



**Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο**

**Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών**

**ΤΙΤΛΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

*«Ηλεκτρικό αυτοκίνητο - ποιοτικά πρότυπα και  
εξοικονόμηση ενέργειας: το χτες και το σήμερα»*

**ΔΡΕΤΟΥΛΑΚΗΣ ΗΛΙΑΣ**

**Επιβλέπουσα Καθηγήτρια ΥΦΑΝΤΗ ΣΟΦΙΑ**

**Ηράκλειο Κρήτης 2023**

## Περιεχόμενα

<b>Περίληψη</b>	4
<b>Abstract</b>	5
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> : Εισαγωγή</b>	6
1.1 Δομή εργασίας	6
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> : Ιστορία των ηλεκτρικών οχημάτων</b>	7
2.1 Τα πρώτα ηλεκτρικά οχήματα	7
2.1.1 Οι απαρχές	7
2.1.2 Οι πρώτες ηλεκτρικές μηχανές	8
2.1.3 Η Χρυσή Εποχή	8
2.1.4 Ηλεκτρικά αγωνιστικά αυτοκίνητα	12
2.1.5 Τα πρώτα δημόσια ηλεκτρικά οχήματα	12
2.2 Η σύγχρονη ιστορία των ηλεκτρικών αυτοκινήτων	13
2.3 Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα στην Ελλάδα	15
2.3.1 Ελληνική νομοθεσία Η/Ο	17
2.3.2 Χρηματοδοτικά προγράμματα στην χώρα μας	19
2.4 Το μέλλον των ηλεκτρικών οχημάτων	22
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> : Ηλεκτρικά οχήματα: Τεχνολογίες και Προκλήσεις</b>	24
3.1 Ηλεκτρικά οχήματα: Ταξινόμηση	24
3.2 Επιχορηγήσεις και θέση στην αγορά	26
3.3 Μπαταρίες	27
3.3.1 Χαρακτηριστικά των μπαταριών	27
3.3.2 Κόστος, χωρητικότητα και χρόνος φόρτισης	29
3.3.3 Διαφορετικά εξαρτήματα και τύποι μπαταριών	30
3.4 Φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων	32
3.4.1 Λειτουργίες φόρτισης	32
3.4.2 Σύνδεσμοι	33
3.4.3 Έλεγχος ισχύος και διαχείριση ενέργειας	35
3.5 Προκλήσεις της έρευνας και ανοικτές ευκαιρίες	36
3.5.1 Νέες προκλήσεις και τεχνολογίες στις μπαταρίες	36
3.5.2 Βελτιώσεις στη διαδικασία φόρτισης	37
3.5.3 Επικοινωνίες και τεχνητή νοημοσύνη στα ηλεκτρικά οχήματα	38
3.5.4 Οικολογική φόρτιση και βιωσιμότητα	39
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> : Εξοικονόμηση ενέργειας στα ηλεκτρικά οχήματα</b>	41
4.1 Ενεργειακές και Περιβαλλοντικές Ανησυχίες και Πολιτικές	41

4.2 Οι τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας των ηλεκτρικών οχημάτων	45
4.3 Σύγκριση ηλεκτρικών και συμβατικών οχημάτων	54
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> : Συμπεράσματα</b>	56
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	57

## Περίληψη

Η παρούσα εργασία διερευνά το αντικείμενο των ηλεκτρικών οχημάτων καθώς και τον τρόπο που με την χρήση τους συμβάλλουν και θα συμβάλουν περαιτέρω, στην εξοικονόμηση ενέργειας. Αρχικά, παρουσιάζεται η σχετική βιβλιογραφία που καθιστά τα ηλεκτρικά οχήματα και συγκεκριμένα τις ηλεκτρικές μηχανές, ένα σημαντικό κομμάτι της σύγχρονης ιστορίας αλλά και ένα ισχυρό κομμάτι του κοντινού μέλλοντος της ανθρωπότητας. Στην συνέχεια αναλύεται η υφιστάμενη κατάσταση στον ελλαδικό και παγκόσμιο χώρο με αναφορά στη θέση που καταλαμβάνουν πλέον τα ηλεκτρικά οχήματα στην αγορά. Καθώς στα ηλεκτρικά οχήματα οι μπαταρίες και ο τρόπος φόρτισης αυτών αποτελούν ζωτικής σημασίας χαρακτηριστικά, τα στοιχεία αυτά αναλύονται εκτενώς. Παράλληλα, αναφέρονται τρόποι βελτίωσης και αναβάθμισης των τεχνικών χαρακτηριστικών τους. Τέλος, περιγράφονται οι τρόποι με τους οποίους γίνεται πραγματικά η εξοικονόμηση ενέργειας στα ηλεκτρικά οχήματα και πώς αυτό συμβάλλει στη βιωσιμότητα και στη στροφή προς την πράσινη οικονομία.

## **Abstract**

The present study looks into the subject of electric vehicles, and how their use contributes, and will continue to contribute, to energy saving. Initially relevant literature is presented, and made apparent that electric vehicles, and in particular electric motors, are as much an important part of modern history as they are of the near future of humanity. Furthermore, the current situation in Greece and worldwide is analysed, with reference to the market position held by electric vehicles today. As electric vehicle batteries and their charging are characteristics of vital importance, they are thoroughly analysed. At the same time, ways of improving and upgrading their technical characteristics are discussed. Lastly, the ways in which energy savings in electric vehicles are achieved are described, and their contribution to green economy.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> : Εισαγωγή

## 1.1 Δομή εργασίας

Στην παρούσα βιβλιογραφική εργασία γίνεται παρουσίαση της ιστορίας των ηλεκτρικών οχημάτων μέχρι και σήμερα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, γίνεται εκτενής αναφορά της ιστορίας των ηλεκτρικών αυτοκινήτων μελετώντας τις απαρχές τους, τις πρώτες καταγεγραμμένες ηλεκτρικές μηχανές, την αναφερόμενη ως Χρυσή Εποχή και τα πρώτα δημόσια ηλεκτρικά οχήματα. Στη συνέχεια του κεφαλαίου, αναλύεται η σύγχρονη ιστορία των ηλεκτρικών οχημάτων, η θέση τους στον Ελληνικό χώρο και τέλος το μέλλον αυτών.

Στο τρίτο κεφάλαιο, μελετώνται οι τεχνολογίες και οι προκλήσεις σχετικά με τα ηλεκτρικά οχήματα. Αρχικά, αναλύονται οι κατηγορίες αυτών και στη συνέχεια η θέση που έχουν στην αγορά. Πιο αναλυτικά, περιγράφονται οι μπαταρίες, τα χαρακτηριστικά τους και οι τύποι αυτών ως από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά τους. Έπειτα, σε αυτό το κεφάλαιο αναλύεται η φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων και ιδιαίτερα οι λειτουργίες της φόρτισης, οι σύνδεσμοι και ο τρόπος με τον οποίο γίνεται ο έλεγχος της ισχύος και της διαχείρισης της ενέργειας. Τέλος, στο κεφάλαιο 3, αναφέρονται οι προκλήσεις και οι ευκαιρίες στο συγκεκριμένο αντικείμενο, με αναφορά σε νέες τεχνολογίες στις μπαταρίες, βελτιώσεις στη διαδικασία φόρτισης, τεχνητή νοημοσύνη κ επικοινωνία στα ηλεκτρικά οχήματα και τέλος την οικολογική φόρτιση και την βιωσιμότητα.

Το κεφάλαιο τέσσερα, αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας στα ηλεκτρικά οχήματα και συγκεκριμένα αναλύονται οι περιβαλλοντικές-ενεργειακές ανησυχίες γενικά, ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η εξοικονόμηση ενέργειας στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα καθώς και η σύγκριση αυτών με τα συμβατικά στη θέση αγοράς.

Στο κεφάλαιο πέντε συνοψίζονται τα βασικά σημεία της εργασίας και έπειτα υπάρχει η βιβλιογραφία με όλες τις αναφορές που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> : Ιστορία των ηλεκτρικών οχημάτων

### 2.1 Τα πρώτα ηλεκτρικά οχήματα

#### 2.1.1 Οι απαρχές

##### • Η αφετηρία της ηλεκτροκίνησης

Η ιστορία των ηλεκτρικών μηχανών και των αυτοκινήτων είναι στενά συνδεδεμένη. Η πρώτη ακατέργαστη αλλά λειτουργική ηλεκτρική συσκευή συνεχούς ρεύματος δημιουργήθηκε το 1827 από τον Ούγγρο μοναχό Nyos Jedlik. Την χρησιμοποίησε μόνο μία φορά μέσα σε ένα χρόνο για να λειτουργήσει ένα απλό μοντέλο αυτοκινήτου μικρής κλίμακας (Guarnieri, 2012). Ο Sibrandus Stratingh, καθηγητής χημείας και τεχνολογίας στο Πανεπιστήμιο του Groningen (Κάτω Χώρες), κατασκεύασε ένα άλλο ηλεκτρικό όχημα μικρής κλίμακας που τροφοδοτούνταν από ηλεκτρικές κυψέλες το 1835 (**Εικόνα 1**). Ζύγιζε περίπου 3 kg και διέθετε πλήρως φορτισμένες μπαταρίες που του επέτρεπαν να κινείται για 20 λεπτά με φορτίο 1,5 kg (Guarnieri, 2011b). Στη συνέχεια, ο Robert Anderson εφηύρε την πρώτη ηλεκτροκίνητη άμαξα πλήρους κλίμακας. Το πρωτότυπό του κατασκευάστηκε στο Aberdeen μεταξύ 1832 και 1839. Παρήγαγε ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιώντας πρωτογενείς κυψέλες (μη επαναφορτιζόμενες μπαταρίες) και είχε τελική ταχύτητα 12 km/h (Guarnieri, 2012).



**Εικόνα 1:** Ανάπτυξη μοντέλου ηλεκτρικού αυτοκινήτου μικρής κλίμακας (Scheer, 2012)

### 2.1.2 Οι πρώτες ηλεκτρικές μηχανές

#### • Πρώτη επαφή με τους ηλεκτρικούς κινητήρες (Galvani)

Ταυτόχρονα, το 1837, ο Robert Davidson από το Aberdeen, εφηύρε την πρώτη ηλεκτρική ατμομηχανή. Το 1842, η βελτιωμένη παραλλαγή της, η Galvani, δοκιμάστηκε στη σιδηροδρομική γραμμή μεταξύ Εδιμβούργου και Γλασκώβης. (Andrada Gascón et al., 2003), Η ατμομηχανή των 5 τόνων και μήκους 4,8 μέτρων τροφοδοτούνταν από τέσσερις κινητήρες μεταγωγικής απροθυμίας. Με πλήρως φορτισμένες μπαταρίες, μπορούσε να διανύσει περίπου 2,5 χιλιόμετρα με 6,4 χιλιόμετρα την ώρα (Post, 1974). Παράλληλα, το Γραφείο Διπλωμάτων Ευρεσιτεχνίας των Ηνωμένων Πολιτειών κατασκεύασε μια ηλεκτρική μηχανή 12 kW για μια ηλεκτροκίνητη ατμομηχανή με μπαταρία στον σιδηρόδρομο Baltimore and Ohio Railway, η οποία πέτυχε τελική ταχύτητα 30,5 χιλιομέτρων την ώρα.

### 2.1.3 Η Χρυσή Εποχή

#### • Είσοδος των EV στο εμπόριο (Electrobats), και πρώιμη εξέλιξη

Εύστοχα όπως φαίνεται, τα πρώτα επιτυχημένα εμπορικά διαθέσιμα ηλεκτρικά αυτοκίνητα ονομάστηκαν Electrobats. Στο Σικάγο το 1894, ένας μηχανολόγος μηχανικός και ένας χημικός, ο Henry G. Morris και ο Pedro G. Salom, χρησιμοποιώντας τις δικές τους μοναδικές τεχνολογίες, δημιούργησαν την αρχική παραλλαγή. Το αρχικό μοντέλο ήταν ένα βραδυκίνητο, βαρύ όχημα με χαλύβδινα ελαστικά. Μόνο οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες αντιπροσώπευαν περισσότερα από 725 κιλά της μικτής μάζας του οχήματος των 2 τόνων. Λόγω της συνεχούς έρευνας και ανάπτυξης, τα μεταγενέστερα Electrobats έγιναν ελαφρύτερα, ταχύτερα και λιγότερο δυσκίνητα. Είχαν ελαστικά με αέρα και δύο πίσω τροχούς για το τιμόνι. Δύο κινητήρες παρείχαν ισχύ σε αυτά τα οχήματα. Χάρη στις τότε σύγχρονες μπαταρίες τους, μπορούσαν να διανύσουν 40 χιλιόμετρα με μέση ταχύτητα 32 χιλιόμετρα την ώρα με μία μόνο φόρτιση (Amatucci, 2015). Λόγω της τεράστιας ζήτησης για αυτά τα αυτοκίνητα, οι δύο επιχειρηματικοί εταίροι επέκτειναν τις δραστηριότητές τους δημιουργώντας διάφορες εκδόσεις ( **Εικόνα 2**).





**Εικόνα 2 : Ένα κομψό μοντέλο του αυτοκινήτου Electrobat (Ngô and Natowitz, 2016)**

Σε αρκετές πόλεις των ΗΠΑ, αυτά τα ηλεκτρικά οχήματα χρησιμοποιήθηκαν και ως ταξί (Fialka, 2015). Σε αυτό το σημείο, αξίζει να αναφερθούν, τα αξιοσημείωτα επιτεύγματα του Ferdinand Porsche, ο οποίος γεννήθηκε στην Αυστρία. Το 1899, ενώ εργαζόταν στην εταιρεία Jakob Lohner & Company, ο 22χρονος ιδιοφυής σχεδιαστής εφηύρε το πρώτο ηλεκτρικό αυτοκίνητο. Αυτό μπορούσε να φτάσει τα 25 χιλιόμετρα την ώρα. (Εικόνα 3) Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητά του περιλάμβαναν τεχνολογία αιχμής για την εποχή εκείνη, όπως έναν ηλεκτρικό κινητήρα πλήμνης που κινούσε απευθείας τους τροχούς (Bithas and Kalimeris, 2016).



**Εικόνα 3: Lohner-Porsche Phaéton (Bithas and Kalimeris, 2016)**

Τρία χρόνια αργότερα, παρουσίασε το πρώτο λειτουργικό, πρωτοποριακό υβριδικό όχημα στον κόσμο με ηλεκτρική κίνηση και στους τέσσερις τροχούς. Ονομάστηκε *Semper Vivus*, που μεταφράζεται ως "πάντα ζωντανό". Αντί να βασίζεται αποκλειστικά στην μπαταρία, η Porsche ενίσχυσε την εμβέλεια του οχήματος με την εγκατάσταση εσωτερικής καύσης που τροφοδοτούσε τις ηλεκτρικές γεννήτριες που φόρτιζαν την μπαταρία. Για εξοικονόμηση βάρους και χώρου, ο αρχικός συσσωρευτής 74 κυψελών αντικαταστάθηκε με μια μικρότερη μονάδα που περιείχε 44 κυψέλες. Δύο υδρόψυκτοι ICE 2,6 kW τοποθετημένοι στο κέντρο του οχήματος κινούσαν δύο ανεξάρτητες γεννήτριες 1,84 kW, κάθε μία από τις οποίες παρείχε ρεύμα 20 A σε τάση 90 V (Nikowitz, 2016). Αργότερα, κυκλοφόρησε η έτοιμη για παραγωγή εκδοχή του, γνωστή ως *Lohner-Porsche Mixte*. Η τελική του ταχύτητα ήταν 80 χιλιόμετρα την ώρα (Chen, 2011). Αργότερα, ο Ferdinand Porsche σχεδίασε επίσης το κλασικό Volkswagen Beetle, το οποίο σύντομα θα επανέλθει ως ηλεκτρικό όχημα. Το λεγόμενο ηλεκτρικό αυτοκίνητο των 100 μιλίων ήταν μια σημαντική εξέλιξη στην ιστορία των ηλεκτρικών μηχανών (Iulia and Loránd, 2022).



**Εικόνα 4: Fritchle's Victoria, 100-Mile Electric Automobile (Iulia and Loránd, 2022)**

Αυτό το διαθέσιμο ηλεκτρικό όχημα ζύγισε 1000 κιλά, εκ των οποίων περισσότερα από 350 κιλά ήταν μπαταρίες. Ο Oliver Parker Fritchle, ένας πρώιμος σημαντικός πρωτοπόρος στον τομέα των ηλεκτρικών οχημάτων, το κατασκεύασε στο Ντένβερ το 1908. Είχε σημαντική συμβολή στην αυτοκινητοβιομηχανία και τη βιομηχανία μπαταριών. Το όνομά του συνδέεται επίσης με την εφεύρεση της αναγεννητικής πέδησης. Επικέντρωσε τις προσπάθειές του στη βελτίωση της ανθεκτικότητας των νεόκτιστων ηλεκτρικών οχημάτων. Τον Σεπτέμβριο του 1908, παρουσίασε μια άνευ προηγουμένου πρόκληση: να διανύσει 2.900 χιλιόμετρα μεταξύ Λίνκολν και Νέας Υόρκης με ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο χωρίς να αντιμετωπίσει μηχανικά προβλήματα. Ολοκλήρωσε το ταξίδι σε 20 ημέρες, διανύοντας κατά μέσο όρο περίπου 160 χιλιόμετρα (100 μίλια) κάθε μέρα.

#### 2.1.4 Ηλεκτρικά αγωνιστικά αυτοκίνητα

##### • Η ηλεκτροκίνηση στους αγώνες

Το πρώτο αυτοκίνητο στην ιστορία που ξεπέρασε τα 100 km/h χρησιμοποίησε ηλεκτρική έλξη. Κινούνταν από δύο ηλεκτρικές μηχανές ισχύος 25 kW (200 V και 124 A) (Guarnieri, 2011a). Το αμάξωμα του οχήματος ήταν κατασκευασμένο από παρτίνιο, ένα ελαφρύ και ακριβό κράμα πολυστρωματικού αλουμινίου, βολφραμίου και μαγνησίου που χρησιμοποιείται σπάνια σήμερα. Στις 24 Απριλίου 1899, ένα νέο ρεκόρ καταγράφηκε στο Achères της Γαλλίας (Davigny et al., 2021). Το υπεραυτοκίνητο που οδηγούσε ο Camille Janetzy από το Βέλγιο πέτυχε ταχύτητα ρεκόρ 105,882 km/h.

Ο Ferdinand Porsche κατασκεύασε επίσης ηλεκτρικά αγωνιστικά οχήματα. Το 1902 κατασκευάστηκε μία από τις πρώτες παραλλαγές. Διέθετε δύο ηλεκτρικούς κινητήρες 1,5 kW και στους δύο μπροστινούς τροχούς. Το όχημα τροφοδοτούνταν από μια μεγάλη ποσότητα μπαταριών βάρους 1.800 κιλών. Το πρώτο τετρακίνητο όχημα στον κόσμο ήταν ένα συγκεκριμένο αγωνιστικό αυτοκίνητο που σχεδίασε ο Porsche. Οι τέσσερις εσωτερικοί ηλεκτροκινητήρες των 3 ίππων επέτρεπαν μέγιστη ταχύτητα περίπου 58 km/h. Μετά την επαναφόρτιση της μπαταρίας η συσκευή μπορούσε να λειτουργήσει για περίπου τρεις ώρες (Deane and Deane, 1979).

