved 7 February 2024, from https://www.tripadvisor.com.gr/Attractions-g189443-Activities-c61-t52-Halki_Dodecanese_South_Aegean.html
- UK to trial in-road wireless charging tech for electric vehicles*. (2015, August 12). New Atlas. <https://newatlas.com/uk-electric-highways-trial/38897/>
- Vehicle-to-Grid: \$1 Billion in Annual Grid Benefits?* (2020, January 9). EPRI Journal. <https://eprijournal.com/vehicle-to-grid-1-billion-in-annual-grid-benefits/>
- Wang, J., Zhou, J., & Zhao, W. (2022). Deep reinforcement learning based energy management strategy for fuel cell/battery/supercapacitor powered electric vehicle. *Green Energy and Intelligent Transportation*, 1(2), 100028. <https://doi.org/10.1016/j.geits.2022.100028>

- Wei, X., Wang, Z., Li, C., Gao, L., Zhou, Y., & Yu, Q. (2022). Analysis of prediction and clustering for uncertainty of EV charging station behavior on V2G platform. *Energy Reports*, 8, 1344–1349. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.08.166>
- What are Data Collection & Analysis Tools? | ASQ.* (n.d.). Retrieved 22 May 2023, from <https://asq.org/quality-resources/data-collection-analysis-tools>
- Xi, X., Sioshansi, R., & Marano, V. (2013). Simulation–optimization model for location of a public electric vehicle charging infrastructure. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 22, 60–69. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2013.02.014>
- Xu, C., Xu, K., Feng, L., & Liang, B. (2023). RetroV2X: A new vehicle-to-everything (V2X) paradigm with visible light backscatter networking. *Fundamental Research*. <https://doi.org/10.1016/j.fmre.2022.01.038>
- Yi, Z., & Bauer, P. H. (2016). Optimization models for placement of an energy-aware electric vehicle charging infrastructure. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 91, 227–244. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2016.04.013>
- Zafar, B., & Slama, S. A. B. (2022). PV-EV integrated home energy management using vehicle-to-home (V2H) technology and household occupant behaviors. *Energy Strategy Reviews*, 44, 101001. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.101001>
- Zafeiratou, E., & Spataru, C. (2022). Modelling electric vehicles uptake on the Greek islands. *Renewable and Sustainable Energy Transition*, 2, 100029. <https://doi.org/10.1016/j.rset.2022.100029>
- Zhang, Q., Li, H., Zhu, L., Campana, P. E., Lu, H., Wallin, F., & Sun, Q. (2018). Factors influencing the economics of public charging infrastructures for EV – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94, 500–509. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.022>

Zhou, G., Zhu, Z., & Luo, S. (2022). Location optimization of electric vehicle charging stations: Based on cost model and genetic algorithm. *Energy*, 247, 123437.

<https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.123437>

Βλάχου, Ε. (2023, July 8). *Αντικύθηρα: Διακοπές στο νησί της άγονης γραμμής - Παραλίες, αξιοθέατα, πεζοπορίες*. Notospress.gr.

<https://www.notospress.gr/ellada/story/92069/antikythira-diakopes-sto-nisi-tis-agonis-grammis-paralies-aksiotheata-pezipories>

Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα -. (2020). <https://ypen.gov.gr/energeia/esek/>

Η Τήλος στην εποχή της ηλεκτροκίνησης. (2019, February 6). <http://energypress.gr/news/i-tilos-stin-epohi-tis-ilektrokinisis>

Καρυώτης, Κ. (2023, May 19). Ανθίζει η τουριστική περίοδος για τα ακριτικά νησιά Χάλκη, Σύμη, Ηρακλεία και Κίμωλο. *ertnews.gr*.

<https://www.ertnews.gr/perifereia/anthizei-i-touristiki-periodos-gia-ta-akritika-nisia-xalki-symi-irakleia-kai-kimolo/>

Λιανός, Ν. (2021, March 21). Κυκλάδες: Ανάφη και Δονούσα ετοιμάζονται να φορέσουν .. πράσινα. *Naxos Press*. <https://naxospress.gr/perivallon/kyklades-anafi-kai-donoysa-etoimazontai-na-foresoygn-prasina/>

Με ηλεκτρικά οχήματα θα εφοδιαστεί η Τήλος. (2021).

