



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
& ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Η ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗ ΩΣ ΑΠΟΚΛΕΙΣΤΙΚΟ ΜΕΣΟ ΣΕ ΕΝΑ ΝΗΣΙ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΠΑΝΤΑΖΗ ΜΠΟΓΔΑΝΟΥ

Επιβλέπων: ΣΤΗΜΟΝΙΑΡΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΚΟΖΑΝΗ/ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ/2024



HELLENIC DEMOCRACY
UNIVERSITY OF WESTERN MACEDONIA
SCHOOL OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL
& COMPUTER ENGINEERING

ELECTRIFICATION AS AN EXCLUSIVE MEANS OF TRANSPORT ON A GREEK ISLAND

THESIS

PANTAZIS BOGDANOS

SUPERVISOR: STIMONIARIS DIMITRIS

Associate Professor

KOZANI/OCTOBER/2024



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
& ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΔΗΛΩΣΗ ΜΗ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΗΨΗΣ ΠΡΟΣΩΠΙΚΗΣ ΕΥΘΥΝΗΣ

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα Διπλωματική Εργασία με τίτλο **“Η Ηλεκτροκίνηση ως αποκλειστικό μέσο μετακίνησης σε ένα νησί της Ελλάδας”** καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας και αναφέρονται ρητώς μέσα στο κείμενο που συνοδεύουν, και η οποία έχει εκπονηθεί στο Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, υπό την επίβλεψη του μέλους του Τμήματος κ. Στημονιάρη Δημήτριου αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή / και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και μόνο.

Copyright (C) ΠΑΝΤΑΖΗΣ ΜΠΟΓΔΑΝΟΣ, ΣΤΗΜΟΝΙΑΡΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ, 2024,
ΚΟΖΑΝΗ

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στην εφαρμογή της ηλεκτροκίνησης ως αποκλειστικό μέσο μετακίνησης στην Αλόνησο, ένα ελληνικό νησί με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και προκλήσεις. Η εργασία αναλύει τη δυνατότητα μετάβασης σε ένα βιώσιμο μοντέλο κινητικότητας, επικεντρωμένη στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και στη βελτίωση της ενεργειακής αυτονομίας του νησιού. Η μελέτη αρχικά εξετάζει το νομικό και θεσμικό πλαίσιο που υποστηρίζει την ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης στην Ελλάδα και στην Ευρώπη, επισημαίνοντας τα κίνητρα και τις ρυθμίσεις που προωθούν τη χρήση ηλεκτρικών οχημάτων και την εγκατάσταση υποδομών φόρτισης. Ακολουθεί ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης στην Αλόνησο, αναδεικνύοντας τα προβλήματα που σχετίζονται με τις υποδομές φόρτισης και το κόστος της τεχνολογίας.

Στη συνέχεια, η εργασία εστιάζει στις προκλήσεις που αντιμετωπίζει το νησί, όπως η ανάπτυξη των απαιτούμενων υποδομών, η διαχείριση του κόστους και η ανάγκη για ενίσχυση του ηλεκτρικού δικτύου, ενώ ταυτόχρονα αναδεικνύει τις ευκαιρίες που προκύπτουν από την προώθηση της ηλεκτροκίνησης, όπως η μείωση των εκπομπών CO₂ και η ενίσχυση του τουριστικού προϊόντος μέσω της πράσινης ανάπτυξης.

Επιπλέον, προτείνεται ένα υποθετικό σενάριο υλοποίησης του project της ηλεκτροκίνησης, το οποίο βασίζεται σε παρόμοια έργα σε άλλα νησιά, όπως η Αστυπάλαια, και σε διεθνείς εμπειρίες. Το σενάριο αυτό περιλαμβάνει την εκτίμηση του αριθμού των ιδιωτικών και δημόσιας χρήσης ηλεκτρικών οχημάτων, των απαραίτητων φορτιστών, καθώς και την ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών. Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται στις διαφορές που παρατηρούνται κατά τη θερινή τουριστική περίοδο και τους χειμερινούς μήνες, όταν οι ανάγκες για υποδομές και ενέργεια διαφοροποιούνται σημαντικά.

Η εργασία προτείνει στρατηγικές για την επίτευξη των στόχων της ηλεκτροκίνησης στην Αλόνησο, συμπεριλαμβανομένων της ανάπτυξης φωτοβολταϊκών συστημάτων για την υποστήριξη της ενέργειας, της βελτίωσης των υποδομών φόρτισης, και της ενεργούς συμμετοχής της τοπικής κοινωνίας. Επίσης, προτείνεται η συνεχής αξιοποίηση ευρωπαϊκών και εθνικών προγραμμάτων χρηματοδότησης για την υποστήριξη των απαραίτητων επενδύσεων. Συνολικά, η εργασία καταλήγει ότι η επιτυχής εφαρμογή της ηλεκτροκίνησης στην Αλόνησο μπορεί να λειτουργήσει ως πρότυπο για άλλα νησιά, συμβάλλοντας στη βιωσιμότητα και την οικονομική ανάπτυξη της περιοχής, ενώ παράλληλα ενισχύει τη βιώσιμη κινητικότητα και την ενεργειακή αυτάρκεια.

Λέξεις-κλειδιά: Ηλεκτροκίνηση, Βιώσιμη κινητικότητα, Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), Αλόννησος, Νησιωτική βιωσιμότητα, Ηλεκτρικά οχήματα, Υποδομές φόρτισης, Ενεργειακή αυτονομία, Πράσινη ανάπτυξη

Abstract

This thesis focuses on the implementation of electric mobility as the exclusive means of transportation on Alonissos, a Greek island with unique characteristics and challenges. The study analyzes the potential transition to a sustainable mobility model, aiming at reducing environmental impacts and improving the island's energy autonomy. The research first examines the legal and regulatory framework supporting the development of electric mobility in Greece and Europe, highlighting the incentives and regulations that promote the use of electric vehicles and the installation of charging infrastructure. This is followed by an analysis of the current situation on Alonissos, highlighting issues related to charging infrastructure and the cost of the technology.

Subsequently, the thesis focuses on the challenges faced by the island, such as the development of the necessary infrastructure, cost management, and the need to strengthen the electrical grid, while also highlighting the opportunities arising from the promotion of electric mobility, such as the reduction of CO₂ emissions and the enhancement of the tourism product through green development.

Additionally, a hypothetical implementation scenario of the electric mobility project is proposed, based on similar projects on other islands, such as Astypalaia, and international experiences. This scenario includes estimates of the number of private and public-use electric vehicles, the necessary number of charging stations, and the integration of renewable energy sources (RES) to meet energy demands. Special reference is made to the differences observed during the summer tourist season and the winter months when infrastructure and energy needs vary significantly.

The thesis proposes strategies for achieving the goals of electric mobility on Alonissos, including the development of photovoltaic systems to support energy needs, the improvement of charging infrastructure, and the active involvement of the local community. Furthermore, it suggests continuous utilization of European and national funding programs to support the necessary investments. Overall, the thesis concludes that the successful implementation of electric mobility on Alonissos can serve as a model for other islands, contributing to the sustainability and economic development of the region while enhancing sustainable mobility and energy self-sufficiency.

Keywords: Electric mobility, Sustainable mobility, Renewable energy sources (RES), Alonissos, Island sustainability, Electric vehicles, Charging infrastructure, Energy autonomy, Green development

Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέπων καθηγητά μου, κ. Στημονιάρη Δημήτριο για την ανάθεση του θέματος της διπλωματικής μου εργασίας, την επιστημονική του καθοδήγηση, την στήριξη, τις γνώσεις που μου μετέδωσε και την βοήθεια που μου παρείχε για την διεκπεραίωση της εργασίας μου.

Επιπροσθέτως στις σπουδές μου ήταν καθοριστική η συμβολή των καθηγητών μου στα γνωστικά αντικείμενα που παρακολούθησα, στους οποίους οφείλω να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες για τη συμβολή τους στην ολοκλήρωση των σπουδών μου.

Εν κατακλείδι θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την συμπαράσταση και την ενθάρρυνση που μου παρείχαν με οποιοδήποτε τρόπο, κατά την διάρκεια της ενασχόλησης μου με την διπλωματική εργασία.

ΚΟΖΑΝΗ/ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ/2024

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	7
Abstract	9
Ευχαριστίες.....	10
Κατάλογος Εικόνων.....	3
Κατάλογος Πινάκων	4
1ο Μέρος – Θεωρητικές προσεγγίσεις	5
Κεφάλαιο 1 ^ο – Ηλεκτροκίνηση: Έννοια και Αξιοποίηση	5
1.1 Εισαγωγή.....	5
1.2 Η χρήση ηλεκτρικών αυτοκινήτων	5
1.3 Προκλήσεις για την αποδοχή της ηλεκτροκίνησης.....	8
1.4 Κίνητρα προώθησης της ηλεκτροκίνησης	11
1.5 Επίδραση της ηλεκτροκίνησης στο δίκτυο	14
1.6 Ηλεκτροκίνηση: Αύξηση της ζήτησης και ανάπτυξη του δικτύου διανομής.....	15
1.7 Κίνητρα και προκλήσεις της ηλεκτροκίνησης.....	16
Κεφάλαιο 2 ^ο – Το ηλεκτρικό όχημα	21
2.1 Είδη ηλεκτρικών οχημάτων	21
2.1.1 Ηλεκτρικά οχήματα με μπαταρία (BEV).....	21
2.1.2 Υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα (HEV).....	22
2.1.3 Plug-in υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα (PHEV).....	22
2.1.4 Ηλεκτρικά οχήματα με κυψέλες καυσίμου (FCEV).....	23
2.1.5 Ηλεκτρικά οχήματα εκτεταμένης εμβέλειας (ER-EV)	23
2.2 Τα οφέλη από τα ηλεκτρικά οχήματα	24
2.2.1 Περιβαλλοντικά Οφέλη.....	24
2.2.2 Χαμηλότερο λειτουργικό κόστος.....	24
2.2.3 Ενεργειακή Ανεξαρτησία	25
2.2.4 Αποδοτικότητα	25
2.2.5 Ομαλή και αθόρυβη λειτουργία.....	25
2.2.6 Καθημερινές ευκολίες χρήσης	25
2.2.7 Απόδοση.....	25
2.3 Σχεδιασμός Συστήματος Αποθήκευσης Ενέργειας Οχημάτων	26
2.4 Εξοπλισμός οχημάτων V2G και επίπεδα ισχύος.....	27
2.4.1 Επίπεδο εναλλασσόμενου ρεύματος 1.....	28

2.4.2 Επίπεδο εναλλασσόμενου ρεύματος 2.....	30
2.4.3 Φόρτιση συνεχούς ρεύματος.....	32
2.5 Το περιβάλλον του σταθμού φόρτισης.....	37
2.5.1 Φόρτιση κατοικίας.....	37
2.5.2 Φόρτιση στο χώρο εργασίας.....	40
2.5.3 Φόρτιση στόλου.....	42
2.5.4 Εμπορική φόρτιση.....	43
2.6 Φυσική σύνδεση με το Δίκτυο.....	44
2.6.1 Εξοπλισμός.....	44
2.7 Υποδομές Ηλεκτρικής Φόρτισης στο ελληνικό δίκτυο.....	47
Κεφάλαιο 3ο – Διαμορφωτικοί παράγοντες ηλεκτροκίνησης στα ελληνικά νησιά.....	52
3.1 Ηλεκτροκίνηση – Η ελληνική πραγματικότητα.....	52
3.1 Επισκόπηση Ευφυών Συστημάτων Μεταφορών.....	53
3.2 Επιπτώσεις μεγάλης κλίμακας ενσωμάτωσης ηλεκτρικών αυτοκινήτων.....	54
3.3 Βασικές τάσεις στην ηλεκτρική κινητικότητα.....	56
3.4 Τεχνητή Νοημοσύνη στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα.....	58
3.5 Εθνικοί στόχοι καθαρής ενέργειας.....	59
3.6 Το πρόγραμμα «Κινούμαι Ηλεκτρικά».....	59
3.7 Υποστηριζόμενες τεχνολογίες ΑΠΕ.....	60
3.8 Ειδικές πολιτικές για τα νησιά.....	60
3.9 Το ειδικό πιλοτικό πρόγραμμα της Αστυπάλαιας.....	61
3.10 Το πρόγραμμα GO ELECTRIC boosts e-mobility.....	61
3.11 Ελληνικό πρόγραμμα χρηματοδότησης σχεδίων φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων... ..	63
3.12 Ο ρόλος του ΔΕΔΔΗΕ στην προώθηση της ηλεκτροκίνησης.....	65
3.13 Η τρέχουσα κατάσταση του Ηλεκτρικού Συστήματος Ελληνικών Απομακρυσμένων Νησιών.....	65
3.14 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας ΑΠΕ σε ΜΔΝ του Αιγαίου.....	68
3.15 Προτεινόμενη Ολοκληρωμένη Λύση Ηλεκτρισμού για Απομακρυσμένα Νησιά.....	70
Κεφάλαιο 4ο – Εφαρμογή της πρότασης.....	75
4.1 Εισαγωγή στο Πρόβλημα.....	75
4.2 Σκοπός της Έρευνας.....	75
4.3 Ανάλυση της Υφιστάμενης Κατάστασης.....	76
4.4 Πλεονεκτήματα της Αλοννήσου.....	77
4.5 Προγραμματισμός και Οικονομική Βιωσιμότητα της Μετάβασης.....	79

4.6 Ανάπτυξη Υποδομών και Ενεργειακή Αυτάρκεια	80
4.7 Κοινωνικές και Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις	82
4.8 Νομικό και Θεσμικό Πλαίσιο	83
4.9 Προκλήσεις και Ευκαιρίες.....	85
Κεφάλαιο 5 ^ο – Το πλαίσιο του project της Αλοννήσου.....	88
5.1 Οι Σποράδες	88
5.2 Η Αλόννησος	89
5.2.1 Έκταση – Πληθυσμός	89
5.2.2 Ηλεκτροδότηση του νησιού	89
5.3 Υλοποίηση της πρότασης.....	89
5.4 Στάδια μετάβασης στην ηλεκτροκίνηση.....	93
5.5 Φόρτιση και υποδομή	95
5.6 Ανάπτυξη υβριδικού ενεργειακού συστήματος φόρτισης.....	96
5.7 Ανάπτυξη έξυπνου δικτύου φόρτισης.....	96
5.8 Η μετάβαση στην πράσινη ενέργεια	96
5.9 Ο ρόλος της ΔΕΔΔΗΕ στην επιτάχυνση της πράσινης μετάβασης της Αλοννήσου.....	97
5.10 Στόχοι ανάπτυξης του υβριδικού συστήματος της Αλοννήσου	98
5.11 Ενδεικτικό διάγραμμα υλοποίησης του project	98
Κεφάλαιο 6 ^ο – Σενάριο υλοποίησης του project της Αλοννήσου.....	100
6.1 Γενικές αρχές.....	100
6.2 Υποθετικό Σενάριο Ηλεκτροκίνησης στην Αλόννησο	101
6.2.1 Αριθμός Ιδιωτικών και Δημόσιας Χρήσης Ηλεκτρικών Αυτοκινήτων.....	101
6.2.2 Απαιτούμενος Αριθμός Φορτιστών	101
6.2.3 Απαιτούμενη Ηλεκτρική Ενέργεια.....	102
6.2.4 Ενσωμάτωση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ)	102
6.2.5 Επιπρόσθετοι παράγοντες διαμόρφωσης σεναρίου	102
Συμπεράσματα και Προτάσεις	105
Συζήτηση	107
Γενικότεροι περιορισμοί στην ανάπτυξη του προτεινόμενου project	109
Ως Επίλογος	111
Βιβλιογραφία.....	112
Ελληνόγλωσση	112
Ξενόγλωσση.....	112
Συνομογραφίες	125

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1. Ταξινόμηση ηλεκτρικών οχημάτων (EV) ως προς την τεχνολογία και τις ρυθμίσεις του κινητήρα (Πηγή: Alanazi, 2022).....	21
Εικόνα 2. Τυπικό σχέδιο BEV (Πηγή: Briones et al., 2012).....	22
Εικόνα 3. Τύποι ηλεκτρικών αυτοκινήτων	24
Εικόνα 4. Σύστημα αποθήκευσης ενέργειας (Πηγή: Briones et al., 2012).....	26
Εικόνα 5. Σύγκριση φόρτισης συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος (Πηγή: Briones et al., 2012).	27
Εικόνα 6. Αριστερά: Τυπικό βύσμα 110/120 V - 15 A. Κέντρο: Βύσμα 20 A. Δεξιά: Πρίζα.....	29
Εικόνα 7. Σετ καλωδίου επιπέδου 1 εναλλασσόμενου ρεύματος	29
Εικόνα 8. Τυπικός σύνδεσμος J1772.....	29
Εικόνα 9. Σχηματική απεικόνιση φόρτισης εναλλασσόμενου ρεύματος επιπέδου 2 (Πηγή: Briones et al., 2012).	31
Εικόνα 10. Δημόσιος σταθμός φόρτισης εναλλασσόμενου ρεύματος επιπέδου 2 (Πηγή: Briones et al., 2012).	32
Εικόνα 11. Σχηματική αναπαράσταση φόρτισης συνεχούς ρεύματος επιπέδου 2. Η είσοδος DC Level 2 μπορεί επίσης να βρίσκεται σε οποιαδήποτε από τις άλλες τρεις πλευρές του οχήματος και αυτή είναι μια απόφαση σχεδιασμού (Πηγή: Briones et al., 2012).	33
Εικόνα 12. Ρευματολήπτης (βύσμα) συνεχούς ρεύματος επιπέδου 2 τύπου CHAdeMO (Πηγή: Briones et al., 2012).	34
Εικόνα 13. Φορτιστής συνεχούς ρεύματος επιπέδου 2 (Πηγή: Briones et al., 2012).....	35
Εικόνα 14. Σύνθετος σύνδεσμος J1772 (Πηγή: Briones et al., 2012)	36
Εικόνα 15. Τυπικό διάγραμμα ηλιακής διασύνδεσης (Πηγή: Briones et al., 2012)	46
Εικόνα 16. Τυπική ηλιακή διασύνδεση (Πηγή: Arizona Public Service Handbook for Photovoltaic Interconnection)	46
Εικόνα 17. Δημοσίως προσβάσιμα σημεία φόρτισης διασυνδεδεμένα με το Μητρώο Υποδομών και Φορέων Αγοράς Ηλεκτροκίνησης – Στοιχεία της 11/9/2024 (Μ.Υ.Φ.Α.Η, 2024)	49
Εικόνα 18. Αποτελέσματα εφαρμογής του 1 ^{ου} μήνα του προγράμματος GO ELECTRIC (Πηγή: Zarkadoula, 2021)	62
Εικόνα 19. Η συμβολή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των Μη Διασυνδεδεμένων Νήσων (ΜΔΝ) του Αιγαίου (Πηγή: Kaldellis, 2020).	67
Εικόνα 20. Αιολικό και Ηλιακό Δυναμικό στο Αιγαίο Πέλαγος (Πηγή: Kaldellis, 2020).....	69
Εικόνα 21. Η ενεργειακή λύση που βασίζεται σε ΑΠΕ σε ΜΔΝ. Η περίπτωση της Τήλου (Πηγή: Kaldellis, 2020).....	71
Εικόνα 22. Βόρειες Σποράδες και Αλόνησος	88
Εικόνα 23. Αιολικό δυναμικό Αλοννήσου (Πηγή: ΠΑΕ – Γεωπληροφοριακός χάρτης).....	91
Εικόνα 24. Ακτινοβολία και ηλιακό δυναμικό ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα (Πηγή: European Commission, 2023).....	92

Εικόνα 25. Οι δύο φάσεις υλοποίησης στην πράσινη μετάβαση (Πηγή:
<https://smartastypalea.gov.gr/fortisi-ipodomi/?lang=el> – Επεξεργασία: Πανταζής
Μπογδάνος)..... 97

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Περιπτώσεις φόρτισης (Πηγή: Βουμβουλάκης κ.ά., 2023)..... 16
Πίνακας 2. Επίπεδα ισχύος εναλλασσόμενου και συνεχούς ρεύματος (Πηγή: Briones et al.,
2012). 27
Πίνακας 3. Χρόνοι φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος με πρίζα (Πηγή: Briones et al., 2012) 44
Πίνακας 4. Υποθετικά δεδομένα προτεινόμενου project..... 104

1ο Μέρος – Θεωρητικές προσεγγίσεις

Κεφάλαιο 1^ο – Ηλεκτροκίνηση: Έννοια και Αξιοποίηση

1.1 Εισαγωγή

Πολλά νησιά σε όλο τον κόσμο παρουσιάζουν σημαντικά προβλήματα ενεργειακού εφοδιασμού, ενώ η ενεργειακή τους εξυπηρέτηση υποστηρίζεται από προϊόντα πετρελαίου. Αρκετά από αυτά τα απομονωμένα νησιά διαθέτουν εξαιρετικές δυνατότητες σε Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), οι οποίες είναι σε θέση να υποστηρίξουν την πλήρη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών τους. Ήδη, σε αρκετά ελληνικά νησιά λειτουργούν ή έχουν δρομολογηθεί δράσεις για τη μεγιστοποίηση της εμπλοκής των ΑΠΕ στο δίκτυο της ηλεκτρικής ενέργειας. Στο πλαίσιο της βελτίωσης της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού και της ενεργειακής αυτονομίας των ελληνικών νησιών του Αρχιπελάγους του Αιγαίου, αναπτύσσεται μια ολοκληρωμένη λύση που βασίζεται στην εκμετάλλευση του υπάρχοντος δυναμικού ΑΠΕ σε συνδυασμό με την εφαρμογή κατάλληλου συστήματος αποθήκευσης ενέργειας, καθώς και συμπληρωματικών στοιχείων έξυπνου δικτύου, όπως είναι το πρόγραμμα Τήλος – Ορίζοντας 2020. Στο πλαίσιο αυτό, η εφαρμογή ολοκληρωμένων ενεργειακών λύσεων, στην κατεύθυνση του ισχύοντος τοπικού νομοθετικού πλαισίου αποτελεί μεγάλη πρόκληση, εισάγοντας αρκετά σημαντικά καινοτόμα χαρακτηριστικά στην ευρωπαϊκή αγορά, όπως η συνδυασμένη λειτουργία ανεμογεννήτριας και φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, η εφαρμογή νέας τεχνολογίας αποθήκευσης ενέργειας μπαταρίας, η εγκατάσταση δικτύου / πλατφόρμας διαχείρισης πλευράς ζήτησης (Demand Side Management – DSM) και η ανάπτυξη μεγάλου αριθμού αξιόπιστων αλγορίθμων πρόβλεψης.

1.2 Η χρήση ηλεκτρικών αυτοκινήτων

Η παγκόσμια απορρόφηση ηλεκτρικών οχημάτων (Electric Vehicle – EV) αυξάνεται, λόγω της μείωσης του κόστους των μπαταριών, της αυξημένης ευαισθητοποίησης και των ευνοϊκών κυβερνητικών πολιτικών. Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα προσελκύουν το ενδιαφέρον παγκοσμίως για το ρόλο τους στη μείωση των εκπομπών άνθρακα και της τοπικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης, με τη μεγαλύτερη πρόοδο μέχρι σήμερα να έχει καταγραφεί στην Κίνα, στις Ηνωμένες Πολιτείες και στη Δυτική Ευρώπη.

Οι κύριοι τρόποι μεταφοράς παγκοσμίως αντιμετωπίζουν δύο μεγάλα προβλήματα: την αύξηση του κόστους του πετρελαίου και την αύξηση των εκπομπών άνθρακα. Ως αποτέλεσμα, τα ηλεκτρικά οχήματα (Electric Vehicle - EV) κερδίζουν δημοτικότητα, καθώς είναι ανεξάρτητα από το πετρέλαιο και δεν παράγουν αέρια θερμοκηπίου. Ωστόσο, παρά τα πλεονεκτήματά τους, πρέπει να αντιμετωπιστούν αρκετά λειτουργικά ζητήματα, προκειμένου για να γίνει ευρέως διαδεδομένη η υιοθέτησή τους. Δυσκολίες, που σχετίζονται με το υψηλό κόστος της υποδομής, την σπανιότητα των σταθμών φόρτισης, την περιορισμένη εμβέλεια ή το άγχος της εμβέλειας, την απόδοση των μπαταριών. Προκειμένου να ξεπεραστούν αυτές οι προκλήσεις, οι πιθανές λύσεις περιλαμβάνουν τη βελτίωση της υποδομής φόρτισης, την αύξηση του αριθμού των σταθμών φόρτισης, τη χρήση τεχνικών εναλλαγής μπαταριών και τη βελτίωση της τεχνολογίας μπαταρίας για την αντιμετώπιση του άγχους της εμβέλειας και τη μείωση του χρόνου φόρτισης. Οι κυβερνήσεις μπορούν να δώσουν κίνητρα στους καταναλωτές να αγοράσουν ηλεκτρικά οχήματα μέσω εκπτώσεων φόρου ή επιδοτήσεων και να επενδύσουν στη δημιουργία μιας ισχυρής υποδομής φόρτισης. Τα ενδιαφερόμενα μέρη του κλάδου μπορούν να συνεργαστούν με τις κυβερνήσεις, προκειμένου να αντιμετωπίσουν αυτές τις προκλήσεις και να προωθήσουν την υιοθέτηση ηλεκτρικών οχημάτων, τα οποία μπορούν να συμβάλουν στη μείωση των εκπομπών άνθρακα και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Παρά τους χαμηλούς αριθμούς ενσωμάτωσης ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην ελληνική αγορά, αρκετοί παράγοντες καθιστούν τη χώρα μας ιδανική για επέκταση της ηλεκτροκίνησης. Είναι γνωστό ότι η χώρα μας και ιδιαίτερα η νησιωτική Ελλάδα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις εισαγωγές πετρελαίου, γεγονός που καθιστά τα καύσιμα ακριβά, εκθέτοντάς τα σε κίνδυνο τιμών πετρελαίου και συναλλάγματος. Επίσης, οι τομείς των μεταφορών αντιπροσωπεύουν μεγάλο μερίδιο της κατανάλωσης ενέργειας. Το δυναμικό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι άφθονο, γεγονός που αναδεικνύει ότι τα περιβαλλοντικά οφέλη των ηλεκτρικών οχημάτων μπορούν να μεγιστοποιηθούν με την πάροδο του χρόνου. Τα νησιά της πατρίδας μας είναι ευάλωτα σε φυσικές καταστροφές και μπορούν να επωφεληθούν από τις βοηθητικές υπηρεσίες ανθεκτικότητας των ηλεκτρικών οχημάτων, όπως είναι η τροφοδοσία προς τις οικίες με ρεύμα από τις ηλεκτρικές μπαταρίες των αυτοκινήτων. Επιπρόσθετα, τα περισσότερα κατοικήσιμα ελληνικά νησιά είναι μικρά, γεγονός που μετριάξει το άγχος

της εμβέλειας αυτονομίας κίνησης των ηλεκτρικών οχημάτων, απαιτώντας λιγότερο εκτεταμένα δίκτυα φόρτισης.

Οι επιχειρήσεις κοινής ωφελείας και οι ανεξάρτητοι πάροχοι εμπλέκονται στην ανάπτυξη και λειτουργία της υποδομής φόρτισης, συμβάλλοντας στη δημιουργία των θεμελίων για τη μαζική ηλεκτροδότηση του τομέα των μεταφορών. Στο πλαίσιο της λειτουργικής ένταξης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων και στην αξιοποίησή τους ως πιθανή πηγή παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, τόσο στο δίκτυο όσο και στις οικίες, ο σχετικός σχεδιασμός συμπεριλαμβάνει έξυπνες μετρήσεις και τιμολόγια χρόνου χρήσης, προκειμένου να μεταδώσουν οικονομικά μηνύματα στους καταναλωτές ως κίνητρα για την ενσωμάτωση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στον στόλο των συμβατικών. Τέτοια κίνητρα είναι τα παρακάτω:

α) Η μείωση ή η κατάργηση των εισαγωγικών δασμών για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα αποτελεί σημαντική απάντηση στο ζήτημα του υψηλού αρχικού κόστους αγοράς τους, το οποίο, σε πολλές περιπτώσεις, αποτελεί το πρωταρχικό μέλημα του καταναλωτή.

β) Η ευαισθητοποίηση του κοινού αποτελεί, επίσης, κομβικό σημείο στην επίτευξη της αύξησης ταξινόμησης ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην ελληνική αγορά. Η μη εξοικείωση με την τεχνολογία των ηλεκτρικών αυτοκινήτων έχει οδηγήσει στη διαμόρφωση παρανοήσεων και στην έλλειψη γνώσης σχετικά με τα οφέλη και τα πλεονεκτήματά τους, συμπεριλαμβανομένου του τρόπου με τον οποίο η μακροπρόθεσμη εξοικονόμηση καυσίμου και συντήρησης μπορεί να αντισταθμίσει το υψηλότερο αρχικό κόστος.

γ) Η ανάληψη πρωτοβουλιών, προκειμένου να γίνει κατανοητό ότι η επένδυση στην ηλεκτροκίνηση θα συμβάλλει ευεργετικά τόσο στην αύξηση των κρατικών εσόδων, όσο και στην λειτουργία των επιχειρήσεων κοινής ωφελείας, όπως και στην αντίστοιχη λειτουργία των αντιπροσώπων των αυτοκινητοβιομηχανιών. Οι πρωτοβουλίες αυτές, θα πρέπει να έχουν στην αιχμή του δόρατός τους την αξιοποίηση των άφθονων πόρων ΑΠΕ που διαθέτει η πατρίδα μας: τόσο της ηλιακής όσο και της αιολικής ενέργειας, οι οποίες θα λειτουργήσουν ενισχυτικά στην προσπάθεια της απεξάρτησης από τις συμβατικές πηγές ενέργειας, που, εκτός από ρυπογόνες, επιβαρύνουν τον κρατικό και, κατ' επέκταση, τον ατομικό και οικογενειακό προϋπολογισμό.

δ) Η αξιοποίηση της ηλεκτροκίνησης τόσο στα οχήματα της Πολιτείας, όσο και στα επαγγελματικά οχήματα θα λειτουργήσει ενισχυτικά στην προβολή και στην προώθηση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, αποδεικνύοντας έμπρακτα τις επιδόσεις τους και τις ωφέλειες της χρήσης τους στο κοινό. Τα ηλεκτρικά λεωφορεία αντιπροσωπεύουν μια ευκαιρία για δημόσια αλληλεπίδραση με την τεχνολογία EV και, σε ορισμένες περιπτώσεις, λαμβάνονται σοβαρά υπόψη σε δημόσιους διαγωνισμούς.

ε) Οι επιχειρήσεις κοινής ωφελείας και οι ανεξάρτητοι πάροχοι εμπλέκονται στην ανάπτυξη και λειτουργία της υποδομής φόρτισης, συμβάλλοντας στη δημιουργία των απαραίτητων υποδομών για τη μαζική ηλεκτροδότηση του τομέα των μεταφορών.

1.3 Προκλήσεις για την αποδοχή της ηλεκτροκίνησης

Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός των Διαχειριστών των Συστημάτων Μεταφοράς ENTSO-E (European Transmission System Operators) θεωρεί την ηλεκτροκίνηση ως σημαντικό παράγοντα , τόσο για την απαλλαγή του τομέα των μεταφορών από εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, όσο και ως σημαντική πηγή παροχής υπηρεσιών ευελιξίας (flexibility services) στο σύστημα ενέργειας. Η βέλτιστη αλληλεπίδραση μεταξύ του ηλεκτρικού οχήματος και του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας συνεπάγεται σημαντικά περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη για τους καταναλωτές και για όλους τους εμπλεκόμενους φορείς, καθώς και καλύτερη διαχείριση του συστήματος. Στο πλαίσιο αυτό, θα πρέπει όλοι οι εμπλεκόμενοι φορείς να συνεργαστούν για την υιοθέτηση τεχνολογιών έξυπνης φόρτισης και τεχνολογιών Vehicle-to-Grid (V2G), οι οποίες μπορούν να παρέχουν ψηφιοποιημένες υπηρεσίες στους οδηγούς EV, από το σημείο εκκίνησης της ανάπτυξης των σημείων φόρτισης. Καθώς ο αριθμός των εμπορικά διαθέσιμων μοντέλων EV αυξάνεται ραγδαία, ενώ το αρχικό πρόβλημα της περιορισμένης αυτονομίας περιορίζεται συνεχώς, όπως και ο ανασταλτικός παράγοντας των υψηλότερων τιμών αγοράς EV συγκριτικά με τα οχήματα εσωτερικής καύσης, αναμένεται ταχύτατη αύξηση της κυκλοφορίας των EV. Το σημαντικότερο κενό που πρέπει να καλυφθεί άμεσα είναι η ανάπτυξη κατάλληλων υποδομών φόρτισης που να ανταποκρίνονται στις ανάγκες των διαφόρων ενδιαφερόμενων φορέων για ηλεκτροκίνηση.

Η μη ελεγχόμενη φόρτιση μπορεί να δημιουργήσει σημαντικά προβλήματα για το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, όπως είναι η αύξηση της αιχμής ή η δημιουργία νέας αιχμής ζήτησης λόγω σωρευτικών επιδράσεων της ταυτόχρονης φόρτισης EV σε

συγκεκριμένες χρονικές περιόδους. Αντίθετα, διαχείριση της φόρτισης που να ικανοποιεί το χρονοδιάγραμμα και το προφίλ ισχύος της φόρτισης θα περιορίσει τις πιθανές προκλήσεις και, παράλληλα, θα ανοίξει νέες ευκαιρίες και νέες αγορές.

Οι τεχνικές λύσεις και οι λύσεις συνδεσιμότητας θα πρέπει να σχεδιασθούν και να υλοποιηθούν με επίκεντρο τις ανάγκες των καταναλωτών, καθώς και τις ρυθμίσεις παροχής υποστηρικτικών υπηρεσιών και σχετικών συστημάτων αγοράς. Αυτό θα επιτευχθεί μέσω της εποικοδομητικής συνεργασίας των διαχειριστών της φόρτισης των EV με τους διαχειριστές του δικτύου, τους φορείς μεταφορών, τους φορείς πολεοδομικού σχεδιασμού, τα ενδιαφερόμενα μέρη της βιομηχανίας οχημάτων και τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων. Οι διαχειριστές του ηλεκτρικού συστήματος μεταφοράς και διανομής θα πρέπει να προωθήσουν το συντονισμένο σχεδιασμό για την ανάπτυξη των υποδομών φόρτισης και του ηλεκτρικού δικτύου, ο οποίος θα περιλαμβάνει εξελιγμένα προγράμματα βελτιστοποίησης και μοντελοποίησης των επιδράσεων των υποδομών ηλεκτροκίνησης και την εγκατάσταση κόμβων ταχείας φόρτισης (hypercharger hubs) σε αυτοκινητόδρομους. Οι προτεινόμενες ενέργειες θα πρέπει να αναληφθούν το συντομότερο, πριν από τη μαζική είσοδο των EV, προκειμένου να αποφευχθεί η ανάγκη μελλοντικής τροποποίησης των υποδομών φόρτισης. Τα θετικά αποτελέσματα θα είναι σημαντικά για όλους του πολίτες, οι οποίοι είναι οι τελικοί χρήστες τόσο της ενέργειας όσο και των υπηρεσιών μεταφοράς. Το τελικό όφελος είναι οι καθαρότερες μεταφορές και τα ανθεκτικότερα συστήματα ενέργειας.

Η συνολική αυτή προσπάθεια διέπεται από σειρά προκλήσεων:

α) Η ευαισθητοποίηση του κοινού αποτελεί κορυφαίο εμπόδιο στην προσπάθεια αύξησης των ταξινομημένων ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην ελληνική αγορά. Η μη εξοικείωση της τεχνολογίας EV έχει οδηγήσει στη διάδοση παρανοήσεων και στην έλλειψη γνώσης σχετικά με τα οφέλη των EV, συμπεριλαμβανομένου του τρόπου με τον οποίο η μακροπρόθεσμη εξοικονόμηση καυσίμου και συντήρησης μπορεί να αντισταθμίσει το υψηλότερο αρχικό κόστος.

β) Είναι έντονη η ανησυχία ότι τα κρατικά έσοδα από την αύξηση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων θα μειωθούν, ως αποτέλεσμα της μείωσης της κατανάλωσης των συμβατικών καυσίμων (βενζίνη, πετρέλαιο), τα οποία μέχρι σήμερα στην πατρίδα μας

επιβαρύνονται από ιδιαίτερα υψηλό φόρο κατανάλωσης. Προκειμένου να διασφαλιστεί η σταθερότητα της κρατικής οικονομίας, θα πρέπει να μελετηθούν και να κατανοηθούν οι επιπτώσεις με σαφήνεια, ενώ θα πρέπει να αναπτυχθούν κατάλληλες δημοσιονομικές στρατηγικές μεσοπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα, καθώς αυξάνεται η απορρόφηση των ηλεκτρικών οχημάτων.

γ) Η υψηλή χρήση συμβατικών καυσίμων (πετρελαίου, βενζίνης) για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για την φόρτιση των μπαταριών των ηλεκτρικών αυτοκινήτων λειτουργεί αρνητικά στα οφέλη της μείωσης των αερίων θερμοκηπίου εξαιτίας της αύξησης των ηλεκτρικών οχημάτων, εκτός εάν η αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας που προκύπτει από τις ηλεκτρικές μεταφορές ικανοποιηθεί από ταυτόχρονες αυξήσεις στη χωρητικότητα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ).

δ) Οι υποδομές φόρτισης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων είναι ανεπαρκής για την υποστήριξη μεγάλου αριθμού ηλεκτρικών οχημάτων παρά το μικρό μέγεθος πολλών νησιών της Ελλάδας. Οι καταναλωτές πρέπει να αισθάνονται σίγουροι ότι μπορούν να έχουν πρόσβαση σε έναν δημόσιο φορτιστή κοντά τους και να φορτίζουν γρήγορα με χαμηλό κόστος.

ε) Η έλλειψη εκπαιδευμένου προσωπικού πωλήσεων και συντήρησης είναι ένα εμπόδιο για τους καταναλωτές που ενδιαφέρονται να αγοράσουν ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο. Για τις αυτοκινητοβιομηχανίες, η ύπαρξη επαρκούς εκπαιδευμένου προσωπικού συντήρησης EV αποτελεί προϋπόθεση για την εξαγωγή μεγάλου αριθμού αυτών των οχημάτων στις αγορές.

στ) Οι στενοί δρόμοι που υφίστανται σε κάποια μικρά ελληνικά νησιά αποτελούν ένα πρόσθετο σημείο δισταγμού στην επιλογή των καταναλωτών, περιορίζοντας τον αριθμό των μοντέλων ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Οι στενοί δρόμοι σημαίνουν, επίσης, ότι τα περισσότερα τυπικά μοντέλα δημόσιων λεωφορείων πλήρους μεγέθους δεν θα μπορούν να κυκλοφορούν σε ορισμένα νησιά.

Στην προσπάθεια υιοθέτησης της ηλεκτροκίνησης ως αποκλειστικού μέσου μετακίνησης στην Αλόνησο, θα πρέπει να προσδιοριστούν συγκεκριμένοι μακροπρόθεσμοι στόχοι για την αξιοποίηση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων και την ενθάρρυνση της αποκλειστικής τους αξιοποίησης στο νησί. Η προσπάθεια αυτή θα

πρέπει να έχει πολλούς αποδέκτες: τους επίδοξους αγοραστές, τους υπευθύνους λειτουργίας του ηλεκτρικού δικτύου και της εγκατάστασης των σχετικών ηλεκτρικών υποδομών, τους αντιπροσώπους των αυτοκινητοβιομηχανιών. Τα γειτονικά νησιά είναι πιθανό να εξετάσουν το ενδεχόμενο συντονισμού των προσπαθειών για τη δημιουργία μεγαλύτερων συλλογικών αγορών, ώστε να επωφεληθούν από οικονομίες κλίμακας στην προμήθεια εξοπλισμού προμήθειας ηλεκτρικών οχημάτων (EVSE) και EV.

1.4 Κίνητρα προώθησης της ηλεκτροκίνησης

Η Πολιτεία θα πρέπει να επενδύσει στην ωφέλεια που δημιουργείται από την εξοικονόμηση κόστους και εκπομπών, επιδεικνύοντας τη βιωσιμότητα της τεχνολογίας EV στο κοινό και επιμένοντας στους ευρύτερους στόχους απαλλαγής από τις επιβλαβείς εκπομπές του άνθρακα.

Η Ελλάδα, αντιλαμβανόμενη τα οφέλη της ηλεκτροκίνησης και ακολουθώντας ταυτόχρονα τα βήματα των υπόλοιπων ευρωπαϊκών χωρών ανέλαβε πρωτοβουλίες για την προώθηση της κίνησης των οχημάτων με ηλεκτρισμό. Για το λόγο αυτό, παρέχονται ανάλογα κίνητρα για τη διευκόλυνση απόκτησης ηλεκτρικών οχημάτων και την προώθηση της εγκατάστασης υποδομής φόρτισης μέσω των νόμων 4710/2020 και 5039/2023 και των προγραμμάτων «Κινούμαι Ηλεκτρικά» Α' και Β' κύκλος (Κινούμαι ηλεκτρικά 2, 2024), όπως η παροχή έκπτωσης για την αγορά ηλεκτρικού οχήματος και φορολογικές ελαφρύνσεις για την αγορά εταιρικών ηλεκτρικών οχημάτων. Εκτός από τα κίνητρα απόκτησης ηλεκτρικού οχήματος υπάρχει ολοκληρωμένη πρόβλεψη για την οργάνωση της αγοράς ηλεκτροκίνησης, των υποδομών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων και τη σύνδεσή τους με το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Για το σχεδιασμό, την κατασκευή και τη λειτουργία σημείων επαναφόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων ακολουθούνται οι προδιαγραφές του Ελληνικού Προτύπου ΕΛΟΤ 60364. Συμπληρωματικά με το νομοθετικό πλαίσιο και τα κίνητρα προώθησης της ηλεκτροκίνησης, παρουσιάστηκε πρόσφατα το Εθνικό Σχέδιο Ηλεκτροκίνησης (ΕΣΗ) (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2023) που περιλαμβάνει μέτρα για την ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης σε όλους τους τομείς μεταφορών, με στόχο την παροχή καθοδήγησης για την υποστήριξη της φάσης προώθησης της ηλεκτροκίνησης στην Ελλάδα μέσω στοχευμένων επενδύσεων σε τρεις κύριες διαστάσεις (Τσιρόπουλος κ.ά., 2023):

- Τον εξηλεκτρισμό των μεταφορών,

- Την ανάπτυξη υποδομών φόρτισης, και
- Την ανάπτυξη οικοσυστημάτων ηλεκτροκίνησης

Αξιίζει να αναφερθεί ότι μέσω του ΕΣΗ εισάγεται η έννοια των οικοσυστημάτων ηλεκτροκίνησης, τα οποία ορίζονται ως δίκτυα ιδιωτικών και δημόσιων φορέων που με άμεσο ή έμμεσο τρόπο εμπλέκονται στην προώθηση της ηλεκτροκίνησης π.χ. συμβολή στη διαμόρφωση στρατηγικών και πολιτικών ή παροχή σχετικών υποδομών ή/και υπηρεσιών.

Αναφορικά με τις υποδομές φόρτισης σημειώνεται ότι υπάρχει κρατική υποστήριξη με οικονομικά και μη οικονομικά μέσα για την ανάπτυξη υποδομών φόρτισης από ιδιώτες χρήστες ηλεκτρικών οχημάτων και τον ιδιωτικό τομέα. Ωστόσο, οι δημοσίως προσβάσιμες υποδομές φόρτισης εξακολουθούν να είναι ανεπαρκείς, με αποτέλεσμα την εισήγηση μιας δέσμης πολιτικών μέσω του ΕΣΗ για την επιτάχυνση της εγκατάστασης υποδομών φόρτισης και την ανάπτυξη της αγοράς, τη βελτίωση των διαδικασιών αδειοδότησης και έγκρισης, την εντατικοποίηση των προσπαθειών συντονισμού και συνεργασίας μεταξύ δημοσίου και ιδιωτικού τομέα. Συγκεκριμένα, οι πολιτικές ανάπτυξης δικτύου επιγραμματικά είναι οι εξής (Τσιρόπουλος κ.ά., 2023):

- Ενίσχυση του δικτύου διανομής και δυνατοτήτων ενσωμάτωσης ΑΠΕ
- Εφαρμογή των Σχεδίων Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων
- Δημιουργία ταμείου υποδομών φόρτισης αυτοκινητοδρόμων για χρηματοδότησης υποδομών φόρτισης και επενδύσεις σε ΑΠΕ
- Πρόγραμμα «Φορτίζω στη δουλειά» ως εναλλακτική λύση στις επιλογές φόρτισης για οικιακούς χρήστες
- Διαλειτουργικότητα και προσβασιμότητα φορτιστών
- Επιλογές ιδιωτικής φόρτισης για ενσωμάτωση ιδιωτικών wallboxes σε δημόσια δίκτυα φόρτισης
- Υποδομές φόρτισης σε ντεπό για τη δημιουργία υποδομών φόρτισης βαρέων οχημάτων Μείωση ΦΠΑ για την ενέργεια φόρτισης από 24% σε 6%
- Σχέδια επιχορήγησης, ΜΠΣ και ΣΔΙΤ για την εγκατάσταση ΑΠΕ σε σημεία φόρτισης και παροχή κινήτρων για την χρήση αιολικής ή ηλιακής ενέργειας

στους σταθμούς φόρτισης

- Οικοδομικοί κώδικες για την ετοιμότητα νέων οικιστικών και εμπορικών κτιρίων, ακόμη και μετασκευών, για την ηλεκτροκίνηση

Παράλληλα με όλα τα προηγούμενα μέτρα και τις πολιτικές, πρόσφατα ξεκίνησε μια σημαντική δράση από το ΥΠΕΝ με τον τίτλο «Φορτίζω Παντού», με στόχο τη δημιουργία ενός βασικού δικτύου δημόσιας φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε όλη τη χώρα, με τη μέγιστη γεωγραφική και πληθυσμιακή κάλυψη. Μέσα από τη δράση παρέχονται οικονομικά κίνητρα για την προμήθεια, εγκατάσταση και σύνδεση στο ηλεκτρικό δίκτυο δημοσίως προσβάσιμων σταθμών φόρτισης από δημόσιες και δημοτικές επιχειρήσεις, αλλά και από συνεταιρισμούς, εμπορικές εταιρείες και ατομικές επιχειρήσεις. Σημαντική παράμετρος της δράσης είναι ότι οι σταθμοί φόρτισης θα πρέπει να τροφοδοτούνται από ΑΠΕ.

Οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας θα πρέπει να αντιμετωπίζουν την ηλεκτροδότηση των μεταφορών ως μια ευκαιρία για ανάπτυξη, ενώ η Πολιτεία θα πρέπει να καθορίσει τον ρόλο των επιχειρήσεων κοινής ωφέλειας στην παροχή κινήτρων για την ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται στην ηλεκτροκίνηση. Οι εφαρμογές δικτύου της ηλεκτρικής κινητικότητας παρουσιάζουν μια σειρά από νέες ευκαιρίες για τις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας στην κατεύθυνση της διαφοροποίησης και της επέκτασης των δραστηριοτήτων τους, γεγονός που, με τη σειρά του, δημιουργεί την απαίτηση κατάρτισης καινοτόμων επιχειρηματικών μοντέλων και συνεργασιών για την αξιοποίηση αυτού του δυναμικού. Η Πολιτεία θα πρέπει να καθορίσει τον ρόλο των δημόσιων επιχειρήσεων κοινής ωφέλειας στη δημιουργία ενός ευνοϊκού περιβάλλοντος για την υποδομή φόρτισης EV και, παράλληλα στην δημιουργία ισορροπίας που επιτρέπει σε καινοτόμα επιχειρηματικά μοντέλα να εξελιχθούν στο οικοσύστημα φόρτισης EV.

Επιπρόσθετα, η Πολιτεία θα πρέπει, μακροπρόθεσμα, να αναλύσει τις δημοσιονομικές επιπτώσεις της μεγάλης κλίμακας χρήσης ηλεκτρικών οχημάτων. Ειδικότερα, θα πρέπει να γίνει προσεκτικός υπολογισμός της οικονομικής απώλειας από την μείωση της κατανάλωσης των συμβατικών καυσίμων λόγω της αντίστοιχης μείωσης των εσόδων από τους φόρους που προέρχονται από αυτά τα καύσιμα. Αυτή η απώλεια θα πρέπει να σταθμιστεί έναντι των θετικών οικονομικών επιπτώσεων των ηλεκτρικών

οχημάτων, καθώς οι κυβερνήσεις θέτουν στόχους απορρόφησης ηλεκτρικών οχημάτων και θα πρέπει να εντοπιστούν τρόποι εξισορρόπησης του προϋπολογισμού, χωρίς να εξαρτώνται από τα φορολογικά έσοδα των καυσίμων προτού τα EV φτάσουν σε σημαντική κλίμακα εντός της επικράτειάς τους.

Το θέμα της ηλεκτρικής κινητικότητας είναι πολυτομεακό και όλοι οι ενδιαφερόμενοι θα πρέπει να συμμετέχουν σε διάλογο για τον συντονισμό των προσπαθειών και την ευθυγράμμιση των κινήτρων. Η ηλεκτρική κινητικότητα έχει επιπτώσεις στις μεταφορές, στον αστικό σχεδιασμό, στην υγεία, στο εμπόριο, στη ζήτηση ενέργειας, στη δημοσιονομική βιωσιμότητα, στον μετριασμό και στην προσαρμογή της κλιματικής αλλαγής, στις τοπικές αγορές εργασίας και σε πολλούς, ακόμη, τομείς. Έτσι, οι κυβερνήσεις, οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας, οι ρυθμιστικές αρχές, οι αυτοκινητοβιομηχανίες και οι αντιπρόσωποι, καθώς και τα εκπαιδευτικά ιδρύματα θα πρέπει να κληθούν στην δημιουργία ενός κοινού οράματος και στρατηγικής για τα ηλεκτρικά οχήματα, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για σχεδιασμό από όλες τις πλευρές. Η απουσία ενός τέτοιου σχεδίου μπορεί να δημιουργήσει λανθασμένες ευθυγραμμίσεις κινήτρων που εμποδίζουν τη διείσδυση των ηλεκτρικών οχημάτων στην ελληνική αγορά και, ειδικότερα, στο νησί της Αλοννήσου.

1.5 Επίδραση της ηλεκτροκίνησης στο δίκτυο

Αν και η ηλεκτροκίνηση είναι η ενδεδειγμένη λύση για την επίτευξη του κλιματικού στόχου του Ευρωπαϊκού Green Deal για τις μεταφορές, διασφαλίζοντας μια σαφή πορεία προς την επίτευξη μεταφορών με μηδενικές εκπομπές, είναι φανερό ότι ο εξηλεκτρισμός των μεταφορών θα δημιουργήσει νέα φορτία με συγκεκριμένα προφίλ, θέτοντας προκλήσεις στην ικανότητα των διαχειριστών του συστήματος ηλεκτρισμού να διαχειρίζονται την πρόσθετη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, διατηρώντας παράλληλα το απαιτούμενο επίπεδο ασφάλειας λειτουργίας για όλους τους χρήστες του ηλεκτρικού δικτύου. Ταυτόχρονα, η ηλεκτροκίνηση μπορεί να προσφέρει μία νέα πηγή ευελιξίας.

Γίνεται φανερό ότι θα πρέπει να δημιουργηθεί το κατάλληλο οικοσύστημα, το οποίο θα περιλαμβάνει την ενεργό συμμετοχή χρηστών EV, διαχειριστών δικτύων ηλεκτρισμού, διαχειριστών φόρτισης, κατασκευαστών EV, παρόχων σχετικών υπηρεσιών, ερευνητικών φορέων και φορέων λήψης αποφάσεων, προκειμένου να επιτευχθεί η βέλτιστη εκμετάλλευση των ηλεκτρικών οχημάτων και να αξιοποιηθούν

οι υπηρεσίες που μπορούν να προσφέρουν στα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας, αξιοποιώντας τις δυνατότητές τους στο πλαίσιο της λειτουργίας τους ως V2G και V2H. Είναι εξίσου σημαντικό να προταθούν νέες πολιτικές ηλεκτροκίνησης και στρατηγικές που να ενθαρρύνουν έναν συντονισμένο σχεδιασμό, ο οποίος θα προωθεί αυτές τις καινοτόμες λύσεις. Η εφαρμογή τεχνολογιών έξυπνων δικτύων (smart grids) και ανάλυσης δεδομένων (data analytics) μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό των απαραίτητων ενισχύσεων σε περιοχές του δικτύου, όπου το φορτίο EV αναμένεται να αυξηθεί ταχύτερα. Επίσης, η έξυπνη διαχείριση της φόρτισης μπορεί να μειώσει σημαντικά τις ανάγκες επενδύσεων στα δίκτυα σε σενάρια μαζικής διείσδυσης EV. Στο πλαίσιο αυτό, η οπτική των χρηστών και η κατανόηση των συμπεριφορών τους ως προς τη φόρτιση των EV είναι απαραίτητες για την εκπόνηση μελλοντικών σεναρίων ανάπτυξης των δικτύων που θα καλύψουν τις ανάγκες ενσωμάτωσης της ηλεκτροκίνησης στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας.

1.6 Ηλεκτροκίνηση: Αύξηση της ζήτησης και ανάπτυξη του δικτύου διανομής

Ο εξηλεκτρισμός των μεταφορών θα αυξήσει τα ηλεκτρικά φορτία. Δεδομένου ότι τα φορτία των ηλεκτρικών οχημάτων (EV) έχουν πολύ συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, οι λύσεις έξυπνης φόρτισης μπορούν να ελαχιστοποιήσουν τις συμφορήσεις στο Δίκτυο και να περιορίσουν τις απαιτούμενες ενισχύσεις του. Στο πλαίσιο αυτό, ο ΔΕΔΔΗΕ ανέπτυξε νέες μεθοδολογίες όσον αφορά:

Στην πρόβλεψη των προφίλ φόρτισης EV και των σταθμών φόρτισης (οικιακή φόρτιση, φόρτιση σε κοινόχρηστους χώρους, σε χώρους στάθμευσης πολυκατοικιών, σε χώρους στάθμευσης κτιρίων γραφείων, κλπ).

Στη χρήση έξυπνων συστημάτων που μετακυλύουν τη φόρτιση των EV σε περιόδους χαμηλής ζήτησης, ώστε να έχουν θετική επίδραση στο Δίκτυο.

Σε νέα εργαλεία για το σχεδιασμό του δικτύου διανομής.

Η επίδραση των ηλεκτρικών οχημάτων (EV) σε Δίκτυα Διανομής αφορά κυρίως σε τρία επίπεδα:

- Επίδραση σε επίπεδο Υποσταθμού Υψηλής Τάσης / Μέσης Τάσης (Υ/Σ ΥΤ/ΜΤ).

- Επίδραση στις γραμμές διανομής Μέσης Τάσης (MT).
- Επίδραση στη Χαμηλή Τάση (XT).

Ο Πίνακας 1 συνοψίζει τις περιπτώσεις φόρτισης (Charging use cases) που πρέπει να εξετάζονται κατά το σχεδιασμό του δικτύου ανά επίπεδο τάσης. Ο αριθμός των σταυρών δείχνει πόσο σημαντική είναι η κάθε περίπτωση για τις αντίστοιχες μελέτες δικτύου.

Πίνακας 1. Περιπτώσεις φόρτισης (Πηγή: Βουμβουλάκης κ.ά., 2023)

Περίπτωση Φόρτισης	Υ/Σ ΥΤ/ΜΤ	Δίκτυο ΜΤ	Δίκτυο ΧΤ & Υ/Σ ΜΤ/ΧΤ
Οικιακή Φόρτιση	+++	+++	+++
Δημόσια Φόρτιση (Οδοί Πόλεων)	++	++	++
Δημόσια Φόρτιση (Λεωφόροι)	+++	++	
Φόρτιση σε Εργασιακούς Χώρους	+	++	+
Εμπορικοί Χώροι / Πολυκαταστήματα	++	++	
Χώροι στάθμευσης	+	++	+
Εγκαταστάσεις φόρτισης αλλαγής μπαταριών	+	+++	
Λεωφορεία Δημόσιας Συγκοινωνίας	++	+++	

1.7 Κίνητρα και προκλήσεις της ηλεκτροκίνησης

Η ηλεκτρική κινητικότητα κερδίζει έδαφος παγκοσμίως, λόγω της πτώσης του κόστους τεχνολογίας, της αυξημένης ευαισθητοποίησης και των κυβερνητικών πολιτικών που διευκολύνουν την υιοθέτηση της ηλεκτροκίνησης. Το κόστος της μπαταρίας μειώνεται γρήγορα: το 2019, η Volkswagen κατασκεύασε την πρώτη μπαταρία που κόστιζε κάτω από 100 \$/kWh, (Erwing, 2020), 91% χαμηλότερη από το μέσο κόστος το 2010 (BloombergNEF, 2019). Το ποσό των 100 \$/kWh επισημάνθηκε ως το κόστος μπαταρίας με το οποίο τα ηλεκτρικά οχήματα καθίστανται ανταγωνιστικά ως προς τις σχετικές τιμές με των αντίστοιχων με κινητήρα εσωτερικής καύσης (Internal Combustion Engine Vehicle – ICEV). Ορισμένοι φορείς, όπως το Διεθνές Συμβούλιο για τις Καθαρές Μεταφορές (International Council on Clean Transportation - ICCT), προβλέπουν γενική ισοτιμία για ηλεκτρικά αυτοκίνητα μικρότερης εμβέλειας σε ορισμένες αγορές ήδη από το 2024 (Lutsey & Nicholas, 2019).

Η αναγκαιότητα άμεσης αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής και της ενεργειακής σταθερότητας σε συνδυασμό με τα πλεονεκτήματα της ηλεκτροκίνησης οδηγούν πολλά έθνη στην προώθηση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Περισσότερα από 275.000 plug-in ηλεκτρικά οχήματα (PEV) κυκλοφορούν στις Ηνωμένες Πολιτείες,

καταγράφοντας μια σημαντική αύξηση στην ανάπτυξη PEV από το 2011 (Egbue et al., 2017). Από την εισαγωγή των EV στην αγορά το 2010, οι πωλήσεις τους τετραπλασιάστηκαν ετησίως στην Ευρώπη και μέχρι το 2013 είχαν πουληθεί περίπου 60.000 PEV. Από τον Σεπτέμβριο του 2021, περισσότερα από 2 εκατομμύρια ηλεκτρικά οχήματα είχαν πουληθεί στην Ευρώπη. Η Κίνα, η ταχύτερα αναπτυσσόμενη χώρα όσον αφορά τα EVs, έχει θέσει ως στόχο τα ηλεκτρικά οχήματα (EV) να αντιπροσωπεύουν το 20% των συνολικών πωλήσεων νέων αυτοκινήτων έως το 2025. Η κυβέρνηση έχει, επίσης, θέσει ως μακροπρόθεσμο στόχο, και συγκεκριμένα ως το 2035, όλα τα νέα αυτοκίνητα που πωλούνται στην Κίνα να είναι οχήματα «νέας ενέργειας» (New Energy Vehicles - NEV), τα οποία θα αποτελούνται από αμιγώς ηλεκτρικά και plug-in υβριδικά αυτοκίνητα.

Ωστόσο, παρά αυτή την προσέγγιση μάρκετινγκ και τα πολυάριθμα πλεονεκτήματα των EV, το μερίδιο αγοράς τους όσον αφορά στις συνολικές πωλήσεις είναι ακόμα μικρό, με τα EV να αντιπροσωπεύουν μόνο το 14% όλων των επιβατικών αυτοκινήτων που αγοράζονται παγκοσμίως (Tsakalidis et al., 2020). Ένα από τα πολλά εμπόδια που πρέπει να αντιμετωπιστούν για να χρησιμοποιούνται ευρέως τα EV είναι η μη ανεπτυγμένη τεχνολογία μπαταριών τους. Τα EV είναι λιγότερο ελκυστικά για τον τυπικό πελάτη, λόγω της περιορισμένης εμβέλειας, των μεγάλων περιόδων φόρτισης και των ακριβών αρχικών τιμών τους (Capuder et al., 2020). Η περιορισμένη διαθεσιμότητα υποδομής φόρτισης είναι ένα άλλο σημαντικό εμπόδιο για την ευρεία υιοθέτηση των ηλεκτρικών οχημάτων (Ramesan et al., 2022). Η δημιουργία υποδομής EV είναι πρόκληση, λόγω του γνωστού προβλήματος «της κότας και του αυγού». Πολλοί οδηγοί δεν επιλέγουν ηλεκτρικά οχήματα, εκτός εάν δημιουργηθεί σημαντική υποδομή για τη φόρτισή τους. Αλλά, εάν δεν υπάρχουν αρκετά ηλεκτρικά οχήματα στο δρόμο, είναι πολύ αμφίβολο ότι οι πάροχοι υπηρεσιών χρέωσης θα έκαναν σημαντικές επενδύσεις στην ανάπτυξη υποδομής (Ibrahim et al., 2021).

Οι ανερχόμενες πωλήσεις αυξάνουν την προβλεψιμότητα για περαιτέρω αύξηση της ζήτησης, η οποία με τη σειρά της ωθεί σε μια ολοένα ευρύτερη επιλογή μοντέλων και αυξάνει τις πωλήσεις. Επιπλέον, οι στόχοι αντικατοπτρίζουν ολοένα και περισσότερο την ανάγκη για ταχεία και αποφασιστική δράση για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής και, συνεπώς, την ευνοϊκή ηλεκτροδότηση των μεταφορών. Ως αποτέλεσμα, το Bloomberg New Energy Finance προβλέπει ότι τα ηλεκτρικά οχήματα (EV) θα

αντιπροσωπεύουν το 57% των παγκόσμιων πωλήσεων επιβατικών οχημάτων έως το 2040 (Viscidi et al., 2020).

Ο τομέας των μεταφορών είναι μια σημαντική πηγή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου: το 18% των παγκόσμιων εκπομπών άνθρακα προήλθαν από τις οδικές μεταφορές το 2016 (IEA, 2018) Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα έχουν προκαλέσει τεράστιο ενδιαφέρον, λόγω των δυνατοτήτων τους να μειώσουν αυτές τις εκπομπές, ειδικά όταν συνδυάζονται με ενέργεια μηδενικού άνθρακα. Στη Νορβηγία, όπου η περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια είναι μηδενικού άνθρακα, οι εκπομπές του κύκλου ζωής ενός Nissan LEAF είναι μικρότερες από το 30% των εκπομπών ενός μέσου ευρωπαϊκού αυτοκινήτου (Hausfather, 2019). Ωστόσο, ανεξάρτητα από την πηγή καυσίμου, η ενεργειακή απόδοση των EV είναι 77% ή υψηλότερη συγκριτικά με ένα ποσοστό, περίπου 17- 21%, για ένα όχημα εσωτερικής καύσης (ICEV). Με μηδενικές εκπομπές καυσαερίων, τα EV μειώνουν, επίσης, την τοπική ατμοσφαιρική ρύπανση.

Οι περισσότερες εγκαταστάσεις EV μέχρι σήμερα έχουν πραγματοποιηθεί στην Κίνα, στις Ηνωμένες Πολιτείες και στη Δυτική Ευρώπη, με την παρουσία τους στην Νοτιοανατολική Ευρώπη και, ειδικότερα, στη χώρα μας, να παραμένει ελάχιστη. Ωστόσο, οι συνθήκες στα νησιά της Ελλάδας επισημαίνουν ότι τα ηλεκτρικά οχήματα θα μπορούσαν να προσφέρουν μοναδικά οφέλη και να απολαμβάνουν ορισμένα ιδιαίτερα πλεονεκτήματα.

Πρώτον, το υψηλό επίπεδο εξάρτησης από τις εισαγωγές πετρελαίου καθιστά τα καύσιμα ακριβά με τα νησιά της πατρίδας μας να είναι ιδιαίτερα ευάλωτα στις διακυμάνσεις των τιμών του πετρελαίου και στον συναλλαγματικό κίνδυνο. Η εξάρτηση από το πετρέλαιο συμβάλλει, επίσης, σε υψηλά επίπεδα χρέους και σε αύξηση του πληθωρισμού.

Τα ελληνικά νησιά διαθέτουν άφθονο δυναμικό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, το οποίο, εάν αξιοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας για ηλεκτρικά οχήματα, θα μπορούσε να μειώσει περαιτέρω τους εθνικούς λογαριασμούς καυσίμων. Επί του παρόντος, τα νησιά της χώρας μας στηρίζονται ενεργειακά σε προϊόντα πετρελαίου. Ο συνδυασμός της ανάπτυξης EV, με μια παράλληλη επέκταση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, θα μπορούσε να περιορίσει την εξάρτηση από τις τιμές του πετρελαίου, να μειώσει το κόστος μεταφοράς και ηλεκτρικής ενέργειας και να ελαττώσει δραστικά τις

εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Έτσι, οι πολιτικές και τα ευνοϊκά ρυθμιστικά πλαίσια για την ηλεκτρική κινητικότητα μπορούν να δώσουν μια πρόσθετη ώθηση στην ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και να επιταχύνουν τον μετασχηματισμό, τόσο του τομέα των μεταφορών όσο και του ενεργειακού τομέα.

Επιπλέον, αν και οι εκπομπές άνθρακα από τα ελληνικά νησιά αντιπροσωπεύουν ένα μικρό μερίδιο των αντίστοιχων εκπομπών άνθρακα της ηπειρωτικής χώρας, είναι από τις πιο ευάλωτες περιοχές στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, συμπεριλαμβανομένης της ανόδου της στάθμης της θάλασσας και των πιο έντονων καταιγίδων. Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα αντιπροσωπεύουν μια άλλη ευκαιρία να αναληφθεί αποφασιστική δράση για το κλίμα, με τις μεταφορές να είναι ένας κρίσιμος τομέας μετριασμού των εκπομπών και στην νησιωτική χώρα. Έχειδειχθεί ότι ανά μονάδα ΑΕΠ, οι εκπομπές από τις μεταφορές είναι πολύ υψηλότερες από ό,τι σε άλλες χώρες (Vergara, 2015). Εκτός από τον μετριασμό των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (Greenhouse Gas – GHG), τα ηλεκτρικά οχήματα μπορούν να ενισχύσουν την ανθεκτικότητα σε φυσικές καταστροφές, οι οποίες επιδεινώνονται από την κλιματική αλλαγή.

Οι μπαταρίες των EV μπορούν να χρησιμεύσουν στην αποθήκευση ενέργειας και να παρέχουν υποστήριξη στο δίκτυο, διευκολύνοντας την ενσωμάτωση μεταβλητής ανανεώσιμης ενέργειας όπως η αιολική και η ηλιακή. Όταν το δίκτυο τεθεί εκτός λειτουργίας από κάποιο έκτακτο ή απρόοπτο γεγονός, τα ηλεκτρικά οχήματα μπορούν να παρέχουν μια κινητή πηγή ενέργειας, η οποία μπορεί να αποδοθεί στο δίκτυο μέσω της τεχνολογίας Vehicle to Grid (V2G), της τεχνολογίας Vehicle to Microgrid (V2M), καθώς και της τεχνολογίας Vehicle to Home (V2H). Οι μπαταρίες EV μπορούν, επίσης, να ανακυκλωθούν, με προοπτική να παρέχουν λύσεις εκτός δικτύου και μικροδικτύου στο τέλος της χρήσης τους σε οχήματα, περιορίζοντας την εξάρτηση από το πιο ευάλωτο, κεντρικό δίκτυο.

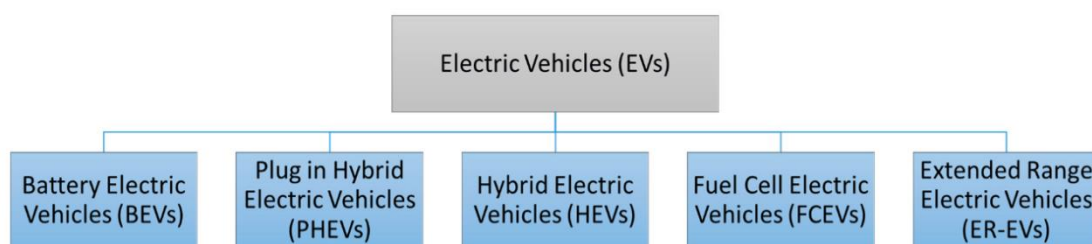
Τα νησιά της Ελλάδας είναι, γενικά, μικρά, γεγονός που σημαίνει μειωμένο άγχος, το οποίο εκπορεύεται από την ανησυχία σχετικά με τον αποκλεισμό από την εξάντληση της φόρτισης ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου πριν φτάσει σε ένα σταθμό φόρτισης, ένα κοινό εμπόδιο για τους υποψήφιους αγοραστές. Οι, σχετικά, μικροί στόλοι οχημάτων σε αυτά τα νησιά μπορούν επίσης να ηλεκτροδοτηθούν πλήρως πολύ πιο γρήγορα από

τους τεράστιους στόλους μεγαλύτερων περιοχών, ενώ τα δίκτυα φόρτισης δεν χρειάζεται να είναι τόσο εκτεταμένα όσο σε μεγάλες πόλεις.

Κεφάλαιο 2^ο – Το ηλεκτρικό όχημα

2.1 Είδη ηλεκτρικών οχημάτων

Τα οχήματα που λειτουργούν με ηλεκτρική ενέργεια και όχι με βενζίνη ή ντίζελ είναι γνωστά ως ηλεκτρικά οχήματα (EVs). Υπάρχουν πολλά είδη EV, το καθένα με μοναδικό κινητήρα και ρυθμίσεις (Yang et al., 2016). Σύμφωνα με την τεχνολογία και τις ρυθμίσεις του κινητήρα τους, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα κατανέμονται στις παρακάτω κατηγορίες (Εικόνα 1):

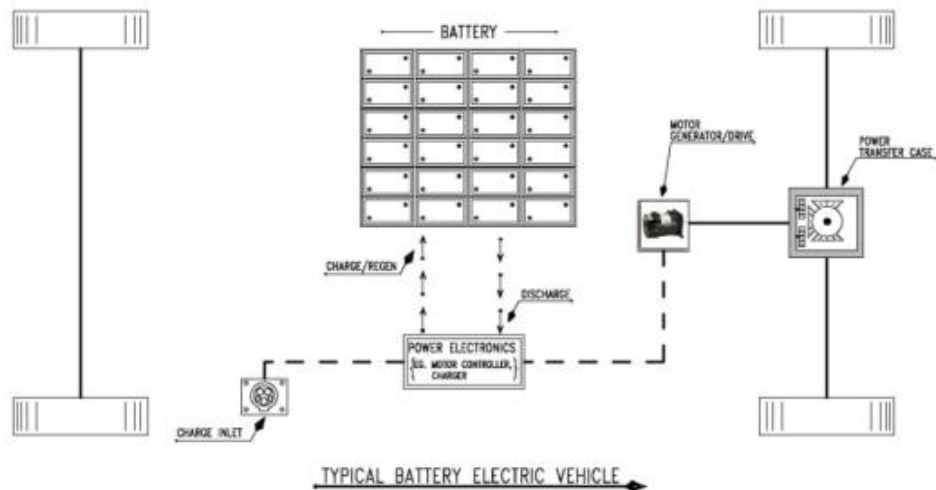


Εικόνα 1. Ταξινόμηση ηλεκτρικών οχημάτων (EV) ως προς την τεχνολογία και τις ρυθμίσεις του κινητήρα (Πηγή: Alanazi, 2022)

2.1.1 Ηλεκτρικά οχήματα με μπαταρία (BEV)

Οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες είναι η μόνη πηγή ενέργειας για τα ηλεκτρικά οχήματα με μπαταρία (Battery Electric Vehicles - BEVs), τα οποία είναι ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Δεν έχουν εφεδρική γεννήτρια ή βενζινοκινητήρα. Λόγω της έλλειψης εκπομπών καυσαερίων, τα BEV θεωρούνται ως η πιο οικολογικά ωφέλιμη μορφή ηλεκτρικού αυτοκινήτου. Ωστόσο, έχουν περιορισμένη εμβέλεια οδήγησης, επειδή η μπαταρία πρέπει να επαναφορτιστεί (Salmasi, 2007).

Ένα τυπικό σχέδιο BEV φαίνεται στην Εικόνα 2.



Εικόνα 2. Τυπικό σχέδιο BEV (Πηγή: Briones et al., 2012).

2.1.2 Υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα (HEV)

Τα υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα (Hybrid Electric Vehicles - HEVs) είναι ηλεκτρικά αυτοκίνητα με βενζινοκινητήρες και ηλεκτροκινητήρες. Ένας ηλεκτροκινητήρας κινεί το αυτοκίνητο σε χαμηλές ταχύτητες και κατά την επιτάχυνση. Ο κινητήρας βενζίνης αναλαμβάνει σε υψηλότερες στροφές και όταν απαιτείται μεγαλύτερη ισχύς. Επειδή τα HEV χρησιμοποιούν αναγεννητική πέδηση για να επαναφορτίσουν τις μπαταρίες τους, δεν απαιτούν σύνδεση. Αν και χρησιμοποιούν λιγότερο καύσιμο από τα συμβατικά βενζινοκίνητα αυτοκίνητα, έχουν κάποιες εκπομπές καυσαερίων (Salmasi, 2007).

2.1.3 Plug-in υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα (PHEV)

Τα plug-in υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα (Plug-in Hybrid Electric Vehicle - PHEV) είναι ηλεκτρικά αυτοκίνητα που διαθέτουν μεγαλύτερες μπαταρίες, οι οποίες μπορούν να επαναφορτιστούν συνδέοντας ένα καλώδιο φόρτισης σε μια εξωτερική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας εκτός της εσωτερικής σύνδεσης που διαθέτουν, η οποία πραγματοποιείται με την ενσωματωμένη γεννήτρια που τροφοδοτείται από κινητήρα εσωτερικής καύσης. Έχουν ένα πεπερασμένο εύρος λειτουργιών με ηλεκτρική ισχύ πριν μεταβούν στον βενζινοκινητήρα. Τα PHEV παρέχουν την ευκολία της καθημερινής οδήγησης χωρίς βύσμα φόρτισης, ενώ επιτρέπουν τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας ή σε μικρά ταξίδια (Dain ate al., 2017).

2.1.4 Ηλεκτρικά οχήματα με κυψέλες καυσίμου (FCEV)

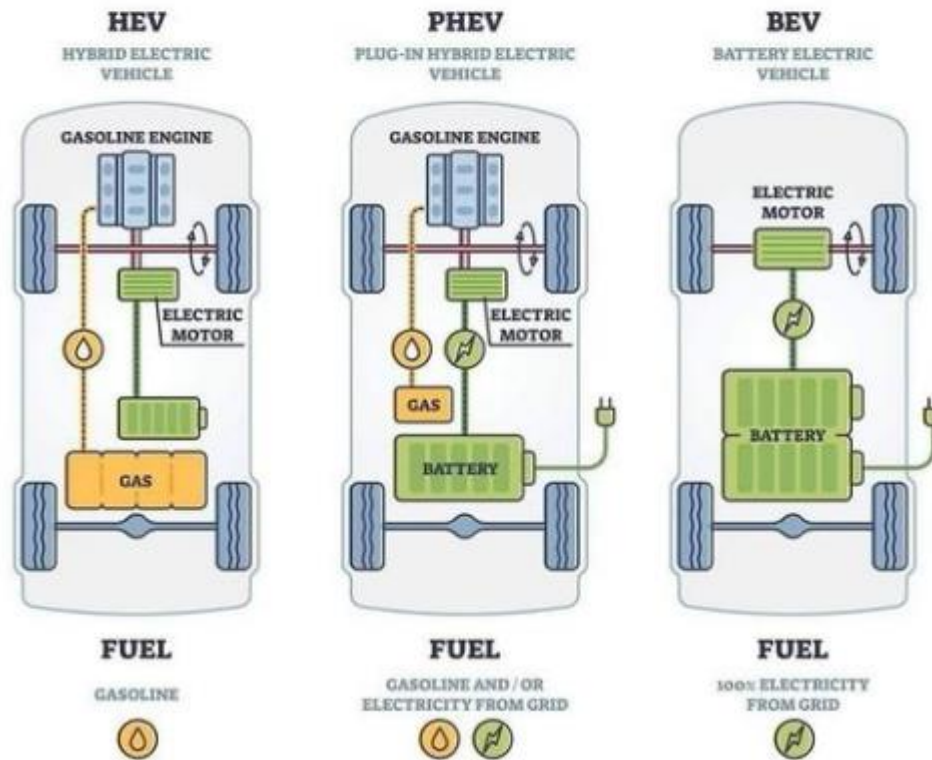
Τα ηλεκτρικά οχήματα κυψελών καυσίμου (Fuel Cell Electric Vehicles - FCEVs) έχουν ως βάση τους την αντίδραση αερίου υδρογόνου με οξυγόνο παρουσία αέρα, προκειμένου να δημιουργήσουν ισχύ. Δεν έχουν μπαταρία και το μόνο απόβλητό τους είναι οι υδρατμοί. Αν και τα FCEV μπορούν να ανεφοδιαστούν με καύσιμα σε λίγα λεπτά και έχουν μεγαλύτερη αυτονομία από τα BEV, εξακολουθεί να υπάρχει έλλειψη υποδομής ανεφοδιασμού με υδρογόνο (Govardhan, 2017).

2.1.5 Ηλεκτρικά οχήματα εκτεταμένης εμβέλειας (ER-EV)

Τα ηλεκτρικά οχήματα εκτεταμένης εμβέλειας (Extended Range Electric Vehicles - ER-EVs) είναι ένας τύπος ηλεκτρικού οχήματος που συνδυάζει τα χαρακτηριστικά ενός ηλεκτρικού οχήματος με μπαταρία (BEV) και ενός υβριδικού ηλεκτρικού οχήματος με σύνδεση (PHEV) (Εικόνα 3). Τα ER-EV έχουν μεγαλύτερη μπαταρία από τα PHEV, γεγονός που επιτρέπει να διανυθούν μεγαλύτερες αποστάσεις μόνο με ηλεκτρική ενέργεια. Ωστόσο, μόλις εξαντληθεί η μπαταρία, ένας μικρός βενζινοκινητήρας παράγει ηλεκτρική ενέργεια, προκειμένου να τροφοδοτήσει τον ηλεκτροκινητήρα και να επεκτείνει την αυτονομία του οχήματος (Zhao et al., 2022).

Τα ER-EV γίνονται όλο και πιο δημοφιλή, καθώς προσφέρουν τα πλεονεκτήματα τόσο των BEV όσο και των PHEV. Μπορούν να οδηγηθούν αποκλειστικά με ηλεκτρική ενέργεια για μικρότερα ταξίδια και να ταξιδεύουν μεγάλες αποστάσεις χωρίς να σταματήσουν για την επαναφόρτιση της μπαταρίας. Τα ER-EV είναι επίσης πιο φιλικά προς το περιβάλλον από τα παραδοσιακά βενζινοκίνητα οχήματα, καθώς παράγουν λιγότερες εκπομπές ρύπων (Zhao et al., 2022).

TYPES OF ELECTRIC VEHICLES



Εικόνα 3. Τύποι ηλεκτρικών αυτοκινήτων

2.2 Τα οφέλη από τα ηλεκτρικά οχήματα

2.2.1 Περιβαλλοντικά Οφέλη

Δεδομένου ότι τα ηλεκτρικά οχήματα δεν εκπέμπουν εκπομπές από την εξάτμιση, δεν συμβάλλουν στην ατμοσφαιρική ρύπανση ή στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Ακόμη και όταν απαιτούνται ορυκτά καύσιμα για την παραγωγή ενέργειας για την τροφοδοσία του EV, εκπέμπεται λιγότερη ρύπανση από ένα τυπικό όχημα που κινείται με αέριο (Li et al., 2019).

2.2.2 Χαμηλότερο λειτουργικό κόστος

Σε σύγκριση με τα συμβατικά αυτοκίνητα, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα προσφέρουν χαμηλότερο κόστος λειτουργίας. Γενικά, η ηλεκτρική ενέργεια είναι λιγότερο ακριβή από τη βενζίνη ή το ντίζελ και, καθώς τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν λιγότερα κινούμενα εξαρτήματα, απαιτούν λιγότερη συντήρηση. Λόγω της εξαιρετικής αντοχής των

ηλεκτροκινητήρων σε σύγκριση με τους κινητήρες εσωτερικής καύσης, έχουν, επίσης, συχνά μεγαλύτερη διάρκεια ζωής (Li et al., 2019).

2.2.3 Ενεργειακή Ανεξαρτησία

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συμπεριλαμβανομένης της ηλιακής ή της αιολικής ενέργειας, ενδέχεται να τροφοδοτούν ηλεκτρικά οχήματα. Αυτό μειώνει την εξάρτηση από ορυκτά καύσιμα και μπορεί να αυξήσει τη βιωσιμότητα της χρήσης ενέργειας (Li et al., 2019).

2.2.4 Αποδοτικότητα

Σε σύγκριση με τα συμβατικά αυτοκίνητα, τα EV είναι πιο αποτελεσματικά. Η απόδοση του σταθμού ηλεκτροπαραγωγής θα επηρεάσει, επίσης, με θετικό τρόπο την αποτελεσματικότητα του στους τροχούς (Well-to-Wheel – WTW). Σε σύγκριση με τα αυτοκίνητα ντίζελ, τα οποία ποικίλλουν από 26% έως 38%, η συνολική παραγωγικότητα WTW των βενζινοκίνητων οχημάτων κυμαίνεται από 12% έως 28%. Συγκριτικά, η απόδοση WTW των ηλεκτρικών οχημάτων που τροφοδοτούνται από σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής φυσικού αερίου κυμαίνεται από 14% έως 30%, ενώ τα ηλεκτρικά οχήματα που τροφοδοτούνται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παρουσιάζουν συνολική απόδοση έως και 70% (Li et al., 2019).

2.2.5 Ομαλή και αθόρυβη λειτουργία

Τα EV λειτουργούν πολύ πιο αθόρυβα και ομαλά από τα συμβατικά αυτοκίνητα, επειδή οι ηλεκτροκινητήρες παράγουν λιγότερους κραδασμούς και θόρυβο. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μια πιο ξεκούραστη και ευχάριστη οδηγική εμπειρία (Li et al., 2019).

2.2.6 Καθημερινές ευκολίες χρήσης

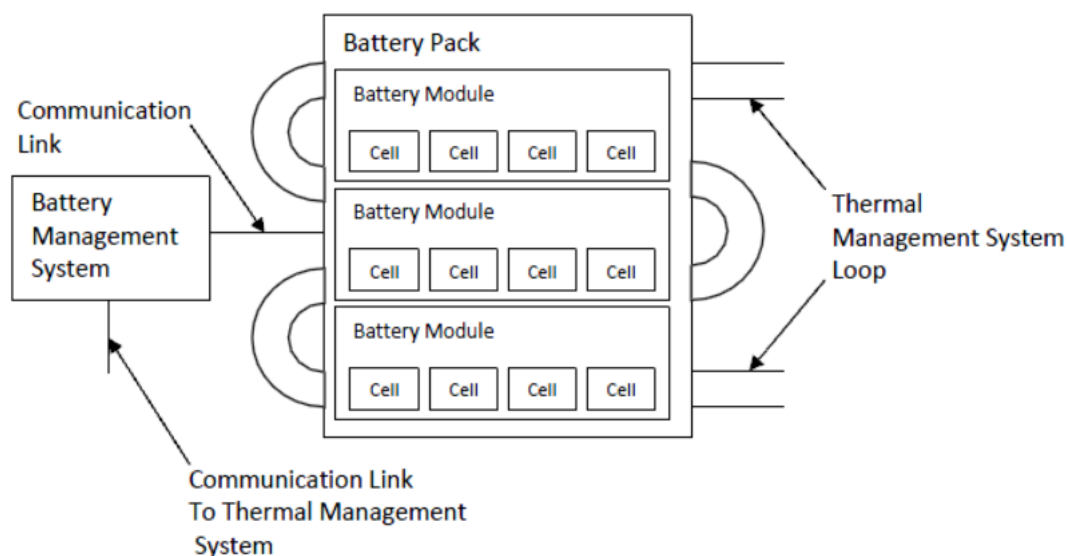
Τα ηλεκτρικά οχήματα ενδέχεται να φορτίζονται σε κατοικίες ή δημόσιους σταθμούς φόρτισης, επομένως η μετάβαση στο πρατήριο καυσίμων δεν είναι, πλέον, απαραίτητη. Επιπλέον, πολλά EV περιλαμβάνουν δυνατότητες, που επιτρέπουν στους οδηγούς να ζεσταίνουν ή να ψύχουν εξ αποστάσεως την καμπίνα, κάτι που μπορεί να είναι χρήσιμο σε εξαιρετικά ζεστό ή κρύο καιρό (Li et al., 2019).

2.2.7 Απόδοση

Οι ηλεκτρικοί κινητήρες μπορούν να παράγουν στιγμιαία ροπή, επιτρέποντας στα EV να επιταχύνουν γρήγορα. Θα μπορούσαν, επίσης, να έχουν χαμηλότερο κέντρο βάρους, καθιστώντας τα πιο ευέλικτα και σταθερά (Li et al., 2019; (Han & Acquah, 2021).

2.3 Σχεδιασμός Συστήματος Αποθήκευσης Ενέργειας Οχημάτων

Το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας (ESS) για τα σύγχρονα PEV έχουν, σε μεγάλο βαθμό, ηλεκτροχημική φύση. Το ESS αποτελείται από κυψέλες, μονάδες, συσκευασίες, σύστημα διαχείρισης θερμότητας (TMS) και σύστημα διαχείρισης μπαταριών (BMS) (Εικόνα 4).



Εικόνα 4. Σύστημα αποθήκευσης ενέργειας (Πηγή: Briones et al., 2012).

Ένα πακέτο μπαταριών είναι κατασκευασμένο από εκατοντάδες έως χιλιάδες κυψέλες που συναρμολογούνται σε μονάδες, συνδεδεμένες ηλεκτρικά σε σειρά, προκειμένου να αυξηθεί η τάση. Στη συνέχεια, οι μονάδες συνδέονται ηλεκτρικά σε σειρά ή παράλληλα, προκειμένου να αυξηθεί η τάση ή η ενεργειακή χωρητικότητα, διαμορφώνοντας το πακέτο μπαταριών. Οι τρεις πιο συνηθισμένοι τύποι συσκευασίας κυψελών είναι οι κυλινδρικές, οι πρισματικές και οι κυψέλες θήκης (Yilmaz & Krein, 2012a). Προς το παρόν, η βιομηχανία φαίνεται να ευνοεί τα πρισματικά κύτταρα για ευκολία κατασκευής και τα στοιχεία θήκης επειδή η έλλειψη περιβλήματος επιτρέπει μεγαλύτερη ενεργειακή πυκνότητα (Beck et al., 2009; Sovacool et al., 2020; Ustun et al., 2013).

2.4 Εξοπλισμός οχημάτων V2G και επίπεδα ισχύος

Η Εταιρεία Μηχανικών Αυτοκινήτου (Society of Automotive Engineers - SAE) και ο Εθνικός Ηλεκτρικός Κώδικας (National Electric Code - NEC) έχουν πρόσφατα καθορίσει τα επίπεδα φόρτισης AC και DC (Εικόνα 5 και Πίνακας 2).

EVSE Capacity Classification	
Emerging Standards SAE J1772™	
<ul style="list-style-type: none">• AC Charging<ul style="list-style-type: none">– Requires on-board power inverter and BMS– Power management shared between vehicle and EVSE– Generally lower power transfer capabilities	<ul style="list-style-type: none">• DC Charging<ul style="list-style-type: none">– AC-DC conversion performed off board– EVSE provides significant power management.– Generally higher power transfer capabilities

Εικόνα 5. Σύγκριση φόρτισης συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος (Πηγή: Briones et al., 2012).

Πίνακας 2. Επίπεδα ισχύος εναλλασσόμενου και συνεχούς ρεύματος (Πηγή: Briones et al., 2012).

Φόρτιση AC	Φόρτιση DC
Επίπεδο AC 1: 120 βολτ εναλλασσόμενο ρεύμα (VAC), μονοφασικό, μέγιστο 16 αμπέρ (A), μέγιστο 1,9 κιλοβάτ (kW)	Επίπεδο DC 1: 200 έως 450 volts συνεχές ρεύμα (VDC), μέγιστο 80 A, μέγιστο 19,2 kW
AC Επίπεδο 2: 240 VAC, μονοφασικό, μέγιστο 80 A, μέγιστο 19,2 kW	Επίπεδο DC 2: 200 έως 450 VDC, μέγιστο 200 A, μέγιστο 90 kW
Επίπεδο 3 AC: προς προσδιορισμό, μπορεί να περιλαμβάνει τριφασικό AC	Επίπεδο DC 3: προς προσδιορισμό, μπορεί να καλύπτει 200 έως 600 VDC, μέγιστο 400 A, μέγιστο 240 kW

Η παροχή ρεύματος κοινής ωφέλειας παρέχεται ως εναλλασσόμενο ρεύμα στο χώρο όπου είναι εγκατεστημένο το EVSE. Η μπαταρία αποθηκεύει συνεχές ρεύμα, γεγονός που οδηγεί στην απαίτηση της μετατροπής από εναλλασσόμενο σε συνεχές για την ολοκλήρωση της φόρτισης. Αντίθετα, όταν απαιτείται τροφοδοσία V2G, το DC της μπαταρίας πρέπει να μετατραπεί σε AC για να παραδοθεί πίσω στο δίκτυο.

Στη φόρτιση AC, η μετατροπή AC σε DC πραγματοποιείται στον ενσωματωμένο φορτιστή του οχήματος. Στη φόρτιση DC, η μετατροπή AC σε DC πραγματοποιείται στο EVSE εκτός του οχήματος.

2.4.1 Επίπεδο εναλλασσόμενου ρεύματος 1

Το AC Επίπεδο 1 είναι το πιο βασικό επίπεδο φόρτισης PEV και το μεγαλύτερο μέρος του κοινού έχει εύκολη πρόσβαση στον τύπο ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για τη φόρτιση AC Επίπεδο 1 στο σπίτι ή στην εργασία. Οι τυπικές ονομασίες τάσης που βρίσκονται τόσο σε οικιστικά όσο και σε εμπορικά κτίρια στη Βόρεια Αμερική είναι μεταξύ 110 και 120 VAC με ονομαστική τιμή για μέγιστη ροή ρεύματος 16 A.