#### 2.1.5 Τα πρώτα δημόσια ηλεκτρικά οχήματα

##### • Πρώτη εφαρμογή στις δημοσιές υπηρεσίες, με το ηλεκτρικό τραμ

Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, άλλοι τύποι οχημάτων ηλεκτροδοτήθηκαν ταυτόχρονα. Οι Γερμανοί κατασκευαστές έδωσαν προτεραιότητα στα δημόσια ηλεκτρικά οχήματα. Η Siemens&Halske (ο προκάτοχος της Siemens AG) παρουσίασε το πρώτο ηλεκτρικό τραμ στη βιομηχανική έκθεση του Βερολίνου το 1879. Οι πρώτες λειτουργικές του παραλλαγές, ικανές να μεταφέρουν έξι επιβάτες, τέθηκαν σε λειτουργία το 1881 στο Lichterfelde, κοντά στο Βερολίνο. Αυτά κινούνταν από κινητήρες συνεχούς ρεύματος (τροφοδοτούμενους από τις ράγες) με εμβέλεια 2,5 km. Την επόμενη χρονιά, το πρώτο εναέριο ηλεκτρικό τρόλεϊ, το Electromote, άρχισε να κυκλοφορεί σε μια γραμμή μήκους 540 μέτρων στο Halensee (προάστιο του Βερολίνου) (Guarnieri, 2012). Ο Werner von Siemens, ο οποίος κατασκεύασε επίσης τον πρώτο ηλεκτρικό ανελκυστήρα, ήταν υπεύθυνος για τον σχεδιασμό του.

Ο Thomas Alva Edison, ο διάσημος Αμερικανός εφευρέτης, δεν θα μπορούσε να αποκλειστεί από τη βιομηχανία ηλεκτρικών οχημάτων. Μεταξύ των πολλών εφευρέσεων που έχει κάνει είναι και τα ηλεκτρικά οχήματα. Αφού κατασκεύασε το πρώτο του ηλεκτρικό όχημα, το Edison Baker, παρουσίασε το πρώτο ηλεκτρικό λεωφορείο στον κόσμο το 1915. Η Edison αναγνώρισε από πολύ νωρίς ότι το κύριο εμπόδιο των ηλεκτρικών οχημάτων είναι οι μπαταρίες. Αφιέρωσε πολύ χρόνο στην έρευνα για το πώς θα μπορούσε να κάνει τους συσσωρευτές ελαφρύτερους και ταχύτερους στην επαναφόρτιση. Είχε μεγάλες ελπίδες για τις αλκαλικές μπαταρίες νικελίου-σιδήρου (Ni-Fe), αλλά έπρεπε να επιλυθούν ορισμένα ζητήματα. Παρόλο που η αναλογία ισχύος προς βάρος τους ήταν μεγαλύτερη από τις τυπικές μπαταρίες, απαιτούσαν περισσότερο χώρο και ήταν σημαντικά ακριβότερες. Ένα άλλο σημαντικό μειονέκτημα των μπαταριών Ni-Fe ήταν ότι, κατά τη φόρτιση, απελευθέρωναν εύφλεκτο υδρογόνο, το οποίο θεωρήθηκε εξαιρετικά επικίνδυνο. Κατά συνέπεια, οι συσσωρευτές μολύβδου παρέμειναν οι σημαντικότερες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας στα αυτοκίνητα για δεκαετίες. Αξίζει να σημειωθεί ότι το "επικίνδυνο" χαρακτηριστικό των συσσωρευτών Ni-Fe αποτελεί σήμερα μία από τις μεγαλύτερες ελπίδες των επιστημόνων που ασχολούνται με την παραγωγή καυσίμου υδρογόνου, η οποία έχει τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση στις μεταφορές.

## 2.2 Η σύγχρονη ιστορία των ηλεκτρικών αυτοκινήτων

### • Μεταγενέστερες εξελίξεις στη χρήση της ηλεκτροκίνησης

Η αύξηση των τιμών της βενζίνης που ξεκίνησε τη δεκαετία του 1960 και επιταχύνθηκε τη δεκαετία του 1970 ξύπνησε εκ νέου το ενδιαφέρον για τα ηλεκτρικά οχήματα μετά από μια παύση σχεδόν 50 ετών. Κατά συνέπεια, αναπτύχθηκαν τότε αρκετά ηλεκτρικά οχήματα. Τα αυτοκίνητα πόλης μικρού μεγέθους και μικρής εμβέλειας ήταν ο πρωταρχικός στόχος. Η Enfield Automotive, μια μικρή βρετανική εταιρεία, ξεκίνησε τη σειριακή παραγωγή ενός μικρού διαθέσιου ηλεκτρικού αυτοκινήτου το 1966, το οποίο κινούνταν από έναν κινητήρα συνεχούς ρεύματος 6 kW και 8 μπαταρίες έλξης μολύβδου. Είχε αυτονομία 40÷90 km όταν οι μπαταρίες του ήταν πλήρως φορτισμένες (Guarnieri, 2012). Το 1972, η εταιρεία Sebring-Vanguard με έδρα τη Φλόριντα δημιούργησε το Citicar, ένα μικρό δίθυρο, διαθέσιμο ηλεκτρικό όχημα (Εικόνα 5).



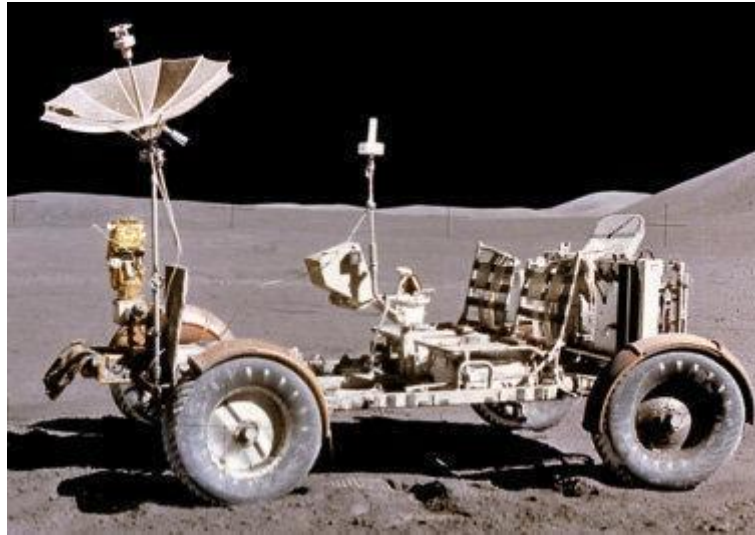
**Εικόνα 5: Citicar (Whitney, 2004)**

Αυτή ήταν η πρώτη προσπάθεια μαζικής παραγωγής ενός σύγχρονου ηλεκτρικού αυτοκινήτου στις Ηνωμένες Πολιτείες από τη χρυσή εποχή στις αρχές του 20ού αιώνα. Χάρη σε ένα σασί από αλουμίνιο με κλωβό κύλισης και ένα αμάξωμα από πλαστικό ABS, ζύγιζε μόνο 500 κιλά. Μεταξύ 1974 και 1977, πωλήθηκαν 2.500 από αυτά τα φθηνά και απλά οχήματα (Kraft, 2012).

Το 1972, η BMW ηλεκτρικά αυτοκίνητα στους ολυμπιακούς επόπτες, οι οποίοι τα χρησιμοποίησαν για την υποστήριξη των αγώνων μαραθώνιου δρόμου και βάδην μεγάλων αποστάσεων. Η εμβέλεια του οχήματος ξεπερνούσε μόλις και μετά βίας την απόσταση των 42,195 χιλιομέτρων του μαραθωνίου (Camacho and Berenguel, 2012).

Στα μέσα της δεκαετίας του 1970, ορισμένες αυτοκινητοβιομηχανίες προσπάθησαν να μετατρέψουν τα συμβατικά αυτοκίνητα σε ηλεκτρικά, αλλά η αγορά δεν ήταν έτοιμη για τόσο ακριβά και δύσκολα φορτιζόμενα οχήματα. Έχοντας κατά νου την ανάγκη για καθαρά οχήματα που δεν απαιτούν ορυκτά καύσιμα στο μέλλον, η ιαπωνική κυβέρνηση άρχισε να υποστηρίζει έντονα την έρευνα στον τομέα των ηλεκτρικών οχημάτων. Στη δεκαετία του 1990, οι ιαπωνικές αυτοκινητοβιομηχανίες (όπως η Toyota και η Nissan) κυριάρχησαν στην

αγορά αυτή. Το 1971, το πρώτο ηλεκτρικό όχημα αναχώρησε από τον πλανήτη. Το ηλιακό όχημα της NASA για την εξερεύνηση της πλανητικής επιφάνειας, το Lunar Rover (Εικόνα 6), άρχισε να διασχίζει την επιφάνεια της Σελήνης.



**Εικόνα 6: Lunar Rover (Iulia and Loránd, 2022)**

Το Moon buggy, όπως ήταν ευρέως γνωστό, ζύγισε 210 κιλά και μπορούσε να μεταφέρει έως και 490 κιλά φορτίου, συμπεριλαμβανομένων δύο αστροναυτών, επιστημονικού εξοπλισμού και συλλεγμένων σεληνιακών δειγμάτων. Είχε κατά προσέγγιση μέγιστη ταχύτητα 13 km/h και εμβέλεια περίπου 90 km. Κάθε τροχός διέθετε τον δικό του κινητήρα συνεχούς ρεύματος 0,25 ίππων με σειριακή περιέλιξη και ταχύτητα 10.000 στροφών ανά λεπτό, ο οποίος ήταν συνδεδεμένος με τον τροχό μέσω ενός αρμονικού κινητήρα. Ήταν απαραίτητο για την απόκτηση πληροφοριών σχετικά με τον φυσικό δορυφόρο του πλανήτη μας.

### 2.3 Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα στην Ελλάδα

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, η τεχνολογία εναλλακτικών καυσίμων θεωρείται ως ένας τρόπος για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και της χρήσης πετρελαίου. Οι στόλοι θεωρούνται συχνά ως ελκυστικές αρχικές αγορές για τις τεχνολογίες εναλλακτικών καυσίμων λόγω του μεγέθους τους, της κατανάλωσης καυσίμων και του υψηλού ποσοστού εναλλαγής οχημάτων (Nesbitt and Sperling, 2001). Από το έτος 2000, στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) παρατηρείται μια τάση σταδιακής ντιζελοποίησης του στόλου και αργής υιοθέτησης οχημάτων εναλλακτικών καυσίμων (AFV), συμπεριλαμβανομένων του

υγραερίου (LPG), του φυσικού αερίου (Camacho and Berenguel), του ηλεκτρικού, του υδρογόνου, των οχημάτων διπλού καυσίμου, της βενζίνης-βιοαιθανόλης, του βενζίνης-LPG και της βενζίνης-NG. Η διεξόδωση της τεχνολογίας εναλλακτικών οχημάτων είναι εξαιρετικά σημαντική. Επιπλέον, πιστεύεται ότι η τεχνολογία των ηλεκτρικών οχημάτων έχει σημαντική ικανότητα να μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και την κατανάλωση πετρελαίου στην ΕΕ.

Στο πλαίσιο αυτό, φαίνεται σημαντική η ανάπτυξη της χρήσης και της ενίσχυσης της αγοράς ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα. Όπως αναφέρεται, κατά την προηγούμενη δεκαετία, οι Ολυμπιακοί Αγώνες του 2004 επηρέασαν βαθιά την ελληνική αγορά αυτοκινήτου, πολύ πέρα από τις πωλήσεις νέων οχημάτων. Ως αποτέλεσμα της οικονομικής κρίσης στην Ελλάδα, ο αριθμός των πωλήσεων νέων αυτοκινήτων μειώθηκε κατά 49% το 2010 σε σύγκριση με το 2001 (Nanaki and Koroneos, 2013). Συνεπώς, σε σχέση με την υπόλοιπη ΕΕ, η Ελλάδα δεν φαινόταν έτοιμη για τα ηλεκτρικά οχήματα.

Ωστόσο, το 2020, η Ελλάδα είχε κατά μέσο όρο τρία ηλεκτρικά οχήματα ανά σταθμό φόρτισης, ποσοστό υψηλότερο από τον ευρωπαϊκό μέσο όρο των πέντε ηλεκτρικών οχημάτων ανά σταθμό φόρτισης (EAFO, 2020). Καθώς ο αριθμός των ηλεκτροκίνητων οχημάτων παραμένει χαμηλός, ο αριθμός αυτός δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ακριβής αναπαράσταση της δημόσιας υποδομής φόρτισης ηλεκτροκίνητων οχημάτων στην Ελλάδα. Στη Νορβηγία, για παράδειγμα, τη χώρα με την υψηλότερη διεξόδωση στην αγορά των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στον κόσμο, το 2020 ταξινομήθηκαν 36.406, που αντιστοιχούν στο 45,6% του συνόλου των ταξινομήσεων νέων αυτοκινήτων (Global EV Outlook, 2019). Αντίθετα, στην Ελλάδα ταξινομήθηκαν μόνο 211, που αντιστοιχούν μόλις στο 0,4% του μεριδίου της αγοράς της (EAFO, 2020). Στην Ελλάδα υπήρχαν μόνο τέσσερις σταθμοί "ταχείας φόρτισης" ανά 100 χιλιόμετρα αυτοκινητοδρόμου. Ο αριθμός αυτός είναι σημαντικά χαμηλότερος από τον ευρωπαϊκό μέσο όρο των 39 σημείων "ταχείας φόρτισης" ανά 100 χιλιόμετρα αυτοκινητόδρομου και των 833 σημείων "ταχείας φόρτισης" ανά 100 χιλιόμετρα αυτοκινητόδρομου της Νορβηγίας, αντίστοιχα. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι το δίκτυο αυτοκινητοδρόμων της Νορβηγίας είναι κατά 523 χιλιόμετρα μικρότερο από το ελληνικό δίκτυο των 2.309 χιλιομέτρων. (EAFO, 2020). Συμπερασματικά, διαφαίνεται ότι η είσοδος και εγκατάσταση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων πλέον στην ελληνική αγορά δεν είναι τόσο απλή και εύκολη.



Επί του παρόντος, 26 από τα 27 κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης προσφέρουν κίνητρα για την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων. Είκοσι κράτη μέλη προσφέρουν κίνητρα σε δυνητικούς ιδιώτες αγοραστές ηλεκτρικών οχημάτων, αν και το Βέλγιο, η Βουλγαρία, η Κύπρος, η Δανία, η Λετονία και η Μάλτα δεν παρέχουν κίνητρα αγοράς, αλλά προσφέρουν φορολογικά οφέλη ή απαλλαγές (European Automobile Manufacturers Association, 2020). Αντίθετα, η Λιθουανία είναι το μόνο κράτος μέλος που δεν προσφέρει φορολογικά οφέλη ή κίνητρα, ενώ η Τσεχική Δημοκρατία δεν παρέχει κίνητρα για τους ιδιώτες ιδιοκτήτες.

Επιστρέφοντας στην περίπτωση της Ελληνικής Επικράτειας, στις 17 Ιουνίου 2020, το ελληνικό Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας θέσπισε νέα νομοθεσία και ανακοίνωσε οικονομικά, φορολογικά και κίνητρα εγκατάστασης σημείων φόρτισης για την προώθηση της υιοθέτησης ηλεκτρικών οχημάτων. Τα κίνητρα αυτά σχεδιάστηκαν τόσο για τους ιδιοκτήτες ιδιωτικών αυτοκινήτων όσο και για τις επιχειρήσεις που επιθυμούν να αποκτήσουν, να αντικαταστήσουν ή να διαθέσουν τα παλιά τους οχήματα (Geronikolos and Potoglou, 2021).

### 2.3.1 Ελληνική νομοθεσία Η/Ο

Στο σημείο αυτό θα παρουσιάσουμε την ισχύουσα νομοθεσία πάνω στην ηλεκτροκίνηση στη χώρα μας:

- βάση του 4233/2014, νομοθετείτε η δημιουργία σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε πρατήρια καυσίμων, χώρους στάθμευσης, συνεργεία αυτοκινήτων και σε ΚΤΕΟ.
- βάση του 4439/2016, που βασίζεται στην οδηγία 2014/94 της Ευρωπαϊκής Ένωσης, θεσπίζονται οι τεχνικές προδιαγραφές που πρέπει να τηρούνται για την φόρτιση των Η/Ο.
- βάση του 4513/2018, νομοθετείτε η δημιουργία σταθμών φόρτισης Η/Ο σε δημόσιους χώρους.
- βάση του 4643/2019, δίνονται οι οδηγίες προς τους παρόχους του κλάδου της ηλεκτροκίνησης και της φόρτισης, με σκοπό την διαμόρφωση της αγοράς.
- βάση του ΦΕΚ (2040/Τ.Β/4.6.2019), ονομάζονται οι τεχνικές προδιαγραφές σχετικά με την φόρτιση Η/Ο, κατά μήκος ολόκληρου του οδικού δικτύου.
- βάση του 4685/2020, που βασίζεται στην οδηγία 2018/844 της Ε.Ε, θεσμοθετούνται μέτρα για την απλούστευση των διαδικασιών δημιουργίας υποδομών φόρτισης σε νέα και παλιά κτήρια.
- βάση του 4710/2020, «προώθηση της ηλεκτροκίνησης και άλλες διατάξεις»,

ο οποίος αποτελεί έναν από τους πιο ολοκληρωμένους νόμους πάνω στην ηλεκτροκίνηση στη χώρα μας, δίνεται έμφαση στην παροχή κινήτρων προς τη βιομηχανία παραγωγής των Η/Ο. Ανανέωση οδηγιών προς παρόχους του κλάδου ηλεκτροκίνησης και φόρτισης, με σκοπό τη διαμόρφωση της αγοράς. Θέσπιση περεταίρω οικονομικών και φορολογικών κινήτρων προς την αγορά και πώληση Η/Ο. Ίδρυση μητρώου υποδομών και φορέων αγοράς ηλεκτροκίνησης (Μ.Υ.Φ.Α.Η). Χάραξη προδιαγραφών για την ενσωμάτωση υποδομών φόρτισης σε χώρους στάθμευσης. Επιπλέον την ίδρυση ανεξάρτητου τμήματος ηλεκτροκίνησης στο υπουργείο περιβάλλοντος και ενέργειας. Πιο αναλυτικά, ακολουθούν ορισμένα ψηφίσματα του νόμου:

- παροχή δωρεάν θέσεων στάθμευσης προς Η/Ο
  - προνόμια έκδοσης αδειών προς τις μονάδες παραγωγής Η/Ο και παρεμφερών προϊόντων
  - φοροαπαλλαγές εισοδήματος για την απόκτηση οχήματος μηδενικών ή χαμηλών ρύπων μέχρι 50 γρ. CO<sub>2</sub>/χλμ
  - ορισμένα οικονομικά οφέλη στα έξοδα οχημάτων μηδενικών ή χαμηλών ρύπων, από τα οποία επωφελούνται οι εργαζόμενοι, οι επιχειρήσεις καθώς και το περιβάλλον
  - φορολογικά κίνητρα στα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς χαμηλών ή μηδενικών ρύπων
  - παράκαμψη από την ετήσια αντικειμενική δαπάνη, στην απόκτηση αυτοκινήτου χαμηλών ή μηδενικών ρύπων
- βάση του ΦΕΚ (3407/Τ.Β/28.7.21), θεσμοθετείτε η έναρξη του επαγγέλματος του τεχνίτη οχημάτων υψηλής τάσης και αναφέρονται οι απαραίτητες προϋποθέσεις ασφαλείας, χώρου, εξοπλισμού και σήμανσης, για τη λειτουργία συνεργείων οχημάτων υψηλής τάσης.
  - βάση του ΦΕΚ (4936/Τ.Α/27.05.2022), «Μετάβαση στην κλιματική ουδετερότητα και προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή, επείγουσες διατάξεις για την αντιμετώπιση της ενεργειακής κρίσης και την προστασία του περιβάλλοντος.», ο οποίος αποτελεί το πληρέστερο νομοθέτημα πάνω στην ενέργεια, που έχει ψηφιστεί στην χώρα μας μέχρι σήμερα:

### ***ΕΘΝΙΚΟΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΝΟΜΟΣ***

- από 1/1/26 και εντός των περιφερειών Αττικής, Κεντρικής Μακεδονίας και Θεσσαλονίκης, το 1/3 των νέων οχημάτων προς μίσθωση και των ταξί, υποχρεούνται να είναι οχήματα μηδενικών ρύπων.

