



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**Διπλωματική Εργασία**

**Αξιοποίηση Καταγραφής Ενεργειακών Δεδομένων Ηλεκτρικών  
Οχημάτων Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής**

**Εμμανουήλ Κανακάκης**

**ΑΜ: 51204101**

**Επιβλέπων Καθηγητές:**

**Γεώργιος Χ. Σπυρόπουλος**

**Ιωάννης Κ. Καλδέλλης**

**Αθήνα, Μάρτιος 2022**



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA**  
**SCHOOL OF ENGINEERING**  
**DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING**

**Diploma Thesis**

**Energy Data Recording Utilization of Electric Vehicles of the  
University of West Attica**

**Emmanouil Kanakakis**

**51204101**

**Supervisors:**

**Georgios Spyropoulos**  
**John K. Kaldellis**

**Athens, March 2022**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**Αξιοποίηση Καταγραφής Ενεργειακών Δεδομένων Ηλεκτρικών  
Οχημάτων Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής**

**Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή**

Η πτυχιακή/διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

<b>Α/α</b>	<b>ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ</b>	<b>ΒΑΘΜΙΑΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ</b>	<b>ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ</b>
1	ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΜΟΥΣΤΡΗΣ	ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	
2	ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΖΑΦΕΙΡΑΚΗΣ	ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	
3	ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΣΠΥΡΟΠΟΥΛΟΣ	ΕΔΙΠ Α' ΒΑΘΜΙΑΔΑΣ	

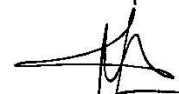
## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Εμμανουήλ Κανακάκης του Στυλιανού, με αριθμό μητρώου 51204101 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

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

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

Ο Δηλών



## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Γεώργιο Σπυρόπουλο, για την ανάθεση του συγκεκριμένου θέματος άλλα και για την διαρκή καθοδήγηση του κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να αναφερθώ στη συνδρομή του κ. Εμμανουήλ Κωστόπουλου σε όλη τη διάρκεια της έρευνας. Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένειά μου, τους φίλους μου και την κοπέλα μου για τη στήριξη και την κατανόησή τους, καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η αξιοποίηση της καταγραφής των ενεργειακών δεδομένων των ηλεκτρικών οχημάτων του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων με έμφαση στη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Αρχικά, γίνεται μια εκτεταμένη αναφορά βάσει της υπάρχουσας βιβλιογραφίας, στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τον τομέα των μεταφορών και την ανάγκη για μετάβαση σε οχήματα με μηδενικές εκπομπές ρύπων. Στη συνέχεια, γίνεται σύγκριση του βαθμού απόδοσης και της κατανάλωσης ενέργειας μεταξύ συμβατικών και ηλεκτρικών οχημάτων, ενώ παράλληλα αναλύονται και κατηγοριοποιούνται οι απώλειες ενέργειας των ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Έπειτα, παρουσιάζονται τα δύο ηλεκτρικά οχήματα του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής και γίνεται αναλυτική περιγραφή των τεχνικών τους χαρακτηριστικών. Παράλληλα γίνεται σύντομη αναφορά στον σταθμό φόρτισης του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής και στο σύστημα καταγραφής των δεδομένων φόρτισης Carlo Gavazzi. Επιπροσθέτως, περιγράφεται η διαδικασία αναζήτησης εξοπλισμού καταγραφής των ενεργειακών δεδομένων των δύο ηλεκτρικών οχημάτων που μελετώνται στη παρούσα εργασία, ενώ παράλληλα παρατίθενται τα στοιχεία που αντλήθηκαν έπειτα από εκτενή έρευνα. Το επόμενο βήμα είναι η περιγραφή της διαδικασίας που τηρήθηκε για την λήψη των δεδομένων οδήγησης και φόρτισης των δύο ηλεκτρικών οχημάτων που μελετώνται. Τέλος, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων για το ηλεκτρικό όχημα και το ηλεκτρικό λεωφορείο, αξιολογούνται τα ευρήματα της έρευνας και εξάγονται τα προκύπτοντα συμπεράσματα.

**Λέξεις-κλειδιά:** Ηλεκτρικό όχημα, ανάλυση δεδομένων, κατανάλωση ενέργειας

## **ABSTRACT**

The purpose of this Thesis is the utilization of the energy data of the electric vehicles of the University of West Attica, in order to draw conclusions with emphasis on energy consumption. Initially, an extensive reference is made based on the existing literature on carbon dioxide emissions from the transport sector and the need for a transition to zero-emission vehicles. Further, the efficiency and energy consumption between conventional and electric vehicles is compared, while the energy losses of electric vehicles are analyzed and categorised. Then, the two electric vehicles of the University of West Attica are presented and their technical characteristics are described in detail. At the same time, a brief reference is made to the charging station of the University of West Attica and the Carlo Gavazzi data recording system. In addition, the process of searching for equipment to record the energy data of the two electric vehicles studied in this paper, is described and the data obtained after extensive research are presented. The next step is the description of the procedure followed to obtain the driving and charging data of the two electric vehicles studied. Finally, the results obtained from the data processing for the electric vehicle and the electric bus are presented, the research findings are evaluated and the resulting conclusions are drawn.

**Keywords:** Electric vehicle, data analysis, energy consumption

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες.....	ii
Περίληψη.....	iii
Λέξεις κλειδιά.....	iii
Abstract.....	iv
Keywords.....	iv
Περιεχόμενα .....	v
Κατάλογος Πινάκων .....	viii
Κατάλογος Εικόνων - Σχημάτων.....	ix
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>1</b>
1.1 Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.....	1
1.1.1 Τομέας μεταφορών και εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.....	1
1.1.2 Εφαρμογή μέτρων για την μείωση των εκπομπών ρύπων από τον τομέα των μεταφορών .....	6
1.1.3 Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από την παραγωγή ρεύματος .....	7
1.2 Τομέας της ηλεκτροκίνησης .....	10
1.2.1 Ανάπτυξη του τομέα της ηλεκτροκίνησης .....	10
1.2.2 Λόγοι ανάπτυξης του τομέα της ηλεκτροκίνησης.....	10
1.3 Πλεονεκτήματα των ηλεκτρικών έναντι των συμβατικών οχημάτων.....	13
1.3.1 Σύγκριση βαθμού απόδοσης ηλεκτρικών και συμβατικών οχημάτων .....	13
1.3.2 Σύγκριση κατανάλωσης ηλεκτρικών και συμβατικών οχημάτων .....	14
1.3.3 Θερμικές απώλειες συμβατικών οχημάτων .....	15
1.3.4 Σύγκριση ηχορύπανσης συμβατικών και ηλεκτρικών οχημάτων .....	17
1.4 Απώλειες ενέργειας ηλεκτρικών οχημάτων .....	19
1.4.1 Απώλειες φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων.....	20
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΕΡΕΥΝΑΣ .....</b>	<b>24</b>
2.1 Περιγραφή ηλεκτρικών οχημάτων ΠΑ.Δ.Α .....	24
2.1.1 Ηλεκτρικό όχημα ECOCAR .....	19
2.1.1.1 Συντήρηση ηλεκτρικού οχήματος ECOCAR .....	31
2.1.1.1.1 Ηλεκτρολογικός έλεγχος.....	32
2.1.1.1.2 Μηχανολογικός έλεγχος .....	32
2.1.1.1.3 Συντήρηση συσσωρευτών.....	33
2.1.1.2 Συσσωρευτές ηλεκτρικού οχήματος ECOCAR.....	34
2.1.1.3 Φόρτιση ηλεκτρικού οχήματος ECOCAR.....	38



2.1.2 Ηλεκτρικό λεωφορείο KARSAN JEST ELECTRIC.....	39
2.1.2.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά ηλεκτρικού λεωφορείου .....	43
2.1.2.2 Συσσωρευτές ηλεκτρικού λεωφορείου .....	46
2.1.2.3 Φόρτιση ηλεκτρικού λεωφορείου .....	53
2.2 Σταθμός φόρτισης Η/Ο ΠΑ.Δ.Α .....	52
2.3 Σύστημα καταγραφής δεδομένων φόρτισης CARLO GAVAZZI .....	58
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ .....</b>	<b>61</b>
3.1 Συσκευές CANBus Data Loggers για την ανάκτηση ενεργειακών δεδομένων.....	62
3.2 Συσκευές τηλεματικής για την ανάκτηση δεδομένων gps.....	64
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ .....</b>	<b>69</b>
4.1 Λήψη δεδομένων .....	69
4.1.1 Λήψη δεδομένων οδήγησης ηλεκτρικού οχήματος ECOCAR.....	69
4.1.2 Λήψη δεδομένων οδήγησης ηλεκτρικού λεωφορείου .....	72
4.1.3 Λήψη δεδομένων φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων ΠΑ.Δ.Α .....	76
4.2 Επεξεργασία δεδομένων .....	78
4.2.1 Επεξεργασία δεδομένων φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων ΠΑ.Δ.Α .....	78
4.2.2 Υπολογισμός καταναλισκόμενης ενέργειας φόρτισης για μη καταγεγραμμένες φορτίσεις.....	81
4.2.2.1 Ηλεκτρικό όχημα ECOCAR .....	81
4.2.2.2 Ηλεκτρικό λεωφορείο .....	84
4.2.3 Υπολογισμός μεγεθών ηλεκτρικών οχημάτων ΠΑ.Δ.Α .....	85
4.2.3.1 Υπολογισμός πραγματικής κατανάλωσης ανά 100 χλμ .....	85
4.2.3.2 Υπολογισμός διάρκειας φόρτισης.....	88
4.2.3.3 Υπολογισμός ποσοστού φόρτισης.....	88
4.2.3.4 Υπολογισμός ημερήσιων χιλιομέτρων.....	88
4.2.4 Υπολογισμός μεγεθών ηλεκτρικού οχήματος ECOCAR .....	89
4.2.5 Υπολογισμός μεγεθών ηλεκτρικού λεωφορείου.....	91
4.2.5.1 Εύρεση τύπου φόρτισης.....	93
4.2.5.2 Υπολογισμός μέσης τιμής ενδείξεων κατανάλωσης.....	93
4.2.5.3 Υπολογισμός απόκλισης ένδειξης και πραγματικής κατανάλωσης.....	93
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....</b>	<b>95</b>
5.1 Αποτελέσματα επεξεργασίας δεδομένων ηλεκτρικού οχήματος ECOCAR.....	95
5.1.1 Μέση κατανάλωση ηλεκτρικού οχήματος.....	95
5.1.2 Μέγιστη και ελάχιστη κατανάλωση ηλεκτρικού οχήματος.....	95

5.1.3 Μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικού οχήματος .....	99
5.1.4 Εποχικές καταναλώσεις ηλεκτρικού οχήματος .....	102
5.1.5 Αυτοεκφόρτιση συσσωρευτών ηλεκτρικού οχήματος .....	104
5.1.6 Επίδραση του συστήματος θέρμανσης στη κατανάλωση ενέργειας του ηλεκτρικού οχήματος .....	106
5.1.7 Κόστος φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος για την διάνυση 100 χιλιομέτρων.....	107
5.1.8 Απώλειες φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος .....	107
5.1.9 Επίδραση του τρόπου οδήγησης στη κατανάλωση ενέργειας του ηλεκτρικού οχήματος.....	110
5.2 Αποτελέσματα επεξεργασίας δεδομένων ηλεκτρικού λεωφορείου.....	111
5.2.1 Μέση κατανάλωση ηλεκτρικού λεωφορείου .....	111
5.2.2 Μέγιστη και ελάχιστη κατανάλωση ηλεκτρικού λεωφορείου.....	111
5.2.3 Μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικού λεωφορείου .....	114
5.2.4 Εποχικές καταναλώσεις ηλεκτρικού λεωφορείου .....	118
5.2.5 Απόκλιση ένδειξης και πραγματικής κατανάλωσης ηλεκτρικού λεωφορείου .....	122
5.2.6 Κόστος φόρτισης ηλεκτρικού λεωφορείου για την διάνυση 100 χιλιομέτρων .....	124
5.2.7 Διάρκεια φόρτισης σε “Αργή” και “Ημιταχεία” φόρτιση.....	124
5.2.8 Αυτοεκφόρτιση συσσωρευτών ηλεκτρικού λεωφορείου .....	124
5.2.9 Επίδραση του συστήματος θέρμανσης κλιματισμού στη κατανάλωση ενέργειας του ηλεκτρικού λεωφορείου.....	126
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>128</b>
Βιβλιογραφία .....	133

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά ηλεκτρικού οχήματος Ecocar.....	30
Πίνακας 2.2 Τεχνικός έλεγχος ΚΤΕΟ και ασφάλεια ηλεκτρικού οχήματος Ecocar.....	31
Πίνακας 2.3 Προγραμματισμός συντηρήσεων ηλεκτρικού οχήματος Ecocar.....	32
Πίνακας 2.4 Τεχνικά χαρακτηριστικών μπαταριών φωσφορικού σιδήρου-λιθίου.....	37
Πίνακας 2.5 Συντήρηση, τεχνικός έλεγχος ΚΤΕΟ και ασφάλεια ηλεκτρικού λεωφορείου.....	40
Πίνακας 2.6 Τεχνικά χαρακτηριστικά ηλεκτρικού λεωφορείου .....	43
Πίνακας 2.7 Τεχνικά χαρακτηριστικά συσσωρευτών ηλεκτρικού λεωφορείου Karsan Jest Electric.....	50
Πίνακας 2.8 Διαθέσιμες επιλογές φόρτισης του σταθμού φόρτισης Η/Ο του ΠΑ.Δ.Α.....	56
Πίνακας 4.1 Ημερομηνίες που παρουσιάστηκε το φαινόμενο της αφαίρεσης χιλιομέτρων καθώς και τα χιλιόμετρα που αφαιρέθηκαν κάθε φορά.....	75
Πίνακας 4.2 Ημερομηνίες μη καταγεγραμμένων φορτίσεων ηλεκτρικού οχήματος Ecocar.....	81
Πίνακας 4.3 Ημερομηνίες μη καταγεγραμμένων φορτίσεων ηλεκτρικού λεωφορείου.....	84
Πίνακας 5.1 Καταναλώσεις ηλεκτρικού οχήματος ανά μήνα.....	100
Πίνακας 5.2 Καταναλώσεις ηλεκτρικού οχήματος ανά εποχή.....	102
Πίνακας 5.3 Ημερομηνίες αυτοεκφόρτισης των συσσωρευτών του ηλεκτρικού οχήματος.....	105
Πίνακας 5.4 Καταναλώσεις ηλεκτρικού λεωφορείου ανά μήνα.....	115
Πίνακας 5.5 Μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικού λεωφορείου κατά αύξουσα σειρά.....	116
Πίνακας 5.6 Μέγιστες καταναλώσεις ηλεκτρικού λεωφορείου.....	119
Πίνακας 5.7 Καταναλώσεις ηλεκτρικού λεωφορείου ανά εποχή.....	120
Πίνακας 5.8 Ημερομηνίες αυτοεκφόρτισης των συσσωρευτών του ηλεκτρικού λεωφορείου...	125
Πίνακας 5.9 Ποσοστό μπαταρίας που δαπανήθηκε για την διάνυση ίδιας απόστασης με χρήση AC και χωρίς.....	126

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ - ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Εικόνα 1.1 Παγκόσμιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τον τομέα μεταφορών για το έτος 2020.....	1
Εικόνα 1.2 Ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα παγκοσμίως για τα έτη 1940 – 2021.....	2
Εικόνα 1.3 Παγκόσμιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά τομέα για το 2020.....	4
Εικόνα 1.4 Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής ανά τομέα για το έτος 2020.....	5
Εικόνα 1.5 Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου του τομέα μεταφορών των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής για το έτος 2019.....	5
Εικόνα 1.6 Αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα στην Ελλάδα 2008 – 2021.....	11
Εικόνα 1.7 Ταξινομήσεις νέων οχημάτων στην Ε.Ε ανάλογα με τον τύπο καυσίμου 2014 – 2020.....	11
Εικόνα 1.8 Σημεία φόρτισης Η/Ο στην Ευρωπαϊκή Ένωση 2014 – 2020.....	13
Εικόνα 2.1 Το ηλεκτρικό όχημα Jiayuan City Spirits Eidola (Ecocar).....	24
Εικόνα 2.2 Μπαταρία ηλεκτρικού οχήματος Ecocar.....	25
Εικόνα 2.3 Φωτοβολταϊκός συλλέκτης οροφής ηλεκτρικού οχήματος.....	26
Εικόνα 2.4 Ρυθμιστής φόρτισης φωτοβολταϊκού πλαισίου.....	26
Εικόνα 2.5 Οθόνη καταγραφής ενεργειακών δεδομένων ηλεκτρικού οχήματος.....	28
Εικόνα 2.6 Οθόνη MP5 Player.....	29
Εικόνα 2.7 Διάγραμμα παραμέτρων απόδοσης μπαταρίας LFP.....	36
Εικόνα 2.8 Τυπική χημική αντίδραση μπαταρίας φωσφορικού σιδήρου λιθίου.....	37
Εικόνα 2.9 Διάταξη φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος με τη μέθοδο φόρτισης 1.....	38
Εικόνα 2.10 Ηλεκτρικό λεωφορείο Karsan Jest Electric.....	40
Εικόνα 2.11 Εσωτερικός χώρος ηλεκτρικού λεωφορείου.....	41
Εικόνα 2.12 Ψηφιακή οθόνη απεικόνισης των μεγεθών του ηλεκτρικού λεωφορείου.....	42

Εικόνα 2.13 Τετράτροχο ανεξάρτητο σύστημα αναρτήσεων του ηλεκτρικού λεωφορείου.....	42
Εικόνα 2.14 Διάγραμμα παραμέτρων απόδοσης μπαταρίας Νικελίου Μαγγανίου Κοβαλτίου.....	47
Εικόνα 2.15 Ηλεκτροχημικές αντιδράσεις μπαταρίας NMC.....	49
Εικόνα 2.16 Συσσωρευτές ηλεκτρικού λεωφορείου Karsan Jest Electric.....	50
Εικόνα 2.17 Ενσωματωμένο Σύστημα Διαχείρισης Μπαταρίας (BMS) ηλεκτρικού λεωφορείου .....	51
Εικόνα 2.18 Εξοπλισμός EoS Tester.....	52
Εικόνα 2.19 Διαδικασία σύνδεσης του EoS Tester στη μπαταρία του ηλεκτρικού λεωφορείου.....	52
Εικόνα 2.20 Υποδοχή βύσματος Τύπου 2 / IEC 62196.....	54
Εικόνα 2.21 Σταθμός φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων ΠΑ.Δ.Α.....	57
Εικόνα 2.22 Διαθέσιμες επιλογές μεγεθών φόρτισης στο σύστημα καταγραφής Carlo Cavazzi.....	59
Εικόνα 3.1 Συσκευή καταγραφής δεδομένων CAN Bus CANedge2.....	63
Εικόνα 3.2 Συσκευή GB100.....	66
Εικόνα 3.3 Συσκευή GV300.....	66
Εικόνα 3.4 Οικονομική προσφορά εταιρείας διαχείρισης στόλου FROTCOM.....	67
Εικόνα 4.1 Πρωτότυπο αρχείο καταγραφής ενδείξεων του ηλεκτρικού οχήματος ecocar για τις ημερομηνίες 03/06/2021 - 14/06/2021.....	71
Εικόνα 4.2 Καθημερινή διαδρομή ηλεκτρικού λεωφορείου.....	72
Εικόνα 4.3 Ωράριο δρομολογίων ηλεκτρικού λεωφορείου.....	73
Εικόνα 4.4 Αρχική μορφή αρχείου δεδομένων φόρτισης ηλεκτρικού λεωφορείου για την ημέρα 26/11/2021.....	77
Εικόνα 4.5 Τελική μορφή αρχείου δεδομένων φόρτισης ηλεκτρικού λεωφορείου για την ημέρα 26/11/2021.....	80
Εικόνα 4.6 Αρχείο επεξεργασίας δεδομένων ηλεκτρικού οχήματος για τις ημερομηνίες 09/11/2021 - 11/11/2021.....	83

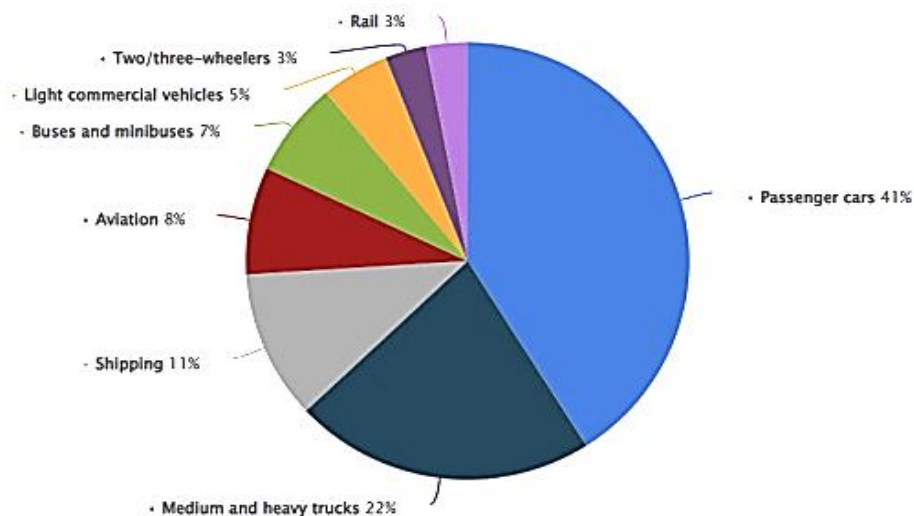
Εικόνα 4.7 Αρχείο επεξεργασίας δεδομένων ηλεκτρικού οχήματος για τις ημερομηνίες 09/02/2021 – 17/02/2021.....	87
Εικόνα 4.8 Αρχείο επεξεργασίας δεδομένων ηλεκτρικού οχήματος για τις ημερομηνίες 15/06/2021 – 22/06/2021.....	89
Εικόνα 4.9 Αρχείο επεξεργασίας δεδομένων ηλεκτρικού λεωφορείου για τις ημερομηνίες 01/06/2021 – 24/06/2021.....	92
Εικόνα 5.1 Απώλειες ενέργειας μετά το πέρας της πλήρους φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος για την ημερομηνία φόρτισης 22/06/2021.....	109
Σχήμα 2.1 Διάγραμμα ισχύος φόρτισης - χρόνου ηλεκτρικού οχήματος ecocar στο Carlo Gavazzi για την ημερομηνία φόρτισης 13/12/2021.....	59
Σχήμα 2.2 Διάγραμμα έντασης ρεύματος (A) – Χρόνου (t) από το Carlo Gavazzi για την αργή φόρτιση του ηλεκτρικού λεωφορείου στις 24/09/2021.....	60
Σχήμα 2.3 Διάγραμμα έντασης ρεύματος (A) – Χρόνου (t) από το Carlo Gavazzi για την ημιταχεία φόρτιση του ηλεκτρικού λεωφορείου στις 02/09/2021.....	61
Σχήμα 5.1 Διάγραμμα καταναλώσεων ηλεκτρικού οχήματος.....	97
Σχήμα 5.2 Διάγραμμα μέγιστης και ελάχιστης κατανάλωσης ηλεκτρικού οχήματος.....	98
Σχήμα 5.3 Διάγραμμα καταναλώσεων ηλεκτρικού οχήματος ανά μήνα.....	101
Σχήμα 5.4 Διάγραμμα καταναλώσεων ηλεκτρικού οχήματος ανά εποχή.....	103
Σχήμα 5.5 Διάγραμμα κατανάλωσης ποσοστού μπαταρίας (%) Ecocar για την διάνυση ίδιας απόστασης με χρήση θέρμανσης και χωρίς.....	106
Σχήμα 5.6 Διάγραμμα καταναλώσεων ηλεκτρικού λεωφορείου.....	112
Σχήμα 5.7 Διάγραμμα μέγιστης και ελάχιστης κατανάλωσης ηλεκτρικού λεωφορείου.....	113
Σχήμα 5.8 Διάγραμμα καταναλώσεων ηλεκτρικού λεωφορείου ανά μήνα.....	117
Σχήμα 5.9 Διάγραμμα καταναλώσεων ηλεκτρικού λεωφορείου ανά εποχή.....	121
Σχήμα 5.10 Διάγραμμα πραγματικής και ένδειξης κατανάλωσης ηλεκτρικού λεωφορείου.....	123

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

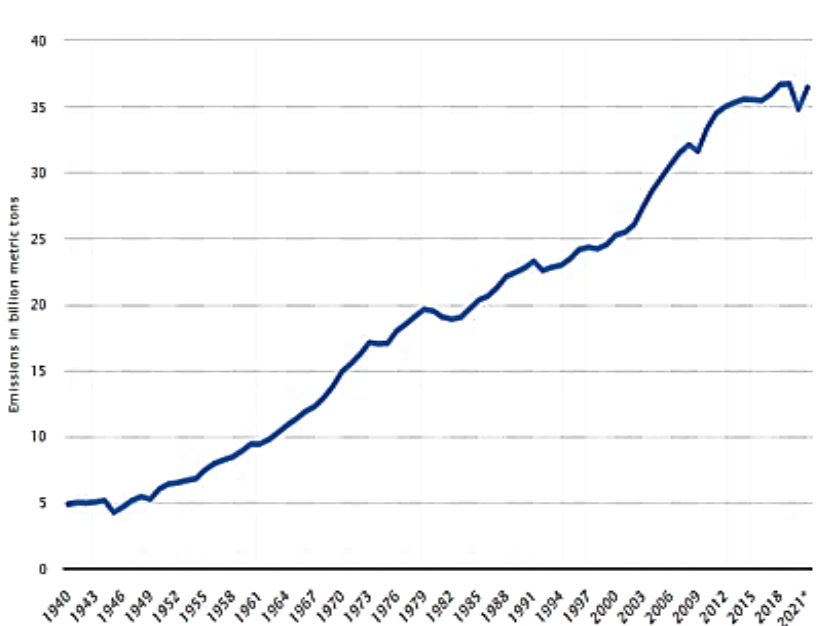
### 1.1.1 Τομέας μεταφορών και εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα

Ο τομέας των μεταφορών αναπτύσσεται με τη πάροδο των χρόνων, γεγονός το οποίο έχει ως αποτέλεσμα την ραγδαία αύξηση στις εκπομπές ρύπων. Το 2019, ο τομέας μεταφορών κατείχε μερίδιο 23% στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα παγκοσμίως (IEA, 2020). Ενώ, το 2020 ο τομέας μεταφορών παγκοσμίως παρήγαγε περίπου 7.3 δισεκατομμύρια κυβικούς τόνους διοξειδίου του άνθρακα, με τα επιβατικά οχήματα να ευθύνονται για το 41% αυτών, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.1. Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα αποκλειστικά από τα επιβατικά οχήματα έφτασαν στο απόγειο τους το 2019, όπου υπολογίστηκαν σε 3.2 δισεκατομμύρια κυβικούς τόνους (Tiseo, 2021). Σύμφωνα με τον (Joshua Miller, 2021), τα αυτοκίνητα, τα φορτηγά και τα λεωφορεία ευθύνονται για το 21% των παγκόσμιων ανθρωπογενών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.



Εικόνα 1.1 Παγκόσμιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τον τομέα μεταφορών για το έτος 2020 (Tiseo, 2021)

Ενδεικτικό παράδειγμα της ρύπανσης που προκαλούν παγκοσμίως τα συμβατικά οχήματα αποτελεί η σημαντική μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια του παγκόσμιου lockdown το 2020 και οφειλόταν στον περιορισμό των μετακινήσεων (Αμδίτης, 2020), κάτι το οποίο είναι εμφανές και στην Εικόνα 1.2 όπου διακρίνεται η μείωση στις εκπομπές CO<sub>2</sub> παγκοσμίως κατά το έτος 2020. Η Ελλάδα παράγαγε 58.2 εκατομμύρια τόνους διοξειδίου του άνθρακα (MtCO<sub>2</sub>) το 2020. Πρόκειται για μια μείωση της τάξης του 25% συγκριτικά με τις εκπομπές του 2019 γεγονός το οποίο αποδίδεται στον περιορισμό των μετακινήσεων λόγω της πανδημίας.



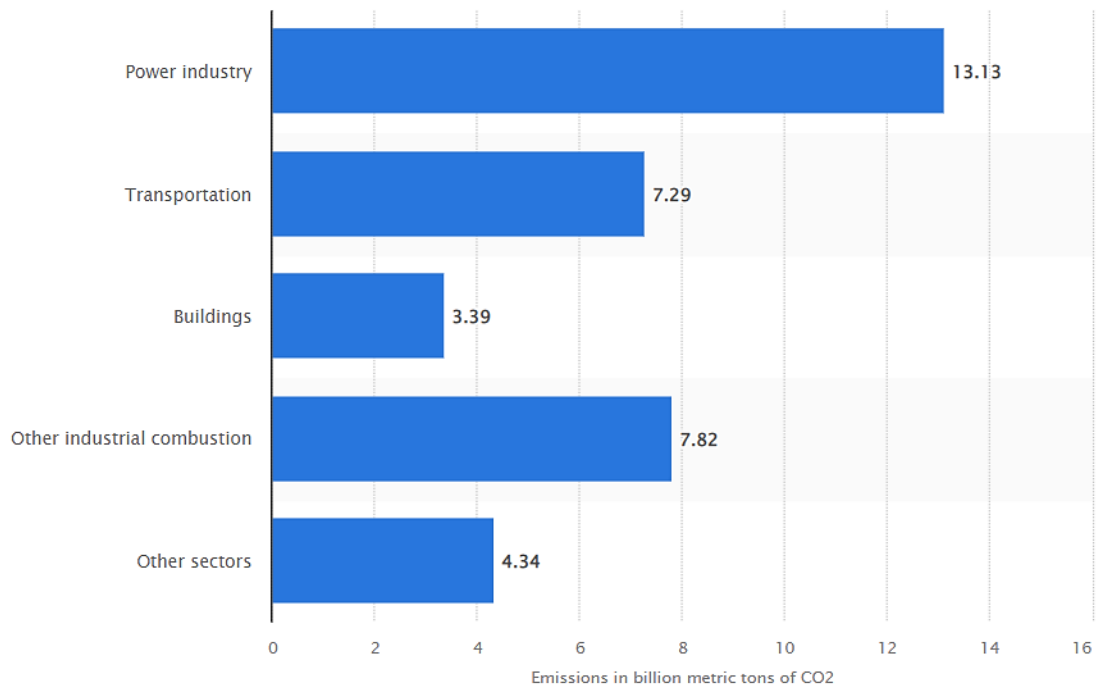
Εικόνα 1.2 Ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα παγκοσμίως για τα έτη 1940 - 2021  
(Tiseo, 2021)

Σύμφωνα με τα δεδομένα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής τα αυτοκίνητα ευθύνονται περίπου για το 12% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Στο Ηνωμένο Βασίλειο για το έτος 2019 ο τομέας μεταφορών ήταν υπεύθυνος για το 27% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Το μεγαλύτερο μέρος αυτών των εκπομπών, συγκεκριμένα το 91% προήλθε αποκλειστικά από τον τομέα οδικών μεταφορών ο οποίος είχε εκπομπές 111 MtCO<sub>2</sub> (Transport, 2021). Σε παγκόσμιο επίπεδο, οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής θεωρούνται με διαφορά η χώρα με τις υψηλότερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, αποκλειστικά από τον τομέα

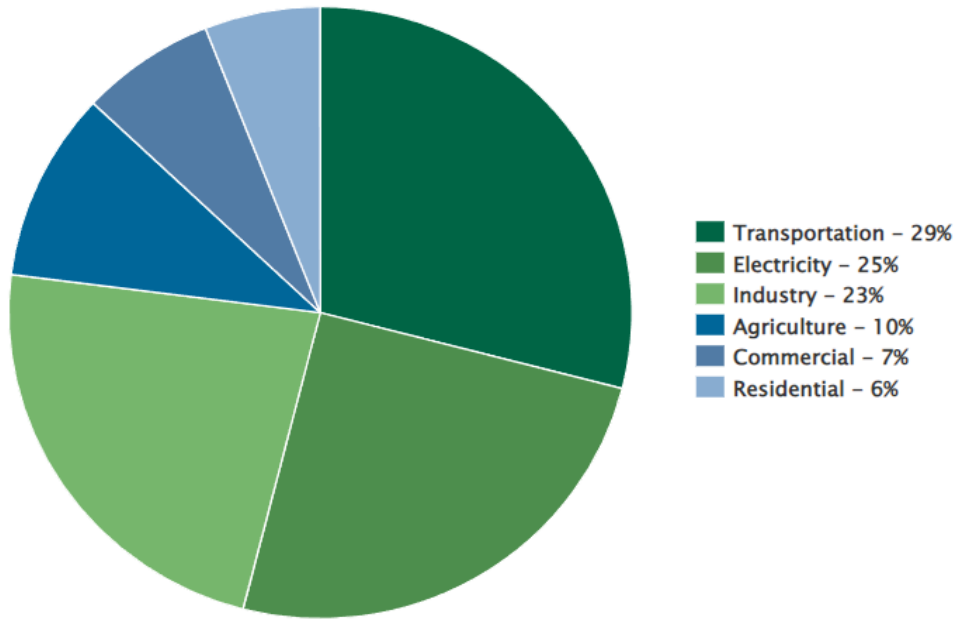


μεταφορών (Tiseo, 2021).

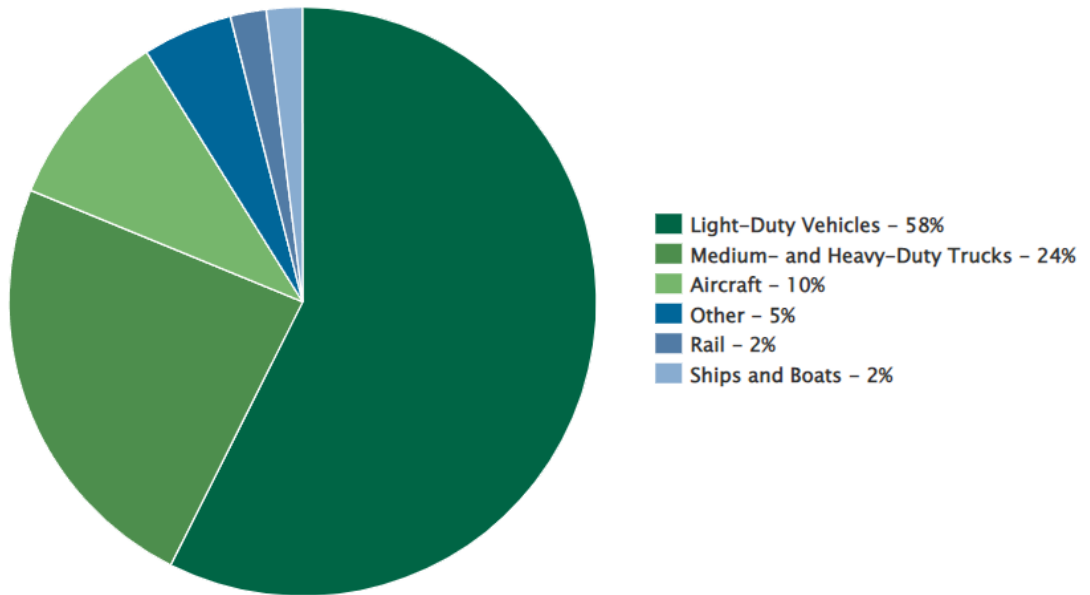
Όσον αφορά τον τομέα μεταφορών της Ελλάδας, σύμφωνα με την Αιτιολογική έκθεση στο σχέδιο νόμου «Προώθηση της ηλεκτροκίνησης» που εκδόθηκε το 2020, ο τομέας των μεταφορών αντιπροσωπεύει περίπου το είκοσι πέντε τοις εκατό (25%) των εθνικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Αξίζει να σημειωθεί το γεγονός ότι το μεγαλύτερο μέρος των εκπομπών αυτών αποδίδεται στις οδικές μεταφορές. Επιπλέον ο τομέας των μεταφορών στην Ελλάδα κατέχει το μεγαλύτερο μερίδιο στην τελική κατανάλωση ενέργειας (40%), ενώ περίπου το ενενήντα έξι τοις εκατό (96%) αυτής της κατανάλωσης καλύπτεται αποκλειστικά από προϊόντα πετρελαίου. Πέρα από το σημαντικό μερίδιο ευθύνης που κατέχει στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην Ευρώπη, ο τομέας των μεταφορών θεωρείται υπεύθυνος για το ¼ των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Αμδίτης, 2020). Στην Εικόνα 1.3 φαίνονται οι εκπομπές CO<sub>2</sub> ανά τομέα παγκοσμίως για το έτος 2020, όπου οι εκπομπές του τομέα μεταφορών ήταν 7.29 δις τόνους CO<sub>2</sub>. Στην Εικόνα 1.4 φαίνεται η εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα στην περίπτωση των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής για το έτος 2019. Όπως φαίνεται ο τομέας μεταφορών ευθύνεται για το 29% των συνολικών εκπομπών. Ενώ στην Εικόνα 1.5 φαίνεται ότι τα ελαφρά οχήματα ευθύνονται για το μεγαλύτερο μέρος των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στον τομέα των μεταφορών, με ποσοστό 58%.



Εικόνα 1.3 Παγκόσμιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά τομέα για το 2020



Εικόνα 1.4 Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής ανά τομέα για το έτος 2020 (Tiseo, 2022)



Εικόνα 1.5 Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου του τομέα μεταφορών των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής για το έτος 2019 (United States Environmental Agency, 2019)

### **1.1.2 Εφαρμογή μέτρων για την μείωση των εκπομπών ρύπων από τον τομέα των οδικών μεταφορών**

Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, χωρίς την εφαρμογή μέτρων για τη μείωση των εκπομπών ρύπων, η μέση θερμοκρασία του πλανήτη αναμένεται να σημειώσει περαιτέρω αύξηση που θα κυμανθεί μεταξύ 1,1 °C και 6,4 °C μέχρι τα τέλη του αιώνα. Ήδη γινόμαστε καθημερινά μάρτυρες των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Όσον αφορά τις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην δημόσια υγεία, πρόσφατη μελέτη του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας εκτιμά σε 6,5 εκατομμύρια παγκοσμίως τους θανάτους που αποδίδονται στην ατμοσφαιρική ρύπανση ετησίως, καθιστώντας τη μετάβαση σε μη ρυπογόνες μεταφορές απαραίτητη ειδικά την τωρινή περίοδο όπου η προστασία της δημόσιας υγείας αποτελεί πρωταρχική αναγκαιότητα.

Τα στοιχεία που προαναφέρθηκαν, οδήγησαν στη θεσμοθέτηση αυστηρών περιορισμών στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ειδικά στον τομέα οδικών μεταφορών όπου η μετάβαση στη νέα ενεργειακή πραγματικότητα χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα είναι πλέον μονόδρομος. Η ΕΕ στηρίζει την έρευνα και την καινοτομία καθώς και πράσινων τεχνολογιών στον τομέα των μεταφορών. Σε παγκόσμιο επίπεδο, ο αριθμός των κυβερνήσεων που δεσμεύεται να καταργήσει σταδιακά τα οχήματα με κινητήρες εσωτερικής καύσης συνεχίζει να αυξάνεται. Συγκεκριμένα 15 χώρες και 31 πόλεις σε όλη την υφήλιο έχουν ήδη ανακοινώσει μέτρα για τη σταδιακή κατάργηση των συμβατικών οχημάτων με κινητήρες εσωτερικής καύσης (EVO, 2021). Μέσω της Συμφωνίας του Παρισιού που πραγματοποιήθηκε το 2016 και αποτελεί την πρώτη παγκόσμια συμφωνία για το κλίμα, η Ευρωπαϊκή Ένωση δεσμεύτηκε να επιδιώξει την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου τουλάχιστον κατά 40% έως το 2030. Σε παγκόσμιο επίπεδο ο αριθμός των κυβερνήσεων που δεσμεύεται να καταργήσει σταδιακά τα οχήματα με κινητήρες εσωτερικής καύσης συνεχίζει να αυξάνεται. Το 2030 φαίνεται ότι θα είναι κομβικό έτος σε ότι αφορά το τέλος των συμβατικών οχημάτων σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες. Ενδεικτικά, η Γαλλία ανακοίνωσε ότι μέχρι το 2040 θα θέσει τέλος στις πωλήσεις επιβατικών και ελαφρών οχημάτων που αξιοποιούν ορυκτά καύσιμα για την κίνηση τους. Η Ολλανδία δεσμεύτηκε ότι από το 2030 και έπειτα το σύνολο των πωλήσεων αυτοκινήτων θα αφορά οχήματα με μηδενικές εκπομπές ρύπων, ως επί το πλείστον αυτοκίνητα κυψελών καυσίμου

υδρογόνου και ηλεκτρικά. Η Νορβηγία έθεσε πιο άμεσο αλλά και απαιτητικό στόχο, όλες οι πωλήσεις καινούργιων επιβατικών οχημάτων και μικρών φορτηγών να αφορούν οχήματα με μηδενικές εκπομπές ρύπων από το 2025.

Επιπλέον, τον Μάρτιο του 2021, αρκετές χώρες μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα, κατέθεσαν πρόταση για τον ορισμό κοινής ημερομηνίας που θα σηματοδοτήσει την κατάργηση πώλησης καινούργιων αυτοκινήτων με μηχανές εσωτερικής καύσης (Wappelhorst, 2021). Το Ελληνικό θεσμικό πλαίσιο για τη μείωση των εκπομπών των οχημάτων βρίσκεται σε διαδικασία εναρμόνισης με το Ευρωπαϊκό. Συγκεκριμένα, από τον Ιανουάριο του 2019 το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα, στοχεύει εκτός άλλων στη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας και στη μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος του τομέα μεταφορών (Ντεμιάν, 2019). Από τα τέλη Οκτωβρίου του 2021, επανήλθε ο δακτύλιος στο κέντρο της Αθήνας, με ελεύθερη πρόσβαση σε ηλεκτρικά, εκ κατασκευής φυσικού αερίου και υγραερίου, υβριδικά αλλά και κατηγορίας Euro 6 οχήματα με εκπομπές μικρότερες από 120 gr CO<sub>2</sub>.

Σε αυτό το πλαίσιο, εκτιμάται ότι μέχρι το 2050 ο παγκόσμιος στόλος επιβατικών αυτοκινήτων θα είναι πλήρως απανθρακοποιημένος και με μηδενικές εκπομπές ρύπων. Όπως ήταν αναμενόμενο, με την θέσπιση των παραπάνω περιορισμών οι ισχυρότερες αυτοκινητοβιομηχανίες παίρνουν την σκυτάλη και γνωστοποιούν τη πρόθεση τους για μετάβαση στη κατασκευή ηλεκτρικών οχημάτων. Είναι λοιπόν εμφανές, ότι η μετάβαση σε οχήματα μηδενικών εκπομπών ρύπων όπως τα ηλεκτρικά είναι αναπόφευκτη προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι που έχουν τεθεί σε παγκόσμιο επίπεδο.

### **1.1.3 Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από την παραγωγή ρεύματος**

Μεγάλη συζήτηση έχει ανοίξει όμως και σχετικά με το αποτύπωμα άνθρακα των ηλεκτρικών οχημάτων, καθώς παρόλο που δεν εκπέμπουν άμεσα ρύπους μέσω καυσαερίων, το αποτύπωμα άνθρακα των ηλεκτρικών οχημάτων εξαρτάται από τον τρόπο παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας που χρειάζονται για τη φόρτιση των συσσωρευτών τους.

Το διοξείδιο του άνθρακα δεν είναι το μοναδικό αέριο του θερμοκηπίου που οδηγεί στην αλλαγή του κλίματος. Υπάρχει πλήθος τέτοιων αερίων όπως το Μεθάνιο, το Υποξείδιο του αζώτου ή αλλιώς Οξείδιο του Αζώτου και άλλα, τα οποία συμβάλλουν στην αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη μας. Ωστόσο, όταν γίνεται λόγος για την κλιματική αλλαγή η επιστημονική κοινότητα στρέφει το βλέμμα της στο διοξείδιο του άνθρακα το οποίο αποτελεί το κυρίαρχο αέριο του θερμοκηπίου που παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων

Οι εκπομπές άνθρακα ανά κιλοβατώρα ηλεκτρικής ενέργειας διαφέρουν από χώρα σε χώρα και στην ουσία εξαρτώνται από τα καύσιμα που αξιοποιούνται για την παραγωγή της. Χώρες οι οποίες αξιοποιούν ως επί το πλείστον ορυκτά καύσιμα για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας τείνουν να έχουν και μεγαλύτερες εκπομπές άνθρακα ανά παραγόμενη κιλοβατώρα, σε αντίθεση με χώρες οι οποίες εκμεταλλεύονται τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ή την πυρηνική ενέργεια για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Carbon Footprint, International Electricity Factors).

Πιο συγκεκριμένα, για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω θερμοηλεκτρικών σταθμών λιγνίτη, η εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα μπορεί να υπερβεί το 1 (kgCO<sub>2</sub>/kWh), ενώ για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω φωτοβολταϊκών πλαισίων η εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα μπορεί να μειωθεί στο 0.05 (kgCO<sub>2</sub>/kWh) σύμφωνα με τον (Sgroi, 2018).