Η φόρτιση επιπέδου 1 εναλλασσόμενου ρεύματος χρησιμοποιεί μια τυπική πρίζα με τρεις άκρες (NEMA 5-15R/20R) Εικόνα 6). Η πρίζα με τρεις άκρες είναι συνδεδεμένη σε ένα σετ καλωδίων, το οποίο περιέχει επίσης μια συσκευή διακοπής ρεύματος φόρτισης, που βρίσκεται στο καλώδιο τροφοδοσίας εντός 12 ιντσών από το βύσμα σύμφωνα με την απαίτηση κωδικού NEC Section 625. Ο σύνδεσμος του οχήματος στο άλλο άκρο του σετ καλωδίων είναι συνήθως ο σχεδιασμός που έχει εγκριθεί από το SAE στο βύσμα Standard J1772. Αυτός ο σύνδεσμος θα ταιριάζει σωστά με την είσοδο του οχήματος, η οποία επίσης ορίζεται από το J1772 (Εικόνα 7). Το SAE J1772 καθορίζει τις γενικές φυσικές, ηλεκτρικές, λειτουργικές απαιτήσεις και απαιτήσεις απόδοσης του ηλεκτρικού βύσματος μεταξύ ενός PEV και του EVSE (Εικόνα 8). Οι περισσότεροι προμηθευτές αυτοκινήτων θα χρησιμοποιήσουν αυτό το συγκεκριμένο πρότυπο στις Ηνωμένες Πολιτείες ως το σχέδιο σύνδεσης για τη φόρτιση AC Επίπεδο 1 και 2. Η Tesla Motors έχει αναπτύξει το J1772 Mobile Σύνδεσμος, ο οποίος είναι ένας προσαρμογέας ειδικά σχεδιασμένος για να είναι συμβατός τόσο με τη θύρα φόρτισης του οχήματος Roadster όσο και με οποιαδήποτε υποδοχή J1772. Το Mobile Connector αναπτύχθηκε επειδή το πρότυπο J1772 δεν ήταν πλήρες όταν το Roadster παρουσιάστηκε στην αγορά (Tesla Motors 2011).



Εικόνα 6. Αριστερά: Τυπικό βύσμα 110/120 V - 15 A. Κέντρο: Βύσμα 20 A. Δεξιά: Πρίζα



Εικόνα 7. Σετ καλωδίου επιπέδου 1 εναλλασσόμενου ρεύματος



Εικόνα 8. Τυπικός σύνδεσμος J1772

Η υποδοχή J1772 είναι κατασκευασμένη για 10.000 συνδέσεις/αποσυνδέσεις και για να αντέχει την έκθεση σε σκόνη, αλάτι, νερό και την οδήγηση από όχημα.

Η φόρτιση εναλλασσόμενου ρεύματος επιπέδου 1 δεν προσφέρει ιδιαίτερα γρήγορη φόρτιση, επειδή ο μέγιστος ρυθμός φόρτισης 1,9 kW θα απαιτούσε περισσότερες από 12 ώρες για την πλήρη φόρτιση ενός πακέτου 24 kWh (όπως το πακέτο στο Nissan LEAF) και περισσότερες από 8 ώρες για την πλήρη φόρτιση ενός πακέτου 16 kWh (όπως το πακέτο στο Chevrolet Volt). Ομοίως, η ικανότητα εκφόρτισης των 1,9 kW μπορεί να είναι οριακά ικανή να καλύψει τις απαιτήσεις εφεδρικής έκτακτης ανάγκης ενός μικρού σπιτιού, το οποίο δεν διαθέτει κλιματισμό ή μεγάλα φορτία ηλεκτρικών συσκευών. Επειδή οι χρόνοι φόρτισης με το επίπεδο εναλλασσόμενου ρεύματος 1 θα είναι σημαντικά μεγαλύτεροι, αναμένεται ότι οι περισσότεροι ιδιοκτήτες PEV θα χρησιμοποιήσουν τη φόρτιση Επιπέδου 2. Γενικά, λόγω του πολύ χαμηλού επιπέδου μεταφοράς ισχύος με το επίπεδο φόρτισης 1, καθώς και της πλήρους έλλειψης ελέγχων ή δυνατοτήτων παρακολούθησης, οι εφαρμογές V2G δεν θα είναι πρακτικές ή διαθέσιμες στο επίπεδο αυτό.

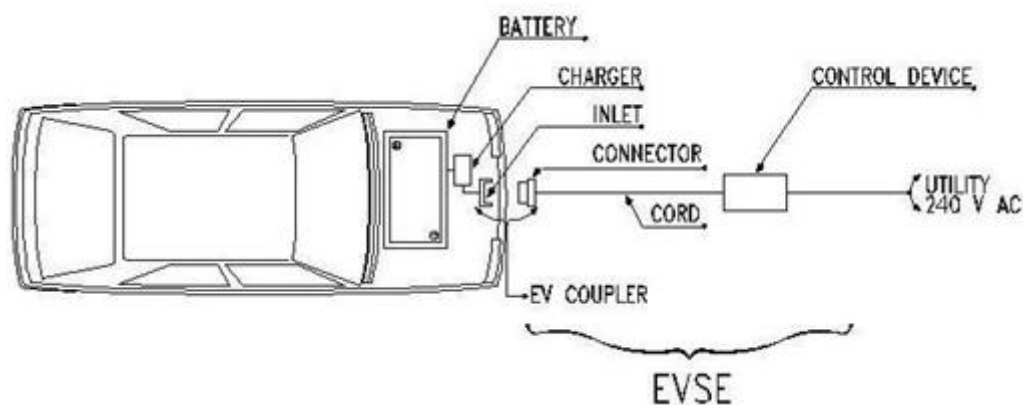
2.4.2 Επίπεδο εναλλασσόμενου ρεύματος 2

Το Επίπεδο εναλλασσόμενου ρεύματος 2 θεωρείται ως η κύρια και προτιμώμενη μέθοδος για τον εξοπλισμό προμήθειας ηλεκτρικών οχημάτων (EVSE) τόσο για ιδιωτικές όσο και για δημόσιες εγκαταστάσεις. Αυτό το επίπεδο καθορίζει ένα μονοφασικό ρεύμα με τυπικές τιμές τάσης από 220 έως 240 V. Η υψηλότερη τάση επιτρέπει πολύ πιο γρήγορη φόρτιση σε PEV (plug-in electric vehicle), με μέγιστη ονομαστική ένταση ρεύματος 19,2 kW.

Ωστόσο, προς το παρόν, οι ενσωματωμένοι φορτιστές είναι ο περιοριστικός παράγοντας, με δυνατότητες μέγιστης ισχύος πολύ χαμηλότερες από τον μέγιστο ρυθμό φόρτισης. Η φόρτιση εναλλασσόμενου ρεύματος Επιπέδου 2 προορίζεται για την υποστήριξη λειτουργιών ανεφοδιασμού οχημάτων που συμπίπτουν με τοποθεσίες προορισμού. Ο εγκεκριμένος σύνδεσμος J1772 επιτρέπει ρεύμα έως και 80 αμπέρ AC (ονομαστικό κύκλωμα 100 amp). Ωστόσο, τα υφιστάμενα επίπεδα αυτού του μεγέθους είναι σπάνια. Μια περισσότερο τυπική ροή θα ήταν 40 αμπέρ εναλλασσόμενου ρεύματος, η οποία επιτρέπει μέγιστο μεταφερόμενο ρεύμα 32 αμπέρ.

Κατά τη σύνδεση, το σύστημα διαχείρισης μπαταρίας (BMS) του οχήματος καθορίζει την απαιτούμενη φόρτιση και ανάλογα αντλεί το ρεύμα από το EVSE. Ένα EVSE που

είναι ικανό να αποδίδει 30 αμπέρ θα αποδίδει 20 αμπέρ εάν αυτό απαιτείται από το BMS. Το EVSE δεν μπορεί να προσφέρει περισσότερα από την καθορισμένη δυνατότητα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Επομένως, εάν ένα EVSE Επιπέδου 2 έχει δυνατότητα μεταφοράς 20 αμπέρ και το BMS ζητήσει 30 αμπέρ, θα μεταφερθούν μόνο τα 20 αμπέρ (Εικόνα 9).



Εικόνα 9. Σχηματική απεικόνιση φόρτισης εναλλασσόμενου ρεύματος επιπέδου 2 (Πηγή: Briones et al., 2012).

Η φόρτιση επιπέδου 2 AC αναμένεται να είναι η προτιμώμενη μέθοδος για την επαναφόρτιση του οχήματος, ενώ προσφέρει τη δυνατότητα της αξιοποίησης της τεχνολογίας V2G, λόγω της κοινώς διαθέσιμης ισχύος εισόδου και της συμβατότητας με εφαρμογές που επιτρέπουν στους χρήστες να ελέγχουν τη φόρτιση (Εικόνα 10).

Το επίπεδο εναλλασσόμενου ρεύματος 2 θα επηρεάσει σημαντικά την αποδοχή της τεχνολογίας V2G, επειδή τα οχήματα αναμένεται να συνδέονται στο ηλεκτρικό δίκτυο για σχετικά μεγάλες χρονικές περιόδους, είτε στο χώρο εργασίας του εργοδότη, σε δημόσιο χώρο ή στο σπίτι. Η ικανότητα μεταφοράς ισχύος από αυτές τις συνδέσεις προσφέρει σημαντικό λειτουργικό όφελος για τις υπηρεσίες υποστήριξης εγκαταστάσεων ή δικτύου. Η προγραμματισμένη ευρεία ανάπτυξη του διαθέσιμου στο κοινό EVSE εναλλασσόμενου ρεύματος επιπέδου 2 για την ενθάρρυνση της υιοθέτησης του PEV θα συμβάλει επίσης στη χωρητικότητα φορτίου της συνδεδεμένης πηγής του οχήματος (Yilmaz et al., 2012a).



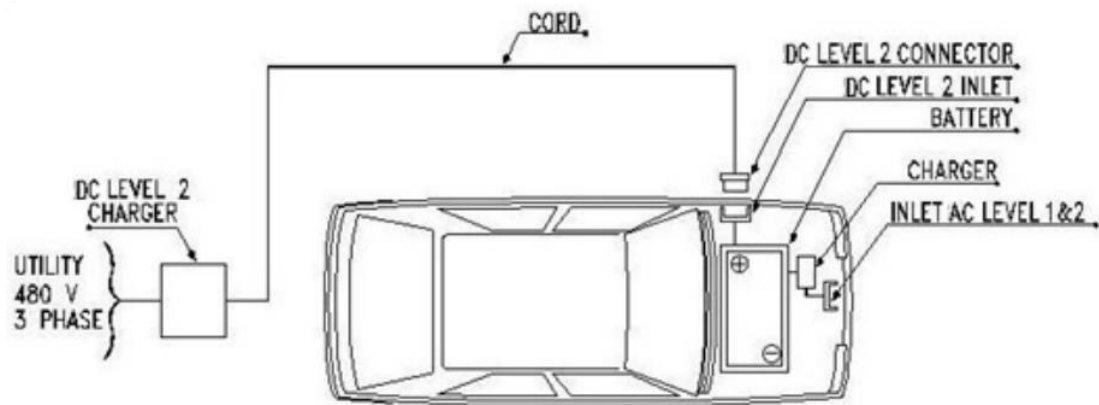
Εικόνα 10. Δημόσιος σταθμός φόρτισης εναλλασσόμενου ρεύματος επιπέδου 2 (Πηγή: Briones et al., 2012).

2.4.3 Φόρτιση συνεχούς ρεύματος

Η φόρτιση επιπέδου 2 DC, ή η γρήγορη φόρτιση DC, χρησιμοποιείται σε εμπορικές και δημόσιες εφαρμογές και προορίζεται να λειτουργεί με τρόπο παρόμοιο με ένα επαγγελματικό πρατήριο βενζίνης, καθώς η πρόσθετη εμβέλεια αποκαθίσταται γρήγορα στο όχημα. Συνήθως, η γρήγορη φόρτιση DC θα μπορούσε να προσφέρει επαναφόρτιση 80% σε 30 λεπτά για PEV εμβέλειας 85 έως 100 μιλίων (περίπου χωρητικότητα 24 kWh) που είναι παρόμοια με το LEAF (Nissan 2011). Η γρήγορη φόρτιση DC χρησιμοποιεί συνήθως έναν φορτιστή εκτός πλοίου για την παροχή της μετατροπής AC σε DC.

Το ενσωματωμένο BMS του οχήματος ελέγχει τον φορτιστή εκτός οχήματος για να μεταφέρει συνεχές ρεύμα απευθείας στην μπαταρία. Ο φορτιστής εκτός πλακέτας εξυπηρετείται από ένα τριφασικό κύκλωμα στα 208, 240, 380, 480 ή 575 VAC. Οι περισσότεροι προμηθευτές εξοπλισμού συνεχούς ρεύματος επιπέδου 2 (DC Level 2) παρέχουν φόρτιση DC Level 2 με μέγιστη ισχύ 40 έως 60 kW, αν και η μέγιστη ισχύς εξόδου για τη φόρτιση DC Level 2 είναι 90 kW. Αυτή η μονάδα έχει εύρος τάσης

εξόδου από 200 έως 450 VDC και μέγιστο ρεύμα 200 A (Εικόνα 11).



Εικόνα 11. Σχηματική αναπαράσταση φόρτισης συνεχούς ρεύματος επιπέδου 2. Η είσοδος DC Level 2 μπορεί επίσης να βρίσκεται σε οποιαδήποτε από τις άλλες τρεις πλευρές του οχήματος και αυτή είναι μια απόφαση σχεδιασμού (Πηγή: Briones et al., 2012).

Είναι πιθανό ένας κατασκευαστής οχήματος να επιλέξει να μην ενσωματώσει ενσωματωμένο φορτιστή για φόρτιση εναλλασσόμενου ρεύματος, αλλά να χρησιμοποιήσει έναν φορτιστή συνεχούς ρεύματος εκτός οχήματος για όλα τα επίπεδα ισχύος. Σε αυτήν την περίπτωση, το PEV θα έχει μόνο θύρα φόρτισης DC.

Καθώς οι μπαταρίες συνεχίζουν να αυξάνονται σε χωρητικότητα, αναμένεται ότι η ισχύς του φορτιστή DC θα αυξηθεί, έτσι, ώστε να επιτυγχάνονται σύντομοι χρόνοι επαναφόρτισης για αυτά τα οχήματα εκτεταμένης εμβέλειας ή μεγαλύτερης πληρότητας. Τα ηλεκτρικά λεωφορεία για χρήσεις σχολικής περιοχής και πόλης σχεδιάζονται, επίσης, για φόρτιση συνεχούς ρεύματος επιπέδου 2 και 3 (Εικόνες 12-14). Καθώς παράγονται μεγαλύτερα ηλεκτρικά οχήματα παράδοσης, είναι πιθανό η φόρτιση συνεχούς ρεύματος να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στις δραστηριότητες φόρτισής τους (Ponticel 2012).



Εικόνα 12. Ρευματολήπτης (βύσμα) συνεχούς ρεύματος επιπέδου 2 τύπου CHAdeMO (Πηγή: Briones et al., 2012).



Εικόνα 13. Φορτιστής συνεχούς ρεύματος επιπέδου 2 (Πηγή: Briones et al., 2012).



Εικόνα 14. Σύνθετος σύνδεσμος J1772 (Πηγή: Briones et al., 2012)

Υποστηρίζεται ότι η διαθεσιμότητα της υποδομής EVSE δημόσιας πρόσβασης φόρτισης επιπέδου 2 (τόσο AC όσο και DC) θα μειώσει σημαντικά τις δυσκολίες υιοθέτησης PEV. Η Παγκόσμια Ένωση Μηχανικών (Society of Automotive Engineers - SAE) αναπτύσσει το στάνταρ για φόρτιση επιπέδου 3 για AC και DC. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 1, η φόρτιση εναλλασσόμενου ρεύματος επιπέδου 3 περιλαμβάνει τριφασική ισχύ, ενώ η φόρτιση συνεχούς ρεύματος επιπέδου 3 έχει εύρος τάσης από 200 έως 600 VDC και μέγιστο ρεύμα 400 A, με μέγιστη ισχύ 240 kW (Leterde, 2009). Ομοίως, τα πρότυπα φόρτισης συνεχούς ρεύματος επιπέδου 1 εξακολουθούν να αναπτύσσονται, προσφέροντας σημαντική ικανότητα μεταφοράς ενέργειας (τα τρέχοντα προτεινόμενα επίπεδα είναι έως 19 kW) μέσω σχετικά μικρών ζεύξεων και παραδίδονται μέσω του ίδιου βύσματος που χρησιμοποιείται για το πρότυπο AC J1772 (Botsford 2009).

2.5 Το περιβάλλον του σταθμού φόρτισης

Η δυνατότητα φόρτισης ενός ηλεκτρικού οχήματος αποτελεί, προς το παρόν, αιτία άγχους για τους ιδιοκτήτες των ηλεκτρικών αυτοκινήτων (BEV). Αυτό το «άγχος εμπέλειας» για τον οδηγό ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου συμβάλλει στην απόφασή του για αγορά ενός αυτοκινήτου BEV, αφού η έλλειψη ικανοποιητικής υποδομής φόρτισης. Επιπρόσθετα, η απόφαση εγκατάστασης οικιακού σταθμού φόρτισης επηρεάζεται καταλυτικά από τον βαθμό ανάπτυξης των υποδομών αυτών. Γενικά, τα η ανάπτυξη των ηλεκτρικών αυτοκινήτων εξαρτάται άμεσα από την αντίστοιχη ανάπτυξη των υποστηρικτικών υποδομών φόρτισή τους, σε αντίθεση με τα υβριδικά αυτοκίνητα, τα οποία διασφαλίζουν την κίνησή τους μέσω των δύο πηγών κίνησης που διαθέτουν. Βέβαια, είναι πιθανό οι περισσότεροι οδηγοί των αυτοκινήτων που διαθέτουν και δεύτερη πηγή ενέργειας κίνησης εκτός της μπαταρίας, (PHEV - EREV) να επιθυμούν να χρησιμοποιήσουν την μπαταρία τους όσο το δυνατόν περισσότερο, προκειμένου να μειώσουν την κατανάλωση υγρού καυσίμου τόσο για οικονομικούς όσο και για περιβαλλοντικούς λόγους.

Η δημιουργία ενός ολοκληρωμένου συστήματος υποδομής φόρτισης θα προσφέρει στους οδηγούς των ηλεκτρικών αυτοκινήτων περισσότερες επιλογές επαναφόρτισης προορισμού, γεγονός που θα ενθαρρύνει την αύξηση των οδηγών ηλεκτρικών αυτοκινήτων, απομακρύνοντας το άγχος τους σχετικά με τους περιορισμούς της εμπέλειας (Mullen, 2009).

Υπάρχουν τέσσερις τοποθεσίες όπου οι ιδιοκτήτες οχημάτων πιθανότατα θα μπορούν να φορτίζουν τα οχήματά τους:

- Στην κατοικία τους ή στην κύρια θέση στάθμευσης διανυκτέρευσης
- Στον τόπο εργασίας τους
- Σε τοποθεσίες φόρτισης οχημάτων στόλου και
- Σε εμπορικούς σταθμούς.

2.5.1 Φόρτιση κατοικίας

Οι περισσότερες οικιακές χρεώσεις αναμένεται να πραγματοποιηθούν μέσω της φόρτισης εναλλασσόμενου ρεύματος (AC) επιπέδου 2, λόγω της διαθεσιμότητας AC επίπεδου 2 από το δίκτυο στην κατοικία, καθώς και των πολύ μικρότερων χρόνων φόρτισης σε σύγκριση με τη φόρτιση εναλλασσόμενου ρεύματος επιπέδου 1.

Οι προμηθευτές εξοπλισμού ηλεκτρικών οχημάτων (EVSE) φόρτισης εναλλασσόμενου ρεύματος επιπέδου 2, παρέχουν μια ποικιλία χαρακτηριστικών, από πολύ βασικά έως προηγμένα. Ως εκ τούτου, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά που παρέχονται, κάποια μορφή αυτού του εξοπλισμού θα είναι εντός των οικονομικών δυνατοτήτων των περισσότερων αγοραστών PEV. Ορισμένες από αυτές τις προαιρετικές λειτουργίες περιλαμβάνουν μονάδες επικοινωνίας, μετρητές βαθμού εσόδων και λειτουργικότητα οθόνης αφής. Μελλοντικές επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας που συνειδητοποιούν το όφελος των προηγμένων ελεγχόμενων EVSE για την ενεργοποίηση/επέκταση των προγραμμάτων τους ανταπόκρισης ζήτησης (πρόκειται για προγράμματα που αναφέρονται στην εξισορρόπηση της ζήτησης στα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας, ενθαρρύνοντας τους πελάτες να μετατοπίσουν τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας σε περιόδους όπου η ηλεκτρική ενέργεια είναι πιο άφθονη ή άλλη ζήτηση είναι χαμηλότερη, συνήθως μέσω τιμών ή νομισματικών κινήτρων. μπορεί να προσφέρει επιδοτήσεις για εκείνους τους ιδιοκτήτες σπιτιού που θα εξετάσουν το ενδεχόμενο να συμμετάσχουν σε αυτά τα προγράμματα (Sovacool et al., 2020).

Ενώ η φόρτιση AC Επιπέδου 1 απαιτεί πολύ μεγαλύτερους χρόνους επαναφόρτισης λόγω της χαμηλότερης παροχής ισχύος, υφίσταται ο ισχυρισμός ότι μπορεί να διαπιστωθεί ότι η απαίτηση και η χρήση της αυτονομίας του οχήματος είναι αρκετά χαμηλή, ώστε ο διαθέσιμος χρόνος επαναφόρτισης (όπως κατά τη διάρκεια της νύχτας) να είναι επαρκής για την αποκατάσταση της χωρητικότητας της μπαταρίας (Tan et al., 2016).

Γενικά, πιστεύεται ότι ο ιδιοκτήτης ενός οχήματος PEV θα πραγματοποιήσει το μεγαλύτερο μέρος της φόρτισης στην κατοικία του, εάν υπάρχει εγκατεστημένη υποδομή. Κατά τη φόρτισή του, το όχημα PEV είναι σταθμευμένο για σημαντικό χρονικό διάστημα και οι χρεώσεις κοινής ωφέλειας μπορεί να είναι χαμηλότερες κατά τις βραδινές ώρες εκτός αιχμής και τις πρώτες πρωινές ώρες, καθώς και κατά τις περιόδους του Σαββατοκύριακου. Στην πραγματικότητα, πολλές επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας σχεδιάζουν ή εφαρμόζουν ειδικές χρεώσεις μόνο για ηλεκτρικά οχήματα, προκειμένου να ενθαρρύνουν τη φόρτιση PEV σε αυτές τις ώρες εκτός αιχμής. Πολλές εταιρείες ηλεκτρισμού εφαρμόζουν προηγμένη υποδομή μέτρησης (Advanced Metering Infrastructure - AMI). Πρόκειται για σύστημα εξαρτημάτων και δικτύων επικοινωνίας που επιτρέπουν τη μέτρηση και ανάλυση της χρήσης ενέργειας και των

επιπέδων ζήτησης ενέργειας. Η AMI παρέχει, επίσης, ένα μέσο ενημέρωσης των καταναλωτών, σχετικά με τη χρήση και τα πρότυπα ενέργειας, καθώς και τη λήψη μέτρων για τη μείωση του ηλεκτρικού φορτίου ως απόκριση στα σήματα κοινής ωφέλειας. Η ενημέρωση των καταναλωτών για τη χρήση της ενέργειας, παρέχει την ευκαιρία να αλλάξουν συμπεριφορά ή να συνδράμουν την εταιρεία κοινής ωφέλειας στην προσπάθειά της να μειώσει τη ζήτηση κατά τις περιόδους αιχμής. Ορισμένες μορφές AMI περιλαμβάνουν ένα δίκτυο οικιακής περιοχής, που μπορεί να περιλαμβάνει οικιακά στοιχεία που μπορούν να ελέγχονται εξ αποστάσεως. Τα οικιακά ηλεκτρικά φορτία που ενδιαφέρουν μπορεί να περιλαμβάνουν τον ηλεκτρικό θερμοσίφωνα, τα συστήματα κλιματισμού, τον προγραμματιζόμενο ελεγχόμενο θερμοστάτη και τον εξοπλισμό φόρτισης του ηλεκτρικού αυτοκινήτου (EVSE). Όταν το EVSE είναι συνδεδεμένο και επικοινωνεί με το οικιακό δίκτυο και το βοηθητικό πρόγραμμα μέσω AMI, οι ενέργειες απόκρισης ζήτησης (Demand Response – DR) από το βοηθητικό πρόγραμμα είναι δυνατές, περιορίζοντας την κατανάλωση ισχύος αυτών των συνδεδεμένων φορτίων. Το δίκτυο AMI αποτελεί μια ασφαλή διαδρομή που ελέγχεται από το βοηθητικό πρόγραμμα για αμφίδρομες επικοινωνίες (Han & Acqual, 2021).

Οι ιδιοκτήτες αυτοκινήτων PEV μπορούν επίσης να διαθέτουν οικιακά φωτοβολταϊκά συστήματα. Αυτά τα ηλιακά πάνελ είναι, συνήθως, τοποθετημένα στην οροφή, μετατρέποντας ενέργεια από συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο ρεύμα μέσω ενός μετατροπέα συνδεδεμένου με το δίκτυο και παρέχοντας ζήτηση ισχύος για τις ανάγκες του κτιρίου με οποιαδήποτε πλεονάζουσα ισχύ ρέει μέσω ενός αναστρέψιμου μετρητή δικτύου, πίσω στο σύστημα διανομής.

Οι εφαρμογές V2H (Vehicle to Home) μελετώνται επί του παρόντος για χρήση κατά τη διάρκεια διακοπής ρεύματος σε κατοικίες ή όταν οι τιμές της αγοράς είναι επαρκώς αυξημένες σε περιόδους αιχμής. Η μπαταρία PEV (plug-in electric vehicle) μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συσκευή αποθήκευσης και θα διατίθεται στο σπίτι για εφεδρική τροφοδοσία. Το V2H μπορεί να θεωρηθεί ως ένα προκαταρκτικό βήμα για το V2G, επειδή μόνο το σπίτι λαμβάνει την ισχύ και ο εξοπλισμός φόρτισης παραμένει απομονωμένος από το ηλεκτρικό δίκτυο, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του IEEE 1547 για διασύνδεση κατανεμημένης παραγωγής (Distributed Generation – DG).

Οι ηλεκτρικές επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας που παρέχουν ειδικές χαμηλού κόστους χρεώσεις φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων ενδέχεται, επίσης, να απαιτούν ξεχωριστό μετρητή για την παρακολούθηση της συγκεκριμένης ηλεκτρικής χρήσης. Ορισμένοι προμηθευτές εξοπλισμού φόρτισης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, όπως η ECOtality και η Coulomb Technologies, παρέχουν έναν εσωτερικό μετρητή ενέργειας, ο οποίος έχει σχεδιαστεί για να παρέχει την ίδια λειτουργία. Αυτός ο μετρητής θα μπορούσε να επιτρέψει στο βοηθητικό πρόγραμμα να διαχωρίσει τη χρήση ηλεκτρικού οχήματος από την υπόλοιπη κατοικία για λόγους φόρτισης.

Η φόρτιση DC Επιπέδου 1 (όταν είναι διαθέσιμο) προσθέτει σημαντική ποσότητα φορτίου για όλα, εκτός από τα μεγαλύτερα πάνελ υπηρεσιών οικιακής χρήσης (δηλαδή, 600 A), ενώ η φόρτιση DC Επιπέδου 2 είναι εντελώς ανέφικτη για μονοκατοικίες, εκτός εάν ο ιδιοκτήτης του σπιτιού είναι διατεθειμένος να επενδύσει ένα σημαντικό ποσό στην αναβάθμιση του μικροδικτύου κοινής ωφέλειας.

Ενώ η προσωπική κατοικία μπορεί να είναι η πιο κοινή τοποθεσία για λειτουργίες V2G, τα ηλεκτρικά συστήματα των προσωπικών κατοικιών δεν είναι τυποποιημένα. Κάθε σπίτι θα απαιτούσε ηλεκτρολογικό έλεγχο και αξιολόγηση για την εφαρμογή V2G.

2.5.2 Φόρτιση στο χώρο εργασίας

Υπάρχουν διαφορετικές απόψεις σχετικά με τη σημασία της φόρτισης στο χώρο εργασίας στις εγκαταστάσεις ενός εργοδότη ως μέρος μιας συνολικής στρατηγικής φόρτισης ενός ηλεκτρικού οχήματος και επαναφόρτισης εκτός της κατοικίας. Υπάρχουν προτάσεις που υποστηρίζουν ότι η φόρτιση των εργοδοτικών εγκαταστάσεων θα είναι σχεδόν εξίσου σημαντική με την οικιακή φόρτιση. Άλλες προτάσεις υποστηρίζουν ότι η φόρτιση στο χώρο εργασίας θα έχει σημαντικά μικρότερο αντίκτυπο από τη δημόσια διαθέσιμη φόρτιση. Οι διαφορές σχετίζονται με το εάν θα υπάρχει ή όχι μια βιώσιμη επιχειρηματική περίπτωση για τη δυνατότητα δημόσιας διαθέσιμης φόρτισης σε τυπικούς εμπορικούς προορισμούς και εάν ο εργοδότης μπορεί να ξεπεράσει πολλά από τα εμπόδια που σχετίζονται με τη φόρτιση στο χώρο εργασίας (Beck et al., 2009).

Τα κίνητρα για τους εργοδότες ή τους εμπορικούς επενδυτές να παρέχουν φόρτιση περιλαμβάνουν ενίσχυση της προσπάθειας μιας εταιρείας να λάβει την πιστοποίηση Ηγέτη στην Ενέργεια και στον Περιβαλλοντικό Σχεδιασμό, παρέχοντας σημαντικές ανέσεις για τους εργαζόμενους/πελάτες, οι οποίες ενισχύουν την αφοσίωσή τους,

ενίσχυση των κινήτρων στην προσπάθεια επίτευξης των στόχων μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, καθώς και τη δυνατότητα για έσοδα από διαφημίσεις.

Το κόστος που σχετίζεται με τα συστήματα V2G και ειδικά τα V2B θα μπορούσε, επίσης, να είναι αρκετά σημαντικό. Οι δυσκολίες για τους εμπορικούς επενδυτές περιλαμβάνουν την επιβάρυνση σημαντικού πρόσθετου φορτίου και αντίστοιχων χρεώσεων ζήτησης από τον πάροχο ενέργειας στις εγκαταστάσεις τους και απώλεια γενικών χώρων στάθμευσης μόνο για ηλεκτρικά οχήματα, καθώς και χώρων στάθμευσης ΑμεΑ.

Πολλοί από αυτούς τους σταθμούς θα μπορούσαν να συνδυαστούν με ηλιακούς θόλους ή παρακείμενες συστοιχίες φωτοβολταϊκών, καθώς και συστήματα αποθήκευσης μπαταριών μεγάλου μεγέθους, συνδεδεμένα με το δίκτυο, για να επιτρέπουν τη βέλτιστη διαχείριση φορτίου μεταξύ της εγκατάστασης και πολλαπλών δικτυωμένων οχημάτων. Τα οχήματα που προσέρχονται στο χώρο εργασίας θα συνδέονται συνήθως νωρίς και θα φορτίζονται πλήρως πριν φτάσουν οι ώρες αιχμής της ζήτησης στην περιοχή. Οι ώρες αιχμής για την ηλιακή παραγωγή και για τη διαθεσιμότητα PEV συμπίπτουν, γενικά, με τη λειτουργία της επιχείρησης (δηλαδή με το απαιτούμενο φορτίο της εγκατάστασης). Επομένως, αυτά τα οχήματα θα μπορούσαν να προσφέρουν μια σημαντικά φθηνότερη λύση για την ικανοποίηση των αναγκών αιχμής της ζήτησης. Αυτή η μορφή συγκέντρωσης αποθήκευσης μπορεί, επίσης, να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας για ένα κτίριο γραφείων στην προσπάθεια μείωσης του κόστους για τις ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου ή για την παροχή κρίσιμης εφεδρικής ισχύος για επιχειρηματικές λειτουργίες υψηλής διαθεσιμότητας, όπως κέντρα δεδομένων (Han & Acquah, 2021).

Από την άλλη πλευρά, το κλείσιμο των εργασιών κάθε μέρα συμπίπτει με τις ώρες αιχμής ζήτησης. Έτσι, οι μπαταρίες που μπορεί να έχουν εξαντληθεί κατά τη διάρκεια της αιχμής, μπορεί να μην είναι σε θέση να επαναφορτίσουν ή να κλιματίσουν την καμπίνα του οχήματος κατά το ταξίδι προς το σπίτι.

Η απαίτηση αξιολόγησης των παροχών που προσφέρονται στους εργαζομένους, έναντι της επιθυμίας να αποφευχθεί η παροχή δωρεάν φόρτισης θα απαιτήσει, πιθανώς, η φόρτιση να πραγματοποιείται αναλογικά με το ποσό αμοιβής στην εργασία, γεγονός

που, όπως εκτιμάται, θα περιορίσει την πρόσβαση σε όσους χρειάζονται πραγματικά τη φόρτιση. Η προσφορά και η ζήτηση θα περιορίσουν τον αριθμό των σταθμών εξοπλισμού φόρτισης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, τους οποίους θα εγκαταστήσει ο εργοδότης.

Εάν τα συστήματα V2G αναπτυχθούν και ο αριθμός των εργαζομένων που είναι ιδιοκτήτες αυτοκινήτων PEV αυξηθεί σε επίπεδο που μπορεί να επιτευχθεί σημαντικό συνδεδεμένο φορτίο, είναι πολύ πιθανό οι εργοδότες να επιλέξουν την παροχή φόρτισης στο χώρο εργασίας, προκειμένου να διεκδικήσουν το πιθανό όφελος που παρέχει στον εργοδότη η διαχείριση του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και η επίτευξη ροών πληρωμών στην αγορά χονδρικής για την προσφορά σε υπηρεσίες του ηλεκτρικού δικτύου (Sovacool et al., 2020).

2.5.3 Φόρτιση στόλου

Η φόρτιση στόλου είναι παρόμοια με το κόστος για τη στάθμευση στις εγκαταστάσεις του εργοδότη, καθώς αυτή πραγματοποιείται στο περιβάλλον εργασίας. Ωστόσο, οι σταθμοί φόρτισης που χρησιμοποιούνται στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι για τα PEV που ανήκουν στην εταιρεία και θεωρούνται υποστηρικτικά συστήματα που επιτρέπουν τις επιχειρηματικές τους διαδικασίες. Δεν είναι πιθανό ότι ένας ιδιοκτήτης στόλου θα άφηνε σημαντική ποσότητα οχημάτων στόλου συνδεδεμένα κατά τη διάρκεια της εργάσιμης ημέρας, η οποία συνήθως συμπίπτει με τους ημερήσιους χρόνους αιχμής ζήτησης (Yilmaz et al., 2012a). Από την άλλη πλευρά, είναι πολύ πιθανό αυτά τα σταθμευμένα οχήματα να είναι διαθέσιμα για υπηρεσίες V2G τις μη εργάσιμες ώρες. Είναι, επίσης, πιθανό ότι ένας διαχειριστής στόλου θα μπορεί να επαναφορτίσει περισσότερα από ένα οχήματα σε έναν φορτιστή (Federal Highway Administration, 2017). Επομένως, η αναμενόμενη διαθεσιμότητα του συνδεδεμένου φορτίου είναι μικρότερη για τα οχήματα του στόλου κατά τις ώρες αιχμής, αλλά είναι πλήρως διαθέσιμη σε ώρες εκτός αιχμής. Φυσικά, αυτό ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό, με βάση την υποκείμενη φύση και την ευελιξία των βασικών επιχειρηματικών λειτουργιών. Ίσως μπορεί να δημιουργηθεί μια επιχειρηματική περίπτωση όπου τα προηγούμενα οφέλη του V2G είναι αρκετά υψηλά ώστε να εξετάζεται η μεταφορά της επιχειρηματικής λειτουργίας σε χρόνους ζήτησης εκτός αιχμής, εάν είναι δυνατόν. Οι στόλοι ηλεκτρικών σχολικών λεωφορείων ενδέχεται να παρέχουν σημαντική

διαθεσιμότητα αποθηκευμένης ενέργειας που μπορεί να τροφοδοτηθεί γρήγορα στο δίκτυο σε περιόδους εκτός υπηρεσίας. Για τα λεωφορεία αυτά, με δεδομένο ότι διαθέτουν μεγάλες μπαταρίες, ότι συνήθως λειτουργούν σε γνωστές διαδρομές κατά τη διάρκεια της εβδομάδας και ότι σταθμεύουν για, επίσης, γνωστές χρονικές περιόδους τη νύχτα και τα Σαββατοκύριακα, το δυναμικό που μπορούν να προσφέρουν στο ηλεκτρικό δίκτυο λειτουργώντας ως V2G είναι μεγάλο (Ustrun et al., 2013).

2.5.4 Εμπορική φόρτιση

Προς το παρόν γίνεται προσπάθεια παρακίνησης του εμπορικού τομέα για την εγκατάσταση σταθμών φόρτισης, αν και η προσπάθεια βρίσκεται μόλις στα αρχικά στάδια. Το είδος των επιχειρήσεων που θα εγκαταστήσουν σταθμούς φόρτισης θα ποικίλλει αρκετά και η ποικιλία των εγκατεστημένων εξοπλισμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων (EVSE) θα διαφοροποιείται. Ιδανικά, οι σταθμοί εναλλασσόμενου ρεύματος επιπέδου 2 θα εγκατασταθούν σε τοποθεσίες όπου οι χρήστες PEV θα παραμείνουν αρκετό καιρό, ώστε να επιτρέπουν στα οχήματά τους να ολοκληρώσουν ένα σημαντικό μέρος της φόρτισης. Αυτοί οι χώροι μπορεί να περιλαμβάνουν εστιατόρια, θέατρα, εμπορικά κέντρα, γιατρό/δικηγόρο/οδοντιατρεία κ.λπ. Ωστόσο, υπάρχουν τοποθεσίες, όπως εγκαταστάσεις στάθμευσης αεροδρομίου, που μπορεί να είναι πιο κατάλληλες για την εγκατάσταση εξοπλισμού φόρτισης εναλλασσόμενου ρεύματος επιπέδου 1 για διάφορους λόγους. Ο ένας είναι το σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα που σταθμεύουν τα οχήματα ενώ οι ταξιδιώτες είναι σε ταξίδια και ο άλλος λόγος είναι ο μεγάλος αριθμός μεμονωμένων θέσεων στάθμευσης που μπορεί να απαιτούν σημαντικό αριθμό EVSE (Turitsyn, 2010). Το σχετικά χαμηλότερο κόστος εγκατάστασης AC Επιπέδου 1 μπορεί να κάνει τέτοιες μακροπρόθεσμες εγκαταστάσεις στάθμευσης ενδιαφέροντες για τους υποψηφίους αγοραστές ενός EVSE AC Επιπέδου 1. Ωστόσο, οι χώροι βραχυπρόθεσμης στάθμευσης στα αεροδρόμια μπορεί να απαιτούν EVSE AC Επίπεδο 2, ενώ, επίσης, μπορεί και να υπάρχει ανάγκη για γρήγορη φόρτιση συνεχούς ρεύματος (DC) για εκείνους τους οδηγούς PEV που αποβιβάζουν επιβάτες και στη συνέχεια συνεχίζουν αμέσως προς άλλους προορισμούς (Smart et al. 2010). Ένα αεροδρόμιο είναι ένα εξαιρετικό παράδειγμα ότι συνήθως δεν υφίσταται μία μόνο λύση φόρτισης για όλους ή ακόμη και μία τοποθεσία (Han & Acquah, 2021).

Ο Πίνακας 3 παρέχει πληροφορίες για πολλά διαφορετικά ηλεκτρικά οχήματα εντός δρόμου, ταχύτητας σε αυτοκινητόδρομο, τα μεγέθη των μπαταριών τους και τους

χρόνους φόρτισης σε διαφορετικά επίπεδα ισχύος για την αναπλήρωση μιας εξαντλημένης μπαταρίας (Han & Acquah, 2021).

Πίνακας 3. Χρόνοι φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος με πρίζα (Πηγή: Briones et al., 2012)

Electric Vehicle Configuration	Useable Battery Size (kWh)	AC Level 1 120 VAC, 16 A, 1.6 kW	AC Level 2 240 VAC, 32 A, 6.5 kW	DC Level 2 480 VAC, 85 A, 60 kW
PHEV-10	4	2 h 30 m	35 m	4 m
PHEV-20	7	4 h 22 m	1 h 5 m	7 m
PHEV-40	13	8 h 8 m	2 h	13 m
BEV	20	12 h 30 m	3 h 5 m	20 m
BEV	35	21 h 53 m	5 h 23 m	35 m
PHEV Bus	50	31 h 15 m	7 h 41 m	50 m

NOTE: Power delivered to battery was calculated as follows:
AC Level 1 – $120\text{ VAC} \times 16\text{ A} \times .85\text{ efficiency} = 1.6\text{ kW}$
AC Level 2 – $240\text{ VAC} \times 32\text{ A} \times .85\text{ efficiency} = 6.5\text{ kW}$
DC Level 2 – $480\text{ VAC} \times \sqrt{3} \times 85\text{ A} \times .85\text{ efficiency} = 60\text{ kW}$

2.6 Φυσική σύνδεση με το Δίκτυο

Ενώ η ιδέα της χρήσης της αποθηκευμένης ενέργειας στο σύστημα φόρτισης ενέργειας (ESS) του οχήματος φαίνεται ξεκάθαρη, ο πραγματικός εξοπλισμός και οι υπηρεσίες για να πραγματοποιηθεί αυτό μπορεί να είναι περίπλοκες.

2.6.1 Εξοπλισμός

Ο απαιτούμενος εξοπλισμός θα περιλαμβάνει το EVSE, το οποίο περιγράφηκε αναλυτικά προηγουμένως, και άλλο απαραίτητο εξοπλισμό για την παροχή της αντίστροφης ροής ρεύματος. Το EVSE αποτελεί τη γέφυρα μεταξύ του PEV και της υπόλοιπης καλωδίωσης και ελέγχου του χώρου.

2.6.1.1 Νησιδοποίηση

Τα συστήματα που παρέχουν ισχύ για τη συμπλήρωση της ενέργειας κοινής ωφέλειας έχουν τη δυνατότητα να συνεχίσουν να παρέχουν ισχύ ακόμη και αν χαθεί η κύρια πηγή ενέργειας (δηλ. το δίκτυο κοινής ωφέλειας). Δηλαδή, εάν συμβεί διακοπή ρεύματος και ένα φωτοβολταϊκό σύστημα παρέχει ρεύμα σε ένα σπίτι, το σπίτι μπορεί να εξακολουθεί να τροφοδοτείται με ρεύμα, ενώ η γύρω περιοχή όχι. Αυτή η κατάσταση ονομάζεται νησιδοποίηση. Θα μπορούσε επίσης να συμβεί εάν ένα όχημα παρέχει ισχύ στο δίκτυο και χαθεί η ισχύς του τοπικού δικτύου κοινής ωφέλειας.

Η νησιδοποίηση μπορεί να είναι μια επικίνδυνη κατάσταση, επειδή οι εργαζόμενοι σε επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας θα πιστεύουν ότι το τοπικό δίκτυο έχει απενεργοποιηθεί,

αλλά μπορεί να μην γνωρίζουν ότι το σπίτι ή η επιχείρηση (που λειτουργεί τώρα ως νησίδα ενέργειας) παραμένει ενεργοποιημένο.

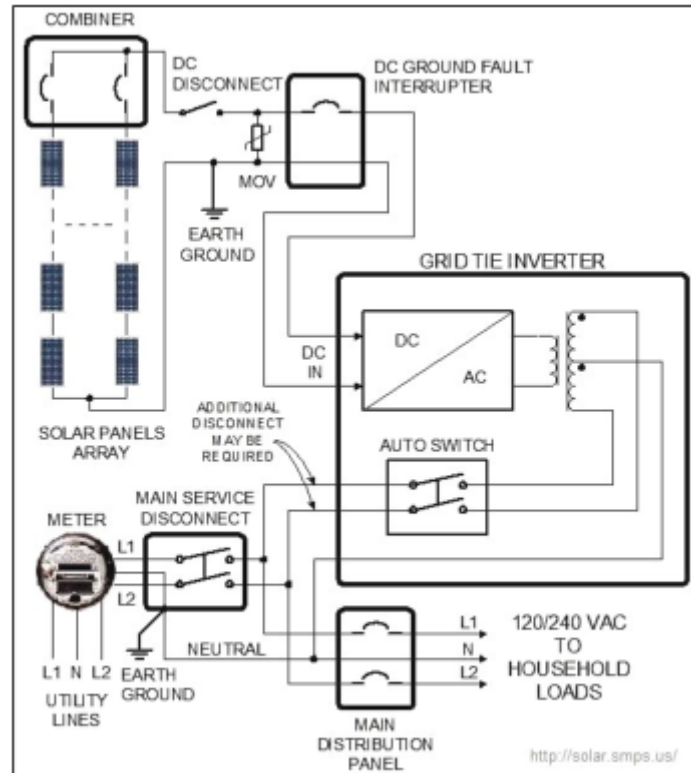
Η σκόπιμη νησιδοποίηση μπορεί να σχεδιαστεί για φωτοβολταϊκά συστήματα ή εφεδρικές γεννήτριες που απαιτείται η συνέχιση της λειτουργίας σε κρίσιμο εξοπλισμό εάν χαθεί η ισχύς του τοπικού δικτύου. Η σκόπιμη νησιδοποίηση μπορεί να σχεδιαστεί για μεγάλα φωτοβολταϊκά συστήματα που θα συνεχίσουν να τροφοδοτούν ένα σπίτι ή μια επιχείρηση, καθώς και για μελλοντικούς σχεδιασμούς V2H ή V2B.