- από 1/1/24 το λιγότερο το 1/4 των νέων εταιρικών αυτοκινήτων προς ιδιωτική χρήση, πρέπει να είναι είτε καθαρά ηλεκτρικά είτε τύπου PHEV (plug-in hybrid), έως 50 γρ. CO<sub>2</sub>/χλμ.
- σύμφωνα με τη σύναψη του εθνικού σχεδίου πάνω στην ηλεκτροκίνηση, θέτονται στόχοι με σκοπό την επάρκεια των χώρων φόρτισης Η/Ο δημόσια.
- από 1/1/30 όλα τα νέα επιβατικά Ι.Χ και ελαφρά επαγγελματικά οχήματα, ορίζεται να είναι οχήματα μηδενικών ρύπων.
- αναθεώρηση νομοθεσίας για τα στατιστικά δεδομένα των σταθμών φόρτισης Η/Ο, καθώς και δημοσιοποίηση και ελεύθερη πρόσβαση των στατιστικών αυτών, προς χρήστες Η/Ο και τρίτους.
- η νομοθεσία πάνω στα δημοτικά σχέδια φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων (ΣΦΗΟ) γίνεται πιο ειδικευμένη και ταυτόχρονα απλοποιείτε η διαδικασία αδειοδότησης και εγκατάστασης σταθμών φόρτισης Η/Ο.
- δημιουργείτε η ελάχιστη προϋπόθεση σύνθεσης στόλου 5%, ηλεκτρικών ή υβριδικών οχημάτων, σε κάθε ανάθεση δημόσιας σύμβασης για προμήθεια ή υπηρεσίες οχημάτων.

### 2.3.2 Χρηματοδοτικά προγράμματα στην χώρα μας

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε το πρόγραμμα «Κινούμαι ηλεκτρικά 2» καθώς και άλλα προγράμματα που αποσκοπούν στην μετάβαση της χώρας μας στην πράσινη οικονομία

#### **1. ΚΙΝΟΥΜΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ Β΄**

Αποτελεί συνέχιση του επιτυχημένου προγράμματος της κυβέρνησης «Κινούμαι Ηλεκτρικά Α΄», το οποίο ήταν σε ισχύ από τις 24 Αυγούστου του έτους 2020 μέχρι και για ένα χρόνο. Το ανανεωμένο πρόγραμμα «Κινούμαι Ηλεκτρικά Β΄», είναι σε ισχύ από τις 1 Δεκεμβρίου 2021 ως και τις 31 Δεκεμβρίου του 2023. Πιο συγκεκριμένα το πρόγραμμα αυτό προβλέπει:

#### ΠΡΟΣ ΙΔΙΩΤΕΣ

- χρηματοδότηση 30% προς αγορά Η/Ο και με μέγιστο ποσό τις 8.000€
- χρηματοδότηση 30% και με μέγιστο ποσό τις 8.000€, για μακροχρόνια μίσθωση Η/Ο χωρίς υποχρέωση αγοράς.
- σε περίπτωση απόσυρσης παλιού οχήματος επιπλέον 1.000€ και χορήγηση ποσού ίσου με 500€ για την αγορά έξυπνου φορτιστή.

- επιπρόσθετη χορηγία 1.000€ για αγορά από άτομα με ειδικές ανάγκες.
- επιπλέον ενίσχυση του ποσού των 1.000€ για πολύτεχνες οικογένειες, και σε περίπτωση που ο αριθμός ανήλικων τέκνων είναι πάνω από 3, επιπρόσθετο ποσό των 1.000€ για κάθε τέκνο, με το ποσό να σταματάει στις 4.000€
- χορήγηση 1.000€ σε νέα άτομα ηλικίας ως 29 ετών.
- δυνατότητα εκχώρησης δικαιώματος εισπραξίας επιδότησης στην εταιρία πώλησης.
- ενίσχυση ως 40% με μέγιστο ποσό τις 3.000€ για αγορά δίκυκλων ή τρίκυκλων κατηγορίας L5e ως L7e.
- ενίσχυση ως 30% για την αγορά ηλεκτρικών δίκυκλων κατηγορίας L1e ως L4e, με μέγιστο ποσό τα 1.300€
- ενίσχυση 40% προς την αγορά ηλεκτρικού ποδήλατου, με μέγιστο ποσό επιχορήγησης τα 800€

## ΠΡΟΣ ΕΤΑΙΡΙΕΣ

- επιδότηση 30% προς την αγορά Η/Ο με μέγιστο ποσό τις 8.000€ για αγορά ως 20 οχημάτων. Για στόλο μεγαλύτερο των 20 οχημάτων επιχορήγηση 20% και με μέγιστο ποσό τις 6.000€
- επιβράβευση απόσυρσης με 1.000€ ανά όχημα και επιπλέον ενίσχυση ίση με 400€ για την αγορά έξυπνου φορτιστή.
- επιδότηση για αγορά ως 10 ηλεκτρικών ποδηλάτων προς εταιρίες των κλάδων τουρισμού, ταχυμεταφορών και διανομών.
- χρηματοδότηση για ενοικίαση Η/Ο ποσοστού 30% και μέγιστου ποσού ως 8.000€ (για αριθμό στόλου 1-20) Για αριθμό οχημάτων μεγαλύτερο του 20 επιδότηση 20% και ποσό ως 6.000€
- επιπρόσθετη επιχορήγηση ποσού ίσου με 4.000€ ανά όχημα, για εταιρίες που εδρεύουν σε νησιά.
- χρηματοδότηση για Η/Ο που θα εξυπηρετούν καθήκοντα test drive, της τάξης του 30% ως 8.000€ ανά όχημα (για αγορά ως 20 οχημάτων) και της τάξης του 20% ως 6.000€ ανά όχημα για 21 και πάνω οχήματα.

## **2. ΦΟΡΤΙΖΩ ΠΑΝΤΟΥ**

Σκοπός του προγράμματος αυτού, που είναι σε ισχύ από τον Φεβρουάριο του 2023, είναι η εγκατάσταση ενός αριθμού κοντά στις 10.000 δημόσια προσβάσιμων σταθμών φόρτισης

πανελλαδικά. Επίσης παρέχει προνομιακή επιδότηση σε απομακρυσμένες περιοχές και έχει ως συνολικό προϋπολογισμό έργου περί τα 80 εκατομμύρια ευρώ.

### **3. *ΑΝΤΩΝΗΣ ΤΡΙΤΣΗΣ***

Το ευρύτερο πρόγραμμα "Αντώνης Τρίτσης", ανάμεσα σε άλλα, θέτει και στόχους στον τομέα που μας απασχολεί, αυτόν της ηλεκτροκίνησης. Θέτει ως πρωταρχικό ζητούμενο την αναβάθμιση των υποδομών των φορέων τοπικής αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ) και επιπρόσθετα δίνει την έναρξη σε συγκεκριμένες δράσεις, κοινωνικής και υποστηρικτικής μορφής, που αποσκοπούν στην καλύτερη σχέση μεταξύ κοινού και τομέων αυτοδιοίκησης. Μέσω της αυξημένης χρήσης της τεχνολογίας στην επικοινωνία μεταξύ πολιτών και φορέων τοπικής αυτοδιοίκησης, η βελτίωση της ασφάλειας και του βιοτικού επιπέδου των πολιτών καθίσταται πιο εφικτή. Αναλυτικότερα, στον τομέα της ηλεκτροκίνησης και στα πλαίσια του προγράμματος "Δράσεις ηλεκτροκίνησης στους δήμους" αναφέρονται:

- επιδότηση σε δημοτικούς φορείς προς την αγορά Η/Ο, ύψους ως και 100% και για την δημιουργία υποδομών φόρτισης.
- προμήθεια δήμων με μέγιστο αριθμό Η/Ο το 10, για οχήματα μικρού και μεγάλου μεγέθους.
- παροχή δήμων με ως και 5 Η/Ο τύπου επιβατικών αμαξιών, δίκυκλων και μικρού μεγέθους λεωφορείων και φορτηγών.
- παροχή ως 5 οχημάτων μεγαλύτερου μεγέθους, πιο συγκεκριμένα χρήσης στα μέσα μαζικής μεταφοράς και διαχείρισης αποβλήτων ή παραγωγή έργου.
- επιπρόσθετα παροχή του αναγκαίου εξοπλισμού πάνω στην συντήρηση και χρήση όλων των προαναφερθέντων οχημάτων.

### **4. *e- ΑΣΤΥΠΙΑΛΛΑΙΑ***

Ένα πρόγραμμα της Ελληνικής κυβέρνησης το οποίο θέτει στόχους στα νησιά, ως προς την πράσινη μετάβαση τους, μέσω πιο οικολογικών τρόπων μεταφοράς και την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ιδιαίτερη σημασία δίνεται στην αναβάθμιση των υποδομών φόρτισης, στην ευκολότερη πρόσβαση για όλους στα Η/Ο μέσω διαφόρων δράσεων και υπηρεσιών και στις εγκαταστάσεις ενέργειας (υπάρχουσες και μη). Ιδιαίτερη σημασία δίνεται στις ευπαθείς ομάδες (άτομα με ειδικές ανάγκες) και στις πολύτεχνες οικογένειες, ομάδες οι οποίες χρήζουν προνομιάς επιδότησης. Οι δράσεις του προγράμματος αναλυτικότερα είναι:

- δωρεάν παροχή Η/Ο στους δήμους προς αντικατάσταση των παλιών ρυπογόνων οχημάτων.
- χρηματοδότηση προς τους ιδιώτες για αλλαγή των παλιών οχημάτων, κάθε είδους, με αντίστοιχα ηλεκτρικά (αμάξια, ποδήλατα, scooter κλπ.)
- μεταφορά εντός πόλεως μέσω της χρήσης εφαρμογής "on demand" από το κινητό τηλέφωνο.
- υπηρεσία τύπου rent a car αποκλειστικά για μίσθωση Η/Ο κατά μήκος του νησιού.
- μείωση της απαιτούμενης παραγωγής ενέργειας από τον υπάρχοντα σταθμό, με την εγκατάσταση υβριδικού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
- δημιουργία υποδομών φόρτισης Η/Ο δημοσίας χρήσης, καθώς και την υλοποίηση έργων με απώτερο σκοπό την αναβάθμιση του ηλεκτρικού και ψηφιακού τομέα του νησιού.

## 5. ΠΡΑΣΙΝΑ ΤΑΞΙ

Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό από το όνομα, αυτό το πρόγραμμα απευθύνεται στους κατόχους άδειας κυκλοφορίας επιβατικών οχημάτων δημοσίας χρήσεως (Ε.Δ.Χ). Επωφελούμενοι είναι λοιπόν όλοι οι κατ' επάγγελμα ιδιοκτήτες ταξί, το οποίο υπάγεται σε κατηγορία euro 5 και άνω. Πιο συγκεκριμένα προβλέπει:

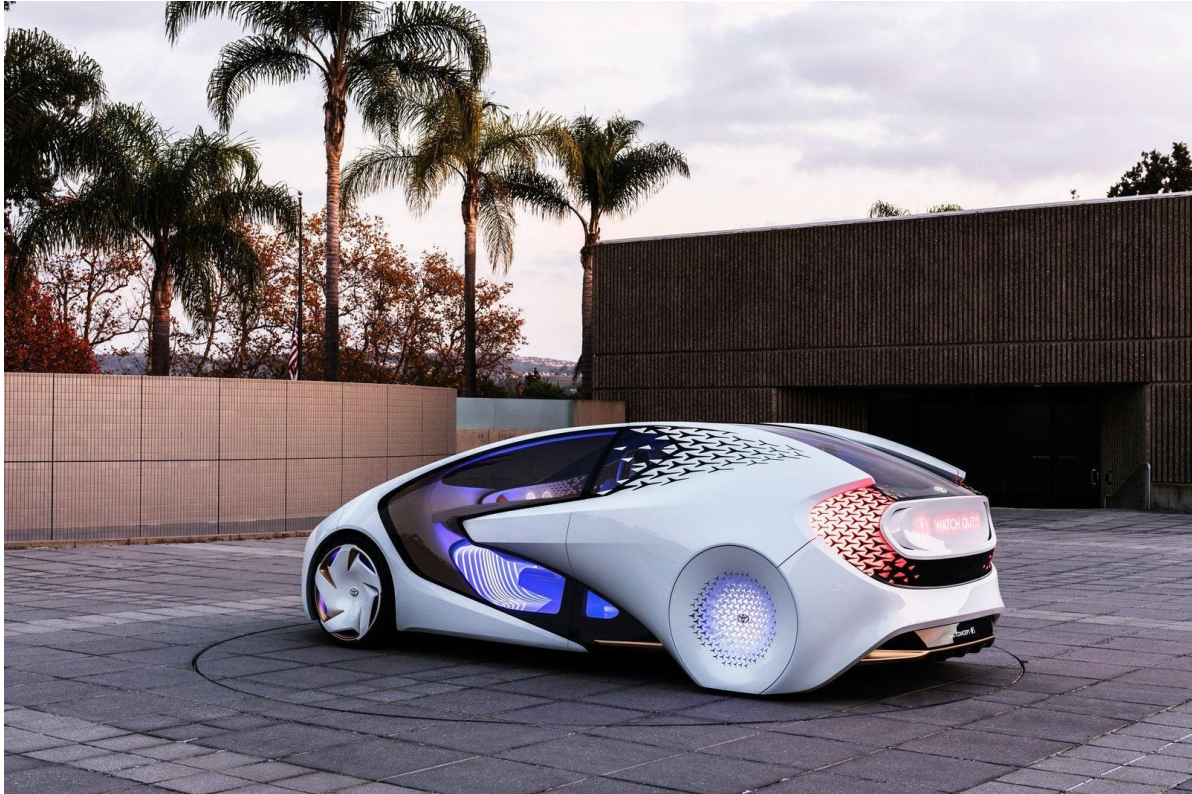
- οικολογικό bonus 40% επί της Λ.Τ.Π.Φ με την απόσυρση παλιού οχήματος ταξί και την αγορά αμιγώς ηλεκτρικού (BEV), με μέγιστο ποσό επιδότησης τα 17.500€
- σε περίπτωση εξαναγκαστικής απόσυρσης παλαιού τύπου ταξί, αμοιβή της αξίας των 5.000€
- ενίσχυση αγοράς έξυπνου φορτιστή ίση με το ποσό των 500€
- προσαύξηση του οικολογικού bonus ως και 1.000€ σε περίπτωση που ο κάτοχος της άδειας ανήκει σε ομάδα ΑΜΕΑ ή είναι μέλος πολύτεκνης οικογένειας.
- αντιστοίχως προσαύξηση ως 1.000€ στο οικολογικό bonus σε περίπτωση αγοράς Η/Ο ταξί, από νεαρό άτομο ηλικίας μέχρι και 29 ετών.

### 2.4 Το μέλλον των ηλεκτρικών οχημάτων

#### Τεχνητή νοημοσύνη (TN) και αυτόνομη οδήγηση

Τα ηλεκτρικά οχήματα του μέλλοντος φαίνονται λαμπρά και πολλά υποσχόμενα, εκπληρώνοντας και τις πιο περίπλοκες απαιτήσεις. Η πρώτη μελλοντική απεικόνιση

βασίζεται στην ιδέα Sedric (SELF-DRIVING CAR) του ομίλου Volkswagen.. Συνδυάζει πλήρως αυτόνομη οδήγηση, ηλεκτρική πρόωση και προηγμένη ενσωμάτωση ψηφιακών δικτύων (König et al., 2021). Το δεύτερο όχημα, στα ιδανικά οχήματα του μέλλοντος, είναι το Toyota Concept-i, το οποίο διαθέτει επαναστατικό σχεδιασμό. (Εικόνα 7).



**Εικόνα 7: Toyota Concept-I (Graham and Brungard, 2021)**

Αυτό το ημιαυτόνομο ηλεκτρικό όχημα του κοντινού μέλλοντος ενσωματώνει πλήρως την τεχνητή νοημοσύνη για να μεγιστοποιήσει την οδηγική απόλαυση και την ασφάλεια του οδηγού και των επιβατών. Σίγουρα, οι ραγδαίες εξελίξεις στον τομέα των ηλεκτρικών μεταφορών θα επιφέρουν σύντομα απρόβλεπτα αποτελέσματα που θα αλλάξουν ριζικά την κατανόησή μας για το θέμα αυτό.