Για το έτος 2020, η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής ήταν 4.01 τρις kWh, γεγονός το οποίο είχε ως αποτέλεσμα την εκπομπή 1.55 δις τόνων διοξειδίου του άνθρακα. Το παραπάνω ισοδυναμεί με εκπομπή περίπου 0.39 kgCO<sub>2</sub>/kWh. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι εκπομπές από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας διαφέρουν ανάλογα τον τύπο καυσίμου ή το μέσο που χρησιμοποιείται, καθώς και από τον εκάστοτε βαθμό απόδοσης. Επομένως, η ποσότητα CO<sub>2</sub> που παράγεται ανά κιλοβατώρα ποικίλλει ανάλογα τις εκάστοτε ανάγκες του ηλεκτρικού δικτύου. Επομένως, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που σχετίζονται με την ηλεκτρική ενέργεια ποικίλλουν ημερησίως, μηνιαία και ετήσια (EIA, 2021). Όσον αφορά τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, είναι χαρακτηριστικό το γεγονός ότι, το 2020 η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω καύσης λιγνίτη, φυσικού αερίου και προϊόντων πετρελαίου αποτελούσε το 62% της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας των Ηνωμένων Πολιτειών, ωστόσο ευθύνεται για το 99% των

εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που σχετίζονται με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (EIA, 2021)

Όσον αφορά την Ελλάδα, το έτος 2018 η χώρα μας κατείχε την 4<sup>η</sup> θέση στην Ε.Ε, ανάμεσα στις χώρες με την υψηλότερη εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, με εκπομπές 662 grCO<sub>2</sub>/kWh. Το 2019 μειώθηκαν οι εκπομπές σε 598 grCO<sub>2</sub>/kWh, ωστόσο η Ελλάδα παρέμεινε στην 4<sup>η</sup> θέση με τις χώρες με την υψηλότερη εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου από τον τομέα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, γεγονός το οποίο οφείλεται στην ευρεία καύση ορυκτών καυσίμων, στην περιορισμένη αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και στην μη ύπαρξη πυρηνικών σταθμών παραγωγής ενέργειας (European Environmental Agency, 2021). Αξίζει να σημειωθεί ότι, παρά το φθινό κόστος εξόρυξης του λιγνίτη στην χώρα μας, θεωρείται χαμηλής ποιότητας, με αποτέλεσμα το τελικό κόστος παραγωγής ενέργειας να είναι εξαιρετικά υψηλό (Simoes, 2019). Ωστόσο, αξίζει να αναφερθεί ότι στις 09/05/2021, σημειώθηκε ρεκόρ αξιοποίησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Συγκεκριμένα, η Ελλάδα κάλυψε το 63% της συνολικής ζήτησης (65,9 GWh/104 GWh) εκείνης της ημέρας, από καθαρές πηγές ενέργειας. Ειδικότερα, από την παραγόμενη ενέργεια το 43% προήλθε από ανεμογεννήτριες, το 17% από τον ήλιο και ένα 3% από λοιπές ΑΠΕ.

Η μείωση των εκπομπών άνθρακα σε παγκόσμιο επίπεδο μπορεί να επιτευχθεί με δύο τρόπους. Είτε με την αξιοποίηση μικρότερων ποσών ενέργειας, είτε με την αξιοποίηση ενέργειας με μικρότερο αποτύπωμα άνθρακα. Με την μετάβαση σε πηγές ενέργειας με μικρότερο αποτύπωμα άνθρακα, όπως οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η πυρηνική ενέργεια, είναι επόμενο η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα ανά παραγόμενη κιλοβατώρα ηλεκτρικής ενέργειας να μειωθεί. Σε αυτό το πλαίσιο, πρέπει να διασφαλιστεί η φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων με ηλεκτρική ενέργεια η οποία προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, προκειμένου να μειωθούν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τον τομέα των μεταφορών

Το αποτύπωμα άνθρακα των συμβατικών οχημάτων παραμένει το ίδιο κάθε χρόνο, σε αντίθεση με τα ηλεκτρικά οχήματα όπου παρόλο που το δίκτυο ηλεκτροδότησης διαφέρει από χώρα σε χώρα, με τη πάροδο των χρόνων και την μετάβαση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων τείνει να αφήνει μικρότερο αποτύπωμα άνθρακα.

## 1.2 ΤΟΜΕΑΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗΣ

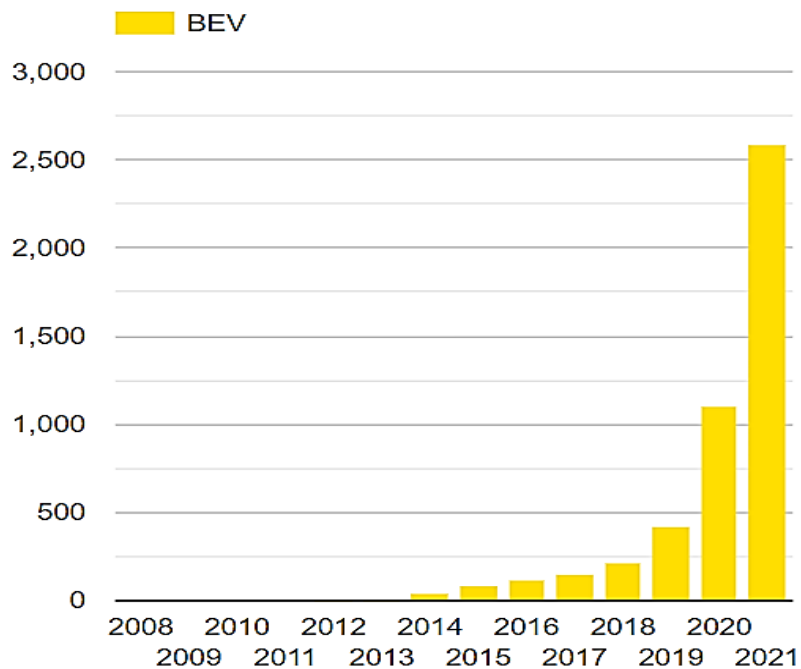
### 1.2.1 Ανάπτυξη του τομέα της ηλεκτροκίνησης

Ως αποτέλεσμα λοιπόν των περιορισμών σχετικά με τις εκπομπές ρύπων από τα οχήματα τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Ελλάδα, παρατηρείται αύξηση στις πωλήσεις των ηλεκτρικών αυτοκινήτων παγκοσμίως. Η ανάπτυξη του τομέα της ηλεκτροκίνησης αποτελεί μια βιώσιμη λύση στη μείωση των καυσαερίων από επιβατικά οχήματα και τη βελτίωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος του τομέα μεταφορών.

Ενδεικτικά, σε όλη την υφήλιο κυκλοφορούν περισσότερα από 10 εκατομμύρια ηλεκτρικά αυτοκίνητα αποτελώντας περίπου το 1% του παγκόσμιου στόλου αυτοκινήτων (McBain, 2021), ενώ σύμφωνα με τα δεδομένα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, κατά τη διάρκεια της πανδημίας του κορωνοϊού τα ηλεκτρικά οχήματα που αγοράστηκαν έφτασαν για πρώτη φορά το ένα εκατομμύριο σε έναν χρόνο. Συγκεκριμένα το 2020 ποσοστό 5.4% των συνολικών πωλήσεων αυτοκινήτων στην Ευρώπη ήταν αμιγώς ηλεκτρικά (ACEA, 2021). Σε αυτό το πλαίσιο, το 2019 η Ελλάδα μέσω του Εθνικού Σχεδίου για τον εξηλεκτρισμό του εθνικού συστήματος μεταφορών, έθεσε στόχο τις 24.036 πωλήσεις ηλεκτρικών οχημάτων μέχρι το 2025, με σκοπό τουλάχιστον το 30% των συνολικών πωλήσεων των ελαφρών οχημάτων να είναι ηλεκτρικά μέχρι το έτος 2030. Στην ελληνική επικράτεια το 2021 ταξινομήθηκαν περισσότερα από 2500 ηλεκτρικά οχήματα νούμερο πολύ υψηλό συγκριτικά με τα μόλις λίγα παραπάνω από 1000 το έτος 2020, κάτι που είναι εμφανές και στην Εικόνα 1.6. Σύμφωνα με τα δεδομένα του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Κατασκευαστών Αυτοκινήτων που απεικονίζονται στην Εικόνα 1.7, η ζήτηση βενζινοκίνητων οχημάτων έφτασε στο μέγιστο των 7.514.812 το 2019, ενώ το 2020 έπεσε στα 4.7 εκατομμύρια. Παρόμοια μείωση σημειώθηκε και για τα πετρελαιοκίνητα οχήματα καθώς το 2020 οι ταξινομήσεις μειώθηκαν περίπου κατά 2.6 εκατομμύρια συγκριτικά με το 2019. Το 2020 ήταν η πρώτη χρονιά που σημειώθηκε μείωση στις ταξινομήσεις πετρελαιοκίνητων αυτοκινήτων, ενώ το 2020 εμφανίστηκε ραγδαία μείωση και στα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα. Στον αντίποδα, τα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα αυξήθηκαν περισσότερο από 100% σε ένα μόλις έτος. Επιπλέον, σύμφωνα με στοιχεία του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Κατασκευαστών Αυτοκινήτων, τους πρώτους εννιά μήνες του 2021 οι ταξινομήσεις



βενζινοκίνητων και πετρελαιοκίνητων αυτοκινήτων εμφάνισαν μείωση 9% και 8.5% αντίστοιχα, σε σύγκριση με τα δεδομένα του 2020. Σε αντίθεση, τα αμιγώς ηλεκτρικά αυτοκίνητα παρουσίασαν μια αύξηση της τάξης του 3.5%.



Εικόνα 1.6 Αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα στην Ελλάδα 2008 - 2021 (European Alternative Fuel Observatory, 2021)

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Petrol	4,174,069	4,752,707	5,481,409	6,205,957	7,055,394	7,514,812	4,713,778
Diesel	5,359,263	5,762,740	5,890,470	5,551,109	4,655,747	4,106,951	2,778,817
→ Battery electric	30,820	49,231	53,215	84,070	131,954	247,371	538,023

Εικόνα 1.7 Ταξινομήσεις νέων οχημάτων στην Ε.Ε ανάλογα με τον τύπο καυσίμου 2014 - 2020 (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Κατασκευαστών Αυτοκινήτων, 2021)

### 1.2.2 Λόγοι ανάπτυξης του τομέα της ηλεκτροκίνησης

Η ηλεκτροκίνηση αποτελεί το σημαντικότερο εργαλείο για την απανθρακοποίηση του τομέα των μεταφορών. Ωστόσο, εκτός από τις μηδενικές εκπομπές των ηλεκτρικών οχημάτων, ισχυρό κίνητρο για την αγορά ηλεκτρικού οχήματος είναι το χαμηλό κόστος τροφοδότησης ενέργειας σε σχέση με τα συμβατικά οχήματα, ειδικά στις μέρες μας όπου η ενεργειακή κρίση έχει οδηγήσει σε εκτόξευση της τιμής του πετρελαίου.

Επιπλέον, με τη χρήση ενός ηλεκτρικού οχήματος δίνεται η δυνατότητα περαιτέρω εξοικονόμησης χρημάτων λόγω των φορολογικών κινήτρων που αφορούν την ηλεκτροκίνηση. Συγκεκριμένα στην Ελλάδα, σε εγκύκλιο της Ανεξάρτητης Αρχής Δημοσίων Εσόδων προβλέπονται όχι μόνο εκπτώσεις για την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων αλλά και μειώσεις στη φορολογία (Χατζηνικολάου, 2020).

Μειωμένα είναι και τα κόστη συντήρησης ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου, αφού λόγω των ελάχιστων εξαρτημάτων και κινούμενων μερών οι τριβές που δημιουργούνται είναι μειωμένες με αποτέλεσμα να μην υπάρχει ανάγκη για συχνή συντήρησή τους.

Το συνεχώς αναπτυσσόμενο δίκτυο σημείων φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων δίνει την δυνατότητα στους οδηγούς να διανύουν μεγάλες αποστάσεις χωρίς άγχος για το υπολοιπόμενο ποσοστό φόρτισης της μπαταρίας. Σύμφωνα με στοιχεία του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Κατασκευαστών Αυτοκινήτων, έχει σημειωθεί ραγδαία ανάπτυξη της υποδομής σημείων φόρτισης στην Ευρώπη, της τάξεως του +750% από το 2014 (ACEA, 2021), κάτι το οποίο φαίνεται αναλυτικά στην Εικόνα 1.8.

Επίσης, η δυνατότητα φόρτισης στην οικία εξαλείφει την ανάγκη εύρεσης κάποιου σημείου φόρτισης και δίνει την δυνατότητα στον οδηγό να φορτίσει το όχημα κατά τη διάρκεια της νύχτας όταν είναι σταθμευμένο. Οι εξελίξεις στον τομέα των συσσωρευτών είναι ραγδαίες με τις κατασκευάστριες εταιρείες να εξελίσσουν συνεχώς τις δυνατότητες των μπαταριών που τροφοδοτούν με ενέργεια τα ηλεκτρικά οχήματα. Η ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται για την φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων μπορεί να παραχθεί από ένα πλήθος πηγών ενέργειας όπως το φυσικό αέριο, η πυρηνική ενέργεια, η καύση λιγνίτη και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

EU total	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	% 14/20
ECV charging points	26,391	49,363	77,038	109,896	123,727	171,287	224,237	+750%

Εικόνα 1.8 Σημεία φόρτισης Η/Ο στην Ευρωπαϊκή Ένωση 2014 - 2020 (European Alternative Fuel Observatory, 2021)

## 1.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΝΑΝΤΙ ΤΩΝ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

### 1.3.1 Σύγκριση βαθμού απόδοσης συμβατικών και ηλεκτρικών οχημάτων

Ένα ισχυρό προτέρημα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων αποτελεί το γεγονός ότι ο βαθμός απόδοσης του ηλεκτροκινητήρα είναι ιδιαίτερα υψηλός και συγκεκριμένα ακόμα και πολλαπλάσιος του αντίστοιχου ενός κινητήρα εσωτερικής καύσης. Έχει πραγματοποιηθεί πλήθος μελετών σχετικά με την απόδοση των κινητήρων εσωτερικής καύσης αλλά και των ηλεκτροκινητήρων, καθώς και προσδιορισμός των εκάστοτε απωλειών. Η απόδοση ενός ηλεκτροκινητήρα είναι 3 - 4 φορές υψηλότερη από ενός κινητήρα εσωτερικής καύσης αντίστοιχης ισχύος σύμφωνα με τους ειδικούς της Renault Group. Στα συμβατικά οχήματα ο βαθμός απόδοσης της μετατροπής της χημικής ενέργειας του καυσίμου είναι μόλις 25 - 30%, ενώ στα ηλεκτρικά οχήματα ο κινητήρας μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική με βαθμό απόδοσης τουλάχιστον 75% (Vitta, 2021). Σε αντίστοιχα αποτελέσματα κατέληξε και η μελέτη του (Kenneth Holmberg, 2019), στην οποία παρόμοια οχήματα εξετάστηκαν υπό τις ίδιες συνθήκες οδήγησης, για τη σύγκριση της κατανάλωσης ενός ηλεκτρικού και ενός συμβατικού αυτοκινήτου και υπολογίστηκε ότι ο βαθμός απόδοσης του κινητήρα εσωτερικής καύσης του συμβατικού αυτοκινήτου ήταν 21.5%, ενώ για το ηλεκτρικό αμάξι ο βαθμός ήταν 77%. Σύμφωνα με στοιχεία της Υπηρεσίας Προστασίας του Περιβάλλοντος και της Ενέργειας των Ηνωμένων Πολιτειών (United States Environmental Protection Energy), τα ηλεκτρικά οχήματα αξιοποιούν το 77% της ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο για την κίνηση του οχήματος, ενώ στα βενζινοκίνητα το αντίστοιχο ποσοστό αξιοποίησης της χημικής ενέργειας του καυσίμου κυμαίνεται μεταξύ 12 - 30%. Σύμφωνα με τη μελέτη του (Deng, 2020) η οποία έρχεται να

ενισχύσει τις παραπάνω εκτιμήσεις, στα βενζινοκίνητα οχήματα μόνο το 20% της παραγόμενης ενέργειας αξιοποιείται για την κίνηση του αυτοκινήτου, ενώ στα ηλεκτρικά το αντίστοιχο ποσοστό αγγίζει το 75%, ενώ μετά την ανάκτηση ενέργειας από την λειτουργία αναγεννητικής πέδησης το ποσοστό ενέργειας που καταλήγει στους τροχούς του οχήματος ξεπερνά το 80% (Department of Energy, 2018). Στις μελέτες (Dominguez, 2015) και (Νικόλαος, 2016) αναφέρεται ότι ο βαθμός απόδοσης ενός ηλεκτροκινητήρα βρίσκεται ακόμη υψηλότερα και συγκεκριμένα κοντά στο 85 - 90%, ενώ ο αντίστοιχος βαθμός για τους κινητήρες εσωτερικής καύσεως κυμαίνεται σε επίπεδα της τάξης του 30 - 35% (Νικόλαος, 2016). Στο ίδιο πλαίσιο, η μελέτη του (H. Liu, 2018) εκτιμά ότι η απόδοση των σημερινών συμβατικών οχημάτων κυμαίνεται μεταξύ 30 - 36%. Στη μελέτη του (T. Earl, 2018) προσδιορίζεται ο βαθμός απόδοσης των συμβατικών οχημάτων με κινητήρα πετρελαίου, όπου εκτιμάται ότι κυμαίνεται μεταξύ 39 - 47%. Πρέπει να σημειωθεί ότι, ο ηλεκτροκινητήρας έχει την ικανότητα να αποδίδει σε μεγάλος εύρος στροφών και ταχύτητας, γεγονός το οποίο δεν ισχύει για τις μηχανές εσωτερικής καύσης. Στους κινητήρες εσωτερικής καύσης η απόδοση μειώνεται όσο αυξάνονται οι στροφές του κινητήρα, ενώ στα ηλεκτρικά οχήματα η απόδοση παραμένει σχεδόν η ίδια σε όλο το εύρος στροφών.

### **1.3.2 Σύγκριση κατανάλωσης ηλεκτρικών και συμβατικών οχημάτων**

Ο (Holmberg, 2019) υπολόγισε και σύγκρινε την κατανάλωση και τις απώλειες ενέργειας ενός συμβατικού και ενός ηλεκτρικού οχήματος, με τα ευρήματα της μελέτης του να έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Κατέληξε ότι, ένα όχημα με μηχανή εσωτερικής καύσης αξιοποιεί 7 λίτρα καυσίμου τα οποία ισοδυναμούν με 230 MJ σε απόσταση 100 χιλιομέτρων. Από τα 230 MJ τα 180 MJ είναι απώλειες ενέργειας από το σύστημα μετάδοσης κίνησης και το σύστημα ελέγχου, ενώ τα 50 MJ είναι απώλειες λόγω αντίστασης κύλισης, απώλειες πέδησης και απώλειες λόγω αντίστασης αέρα. Για την ίδια απόσταση το ηλεκτρικό όχημα καταναλώνει 18 kWh ηλεκτρικής ενέργειας οι οποίες ισοδυναμούν με 65 MJ, από τα οποία τα 15MJ χάνονται λόγω απωλειών. Η αντίσταση κύλισης για το ηλεκτρικό όχημα είναι μεγαλύτερη λόγω μεγαλύτερου βάρους, ωστόσο οι απώλειες πέδησης είναι μικρότερες λόγω της λειτουργίας αναγεννητικής πέδησης. Τελικά αμφότερα, το συμβατικό και το ηλεκτρικό όχημα δαπανούν περίπου 50MJ ενέργειας για να διανύσουν απόσταση 100 χιλιομέτρων. Ωστόσο αξίζει να σημειωθεί ότι στο συμβατικό όχημα

η συνολική ενέργεια που καταναλώθηκε είναι 3.4 φορές υψηλότερη (230 MJ/100 km) συγκριτικά με το ηλεκτρικό όχημα όπου η καταναλισκόμενη ενέργεια ήταν (65 MJ/100 km). Όσον αφορά τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα υπολογίστηκε ότι για το όχημα με κινητήρα εσωτερικής καύσης ήταν (224 CO<sub>2</sub>g/km), ενώ για το αμιγώς ηλεκτρικό όχημα μόλις (50 CO<sub>2</sub>g/km), με τη σημαντική προϋπόθεση ότι η ηλεκτρική ενέργεια φόρτισης των μπαταριών του οχήματος προέρχεται αποκλειστικά από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

### 1.3.3 Θερμικές απώλειες συμβατικών οχημάτων

Η αρχή λειτουργίας των κινητήρων εσωτερικής καύσης είναι η παραγωγή μηχανικού έργου μέσω της μετατροπής τη θερμικής ενέργειας του καυσίμου σε κινητική. Ωστόσο, λόγω του εξαιρετικά χαμηλού βαθμού απόδοσης το ποσό θερμικής ενέργειας που εισέρχεται είναι πολύ μεγαλύτερο από την μηχανική ενέργεια που παράγεται, με αποτέλεσμα η παραπλήσια θερμότητα να αποβάλλεται στο περιβάλλον. Είναι χαρακτηριστικό το γεγονός ότι περίπου το 75% της καταναλισκόμενης ενέργειας στον τομέα μεταφορών παγκοσμίως, απορρίπτεται ως θερμότητα στο περιβάλλον (Bian, 2019).

Κατά τους (Kober, 2020), (Wail Aladayleh, 2015) και (Rajoo, 2014), σε έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης περίπου τα 2/3 της χημικής ενέργειας του καυσίμου απορρίπτονται ως θερμότητα. Τα ευρήματα αυτά έρχεται να ενισχύσει η μελέτη του (Galloni, 2021) κατά την οποία διαπιστώθηκε ότι η θερμική αποδοτικότητα των μηχανών εσωτερικής καύσης κυμαίνεται μεταξύ 10 και 35% αναλόγως τις συνθήκες λειτουργίας. Το υπόλοιπο μέρος της ενέργειας του καυσίμου απορρίπτεται στο περιβάλλον με τη μορφή θερμότητας μέσω του υγρού ψύξης κινητήρα και τη εκπομπή καυσαερίων από την εξάτμιση του οχήματος (Galloni, 2021). Τα ευρήματα αυτής της μελέτης έρχεται να ενισχύσει η έρευνα κατά την οποία στα συμβατικά οχήματα περισσότερο από το 62.4% της ενέργειας που απελευθερώνεται από τη καύση απορρίπτεται ως θερμότητα λόγω τριβής (Dominguez, 2015). Συγκεκριμένα, οι θερμικές απώλειες από το σύστημα ψύξης και την εξάτμιση κυμαίνονται μεταξύ 58 - 62% των συνολικών απωλειών (Evarts, 2018). Άλλη μελέτη υποστηρίζει ότι κατά τη λειτουργία ενός βενζινοκινητήρα ή κινητήρα ντίζελ περίπου το 30% της παραγόμενης ενέργειας από την καύση απορρίπτεται ως θερμότητα (Ding Luo, 2018). Ο (Rajoo 2014) ασχολήθηκε

με την μελέτη των κινητήρων ντίζελ και ομαδοποίησε τις απώλειες θερμότητας. Συγκεκριμένα, κατέληξε ότι ένας κινητήρας ντίζελ μετατρέπει μόλις το 25 - 40% της χημικής ενέργειας του καυσίμου σε μηχανικό έργο και το υπόλοιπο 60 - 75% απορρίπτεται ως θερμότητα. Ειδικότερα, το 20 - 45% αυτού του ποσού απορρίπτεται μέσω των καυσαερίων, το 10 - 35% μέσω του ψυκτικού υγρού και το 2 - 10% ως απώλειες τριβής.

Όσον αφορά την διαδικασία απόρριψης της πλεονάζουσας θερμότητας μέσω του ψυκτικού υγρού του κινητήρα, όπως είναι γνωστό η πλειονότητα των συμβατικών αυτοκινήτων διαθέτει υδρόψυκτο σύστημα ψύξης. Μέσω της αντλίας, το ψυκτικό υγρό ρέει στις οπές του κινητήρα και εξάγει τη θερμότητα από την επιφάνεια των μεταλλικών επιφανειών. Έπειτα το ψυκτικό υγρό μεταφέρει τη θερμότητα στα μεταλλικά πτερύγια του ψυγείου, τα οποία τελικά την απορρίπτουν στο περιβάλλον. Όπως είναι κατανοητό, το ποσό θερμότητας που απορρίπτεται στο περιβάλλον από τη λειτουργία ενός κινητήρα εσωτερικής καύσης αποτελεί μείζον πρόβλημα, δεδομένου ότι η θερμοκρασία των αερίων της εξάτμισης ενός οχήματος κυμαίνεται στους 200 - 700 βαθμούς Κελσίου (Wail Aladayleh, 2015). Το ίδιο υποστηρίζει στην μελέτη του ο (Sgroi, 2018), σύμφωνα με τον οποίο η θερμοκρασία των αερίων της εξάτμισης ξεπερνάει τους 500 Βαθμούς Κελσίου. Ωστόσο πρέπει να αναφερθεί ότι η θερμοκρασία των καυσαερίων εξαρτάται από το σχήμα του θαλάμου καύσης, το φορτίο αλλά και τις στροφές ανά λεπτό του κινητήρα.

Σημαντική είναι η επίδραση των συμβατικών οχημάτων στο φαινόμενο της «Αστικής θερμονησίδας». Το φαινόμενο της «Αστικής θερμονησίδας» ή αλλιώς «Αστικής Νησίδας Θερμότητας» (urban heat island) είναι το φαινόμενο κατά το οποίο η θερμοκρασία στο κέντρο μιας πόλης είναι μεγαλύτερη από αυτή των προαστίων και της αγροτικής περιοχής που την περιβάλλει, με επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, στην οικονομία και στο περιβάλλον. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται μεταξύ άλλων στην εκπομπή μεγάλων ποσών θερμότητας από τα συμβατικά οχήματα, η διασπορά της οποίας επιβραδύνεται λόγω των πυκνών οδικών δικτύων και των πολυώροφων κτιρίων που υπάρχουν στις πόλεις (Yuan, 2011). Στη μελέτη του (Zhu, 2017) διερευνήθηκε η επιρροή των οχημάτων στο φαινόμενο αστικής θερμονησίδας μέσω του προσδιορισμού της συσσώρευσης της θερμότητας που παράγεται από τα οχήματα, όπου διαπιστώθηκε ότι τα μοτίβα θερμότητας που παράγονται από τις ροές οχημάτων ακολουθούν

αυστηρά τα χωροχρονικά μοτίβα των κινούμενων οχημάτων και ότι οι διακυμάνσεις του φαινομένου αστικής θερμονησίδας εξαρτώνται κατά κύριο λόγο από τις ροές των οχημάτων. Επιπροσθέτως, βρέθηκε ότι η αργή κίνηση των οχημάτων σε περίπτωση κυκλοφοριακής συμφόρησης έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή μεγαλύτερων ποσών θερμότητας. Τα παραπάνω ευρήματα έρχεται να ενισχύσει η μελέτη του (Charman, 2005), στην οποία εκτιμήθηκε ότι η διακύμανση της θερμοκρασίας του οδοστρώματος εξαρτάται από τον αριθμό των οχημάτων, την ταχύτητα κυκλοφορίας, της κλίσης του δρόμου καθώς και άλλους παράγοντες.

Τα τελευταία χρόνια γίνονται προσπάθειες για την αξιοποίηση της απορριπτόμενης θερμικής ενέργειας των κινητήρων εσωτερικής καύσης. Σε αυτό το σημείο πρέπει να επισημανθεί το γεγονός ότι μεγάλο μέρος από την θερμική ενέργεια που απορρίπτεται, οφείλεται στους περιορισμούς του θερμοδυναμικού κύκλου μιας θερμικής μηχανής. Επομένως, είναι αδύνατη η ανάκτηση του συνόλου της θερμικής ενέργειας για τη παραγωγή έργου, αφού κάτι τέτοιο αντιβαίνει τους Νόμους της Θερμοδυναμικής. Υπολογίζεται ότι περίπου το 14% της ενέργειας των καυσαερίων μπορεί να αξιοποιηθεί για τη παραγωγή έργου (Rajoo, 2014).

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα εκπέμπουν λιγότερο από το 20% της θερμότητας που εκπέμπουν τα συμβατικά αυτοκίνητα, συμβάλλοντας έτσι λιγότερο στο φαινόμενο της αστικής θερμονησίδας. Χρησιμοποιώντας ως παράδειγμα το καλοκαίρι του 2012 στην πόλη του Πεκίνο, εκτιμήθηκε ότι η αντικατάσταση των συμβατικών αυτοκινήτων με ηλεκτρικά θα μπορούσε να έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της θερμοκρασίας της πόλης κατά 1 °C (Aamna, 2015).

#### **1.3.4 Σύγκριση ηχορύπανσης συμβατικών και ηλεκτρικών οχημάτων**

Έρευνα του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας αναδεικνύει το πόσο σοβαρό και ταυτόχρονα υποτιμημένο είναι το ζήτημα της ηχορύπανσης, το οποίο μετά τη μόλυνση του αέρα θεωρείται το μεγαλύτερο περιβαλλοντικό πρόβλημα των πόλεων της Γηραιάς Ηπείρου. Στα αστικά κέντρα η μεγαλύτερη πηγή θορύβου είναι ο κυκλοφοριακός θόρυβος, ο οποίος αντιπροσωπεύει το 80% όλων των πηγών θορύβου (Siano, 2021). Ο θόρυβος που προέρχεται από τα οχήματα εξαρτάται από τον τύπο του οχήματος, την τριβή μεταξύ των τροχών και την επιφάνεια του δρόμου αλλά και τον τρόπο οδήγησης. Σε ταχύτητες έως 10 kmh/h ο θόρυβος των

συμβατικών και των ηλεκτρικών οχημάτων μπορεί να διαφέρει κατά περισσότερο από 6dBA. Ωστόσο, σε μεγαλύτερες ταχύτητες ο θόρυβος και από τους δύο τύπους οχημάτων είναι περίπου στα ίδια επίπεδα, γεγονός το οποίο οφείλεται στον ήχο των τροχών. Ο Π.Ο.Υ συνιστά πως τα μέσα επίπεδα θορύβου που προκαλούνται από την κυκλοφορία των οχημάτων, δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 53 dBA, ενώ κατά τη διάρκεια της νύχτας συνιστάται να πέφτουν κάτω από τα 45 dBA. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο ήχος μετρείται σε ντεσιμπέλ (dB), ενώ το γράμμα «A» αποτελεί μια μέθοδο αθροίσματος της ηχητικής ενέργειας σε όλο το φάσμα συχνοτήτων των ήχων που ακούει ο άνθρωπος και χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της απόκρισης του ανθρώπινου αφτιού στον ήχο. Παρόλο τις προειδοποιήσεις του Π.Ο.Υ, σύμφωνα με έκθεση της ΕΕ, περίπου το 40% των ανθρώπων που ζουν στην Ευρώπη αντιμετωπίζουν κυκλοφοριακό θόρυβο σε επίπεδα που υπερβαίνουν τα 55 dbA, ενώ το 20-30% αυτών εκτίθενται σε θόρυβο που υπερβαίνει τα 65 dBA κατά τη διάρκεια της ημέρας και τα 55 dBA.

Σύμφωνα με τον (Záskalický, 2019) ο θόρυβος που παράγουν τα ηλεκτρικά οχήματα φθάνει τα 40-60 dB, ενώ τα οχήματα με κινητήρες εσωτερικής καύσης παράγουν θόρυβο της τάξης των 60-70 dB.

Σε αρκετές μελέτες έχει αποδειχτεί ότι η διαφορά στην στάθμη του θορύβου μεταξύ ηλεκτρικών και συμβατικών οχημάτων είναι υψηλότερη σε χαμηλές ταχύτητες. Πιο συγκεκριμένα, στην μελέτη του (Łebkowski, 2016) αναφέρεται ότι τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα παράγουν αρκετά χαμηλότερο θόρυβο από τα αντίστοιχα οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης, ιδίως στην περιοχή ταχυτήτων έως 50 km/h. Η μέτρηση του θορύβου για δύο πανομοιότυπα οχήματα έδειξε διαφορές από 3 έως 7 dBA ανάλογα με την ταχύτητα του οχήματος, το οποίο συνάδει με διπλάσια έως πενταπλάσια μείωση του επιπέδου θορύβου. Για το πιο θορυβώδες συμβατικό όχημα (BMW E30), η μέγιστη διαφορά ήταν περίπου 17 dB για ταχύτητες έως 50 km/h και 14 dB για υψηλότερες ταχύτητες. Επιπροσθέτως, ο (Misdariis, 2017), αναφέρει ότι σε ταχύτητες μικρότερες των 30 km/h η διαφορά θορύβου μεταξύ ενός συμβατικού και ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου μπορεί να είναι μεγαλύτερη από 10 dBA. Αυτή η διαφορά στις χαμηλές ταχύτητες οφείλεται στη χαμηλή ηχητική εκπομπή του ηλεκτροκινητήρα σε σύγκριση με τον κινητήρα εσωτερικής καύσης. Ωστόσο, σε υψηλότερες ταχύτητες ο θόρυβος



που προκαλείται λόγω της τριβής των ελαστικών αυξάνεται και η διαφορά στον θόρυβο μεταξύ των δύο τύπων οχημάτων μειώνεται αισθητά.

Κατά την μελέτη της ροής ηλεκτροκίνητων οχημάτων που κινούνται με ταχύτητα 30 km/h σε μια ελεύθερη λωρίδα, η εκτιμώμενη μείωση της στάθμης θορύβου είναι 2 dB, με την προϋπόθεση ότι το σύνολο των ελαφρών οχημάτων είναι ηλεκτρικά και τα βαρέα οχήματα δεν λαμβάνουν μέρος στην προσομοίωση (Campello-Vicente, 2017).

Σύμφωνα με τα παραπάνω, είναι βέβαιο ότι η αυξημένη χρήση ηλεκτρικών αυτοκινήτων μπορεί να συμβάλει σημαντικά στη μείωση του θορύβου από τον τομέα των οδικών μεταφορών, ιδίως στις αστικές περιοχές. Παρόλα αυτά πρέπει να σημειωθεί ότι εκπέμπουν τόσο χαμηλά επίπεδα θορύβου, που στην ΕΕ από τον Ιούλιο του 2021 έχει θεσπιστεί ότι τα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα πρέπει να παράγουν θόρυβο άνω των 56dB όταν το όχημα κινείται με ταχύτητα 12 μίλια/ώρα και κάτω χρησιμοποιώντας ένα ακουστικό σύστημα προειδοποίησης οχημάτων (AVAS) με σκοπό την προειδοποίηση των πεζών για την αποφυγή ατυχημάτων.

## **1.4 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ**

Παράγοντες όπως, η θερμοκρασία περιβάλλοντος, η ηλικία της μπαταρίας, η θερμοκρασία των ηλεκτρικών συστημάτων του οχήματος, αλλά και οι απώλειες ενέργειας κατά τη φόρτιση του οχήματος έχουν κυρίαρχο ρόλο στην απόδοση ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου (JG Hayes, 2018).

Οι απώλειες ενέργειας των ηλεκτρικών οχημάτων αναλύονται στη μελέτη του (Markowitz, 2013) όπου αποδεικνύεται ότι η ενέργεια που αξιοποιείται για την υπέρβαση των τριβών που δημιουργούνται είναι 57% από την συνολική ενέργεια που λήφθηκε από το ηλεκτρικό δίκτυο. Στο παραπάνω ποσοστό περιλαμβάνεται 41% ενέργειας για την αντίσταση κύλισης και 19% λόγω αδράνειας κατά την επιτάχυνση και τη πέδηση. Ωστόσο, γίνεται ανάκτηση του 7% μέσω της αναγεννητικής πέδησης, οπότε τελικά το πραγματικό ποσοστό απώλειας ενέργειας λόγω επιτάχυνσης και πέδησης είναι 12%. Οι απώλειες μετάδοσης

υπολογίζονται στο 3%, ενώ οι απώλειες τριβής στον ηλεκτρικό κινητήρα μόλις 1%. Επιπροσθέτως, τα βοηθητικά ηλεκτρικά συστήματα ενός ηλεκτρικού οχήματος αξιοποιούν 4% της ενέργειας ενώ στον ηλεκτροκινητήρα έχουμε 7% απώλειες ενέργειας λόγω αντίστασης του στάτορα και του ρότορα (Markowitz, 2013).

Άλλη μελέτη υποστηρίζει ότι ποσοστό 77% της συνολικής ενέργειας ενός ηλεκτρικού οχήματος αξιοποιείται για τη κίνηση του και το υπόλοιπο 23% ώστε να ξεπεραστούν οι διάφορες απώλειες. Λόγω της αναγεννητικής πέδησης η κινητική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτροχημική ενέργεια και λόγω τριβών λαμβάνουν χώρα οι θερμικές απώλειες. Η παραπάνω διαδικασία υπολογίζεται ότι συνεισφέρει 6% στο συνολικό ποσοστό 100% της ηλεκτρικής ενέργειας από το ηλεκτρικό δίκτυο, με αποτέλεσμα το ηλεκτρικό αυτοκίνητο τελικά να καταναλώνει 106% της συνολικής ενέργειας που έλαβε από το δίκτυο (Kenneth Holmberg, 2019).

#### **1.4.1 Απώλειες φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων**

Τα ηλεκτρικά οχήματα σε αντίθεση με τα συμβατικά εμφανίζουν απώλειες ενέργειας κατά τη διάρκεια της φόρτισης, γνωστές ως απώλειες φόρτισης. Για παράδειγμα, σε ένα συμβατικό όχημα αξιοποιείται το σύνολο των λίτρων καυσίμου, ενώ στα ηλεκτρικά οχήματα το ποσό καταναλισκόμενης ενέργειας από το ηλεκτρικό δίκτυο κατά τη φόρτιση, δεν ισούται με το ποσό ενέργειας που φτάνει τελικά στους συσσωρευτές του οχήματος.

Σε γενικές γραμμές εκτιμάται ότι ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο καταναλώνει 12 – 15% περισσότερη ενέργεια από το ηλεκτρικό δίκτυο, συγκριτικά με την ενέργεια που αξιοποιείται εξ' ολοκλήρου για την φόρτιση των συσσωρευτών του. Ένα μέρος της ενέργειας αυτής, μετατρέπεται σε θερμότητα., ενώ ένα άλλο μέρος της χάνεται ως απώλειες μετάδοσης. Ωστόσο πρέπει να ληφθεί υπόψιν το γεγονός ότι κάθε φόρτιση είναι διαφορετική. Παράγοντες όπως η ισχύς φόρτισης και η θερμοκρασία των συσσωρευτών διαδραματίζουν κύριο ρόλο στο ποσό των απωλειών ενέργειας που λαμβάνουν χώρα κατά τη φόρτιση (Voelcker, 2021). Στο ίδιο πλαίσιο, σύμφωνα με την Αρμόδια Αρχή για την Ενέργεια (DOE), κατά τη φόρτιση τους τα ηλεκτρικά

οχήματα έχουν απώλειες φόρτισης περίπου 16% από τον φορτιστή στη μπαταρία.

Σημαντικό ρόλο στις απώλειες φόρτισης ενός ηλεκτρικού οχήματος έχει το σύστημα διαχείρισης της θερμοκρασίας των συσσωρευτών, το οποίο εξασφαλίζει την ρύθμιση της θερμοκρασίας των συσσωρευτών με σκοπό την αποδοτικότερη φόρτιση τους (Voelcker, 2021). Πιο συγκεκριμένα, η θέρμανση ή η ψύξη των συσσωρευτών κατά τη διάρκεια της φόρτισης εκμεταλλεύεται μέρος της καταναλισκόμενης ενέργειας από το δίκτυο. Η ενέργεια αυτή συγκαταλέγεται στις απώλειες φόρτισης, καθώς δεν αξιοποιείται για τη φόρτιση των συσσωρευτών του οχήματος (Moloughney, 2021).

Οι πιο σημαντικές όμως απώλειες ενέργειας κατά τη διάρκεια της φόρτισης, λαμβάνουν χώρα κατά τη μετατροπή του εναλλασσόμενου ρεύματος που παρέχεται από το ηλεκτρικό δίκτυο σε συνεχές ρεύμα, το οποίο είναι κατάλληλο για την φόρτιση των συσσωρευτών του ηλεκτρικού οχήματος. Οι απώλειες κυμαίνονται μεταξύ 1.15 και 7.87% και εξαρτώνται από το SOC και το ρεύμα τροφοδότησης. Οι απώλειες στα ηλεκτρονικά συστήματα ισχύος του φορτιστή υπολογίζονται από 0.88 έως 16.53% αναλόγως το ρεύμα και το SOC. Γενικά, οι απώλειες τείνουν να μειώνονται με την αύξηση του ρεύματος τροφοδότησης (Apostolaki-Iosifidou, 2017).

Στη μελέτη του (Reick B, 2021), γίνεται εκτίμηση των απωλειών φόρτισης σε εναλλασσόμενο ρεύμα ανάλογα με τις φάσεις του συστήματος και το ρεύμα τροφοδότησης. Επιπλέον προσδιορίζεται ο αντίκτυπος των απωλειών φόρτισης ενός ηλεκτρικού οχήματος στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Οι απώλειες φορτίσεων των δύο υπό εξέταση ηλεκτρικών οχημάτων υπολογίστηκε ότι κυμαίνονται μεταξύ 12.79 και 20.42%.

Στη μελέτη του (Spyropoulos, 2016) εφαρμόστηκαν διαφορετικοί μέθοδοι και ταχύτητες φόρτισης ενός ηλεκτρικού οχήματος. Συγκεκριμένα, έπειτα την εκφόρτιση του οχήματος υπό πραγματικές συνθήκες οδήγησης, πραγματοποιούταν φόρτιση του με διαφορετικές ταχύτητες φόρτισης και κλιματικές συνθήκες, σε μερικό ή πλήρες φορτίο. Όσον αφορά τις απώλειες φόρτισης, σημαντικό ποσό ενέργειας χάνεται λόγω απωλειών στον φορτιστή, στα καλώδια και στους συσσωρευτές του οχήματος. Ειδικότερα, οι απώλειες φόρτισης για την αργή φόρτιση ήταν

12.4%, ενώ κατά την εφαρμογή ταχείας φόρτισης οι απώλειες αυξάνονταν στο 15.7%, γεγονός το οποίο οφείλεται και στις θερμικές απώλειες του συστήματος κατά την ταχεία φόρτιση.

Στο ίδιο πλαίσιο ο (Kaldelis, 2019), υπολόγισε τις απώλειες φόρτισης ενός ηλεκτρικού οχήματος για φόρτιση του στον σταθμό φόρτισης Η/Ο του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, όπου εφαρμόστηκαν δύο τύποι φόρτισης. Η αργή φόρτιση με σύνδεση του οχήματος σε πρίζα οικιακού τύπου 230 V και η κανονική φόρτιση με ισχύ φόρτισης έως και 22 kW. Υπολογίστηκε ότι κατά την κανονική φόρτιση καταναλώνεται περίπου 15% περισσότερη ενέργεια από το ηλεκτρικό δίκτυο σε σχέση με την αργή φόρτιση. Επιπλέον, σε βάθος χρόνου συνυπολογίζοντας τις απώλειες φόρτισης για αργή και κανονική φόρτιση, τόσο για το καλοκαίρι όσο και για τον χειμώνα, υπολογίστηκε ότι οι απώλειες φόρτισης ανέρχονται περίπου στο 15%.

Ο (Kostopoulos, 2019) διερεύνησε τις απώλειες φόρτισης ενός ηλεκτρικού οχήματος για τα εύρη φόρτισης 20 – 80% και 80 – 100%. Υπολογίστηκε ότι η μέση τιμή των απωλειών για το εύρος φόρτισης 20 – 80% ήταν 11.23%, ενώ για ποσοστό φόρτισης 80 – 100% οι αντίστοιχες απώλειες αυξάνονταν στο 20.43%. Δηλαδή οι απώλειες φόρτισης και επομένως και η κατανάλωση ενός ηλεκτρικού οχήματος αυξάνονται όταν πραγματοποιείται φόρτιση στο εύρος 80 – 100%.

Εταιρείες που ηγούνται στον τομέα της ηλεκτροκίνησης έχουν πραγματοποιήσει στο παρελθόν δοκιμές όσον αφορά τις απώλειες φόρτισης των ηλεκτρικών τους οχημάτων. Ειδικότερα, για την φόρτιση του 2021 Tesla Model Y Long Range Version υπολογίστηκε ότι αντλήθηκε ποσό ενέργειας 87.868 kWh από το ηλεκτρικό δίκτυο, ενώ στους συσσωρευτές του οχήματος κατέληξε ποσό ενέργειας 77.702 kWh. Πρόκειται για μια διαφορά της τάξης του 13%, το οποίο αντικατοπτρίζει τις απώλειες φόρτισης. Επιπροσθέτως, για την φόρτιση του 2021 Tesla Model Y Performance Version αντλήθηκαν 92.213 kWh ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο, όμως μόνο οι 81.052 kWh αξιοποιήθηκαν τελικά για την φόρτιση των συσσωρευτών του αυτοκινήτου. Όσον αφορά τα παραπάνω ευρήματα, πρέπει να σημειωθεί ότι και στις δύο περιπτώσεις πραγματοποιήθηκε φόρτιση των οχημάτων από 0 έως 100%, φόρτιση η οποία είναι άκρως απαιτητική για ένα ηλεκτρικό όχημα (Kostopoulos, 2019). Από την άλλη βέβαια, οι φορτίσεις πραγματοποιήθηκαν σε μέρος με ελεγχόμενη θερμοκρασία που συνάδει με

μεγαλύτερη αποδοτικότητα της φόρτισης σε σύγκριση με τη φόρτιση σε πραγματικές (ακραίες) καιρικές συνθήκες (Voelcker, 2021).