Σε περίπτωση που επιτρέπεται η νησιδοποίηση και περιλαμβάνονται κατάλληλα συστήματα ασφαλείας, επιπλέον κίνδυνος μπορεί να αναπτυχθεί όταν είναι επιθυμητή η επανασύνδεση της νησίδας ενέργειας στο δίκτυο. Το δίκτυο κοινής ωφέλειας λειτουργεί τριφασικό εναλλασσόμενο ρεύμα. Η τροφοδοσία εναλλασσόμενου ρεύματος νησίδας πρέπει να συγχρονιστεί με το δίκτυο έτσι ώστε και οι τρεις φάσεις να είναι συγχρονισμένες πριν κλείσετε τους διακόπτες σύνδεσης. Η αποτυχία του κατάλληλου συγχρονισμού των δύο συστημάτων μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική ζημιά στον εξοπλισμό, πυρκαγιά και προσωπικό τραυματισμό.

2.6.1.2 Φωτοβολταϊκά συστήματα

Τα συστήματα V2G μπορούν να αξιοποιήσουν τα διδάγματα που αντλήθηκαν από τα συστήματα ηλιακών συλλεκτών που παρέχουν ενέργεια στο σπίτι, την επιχείρηση και το δίκτυο. Οι Εικόνες 15 και 16 δείχνουν μια τυπική ηλεκτρική σύνδεση του Φ/Β συστήματος.

Οι συστοιχίες ηλιακών συλλεκτών παράγουν ισχύ και παρέχουν DC στον μετατροπέα σύνδεσης δικτύου.



Εικόνα 15. Τυπικό διάγραμμα ηλιακής διασύνδεσης (Πηγή: Briones et al., 2012)

Η Εικόνα 16 δείχνει μια τυπική διάταξη διασύνδεσης (Sovacool et al., 2020).



Εικόνα 16. Τυπική ηλιακή διασύνδεση (Πηγή: Arizona Public Service Handbook for Photovoltaic Interconnection)

Σε ορισμένες περιπτώσεις (π.χ. σε συστήματα τροφοδοσίας απομακρυσμένων περιοχών), το Φ/Β σύστημα περιέχει επίσης μια τοπική μπαταρία αποθήκευσης. Η λειτουργία του συστήματος κατά τη διάρκεια της ημέρας παρέχει φόρτιση στην μπαταρία που μπορεί να αποφορτιστεί αργότερα τη νύχτα ή κατά τη διάρκεια συννεφιασμένων περιόδων όταν η έξοδος της ηλιακής συστοιχίας είναι μειωμένη.

Επί του παρόντος, αναπτύσσεται η ηλιακή υποβοηθούμενη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων που χρησιμοποιεί αυτόν τον εξοπλισμό, αν και κυρίως αυτό υλοποιείται σε έργα επίδειξης. Ορισμένες μονάδες περιέχουν μπαταρίες αποθήκευσης και άλλες όχι. Σε περίπτωση που η ηλιακή συστοιχία δεν έχει επαρκή χωρητικότητα εξόδου για να παρέχει εναλλασσόμενο ρεύμα στο σύστημα τροφοδοσίας για τη φόρτιση του PEV, το συνδεδεμένο δίκτυο κοινής ωφέλειας παρέχει την επιπλέον ενέργεια. Όταν κανένα PEV δεν παραμένει συνδεδεμένο, η ηλιακή συστοιχία παρέχει ισχύ στο δίκτυο. Στις περισσότερες περιπτώσεις, το σύστημα λειτουργεί σε κατάσταση «καθαρού μηδέν», όπου η ποσότητα ενέργειας που λαμβάνεται από το δίκτυο κατά τη φόρτιση του οχήματος αντισταθμίζεται από την ενέργεια που επιστρέφεται στο δίκτυο από την ηλιακή συστοιχία.

Με την μπαταρία αποθήκευσης συνδεδεμένη με ηλιακά συστήματα, υπάρχει μεγαλύτερη ευελιξία για τον οικοδεσπότη, το βοηθητικό πρόγραμμα και τον ιδιοκτήτη του αυτοκινήτου.

Ο συνδυασμός μπαταρίας/ηλιακή διασύνδεση μπορεί να λειτουργήσει για να αντισταθμίσει τις φορτίσεις ζήτησης που επιβάλλονται από την κοινή χρήση, μπορεί να ενεργοποιηθεί άμεση ισχύ από ανανεώσιμες πηγές σε πηγή PEV, ενώ μπορεί να παρέχει μέγιστη ισχύ στο βοηθητικό πρόγραμμα. Στο μέλλον, αυτές οι μπαταρίες ενδέχεται, επίσης, να κληθούν να παράσχουν βοηθητικές υπηρεσίες (όπως ρύθμιση συχνότητας και τάσης) υπό έλεγχο από ένα σήμα ISO.

2.7 Υποδομές Ηλεκτρικής Φόρτισης στο ελληνικό δίκτυο

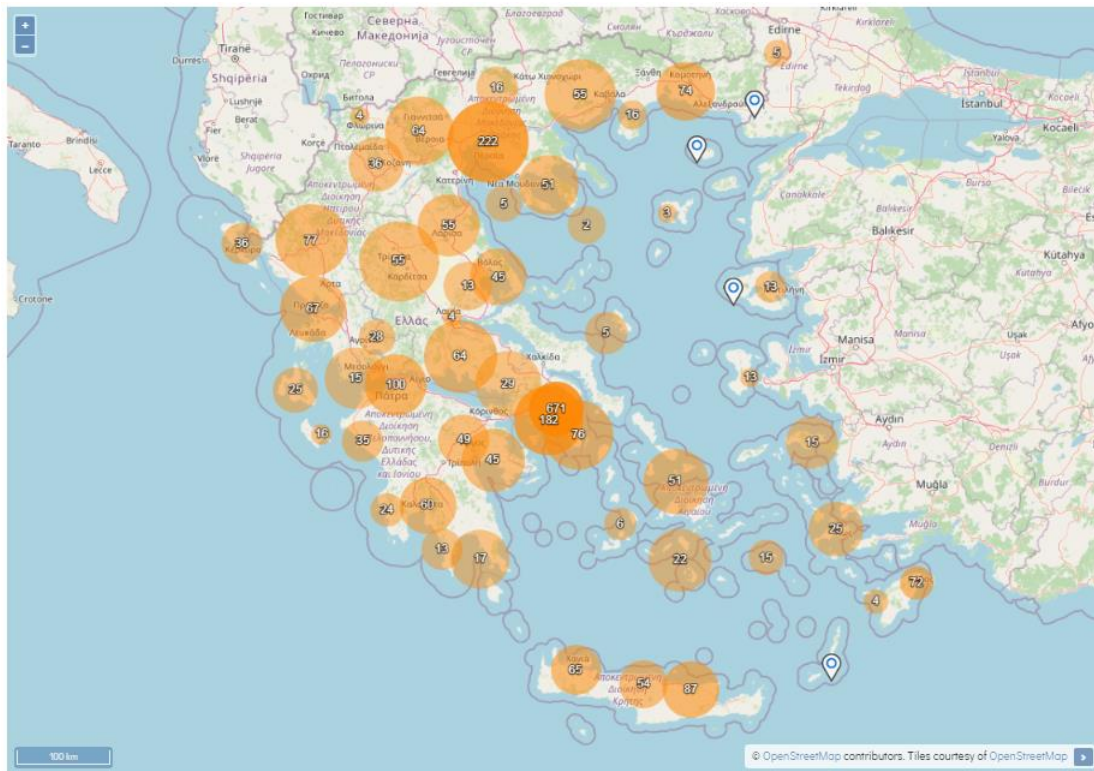
Η πλειονότητα των χωρών της ΕΕ διαθέτει κατώτερη ποσότητα σταθμούς φόρτισης (Charging Stations – CSs) και τα περισσότεροι από αυτούς είναι ανεπαρκείς όσον αφορά στην ταχύτητα φόρτισης, σύμφωνα με την ACEA (ACEA, 2022). Τα δεδομένα της ACEA καταδεικνύουν ότι έξι έθνη της ΕΕ διαθέτουν λιγότερο από έναν σταθμό

φόρτισης για κάθε 100 χιλιόμετρα δρόμου, 17 έθνη διαθέτουν λιγότερους από πέντε σταθμούς φόρτισης ανά 100 χιλιόμετρα δρόμου, με μόνο πέντε έθνη να έχουν περισσότερα από 10 σταθμούς φόρτισης ανά 100 χιλιόμετρα δρόμου. Η Ελλάδα βρίσκεται στην προτελευταία θέση, με διαθέσιμο μόνο έναν φορτιστή ανά 250 χιλιόμετρα.

Το δίκτυο σταθμών φόρτισης της Ελλάδας έχει περιγραφεί ως πολύ φτωχό σε διάφορες αναφορές και στη βιβλιογραφία. Πρόσφατα, η ελληνική κυβέρνηση κυκλοφόρησε μια νέα πλατφόρμα που παρέχει μια λίστα με όλους τους σταθμούς φόρτισης στην Ελλάδα. Αυτή η λίστα συνεχίζει να επεκτείνεται με την πάροδο του χρόνου και ο στόχος της κυβέρνησης είναι να κάνει αυτές τις πληροφορίες άμεσα διαθέσιμες.

Συνολικά αναφέρονται 368 σταθμοί φόρτισης σε αυτήν την πλατφόρμα, με 1500 διαθέσιμα βύσματα.

Η διαθεσιμότητα των σταθμών φόρτισης είναι ένα άλλο σημαντικό ζήτημα. Τα περισσότερα από τους σταθμούς φόρτισης βρίσκονται μέσα ή γύρω από την Αθήνα, την πρωτεύουσα της Ελλάδας. Τα υπόλοιπα είναι διάσπαρτα σε όλη την ελληνική ηπειρωτική χώρα. Με εξαίρεση την Κρήτη, το μεγαλύτερο νησί της Ελλάδας, τα άλλα νησιά έχουν μόνο λίγους σταθμούς φόρτισης. Στην Εικόνα 17 παρουσιάζεται η τρέχουσα καταγεγραμμένη υποδομή της Ελλάδας.



Εικόνα 17. Δημοσίως προσβάσιμα σημεία φόρτισης διασυνδεδεμένα με το Μητρώο Υποδομών και Φορέων Αγοράς Ηλεκτροκίνησης – Στοιχεία της 11/9/2024 (Μ.Υ.Φ.Α.Η, 2024)

Σημαντικό στοιχείο του υπάρχοντος δικτύου είναι η ταχύτητα φόρτισης των CS. Η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ) είναι ο κύριος προμηθευτής για τους περισσότερους σταθμούς. Παρέχουν είτε τριφασική φόρτιση εναλλασσόμενου ρεύματος 7 kW είτε γρήγορη φόρτιση συνεχούς ρεύματος 50 kW, με την τελευταία να είναι πιο σπάνια. Στο παρελθόν οι φορτιστές 7 kW ήταν επαρκείς, σε σύγκριση με την επιτοίχια φόρτιση. Ωστόσο, ένας φορτιστής 7 kW δεν επαρκεί για οποιαδήποτε χρήση εκτός από τη νυχτερινή φόρτιση. Για παράδειγμα, ένας φορτιστής 7 kW χρειάζεται περίπου 9 ώρες για να φορτίσει πλήρως ένα Tesla Model 3 με χρησιμοποιήσιμη χωρητικότητα μπαταρίας 57,5 kWh, προσθέτοντας περίπου 41 km εμβέλειας ανά ώρα (EV Database, 2021).

Αντίθετα, ένας φορτιστής DC 50 kW θα φορτίσει πλήρως την ίδια μπαταρία σε λιγότερο από μία ώρα. Στη συνέχεια, η ταχύτητα φόρτισης δεν πρέπει να παραβλέπεται κατά τον σχεδιασμό για μελλοντική ανάπτυξη υποδομών. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ΔΕΗ έχει εγκαταστήσει λίγους φορτιστές ταχείας φόρτισης, που κυμαίνονται από 150 kW έως 300 kW, αλλά είναι λίγοι. Ενώ το κόστος εγκατάστασης ενός γρήγορου φορτιστή είναι υψηλότερο, θα χρειαστούν λιγότερα από αυτά για έναν δεδομένο

αριθμό οχημάτων, καθώς τα χρησιμοποιούν για μικρότερο χρονικό διάστημα. Ωστόσο, οι πιο αργοί φορτιστές μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά από ηλεκτρικά ποδήλατα.

Οι σταθμοί γρήγορης φόρτισης είναι σπάνιοι σε όλη την Ευρώπη, με μόλις έναν στους επτά σταθμούς φόρτισης να διαθέτει χωρητικότητα άνω των 22 kW (ACEA, 2022). Η ACEA έχει προτείνει σημαντική αύξηση του αριθμού των σταθμών φόρτισης για την επίτευξη των στόχων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και την ενθάρρυνση των ατόμων να στραφούν σε ηλεκτρικά οχήματα. Η ταχύτητα φόρτισης δεν είναι ανησυχητικός παράγοντας μόνο όσον αφορά στην ευκολία. Η γρήγορη φόρτιση είναι μια αναγκαιότητα, καθώς ένας μεγάλος αριθμός σταθμών βρίσκονται σε χώρους στάθμευσης σούπερ μάρκετ, οι οποίοι μετακινούνται όλο και περισσότερο έξω από τα κέντρα των πόλεων. Ο αργός ρυθμός φόρτισης αυτών των σταθμών μπορεί να περιορίσει τη χρηστικότητά τους για οδηγούς που απαιτούν επιλογή ταχείας φόρτισης. Αυτό μπορεί να επηρεάσει ιδιαίτερα τους οδηγούς που έχουν μεγάλες μετακινήσεις ή πρέπει να διανύσουν μεγάλες αποστάσεις και δεν έχουν πρόσβαση σε χρέωση για το σπίτι ή την εργασία τους κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Καθώς οι περισσότεροι σταθμοί τροφοδοτούνται από τη ΔΕΗ, το κόστος φόρτισης είναι το ίδιο σε όλη τη χώρα, σε 0,45 €/kWh για φόρτιση AC και 0,65€/kWh για φόρτιση DC.

Ένα μέρος της υποδομής που συνδέεται εγγενώς με τα EV είναι η υποδομή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα έχουν αναδειχθεί ως μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση στα παραδοσιακά οχήματα που κινούνται με ορυκτά καύσιμα, λόγω των δυνατοτήτων τους να μειώνουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και να καταπολεμούν την κλιματική αλλαγή. Ωστόσο, τα περιβαλλοντικά οφέλη των ηλεκτρικών οχημάτων εξαρτώνται από την πηγή της ηλεκτρικής τους ενέργειας. Εάν τα EV τροφοδοτούνται από ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από μη ανανεώσιμες πηγές, όπως σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής με καύση άνθρακα, οι περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις ενδέχεται να μην είναι σημαντικά διαφορετικές από αυτές των βενζινοκίνητων οχημάτων. Ως εκ τούτου, η EVS πρέπει να τροφοδοτείται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), όπως η αιολική, η ηλιακή και η υδροηλεκτρική ενέργεια, για να μεγιστοποιήσουν τις δυνατότητές τους ως βιώσιμες και χαμηλών εκπομπών άνθρακα λύση μεταφοράς.

Χρησιμοποιώντας ΑΠΕ για την τροφοδοσία ηλεκτρικών οχημάτων, μπορούμε να μειώσουμε το αποτύπωμα άνθρακα των μεταφορών και να μετριάσουμε τις αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Επιπλέον, η χρήση ΑΠΕ για την τροφοδοσία ηλεκτρικών οχημάτων μπορεί επίσης να προωθήσει την ενεργειακή ανεξαρτησία, καθώς μειώνει την εξάρτηση από τα εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα και ενισχύει την εγχώρια ενεργειακή ασφάλεια. Ενώ εξακολουθούν να υπάρχουν προκλήσεις που σχετίζονται με την υιοθέτηση των ηλεκτρικών οχημάτων και την κλιμάκωση των ΑΠΕ, όπως η ανάπτυξη υποδομών και οι τεχνολογικοί περιορισμοί, η προτεραιότητα στην ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ηλεκτρικό δίκτυο είναι ένα ουσιαστικό βήμα προς ένα καθαρότερο και πιο βιώσιμο μέλλον.

Το ενεργειακό μείγμα της Ελλάδας έχει αλλάξει ουσιαστικά τα τελευταία πέντε χρόνια. Η χρήση του λιγνίτη έχει μειωθεί δραματικά, ενώ οι ΑΠΕ αυξάνονται από το 2011. Η μετάβαση από τον λιγνίτη έχει μειώσει σημαντικά τις εκπομπές CO₂ της Ελλάδας, που ήταν λιγότερο από 60 γιγατόνους το 2021, ενώ ήταν περισσότερες από 90 μια δεκαετία νωρίτερα. Ενώ προηγούμενες μελέτες τοποθετούσαν την Ελλάδα ως χώρα στην οποία τα ηλεκτρικά οχήματα δεν προσέφεραν κανένα περιβαλλοντικό όφελος (Cavallaro et al., 2018), η αλλαγή στις πηγές ενέργειας και οι χαμηλότερες εκπομπές καθιστούν σταθερά τη χρήση ηλεκτρικών οχημάτων πιο πράσινη επιλογή.

Κεφάλαιο 3ο – Διαμορφωτικοί παράγοντες ηλεκτροκίνησης στα ελληνικά νησιά

3.1 Ηλεκτροκίνηση – Η ελληνική πραγματικότητα

Η ελληνική κυβέρνηση θεωρεί την ηλεκτροκίνηση ως μια από τις κορυφαίες προτεραιότητες για την απαλλαγή από τις εκπομπές άνθρακα στον τομέα των μεταφορών, ιδιαίτερα στο Αιγαίο, όπου οι τουριστικές δραστηριότητες υποκινούν υψηλότερο αποτύπωμα άνθρακα από την ηπειρωτική χώρα. Η Ελλάδα στοχεύει ένα στα τρία νέα οχήματα να είναι ηλεκτρικά έως το 2030, παράλληλα με την εγκατάσταση 10.000 δημόσιων φορτιστών. Τα ηλεκτρικά οχήματα (EV) αντιπροσωπεύουν σήμερα περίπου 1.120, με 334 δημόσιους φορτιστές εγκατεστημένους με αυξητικές τάσεις (Zafeiratou & Spataru, 2022). Από αυτά, τα 31 βρίσκονται στην περιοχή «Ελληνικά Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά (ΜΔΝ)». Ταυτόχρονα, ο «Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής (ΔΕΔΔΗΕ)» έχει ανακοινώσει σχέδιο εγκατάστασης τουλάχιστον ενός ηλεκτρικού φορτιστή σε κάθε νησί με ζήτηση αιχμής μεγαλύτερη από 1 MW. Σε νησιά όπως η Κρήτη, ο αριθμός των φορτιστών θα φτάσει σύντομα τους 35, ενώ για τη Ρόδο και τα νησιά μεσαίου μεγέθους, στόχος είναι να φτάσουν τουλάχιστον δέκα φορτιστές ανά νησί μέχρι τις αρχές του 2023.

Ένα εμβληματικό έργο που προτείνει μετασχηματισμό της ηλεκτροκίνησης πραγματοποιείται στο νησί της Αστυπάλαιας στην Ελλάδα, καθώς 1.500 «Οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICEV)» θα αντικατασταθούν με ηλεκτρικά, συνοδευόμενα από ηλιακή και αιολική ενέργεια. Στο πλαίσιο της ευρωπαϊκής πρωτοβουλίας «Καθαρή ενέργεια για τα νησιά της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EE), η ελληνική κυβέρνηση υπολόγισε ότι δύο ακόμη νησιά, η Σύμη και η Μεγίστη, θα μετατραπουν σε έξυπνα νησιά σε συνδυασμό με μίνι δίκτυα, μονάδες αποθήκευσης και ηλεκτρικά οχήματα. Όσον αφορά άλλες περιοχές, στις Βαlearίδες Νήσους, έχουν διανεμηθεί σημαντικές επιδοτήσεις για την υιοθέτηση της ηλεκτροκίνησης, γεγονός που είχε ως αποτέλεσμα το μεγαλύτερο κατά κεφαλήν δίκτυο σημείων φόρτισης στην Ισπανία (Zafeiratou & Spataru, 2022). Σε παγκόσμιο επίπεδο, τα Μπαρμπάντος έχουν μεταξύ των υψηλότερων κατά κεφαλήν χρήση ηλεκτρικών οχημάτων, ενώ η Δομινικανή Δημοκρατία ανοίγει εκατοντάδες δημόσιους σταθμούς φόρτισης (Viscidi et al., 2020).

Επί του παρόντος, η πλειονότητα των ελληνικών νησιών στο Αιγαίο παραμένει μη διασυνδεδεμένα, αποτελώντας 29 αυτόνομα ηλεκτρικά συστήματα, εκ των οποίων τα 19 έχουν συμπεριληφθεί στην παρούσα ανάλυση που αντιπροσωπεύουν το 98,7% του συνολικού πληθυσμού και το 97,2% της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στα μη διασυνδεδεμένα νησιά. Αυτά τα συστήματα βασίζονται σε 1.750 MW δυναμικότητας με καύση πετρελαίου και 444 MW ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) για την κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας (Operator, 2017). Ως εκ τούτου, η εισαγωγή των ηλεκτρικών οχημάτων μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο εάν υπάρχουν οι απαιτούμενες επενδύσεις υποδομής για να επιτραπεί υψηλότερη ολοκλήρωση των ΑΠΕ, γεγονός που θα αποτελέσει την ηλεκτροκίνηση μια καθαρότερη και φθηνότερη επιλογή από τα ICEV. Τέτοια έργα αφορούν επεκτάσεις μετάδοσης υποβρυχίων Υψηλής Τάσης (ΥΤ) όπως προτείνει ο Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ) ή συστήματα αποθήκευσης ενέργειας σε κλίμακα χρησιμότητας.

3.1 Επισκόπηση Ευφών Συστημάτων Μεταφορών

Ένα Ευφές Σύστημα Μεταφορών (Intelligent Transportation System – ITS) που μπορεί να καλύψει τις μεταφορικές ανάγκες είναι απαραίτητο για τις έξυπνες πόλεις. Για καλύτερες υπηρεσίες δημόσιων συγκοινωνιών, η μεταφορά σε μια έξυπνη πόλη θα πρέπει να είναι απρόσκοπτη, φιλική προς το περιβάλλον και να περιλαμβάνει δικτυωμένα και κοινόχρηστα οχήματα. Το ηλεκτρικό όχημα (EV), το οποίο προκρίνεται ως λύση για τα ενεργειακά προβλήματα σε παγκόσμιο επίπεδο, αποτελεί την καλύτερη επιλογή. Τα αυτόνομα ηλεκτρικά οχήματα (AEV) ή τα έξυπνα ηλεκτρικά οχήματα, προσφέρουν το συνδεδεμένο και κοινό επίπεδο που απαιτείται για μια έξυπνη πόλη (Tirumalasetti & Singh, 2023; Zhang & Lu, 2020).

Έχουν προταθεί νέες κατευθυντήριες γραμμές για τον περιορισμό των εκπομπών άνθρακα (Carbon Emissions - CE_s) στον κλάδο των μεταφορών, λαμβάνοντας υπόψη την άνοδο των έξυπνων πόλεων. Τα ευφύη συστήματα μεταφορών επιλύουν τα ζητήματα της κυκλοφοριακής συμφόρησης και των εκπομπών άνθρακα που προκαλούνται από την απότομη αύξηση του αριθμού των αυτοκινήτων. Ο αντίκτυπος της εγκατάστασης ευφών συστημάτων μεταφορών στην ικανότητα των δικτύων μεταφορών να εξοικονομούν ενέργεια και να μειώνουν τις εκπομπές αποτελεί κύριο

αντικείμενο αρκετών μελετών (Saleem et al., 2022). Η παραδοσιακή υποδομή μεταφορών συνδυάζεται με τις εξελίξεις στην τεχνολογία πληροφοριών, στις επικοινωνίες, στους αισθητήρες, στα χειριστήρια και στις εξελιγμένες μαθηματικές τεχνικές για τη δημιουργία ευφυών συστημάτων μεταφορών. Τις τελευταίες δεκαετίες, τα ευφυή συστήματα μεταφορών δημιουργήθηκαν και εφαρμόστηκαν, προκειμένου να αυξήσουν την παραγωγικότητα, να μειώσουν τις εκπομπές άνθρακα, να βελτιώσουν τις βιώσιμες μεταφορές και να αυξήσουν την κινητικότητα και την κυκλοφοριακή ασφάλεια.

Διάφοροι παράγοντες, όπως ένα ακατάλληλα σχεδιασμένο αστικό οδικό δίκτυο, προβληματικά λειτουργικά και δομικά στοιχεία του οδικού συστήματος, έλλειψη εγκαταστάσεων για τη διαχείριση της κυκλοφορίας και αρνητικά επίπεδα διαχείρισης, οδηγούν τον συνολικό όγκο της αστικής κυκλοφορίας σε διάφορα έθνη να αποκλίνει σημαντικά από τη βέλτιστη κατάσταση. Τα ζητήματα συμφόρησης της αστικής κυκλοφορίας, τα επαναλαμβανόμενα τροχαία ατυχήματα, η αυξημένη ηχορύπανση και η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι όλα αποτελέσματα της ταχείας επιτάχυνσης της αστικοποίησης και της αύξησης του αριθμού των αυτοκινήτων. Αυτά τα προβλήματα έχουν επηρεάσει αρνητικά σε σημαντικό βαθμό τη μεταφορική ικανότητα της αστικής κυκλοφορίας και την επιχειρησιακή αποτελεσματικότητα. Οι πόλεις έχουν αρχίσει να αναπτύσσουν ενεργά τα ευφυή συστήματα μεταφορών, ανταποκρινόμενες σε αυτές τις συνθήκες (Saleem et al., 2022).

3.2 Επιπτώσεις μεγάλης κλίμακας ενσωμάτωσης ηλεκτρικών αυτοκινήτων

Η, μεγάλης κλίμακας, ηλεκτροδότηση των μεταφορών αντιπροσωπεύει τόσο προκλήσεις όσο και ευκαιρίες για τη διαχείριση του δικτύου, ζητήματα που πρέπει να ληφθούν υπόψη από τις επιχειρήσεις κοινής ωφελείας στα ελληνικά νησιά με μακροπρόθεσμες φιλοδοξίες για ανάπτυξη ηλεκτρικών οχημάτων. Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα αντιπροσωπεύουν μια πρόσθετη πηγή ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και τα υψηλά επίπεδα διείσδυσης σε ενδεικτικό ποσοστό 10% μπορούν να δημιουργήσουν την ανάγκη για περισσότερες επενδύσεις και για βελτιωμένα εργαλεία διαχείρισης του δικτύου, ειδικά εάν δεν έχουν κίνητρα να φορτίζουν σε περιόδους χαμηλής ζήτησης. Προς το παρόν, οι περισσότερες φορτίσεις πραγματοποιούνται σε σπίτια ή επιχειρήσεις το βράδυ και τη νύχτα, και η υποδομή ηλεκτρικού ρεύματος μπορεί να υπερφορτωθεί ή να αποφορτισθεί κατά τη διάρκεια των ωρών αιχμής της κατανάλωσης λόγω αυτής

της μεγάλης νέας πηγής ζήτησης, ιδιαίτερα εάν η ιδιοκτησία EV συγκεντρώνεται σε περιορισμένες γεωγραφικές περιοχές. Διάφορες φορτίσεις μπορούν να εφαρμοστούν ως στρατηγικές διαχείρισης, συμπεριλαμβανομένων των φορτίσεων ζήτησης, οι οποίες εφαρμόζονται βάσει του μέγιστου ρυθμού κατανάλωσης ενέργειας κατά τη διάρκεια μιας περιόδου και όχι του μέσου όρου, έτσι ώστε να αποφευχθεί η υπερφόρτωση (Brown, 2017), οι ρυθμοί χρόνου χρήσης (οι οποίοι είναι χαμηλότεροι σε περιόδους χαμηλής ζήτησης δικτύου και υψηλότερη σε περιόδους υψηλής ζήτησης, καθώς και η συντονισμένη φόρτιση, η οποία μπορεί να χρησιμοποιεί χρονόμετρο για τη φόρτιση οχημάτων σε προκαθορισμένους χρόνους εκτός αιχμής (Gay et al., 2018).

Ωστόσο, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα μπορούν, επίσης, να επιτρέψουν στα βοηθητικά προγράμματα να εξισορροπούν τα φορτία μέσω της τεχνολογίας V2G. Οι αμφίδρομοι φορτιστές επιτρέπουν στα EV να χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας για μετέπειτα απόδοση της ενέργειας αυτής στο δίκτυο, μια ιδιαίτερα χρήσιμη εφαρμογή για την ενσωμάτωση μεταβλητής ανανεώσιμης ενέργειας (Variable Renewable Energy – VRE) όπως η αιολική και η ηλιακή (Gay et al., 2018) Όταν οι πηγές VRE παρέχουν πλεονάζουσα προσφορά ή όταν η ζήτηση ενέργειας είναι χαμηλή (όπως αργά τη νύχτα), τα EV μπορούν να φορτισθούν. Στη συνέχεια, όταν η παροχή ρεύματος είναι χαμηλή και/ή η ζήτηση είναι υψηλή, μπορούν να αποδώσουν ισχύ στο δίκτυο. Αυτή η στρατηγική, η οποία ονομάζεται εξισορρόπηση φορτίου, αξιοποιεί τα EVs ως πηγή χωρητικότητας ισχύος που συμπληρώνει το δίκτυο και μειώνει την ανάγκη για νέα χωρητικότητα καθώς η ζήτηση αιχμής αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου (Gay et al., 2018) . Έτσι, τα ηλεκτρικά οχήματα μπορούν να κάνουν τα συστήματα ισχύος πιο αποτελεσματικά και να διευκολύνουν την εισαγωγή περισσότερης μεταβλητής ανανεώσιμης ενέργειας στο δίκτυο. Ωστόσο, αν και οι χρήστες EV μπορούν να λαμβάνουν πληρωμή για αυτές τις υπηρεσίες, οι έρευνες διαφέρουν στα συμπεράσματά τους σχετικά με το εάν είναι αρκετά κερδοφόρα αυτή η επιλογή, ώστε να είναι ελκυστική. Μελέτες προτείνουν, επίσης, ότι για ορισμένες εφαρμογές, οι υπηρεσίες V2G μπορούν να επιταχύνουν την υποβάθμιση της μπαταρίας (Gay et al., 2018).

Φυσικά, οι πιθανές προκλήσεις και οι εμπορικές ευκαιρίες που παρουσιάζονται από την ενσωμάτωση των ηλεκτρικών οχημάτων στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά ενός δεδομένου συστήματος. Επιπρόσθετα, τα

ηλεκτρικά αυτοκίνητα μπορούν να αναπτυχθούν για την ενίσχυση της ανθεκτικότητας σε καταστροφές, όπως ειπώθηκε παραπάνω.

3.3 Βασικές τάσεις στην ηλεκτρική κινητικότητα

Η ευαισθητοποίηση του κοινού έχει αναγνωριστεί ως κύρια πηγή ανησυχίας σε όλες τις αγορές. Η έλλειψη εξοικείωσης με την τεχνολογία EV έχει οδηγήσει στη διάδοση λανθασμένων αντιλήψεων σχετικά με την εμβέλεια των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, την απόδοσή τους σε λοφώδες έδαφος και σε άλλα ζητήματα.

Οι καταναλωτές, επίσης, συχνά αγνοούν χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τα EV, όπως το γεγονός ότι μπορούν να φορτιστούν στο σπίτι με μια απλή πρίζα, ενώ ενδέχεται να αγνοούν ότι η μακροπρόθεσμη εξοικονόμηση καυσίμων και συντήρησης μπορεί να αντισταθμίσει και, σε πολλές περιπτώσεις, να υπερκεράσει το αρχικό υψηλό κόστος αγοράς ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου.

Οι φόροι στα καύσιμα αντιπροσωπεύουν μια σημαντική πηγή κρατικών εσόδων, τα οποία θα εκλείψουν από τα κρατικά ταμεία όταν τα EV αντικαταστήσουν τα ICEV, γεγονός που θα έχει μεγάλο αντίκτυπο όταν οι καταναλωτές στραφούν μαζικά στα EV. Καθώς η ισοτιμία στις τιμές αγοράς μεταξύ EV και ICEV αναμένεται να επιτευχθεί στα επόμενα πέντε έως δέκα χρόνια, η αύξηση ταξινομημένων EV αναμένεται να επιταχυνθεί και τα έσοδα από τους φόρους στα καύσιμα αναμένεται να παρουσιάσουν ραγδαία μείωση, προκαλώντας σημαντική επιβάρυνση στους κρατικούς προϋπολογισμούς εάν δεν εφαρμοστούν έγκαιρα εναλλακτικά μέτρα.

Για να διασφαλιστεί η σταθερότητα των κρατικών οικονομικών, θα πρέπει να κατανοηθούν οι επιπτώσεις και, όπου χρειάζεται, να εντοπιστούν άλλες πηγές εσόδων ή να επινοηθούν άλλες δημοσιονομικές στρατηγικές, οι οποίες μπορεί να αποδειχθούν σημαντική πρόκληση, καθώς το ποσοστό των ηλεκτρικών οχημάτων στους δρόμους αυξάνεται.

Οι αγοραστές ηλεκτρικών οχημάτων θα πρέπει να αισθάνονται σίγουροι ότι μπορούν να βρουν έναν δημόσιο φορτιστή κοντά τους, να φορτίσουν γρήγορα και με χαμηλό κόστος. Οι περισσότερο αργοί φορτιστές δεν είναι ελκυστικοί στο πλαίσιο της δημόσιας φόρτισης. Ένας συμμετοχικός συνδυασμός Πολιτείας, εταιριών κοινής ωφέλειας και ιδιωτικής πρωτοβουλίας είναι απαραίτητος για τη μαζική εγκατάσταση

δημόσιων ταχυφορτιστών. Αν και αυτή η πρωτοβουλία μπορεί να είναι κοστοβόρα βραχυπρόθεσμα, είναι αυτονόητο ότι πριν την προσπάθεια αύξησης των ηλεκτρικών οχημάτων στους δρόμους, θα πρέπει να προηγηθεί η δημιουργία οργανωμένων υποδομών, αφού οι περισσότεροι καταναλωτές δεν θα αγοράσουν ένα EV απλώς και μόνο πιστεύοντας ότι η υποδομή φόρτισης θα υλοποιηθεί.

Η επάρκεια σε εκπαιδευμένο προσωπικό συντήρησης αποτελεί προϋπόθεση για την πώληση και τη χρησιμοποίηση μεγάλου αριθμού ηλεκτρικών οχημάτων στις αγορές από τις αυτοκινητοβιομηχανίες. Για το σκοπό αυτό, πρέπει να αναπτυχθεί το τοπικό ανθρώπινο κεφάλαιο. Ενώ οι απαιτήσεις συντήρησης για τα EV είναι πολύ χαμηλότερες από ό,τι για τα ICEV, τα ηλεκτρικά οχήματα αντιπροσωπεύουν μια νέα τεχνολογία που απαιτεί διαφορετικό σύνολο δεξιοτήτων από το εξειδικευμένο προσωπικό συντήρησης.

Οι περισσότεροι έμποροι και κατασκευαστές αυτοκινήτων θα πρέπει, ακόμη, να πειστούν ότι τα EV θα πωλούνται σε αρκετά μεγάλους αριθμούς. Η επιλογή των καταναλωτών είναι περιορισμένη λόγω του σκεπτικισμού αν τα EV είναι εμπορεύσιμα. Αυτή η αμφιβολία βασίζεται σε διάφορους παράγοντες, όπως η έλλειψη δημόσιας υποδομής φόρτισης, η περιορισμένη ενημέρωση του κοινού, το υψηλό αρχικό κόστος και το ανεπαρκές προσωπικό συντήρησης. Επιπλέον, οι έμποροι αυτοκινήτων αντλούν μεγάλο μερίδιο των κερδών τους από ανταλλακτικά και σέρβις μετά την πώληση και ανησυχούν για τον αντίκτυπο που θα έχουν στα έσοδα οι αντιπροσωπείες που πωλούν οχήματα που απαιτούν λιγότερη συντήρηση και επισκευές.

Η Ελλάδα έχει περισσότερα από 6.000 νησιά, εκ των οποίων τα 227 κατοικούνται. Από το σύνολο του πληθυσμού της Ελλάδας, το 15% ζει στα νησιά. Το ποσοστό αυτό αντιστοιχεί σε 1.650.000 άτομα. Τα ελληνικά νησιά είναι ηλεκτρικά διασυνδεδεμένα με την ηπειρωτική χώρα. Η Κρήτη είναι ένα από τα πολυπληθέστερα νησιά της Μεσογείου (8.336 km² - 634.930 κάτοικοι). Εκτός από την Κρήτη υπάρχουν περίπου εικοσιπέντε (25) μεσαίου μεγέθους νησιά (100-1.000 km²) και ένας μεγάλος αριθμός μικρών νησιών (κάτω από 100 km²). Η Ελλάδα εκτελεί αυτή τη στιγμή σχέδια διασύνδεσης, κυρίως για την Κρήτη και αρκετά νησιά των Κυκλάδων. (Clean energy for EU islands secretariat, 2021).

3.4 Τεχνητή Νοημοσύνη στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα

Θα πρέπει να αλλάξουν πολλά δεδομένα, προκειμένου τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα να αντικαταστήσουν πλήρως άλλους τρόπους μεταφοράς στους δρόμους και στις πόλεις (Mandev et al., 2022; Hemavathi & Shinisha, 2022).

Υπάρχει ένα μεγάλο ερευνητικό κενό σε αυτόν τον τομέα, καθώς ο κόσμος κινείται προς την τεχνητή νοημοσύνη. Η ρύθμιση της θερμοκρασίας της μπαταρίας, η καλύτερη και πιο έξυπνη φόρτιση και η ενεργειακά αποδοτική δρομολόγηση είναι μερικές μόνο από τις προτεινόμενες ιδέες για την αξιοποίηση της τεχνητής νοημοσύνης (AI) σε θέματα ηλεκτροκίνησης και, ειδικότερα, σε θέματα που άπτονται των ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Ερευνητές προτείνουν μια μοναδική προσέγγιση, βασισμένη στη μηχανική μάθηση για επιτυχημένη δρομολόγηση (Yuvarai et al., 2022). Άλλη προσέγγιση προτείνει την αξιοποίηση της τεχνητής νοημοσύνης για την πρόβλεψη της κατανάλωσης ενέργειας στα πολλαπλά οδικά τμήματα που αποτελούν τις προγραμματισμένες ή τις πραγματικές διαδρομές του οχήματος, αντιμετωπίζοντας το πρόβλημα του σχεδιασμού των διαδρομών για ένα στόλο ηλεκτρικών οχημάτων (Agawal et al., 2023). Η προσέγγισή τους λαμβάνει υπόψη τη μέγιστη χωρητικότητα της μπαταρίας του οχήματος και την ταυτόχρονη χρήση σταθμών φόρτισης κατά μήκος της διαδρομής και χρησιμοποιεί έναν αναπτυσσόμενο γενετικό αλγόριθμο με μια διαδικασία εκμάθησης.

Για τη βελτίωση του συστήματος θερμικής διαχείρισης και τη μείωση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, προτείνεται η χρήση τεχνητών νευρωνικών δικτύων (Artificial Neural Networks - ANN) για τη διαχείριση της θερμικής μπαταρίας (Park & Kim, 2019). Έχει δειχθεί ότι μια μέθοδος ψύξης που βασίζεται σε κατανεμημένη εξαναγκασμένη συναγωγή μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα ομοιόμορφες κατανομές θερμοκρασίας και τάσης σε όλο το πακέτο μπαταριών με διαφορετικούς ρυθμούς εκφόρτισης (Hossain et al., 2023).

Στο πλαίσιο αυτό, η τεχνητή νοημοσύνη (AI) θα προωθήσει την ανάπτυξη νέων λύσεων, οι οποίες είναι:

- Η βελτιστοποίηση της διαδικασίας φόρτισης της μπαταρίας, επιτρέποντας την έγκαιρη κράτηση του σημείου φόρτισης, παρέχοντας δυνατότητες αυτόματης εξισορρόπησης ισχύος ή επιτρέποντας προσαρμοστικές φορτίσεις με βάση το περιβάλλον.

- Η βελτίωση της διαδικασίας παραγωγής ενέργειας, προκειμένου να αντιμετωπιστεί η σημαντική αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο, όπως με την παροχή προβλέψεων της απαιτούμενης ισχύος σε κάθε στιγμή ανάλυση κινητικότητας της ηλεκτροκίνησης.

Έτσι, το Διαδίκτυο των EVs (Internet of EVs) πρόκειται να γίνει πραγματικότητα, κάτι που αναμφίβολα θα επηρεάσει τον τρόπο με τον οποίο κινούμαστε, αλλά θα προσφέρει, επίσης ένα εντελώς νέο σύμπαν εξερεύνησης που περιέχει νέες εφαρμογές και υπηρεσίες.

3.5 Εθνικοί στόχοι καθαρής ενέργειας

Το Ολοκληρωμένο Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα για την Ελλάδα για την περίοδο 2021-2030 στοχεύει στην αύξηση κατά 35% του συνολικού μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας έως το 2030. Στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας, το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα αυξηθεί σε, τουλάχιστον, 60% έως το 2030. Στον τομέα θέρμανσης και ψύξης το μερίδιο ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας θα αυξηθεί σε 42,5% έως το 2030 (30,6% το 2020) και το μερίδιο ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση για τις μεταφορές θα αυξηθεί από 6,6% το 2020 στο 19% το 2030 (Clean energy for EU islands secretariat, 2021).

3.6 Το πρόγραμμα «Κινούμαι Ηλεκτρικά»

Το πρόγραμμα: «Κινούμαι Ηλεκτρικά», το οποίο επιδοτεί την αγορά ηλεκτρικού αυτοκινήτου με ποσό έως και 8.000 Ευρώ, αποτελεί σημαντικό παράγοντα αύξησης των πωλήσεων EV στην Ελλάδα, για τις οποίες έχει καταγραφεί ρυθμός αύξησης της τάξης του 147% για το 2023, συγκριτικά με το 2022 (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2020). Ειδικότερα, το 2023 πωλήθηκαν στην χώρα μας συνολικά 7.328 αμιγώς ηλεκτρικά αυτοκίνητα, ενώ το 2022 είχαν πωληθεί 2.959. Με εντυπωσιακό τρόπο διπλασιάστηκε το ποσοστό των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην αγορά: το 2022 τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα αποτελούσαν στην ελληνική αγορά μόλις το 2,81%, ενώ το 2023 το μερίδιο των αμιγώς ηλεκτρικών αυτοκινήτων ανήλθε στο 5,45%. Για τον Ιανουάριο του 2024, καταγράφηκαν πωλήσεις 1.248 EV, με τα 450 να είναι αμιγώς ηλεκτρικά (BEV) και τα 798 plug-in (ΣΕΑΑ, 2024).

Στους ίδιους αυξητικούς ρυθμούς κινούνται και οι φορτιστές, με θέσεις φόρτισης να δημιουργούνται σε κοινόχρηστους χώρους τόσο στο εθνικό οδικό δίκτυο όσο και στον αστικό ιστό. Ειδικότερα, στην Ελλάδα υπάρχουν 5.464 δημόσια προσβάσιμα σημεία φόρτισης, για 12,548 ηλεκτρικά οχήματα, γεγονός που δίνει στην Ελλάδα ένα από τα καλύτερα ποσοστά συσχέτισης οχημάτων – φορτιστών.

3.7 Υποστηριζόμενες τεχνολογίες ΑΠΕ

Μία από τις πιο κρίσιμες διακρίσεις όσον αφορά στις ΑΠΕ στην Ελλάδα είναι μεταξύ του ηπειρωτικού δικτύου και των διασυνδεδεμένων νησιών και των μη διασυνδεδεμένων νησιών. Αυτή η διαφοροποίηση, η οποία είναι καίριας σημασίας επηρεάζει το είδος και το επίπεδο στήριξης για το οποίο είναι επιλέξιμες οι μονάδες ΑΠΕ. Τα έργα ΑΠΕ στην Ελλάδα σε μη διασυνδεδεμένα νησιά μπορούν να επωφεληθούν από Feed-in Tariff (FiT) (πρόκειται για προηγμένο τιμολόγιο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας), ανεξάρτητα από τη χωρητικότητα (μέγεθος) του έργου, ενώ στα διασυνδεδεμένα νησιά υπάρχει μέγιστο όριο 400 kW. Επιπλέον, οι ΑΠΕ σε διασυνδεδεμένα νησιά που συμμετέχουν στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να επωφεληθούν από ένα τιμολόγιο Feed-In Premium, ενώ μεγαλύτερα Φ/Β (>500kW) και χερσαία αιολικά εργοστάσια (> 3MW) μπορούν να συμμετάσχουν σε διαγωνισμούς. Υπάρχει, επίσης, επιδότηση για μονάδες ΑΠΕ σε μη διασυνδεδεμένα νησιά που χρησιμοποιούν δύο ή περισσότερες τεχνολογίες ΑΠΕ. Όσον αφορά στις μεταφορές, η ηλεκτροδότηση της κινητικότητας υποστηρίζεται μέσω επιδοτήσεων για αγορά ηλεκτρικών οχημάτων για φυσικά πρόσωπα, ταξί και εταιρείες ή επιχορηγήσεις για υποδομές φόρτισης EV για φυσικά πρόσωπα και δημόσιους φορείς. Επιπλέον, υπάρχουν επιδοτήσεις βιοκαυσίμων.