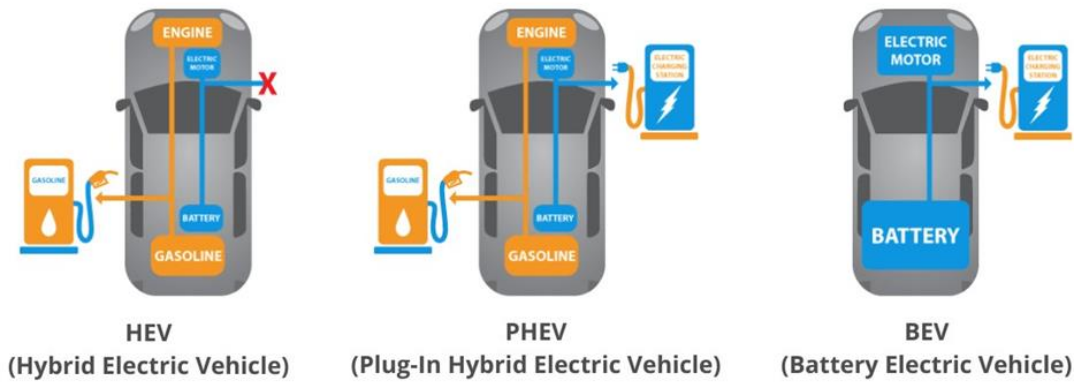
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> : Ηλεκτρικά οχήματα: Τεχνολογίες και Προκλήσεις

### 3.1 Ηλεκτρικά οχήματα: Ταξινόμηση

Σήμερα, μπορούμε να συναντήσουμε διάφορους τύπους ηλεκτροκίνητων οχημάτων με βάση τις τεχνολογίες του κινητήρα τους. Γενικά, ταξινομούνται σε πέντε κατηγορίες:

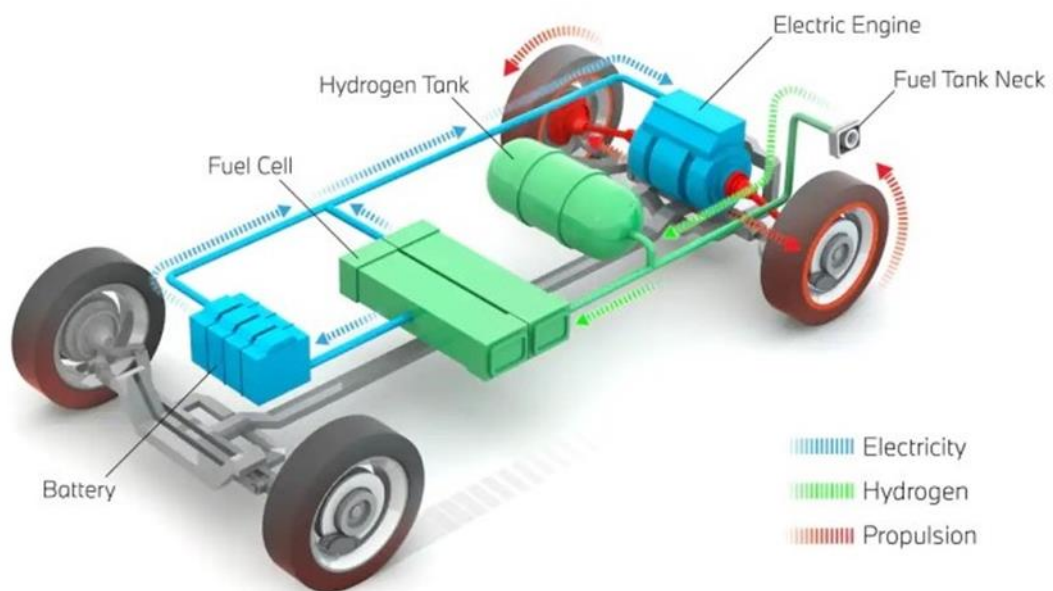
- Ηλεκτρικά οχήματα με μπαταρία (BEV): αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα. Τα BEV δεν διαθέτουν κινητήρα εσωτερικής καύσης και δεν χρησιμοποιούν κανενός είδους υγρό καύσιμο. Τα BEV χρησιμοποιούν συνήθως μεγάλες συστοιχίες μπαταριών προκειμένου να επιτύχουν αποδεκτή αυτονομία. Ορισμένα BEV μπορούν να διανύσουν έως και 500 χιλιόμετρα με μία μόνο φόρτιση. Η τυπική εμβέλεια ενός BEV κυμαίνεται μεταξύ 160 και 250 χιλιομέτρων. **(Εικόνα 8)**
- Plug-In Hybrid Electric Vehicles (PHEVs): υβριδικά οχήματα που κινούνται από έναν συμβατικό κινητήρα καύσης και έναν ηλεκτροκινητήρα που φορτίζεται από μια εξωτερική ηλεκτρική πηγή που μπορεί να συνδεθεί. Τα PHEV είναι σε θέση να αποθηκεύουν αρκετή ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο ώστε να μειώνουν σημαντικά την κατανάλωση καυσίμου υπό κανονικές συνθήκες οδήγησης. **(Εικόνα 8)**
- Υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα (HEV): Τα υβριδικά οχήματα κινούνται με έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης και έναν ηλεκτροκινητήρα. Σε αντίθεση με τα PHEV, τα HEV δεν μπορούν να συνδεθούν στο ηλεκτρικό δίκτυο. Στην πραγματικότητα, ο κινητήρας εσωτερικής καύσης του οχήματος φορτίζει την μπαταρία που τροφοδοτεί τον ηλεκτροκινητήρα. Στα σύγχρονα οχήματα, η ενέργεια που παράγεται κατά την πέδηση μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη φόρτιση των μπαταριών, μετατρέποντας την κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική. Στο υβριδικό μοντέλο τέταρτης γενιάς, το Toyota Prius ήταν εξοπλισμένο με μια μπαταρία 1,3 kWh που θεωρητικά του επέτρεπε να διανύει έως και 25 χιλιόμετρα σε αμιγώς ηλεκτρική λειτουργία (Amrani et al., 2022). **(Εικόνα 8)**





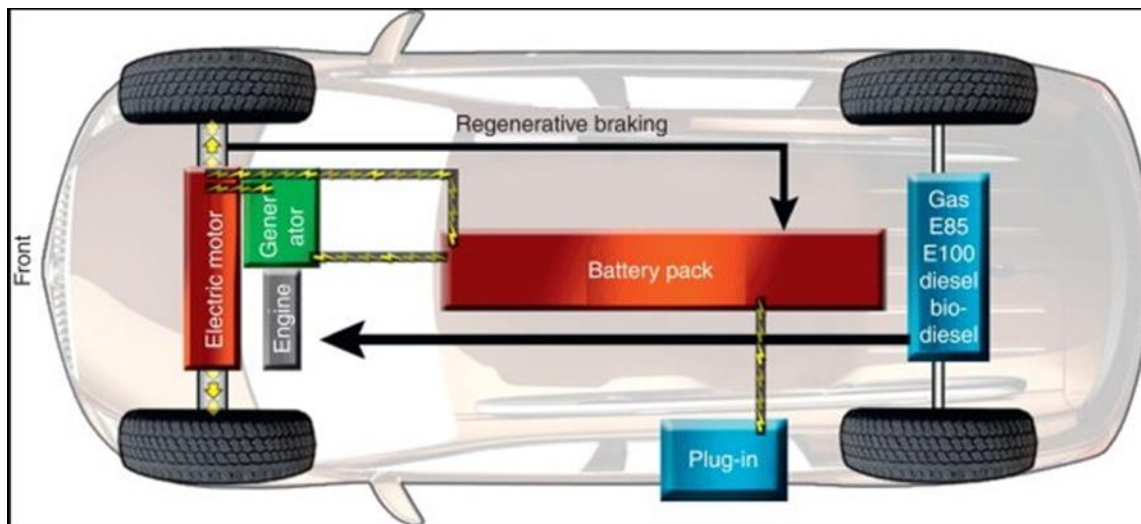
**Εικόνα 8: Οι πιο διαδεδομένες κατηγορίες EV οχημάτων**

- Ηλεκτρικά οχήματα με κυψέλες καυσίμου (FCEV): τα οχήματα αυτά είναι εξοπλισμένα με έναν ηλεκτρικό κινητήρα που λειτουργεί με ένα μείγμα συμπιεσμένου υδρογόνου και οξυγόνου που λαμβάνεται από τον αέρα, με το νερό να είναι το μόνο υποπροϊόν αυτής της διαδικασίας. Παρόλο που αυτοί οι τύποι οχημάτων θεωρούνται ότι έχουν "μηδενικές εκπομπές", είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ενώ υπάρχει πράσινο υδρογόνο, η συντριπτική πλειοψηφία του υδρογόνου που χρησιμοποιείται προέρχεται από το φυσικό αέριο. **(Εικόνα 9)**



**Εικόνα 9: Λειτουργία EV κατηγορίας FCEV**

- Ηλεκτρικά οχήματα εκτεταμένης εμβέλειας (ER-EV): τα οχήματα αυτά μοιάζουν πολύ με τα BEV. Ωστόσο, τα ER-EV είναι επίσης εξοπλισμένα με έναν συμπληρωματικό κινητήρα εσωτερικής καύσης που φορτίζει τις μπαταρίες του οχήματος όταν είναι απαραίτητο. Σε αντίθεση με τους κινητήρες που βρίσκονται στα PHEV και HEV, αυτός ο τύπος κινητήρα χρησιμοποιείται μόνο για τη φόρτιση και δεν συνδέεται με τους τροχούς του οχήματος. (Εικόνα 10)



**Εικόνα 10:** Παρομοίως σε όχημα ER-EV

### 3.2 Επιχορηγήσεις και θέση στην αγορά

#### Πολιτικά και οικονομικά κίνητρα απόκτησης EV

Παρά το γεγονός ότι η τιμή αγοράς των ηλεκτρικών οχημάτων είναι υψηλότερη σε σύγκριση με την έκδοση με κινητήρα εσωτερικής καύσης του ίδιου μοντέλου οχήματος, οι πωλήσεις ηλεκτρικών οχημάτων έχουν αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια. Επιπλέον, πολλά έθνη προετοιμάζονται για τη μετάβαση στην κινητικότητα αποθαρρύνοντας τη χρήση αυτοκινήτων που κινούνται με ορυκτά καύσιμα και προωθώντας την ηλεκτρική κινητικότητα. Στη Γαλλία, για παράδειγμα, οι αγοραστές ηλεκτρικών οχημάτων λαμβάνουν μπόνους που κυμαίνεται από 4.000 έως 6.000 ευρώ για τα BEV και 3.500 ευρώ για τα PHEV. Παρέχεται επίσης έκπτωση μεταξύ 50% και 100% επί του τέλους ταξινόμησης. Στο Ηνωμένο Βασίλειο, παρέχεται κίνητρο έως και 4.500 λίρες για την αγορά ηλεκτρικού οχήματος, ενώ αν το όχημα κοστίζει λιγότερο από 40.000 λίρες, απαλλάσσεται από τα τέλη κυκλοφορίας. Στη Γερμανία, οι αγοραστές BEV και PHEV λαμβάνουν μπόνους 4.000 € και 3.000 €, αντίστοιχα. Επιπλέον, τα BEV απαλλάσσονται από τους φόρους ακίνητης

περιουσίας, ενώ τα PHEV λαμβάνουν μείωση 50%. Στην περίπτωση της Ισπανίας, για την αγορά BEVs και HEVs παρέχεται επιχορήγηση μεταξύ 1.300 και 5.500 ευρώ, ανάλογα με την εμβέλειά τους. Στη Νορβηγία, ο φόρος ακίνητης περιουσίας για τα BEV και τα PHEV είναι 47 €, ενώ ο φόρος για τα βενζινοκίνητα οχήματα κυμαίνεται από 290 € έως 340 €. Επιπλέον, τα BEV απαλλάσσονται από την καταβολή τελών κυκλοφορίας, διοδίων και τελών στάθμευσης σε προτιμώμενες περιοχές στάθμευσης. Η ομοσπονδιακή κυβέρνηση στις Ηνωμένες Πολιτείες παρέχει 2500 δολάρια για την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων και επιπλέον 417 δολάρια για κάθε kWh των μπαταριών τους άνω των 4 kWh, με ανώτατο όριο τα 7500 δολάρια. Επιπλέον, εξετάζονται και πιο αυστηρά μέτρα. Στην περίπτωση της Γερμανίας, εξετάζεται το ενδεχόμενο απαγόρευσης της κυκλοφορίας πετρελαιοκίνητων οχημάτων στις αστικές περιοχές, ενώ το Παρίσι ανακοίνωσε ότι τα πετρελαιοκίνητα οχήματα θα απαγορευτούν από την πόλη μέχρι το 2024, ενώ το 2030 θα ακολουθήσουν τα οχήματα εσωτερικής καύσης. Η Ρώμη θα απαγορεύσει την κυκλοφορία πετρελαιοκίνητων οχημάτων από το 2024, ενώ η Μαδρίτη, η Αθήνα και η Πόλη του Μεξικού θα κάνουν το ίδιο από το 2025. Παρά τα θετικά στοιχεία για τις παγκόσμιες πωλήσεις, το 95% των ηλεκτρικών οχημάτων πωλήθηκε σε δέκα μόνο χώρες (δηλαδή, Κίνα, ΗΠΑ, Ιαπωνία, Καναδάς, Νορβηγία, Ηνωμένο Βασίλειο, Γαλλία, Γερμανία, Ολλανδία, Σουηδία και Νορβηγία) (Sanguesa et al., 2021).

### 3.3 Μπαταρίες

#### 3.3.1 Χαρακτηριστικά των μπαταριών

##### Βασικές πτυχές των μπαταριών και ανάλυση τους

Όσον αφορά τα κύρια χαρακτηριστικά των μπαταριών, μπορούν να επισημανθούν τα εξής:

- Η χωρητικότητα της μπαταρίας είναι η μέγιστη ποσότητα ενέργειας που μπορεί να εξαχθεί από μια μπαταρία υπό ορισμένες συνθήκες. Η μονάδα αυτή μπορεί να εκφραστεί σε A ή σε W, αν και τα ηλεκτρικά οχήματα χρησιμοποιούν συνήθως την τελευταία. Λαμβάνοντας υπόψη ότι, στα ηλεκτρικά οχήματα, η χωρητικότητα της μπαταρίας είναι κρίσιμος παράγοντας επειδή επηρεάζει άμεσα την αυτονομία των οχημάτων, η εμφάνιση νέων τεχνολογιών που επιτρέπουν την αποθήκευση μεγαλύτερης ποσότητας ενέργειας στο συντομότερο δυνατό χρόνο θα αποτελέσει καθοριστικό παράγοντα για την επιτυχία αυτού του τύπου οχημάτων.

- Κατάσταση φόρτισης. Αναφέρεται στο ποσοστό της μέγιστης χωρητικότητας της μπαταρίας.
- Ενεργειακή πυκνότητα. Η επίτευξη της υψηλότερης δυνατής ενεργειακής πυκνότητας είναι μια άλλη κρίσιμη πτυχή στην ανάπτυξη των μπαταριών, που σημαίνει ότι μπαταρίες ίδιου μεγέθους και βάρους μπορούν να αποθηκεύσουν μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας. Η ενεργειακή πυκνότητα των μπαταριών είναι η ποσότητα ενέργειας που μπορεί να παρέχει μια μπαταρία ανά μονάδα όγκου (Wh/L).
- Ειδική ζωτικότητα. Η ποσότητα ενέργειας που μπορεί να παρέχει μια μπαταρία ανά χιλιόγραμμο (Wh/kg). Αυτό το χαρακτηριστικό αναφέρεται επίσης ως ενεργειακή πυκνότητα από ορισμένους συγγραφείς και μπορεί να προσδιορίζεται σε Wh/L ή Wh/kg.
- Ειδική ισχύς. Η ποσότητα ισχύος που μπορεί να παρέχει μια μπαταρία ανά χιλιόγραμμο (W/kg).
- Κύκλοι φόρτισης. Ένας κύκλος φόρτισης ολοκληρώνεται όταν η μπαταρία έχει χρησιμοποιηθεί ή φορτιστεί πλήρως.
- Διάρκεια ζωής. Ένας άλλος παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι η διάρκεια ζωής της μπαταρίας, η οποία καθορίζεται από τον αριθμό των κύκλων φόρτισης που μπορεί να αντέξει. Ο στόχος είναι να αναπτυχθούν μπαταρίες που μπορούν να αντέξουν περισσότερους κύκλους φόρτισης και αποφόρτισης.
- Εσωτερική αντίσταση. Τα εξαρτήματα των μπαταριών δεν είναι τέλειοι ηλεκτρικοί αγωγοί, οπότε προσφέρουν κάποια αντίσταση στη μετάδοση του ηλεκτρισμού. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας φόρτισης, κάποια ενέργεια χάνεται ως θερμότητα (δηλαδή θερμικές απώλειες). Η παραγόμενη θερμότητα ανά μονάδα χρόνου είναι ίση με την ισχύ που χάνεται στην αντίσταση, οπότε οι φορτίσεις υψηλής ισχύος θα έχουν μεγαλύτερη επίδραση στην εσωτερική αντίσταση. Συνεπώς, θα χαθεί μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας κατά τις διαδικασίες ταχείας φόρτισης από ό,τι κατά τις πιο αργές. Ως εκ τούτου, είναι ζωτικής σημασίας οι μπαταρίες να μπορούν να αντέξουν την ταχεία φόρτιση και τις υψηλότερες θερμοκρασίες που προκαλούνται από την εσωτερική αντίσταση.
- Απόδοση. Είναι ο λόγος της διαθέσιμης ισχύος της μπαταρίας προς την ποσότητα ενέργειας που φορτίζεται.

### 3.3.2 Κόστος, χωρητικότητα και χρόνος φόρτισης

#### Το υψηλό κόστος δημιουργίας των μπαταριών που δρα σαν μειονέκτημα στην αγορά τους και η δημιουργία σταθμών όπως (BES) και (BSS) σαν πιθανή λύση

Επί του παρόντος, οι μπαταρίες αποτελούν το κύριο εμπόδιο για την ευρύτερη υιοθέτηση των ηλεκτροκίνητων οχημάτων. Η ανάπτυξη καλύτερων, λιγότερο δαπανηρών και μεγαλύτερης χωρητικότητας μπαταριών θα αυξήσει την αυτονομία των οχημάτων και οι χρήστες θα τα θεωρήσουν ως πραγματική εναλλακτική λύση έναντι των οχημάτων με κινητήρα εσωτερικής καύσης. Στην πραγματικότητα, οι μπαταρίες αποτελούν κρίσιμο συστατικό αυτών, με αποτέλεσμα ένας αυξανόμενος αριθμός κατασκευαστών (όπως οι LG, Panasonic, Samsung, Sony και Bosch) να επενδύει στην ανάπτυξη καλύτερων και φθηνότερων μπαταριών. Η συστοιχία μπαταριών είναι το πιο ακριβό εξάρτημα. Αρχικά, οι μπαταρίες ιόντων λιθίου του Nissan LEAF αντιπροσώπευαν το ένα τρίτο του συνολικού κόστους του οχήματος. Το χαμηλότερο κόστος των μπαταριών θα έχει άμεσο αντίκτυπο στη μείωση των τιμών των ηλεκτρικών οχημάτων, καθιστώντας τα πιο ανταγωνιστικά σε σύγκριση με τα συμβατικά οχήματα.

Παράλληλα, η αυτονομία είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας, αλλά ο χρόνος φόρτισης της μπαταρίας είναι επίσης ένας σημαντικός περιορισμός. Οι συνήθεις πρίζες παρέχουν περίπου 3 kW ισχύος, γεγονός που συνεπάγεται μέσο χρόνο φόρτισης 10 ωρών για μια μπαταρία 30 kWh (Ireland, 2007). Ακόμη και με συστήματα ταχείας φόρτισης, η επαναφόρτιση ενός οχήματος μπορεί να διαρκέσει από 1 έως 3 ώρες. Η δημιουργία σταθμών ανταλλαγής μπαταριών (BES), γνωστών και ως σταθμών ανταλλαγής μπαταριών (BSS), όπου οι μπαταρίες ανταλλάσσονται με παρόμοιες, ήδη φορτισμένες μπαταρίες, είναι μια εναλλακτική λύση για το ζήτημα αυτό. Η Δανία εξετάζει τη δυνατότητα δημιουργίας επαρκούς αριθμού BES προκειμένου να παρέχει μια υποδομή με 900 σημεία φόρτισης και σταθμούς φόρτισης μπαταριών που λειτουργούν με ρομπότ (Mahony, 2011). Όσον αφορά τις επιστημονικές προσεγγίσεις που σχετίζονται με την ανταλλαγή μπαταριών, οι Adler και Mirchandani πρότειναν μια μέθοδο δρομολόγησης εν σειρά για ηλεκτρικά οχήματα που επιτρέπει την αντικατάσταση μπαταριών (Adler and Mirchandani, 2014). Η μέθοδος αυτή θα μείωνε τον χρόνο αναμονής κατά περισσότερο από 35%. Ο στόχος της προσέγγισης των Storandt και Funke στο πρόβλημα δρομολόγησης ήταν να προσδιοριστούν οι προορισμοί που είναι προσβάσιμοι από μια δεδομένη τοποθεσία με βάση την τρέχουσα στάθμη της μπαταρίας του οχήματος και τη διαθεσιμότητα σταθμών φόρτισης ή ανταλλαγής μπαταριών (Storandt and Funke, 2012).