Δεδομένου ότι η κατανάλωση ενέργειας ενός ηλεκτρικού οχήματος συνδέεται άμεσα με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, κρίνεται απαραίτητος ο προσδιορισμός των απωλειών φόρτισης με σκοπό την μείωση των απωλειών ενέργειας μακροπρόθεσμα (Reick B, 2021).

## 2. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΕΡΕΥΝΑΣ

### 2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΠΑ.Δ.Α

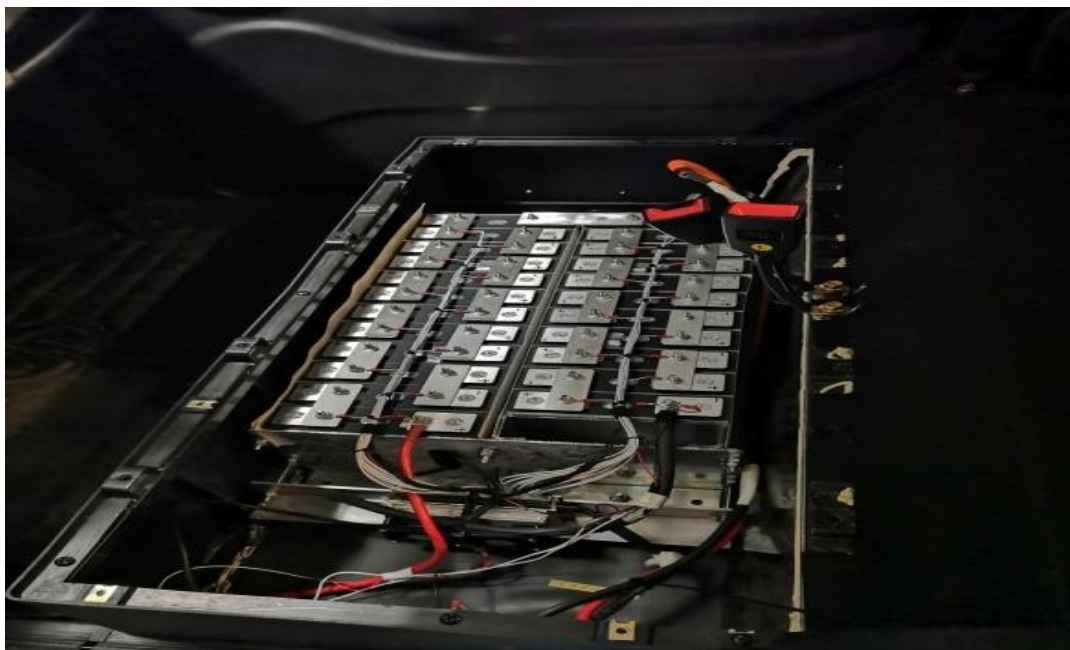
#### 2.1.1 Ηλεκτρικό όχημα ECOCAR

Το Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής και ειδικότερα το Εργαστήριο Ήπιων Μορφών Ενέργειας και Προστασίας Περιβάλλοντος, διαθέτει το αμιγώς ηλεκτρικό όχημα Jiayuan City Spirits, το οποίο κατασκευάζεται στη Κίνα από την εταιρεία Jiayuan και εισάγεται στην Ελλάδα από την Ecosun, με την εμπορική ονομασία Ecoscar. Πρόκειται για ένα διαθέσιμο όχημα μικρών διαστάσεων το οποίο χρησιμοποιείται αποκλειστικά για τη μεταφορά του μόνιμου εκπαιδευτικού προσωπικού του Ιδρύματος καθώς και για ερευνητικούς σκοπούς. Στην Εικόνα 2.1 απεικονίζεται το ηλεκτρικό όχημα του ΠΑ.Δ.Α σταθμευμένο στον σταθμό φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων του Πανεπιστημίου.



Εικόνα 2.1 Το ηλεκτρικό όχημα Jiayuan City Spirits Eidola (Ecoscar)

Στη καρδιά του ηλεκτρικού οχήματος βρίσκεται η μπαταρία τεχνολογίας φωσφορικού σιδήρου λιθίου η οποία αποτελείται από 23 επιμέρους στοιχεία και τροφοδοτεί με ενέργεια τον ηλεκτρικό κινητήρα του οχήματος. Από εργονομικής άποψης η τοποθέτηση των συσσωρευτών έχει καθοριστικό ρόλο στον υπολογισμό του κέντρου βάρους του οχήματος, καθώς βρίσκονται κάτω από τα καθίσματα του οδηγού και του συνοδηγού. Η χωροθέτηση τους στο όχημα είναι τέτοια ώστε να αποφευχθούν βλάβες σε περίπτωση τροχαίου ατυχήματος. Στην Εικόνα 2.2 φαίνεται η μπαταρία του ηλεκτρικού οχήματος Ecocar.



Εικόνα 2.2 Μπαταρία ηλεκτρικού οχήματος Ecocar

Το όχημα Ecocar διαθέτει στην οροφή του φωτοβολταϊκό πάνελ ισχύος 100 Watt, το οποίο απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία και την μετατρέπει σε ηλεκτρική ενέργεια η οποία στη συνέχεια διοχετεύεται στους συσσωρευτές του οχήματος. Έτσι, τις ημέρες με ηλιοφάνεια προσδίδεται ένα επιπλέον ποσοστό φόρτισης στις μπαταρίες του οχήματος αυξάνοντας με αυτόν τον τρόπο την αυτονομία του. Η δυνατότητα συνδιασμού φόρτισης μέσω του φωτοβολταϊκού πλαισίου, καθώς και η φόρτιση από το ηλεκτρικό δίκτυο στον σταθμό φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων του ΠΑ.Δ.Α έχει ως αποτέλεσμα την σημαντική μείωση της συνολικής διάρκειας φόρτισης του οχήματος. Αξίζει όμως να αναφερθεί ότι η απολύτως οριζόντια κλίση του φωτοβολταϊκού πλαισίου δεν επιτρέπει την ιδανική απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Επιπλέον, είναι γνωστό ότι η σκόνη και πλήθος αιωρούμενων σωματιδίων που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα προσκολλούνται στην επιφάνεια του πάνελ και έτσι μειώνεται η δυνατότητα απορρόφησης της ηλιακής ενέργειας..



Εικόνα 2.3 Φωτοβολταϊκός συλλέκτης οροφής ηλεκτρικού οχήματος

Ο ρυθμιστής φόρτισης του φωτοβολταϊκού συστήματος του ηλεκτρικού οχήματος είναι υπεύθυνος για την ρύθμιση της παροχής τάσης και ρεύματος στους συσσωρευτές του οχήματος, αποτρέποντας με αυτόν τον τρόπο πιθανή υπερφόρτιση και υπερθέρμανση των μπαταριών. Στην Εικόνα 2.4 απεικονίζεται ο ρυθμιστής φόρτισης του φωτοβολταϊκού πλαισίου του ecosar.



Εικόνα 2.4 Ρυθμιστής φόρτισης φωτοβολταϊκού πλαισίου



Ο εκάστοτε οδηγός του ηλεκτρικού οχήματος οφείλει να είναι ενήμερος για τις τιμές των μεταβλητών της μπαταρίας όπως οι τάσεις των επιμέρους στοιχείων και οι διάφορες θερμοκρασίες ώστε να αποφευχθούν τυχόν βλάβες ασφάλειας και απόδοσης. Η τάση των επιμέρους στοιχείων προσδιορίζει το ποσό ενέργειας που υπάρχει στη μπαταρία τη δεδομένη στιγμή, ενώ η απεικόνιση των θερμοκρασιών έχει σκοπό τη πρόσληψη ατυχημάτων σε περίπτωση υπερθέρμανσης. Για αυτόν τον λόγο, το Σύστημα Διαχείρισης Μπαταριών του ηλεκτρικού οχήματος είναι συνδεδεμένο με ένα σύστημα απεικόνισης το οποίο εμφανίζει τις στιγμιαίες τιμές των μεταβλητών αυτών σε οθόνη. Αναλυτικά τα μεγέθη που απεικονίζονται στην οθόνη καταγραφής του οχήματος είναι τα εξής:

- Ταχύτητα οχήματος (km/h)
- Ποσοστό φόρτισης μπαταρίας (%)
- 4 θερμοκρασίες οι οποίες αφορούν διάφορα μέρη των συσσωρευτών (°C)
- Τάση (V)
- Ένταση ρεύματος (A)
- Ισχύς ρεύματος (W)
- Χωρητικότητα μπαταρίας (Ah)
- Τάσεις στα 23 στοιχεία της μπαταρίας (V)
- Στοιχείο με την υψηλότερη τάση Hc (V)
- Στοιχείο με την μικρότερη τάση Lc (V)



Εικόνα 2.5 Οθόνη καταγραφής ενεργειακών δεδομένων ηλεκτρικού οχήματος

Το ηλεκτρικό όχημα Ecocar διαθέτει MP5 Player με κεντρική οθόνη για τη εφαρμογή ρυθμίσεων από τον οδηγό. Συγκεκριμένα η οθόνη είναι συμβατή με όλες τις γνωστές μορφοποιήσεις του Media Player (mp3, mp4A, mp4, wav και wma). Έχει 14 εικονίδια, το καθένα από τα οποία επιτελεί διαφορετική λειτουργία. Στις ρυθμίσεις συστήματος υπάρχει η δυνατότητα επεξεργασίας των εξής 4 ομάδων λειτουργιών:

- Ρυθμίσεις βίντεο
- Γενικές ρυθμίσεις
- Πληροφορίες συστήματος
- Αυξομείωση έντασης ήχου

Διαθέτει ραδιόφωνο με δυνατότητα απομνημόνευσης σταθμών καθώς και GPS για χρήση χάρτη και προτεινόμενων διαδρομών πρόσβασης σε συγκεκριμένο προορισμό. Επιπλέον υπάρχει η δυνατότητα συνδεσιμότητας με κινητό τηλέφωνο μέσω Bluetooth για την πραγματοποίηση τηλεφωνικών κλήσεων, καταγραφή της κλήσης, αναπαραγωγή μουσικής της επιλογής του οδηγού και άλλα. Το MP5 Player διαθέτει θύρα USB καθώς και θύρα κάρτας SD για την αποθήκευση φωτογραφιών και βίντεο. Τέλος, διατίθεται ημερολόγιο με δυνατότητα

αποθήκευσης συμβάντων, καθώς και δύο παιχνίδια και αριθμομηχανή.



Εικόνα 2.6 Οθόνη MP5 Player

Στον Πίνακα 2.1 παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού οχήματος Jiayuan City Spirits Eidola (EcoCar), όπως αυτά αναγράφονται στο τεχνικό φυλλάδιο της εταιρείας εισαγωγής του οχήματος στην Ελλάδα.

**Πίνακας 2.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά ηλεκτρικού οχήματος EcoCar**

ΓΕΝΙΚΑ	Διαστάσεις(M*Π*Υ)(mm) Μεταξόνιο (mm) Μετατρόχια (mm) Απόσταση από το έδαφος (mm) Βάρος (kg)  Θέσεις	2245*1290*1570 1500 1100/1090 180 650 (με συσσωρευτές)  2
ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ	Κινητήρας Ισχύς (KW) Ονομαστική τάση (V) Τάση φόρτισης (V)	AC motor 7,5 72 230
ΔΙΑΦΟΡΙΚΟ	Διαφορικό Τύπος αλλαγής ταχυτήτων  Κιβώτιο ταχυτήτων	Αυτόματο Αυτόματο  Περιστροφικός διακόπτης ελέγχου
ΑΝΑΡΤΗΣΕΙΣ	Κίνηση Εμπρός ανάρτηση  Πίσω ανάρτηση	Πίσω Ανεξάρτητη ανάρτηση με Γόνατα McPherson  Ανεξάρτητη ανάρτηση με ψαλίδι
ΠΕΔΗΣΗ	Φρένα  Φρένο στάθμευσης	Δισκόφρενα εμπρός/πίσω Ενισχυτής κενού  Χειρόφρενο
ΤΡΟΧΟΙ	Μέγεθος ελαστικών Ζάντες	145/70R12 Αλουμινίου
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	Κατανάλωση/100km (πλήρες φορτίο) Μέγιστη ταχύτητα (km/h) Μέγιστη γωνία αναρρίχησης  Χρόνος φόρτισης	8 / 7.2 80 20%  5 - 7 ώρες (ανάλογα με τον τύπο συσσωρευτή / φορτιστή)

### 2.1.1.1 Συντήρηση ηλεκτρικού οχήματος ECOCAR

Ένα από τα πλεονεκτήματα των ηλεκτρικών οχημάτων αποτελεί το γεγονός ότι χρήζουν ελάχιστης συντήρησης συγκριτικά με τα συμβατικά αυτοκίνητα. Αυτό συμβαίνει διότι τα ηλεκτρικά οχήματα διαθέτουν το 1/3 των κινούμενων μερών που υπάρχουν σε έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης με αποτέλεσμα τα λιγότερα κινούμενα μέρη να δημιουργούν μικρότερες φθορές σε βάθος χρόνου. Εκτιμάται ότι το κόστος συντήρησης ενός αμιγώς ηλεκτρικού οχήματος συγκριτικά με ενός όμοιας κατηγορίας συμβατικού και κλάσης Euro 4 οχήματος είναι κατά 90% χαμηλότερο κατά την πρώτη δεκαπενταετία (Πετράκη, 2021).

Όσον αφορά τον προγραμματισμένο τεχνικό έλεγχο ΚΤΕΟ που πραγματοποιείται στα συμβατικά οχήματα, δεν συμβαίνει το ίδιο για το ηλεκτρικό όχημα Ecocar καθώς δεν υπόκειται σε υποχρεωτικό ετήσιο έλεγχο ΚΤΕΟ. Η πληρωμή των ασφαλίσεων για το συγκεκριμένο ηλεκτρικό όχημα πραγματοποιείται κάθε χρόνο και ισχύει από 14/10/2021 έως 14/10/2022. Παρακάτω αναφέρονται αναλυτικά οι έλεγχοι που πρέπει να πραγματοποιούνται σε κάθε συντήρηση του ηλεκτρικού οχήματος του ΠΑ.Δ.Α όπως αυτοί παρουσιάζονται στο εγχειρίδιο χρήσης του, καθώς και ο προγραμματισμός των συγκεκριμένων συντηρήσεων αναλόγως τους μήνες χρήσης και τα διανυθέντα χιλιόμετρα που αναγράφονται στον Πίνακα 2.3.

**Πίνακας 2.2 Τεχνικός έλεγχος ΚΤΕΟ και ασφάλεια ηλεκτρικού οχήματος Ecocar**

ΤΕΧΝΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΤΕΟ	ΑΣΦΑΛΕΙΑ
ΜΗ ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΟΣ	ΛΗΞΗ ΣΤΙΣ 14/10/2022

**Πίνακας 2.3 Προγραμματισμός συντηρήσεων ηλεκτρικού οχήματος ECOCAR**

ΜΗΝΕΣ	ΧΙΛΙΟΜΕΤΡΑ
6	2500
12	10000
18	15000
24	20000
30	25000
36	30000
42	35000
48	40000

#### **2.1.1.1.1 Ηλεκτρολογικός έλεγχος**

Όσον αφορά τον ηλεκτρολογικό έλεγχο του οχήματος πρέπει να γίνουν οι παρακάτω ενέργειες:

- Έλεγχος συσφίξεων συσσωρευτών
- Έλεγχος συσφίξεων controller
- Έλεγχος συσφίξεων κινητήρα
- Έλεγχος φόρτισης
- Έλεγχος λαμπτήρων αυτοκινήτου
- Έλεγχος αντλίας κενού
- Έλεγχος ψύξης θέρμανσης

#### **2.1.1.1.2 Μηχανολογικός έλεγχος**

Όσον αφορά τον μηχανολογικό έλεγχο του αυτοκινήτου οι απαιτούμενες ενέργειες είναι:

- Ρύθμιση χειρόφρενου
- Έλεγχος συστήματος διεύθυνσης
- Έλεγχος συστήματος κίνησης (ημιαξόνια)
- Έλεγχος συστήματος πέδησης
- Έλεγχος υγρών φρένων

- Έλεγχος στα τακάκια
- Έλεγχος κρεμαγιέρας
- Έλεγχος ψαλιδιών (συνεμπλόκ, μπαλάκι)
- Έλεγχος βάσης κινητήρα και διαφορικού
- Έλεγχος πίεσης ελαστικών (2bar)
- Αλλαγή βαλβολίνης διαφορικού (GL5 80W-90 / 800ML) μετά τα πρώτα 2000 χιλιόμετρα και αντικατάσταση τους μετά από κάθε 60000 χιλιόμετρα

### ***2.1.1.1.3 Συντήρηση συσσωρευτών***

Η συντήρηση των συσσωρευτών είναι απαραίτητη για την εξασφάλιση της καλής λειτουργίας του ηλεκτρικού οχήματος. Παρακάτω αναφέρονται αναλυτικά οι οδηγίες φόρτισης και διατήρησης των συσσωρευτών σύμφωνα με την εταιρεία κατασκευής του οχήματος Jiayuan.

- Προτείνεται η φόρτιση των μπαταριών εντός 24 ωρών από την εκφόρτιση τους και ιδανικά αμέσως μετά το τέλος κάθε διαδρομής
- Συνιστάται η αποφυγή απότομων επιταχύνσεων κατά την οδήγηση καθώς έχει ως αποτέλεσμα την παράταση της διάρκειας ζωής των μπαταριών
- Σε περιόδους κατά τις οποίες το όχημα δεν χρησιμοποιείται, λαμβάνει χώρα το φαινόμενο της αυτοεκφόρτισης της μπαταρίας. Σε τέτοιες περιπτώσεις συνιστάται σε αρχικό στάδιο η πλήρης φόρτιση της μπαταρίας και μετέπειτα η φόρτιση 2 φορές τον μήνα. Δεδομένου ότι πριν την εγκατάλειψη του οχήματος η μπαταρία έχει εκφορτιστεί, η μη φορτισή της θα έχει ως αποτέλεσμα την σημαντική μείωση της διάρκειας ζωής της
- Σε καιρικές συνθήκες βροχόπτωσης ή χιονόπτωσης συνιστάται η φόρτιση του οχήματος να γίνεται σε εσωτερικό χώρο ή σε εξωτερικό χώρο στον οποίο παρέχεται προστασία από τα καιρικά φαινόμενα

- Η θερμοκρασία λειτουργίας των συσσωρευτών είναι από -20 έως και 45 βαθμούς Κελσίου. Λόγω αυτού συνιστάται η αποφυγή στάθμευσης του οχήματος για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των 8 ωρών σε θερμοκρασία περιβάλλοντος μεγαλύτερη των 45 βαθμών Κελσίου. Επισημαίνεται ότι η υπέρβαση των επιτρεπτών ορίων των θερμοκρασιών που αναγράφονται παραπάνω επιδρά αρνητικά στην απόδοση καθώς και στη διάρκεια ζωής των μπαταριών
- Όταν η ενέργεια της μπαταρίας εξαντλείται πραγματοποιείται απενεργοποίηση του συστήματος. Σε αυτή τη περίπτωση συνιστάται η φόρτιση των μπαταριών, ώστε να αποφευχθεί το φαινόμενο υποφόρτισης το οποίο οδηγεί σε ανεπανόρθωτες βλάβες της μπαταρίας
- Όταν η μπαταρία πλησιάζει τη μέγιστη αναγραφόμενη διάρκεια ζωής της, είναι αναμενόμενη η σημαντική μείωση της χωρητικότητας. Σε αυτό το στάδιο κρίνεται απαραίτητη η άμεση αντικατάσταση της
- Απαγορεύεται η πλύση με νερό του περιβλήματος των συσσωρευτών διότι υπάρχει κίνδυνος διαρροής νερού στη μπαταρία
- Απαγορεύεται το άνοιγμα του θαλάμου των συσσωρευτών για οποιοδήποτε λόγο καθώς η κατασκευάστρια εταιρεία δεσμεύεται ότι παρέχει την ασφάλεια και την αξιοπιστία που απαιτείται

### **2.1.1.2 Συσσωρευτές ηλεκτρικού οχήματος ECOCAR**

Λόγω της δυσκολίας άντλησης περισσότερων πληροφοριών από την εταιρεία κατασκευής των συσσωρευτών του ηλεκτρικού οχήματος σχετικά με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των συγκεκριμένων μπαταριών, παρακάτω παρουσιάζονται κυρίως κάποια γενικά στοιχεία για τις μπαταρίες τεχνολογίας Φωσφορικού Σιδήρου Λιθίου. Σχεδόν όλες οι μπαταρίες τύπου ιόντων λιθίου έχουν τα ίδια υλικά ανόδου και ηλεκτρολύτη, ωστόσο διαφέρουν ως προς το υλικό κατασκευής της καθόδου και συνήθως κατηγοριοποιούνται βάσει αυτού (Sepasi, 2014). Όσον αφορά τις μπαταρίες Φωσφορικού Σιδήρου Λιθίου ή αλλιώς LFP αποτελούν μια βελτιωμένη



τεχνολογία ιόντων λιθίου με τροποποιημένη χημική σύνθεση, καθώς το σιδηροφωσφορικό λίθιο χρησιμοποιείται στην άνοδο. Είναι μια από τις πρώτες τεχνολογίες μπαταριών τύπου ιόντων λιθίου που εισήχθησαν στην αγορά και χρησιμοποιούνται ευρέως στη Κίνα από τις μεγαλύτερες εταιρείες όπως η CATL και η LISHEN. Πρόκειται για μια εξαιρετικά σταθερή χημεία λιθίου σε σύγκριση με σχεδόν όλες τις άλλες χημικές ουσίες λιθίου (Mali, 2021).

Τα κύρια θετικά γνωρίσματα των μπαταριών φωσφορικού σιδήρου λιθίου είναι η θερμική και η χημική σταθερότητα η οποία προσδίδει μεγαλύτερη ασφάλεια λόγω της προσθήκης νέων ουσιών για τη σταθεροποίηση των χημικών διεργασιών που λαμβάνουν μέρος. Όσον αφορά τη θερμική σταθερότητα οι συγκεκριμένες μπαταρίες δεν είναι επιρρεπείς σε φαινόμενα υπερθέρμανσης, ούτε διατίθενται σε θερμική διαφυγή, έτσι δεν ελλοχεύει κίνδυνος υπερθέρμανσης ή και ανάφλεξης σε ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες. Επιπλέον χαρακτηρίζονται από παρατεταμένη διάρκεια ζωής (A.Yamada, 2001) και την αξιοποίηση μη τοξικών ή δύσκολων ως προς την εξορυξή τους υλικών (Sepasi, 2014). Στη Κίνα η τιμή του υλικού καθόδου LFP είναι χαμηλότερη σε σχέση με το μέχρι πρότινος χρησιμοποιούμενο υλικό NMC811 (Νικέλιο Μαγγάνιο Κοβάλτιο). Για αυτόν τον λόγο, πλήθος εταιρειών που δραστηριοποιούνται στον τομέα της ηλεκτροκίνησης, όπως η Tesla έχουν στραφεί στη χρήση του φωσφορικού σιδήρου – λιθίου ως υλικό καθόδου και στην αντικατάσταση χημικών στοιχείων όπως το Κοβάλτιο και το Νικέλιο. Αξίζει να σημειωθεί πως η κάθοδος αποτελεί το ακριβότερο εξάρτημα της μπαταρίας και επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό το κόστος της μπαταρίας και του οχήματος. Για αυτόν τον λόγο είναι δεδομένο πως η χρήση τεχνολογίας LFP θα επεκταθεί κυρίως σε εφαρμογές μικρών οχημάτων όπου το κόστος αποτελεί παράγοντα προς βελτίωση (Rudisuela, 2020). Στον αντίποδα, η εξαιρετικά χαμηλή ειδική ενέργεια τους τις καθιστά ικανές μόνο για εφαρμογές στις οποίες η αυτονομία δεν είναι το ζητούμενο.



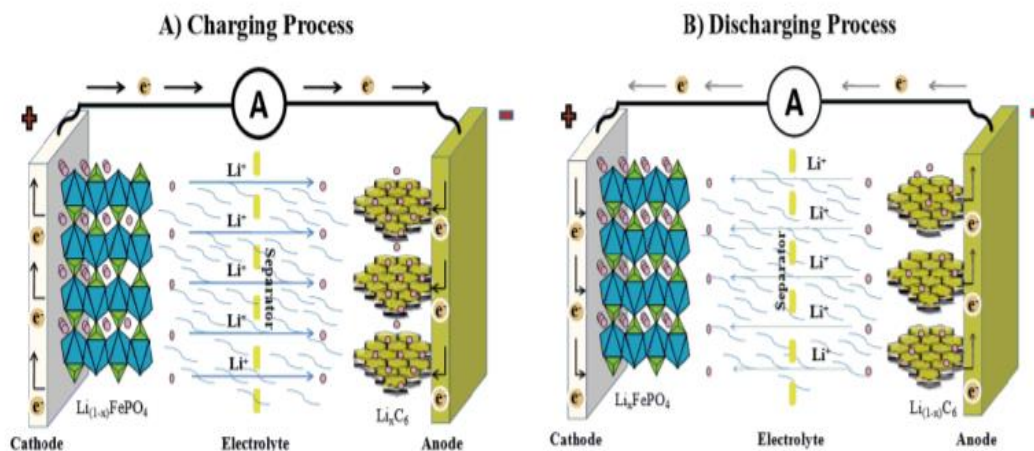
Εικόνα 2.7 Διάγραμμα παραμέτρων απόδοσης μπαταρίας LFP

Όσον αφορά τη διάρκεια ζωής των συσσωρευτών φωσφορικού σιδήρου λιθίου του οχήματος Ecocar εκτιμάται σε 3 - 4 χρόνια ή 25000-3000 χιλιόμετρα, ωστόσο οι αριθμοί αυτοί διαφοροποιούνται ανάλογα με τη χρήση, ενώ οι κύκλοι ζωής των συγκεκριμένων συσσωρευτών υπολογίζονται γύρω στους 7000. Γενικά, η διάρκεια ζωής μιας μπαταρίας  $\text{LiFePO}_4$  εξαρτάται άμεσα από τη διάρκεια φόρτισης και εκφόρτισης της (Dedon, 2021). Ρεύματα 0.25 και 0.5C προκαλούν σημαντική μείωση στη διάρκεια ζωής της μπαταρίας, έπειτα από 40 κύκλους (Rumjancev A.M., 2010), ενώ παρατεταμένη διάρκεια ζωής εξασφαλίζεται Εικόνα 2.7 Διάγραμμα παραμέτρων απόδοσης μπαταρίας LFP όταν ο ρυθμός φόρτισης και εκφόρτισης της μπαταρίας διατηρείται στο 1C (J, 2014). Στον Πίνακα 2.4 παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των συσσωρευτών Λιθίου – Φωσφορικού Σιδήρου.

Πίνακας 2.4 Τεχνικά χαρακτηριστικών μπαταριών φωσφορικού σιδήρου-λιθίου (Battery University, 2021)

Χημική σύσταση	Λίθιο – Φωσφορικός Σίδηρος
Μέγιστη τάση φόρτισης	3,65 (V)
Ονομαστική τάση	3,2 – 3,3 (V)
Τάση με μεγάλο φορτίο	2,5 (V)
Ελάχιστη τάση	2 (V)
Ειδική Ενέργεια	90 – 120 (Wh/kg)
Ρυθμός Φόρτισης	1C (3 ώρες)
Ρυθμός Εκφόρτισης	1C
Κύκλοι Ζωής (ιδανικά)	1000 - 2000
Θερμική Φυγή	270 (°C)
Διατήρηση	Διατήρηση σε δροσερούς χώρους Αποθήκευση σε μερική φόρτιση Αποφυγή ολοκληρωμένων κύκλων φόρτισης
Έτος κατασκευής	1996
Εφαρμογές	Σταθερές κατασκευές με υψηλά ρεύματα και μεγάλη διάρκεια ζωής
Χαρακτηριστικά	Αμετάβλητη τάση εκφόρτισης, υψηλή ισχύς, μικρή χωρητικότητα

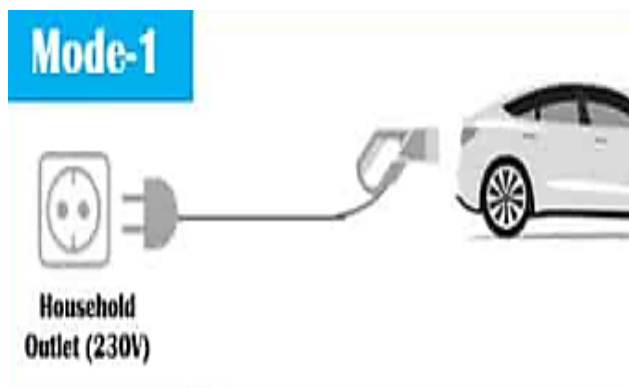
Η αρχή λειτουργίας των μπαταριών  $\text{LiFePO}_4$  βασίζεται στην αλληλεπίδραση του σιδηροφωσφορικού λιθίου και του άνθρακα. Η βασική αρχή της παρακάτω αντίδρασης είναι ότι το λίθιο το οποίο δρα ως υλικό θετικού ηλεκτροδίου ιονίζεται κατά τη φόρτιση με αποτέλεσμα να διεισδύει στο κρυσταλλικό πλέγμα άλλων υλικών με το σχηματισμό χημικών δεσμών (Sepasi, 2014).



Εικόνα 2.8 Τυπική χημική αντίδραση μπαταρίας φωσφορικού σιδήρου λιθίου (Sepasi, 2014)

### 2.1.1.3 Φόρτιση ηλεκτρικού οχήματος ECOCAR

Κατά τη φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος η διάρκεια φόρτισης καθώς και το ρεύμα φόρτισης εξαρτώνται αποκλειστικά από το δίκτυο, χωρίς καμία απολύτως επίδραση του ανθρώπινου παράγοντα. Η ισχύς φόρτισης είναι υψηλή, για αυτόν τον λόγο το καλώδιο φόρτισης συνδέεται σε πρίζα 16 (A). Η φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος Ecocar γίνεται με τη Μέθοδο φόρτισης 1. Σύμφωνα με το μοντέλο IEC 61851-1 υπάρχουν 4 Μέθοδοι φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων με την Μέθοδο φόρτισης 1 να αποτελεί τον απλούστερο τρόπο φόρτισης που πραγματοποιείται με απευθείας σύνδεση του ηλεκτρικού οχήματος στις ευρείας χρήσης πρίζες (Schuko) χωρίς την ύπαρξη συστήματος ασφαλείας, εκτός από γείωση και διάταξη προστασίας διαφορικού ρεύματος (ρελέ). Το ρελέ είναι μια μηχανική συσκευή διακοπής που έχει σκοπό το άνοιγμα των επαφών σε περίπτωση που το ρεύμα φτάσει ή υπερβεί μια προκαθορισμένη τιμή. Για φόρτιση σε μονοφασικό ρεύμα η μέγιστη επιτρεπόμενη τάση τροφοδότησης είναι 250 (V) και η ένταση τροφοδότησης 16 (A), ενώ για φόρτιση σε τριφασικό ρεύμα οι μέγιστες τιμές για την τάση και την ένταση του ρεύματος είναι 480 (V) και 16 (A) αντίστοιχα (Arag, 2020). Στην Εικόνα 2.9 απεικονίζεται η τυπική διάταξη φόρτισης ενός ηλεκτρικού οχήματος με τη Μέθοδο 1 και η όψη ενός κοινού ρευματοδότη schuko. Σε μονοφασικό σύστημα οι τιμές του ρεύματος δεν πρέπει να ξεπερνάνε τα 16 A και οι τάση τα 250 V. Ενώ σε τριφασικό τα 16A και τα 480V. Η φόρτιση με την Μέθοδο φόρτισης 1 είναι αργή σε εναλλασσόμενο ρεύμα και με ισχύ εξόδου από 3,7 (kW) έως 11 (kW). Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί πως σε πολλές χώρες έχει απαγορευθεί η φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων με την Μέθοδο φόρτισης 1 καθώς θεωρείται η λιγότερη ενδεδειγμένη μέθοδος φόρτισης (Ferrari, 2020).



Εικόνα 2.9 Διάταξη φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος με τη μέθοδο φόρτισης 1 (Paulraj, 2019)

Παρακάτω αναφέρονται τα βήματα της διαδικασίας φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος Ecocar.

- Σύνδεση της παροχής ρεύματος
- Προσωρινά ενεργή η κόκκινη και η πράσινη ένδειξη (Σε περίπτωση που η κόκκινη και η πράσινη ένδειξη συνεχίσουν να αναβοσβήνουν, προτείνεται να πραγματοποιηθεί έλεγχος της σύνδεσης)
- Η κόκκινη ένδειξη υποδηλώνει φόρτιση έως και 80-90%
- Η κίτρινη ένδειξη ανάβει μετά το πέρας της φόρτισης σε ποσοστό 80-90%
- Μετά το πέρας της πλήρους φόρτισης (100%) η φόρτιση διακόπτεται αυτόματα από τον φορτιστή του οχήματος

### **2.1.2 Ηλεκτρικό λεωφορείο KARSAN JEST ELECTRIC**

Το ηλεκτρικό λεωφορείο Karsan Jest Electric παρουσιάστηκε το 2018 από την εταιρεία Karsan ως το πρώτο ηλεκτροκίνητο όχημα της, ενώ σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε σε συνεργασία με την BMW η οποία συμφώνησε να παρέχει το ηλεκτρικό σύστημα του BMW i3. Διαθέτει ηλεκτροκινητήρα έλξης μάρκας BMW ισχύος 125 (kW) που αποδίδει 70 (hp) και ροπή 290 (Nm), ενώ τροφοδοτείται από μονό σετ μπαταριών ιόντων λιθίου χωρητικότητας 44 (kWh). Πρόκειται για ένα μικρών διαστάσεων λεωφορείο με καινοτόμο σχεδίαση που είναι ιδανικό για τη πραγματοποίηση κοντινών δρομολογίων σε αστικές περιοχές. Στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής το συγκεκριμένο λεωφορείο πραγματοποιεί καθημερινά το δρομολόγιο από τη Πανεπιστημιούπολη 1 Άλσους Αιγάλεω στη Πανεπιστημιούπολη Αρχαίου Ελαιώνα για τη μεταφορά του προσωπικού. Στην Εικόνα 2.10 απεικονίζεται το ηλεκτρικό λεωφορείο Karsan Jest Electric που διαθέτει το Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής.



Εικόνα 2.10 Ηλεκτρικό λεωφορείο Karsan Jest Electric

Η περίοδος εγγύησης του ηλεκτρικού λεωφορείου Karsan Jest Electric είναι 2 χρόνια ή 200000 χιλιόμετρα, ενώ η αντιδιαβρωτική εγγύηση της αυτοφερόμενης κατασκευής αμαξώματος ισχύει για 10 χρόνια. Τέλος, δίνεται 4 έτη εγγύηση για την αντισκωριακή προστασία. Η κατασκευάστρια εταιρεία KARSAN Otomotiv Sanayii ve Ticaret A.S και ο επίσημος αντιπρόσωπος της MIETSEL SA, παρέχουν εγγύηση καλής λειτουργίας του οχήματος για 3 έτη ή 160000 χιλιόμετρα. Ο προγραμματισμένος ετήσιος έλεγχος ΚΤΕΟ του ηλεκτρικού λεωφορείου πραγματοποιείται μια φορά τον χρόνο και είναι σε ισχύ μέχρι τις 01/03/2022 όπως και η πληρωμή των απαραίτητων ασφάλιστρων που ισχύουν μέχρι τις 26/02/2022. Τέλος, η προγραμματισμένη συντήρηση του οχήματος προτείνεται να πραγματοποιείται κάθε 6 μήνες ή κάθε 15000 χιλιόμετρα.

Πίνακας 2.5 Συντήρηση, τεχνικός έλεγχος ΚΤΕΟ και ασφάλεια ηλεκτρικού λεωφορείου

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	ΤΕΧΝΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΤΕΟ	ΑΣΦΑΛΕΙΑ
Κάθε 6 μήνες ή κάθε 15000 χιλιόμετρα	01/03/2023	26/02/2023

Το ρυθμιζόμενο πνευματικό κάθισμα οδηγού 8 θέσεων με στήριγμα βραχίονα σε συνδυασμό με το εργονομικό ταμπλό και την οθόνη αφής πολυμέσων 10.1” μέσω της οποίας ο οδηγός έχει την δυνατότητα να πραγματοποιεί τις ανάλογες επιλογές στο πρόγραμμα οδήγησης ρυθμίζοντας διάφορες παραμέτρους οι οποίες προσδίδουν μεγαλύτερη αίσθηση ασφάλειας και άνεσης κατά την οδήγηση.



Εικόνα 2.11 Εσωτερικός χώρος ηλεκτρικού λεωφορείου

Στο ταμπλό του ηλεκτρικού λεωφορείου βρίσκεται η ψηφιακή οθόνη 5 ιντσών στην οποία απεικονίζονται διάφορες ενδείξεις όπως το ποσοστό φόρτισης της μπαταρίας, η ταχύτητα του οχήματος, η αυτονομία του και άλλα. Μέσω αυτής της οθόνης ο οδηγός είναι πάντα ενήμερος σχετικά με την λειτουργία του ηλεκτρικού λεωφορείου.



Εικόνα 2.12 Ψηφιακή οθόνη απεικόνισης των μεγεθών του ηλεκτρικού λεωφορείου

Μια ακόμη πρωτοτυπία του Jest είναι η ανάρτηση η οποία αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία για την ασφάλεια του οχήματος. Την οδηγική συμπεριφορά του οχήματος αναβαθμίζει το τετράτροχο ανεξάρτητο σύστημα αναρτήσεων του ηλεκτρικού λεωφορείου το οποίο μειώνει τις αναταράξεις και τους υπερβολικούς κραδασμούς προκειμένου να εξασφαλιστεί η άνεση των επιβατών κατά τη διαδρομή.



Εικόνα 2.13 Τετράτροχο ανεξάρτητο σύστημα αναρτήσεων του ηλεκτρικού λεωφορείου



### 2.1.2.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά ηλεκτρικού λεωφορείου Karsan Jest Electric

Στον Πίνακα 2.6 παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού λεωφορείου Karsan Jest Electric, όπως αυτά αναγράφονται στο τεχνικό φυλλάδιο της εταιρείας κατασκευής του οχήματος στην Τουρκία, την KARSAN Otomotiv Sanayii ve Ticaret A.S.

Πίνακας 2.6 Τεχνικά χαρακτηριστικά ηλεκτρικού λεωφορείου Karsan Jest Electric

<b>ΤΥΠΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ</b>	
M2 Category & Class 1/Class A	
<b>ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ</b>	
Συνολικό μήκος (mm)	5845
Συνολικό πλάτος (mm)	2055 (Δεν συμπεριλαμβάνονται οι καθρέφτες)
Συνολικό ύψος (mm)	2850 (Συμπεριλαμβάνεται η μονάδα AC)
Μέγιστο ύψος εσωτερικού χώρου (mm)	2195/2185
Εμπρός προεξοχή (mm) (Απόσταση μεταξύ εμπρός τροχου και εμπρός προφυλακτήρα)	1200
Πίσω προεξοχή (mm) (Απόσταση μεταξύ πίσω τροχου και πίσω προφυλακτήρα)	895
Μεταξόνιο (mm)	3750
Μικτό βάρος οχήματος (kg)	5000
<b>ΜΠΑΤΑΡΙΑ</b>	
Τύπος	BMW Li-ion 360 V
Χωρητικότητα	44 kWh
<b>ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ</b>	
Τύπος ηλεκτρικού οχήματος	BEV
Τύπος κινητήρα	Electric Traction Motor (BMW)
Μέγιστη ισχύς (kW & hp)	135 & 184
Μέγιστη ροπή (Nm)	290
Κιβώτιο ταχυτήτων	Αυτόματο
<b>ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ</b>	
Μέγιστη ταχύτητα (km/h)	70
Ακτίνα στροφής (mm)	6.993
Μέγιστη γωνία αναρρίχησης (%)	25
Εμβέλεια (km)	105
Μπαταρία (Τύπος-Χωρητικότητα)	Li-ion 44kWh
Φόρτιση (Τύπος-Ισχύς-Διάρκεια)	Type 2 22kWh - 2hr
<b>ΑΝΑΡΤΗΣΕΙΣ</b>	
Σύστημα αναρτήσεων	4WIS 4τροχο ανεξάρτητο συστημα αναρτήσεων
Εμπρός ανάρτηση	Ανεξάρτητη ανάρτηση MacPherson με βάση ελατηρίου και τηλεσκοπικό αποσβεστήρα κραδασμών

Πίσω ανάρτηση	Υστερούντες βραχίονες, Ελικοειδές ελατήριο & Αντιστρεπτικές ράβδοι
<b>ΠΕΔΗΣΗ</b>	
Εμπρός & Πίσω φρένα	Υδραυλικά & Δισκόφρενο
<b>ΤΡΟΧΟΙ</b>	
Μέγεθος ελαστικών	215/75 R16C
Μέγεθος ζαντών	63 x 16

Το ηλεκτρικό λεωφορείο είναι μονώροφο, μικρού μεγέθους, με εύκολη πρόσβαση καθώς διαθέτει δάπεδο με ύψος εισόδου 270 (mm) χωρίς σκαλοπάτια και δυνατότητα μεταφοράς αμαξιδίου ΑΜΕΑ. Η δίφυλλη πόρτα εισόδου - εξόδου επιβατών έχει άνοιγμα 1200 (mm), ενώ υπάρχει ξεχωριστή πόρτα επιβίβασης για τον οδηγό.

Υπάρχει η δυνατότητα μεταφοράς 23 επιβατών, χωρίς να συμπεριλαμβάνεται ο οδηγός. Ο ελάχιστος αριθμός καθήμενων επιβατών, χωρίς να συμπεριλαμβάνεται ο οδηγός είναι 13 άτομα, καθώς το λεωφορείο διαθέτει 9 σταθερά καθίσματα, 3 αναδιπλούμενα καθίσματα και 1 θέση ΑΜΕΑ.

Όσον αφορά την οδηγική συμπεριφορά του ηλεκτρικού λεωφορείου Karsan Jest Electric, έχει δυνατότητα ανάπτυξης ταχύτητας άνω των 100 (km/h) , με δυνατότητα εκκίνησης από στάση και ανάπτυξη ταχύτητας 15 (km/h) σε ανωφέρεια με κλίση έως 25 (%) με το μέγιστο αριθμό επιβατών και λειτουργία της κλιματιστικής συσκευής στην ονομαστική της ισχύ. Η αυτονομία κίνησης του είναι 105 χιλιόμετρα σε δρόμο με κλίσεις +5 (%) . Η κατανομή φορτίου εμπρόσθιου άξονα είναι μέγιστο 2500 (kg) και η κατανομή φορτίου οπίσθιου άξονα μέγιστο 2500 (kg).

Το αμάξωμα είναι κλειστού τύπου, ενιαίο, ενισχυμένης αυτοφερόμενης κατασκευής και διαθέτει πλήρη στεγανότητα και εξαιρετική μόνωση έναντι του θορύβου και της θερμότητας. Διαθέτει θάλαμο βραχείας κατασκευής από ανθρακούχο χάλυβα υψηλής ποιότητας S420MC με ηλεκτρικά συγκολλημένους κοίλους δοκούς διαφόρων εγκάρσιων τομών σε μορφή πλέγματος. Ο συγκεκριμένος θάλαμος είναι κατάλληλος να αντέχει τις προβλεπόμενες καταπονήσεις με ικανοποιητικό περιθώριο ασφάλειας έναντι συγκρούσεων. Η αυτοφερόμενη κατασκευή του λεωφορείου είναι λεωφορειακού τύπου και έχει υποβληθεί σε αντιδιαβρωτική διεργασία με τη

μέθοδο της καταφώρεσης (KTL). Η αντιδιαβρωτική εγγύηση της αυτοφερόμενης κατασκευής αμαξώματος ισχύει για 10 χρόνια. Τέλος δίνεται 4 έτη εγγύηση για την αντισκωριακή προστασία.

Η θερμομόνωση της οροφής αποτελείται από πολυεστέρα ή πολυστερένιο αφρό πάχους 10-40 (mm). Τα πλευρικά τοιχώματα έχουν θερμομόνωση από υαλοβάμβακα ή αφρό πολυεστέρα 10-40 (mm), ενώ η απαραίτητη θερμομόνωση του κινητήρα διασφαλίζεται με προστασία με αλουμινένιο φύλλο. Η πόρτα εισόδου - εξόδου επιβατών καθώς και η πόρτα επιβίβασης του οδηγού διαθέτουν επαρκή στεγανοποίηση έναντι εισόδου νερού και αέρα. Όσο πρόκειται για τα τζάμια των θυρών του οχήματος είναι μονοί φιμέ υαλοπίνακες ασφαλείας.