3.8 Ειδικές πολιτικές για τα νησιά

Υπάρχουν ορισμένα ειδικά προγράμματα κινήτρων και επιδοτήσεων ειδικά για τα νησιά. Για παράδειγμα, υφίσταται, επί του παρόντος, ένα εθνικό πρόγραμμα επιδοτήσεων (GO ELECTRIC boosts e-mobility), για την προώθηση της υιοθέτησης της ηλεκτροκίνησης σε εθνικό επίπεδο. Ειδικά για τα νησιά, το καθεστώς παρέχει πρόσθετα κίνητρα, δηλαδή τη δυνατότητα σε ένα νομικό πρόσωπο να αγοράσει έως και 6 οχήματα (αντί για 3 οχήματα για την υπόλοιπη χώρα) και αυξημένα φορολογικά πλεονεκτήματα (μεγαλύτερη μείωση του φορολογητέου εισοδήματος για νομικά

πρόσωπα που συμμετέχουν στο σχήμα και έχουν βάση νησιά). Ένα άλλο ειδικό πρόγραμμα επιδότησης για την υιοθέτηση της ηλεκτροκίνησης είναι σε ισχύ. Πρόκειται για το πρόγραμμα «Smart & Sustainable Island» με ακόμη υψηλότερες επιδοτήσεις ειδικά για το νησί της Αστυπάλαιας (Clean energy for EU islands secretariat, 2021).

3.9 Το ειδικό πιλοτικό πρόγραμμα της Αστυπάλαιας

Στα πλαίσια του έργου Smart & Sustainable Island, που υλοποιείται από την Ελληνική Πολιτεία και τον όμιλο VW στην Αστυπάλαια, υπάρχει ο στόχος της αντικατάστασης του σημερινού συστήματος μεταφορών στο νησί από ηλεκτρικά οχήματα, ενώ η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας θα γίνεται κυρίως από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Στο έργο αυτό, ο ΔΕΔΔΗΕ συνεισφέρει στην εγκατάσταση των υποδομών επαναφόρτισης μέσω της έγκαιρης εκτέλεσης έργων ενίσχυσης της χωρητικότητας και της αξιοπιστίας του Δικτύου και μέσω μελετών για την κατασκευή ενός υβριδικού σταθμού παραγωγής. Ο σταθμός θα περιλαμβάνει φωτοβολταϊκή εγκατάσταση ισχύος τουλάχιστον 3 MW με σύστημα αποθήκευσης ενέργειας πάνω από 7,2 MWh. Στόχος είναι να καλυφθεί με «πράσινη» ενέργεια τουλάχιστον το 50% της ετήσιας ζήτησης ρεύματος στην Αστυπάλαια, συνυπολογίζοντας την υφιστάμενη παραγωγή ΑΠΕ του νησιού. Σε δεύτερη φάση θα επιχειρηθεί η αύξηση του επιπέδου διείσδυσης των ΑΠΕ στο 80% μέσω ενίσχυσης τόσο του δυναμικού παραγωγής των ΑΠΕ, όσο και της χωρητικότητας της διάταξης των μπαταριών (Τσιρόπουλος κ.ά., 2023).

3.10 Το πρόγραμμα GO ELECTRIC boosts e-mobility

Το 1^ο πρόγραμμα επιδότησης για την απόκτηση ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα είναι πρωτοβουλία της ελληνικής κυβέρνησης, με στόχο την τόνωση της ηλεκτροκίνησης στη χώρα, σύμφωνα με τη στρατηγική ανάπτυξης της Πράσινης Συμφωνίας της ΕΕ. Αναμένεται να βοηθήσει την Ελλάδα να επιτύχει τη μετάβαση προς την καθαρή κινητικότητα και την κλιματικά ουδέτερη οικονομία έως το 2050.

Η ηλεκτρική κινητικότητα είχε πολύ περιορισμένη χρήση στη χώρα μέχρι τον Σεπτέμβριο του 2019, λόγω έλλειψης οικονομικών κινήτρων και ολιστικής εθνικής προσέγγισης. Από το 2014, η ηλεκτροκίνηση ενσωματώθηκε στο εθνικό νομοθετικό πλαίσιο, αλλά αποσπασματικά. Η ελληνική κυβέρνηση αποφάσισε να αναλάβει δράση με τη διαμόρφωση ενός ειδικού Εθνικού Σχεδίου Ηλεκτροκίνησης. Το πρόγραμμα επιδοτήσεων «GO ELECTRIC» είναι αποτέλεσμα αυτού του Σχεδίου, μεταξύ άλλων

κινήτρων που αποφασίστηκαν και ανακοινώθηκαν για την προώθηση της ηλεκτροκίνησης.

Δικαιούχοι του «GO ELECTRIC» είναι φυσικά πρόσωπα και εταιρείες. Καθώς το σχέδιο περιλαμβάνει τους περισσότερους τύπους οχημάτων (e-cars, e-vans, e-bikes, e-scooter, e-taxis) απευθύνεται τόσο σε οδηγούς όσο και σε ποδηλάτες για αγορά/μίσθωση EV, επιτρέποντας στις επιχειρήσεις να αγοράσουν έως και 3 ηλεκτρικά οχήματα αν βρίσκονται στην ηπειρωτική χώρα και έως 6 αν βρίσκονται στα ελληνικά νησιά, υποστηρίζοντας έτσι τον τουριστικό τομέα (Interreg Europe, 2020).

Γενικά, η Ελλάδα ετοιμάζει το Εδαφικό Σχέδιο Δίκαιης Μετάβασης για τα ελληνικά νησιά του Βορείου Αιγαίου, του Νοτίου Αιγαίου και της Κρήτης. Προβλέπεται σειρά δράσεων για αυτά τα νησιά, συμπεριλαμβανομένης της ενεργειακής μετάβασης / κλιματικής ουδετερότητας, της κυκλικής οικονομίας και της αποτελεσματικής χρήσης των πόρων, της βιώσιμης αστικής κινητικότητας. Σε έργα διασύνδεσης, το Εθνικό Σχέδιο Ενέργειας και Κλίματος παρέχει ένα χρονοδιάγραμμα για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά.

Ο διαθέσιμος προϋπολογισμός για χρηματοδότηση είναι 100 εκατ. € για 18 μήνες (Αύγουστος 2020 - Δεκέμβριος 2021). Το Εθνικό Σχέδιο E-mobility, συμπεριλαμβανομένου του προγράμματος επιδοτήσεων «GO ELECTRIC», είναι αποτέλεσμα εργασίας 9 μηνών, από μια ομάδα επαγγελματιών εμπειρογνομόνων. Οι εργασίες για το Σχέδιο συνεχίζονται για υλοποίηση, παρακολούθηση και βελτιώσεις.

Στον ένα μήνα λειτουργίας της GO ELECTRIC τα αποτελέσματα είναι περισσότερο από ικανοποιητικά (Εικόνα 18):

	6455	%
Van	27	0,42
Car	400	6,20
Scooter	1087	16,84
Bike	4936	76,47
Taxi	4	0,06
Hybrid Van	1	0,02

- E-cars/ Vans) = 432 → 83% of sales during the last 4 ys
- 141 company cars
- 148 private charging stations
- Scraping: 580 scooters, 204 cars
- 20% applications from islands
- Micro-mobility
- 5,35 M € funding (11,83%)
- 36,3 M € Market turnover

Εικόνα 18. Αποτελέσματα εφαρμογής του 1^{ου} μήνα του προγράμματος GO ELECTRIC (Πηγή: Zarkadoula, 2021)

Από τα δεδομένα του Πίνακα 1, εξάγονται τα παρακάτω:

- Αριθμός αιτήσεων: 6455 (τον Σεπτέμβριο του 2019 υπήρχαν 500 EV στη χώρα)
- E-cars και e-vans: 432, που είναι το 83% των πωλήσεων για τα τελευταία 4 χρόνια
- 148 ιδιωτικοί σταθμοί φόρτισης
- 580 σκούτερ, 204 αυτοκίνητα

Οι αιτήσεις σε 1 μήνα καλύπτουν το 12% της συνολικής διαθέσιμης χρηματοδότησης (5,35 εκατ. €), ενώ οδηγούν σε τζίρο στην αγορά στα 36,3 εκατ. €. Η μικροκινητικότητα παίρνει το προβάδισμα, καθώς το 93% των αιτήσεων αναφέρεται σε ηλεκτρονικά ποδήλατα και ηλεκτρονικά σκούτερ (Interreg Europe, 2020).

Η στροφή προς την ηλεκτροκίνηση θα απαιτήσει σημαντικές επενδύσεις τόσο σε νέες υποδομές όσο και σε νέα οχήματα. Οι επιδοτήσεις έχουν αποδειχθεί ένας καλός τρόπος για την απελευθέρωση τέτοιων επενδύσεων, με όλο και περισσότερες χώρες και περιφέρειες να αναπτύσσουν τέτοια προγράμματα. Πράγματι, ορισμένες χώρες χρησιμοποιούν, επί του παρόντος, την Ευρωπαϊκή Διευκόλυνση Ανάκαμψης και Ανθεκτικότητας για να δημιουργήσουν νέα χρηματοδοτικά μέσα για τη στροφή προς τα ηλεκτρικά οχήματα. Αυτή η πρακτική καταδεικνύει μια σειρά ισχυρών χαρακτηριστικών, συμπεριλαμβανομένης της ενσωμάτωσης σε ένα εθνικό σχέδιο ηλεκτροκίνησης που αναπτύχθηκε με ενδιαφερόμενα μέρη, στοχεύοντας τόσο σε μεμονωμένους όσο και σε επιχειρηματικούς χρήστες και παρέχοντας μεταβλητή επιχορήγηση με βάση το όχημα, καλύπτοντας κάθε είδους ηλεκτρονικά οχήματα.

3.11 Ελληνικό πρόγραμμα χρηματοδότησης σχεδίων φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων

Στο πλαίσιο της ανάπτυξης της ηλεκτροκίνησης σε όλη τη χώρα και της επέκτασης της χρήσης οχημάτων χαμηλών και μηδενικών ρύπων, το Πράσινο Ταμείο, σε συνεργασία με το εποπτεύον Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, αποφάσισε να χρηματοδοτήσει όλους τους δήμους της Ελλάδας, προκειμένου να εκπονηθούν Σχέδια Φόρτισης για Ηλεκτρικά Οχήματα (Charging Plans for Electric Vehicles - CPEV) (Interreg Europe, 2022).

Το Σχέδιο Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων αφορά στον χωροταξικό σχεδιασμό δημοσίως προσβάσιμων σημείων επαναφόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων κανονικής ή υψηλής ισχύος και, αντίστοιχα, χώρων στάθμευσης ηλεκτρικών οχημάτων, εντός των διοικητικών ορίων κάθε Δήμου. Το CPEV θα είναι, ουσιαστικά, ο Οδικός Χάρτης για τη χωροθέτηση δημοσίως προσβάσιμων χώρων στάθμευσης και τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων, που είναι η βασική προϋπόθεση για την ανάπτυξη της σχετικής υποδομής στην Ελλάδα.

Για την υλοποίηση αυτού του προγράμματος, το Πράσινο Ταμείο δημοσίευσε δύο Προσκλήσεις, επιλέγοντας με πληθυσμιακά κριτήρια τους δικαιούχους δήμους. Στην Πρώτη Πρόσκληση, δυνητικοί δικαιούχοι ήταν όλοι οι δήμοι μητροπολιτικών κέντρων, οι μεγάλοι και μεσαίοι δήμοι της ηπειρωτικής χώρας, οι δήμοι πρωτευουσών περιφερειακών ενοτήτων, καθώς και οι μεγάλοι και μεσαίοι νησιωτικοί δήμοι της χώρας. Δικαιούχοι της Δεύτερης Πρόσκλησης ήταν όλοι οι μικροί ηπειρωτικοί δήμοι, οι μικροί ορεινοί δήμοι, καθώς και οι μικροί νησιωτικοί δήμοι.

Η χρηματοδότηση του προγράμματος αυτού προέρχεται από πόρους του Πράσινου Ταμείου και εκτιμήθηκε ότι και για τις δύο προσκλήσεις θα δαπανηθούν περίπου 11 εκατ. ευρώ. Ανά δικαιούχο, τα ποσά κυμαίνονται από 10.000 € έως 60.000 € (χωρίς ΦΠΑ) και προκύπτουν με κριτήρια με βάση τον πληθυσμό.

Οι Προσκλήσεις αφορούσαν συνολικά 332 Δήμους, εκ των οποίων οι 328 υπέβαλαν τις προτάσεις τους και ορίστηκαν δικαιούχοι του προγράμματος. Η υποβολή των προτάσεών τους ολοκληρώθηκε τον Οκτώβριο του 2021. Ολοκληρώθηκαν σε χρόνο ρεκόρ και δεν χρειάστηκε παράταση κατά τη διάρκειά τους. Το πρόγραμμα εξελίσσεται με ταχείς ρυθμούς. Μέχρι τον Φεβρουάριο του 2022, 26 Δήμοι έχουν υποβάλει δικαιολογητικά για χρηματοδότηση και έχει ολοκληρωθεί η πληρωμή 23 Δήμων. Τα υπόλοιπα είναι στη διαδικασία αξιολόγησης (Interreg Europe, 2022).

Το πρόγραμμα αυτό αποτελεί τον πρόδρομο και δίνει το έναυσμα για τη δημιουργία των απαραίτητων υποδομών, κατανεμημένων σε όλη την επικράτεια, προκειμένου να διευκολυνθεί και να αναπτυχθεί περαιτέρω η ηλεκτροκίνηση στη χώρα μας. Σκοπός είναι η επέκταση του δικτύου φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων, ώστε στα κανονικά χιλιόμετρα να υπάρχει η δυνατότητα φόρτισης οχημάτων. Για την επίτευξη αυτού του

στόχου, όλες οι πληροφορίες για τις θέσεις φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων που προκύπτουν από την προετοιμασία των Σχεδίων Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων (Σ.Φ.Η.Ο.) θα συγκεντρωθούν σε μία εφαρμογή, όπου κάθε ενδιαφερόμενος θα μπορεί να εισέλθει και να ενημερώνεται για τα κοντινά σημεία φόρτισης του οχήματός του.

Η υποδομή φόρτισης είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης, αλλά οι δήμοι συχνά δυσκολεύονται να προσδιορίσουν πού να εγκαταστήσουν υποδομές για την κάλυψη/τόνωση της ζήτησης και πρέπει να δοθούν κίνητρα για δράση. Αυτή η πρακτική παρέχει οικονομικά κίνητρα για την υποστήριξη της ανάπτυξης σχεδίων χρέωσης, που στοχεύουν πρώτα στους μεγάλους οικισμούς, για την ενθάρρυνση των επενδύσεων. Μια ενδιαφέρουσα πτυχή είναι η συλλογή των δεδομένων του σημείου φόρτισης, που συλλέγονται σε μια εφαρμογή, για την παροχή πληροφοριών στους χρήστες ηλεκτρονικών οχημάτων.

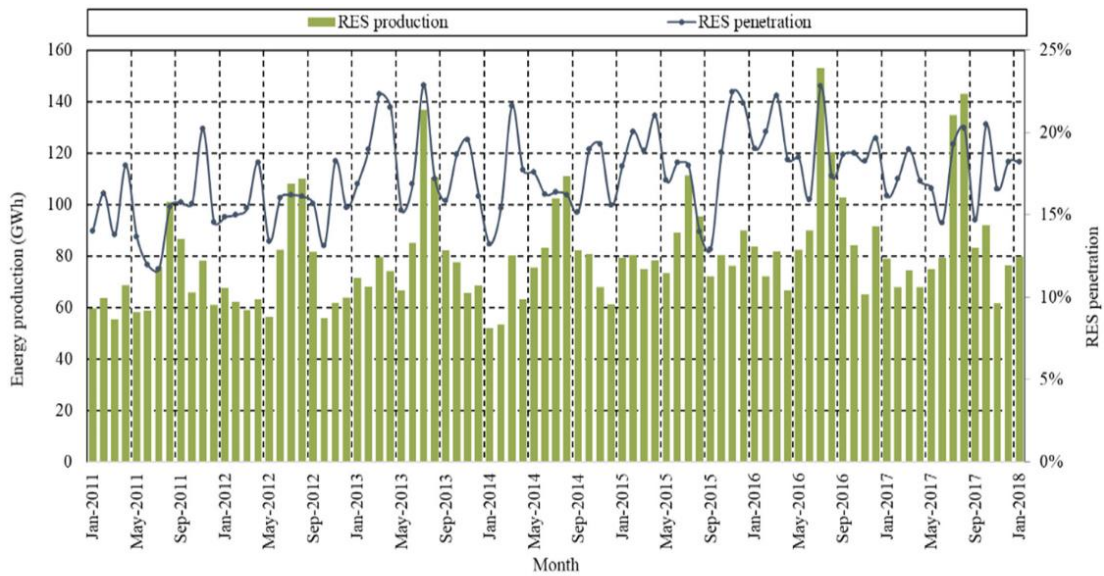
3.12 Ο ρόλος του ΔΕΔΔΗΕ στην προώθηση της ηλεκτροκίνησης

Ο ΔΕΔΔΗΕ, στον υποστηρικτικό του ρόλο για τον εξηλεκτρισμό των μεταφορών και την ενεργειακή μετάβαση έχει αναπτύξει ορισμένους άξονες δράσης, οι οποίοι συνεχώς εμπλουτίζονται ανάλογα με τις ανάγκες που εμφανίζονται. Στο πλαίσιο αυτό, υποστηρίζει τους δήμους στην εκπόνηση των Σχεδίων Φόρτισης Ηλεκτροκίνητων Οχημάτων (Σ.Φ.Η.Ο.). Σύμφωνα με το άρθρο 17 του Ν. 4710/2020, οι Δήμοι υποχρεούνται να εκπονήσουν Σχέδιο Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων (Σ.Φ.Η.Ο.) εντός των διοικητικών τους ορίων. Ο ΔΕΔΔΗΕ αξιολογεί τα προτεινόμενα από τον δήμο, ή τον ανάδοχο του, σημεία εγκατάστασης των υποδομών επαναφόρτισης ως προς τα έργα που πρέπει να γίνουν, τα κόστη σύνδεσης και την υφιστάμενη επάρκεια ισχύος του τοπικού δικτύου. Παράλληλα καθορίζει τις τεχνικές προδιαγραφές για τις υποδομές επαναφόρτισης ηλεκτροκίνητων οχημάτων σε δημόσιους χώρους. Η σύνδεση με το Δίκτυο Διανομής υλοποιείται υπόγεια για λόγους ασφάλειας και αισθητικής αναβάθμισης. Παρέχεται η δυνατότητα εγκατάστασης της μετρητικής διάταξης του ΔΕΔΔΗΕ εσωτερικά του φορτιστή, προκειμένου να μην καταλαμβάνεται πρόσθετος χώρος στο πεζοδρόμιο (Τσιρόπουλος κ.ά., 2023).

3.13 Η τρέχουσα κατάσταση του Ηλεκτρικού Συστήματος Ελληνικών Απομακρυσμένων Νησιών

Πολλά νησιά σε όλο τον κόσμο παρουσιάζουν σημαντικά προβλήματα ενεργειακού εφοδιασμού, ενώ το ενεργειακό τους μείγμα κυριαρχείται από προϊόντα πετρελαίου

(Kuang et al., 2016; Cross et al., 2017). Η ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού αυτών των νησιών σχετίζεται τόσο με την εξάρτηση από τις εισαγωγές πετρελαίου όσο και με το γεγονός ότι η πλειονότητά τους υπόκειται σε ακόμη μεγαλύτερες προκλήσεις σε περίπτωση σημαντικών ζημιών σε τοπικούς σταθμούς παραγωγής θερμικής ενέργειας ή βλάβης του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας (Anagnostatos et al., 2013). Σε αυτό το πλαίσιο, η βελτίωση της ενεργειακής ασφάλειας θα υπαγόρευε όχι μόνο τη μείωση της ενεργειακής εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα (Kaldellis & Zfirakis, 2007), αλλά και τη δημιουργία ενός διαφοροποιημένου ενεργειακού μείγματος (Chalvatzis & Ioannidis, 2017), λαμβάνοντας υπόψη την αυξανόμενη συμβολή των υψηλών ποσοστών ισχύος από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ). Όμως, η εισαγωγή υψηλών ποσοστών ΑΠΕ, συνήθως συνεπάγεται ένα τίμημα, καθώς ο κίνδυνος που πρέπει να αντιμετωπίσει ο τοπικός φορέας εκμετάλλευσης απομονωμένων αδύναμων ηλεκτρικών δικτύων, είτε μέσω της χρήσης επαρκούς εφεδρικής δυναμικότητας (De Vos et al., 2013) είτε μέσω της εφαρμογής περικοπών ΑΠΕ (Kaldellis et al., 2012; Kaldellis et al., 2006), είναι ανάλογος της σχετικής υποστήριξης των ενεργειακών αναγκών από τις ΑΠΕ σε τέτοια δίκτυα. Προκειμένου να αντιμετωπιστεί αυτή η πρόκληση, οι τοπικοί φορείς εκμετάλλευσης δικτύου επιβάλλουν ορισμένους περιορισμούς που σχετίζονται με την έντονα μεταβλητή διείσδυση των ΑΠΕ και τη συμμόρφωση με τους τεχνικούς περιορισμούς (τα τεχνικά ελάχιστα) που χαρακτηρίζουν τις τρέχουσες μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με βάση το πετρέλαιο (Kaldellis, 2008; Papathanassiou & Boulaxis, 2006). Το αποτέλεσμα όλων αυτών των περιορισμών δεσμεύει κανονικά τη μέγιστη συνεισφορά των ΑΠΕ όσον αφορά στην τοπική ικανοποίηση των απαιτήσεων σε φορτίο, στο εύρος 15–20% σε ετήσια βάση (Εικόνα 19). Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τα στοιχεία της Εικόνας 2, η παραγωγή ΑΠΕ τα τελευταία χρόνια παρουσιάζεται σε μηνιαία βάση να λαμβάνει τιμές από 60 GWhe έως 150 GWhe, ενώ το ποσοστό ΑΠΕ (διείσδυση) στη μηνιαία ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας κυμαίνεται μεταξύ 12% και 22%.



Εικόνα 19. Η συμβολή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των Μη Διασυνδεδεμένων Νήσων (ΜΔΝ) του Αιγαίου (Πηγή: Kaldellis, 2020).

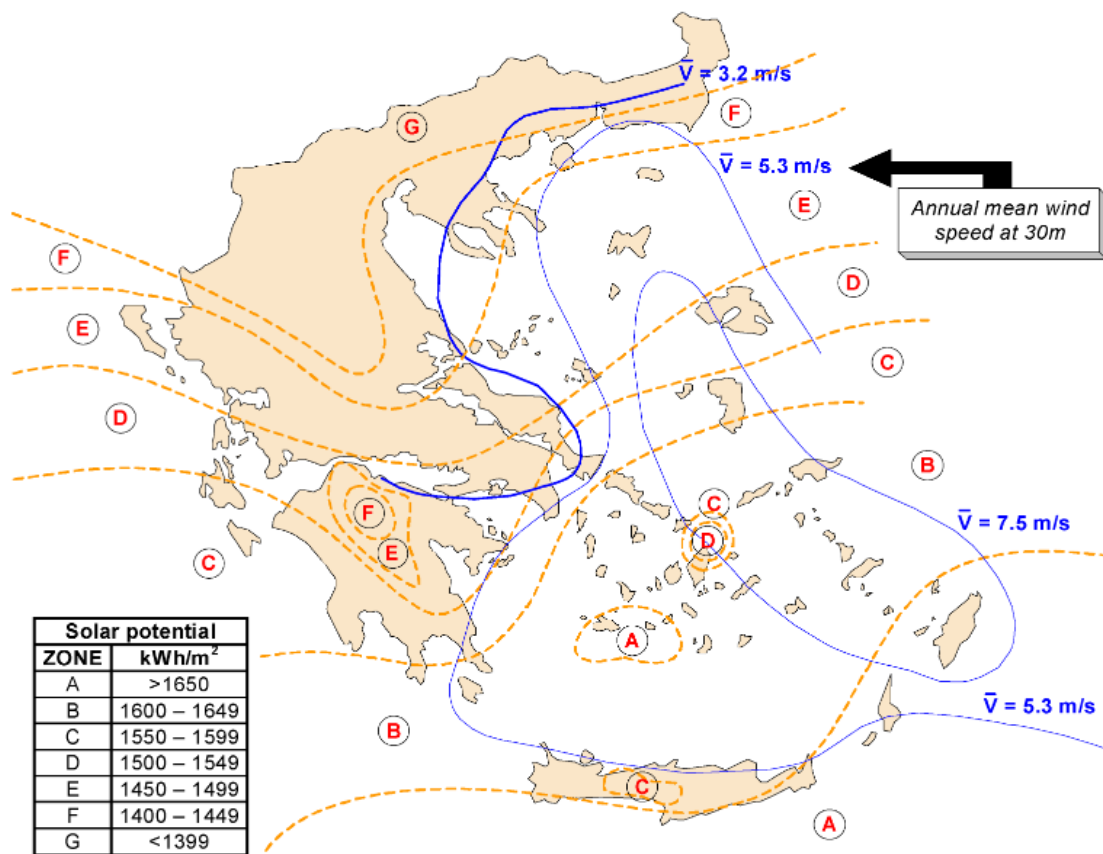
Τα τελευταία πενήντα χρόνια, οι απαιτήσεις ηλεκτρικής ενέργειας των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών (ΜΔΝ) του Αιγαίου καλύπτονταν σχεδόν αποκλειστικά από αυτόνομους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Autonomous Power Generation Stations - APS) που αποτελούνται από κινητήρες εσωτερικής καύσης και αεριοστρόβιλους. Πιο συγκεκριμένα, η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας των προαναφερθέντων νησιών καλύπτεται ουσιαστικά από, σχεδόν, τριάντα (30) αυτόνομους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Kaldellis & Zafirakis, 2007a; Tzanes et al., 2019), που αφορούν σε, κυρίως, μόνιμες αλλά και φορητές μονάδες μεγάλου εύρους ονομαστικής χωρητικότητας. Η συνολική ισχύς όλων αυτών των αυτόνομων σταθμών είναι, περίπου, 700 MW, εξαιρουμένων των ηλεκτρικών συστημάτων της Κρήτης και των νησιών της Ρόδου, συμπεριλαμβανομένων, ωστόσο, αυτών του συγκροτήματος των Κυκλάδων που μόλις πρόσφατα διασυνδέθηκαν με το ελληνικό ηπειρωτικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, η σημαντική αύξηση της τοπικής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας των ΜΔΝ κατά την τουριστική περίοδο έχει ως αποτέλεσμα την περιορισμένη χρήση των θερμοηλεκτρικών μονάδων κατά τη διάρκεια του υπόλοιπου έτους, ιδιαίτερα εάν οι τελευταίες είναι υπερμεγέθεις όσον αφορά στις μέσες απαιτήσεις ηλεκτρικής ενέργειας αυτόνομου δικτύου, γεγονός που αφορά, κατά κύριο λόγο, τα πολύ μικρής έως μεσαίας κλίμακας νησιά του Αρχιπελάγους του Αιγαίου.

Το άμεσο αποτέλεσμα αυτής της κατάστασης είναι οι συντελεστές χαμηλής χωρητικότητας για όλους αυτούς τους αυτόνομους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, σε συνδυασμό, επίσης, με τις, ιδιαίτερα υψηλές, τιμές ειδικής κατανάλωσης καυσίμου (Specific Fuel Consumption - SFC), στο εύρος των 200–300 gr/kWh, που με τη σειρά του οδηγεί σε αρκετά αυξημένο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για τα περισσότερα τοπικά ηλεκτρικά συστήματα. Στο πλαίσιο αυτό, η συνδυασμένη επίδραση των υψηλών τιμών ειδικής κατανάλωσης καυσίμου σε συνδυασμό με τις εκτεταμένες απαιτήσεις συντήρησης και την απόσβεση των περιουσιακών στοιχείων των αυτόνομων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έχει ως αποτέλεσμα τη συνεχή αύξηση του συνολικού κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, τα τελευταία χρόνια, το ετήσιο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας όλων των ΜΔΝ έχει ξεπεράσει τα 300 εκατ. €, χωρίς να περιλαμβάνονται τα ηλεκτρικά συστήματα Κρήτης και Ρόδου, ενώ επηρεάζεται έντονα τόσο από τις εισαγόμενες ποσότητες πετρελαίου όσο και από τη μεταβλητότητα των τιμών τους.

3.14 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας ΑΠΕ σε ΜΔΝ του Αιγαίου

Σύμφωνα με μακροπρόθεσμες μετρήσεις, τα περισσότερα από τα ΜΔΝ του Αιγαίου διαθέτουν εξαιρετικό δυναμικό ΑΠΕ που υποστηρίζει ενέργειες για τη μεγιστοποίηση της διάχυσης των εγκαταστάσεων για την εκμετάλλευση του προσφερόμενου στις περιοχές αυτές πλούτου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Παρόλο το, πολύ υψηλής ποιότητας, αιολικό δυναμικό που χαρακτηρίζει τα περισσότερα από τα ΜΔΝ καθώς και το εξαιρετικό ηλιακό δυναμικό ολόκληρου του Αρχιπελάγους του Αιγαίου (Εικόνα 20), η πρόοδος που σημειώθηκε στις εφαρμογές ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ δεν ανταποκρίθηκε στις προσδοκίες. Με βάση τα διαθέσιμα επίσημα δεδομένα (Kaldellis et al., 2017), η αιολική ενέργεια παρουσίασε στασιμότητα στα ~75 MW, κατανεμημένη σε περίπου 100 αιολικά πάρκα, διασκορπισμένα κυρίως στα μεγαλύτερα και μεσαίας κλίμακας νησιά του Αιγαίου, ενώ η ισχύς των Φ/Β, η οποία υπερβαίνει ελαφρώς τα 40 MWp, συγκεντρώνεται επίσης στα μεγαλύτερα νησιά της προαναφερθείσας περιοχής.

WIND & SOLAR ENERGY IN GREECE



Εικόνα 20. Αιολικό και Ηλιακό Δυναμικό στο Αιγαίο Πέλαγος (Πηγή: Kaldellis, 2020).

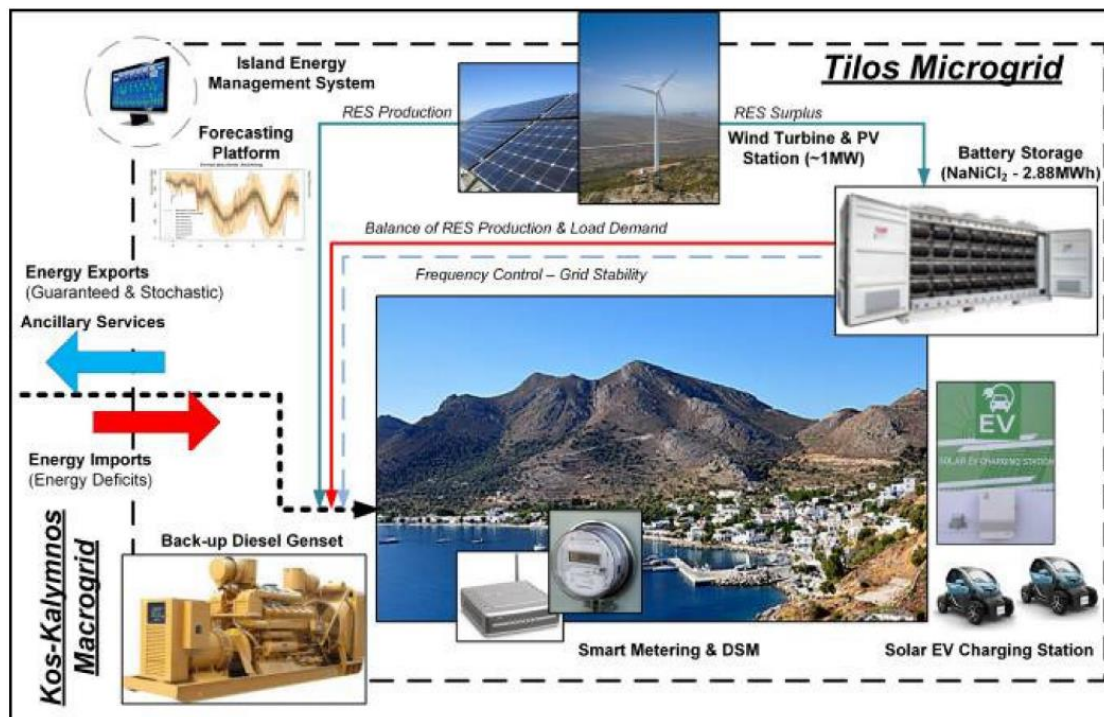
Επιπλέον, η στασιμότητα που συναντάται στην υλοποίηση νέων σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ΑΠΕ αντικατοπτρίζεται περαιτέρω στην παραπάνω Εικόνα 2, όπου απεικονίζεται η συμβολή των ΑΠΕ στην κάλυψη της τοπικής ζήτησης φορτίου για όλα τα ΜΔΝ, σε μηνιαία βάση. Από τα στοιχεία που παρουσιάζονται, συνάγεται το συμπέρασμα ότι το μερίδιο ΑΠΕ παρουσιάζει σχεδόν σταθερό πρότυπο, παρά τη μικρή αύξηση που ξεκινά από 15% το 2011 σε 18% το 2017. Όπως ήδη αναφέρθηκε, αυτό το συγκεκριμένο ανώτατο όριο διείσδυσης είναι το αποτέλεσμα του περιορισμού των δικτύων της τοπικής ηλεκτρικής ενέργειας (τεχνικά ελάχιστα θερμοηλεκτρικών μονάδων και τοπικά περιθώρια δυναμικής διείσδυσης στο δίκτυο) που αποθαρρύνουν την υλοποίηση νέων σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ΑΠΕ, λόγω των αναμενόμενων υψηλών περικοπών στις ποσότητες της ενέργειας από τις ΑΠΕ. Τέτοιες περικοπές για τα ήδη λειτουργούντα αιολικά πάρκα είναι ήδη εμφανείς σε κορεσμένα νησιωτικά ηλεκτρικά δίκτυα, όπως το σχετικά μεγάλο ηλεκτρικό δίκτυο που έχει διαμορφωθεί από τα νησιά Κω και Κάλυμνο, όπου είναι συνδεδεμένο το δίκτυο ηλεκτρικής

ενέργειας της Τήλου. Στο προαναφερθέν ηλεκτρικό δίκτυο, οι περικοπές που αντιμετωπίζουν τα τοπικά αιολικά πάρκα, με εγκατεστημένη ισχύ περίπου ίση με 15 MW, θα μπορούσαν να προσεγγίσουν ακόμη και την τιμή του 30% της σχετικής ετήσιας απόδοσης αιολικής ενέργειας. Κατά συνέπεια, οι επιβαλλόμενοι περιορισμοί του δικτύου και των μονάδων θερμικής ενέργειας αμφισβητούν τον συντελεστή αποτελεσματικής χωρητικότητας των υφιστάμενων αιολικών πάρκων, εμποδίζοντας έντονα τη μέγιστη εκμετάλλευση του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού (Kaldellis et al., 2012).

Προκειμένου να βελτιωθεί το περιορισμένο μερίδιο της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ σε όλα αυτά τα απομακρυσμένα νησιά, τα πιλοτικά έργα που χαρακτηρίζονται από ολοκληρωμένες λύσεις τελευταίας τεχνολογίας, τα οποία συνδυάζουν έξυπνα και εξελιγμένα τα χαρακτηριστικά διαχείρισης, όπως είναι η πρόβλεψη και η διαχείριση του κατανεμημένου συστήματος (Distributed System Management - DSM), καθώς και τα συστήματα αποθήκευση ενέργειας, θα μπορούσαν να προετοιμάσουν την προσπάθεια αυτή. Για το σκοπό αυτό, το πρωτοποριακό έργο TILOS Horizon 2020, που αναπτύχθηκε στο ομώνυμο νησί της Ελλάδας υποδεικνύει τον τρόπο με τον οποίο η αποθήκευση μπαταριών σε κοινοτική κλίμακα μπορεί να οδηγήσει στην επίτευξη της βέλτιστης συνεργασίας μεταξύ της τοπικά αναπτυσσόμενης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και των προηγμένων τεχνικών, όπως το DSM.

3.15 Προτεινόμενη Ολοκληρωμένη Λύση Ηλεκτρισμού για Απομακρυσμένα Νησιά

Προκειμένου να βελτιωθεί η ενεργειακή αυτονομία και η ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού των ΜΔΝ, έχει αναπτυχθεί μια ολοκληρωμένη λύση (Εικόνα 21) με βάση το διαθέσιμο αιολικό και ηλιακό δυναμικό εκμετάλλευσης μαζί με μια κατάλληλη υποδομή αποθήκευσης ενέργειας, εισάγοντας επίσης ορισμένα επιπλέον στοιχεία έξυπνου δικτύου. Πρόκειται για μια πολλά υποσχόμενη λύση για διάφορα ελληνικά νησιά του Αιγαίου Πελάγους, και ιδιαίτερα για τα πιο μακρινά και μικρής κλίμακας, όπως είναι και η περίπτωση της Αλοννήσου.



Εικόνα 21. Η ενεργειακή λύση που βασίζεται σε ΑΠΕ σε ΜΑΝ. Η περίπτωση της Τήλου (Πηγή: Kaldellis, 2020).

Πιο συγκεκριμένα, για κάθε νησί θα πρέπει να εκτιμηθεί το διαθέσιμο δυναμικό ΑΠΕ, που, όπως είναι γνωστό, αναφέρεται στην αιολική και ηλιακή ενέργεια, στην βιομάζα και στη γεωθερμία.

Όπως προκύπτει από τα υπάρχοντα στοιχεία, η σχετική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας είναι αυξημένη στα νησιά κατά την καλοκαιρινή περίοδο, λόγω της λειτουργίας των τοπικών τουριστικών εγκαταστάσεων.

Με βάση την υφιστάμενη διαδικασία αδειοδότησης στην Ελλάδα, η μέγιστη ισχύς ΑΠΕ που θα εγκατασταθεί σε αυτόνομο νησιωτικό δίκτυο δεν μπορεί να υπερβαίνει τη ζήτηση φορτίου αιχμής τοπικής κατανάλωσης (π.χ. 960 kW), επομένως:

$$P_{res} = P_W + P_{PV} \leq \text{Μέγιστη ζήτηση}$$

Όπου:

P_{res} : Μέγιστη ονομαστική ισχύς (KW)

P_w : Ισχύς από τα αιολικά πάρκα (KW)

P_{pv} : Ισχύς από τα φωτοβολταϊκά πάρκα (KW)

Μετά τους σχετικούς υπολογισμούς, εγκαθίσταται ένα πλήρως σχεδιασμένο και διαχειρίσιμου μεγέθους σύστημα αποθήκευσης ενέργειας (Cabrera et al., 2018; Kaldellis et al., 2009; Kaldellis & Zafirakis, 2007b), για τη βελτίωση της ισορροπίας ισχύος του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας (ενεργό και αντιδραστικό) και τη μείωση της εξάρτησης από ορυκτά καύσιμα. Η αντίστοιχη τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας και οι κύριες λειτουργικές της παράμετροι (δηλαδή, ισχύς εισόδου-εξόδου, ρυθμός φόρτισης/εκφόρτισης, απόδοση μετ' επιστροφής, βάθος εκφόρτισης, χωρητικότητα ενέργειας κ.λπ.) καθορίζονται από τη ζήτηση φορτίου αιχμής του εκάστοτε νησιού, τα εγγενή χαρακτηριστικά του (π.χ. διαθεσιμότητα γης, τοπογραφία κ.λπ.), καθώς και το βαθμό ενεργειακής αυτονομίας που πρέπει να επιτευχθεί (ή την προβλεπόμενη μέγιστη συνεισφορά πετρελαίου στο ενεργειακό μείγμα του νησιού).

Η εισαγωγή τεχνικών DSM σε συνδυασμό με έξυπνους μετρητές για τα κύρια μεταβαλλόμενα φορτία προτείνεται ως μια άλλη κρίσιμη παράμετρος για την επίτευξη βελτιωμένης ισορροπίας ισχύος ηλεκτρικού δικτύου (Kaldellis & Zafirakis, 2019). Επιπλέον, η διαχείριση φορτίου μπορεί να εφαρμοστεί στον οικιακό και ξενοδοχειακό τομέα, καθώς και σε άλλους κύριους καταναλωτές του νησιού. Επιπρόσθετα, η διείσδυση ηλεκτρικών οχημάτων στον τομέα των μεταφορών του νησιού της Αλονήσσου θα μπορούσε επίσης να βοηθήσει προς αυτή την κατεύθυνση, με τα τοπικά, σχετικά περιορισμένα (μέγιστη απόσταση 15 km), οδικά δίκτυα να υποδηλώνουν το ιδανικό έδαφος για εφαρμογές ηλεκτροκίνησης.

Οι μέθοδοι πρόβλεψης και τα συναρτώμενα συστήματα μπορούν, επίσης, να ληφθούν υπόψη στο πλαίσιο της αναβάθμισης της λειτουργίας και της βελτίωσης της ευελιξίας του πλήρους συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Electricity Production System - EPS), με παράλληλη μεγιστοποίηση της συμβολής των ΑΠΕ. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η ανάπτυξη μιας καινοτόμου Πλατφόρμας Πρόβλεψης (Forecasting Platform – FP) που είναι ικανή να παρέχει αξιόπιστες προβλέψεις της ζήτησης φορτίου, της ηλιακής ενέργειας και της παραγωγής αιολικής ενέργειας αρκετές ώρες πριν (Moustris et al., 2020; Zafirakis et al., 2019). Τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά αποτελούν τον πυρήνα ενός Συστήματος Διαχείρισης Ενέργειας Υψηλού Επιπέδου

(Energy Management System - EMS) και ενός Κέντρου, υπεύθυνου για τον συντονισμό του προγραμματισμού και της βέλτιστης λειτουργίας των διαφόρων υποσυστημάτων μιας τέτοιας ολοκληρωμένης λύσης. Με βάση τα στοιχεία πρόβλεψης, η στρατηγική λειτουργίας και αποστολής της αποθήκευσης ενέργειας μπορεί να βελτιωθεί, ενώ παράλληλα ενημερώνονται οι τελικοί χρήστες για τις δυνατότητες ανταπόκρισης στη ζήτηση, ευνοώντας τη μεγιστοποίηση της συνεισφοράς των ΑΠΕ και τη σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας.

Στο πλαίσιο αυτό, είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι όλα τα προαναφερθέντα βήματα επιβάλλουν συνεχή εκπαίδευση και αλληλεπίδραση με την τοπική κοινωνία (Stefanides et al., 2019). Για το σκοπό αυτό, θα πρέπει να καθιερωθεί στενή συνεργασία με τις τοπικές αρχές, με σεβασμό των προτεραιοτήτων τους, ενώ, ταυτόχρονα ο υπεύθυνος εφαρμογής του έργου θα πρέπει να διαδίδει στους ντόπιους τις πληροφορίες για την εισαγωγή της νέας υποδομής και τα αναμενόμενα οφέλη.

Η ηλεκτροκίνηση αντιπροσωπεύει μια ιδιαίτερα σημαντική επιλογή για τη μείωση των εκπομπών άνθρακα στον τομέα των οδικών μεταφορών. Η προσπάθεια προσέγγισης της αξιοποίησης της ηλεκτροκίνησης συναρτάται με παράγοντες όπως η πυκνότητα πληθυσμού, το ΑΕΠ/κεφαλή, τα επίπεδα εκπαίδευσης, η υφιστάμενη δυνατότητα φόρτισης του ηλεκτρικού αυτοκινήτου, η αυτονομία της ηλεκτρικής μπαταρίας. Έχει, επίσης,δειχθεί, ότι οι περιοχές με υψηλότερο μέσο εισόδημα, ΑΕΠ/κεφαλή και πυκνότητα πληθυσμού παρουσιάζουν υψηλότερη απορρόφηση ηλεκτρικών οχημάτων (Shaban et al., 2022).

Η ηλεκτροδότηση του τομέα των μεταφορών αποτελεί βασική επιλογή για τη μείωση των εκπομπών άνθρακα, με στόχο τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ), ο κλάδος των μεταφορών αντιπροσωπεύει περίπου το 22,5% του συνόλου των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (Greenhouse Gas - GHG), γεγονός που τον καθιστά τομέα στον οποίο είναι ισχυρή η αναγκαιότητα επίτευξης περαιτέρω προόδου. Ως αποτέλεσμα, τα ηλεκτρικά οχήματα (Electric Vehicle - EV) φαίνεται να αποτελούν αξιόπιστη πρόταση καθαρότερης και πιο βιώσιμης εναλλακτικής λύσης σε σχέση με τους παραδοσιακούς κινητήρες εσωτερικής καύσης. Στην Ελλάδα, το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (National Energy and Climate Plan - NECP) αποσκοπεί στην επίτευξη της νομοθεσίας Fit For 55 (πρόκειται για το σχέδιο της ΕΕ για την Πράσινη Μετάβαση) της ΕΕ και στοχεύει στη μείωση των εκπομπών άνθρακα

κατά 55% των επιπέδων του 2005 έως το 2030 και στην επίτευξη ουδετερότητας άνθρακα έως το 2050 (Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2023). Η ηλεκτροδότηση των μεταφορών αποτελεί ουσιαστικό βήμα για την επίτευξη αυτού του στόχου.