### 3.3.3 Διαφορετικά εξαρτήματα και τύποι μπαταριών

#### Τύποι μπαταριών και η χρήση τους

Ωστόσο, ο αυξανόμενος αριθμός μοντέλων, οι διαφορετικοί τύποι μπαταριών και η έλλειψη τυποποίησης καθιστούν τη χρήση τους μη πρακτική, καθώς όλα τα οχήματα που εξυπηρετούνται από BES πρέπει να χρησιμοποιούν πανομοιότυπες μπαταρίες (Jing et al., 2016). Παρόλο που οι μπαταρίες ιόντων λιθίου χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο στα ηλεκτρικά οχήματα (Nanaki and Koroneos), υπάρχει μεγάλη ποικιλία μπαταριών, συμπεριλαμβανομένων των ακόλουθων:

- Μπαταρίες οξειδίου του μόλυβδου (Pb-PbO<sub>2</sub>). Αυτές οι μπαταρίες εφευρέθηκαν το 1859, γεγονός που τις καθιστά τον αρχαιότερο τύπο επαναφορτιζόμενης μπαταρίας. Παρόλο που αυτός ο τύπος μπαταρίας χρησιμοποιείται ευρέως στα συμβατικά οχήματα, έχει επίσης αξιοποιηθεί στα ηλεκτρικά οχήματα. Οι λόγοι ειδικής ενέργειας και ενεργειακής πυκνότητας είναι εξαιρετικά χαμηλοί. Μια εναπόθεση θεικού οξέος και μια ομάδα πλακών μολύβδου συνθέτουν τη μπαταρία. Κατά την αρχική διαδικασία φόρτισης, ο θεικός μόλυβδος (PbSO<sub>4</sub>) μετατρέπεται σε μέταλλο στις αρνητικές πλάκες, ενώ στις θετικές πλάκες σχηματίζεται οξείδιο του μολύβδου (PbO<sub>2</sub>).
- Μπαταρίες που περιέχουν νικέλιο-κάδμιο (Ni-Cd). Στη δεκαετία του 1990, αυτή η τεχνολογία χρησιμοποιήθηκε επειδή αυτές οι μπαταρίες έχουν υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα.
- Μπαταρίες νικελίου-υδρομετάλλου (Ni-MH). Αντί για κάδμιο (Cd), αυτός ο τύπος μπαταρίας χρησιμοποιεί ένα κράμα που αποθηκεύει υδρογόνο για τα αρνητικά ηλεκτρόδια. Αν και έχουν υψηλότερο επίπεδο αυτοεκφόρτισης από τις μπαταρίες νικελίου-καδμίου, πολλά υβριδικά οχήματα.
- Μπαταρίες χλωριούχου νατρίου και νικελίου (Na-NiCl). Γνωστές και ως μπαταρίες Zebra, είναι εξαιρετικά παρόμοιες με τις μπαταρίες θείου νατρίου. Το πλεονέκτημά τους είναι ότι μπορούν να παρέχουν έως και 30% περισσότερη ενέργεια σε χαμηλές θερμοκρασίες, αν και το βέλτιστο εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας τους είναι μεταξύ 260 και 300 βαθμών Κελσίου.
- Μπαταρίες θείου νατρίου (Na-S), οι οποίες περιέχουν υγρό νάτριο (Na) και θείο (S). Αυτός ο τύπος μπαταρίας έχει υψηλή ενεργειακή πυκνότητα, υψηλή απόδοση φόρτισης και εκφόρτισης (89-92%) και μεγάλο κύκλο ζωής. Επιπλέον, τα υλικά αυτά έχουν χαμηλή τιμή,

γεγονός που αποτελεί πλεονέκτημα. Ωστόσο, μπορούν να λειτουργήσουν σε θερμοκρασίες μεταξύ 300 και 350 βαθμών Κελσίου (Sudworth and Tiley, 1985).

- Τεχνολογία μπαταριών ιόντων λιθίου (Li-Ion). Αυτές οι μπαταρίες χρησιμοποιούν ως ηλεκτρολύτη ένα άλας λιθίου, το οποίο παρέχει τα απαραίτητα ιόντα για την αντιστρεπτή ηλεκτροχημική αντίδραση μεταξύ της καθόδου και της ανόδου. Τα πλεονεκτήματα των μπαταριών ιόντων λιθίου περιλαμβάνουν το μικρό βάρος των εξαρτημάτων τους, την υψηλή χωρητικότητα φόρτωσης, την εσωτερική τους αντίσταση και τους υψηλούς κύκλους φόρτισης και αποφόρτισης.



**Εικόνα 11 : Χαρακτηριστικά παραδείγματα διαφορετικών τύπων μπαταριών σήμερα (νικελίου – υδριδίου μετάλλου, ιόντων λιθίου, νικελίου καδμίου, διάφορες χρήσεις)**



**Εικόνα 12:** Τυπικός σταθμός φόρτισης εξωτερικού χώρου EV

### 3.4 Φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων

#### 3.4.1 Λειτουργίες φόρτισης

##### Πρότυπα φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων

Εκτός από την αυτονομία, η διάρκεια και τα χαρακτηριστικά της διαδικασίας φόρτισης της μπαταρίας είναι επίσης ζωτικής σημασίας. Προκειμένου τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα να έχουν επιτυχία, οι οδηγοί θα πρέπει να μπορούν να φορτίζουν τα οχήματά τους γρήγορα και εύκολα. Αυτό προϋποθέτει τη φόρτιση στις κατοικίες και την ανάπτυξη σταθμών ηλεκτρικής φόρτισης που παρέχουν ταχεία επαναφόρτιση κατά τη διάρκεια μακρών μετακινήσεων. Υπάρχουν διάφορα πρότυπα για τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων, τα οποία καθορίζονται κυρίως από την περιοχή στην οποία χρησιμοποιούνται ή εφαρμόζονται.

Το κοινό αμερικανικό και ιαπωνικό πρότυπο καθορίζει τους ακόλουθους τρόπους φόρτισης:

- Επίπεδο AC 1. Τυπική πρίζα που παρέχει εναλλασσόμενο ρεύμα 120 V με μέγιστο ρεύμα 16 A και μέγιστη ισχύ 1,9 kW.



- Επίπεδο AC 2. Τυπική ηλεκτρική πρίζα με εναλλασσόμενο ρεύμα 240 V και μέγιστο ρεύμα 80 A, παρέχοντας μέγιστη ισχύ 19,2 kW.
- DC Επίπεδο 1: Εξωτερικός φορτιστής που παρέχει μέγιστη ισχύ 40 kW με την εισαγωγή μέγιστης τάσης 500 V DC με μέγιστη ένταση 80 A.
- DC Επίπεδο 2: Εξωτερικός φορτιστής που, με την εισαγωγή μέγιστης τάσης 500 V DC με μέγιστη ένταση 200 A, παρέχει μέγιστη ισχύ 100 kWatt.

Η Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (IEC) δημιούργησε το πρότυπο IEC-62196 το 2001 για τη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων στην Ευρώπη και την Κίνα (CODE and PRIX). Παρόμοια με τον προηγούμενο τρόπο λειτουργίας, αυτός ο τρόπος λειτουργίας χρησιμοποιεί τυπικές πρίζες με αγωγούς φάσης, ουδέτερο και προστατευτική γείωση. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο σε οικιακούς όσο και σε δημόσιους χώρους. Η Guobiao Standards (GB) ανέπτυξε το πρότυπο GB/T-20234 για τις υποδομές φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στην Κίνα. Αν και η Κίνα υιοθέτησε αρχικά το ευρωπαϊκό πρότυπο IEC-62196, το GB/T-20234 προωθείται ως εναλλακτική λύση.

Όσον αφορά την ένταση ρεύματος, το πρότυπο με τη χαμηλότερη ένταση ρεύματος είναι το GB/T-20234, το οποίο προσφέρει 10 A σε αντίθεση με τα 16 A που προσφέρουν τα άλλα δύο πρότυπα. Αξιοσημείωτη είναι επίσης η περίπτωση της εταιρείας Tesla, η οποία, παρά το γεγονός ότι δεν αποτελεί διεθνές πρότυπο, διαθέτει τους δικούς της σταθμούς ταχείας φόρτισης, γνωστούς ως Supercharger Stations. Οι υπερφορτιστές της Tesla λειτουργούν σε συνεχές ρεύμα και χρησιμοποιούν το ιδιόκτητο σύστημά τους, για το οποίο έχουν δημοσιοποιηθεί οι περισσότερες πατέντες. Επιπλέον, οι χρήστες αυτών των οχημάτων λαμβάνουν 400 kWh δωρεάν φόρτισης, που επαρκούν για περίπου 1.600 χιλιόμετρα οδήγησης, στο πλαίσιο μιας στρατηγικής για την ενθάρρυνση των καταναλωτών να αγοράσουν οχήματα Tesla.

### 3.4.2 Σύνδεσμοι

#### Διαφορετικά είδη συνδέσμων σε παγκόσμια κλίμακα και οι διαφορές τους

Τα ηλεκτρικά οχήματα διαθέτουν μετατροπέα AC/DC που επιτρέπει τη φόρτιση των μπαταριών τους στο σπίτι με χρήση τυπικών πριζών (π.χ. Schuko στην Ευρώπη). Ωστόσο, όταν απαιτείται ταχύτερη φόρτιση, πρέπει να χρησιμοποιούνται σταθμοί φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, επειδή μπορούν να τροφοδοτήσουν με ρεύμα συνεχούς ρεύματος

απευθείας τις μπαταρίες. Οι σταθμοί φόρτισης μπορούν να παρέχουν ενέργεια μέσω διαφόρων συνδέσμων, ανάλογα με το υποστηριζόμενο πρότυπο, και προσφέρουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Είναι ερμητικές επιλογές (δεν επηρεάζονται από το νερό ή την υγρασία). - Περιέχουν ένα μηχανικό ή ηλεκτρονικό εμπόδιο.
- Επιτρέπουν την επικοινωνία μεταξύ οχημάτων.
- Δεν παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια μέχρι να απενεργοποιηθεί το σύστημα παρεμπόδισης.
- Όσο το σύστημα μπλοκαρίσματος είναι ενεργό, το όχημα δεν μπορεί να μετακινηθεί, εμποδίζοντάς το να εγκαταλείψει το σταθμό φόρτισης.
- Ορισμένοι σύνδεσμοι είναι ικανοί για τριφασική φόρτιση. Επί του παρόντος υπάρχει μια ποικιλία συνδέσμων φόρτισης για ηλεκτρικά οχήματα. Η Society of Automotive Engineers (SAE) είναι υπεύθυνη για την τυποποίησή τους στις Ηνωμένες Πολιτείες και σε ένα μέρος των χωρών του Ειρηνικού- η International Electrotechnical Commission (IEC) είναι υπεύθυνη για την τυποποίησή τους σε ένα μεγάλο μέρος του κόσμου, κυρίως στην Ευρώπη- και η Guobiao Standards (GB) διαχειρίζεται την τυποποίηση στην Κίνα.

Υπάρχει μια έκδοση του συνδετήρα που προορίζεται για ταχεία φόρτιση. Αυτό μειώνει δραστικά το χρόνο φόρτισης, επιτρέποντας τη φόρτιση των μπαταριών ενός οχήματος στο 80% σε 20 λεπτά. Αυτός ο λεγόμενος σύνδεσμος Combined Charging System (CCS) επιτρέπει την αργή φόρτιση AC ή τη γρήγορη φόρτιση σε συνεχές ρεύμα και η εμφάνισή του είναι πολύ παρόμοια με την έκδοση AC, αλλά με δύο επιπλέον ακίδες για φόρτιση σε συνεχές ρεύμα. Πράγματι, αυτός ο σύνδεσμος συναντάται συνήθως σε εξοπλισμούς φόρτισης στη Βόρεια Αμερική και την Ιαπωνία. Στη μονοφασική, η τάση περιορίζεται στα 230 V, ενώ στην τριφασική, μπορεί να αντέξει υψηλές τάσεις και εντάσεις. Επιπλέον, υπάρχει ένας ακόμη τύπος ο σύνδεσμος EV Plug Alliance. Παρέχει 230 V/400 V και μεταξύ 16 και 63 A. Η Γαλλία και η Ιταλία πρότειναν τη χρήση αυτού του συνδέσμου για τα οχήματά τους αλλά η παραγωγή των συνδέσμων αυτών έχει διακοπεί λόγω χαμηλής αποδοχής. Τέλος, ο τύπος- (EVS G105-1993), προωθείται από την TEPCO (Tokyo Electric Power Company) και χρησιμοποιείται συνήθως στον εξοπλισμό φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στην Ιαπωνία, καθώς και στην Ευρώπη και τις Ηνωμένες Πολιτείες. Το CHAdeMO έχει σχεδιαστεί για να παρέχει ταχεία φόρτιση συνεχούς ρεύματος. Στις πρώτες του εκδόσεις, διατηρούσε έως και

400 βολτ και μπορούσε να ξεκινήσει φόρτιση έως και 200 αμπερ. Επί του παρόντος, οι φορτιστές CHAdeMO έχουν ήδη κατασκευαστεί με ισχύ 150 kW και ο στόχος είναι να φτάσουν τα 350 kW.

Τέλος, η Tesla χρησιμοποιεί δύο διαφορετικούς συνδετήρες για τη γρήγορη φόρτιση των οχημάτων της, ανάλογα με το αν τα οχήματα πωλούνται στην Ευρώπη ή στις Ηνωμένες Πολιτείες. Η Tesla σχεδίασε έναν προσαρμοσμένο σύνδεσμο μόνο για τις Ηνωμένες Πολιτείες.

### 3.4.3 Έλεγχος ισχύος και διαχείριση ενέργειας

#### Το σύστημα διαχείρισης μπαταρίας (BMS) η λειτουργία του και οι νέες δυνατότητες που έρχονται

Η διαχείριση της ενέργειας αποτελεί βασική πτυχή των ηλεκτρικών οχημάτων. Κατά συνέπεια, το σύστημα διαχείρισης μπαταρίας (BMS) είναι ένα κρίσιμο σύστημα που έχει σχεδιαστεί για τη διαχείριση και τον έλεγχο της μονάδας μπαταρίας σε ένα τέτοιο όχημα. Συγκεκριμένα, το BMS είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση της ενέργειας που παρέχεται από τις μπαταρίες προκειμένου να διασφαλίζεται η ασφάλεια και η αξιοπιστία τους. Τα τρέχοντα συστήματα BMS αποτελούνται από πολλαπλά ολοκληρωμένα τμήματα, όπως η μονάδα παροχής ενέργειας, οι αισθητήρες και τα κανάλια επικοινωνίας. Τα BMS είναι κυρίως υπεύθυνα για τη διαχείριση της παροχής ενέργειας σε μια προσπάθεια να μειωθεί η καταπόνηση της μπαταρίας που προκαλείται από φορτίσεις και εκφορτίσεις. Το BMS είναι ο κεντρικός ελεγκτής που αποτρέπει τις ξαφνικές διακοπές ρεύματος, αποτρέποντας έτσι τους υπερβολικούς ρυθμούς εκφόρτισης. Η εξισορρόπηση των κυψελών είναι επίσης απαραίτητη για τις συστοιχίες μπαταριών υψηλής χωρητικότητας, καθώς η αξιοπιστία μιας μακράς σειράς μεμονωμένων κυψελών είναι τόσο καλή όσο και η πιο αδύναμη κυψέλη. Κατά συνέπεια, το BMS διατηρεί την ισορροπία κυττάρων αντισταθμίζοντας το φορτίο του ασθενέστερου κυττάρου. Εξισώνει το φορτίο σε όλα τα κύτταρα της αλυσίδας για να αυξήσει τη συνολική διάρκεια ζωής του πακέτου μπαταριών. Το BMS αποτρέπει την υπερφόρτωση μεμονωμένων κυψελών με αυτόν τον τρόπο. Τα BMS είναι επίσης υπεύθυνα για τη μέτρηση της κατάστασης φόρτισης και τον υπολογισμό της εμβέλειας οδήγησης. Οι βοηθητικές συσκευές, όπως οι προβολείς, το ταμπλό και το σύστημα ψύξης/θέρμανσης, αντλούν επίσης ενέργεια από το πακέτο μπαταριών. Αυτές οι συσκευές δεν είναι έξυπνες ούτε επικοινωνούν με το BMS.

Στην πραγματικότητα, τα μελλοντικά BMS θα είναι πιο έξυπνα και ταχύτερα, ενσωματώνοντας δυνατότητες ανάλυσης στο τσιπ για ακριβή εκτίμηση των αποστάσεων οδήγησης και έξυπνη προσαρμογή φορτίου για βελτιωμένη παροχή ισχύος. Τα BMS θα υποστηρίζουν επίσης διαφορετικά και προσαρμοστικά πρωτόκολλα φόρτισης, οποιονδήποτε αριθμό, μέγεθος και διαμόρφωση κυψελών μπαταρίας καθώς και ικανότητες οχήματος προς δίκτυο, επιτρέποντας συναλλαγές φόρτισης ή κράτηση χρονοθυρίδων φόρτισης.

### 3.5 Προκλήσεις της έρευνας και ανοικτές ευκαιρίες

#### 3.5.1 Νέες προκλήσεις και τεχνολογίες στις μπαταρίες

##### Μπαταρίες ιόντων λιθίου και η επόμενη μέρα στον τομέα της μπαταρίας

Οι μπαταρίες είναι ένα από τα πιο σημαντικά εξαρτήματα των ηλεκτρικών οχημάτων, επειδή αποτελούν ένα από τα πιο ακριβά στοιχεία του συνολικού κόστους του οχήματος, και οι μπαταρίες έχουν άμεσο αντίκτυπο στις επιδόσεις των ηλεκτρικών οχημάτων. Οι βελτιώσεις όσον αφορά την ανθεκτικότητα, τις πυκνότητες φόρτισης και τις διαδικασίες φόρτισης και εκφόρτισης έχουν καταστήσει αναγκαία τη χρήση πολλαπλών πόρων για την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών που είναι σε θέση να ξεπεράσουν τις μπαταρίες ιόντων λιθίου που χρησιμοποιούνται σήμερα εκτενώς στα οχήματα. Επί του παρόντος διερευνώνται νέες τεχνολογίες και εξαρτήματα. Ακολουθούν μερικά παραδείγματα:

- Φωσφορικό λίθιο σιδήρου (LiFePO<sub>4</sub>). Αυτός ο τύπος μπαταρίας έχει ενεργειακή πυκνότητα περίπου 220 Wh/L, υψηλή αντοχή (μπορούν να αντέξουν μεταξύ 2000 και 10.000 κύκλους) και την ικανότητα να αντέχουν σε υψηλές θερμοκρασίες. Ωστόσο, παρά το γεγονός ότι αυτός ο τύπος μπαταρίας έχει αρχίσει να δοκιμάζεται σε ηλεκτρικά οχήματα (CODE and PRIX), βρίσκεται ακόμη σε πρώιμο στάδιο έρευνας και ανάπτυξης.
- Ιόντα μαγνησίου (Mg-Ion). Με την αντικατάσταση του λιθίου με μαγνήσιο, οι μπαταρίες αυτές είναι σε θέση να αποθηκεύουν υπερδιπλάσια ποσότητα φορτίου και είναι πιο σταθερές. Αυτός ο τύπος μπαταρίας αναμένεται να έχει ενεργειακή πυκνότητα 6,2 kWh/L, η οποία θα είναι 8,5 φορές μεγαλύτερη από τις καλύτερες μπαταρίες λιθίου, οι οποίες σήμερα μπορούν να αποδώσουν έως και 0,735 kWh/L.
- Μέταλλο με βάση το λίθιο. Σε αυτές τις μπαταρίες, η άνοδος γραφίτη έχει αντικατασταθεί με ένα λεπτό στρώμα μετάλλου λιθίου. Αυτός ο τύπος μπαταρίας μπορεί να αποθηκεύσει διπλάσια ενέργεια από τις συμβατικές μπαταρίες λιθίου.