Το σύστημα πέδησης είναι μάρκας BOSCH, υδραυλικό, διπλού κυκλώματος, εφοδιασμένο και στους 4 τροχούς του οχήματος με δισκόφρενα. Διαθέτει τελευταίας τεχνολογίας σύστημα ABS (Σύστημα αντιμπλοκαρίσματος τροχών) και ASR (Σύστημα Ρύθμισης Αντι Ολίσθησης). Οι διατάξεις του συστήματος πέδησης του λεωφορείου διαθέτουν όλες τις προηγμένες λειτουργίες ελέγχου και διαχείρισης (αισθητήρες, ελεγκτές, διαμορφωτές, εγκεφάλους, διασυνδέσεις). Στόχος των διατάξεων των συστημάτων πέδησης είναι η βέλτιστη ασφάλεια, ο έλεγχος, η εργονομία συντήρησης και επισκευής καθώς και η δημιουργία συνθηκών άνεσης για τον οδηγό και τους επιβάτες. Το σύστημα πέδησης με ανάκτηση ή αλλιώς η λειτουργία αναγεννητικής πέδησης κατά την επιβράδυνση ανακτά έως 25 (%) της κινητικής ενέργειας την οποία και μετατρέπει σε ηλεκτρική ενέργεια. Η ηλεκτρική ενέργεια στη συνέχεια αξιοποιείται για τη φόρτιση των μπαταριών αυξάνοντας περαιτέρω τη χιλιομετρική αυτονομία του οχήματος.

Τα υποσυστήματα πέδησης είναι τα εξής:

- EBD (Ηλεκτρονική διανομή ισχύος πέδησης)
- Hill Holder (Σύστημα ακινητοποίησης οχήματος υπό κλίση)
- ESP (Ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου ευστάθειας)
- HSA (Υποβοήθηση Εκκίνησης υπό κλίση)
- HBA (Υδραυλικό Σερβόφρενο)
- VDC (Δυναμικός έλεγχος οχήματος)

- TCS (Έλεγχος πρόσφυσης (ATC))
- DTC (Σύστημα αυτόματου ελέγχου ροπής )
- TPMS (Σύστημα παρακολούθησης της πίεσης των ελαστικών)
- Σύστημα ανίχνευσης πυρκαγιάς στον χώρο των μπαταριών
- Αισθητήρας φθοράς για τα τακάκια φρένων
- Σύστημα προειδοποίησης πυρκαγιάς του χώρου του κινητήρα

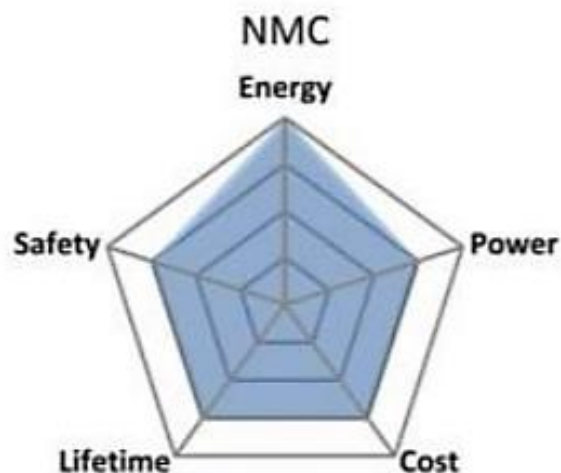
Το λεωφορείο θα πρέπει να δυνάται να λειτουργεί ικανοποιητικά στις κλιματολογικές συνθήκες του νομού Αττικής και συγκεκριμένα της περιοχής Αιγάλεω για την οποία υπάρχουν καταγεγραμμένες τιμές σύμφωνα με τη Μετεωρολογική Υπηρεσία και είναι οι εξής:

- Μέση μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος : 42
- Απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος : 48
- Μέση ελάχιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος : -2
- Απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος : -10
- Μέση ετήσια σχετική υγρασία : 62,9%
- Μέγιστη ετήσια σχετική υγρασία : 100%
- Βροχόπτωση (μεγ,24h) : 90,3 mm
- Χιονόπτωση (μεγ.24h): Περιστασιακά
- Συνολική μέση ετήσια βροχόπτωση (μηνιαίως) : 27,2 mm
- Ρύπανση αέρα : Υψηλή
- Συνθήκες διάβρωσης : Υψηλές

#### **2.1.2.2 Συσσωρευτές ηλεκτρικού λεωφορείου**

Σε εφαρμογές ηλεκτροκίνησης οι μπαταρίες τύπου ιόντων Λιθίου που ξεχωρίζουν είναι οι μπαταρίες τεχνολογίας οξειδίου κοβαλτίου μαγγανίου νικελίου λιθίου τις οποίες διαθέτει το ηλεκτρικό λεωφορείο Karsan Jest Electric. Στις μπαταρίες τεχνολογίας οξειδίου κοβαλτίου μαγγανίου νικελίου λιθίου χρησιμοποιείται μείγμα Νικελίου, Μαγγανίου και Κοβαλτίου σαν υλικό καθόδου.

Η συγκεκριμένη τεχνολογία συσσωρευτών χαρακτηρίζεται από υψηλή ενεργειακή πυκνότητα η οποία προσδίδει στα ηλεκτρικά οχήματα τη μεγαλύτερη αυτονομία (NorgeMining, 2021). Επιπλέον έχουν υψηλή απόδοση, χαμηλό κόστος συγκριτικά με άλλες τεχνολογίες ιόντων λιθίου και χαμηλό ρυθμό αυτοθέρμανσης που τις καθιστά ιδανικές για εφαρμογές ηλεκτροκίνησης (Boston Consulting Group). Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι οι μπαταρίες τεχνολογίας οξειδίου κοβαλτίου μαγνησίου νικελίου λιθίου του ηλεκτρικού λεωφορείου Karsan Jest Electric έχουν εξαιρετικά μικρό βάρος συγκριτικά με άλλες μπαταρίες ίδιας χωρητικότητας 233 kg έναντι > 550 kg για άλλες επιλογές, λόγω της υψηλής πυκνότητας ενέργειας, χαρακτηριστικό το οποίο τους δίνει μεγάλο προβάδισμα καθώς είναι γνωστό πως το μικρό βάρος των συσσωρευτών ηλεκτρικών οχημάτων αποτελεί ζητούμενο για τους κατασκευαστές συσσωρευτών ηλεκτρικών οχημάτων. Κατά καιρούς, έχουν παρατηρηθεί φαινόμενα υπερθέρμανσης στις μπαταρίες με βάση το Νικέλιο, γεγονός το οποίο δημιουργεί αμφιβολίες για το πόσο ασφαλείς θεωρούνται. (NorgeMining, 2021). Επίσης, έχει παρατηρηθεί ότι τα θετικά ιόντα λιθίου αδυνατούν να μετακινηθούν εξ'ολοκλήρου στο αρνητικό ηλεκτρόδιο εξαιτίας δομικών ασταθειών που λαμβάνουν χώρα σε υψηλά ποσοστά φόρτισης. Έτσι, η πραγματική χωρητικότητα μιας μπαταρίας NMC είναι αρκετά μικρότερη από την θεωρητική χωρητικότητα που δίνεται από τον εκάστοτε κατασκευαστή (Cano, 2019). Στην Εικόνα 2.14 απεικονίζεται το διάγραμμα των παραμέτρων απόδοσης των μπαταριών Νικελίου Μαγγανίου και Κοβαλτίου.



Εικόνα 2.14 Διάγραμμα παραμέτρων απόδοσης μπαταρίας Νικελίου Μαγγανίου Κοβαλτίου (Yuan-Li Ding, 2019)

Οι εταιρείες κατασκευής μπαταριών στρέφονται τελευταία στη κατασκευή καθόδων από Νικέλιο αντί για Κοβάλτιο, που χρησιμοποιούταν μέχρι πρότινος, εξαιτίας της υψηλής τιμής (BatteryUniversity) και της ρυπογόνου διαδικασίας παραγωγής του τελευταίου (NorgeMining, 2021), καθώς οι διαθέσιμες πηγές εξόρυξης Κοβαλτίου είναι πλέον ιδιαίτερα περιορισμένες (Sepasi, 2014). Αξίζει να σημειωθεί πως το Κοβάλτιο είναι ένα από τα πιο ακριβά υλικά παραγωγής μπαταριών με την τιμή του να κυμαίνεται μεταξύ 33000 και 35000 \$ ανά τόνο (NorgeMining, 2021). Η κάθοδος αποτελεί το πιο ακριβό δομικό στοιχείο της μπαταρίας, οπότε είναι προφανές πως η εύρεση ενός φθηνού υλικού καθόδου επηρεάζει σημαντικά το τελικό κόστος της μπαταρίας (Rudisuela, 2020). Χαρακτηριστικό της προσπάθειας που γίνεται για σταδιακή μείωση και εξάλειψη του Κοβαλτίου είναι το γεγονός ότι, οι μεγαλύτερες εταιρείες κατασκευής μπαταριών τεχνολογίας NMC, μεταξύ των οποίων και η Panasonic η οποία προμηθεύει τη Tesla, στοχεύουν στη μείωση της ποσότητας κοβαλτίου που χρησιμοποιείται στις εν λόγω μπαταρίες (Roberts, 2021).

Είναι εμφανής μια τάση της αγοράς προς τη κατασκευή μπαταριών τεχνολογίας NMC λόγω του συνδυασμού χαμηλού κόστους και της καλής απόδοσης. Ωστόσο, υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης της απόδοσης σε μελλοντικές εφαρμογές μέσω της αλλαγής των αναλογιών του Νικελίου, του Μαγγανίου και του Κοβαλτίου (Yuan-Li Ding, 2019). Υπάρχουν διάφοροι τύποι τέτοιων μπαταριών με διαφορές στη σύνθεση των παραπάνω στοιχείων. Η κάθοδος συνήθως αποτελείται από 1/3 Νικέλιο, 1/3 Μαγγάνιο και 1/3 Κοβάλτιο, που εμφανίζεται στην αγορά ως μπαταρία NMC111 με κύριο γνώρισμα το χαμηλό κόστος λόγω της μειωμένης ποσότητας Κοβαλτίου που χρησιμοποιείται. Ένας ακόμη συνδυασμός είναι η κάθοδος από 50 (%) Νικέλιο, 30 (%) Κοβάλτιο και 20 (%) Μαγγάνιο, που συναντάται στην αγορά ως NMC532 (BatteryUniversity). Η υψηλή περιεκτικότητα Νικελίου προσδίδει μεγαλύτερη αυτονομία και εξασφαλίζει μικρότερη διάρκεια φόρτισης (MINING.com, 2021).

Οι μπαταρίες τεχνολογίας NMC υποβαθμίζονται σημαντικά σε ρυθμούς εκφόρτισης (C-rates) μεγαλύτερους από 1. Σύμφωνα με μετρήσεις υπολογίστηκε πως έπειτα από 300 κύκλους φόρτισης, η μπαταρία NMC υποβαθμίζεται κατά 10 (%) σε ρυθμό εκφόρτισης 1.2C και 23 (%) σε 1.5C ενώ μόλις 7 (%) σε 1C (Gao, 2017). Όσον αφορά τους συσσωρευτές του ηλεκτρικού λεωφορείου Karsan Jest Electric παρέχεται εγγύηση 4 χρόνων ή 120000 χιλιομέτρων, ενώ η

κατασκευάστρια εταιρεία εγγυάται πως στο συγκεκριμένο διάστημα η χωρητικότητα των συσσωρευτών θα είναι τουλάχιστον στο 80% της ονομαστικής τους χωρητικότητας.

Στην Εικόνα 2.15 φαίνονται οι ηλεκτροχημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα σε μια μπαταρία τεχνολογίας NMC. Η αντίδραση κατά τη διάρκεια εκφόρτισης λαμβάνει μέρος από τα αριστερά προς τα δεξιά, ενώ η αντίδραση κατά τη διάρκεια της φόρτισης από τα δεξιά προς τα αριστερά.

Electrode	Electrochemical Reactions
Anode	$\text{Li}_n\text{C}_6 \rightleftharpoons \text{Li}_0\text{C}_6 + n\text{Li}^+ + n\text{e}^-$
Cathode	$\text{Li}_{m-n}(\text{Ni}_x\text{Mn}_y\text{Co}_z)\text{O}_2 + n\text{Li}^+ + n\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Li}_m(\text{Ni}_x\text{Mn}_y\text{Co}_z)\text{O}_2$
Overall	$\text{Li}_n\text{C}_6 + \text{Li}_{m-n}(\text{Ni}_x\text{Mn}_y\text{Co}_z)\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{Li}_0\text{C}_6 + \text{Li}_m(\text{Ni}_x\text{Mn}_y\text{Co}_z)\text{O}_2$

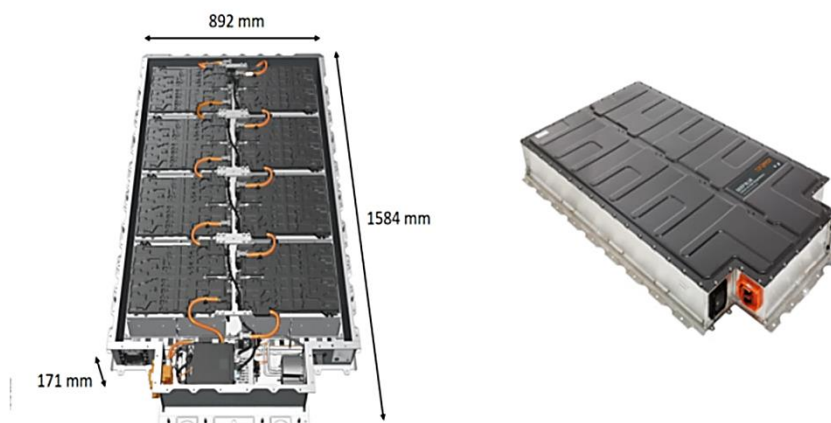
Εικόνα 2.15 Ηλεκτροχημικές αντιδράσεις μπαταρίας NMC (Tran, 2021)

Οι συσσωρευτές του ηλεκτρικού λεωφορείου Karsan Jest Electric είναι μάρκας BMW και είναι κατασκευασμένοι κατά ISO 9001 και ISO 14001. Το Σύστημα Αποθήκευσης Ενέργειας Υψηλής Τάσης διαθέτει 8 modules με 12 στοιχεία στο καθένα, δηλαδή συνολικά 96 στοιχεία μπαταριών συνδεδεμένα σε σειρά για βελτιστοποίηση της ροής τροφοδότησης του ρεύματος και της δυνατότητας αποθήκευσης ενέργειας. Η κύρια παροχή ενέργειας στο ηλεκτρικό λεωφορείο ονομάζεται Σύστημα Αποθήκευσης Ενέργειας Υψηλής Τάσης (High Voltage Storage System) και αποτελεί την μπαταρία BMW i3.

**Πίνακας 2.7 Τεχνικά χαρακτηριστικά συσσωρευτών ηλεκτρικού λεωφορείου Karsan Jest Electric**

Ονομαστική τάση	352.3 (V)
Εύρος τάσης	269 – 399 (V)
Αριθμός module	8
Στοιχεία μπαταριών	96
Τάση στοιχείου	3.75 (V)
Χωρητικότητα στοιχείου	120 (Ah)
Συνολική χωρητικότητα μπαταρίας	44 (kWh)
Έυρος θερμοκρασιών στοιχείου	(-40) – (+53) (°C)
Διαστάσεις	1584 * 892 * 171 (mm)

Στην Εικόνα 2.16 διακρίνονται οι μπαταρίες του ηλεκτρικού λεωφορείου Karsan Jest Electric όπως αυτές παραχωρήθηκαν από την εταιρεία κατασκευής του οχήματος.



**Εικόνα 2.16** Συσσωρευτές ηλεκτρικού λεωφορείου Karsan Jest Electric



Το Σύστημα Διαχείρισης Μπαταρίας (BMS) είναι ένα ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου μιας επαναφορτιζόμενης μπαταρίας το οποίο διαβάζει και επεξεργάζεται τα δεδομένα των επιμέρους στοιχείων, με σκοπό τη διασφάλιση της ομαλής λειτουργίας της μπαταρίας. Καταγράφει τη κατάσταση της μπαταρίας και ρυθμίζει το περιβάλλον λειτουργίας της, ενώ ελέγχει τυχόν αλλαγές θερμοκρασιών αποφεύγοντας προβλήματα υπερθέρμανσης. Στην Εικόνα 2.17 διακρίνεται το ενσωματωμένο Σύστημα Διαχείρισης Μπαταρίας (BMS) του ηλεκτρικού λεωφορείου.



Εικόνα 2.17 Ενσωματωμένο Σύστημα Διαχείρισης Μπαταρίας (BMS) ηλεκτρικού λεωφορείου

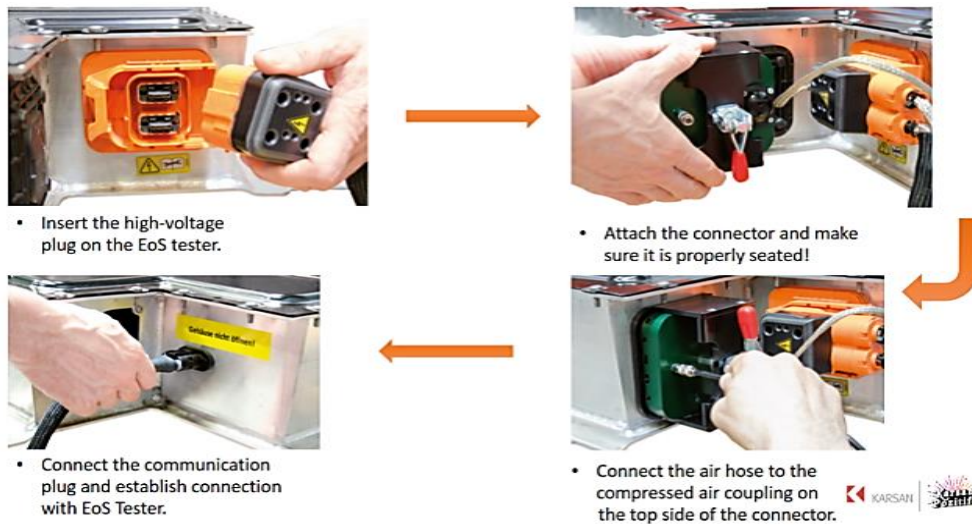
Το EOS tester εξασφαλίζει μέσω δοκιμών την ασφάλεια και την ομαλή λειτουργία της μπαταρίας. Υπάρχει η δυνατότητα εξέτασης διάφορων παραμέτρων από τους χρήστες του οχήματος, όπως:

- Έλεγχος πίεσης
- Έλεγχος ασφάλειας υψηλής τάσης
- Έλεγχος αντίστασης μόνωσης
- Έλεγχος μόνωσης στα 500 V
- Έλεγχος μόνωσης στα 2.7 kV
- Εντοπισμός τυχόν διαρροών



Εικόνα 2.18 Εξοπλισμός EoS Tester

Στην Εικόνα 2.19 φαίνεται ο τρόπος σύνδεσης του EoS Tester με την μπαταρία του οχήματος για την διεξαγωγή του απαραίτητου ελέγχου.



Εικόνα 2.19 Διαδικασία σύνδεσης του EoS Tester στη μπαταρία του ηλεκτρικού λεωφορείου

Ενώ τα τελευταία χρόνια έχει σημειωθεί μεγάλη πρόοδος στη χωρητικότητα και στη διάρκεια ζωής των μπαταριών, μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις της αυτοκινητοβιομηχανίας παραμένει η ασφάλεια της μπαταρίας. Οι προκλήσεις που σχετίζονται με την ψύξη είναι υψηλές, όχι μόνο για την ασφαλή και αποτελεσματική λειτουργία, αλλά και για την αποφυγή ζημιών στον εξοπλισμό. Το σύστημα ψύξης της μπαταρίας ενός ηλεκτρικού οχήματος παίζει σημαντικό ρόλο στη σωστή λειτουργία, στην αποφόρτιση, στην παράταση της διάρκειας ζωής και στην ασφάλεια των συσσωρευτών. Τα υψηλότερα ρεύματα παράγουν περισσότερη θερμότητα λόγω των εσωτερικών αντιστάσεων, οπότε η ψύξη της μπαταρίας και του περιβλήματος της είναι πρωταρχικής σημασίας. Σημαντική απόρροια της κακής ψύξης είναι η μείωση της χωρητικότητας και η θερμική διαφυγή. Συγκεκριμένα στις μπαταρίες με βάση το Νικέλιο, όπως οι μπαταρίες τεχνολογίας NMC που διαθέτει το ηλεκτρικό λεωφορείο Karsan Jest Electric, έχουν παρατηρηθεί φαινόμενα υπερθέρμανσης (NorgeMining, 2021) και η χρήση αποτελεσματικού συστήματος ψύξης κρίνεται απαραίτητη. Οι συσσωρευτές NMC του ηλεκτρικού λεωφορείου διαθέτουν ενσωματωμένο σύστημα ψύξης με ψυκτικό μέσο R134a που εξασφαλίζει τη διατήρηση των επιμέρους στοιχείων κοντά στην ιδανική θερμοκρασία λειτουργίας τους που παρέχεται από τον κατασκευαστή.

### **2.1.2.3 Φόρτιση ηλεκτρικού λεωφορείου**

Το ηλεκτρικό λεωφορείο Karsan Jest Electric φορτίζει μέσω της υποδοχής φόρτισης που βρίσκεται στην σχάρα της εμπρόσθιας όψης. Το καλώδιο φόρτισης πρέπει να συνδεθεί στον ηλεκτρικό ακροδέκτη σύνδεσης που υπάρχει στην εξωτερική επιφάνεια του οχήματος. Υπάρχει δυνατότητα φόρτισης με εναλλασσόμενο και συνεχές ρεύμα, ωστόσο στο σταθμό φόρτισης του ΠΑ.Δ.Α πραγματοποιείται φόρτιση με εναλλασσόμενο ρεύμα. Η κατασκευάστρια εταιρεία υποστηρίζει ότι οι μπαταρίες των 44 kWh που διαθέτει το εν λόγω μοντέλο, μπορούν να φορτιστούν έως και στο 80% της χωρητικότητας τους σε 55 λεπτά.

Το ηλεκτρικό λεωφορείο Karsan Jest Electric έχει δυνατότητα φόρτισης με την Μέθοδο φόρτισης 1 που περιγράφηκε προηγουμένως, αλλά και με την Μέθοδο φόρτισης 2, σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61851-1. Όσον αφορά την Μέθοδο Φόρτισης 2, ουσιαστικά πρόκειται για κανονική σε διάρκεια φόρτιση από ρευματοδότη γενικής χρήσεως με διάταξη προστασίας κατά

της ηλεκτροπληξίας (RCD) επί του καλωδίου. Για φόρτιση σε μονοφασικό ρεύμα η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή της έντασης τροφοδότησης δεν ξεπερνά τα 32 (A) και η παροχή τάσης τα 250 (V). Για φόρτιση σε τριφασική παροχή όπως συμβαίνει στον σταθμό φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων του Πανεπιστημίου, οι μέγιστες τιμές δεν υπερβαίνουν τα 32 (A) και τα 400 (V) αντίστοιχα (Νέγκας, 2017). Χρησιμοποιείται το καλώδιο φόρτισης που δίνεται από τον κατασκευαστή του οχήματος το οποίο είναι συνδεδεμένο με ένα κουτί που εξασφαλίζει την επικοινωνία με το όχημα.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των πριζών και των βυσμάτων που χρησιμοποιούνται για την επαναφόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων ορίζονται από πρότυπα που έχουν υιοθετηθεί από την αυτοκινητοβιομηχανία, αλλά και από το σχετικό νομοθετικό πλαίσιο που ισχύει στα Κράτη Μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το ηλεκτρικό λεωφορείο Karsan Jest Electric διαθέτει το κοινό πρότυπο πρίζας που υπάρχει σε όλους τους σταθμούς κανονικής φόρτισης στην Ε.Ε. Πρόκειται για την υποδοχή βύσματος Τύπου 2 / IEC 62196 το οποίο χρησιμοποιείται για φόρτιση με εναλλασσόμενο ρεύμα και απεικονίζεται στην Εικόνα 2.20.



Εικόνα 2.20 Υποδοχή βύσματος Τύπου 2 / IEC 62196

## 2.2 ΣΤΑΘΜΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ Η/Ο ΠΑ.Δ.Α

Ο σταθμός φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής αποτελεί τον πρώτο σταθμό στην Ελλάδα με δυνατότητα φόρτισης από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ο εν λόγω σταθμός δημιουργήθηκε από το εκπαιδευτικό προσωπικό του Εργαστηρίου Ήπιων Μορφών Ενέργειας & Προστασίας Περιβάλλοντος του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, σε συνεργασία με μεταπτυχιακούς και προπτυχιακούς φοιτητές, με την οικονομική υποστήριξη του ΑΕΙ Πειραιά και τη συμβολή εταιρειών. Η δημιουργία του σταθμού φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων του ΠΑ.Δ.Α είχε σαν στόχο την ενεργοποίηση όλων των εμπλεκόμενων φορέων προς την κατεύθυνση της δημιουργίας νομοθετικού πλαισίου εισαγωγής της χώρας στις νέες τεχνολογίες μεταφορών και την δημιουργία συνθηκών ανάπτυξης για τους τομείς της ηλεκτροκίνησης, των υποδομών υποστήριξης της και της διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας για τις μεταφορές.

Ο σταθμός φόρτισης του Πανεπιστημίου αποτελεί το σημείο σύνδεσης μεταξύ του ηλεκτρικού δικτύου και των ηλεκτρικών οχημάτων που μελετώνται στην παρούσα Διπλωματική Εργασία. Πρωταρχική λειτουργία του αποτελεί η διασφάλιση της ασφαλούς σύνδεσης μεταξύ του οχήματος και του δικτύου. Ο σταθμός φόρτισης του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής διαθέτει:

- Βάση ηλιακού σταθμού φόρτισης “Park@Sol\_B1”
- Φορτιστή ηλεκτρικών οχημάτων “P-Charge Wallbox Mono”
- 12 μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά πάνελ (Renesola Virtus), ισχύος 250 W το καθένα, συνολικής ονομαστικής ισχύος 3 kW
- Ρυθμιστή φόρτισης 5 kWp
- Συσσωρευτές (12V) ονομαστικής χωρητικότητας 16.8 kWh
- Ανεμογεννήτρια ισχύος 1 KW, οριζοντίου άξονα, χαμηλού θορύβου, ικανή να παράγει ενέργεια σε χαμηλές ταχύτητες ανέμου.

Με την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων και την δυνατότητα αποθήκευσης της ενέργειας σε συσσωρευτές, δίνεται η δυνατότητα δραματικής μείωσης του αποτυπώματος άνθρακα των ηλεκτρικών οχημάτων του ΠΑ.Δ.Α., ακόμα και αν συνυπολογίσει κανείς τις εκπομπές άνθρακα κατά την διάρκεια κατασκευής και μεταφοράς του φωτοβολταϊκού πάνελ

(Kostopoulos, 2019). Επιπλέον, με τη δυνατότητα αποθήκευσης της ενέργειας σε συσσωρευτές τα ηλεκτρικά οχήματα του Πανεπιστημίου μπορούν να εφοδιασθούν ενεργειακά οποιαδήποτε ώρα της ημέρας.

Ο σταθμός φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής είναι αυτόνομος με συσσωρευτές, αλλά ταυτόχρονα υποστηρίζει και παράλληλη διασύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο αλλά και τεχνολογία Vehicle to Grid. Με τη τεχνολογία Vehicle to Grid (V2G) υπάρχει η δυνατότητα προσφοράς της αποθηκευμένης ενέργειας σε μια εγκατάσταση, ή και πίσω στο ηλεκτρικό δίκτυο. Επιπροσθέτως, είναι δυνατή η φόρτιση των οχημάτων όταν η ζήτηση για ενέργεια είναι χαμηλότερη ή όταν η ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές είναι διαθέσιμη όπως σε μέρες με ηλιοφάνεια. Με αυτόν τον τρόπο περιορίζεται η εξάρτηση από την παραγωγή ενέργειας μέσω ορυκτών καυσίμων. Με αυτό τον τρόπο η τεχνολογία Vehicle to Grid (V2G) αποκτά ενεργό ρόλο στις προσπάθειες μείωσης του αποτυπώματος του άνθρακα. Τα ηλεκτρικά οχήματα του Πανεπιστημίου συχνά επιστρέφουν στη βάση τους στο τέλος της εργάσιμης ημέρας, γεγονός το οποίο επιτρέπει τη χρήση της ενέργειας που είναι αποθηκευμένη στις μπαταρίες τους, έχοντας προηγουμένως διασφαλίσει ότι τα οχήματα είναι πλήρως φορτισμένα και έτοιμα για χρήση το επόμενο πρωί.

Διαθέτει δύο ταχύτητες φόρτισης, την αργή και την ημιταχεία φόρτιση. Κατά την ημιταχεία φόρτιση παρέχεται ισχύς φόρτισης έως 22 kW μέσω επιτοίχιου φορτιστή P-Charge Wallbox Mono (Kostopoulos, 2019). Κατά την αργή φόρτιση, πραγματοποιείται σύνδεση του οχήματος με μια κοινού τύπου πρίζα τάσης 230 V και έντασης τροφοδότησης 16 A. Οι καιρικές συνθήκες επηρεάζουν τη διάρκεια φόρτισης. Συγκεκριμένα, σε ιδιαίτερα χαμηλές θερμοκρασίες η διάρκεια φόρτισης παρατείνεται, ενώ κατά τη φόρτιση σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες ενδέχεται να υπάρξουν προσωρινές διακοπές στη φόρτιση για να αποφευχθεί το φαινόμενο της υπερθέρμανσης της μπαταρίας. Στον Πίνακα 3.1 απεικονίζονται οι διαθέσιμες επιλογές φόρτισης του σταθμού φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

**Πίνακας 2.8 Διαθέσιμες επιλογές φόρτισης του σταθμού φόρτισης Η/Ο του ΠΑ.Δ.Α**

Είδος φόρτισης	Ρεύμα (Ένταση) (A)	Τάση (V)	Ισχύς (kW)
Αργή	16	230	~ 3.5
Ημιταχεία	32	230	~ 7.5



Εικόνα 2.21 Σταθμός φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων ΠΑ.Δ.Α

Σύμφωνα με την μελέτη που πραγματοποιήθηκε στον σταθμό φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων του ΠΑ.Δ.Α, βρέθηκε ότι ο συγκεκριμένος σταθμός συνολικής χωρητικότητας 3 (kWp) μπορεί να τροφοδοτήσει με ηλεκτρική ενέργεια ένα όχημα για την διάλυση 20000 χιλιομέτρων ετησίως (Srygoroulos, 2018), ενώ υπολογίστηκε ότι η ετήσια παραγόμενη ενέργεια μέσω των φωτοβολταϊκών πλαισίων ξεπερνάει τις 5000 (kWh) (Kaldelis, 2017). Με την αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι μηδαμινές, αφού οι ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα υπολογίζονται σε λιγότερα από 20 κιλά (Kaldelis, 2019).

## 2.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΦΟΡΤΙΣΗΣ CARLO CAVVAZI

Απαραίτητο εργαλείο για την καταγραφή των δεδομένων φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων του Πανεπιστημίου, αλλά και για την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί το ηλεκτρονικό σύστημα καταγραφής δεδομένων Carlo Cavazzi. Μέσω του συγκεκριμένου συστήματος καταγράφηκαν και επεξεργάστηκαν τα μεγέθη φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων που μελετώνται στην παρούσα Διπλωματική Εργασία με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Ουσιαστικά πρόκειται για ένα ολοκληρωμένο σύστημα τηλεπαρακολούθησης, καταγραφής και διαχείρισης των δεδομένων φόρτισης, το οποίο έχει μεταξύ άλλων τις εξής δυνατότητες:

- Επικοινωνία μέσω GSM/GRPS modem ή SCADA
- Καταγραφή μετρήσεων AC, DC, DC photovoltaic
- Καταγραφή μετρήσεων διαχείρισης ενέργειας (kWh, kVArh) και στιγμιαίες τιμές μεταβλητών (V , A, W, VAr, VA , PF ,Hz , THD) με δυνατότητα ελέγχου προκαθορισμένων τιμών (set points), θερμοκρασιών, αναλογικών και παλμικών σημάτων
- Σύστημα παράλληλης αποθήκευσης δεδομένων για τη διασφάλιση των μετρήσεων

Η διαδικασία μελέτης των δεδομένων φόρτισης μέσω του συστήματος Carlo Cavazzi είναι η εξής:

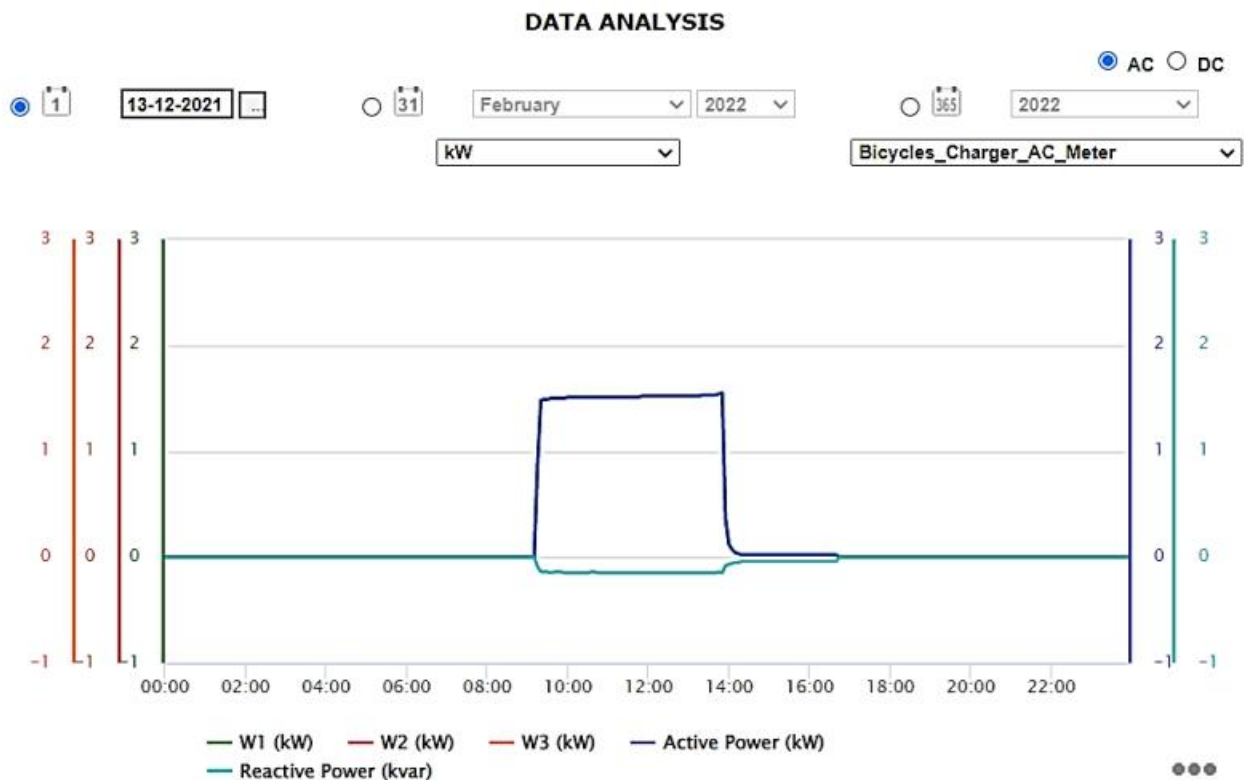
- Είσοδος στην πλατφόρμα Carlo Cavazzi με την χρήση κωδικών
- Επιλογή προβολής καταγεγραμμένων φορτίσεων (Monitor)
- Επιλογή επιθυμητής ημερομηνίας φόρτισης
- Επιλογή μεγέθους που θα απεικονίζεται στο διάγραμμα φόρτισης (Στην Εικόνα 2.22 απεικονίζονται οι διαθέσιμες επιλογές μεγεθών)
- Επιλογή κατάλληλου φορτιστή (Cars\_Charger\_AC\_Meter για ημιταξαχεία φόρτιση και Bicycles\_Charger\_AC\_Meter για αργή φόρτιση)





Εικόνα 2.22 Διαθέσιμες επιλογές μεγεθών φόρτισης στο σύστημα καταγραφής Carlo Cavazzi

Στο Σχήμα 2.1 φαίνεται το διάγραμμα ισχύος φόρτισης - χρόνου του ηλεκτρικού οχήματος Ecocar στις 13/12/2021 μέσω του ηλεκτρονικού συστήματος καταγραφής δεδομένων Carlo Gavazzi



Σχήμα 2.1 Διάγραμμα ισχύος φόρτισης - χρόνου ηλεκτρικού οχήματος ecocar στο Carlo Gavazzi για την ημερομηνία φόρτισης 13/12/2021

Παρακάτω στην Σχήμα 2.2 απεικονίζεται το διάγραμμα έντασης ρεύματος (A) – Χρόνος (t) για την ημερομηνία 24/09/2021 στην οποία πραγματοποιήθηκε αργή φόρτιση του ηλεκτρικού λεωφορείου 69% (από 31 – 99%), διάρκειας 7 ωρών και 50 λεπτών με μέση ένταση τροφοδότησης περίπου 16.1 A. Όπως φαίνεται στο σχετικό διάγραμμα του Carlo Gavazzi, η αργή φόρτιση πραγματοποιείται με μικρή μέση ένταση τροφοδότησης και για μεγάλο χρονικό διάστημα. Με την εφαρμογή της αργής φόρτισης αποφεύγεται το ενδεχόμενο δημιουργίας βλαβών λόγω υπερφόρτισης και επιπλέον αποκαθίσταται ο συσσωρευτής σε πλήρες φορτίο.



Σχήμα 2.2 Διάγραμμα έντασης ρεύματος (A) – Χρόνου (t) από το Carlo Gavazzi για την αργή φόρτιση του ηλεκτρικού λεωφορείου στις 24/09/2021

Ενώ στο Σχήμα 2.3 απεικονίζεται το διάγραμμα έντασης ρεύματος (A) – Χρόνος (t) για την ημερομηνία 02/09/2021. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι επιλέχθηκαν κοντινές ημερομηνίες ώστε να αποκλειστεί το ενδεχόμενο επίδρασης άλλων παραγόντων, όπως η θερμοκρασία περιβάλλοντος στην διαδικασία φόρτισης. Την συγκεκριμένη ημερομηνία λοιπόν, πραγματοποιήθηκε ημιταχεία φόρτιση 68% (από 31 – 100%), διάρκειας 4 ωρών και 15 λεπτών με μέση ένταση τροφοδότησης περίπου 32.5 A. Συνεπώς η ημιταχεία φόρτιση πραγματοποιείται με μεγάλη μέση ένταση τροφοδότησης και έχει μικρότερη χρονική διάρκεια συγκριτικά με την αργή φόρτιση.



Σχήμα 2.3 Διάγραμμα έντασης ρεύματος (A) – Χρόνου (t) από το Carlo Gavazzi για την ημιταχεία φόρτιση του ηλεκτρικού λεωφορείου στις 02/09/2021

### 3. ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Κατά την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, σε συνεννόηση με τον επιβλέποντα καθηγητή κ.Σπυρόπουλο, πάρθηκε η απόφαση για αναζήτηση εξοπλισμού καταγραφής των ενεργειακών δεδομένων των δύο ηλεκτρικών οχημάτων που μελετώνται στη παρούσα εργασία και συγκεκριμένα των μεγεθών της τάσης, της έντασης καθώς και των διάφορων θερμοκρασιών. Στο παρόν Κεφάλαιο θα παρατεθούν όλες οι πληροφορίες που αντλήθηκαν μετά από την επικοινωνία με εταιρείες που δραστηροποιούνται στον συγκεκριμένο κλάδο στην Ελλάδα αλλά και το Εξωτερικό. Αρχικά παρουσιάζονται τα στοιχεία που αντλήθηκαν από την επικοινωνία με την εταιρεία CSS Electronics με έδρα στη Δανία, η οποία προμηθεύει συσκευές ανάκτησης δεδομένων για συμβατικά αλλά και ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από την επικοινωνία με εταιρείες διαχείρισης στόλου οι οποίες ασχολούνται με την εγκατάσταση συσκευών τηλεματικής σε οχήματα, με σκοπό την καταγραφή δεδομένων που αντλούνται αποκλειστικά από το gps του οχήματος.

### 3.1 ΣΥΣΚΕΥΕΣ CANBUS DATA LOGGERS ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Τα περισσότερα ηλεκτρικά οχήματα βασίζονται στο σύστημα CAN Bus (Controller Area Network) ή αλλιώς Τοπικός Έλεγχος Δικτύου. Το σύστημα αυτό, ουσιαστικά συνάδει με την ανταλλαγή δεδομένων και πληροφοριών μεταξύ των εγκεφάλων αλλά και των αισθητήρων του οχήματος, η οποία πραγματοποιείται μέσω του δίαυλου μεταφοράς δεδομένων. Έτσι υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας ενός λειτουργικού συστήματος. Παρόλο που τα ηλεκτρικά οχήματα στη πλειονότητα τους διαθέτουν CAN Bus, τα δεδομένα τους είναι άκρως εμπιστευτικά και οι κατασκευαστές των εν λόγω οχημάτων δεν επιτρέπουν την γνωστοποίησή τους. Το γεγονός αυτό κάνει την αποκωδικοποίηση των συγκεκριμένων δεδομένων εξαιρετικά δύσκολη. Υπάρχουν ελάχιστες περιπτώσεις όπου μοντέλα ηλεκτρικών αυτοκινήτων έχουν υποστεί “αντίστροφο τεχνικό σχεδιασμό”, με αποτέλεσμα να υπάρχουν διαθέσιμα αρχεία αποκωδικοποίησης των δεδομένων τους στο Διαδίκτυο. Στη περίπτωση των ηλεκτρικών οχημάτων που μελετώνται στη παρούσα Διπλωματική Εργασία, δεν υπάρχουν διαθέσιμα τέτοια αρχεία. Για αυτόν τον λόγο, προκειμένου να αποκωδικοποιηθούν τα δεδομένα τους, θα πρέπει να υποστούν “αντίστροφο τεχνικό σχεδιασμό”. Ο “αντίστροφος τεχνικός σχεδιασμός” μπορεί να επιτευχθεί με τη σύνδεση ειδικών συσκευών “CAN Bus data loggers” οι οποίες βρίσκονται στην αγορά και ως “CAN Bus Sniffers”. Οι συσκευές αυτές έχουν δυνατότητα καταγραφής των δεδομένων του CAN Bus σε κάρτα μνήμης, ενώ μετά από τη σύνδεσή τους με κατάλληλο λογισμικό γίνεται η αποκωδικοποίηση των δεδομένων. Ευρέως χρησιμοποιούμενα τέτοια λογισμικά είναι μεταξύ άλλων το SavvyCAN και το Wireshark .

Επίσης, συσκευές όπως το Arduino που αποτελεί πλακέτα ανοιχτού κώδικα με ενσωματωμένο μικροελεγκτή, και το Raspberry Pi είναι ικανές για την αποκωδικοποίηση των δεδομένων του CANbus σε χαμηλό κόστος. Ωστόσο απαραίτητη προϋπόθεση είναι η γνώση των εν λόγω συσκευών καθώς και του συστήματος ασφαλείας του CANbus.

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου συσκευές ELM237 αξιοποιήθηκαν για την αποκωδικοποίηση των δεδομένων CANbus. Το διαγνωστικό ELM237 OBD-II είναι ένα όργανο μετρήσεων που συνδέεται στη θύρα OBD-II του οχήματος και έχει δυνατότητα απεικόνισης

διάφορων δεδομένων και ενδείξεων σε κινητό, αφού η εν λόγω συσκευή είναι συμβατή με αρκετές δωρεάν εφαρμογές.

Υπάρχει πλήθος διαθέσιμων συσκευών οι οποίες έχουν τη δυνατότητα καταγραφής των δεδομένων του CAN Bus και της OBD-II θύρας. Στην Εικόνα 3.1 απεικονίζεται συσκευή καταγραφής και ανάκτησης των δεδομένων του Can Bus της εταιρείας CSS Electronics η οποία κοστίζει 499 €. Ωστόσο, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως η δυσκολία έγκειται στην αποκωδικοποίηση των δεδομένων. Έπειτα από εκτενή έρευνα στο Διαδίκτυο, καθώς και επικοινωνία με πλήθος εταιρειών, δεν βρέθηκαν πληροφορίες αποκωδικοποίησης των ενεργειακών δεδομένων των ηλεκτρικών οχημάτων του ΠΑ.Δ.Α.