Σύμφωνα με την Ένωση Ευρωπαίων Κατασκευαστών Αυτοκινήτων, η ελληνική αγορά σημείωσε αύξηση 30% στις ταξινομήσεις μονάδων ηλεκτρικών οχημάτων με μπαταρία (Battery Electric Vehicle - BEV) το 2022 και αύξηση 15% στις εγγραφές μονάδων plug-in υβριδικών ηλεκτρικών οχημάτων (Plug-in Hybrid Electric Vehicle - PHEV). Το μερίδιο αγοράς των BEV και PHEV, ωστόσο, παραμένει ιδιαίτερα χαμηλό, στο 2,7% και 5,2% των συνολικών ταξινομήσεων νέων οχημάτων το 2022, αντίστοιχα. Ενώ υπάρχει μια ανοδική τάση στις ταξινομήσεις ηλεκτρικών οχημάτων, τα EV εξακολουθούν να καταλαμβάνουν μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό της αγοράς οχημάτων. Σε παγκόσμιο επίπεδο, το μερίδιο αγοράς των ηλεκτρικών οχημάτων είναι εξαιρετικά ανισοκατανομημένο γεωγραφικά, με την Ελλάδα να βρίσκεται στο χαμηλό επίπεδο, με το μερίδιο αγοράς της 7,9% στα EV που έχουν ταξινομηθεί σε ευρωπαϊκό επίπεδο (Europe, 2022). Ωστόσο, η συνεχώς αυξανόμενη τάση στις πωλήσεις EV οφείλεται σε μεγάλο βαθμό σε δύο παράγοντες: στην αύξηση της προσφοράς ηλεκτρικών οχημάτων και στην αύξηση της ζήτησης. Τα EV γίνονται πιο ανταγωνιστικά κάθε χρόνο, τόσο λόγω των βελτιώσεων στην τεχνολογία EV, που τα καθιστούν πιο επιθυμητά από τους κινητήρες εσωτερικής καύσης (Internal Combustion Engines - ICE), όσο και λόγω της εθνικής και διεθνούς πολιτικής και νομοθεσίας που προωθεί τα EV και θέτει στόχους απαλλαγής από τις ανθρακούχες μεταφορές.

Η υιοθέτηση ηλεκτρικών οχημάτων, παγκοσμίως, μπορεί να συσχετιστεί κατά κύριο λόγο με την υποστήριξη που η τεχνολογία προσφέρει στους χρήστες ιδιοκτήτες τους, καθώς και στα κίνητρα που οι εθνικές οικονομίες θα προσφέρουν για την αντικατάσταση των συμβατικών αυτοκινήτων με ηλεκτρικά (Meade & Rabelo, 2004). Τα κίνητρα αυτά έχουν ιδιαίτερη σημασία για την Ελλάδα, όπου τα περιφερειακά χαρακτηριστικά θα μπορούσαν να έχουν μεγάλη επιρροή στην περαιτέρω υιοθέτηση των ηλεκτρικών οχημάτων. Έχειδειχθεί ότι η ανάπτυξη της αγοράς EV εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ανάπτυξη της υποδομής φόρτισης (Tsiropoulos et al., 2022; Qu et al., 2020; Mastoi et al., 2022).

Κεφάλαιο 4^ο – Εφαρμογή της πρότασης

4.1 Εισαγωγή στο Πρόβλημα

Οι περιβαλλοντικές πιέσεις που ασκούνται στα ελληνικά νησιά από την έντονη τουριστική δραστηριότητα και τη χρήση οχημάτων που λειτουργούν με ορυκτά καύσιμα έχουν αναδειχθεί ως ένα από τα βασικά ζητήματα προς επίλυση, στο πλαίσιο της παγκόσμιας μετάβασης προς μια πράσινη οικονομία. Η ηλεκτροκίνηση αποτελεί έναν κρίσιμο τομέα αυτής της μετάβασης, καθώς μπορεί να συμβάλει σημαντικά στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), στη βελτίωση της ποιότητας ζωής και στη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα .

Το νησί της Αλοννήσου, γνωστό για το φυσικό του κάλλος και το θαλάσσιο πάρκο του που προστατεύει τη βιοποικιλότητα της περιοχής, είναι ένας τόπος με σημαντικό οικολογικό ενδιαφέρον. Ωστόσο, η αύξηση της τουριστικής κίνησης και η ανάγκη για καθημερινή μετακίνηση των κατοίκων έχει οδηγήσει σε υψηλές εκπομπές αερίων ρύπων και σε αύξηση της κατανάλωσης συμβατικών καυσίμων. Η ηλεκτροκίνηση θα μπορούσε να αποτελέσει μια βιώσιμη λύση που συνδυάζει τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων με την ενεργειακή αυτάρκεια .

Η μετάβαση σε ένα πλήρως ηλεκτροκινούμενο σύστημα μεταφορών σε ένα μικρό νησί, όπως η Αλόννησος, μπορεί να εξυπηρετήσει τόσο τους κατοίκους όσο και τους επισκέπτες, βελτιώνοντας την κινητικότητα και ενισχύοντας τη βιωσιμότητα του τουριστικού προϊόντος. Το συγκεκριμένο έργο εντάσσεται σε μια ευρύτερη στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την προώθηση της βιώσιμης κινητικότητας και της μείωσης των εκπομπών άνθρακα, ενώ πολλές ευρωπαϊκές χώρες έχουν ήδη υλοποιήσει πιλοτικά προγράμματα ηλεκτροκίνησης σε νησιωτικές περιοχές .

4.2 Σκοπός της Έρευνας

Ο κύριος στόχος της παρούσας έρευνας είναι να διερευνήσει τη δυνατότητα υλοποίησης της ηλεκτροκίνησης ως αποκλειστικό μέσο μετακίνησης στο νησί της Αλοννήσου. Η μελέτη αυτή θα επικεντρωθεί στην αξιολόγηση των πλεονεκτημάτων και των προκλήσεων της μετάβασης αυτής, αναλύοντας τους τεχνικούς, οικονομικούς, κοινωνικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες που επηρεάζουν την υλοποίησή της.

Ειδικότερα, θα εξεταστούν τα εξής:

1. **Η ενεργειακή αυτάρκεια** του νησιού μέσω της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) για την τροφοδοσία των ηλεκτρικών οχημάτων .
2. **Οι κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις** της μετάβασης στην ηλεκτροκίνηση, συμπεριλαμβανομένης της αποδοχής της από τους κατοίκους και της τουριστικής βιομηχανίας.
3. **Οι υποδομές** που απαιτούνται για την υποστήριξη ενός πλήρως ηλεκτροκινούμενου συστήματος μεταφορών, συμπεριλαμβανομένων των σταθμών φόρτισης και της βελτίωσης του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας .

Η παρούσα μελέτη θα βασιστεί σε βιβλιογραφικές αναφορές από σύγχρονες έρευνες για τη βιώσιμη ανάπτυξη και τη μετάβαση στην ηλεκτροκίνηση, εξετάζοντας περιπτώσεις άλλων νησιών και απομακρυσμένων κοινοτήτων σε ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο.

4.3 Ανάλυση της Υφιστάμενης Κατάστασης

Για την ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης σχετικά με την ηλεκτροκίνηση στην Αλόνησο, αρχικά πρέπει να εξεταστεί το τρέχον μεταφορικό σύστημα και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της χρήσης ορυκτών καυσίμων. Η Αλόνησος, με μόνιμο πληθυσμό περίπου 2.750 κατοίκων, εξυπηρετείται κυρίως από οχήματα που χρησιμοποιούν βενζίνη και πετρέλαιο, συμβάλλοντας σε σημαντικά επίπεδα εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και άλλων αερίων ρύπων. Η τουριστική δραστηριότητα εντείνεται κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, αυξάνοντας τη ζήτηση για καύσιμα και επιδεινώνοντας τη ρύπανση (European Environment Agency, 2021).

Η εξάρτηση της Αλονήσου από συμβατικές μορφές ενέργειας καθιστά το νησί ευάλωτο σε διακυμάνσεις των τιμών των καυσίμων, ενώ το υψηλό κόστος μεταφοράς των καυσίμων στα νησιά επιβαρύνει την οικονομία των τοπικών κατοίκων και επιχειρήσεων (International Energy Agency, 2022). Η προστασία του φυσικού περιβάλλοντος της Αλονήσου, γνωστή για το Εθνικό Θαλάσσιο Πάρκο και τη βιοποικιλότητα που φιλοξενεί, αναδεικνύει την ανάγκη για υιοθέτηση βιώσιμων λύσεων στην κινητικότητα, ώστε να μειωθούν οι επιπτώσεις από τις εκπομπές ρύπων και την κλιματική αλλαγή (WWF Greece, 2020).

Η προώθηση της ηλεκτροκίνησης αποτελεί κεντρικό στόχο της στρατηγικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την κλιματική ουδετερότητα έως το 2050, και η Ελλάδα έχει δεσμευτεί να υποστηρίξει την ανάπτυξη υποδομών για την ηλεκτροκίνηση μέσω εθνικών και ευρωπαϊκών πόρων (European Commission, 2019). Τα νησιά της Αστυπάλαιας και της Τήλου αποτελούν παραδείγματα επιτυχημένων πιλοτικών προγραμμάτων για τη μείωση των εκπομπών και την αύξηση της ενεργειακής αυτάρκειας μέσω ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Smart & sustainable island, 2024). Η Αλόνησος έχει επίσης δυνατότητες να αναπτύξει αντίστοιχες υποδομές, αξιοποιώντας τη γεωγραφική της θέση και τις μικρές αποστάσεις μεταξύ των οικισμών, που ευνοούν τη χρήση ηλεκτρικών οχημάτων (Green European Foundation, 2024).

Ωστόσο, η μετάβαση στην ηλεκτροκίνηση στο νησί θα απαιτήσει σημαντικές επενδύσεις σε υποδομές φόρτισης και βελτιώσεις στο ηλεκτρικό δίκτυο, ενώ η ενημέρωση των κατοίκων και η υποστήριξη από την τοπική κοινωνία θα είναι καίριας σημασίας για την επιτυχία του εγχειρήματος (International Renewable Energy Agency, 2020). Βιβλιογραφικές αναφορές δείχνουν ότι η ενσωμάτωση της ηλεκτροκίνησης σε απομονωμένες περιοχές, όπως τα νησιά, μπορεί να συμβάλει στη μείωση της εξάρτησης από τα εισαγόμενα καύσιμα και στη βελτίωση της ενεργειακής αυτάρκειας, ενώ ταυτόχρονα προάγει τη βιωσιμότητα και την τουριστική ανάπτυξη (IEA, 2022).

4.4 Πλεονεκτήματα της Αλοννήσου

Η Αλόνησος παρουσιάζει μια σειρά από χαρακτηριστικά που την καθιστούν ιδιαίτερα ευνοϊκή για την ανάπτυξη ενός project ηλεκτροκίνησης, συνδυάζοντας πλεονεκτήματα που ενισχύουν την υλοποίηση του εγχειρήματος. Αυτά τα χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν γεωγραφικά, περιβαλλοντικά, και κοινωνικά πλεονεκτήματα, τα οποία μπορεί να συμβάλουν στην επιτυχία της μετάβασης στην ηλεκτροκίνηση.

Το γεωγραφικό μέγεθος και η δομή του νησιού αποτελούν σημαντικά πλεονεκτήματα. Η Αλόνησος είναι σχετικά μικρή και πυκνοκατοικημένη, γεγονός που διευκολύνει την ανάπτυξη και τη διαχείριση ενός δικτύου σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Το περιορισμένο μέγεθος του νησιού επιτρέπει την ταχεία και αποτελεσματική εγκατάσταση των απαραίτητων υποδομών σε στρατηγικά σημεία, γεγονός που είναι λιγότερο εφικτό σε μεγαλύτερες και πιο πυκνοκατοικημένες περιοχές.

Περιβαλλοντικά, η Αλόνησος έχει αναγνωριστεί για την πλούσια φυσική της κληρονομιά και τα πλούσια οικοσυστήματα της, γεγονός που ενισχύει την ανάγκη για βιώσιμες και φιλικές προς το περιβάλλον πρακτικές. Η ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης στο νησί μπορεί να συμβάλει στη μείωση των εκπομπών ρύπων και στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα, κάτι που είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την προστασία των ευαίσθητων οικοσυστημάτων και των φυσικών πόρων του νησιού (International Energy Agency, 2024). Επιπλέον, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων θα μπορούσε να ενισχύσει την περιβαλλοντική αειφορία και να μειώσει την εξάρτηση από εξωτερικές πηγές ενέργειας.

Κοινωνικά, η Αλόνησος έχει μια ενεργή και υποστηρικτική κοινότητα που μπορεί να αποτελέσει σημαντικό παράγοντα επιτυχίας για την υλοποίηση του project. Η τοπική κοινωνία, συνειδητοποιώντας τα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη της ηλεκτροκίνησης, μπορεί να ενεργήσει ως καταλύτης για την υιοθέτηση και διάδοση των ηλεκτρικών οχημάτων. Η ενεργός συμμετοχή των κατοίκων και των τοπικών φορέων θα μπορούσε να προωθήσει τη συνεργασία και τη στήριξη του project, ενισχύοντας τις πιθανότητες επιτυχίας του (IEA, 2022).

Επιπλέον, η προώθηση της ηλεκτροκίνησης μπορεί να προσφέρει και οικονομικά οφέλη για την Αλόνησο, ενισχύοντας την τουριστική ελκυστικότητα του νησιού μέσω της δημιουργίας ενός «πράσινου» προορισμού. Η έμφαση στην αειφορία και τη βιώσιμη ανάπτυξη μπορεί να αποτελέσει ανταγωνιστικό πλεονέκτημα για τον τουρισμό, προσελκύοντας επισκέπτες που ενδιαφέρονται για την προστασία του περιβάλλοντος και τη βιώσιμη ζωή (European Commission, 2024).

Συνολικά, τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά, η περιβαλλοντική ευαισθησία, η ενεργή κοινωνία και τα οικονομικά οφέλη που συνδυάζει η Αλόνησος την καθιστούν μια ιδιαίτερα ευνοϊκή περίπτωση για την ανάπτυξη ενός project ηλεκτροκίνησης. Εάν αξιοποιηθούν σωστά, αυτά τα πλεονεκτήματα μπορούν να μετατρέψουν την πρόκληση της ηλεκτροκίνησης σε μια ευκαιρία για βιώσιμη ανάπτυξη και οικονομική ευημερία του νησιού.

4.5 Προγραμματισμός και Οικονομική Βιωσιμότητα της Μετάβασης

Ο προγραμματισμός της μετάβασης στην ηλεκτροκίνηση στο νησί της Αλοννήσου απαιτεί έναν στρατηγικό σχεδιασμό που θα βασίζεται σε τεχνολογικές, οικονομικές και κοινωνικές παραμέτρους. Πρώτο βήμα στον προγραμματισμό της μετάβασης είναι η εκτίμηση των αναγκών σε υποδομές φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Τα μικρά νησιά, όπως η Αλόνησος, έχουν τη δυνατότητα να αναπτύξουν ένα δίκτυο σταθμών φόρτισης σε κεντρικά σημεία του νησιού, όπως το λιμάνι, τουριστικά καταλύματα, και βασικά σημεία συνάθροισης, ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες τόσο των μόνιμων κατοίκων όσο και των τουριστών. Η υποστήριξη της μετάβασης μέσω της ενσωμάτωσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) – κυρίως φωτοβολταϊκών συστημάτων – είναι κρίσιμη για τη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα, καθώς και για την οικονομική βιωσιμότητα του εγχειρήματος (International Renewable Energy Agency, 2024).

Το κόστος εγκατάστασης των υποδομών για την ηλεκτροκίνηση περιλαμβάνει τις επενδύσεις σε σταθμούς φόρτισης, αναβάθμιση του ηλεκτρικού δικτύου και ενσωμάτωση συστημάτων διαχείρισης της ενέργειας. Σύμφωνα με έρευνες της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, το κόστος εγκατάστασης ενός μέσου σταθμού φόρτισης κυμαίνεται από 10.000 έως 30.000 ευρώ, ανάλογα με την ισχύ του σταθμού και τις ανάγκες φόρτισης (European Commission, 2021). Ωστόσο, η μακροπρόθεσμη εξοικονόμηση ενέργειας από τη χρήση ηλεκτρικών οχημάτων, σε σύγκριση με τα συμβατικά οχήματα που χρησιμοποιούν καύσιμα, μπορεί να μειώσει τα λειτουργικά έξοδα κατά 30-50%, ιδιαίτερα όταν η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από ΑΠΕ (IEA, 2022).

Η οικονομική βιωσιμότητα της μετάβασης εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως οι δυνατότητες χρηματοδότησης, οι δημόσιες επενδύσεις και η συμμετοχή ιδιωτικών φορέων. Η Ελλάδα έχει ήδη λάβει σημαντικές επιδοτήσεις από την Ευρωπαϊκή Ένωση για την προώθηση της ηλεκτροκίνησης, και η Αλόνησος μπορεί να επωφεληθεί από ευρωπαϊκά προγράμματα, όπως το Ταμείο Ανάκαμψης και Ανθεκτικότητας, που περιλαμβάνει κονδύλια για την ανάπτυξη υποδομών φόρτισης και την ενίσχυση της χρήσης καθαρής ενέργειας (Hellenic Ministry of Environment and Energy, 2022). Επιπλέον, ο ιδιωτικός τομέας, ιδίως οι τουριστικές επιχειρήσεις, θα μπορούσε να

συμμετάσχει μέσω επενδύσεων σε ηλεκτρικά οχήματα και εγκαταστάσεις φόρτισης για τους πελάτες τους, καθώς η ζήτηση για βιώσιμο τουρισμό αυξάνεται (IEA, 2022).

Μια άλλη σημαντική πτυχή της οικονομικής βιωσιμότητας είναι η ανάπτυξη νέων θέσεων εργασίας που θα σχετίζονται με τη λειτουργία, τη συντήρηση και τη διαχείριση των υποδομών ηλεκτροκίνησης, καθώς και η εκπαίδευση του τοπικού πληθυσμού για την κατανόηση και την αποδοχή αυτών των νέων τεχνολογιών. Σύμφωνα με το International Energy Agency (2024), η μετάβαση στην ηλεκτροκίνηση μπορεί να ενισχύσει την τοπική οικονομία, δημιουργώντας νέες ευκαιρίες για επαγγελματική κατάρτιση και ανάπτυξη δεξιοτήτων που σχετίζονται με τη βιώσιμη κινητικότητα.

Μακροπρόθεσμα, η μετάβαση στην ηλεκτροκίνηση στην Αλόνησο μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη, μειώνοντας την εξάρτηση από εισαγόμενα καύσιμα και προστατεύοντας το φυσικό περιβάλλον του νησιού. Ωστόσο, απαιτείται προσεκτικός σχεδιασμός και στρατηγική προσέγγιση για την εξασφάλιση της βιωσιμότητας αυτής της μετάβασης, μέσω της αξιοποίησης τόσο εθνικών όσο και ευρωπαϊκών χρηματοδοτήσεων, καθώς και της ενεργής συμμετοχής του τοπικού πληθυσμού και των επιχειρήσεων (WWF Greece, 2020).

4.6 Ανάπτυξη Υποδομών και Ενεργειακή Αυτάρκεια

Η ανάπτυξη υποδομών ηλεκτροκίνησης στην Αλόνησο αποτελεί κεντρικό παράγοντα για τη μετάβαση σε βιώσιμες μεταφορές. Για να επιτευχθεί αυτό, είναι απαραίτητη η εγκατάσταση σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε στρατηγικά σημεία του νησιού, όπως το λιμάνι, οι κεντρικοί οικισμοί και τουριστικά καταλύματα. Η εμπειρία από άλλα νησιά, όπως η Αστυπάλαια, που υλοποιεί ένα πιλοτικό πρόγραμμα πλήρους ηλεκτροκίνησης, δείχνει ότι η τοποθέτηση σταθμών φόρτισης πρέπει να είναι ισορροπημένη, ώστε να καλύπτει τις ανάγκες τόσο των κατοίκων όσο και των τουριστών (Hellenic Ministry of Environment and Energy, 2022).

Οι αναγκαίες υποδομές για την υποστήριξη της ηλεκτροκίνησης δεν περιορίζονται μόνο στους σταθμούς φόρτισης. Η ενίσχυση και αναβάθμιση του τοπικού ηλεκτρικού δικτύου είναι ζωτικής σημασίας, καθώς η αυξημένη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να μπορεί να καλύπτεται με σταθερότητα και αξιοπιστία. Η ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) στο ενεργειακό μίγμα της Αλοννήσου μπορεί να

συμβάλει καθοριστικά στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών για την ηλεκτροκίνηση, ενώ ταυτόχρονα ενισχύει τη βιωσιμότητα του εγχειρήματος (International Renewable Energy Agency, 2024). Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε δημόσια κτίρια και άλλες κοινόχρηστες εγκαταστάσεις θα μπορούσε να εξασφαλίσει την παραγωγή καθαρής ενέργειας για τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων, ενώ παράλληλα θα μειώσει την εξάρτηση από συμβατικές μορφές ενέργειας.

Η ενεργειακή αυτάρκεια αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς στόχους για τη βιώσιμη ανάπτυξη της Αλοννήσου. Η ηλεκτροκίνηση, σε συνδυασμό με την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, όπως τα φωτοβολταϊκά και η αιολική ενέργεια, θα μπορούσε να μειώσει δραστικά την ανάγκη εισαγωγής ενέργειας στο νησί και να περιορίσει το αποτύπωμα άνθρακα (IEA, 2022). Η εμπειρία από άλλα απομονωμένα νησιά, όπως η Τήλος, έχει δείξει ότι η πλήρης ενεργειακή αυτάρκεια μπορεί να επιτευχθεί μέσω του σωστού συνδυασμού ΑΠΕ και συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας, επιτρέποντας την αδιάλειπτη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας ακόμη και κατά τη διάρκεια περιόδων χαμηλής παραγωγής (Hellenic Ministry of Environment and Energy, 2022).

Η χρήση συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας, όπως οι μπαταρίες, είναι επίσης κρίσιμη για τη βέλτιστη διαχείριση της ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ. Αυτά τα συστήματα μπορούν να αποθηκεύουν ενέργεια που παράγεται κατά τη διάρκεια της ημέρας από τα φωτοβολταϊκά και να την απελευθερώνουν όταν υπάρχει αυξημένη ζήτηση ή όταν η παραγωγή από ΑΠΕ είναι περιορισμένη, όπως κατά τις νυχτερινές ώρες (International Energy Agency, 2024). Αυτός ο συνδυασμός ΑΠΕ και αποθήκευσης ενέργειας μπορεί να υποστηρίξει την ενεργειακή αυτάρκεια του νησιού και να μειώσει τις ανάγκες για χρήση ηλεκτρισμού από συμβατικές πηγές.

Ωστόσο, η μετάβαση στην ενεργειακή αυτάρκεια απαιτεί όχι μόνο τεχνικές επενδύσεις, αλλά και τη δημιουργία ενός κατάλληλου θεσμικού πλαισίου που θα προάγει τη συνεργασία μεταξύ δημόσιων και ιδιωτικών φορέων. Οι τοπικές αρχές πρέπει να συνεργαστούν με τους ιδιώτες επενδυτές, ώστε να διασφαλιστεί η επιτυχής υλοποίηση των έργων υποδομής και να ενισχυθεί η εμπιστοσύνη των τοπικών κοινωνιών στην ηλεκτροκίνηση και τις ΑΠΕ (IEA, 2022). Η υιοθέτηση κινήτρων, όπως φορολογικές

απαλλαγές και επιδοτήσεις για την εγκατάσταση ΑΠΕ και σταθμών φόρτισης, μπορεί να λειτουργήσει καταλυτικά για την επιτάχυνση της μετάβασης.

Συμπερασματικά, η ανάπτυξη υποδομών ηλεκτροκίνησης και η επίτευξη ενεργειακής αυτάρκειας στην Αλόνησο είναι αλληλένδετες διαδικασίες που απαιτούν συντονισμένες προσπάθειες, τεχνολογικές επενδύσεις και μακροπρόθεσμη στρατηγική. Με την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τη δημιουργία των κατάλληλων υποδομών, η Αλόνησος μπορεί να μετατραπεί σε ένα βιώσιμο πρότυπο νησιωτικής ηλεκτροκίνησης, ακολουθώντας το παράδειγμα άλλων νησιών που ήδη κινούνται προς αυτή την κατεύθυνση.

4.7 Κοινωνικές και Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις

Η ανάπτυξη υποδομών για την ηλεκτροκίνηση στην Αλόνησο αποτελεί έναν από τους βασικούς άξονες για τη μετάβαση σε βιώσιμες και καθαρές μεταφορές. Η εγκατάσταση σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων είναι θεμελιώδης, και η εμπειρία από πιλοτικά έργα σε άλλα νησιά της Ελλάδας, όπως η Αστυπάλαια, μπορεί να καθοδηγήσει τον σχεδιασμό των υποδομών. Η Αστυπάλαια, που φιλοδοξεί να γίνει ένα "έξυπνο και πράσινο" νησί, βασίζεται στην ανάπτυξη ενός δικτύου φόρτισης σε κομβικά σημεία, όπως το λιμάνι, τα τουριστικά καταλύματα και τα κύρια σημεία κυκλοφορίας (Hellenic Ministry of Environment and Energy, 2022). Αντίστοιχα, η Αλόνησος μπορεί να αναπτύξει ένα δίκτυο σταθμών φόρτισης με βάση την κίνηση των κατοίκων και των τουριστών, διασφαλίζοντας ότι οι σταθμοί είναι διαθέσιμοι στις πιο σημαντικές περιοχές του νησιού.

Πέρα από την ανάπτυξη σταθμών φόρτισης, η αναβάθμιση του ηλεκτρικού δικτύου είναι αναγκαία για να εξυπηρετήσει την αυξημένη ζήτηση. Η ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να ενισχύσει την ενεργειακή επάρκεια και να μειώσει το κόστος φόρτισης των οχημάτων. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα και αιολικά πάρκα θα μπορούσε να συμβάλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο, το οποίο στηρίζεται κυρίως σε ορυκτά καύσιμα. Έρευνες έχουν δείξει ότι η ανάπτυξη ΑΠΕ στα νησιά μπορεί να επιταχύνει τη μετάβαση προς την ενεργειακή αυτάρκεια, όπως αποδεικνύει το παράδειγμα της Τήλου, όπου η χρήση ανανεώσιμων πηγών σε συνδυασμό με συστήματα αποθήκευσης ενέργειας

εξασφαλίζει την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών ακόμα και σε περιόδους χαμηλής παραγωγής (Hellenic Ministry of Environment and Energy, 2022).

Η ενεργειακή αυτάρκεια αποτελεί έναν από τους πιο κρίσιμους παράγοντες για την επιτυχία της μετάβασης στην ηλεκτροκίνηση. Η χρήση τοπικά παραγόμενης καθαρής ενέργειας μπορεί να μειώσει την ανάγκη εισαγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το κεντρικό δίκτυο και να ενισχύσει την ενεργειακή ανεξαρτησία του νησιού. Επιπλέον, η αποθήκευση ενέργειας σε μπαταρίες, που απορροφά το πλεόνασμα παραγωγής κατά τη διάρκεια της ημέρας και το απελευθερώνει κατά τις νυχτερινές ώρες ή τις περιόδους αυξημένης ζήτησης, μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην ενίσχυση της σταθερότητας του δικτύου και στην ενεργειακή επάρκεια (International Energy Agency, 2022).

Η ανάπτυξη υποδομών ηλεκτροκίνησης και η εξασφάλιση ενεργειακής αυτάρκειας είναι αναπόσπαστες διαδικασίες που απαιτούν μακροχρόνιο σχεδιασμό και επενδύσεις. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει υποστηρίξει τέτοιου είδους έργα μέσω προγραμμάτων χρηματοδότησης για την ενίσχυση της χρήσης ΑΠΕ και την εγκατάσταση υποδομών φόρτισης, με στόχο τη μείωση των εκπομπών και τη βιώσιμη ανάπτυξη (European Commission, 2024). Στο πλαίσιο αυτό, η Αλόνησος μπορεί να αξιοποιήσει ευρωπαϊκά και εθνικά κονδύλια για την ανάπτυξη των αναγκαίων υποδομών, εξασφαλίζοντας την επιτυχή υλοποίηση της μετάβασης προς την ηλεκτροκίνηση και την ενεργειακή ανεξαρτησία.

Τέλος, η επιτυχία του εγχειρήματος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την υποστήριξη της τοπικής κοινωνίας. Οι τοπικές αρχές πρέπει να συνεργαστούν με τους ιδιώτες επενδυτές και τους κατοίκους του νησιού για την προώθηση της ηλεκτροκίνησης και τη μεγιστοποίηση των οφελών από την ενεργειακή αυτάρκεια. Οι ενημερωτικές καμπάνιες και τα οικονομικά κίνητρα, όπως επιδοτήσεις για την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων και την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών, θα μπορούσαν να ενισχύσουν την αποδοχή αυτών των τεχνολογιών και να επιταχύνουν τη μετάβαση προς μια πιο βιώσιμη μορφή μεταφορών (IEA, 2022).

4.8 Νομικό και Θεσμικό Πλαίσιο

Το νομικό και θεσμικό πλαίσιο για την ηλεκτροκίνηση στην Ελλάδα, όπως και σε πολλές άλλες ευρωπαϊκές χώρες, έχει διαμορφωθεί τα τελευταία χρόνια με γνώμονα

την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την ενίσχυση της βιώσιμης κινητικότητας. Η Ελλάδα, στο πλαίσιο της ευρωπαϊκής της δέσμευσης για μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και προστασία του περιβάλλοντος, έχει εισάγει νομοθετικές ρυθμίσεις που στοχεύουν στη στήριξη της ηλεκτροκίνησης και στη δημιουργία κατάλληλων υποδομών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων.

Ο Νόμος 4710/2020, που αποτελεί το βασικό νομοθετικό πλαίσιο για την ηλεκτροκίνηση στην Ελλάδα, θέτει τους κανόνες για την ανάπτυξη δικτύου φορτιστών, καθώς και για τα κίνητρα που προσφέρονται σε ιδιώτες και επιχειρήσεις που επιθυμούν να επενδύσουν στην αγορά ηλεκτρικών οχημάτων. Ο νόμος προβλέπει φορολογικές απαλλαγές, επιδοτήσεις για την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων, καθώς και την εγκατάσταση σταθμών φόρτισης σε δημόσιους και ιδιωτικούς χώρους. Ειδικότερα, το θεσμικό πλαίσιο ενθαρρύνει τις επιχειρήσεις του τουριστικού τομέα, όπως τα ξενοδοχεία, να εγκαταστήσουν υποδομές φόρτισης, διευκολύνοντας τη χρήση ηλεκτρικών οχημάτων από επισκέπτες και τουρίστες (Hellenic Ministry of Environment and Energy, 2022).

Σημαντικό ρόλο στη θεσμική υποστήριξη της ηλεκτροκίνησης έχει και η συμμετοχή της Ελλάδας στα ευρωπαϊκά προγράμματα και κανονισμούς που προάγουν τη βιώσιμη κινητικότητα. Η Ευρωπαϊκή Ένωση, με την οδηγία 2014/94/ΕΕ για την ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων, καθορίζει τους στόχους για την εγκατάσταση σταθμών φόρτισης και τη διευκόλυνση της πρόσβασης των πολιτών στις υπηρεσίες ηλεκτροκίνησης. Στο πλαίσιο αυτό, η Ελλάδα είναι υποχρεωμένη να αναπτύξει ένα δίκτυο σταθμών φόρτισης τόσο στις αστικές όσο και στις νησιωτικές περιοχές, προκειμένου να υποστηρίξει τη μετάβαση στην ηλεκτροκίνηση (European Commission, 2024).

Για τα νησιά, το νομικό πλαίσιο παρέχει ειδικές ρυθμίσεις που στοχεύουν στην ενίσχυση της χρήσης ηλεκτρικών οχημάτων, σε συνδυασμό με την αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την επίτευξη ενεργειακής αυτάρκειας. Στο πλαίσιο του προγράμματος «GR-eco islands», η Ελλάδα έχει θέσει στόχο τη μετατροπή ορισμένων νησιών σε «πράσινα νησιά», όπου η ηλεκτροκίνηση θα αποτελεί το κύριο μέσο μετακίνησης και η ενέργεια θα προέρχεται κυρίως από ανανεώσιμες πηγές. Η Αστυπάλαια, για παράδειγμα, αποτελεί το πρότυπο αυτού του προγράμματος, ενώ η

Αλόνησος θα μπορούσε να ακολουθήσει το ίδιο μοντέλο, αξιοποιώντας τις ρυθμίσεις και τα κίνητρα που παρέχονται μέσω του συγκεκριμένου προγράμματος (Hellenic Ministry of Environment and Energy, 2022).

Επιπλέον, το νομικό πλαίσιο ενθαρρύνει τη συνεργασία μεταξύ δημόσιου και ιδιωτικού τομέα για την ανάπτυξη υποδομών φόρτισης, ενώ προβλέπει συγκεκριμένα κίνητρα για επενδύσεις στην κατασκευή και διαχείριση σταθμών φόρτισης. Οι ιδιώτες επενδυτές έχουν τη δυνατότητα να λάβουν χρηματοδοτήσεις και επιδοτήσεις μέσω ευρωπαϊκών και εθνικών προγραμμάτων, καθώς και φορολογικές απαλλαγές, γεγονός που ενισχύει τη συμμετοχή τους στην ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης (IEA, 2022). Η θεσμική ρύθμιση του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας για την υποστήριξη της φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων και η σύνδεσή του με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελεί επίσης βασικό παράγοντα για την επιτυχία της μετάβασης στην ηλεκτροκίνηση στα νησιά.

Το θεσμικό πλαίσιο της ηλεκτροκίνησης περιλαμβάνει, επίσης, ρυθμίσεις για την περιβαλλοντική προστασία και την αειφόρο ανάπτυξη. Οι ρυθμίσεις αυτές ευθυγραμμίζονται με τους στόχους της Συμφωνίας του Παρισιού και την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία, με στόχο τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και τη στροφή προς καθαρές και ανανεώσιμες μορφές ενέργειας (European Commission, 2024). Η θεσμική υποστήριξη της βιώσιμης κινητικότητας μέσα από τις εθνικές και ευρωπαϊκές ρυθμίσεις, σε συνδυασμό με τα οικονομικά κίνητρα και τις επενδυτικές ευκαιρίες, μπορεί να δημιουργήσει τις κατάλληλες συνθήκες για την επιτυχημένη εφαρμογή της ηλεκτροκίνησης στην Αλόνησο, ενισχύοντας ταυτόχρονα την ενεργειακή αυτάρκεια και την περιβαλλοντική βιωσιμότητα του νησιού.

4.9 Προκλήσεις και Ευκαιρίες

Η μετάβαση στην ηλεκτροκίνηση στην Αλόνησο, όπως και σε άλλα νησιά, παρουσιάζει τόσο προκλήσεις όσο και σημαντικές ευκαιρίες για την προώθηση της βιώσιμης κινητικότητας και την ενεργειακή αυτάρκεια. Οι προκλήσεις που αντιμετωπίζει το νησί σχετίζονται κυρίως με την ανάπτυξη των αναγκαίων υποδομών, το κόστος της τεχνολογίας και τη διαχείριση της αυξημένης ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο, οι ευκαιρίες που προσφέρει αυτή η μετάβαση είναι εξίσου σημαντικές και περιλαμβάνουν τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, την

οικονομική ανάπτυξη μέσα από επενδύσεις στην πράσινη ενέργεια και την ενίσχυση του τουριστικού προϊόντος του νησιού μέσω της προώθησης της βιώσιμης ανάπτυξης.

Μία από τις βασικές προκλήσεις είναι η διαθεσιμότητα και η ανάπτυξη των κατάλληλων υποδομών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Η Αλόνησος, ως νησί με μικρό πληθυσμό και περιορισμένη τουριστική περίοδο, δεν διαθέτει ακόμη ένα ολοκληρωμένο δίκτυο σταθμών φόρτισης. Η έλλειψη σταθμών φόρτισης μπορεί να αποτελέσει εμπόδιο για την ευρεία υιοθέτηση των ηλεκτρικών οχημάτων, καθώς η πρόσβαση σε εύκολα διαθέσιμες υποδομές είναι καίρια για τους κατοίκους και τους επισκέπτες του νησιού. Έρευνες δείχνουν ότι η επιτυχία της ηλεκτροκίνησης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ανάπτυξη επαρκούς δικτύου σταθμών φόρτισης, ιδίως σε νησιωτικές περιοχές όπου η φόρτιση δεν μπορεί να γίνει εύκολα σε άλλα σημεία ((Taliotis et al., 2020a, 2020b).

Ένα άλλο ζήτημα αφορά το κόστος της τεχνολογίας και την αρχική επένδυση που απαιτείται τόσο από τους ιδιώτες όσο και από τις τοπικές αρχές. Το κόστος αγοράς ηλεκτρικών οχημάτων παραμένει υψηλότερο σε σχέση με τα συμβατικά οχήματα, παρά τα διάφορα κίνητρα και τις επιδοτήσεις που προσφέρονται σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο (European Commission, 2024). Επιπλέον, η ανάπτυξη των απαραίτητων υποδομών, όπως οι σταθμοί φόρτισης και η ενίσχυση του ηλεκτρικού δικτύου, απαιτεί σημαντικές επενδύσεις. Η συνεργασία μεταξύ του δημόσιου και του ιδιωτικού τομέα και η αξιοποίηση των ευρωπαϊκών προγραμμάτων χρηματοδότησης είναι καίριας σημασίας για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος.

Παρά τις προκλήσεις, η μετάβαση στην ηλεκτροκίνηση προσφέρει μεγάλες ευκαιρίες για την Αλόνησο. Η μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και η προστασία του φυσικού περιβάλλοντος αποτελούν σημαντικά οφέλη, τα οποία ενισχύουν τη φήμη του νησιού ως τουριστικού προορισμού φιλικού προς το περιβάλλον. Το παράδειγμα της Αστυπάλαιας, όπου το νησί φιλοδοξεί να μετατραπεί σε ένα πρότυπο βιώσιμης ανάπτυξης μέσω της χρήσης ηλεκτρικών οχημάτων και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, δείχνει πώς η ηλεκτροκίνηση μπορεί να προσδώσει ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στον τουριστικό τομέα (Hellenic Ministry of Environment and Energy, 2022). Με τη σωστή στρατηγική, η Αλόνησος θα μπορούσε να αναδειχθεί ως ένας «πράσινος» προορισμός, ελκύνοντας επισκέπτες που ενδιαφέρονται για τον βιώσιμο τουρισμό.

Ακόμα, η προώθηση της ηλεκτροκίνησης μπορεί να προσφέρει οικονομικές ευκαιρίες μέσα από την προσέλκυση επενδύσεων στην πράσινη ενέργεια και την τεχνολογία. Η ανάπτυξη φωτοβολταϊκών συστημάτων και άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την υποστήριξη του ενεργειακού συστήματος του νησιού, σε συνδυασμό με την αποθήκευση ενέργειας, μπορεί να συμβάλει στην επίτευξη ενεργειακής αυτάρκειας και στην αποφυγή των αυξημένων εξόδων από την εισαγωγή ενέργειας από το κεντρικό δίκτυο. Επιπλέον, η προώθηση της ηλεκτροκίνησης μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας στον τομέα της ενέργειας και των μεταφορών (International Energy Agency, 2024).

Τέλος, μια σημαντική ευκαιρία είναι η ενεργή συμμετοχή της τοπικής κοινωνίας στη μετάβαση προς την ηλεκτροκίνηση. Η τοπική κοινωνία, με τη σωστή εκπαίδευση και ενημέρωση, μπορεί να λειτουργήσει ως κινητήριο μοχλός για την προώθηση της ηλεκτροκίνησης και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, δημιουργώντας ένα κίνημα υπέρ της βιώσιμης ανάπτυξης. Η συνεργασία μεταξύ των τοπικών αρχών, των ιδιωτών και της κοινωνίας των πολιτών είναι καίριας σημασίας για την αντιμετώπιση των προκλήσεων και την αξιοποίηση των ευκαιριών που προσφέρει η μετάβαση στην ηλεκτροκίνηση (IEA, 2022).

Κεφάλαιο 5^ο – Το πλαίσιο του project της Αλοννήσου

5.1 Οι Σποράδες

Οι Βόρειες Σποράδες περιλαμβάνουν τα νησιά: Σκιάθο, Σκόπελο, Αλόνησο, Σκύρο και πολλά ακόμη νησάκια, τα οποία είναι ακατοίκητα στο μεγαλύτερο μέρος τους (Εικόνα 22). Διοικητικά, οι Βόρειες Σποράδες ανήκουν στην Περιφέρεια Θεσσαλίας και αποτελούνται από τους δήμους Σκιάθου, Σκοπέλου και Αλοννήσου.



Εικόνα 22. Βόρειες Σποράδες και Αλόνησος

5.2 Η Αλόνησος

5.2.1 Έκταση - Πληθυσμός

Η Αλόνησος (Λιαδρόμια), ανήκει στο σύμπλεγμα των Σποράδων. Έχει συνολική έκταση 64,5 τ. χλμ. και το μήκος των ακτών του νησιού ανέρχεται στα 67, περίπου, χλμ. Στην Αλόνησο υφίσταται ένα μοναδικό οικοσύστημα, το Εθνικό Θαλάσσιο Πάρκο Αλοννήσου και Βορείων Σποράδων.

Οι κάτοικοι στο Δήμο Αλοννήσου, σύμφωνα με την πρόσφατη απογραφή του 2021 είναι 3.138 κάτοικοι, παρουσιάζοντας αύξηση της τάξης του 14% συγκριτικά με τον πληθυσμό της απογραφής του 2011 (2.750 κάτοικοι) (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2024).

Η Αλόνησος είναι ένα νησί που, μέχρι σήμερα, έχει κάνει σημαντικά βήματα στην κυκλική οικονομία. Ήδη, από το 2016 λειτουργεί στο νησί μονάδα αφαλάτωσης με προδιαγραφές φιλικές προς το περιβάλλον, ενώ συμμετέχει στην ανακύκλωση ως πιλότος στο έργο LIFE-IP CEI-GREECE «Εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας στην Ελλάδα», μαζί με άλλα τέσσερα νησιά, την Αντίπαρο, τη Σαντορίνη, την Τήνο και την Πάρο. Η επιλογή των νησιών αυτών πραγματοποιήθηκε στη βάση των αυξημένων αναγκών διαχείρισης αποβλήτων, ειδικά κατά τις τουριστικές περιόδους του έτους (B2Green 2012-2023, 2021).

Σύμφωνα με ανακοίνωση του Δικτύου αειφόρων νησιών «Δάφνη», στα πέντε νησιά – πιλότους θα αναπτυχθούν ολοκληρωμένα σχέδια δράσεων, οι οποίες, μέσω του ευρωπαϊκού προγράμματος LIFE-IP CEI-GREECE θα αναπτυχθούν έως το 2027 και αναμένεται να αποτελέσουν πιλότο για την εφαρμογή των αρχών της κυκλικής οικονομίας σε όλη την ελληνική επικράτεια.

5.2.2 Ηλεκτροδότηση του νησιού

Η Αλόνησος, όπως, άλλωστε και όλα τα νησιά των Σποράδων, ηλεκτροδοτείται από τον νέο υποσταθμό του ΑΔΜΗΕ στην Εύβοια.