- Λιθίου-οξυγόνου (Li-O<sub>2</sub>). Αυτός ο τύπος μπαταρίας απαιτεί συνεχή παροχή οξυγόνου για τη διεξαγωγή της αντίδρασης λιθίου. Προτάθηκαν αρχικά τη δεκαετία του 1970, αλλά μόλις πρόσφατα άρχισαν να αναπτύσσονται και να βελτιώνονται. Αναμένεται ότι η ειδική ενέργεια της θα φτάσει περίπου τις 12 kWh/kg (σχεδόν 45 φορές μεγαλύτερη από εκείνη του λιθίου), γεγονός που θα την τοποθετούσε στο ίδιο επίπεδο με τα καύσιμα.
- Αλουμίνιο-οξυγόνο (Al- O<sub>2</sub>). Αυτή η τεχνολογία παράγει μπαταρίες που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια μέσω της αντίδρασης οξυγόνου και αλουμινίου. Αυτός ο τύπος μπαταρίας επιτυγχάνει εξαιρετικά υψηλές ενεργειακές πυκνότητες, που φθάνουν τις 6,2 kWh/L (Gelman et al., 2014), γεγονός που επιτρέπει υψηλές αυτονομίες (έως και 1.600 χιλιόμετρα). Το κόστος αυτού του τύπου μπαταρίας, που σήμερα είναι 300 €/kWh [105], μειώνεται και είναι ανακυκλώσιμο, γεγονός που αποτελεί πλεονέκτημα.
- Νάτριο-οξυγόνο. Η εταιρεία BASF ανέπτυξε μια μπαταρία νατρίου-οξυγόνου με ενεργειακή πυκνότητα 4,5 kWh/L. Αυτός ο τύπος μπαταρίας μπορεί να πολλαπλασιάσει την αυτονομία των σημερινών μπαταριών λιθίου στα ηλεκτρικά οχήματα κατά τουλάχιστον δεκατρία. Το νάτριο είναι το έκτο πιο άφθονο στοιχείο στη Γη, γεγονός που αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα αυτού του τύπου μπαταρίας.
- Γραφένιο. Το γραφένιο είναι ένα υλικό που αποτελείται από καθαρό άνθρακα, το οποίο έχει υψηλή θερμική αγωγιμότητα και είναι εξαιρετικά ελαφρύ. Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα των μπαταριών με βάση το γραφένιο είναι ότι παράγουν ελάχιστη θερμότητα, επιτρέποντας την ταχεία ή εξαιρετικά ταχεία φόρτιση χωρίς σημαντική απώλεια ισχύος λόγω θερμότητας.

### 3.5.2 Βελτιώσεις στη διαδικασία φόρτισης

#### Είδη συνδέσμων φόρτισης η ανάγκη για υιοθέτηση ενός είδους παγκόσμια και εναλλακτικές λύσεις φόρτισης

Ο σύνδεσμος είναι μία από τις σημαντικότερες πτυχές της φόρτισης ενός ηλεκτρικού οχήματος. Οι αμερικανικές και ιαπωνικές αγορές βασίζονται σε συνδετήρες που προτείνονται από το πρότυπο J1772, ενώ τα ευρωπαϊκά οχήματα χρησιμοποιούν συνδετήρες που προτείνονται από το πρότυπο IEC-62196. Παρά το γεγονός ότι οι αγορές αυτές είναι διακριτές και διαφορετικές, αυτό είναι ανεπιθύμητο και μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στους χρήστες κατά τη φόρτιση των οχημάτων τους- μπορεί να απαιτούνται προσαρμογείς,

αυξάνοντας την τιμή των ηλεκτρικών οχημάτων και εισάγοντας μερικές φορές κινδύνους για την ασφάλεια. Το ζήτημα αυτό εμφανίζεται επίσης στους σταθμούς ταχείας φόρτισης. Παρά το γεγονός ότι η Tesla, για παράδειγμα, έχει ποντάρει στο γεγονός ότι ορισμένα από τα οχήματά της διαθέτουν πολλαπλούς τύπους συνδέσμων, είναι πιο σημαντικό να προωθηθεί η ανάπτυξη ενός ενιαίου προτύπου που θα επιτρέπει τη φόρτιση όλων των οχημάτων μέσω ενός καθολικού συνδέσμου, λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορές στα περιφερειακά ενεργειακά συστήματα. Επί του παρόντος, η διαδικασία φόρτισης αρχίζει όταν το όχημα συνδέεται στο σημείο φόρτισης (όπως είναι ευρέως γνωστό το Plug & Charge), ωστόσο η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας ποικίλλει κατά τη διάρκεια της ημέρας στις περισσότερες χώρες, οπότε η έναρξη της φόρτισης θα μπορούσε να τροποποιηθεί ώστε να μειωθεί σημαντικά το κόστος φόρτισης αποφεύγοντας τις περιόδους υψηλής ζήτησης (όπου το οικονομικό κόστος είναι υψηλότερο).

Τα έξυπνα βύσματα θα μπορούσαν να βοηθήσουν τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα να κερδίσουν μερίδιο αγοράς σε βάρος των οχημάτων με κινητήρα εσωτερικής καύσης. Όσον αφορά τους κοινοτικούς ή δημόσιους χώρους στάθμευσης, οι προσαρμοστικές τεχνικές φόρτισης μπορούν επίσης να είναι πολύ επωφελείς, καθώς η διαθέσιμη υποδομή ενδέχεται να μην επαρκεί για την ταυτόχρονη τροφοδοσία όλων των σημείων φόρτισης. Κατά συνέπεια, θα πρέπει να προταθούν ευφυή συστήματα εξισορρόπησης φορτίου ικανά να διαχειρίζονται έξυπνα και αποτελεσματικά τους σταθμούς φόρτισης. Αυτό συμβαίνει έτσι ώστε να μπορούν να καλυφθούν οι ανάγκες φόρτισης σε σενάρια συνωστισμού χωρίς να είναι απαραίτητη η επένδυση σε νέες υποδομές ισχύος. Τέλος, πρέπει να εξεταστεί η ασύρματη φόρτιση ως εναλλακτική λύση στις συμβατικές τεχνολογίες φόρτισης, καθώς επιτρέπει τη φόρτιση των μπαταριών κατά την οδήγηση. αλλάζει την ισχύ κίνησης του οχήματος εξ ολοκλήρου σε ασύρματη φόρτιση, ενώ το όχημα κινείται στην περιοχή φόρτισης.

### 3.5.3 Επικοινωνίες και τεχνητή νοημοσύνη στα ηλεκτρικά οχήματα

#### Αγορά ηλεκτρικού οχήματος σήμερα και το επόμενο βήμα μέσω της τεχνητής νοημοσύνης (TN)

Είναι σαφές ότι η εξέλιξη που έχει σημειωθεί τα τελευταία χρόνια όσον αφορά την αυτονομία, την ισχύ, την τεχνολογία και την άνεση ενθαρρύνει τους καταναλωτές να εξετάσουν τα ηλεκτρικά οχήματα ως βιώσιμη επιλογή κατά την αγορά ενός νέου οχήματος. Αν και η τιμή είναι ελαφρώς υψηλότερη (σε ορισμένα μοντέλα, η διαφορά τιμής σε σχέση με την έκδοση με κινητήρα εσωτερικής καύσης είναι σημαντική), τα κίνητρα αγοράς και τα

μειωμένα φορολογικά καθεστώτα συμβάλλουν επίσης στο να κλείσει το χάσμα. Ωστόσο, υπάρχουν πρόσθετες βασικές πτυχές που απαιτούν ακόμη βελτίωση για να ανοίξει ο δρόμος για τα ηλεκτρικά οχήματα. Η παγκόσμια κατανομή των σταθμών φόρτισης είναι ο πρώτος από αυτούς τους παράγοντες. Στην πλειονότητα των χωρών, ο αριθμός των διαθέσιμων σταθμών φόρτισης είναι επί του παρόντος αρκετά περιορισμένος, γεγονός που αποθαρρύνει τους αγοραστές. Επιπλέον, ο χρόνος που απαιτείται για την πλήρη φόρτιση των μπαταριών των οχημάτων αυτών πρέπει να μειωθεί δραστικά, ώστε οι καταναλωτές να θεωρούν τα ηλεκτρικά οχήματα πιο ελκυστικά. Ευτυχώς, η χρήση των επικοινωνιών οχημάτων και της Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) μπορεί να επιταχύνει την πραγματική εφαρμογή του νέου φιλικού προς το περιβάλλον και βιώσιμου τρόπου μεταφοράς. Τα ασύρματα δίκτυα επικοινωνίας θα επιτρέψουν στα οχήματα να εξοπλιστούν με ένα σύστημα επικοινωνίας που θα επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ οχημάτων (V2V) και υποδομών (V2I). Επιπλέον, η χρήση αλγορίθμων βασισμένων στην τεχνητή νοημοσύνη θα προσδώσει στα οχήματα έναν βαθμό νοημοσύνης και θα δημιουργήσει αμέτρητες νέες ευκαιρίες που θα φέρουν επανάσταση στα μελλοντικά συστήματα μεταφορών. Η συνδυασμένη χρήση των επικοινωνιών και της τεχνητής νοημοσύνης θα προωθήσει την εμφάνιση νέων λύσεων που: διευκολύνουν τη διαδικασία φόρτισης των μπαταριών (παρέχοντας έγκαιρη κράτηση του σημείου φόρτισης, δυνατότητες αυτόματης εξισορρόπησης ισχύος, προσαρμοστικές φορτίσεις που βασίζονται στο περιβάλλον, κ.λπ. ), βελτιώνουν τη διαδικασία παραγωγής ενέργειας για την ικανοποίηση της μεγάλης ηλεκτρικής ζήτησης που θα προκύψει στο δίκτυο (παρέχοντας προβλέψεις της απαραίτητης ενέργειας σε κάθε τοποθεσία), και διευκολύνουν τη διαδικασία φόρτισης των μπαταριών.

### 3.5.4 Οικολογική φόρτιση και βιωσιμότητα

#### *Βιωσιμότητα ηλεκτρικών οχημάτων και σημασία της χρήσης Α.Π.Ε στην παραγωγή και φόρτιση τους*

Τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν αναδειχθεί σε πρότυπο βιωσιμότητας και περιβαλλοντικής ευαισθησίας επειδή, σε αντίθεση με τα συμβατικά οχήματα εσωτερικής καύσης, δεν εκπέμπουν επιβλαβείς ουσίες στον αέρα. Αυτή η βιωσιμότητα δεν περιορίζεται στη χρήση υβριδικών ή ηλεκτρικών οχημάτων- ο σχεδιασμός τους, τα πρωτογενή υλικά που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τους, το ενεργειακό αποτύπωμα κατά τη χρήση τους και η επακόλουθη ανακύκλωση των εξαρτημάτων τους επηρεάζουν τους κύκλους της

βιωσιμότητας. Ειδικότερα, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τρεις κρίσιμες φάσεις: η διαδικασία κατασκευής τους, η χρήση τους καθ' όλη τη διάρκεια ζωής τους και οι διαδικασίες διάθεσης και ανακύκλωσής τους. Όσον αφορά την παραγωγή των ηλεκτρικών οχημάτων, ορισμένες έρευνες δείχνουν ότι μπορεί να απαιτείται υπερδιπλάσια ενέργεια για την παραγωγή ενός ηλεκτρικού οχήματος σε σχέση με ένα συμβατικό, ιδίως λόγω της παραγωγής μπαταριών.

Όσον αφορά τη χρήση των ηλεκτρικών οχημάτων, η υψηλή ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για τη φόρτιση των μπαταριών τους αποτελεί σημαντικό παράγοντα, ιδίως όταν τα οχήματα αυτά αναπτύσσονται ευρέως (Hsu, 2013). Επιπλέον, ανάλογα με την παραγωγή της πηγής ηλεκτρικής ενέργειας, η εν λόγω ζήτηση ενέργειας θα επιβαρύνει έμμεσα το περιβάλλον. Κατά συνέπεια, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην παραγωγή και τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων αποτελεί κρίσιμο παράγοντα.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> : Εξοικονόμηση ενέργειας στα ηλεκτρικά οχήματα

### 4.1 Ενεργειακές και Περιβαλλοντικές Ανησυχίες και Πολιτικές

#### Σημερινά ενεργειακά δεδομένα και πράσινη πολιτική και η επόμενη μέρα στην ενέργεια

Παρά τις προηγούμενες τεχνολογικές εξελίξεις, ο κλάδος των μεταφορών είναι υπεύθυνος για το ένα τέταρτο περίπου των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην Ευρώπη, συμβάλλοντας έτσι στην κλιματική αλλαγή. Οι εκπομπές των οδικών οχημάτων συμβάλλουν επίσης σε υπερβολικές ποσότητες ατμοσφαιρικών ρύπων σε πολλές ευρωπαϊκές πόλεις, οι οποίες συχνά δεν πληρούν τους κανονισμούς της ΕΕ και του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (ΠΟΥ) για την ποιότητα του αέρα.

Το δυναμικό των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την τροφοδοσία των ηλεκτρικών αυτοκινήτων μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην απαλλαγή από τις ανθρακούχες εκπομπές και στην αποδοτικότητα των πόρων του μελλοντικού τομέα των οδικών μεταφορών. Επιπλέον, συμβάλλει στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Ωστόσο, ο βαθμός στον οποίο αυτό μπορεί να συμβεί διαφέρει σημαντικά ανά χώρα όσον αφορά την ικανότητα απορρόφησης της αυξημένης ζήτησης ενέργειας από τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, θα χρειαστεί πρόσθετη παραγωγή ενέργειας για να καλυφθεί η αυξημένη ζήτηση ενέργειας που θα προκύψει από την υιοθέτηση του 80% των ηλεκτρικών οχημάτων μέχρι το 2050.

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα θα αυξήσουν τη συμβολή τους στη συνολική χρήση ενέργειας στην Ευρώπη από 0,03% το 2014 σε 4-5% έως το 2030 και 9,5% έως το 2050. Θα απαιτηθεί πρόσθετη παραγωγή ενέργειας για να καλυφθεί η προβλεπόμενη μελλοντική αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας που προκαλείται από τα υψηλά ποσοστά ιδιοκτησίας ηλεκτρικών οχημάτων. Επιπλέον, αυτή η πρόσθετη ενέργεια πρέπει να συνδεθεί στο σύστημα δικτύου της Ευρώπης. Πόση ενέργεια απαιτείται, τι είδους παραγωγή χρησιμοποιείται για την κάλυψη αυτής της αυξημένης ζήτησης και πώς διαχειρίζονται οι αιχμές φόρτισης; Πριν από το 2030, η αυξημένη ζήτηση ενέργειας από τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα θα είναι ελάχιστη και δεν θα έχει ουσιαστικό αντίκτυπο στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Μακροπρόθεσμα, ωστόσο, και με την υπόθεση ότι το 2050 τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα θα έχουν υψηλό ποσοστό στην αγορά, η απαιτούμενη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας θα έχει μεγαλύτερη επίδραση

στα ευρωπαϊκά δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας. Ανάλογα με τον προβλεπόμενο αριθμό ηλεκτρικών αυτοκινήτων σε κάθε χώρα, το ποσοστό της συνολικής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας της ΕΕ που θα καλύπτεται από ένα μερίδιο ηλεκτρικών αυτοκινήτων 80% το 2050 θα κυμαίνεται μεταξύ 3% και 25%. Σε σύγκριση με την πρόβλεψη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για 1,3%, το μέσο μερίδιο της συνολικής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στην ΕΕ-28 το 2050 θα είναι 9,5%. Συνολικά, θα απαιτηθούν 150 GW πρόσθετης ηλεκτρικής ισχύος για τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων (Agency, 2016).

Πολλές κυβερνήσεις και ομάδες υπεράσπισης θεωρούν τα υβριδικά και ηλεκτρικά οχήματα (EV) ως ένα κρίσιμο στοιχείο του χαρτοφυλακίου τεχνολογιών που απαιτούνται για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και της κατανάλωσης ενέργειας (Greenpeace, 2008). Πολλές από τις μεγαλύτερες αυτοκινητοβιομηχανίες έχουν αυξήσει την παραγωγή ήπιων υβριδικών οχημάτων, όπως τα υβριδικά Honda Civic και Insight, Chevrolet Malibu Hybrid και Mercedes-Benz S400 Hybrid- πλήρη υβριδικά, όπως το Toyota Prius και το Ford Fusion Hybrid- υβριδικά plug-in, όπως το Chevrolet Volt και το Renault Kangoo PHEV- και ηλεκτρικά οχήματα με μπαταρία, όπως το Mitsubishi i-MiEV, το Nissa e-NV200 και το Nissan Leaf. Όπως δήλωσαν οι *Lave και Hendrickson* σε απάντηση στη σχεδιαζόμενη εντολή της Καλιφόρνιας για μηδενικές εκπομπές αυτοκινήτων στα μέσα της δεκαετίας του 1990, οι άμεσες εκπομπές καυσαερίων είναι μόνο μία συνιστώσα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των ηλεκτρικών οχημάτων (Lave, 1995). Για να εξασφαλιστεί, ότι η προώθηση των ηλεκτρικών οχημάτων (EV) για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG) από τις μεταφορές δεν θα οδηγήσει σε ακούσιες παρενέργειες, είναι επιτακτική ανάγκη να διεξαχθούν ολοκληρωμένες περιβαλλοντικές μελέτες με βάση σενάρια για τις προτεινόμενες τεχνολογίες πριν από την ευρεία εφαρμογή τους.

Ένα υψηλό ποσοστό ηλεκτρικών αυτοκινήτων θα απαιτήσει σημαντική αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία, ελλείψει συντονισμένων επενδύσεων, μπορεί να επιβαρύνει την ηλεκτρική υποδομή. Ανάλογα με τους τύπους ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και συμβατικής ηλεκτροπαραγωγής σε κάθε χώρα, οι λύσεις διαχείρισης για την υποστήριξη της φόρτισης σημαντικού αριθμού ηλεκτρικών οχημάτων μπορεί να διαφέρουν σημαντικά ακόμη και μεταξύ εθνών με παρόμοιο ποσοστό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ο συντονισμός των ενεργειακών αναγκών των ηλεκτρικών αυτοκινήτων σε έθνη με εξαιρετικά μεταβλητή παροχή ανανεώσιμης ενέργειας μπορεί να αποτελέσει τρομερό εμπόδιο. Είναι προφανές, για παράδειγμα, ότι τα έθνη με σημαντική ικανότητα παραγωγής ηλιακής ενέργειας, για τα οποία η επιθυμητή αιχμή φόρτισης θα εμφανίζεται κατά τη διάρκεια της

ημέρας, θα απαιτούν διαφορετικές τεχνικές διαχείρισης του δικτύου και της ισχύος από εκείνα με αποκλειστικά αιολική ή συνδυασμένη παραγωγή ηλιακής και αιολικής ενέργειας. Σε μέρη με ανεπαρκή υποδομή δικτύου, μπορεί να είναι αναγκαία η επιπλέον ενίσχυση του δικτύου ή η υιοθέτηση συγκεκριμένων στρατηγικών "έξυπνης φόρτισης" για την παροχή αποτελεσματικής και ευέλικτης υποδομής παραγωγής και διανομής ενέργειας (Densing et al., 2012).