Εικόνα 3.1 Συσκευή καταγραφής δεδομένων CAN Bus CANedge2 (Πηγή: CSS Electronics)

## **3.2 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΤΗΛΕΜΑΤΙΚΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ GPS**

Η παρακολούθηση και η διαχείριση στόλου οχημάτων, αλλιώς και fleet management, αφορά την επίβλεψη και τον έλεγχο των οχημάτων. Η παρακολούθηση των οχημάτων εξασφαλίζεται με την τοποθέτηση μιας συσκευής τηλεματικής, η οποία εγκαθίσταται στο όχημα και στη συνέχεια μέσω του δικτύου κινητής τηλεφωνίας αποστέλλει τις απαραίτητες πληροφορίες σε έναν κεντρικό server.

Οι εταιρείες διαχείρισης στόλου με τις οποίες πραγματοποιήθηκε επικοινωνία είναι οι παρακάτω:

- TELENAVIS
- FLEETCOMPLETE
- ITRACK
- FROTCOM

Όσον αφορά την εταιρεία TELENAVIS, παρουσιάστηκε κώλυμα σχετικά με το ηλεκτρικό όχημα Ecocar, αφού λόγω της κατασκευής του στη Κίνα οι διαθέσιμες πληροφορίες σχετικά με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μπαταριών και τα ηλεκτρονικά συστήματα του οχήματος, είναι άκρως περιορισμένες. Για αυτόν τον λόγο, η TELENAVIS αιτήθηκε πληροφορίες σχετικά με το πρωτόκολλο επικοινωνίας του συγκεκριμένου οχήματος, οι οποίες και στάλθηκαν, συμπεριλαμβανομένων και στοιχείων για τη λειτουργία του Battery Management System.

Η εταιρείες FLEETCOMPLETE και ITRACK αιτήθηκαν φωτογραφίες των αδειών των ηλεκτρικών οχημάτων του Πανεπιστημίου, προκειμένου να εξεταστεί η δυνατότητα σύνδεσης συσκευής τηλεματικής στα ηλεκτρικά οχήματα του ΠΑ.Δ.Α και περαιτέρω η άντληση των ενεργειακών τους δεδομένων. Μετά από έλεγχο που πραγματοποιήθηκε από πλευράς τους, ενημέρωσαν ότι και τα δύο ηλεκτρικά οχήματα του ΠΑ.Δ.Α δεν υποστηρίζουν την ανάγνωση από τον εγκέφαλο (ECU). Σε αυτό το πλαίσιο λοιπόν, όσον αφορά τις παραπάνω εταιρείες υπάρχει μόνο η δυνατότητα εγκατάστασης συσκευής τηλεματικής η οποία θα αφορά αποκλειστικά στοιχεία που αντλούνται από το gps. Αξίζει να αναφερθεί πως υπήρξε πρόταση

από την εταιρεία ITRACK, η συσκευή αυτή να παραχωρηθεί δωρεάν, συμπεριλαμβανομένης της εγκατάστασής της, για εύλογο χρονικό διάστημα, προκειμένου να εξεταστεί από το προσωπικό του ΠΑ.Δ.Α η λειτουργία της.

Οι πιο σημαντικές συζητήσεις και προσπάθειες συνεργασίας έγιναν με την εταιρεία FROTCOM όπου μετά από την αποστολή κάποιων στοιχείων σχετικά με τα ηλεκτρικά οχήματα του ΠΑ.Δ.Α πραγματοποιήθηκε προσφορά για σύνδεση συσκευής η οποία έχει τις εξής δυνατότητες:

- Παρακολούθηση των οχημάτων 24ώρες το 24ωρο, σε πραγματικό χρόνο (Γνωστοποίηση της ακριβούς θέσης των οχημάτων, καταγραφή στιγμιαίας ταχύτητας και κατάστασης)
- Προφίλ οδηγικής συμπεριφοράς (Ανίχνευση και ειδοποίηση για απότομες επιταχύνσεις, απότομα φρεναρίσματα, υπερβολική ταχύτητα κτλ)
- Καταγραφή ημερήσιων χιλιομέτρων, ώρας έναρξης και λήξης δρομολογίου και δυνατότητα απεικόνισης γραφισμάτων
- Λήψη καθημερινών, εβδομαδιαίων ή μηνιαίων αναφορών που περιέχει όλες τις απαιτούμενες πληροφορίες σχετικά με τα ηλεκτρικά οχήματα. Αυτό γίνεται online ή μέσω αυτόματων αναφορών. Οι ειδοποιήσεις αυτές μπορούν να περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων: Ειδοποιήσεις για προγραμματισμένη συντήρηση των οχημάτων, τεχνικό έλεγχο ΚΤΕΟ ή πληρωμής ασφάλιστρων

Αξίζει να αναφερθεί ότι η καταγραφή των δεδομένων που αντλούνται από το gps, πραγματοποιείται κάθε 1-2 δευτερόλεπτα, ενώ το ποσοστό απόκλισης χιλιομέτρων είναι έως και 0.2%. Επιπροσθέτως παρέχεται η δυνατότητα εξαγωγής των μεγεθών σε αρχείο επεξεργασίας excel.

Η αρχική προσφορά που έγινε από τη μεριά της εταιρείας FROTCOM, ήταν η εγκατάσταση δύο συσκευών, της συσκευής GB100 και GV300 της οι οποίες απεικονίζονται στις Εικόνες 3.2 και 3.3 αντίστοιχα. Ωστόσο, τελικά η σύνδεση συσκευής GB100 δεν ήταν

δυνατή καθώς ενδέχεται να επηρεάσει τα ηλεκτρολογικά συστήματα των οχημάτων, σύμφωνα με τον τεχνικό της εταιρείας. Έτσι, η μόνη διαθέσιμη επιλογή ήταν η σύνδεση της GV300 για την οποία λήφθηκε οικονομική προσφορά η οποία απεικονίζεται στην Εικόνα 3.4.



Εικόνα 3.2 Συσκευή GB100



Εικόνα 3.3 Συσκευή GV300



ΑΓΟΡΑ ΣΥΣΚΕΥΗΣ

ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΣΥΝΟΛΟ ΓΡΑΜΜΗΣ
2	GV300	120,00 €	240,00 €
		ΦΠΑ	57,60 €
		ΣΥΝΟΛΟ	297,60 €

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΥ\*

ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΣΥΝΟΛΟ ΓΡΑΜΜΗΣ
2	GV300	50,00 €	100,00 €
		ΦΠΑ	24,00 €
		ΣΥΝΟΛΟ	124,00 €

\*Το κόστος της εγκατάστασης μπορεί να διαφέρει ανάλογα με την δυσκολία που θα αντιμετωπίσει ο τεχνικός λόγω της πολυπλοκότητας των οχημάτων.

ΜΗΝΙΑΙΟ ΠΑΓΙΟ

ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΣΥΝΟΛΟ ΓΡΑΜΜΗΣ
2	ΕΛΛΑΔΑ	9,00 €	18,00 €
2	REAL-TIME TRACKING (GV300)	5,00 €	10,00 €
		ΜΕΡΙΚΟ ΑΘΡΟΙΣΜΑ	28,00 €
		ΦΠΑ	6,72 €
		ΣΥΝΟΛΟ	34,72 €

Εικόνα 3.4 Οικονομική προσφορά εταιρείας διαχείρισης στόλου FROTCOM

Σχετικά με την οικονομική προσφορά της FROTCOM, πρέπει να αναφερθεί ότι η εγκατάσταση της συσκευής από τεχνικό της εταιρείας κοστίζει 124€ και για τα δύο οχήματα, ωστόσο πρέπει να σημειωθεί ότι η τοποθέτηση της μπορεί να γίνει και από το προσωπικό του ΠΑ.Δ.Α, αφού δεν χρειάζονται ειδικές γνώσεις και επιπλέον διατίθεται εγχειρίδιο εγκατάστασης της συσκευής. Επιπροσθέτως, όσον αφορά το μηνιαίο πάγιο που ανέρχεται σε 34.72 €, έγινε πρόταση για προπληρωμή ετήσιου ή διετούς παγίου με σκοπό την αποφυγή κωλυμάτων λόγω γραφειοκρατικών ζητημάτων του Πανεπιστημίου.

Σε αυτό το σημείο, πρέπει να σημειωθεί ότι όλες οι εταιρείες διαχείρισης στόλου με τις οποίες πραγματοποιήθηκαν συζητήσεις, είχαν αμφιβολίες σχετικά με την δυνατότητα άντλησης

των ενεργειακών δεδομένων των ηλεκτρικών οχημάτων του ΠΑ.Δ.Α, λόγω έλλειψης τεχνογνωσίας και εμπειρίας σχετικά με εγκαταστάσεις σε ηλεκτρικά οχήματα. Επίσης, η Κινέζικη προέλευση του ηλεκτρικού οχήματος Ecocar δημιουργούσε ακόμα περισσότερες αμφιβολίες, λόγω της δυσκολίας εύρεσης των τεχνικών πληροφοριών του οχήματος. Καταλήγωντας, κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας όπου η διείσδυση των ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα βρίσκεται ακόμα σε πρωταρχικό στάδιο, η μόνη διαθέσιμη επιλογή είναι η εγκατάσταση συσκευής τηλεματικής η οποία θα αντλεί στοιχεία από το gps των ηλεκτρικών οχημάτων του Ιδρύματος.

Στη περίπτωση των ηλεκτρικών οχημάτων του ΠΑ.Δ.Α, η εγκατάσταση μιας τέτοιας συσκευής, όπως η GV300, θα διευκόλυνε την διαδικασία καταγραφής της ώρας έναρξης και λήξης του δρομολογίου και των ημερησίων χιλιομέτρων, η οποία μέχρι τώρα πραγματοποιείται χειρωνακτικά από τον εκάστοτε οδηγό του οχήματος, όπως περιγράφεται παρακάτω στις Υποενότητες 4.1.1 και 4.1.2. Επιπλέον, θα υπήρχε η δυνατότητα δημιουργίας προφίλ οδήγησης του κάθε οδηγού προκειμένου να είναι πιο εύκολη η εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την κατανάλωση των οχημάτων και άλλα μεγέθη που τίθενται προς μελέτη στη παρούσα εργασία. Τέλος, η δυνατότητα δημιουργίας υπενθυμίσεων σχετικά με τις προγραμματισμένες συντηρήσεις, τους τεχνικούς ελέγχους ΚΤΕΟ, αλλά και την πληρωμή των ασφαλίσεων των ηλεκτρικών οχημάτων του Πανεπιστημίου, θα διευκόλυνε το προσωπικό του Ιδρύματος.

## **4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ**

### **4.1 ΛΗΨΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

#### **4.1.1 Λήψη δεδομένων οδήγησης ηλεκτρικού οχήματος ECOCAR**

Όσον αφορά το ηλεκτρικό όχημα Ecocar, οι διαδρομές που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της παρούσας μελέτης δεν ήταν συγκεκριμένες. Ωστόσο, από 13/10/2020 έως και 28/07/2021 όλες οι διαδρομές έχουν καταγραφεί από τον οδηγό και καθηγητή κ.Σπυρόπουλο με σκοπό να ληφθούν υπόψιν όλες οι παράμετροι για την εξαγωγή συμπερασμάτων σύμφωνα με τους παράγοντες που ενδέχεται να επηρέασαν τα μεγέθη που εξετάζονται στη παρούσα μελέτη. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι από 13/10/2020 μέχρι και 28/07/2021 οδηγός του ηλεκτρικού οχήματος ήταν ο κ.Σπυρόπουλος, ο οποίος υιοθέτησε συγκεκριμένο ύφος οδήγησης και συγκεκριμένα οδήγηση σε λειτουργία εξοικονόμησης ενέργειας (eco mode).

Σε γενικές γραμμές, η οδήγηση σε λειτουργία εξοικονόμησης ενέργειας συνάδει με την ήπια οδήγηση του οχήματος κυρίως κατά την επιτάχυνση και το φρενάρισμα, με σκοπό την βελτιστοποίηση της αυτονομίας τόσο για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας αλλά και για λόγους ασφαλείας. Επιπροσθέτως, μέσω του συγκεκριμένου προφίλ οδήγησης εξασφαλίζεται η χαμηλότερη κατανάλωση με τον ηλεκτρικό κινητήρα να φτάνει στην μέγιστη του απόδοση. Αυτός ο τρόπος οδήγησης υιοθετήθηκε ώστε να εξεταστεί σε ποιο βαθμό επηρεάζει το προφίλ οδήγησης την κατανάλωση του οχήματος.

Από τις 21/09/2021 μέχρι 30/11/2021, οδηγός του οχήματος ήταν ο κ.Κωστόπουλος ο οποίος δεν διατήρησε το προφίλ οικονομικής οδήγησης. Σκοπός ήταν η εύρεση ποικίλων συμπερασμάτων αναφορικά με την συσχέτιση του τρόπου οδήγησης και της τελικής κατανάλωσης ενέργειας του ηλεκτρικού οχήματος.

Η διαδικασία καταγραφής των ενδείξεων του οχήματος από τον εκάστοτε οδηγό ήταν παρόμοια με τη περίπτωση του ηλεκτρικού λεωφορείου. Συγκεκριμένα, ο κ.Σπυρόπουλος πριν την έναρξη του δρομολογίου σημείωνε σε ένα χαρτί καταγραφής, τις ενδείξεις του ηλεκτρικού οχήματος, μαζί με οποιαδήποτε παρατήρηση η οποία κρίνεται χρήσιμη για την διεξαγωγή της

μελέτης.

Αξίζει να σημειωθεί πως το πλήθος των καταγεγραμμένων δεδομένων είναι μεγάλο και έτσι κρίνεται ικανό για την εξαγωγή ορθών συμπερασμάτων, αφού τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν για το ηλεκτρικό αυτοκίνητο Jiayuan City Spirits Eidola (ecocar) αφορούν τις ημερομηνίες από 13/10/2020 έως και 01/12/2021. Συγκεκριμένα πρόκειται για την ανάλυση και επεξεργασία δεδομένων οδήγησης 120 ημερών, ενώ το εύρος των διανυθέντων χιλιομέτρων στο οποίο διεξάχθηκε η έρευνα είναι 2771.9 χιλιόμετρα.

Τα δεδομένα που καταγράφονταν κάθε φορά από τον εκάστοτε οδηγό του οχήματος ήταν τα εξής:

- Η ημερομηνία του δρομολογίου
- Η ώρα έναρξης και λήξης του δρομολογίου
- Το ποσοστό φόρτισης της μπαταρίας SOC (%) πριν και μετά από το δρομολόγιο
- Τα συνολικά διανυθέντα χιλιόμετρα του οχήματος πριν και μετά από το δρομολόγιο
- Η κάθε διαδρομή
- Πληροφορίες και σχόλια (λειτουργία θέρμανσης κτλ.)
- Ωρα έναρξης και λήξης της φόρτισης
- Αρχικό και τελικό ποσοστό φόρτισης
- Ποσοστό φόρτισης από τον ήλιο μέσω του φωτοβολταϊκού πλαισίου SOC (%)

Στην Εικόνα 4.1 φαίνεται το πρωτότυπο αρχείο καταγραφής δεδομένων του ηλεκτρικού οχήματος για τις ημερομηνίες 03/06/2021 – 14/06/2021. Όπως είναι διακριτό, η στήλη “Discharging” αφορά την εκφόρτιση του οχήματος και πιο συγκεκριμένα, στην κίτρινη στήλη “Initial” του αρχείου καταγράφηκαν τα μεγέθη κατά την έναρξη του δρομολογίου, ενώ στη ροζ στήλη “Final” οι αντίστοιχες ενδείξεις μετά το τέλος του εκάστοτε δρομολογίου. Στη στήλη “Driver Comments” αναγράφεται η κάθε διαδρομή καθώς και λεπτομέρειες ή σχόλια όπου κρίθηκε απαραίτητο. Η στήλη “Charging” αφορά την φόρτιση του οχήματος, ενώ συγκεκριμένα στη στήλη “Initial” καταγράφηκαν τα μεγέθη κατά την έναρξη της φόρτισης και στη στήλη “final” τα αντίστοιχα μεγέθη μετά το πέρας της φόρτισης. Τέλος, όπου έχει υπάρξει φόρτιση μέσω του φωτοβολταϊκού πλαισίου η ένδειξη SOC (%) είναι σε κύκλο.

	Discharging						Charging				
	Initial			Final			Driver Comments	Initial		Final	
	Time	Distance (km)	SOC (%)	Time	Distance (km)	SOC (%)		Time	SOC (%)	Time	SOC (%)
03/06	8:47	1625,8	28	8:58	1631,4	24	Home - Umi2	9:00	24%	16:25	100%
03/06	16:25	1631,4	100	17:05	1637,9	95	Umi2 - Super - Home				
03/06	19:59	1637,9	95	0:58	1652,2	81	Home - Αγ. Βαρθάρα - home				
04/06	9:16	1652,2	81	9:33	1664,9	72	Home - Φάληρο				
04/06	11:38	1664,9	73	12:42	1680,3	55	Φάληρο - Umi2 (A/C)				
06/06	18:56	1680,3	61	19:13	1693,1	50	Home - Φάληρο (Εθνική)				
06/06	20:52	1693,1	49	21:17	1705,3	37	Φάληρο - Home (Εθνική)				
07/06	19:47	1705,3	40	19:59	1711,2	35	Home - Αγ. Βαρθάρα				
07/06	21:26	1711,2	35	21:39	1716,8	31	Αγ. Βαρθάρα - Γράσι				
07/06	23:30	1716,8	31	23:37	1718,4	30	Γράσι - Home				
08/06	10:44	1718,4	30	10:54	1723,8	26	Home - (Umi2)	10:56	26%	11:53	38%
08/06	11:42	1723,8	38	12:30	1732	32	ΤΡΥΠΑΝΗΣ Driver	13:00	32%	16:37	88%
08/06	16:38	1732	88	16:50	1738,1	81	Umi2 - Home (A/C)				
09/06	20:58	1738,1	83	21:12	1741	79	Home - Γράσι - Home				
09/06	23:33	1741	79	23:41	1743,5	77	-  - Στάθμευση σε ήλιο				
14/06	11:32	1743,5	78	11:42	1748	73	Home - Umi1				
14/06	17:39	1748	74	18:26	1752,9	71	Umi1 - Super - Home				
14/06	19:58	1752,9	71	20:11	1759	65	Home - Αγ. Βαρθάρα				

Εικόνα 4.1 Πρωτότυπο αρχείο καταγραφής ενδείξεων του ηλεκτρικού οχήματος Ecocar για τις ημερομηνίες 03/06/2021 - 14/06/2021

#### 4.1.2 Λήψη δεδομένων οδήγησης ηλεκτρικού λεωφορείου

Αναφορικά με το ηλεκτρικό λεωφορείο, η διαδρομή που ακολουθεί είναι συγκεκριμένη και πραγματοποιείται τις καθημερινές εργάσιμες ημέρες με εξαίρεση τις αργίες. Το λεωφορείο πραγματοποιεί δρομολόγια για τη μεταφορά σπουδαστών από την Πανεπιστημιούπολη Αρχαίου Ελαιώνα (Campus 2) του ΠΑ.Δ.Α η οποία βρίσκεται επί της Λεωφόρου Θηβών 250 και Πέτρου Ράλλη έως την Πανεπιστημιούπολη Άλσους Αιγιάλεω (Campus 1) η οποία στεγάζεται επί της οδού Αγίου Σπυρίδωνος 28 στην περιοχή του Αιγιάλεω. Στην Εικόνα 4.2 απεικονίζεται σε μορφή χάρτη η καθημερινή διαδρομή του ηλεκτρικού λεωφορείου μεταξύ των δυο Πανεπιστημιούπολεων, ενώ στην Εικόνα 4.3 αναγράφονται οι ώρες των προγραμματιζόμενων δρομολογίων.



Εικόνα 4.2 Καθημερινή διαδρομή ηλεκτρικού λεωφορείου

CAMPUS-2	CAMPUS-1
08:30	08:45
10:00	11:15
12:45	14:00
14:30	

Εικόνα 4.3 Ωράριο δρομολογίων ηλεκτρικού λεωφορείου

Πριν την έναρξη του δρομολογίου ο εκάστοτε οδηγός διενεργεί τους απαραίτητους ελέγχους, ώστε να εξασφαλιστεί η μεταφορά των σπουδαστών με ασφάλεια. Οι έλεγχοι που πραγματοποιούνται δεν διαφέρουν με εκείνους οι οποίοι γίνονται από τον οδηγό ενός συμβατικού οχήματος. Συγκεκριμένα, γίνεται έλεγχος της πίεσης των ελαστικών και έλεγχος της λειτουργίας των βοηθητικών ηλεκτρικών συστημάτων του οχήματος όπως τα φώτα πορείας, οι υαλοκαθαριστήρες κτλ. Τέλος, ελέγχεται το ποσοστό φόρτισης της μπαταρίας καθώς το όχημα φορτίζει μόνο μετά το πέρας των ημερήσιων δρομολογίων και αποκλειστικά στον σταθμό φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων του ΠΑ.Δ.Α.

Μετά τη διεξαγωγή των απαραίτητων ελέγχων και αμέσως πριν την έναρξη του δρομολογίου, ο οδηγός καταγράφει μέσω κινητού τηλεφώνου τις ενδείξεις στο ταμπλό του λεωφορείου και τις αποστέλλει στο μόνιμο εκπαιδευτικό προσωπικό του Εργαστηρίου Ήπιων Μορφών Ενέργειας & Προστασίας Περιβάλλοντος του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών. Οι ενδείξεις που απεικονίζονται στο ταμπλό του λεωφορείου και κατέγραφε ο οδηγός κάθε φορά είναι οι παρακάτω:

- Ημερομηνία δρομολογίου
- Ώρα έναρξης και λήξης δρομολογίου
- Ποσοστό φόρτισης μπαταρίας SOC (%)
- Συνολικά διανυθέντα χιλιόμετρα οχήματος (km)
- Αυτονομία οχήματος (km)
- Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh/100km)

Κατά τη διάρκεια καταγραφής των δεδομένων οδήγησης του ηλεκτρικού λεωφορείου δεν έλειψαν οι προβληματικές μετρήσεις και τα σφάλματα. Παρακάτω θα αναφερθούν όλες οι περιπτώσεις κατά τις οποίες αντιμετωπίστηκε πρόβλημα στην καταγραφή μεγεθών και κατόπιν θα αναφερθούν τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την επεξεργασία τους με μοναδικό σκοπό την εύρεση ορθών αποτελεσμάτων από την μελέτη που διεξάχθηκε.

Αρχικά, κατά το διάστημα εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, παρουσιάστηκε βλάβη στα ηλεκτρονικά συστήματα του λεωφορείου με αποτέλεσμα να παρατηρηθεί η αφαίρεση χιλιομέτρων στο καντράν του οχήματος. Πιο συγκεκριμένα το φαινόμενο της αφαίρεσης χιλιομέτρων παρουσιάστηκε 11 φορές με τα συνολικά χιλιόμετρα που τελικά αφαιρέθηκαν να είναι 94 χιλιόμετρα. Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί ότι κατά τον υπολογισμό των διανυθέντων χιλιομέτρων μεταξύ πλήρων φορτίσεων που περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω, σε περιπτώσεις κατά τις οποίες είχαν μεσολαβήσει ημερομηνίες που είχαν αφαιρεθεί χιλιόμετρα, προστέθηκαν τα αντίστοιχα χιλιόμετρα στον τελικό υπολογισμό. Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζονται αναλυτικά οι ημέρες κατά τις οποίες αφαιρέθηκαν χιλιόμετρα καθώς και το σύνολο των χιλιομέτρων που αφαιρέθηκε κάθε φορά.



**Πίνακας 4.1 Ημερομηνίες που παρουσιάστηκε το φαινόμενο της αφαίρεσης χιλιομέτρων καθώς και τα χιλιόμετρα που αφαιρέθηκαν κάθε φορά**

Ημερομηνία	Χιλιόμετρα
08/09/2020	8
30/11/2020	6
10/11/2020	14
10/12/2020	14
11/12/2020	9
14/12/2020	8
18/12/2020	8
21/12/2020	10
11/02/2021	6
01/10/2021	8
05/10/2021	9
ΣΥΝΟΛΟ	94

### 4.1.3 Λήψη δεδομένων φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων ΠΑ.Δ.Α

Μετά τη διαδικασία λήψης των δεδομένων οδήγησης του Ecocar και του ηλεκτρικού λεωφορείου, ακολούθησε η διαδικασία λήψης των δεδομένων φόρτισης η οποία είναι ίδια και για τα δύο ηλεκτρικά οχήματα του ΠΑ.Δ.Α. Μετά το πέρας του ημερήσιου δρομολογίου το ηλεκτρικό λεωφορείο επέστρεφε πάντα στην βάση του, στη Πανεπιστημιούπολη Άλσους Αιγάλεω (Campus 2) του ΠΑ.Δ.Α. Εκεί αν κρινόταν απαραίτητο έμπαινε για φόρτιση. Παρομοίως, το ηλεκτρικό όχημα μετά το τέλος των δρομολογίων και αναλόγως το ποσοστό φόρτισης των συσσωρευτών έμπαινε για φόρτιση στον σταθμό φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων που διαθέτει το ΠΑ.Δ.Α. Τα δεδομένα φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων του ΠΑ.Δ.Α καταγράφονται από το σύστημα καταγραφής Carlo Gavazzi το οποίο έχει παρουσιαστεί αναλυτικά προηγουμένως. Παρακάτω παρουσιάζονται τα βήματα που εφαρμόστηκαν για την λήψη των δεδομένων φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων, μετά το πέρας της φόρτισης τους.

1. Σύνδεση στο σύστημα καταγραφής Carlo Gavazzi με τους απαραίτητους κωδικούς
2. Επιλογή της συγκεκριμένης ημερομηνίας φόρτισης του οχήματος
3. Επιλογή κατάλληλου φορτιστή (Επιλογή φορτιστή “Cars\_Charger\_AC\_Meter” για ημιταχεία φόρτιση και φορτιστή “Bicycles\_Charger\_AC\_Meter” για αργή φόρτιση)
4. Επιλογή εξεταζόμενου μεγέθους (Στην παρούσα εργασία μελετάται κυρίως η ισχύς φόρτισης P (kW))
5. Εξαγωγή δεδομένων σε αρχείο excel με σκοπό την επεξεργασία τους



## 4.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

### 4.2.1 Επεξεργασία δεδομένων φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων ΠΑ.Δ.Α

Όπως είναι διακριτό, το αρχικό αρχείο δεδομένων φόρτισης που απεικονίζεται στην Εικόνα 4.4, είναι αρκετά ογκώδες καθώς εμπεριέχει πλήθος μεγεθών τα οποία δεν εξετάζονται στη παρούσα Διπλωματική Εργασία. Επιπλέον περιλαμβάνονται καταγεγραμμένα μεγέθη ενός 24ώρου. Έτσι, προκειμένου να εξασφαλιστεί ένα αρχείο που θα αποτελείται αποκλειστικά από τα δεδομένα φόρτισης προς εξέταση, η διαδικασία που ακολουθείται για την επεξεργασία των δεδομένων φόρτισης και των δύο οχημάτων είναι η εξής:

- Εντοπισμός της στήλης “Cars\_Charger\_AC\_Meter kW sys (kW) [AVG] 26” σε περίπτωση ημιταχείας φόρτισης ή της στήλης “Bicycles\_Charger\_AC\_Meter kW L1 (kW) [AVG] 14” για αργή φόρτιση, η οποία αφορά την καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια φόρτισης σε (kW). Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το ηλεκτρικό όχημα έχει δυνατότητα μόνο για αργή φόρτιση η οποία πραγματοποιείται αποκλειστικά μέσω του φορτιστή Bicycles\_Charger\_AC\_Meter.
- Εντοπισμός της ώρας έναρξης και λήξης της φόρτισης μέσω του διαγράμματος φόρτισης που μας παρέχει το Carlo Cavazzi
- Διαγραφή όλων των δεδομένων πριν την έναρξη και μετά τη λήξη της φόρτισης
- Δημιουργία στήλης που αφορά την καταναλισκόμενη ενέργεια από το ηλεκτρικό δίκτυο σε (kWh). Η συγκεκριμένη στήλη προκύπτει από τον τύπο:

$$\text{Μετατροπή kW σε kWh} = (\text{τιμή kW} * 5/60)$$

Υπενθυμίζεται ότι το βήμα καταγραφής της ισχύος φόρτισης που έχει επιλεγεί είναι 5 λεπτά.

- Υπολογισμός αθροίσματος των επιμέρους τιμών ισχύος καταναλισκόμενης ενέργειας από το ηλεκτρικό δίκτυο σε (kWh) που θα είναι και το σύνολο της καταναλισκόμενης ενέργειας που χρειάστηκε για την φόρτιση των συσσωρευτών του λεωφορείου

Η τελική μορφή του αρχείου δεδομένων φόρτισης μετά την επεξεργασία που περιγράφηκε παραπάνω, απεικονίζεται στην Εικόνα 4.7, όπου :

- Η στήλη “Date” απεικονίζει την ημερομηνία φόρτισης
- Η στήλη “Time” απεικονίζει την ώρα κάθε 5 λεπτά, καθώς αυτό είναι το επιλεγμένο βήμα καταγραφής των δεδομένων φόρτισης
- Η στήλη “Cars\_Charger\_AC\_Meter KW sys (KW) (AVG) 26” απεικονίζει την ισχύ φόρτισης που παρέχεται από το δίκτυο σε (kw)
- Η στήλη “kWh” απεικονίζει την ισχύ φόρτισης του δικτύου σε (kWh)
- Κάτω δεξιά έχει υπολογιστεί το σύνολο της καταναλισκόμενης ενέργειας από το δίκτυο σε kWh

Date	Time	Cars_Charger_AC_Meter kW sys (kW) [AVG] 26	kWh
2021-11-26	14:45:00	2.98	0.248333333
2021-11-26	14:50:00	7.52	0.626666667
2021-11-26	14:55:00	7.50	0.625
2021-11-26	15:00:00	7.51	0.625833333
2021-11-26	15:05:00	7.51	0.625833333
2021-11-26	15:10:00	7.52	0.626666667
2021-11-26	15:15:00	7.49	0.624166667
2021-11-26	15:20:00	7.49	0.624166667
2021-11-26	15:25:00	7.19	0.599166667
2021-11-26	15:30:00	7.36	0.613333333
2021-11-26	15:35:00	7.52	0.626666667
2021-11-26	15:40:00	7.53	0.6275
2021-11-26	15:45:00	7.48	0.623333333
2021-11-26	15:50:00	7.48	0.623333333
2021-11-26	15:55:00	7.48	0.623333333
2021-11-26	16:00:00	7.49	0.624166667
2021-11-26	16:05:00	7.39	0.615833333
2021-11-26	16:10:00	7.52	0.626666667
2021-11-26	16:15:00	7.49	0.624166667
2021-11-26	16:20:00	7.46	0.621666667
2021-11-26	16:25:00	7.46	0.621666667
2021-11-26	16:30:00	7.45	0.620833333
2021-11-26	16:35:00	7.45	0.620833333
2021-11-26	16:40:00	7.46	0.621666667
2021-11-26	16:45:00	7.45	0.620833333
2021-11-26	16:50:00	7.45	0.620833333
2021-11-26	16:55:00	7.45	0.620833333
2021-11-26	17:00:00	7.44	0.62
2021-11-26	17:05:00	7.43	0.619166667
2021-11-26	17:10:00	7.43	0.619166667
2021-11-26	17:15:00	7.44	0.62
2021-11-26	17:20:00	7.45	0.620833333
2021-11-26	17:25:00	7.46	0.621666667
2021-11-26	17:30:00	7.45	0.620833333
2021-11-26	17:35:00	7.50	0.625
2021-11-26	17:40:00	7.44	0.62
2021-11-26	17:45:00	6.98	0.581666667
2021-11-26	17:50:00	4.06	0.338333333
2021-11-26	17:55:00	2.51	0.209166667
2021-11-26	18:00:00	0.44	0.036666667
<b>Σύνολο καταναλισκόμενης ενέργειας (kWh)</b>			<b>23.18 kWh</b>

Εικόνα 4.5 Τελική μορφή αρχείου δεδομένων φόρτισης ηλεκτρικού λεωφορείου για την ημέρα 26/11/2021

Η παραπάνω διαδικασία πραγματοποιήθηκε για όλες τις ημερομηνίες φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων του ΠΑ.Δ.Α, προκειμένου να υπολογιστεί η καταναλισκόμενη ενέργεια φόρτισης για όλες τις καταγεγραμμένες από το σύστημα Carlo Gavazzi φορτίσεις που πραγματοποιήθηκαν στον σταθμό φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων του Ιδρύματος.

#### **4.2.2 Υπολογισμός καταναλισκόμενης ενέργειας φόρτισης για μη καταγεγραμμένες φορτίσεις**

##### **4.2.2.1 Ηλεκτρικό όχημα ECOCAR**

Σε αυτό το σημείο, πρέπει να αναφερθεί ότι σε ελάχιστες περιπτώσεις η φόρτιση του οχήματος δεν πραγματοποιήθηκε στον σταθμό φόρτισης Η/Ο του ΠΑ.Δ.Α, αλλά σε διαφορετικό σταθμό φόρτισης. Κατά την φόρτιση λοιπόν του οχήματος σε άλλο σταθμό φόρτισης, δεν ήταν δυνατή η καταγραφή των δεδομένων φόρτισης από το σύστημα Carlo Gavazzi και πιο συγκεκριμένα η καταγραφή της καταναλισκόμενης ενέργειας φόρτισης. Για αυτόν τον λόγο, σε αυτές τις περιπτώσεις πραγματοποιήθηκε κατά προσέγγιση υπολογισμός της καταναλισκόμενης ενέργειας από το ηλεκτρικό δίκτυο (kWh). Στον Πίνακα 4.2 αναγράφονται όλες οι ημερομηνίες κατά τις οποίες η φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος Ecocar πραγματοποιήθηκε εκτός του σταθμού φόρτισης του ΠΑ.Δ.Α.

**Πίνακας 4.2 Ημερομηνίες μη καταγεγραμμένων φορτίσεων ηλεκτρικού οχήματος Ecocar**

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΑΙΤΙΑ
10/11/2021	Φόρτιση εκτός σταθμού φόρτισης ΠΑ.Δ.Α
12/11/2021	Φόρτιση εκτός σταθμού φόρτισης ΠΑ.Δ.Α
18/11/2021	Φόρτιση εκτός σταθμού φόρτισης ΠΑ.Δ.Α
19/11/2021	Φόρτιση εκτός σταθμού φόρτισης ΠΑ.Δ.Α

Ο υπολογισμός της καταναλισκόμενης ενέργειας από το ηλεκτρικό δίκτυο τις ημερομηνίες που αναγράφονται στον Πίνακα 4.2, έγινε με την απλή μέθοδο των 3 και περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω. Ουσιαστικά, η διαδικασία που τηρήθηκε ήταν ο εντοπισμός μιας καταγεγραμμένης φόρτισης από το σύστημα Carlo Gavazzi, ώστε ο υπολογισμός της

καταναλισκόμενης ενέργειας να γίνει με αυτόν τον τρόπο. Στη συνέχεια δίνεται ένα πρακτικό παράδειγμα υπολογισμού της καταναλισκόμενης ενέργειας φόρτισης του Ecocar για την ημέρα φόρτισης εκτός ΠΑ.Δ.Α, 10/11/2021.

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.6 η οποία αποτελεί κομμάτι από το αρχείο επεξεργασίας δεδομένων του ηλεκτρικού οχήματος για την ημερομηνία φόρτισης 10/11/2021, το όχημα μπήκε για φόρτιση στις 10/11/2021 έχοντας ποσοστό μπαταρίας 37% και στις 11/11/2021 είχε φορτίσει στο 100%. Δηλαδή φόρτισε 63% όπως φαίνεται και στη στήλη “Ποσοστό φόρτισης (%)”. Όπως είναι διακριτό στην Εικόνα 4.8, η τιμή της καταναλισκόμενης ενέργειας φόρτισης που υπολογίστηκε είναι η τιμή με το πορτοκαλί φόντο. Ως δείγμα καταγεγραμμένης φόρτισης λήφθηκε η ημερομηνία 10/11/2021 όπου πραγματοποιήθηκε φόρτιση 68% στον σταθμό φόρτισης του ΠΑ.Δ.Α με καταναλισκόμενη ενέργεια 7.26 (kWh). Ο τύπος που εφαρμόστηκε σε αυτή τη περίπτωση για τον υπολογισμό της καταναλισκόμενης ενέργειας φόρτισης είναι:



$$\text{Καταναλισκόμενη ενέργεια φόρτισης (kWh)} = \frac{63\% * 7.26}{68\%} = 6.73 \text{ (kWh)}$$

Ημερομηνία	Ωρα	Ποσοστό φόρτισης SOC (%)	Ποσοστό φόρτισης από τον ήλιο (%)	AC	Ωρα έναρξης φόρτισης	Ωρα λήξης φόρτισης	Διάρκεια φόρτισης (hr)	Ποσοστό φόρτισης (%)	Συνολικά χιλιόμετρα (km)	Ημερήσια χιλιόμετρα (km)	Πλήρης φόρτιση	Διανυθέντα χιλιόμετρα μεταξύ πλήρων φορτίσεων (km)	Καταναλισκόμενη ενέργεια φόρτισης (kwh)	Πραγματική κατανάλωση οχήματος (kwh / 100km)
09-11-21	9:00	46							2444.5	35.5				
	9:30	32			09:45:00	14:30:00	4:45	68%	2457				7.26	
	15:40	100							2457				63.7	11.40
	16:15	82							2475.6					
	18:40	71							2480					
10-11-21	9:15	70							2480	35.4				
	9:50	58							2498.6					
	16:30	58							2498.6					
	17:15	37			Φόρτιση εκτός σταθμού φόρτισης ΠΑ.Δ.Α			63%	2515.4				6.73	
	8:30	100							2515.4				58.4	11.52
11-11-21	9:10	90							2527.3	27.5				
	15:40	90							2527.3					
	16:15	69							2542.9					

Εικόνα 4.6 Αρχείο επεξεργασίας δεδομένων ηλεκτρικού οχήματος για τις ημερομηνίες 09/11/2021 - 11/11/2021

#### 4.2.2.2 Ηλεκτρικό λεωφορείο

Όπως και στην περίπτωση του ηλεκτρικού οχήματος Ecocar, έτσι και για το ηλεκτρικό λεωφορείο, υπήρχε ένα μέρος από το σύνολο των 139 φορτίσεων του ηλεκτρικού λεωφορείου οι οποίες δεν ήταν καταγεγραμμένες από το σύστημα καταγραφής δεδομένων φόρτισης Carlo Cavazzi. Το γεγονός αυτό είχε ως αποτέλεσμα τις συγκεκριμένες ημέρες να μην υπάρχει καταγραφή της καταναλισκόμενης ενέργειας φόρτισης από το ηλεκτρικό δίκτυο. Συγκεκριμένα, 8 από τις 139 φορτίσεις δεν καταγράφηκαν από το Carlo Cavazzi, είτε διότι υπήρξε κάποια βλάβη στον σταθμό φόρτισης του ΠΑ.Δ.Α, είτε επειδή το ηλεκτρικό λεωφορείο χρειάστηκε να μεταφερθεί στην εταιρεία για συντήρηση με αποτέλεσμα η φόρτιση του να πραγματοποιηθεί εκεί. Στον Πίνακα 4.3 αναγράφονται οι ημερομηνίες των μη καταγεγραμμένων φορτίσεων του ηλεκτρικού λεωφορείου.

**Πίνακας 4.3 Ημερομηνίες μη καταγεγραμμένων φορτίσεων ηλεκτρικού λεωφορείου**

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΑΙΤΙΑ
30/09/2020	Έπεσε η ασφάλεια
21/12/2020	Φόρτιση στην εταιρεία
06/04/2021	Έπεσε η ασφάλεια
08/04/2021	Έπεσε η ασφάλεια
25/06/2021	Έπεσε η ασφάλεια
30/06/2021	Έπεσε η ασφάλεια
15/07/2021	Φόρτιση στην εταιρεία
23/09/2021	Έπεσε η ασφάλεια

Ο υπολογισμός της καταναλισκόμενης ενέργειας φόρτισης του ηλεκτρικού λεωφορείου για τις παραπάνω ημερομηνίες πραγματοποιήθηκε με την μέθοδο των τριών, η οποία περιγράφεται αναλυτικά προηγουμένως στην Υποενότητα 4.2.2.1.

### 4.2.3 Υπολογισμός μεγεθών ηλεκτρικών οχημάτων ΠΑ.Δ.Α

Μετά τη καταγραφή και την συλλογή των δεδομένων οδήγησης και φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων του ΠΑ.Δ.Α, ακολούθησε η δημιουργία αρχείου επεξεργασίας αυτών των δεδομένων για το ηλεκτρικό λεωφορείο και το ηλεκτρικό όχημα. Στο παρόν Υποκεφάλαιο περιγράφεται η διαδικασία υπολογισμού των κοινών μεγεθών των δύο ηλεκτρικών οχημάτων του ΠΑ.Δ.Α.

#### 4.2.3.1 Υπολογισμός πραγματικής κατανάλωσης ανά 100 χιλιόμετρα

Το πλαίσιο της μελέτης στο οποίο εργαστήκαμε τόσο για το ηλεκτρικό λεωφορείο, όσο και για το ηλεκτρικό όχημα αφορά τον υπολογισμό κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ανά 100 χιλιόμετρα (kwh/100 km). Για να υλοποιηθεί αυτός ο σκοπός, το πεδίο εξέτασης είναι οι πλήρεις φορτίσεις των οχημάτων. Πρέπει να αναφερθεί ότι θεωρήθηκε ως αποδεκτό το ποσοστό απόκλισης φόρτισης της τάξης μέχρι 3%. Για παράδειγμα, στις 13/04/2021 το λεωφορείο φόρτισε έως 97% και στις 15/04/2021 μπήκε ξανά για φόρτιση έως το 99%. Σε αυτή τη περίπτωση ο υπολογισμός της κατανάλωσης πραγματοποιήθηκε κανονικά, καθώς η απόκλιση στο τελικό αποτέλεσμα κρίνεται μηδαμινή. Αναλυτικά η διαδικασία υπολογισμού της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ανά 100 χιλιόμετρα έγινε ως εξής:

- Εντοπισμός ημερών φόρτισης και εύρεση ίδιων ποσοστών φόρτισης (με απόκλιση έως και 3%)
- Υπολογισμός των διανυθέντων χιλιομέτρων μεταξύ των δυο φορτίσεων από τον τύπο:

$$\text{Διανυθέντα χιλιόμετρα (km)} = \frac{\text{Συνολικά χιλιόμετρα τελικής φόρτισης} - \text{Συνολικά χιλιόμετρα αρχικής φόρτισης}}{\text{απόκλιση}}$$

- Υπολογισμός αθροίσματος των επιμέρους καταναλισκόμενων ενεργειών φόρτισης (kWh) στις ενδιάμεσες ημερομηνίες μεταξύ των δύο φορτίσεων που εξετάζονται

- Τέλος, ο τύπος που εφαρμόστηκε για τον υπολογισμό της πραγματικής κατανάλωσης ανά 100 χιλιόμετρα των ηλεκτρικών οχημάτων είναι ο εξής:

$$\text{Πραγματική κατανάλωση ανά 100 χλμ} = \text{Άθροισμα επιμέρους καταναλισκόμενων ενεργειών φόρτισης (kWh)} * \left( \frac{100}{\text{Διανυθέντα χιλιόμετρα μεταξύ των δύο φορτίσεων}} \right)$$

Σε αυτό το σημείο δίνεται ένα πρακτικό παράδειγμα υπολογισμού της πραγματικής κατανάλωσης ανά 100 χλμ του ηλεκτρικού οχήματος Ecocar, για τις ημερομηνίες 09/02/2021 – 17/02/2021.

Ημερομηνία	Ωρα	Ποσοστό φόρτισης SOC (%)	Ποσοστό φόρτισης από τον ήλιο (%)	AC	Ωρα έναρξης φόρτισης	Ωρα λήξης φόρτισης	Διάρκεια φόρτισης (hr)	Ποσοστό φόρτισης (%)	Συνολικά χιλιόμετρα (km)	Ημερήσια χιλιόμετρα (km)	Πλήρης φόρτιση	Διανυθέντα χιλιόμετρα μεταξύ πλήρων φορτίσεων (km)	Καταναλισκόμενη ενέργεια φόρτισης (kWh)	Πραγματική κατανάλωση οχήματος (kWh / 100km)
09-02-21	11:00	44							892.9	14.1				
	11:31	36			11:40:00	16:55:00	5:15	64%	900.9				8.05	
	18:10	100							900.9			138.3		10.06
	18:20	95							907					
10-02-21	10:40	95							907					
	10:51	89												
12-02-21	15:00	89												
	18:00	78							927.1					
13-02-21	9:00	78							927.1	30.9				
	9:48	53							956.4					
	14:35	53							956.4					
	14:39	51							958					
15-02-21	11:05	51							958	1.4				
	11:11	49							959.4					
17-02-21	10:00	49							959.4	20.8				
	10:50	32			11:00:00	15:45:00	4:45	68%	980.2				7.21	
	15:00	100							980.2			79.3		9.09

Εικόνα 4.7 Αρχείο επεξεργασίας δεδομένων ηλεκτρικού οχήματος για τις ημερομηνίες 09/02/2021 – 17/02/2021

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.7, το πεδίο εξέτασης είναι η πλήρης φόρτιση στο 100% στις 09/02 και η πλήρης φόρτιση στο 100% στις 17/02. Τα Ποσοστά φόρτισης SOC (%) καθώς και τα Συνολικά χιλιόμετρα (km) έχουν σημειωθεί με μπλέ φόντο ώστε να είναι εμφανές ποιο είναι το πεδίο που μελετάται. Σε αυτή τη περίπτωση ο υπολογισμός της πραγματικής κατανάλωσης του ηλεκτρικού οχήματος Ecocar έγινε ως εξής:

$$\text{Πραγματική κατανάλωση οχήματος (kWh/100km)} = 7.21 \text{ (kW)} * \left( \frac{100}{980.2 - 900.9} \right) = 9.09 \text{ (kWh/100km)}$$

Πρέπει να αναφερθεί ότι με τον ίδιο τρόπο έγινε υπολογισμός των καταναλώσεων ανά μήνα και ανά εποχή των ηλεκτρικών οχημάτων. Πιο αναλυτικά, πραγματοποιήθηκε αναζήτηση ίδιου ποσοστού φόρτισης SOC (%) για κάθε μήνα και κάθε εποχή αντίστοιχα και μετέπειτα τηρήθηκε η παραπάνω διαδικασία.