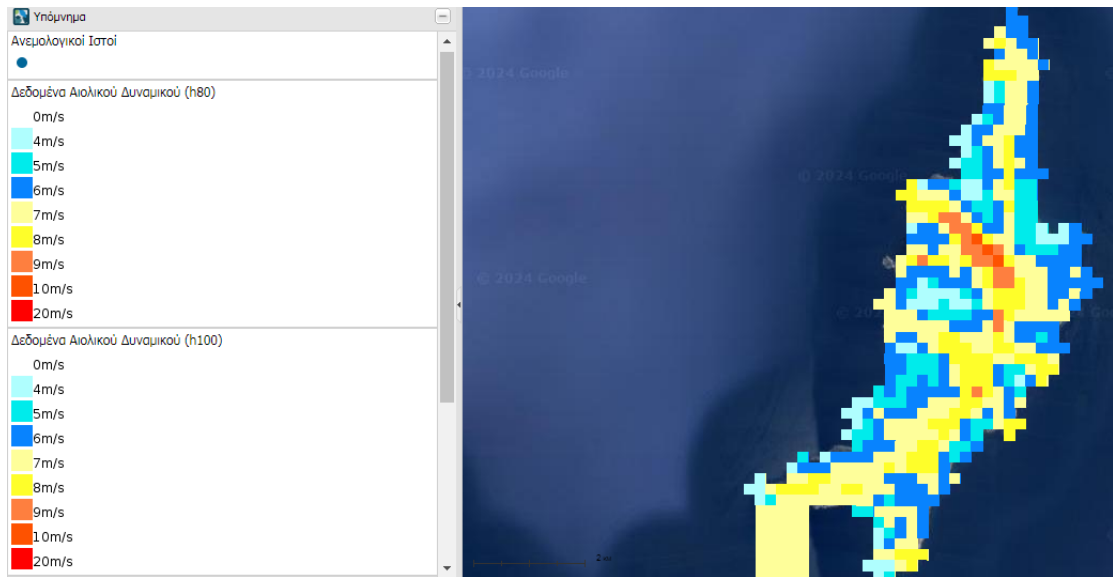
5.3 Υλοποίηση της πρότασης

Όπως παραπάνω περιγράφηκε, στόχος της προτεινόμενης παρέμβασης είναι η υποκατάσταση του υπάρχοντος στόλου οχημάτων στο νησί της Αλοννήσου με ηλεκτρικά οχήματα, η εισαγωγή καινοτόμων υπηρεσιών κινητικότητας σύμφωνα με τις ανάγκες των κατοίκων του νησιού, καθώς και η προώθηση της χρήσης των ΑΠΕ. Στο

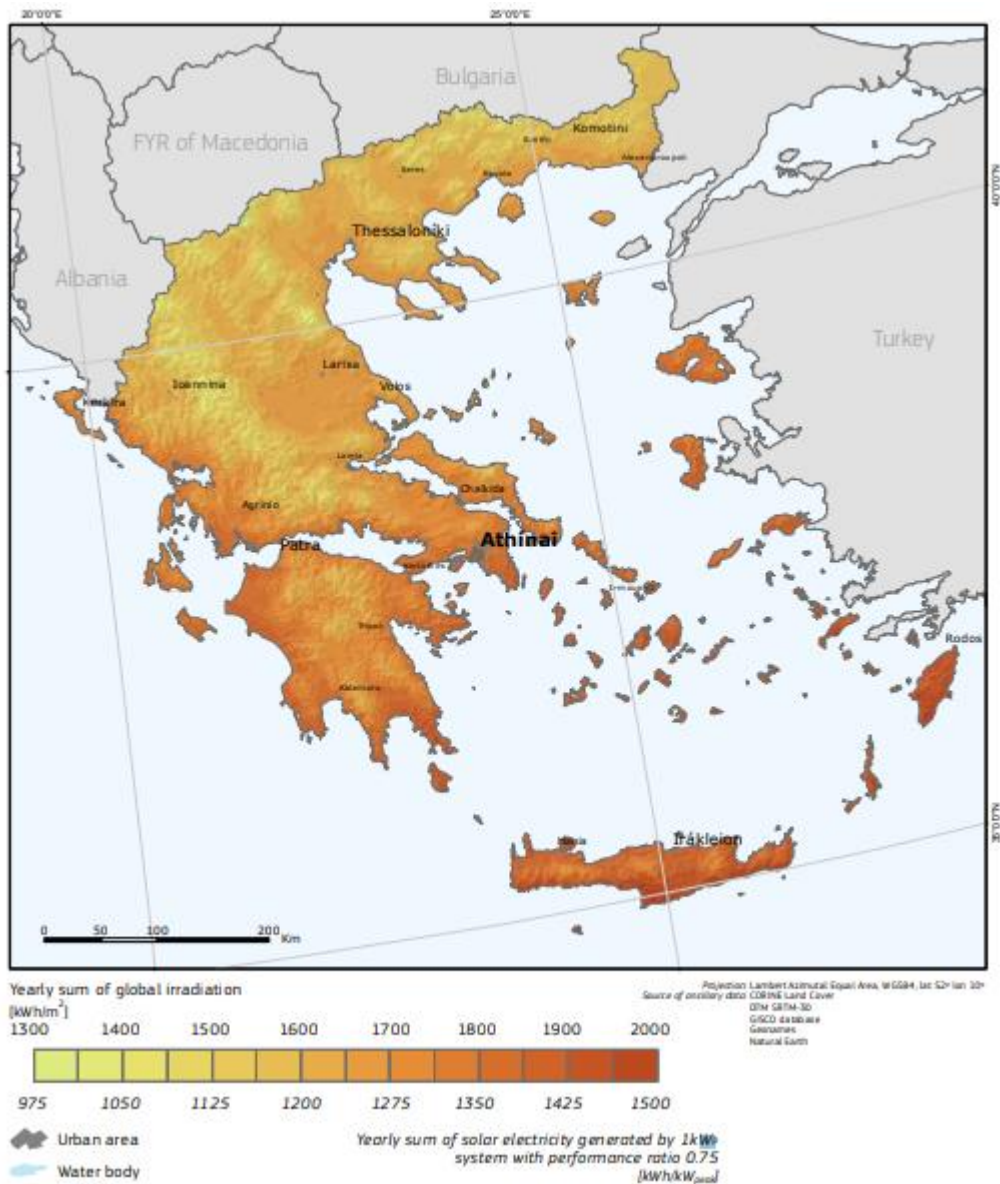
πλαίσιο αυτό, απαραίτητη είναι η διασφάλιση υψηλής ποιότητας υποδομής για την επαρκή φόρτιση των ηλεκτροκινούμενων μέσων, όσο και οδικής υποδομής. Και, φυσικά, η πλήρης ενεργειακή αυτονομία του νησιού, μέσω της χρήσης τεχνολογιών ΑΠΕ, κατά κύριο λόγο αιολικής και ηλιακής ενέργειας. Η παρούσα πρόταση αφορά τόσο στην αποκλειστική χρήση ηλεκτρικών ΙΧ αυτοκινήτων, όσο και στη χρήση ηλεκτρικών λεωφορείων για τα τοπικά δρομολόγια εντός του νησιού, καθώς και στη χρήση ηλεκτρικών σκούτερ και ηλεκτρικών ποδηλάτων.

Είναι προφανές ότι η αντικατάσταση όλων των σημερινών συμβατικών μεταφορικών μέσων από ηλεκτροκίνητα θα αυξήσει σημαντικά την τρέχουσα ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στην Αλόνησο. Όμως, η αξιοποίηση των ΑΠΕ αποτελεί την κατάλληλη βιώσιμη απάντηση σε αυτό το πρόβλημα, αφού τόσο το αιολικό όσο και το ηλιακό ενεργειακό δυναμικό του νησιού προσφέρουν δελεαστική πρόταση αξιοποίησής τους.

Ειδικότερα, η Αλόνησος διαθέτει υψηλό ενεργειακό δυναμικό αιολικής ενέργειας (Εικόνα 23), ενώ και η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας κρίνεται ως ιδιαίτερα επωφελής, με δεδομένη την μεγάλη ετήσια ηλιοφάνεια της χώρας μας και, ειδικότερα του νησιού της Αλοννήσου (Εικόνα 24). Έχει αποδειχθεί σε μελέτες ότι το διαθέσιμο δυναμικό των ΑΠΕ στα νησιά είναι επαρκές για την πλήρη κάλυψη όλων των ενεργειακών αναγκών (ηλεκτρικό ρεύμα, θερμότητα, μεταφορές) (Rusu & Onea, 2019; Selosse et al., 2018). Η Ελλάδα διαθέτει υψηλό ετήσιο άθροισμα ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο, το οποίο εκτιμάται σε πάνω από 1700 KWh/m² στα νησιά του Αιγαίου, όπως, φυσικά, και στην Αλόνησο (European Commission, 2023; Flocas, 1979). Όσον αφορά στο αιολικό δυναμικό, η διαθεσιμότητά του είναι υψηλή, ιδιαίτερα στα νησιά του Αιγαίου, στα οποία η ετήσια μέση ταχύτητα εκτιμάται σε πάνω από 8,5 m/s, ενώ, σε πιο ευνοϊκές περιπτώσεις, έχει καταγραφεί ότι η μέση ταχύτητα ανέμου στα νησιά του Αιγαίου είναι άνω των 11m/s, ωθώντας τους ετήσιους τελικούς συντελεστές δυναμικότητας στα εγκατεστημένα αιολικά πάρκα σε ποσοστό άνω του 50% (Vogiatzis et al., 2004; Fyrippis et al., 2010; Palaiologou et al., 2011).



Εικόνα 23.Αιολικό δυναμικό Αλοννήσου (Πηγή: ΡΑΕ – Γεωπληροφοριακός χάρτης)



Εικόνα 24. Ακτινοβολία και ηλιακό δυναμικό ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα (Πηγή: European Commission, 2023)

Είναι προφανές ότι, προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη, δυνατή, προσέγγιση του στόχου, θα πρέπει να υπάρξει συστηματική μέριμνα για τα παρακάτω:

- Παρακολούθηση των αλλαγών που πραγματοποιούνται στην Αλόνησο σχετικά με την μετάβαση από το καθεστώς των παραδοσιακών οχημάτων κινητήρα εσωτερικής καύσης στο νέο καθεστώς των ηλεκτρικών οχημάτων και της βιώσιμης κινητικότητας.
- Απόκτηση χρήσιμης γνώσης σχετικά με την ανταπόκριση των κατοίκων του

νησιού στις αλλαγές που πραγματοποιούνται στο πλαίσιο υλοποίησης του συγκεκριμένου project

- Διερεύνηση της κοινωνικής συναίνεσης για την υλοποίηση της εν λόγω πρότασης

Εκτιμάται ότι, περίπου, 1.800 οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης θα πρέπει να αντικατασταθούν από αντίστοιχα ηλεκτροκίνητα. Στην αντικατάσταση αυτών των οχημάτων συγκαταλέγονται και αυτά που χρησιμοποιούν οι δημόσιες υπηρεσίες, όπως είναι ο Δήμος, η Αστυνομία, το Λιμενικό Σώμα, η Πυροσβεστική.

Η επίτευξη των στόχων της παρούσας πρότασης που αφορά στο να καταστούν τα ηλεκτρικά οχήματα ελκυστική επιλογή για τους κατοίκους και τους επιχειρηματίες της Αλοννήσου συναρτάται άμεσα η προώθηση της εγκατάστασης έξυπνων φορτιστών σε ιδιωτικές κατοικίες και σε χώρους εργασίας, όπως και η υποστήριξη της απομετάλλωσης (scrappage) των παλαιών οχημάτων.

5.4 Στάδια μετάβασης στην ηλεκτροκίνηση

Η μετάβαση στην πλήρη μορφή της ηλεκτροκίνησης στο νησί της Αλοννήσου θα υλοποιηθεί σταδιακά.

Έχοντας ως δεδομένο ότι κατά τους μήνες εκτός θέρους, η πρόσβαση σε μέρη του νησιού με δημόσια μέσα μεταφοράς δεν είναι εφικτή για όλο το νησί, με αποτέλεσμα οι κάτοικοι να υποχρεούνται να εξυπηρετούνται σχεδόν αποκλειστικά με ιδιόκτητα οχήματα, προτείνεται να αξιολογηθούν νέες καινοτόμες υπηρεσίες κινητικότητας, όπως τα μοιραζόμενα οχήματα και τα σταθμευμένα μοιραζόμενα αυτοκίνητα.

Ειδικότερα, το προτεινόμενο project για την ηλεκτροκίνηση ως αποκλειστικό μέσο μετακίνησης στην Αλόννησο, προτείνει τα παρακάτω:

- Θέσπιση ειδικών επιδοτήσεων για την αντικατάσταση όλων των συμβατικών μεταφορικών οχημάτων (αυτοκίνητα, βαν, ταξί, scooters, ποδήλατα) με ηλεκτρικά, καθώς και την εγκατάσταση φορτιστών ιδιωτικής χρήσης
- Δημιουργία αστικού τύπου μετακίνησης στη βάση του «on demand», η οποία θα επιτευχθεί με την ενεργοποίηση ενός στόλου από βανάκια και την απαραίτητη εφαρμογή (app) μέσω κινητού ή σταθερού τηλεφώνου
- Τη δημιουργία υπηρεσίας «διαμοιρασμού οχημάτων», η οποία θα λειτουργεί

αποκλειστικά με ηλεκτρικά αυτοκίνητα, τα οποία κάθε κάτοικος ή επισκέπτης θα μπορεί να παραλάβει και να χρησιμοποιήσει για όσο χρόνο επιθυμεί, με χρέωση που θα πραγματοποιείται για το χρονικό διάστημα χρήσης του οχήματος.

- Την εγκατάσταση και λειτουργία υβριδικού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ο οποίος θα συμβάλει αποτελεσματικά στην μείωση της εξάρτησης της Αλοννήσου από τον υποσταθμό ηλεκτρικής ενέργειας της Εύβοιας, τροφοδοτώντας, παράλληλα, όλα τα ηλεκτρικά οχήματα που θα κυκλοφορήσουν στο νησί, με πράσινη ενέργεια, η οποία θα προέρχεται από τις ΑΠΕ, κυρίως από αιολική και ηλιακή ενέργεια.
- Την υλοποίηση έργων αναβάθμισης και ψηφιοποίησης του ηλεκτρικού δικτύου της Αλοννήσου, καθώς και την εγκατάσταση δημόσιου δικτύου φορτιστών, προσβάσιμο από όλους τους ενδιαφερόμενους.

Τα προτεινόμενα στάδια μετάβασης στην ηλεκτροκίνηση του νησιού είναι:

- Τα παραδοσιακά δημόσια μέσα μεταφοράς θα μετατραπούν σε μια υπηρεσία μοιραζόμενων οχημάτων, η οποία θα χρησιμοποιεί πλήρως κατά παραγγελία ηλεκτρικά μίνι βαν. Τα ηλεκτρικά αυτά μίνι βαν θα κυκλοφορούν στο νησί ανάλογα με τις ανάγκες, τόσο των μόνιμων κατοίκων όσο και των επισκεπτών, προσφέροντας πρόσβαση σε όλο το νησί για όλο το 24ωρο.
- Τμήμα του υπάρχοντος δικτύου εποχιακής ενοικίασης οχημάτων θα μετατραπεί σε ένα ευέλικτο δίκτυο μοιραζόμενων οχημάτων, το οποίο θα λειτουργεί όλο το χρόνο. Η λειτουργία του θα πραγματοποιείται σε συνεργασία με τοπικούς εταίρους καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, προσφέροντας τη δυνατότητα σε κατοίκους και σε επισκέπτες του νησιού να έχουν πρόσβαση στην κινητικότητα και σε οχήματα όποτε το επιθυμούν. Η παροχή της ηλεκτροκίνησης ως επιλογής θα ενισχυθεί με την πρόσβαση σε ηλεκτρικά αυτοκίνητα, ποδήλατα και σκούτερ, τα οποία θα είναι διαθέσιμα σε διάφορους, διάσπαρτους, σταθμούς, σε όλη την Αλόννησο.

Το προτεινόμενο project προωθεί την έξυπνη κινητικότητα στο νησί κατά παραγγελία, με τις υπηρεσίες κινητικότητας να είναι διαθέσιμες όλο το 24ωρο και για κάθε προορισμό: στην εργασία, στο σχολείο, στις αγορές, στην διασκέδαση. Οι τουρίστες θα μπορούν, επιλέγοντας την έξυπνη κινητικότητα με τα ηλεκτροκίνητα μέσα να περιηγηθούν σε όλη την Αλόνησο, να την ανακαλύψουν, να γευτούν τις ομορφιές της, αξιοποιώντας για τον προγραμματισμό της μετακίνησή τους το σχετικό app κινητικότητας. Επιπρόσθετα, το τοπικό αποτύπωμα εκπομπών άνθρακα θα μειωθεί, βελτιώνοντας παράλληλα τους δείκτες ποιότητας ζωής. Η μεταλλαγή του νησιού της Αλοννήσου σε νησί έξυπνης κινητικότητας θα οδηγήσει στην περαιτέρω αναβάθμισή του σε έναν ελκυστικό, οικολογικό προορισμό, με την βιωσιμότητα να αποτελεί μία πραγματικότητα, γεγονός που θα ενισχύσει την εικόνα της περιβαλλοντικής συνείδησης του νησιού στους τουρίστες.

5.5 Φόρτιση και υποδομή

Όπως αναφέρθηκε, η ηλεκτρική τροφοδοσία του πραγματοποιείται από τον νέο υποσταθμό του ΑΔΜΗΕ στην Εύβοια. Στα πλαίσια της πράσινης μετάβασης είναι η ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας τόσο για τα νοικοκυριά, όσο και για τις επιχειρήσεις και τα οχήματα να καλύπτεται σταδιακά από τις ΑΠΕ. Επιπρόσθετα, ο στόλος των ηλεκτρικών αυτοκινήτων να τροφοδοτείται αποκλειστικά από πράσινη ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια.

Ειδικότερα, απαραίτητη για την επιτυχία του προτεινόμενου project είναι η ενίσχυση της ένταξης των ΑΠΕ στο ηλεκτρικό δίκτυο. Η αξιοποίηση του μεγάλου ενεργειακού δυναμικού της πράσινης ενέργειας της Αλοννήσου, θα επιτρέψει την πλήρη κάλυψη των ηλεκτρικών ενεργειακών της αναγκών, στις οποίες συμπεριλαμβάνονται και αυτές της ηλεκτροκίνησης. Στο πλαίσιο της μετάβασης εντάσσεται η υλοποίηση προηγμένων τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας, οι οποίες θα εξασφαλίζουν την ενεργειακή αυτονομία. Το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας της Αλοννήσου θα πρέπει να αναβαθμιστεί, προκειμένου να εγγυάται την απρόσκοπτη μετάβαση στις ΑΠΕ και να βελτιωθεί η ενεργειακή απόδοση για την τοπική κοινότητα. Μακροπρόθεσμα, η Αλόνησος θα εξελιχθεί σε έξυπνο, πράσινο νησί όσον αφορά στην κινητικότητα με μηδενικές εκπομπές, στον πράσινο και έξυπνο τρόπο ζωής, καθώς και στη βιώσιμη ανάπτυξη, αποτελώντας παράδειγμα προς μίμηση για τα άλλα νησιά της Ελλάδας.

5.6 Ανάπτυξη υβριδικού ενεργειακού συστήματος φόρτισης

Ακολουθώντας το παράδειγμα της Αστυπάλαιας (Gross, 2023) θα πρέπει να επιτευχθεί πλήρης ενεργειακή επάρκεια στην Αλόνησο, αξιοποιώντας ένα υβριδικό σύστημα ΑΠΕ, το οποίο είναι σχεδιασμένο να αποδίδει προτεραιότητα στην τροφοδοσία του ενοποιημένου δικτύου φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων του νησιού.

5.7 Ανάπτυξη έξυπνου δικτύου φόρτισης

Η θεμελιώδης αναμόρφωση του συμβατικού συστήματος μεταφορών του νησιού, θα στηρίζεται σε ένα ευρύ και έξυπνο δίκτυο υποδομών φόρτισης, στο οποίο ιδιωτικά και ημιδημόσια σημεία φόρτισης θα εγκατασταθούν σε όλο το νησί και κυρίως σε ιδιωτικές κατοικίες, εταιρείες ενοικίασης αυτοκινήτων, εταιρείες ταξί και σταθμούς μοιράσματος οχημάτων, δημιουργώντας υποδομή γρήγορης φόρτισης, ώστε να εξασφαλίζεται η ευέλικτη λειτουργία της προγραμματισμένης υπηρεσίας μοιράσματος σε όλο το νησί ανά πάσα στιγμή. Το δίκτυο θα συμπληρώνεται με δημόσια προσβάσιμα σημεία φόρτισης διάσπαρτα σε διάφορα σημεία, επιτρέποντας την εύκολη πρόσβαση στην υποδομή φόρτισης για όλα τα ηλεκτρικά οχήματα που κυκλοφορούν στο νησί, συμπεριλαμβανομένων σημείων στις παραλίες.

5.8 Η μετάβαση στην πράσινη ενέργεια

Για την πλήρη μετάβαση του νησιού στην πράσινη ενέργεια, προτείνεται ένα υβριδικό ενεργειακό σύστημα να αναλάβει σταδιακά την κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών του νησιού, αντικαθιστώντας την ηλεκτρική τροφοδοσία του από τον υποσταθμό του ΑΔΜΗΕ στην Εύβοια.

Το προτεινόμενο σχέδιο προτείνεται να υλοποιηθεί σε δύο φάσεις, όπως φαίνεται στην παρακάτω Εικόνα (Εικόνα 25):

1^η φάση



2^η φάση



Εικόνα 25. Οι δύο φάσεις υλοποίησης στην πράσινη μετάβαση (Πηγή: <https://smartastypalea.gov.gr/fortisi-irodomi/?lang=el> – Επεξεργασία: Πανταζής Μπογδάνος)

5.9 Ο ρόλος της ΔΕΔΔΗΕ στην επιτάχυνση της πράσινης μετάβασης της Αλοννήσου

Η αποστολή της ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. (Διαχειριστής του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας) είναι να επιταχύνει την πράσινη μετάβαση των ελληνικών νησιών, εστιάζοντας κυρίως στη μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ. Στο πλαίσιο αυτό, η ΔΕΔΔΗΕ υλοποιεί ειδικά πιλοτικά έργα, όπως το έργο για το νησί της Αλοννήσου, που σύντομα θα εξελιχθεί σε ένα Έξυπνο και Βιώσιμο Νησί, επιτυγχάνοντας την κινητικότητα με μηδενικές εκπομπές. Πιο συγκεκριμένα, η ΔΕΔΔΗΕ συμβάλλει στο έργο ως εξής:

- Αναβαθμίζοντας το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας για να μεγιστοποιήσει τη διείσδυση ΑΠΕ στο ενεργειακό σύστημα.
- Εγκαθιστώντας έξυπνους μετρητές στο 100% των σημείων σύνδεσης με το δίκτυο.
- Συνεργαζόμενη στενά με όλους τους εμπλεκόμενους φορείς με σκοπό την τήρηση των τεχνικών προδιαγραφών για την ενσωμάτωση των σημείων

φόρτισης στο δίκτυο και την εξισορρόπηση μεταξύ ενεργειακών αναγκών και παραγωγής ΑΠΕ.

- Κατασκευάζοντας όλη την απαραίτητη υποδομή δικτύου για τη σύνδεση με τα σημεία φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων.

5.10 Στόχοι ανάπτυξης του υβριδικού συστήματος της Αλοννήσου

Η ανάπτυξη του υβριδικού συστήματος της Αλοννήσου έχει τους παρακάτω στόχους:

- Προβολή ενός καινοτόμου τεχνικού και εμπορικού μηχανισμού για τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων από ΑΠΕ
- Μείωση του κόστους ενέργειας κατά, τουλάχιστον, 25%
- Μείωση των εκπομπών CO₂ από το ενεργειακό σύστημα της Αλοννήσου κατά 50% στην 1^η φάση και κατά 70% στην 2^η φάση
- Το έργο θα αποτελέσει πρότυπο για την παραγωγή πράσινης ενέργειας σε άλλα νησιά, είτε διασυνδεδεμένα είτε μη διασυνδεδεμένα
- Αύξηση της ενεργειακής ασφάλειας και αντοχής του ενεργειακού συστήματος της Αλοννήσου, παράλληλα με την μείωση της εξάρτησης από ορυκτά καύσιμα

5.11 Ενδεικτικό διάγραμμα υλοποίησης του project

Ένα ενδεικτικό χρονοδιάγραμμα υλοποίησης του project της ηλεκτροκίνησης ως αποκλειστικού μέσου μετακίνησης στο νησί της Αλοννήσου, βασισμένο στην εμπειρία του αντίστοιχου έργου που υλοποιείται στην Αστυπάλεια, είναι το παρακάτω (Smart & Sustainable Island, 2024):

- Επιλογή της Αλοννήσου, ως τοποθεσίας υλοποίησης του project
- Εύρεση χορηγών
- Ανάλυση διαχείρισης του έργου – Σύνταξη μνημονίου συνεργασίας
- Εκπόνηση σχεδίου δράσης της αποκλειστικής ηλεκτροκίνησης στην Αλόννησο
- Έναρξη συγκεκριμένου σχεδιασμού για την υλοποίηση του έργου
- Έναρξη κατασκευής των έργων για την αναβάθμιση του ενεργειακού δικτύου και της υποδομής της Αλοννήσου

- Πρόγραμμα δράσης για την εναλλακτική παραγωγή ΑΠΕ στην Αλόνησο
- Επιλογή δημόσια προσβάσιμων σημείων φόρτισης
- Καθορισμός νομικού πλαισίου για την υπηρεσία της εξυπηρέτησης με μίνι βαν κατά παραγγελία (on demand)
- Εγκατάσταση δημόσια προσβάσιμων σημείων φόρτισης
- Μεταφορά των πρώτων ηλεκτρικών επαγγελματικών οχημάτων στην Αλόνησο
- Πραγματοποίηση test drive με ηλεκτρικά αυτοκίνητα για τους κατοίκους της Αλοννήσου, προκειμένου να αποκτήσουν ίδια άποψη για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα
- Πραγματοποίηση ενημερωτικών συναντήσεων με τους δημότες της Αλοννήσου, κατά τις οποίες θα παρουσιαστεί το έργο και θα αναδειχθούν τα οφέλη του για το νησί τους και τους ίδιους
- Έναρξη της δράσης για την μεταφορά και την ανακύκλωση των εγκαταλελειμμένων οχημάτων στην Αλόνησο
- Ολοκλήρωση της κατασκευής του Κέντρου Ελέγχου για τη νέα υπηρεσία της συγκοινωνίας κατά παραγγελία (on demand)
- Έναρξη λειτουργίας της μετακίνησης των κατοίκων του νησιού με την συγκοινωνία κατά παραγγελία
- Συνέχιση των δράσεων ενίσχυσης του project της ηλεκτροκίνησης ως αποκλειστικού μέσου μετακίνησης στην Αλόνησο

Κεφάλαιο 6^ο – Σενάριο υλοποίησης του project της Αλοννήσου

6.1 Γενικές αρχές

Για την υλοποίηση ενός project ηλεκτροκίνησης στην Αλόννησο, ένα συνεκτικό σενάριο μπορεί να διαμορφωθεί σε διάφορα στάδια που περιλαμβάνουν την ανάλυση των αναγκών, τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη υποδομών, την υλοποίηση της τεχνολογίας και τη συνεχιζόμενη αξιολόγηση και βελτίωση. Κάθε στάδιο απαιτεί στρατηγική προσέγγιση και συνεργασία μεταξύ των τοπικών αρχών, των επιχειρήσεων και των κατοίκων.

Στο πρώτο στάδιο, είναι απαραίτητη η λεπτομερής ανάλυση των αναγκών του νησιού και η εκτίμηση της υπάρχουσας υποδομής. Η μελέτη αυτή περιλαμβάνει τη συγκέντρωση δεδομένων σχετικά με τις υφιστάμενες συγκοινωνιακές υποδομές, την κατανάλωση ενέργειας και τις προτιμήσεις των κατοίκων σχετικά με την ηλεκτροκίνηση. Ο σχεδιασμός της στρατηγικής ανάπτυξης πρέπει να εξετάσει τις ιδιαιτερότητες του νησιού, όπως η γεωγραφική του θέση, η υπάρχουσα υποδομή φόρτισης και οι διαθέσιμες πηγές ανανεώσιμης ενέργειας (Taliotis et al., 2021).

Στη συνέχεια, πρέπει να προχωρήσουμε στη φάση σχεδιασμού και ανάπτυξης υποδομών. Αυτό περιλαμβάνει την εγκατάσταση σταθμών φόρτισης σε στρατηγικά σημεία του νησιού, όπως τουριστικά καταλύματα, δημόσιους χώρους και κεντρικές περιοχές. Η επιλογή των θέσεων για τους σταθμούς φόρτισης θα πρέπει να βασίζεται σε ανάλυση της κίνησης και της ζήτησης, με στόχο την άμεση και εύκολη πρόσβαση για τους χρήστες. Επίσης, η ανάπτυξη των υποδομών θα πρέπει να συνδυάζεται με την ενίσχυση του ηλεκτρικού δικτύου του νησιού, ώστε να υποστηριχθεί η αυξημένη ζήτηση ενέργειας από τα ηλεκτρικά οχήματα (Hellenic Ministry of Environment and Energy, 2022).

Ακολούθως, η υλοποίηση της τεχνολογίας ηλεκτροκίνησης απαιτεί την αγορά και την εισαγωγή ηλεκτρικών οχημάτων, τα οποία μπορεί να περιλαμβάνουν αυτοκίνητα, ποδήλατα και σκούτερ. Η συνεργασία με προμηθευτές ηλεκτρικών οχημάτων και η προώθηση των ηλεκτρικών οχημάτων στην τοπική αγορά είναι κρίσιμη για την επιτυχία του project. Επίσης, η εκπαίδευση και η ενημέρωση των κατοίκων σχετικά με

τη χρήση και τα οφέλη των ηλεκτρικών οχημάτων θα συμβάλει στην ευρύτερη αποδοχή της νέας τεχνολογίας (OECD, 2021).

Η τελευταία φάση περιλαμβάνει τη συνεχιζόμενη αξιολόγηση και βελτίωση της εφαρμογής του project. Αυτό σημαίνει την παρακολούθηση της απόδοσης των υποδομών φόρτισης, τη συλλογή ανατροφοδότησης από τους χρήστες και την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών και οικονομικών επιπτώσεων. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προσαρμογή και τη βελτίωση των στρατηγικών και των διαδικασιών, διασφαλίζοντας τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα και την αποτελεσματικότητα του project (International Energy Agency, 2022).

Σε γενικές γραμμές, το σενάριο υλοποίησης του project ηλεκτροκίνησης στην Αλόνησο απαιτεί μια ολιστική προσέγγιση που συνδυάζει ανάλυση αναγκών, σχεδιασμό υποδομών, εισαγωγή τεχνολογίας και συνεχή αξιολόγηση. Με την κατάλληλη στρατηγική και τη συνεργασία όλων των εμπλεκομένων, η Αλόνησος μπορεί να αποτελέσει πρότυπο για βιώσιμη ηλεκτροκίνηση σε νησιωτικές περιοχές, συνδυάζοντας περιβαλλοντικά οφέλη με οικονομική ανάπτυξη.

6.2 Υποθετικό Σενάριο Ηλεκτροκίνησης στην Αλόνησο

Ακολουθεί ένα υποθετικό σενάριο υλοποίησης του συγκεκριμένου project στο νησί της Αλοννήσου, αξιοποιώντας δεδομένα από άλλα παρεμφερή project είτε σε ελληνικά νησιά είτε από την διεθνή εμπειρία.

6.2.1 Αριθμός Ιδιωτικών και Δημόσιας Χρήσης Ηλεκτρικών Αυτοκινήτων

Η Αλόνησος έχει πληθυσμό περίπου 3.000 κατοίκων και δέχεται σημαντική τουριστική κίνηση το καλοκαίρι. Υποθέτοντας ότι το 50% των νοικοκυριών (περίπου 750 οικογένειες) θα αποκτήσει ηλεκτρικό αυτοκίνητο, θα προκύψουν περίπου 750 ιδιωτικά ηλεκτρικά οχήματα. Ο στόλος των δημοσίων μέσων μεταφοράς θα μπορούσε να περιλαμβάνει περίπου 20 ηλεκτρικά οχήματα (λεωφορεία και ταξί (Malmgren, 2016).

6.2.2 Απαιτούμενος Αριθμός Φορτιστών

Βάσει της εμπειρίας από έργα ηλεκτροκίνησης σε νησιά όπως η Αστυπάλαια, θα μπορούσε να υπολογιστεί ότι απαιτούνται περίπου 1 φορτιστής ανά 10-15 ηλεκτρικά οχήματα. Για τα 750 ιδιωτικά οχήματα και τα 20 δημόσια, θα χρειαστούν περίπου 60-

70 φορτιστές, εκ των οποίων το 10% θα πρέπει να είναι ταχυφορτιστές για δημόσια χρήση (Smart & sustainable island, 2024; Viscidi et al., 2020; Zafeiratou & Spataru, 2022a, 2022b, Zafeiratou & Spataru, 2018).

6.2.3 Απαιτούμενη Ηλεκτρική Ενέργεια

Ένα μέσο ηλεκτρικό αυτοκίνητο καταναλώνει περίπου 15 kWh ανά 100 χιλιόμετρα. Αν υπολογίσουμε ότι κάθε αυτοκίνητο διανύει περίπου 10.000 χλμ. το χρόνο, τότε για το σύνολο των 770 οχημάτων, η ετήσια κατανάλωση ενέργειας θα φτάνει περίπου τις 1.155.000 kWh (1,15 GWh). Για τα 20 δημόσια οχήματα, με μεγαλύτερη χρήση (περίπου 30.000 χλμ./έτος), η κατανάλωση θα φτάσει περίπου τις 90.000 kWh (Salman et al., 2021; Zubi et al., 2018; Fingenbaum, 2017; Nunes et al., 2015).

6.2.4 Ενσωμάτωση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ)

Στόχος θα πρέπει να είναι η κάλυψη της ενεργειακής κατανάλωσης από ΑΠΕ, μειώνοντας το αποτύπωμα άνθρακα (Zhao et al., 2023). Η Αλόνησος διαθέτει καλές συνθήκες για φωτοβολταϊκά συστήματα. Αν υπολογίσουμε ότι ένα MW φωτοβολταϊκών παράγει περίπου 1.500 MWh ετησίως, θα χρειαστούν τουλάχιστον 1 MW φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων για να καλύψουν τις ενεργειακές ανάγκες του συνόλου των ηλεκτρικών οχημάτων (Liu et al., 2018; Colmenar – Santos et al., 2017; Paraefthymiou & Dragoon, 2016).

Η εμπειρία από άλλα νησιά όπως η Αστυπάλεια δείχνει πως η υλοποίηση ενός τέτοιου έργου απαιτεί συνδυασμό υποδομών (φορτιστές) και κινήτρων για τη μετάβαση στην ηλεκτροκίνηση (Abid et al., 2023; Gonzalez Venegas et al., 2021). Επιπλέον, η ενσωμάτωση των ΑΠΕ και η αυτονομία σε ενέργεια είναι κρίσιμος παράγοντας για την επιτυχία του project (Kadurek et al., 2009; Lopes et al., 2010).

6.2.5 Επιπρόσθετοι παράγοντες διαμόρφωσης σεναρίου

Στο παραπάνω υποθετικό σενάριο λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω (Sihvonen et al., 2024; Zafeiratou & Spataru, 2019; Jochem et al., 2015; da Silva et al., 2011):

Καλοκαιρινή περίοδος

- Η καλοκαιρινή περίοδος διαρκεί από τις αρχές Μαΐου μέχρι τα τέλη

Σεπτεμβρίου

- Ο πληθυσμός της Αλοννήσου αυξάνεται λόγω τουρισμού, με επιπλέον 10.000 τουρίστες κατά μέσο όρο να βρίσκονται στο νησί σε καθημερινή βάση.
- Εκτιμάται ότι περίπου το 20% των τουριστών (2.000 άτομα) θα χρησιμοποιεί ενοικιαζόμενα ηλεκτρικά οχήματα, που μεταφράζεται σε επιπλέον 500 ηλεκτρικά οχήματα για τους καλοκαιρινούς μήνες.
- Το σύνολο των ηλεκτρικών οχημάτων τον Αύγουστο θα φτάσει περίπου τα 1.250 (750 ιδιωτικά + 500 ενοικιαζόμενα).

Χειμερινή περίοδος

- Η χειμερινή περίοδος διαρκεί από τις αρχές Οκτωβρίου μέχρι τα τέλη Απριλίου
- Ο πληθυσμός μειώνεται στα κανονικά επίπεδα, με περίπου 3.000 κατοίκους.
- Δεν υπάρχουν ενοικιαζόμενα ηλεκτρικά οχήματα και η κυκλοφορία περιορίζεται στα ιδιωτικά οχήματα και τα δημόσια μέσα μεταφοράς.
- Ο αριθμός των ηλεκτρικών οχημάτων περιορίζεται στα 750 ιδιωτικά και τα 20 δημόσια.

Ακολουθεί συγκεντρωτικός Πίνακας (Πίνακας 4) με τα υποθετικά δεδομένα της καλοκαιρινής και της χειμερινής περιόδου.

Ανάλυση:

- Τους καλοκαιρινούς μήνες, η ζήτηση για ενέργεια αυξάνεται σημαντικά λόγω των ενοικιαζόμενων ηλεκτρικών οχημάτων που χρησιμοποιούν οι τουρίστες. Το σύνολο της κατανάλωσης ενέργειας για τη θερινή περίοδο ανέρχεται σε περίπου 1,515 GWh, ενώ για τη χειμερινή περίοδο περιορίζεται σε 0,99 GWh.
- Ο αριθμός των φορτιστών πρέπει να αυξηθεί κατά την καλοκαιρινή περίοδο, φτάνοντας τους 80-90, ενώ τους χειμερινούς μήνες επαρκούν περίπου 60-70.
- Η ανάγκη για περισσότερη ενέργεια το καλοκαίρι υποδεικνύει την ανάγκη για μεγαλύτερη ισχύ σε φωτοβολταϊκά, προκειμένου να καλυφθεί η αυξημένη ζήτηση.

Πίνακας 4. Υποθετικά δεδομένα προτεινόμενου project

Παράμετρος	Καλοκαιρινή Περίοδος (Μάιος – Σεπτέμβριος)	Χειμερινή Περίοδος (Οκτώβριος – Απρίλιος)
Αριθμός Ιδιωτικών Ηλεκτρικών Αυτοκινήτων	750	750
Αριθμός Ενοικιαζόμενων Ηλεκτρικών Αυτοκινήτων	500	0
Αριθμός Ηλεκτρικών Αυτοκινήτων Δημόσιας Χρήσης	20	20
Σύνολο Ηλεκτρικών Αυτοκινήτων	1.250	770
Αριθμός Φορτιστών (περιλαμβάνει ταχυφορτιστές)	80-90 (αυξημένη χρήση ταχυφορτιστών)	60-70
Μέση Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας (ιδιωτικά οχήματα)	1.125.000 kWh (υψηλή ζήτηση το καλοκαίρι)	900.000 kWh
Μέση Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας (ενοικιαζόμενα)	300.000 kWh	0 kWh
Μέση Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας (δημόσια οχήματα)	90.000 kWh	90.000 kWh
Σύνολο Ετήσιας Κατανάλωσης Ενέργειας	1.515.000 kWh (1,515 GWh)	990.000 kWh (0,99 GWh)
Αναγκαία Ισχύς Φωτοβολταϊκών για Κάλυψη Ενέργειας	1,2 MW (για κάλυψη του μέγιστου φορτίου)	1 MW

Με το υποθετικό αυτό σενάριο, η Αλόνησος θα είναι σε θέση να προσαρμόσει τις υποδομές της για την ηλεκτροκίνηση ανάλογα με την εποχική ζήτηση, εξασφαλίζοντας βιώσιμη ενεργειακή διαχείριση τόσο για τους κατοίκους όσο και για τους επισκέπτες.

Συμπεράσματα και Προτάσεις

Η μετάβαση στην ηλεκτροκίνηση ως αποκλειστικό μέσο μετακίνησης στην Αλόνησο παρουσιάζει σημαντικές προοπτικές για τη βιώσιμη ανάπτυξη του νησιού, αλλά και προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν μέσα από στρατηγικό σχεδιασμό και αποτελεσματική συνεργασία. Τα συμπεράσματα από την ανάλυση δείχνουν ότι η επιτυχία της ηλεκτροκίνησης εξαρτάται από την ανάπτυξη των κατάλληλων υποδομών φόρτισης, τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών και τη συμμετοχή της τοπικής κοινωνίας στη διαδικασία μετάβασης. Η εμπειρία άλλων νησιών, όπως η Αστυπάλαια, αποδεικνύει ότι η ηλεκτροκίνηση μπορεί να συμβάλει στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, στη βελτίωση της ενεργειακής αυτάρκειας και στην ενίσχυση του τουριστικού προϊόντος μέσω της προώθησης ενός «πράσινου» προφίλ για το νησί (Hellenic Ministry of Environment and Energy, 2022). Ωστόσο, ταυτόχρονα, η έλλειψη κατάλληλων υποδομών και το υψηλό αρχικό κόστος αποτελούν εμπόδια που απαιτούν προσεκτική διαχείριση.

Μια από τις βασικές προκλήσεις που αναδείχθηκαν είναι η ανάγκη για επενδύσεις στις υποδομές φόρτισης και στη βελτίωση του ηλεκτρικού δικτύου του νησιού. Η εγκατάσταση σταθμών φόρτισης σε στρατηγικά σημεία του νησιού, όπως σε δημόσιους χώρους και τουριστικά καταλύματα, είναι κρίσιμη για τη διευκόλυνση της χρήσης ηλεκτρικών οχημάτων. Επιπλέον, η ενίσχυση του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της χρήσης ανανεώσιμων πηγών, όπως τα φωτοβολταϊκά συστήματα, μπορεί να εξασφαλίσει την ενεργειακή επάρκεια του νησιού και να μειώσει την εξάρτηση από το κεντρικό δίκτυο ηλεκτροδότησης (Taliotis et al., 2020a, 2020b).

Μια άλλη σημαντική παράμετρος αφορά το νομικό και θεσμικό πλαίσιο, το οποίο προσφέρει ευκαιρίες μέσω επιδοτήσεων και φορολογικών κινήτρων για την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων και την εγκατάσταση σταθμών φόρτισης. Οι πρωτοβουλίες της ελληνικής κυβέρνησης και της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως το πρόγραμμα «GR-eco islands», προσφέρουν το κατάλληλο πλαίσιο για την ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης σε νησιωτικές περιοχές, ενισχύοντας τη βιώσιμη κινητικότητα και την περιβαλλοντική προστασία (European Commission, 2024). Η συμμετοχή της Αλόνησου σε τέτοια προγράμματα μπορεί να επιταχύνει τη μετάβαση στην ηλεκτροκίνηση και να διασφαλίσει την οικονομική βιωσιμότητα του εγχειρήματος.

Οι προτάσεις για την επιτυχημένη εφαρμογή της ηλεκτροκίνησης στην Αλόνησο περιλαμβάνουν τη βελτίωση των υποδομών φόρτισης, τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και την ενίσχυση της συμμετοχής της τοπικής κοινωνίας στη διαδικασία μετάβασης. Ειδικότερα, η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του νησιού είναι ζωτικής σημασίας, καθώς μπορεί να μειώσει το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας και να ενισχύσει την ενεργειακή ανεξαρτησία του νησιού (International Energy Agency, 2022). Επιπλέον, η συνεργασία μεταξύ των τοπικών αρχών, των επιχειρηματιών και των κατοίκων είναι κρίσιμη για την επίτευξη των στόχων της βιώσιμης κινητικότητας, καθώς η ενεργή συμμετοχή της τοπικής κοινωνίας μπορεί να διευκολύνει την αποδοχή και τη διάδοση της ηλεκτροκίνησης.

Τέλος, προτείνεται η συνέχιση της αξιοποίησης των ευρωπαϊκών και εθνικών προγραμμάτων χρηματοδότησης, προκειμένου να στηριχθούν οι απαραίτητες επενδύσεις στις υποδομές και την τεχνολογία. Με την υιοθέτηση μιας ολοκληρωμένης στρατηγικής που θα περιλαμβάνει την ανάπτυξη βιώσιμων υποδομών, τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τη συμμετοχή της τοπικής κοινωνίας, η Αλόνησος μπορεί να αποτελέσει ένα πρότυπο για την επιτυχημένη εφαρμογή της ηλεκτροκίνησης στα ελληνικά νησιά, ενισχύοντας τη βιωσιμότητα και την οικονομική ανάπτυξη της περιοχής (IEA, 2022).

Συζήτηση

Η αντικατάσταση των συμβατικών μεταφορικών μέσων στην Αλόνησο με ηλεκτροκίνητα θα πρέπει να συνδυαστεί με την αυξημένη χρήση κατανεμημένων συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, κυρίως με χρήση ηλιακής και αιολικής ενέργειας, καθώς και με την έξυπνη λειτουργία του ηλεκτρικού δικτύου. Η αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας στις μπαταρίες των οχημάτων θα μπορούσε να έχει ως αποτέλεσμα την εξομάλυνση των ηλεκτρικών φορτίων αιχμής, βελτιώνοντας την απόδοση του δικτύου.

Ειδικότερα για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, η συνολική χωρητικότητα αποθήκευσης των μπαταριών στα διαθέσιμα EV μπορεί να είναι υψηλή. Οι μπαταρίες θα μπορούσαν να φορτιστούν από το δίκτυο σε φορτία αιχμής με χαμηλό κόστος και να αποφορτιστούν στο δίκτυο σε φορτία αιχμής με υψηλότερο κόστος. Με τον τρόπο αυτό, οι ιδιοκτήτες BEV θα μπορούσαν να αποκτήσουν πρόσθετο εισόδημα, χρησιμοποιώντας τις μπαταρίες τους ως μηχανισμό αποθήκευσης δικτύου. Αυτό θα μπορούσε να συνδυαστεί με την εγκατάσταση ηλιακών φωτοβολταϊκών πάνελ στις ταράτσες κτιρίων που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο και προσφέρουν οικονομικά οφέλη στους ιδιοκτήτες τους. Η εξομάλυνση των φορτίων αιχμής του δικτύου στην Αλόνησο θα αύξανε τη διείσδυση διακοπτόμενων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με συστήματα κατανεμημένης παραγωγής. Ωστόσο, η συχνή φόρτιση και αποφόρτιση των μπαταριών θα μπορούσε να επιδεινώσει την ποιότητά τους, μειώνοντας τον χρόνο ζωής τους και πρέπει να γίνει ανάλυση κόστους-οφέλους για να ποσοτικοποιηθεί αυτό το αποτέλεσμα. Η προώθηση της ηλεκτροκίνησης στον τομέα των μεταφορών στην Αλόνησο απαιτεί τη συνεργασία του δημόσιου τομέα με τους ιδιώτες επενδυτές και τους καταναλωτές. Δεδομένου ότι οι τρέχουσες τιμές των EV είναι υψηλές σε σύγκριση με τις τιμές των συμβατικών οχημάτων, για την υιοθέτησή τους απαιτείται κάποιου είδους άμεσων ή έμμεσων επιδοτήσεων από το κράτος. Ωστόσο, η τρέχουσα βαθιά οικονομική και νομισματική κρίση στην Ελλάδα δεν το επιτρέπει. Η μείωση του εισοδήματος των πολιτών λόγω της κρίσης δεν επιτρέπει και την υψηλότερη δαπάνη τους για αγορά ηλεκτρικών οχημάτων.