<https://www.rodiaki.gr/article/466787/me-hlektrika-oxhmata-tha-efodiastei-h-thlos>

Μόνιμος Πληθυσμός—ELSTAT. (n.d.). Retrieved 12 June 2023, from

<https://www.statistics.gr/2021-census-res-pop-results>

Ο πρώτος ηλιακός σταθμός φόρτισης ηλεκτροκίνητων σε ελληνικά νησιά στην Τήλο (φωτο).

(n.d.). *Green Agenda*. Retrieved 28 February 2024, from

<https://greenagenda.gr/%ce%bf-%cf%80%cf%81%cf%8e%cf%84%ce%bf%cf%82-%cf%83%cf%84%ce%b1%ce%b8%ce%bc%cf%8c%cf%82->

%cf%86%cf%8c%cf%81%cf%84%ce%b9%cf%83%ce%b7%cf%82-

%ce%b7%ce%bb%ce%b5%ce%ba%cf%84%cf%81%ce%bf%ce%ba%ce%af%ce%bd/

Οδηγίες στους Δήμους για τους σταθμούς φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων -. (2021, March 22). <https://ypen.gov.gr/odigies-stous-dimous-gia-tous-stathmous-fortisis-ilektrikon-ochimaton-2/>

Πολύζος, Γ. (2021, November 5). *Το υπόδειγμα της Χάλκης, οι επιχειρηματικές συμμαχίες, τα οφέλη των νησιωτών και ο πληθυντικός αριθμός των επενδυτών της νέας πράσινης ΔΕΗ*. Οικονομικός Ταχυδρόμος - ot.gr.

<https://www.ot.gr/2021/11/05/inside-stories/to-ypodeigma-tis-xalkis-oi-epixeirimatikes-symmaxies-ta-ofeli-ton-nisioton-kai-o-plithyntikos-arithmos-ton-ependyton-tis-neas-prasinis-dei/>

Σταυρόπουλος. (2023, June 9). *astyMOVE: Αλλάζει η Αστυπάλαια - Τι νέο φέρνει στις μετακινήσεις*. <https://www.4troxoi.gr/epikairotita/ellada/astymove-allazei-astypalaia-ti-neo-fernei-stis-metakiniseis/>

Στην Τήλο ο πρώτος ηλιακός σταθμός φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε ελληνικό νησί.

(2019, February 9). Aftodioikisi.gr. <https://www.aftodioikisi.gr/ota/dimoi/stin-tilo-o-protos-iliakos-stathmos-fortisis-ilektrikon-ochimaton-se-elliniko-nisi/>

Σχέδια Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων -. (2020). <https://ypen.gov.gr/chorikos-schediasmos/astikos-schediasmos/schedia-fortisis-ilektrikon-ochimaton/>

Τζάννε, Μ. (2020, November 11). *ΤΕΡΝΑ, ΔΕΗ, EUNICE στη μάχη για τα «πράσινα» νησιά.*

Ειδήσεις Για Την Οικονομία | Newmoney. <https://www.newmoney.gr/roh/palmos-oikonomias/energeia/terna-dei-eunice-sti-machi-gia-ta-prasina-nisia/>

Τουρούτογλου, Α. (2022, June 5). *Αντικύθηρα: Εμπειρίες εξερεύνησης για slow living διακοπές*. travel.gr. <https://www.travel.gr/experiences/antikythira-empeiries-exereynisis-gi/>

Τσίκλος. (2012, May 16). *Ο ρόλος της κλίσης και του προσανατολισμού στις απώλειες των φωτοβολταϊκών*. <http://energypress.gr/news/o-rolos-tis-klisis-kai-toy-prosanatolismoy-stis-apoleies-ton-fotovoltaikon>

Χάλλη. *Το πρώτο πράσινο - έξυπνο νησί (+video)*. (2021, November 5). NewsAuto.Gr. <https://www.newsauto.gr/news/chalki-to-proto-prasino-exipno-nisi-video/>

Χάλλας, Σ. (n.d.). *Ζήσαμε 24 ώρες στην Αστυπάλαια: Τι συμβαίνει πραγματικά στο πράσινο νησί - Η Αστυπάλαια έχει κάνει στροφή στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, την μικροκινητικότητα, τις ΑΠΕ και την προστασία του περιβάλλοντος. Υπάρχει ουσία σε αυτό, ή είναι μόνο μεγάλα λόγια*; Retrieved 18 June 2023, from https://www.gocar.gr/news/feed/43532,Zhsame_sthn_Astypalaia.html