#### **4.2.3.2 Υπολογισμός διάρκειας φόρτισης**

Ο υπολογισμός της διάρκειας φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων του ΠΑ.Δ.Α πραγματοποιήθηκε προκειμένου να εξακριβωθεί το κατά πόσο ο χρόνος φόρτισης διαφέρει, ανάλογα τις προδιαγραφές του κάθε οχήματος (πχ χωρητικότητα των συσσωρευτών) και τον τύπο της φόρτισης (αργή ή ημιταχεία). Η διάρκεια των φορτίσεων και για τα δύο ηλεκτρικά οχήματα που μελετώνται στη παρούσα Διπλωματική Εργασία υπολογίστηκε από τον παρακάτω τύπο:

$$\text{Διάρκεια φόρτισης (hr)} = \text{Ώρα λήξης φόρτισης} - \text{Ώρα έναρξης φόρτισης}$$

#### **4.2.3.3 Υπολογισμός ποσοστού φόρτισης**

Πραγματοποιήθηκε και υπολογισμός του ποσοστού φόρτισης για κάθε φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων του ΠΑ.Δ.Α. Ο υπολογισμός του ποσοστού φόρτισης έγινε προκειμένου να διερευνηθεί η επίδραση των συνθηκών περιβάλλοντος και της θερμοκρασίας της μπαταρίας στο ποσοστό φόρτισης. Το ποσοστό φόρτισης για κάθε φόρτιση του ηλεκτρικού λεωφορείου και του ηλεκτρικού οχήματος υπολογίστηκε από τον τύπο:

$$\text{Ποσοστό φόρτισης (\%)} = \text{Ποσοστό μπαταρίας μετά τη φόρτιση} - \text{Ποσοστό μπαταρίας πριν την έναρξη της φόρτισης}$$

#### **4.2.3.4 Υπολογισμός ημερήσιων χιλιομέτρων**

$$\text{Ημερήσια χιλιόμετρα (km)} = \text{Τελικά ημερήσια συνολικά χλμ} - \text{Αρχικά ημερήσια συνολικά χλμ}$$

#### 4.2.4 Υπολογισμός μεγεθών ηλεκτρικού οχήματος ECOCAR

Στην Εικόνα 4.8 απεικονίζεται ενδεικτικά ένα μέρος του αρχείου επεξεργασίας που δημιουργήθηκε και αφορά τα δεδομένα του ηλεκτρικού οχήματος Ecocar για τις ημερομηνίες 15/06/2021 έως 22/06/2021.

Ημερομηνία	Ωρα	Ποσοστό φόρτισης SOC (%)	Ποσοστό φόρτισης από τον ήλιο (%)	AC	Ωρα έναρξης φόρτισης	Ωρα λήξης φόρτισης	Διάρκεια φόρτισης (hr)	Ποσοστό φόρτισης (%)	Συνολικά χιλιόμετρα (km)	Ημερήσια χιλιόμετρα (km)	Πλήρης φόρτιση	Διανυθέντα χιλιόμετρα μεταξύ πλήρων φορτίσεων (km)	Καταναλισκόμενη ενέργεια φόρτισης (kwh)	Πραγματική κατανάλωση οχήματος (kwh / 100km)
15-06-21	11:08	58							1767.7	52.4				
	11:29	43							1781.5					
	11:57	43							1781.5					
	12:23	35			12:35:00	17:10:00	4:35	65%	1797				7.09	
	18:51	100							1797			165.6		8.27
	19:03	95							1803.1					
	19:59	95							1803.1					
	20:13	89							1809.2					
	21:32	89							1809.2					
	22:28	80							1820.1					
16-06-21	10:17	80							1820.1	29.6				
	10:28	76							1825.5					
	11:06	76							1825.5					
	11:25	71	3						1830					
	16:39	74							1830					
	16:47	70							1834.5					
	19:00	70							1834.5					
	19:25	62							1841.9					
	21:23	62							1841.9					
	21:44	55							1849.7					
17-06-21	11:05	55							1849.7	23.6				
	11:14	51	3						1853.9					
	16:10	54							1853.9					
	16:19	50							1858.3					
	19:15	51							1858.3					
	20:06	45							1864.4					
	21:28	45							1864.4					
	21:47	38							1873.3					
	11:03	46	8						1873.3					
	11:15	42			11:25:00	15:20:00	3:55	58%	1878.9				6.05	
22-06-21	16:52	100							1878.9	28.3		81.9		7.38
	17:05	94							1885					
	20:04	94							1885					
	20:15	88							1891.1					
	21:34	88							1891.1					
	21:56	82							1899.6					
	23:19	82							1899.6					
	23:32	80							1901.6					

Εικόνα 4.8 Αρχείο επεξεργασίας δεδομένων ηλεκτρικού οχήματος για τις ημερομηνίες 15/06/2021 – 22/06/2021

Όπως είναι διακριτό στην Εικόνα 4.8, το μοναδικό μέγεθος το οποίο υπολογίστηκε και δεν έχει περιγραφεί προηγουμένως είναι το “Ποσοστό φόρτισης από τον ήλιο (%)”. Το συγκεκριμένο μέγεθος προσδιορίζει τη φόρτιση των συσσωρευτών του Ecocar από την ηλιακή ακτινοβολία, μέσω του φωτοβολταϊκού πάνελ που διαθέτει στην οροφή του. Ορισμένες φορές και συγκεκριμένα μετά από στάθμευση σε ήλιο, ο εκάστοτε οδηγός του οχήματος έβρισκε το όχημα με μεγαλύτερο ποσοστό μπαταρίας από ότι το άφησε, χωρίς να έχει μεσολαβήσει φόρτιση. Το γεγονός αυτό προφανώς αποδίδεται στη φόρτιση μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας.

Στο αρχείο επεξεργασίας δεδομένων του ηλεκτρικού οχήματος Ecocar, η αύξηση του ποσοστού φόρτισης λόγω φόρτισης από τον ήλιο, συμβολίζεται με πράσινη ένδειξη. Ο υπολογισμός του ποσοστού φόρτισης από τον ήλιο (%) έγινε ως εξής:

$$\text{Ποσοστό φόρτισης από τον ήλιο (\%)} = \text{Ποσοστό φόρτισης SOC (\%)} \text{ μετά τη στάθμευση σε μέρος με ηλιοφάνεια} - \text{Ποσοστό φόρτισης SOC (\%)} \text{ πριν τη στάθμευση σε μέρος με ηλιοφάνεια}$$

Όσον αφορά των υπολογισμό των υπόλοιπων μεγεθών που απεικονίζονται στην Εικόνα 4.8, η διαδικασία που τηρήθηκε έχει περιγραφεί αναλυτικά στην Υποενότητα 4.2.3.



#### 4.2.5 Υπολογισμός μεγεθών ηλεκτρικού λεωφορείου

Μετά την λήψη και επεξεργασία των δεδομένων οδήγησης και φόρτισης του ηλεκτρικού λεωφορείου, ακολούθησε η δημιουργία ενός αρχείου excel με σκοπό την επεξεργασία των υπάρχοντων μεγεθών. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.9, το αρχείο που δημιουργήθηκε και αφορά το λεωφορείο, διαφέρει με το αρχείο επεξεργασίας δεδομένων του ηλεκτρικού οχήματος Ecocar που απεικονίζεται στην Εικόνα 4.10. Συγκεκριμένα, στο αρχείο του λεωφορείου έγινε προσδιορισμός του τύπου της κάθε φόρτισης, υπολογισμός της μέσης τιμής των ενδείξεων της κατανάλωσης (kWh/100km) αλλά και υπολογισμός της απόκλισης της ένδειξης και της πραγματικής κατανάλωσης του ηλεκτρικού λεωφορείου (%). Σε αυτή την Ενότητα θα περιγραφεί η διαδικασία του υπολογισμού των προαναφερθέντων μεγεθών του ηλεκτρικού λεωφορείου.

Ημερομηνία	Ωρα	Ποσοστό φόρτισης SOC (%)	Ένδειξη κατανάλωσης (kWh / 100km)	Συνολικά χιλιόμετρα (km)	Ημερήσια χιλιόμετρα (km)	Αυτονομία (km)	AC	Ωρα έναρξης φόρτισης	Ωρα λήξης φόρτισης	Διάρκεια φόρτισης	Ποσοστό φόρτισης (%)	Τύπος φόρτισης	Πλήρης Φόρτιση	Διανυθέντα χιλιόμετρα μεταξύ πλήρων φορτίσεων (km)	Καταναλισκόμενη ενέργεια φόρτισης (kwh)	Πραγματική κατανάλωση λεωφορείου (kwh / 100km)	Μέση τιμή ενδείξεων κατανάλωσης (kWh / 100km)	Απόδοση ενδείξης και πραγματικής κατανάλωσης (%)	
01-06-21	7:42	99		4787	46	118	AC						Πλήρης Φόρτιση	115		52.02	37.75	38%	
	14:52	74	30.9	4833		89													
02-06-21	8:01	74	30.9	4833	30	89	AC												
	14:31	48	30.2	4863		57			14:40:00	18:05:00	3:25	52%	Ημιαγεία		24.45				
03-06-21	8:00	100		4863		119	AC						Πλήρης Φόρτιση	76		32.17	30.67	5%	
	14:30	61	38	4905		73													
06-06-21	9:40	61	38	4905		73	AC												
	14:30	61	38	4905		73													
07-06-21	8:36	61	38	4905		73	AC												
	15:05	30	37,6	4943		28			15:10:00	19:40:00	4:30	70%	Ημιαγεία		32.48				
08-06-21	7:53	100		4943	25	119	AC						Πλήρης Φόρτιση	80		40.60	38	7%	
	14:30	72	34.3	4968		89													
09-06-21	7:55	72	34.3	4968	33	89	AC												
	14:42	42	34.6	5001		47			14:50:00	18:40:00	3:50	58%	Ημιαγεία		27.33				
10-06-21	8:03	100		5001	29	119	AC						Πλήρης Φόρτιση	58		47.12	34.40	37%	
	14:19	77	31.2	5030		92													
11-06-21	7:56	77	31.2	5030	29	92	AC												
	14:32	54	31	5059		63													
14-06-21	8:02	54	31	5059	32	63	AC												
	14:44	22		5091		26			14:50:00	19:30:00	4:40	77%	Ημιαγεία		33.55				
15-06-21	8:15	99		5091	33	118	AC						Πλήρης Φόρτιση	90		37.28	31.10	20%	
	14:59	79	30.3	5124		85													
16-06-21	8:03	79	30.3	5124	35	85	AC												
	14:52	39	35.3	5159		37			15:00:00	18:55:00	3:55	56%	Ημιαγεία		28.45				
17-06-21	8:07	95		5159	28	93	AC												
	14:59	61	46.8	5187		53													
18-06-21	8:10	61	46.8	5187	31	53	AC												
	14:27	22	44.6	5218		28			14:35:00	19:25:00	4:50	45%	Ημιαγεία		34.87				
23-06-21	8:07	67	44.5	5218	56	63	AC												
	14:37	23	52.6	5274		24			14:45:00	19:15:00	4:30	76%	Ημιαγεία		32.42				
24-06-21	8:26	99		5274	24	93	AC						Πλήρης Φόρτιση	183		52.32	41.40	26%	
	14:23	58	56.7	5298		48													

Εικόνα 4.9 Αρχείο επεξεργασίας δεδομένων ηλεκτρικού λεωφορείου για τις ημερομηνίες 01/06/2021 – 24/06/2021

#### **4.2.5.1 Εύρεση τύπου φόρτισης**

Ο τύπος φόρτισης του ηλεκτρικού λεωφορείου υποδηλώνει αν η φόρτιση του ηλεκτρικού λεωφορείου ήταν αργή ή ημιταχεία. Η εύρεση του τύπου φόρτισης πραγματοποιήθηκε μέσω του συστήματος Carlo Gavazzi με την εύρεση του φορτιστή στον οποίο πραγματοποιήθηκε η εκάστοτε φόρτιση. Ο τύπος φόρτισης “Ημιταχεία” υποδηλώνει φόρτιση στον φορτιστή Cars\_Charger\_AC με μέση ισχύ φόρτισης περίπου 7.5 kWh, ενώ ο τύπος φόρτισης “Αργή” υποδηλώνει φόρτιση στον φορτιστή Bicycles\_Charger\_AC με μέση ισχύς φόρτισης περίπου 3.5 kWh. Αξίζει να αναφερθεί ότι από το σύνολο των 139 καταγεγραμμένων φορτίσεων του ηλεκτρικού λεωφορείου, οι 101 πραγματοποιήθηκαν με ημιταχεία φόρτιση και οι 32 με αργή φόρτιση, ενώ οι υπόλοιπες 7 φορτίσεις δεν είναι καταγεγραμμένες από το σύστημα Carlo Gavazzi ώστε να είναι γνωστός ο τύπος φόρτισης που εφαρμόστηκε.

#### **4.2.5.2 Υπολογισμός μέσης τιμής ενδείξεων κατανάλωσης**

Στη στήλη “Μέση τιμή ενδείξεων κατανάλωσης (kWh/100km)” αναγράφεται η μέση τιμή των ενδείξεων κατανάλωσης (kWh/100km) του λεωφορείου μεταξύ των πλήρων φορτίσεων. Πρέπει να σημειωθεί ότι μετά από τη πλήρη φόρτιση των συσσωρευτών του λεωφορείου η ένδειξη κατανάλωσης (kWh/100km) σχεδόν μηδενιζόταν. Για αυτόν τον λόγο λοιπόν όπως φαίνεται και στην Εικόνα 4.11, οι ενδείξεις κατανάλωσης μετά από πλήρη φόρτιση διαγράφηκαν καθώς επηρέαζαν τον υπολογισμό της μέσης τιμής των ενδείξεων κατανάλωσης (kWh/100km). Ωστόσο, τοποθετήθηκε σχόλιο με την τιμή που υπήρχε πριν τη διαγραφή για να κρατηθεί στο αρχείο. Για παράδειγμα, τις ημερομηνίες 01/06/2021 – 03/06/2021 η μέση τιμή των ενδείξεων κατανάλωσης (kWh/100km) υπολογίστηκε ως εξής :

$$\text{Μέση τιμή ενδείξεων κατανάλωσης (kWh/100km)} = \frac{30.9+30.9+30.2}{3} = 30.67 \text{ (kWh/100km)}$$

#### **4.2.5.3 Υπολογισμός απόκλισης ένδειξης και πραγματικής κατανάλωσης**

Στη στήλη “Απόκλιση ένδειξης και πραγματικής κατανάλωσης (%)” του αρχείου επεξεργασίας δεδομένων του ηλεκτρικού λεωφορείου που φαίνεται στην Εικόνα 4.9, υπολογίστηκε η ποσοστιαία διαφορά της πραγματικής κατανάλωσης (kWh/100km) και της

μέσης τιμής ενδείξεων κατανάλωσης (kWh/100km). Συγκεκριμένα, ο τύπος που εφαρμόστηκε για τον υπολογισμό της απόκλισης της ένδειξης και της πραγματικής κατανάλωσης (kwh/100km) (%) του ηλεκτρικού λεωφορείου είναι:

$$\text{Απόκλιση ένδειξης και πραγματικής κατανάλωσης (\%)} = \left\{ \frac{\text{Πραγματική κατανάλωση λεωφορείου } \left( \frac{kWh}{100km} \right)}{\text{Μέση τιμή ενδείξεων κατανάλωσης } \left( \frac{kWh}{100km} \right)} \right\} - 1$$

Δηλαδή για τις ημέρες 01/06/2021 – 03/06/2021 η απόκλιση ένδειξης και πραγματικής κατανάλωσης (%) υπολογίστηκε ως εξής:

$$\text{Απόκλιση ένδειξης και πραγματικής κατανάλωσης (\%)} = \left( \frac{32.17}{30.67} \right) - 1 = 0.048 = 5\%$$

## **5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Στο παρόν Κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων για τα δύο ηλεκτρικά οχήματα του Πανεπιστημίου. Τα αποτελέσματα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, αρχικά παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των δεδομένων του ηλεκτρικού οχήματος Ecocar και έπειτα του ηλεκτρικού λεωφορείου.

### **5.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ**

Όσον αφορά το ηλεκτρικό όχημα μετά την επεξεργασία των δεδομένων 40 φορτίσεων μεταξύ των ημερομηνιών 14/10/2020 – 23/11/2021 και τη διάνυση 2758.9 χιλιομέτρων υπολογίστηκαν συνολικά 30 καταναλώσεις ανά 100 χιλιόμετρα οι οποίες απεικονίζονται στο Σχήμα 5.1 και προέκυψαν τα εξής στοιχεία:

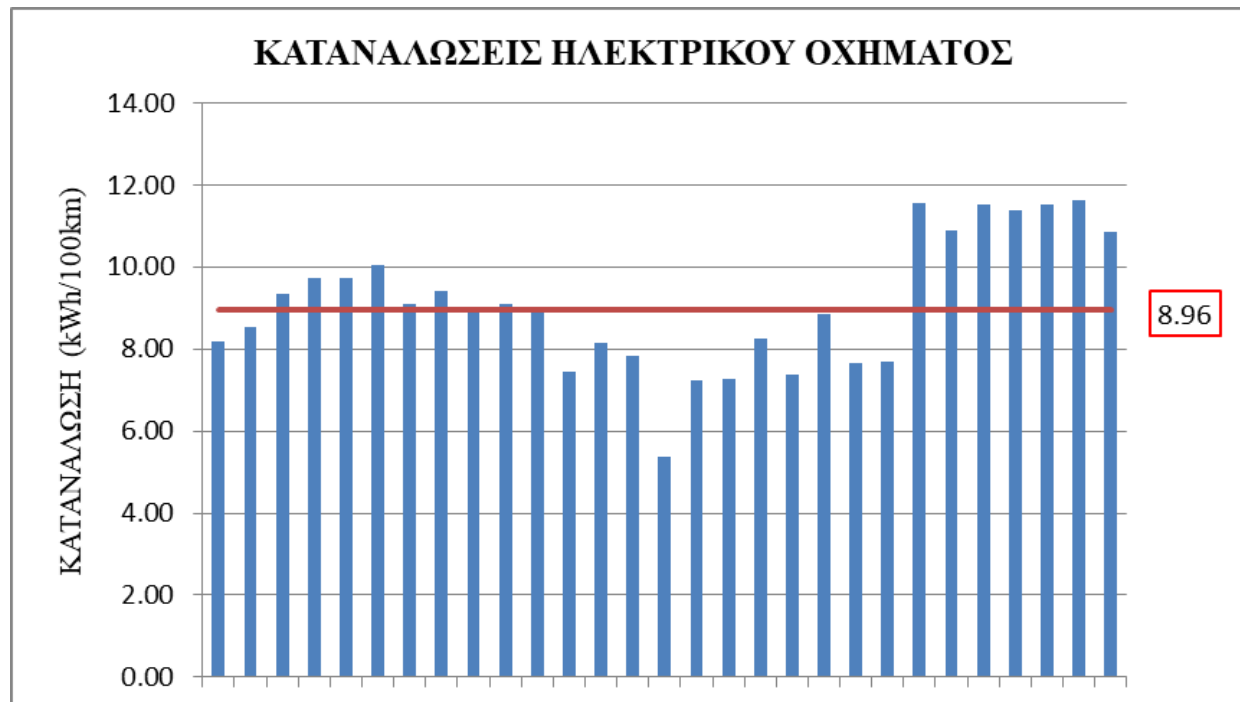
#### **5.1.1 Μέση κατανάλωση ηλεκτρικού οχήματος**

Η μέση υπολογιζόμενη κατανάλωση του ηλεκτρικού οχήματος αφορά τις ημερομηνίες 14/10/2020 – 23/11/2021, υπολογίστηκε μετά από 2639.9 χιλιόμετρα και αφορά δεδομένα 40 επιμέρους φορτίσεων. Η μέση κατανάλωση του ηλεκτρικού οχήματος για τις παραπάνω ημερομηνίες, χιλιόμετρα και φορτίσεις υπολογίστηκε σε 8.96 (kWh/100km) και αποτυπώνεται με παράλληλη κόκκινη γραμμή στα διαγράμματα που παρατίθενται παρακάτω.

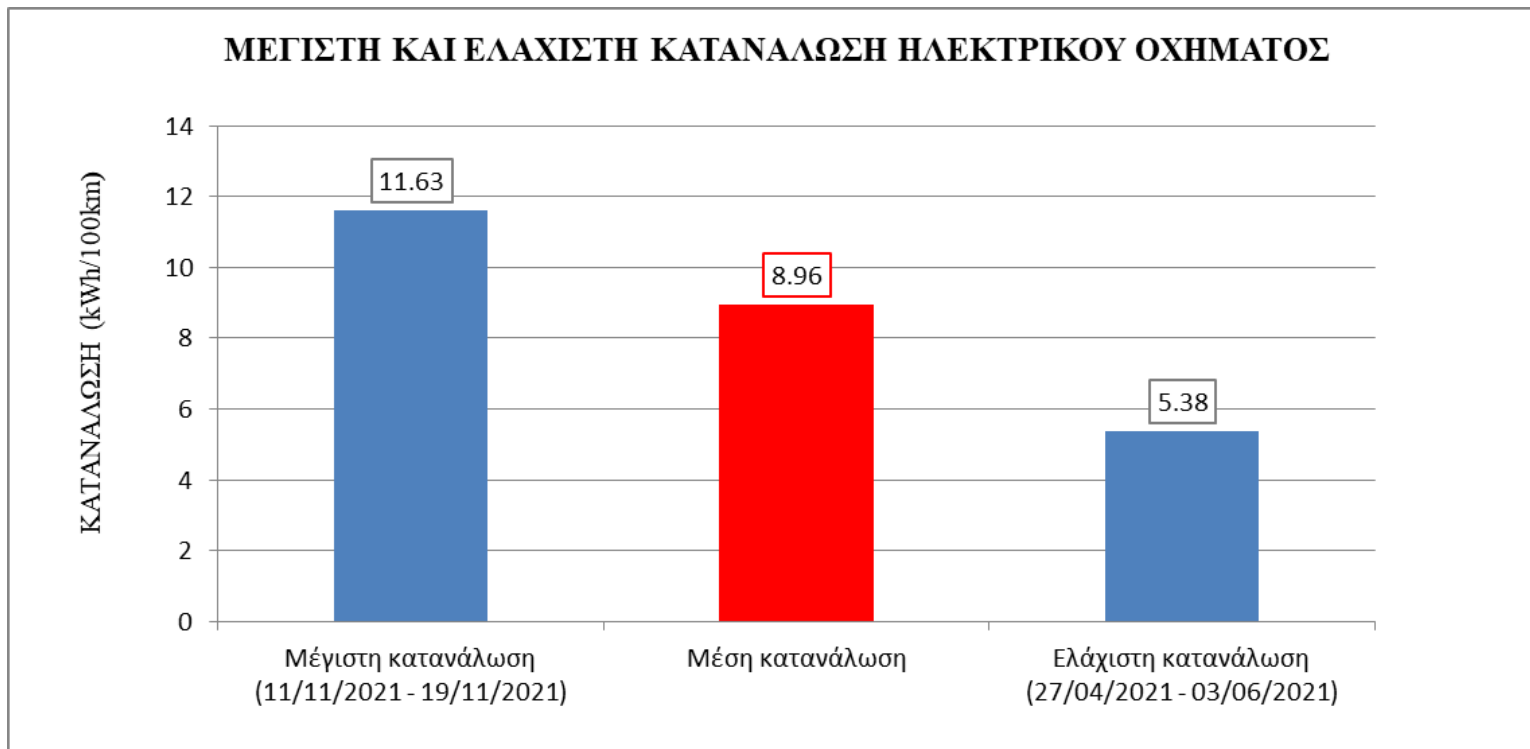
#### **5.1.2 Μέγιστη και ελάχιστη κατανάλωση ηλεκτρικού οχήματος**

Κατά την διάρκεια του υπολογισμού των καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας του ηλεκτρικού οχήματος του ΠΑ.Δ.Α υπολογίστηκαν συνολικά 30 επιμέρους καταναλώσεις. Σε ορισμένες περιπτώσεις παρατηρήθηκε μεγάλη απόκλιση μεταξύ των υπολογιζόμενων καταναλώσεων. Αναλυτικότερα, η ελάχιστη κατανάλωση του ηλεκτρικού οχήματος ήταν μόλις 5.38 (kWh/100km) και αφορούσε τις ημερομηνίες 27/04/2020 – 03/06/2021. Αξίζει να σημειωθεί ότι στο συγκεκριμένο διάστημα λόγω της υψηλής ηλιοφάνειας το συνολικό ποσοστό φόρτισης από τον ήλιο μέσω του φωτοβολταϊκού πλαισίου που διαθέτει το ηλεκτρικό όχημα,

ήταν 69%. Αυτό το μεγάλο ποσοστό φόρτισης από τον ήλιο δικαιολογεί την εξαιρετικά χαμηλή κατανάλωση του ηλεκτρικού οχήματος. Τις ημερομηνίες 21/07/2021 – 05/10/2021 υπολογίστηκε η μέγιστη κατανάλωση του ηλεκτρικού οχήματος η οποία ήταν 28.10 (kWh/100km). Η κατανάλωση αυτή είναι εξαιρετικά υψηλή, αν λάβει κανείς υπόψιν ότι η υπολογιζόμενη μέση κατανάλωση του ηλεκτρικού οχήματος ανέρχεται σε 8.96 (kWh/100km). Ωστόσο, πρέπει να διευκρινιστεί ότι το όχημα ήταν σταθμευμένο δίχως να τεθεί σε λειτουργία, για διάστημα σχεδόν δύο μηνών και συγκεκριμένα τις ημερομηνίες από 28/07/2021 έως 21/09/2021. Το γεγονός αυτό είχε ως αποτέλεσμα την πλήρη αυτοεκφόρτιση των συσσωρευτών του οχήματος από 67% σε 0%. Λόγω αυτού, το όχημα χρειάστηκε να φορτιστεί δύο φορές στις 23/09/2021 και στις 27/09/2021 και να λάβει συνολικά 9.83 (kWh) καταναλισκόμενης ενέργειας από το ηλεκτρικό δίκτυο που αντιστοιχούν σε φόρτιση 0 - 100%, για την διάνυση μόλις 35 χιλιομέτρων. Είναι χαρακτηριστικό το γεγονός ότι για την διάνυση 35 χιλιομέτρων τις ημερομηνίες 29/06/2021 – 01/07/2021 το eco-car δαπάνησε μόλις 50% της μπαταρίας του. Σημειώνεται ότι η συγκεκριμένη κατανάλωση θα ληφθεί υπόψιν σε ότι αφορά την καταναλισκόμενη ενέργεια από το δίκτυο, όμως δεν θα θεωρηθεί αυτή η μέγιστη κατανάλωση του ηλεκτρικού οχήματος, διότι οφείλεται στο φαινόμενο της αυτοεκφόρτισης των συσσωρευτών που έλαβε χώρα, το οποίο περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω. Για αυτόν τον λόγο δεν συμπεριλαμβάνεται και στο Σχήμα 5.1 και 5.2. Η μέγιστη κατανάλωση του ηλεκτρικού οχήματος αφορά τις ημερομηνίες 11/11/2021 – 19/11/2021 και υπολογίστηκε σε 11.63 (kWh/100km). Υπενθυμίζεται ότι από τις αρχές Οκτωβρίου οδηγός του ηλεκτρικού οχήματος ήταν ο κ. Κωστόπουλος, όπου στο διάστημα που είχε ανέλαβε εκείνος την οδήγηση του οχήματος όλες οι καταναλώσεις του οχήματος κυμάνθηκαν από 10.88 έως 11.63 (kWh/100km). Στο Σχήμα 5.2 απεικονίζεται το διάγραμμα μέγιστης και ελάχιστης κατανάλωσης του ηλεκτρικού οχήματος.



Σχήμα 5.1 Διάγραμμα καταναλώσεων ηλεκτρικού οχήματος



Σχήμα 5.2 Διάγραμμα μέγιστης και ελάχιστης κατανάλωσης ηλεκτρικού οχήματος



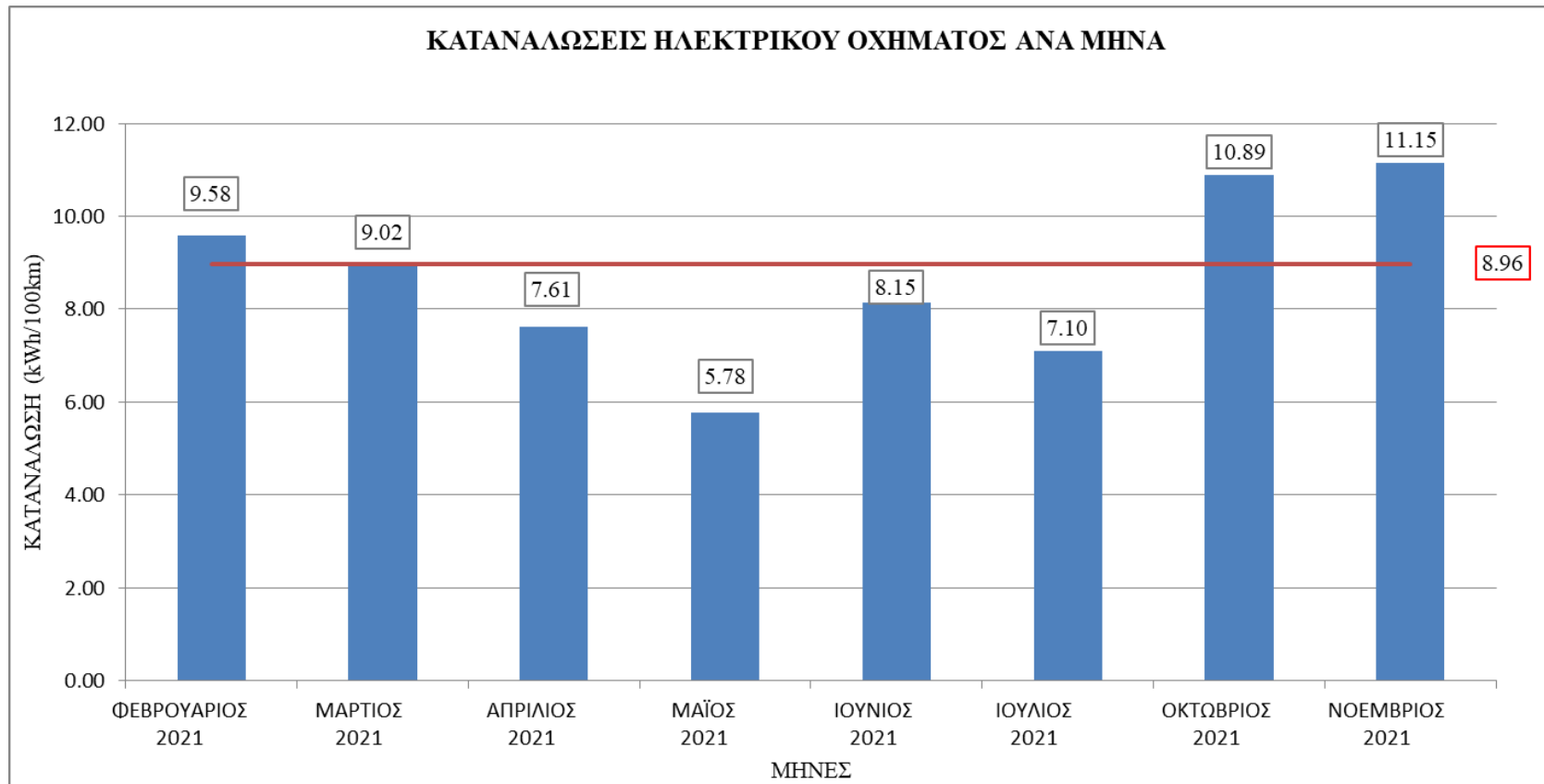
### 5.1.3 Μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικού οχήματος

Οι μηνιαίες καταναλώσεις του ηλεκτρικού οχήματος εμφάνισαν μεγάλες διακυμάνσεις. Το ηλεκτρικό όχημα είχε τη ελάχιστη μηνιαία κατανάλωση τον Μάιο του 2020 και συγκεκριμένα τις ημερομηνίες 05/05/2020 - 03/06/2020 όπου υπολογίστηκε σε 5.78 (kWh/100km). Αξίζει να σημειωθεί ότι τις συγκεκριμένες ημερομηνίες λόγω της στάθμευσης του αυτοκινήτου σε μέρη με ήλιο, το φωτοβολταϊκό πλαίσιο κατάφερε να αντλήσει μεγάλα ποσά ενέργειας. Συγκεκριμένα, η φόρτιση αποκλειστικά από τον ήλιο για το εν λόγω διάστημα υπολογίστηκε σε 59%. Η υψηλότερη μηνιαία κατανάλωση παρουσιάστηκε τον Νοέμβριο του 2021, αφορά το διάστημα μεταξύ 01/11/2021 και 30/11/2021 και υπολογίστηκε σε 11.84 (kWh/100km), ποσό υπερδιπλάσιο σε σχέση με την χαμηλότερη κατανάλωση του Μαΐου και 26% μεγαλύτερο από τη μέση κατανάλωση του οχήματος.

Ο λόγος που η κατανάλωση του Νοεμβρίου είναι σε τόσο υψηλά επίπεδα οφείλεται στο γεγονός ότι δεν υπήρχε δυνατότητα φόρτισης των συσσωρευτών μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, λόγω κακοκαιρίας. Επιπλέον, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 5.3 οι μήνες Οκτώβριος και Νοέμβριος του 2021 είναι οι μήνες με τις υψηλότερες μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας, γεγονός το οποίο αποδίδεται στον τρόπο οδήγησης από τον κ. Κωστόπουλο ο οποίος δεν υιοθέτησε έναν οικονομικό τρόπο οδήγησης σκοπίμως, με στόχο την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με το κατά πόσο επηρεάζεται η κατανάλωση αναλόγως το στυλ οδήγησης. Οι μήνες Φεβρουάριος και Μάρτιος με καταναλώσεις 9.58 (kWh/100km) και 9.02 (kWh/100km) αντίστοιχα, θεωρούνται φυσιολογικές καταναλώσεις αφού βρίσκονται κοντά στη μέση κατανάλωση του οχήματος που υπολογίστηκε σε 9.23 (kWh/100km). Όσον αφορά τους υπόλοιπους μήνες δηλαδή τον Απρίλιο, Μάιο, Ιούνιο και Ιούλιο οι υπολογιζόμενες καταναλώσεις είναι αρκετά χαμηλές και κυμαίνονται από 5.78 έως 8.15 (kWh/100km). Οι χαμηλές αυτές καταναλώσεις οφείλονται στην ηλιοφάνεια κατά τη διάρκεια των προαναφερθέντων μηνών, με αποτέλεσμα το καταγεγραμμένο ποσοστό φόρτισης και για τους τρεις αυτούς μήνες να ανέλθει σε 104%. Συγκεκριμένα, τον Απρίλιο πραγματοποιήθηκε φόρτιση 10% μέσω του φωτοβολταϊκού πάνελ, τον Μάιο 61% και τον Ιούνιο 33%. Στο Σχήμα 5.3 απεικονίζεται το διάγραμμα των μηνιαίων καταναλώσεων του ηλεκτρικού οχήματος (kWh/100km).

**Πίνακας 5.1 Καταναλώσεις ηλεκτρικού οχήματος ανά μήνα**

ΜΗΝΑΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΕΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh/100km)
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2021	( 02/02/2021 – 23/02/2021 )	9.58
ΜΑΡΤΙΟΣ 2021	( 02/03/2021 – 23/03/2021 )	9.02
ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2021	( 07/04/2021 – 26/04/2021 )	7.48
ΜΑΪΟΣ 2021	( 05/05/2021 – 03/06/2021 )	5.78
ΙΟΥΝΙΟΣ 2021	( 03/06/2021 – 29/06/2021 )	8.15
ΙΟΥΛΙΟΣ 2021	( 30/06/2021 – 27/07/2021 )	7.10
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2021	( 05/10/2021 – 26/10/2021 )	10.89
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2021	( 01/11/2021 – 30/11/2021 )	11.15



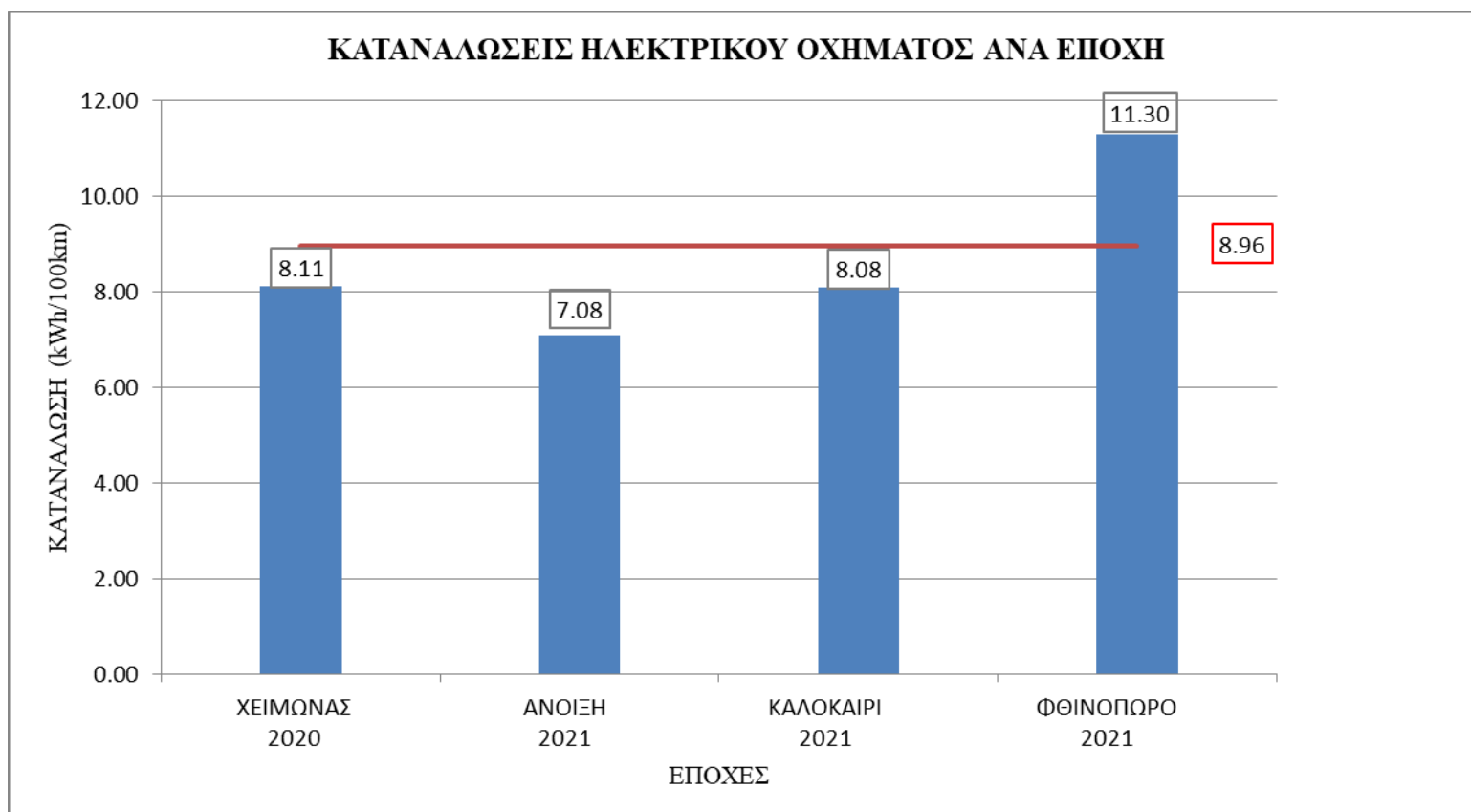
Σχήμα 5.3 Διάγραμμα καταναλώσεων ηλεκτρικού οχήματος ανά μήνα

#### 5.1.4 Εποχικές καταναλώσεις ηλεκτρικού οχήματος

Όπως στη περίπτωση του ηλεκτρικού λεωφορείου, έτσι και για το ηλεκτρικό όχημα του ΠΑ.Δ.Α υπολογίστηκε η κατανάλωση σε (kWh/100km) για κάθε εποχή ξεχωριστά. Τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν αφορούν τον Χειμώνα 2020, τη Άνοιξη, το Καλοκαίρι και το Φθινόπωρο του 2021. Στη περίπτωση του ηλεκτρικού οχήματος η εποχή με την υψηλότερη κατανάλωση δεν ήταν το Καλοκαίρι όπως θα ήταν αναμενόμενο. Αυτό συνέβη λόγω της ύπαρξης φωτοβολταϊκού πλαισίου με τη δυνατότητα αποθήκευσης της ηλιακής ενέργειας και μετατροπής σε ηλεκτρική ενέργεια για την φόρτιση των συσσωρευτών του οχήματος. Η μέγιστη εποχική κατανάλωση του ηλεκτρικού οχήματος ήταν το Φθινόπωρο του 2021, που αφορά το διάστημα μεταξύ 11/10/2021 και 01/12/2021. Η υπολογιζόμενη κατανάλωση για αυτές τις ημερομηνίες ήταν 11.30 (kWh/100 km). Το συγκεκριμένο ποσό ενέργειας είναι υψηλό, ωστόσο ήταν αναμενόμενο καθώς και από το διάγραμμα μηνιαίων καταναλώσεων του ηλεκτρικού οχήματος το οποίο απεικονίζεται στην Εικόνα 5.3, είναι φανερό ότι τον Οκτώβριο και τον Νοέμβριο του 2021 το όχημα είχε την υψηλότερη κατανάλωση. Η Άνοιξη και συγκεκριμένα το διάστημα μεταξύ 02/03/2021 – 31/05/2021 είναι η εποχή με την ελάχιστη εποχική κατανάλωση όπου το ηλεκτρικό όχημα κατανάλωσε μόλις 7.08 (kWh/100km). Η χαμηλή αυτή κατανάλωση αποδίδεται στην ηλιοφάνεια εκείνων των ημερομηνιών, καθώς υπολογίστηκε ότι οι συσσωρευτές του οχήματος φόρτισαν κατά 85% επιπλέον, αποκλειστικά μέσω του φωτοβολταϊκού πλαισίου που υπάρχει στην οροφή του Ecocar.