Η αύξηση της ηλεκτροκίνησης στην Αλόνησο απαιτεί τη δημιουργία της απαραίτητης υποδομής σε σταθμούς φόρτισης μπαταριών που αυτή τη στιγμή δεν υπάρχει. Η δημιουργία πρόσθετων ηλιακών φωτοβολταϊκών σταθμών και σταθμών αιολικής

ενέργειας είναι απαραίτητη για την παραγωγή της περίσσειας ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για τη φόρτιση των μπαταριών. Το γεγονός ότι το ηλεκτρικό δίκτυο στην Αλόνησο είναι διασυνδεδεμένο με το δίκτυο της ηπειρωτικής Ελλάδας μέσω του υποσταθμού της Εύβοιας επιτρέπει τη δημιουργία νέων εγκαταστάσεων διακοπτόμενων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Αλόνησο, όπως η ηλιακή – φωτοβολταϊκή και η αιολική ενέργεια.

Τα προβλήματα σχετικά με την ηλεκτροδότηση του τομέα των μεταφορών στην Αλόνησο με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι τόσο τεχνικά όσο και οικονομικά. Τεχνικά, λόγω των περιορισμών του υφιστάμενου ηλεκτρικού δικτύου και οικονομικά λόγω έλλειψης οικονομικών πόρων στο κράτος, στις τράπεζες και στους καταναλωτές. Σίγουρα, υφίστανται αρκετά εμπόδια και προκλήσεις που πρέπει να ξεπεραστούν προκειμένου να προωθηθεί η ευρεία ηλεκτροδότηση του τομέα των μεταφορών στην Αλόνησο. Τα προσδοκώμενα οφέλη, όμως, αποτελούν ισχυρό κίνητρο στην προσπάθεια της υιοθέτησης της ηλεκτροκίνησης, ως αποκλειστικού μέσου μετακίνησης στο νησί. Τα δεδομένα για την ανάληψη της προσπάθειας αυτής προτρέπουν στην ανάληψη της καινοτόμου αυτής προσπάθειας, η οποία θα οδηγήσει το νησί και τους κατοίκους του στην εποχή της πράσινης μετάβασης, της βιώσιμης ανάπτυξης και, εντέλει, στην αναβάθμιση της ποιότητας ζωής.

Γενικότεροι περιορισμοί στην ανάπτυξη του προτεινόμενου project

Η ανάπτυξη ενός project ηλεκτροκίνησης στην Αλόνησο, όπως σε πολλά νησιά, αντιμετωπίζει διάφορους περιορισμούς που μπορούν να επηρεάσουν την υλοποίησή του και την αποτελεσματικότητα των στρατηγικών που προτείνονται. Αυτοί οι περιορισμοί περιλαμβάνουν τεχνικές, οικονομικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές πτυχές, οι οποίες πρέπει να εξεταστούν με προσοχή.

Πρώτον, η τεχνική υλοποίηση του project συναντά προκλήσεις που σχετίζονται με την ανάπτυξη και τη συντήρηση των υποδομών φόρτισης. Η Αλόνησος, με περιορισμένο χώρο και λιγότερη υποδομή σε σύγκριση με μεγαλύτερες αστικές περιοχές, ενδέχεται να αντιμετωπίσει δυσκολίες στη δημιουργία ενός εκτενούς δικτύου σταθμών φόρτισης. Η υλοποίηση τέτοιων υποδομών απαιτεί όχι μόνο οικονομικούς πόρους αλλά και σχετική τεχνική υποστήριξη και συντήρηση, τα οποία μπορεί να είναι περιορισμένα σε νησιωτικές περιοχές ((Taliotis et al., 2020a, 2020b).

Οικονομικά, η ανάπτυξη των υποδομών φόρτισης και η εγκατάσταση ηλεκτρικών οχημάτων συνεπάγεται σημαντικό κόστος. Παρόλο που υπάρχουν επιδοτήσεις και κίνητρα για την υποστήριξη της ηλεκτροκίνησης, το αρχικό κόστος παραμένει υψηλό για πολλούς κατοίκους και επιχειρηματίες. Η οικονομική βιωσιμότητα του project εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα χρηματοδότησης και τις επενδύσεις που είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη της απαραίτητης υποδομής, κάτι που μπορεί να περιορίσει την ικανότητα του νησιού να προχωρήσει σε μεγάλες επενδύσεις (European Commission, 2024).

Η περιβαλλοντική αειφορία της ηλεκτροκίνησης εξαρτάται από την πηγή της ηλεκτρικής ενέργειας. Εάν η ενέργεια για τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων προέρχεται από μη ανανεώσιμες πηγές, τα περιβαλλοντικά οφέλη μπορεί να είναι περιορισμένα. Ειδικότερα για νησιωτικές περιοχές, η ανάπτυξη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι αναγκαία, αλλά και αυτή η ανάπτυξη απαιτεί χρηματοδότηση και τεχνική υποστήριξη (International Energy Agency, 2022).

Κοινωνικά, η αποδοχή της ηλεκτροκίνησης από την τοπική κοινότητα αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την επιτυχία του project. Η εκπαίδευση και η ευαισθητοποίηση της κοινότητας σχετικά με τα οφέλη της ηλεκτροκίνησης και η ενίσχυση της υποδοχής των νέων τεχνολογιών είναι απαραίτητες για την επιτυχία του εγχειρήματος. Η αντίσταση στην αλλαγή ή η έλλειψη πληροφόρησης μπορεί να περιορίσει την αποδοχή της ηλεκτροκίνησης και να επηρεάσει την τελική επιτυχία του project (IEA, 2022).

Συνοψίζοντας, η ανάπτυξη ενός project ηλεκτροκίνησης στην Αλόνησο πρέπει να αντιμετωπίσει τεχνικές, οικονομικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές προκλήσεις. Η επιτυχία του εγχειρήματος εξαρτάται από την αποτελεσματική αντιμετώπιση αυτών των περιορισμών, την προσεκτική σχεδίαση στρατηγικών και την ενεργή συμμετοχή όλων των εμπλεκόμενων φορέων.

Ως Επίλογος

Ο επίλογος της διπλωματικής εργασίας εστιάζει στη συνολική αξιολόγηση της μετάβασης στην ηλεκτροκίνηση ως αποκλειστικού μέσου μετακίνησης στην Αλόνησο και τονίζει τη σημασία της στρατηγικής υλοποίησης για την επίτευξη των στόχων βιώσιμης ανάπτυξης και ενεργειακής αυτόαρκειας.

Η εργασία έχει αναδείξει ότι η ηλεκτροκίνηση μπορεί να προσφέρει σημαντικά οφέλη στην Αλόνησο, μειώνοντας τις εκπομπές ρύπων και ενισχύοντας τη βιωσιμότητα του νησιού. Εντούτοις, η επιτυχής εφαρμογή της απαιτεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση που περιλαμβάνει την ανάπτυξη των απαραίτητων υποδομών φόρτισης, τη βελτίωση της ενεργειακής υποδομής, και την ενεργή συμμετοχή της τοπικής κοινωνίας. Η ανάλυση των προκλήσεων και των ευκαιριών δείχνει ότι, αν και υπάρχουν εμπόδια όπως το υψηλό αρχικό κόστος και η έλλειψη υποδομών, οι προοπτικές για την Αλόνησο είναι θετικές, εφόσον ακολουθηθεί μια στρατηγική που συνδυάζει τεχνολογική πρόοδο, οικονομική στήριξη και κοινωνική συμμετοχή.

Η μετάβαση στην ηλεκτροκίνηση δεν είναι απλώς μια τεχνολογική καινοτομία, αλλά και μια ευκαιρία για την αναβάθμιση του τρόπου ζωής και της περιβαλλοντικής συνείδησης των κατοίκων και επισκεπτών του νησιού. Η Αλόνησος μπορεί να αποτελέσει πρότυπο για άλλα ελληνικά νησιά και περιοχές, δείχνοντας πώς η ηλεκτροκίνηση και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούν να συνδυαστούν για τη δημιουργία ενός βιώσιμου και πράσινου μέλλοντος.

Εν κατακλείδι, η επιτυχής εφαρμογή της ηλεκτροκίνησης στην Αλόνησο προϋποθέτει συνεχή παρακολούθηση, αξιολόγηση και προσαρμογή των στρατηγικών με βάση τις εξελίξεις και τις ανάγκες του νησιού. Με τη σωστή υποστήριξη από το θεσμικό πλαίσιο, τις επενδύσεις και τη συμμετοχή της κοινότητας, η Αλόνησος έχει τη δυνατότητα να αναδειχθεί ως πρότυπο βιώσιμης ανάπτυξης και καινοτόμου κινητικότητας, ανοίγοντας το δρόμο για τη μετατροπή άλλων περιοχών σε βιώσιμους προορισμούς.

Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσση

- B2Green 2012-2023. (2021). Μπαίνουν στην κυκλική οικονομία η Αλόνησος και άλλα 4 νησιά (Retrieved from: <https://rb.gy/4qmiy3> at 24 February 2024).
- Βουμβουλάκης, Ε., Πελεκάνος, Μ., Ζουντουρίδου, Ε. & Λεωνιδάκη, Ε. (2023). Επίδραση της ηλεκτροκίνησης στην αύξηση της ζήτησης και στην ανάπτυξη του Δικτύου Διανομής. *Πυλώνες* 4(9), 48-60. <https://cigre.gr/wp-content/uploads/2023/10/Pylons-Issue-4.pdf>
- Ελληνική Στατιστική Αρχή. (2024). Αποτελέσματα Απογραφής Πληθυσμού - Κατοικιών 2021. (Retrieved from <https://www.statistics.gr/el/2021-census-res-pop-results> at 28 February 2024).
- Ευρωπαϊκό Συμβούλιο. (2023). Δέσμη Fit For 55 (Retrieved from <https://www.consilium.europa.eu/el/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/> at 19 January 2024).
- Κινούμαι ηλεκτρικά 2. (2024). Κινούμαι ηλεκτρικά – Β΄ Κύκλος. (Retrieved from <https://kinoumeilektrika2.gov.gr/index.html> at 12 January 2024).
- Μ.Υ.Φ.Α.Η. (2024). Δημοσίως προσβάσιμα σημεία φόρτισης. (Αντλήθηκε από: <https://electrokinisi.yme.gov.gr/public/ChargingPoints/> στις 11/09/2024).
- ΣΕΑΑ. (2024). Ταξινομήσεις. (Retrieved from <https://seaa.gr/registrations/> at 27 February 2024).
- Τσιρόπουλος, Γ., Μαγκανιώτης, Κ., Κρασόπουλος, Χ., Βάρρας, Γ. & Χαμπάκης, Μ. (2023). Οι πρωτοβουλίες του ΔΕΔΔΗΕ και ο ρόλος των μέτρων προώθησης της ηλεκτροκίνησης. *Πυλώνες* 4(9), 61-73. <https://cigre.gr/wp-content/uploads/2023/10/Pylons-Issue-4.pdf>
- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. (2023). Δημόσια Διαβούλευση για το Εθνικό Σχέδιο Ηλεκτροκίνησης. (Retrieved from <https://ypen.gov.gr/dimosia-diavoulefsi-gia-to-ethniko-schedio-ilektrokinisis/> at 15 January 2024).
- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. (2020). Κινούμαι ηλεκτρικά. (Ανακτήθηκε <https://kinoumeilektrika.gov.gr/info> στις 07-4-2024).

Ξενόγλωσση

- Abid, M. S., Apon, H. J., Alavi, A., Hossain, M. A., & Abid, F. (2023). Mitigating the Effect of Electric Vehicle integration in Distribution Grid using Slime Mould Algorithm. *Alexandria Engineering Journal*, 64, 785-800. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.09.022>
- ACEA. (2022). Press release for charging infrastructure in the eu. <https://www.acea.auto/press-release/electric-cars-6-eu-countries-have-less->

- [than-1-charger-per-100km-of-road-1-charger-in-7-is-fast/](#) [Προσπελάστηκε στις 11-9-2024).
- Agarwal, S., Gusain, P., Jadhav, A., Panigrahy, P., Stewart, B., Penmatsa, A., & Daim, T. (2023). Intelligent Traffic Solutions (Role of Machine Learning and Machine Reasoning). In *Innovation Analytics: Tools for Competitive Advantage* (pp. 191-235).
- Alanazi, F. (2022). Electric Vehicles: Benefits, Challenges, and Potential Solutions for Widespread Adaptation. *Applied Sciences*, *13*(10), 6016. <https://doi.org/10.3390/app13106016>
- Allahmoradi, E., Mirzamohammadi, S., Bonyadi Naeini, A., Maleki, A., Mobayen, S., & Skruch, P. (2021). Policy Instruments for the Improvement of Customers' Willingness to Purchase Electric Vehicles: A Case Study in Iran. *Energies*, *15*(12), 4269. <https://doi.org/10.3390/en15124269>
- Anagnostatos, S. D., Halevidis, C. D., Polykrati, A. D., Bourkas, P. D., & Karagiannopoulos, C. G. (2013). Examination of the 2006 blackout in Kefallonia Island, Greece. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, *49*, 122-127. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2012.12.003>
- Barter, P. (2023). "Cars are parked 95% of the time". Let's check!. Reinventing Parking. (Retrieved from <https://www.reinventingparking.org/2013/02/cars-are-parked-95-of-time-lets-check.html> at 15-05-2023).
- Beck, L., Waddell, L. & Rydzewski, D. (2009). V2G – 101: A text about Vehicle – to Grid, the technology which enables a future of clean and efficient electric – powered transportation. BookSurge Publishing.
- Becker, T. A., Sidhu, I., & Tenderich, B. (2009). Electric vehicles in the United States: a new model with forecasts to 2030. Center for Entrepreneurship and Technology, University of California, Berkeley, 24.
- BloombergNEF. (2019). Battery Pack Prices Fall As Market Ramps Up With Market Average At \$156/KWh In 2019. (Retrieved at 12 January 2024 from: <https://about.bnef.com/blog/battery-pack-prices-fall-as-market-ramps-up-with-market-average-at-156-kwh-in-2019/>)
- Bonges, H. A., & Lusk, A. C. (2015). Addressing electric vehicle (EV) sales and range anxiety through parking layout, policy and regulation. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *83*, 63-73. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.09.011>
- Briones, A., Francfort, J., Heitmann, P., Schey, M., Schey, St. & Smart, J. (2012). Vehicle – to Grid (V2G) Power Flow Regulations and Building Codes Review by the AVTA. Idaho National Laboratory.
- Brown, G. (2017). Making Sense of Demand Charges: What Are They and How Do They Work?. *Renewable Energy World*, June, 6.
- Cabrera, P., Lund, H., & Carta, J. A. (2018). Smart renewable energy penetration strategies on islands: The case of Gran Canaria. *Energy*, *162*, 421-443. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.08.020>
- Capuder, T., Miloš Sprčić, D., Zoričić, D., & Pandžić, H. (2020). Review of challenges and assessment of electric vehicles integration policy goals: Integrated risk

- analysis approach. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 119, 105894. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2020.105894>
- Cavallaro, F., Danielis, R., Nocera, S., & Rotaris, L. (2018). Should BEVs be subsidized or taxed? A European perspective based on the economic value of CO₂ emissions. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 64, 70-89.
- Chalvatzis, K. J., & Ioannidis, A. (2017). Energy supply security in the EU: Benchmarking diversity and dependence of primary energy. *Applied Energy*, 207, 465-476. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.07.010>
- Chandra, M. (2022). Investigating the impact of policies, socio-demography and national commitments on electric-vehicle demand: Cross-country study. *Journal of Transport Geography*, 103, 103410. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2022.103410>
- Christidis, K., Profillidis, V., Botzoris, G., & Iliadis, L. (2022). Forecasting the Passenger Car Demand Split from Public Perceptions of Electric, Hybrid, and Hydrogen-Fueled Cars in Greece. In *Conference on Sustainable Urban Mobility* (pp. 77-90). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Clean energy for EU islands secretariat. (2021). Greece regulatory factsheet. European Commission. <https://clean-energy-islands.ec.europa.eu/insights/publications/greece-regulatory-factsheet>
- Colmenar-Santos, A., Linares-Mena, A., Borge-Diez, D., & Quinto-Aleman, C. (2017). Impact assessment of electric vehicles on islands grids: A case study for Tenerife (Spain). *Energy*, 120, 385-396. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.11.097>
- Cross, S., Padfield, D., Ant-Wuorinen, R., King, P., & Syri, S. (2017). Benchmarking island power systems: Results, challenges, and solutions for long term sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 1269-1291. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.126>
- da Silva, M. M., Lopes, J. P., & Matos, M. A. (2011). Multicriteria decision aid for planning energy storage and sustainable mobility-The São Miguel Island case study. *Trondheim PowerTech*, 1-8. IEEE.
- Daina, N., Sivakumar, A., & Polak, J. W. (2017). Modelling electric vehicles use: A survey on the methods. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 447-460. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.10.005>
- De Vos, K., Petoussis, A. G., Driesen, J., & Belmans, R. (2013). Revision of reserve requirements following wind power integration in island power systems. *Renewable Energy*, 50, 268-279. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.06.048>
- Department of Energy (2012) Integration Technology for PHEV-Grid-Connectivity with Support for SAE Electrical Standards, http://www1.eere.energy.gov/vehiclesandfuels/pdfs/merit_review_2010/veh_sys_sim/vss025_bohn_2_010_o.pdf (accessed November 2010).
- Desai, R. R., Hittinger, E., & Williams, E. (2021). Interaction of Consumer Heterogeneity and Technological Progress in the US Electric Vehicle Market. *Energies*, 15(13), 4722. <https://doi.org/10.3390/en15134722>

- Egbue, O., Long, S., & Samaranayake, V. A. (2017). Mass deployment of sustainable transportation: evaluation of factors that influence electric vehicle adoption. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 19, 1927-1939. <https://doi.org/10.1007/s10098-017-1375-4>
- Electronics Lab, 2011, How to Rebuild a Li-ion Battery Pack, http://www.electronic-lab.com/articles/Li_Ion_reconstruct/.
- Erwin, J. (2020). Volkswagen Hopes Fresh Logo Signals an Emission – Free Future. (Retrieved at 10 January 2024 from: <https://www.nytimes.com/2019/09/08/business/volkswagen-trademark-electric-vehicles.html>)
- Europe, A. D. M. T. Fuel Types of New Cars: Battery Electric 9.1%, Hybrid 19.6% and Petrol 40.0% Market Share Full-Year 2021. 2022.
- European Commission. (2019). Transport and the Green Deal. (Ανακτήθηκε από https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/transport-and-green-deal_en στις 18-06-2024).
- European Commission. (2023). Photovoltaic Geographical Information System. Country and Regional Maps. Global Irradiation and Solar Electricity Potential Horizontally Mounted Photovoltaic Modules. Greece. Available online: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_download/map_pdfs/G_hor_GR.pdf
- European Commission. (2024). Mobility and Transport. EU transport 5 years on (Ανακτήθηκε από https://transport.ec.europa.eu/eu-mobility-transport-achievements-2019-2024_en).
- European Court of Auditors. (2021). Special Report 05/2021: Infrastructure for changing electric vehicles: more changing stations but uneven deployment makes travel across the EU complicated. (ανακτήθηκε από https://www.eca.europa.eu/en/publications/SR21_05 στις 12-8-2024)
- European Environment Agency. (2021). *EEA Environmental Statement 2021*. EEA Report, 0/2022, <https://www.eea.europa.eu/publications/environmental-statement-report/download>
- Eyer, J. & Garth, G. (2010). "Energy Storage for the Electricity Grid: Benefits and Market Potential Assessment Guide," Sandia National Laboratories.
- Federal Highway Administration. (2017). National Household Travel Survey (Retrieved from <https://nhts.ornl.gov/> at 27-7-2023)
- Figenbaum, E. (2017). Perspectives on Norway's supercharged electric vehicle policy. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 25, 14-34. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2016.11.002>
- Flocas, A. (1979). Estimation and prediction of global solar radiation over Greece. *Solar Energy*, 24(1), 63-70. [https://doi.org/10.1016/0038-092X\(80\)90021-3](https://doi.org/10.1016/0038-092X(80)90021-3)
- Fyrippis, I., Axaopoulos, P. J., & Panayiotou, G. (2010). Wind energy potential assessment in Naxos Island, Greece. *Applied Energy*, 87(2), 577-586. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.05.031>
- Gay, D., Rogers, T., & Shirley, R. (2018). Small island developing states and their suitability for electric vehicles and vehicle-to-grid services. *Utilities Policy*, 55, 69-78. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2018.09.006>

- Geronikolos, I., & Potoglou, D. (2021). An exploration of electric-car mobility in Greece: A stakeholders' perspective. *Case Studies on Transport Policy*, 9(2), 906-912. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2021.04.010>
- Gnann, T., Plötz, P., Kühn, A., & Wietschel, M. (2015). Modelling market diffusion of electric vehicles with real world driving data – German market and policy options. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77, 95-112. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.04.001>
- Gonzalez Venegas, F., Petit, M., & Perez, Y. (2021). Active integration of electric vehicles into distribution grids: Barriers and frameworks for flexibility services. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 145, 111060. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111060>
- Govardhan, O. M. (2017). Fundamentals and classification of hybrid electric vehicles. *International Journal of Engineering and Techniques*, 3(5), 194-198.
- Green European Foundation. (2024). European Mobility Report. (Ανακτήθηκε από <https://gef.eu/publication/european-mobility-atlas-2/> στις 06-06-2024).
- Gross, A. (2023). Electric island Astypalea: Transformation of mobility fully underway. *Media information*, 94, Volkswagen Aktiengesellschaft, (Retrieved from <https://www.volkswagen-group.com/en/press-releases/electric-island-astypalea-transformation-of-mobility-fully-underway-17312> at 15 February 2024).
- Gu, W., Yu, H., Liu, W., Zhu, J., & Xu, X. (2013). Demand Response and Economic Dispatch of Power Systems Considering Large-Scale Plug-in Hybrid Electric Vehicles/Electric Vehicles (PHEVs/EVs): A Review. *Energies*, 6(9), 4394-4417. <https://doi.org/10.3390/en6094394>
- Han, S. & Acquah, M. A. (2021). Grid – to – Vehicle (G2V) and Vehicle – to – Grid (V2G) Technologies. Mdpi AG, <https://doi.org/10.3390/books978-3-03943-445-9>
- Hausfather, Z. (2019). Factcheck: How electric vehicles help to tackle climate change. *Carbon Brief*, May, 13.
- Hellenic Ministry of Environment and Energy. (2022). *8th National Communication and 5th Biennia Report Under the United Nations Framework Convention on Climate Change*. Hellenic Republic. https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2023/02/NC8_BR5_Greece.pdf
- 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>
- Hossain, M. B., Pokhrel, S. R., & Vu, H. L. (2023). Efficient and private scheduling of wireless electric vehicles charging using reinforcement learning. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 24(4), 4089-4102.
- Ibrahim, A. (2016). Performance and combustion characteristics of a diesel engine fuelled by butanol–biodiesel–diesel blends. *Applied Thermal Engineering*, 103, 651-659. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.04.144>

- Ibrahim, M., Rassölkin, A., Vaimann, T., & Kallaste, A. (2021). Overview on Digital Twin for Autonomous Electrical Vehicles Propulsion Drive System. *Sustainability*, 14(2), 601. <https://doi.org/10.3390/su14020601>
- IEA (2022), *Global EV Outlook 2022: Securing supplies for an electric future*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/c83f815c-en>.
- International Energy Agency. (2022). *World Energy Outlook 2022*. IEA Publications. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/830fe099-5530-48f2-a7c1-11f35d510983/WorldEnergyOutlook2022.pdf>
- International Energy Association. (2018). *CO₂ Emissions from Fuel Combustion 2018-Highlights*. International Energy Association, Paris.
- International Renewable Energy Agency. (2024). Key Enablers to Triple Renewable by 2030: Finance (Ανακτήθηκε <https://www.irena.org/News/articles/2024/Aug/Key-Enablers-to-Triple-Renewables-by-2030-Finance> στις 17-08-2024).
- Interreg Europe. (2020). *GO ELECTRIC boosts e-mobility*. (Retrieved at 13 January 2024 from: <https://www.interregeurope.eu/good-practices/go-electric-boosts-e-mobility>)
- Interreg Europe. (2022). *Greek funding program for Electric Vehicle Charging Plans*. (Retrieved at 13 January 2024 from <https://www.interregeurope.eu/good-practices/greek-funding-programme-for-electric-vehicle-charging-plans>)
- Jochem, P., Babrowski, S., & Fichtner, W. (2015). Assessing CO₂ emissions of electric vehicles in Germany in 2030. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 78, 68-83. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.05.007>
- Kadurek, P., Ioakimidis, C., & Ferrao, P. (2009). Electric vehicles and their impact to the electric grid in isolated systems. *International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives*, 49-54. IEEE.
- Kaldellis, J. (2008). The wind potential impact on the maximum wind energy penetration in autonomous electrical grids. *Renewable Energy*, 33(7), 1665-1677. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2007.09.011>
- Kaldellis, J. K. (2020). Supporting the Clean Electrification for Remote Islands: The Case of the Greek Tilos Island. *Energies*, 14(5), 1336. <https://doi.org/10.3390/en14051336>
- Kaldellis, J. K., Kavadias, K. A., Papantonis, D. E., & Stavrakakis, G. S. (2006). Maximizing Wind Generated Electricity with Hydro Storage: Case Study Crete. *Wind Engineering*. <https://doi.org/10.1260/030952406777641414>
- Kaldellis, J., & Zafirakis, D. (2007a). Optimum energy storage techniques for the improvement of renewable energy sources-based electricity generation economic efficiency. *Energy*, 32(12), 2295-2305. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2007.07.009>
- Kaldellis, J., & Zafirakis, D. (2007b). Present situation and future prospects of electricity generation in Aegean Archipelago islands. *Energy Policy*, 35(9), 4623-4639. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.04.004>

- Kaldellis, J., & Zafirakis, D. (2019). Prospects and challenges for clean energy in European Islands.The TILOS paradigm. *Renewable Energy*, 145, 2489-2502. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.08.014>
- Kaldellis, J., Kapsali, M., & Tiligadas, D. (2012). Presentation of a stochastic model estimating the wind energy contribution in remote island electrical networks. *Applied Energy*, 97, 68-76. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.11.055>
- Kaldellis, J., Tzanes, G., Papapostolou, C., Kavadias, K., & Zafirakis, D. (2017). Analyzing the Limitations of Vast Wind Energy Contribution in Remote Island Networks of the Aegean Sea Archipelagos. *Energy Procedia*, 142, 787-792. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.12.127>
- Kaldellis, J., Zafirakis, D., & Kavadias, K. (2009). Techno-economic comparison of energy storage systems for island autonomous electrical networks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(2), 378-392. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2007.11.002>
- Kempton, W., T. Jasna, S. Letendre, A. Brooks, and T. Lipman, 2001, Electric drive vehicles--battery, hybrid and fuel cell--as resources for distributed electric power in California, Davis, CA: University of California at Davis.
- Koç, M., Isaifan, R. J., & Bicer, Y. (2021). A Review of the Integrated Renewable Energy Systems for Sustainable Urban Mobility. *Sustainability*, 14(17), 10517. <https://doi.org/10.3390/su141710517>
- Kuang, Y., Zhang, Y., Zhou, B., Li, C., Cao, Y., Li, L., & Zeng, L. (2016). A review of renewable energy utilization in islands. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 504-513. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.014>
- Lee, J. H., Hardman, S. J., & Tal, G. (2019). Who is buying electric vehicles in California? Characterising early adopter heterogeneity and forecasting market diffusion. *Energy Research & Social Science*, 55, 218-226. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.05.011>
- Letendre, S. and P. Denholm. (2006). New load, or new resource?. *Public Utilities Fortnightly*, 28- 37.
- Letendre, St. (2009). Electrification Roadmap Bypasses Important Role for Vehicle-To-Grid, <http://www.evworld.com/article.cfm?storyid=1787>.
- Levitan, D. (2010). How Electric Cars Could Become a Giant Battery for Renewable Energy, <http://motherjones.com/environment/2010/10/electric-car-battery-renewable-energy>.
- Li, L., Wang, Z., & Xie, X. (2022). From government to market? A discrete choice analysis of policy instruments for electric vehicle adoption. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 160, 143-159. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.04.004>
- Li, Z., Khajepour, A., & Song, J. (2019). A comprehensive review of the key technologies for pure electric vehicles. *Energy*, 182, 824-839. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.06.077>
- Liu, G., Kang, L., Luan, Z., Qiu, J., & Zheng, F. (2018). Charging Station and Power Network Planning for Integrated Electric Vehicles (EVs). *Energies*, 12(13), 2595. <https://doi.org/10.3390/en12132595>

- Lopes, J. A. P., Soares, F. J., & Almeida, P. M. R. (2010). Integration of electric vehicles in the electric power system. *Proceedings of the IEEE*, 99(1), 168-183.
- Lutsey, N., & Nicholas, M. (2019). Update on electric vehicle costs in the United States through 2030. *Int. Counc. Clean Transp*, 12, 1-12.
- Malmgren, I. (2016). Quantifying the Societal Benefits of Electric Vehicles. *World Electric Vehicle Journal*, 8(4), 996-1007. <https://doi.org/10.3390/wevj8040996>
- Mandev, A., Plötz, P., Sprei, F., & Tal, G. (2022). Empirical charging behavior of plug-in hybrid electric vehicles. *Applied Energy*, 321, 119293. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119293>
- Mastoi, M. S., Zhuang, S., Munir, H. M., Haris, M., Hassan, M., Usman, M., Bukhari, S. S. H., & Ro, J. (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>
- Meade, P. T., & Rabelo, L. (2004). The technology adoption life cycle attractor: Understanding the dynamics of high-tech markets. *Technological Forecasting and Social Change*, 71(7), 667-684. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2004.01.008>
- Ministry of Infrastructure and Transportation, GR, 2023. List of charging stations in Greece. URL: <https://electrokinisi.yme.gov.gr/public/ChargingPoints/>. (Προσπελάστηκε στις: 11-09-2024).
- Moustris, K., Kavadias, K., Zafirakis, D., & Kaldellis, J. (2020). Medium, short and very short-term prognosis of load demand for the Greek Island of Tilos using artificial neural networks and human thermal comfort-discomfort biometeorological data. *Renewable Energy*, 147, 100-109. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.08.126>
- Mpoi, G., Milioti, C., & Mitropoulos, L. (2023). Factors and incentives that affect electric vehicle adoption in Greece. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 12(4), 1064-1079. <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2023.01.002>
- Mullen, S. K.. (2009). Plug in Hybrid Electric Vehicles as a Source of Distributed Frequency Regulation, http://conservancy.umn.edu/bitstream/56792/1/Mullen_umn_0130E_10730.pdf (accessed November 2010).
- Nunes, P., Farias, T., & Brito, M. C. (2015). Day charging electric vehicles with excess solar electricity for a sustainable energy system. *Energy*, 80, 263-274. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.11.069>
- Operator, H. D. N. (2017). Statistics reports and monthly reports on Non-Interconnected Islands released.
- 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>

- PAE. (2024). Γεωπληροφοριακός Χάρτης (Retrieved from <https://geo.rae.gr/?lon=24.1716521517442&lat=39.39392186252113&zoom=13> at 03 March 2024).
- Palaiologou, P., Kalabokidis, K., Haralambopoulos, D., Feidas, H., & Polatidis, H. (2011). Wind characteristics and mapping for power production in the Island of Lesbos, Greece. *Computers & Geosciences*, 37(7), 962-972. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2010.05.025>
- Papaefthymiou, G., & Dragoon, K. (2016). Towards 100% renewable energy systems: Uncapping power system flexibility. *Energy Policy*, 92, 69-82. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.01.025>
- Papathanassiou, S. A., & Boulaxis, N. G. (2006). Power limitations and energy yield evaluation for wind farms operating in island systems. *Renewable Energy*, 31(4), 457-479. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2005.04.002>
- Park, J., & Kim, Y. (2019). Supervised-learning-based optimal thermal management in an electric vehicle. *IEEE Access*, 8, 1290-1302.
- Ponticel, P. (2012). J1772 'Combo Connector' Shown at the 2012 Electric Vehicle Symposium, <http://ev.se.org/article/11005/>.
- Ramesan, S., Kumar, P., & Garg, S. K. (2022). Analyzing the enablers to overcome the challenges in the adoption of electric vehicles in Delhi NCR. *Case Studies on Transport Policy*, 10(3), 1640-1650. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2022.06.003>
- Rietmann, N., Hügler, B., & Lieven, T. (2020). Forecasting the trajectory of electric vehicle sales and the consequences for worldwide CO2 emissions. *Journal of Cleaner Production*, 261, 121038. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121038>
- Rusu, E., & Onea, F. (2019). An assessment of the wind and wave power potential in the island environment. *Energy*, 175, 830-846. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.03.130>
- Saleem, M., Abbas, S., Ghazal, T. M., Adnan Khan, M., Sahawneh, N., & Ahmad, M. (2022). Smart cities: Fusion-based intelligent traffic congestion control system for vehicular networks using machine learning techniques. *Egyptian Informatics Journal*, 23(3), 417-426. <https://doi.org/10.1016/j.eij.2022.03.003>
- Salman, U. T., Shafiq, S., S., F., & Khalid, M. (2021). A Review of Improvements in Power System Flexibility: *Implementation, Operation and Economics*. *Electronics*, 11(4), 581. <https://doi.org/10.3390/electronics11040581>
- Salmasi, F.R. (2007). Control Strategies for Hybrid Electric Vehicles: Evolution, Classification, Comparison, and Future Trends. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 56, 2393-2404.
- Selosse, S., Garabedian, S., Ricci, O., & Maïzi, N. (2018). The renewable energy revolution of reunion island. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 89, 99-105. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.013>
- Shaban, F., Siskos, P., & Tjortjis, C. (2022). Electromobility Prospects in Greece by 2030: A Regional Perspective on Strategic Policy Analysis. *Energies*, 16(16), 6083. <https://doi.org/10.3390/en16166083>

- Shom, S., James, K., & Alahmad, M. (2021). Understanding the Correlation of Demographic Features with BEV Uptake at the Local Level in the United States. *Sustainability*, 14(9), 5016. <https://doi.org/10.3390/su14095016>
- Sihvonen, V., Ollila, I., Jaanto, J., Grönman, A., Honkapuro, S., Riikonen, J., & Price, A. (2024). Role of power-to-heat and thermal energy storage in decarbonization of district heating. *Energy*, 305, 132372. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.132372>
- Siskos, P., Capros, P., Zazias, G., Fiorello, D., & Noekel, K. (2018). Energy and fleet modelling within the TRIMODE integrated transport model framework for Europe. *Transportation Research Procedia*, 37, 369-376. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.205>
- Smart & Sustainable Island. (2024). Αστυπάλαια: Το πρώτο Έξυπνο & Βιώσιμο Νησί της Μεσογείου (Retrieved from <https://smartastypalea.gov.gr/?lang=el> at 19 February 2024)
- Smart & sustainable island. (2024). Ηλεκτροκίνηση οχημάτων. (Ανακτήθηκε από <https://smartastypalea.gov.gr/ilektrokinisi-oximatou/?lang=el> στις 06-06-2024).
- Smart, J., Jamie, D., Matthew, S., Casey, Q. & Kenneth S. Kurani. (2010). Electricity Demand of PHEVs Operated by Private Households and Commercial Fleets: Effects of Driving and Charging Behavior, http://avt.inel.gov/pdf/phev/EVS25_INL_UCDavis.pdf (accessed March 2011).
- Sovacool, B. K., Kester, J., Noel, L., & de Rubens, G. Z. (2020). Actors, business models, and innovation activity systems for vehicle-to-grid (V2G) technology: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 131, 109963.
- Statharas, S., Moysoglou, Y., Siskos, P., Zazias, G., & Capros, P. (2018). Factors Influencing Electric Vehicle Penetration in the EU by 2030: A Model-Based Policy Assessment. *Energies*, 12(14), 2739. <https://doi.org/10.3390/en12142739>
- Stephanides, P., Chalvatzis, K., Li, X., Mantzaris, N., Prodromou, M., Papapostolou, C., & Zafirakis, D. (2019). Sustainable energy solutions for the Aegean Archipelago Islands: What is the public attitude? *Energy Procedia*, 159, 243-248. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.12.057>
- Taliotis, C., Fylaktos, N., Partasides, G., Gardumi, F., Sridharan, V., Karmellos, M., & Papanicolas, C. N. (2020). The Effect of Electric Vehicle Deployment on Renewable Electricity Generation in an Isolated Grid System: The Case Study of Cyprus. *Frontiers in Energy Research*, 8, 541852. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2020.00205>
- Taliotis, C., Giannakis, E., Karmellos, M., Fylaktos, N., & Zachariadis, T. (2020). Estimating the economy-wide impacts of energy policies in Cyprus. *Energy Strategy Reviews*, 29, 100495. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2020.100495>
- Tan, K. M., Ramachandaramurthy, V. K., & Yong, J. Y. (2016). Integration of electric vehicles in smart grid: A review on vehicle to grid technologies and

- optimization techniques. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 720-732.
- Tirumalasetti, R., & Singh, S. K. (2023). Automatic Dynamic User Allocation with opportunistic routing over vehicles network for Intelligent Transport System. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 57, 103195. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2023.103195>
- Tsakalidis, A., Krause, J., Julea, A., Peduzzi, E., Pisoni, E., & Thiel, C. (2020). Electric light commercial vehicles: Are they the sleeping giant of electromobility? *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 86, 102421. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102421>
- Tsiropoulos, I., Siskos, P., & Capros, P. (2022). The cost of recharging infrastructure for electric vehicles in the EU in a climate neutrality context: Factors influencing investments in 2030 and 2050. *Applied Energy*, 322, 119446. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119446>
- Turitsyn, K.S., Sinitzyn, N.A., Backhaus, S.N., & Chertkov, M. (2010). Robust Broadcast-Communication Control of Electric Vehicle Charging. 2010 First IEEE *International Conference on Smart Grid Communications*, 203-207. http://arxiv.org/PS_cache/arxiv/pdf/1006/1006.0165v1.pdf.
- Tzanes, G., Zafeiraki, E., Papapostolou, C., Zafirakis, D., Konstantinos, M., Kavadias, K., ... & Kaldellis, J. K. (2019). Assessing the status of electricity generation in the non-interconnected islands of the Aegean Sea region. *Energy Procedia*, 159, 424-429.
- Ustun, T. S., Ozansoy, C. R., & Zayegh, A. (2013). Implementing vehicle-to-grid (V2G) technology with IEC 61850-7-420. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 4(2), 1180-1187.
- V2G Hub. (2023). Insights. (Retrieved from <https://www.v2g-hub.com/> at 18-05-2023).
- Vergara, W., Fenhann, J. V., & Schletz, M. C. (2015). Zero Carbon Latin America - A pathway for net decarbonisation of the regional economy by mid-century: Vision paper. UNEP DTU Partnership.
- Viscidi, L., Graham, N., Madrigal, M., Masson, M., Prado, V., & Monticelli, J. (2020). Electrified Islands: The Road to E-Mobility in the Caribbean. Report from the Inter-American Development Bank and the Organization of American States, and the Inter-American Dialogue.
- Vogiatzis, N., Kotti, K., Spanomitsios, S., & Stoukides, M. (2004). Analysis of wind potential and characteristics in North Aegean, Greece. *Renewable Energy*, 29(7), 1193-1208. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2003.11.017>
- WWF Greece. (2020). Φύση. (Ανακτήθηκε από https://www.wwf.gr/ti_kanoume/fysh/ στις 17-06-2024).
- Yang, T., Long, R., Li, W., & Rehman, S. U. (2016). Innovative Application of the Public-Private Partnership Model to the Electric Vehicle Charging Infrastructure in China. *Sustainability*, 8(8), 738. <https://doi.org/10.3390/su8080738>

- Yilmaz, M., & Krein, P. T. (2012a). Review of the impact of vehicle-to-grid technologies on distribution systems and utility interfaces. *IEEE Transactions on power electronics*, 28(12), 5673-5689.
- Yilmaz, M., & Krein, P. T. (2012b). Review of benefits and challenges of vehicle-to-grid technology. *IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*, 3082-3089. IEEE.
- Yuvaraj, N., Praghash, K., Raja, R. A., & Karthikeyan, T. (2022). An investigation of garbage disposal electric vehicles (GDEVs) integrated with deep neural networking (DNN) and intelligent transportation system (ITS) in smart city management system (SCMS). *Wireless personal communications*, 123(2), 1733-1752.
- Zafeiratou, E., & Spataru, C. (2018). Sustainable island power system – Scenario analysis for Crete under the energy trilemma index. *Sustainable Cities and Society*, 41, 378-391. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.05.054>
- 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>
- 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>
- Zafeiratou, E., & Spataru, C. (2022a). Modelling electric vehicles uptake on the Greek islands. *Renewable and Sustainable Energy Transition*, 2, 100029. <https://doi.org/10.1016/j.rset.2022.100029>
- Zafeiratou, E., & Spataru, C. (2022b). Renewable and Sustainable Energy Transition. *Renewable and Sustainable Energy Transition*, 2.
- Zafeiratou, E., & Spataru, C.D. (2019). Modelling electrical interconnections for Rhodes island power system. *International Conference on Smart Energy Systems and Technologies (SEST)*, 1-6.
- Zafirakis, D., Tzanes, G., & Kaldellis, J. K. (2019). Forecasting of Wind Power Generation with the Use of Artificial Neural Networks and Support Vector Regression Models. *Energy Procedia*, 159, 509-514. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.12.007>
- Zarkadoula, M. (2021). Electric mobility in national policy: the case of Greece. European Committee of the Regions. https://ec.europa.eu/regional_policy/rest/cms/upload/18092020_105151_euregionsweek_2020_cres.pdf.
- Zhang, H., & Lu, X. (2020). Vehicle communication network in intelligent transportation system based on Internet of Things. *Computer Communications*, 160, 799-806. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2020.03.041>
- Zhang, Q., Ou, X., Yan, X., & Zhang, X. (2017). Electric Vehicle Market Penetration and Impacts on Energy Consumption and CO2 Emission in the Future: Beijing Case. *Energies*, 10(2), 228. <https://doi.org/10.3390/en10020228>

- Zhao, X., Hu, H., Yuan, H., & Chu, X. (2023). How does adoption of electric vehicles reduce carbon emissions? Evidence from China. *Heliyon*, 9(9), e20296. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20296>
- Zhao, X., Wang, L., Zhou, Y., Pan, B., Wang, R., Wang, L., & Yan, X. (2022). Energy management strategies for fuel cell hybrid electric vehicles: Classification, comparison, and outlook. *Energy Conversion and Management*, 270, 116179. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.116179>
- Zubi, G., Dufo-López, R., Carvalho, M., & Pasaoglu, G. (2018). The lithium-ion battery: State of the art and future perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 89, 292-308. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.002>

Συντομογραφίες

AC Alternating Current

ANSI American National Standards Institute

AVTA Advanced Vehicle Testing Activity

BEV Battery Electric Vehicle

BMS Battery Management System

CS Charging Station

CPHV Charging Plans for Electric Vehicles

DC Direct Current

DER Distributed Energy Resource

DG Distributed Generation

DR Demand Response

EPS Electricity Production System

EREV Extended Range Electric Vehicle

ESS Energy Storage System

EVSE Electric Vehicle Supply Equipment

EVSP Electric Vehicle Service Provider

FP Forecasting Platform

FIT Feed-In Tariff

IBC International Building Code

ICCT International Council on Clean Transportation

ICEV Internal Combustion Engine Vehicle

IECC International Energy Conservation Code

IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers

IGCC International Green Construction Code

IOU Investor-Owned Utility

IRC International Residential Code
ISO independent System Operator
kW kilowatt
kWh kilowatt hours
MW megawatt
NEC National Electric Code
NFPA National Fire Protection Association
NIST National Institute of Standards and Technology
OEM Original Equipment Manufacturer
PEV Plug-in Electric Vehicle
PHEV Plug-in Hybrid Electric Vehicle
PS Electrical Power System
PV Photovoltaic
SAE Society of Automotive Engineers
SOC State of Charge
TMS Thermal Management System
TOU Time-Of-Use
U.K. United Kingdom
UL Underwriters Laboratory
V Volt
V2B Vehicle-to-Building
V2G Vehicle-to-Grid
V2H Vehicle-to-Home
VAC Volt Alternating Current
VDC Volt Direct Current