Ένα σημαντικό ποσοστό ηλεκτρικών αυτοκινήτων στους δρόμους της Ευρώπης στο εγγύς μέλλον θα έχει επιπτώσεις στο δίκτυο παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Η ενσωμάτωση της αυξημένης ηλεκτρικής κατανάλωσης παρουσιάζει διάφορα εμπόδια. Είναι ζωτικής σημασίας ο τομέας των οδικών μεταφορών και ο τομέας της ενέργειας να συνδέονται όλο και στενότερα και οι πολιτικές και επενδυτικές επιλογές στους δύο τομείς να συντονίζονται ισχυρά. Τα ηλεκτρικά οχήματα δεν είναι παρά ένα από τα μέσα με τα οποία η Ευρώπη μπορεί να προχωρήσει προς μια πιο αποδοτική ως προς τους πόρους οικονομία και ένα σύστημα μεταφορών χωρίς άνθρακα. Η αντικατάσταση των συμβατικών αυτοκινήτων με ηλεκτρικά οχήματα μπορεί να συμβάλει στη μείωση των εκπομπών, αλλά ο βαθμός στον οποίο το επιτυγχάνει εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται για τη φόρτιση των οχημάτων: ανανεώσιμες, πυρηνικές ή ορυκτές πηγές καυσίμων. Ωστόσο, η αντικατάσταση των συμβατικών αυτοκινήτων με εναλλακτικά οχήματα δεν θα ανακουφίσει άλλα ζητήματα που σχετίζονται με τις μεταφορές, όπως η αυξημένη κυκλοφοριακή συμφόρηση και η αυξανόμενη ζήτηση για οδικές υποδομές. Απαιτείται μια συστηματική μετάβαση, η οποία θα περιλαμβάνει τη συνεχή ανάπτυξη ανανεώσιμων βιοκαυσίμων, τη μετάβαση προς μη μηχανοκίνητες ή/και δημόσιες μεταφορές και την τροποποίηση των προτύπων χρήσης του συστήματος μεταφορών. Αυτό θα βοηθήσει την ΕΕ να υλοποιήσει τον στόχο της για μια πιο αποδοτική ως προς τους πόρους, φιλική προς το περιβάλλον και ανταγωνιστική οικονομία χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.(Bradley and Frank, 2009)

Η αξιολόγηση του κύκλου ζωής (AKZ) είναι η προτιμώμενη μέθοδος για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών συνεπειών των διαφόρων τρόπων μεταφοράς, επειδή αξιολογεί συγκεκριμένα την κατανάλωση πόρων και τις περιβαλλοντικές εκπομπές σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος. Στην παρούσα εργασία, γίνεται σύγκριση μεταξύ τριών τύπων αυτοκινήτων ( τα οποία αποτελούν τα κυρίαρχα στην αγορά των αυτοκινήτων σήμερα σε σχέση με τα συμβατικά οχήματα): ηλεκτρικά οχήματα με μπαταρία (BEV) που χρησιμοποιούν μόνο ηλεκτροκινητήρα, οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICEV)

που χρησιμοποιούν μόνο κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICE) και υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα (HEV) που χρησιμοποιούν τόσο ηλεκτροκινητήρα (EM) όσο και κινητήρα εσωτερικής καύσης. Είναι σημαντικό, κατά τη σύγκριση των τεχνολογιών, να γίνεται διάκριση μεταξύ των τρόπων διατήρησης της φόρτισης και της αποφόρτισης για τα PHEV.

Η διατήρηση της φόρτισης περιγράφει τη λειτουργία που δεν απαιτεί βοήθεια από τη μπαταρία, ενώ η αποφόρτιση της φόρτισης περιγράφει τη λειτουργία με την ισχύ της μπαταρίας. Είναι επίσης ζωτικής σημασίας να σημειωθεί ότι τα PHEV διαφέρουν ως προς την απόσταση που μπορούν να διανύσουν πλήρως με την ισχύ της μπαταρίας, γνωστή ως η αμιγώς ηλεκτρική τους εμβέλεια (AER). Αυτές οι διαφοροποιήσεις σχετίζονται με τις ανάγκες και τη μάζα της μπαταρίας και, ως εκ τούτου, επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας. Στη δεκαετία του 1990 διεξήχθησαν αρκετές μελέτες σχετικά με την ποιότητα του αέρα και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τα πλεονεκτήματα των ηλεκτροκίνητων οχημάτων. Αυτές οι έρευνες παρουσίασαν μια σύγκριση των εκπομπών καυσαερίων και επέστησαν την προσοχή στο ενδεχόμενο υψηλότερων εκπομπών από την αυξημένη ισχύ των μπαταριών (Lave, 1995). Παρομοίως, οι πρώτες έρευνες AKZ υπογράμμισαν τον κίνδυνο της εξέτασης μεμονωμένων μηχανισμών και επιδράσεων μέσα σε ένα ευρύτερο σύστημα (Lave, 1995).

Στα τέλη της δεκαετίας του 1990, τα εθνικά εργαστήρια των ΗΠΑ διεξήγαγαν πιο ολοκληρωμένες μελέτες AKZ για τα ηλεκτρικά οχήματα και τις μπαταρίες αυτοκινήτων (Wang et al., 1997), οι οποίες οδήγησαν στην ανάπτυξη του μοντέλου GREET (Greenhouse gases, Regulated Emissions, and Energy use in Transportation) για την εκτίμηση των εκπομπών των οχημάτων, της χρήσης καυσίμων και της χρήσης ενέργειας από την οπτική γωνία well-to-wheel (WTW) (Wang et al., 1997). Αργότερα, κατασκευάστηκε μια εμπορική παραλλαγή ενός συγκρίσιμου οχήματος GREET-2 (Burnham et al., 2006). Το GREET έχει χρησιμοποιηθεί σε διάφορες μελέτες και επικαιροποιείται συνεχώς (Baptista et al., 2009, Daniel and Rosen, 2002, Wang, 2001, Kintner-Meyer et al., 2007, Samaras and Meisterling, 2008, Santini and Vyas, 2008). Το μοντέλο Advanced Vehicle Simulator (ADVISOR), το οποίο διατέθηκε για πρώτη φορά στο κοινό το 1998 και έκτοτε έχει εμπορευματοποιηθεί, και το Powertrain System Analysis Toolkit (PSAT) αναπτύχθηκαν επίσης κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου και χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη της φάσης χρήσης διαφόρων τεχνολογιών οχημάτων. Το πρόγραμμα αυτό προσομοιώνει την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές ενός οχήματος υπό διάφορες συνθήκες οδήγησης, συμπεριλαμβανομένου του Νέου Ευρωπαϊκού Κύκλου Οδήγησης (Luján et al., 2009) και της Ομοσπονδιακής

Διαδικασίας Δοκιμών της EPA των ΗΠΑ. Η κατανόηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε όλο το σύστημα από την αντικατάσταση των οχημάτων με μια εναλλακτική τεχνολογία, όπως τα EV, απαιτεί μια ποικιλία παραγόντων (Hacker et al., 2009).

Προχωρώντας, σύμφωνα με την παγκόσμια πολιτική ηγεσία, είναι ζωτικής σημασίας να κωδικοποιηθεί ό,τι είναι γνωστό σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των EVs και να εντοπιστούν τα σημαντικότερα κενά στις γνώσεις μας που πρέπει να καλυφθούν προκειμένου να αναπτυχθεί μια αποτελεσματική στρατηγική για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των προσωπικών μεταφορών.

## 4.2 Οι τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας των ηλεκτρικών οχημάτων

### Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής (AKZ) για ηλεκτρικά οχήματα ως αξιολόγηση των περιβαλλοντικών συνεπειών

Στην ιδανική περίπτωση, μια ολοκληρωμένη AKZ ενός ηλεκτρικού οχήματος θα αξιολογούσε όλες τις άμεσες και έμμεσες ή προγενέστερες δραστηριότητες που σχετίζονται με την κατασκευή, τη χρήση και το τέλος της ζωής του. Στις συστάσεις ISO 14040 και 14044 για την απογραφή του κύκλου ζωής (LCI), οι ανάγκες σε δεδομένα αντιμετωπίζονται στον προσδιορισμό του στόχου και του πεδίου εφαρμογής της μελέτης (Standardization, 2006). Γενικά, καθορίζεται ένα όριο συστήματος εντός του οποίου συλλέγονται δεδομένα διεργασιών για την ικανοποίηση του στόχου της έρευνας, ενώ στην πραγματικότητα παραλείπεται ένα σύνολο διεργασιών που θεωρείται ότι συμβάλλουν αμελητέα στο τελικό αποτέλεσμα.

Αυτά τα προβλήματα αποκοπής ορίων μετριάζονται σε μελέτες που χρησιμοποιούν ένα γενικευμένο σύνολο δεδομένων υποβάθρου, όπως το EcoInvent (Spielmann et al., 2007), το GaBi ή ένα περιβαλλοντικά διευρυμένο σύνολο δεδομένων εισροών-εκροών για τη μοντελοποίηση διεργασιών για τις οποίες δεν συλλέγονται δεδομένα ειδικά για τη μελέτη (Tukker et al., 2009, Joshi, 1999, Hawkins et al., 2007). Λόγω της περίπλοκης αλληλεπίδρασης μεταξύ των ηλεκτρικών οχημάτων και του ευρύτερου συστήματος, συμπεριλαμβανομένων των υποδομών, άλλων τεχνολογιών οχημάτων, άλλων καυσίμων και της διανομής τους, καθώς και των κοινοτικών εναλλακτικών λύσεων μεταφοράς, μπορεί να είναι δύσκολο να καθοριστεί εκ των προτέρων ποιες δραστηριότητες μπορούν να αγνοηθούν. Εδώ, αναφέρεται ότι είναι ένας ολοκληρωμένος, κύκλος ζωής για τα ηλεκτρικά οχήματα,

καθώς και ένα σύστημα-πλαίσιο κατάλληλο για σύγκριση με τα οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης. Αφαιρούνται, για λόγους απλότητας, ορισμένα πιο περίπλοκα χαρακτηριστικά, όπως οι αλληλεπιδράσεις με τα στοιχεία υποδομής και την υπόλοιπη τεχνολογία του οχήματος.

Η AKZ αποτελείται από τέσσερα βασικά στοιχεία: Παραγωγή του ίδιου του οχήματος, φάση χρήσης, παραγωγή και διανομή της ενέργειας της φάσης χρήσης, συμπεριλαμβανομένης της μεταφοράς και της διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και, στην περίπτωση των HEV, της παραγωγής και της διανομής εναλλακτικών καυσίμων, και τέλος της ζωής. Κατά την αξιολόγηση του κύκλου ζωής (AKZ) νέων τεχνολογιών οχημάτων, όπως τα οχήματα βιοκαυσίμων ή τα ηλεκτρικά οχήματα, είναι λογικό να γίνει η υπόθεση ότι πολλά εξαρτήματα του οχήματος δεν διαφέρουν σημαντικά από εκείνα των οχημάτων ορυκτών καυσίμων (Buchert et al., 2010, Notter et al., 2010). Στα BEV γίνονται διάφορες τροποποιήσεις: οι δεξαμενές καυσίμου αντικαθίστανται από μπαταρίες και συστήματα ελέγχου θερμοκρασίας, οι γραμμές καυσίμου αντικαθίστανται από καλώδια, τα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου της καύσης αντικαθίστανται από ηλεκτρικά συστήματα ελέγχου του συστήματος και στο συμβατικό σύστημα μπορεί να προστεθεί ένα σύστημα αναγεννητικής πέδησης.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, η πρόσθετη μάζα της μπαταρίας απαιτεί δομικές τροποποιήσεις στο όχημα. Επισημαίνεται ρητά η κατασκευή ηλεκτρονικών, επειδή είναι πιθανό ότι τα EV να απαιτούν περισσότερα ηλεκτρονικά από τα ICEV. Η πρόσθετη μάζα της μπαταρίας μπορεί να επηρεάσει τις προδιαγραφές, την αντίσταση και τη φθορά των ελαστικών, γι' αυτό και αναφέρονται ρητά τα ελαστικά. Επιπλέον, υπάρχουν επιμέρους διαδικασίες όπως η μεταφορά των υλικών γύρω από τις αλυσίδες εφοδιασμού, η δημιουργία της συσκευασίας και η συναρμολόγηση των προϊόντων. Κατά την αξιολόγηση της φάσης χρήσης ενός οχήματος, πρέπει να αξιολογούνται τα πρότυπα οδήγησης για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και καυσίμων. Η συχνότητα και το βάθος των κύκλων της μπαταρίας είναι κρίσιμα, καθώς επηρεάζουν την ανθεκτικότητα και την απόδοση της μπαταρίας. Οι ενεργειακές απαιτήσεις του οχήματος επηρεάζονται επίσης σε μεγάλο βαθμό από το φορτίο του όσον αφορά τους επιβάτες ή το φορτίο και τα πρότυπα επιτάχυνσης. Η επιτάχυνση προκαλεί σημαντική ζήτηση ενέργειας στις μπαταρίες. Η μεγαλύτερη επιτάχυνση απαιτεί αυξημένη χωρητικότητα της μπαταρίας για την κάλυψη των υψηλών απαιτήσεων ισχύος και ενέργειας του οχήματος. Η συντήρηση του οχήματος πρέπει επίσης να ενσωματωθεί στη φάση χρήσης. Στη φάση χρήσης, η ηλεκτρική ενέργεια και, στην

περίπτωση των HEV, τα ορυκτά ή βιοκαύσιμα αποτελούν εισροές. Ο κύκλος ζωής πρέπει να περιλαμβάνει την εξόρυξη, την επεξεργασία, τη μεταφορά και τη διανομή των υλικών, καθώς και την υποδομή που συνδέεται με αυτές τις πηγές ενέργειας.

Συνοψίζοντας, το τέλος του κύκλου ζωής του οχήματος έχει σημαντικό αντίκτυπο στην ΑΚΖ των ηλεκτρικών οχημάτων και ουσιαστικά έτσι επηρεάζεται το ενεργειακό-περιβαλλοντικό τους αντίκτυπο. Πολλές μελέτες υποθέτουν ότι ορισμένες συνέπειες της παραγωγής υλικών μπορούν να αντιμετωπιστούν με την ανακύκλωση των εν λόγω υλικών. Παρ' όλα αυτά, είναι σημαντικό να κατανοηθεί η βιωσιμότητα της ανακύκλωσης των υλικών και η φθορά των υλικών. Δεδομένων των σημερινών τιμών των υλικών, δεν μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν όλα τα υλικά, για παράδειγμα, στις μπαταρίες. Αυτό είναι κάτι που πρέπει να ληφθεί υπόψη όταν μελετάται το περιβαλλοντικό αποτύπωμα συγκεκριμένων οχημάτων. Σε πολλές περιπτώσεις, τα υλικά ανακυκλώνονται σε διάφορες χρήσεις για τις οποίες οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της παραγωγής υλικών είναι σημαντικά χαμηλότερες από εκείνες του συστήματος EV. Κατά την αξιολόγηση της υιοθέτησης των ηλεκτρικών οχημάτων, είναι σημαντικό να εκτιμηθεί ο τρόπος με τον οποίο θα ενταχθούν στο σύστημα. Σε κλίμακα, τα ηλεκτρικά οχήματα μπορεί να απαιτούν μεγαλύτερη ικανότητα παραγωγής ή μεταφοράς ενέργειας. Ο χρόνος φόρτισης μπορεί να έχει αντίκτυπο στην ενεργειακή χρήση αιχμής και στο μείγμα του δικτύου που χρησιμοποιούν τα EVs (Hawkins et al., 2012).

Σε σχέση με το τέλος του κύκλου ζωής, οι περισσότερες μελέτες για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ηλεκτρικών οχημάτων δεν λαμβάνουν υπόψη τις επιπτώσεις της διάθεσης, επαναχρησιμοποίησης ή ανακύκλωσης των εξαρτημάτων. Σε άλλες περιπτώσεις, οι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι η φάση του τέλους του κύκλου ζωής δεν επηρεάζει το GWP για έναν δεδομένο κύκλο ζωής (Samaras and Meisterling 2008). Ωστόσο, όταν γίνονται υποθέσεις σχετικά με την κατανομή των επιπτώσεων των επαναχρησιμοποιούμενων ή ανακυκλωμένων εξαρτημάτων, οι υποθέσεις αυτές μπορεί να έχουν σημαντική επιρροή σε σύγκριση με τις συνέπειες της κατασκευής του οχήματος. Καθώς ένα μέρος της επίδρασης μπορεί να αποδοθεί στη χρήση μετά την κυκλοφορία του οχήματος ως σταθερά συστήματα εφεδρικής ενέργειας, συχνά διατυπώνονται ποιοτικοί ισχυρισμοί σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο θα πρέπει να μειωθούν οι επιδράσεις των μπαταριών EV. Ωστόσο, πριν οι επιδράσεις μπορούν να αποδοθούν σε αυτή τη μεταγενέστερη εφαρμογή, απαιτείται βαθύτερη γνώση της αξίας και της αποθηκευτικής ικανότητας των μπαταριών μετά το όχημα για εφεδρική ενέργεια (Hawkins et al., 2012).

- *Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα*

Μέχρι τώρα, αξιολογήθηκε η πληρότητα της βιβλιογραφίας όσον αφορά την παρουσίαση του πλήρους φάσματος των περιβαλλοντικών συνεπειών σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής των ηλεκτρικών οχημάτων. Σε αυτό το μέρος, αναλύεται πιο ενδελεχώς η ερμηνεία των περιβαλλοντικών επιδόσεων των διαφόρων ηλεκτρικών οχημάτων και να καθορίζονται οι σχετικές περιβαλλοντικές συνέπειες των ηλεκτρικών οχημάτων σε σύγκριση με τα παραδοσιακά οχήματα εσωτερικής καύσης. Για να επιτευχθεί αυτό, αναλύονται δεδομένα από διάφορες μελέτες που αφορούν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Η αύξηση του αριθμού των ηλεκτρικών αυτοκινήτων μπορεί να μειώσει δραματικά τις άμεσες εκπομπές CO και ατμοσφαιρικών ρύπων από τις οδικές μεταφορές. Ωστόσο, αυτές οι ευεργετικές επιπτώσεις αντισταθμίζονται σε μεγάλο βαθμό από τις πρόσθετες εκπομπές που προκύπτουν από την προβλεπόμενη αύξηση της ζήτησης ενέργειας και τη συνεχιζόμενη χρήση ορυκτών καυσίμων στον τομέα της ενέργειας το 2050. Ένας στόλος οδικών επιβατικών μεταφορών του 2050 που θα αποτελείται κατά 80% από ηλεκτρικά αυτοκίνητα θα μειώσει τις εκπομπές CO<sub>2</sub> και ατμοσφαιρικών ρύπων από τον κλάδο των οδικών μεταφορών. Ωστόσο, μεγαλύτερες εκπομπές θα προκύψουν από την καύση ορυκτών καυσίμων στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής, εάν δεν μειωθεί η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας σε άλλους τομείς, όπως μέσω βελτιώσεων της ενεργειακής απόδοσης. Οι εξοικονομημένες εκπομπές CO<sub>2</sub> στον τομέα των οδικών μεταφορών εξισορροπούν τις αυξημένες εκπομπές από την παραγωγή ενέργειας. Σύμφωνα με τις προβλέψεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, στην ΕΕ μπορεί να επιτευχθεί καθαρή μείωση κατά 255 εκατ. τόνους CO<sub>2</sub> έως το 2050, η οποία είναι περίπου συγκρίσιμη με το 10% των συνολικών εκπομπών από όλους τους τομείς κατά το έτος αυτό. Ωστόσο, σε χώρες με μεγάλο ποσοστό σταθμών παραγωγής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα, η ζήτηση για ηλεκτρικά οχήματα μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση των εκπομπών CO<sub>2</sub>. Σε αυτές τις περιπτώσεις, το περιβαλλοντικό πλεονέκτημα των ηλεκτρικών οχημάτων δεν θα μπορούσε να υλοποιηθεί πλήρως (Wolf and Korzynietz, 2019).