**Πίνακας 5.2 Καταναλώσεις ηλεκτρικού οχήματος ανά εποχή**

ΕΠΟΧΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΕΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh/100km)
ΧΕΙΜΩΝΑΣ 2020	( 15/12/2020 – 02/03/2021 )	8.11
ΑΝΟΙΞΗ 2021	( 02/03/2021 – 31/05/2021 )	7.08
ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ 2021	( 04/06/2021 – 28/07/2021 )	8.08
ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ 2021	( 11/10/2021 – 01/12/2021 )	11.30



Σχήμα 5.4 Διάγραμμα καταναλώσεων ηλεκτρικού οχήματος ανά εποχή

### 5.1.5 Αυτοεκφόρτιση συσσωρευτών ηλεκτρικού οχήματος

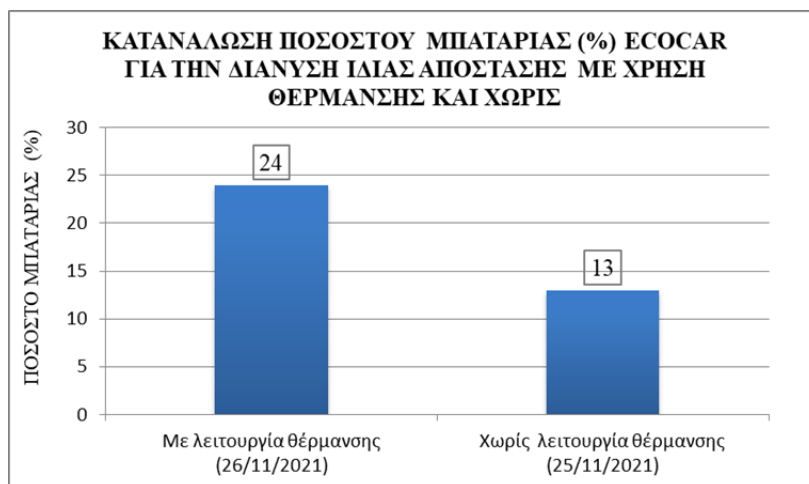
Κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας παρατηρήθηκε το φαινόμενο της αυτοεκφόρτισης των συσσωρευτών του ηλεκτρικού οχήματος συνολικά 4 φορές. Συγκεκριμένα, όταν το ηλεκτρικό όχημα έμεινε παρκαρισμένο στον χώρο του ΠΑ.Δ.Α χωρίς να χρησιμοποιείται για περίπου 2 μήνες τις ημερομηνίες 28/07/2021 έως και 21/09/2021, βρέθηκε με μηδενικό ποσοστό φόρτισης της μπαταρίας. Στον Πίνακα 5.3 αναφέρονται οι ημερομηνίες κατά τις οποίες αφαιρέθηκε ποσοστό μπαταρίας χωρίς την διάνυση χιλιομέτρων, καθώς και το ποσοστό φόρτισης που αφαιρέθηκε την εκάστοτε φορά. Κατά τη διάρκεια καταγραφής των δεδομένων παρουσιάστηκε 5 φορές συνολικά μείωση του ποσοστού της μπαταρίας λόγω του φαινομένου της αυτοεκφόρτισης. Αξίζει να σημειωθεί πως το φαινόμενο της αυτοεκφόρτισης των συσσωρευτών έλαβε χώρα λιγότερες φορές στο ηλεκτρικό όχημα από ότι στο ηλεκτρικό λεωφορείο. Το γεγονός αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στην δυνατότητα άντλησης ενέργειας μέσω του φωτοβολταϊκού πάνελ που διαθέτει το όχημα στην οροφή του.

**Πίνακας 5.3 Ημερομηνίες αυτοεκφόρτισης των συσσωρευτών του ηλεκτρικού οχήματος**

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΟΥ ΑΦΑΙΡΕΘΗΚΕ
06/06/2021	50	1
06/06/2021	49	
28/07/2021	67	67
21/09/2021	0	
27/10/2021	36	1
01/11/2021	35	
09/11/2021	71	1
10/11/2021	70	
19/11/2021	80	1
22/11/2021	79	

### 5.1.6 Επίδραση του συστήματος θέρμανσης στη κατανάλωση ενέργειας του ηλεκτρικού οχήματος

Το σύστημα θέρμανσης της καμπίνας του ηλεκτρικού οχήματος τέθηκε ελάχιστες φορές σε λειτουργία, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η εξαγωγή άρτιων συμπερασμάτων σχετικά με την επίδραση της λειτουργίας του κλιματισμού στην κατανάλωση ενέργειας των συσσωρευτών. Παρόλα αυτά είναι άξιο αναφοράς το γεγονός ότι στις 25/11/2021 διανύθηκαν 14 χιλιόμετρα και δαπανήθηκε 13% μπαταρίας χωρίς τη χρήση του συστήματος θέρμανσης, ενώ στις 26/11/2021 για την διάνυση ίδιας απόστασης με ενεργοποιημένη τη λειτουργία θέρμανσης δαπανήθηκε 24%. Δηλαδή στην περίπτωση όπου η λειτουργία θέρμανσης ήταν ενεργή χρειάστηκε περίπου 85% περισσότερη ενέργεια για την διάνυση ίδιας απόστασης. Σημειώνεται ότι οι ημερομηνίες που αναφέρονται παραπάνω είναι αρκετά κοντινές ώστε να μην λαμβάνονται υπόψιν τυχόν άλλοι παράγοντες επίδρασης όπως η θερμοκρασία περιβάλλοντος, ωστόσο η διαδρομή που πραγματοποιήθηκε στην κάθε περίπτωση δεν είναι καταγεγραμμένη με αποτέλεσμα να μην μπορεί να γίνει εξαγωγή ορθών συμπερασμάτων, καθώς η κατανάλωση ενέργειας ενδέχεται να διαφέρει λόγω διαφορετικού τύπου διαδρομής. Στο Σχήμα 5.5 απεικονίζεται το διάγραμμα κατανάλωσης ποσοστού μπαταρίας (%) του ηλεκτρικού οχήματος Ecocar για την διάνυση ίδιας απόστασης, στη περίπτωση όπου η λειτουργία θέρμανσης ήταν ενεργή και στη περίπτωση όπου ήταν ανενεργή.



Σχήμα 5.5 Διάγραμμα κατανάλωσης ποσοστού μπαταρίας (%) Ecocar για την διάνυση ίδιας απόστασης με χρήση θέρμανσης και χωρίς



### 5.1.7 Κόστος φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος για την διάνυση 100 χιλιομέτρων

Για τον υπολογισμό του κόστους φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος Ecocar για την διάνυση απόστασης 100 χιλιομέτρων, η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι η εξής. Υπολογίστηκε το κόστος €/kWh από τον λογαριασμό ρεύματος του ΠΑ.Δ.Α. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι σύμφωνα με την Δ.Ε.Η η τιμή της κιλοβατώρας διαφέρει αναλόγως την κατανάλωση. Η τιμή της κιλοβατώρας για το Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής υπολογίστηκε σε 0.145 €. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο υπολογισμός του κόστους φόρτισης είναι ενδεικτικός και δεν ανταποκρίνεται στη πραγματικότητα στη περίπτωση των ηλεκτρικών οχημάτων που εξετάζονται στη παρούσα Διπλωματική Εργασία, καθώς ο σταθμός φόρτισης Η/Ο του ΠΑ.Δ.Α. διαθέτει φωτοβολταϊκό πάνελ το οποίο όπως περιγράφεται παρακάτω, εξασφαλίζει εξολοκλήρου την φόρτιση των συσσωρευτών των δύο ηλεκτρικών οχημάτων. Ο υπολογισμός του κόστους φόρτισης για την διάνυση 100 χιλιομέτρων έγινε ως εξής:

Κόστος διάνυσης 100 χιλιομέτρων (€/100km) = Μέση κατανάλωση (kWh/100km) \* Τιμή κιλοβατώρας (€/kWh)

$$8.96 * 0.145 = 1.30 \text{ (€/100km)}$$

### 5.1.8 Απώλειες φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος

Ορισμένες φορές το ηλεκτρικό όχημα δεν αποσυνδεόταν από τη πρίζα μετά το τέλος της φόρτισης του. Το γεγονός αυτό είχε ως αποτέλεσμα το όχημα να συνεχίζει να λαμβάνει μηδαμινά ποσά ενέργειας. Η ελάχιστη αυτή ενέργεια που καταναλώνεται από το ηλεκτρικό δίκτυο αξιοποιείται για την διατήρηση της φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος, έως ότου το καλώδιο φόρτισης του οχήματος να αποσυνδεθεί από την πρίζα. Αυτή η ενέργεια που αντλείται μετά το πέρας της πλήρους φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος μπορεί να θεωρηθεί ως απώλεια ενέργειας και έτσι προτείνεται η αποσύνδεση του οχήματος από το δίκτυο όταν αυτό έχει πλέον φορτίσει πλήρως. Για παράδειγμα, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 5.1, στις 22/06/2021 το όχημα είχε φορτίσει πλήρως στις 15:25, ωστόσο παρέμεινε στην πρίζα μέχρι τις 16:55. Στο διάστημα αυτό η καταναλισκόμενη ενέργεια από το ηλεκτρικό δίκτυο υπολογίστηκε σε επιπλέον 0.025 kWh οι οποίες θεωρούνται απώλειες ενέργειας. Το ίδιο συνέβη και σε άλλες περιπτώσεις φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος. Συγκεκριμένα, από τις 39 φορτίσεις που

πραγματοποιήθηκαν στον σταθμό φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων του ΠΑ.Δ.Α οι 19 ήταν φορτίσεις κατά τις οποίες το όχημα παρέμεινε στη πρίζα ακόμη και μετά τη πλήρη φόρτιση του, με την συνολική περίσσεια ενέργεια που καταναλώθηκε να αντιστοιχεί σε 1.19 kWh. Δηλαδή για την ημερομηνία φόρτισης 22/06/2021, από τις 6.047 kWh που αντλήθηκαν συνολικά από το ηλεκτρικό δίκτυο, οι 6.022 kWh αξιοποιήθηκαν για την φόρτιση του οχήματος, ενώ οι υπόλοιπες 0.025 kWh αξιοποιήθηκαν για την διατήρηση της φόρτισης.

Επιπλέον, κατά τη διάρκεια επεξεργασίας των δεδομένων φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος παρατηρήθηκε ότι υπήρξαν περιπτώσεις όπου για το ίδιο ποσοστό φόρτισης η διάρκεια φόρτισης διέφερε κατά πολύ, ενώ η καταναλισκόμενη ενέργεια από το δίκτυο ήταν παρόμοια. Ειδικότερα , στις 26/10/2021 το ηλεκτρικό όχημα φόρτισε από 37 – 100%, δηλαδή 63% σε 4 ώρες και 30 λεπτά και έλαβε 6.89 kWh, ενώ στις 05/11/2021 για το ίδιο ποσοστό φόρτισης η διάρκεια της φόρτισης ήταν 3 ώρες και 30 λεπτά και αντλήθηκαν 5.41 kWh. Με βάση τα παραπάνω, εκτιμάται ότι το ποσοστό μπαταρίας του ηλεκτρικού λεωφορείου είναι αρκετά αντιπροσωπευτικό ωστόσο δεν είναι απόλυτο.

Date	Time	Bicycles_Charger_AC_Meter kW L1(kW) [AVG]	kWh
2021-06-22	11:25:00	0,13	0,011
2021-06-22	11:30:00	1,49	0,124
2021-06-22	11:35:00	1,50	0,125
2021-06-22	11:40:00	1,51	0,126
2021-06-22	11:45:00	1,51	0,126
2021-06-22	11:50:00	1,51	0,126
2021-06-22	11:55:00	1,51	0,126
2021-06-22	12:00:00	1,51	0,126
2021-06-22	12:05:00	1,51	0,126
2021-06-22	12:10:00	1,51	0,126
2021-06-22	12:15:00	1,51	0,126
2021-06-22	12:20:00	1,51	0,126
2021-06-22	12:25:00	1,51	0,126
2021-06-22	12:30:00	1,51	0,126
2021-06-22	12:35:00	1,51	0,126
2021-06-22	12:40:00	1,51	0,126
2021-06-22	12:45:00	1,51	0,126
2021-06-22	12:50:00	1,51	0,126
2021-06-22	12:55:00	1,51	0,126
2021-06-22	13:00:00	1,51	0,126
2021-06-22	13:05:00	1,51	0,126
2021-06-22	13:10:00	1,51	0,126
2021-06-22	13:15:00	1,51	0,126
2021-06-22	13:20:00	1,52	0,127
2021-06-22	13:25:00	1,52	0,127
2021-06-22	13:30:00	1,52	0,127
2021-06-22	13:35:00	1,52	0,127
2021-06-22	13:40:00	1,52	0,127
2021-06-22	13:45:00	1,52	0,127
2021-06-22	13:50:00	1,52	0,127
2021-06-22	13:55:00	1,52	0,127
2021-06-22	14:00:00	1,52	0,127
2021-06-22	14:05:00	1,52	0,127
2021-06-22	14:10:00	1,52	0,127
2021-06-22	14:15:00	1,52	0,127
2021-06-22	14:20:00	1,52	0,127
2021-06-22	14:25:00	1,52	0,127
2021-06-22	14:30:00	1,52	0,127
2021-06-22	14:35:00	1,52	0,127
2021-06-22	14:40:00	1,53	0,128
2021-06-22	14:45:00	1,53	0,128
2021-06-22	14:50:00	1,53	0,128
2021-06-22	14:55:00	1,53	0,128
2021-06-22	15:00:00	1,53	0,128
2021-06-22	15:05:00	1,53	0,128
2021-06-22	15:10:00	1,53	0,128
2021-06-22	15:15:00	1,53	0,128
2021-06-22	15:20:00	1,54	0,128
2021-06-22	15:25:00	0,84	0,070
2021-06-22	15:30:00	0,07	0,006
2021-06-22	15:35:00	0,03	0,003
2021-06-22	15:40:00	0,02	0,002
2021-06-22	15:45:00	0,02	0,002
2021-06-22	15:50:00	0,02	0,002
2021-06-22	15:55:00	0,02	0,002
2021-06-22	16:00:00	0,01	0,001
2021-06-22	16:05:00	0,01	0,001
2021-06-22	16:10:00	0,01	0,001
2021-06-22	16:15:00	0,01	0,001
2021-06-22	16:20:00	0,01	0,001
2021-06-22	16:25:00	0,01	0,001
2021-06-22	16:30:00	0,01	0,001
2021-06-22	16:35:00	0,01	0,001
2021-06-22	16:40:00	0,01	0,001
2021-06-22	16:45:00	0,01	0,001
2021-06-22	16:50:00	0,01	0,001
2021-06-22	16:55:00	0,01	0,001
		Σύνολο καταναλισκόμενης ενέργειας από το δίκτυο	6,047
		Καταναλισκόμενη ενέργεια μετά το πέρας της φόρτισης	0,025

Εικόνα 5.1 Απώλειες ενέργειας μετά το πέρας της πλήρους φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος για την ημερομηνία φόρτισης 22/06/2021

### **5.1.9 Επίδραση του τρόπου οδήγησης στη κατανάλωση ενέργειας του ηλεκτρικού οχήματος**

Όπως έχει ήδη αναφερθεί κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας υιοθετήθηκαν δύο διαφορετικοί τρόποι οδήγησης του ηλεκτρικού οχήματος Ecocar από διαφορετικούς οδηγούς. Από τις 13/10/2020 όπου και ξεκίνησε η καταγραφή των δεδομένων του οχήματος έως και τα τέλη Σεπτεμβρίου του 2021, τηρήθηκε οικονομικός τρόπος οδήγησης με σκοπό την μείωση της κατανάλωσης. Από αρχές Οκτωβρίου έως και τα τέλη Νοεμβρίου του 2021, ανέλαβε άλλος οδηγός την οδήγηση του οχήματος ο οποίος δεν διατήρησε το οικονομικό προφίλ οδήγησης σκοπίμως.

Το αποτέλεσμα ήταν να καταγραφούν οι υψηλότερες με διαφορά καταναλώσεις του ηλεκτρικού οχήματος κατά το διάστημα αυτό. Συγκεκριμένα κατά το διάστημα 12/10/2021 έως 05/11/2021 η μέση κατανάλωση του οχήματος υπολογίστηκε σε 11.16 (kWh/100km). Ενώ, για το διάστημα 14/10/2020 έως 06/11/2020 όπου εφαρμόστηκε προφίλ οδήγησης σε λειτουργία eco mode, η μέση κατανάλωση του Ecocar υπολογίστηκε σε 8.55 (kWh/100km). Αντιλαμβάνεται λοιπόν κανείς, ότι σε αυτή την περίπτωση η διατήρηση ενός οικονομικού τρόπου οδήγησης εξασφάλισε 30% χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί, θα ήταν ιδανικό να υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα καταγραφής της διαδρομής και των καιρικών συνθηκών, ώστε η σύγκριση της κατανάλωσης βάσει του τρόπου οδήγησης να είναι απολύτως ορθή και να μην εξαρτάται από άλλους παράγοντες.

## **5.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΛΕΩΦΟΡΕΙΟΥ**

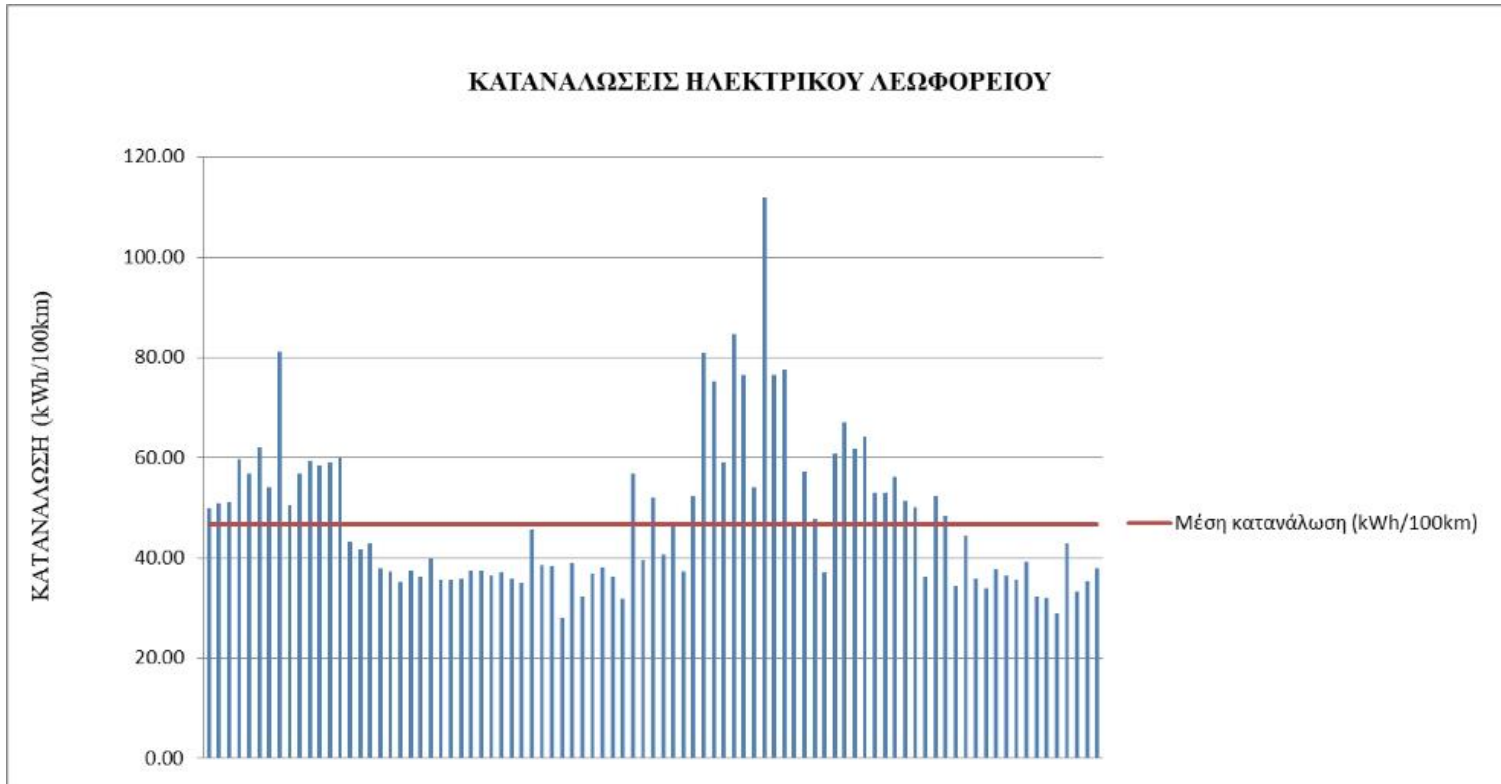
Από την επεξεργασία των δεδομένων 138 φορτίσεων μεταξύ των ημερομηνιών 29/05/20 - 30/11/21 και μετά τη διάνυση 7532 χιλιομέτρων έγινε εξαγωγή συμπερασμάτων όχι μόνο σχετικά με τη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του λεωφορείου, πως αυτή διαμορφώνεται και τους παράγοντες που την επηρεάζουν, αλλά και γενικότερα για την συμπεριφορά του οχήματος. Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας αυτής παρουσιάζονται και αναλύονται στο παρόν Υποκεφάλαιο.

### **5.2.1 Μέση κατανάλωση ηλεκτρικού λεωφορείου**

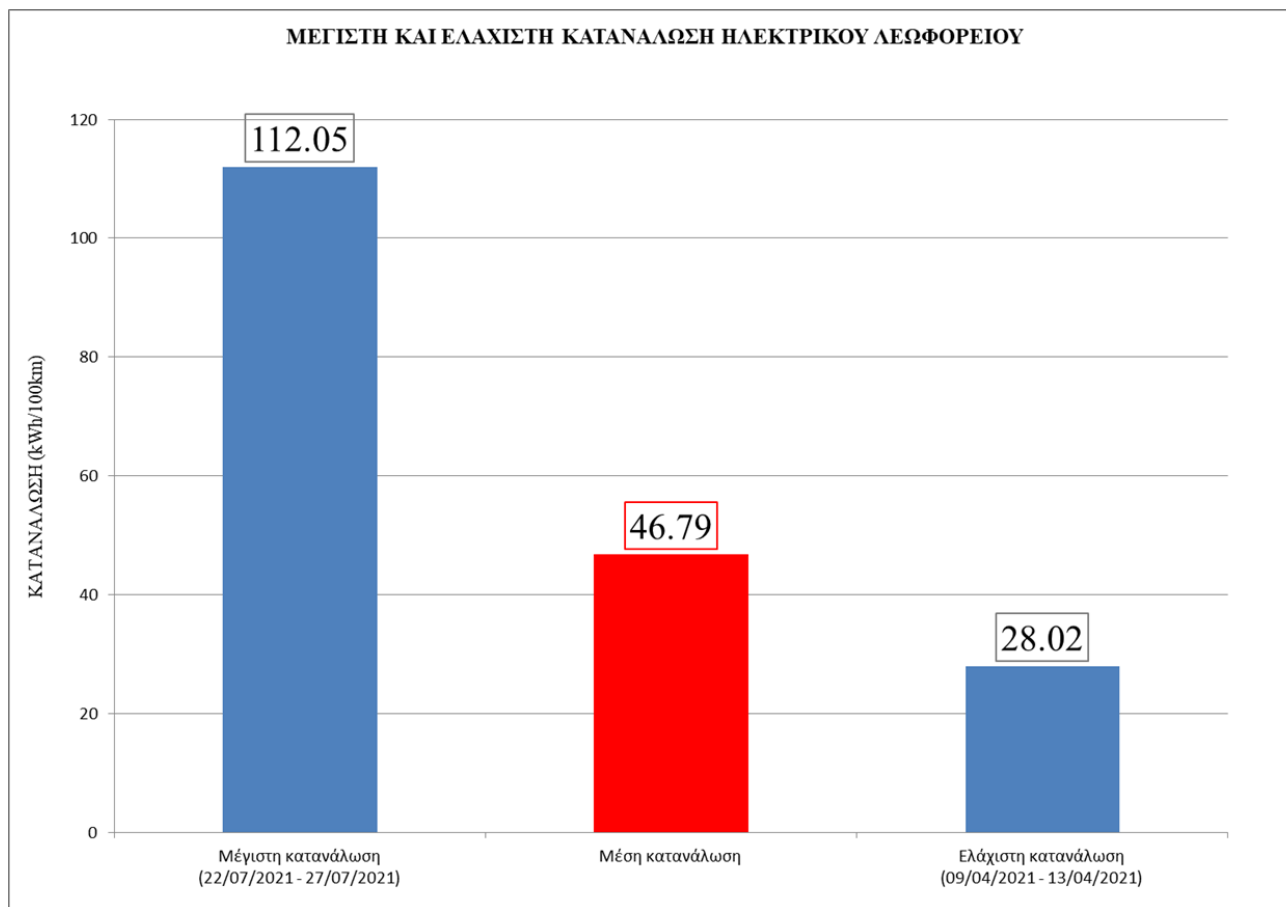
Η μέση κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh/100km) του ηλεκτρικού λεωφορείου αφορά τις ημερομηνίες 29/05/2020 έως 29/11/2021 και υπολογίστηκε σε 46.79 (kWh/100km). Επιπλέον αξίζει να σημειωθεί ότι υπολογίστηκε μετά από 7560 διανυθέντα χιλιόμετρα και αφορά δεδομένα 139 επιμέρους φορτίσεων. Για την ευκολία σύγκρισης με τις επιμέρους καταναλώσεις, η μέση κατανάλωση του ηλεκτρικού λεωφορείου απεικονίζεται με οριζόντια κόκκινη γραμμή στα διαγράμματα καταναλώσεων που ακολουθούν στην συνέχεια.

### **5.2.2 Μέγιστη και ελάχιστη κατανάλωση ηλεκτρικού λεωφορείου**

Κατά την διάρκεια της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, υπολογίστηκαν συνολικά 90 επιμέρους καταναλώσεις του ηλεκτρικού λεωφορείου. Οι καταναλώσεις αυτές διέφεραν μεταξύ τους κατά πολύ σε κάποιες περιπτώσεις και απεικονίζονται στο Σχήμα 5.6. Συγκεκριμένα, η ελάχιστη κατανάλωση ήταν μόλις 28.02 (kWh/100km), εντοπίστηκε τον μήνα Απρίλιο του 2021 και αφορά τις ημερομηνίες 09/04/2021 – 13/04/2021. Στον αντίποδα, η υψηλότερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας καταγράφηκε τον μήνα Ιούλιο του 2021 και συγκεκριμένα τις ημερομηνίες 22/07/2021 - 27/07/2021. Για το διάστημα αυτό η κατανάλωση του ηλεκτρικού λεωφορείου υπολογίστηκε σε 112.05 (kWh/100km). Το διάγραμμα της μέγιστης και της ελάχιστης κατανάλωσης του ηλεκτρικού λεωφορείου απεικονίζεται στο Σχήμα 5.7.



Σχήμα 5.6 Διάγραμμα καταναλώσεων ηλεκτρικού λεωφορείου



Σχήμα 5.7 Διάγραμμα μέγιστης και ελάχιστης κατανάλωσης ηλεκτρικού λεωφορείου

### 5.2.3 Μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικού λεωφορείου

Κατά τον υπολογισμό των μηνιαίων καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας (kWh/100km) του λεωφορείου παρατηρήθηκαν μεγάλες διακυμάνσεις στις τιμές των καταναλώσεων από μήνα σε μήνα. Για παράδειγμα, η χαμηλότερη μηνιαία κατανάλωση ήταν τον μήνα Δεκέμβριο του 2020 και υπολογίστηκε σε 31.42 (kWh/100km). Η συγκεκριμένη κατανάλωση είναι περίπου 49% χαμηλότερη σε σχέση με την μέση κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που υπολογίστηκε σε 46.77 (kWh/100km). Τον Ιούλιο του 2021 καταγράφηκε η υψηλότερη με διαφορά κατανάλωση του ηλεκτρικού λεωφορείου. Συγκεκριμένα η μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh/100km) του Ιουλίου υπολογίστηκε σε 90.05 (kWh/100km). Η κατανάλωση του ηλεκτρικού λεωφορείου για τον μήνα Ιούλιο είναι περίπου 2 φορές υψηλότερη από την μέση κατανάλωση του και 3 φορές μεγαλύτερη από την μικρότερη μηνιαία κατανάλωση του Δεκεμβρίου του 2020. Υπενθυμίζεται το γεγονός ότι η υψηλότερη κατανάλωση του ηλεκτρικού λεωφορείου είχε καταγραφεί πάλι τον μήνα Ιούλιο. Όπως είναι αντιληπτό η διαφορά μεταξύ της χαμηλότερης και της υψηλότερης μηνιαίας κατανάλωσης είναι εξαιρετικά μεγάλη. Γενικότερα παρατηρείται ότι κατά τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Σεπτέμβριο, οι μηνιαίες καταναλώσεις είναι αισθητά υψηλότερες συγκριτικά με τους υπόλοιπους μήνες. Πρέπει να σημειωθεί ότι δεν υπολογίστηκε η κατανάλωση τον μήνα Αύγουστο καθώς το ηλεκτρικό λεωφορείο δεν πραγματοποίησε δρομολόγια. Σε αντίθεση, τους μήνες Νοέμβριο μέχρι και Μάιο η κατανάλωση είναι σταθερά χαμηλότερη από τη μέση τιμή της. Εντύπωση προκαλεί η διαφορά της μηνιαίας κατανάλωσης για τον μήνα Οκτώβριο 2020 και Οκτώβριο του 2021 καθώς στη μια περίπτωση η μηνιαία κατανάλωση του ηλεκτρικού λεωφορείου ήταν 52.32 (kWh/100km) και στην άλλη μόλις 34.68 (kWh/100km). Αναλυτικά το διάγραμμα των μηνιαίων καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας (kWh/100km) του ηλεκτρικού λεωφορείου παρουσιάζεται παρακάτω. Στον Πίνακα 5.4 αποτυπώνονται οι μηνιαίες καταναλώσεις του ηλεκτρικού λεωφορείου καθώς και οι ημερομηνίες που εξετάστηκαν στην κάθε περίπτωση, ενώ στον Πίνακα 5.5 αναγράφονται οι μηνιαίες καταναλώσεις του λεωφορείου κατά αύξουσα σειρά.

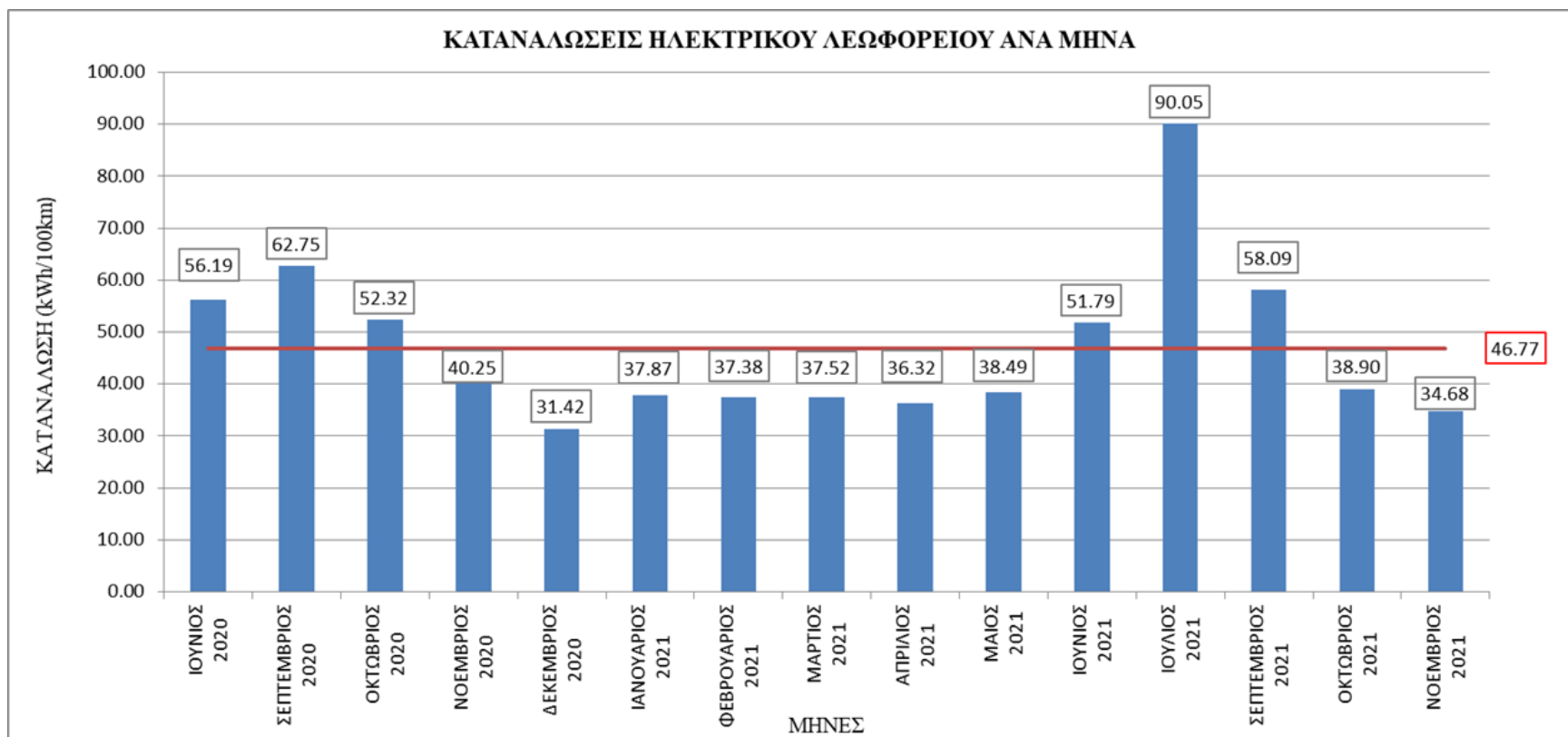


**Πίνακας 5.4 Κατανάλωσεις ηλεκτρικού λεωφορείου ανά μήνα**

ΜΗΝΑΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΕΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh/100km)
ΙΟΥΝΙΟΣ 2020	( 01/06/2020 – 29/06/2020 )	59.19
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2020	( 03/09/2020 – 24/09/2020 )	62.75
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2020	( 01/10/2020 – 29/10/2020 )	52.32
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2020	( 04/11/2020 – 26/11/2020 )	40.25
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2020	( 03/12/2020 – 18/12/2020 )	31.42
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2021	( 14/01/2021 – 29/01/2021 )	37.87
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2021	( 04/02/2021 – 26/02/2021 )	37.38
ΜΑΡΤΙΟΣ 2021	( 03/03/2021 – 30/03/2021 )	37.52
ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2021	( 09/04/2021 – 23/04/2021 )	36.32
ΜΑΪΟΣ 2021	( 10/05/2021 – 28/05/2021 )	38.49
ΙΟΥΝΙΟΣ 2021	( 01/06/2021 – 01/07/2021 )	51.79
ΙΟΥΛΙΟΣ 2021	( 01/07/2021 – 28/07/2021 )	90.05
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2021	( 03/09/2021 – 30/09/2021 )	58.09
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2021	( 01/10/2021 – 27/10/2021 )	38.90
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2021	( 03/11/2021 – 29/11/2021 )	34.68

**Πίνακας 5.5 Μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικού λεωφορείου κατά αύξουσα σειρά**

ΜΗΝΑΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh/100km)
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2020	31.42
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2021	34.68
ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2021	36.32
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2021	37.38
ΜΑΡΤΙΟΣ 2021	37.52
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2021	37.87
ΜΑΪΟΣ 2021	38.49
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2021	38.90
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2020	40.25
ΙΟΥΝΙΟΣ 2021	51.79
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2020	52.32
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2021	58.09
ΙΟΥΝΙΟΣ 2020	59.19
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2020	62.75
ΙΟΥΛΙΟΣ 2021	90.05



Σχήμα 5.8 Διάγραμμα καταναλώσεων ηλεκτρικού λεωφορείου ανά μήνα

#### 5.2.4 Εποχικές καταναλώσεις ηλεκτρικού λεωφορείου

Εκτός από τον υπολογισμό των μηνιαίων καταναλώσεων πραγματοποιήθηκε και υπολογισμός της κατανάλωσης ανά εποχή. Όσον αφορά το ηλεκτρικό λεωφορείο, οι εποχές που καταγράφηκαν είναι το Φθινόπωρο και ο Χειμώνας του 2020 καθώς και η Άνοιξη, το Καλοκαίρι και το Φθινόπωρο του 2021. Όπως ήταν αναμενόμενο, το καλοκαίρι είναι η εποχή που το λεωφορείο έχει την υψηλότερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh/100km). Συγκεκριμένα, πρόκειται για τις ημερομηνίες 01/06/2021 – 03/09/2021, όπου η κατανάλωση του ηλεκτρικού λεωφορείου υπολογίστηκε σε 65.52 (kWh/100km). Η υψηλή κατανάλωση κατά την εποχή του καλοκαιριού αποδίδεται στην παρατεταμένη χρήση του κλιματισμού λόγω της υψηλής θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Ωστόσο, σε κάποιες περιπτώσεις και συγκεκριμένα κατά τη περίοδο του καλοκαιριού η κατανάλωση του ηλεκτρικού λεωφορείου ήταν ιδιαίτερα υψηλή. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι από τις 8 υψηλότερες καταναλώσεις του ηλεκτρικού λεωφορείου οι 7 αφορούν το Καλοκαίρι και η μια από αυτές αφορά το διάστημα μεταξύ 03/09/2020 έως 10/09/2020. Εκτιμάται ότι η πλειονότητα των μέγιστων καταναλώσεων του ηλεκτρικού λεωφορείου συναντάται την εποχή του καλοκαιριού διότι συμβαίνει το εξής. Μετά το πέρας των καθημερινών δρομολογίων του ηλεκτρικού λεωφορείου η θερμοκρασία της μπαταρίας είναι σε υψηλά επίπεδα. Στις περιπτώσεις που το λεωφορείο μπαίνει για φόρτιση, η θερμοκρασία της μπαταρίας δεν μειώνεται διότι λαμβάνει χώρα η χημική αντίδραση της μπαταρίας λόγω της φόρτισης. Έτσι, θεωρείται ότι μέχρι και το τέλος της φόρτισης του ηλεκτρικού λεωφορείου είναι σε λειτουργία το σύστημα ψύξης των συσσωρευτών του οχήματος με αποτέλεσμα την αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας. Στον Πίνακα 5.6 αναγράφονται οι μέγιστες καταναλώσεις του ηλεκτρικού λεωφορείου. Η εποχή με την μικρότερη κατανάλωση ήταν ο Χειμώνας του 2020 και αφορά το διάστημα μεταξύ 07/12/2020 και 26/02/2021, όπου η υπολογιζόμενη κατανάλωση του ηλεκτρικού λεωφορείου ήταν μόλις 36.25 (kWh/100km). Γενικά το Φθινόπωρο η κατανάλωση του οχήματος βρίσκεται κοντά στη μέση υπολογιζόμενη κατανάλωση, ενώ τον Χειμώνα όπως και την Άνοιξη το όχημα έχει χαμηλή κατανάλωση και συγκεκριμένα περίπου 26% λιγότερο από την μέση κατανάλωση του. Στο Σχήμα 5.9 φαίνεται το διάγραμμα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (kWh/100km) του λεωφορείου ανά εποχή, ενώ παρατίθεται και ο Πίνακας 5.7 όπου φαίνονται οι καταγεγραμμένες εποχές με τις αντίστοιχες

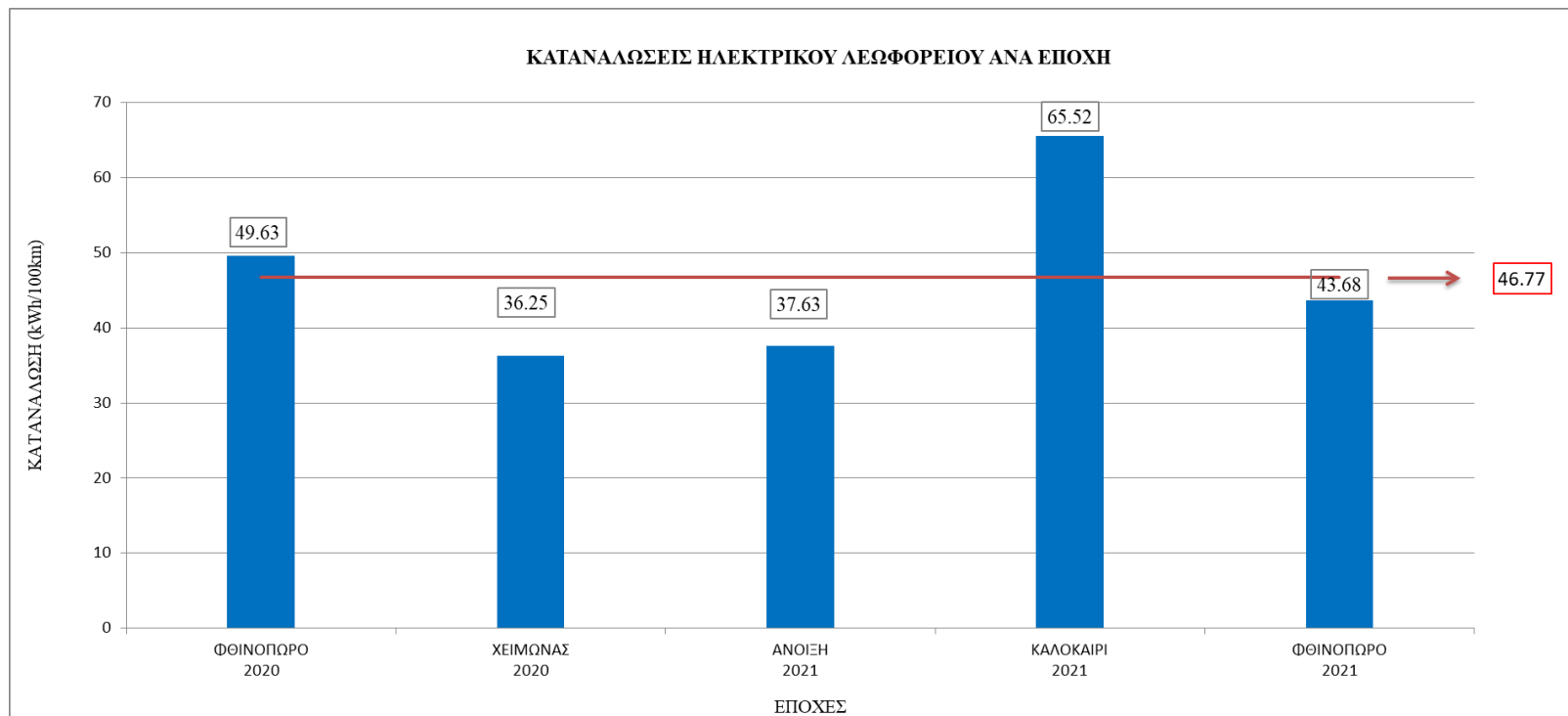
ημερομηνίες καθώς και τις αντίστοιχες καταναλώσεις του ηλεκτρικού λεωφορείου (kWh/100km).

**Πίνακας 5.6 Μέγιστες καταναλώσεις ηλεκτρικού λεωφορείου**

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΕΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh/100km)
( 22/07/2021 – 27/07/2021 )	112.05
( 08/07/2021 – 12/07/2021 )	84.68
( 24/06/2021 – 29/06/2021 )	80.89
( 03/09/2020 – 10/09/2020 )	81.20
( 27/07/2021 – 28/07/2021 )	76.53
( 12/07/2021 – 13/07/2021 )	76.48
( 29/06/2021 – 01/07/2021 )	75.24

**Πίνακας 5.7 Καταναλώσεις ηλεκτρικού λεωφορείου ανά εποχή**

ΕΠΟΧΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΕΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh/100km)
ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ 2020	( 08/09/2020 – 30/11/2020 )	49.35
ΧΕΙΜΩΝΑΣ 2020	( 07/12/2020 – 26/02/2021 )	36.25
ΑΝΟΙΞΗ 2021	( 02/03/2021 – 28/05/2021 )	37.63
ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ 2021	( 01/06/2021 – 03/09/2021 )	65.52
ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ 2021	( 03/09/2021 – 29/11/2021 )	43.68



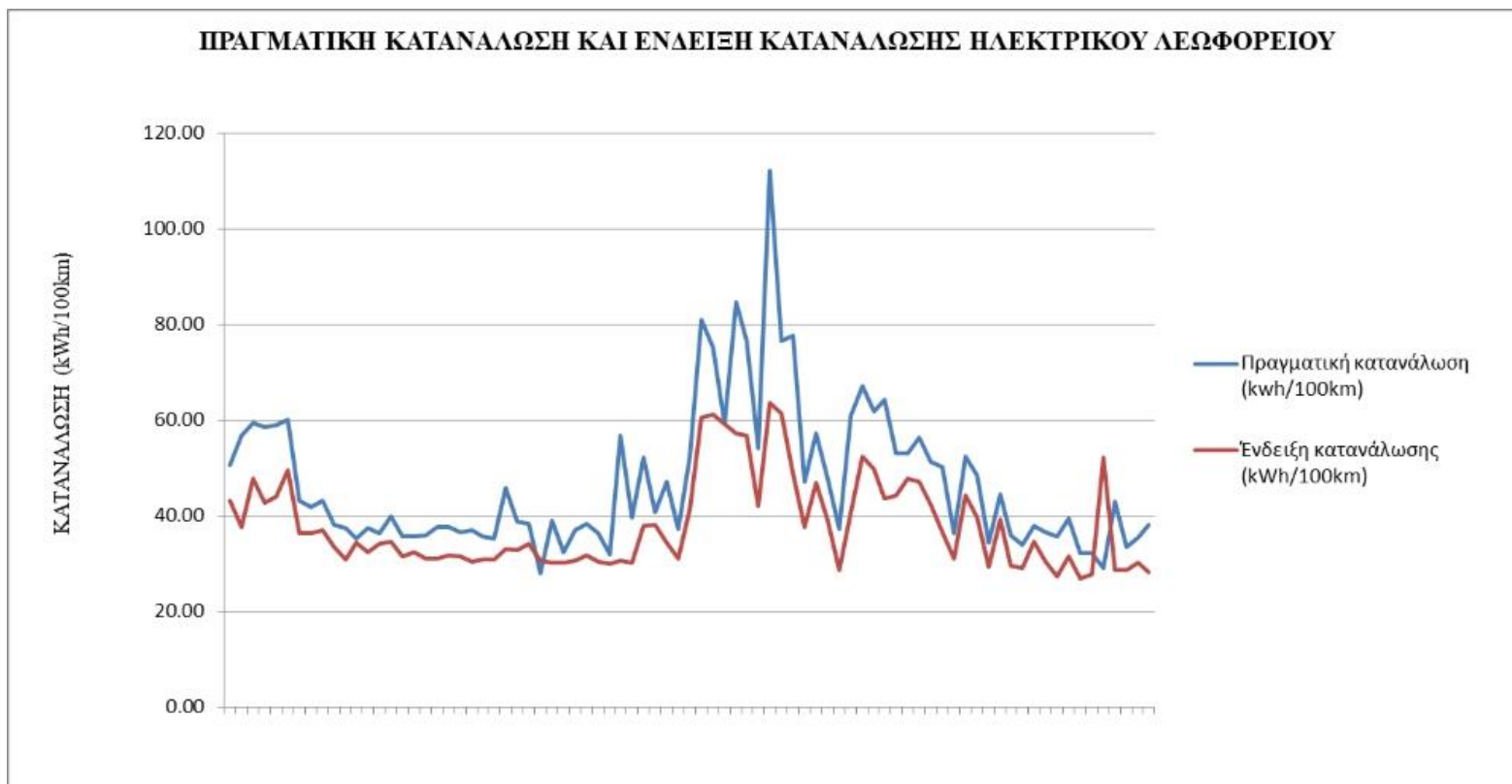
Σχήμα 5.9 Διάγραμμα καταναλώσεων ηλεκτρικού λεωφορείου ανά εποχή

### 5.2.5 Απόκλιση ένδειξης και πραγματικής κατανάλωσης του ηλεκτρικού λεωφορείου

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το ηλεκτρικό λεωφορείο του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής διαθέτει ένδειξη κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (kWh/100km). Είναι γνωστό το γεγονός ότι υπάρχει απόκλιση μεταξύ της ένδειξης κατανάλωσης και της πραγματικής κατανάλωσης σε όλα τα οχήματα. Όσον αφορά το ηλεκτρικό λεωφορείο, παρατηρήθηκε ότι μετά από φόρτιση του, η ένδειξη της κατανάλωσης μειώνεται σημαντικά. Ειδικότερα, μετά από πλήρη φόρτιση η τιμή της ένδειξης τείνει στο 0 (kWh/100km), ενώ μετά τη διάνυση κάποιων χιλιομέτρων επανέρχεται σε φυσιολογικές τιμές. Λόγω αυτού, στη παρούσα Διπλωματική Εργασία δεν λήφθηκαν υπόψιν οι τιμές της ένδειξης κατανάλωσης μετά από φόρτιση του λεωφορείου για τον υπολογισμό της μέσης τιμής των ενδείξεων κατανάλωσης. Συνολικά υπολογίστηκαν 80 μέσες τιμές ενδείξεων κατανάλωσης, καθώς και 80 αποκλίσεις μεταξύ της πραγματικής κατανάλωσης και της ένδειξης κατανάλωσης του λεωφορείου. Όσον αφορά τις 80 υπολογιζόμενες αποκλίσεις, το μεγαλύτερο μέρος και συγκεκριμένα οι 60 κυμαίνονται μεταξύ 0-30%. Μεταξύ 32 - 48% κυμαίνονται οι 12 από αυτές και μόλις 6 από αυτές υπερβαίνουν το 50% με την μέγιστη απόκλιση να αγγίζει το 85%. Αξίζει να σημειωθεί ότι μόνο σε δύο περιπτώσεις η μέση τιμή των ενδείξεων της κατανάλωσης ήταν μικρότερη από την πραγματική κατανάλωση του ηλεκτρικού λεωφορείου. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 5.10, οι γραμμές της πραγματικής και της ένδειξης κατανάλωσης του ηλεκτρικού λεωφορείου παρουσιάζουν μια συνάφεια, καθώς το μοτίβο που ακολουθούν είναι πανομοιότυπο, ωστόσο διαφέρουν κατά πολύ. Με βάση τα παραπάνω, η ένδειξη κατανάλωσης ενέργειας του ηλεκτρικού λεωφορείου δεν κρίνεται αξιόπιστη.

Σε κάθε περίπτωση όμως, ο εκάστοτε οδηγός οφείλει να γνωρίζει ότι η αναγραφόμενη κατανάλωση είναι μικρότερη από την πραγματική, με την διαφορά τους στις περισσότερες περιπτώσεις να κυμαίνεται από 0 έως 30%, ενώ ο μέσος όρος των αποκλίσεων υπολογίστηκε σε 23%.





Σχήμα 5.10 Διάγραμμα πραγματικής και ένδειξης κατανάλωσης ηλεκτρικού λεωφορείου

## 5.2.6 Κόστος φόρτισης ηλεκτρικού λεωφορείου για την διάνυση 100 χιλιομέτρων

Για την μέση κατανάλωση του ηλεκτρικού λεωφορείου που υπολογίστηκε σε 46.79 (kWh/100km) το κόστος ανέρχεται σε 6.78 (€/100km) και προκύπτει από τον τύπο:

Κόστος διάνυσης 100 χιλιομέτρων (€/100km) = Μέση κατανάλωση (kWh/100km) \* Τιμή κίλοβατώρας (€/kWh)

$$46.79 * 0.145 = 6.78 \text{ (€/100km)}$$

## 5.2.7 Διάρκεια φόρτισης σε “Αργή” και “Ημιταχεία” φόρτιση

Υπολογίστηκε ότι για φόρτιση των συσσωρευτών του ηλεκτρικού λεωφορείου από 20 έως 100% σε “Αργή” φόρτιση μέσω του φορτιστή Bicycles\_Charger\_AC η φόρτιση διαρκεί περίπου 8 ώρες και 30 λεπτά, ενώ για φόρτιση του ίδιου ποσοστού σε “Ημιταχεία” φόρτιση, η αντίστοιχη διάρκεια ήταν 5 ώρες.

## 5.2.8 Αυτοεκφόρτιση συσσωρευτών ηλεκτρικού λεωφορείου

Υπήρχαν περιπτώσεις κατά τις οποίες παρατηρήθηκε το φαινόμενο της αυτοεκφόρτισης των συσσωρευτών του ηλεκτρικού λεωφορείου. Παρακάτω στον Πίνακα 5.8 αναφέρονται οι ημερομηνίες κατά τις οποίες αφαιρέθηκε ποσοστό μπαταρίας χωρίς την διάνυση χιλιομέτρων, καθώς και το ποσοστό φόρτισης που αφαιρέθηκε την κάθε φορά. Κατά τη διάρκεια καταγραφής και επεξεργασίας των δεδομένων φόρτισης του ηλεκτρικού λεωφορείου, παρουσιάστηκε 9 φορές συνολικά μείωση του ποσοστού της μπαταρίας λόγω του φαινομένου της αυτοεκφόρτισης, ενώ συνολικά αφαιρέθηκε 19% από τους συσσωρευτές του ηλεκτρικού λεωφορείου

**Πίνακας 5.8 Ημερομηνίες αυτοεκφόρτισης των συσσωρευτών του ηλεκτρικού λεωφορείου**

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΟΥ ΑΦΑΙΡΕΘΗΚΕ (%)
18/06/2020	53	1
19/06/2020	52	
03/09/2020	65	1
07/09/2020	64	
08/09/2020	49	1
09/09/2020	48	
15/09/2020	56	1
16/09/2020	55	
18/09/2020	44	1
21/09/2020	43	
20/10/2020	48	1
21/10/2020	47	
14/07/2021	33	3
15/07/2021	30	
04/11/2021	37	8
05/11/2021	29	
12/11/2021	31	2
17/11/2021	29	
ΣΥΝΟΛΟ		19

### 5.2.9 Επίδραση του συστήματος AC στη κατανάλωση ενέργειας του ηλεκτρικού λεωφορείου

Το σύστημα θέρμανσης - κλιματισμού στην περίπτωση ενός ηλεκτρικού οχήματος καταναλώνει ενέργεια από τους συσσωρευτές τόσο για την ψύξη, όσο και για τη θέρμανση της καμπίνας του οχήματος. Σε αντίθεση, στα συμβατικά οχήματα το καλοριφέρ λειτουργεί με την απορριπτόμενη στο περιβάλλον ενέργεια. Επιπλέον ενέργεια καταναλώνεται αν υπάρχουν θερμαινόμενα καθίσματα ή αν τεθεί σε λειτουργία η αντίσταση του πίσω παρμπρίζ ή οι υαλοκαθαριστήρες (Λουπάκης, 2021). Παρατηρήθηκε ότι για την διάνυση ίδιας απόστασης το ηλεκτρικό λεωφορείο δαπανά μεγαλύτερο ποσό ενέργειας των συσσωρευτών όταν είναι ενεργή η λειτουργία AC. Στον Πίνακα 5.9 παρουσιάζονται ενδεικτικά οι ημερομηνίες για την διάνυση ίδιων χιλιομέτρων και τα ποσοστά μπαταρίας που δαπανήθηκαν με και χωρίς τη χρήση κλιματισμού. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι οι ημερομηνίες όπου το λεωφορείο διένυσε την ίδια απόσταση με χρήση AC και χωρίς, διαφέρουν κατά πολύ, με αποτέλεσμα η διαφορά στο ποσοστό μπαταρίας που δαπανήθηκε να έχει επηρεαστεί και από άλλους παράγοντες, όπως οι διαφορετικές καιρικές συνθήκες.

Πίνακας 5.9 Ποσοστό μπαταρίας που δαπανήθηκε για την διάνυση ίδιας απόστασης με χρήση AC και χωρίς

Χρήση AC	Ημερομηνία	Χιλιόμετρα που διανύθηκαν	Ποσοστό μπαταρίας που δαπανήθηκε (%)
OFF	16/03/2021	29	24
ON	28/07/2021	29	56
OFF	19/03/2021	20	17
ON	27/08/2021	20	27
OFF	20/04/2021	33	25
OFF	26/05/2021	33	36
ON	13/07/2021	33	58
OFF	19/05/2021	32	26
ON	27/07/2021	32	54

Παρατηρείται ότι τις ημερομηνίες 20/04/2021 και 26/05/2021 χωρίς την χρήση κλιματισμού για διάνυση απόστασης 33 χιλιομέτρων και στις δύο περιπτώσεις, την μια φορά δαπανήθηκε 25% μπαταρίας, ενώ την άλλη 36%, δηλαδή μια διαφορά της τάξης του 44%. Με βάση τα παραπάνω, είναι βέβαιο ότι με την χρήση κλιματισμού δαπανάται μεγαλύτερο ποσό ενέργειας από τους συσσωρευτές, ωστόσο το ποσοστό ενέργειας που δαπανάται σε κάθε διαδρομή τείνει να διαφέρει ανεξαρτήτως από την χρήση κλιματισμού, καθώς επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες όπως τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, τον τρόπο οδήγησης και άλλα.

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία πραγματοποιήθηκε ανάλυση των ενεργειακών δεδομένων των ηλεκτρικών οχημάτων του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, προκειμένου να μελετηθούν σε βάθος. Στο παρόν Κεφάλαιο παρουσιάζονται τα κυριότερα συμπεράσματα που προέκυψαν. Παρουσιάζεται η εκπόνηση ενός πειράματος υπό πραγματικές συνθήκες οδήγησης με σκοπό τη διερεύνηση των ενεργειακών δεδομένων και ιδιαίτερα της κατανάλωσης των ηλεκτρικών οχημάτων του ΠΑ.Δ.Α. Η διεξαγωγή της παρούσας μελέτης υπό πραγματικές συνθήκες οδήγησης αποτελεί μια πρωτοτυπία καθώς σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία είναι ελάχιστες οι περιπτώσεις όπου έχει πραγματοποιηθεί διερεύνηση της κατανάλωσης των ηλεκτρικών οχημάτων καθώς και των παραγόντων που την επηρεάζουν, υπό πραγματικές συνθήκες οδήγησης.

Σε γενικές γραμμές τον χειμώνα και την άνοιξη οι καταναλώσεις και των δύο ηλεκτρικών οχημάτων που μελετώνται στη παρούσα Διπλωματική Εργασία είναι χαμηλές, ενώ το Καλοκαίρι, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών και της παρατεταμένης χρήσης AC, καθώς και της λειτουργίας ψύξης των συσσωρευτών κατά την φόρτιση σε υψηλές θερμοκρασίες, η κατανάλωση του ηλεκτρικού λεωφορείου φτάνει στα υψηλότερα καταγεγραμμένα επίπεδα. Το ίδιο εκτιμάται ότι θα συνέβαινε και για το Ecocar, αν δεν διέθετε φωτοβολταϊκό πλαίσιο στην οροφή του. Για το ηλεκτρικό όχημα το φθινόπωρο είναι η εποχή με την υψηλότερη κατανάλωση, ενώ για το ηλεκτρικό λεωφορείο είναι η εποχή με την αμέσως υψηλότερη κατανάλωση μετά το καλοκαίρι. Σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία, η κατανάλωση των ηλεκτρικών οχημάτων φτάνει στα υψηλότερα επίπεδα την εποχή του χειμώνα. Ωστόσο, στην περίπτωση της Ελλάδας με τις όχι ακραία χαμηλές θερμοκρασίες και για την διάνυση σύντομων διαδρομών μικρής απόστασης που πραγματοποιήθηκαν, χωρίς την συχνή χρήση της λειτουργίας θέρμανσης, δεν προκύπτει αυτό το συμπέρασμα.

Πιο συγκεκριμένα, μετά την διάνυση 2639.9 χιλιομέτρων με το ηλεκτρικό όχημα Ecocar, η μέση κατανάλωση ήταν 8.96 (kWh/100km), με αυτό να συνεπάγεται ότι η διάνυση 100 χιλιομέτρων κοστίζει μόλις 1.30 (€/100km). Αντίστοιχα για το ηλεκτρικό λεωφορείο όπου το

πλήθος των διαθέσιμων δεδομένων ήταν μεγαλύτερο, για την διάνυση 7560 χιλιομέτρων η μέση κατανάλωση υπολογίστηκε σε 46.79 (kWh/100km) με το κόστος διάνυσης των 100 χιλιομέτρων να ισούται με 6.78 (€/100km). Οι παραπάνω υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν δεδομένου ότι η ενέργεια που αξιοποιείται για την φόρτιση των συσσωρευτών των δύο οχημάτων, αντλείται αποκλειστικά από το ηλεκτρικό δίκτυο. Ωστόσο, στη περίπτωση των ηλεκτρικών οχημάτων που μελετώνται στη παρούσα Διπλωματική Εργασία εκτιμάται ότι η ενέργεια που αντλήθηκε για τη φόρτιση τους έχει παραχθεί εξ' ολοκλήρου μέσω της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης που διαθέτει ο σταθμός φόρτισης του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, καθώς έχει αποδειχθεί ότι ένας σταθμός με ηλιακά πάνελ έκτασης 20 τετραγωνικών μέτρων, έχει δυνατότητα παραγωγής ενέργειας για την διάνυση 20000 χιλιομέτρων ετησίως (Kostopoulos, 2018). Υπενθυμίζεται ότι σύμφωνα με τα έως τώρα δεδομένα το ηλεκτρικό λεωφορείο διήνυσε περίπου 6000 χιλιόμετρα τον χρόνο, ενώ το ηλεκτρικό όχημα Ecocar μόλις 2000 χιλιόμετρα ανά έτος.

Οι καταναλώσεις του ηλεκτρικού οχήματος Ecocar από τις αρχές Οκτωβρίου έως και τα τέλη Νοεμβρίου, ήταν οι υψηλότερες που καταγράφηκαν στη παρούσα Διπλωματική Εργασία. Το γεγονός αυτό εκτιμάται ότι οφείλεται και στην αλλαγή του οδηγού ο οποίος δεν διατήρησε το οικονομικό προφίλ οδήγησης. Ενδεικτικά, κατά τις ημερομηνίες 14/10/2020 έως 06/11/2020 με οδήγηση σε λειτουργία eco mode, η μέση κατανάλωση του οχήματος υπολογίστηκε σε 8.55 (kWh/100km), ενώ για την αντίστοιχη εποχή και τις ημερομηνίες 12/10/2021 έως 05/11/2021, όπου πραγματοποιήθηκε αλλαγή του οδηγού και του προφίλ οδήγησης, η κατανάλωση υπολογίστηκε σε 11.16 (kWh/100km). Με βάση τα παραπάνω, στη συγκεκριμένη περίπτωση η οδήγηση σε λειτουργία εξοικονόμησης ενέργειας εξασφάλισε περίπου 30% χαμηλότερη κατανάλωση. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι ο τύπος διαδρομής και οι καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν δεν ήταν καταγεγραμμένες σε καμία από τις δύο περιπτώσεις. Λόγω αυτού, η αλλαγή στην κατανάλωση δεν μπορεί να αποδοθεί πλήρως στον τρόπο οδήγησης. Σε μελλοντική μελέτη μπορεί να διερευνηθεί περαιτέρω η επίδραση του τρόπου οδήγησης στην κατανάλωση ενέργειας, με την πραγματοποίηση ίδιων διαδρομών υπό παρόμοιες καιρικές συνθήκες, με διαφορετικό στιλ οδήγησης.

Η αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του φωτοβολταϊκού πλαισίου προσδίδει σημαντικά ποσά ενέργειας στους συσσωρευτές του ηλεκτρικού οχήματος Ecocar που μελετάται στη παρούσα εργασία. Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας το όχημα κατάφερε να φορτίσει αποκλειστικά μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας σε μεγάλο βαθμό. Συγκεκριμένα, το ημερήσιο ποσοστό φόρτισης από τον ήλιο τις ημέρες με ηλιοφάνεια, υπολογίστηκε ότι κυμαίνεται από 1-3%, αναλόγως την εποχή, τη θέση, καθώς και τη διάρκεια στάθμευσης του οχήματος. Η δυνατότητα φόρτισης μέσω του φωτοβολταϊκού πλαισίου έχει ως αποτέλεσμα την σημαντική μείωση της κατανάλωσης του οχήματος, αφού είναι χαρακτηριστικό το γεγονός ότι κατά το διάστημα 27/04/2021 – 03/06/2021 όπου το όχημα φόρτισε συνολικά κατά 71% επιπλέον αποκλειστικά μέσω του φωτοβολταϊκού, σημειώθηκε η χαμηλότερη κατανάλωση του οχήματος η οποία ήταν μόλις 5.38 (kWh/100km). Το ίδιο συνέβη και κατά την άνοιξη όπου το όχημα κατανάλωσε μόλις 7.08 (kWh/100km), ενώ φόρτισε κατά 85% επιπλέον μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας.

Επιπλέον, διερευνήθηκαν και οι απώλειες φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος Ecocar. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι με την παραμονή του καλωδίου φόρτισης στη παροχή ρεύματος ακόμα και μετά τη πλήρη φόρτιση του οχήματος αντλούνται μηδαμινά ποσά ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο τα οποία αξιοποιούνται για την διατήρηση της φόρτισης και θεωρούνται απώλειες φόρτισης. Μετά από υπολογισμό του ποσού ενέργειας που χάθηκε λόγω του παραπάνω φαινομένου, διαπιστώθηκε ότι το ποσό της περίσσειας ενέργειας είναι ελάχιστο. Πιο συγκεκριμένα, για περίπου 46 ώρες παραμονής του καλωδίου στη παροχή μετά τη πλήρη φόρτιση του οχήματος, η περίσσεια ενέργεια υπολογίστηκε σε 1.19 kWh. Το συγκεκριμένο ποσό ενέργειας θεωρείται ελάχιστο ώστε να επιβαρύνει από οικονομικής πλευράς τον καταναλωτή. Παρόλα αυτά, σε βάθος χρόνου εκτιμάται ότι πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν και για αυτόν τον λόγο προτείνεται η έγκαιρη αποσύνδεση του καλωδίου φόρτισης από την παροχή, μετά το πέρας της πλήρους φορτίσεως του οχήματος.

Όσον αφορά την επίδραση του συστήματος κλιματισμού του ηλεκτρικού λεωφορείου, υπολογίστηκε ότι με ενεργή τη λειτουργία AC δαπανήθηκε κατά μέσο όρο περίπου 90% περισσότερη ενέργεια των συσσωρευτών, ωστόσο οι ημερομηνίες όπου διανύθηκε η ίδια απόσταση με ενεργή τη λειτουργία ψύξης και χωρίς, αντιστοιχούν σε άλλες εποχές, καθώς η



λειτουργία ψύξης τέθηκε σε λειτουργία το καλοκαίρι ως επί το πλείστον. Έτσι, η κατανάλωση μεγαλύτερου ποσού ενέργειας δεν μπορεί να αποδοθεί πλήρως στην λειτουργία AC. Το ίδιο ισχύει και για το ηλεκτρικό όχημα Ecocar, όπου σε μια περίπτωση υπολογίστηκε ότι δαπανήθηκε περίπου 85% περισσότερη ενέργεια των συσσωρευτών για την διάνυση ίδιας απόστασης με ενεργή τη λειτουργία θέρμανσης, σε αυτή την περίπτωση όμως κάτω από τις ίδιες καιρικές συνθήκες. Παρόλα αυτά, πρέπει να αναφερθεί ότι, η διαδρομή και οι συνθήκες οδήγησης δεν ήταν καταγεγραμμένες, προκειμένου να εξαχθούν ορθά συμπεράσματα σχετικά με την επίδραση της λειτουργίας θέρμανσης στην κατανάλωση του ηλεκτρικού οχήματος. Επιπλέον, τόσο στην περίπτωση του ηλεκτρικού λεωφορείου, όσο και στη περίπτωση του ηλεκτρικού οχήματος, το δείγμα των μετρήσεων είναι αρκετά μικρό ώστε να προκύψουν σωστά συμπεράσματα. Επιπροσθέτως, τα παραπάνω αποτελέσματα προέκυψαν από το ποσοστό της μπαταρίας SOC (%), που όπως έχει αναφερθεί είναι αρκετά αντιπροσωπευτικό της εναπομείνουσας ενέργειας, όμως προτείνεται να μην θεωρείται απόλυτο, καθώς παρατηρήθηκε ότι το ποσοστό μπαταρίας που δαπανάται σε κάθε διαδρομή (ίδιων χιλιομέτρων), τείνει να διαφέρει ανεξαρτήτως από την χρήση θέρμανσης κλιματισμού, καθώς επηρεάζεται από πλήθος παραγόντων. Ιδανικά, θα έπρεπε να πραγματοποιηθούν ίδιες διαδρομές ίσων αποστάσεων, με παρόμοιες καιρικές συνθήκες με ενεργή και ανενεργή τη λειτουργία AC, προκειμένου να προκύψουν άρτια συμπεράσματα σχετικά με την επίδραση του συστήματος AC στην κατανάλωση των ηλεκτρικών οχημάτων του ΠΑ.Δ.Α.

Όσον αφορά την απόκλιση της ένδειξης κατανάλωσης και της πραγματικής κατανάλωσης του ηλεκτρικού λεωφορείου, υπολογίστηκαν 80 αποκλίσεις της ένδειξης κατανάλωσης και της πραγματικής κατανάλωσης. Οι περισσότερες και συγκεκριμένα οι 60 από αυτές κυμαίνονται μεταξύ 0-30%. Τέλος, υπολογίστηκε ότι η ένδειξη της κατανάλωσης ανά 100 χιλιόμετρα, μπορεί και να διαφέρει κατά μέσο όρο από την πραγματική κατανάλωση του ηλεκτρικού λεωφορείου περίπου 23%.

Ένα φαινόμενο που προβληματίζει τους κατόχους ηλεκτρικών οχημάτων είναι το φαινόμενο της αυτοεκφόρτισης των συσσωρευτών. Στην παρούσα μελέτη, παρατηρήθηκε ότι σε μια περίπτωση που το ηλεκτρικό όχημα Ecocar έμεινε εκτός λειτουργίας, σταθμευμένο σε εσωτερικό χώρο για περίπου δύο μήνες, η αυτοεκφόρτιση των συσσωρευτών του είχε ως

αποτέλεσμα την πλήρη εκφόρτιση από 67 έως 0%. Το φαινόμενο της αυτοεκφόρτισης των συσσωρευτών παρατηρείται σε περιόδους κατά τις οποίες το όχημα δεν χρησιμοποιείται και έχει ως αποτέλεσμα την σημαντική μείωση της διάρκειας ζωής της μπαταρίας. Για αυτόν τον λόγο σε τέτοιες περιόδους συνιστάται να λαμβάνονται υπόψιν οι οδηγίες του κατασκευαστή. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι κατά την αυτοεκφόρτιση των συσσωρευτών το ποσοστό της ενέργειας που χάνεται μπορεί να θεωρηθεί ως απώλειες ενέργειας καθώς ένα μέρος της ενέργειας που αντλήθηκε για την φόρτιση των οχημάτων δεν αξιοποιείται τελικά για την κίνησή τους. Όσον αφορά τα ηλεκτρικά οχήματα του ΠΑ.Δ.Α πρέπει να διερευνηθεί περαιτέρω το φαινόμενο της αυτοεκφόρτισης των συσσωρευτών, ειδικά όταν τα οχήματα παραμένουν εκτός λειτουργίας για μεγάλο διάστημα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι, δεν ακολουθήθηκε μεθοδολογία για τον έλεγχο της εγκυρότητας και της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Ωστόσο, η συγκεκριμένη μελέτη παρείχε σημαντικά στοιχεία σχετικά με την κατανάλωση των ηλεκτρικών οχημάτων, καθώς και με τους παράγοντες από τους οποίους αυτή επηρεάζεται. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν μετά από την επεξεργασία των ενεργειακών δεδομένων των ηλεκτρικών οχημάτων του ΠΑ.Δ.Α., μπορούν να αξιοποιηθούν με σκοπό τη βέλτιστη χρήση τους και την μείωση της κατανάλωσης τους στο ελάχιστο. Η μελέτη των ενεργειακών δεδομένων των ηλεκτρικών οχημάτων του ΠΑ.Δ.Α μπορεί να συνεχιστεί, προκειμένου να διερευνηθεί το πεδίο των απωλειών ενέργειας τους, με έμφαση στη διαφορά των θερμικών απωλειών μεταξύ συμβατικών και ηλεκτρικών οχημάτων.

Κλείνοντας, όσον αφορά τα ηλεκτρικά οχήματα του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής που μελετήθηκαν στη παρούσα εργασία, είναι σημαντικό να αναφερθεί πως το σύνολο της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για την φόρτιση τους, εξασφαλίζεται εξ' ολοκλήρου από τη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση που διαθέτει ο σταθμός φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων του ΠΑ.Δ.Α, με αποτέλεσμα το ηλεκτρικό όχημα Ecocar καθώς και το ηλεκτρικό λεωφορείο να έχουν μηδενικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Έχει αποδειχθεί ότι αυτός είναι και ο μεγαλύτερος παράγοντας που επηρεάζει τις επιδόσεις των ηλεκτρικών οχημάτων σε σχέση με το περιβάλλον και την υγεία (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, 2019).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

2021 Fuel Consumption Guide, *Natural Resources Canada*. Ανακτήθηκε από <https://www.nrcan.gc.ca/sites/nrcan/files/oeef/pdf/transportation/tools/fuelratings/2021%20Fuel%20Consumption%20Guide.pdf>

Aamna, M. (2015). Electric cars are so cool they may make it colder. *New Scientist*. Ανακτήθηκε από <https://www.newscientist.com/article/dn27195-electric-cars-are-so-cool-they-may-make-it-colder/>

ACEA (2021). 2021 Progress Report - Making the Transition to zero - emission mobility Ανακτήθηκε από: <https://www.acea.auto/publication/2021-progress-report-making-the-transition-to-zero-emission-mobility>

Aladayleh, W., & Alahmer, A., (2015). Recovery of Exhaust Waste Heat for ICE Using the Beta Type Stirling Engine. *Journal of Energy*. 2015. Article ID 495418. DOI: 10.1155/2015/495418.

Apostolaki-Iosifidou, E., Codani, P., & Kempton, W. (2017). Measurement of power loss during electric vehicle charging and discharging. *Energy*, Volume 127, pp. 730-742, ISSN 0360-5442, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.03.015>.

Bian, Q. (2019). The Nature of Climate Change – equivalent Climate Change Model’s application in Decoding the Root Cause of Global Warming. *International Journal of Environment and Climate Change*. pp 801-822. DOI: 10.9734/ijec/2019/v9i1230160. BloombergNEF, Electric Vehicle Outlook 2021. Ανακτήθηκε από: <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/>

BU 216: Summary Table of Lithium-based Batteries ,Battery University. Retrieved from: <https://batteryuniversity.com/article/bu-216-summary-table-of-lithium-based-batteries>

Campello-Vicente, H., Peral-Orts, R. Campillo-Davo, N & Velasco-Sanchez, Emilio. (2017). The effect of electric vehicles on urban noise maps, *Applied Acoustics*, Volume 116, pp. 59-64, ISSN 0003-682X, Ανακτήθηκε από <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.09.018>.

CAN Bus Sniffer - Reverse Engineer Vehicle Data [SavvyCAN/Wireshark]. (n.d). Ανακτήθηκε από <https://www.csselectronics.com/pages/can-bus-sniffer-reverse-engineering>  
Carbon footprint, International Electricity Factors. Ανακτήθηκε από [https://www.carbonfootprint.com/international\\_electricity\\_factors.html](https://www.carbonfootprint.com/international_electricity_factors.html)

Chapman, L. & Thornes, J.E. (2005). The influence of traffic on road surface temperatures: implications for thermal mapping studies. School of Geography, Earth and Environmental Science, University of Birmingham, Edgbaston, Birmingham. *Meteorol. Appl.* 12, pp. 371-380. doi:10.1017/S1350482705001957

Deng J., Bae C., Denlinger A., & Miller T. (2020). Electric Vehicles Batteries: Requirements and Challenges ", *Joule*, Volume 4, Issue 3, 2020, pp. 511-515. Ανακτήθηκε από: [https://www.cell.com/joule/pdf/S2542-4351\(20\)30043-X.pdf](https://www.cell.com/joule/pdf/S2542-4351(20)30043-X.pdf)

Department for Transport, (2021). Transport and environment statistics 2021 Annual report. Ανακτήθηκε από: [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/984685/transport-and-environment-statistics-2021.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/984685/transport-and-environment-statistics-2021.pdf)

Ding, Y., Cano, Z.P., Yu, A. (2019). Automotive Li-Ion Batteries: Current Status and Future Perspectives. *Electrochem. Energ. Rev.* 2, 1–28 (2019). <https://doi.org/10.1007/s41918-018-0022-z>

Dominguez, J. (2015). Driving Energy Inefficiencies. *Stanford University*. <http://large.stanford.edu/courses/2015/ph240/dominguez2/>

European Alternatives Fuel Observatory. (2021). Total number of vehicles electricity (2021). Ανακτήθηκε από: [https://www.eafo.eu/countries/greece/1735/summary?fbclid=IwAR3s8zlrh9vWITafRrhhYZ1g-eAVXBx2O\\_kypBQImhdyroFSrNJhtTXzL9U](https://www.eafo.eu/countries/greece/1735/summary?fbclid=IwAR3s8zlrh9vWITafRrhhYZ1g-eAVXBx2O_kypBQImhdyroFSrNJhtTXzL9U)

European Environmental Agency (2021). Greenhouse gas emission intensity of electricity generation in Europe. Ανακτήθηκε από: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/co2-emission-intensity-9>

Energy Information Administration, Independent Statistics & Analysis (2021). How much carbon dioxide is produced from U.S. gasoline and diesel fuel consumption? Ανακτήθηκε από: <https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=307&t=10>

Energy Information Administration, Independent Statistics & Analysis (2021). How much carbon dioxide is produced per kilowatt-hour of U.S. electricity generation? Ανακτήθηκε από: <https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=74&t=11>

Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, Καταπολέμηση της Κλιματικής Αλλαγής. Ανακτήθηκε από: [https://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/el/FTU\\_2.5.2.pdf](https://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/el/FTU_2.5.2.pdf)

Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος. (2019). Ηλεκτρικά οχήματα: μια έξυπνη επιλογή για το περιβάλλον. Ανακτήθηκε από <https://www.eea.europa.eu/el/articles/ilektrika-ochimata-mia-eksypni-epilogi>

Galloni, E. (2022). Analysis on the waste heat recovery in a light duty vehicle. *Energy*, Elsevier, vol. 238(PA). DOI: 10.1016/j.energy.2021.121696

Groot , J. (2014). State-of-Health Estimation of Li-ion Batteries: Ageing Models. Doctoral Thesis at the Graduate School in Energy and Environment. Chalmers University of Technology, Sweden. Ανακτήθηκε από: <https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/205605/205605.pdf>

H., Liu, J. Ma, L. Tong, G. Ma, Z. Zheng, & M., Yao., (2018). Investigation on the Potential of High Efficiency for Internal Combustion Engines. *Energies*. 11. 513. DOI: 10.3390/en11030513.

Hayes, J., & Goodarzi G., (2018). *Electric Powertrain*. 1st ed.; John Wiley & Sons Ltd.: New York, NY, USA, 2018; pp. 412–440. [Google Scholar] Ανακτήθηκε από <http://www.freepdfbook.com/electric-powertrain-by-john-g-hayes-and-g-abas-goodarzi/>

Holmberg K., & Erdemir A. (2019). The impact of tribology on energy use and CO2 emission globally and in combustion engine and electric cars. *Tribology International*, Volume 135, 2019, pp. 389-396. Ανακτήθηκε από: <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2019.03.024>

How Electric Vehicles Help Reduce Noise Pollution, November 12, 2021, *Epowertrucks*, Ανακτήθηκε από <https://www.epowertrucks.co.uk/news/how-electric-vehicles-help-reduce-noise-pollution/>

Ismail, K., Muharam, A. & Pratama, M. (2015). Design of CAN Bus for Research Applications Purpose Hybrid Electric Vehicle Using ARM Microcontroller. *Energy Procedia*. 68. DOI: 10.1016/j.egypro.2015.03.258.

Jensen, S. (2021). CANbus Will Play Critical Role in Electric an Autonomous Vehicles. Ανακτήθηκε 10/02/2022 από <https://www.oemoffhighway.com/electronics/smart-systems/article/21366214/canbus-will-play-critical-role-in-electric-and-autonomous-vehicles>

Kaldellis, J., Spyropoulos, G. & Kondili, E. (2019). Clean Electro-mobility Solutions only using Green Energy Input. Conference: 16th International Conference on Environmental Science and Technology. Ανακτήθηκε από [https://www.researchgate.net/publication/342411142\\_Clean\\_Electromobility\\_Solutions\\_only\\_using\\_Green\\_Energy\\_Input](https://www.researchgate.net/publication/342411142_Clean_Electromobility_Solutions_only_using_Green_Energy_Input)

Kaldellis, J.K. & Fragos, P. (2011). Ash deposition impact on the energy performance of photovoltaic generators. *Journal of Cleaner Production* 19, pp. 311-317.

Kaldellis, J.K. & Kapsali, M. (2011). Simulating the dust effect on the energy performance of photovoltaic generators based on experimental measurements. *Energy* 36, pp. 5154-5161.

Kober, M. (2020). The high potential for Waste Heat Recovery in Hybrid Vehicles: A comparison between the potential in conventional and hybrid powertrains. *Journal of ELECTRONIC MATERIALS*, Vol. 49, No. 5, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11664-020-07991-5>

Kostopoulos, E., Spyropoulos, G. & Kaldellis, J.K. (2019). Real World Study for the Optimal Use of Electric Vehicles. *Energy Reports*. Volume 6, pp. 418-426. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.12.00>.

Kostopoulos, E., Spyropoulos, G., Christopoulos, K. & Kaldellis, J. (2018). Solar energy contribution to an electric vehicle needs on the basis of long-term measurements. *Procedia Structural Integrity*. 10. pp. 203-210. DOI: 10.1016/j.prostr.2018.09.029.

Łebkowski, A. (2016). Electric vehicles - the sound of silence. *Maszyny Elektryczne - Zeszyty Problemowe (Electrical Machines - Transaction Journal)*, No. 1/2016

Luo D., Wang, R., Yu, W., Sun, Z., & Meng X., (2018). Theoretical analysis of energy recovery potential for different types of conventional vehicles with a thermoelectric generator. *Applied Energy*. 112. 1171-1180. DOI: 10.1016/j.apenergy.2013.01.018

McBain, S., Bibra, E., (2021). Electric Cars. *International Energy Agency*. Ανακτήθηκε από <https://www.iea.org/reports/electric-vehicles>

Miller, J., Khan, T., Yang, Z., Sen, A., & Kohli, S. (2021). Decarbonizing road transport by 2050: Accelerating the global Transition to zero - emission vehicles Ανακτήθηκε 31/10/2021, από: <https://theicct.org/publication/decarbonizing-road-transport-by-2050-zero-emission-pathways-for-passenger-vehicles/>

Misdariis, N. & Pardo, L.F. (2017). The sound of silence of electric vehicles – Issues and answers. *InterNoise*, Hong-Kong, China. hal-01708883

Molaeimanesh, G.R., Mousavi-Khoshdel S.M. & Nemati, A.B. (2021). Experimental analysis of commercial LiFePO<sub>4</sub> battery life span used in electric vehicle under extremely cold and hot thermal conditions. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 132. DOI: 10.1007/s10973-017-6888-x

Moloughney, T. (2021). Tesla Model 3 Charging Losses Explained. *Inside EVs* Ανακτήθηκε από <https://insideevs.com/features/555906/tesla-charging-losses-explained/>

Nalley, S., & LaRose, A., (2021). Annual Energy Outlook 2021 (AEO2021), *U.S Energy Information Administration*. Washington, DC. Ανακτήθηκε 15/01/2022 από [https://www.eia.gov/pressroom/presentations/AEO2021\\_Release\\_Presentation.pdf](https://www.eia.gov/pressroom/presentations/AEO2021_Release_Presentation.pdf)

NMC to remain the dominant EV battery cathode type until 2030-report ,October 3 2021. Ανακτήθηκε από <https://www.mining.com/nmc-to-remain-the-dominant-ev-battery-cathode-type-until-2030>

NorgeMining,Lithium iron phosphate batteries:The future of EV technology? 15/03/21 <https://norgemining.com/2021/03/15/the-future-of-ev-technology/>

Reick, B., Konzept, A., Kaufmann, A., Stetter, R., & Engelmann D. (2021). Influence of Charging Losses on Energy Consumption and CO2 Emissions of Battery-Electric Vehicles. *Vehicles* 2021, 3, 736-748. <https://doi.org/10.3390/vehicles3040043>

Roberts, D. (2021). The many varieties of lithium-ion batteries battling for market share. Ανακτήθηκε από: <https://www.canarymedia.com/articles/batteries/the-many-varieties-of-lithium-ion-batteries-battling-for-market-share>

Romagnoli, A., Ricardo, M.B., Pesiridis, A., Rajoo, S., Copeland, C., & Mamat, B. (2014). Automotive Exhaust Power and Waste Heat Recovery Technologies, Transport Research Alliance, Universiti Teknologi Malaysia. DOI: 10.13140/2.1.4809.0565.

Rudisuela, K., (2020). Battle of the batteries – Cost versus Performance, Nickel Institute. Retrieved from: <https://nickelinstitute.org/blog/2020/june/battle-of-the-batteries-cost-versus-performance/>

Rumjancev, A.M., Naraev V.N., Agafonov D.V & Loginova, M.M. (2010). Electrochemical Energy Features of processes running on LiFePO<sub>4</sub> electrode in lithium-ion batteries.

Schurov, N. & Dedov, S. (2021). Determination of the charge and discharge modes duration effect on the LiFePO<sub>4</sub> cells resource in the electric power source. *Journal of Physics: Conference Series*. 2061. DOI: 10.1088/1742-6596/2061/1/012006

Schurov, N.I. & Dedov, S.I. (2021). Determination of the charge and discharge modes duration effect on the LiFePO<sub>4</sub> cells resource in the electric power mode. *J. Phys.: Conf. Ser.* 2061 012006

Sepasi, S. (2014). Adaptive state of charge estimation for battery packs. DOI: 10.13140/RG.2.1.4737.5209.

Sgroi, M.F., (2018). Increasing the efficiency of internal combustion engines :Heat recovery from exhaust gases by thermoelectric effect. DOI: 10.4081/incontri.2018.380  
Siano, D. , & González, A. E. , (Eds.). (2021). Noise and Environment. IntechOpen. Ανακτήθηκε από <https://doi.org/10.5772/intechopen.87872>

Simoes, H.M., (2019). Climate action in Greece, Latest state of play, *European Parliament*. Ανακτήθηκε από: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/690685/EPRS\\_BRI\(2021\)690685\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/690685/EPRS_BRI(2021)690685_EN.pdf)

Spyropoulos, G.C., Petridou, K., Liaros, St., & Kaldelis, J.K.. (2016). Real World Driving Energy Consumption and Air Pollution Implications of Decarbonizing the Greek Transport Sector. In *1st International Conference “ENERGY in TRANSPORTATION*.

Statista 2022, Distribution of carbon dioxide emissions produced by the transportation sector worldwide in 2020, by subsector Ανακτήθηκε από: <https://www.statista.com/statistics/1185535/transport-carbon-dioxide-emissions-breakdown/>

Tiseo, I., (2021). Breakdown of CO2 emissions in the transportation sector worldwide 2020, by subsector Ανακτήθηκε 03/01/2022, από: <https://www.statista.com/statistics/1185535/transport-carbon-dioxide-emissions-breakdown/>

Tiseo, I. (2021). Annual global emissions of carbon dioxide 1940-2020. Ανακτήθηκε 23/10/2021 από: <https://www.statista.com/statistics/276629/global-co2-emissions/>

Tran, M.K., DaCosta, A., Mevawalla, A., Panchal, S., & Fowler, M., (2021). Comparative Study of Equivalent Circuit Models Performance in Four Common Lithium-Ion Batteries: LFP, NMC, LMO, NCA. *Batteries* 2021, 7, 51. <https://doi.org/10.3390/batteries7030051>

United States Environmental Protection Agency, Sources of Greenhouse Gas Emissions. Retrieved from: <https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions>

Vitta, S., (2021). Electric cars, assessment of green nature vis a vis conventional fuel driven cars. *Cornell University*. Ανακτήθηκε από: <https://arxiv.org/abs/2104.14287>

Voelcker, J. (2021). EVs Explained: Charging Losses. *Car and Driver*. Ανακτήθηκε από: <https://www.caranddriver.com/features/a36062942/evs-explained-charging-losses/> Volume 238, Part A. DOI: 10.1016/j.energy.2021.121696

Wappelhorst, S., (2021). Update on government targets for phasing out new sales of internal combustion engine passenger cars. *International Council On Clean*



*Transportation*. Ανακτήθηκε από: <https://theicct.org/publication/update-on-government-targets-for-phasing-out-new-sales-of-internal-combustion-engine-passenger-cars/>

Yamada, A., Chung, S. C. & Hinokuma, K. (2001). Optimized LiFePO<sub>4</sub> for lithium battery cathodes. *Journal of the Electrochemical Society*, 148(3):A224–A229. <https://iopscience.iop.org/article/10.1149/1.1348257>

Yuan, C. & Chen, L. (2011). Mitigating urban heat island effects in high density cities based on sky view factor and urban morphological understanding: a study of Hong Kong. *Architectural Science Review* 54, pp. 305–315

Záskalický, P. (2019). Study of current space phasor trajectory of the three-phase asynchronous motor with one phase open circuit fault. Ανακτήθηκε από [http://www.komel.katowice.pl/ZRODLA/FULL/109/ref\\_24.pdf](http://www.komel.katowice.pl/ZRODLA/FULL/109/ref_24.pdf).

ΑΙΤΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ (2020) Στο σχέδιο νόμου «Μετάβαση στην κινητικότητα χαμηλών εκπομπών: Μέτρα προώθησης και λειτουργία της αγοράς ηλεκτροκίνησης». Ανακτήθηκε από <http://www.opengov.gr/minenv/wpcontent/uploads/downloads/2020/06/aitiologiki.pdf>

Αμδίτης, Α., (2020). Η Ηλεκτροκίνηση Ως Βασικός Πυλώνας Της Νέας Εποχής Των Έξυπνων Μεταφορών, Ανθρώπων Και Αγαθών. *Οργανισμός Έρευνας και Ανάλυσης Διανέοσις*. Ανακτήθηκε 27/10/2021 από <https://www.dianeosis.org/2020/10/ilektrokinisi-amditis/>

International Energy Agency. (2020). *Energy Technology Perspectives 2020*. Ανακτήθηκε από [https://iea.blob.core.windows.net/assets/7f8aed40-89af-4348-be19-c8a67df0b9ea/Energy\\_Technology\\_Perspectives\\_2020\\_PDF.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/7f8aed40-89af-4348-be19-c8a67df0b9ea/Energy_Technology_Perspectives_2020_PDF.pdf)

Ντεμιάν, Η., Παύλου Γ. (2019). Ο ρόλος των οχημάτων χαμηλών εκπομπών στις οδικές μεταφορές στην Ελλάδα, *Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών*. Ανακτήθηκε από [http://iobe.gr/docs/research/RES\\_05\\_D\\_31102019\\_REP\\_GR.pdf](http://iobe.gr/docs/research/RES_05_D_31102019_REP_GR.pdf)

Χατζηνικολάου, Π. (2020). Φορολογικά κίνητρα για ηλεκτροκίνηση. *Η Καθημερινή*. Ανακτήθηκε από <https://www.kathimerini.gr/economy/local/1091991/forologika-kinitra-gia-ilektrokinisi/>