Πιο αναλυτικά, για λόγους σύγκρισης, επιλέχθηκε μια τυπική διάρκεια ζωής 200.000 km, δεδομένου ότι αυτή είναι ο μέσος όρος των ζώων συνήθως και είναι το μέσο των τριών πιο συχνά εκτιμώμενων χρόνων ζωής 150.000, 200.000 και 250.000 km. Σαφώς, οι διαφορές στην προγραμματισμένη διάρκεια ζωής έρχονται σε αντίθεση με τα ευρήματα εναρμονισμένης διάρκειας ζωής, όπως για παράδειγμα, φαίνεται από το Mercedes S350, για το οποίο η Mercedes αναμένει διάρκεια ζωής 300.000 χιλιομέτρων. Είναι σαφές ότι η



διάρκεια ζωής έχει σημαντικό αντίκτυπο στο GWP (Global Warming Potential- Δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη) ανά χιλιόμετρο (Zackrisson et al., 2010).

Σύμφωνα με τις αρχικές παραδοχές για τη διάρκεια ζωής, διαπιστώνουμε επίσης ότι τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν το χαμηλότερο GWP που σχετίζεται με την παραγωγή, ακολουθούμενα από τα GI-HEV, τα PHEV και τα BEV, των οποίων η αύξηση του GWP είναι αποτέλεσμα της κατασκευής των μπαταριών. Παρ' όλα αυτά, οι διαφοροποιήσεις στο βασικό όχημα μπορεί να οδηγήσουν σε αποκλίσεις μεταξύ των ερευνών. Οι εξαιρέσεις σε αυτή την τάση για τα ICEV φαίνεται να είναι αυτοκίνητα με μεγαλύτερη μάζα από τα EV, τα οποία είναι συχνά μικρότερα. Ωστόσο, για την πλειονότητα των ερευνών για τα EV, δεν υπήρχαν διαθέσιμα στατιστικά στοιχεία για τη μάζα, καθώς οι περισσότερες μελέτες για τα EV επικεντρώθηκαν σε υποθετικά αυτοκίνητα. Κατά τη σύγκριση των EV και των ICEV με βάση έρευνες με ποικίλο πεδίο εφαρμογής και παραδοχές μοντέλων, αυτός είναι ένας βασικός παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη (Hawkins et al., 2012).

Τα αποτελέσματα μίας άλλης έρευνας για τα PHEVs και BEVs βασίζονται στο μοντέλο GREET 2-series (Burnham et al., 2006) προσαρμοσμένο στο μέσο ευρωπαϊκό μείγμα ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ οι εκτιμήσεις άλλης αντίστοιχης έρευνας βασίζονται στο EIO-LCA για την παραγωγή οχημάτων και σε μια μελέτη των μπαταριών ιόντων λιθίου για φωτοβολταϊκά συστήματα (Samaras and Meisterling, 2008, Rydh and Sandén, 2005) Αυτές οι έρευνες αντανάκλουν τη συναίνεση μεταξύ των ερευνητών ότι η επίδραση της κατασκευής μπαταριών στην παραγωγή οχημάτων είναι σημαντική και πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στις συγκρίσεις του κύκλου ζωής. Ωστόσο, οι διαφοροποιήσεις στον ορισμό των οχημάτων που περιλαμβάνονται καθιστούν αδύνατη τη σύγκριση των ερευνών. Αυτό καθιστά δύσκολη τη χρήση της AKZ για τη χάραξη πολιτικής για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, καθώς συμπεράσματα αναφορικά με τα σχετικά οφέλη και μειονεκτήματα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων μπορούν να προκύψουν μόνο από μελέτες συγκρίσιμων αυτοκινήτων με παρόμοιο πεδίο εφαρμογής και οριοθετημένα ζητήματα.

Στη βιβλιογραφία αναφέρθηκαν λιγότερο συχνά αποτελέσματα που αφορούσαν άλλες κατηγορίες επιπτώσεων εκτός από την υπερθέρμανση του πλανήτη. Εντός των ερευνών που περιλαμβάνουν άλλες εκπομπές, ορισμένες διαφορές περιπλέκουν τις άμεσες συγκρίσεις. Ορισμένες παρουσίασαν αποτελέσματα για την ηλεκτροκίνηση διαφόρων κατηγοριών οχημάτων, όπως ο *Duvall* (Duvall 2005), ο οποίος παρουσιάζει αποτελέσματα για μικρά αυτοκίνητα, μεσαίου μεγέθους SUV και μεγάλου μεγέθους SUV. Οι *Parks κ.ά.* (Parks et al.

2007) παρουσιάζουν τις τρέχουσες και τις αναμενόμενες μελλοντικές καταστάσεις (PbA, NiCd, NiMH). Η διακύμανση των αποτελεσμάτων μπορεί να αποδοθεί σε διαφοροποιήσεις στο μείγμα ηλεκτρικής ενέργειας και στις τεχνολογικές παραδοχές. Οι διαφορές στα όρια του συστήματος επηρεάζουν τα αποτελέσματα. Μετρήθηκαν οι ανά χιλιόμετρο εκπομπές VOCs, CH<sub>4</sub>, και N<sub>2</sub>O . Κάθε μελέτη δεν παρήγαγε κάθε αποτέλεσμα. Τα αποτελέσματα των McCleese και LaPuma (2002) για τις εκπομπές είναι μεγαλύτερα από εκείνα των άλλων ερευνών. Οι εκτιμήσεις για τις εκπομπές CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> και SO<sub>x</sub> είναι πολύ υψηλότερες στις μελέτες που περιλαμβάνουν την κατασκευή οχημάτων. Μόνο αυτές οι μελέτες μετρούν τις εκπομπές αυτές επομένως μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι εκπομπές από την παραγωγή οχημάτων είναι σημαντικές.

Επιπρόσθετα, άλλες συνέπειες που σχετίζονται με τη χρήση των μπαταριών και αφορούν την εξοικονόμηση ενέργειας συνοψίζονται παρακάτω. Οι μπαταρίες των ηλεκτρικών οχημάτων αποτελούν πηγή περιβαλλοντικών επιπτώσεων που πρέπει να αξιολογούνται ρητά εάν τα ηλεκτρικά οχήματα χρησιμοποιούνται για την ελαχιστοποίηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η επεξεργασία των υλικών και η παραγωγή των μπαταριών συνδέονται με εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και, πιθανότατα πιο σημαντικά, με επικίνδυνες εκπομπές (Rydh 2003). Σημαντική για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι η μέθοδος χειρισμού των υλικών που περιλαμβάνονται στις μπαταρίες στο τέλος της ωφέλιμης ζωής τους, είτε πρόκειται για ανακύκλωση, είτε για ανακύκλωση προς τα κάτω, είτε για απόρριψη. Στη μελέτη τους, οι *Van den Bossche κ.ά. (2006)* ανακαλύπτουν ότι η αποφυγή των επιπτώσεων που συνδέονται με την ανακύκλωση και την επαναχρησιμοποίηση των υλικών μπορεί να οδηγήσει σε μείωση κατά 50% όλων των επιπτώσεων που σχετίζονται με τις μπαταρίες, όταν αυτές μετρώνται με τον ιεραρχικό οικολογικό δείκτη. (*Van den Bossche et al. 2006*). Από οικονομική άποψη, πρέπει να τεκμηριωθεί το επιχείρημα υπέρ της ανακύκλωσης μπαταριών. Οι δυσκολίες στην ποιότητα των υλικών αποτελούν τεράστιο εμπόδιο για την ανακύκλωση του λιθίου και των μετάλλων σπάνιων γαιών. Εξαιτίας αυτού, η συζήτηση γύρω από τις μπαταρίες στο τέλος του κύκλου ζωής τους αναφέρεται συχνά στην ανακύκλωση ή στην επαναχρησιμοποίηση των μπαταριών σε διαφορετικές εφαρμογές, όπως η αποθήκευση ενέργειας σε σταθερές εγκαταστάσεις. Ωστόσο, ο *Chitwood* της *Toyota Motors* δήλωσε ότι οι προτάσεις για την ανακύκλωση των μπαταριών ιόντων λιθίου συχνά υπερεκτιμούν τη διάρκεια ζωής τους (*Chitwood 2009*). Εάν τα EV πρόκειται να υιοθετηθούν σε κοινωνική κλίμακα, το γεγονός αυτό αναδεικνύει την ανάγκη για συνεχή ανάπτυξη μπαταριών με υψηλή ενεργειακή πυκνότητα.

- *Ενεργειακή απόδοση κατά τη λειτουργία των ηλεκτρικών οχημάτων*

Ο προσδιορισμός της ακριβούς κατανάλωσης ενέργειας των ηλεκτρικών αυτοκινήτων καθίσταται δύσκολος λόγω ποικίλων μεταβλητών. Η οδήγηση στην πόλη είναι συνήθως πιο δαπανηρή από άποψη ενέργειας από ό,τι οι υπεραστικές διαδρομές. Για ένα EV ή HEV, η οδήγηση στην πόλη μπορεί να οδηγήσει σε χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας από την οδήγηση σε αυτοκινητόδρομο λόγω των συστημάτων αναγεννητικής πέδησης και της εξομάλυνσης του ρυθμού περιστροφής του κινητήρα (Ang-Olson and Schroeer, 2002). Εκτός από την ενεργειακή πυκνότητα της μπαταρίας, η κατανάλωση ενέργειας εξαρτάται από την αποδοτικότητα φόρτισης-εκφόρτισης, τις ανάγκες διαχείρισης της θερμοκρασίας και τη συνεισφορά της μάζας των μπαταριών στο όχημα. Στη μελέτη τους για τις τεχνολογίες μπαταριών, οι Van den Bossche κ.ά. παρέχουν μια επισκόπηση των ιδιοτήτων των διαφόρων τύπων μπαταριών που θα μπορούσαν να είναι οικονομικά αποδοτικές στο εγγύς μέλλον (Van den Bossche et al., 2006). Διαπιστώνουν ότι οι τεχνολογίες μπαταριών Li-ion και NaNiCl επιτυγχάνουν τις υψηλότερες ενεργειακές πυκνότητες, 60-150 και 125 Wh/kg, αντίστοιχα.

Αυτή η αντιστάθμιση είναι σημαντική όταν συγκρίνονται οι απαιτήσεις ισχύος των πλήρως ηλεκτρικών έναντι των υβριδικών αυτοκινήτων. Το εύρος της ενεργειακής πυκνότητας για τις μπαταρίες ιόντων λιθίου είναι τεράστιο, με τις χαμηλότερες τιμές να αντιστοιχούν στην ενεργειακή πυκνότητα των μπαταριών NiMH, 60-70 Wh/kg. Οι πυκνότητες ισχύος ποικίλλουν πολύ, με την υψηλή τιμή να είναι συνήθως υπερδιπλάσια της χαμηλής τιμής, και τα εύρη καλύπτουν μια τάξη μεγέθους για Li-ion (80-2.000 W/kg) και NiMH (200-1.500 W/kg) (Shiau et al., 2009). Επιπρόσθετα, οι απώλειες φόρτισης και εκφόρτισης είναι ανάλογες του ρυθμού φόρτισης και της κατανάλωσης ενέργειας στη φάση χρήσης. Παράλληλα, οι φυσικές απώλειες εμφανίζονται με την πάροδο του χρόνου και ορισμένες διατάξεις μπαταριών χρειάζονται πρόσθετη ενέργεια για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας. Σε συγκεκριμένη έρευνα εκτιμάται ότι οι τυπικές απώλειες φόρτισης-εκφόρτισης του στόλου ανέρχονται σε 12% (Shiau et al., 2009). Έχει διαπιστωθεί ότι η θερμοκρασία περιβάλλοντος έχει σημαντικό αντίκτυπο στην απόδοση της μπαταρίας. Για το Toyota Prius II, αναφέρεται ότι η μπαταρία NiMH χάνει χωρητικότητα σε ψυχρότερες συνθήκες, με αποτέλεσμα χειρότερη οικονομία καυσίμου (Hawkins et al., 2012). Στην Ελλάδα, για παράδειγμα, έχει υπολογισθεί ότι το φθινόπωρο/χειμώνας (μέση θερμοκρασία: 15°C/11°C) και η άνοιξη/καλοκαίρι (μέση θερμοκρασία: 23°C/27°C) έχουν 5-10% αντίκτυπο στην κατανάλωση καυσίμου του Prius II (Fontaras et al., 2008).

- Αποτελεσματική οδήγηση για εξοικονόμηση ενέργειας στα ηλεκτρικά οχήματα

**Διατήρηση της ορμής** : Όπως και στα συμβατικά αυτοκίνητα, η διατήρηση της ορμής είναι η νούμερο ένα προσέγγιση για την αποτελεσματική οδήγηση. Η ανάγνωση του δρόμου και η παρακολούθηση των άλλων χρηστών του δρόμου σε απόσταση επιτρέπει στον οδηγό να αποτρέψει τις άσκοπες επιταχύνσεις και φρεναρίσματα, γεγονός που έχει σημαντικό αντίκτυπο στην κατανάλωση ενέργειας και μεγιστοποιεί την αναγεννητική πέδηση. Στα ηλεκτρικά οχήματα, η απότομη επιτάχυνση έχει μικρότερη επίδραση στη χρήση ενέργειας από ό,τι στα κανονικά αυτοκίνητα, αν και εξακολουθεί να υπάρχει ποινή. Επιπλέον, η απότομη επιτάχυνση και ο πιο επιθετικός τρόπος οδήγησης συνοδεύονται συχνά από πιο σκληρή πέδηση και η πιο σκληρή πέδηση εμποδίζει τη μεγιστοποίηση της αναγεννητικής πέδησης.

**Αποφυγή το απότομου φρεναρίσματος**: Ένα θεμελιώδες στοιχείο των ηλεκτρικών οχημάτων, η αναγεννητική πέδηση μετατρέπει μέρος της κινητικής ενέργειας του οχήματος πίσω σε ηλεκτρική ενέργεια για την αναπλήρωση των μπαταριών του. Όταν ο οδηγός απομακρύνει το πόδι του από το πεντάλ του γκαζιού, ο ηλεκτροκινητήρας λειτουργεί ως γεννήτρια και μεταδίδει αντίστροφη ροπή στους μπροστινούς τροχούς, επιβραδύνοντας έτσι το όχημα. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τα παραδοσιακά φρένα, τα οποία μετατρέπουν την κινητική ενέργεια σε θερμότητα που χάνεται στο περιβάλλον. Η ανάκτηση ενέργειας από την αναγεννητική πέδηση είναι περίπου 10 τοις εκατό κατά την κανονική οδήγηση και έως και 30 τοις εκατό κατά τις κατηφόρες. Η αναγεννητική πέδηση, και συνεπώς η αποδοτικότητα, μεγιστοποιείται με τον περιορισμό της χρήσης των παραδοσιακών φρένων τριβής. Η αποφυγή της υπερβολικά έντονης επιτάχυνσης και πέδησης είναι η πιο αποτελεσματική μέθοδος για τη μεγιστοποίηση της αναγεννητικής πέδησης. Η αναγέννηση θα μεγιστοποιηθεί εάν μπορεί να καθυστερήσει με ασφάλεια η εφαρμογή του ποδόφρενου μέχρι να φτάσει κάτω από τα 10 χλμ/ώρα περίπου. Πολλά ηλεκτρικά οχήματα επιτρέπουν στον οδηγό να μεταβάλλει την ποσότητα της αναγέννησης των φρένων. Αρχικά, μια μεγαλύτερη ποσότητα ανάπλασης μπορεί να φαίνεται ανησυχητική, καθώς το αυτοκίνητο εφαρμόζει αμέσως τα φρένα μόλις σταματήσει η επιτάχυνση. Ωστόσο, οι περισσότεροι οδηγοί προσαρμόζονται γρήγορα σε αυτή την αλλαγή.

**Προσοχή στις υψηλές ταχύτητες**: Οι υψηλές ταχύτητες έχουν μεγαλύτερο αντίκτυπο στην κατανάλωση ενέργειας των EV από ό,τι στην κατανάλωση καυσίμου των συμβατικών αυτοκινήτων. Συνήθως, η πιο αποδοτική ταχύτητα (και συνεπώς ο μέγιστος MPG) για ένα

συμβατικό αυτοκίνητο είναι μεταξύ 40 και 50 mph, αλλά η πιο αποδοτική ταχύτητα για τα ηλεκτρικά οχήματα είναι χαμηλότερη. Η αντίσταση του αέρα (αντίσταση) αυξάνεται με το τετράγωνο της ταχύτητας του οχήματος, γεγονός που εξηγεί την αυξημένη κατανάλωση ενέργειας στις υψηλές ταχύτητες. Με τα συμβατικά αυτοκίνητα, το φαινόμενο αυτό μετριάζεται ελαφρώς από το γεγονός ότι τα οχήματα είναι πιο αποδοτικά σε καύσιμο στις υψηλότερες ταχύτητες, ωστόσο με τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, η επίδραση των ταχυτήτων δεν έχει καμία σημασία. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο τα ηλεκτρικά οχήματα είναι ιδανικά για οδήγηση στην πόλη, όπου οι ταχύτητες είναι συχνά χαμηλότερες (Greene et al., 2014).

**Υιοθέτηση εναλλακτικών λύσεων για τη θέρμανση και την ψύξη:** Ορισμένα βοηθητικά στοιχεία, όπως τα φώτα, η κόρνα, τα φλας και οι υαλοκαθαριστήρες, είναι απαραίτητα για την ασφάλεια της οδήγησης, ενώ άλλα μπορεί να ελέγχονται από τον οδηγό. Τα βοηθητικά στοιχεία ενός αυτοκινήτου, όπως η θέρμανση και ο κλιματισμός, μπορούν να συνεισφέρουν περισσότερο από 10 τοις εκατό στην ενέργεια που απαιτείται από τη μπαταρία. Είναι σημαντικό οι οδηγοί να κατανοούν την κατανάλωση ενέργειας των βοηθητικών λειτουργιών, ώστε να μπορούν να μεταβάλλουν σωστά την οδήγησή τους. Απλές αλλαγές στην οδηγική συμπεριφορά μπορούν εύκολα να αυξήσουν την αποδοτικότητα αυτών των λειτουργιών. Σε ένα κανονικό όχημα, το σύστημα θέρμανσης χρησιμοποιεί την απορριπτόμενη θερμότητα από τον κινητήρα, αλλά ένα ηλεκτρικό όχημα πρέπει να δημιουργήσει θερμότητα από την μπαταρία χρησιμοποιώντας πρόσθετη ενέργεια. Ορισμένα μοντέλα EV μπορούν να προθερμάνουν το όχημα χρησιμοποιώντας ενέργεια από το δίκτυο, αλλά οι οδηγοί θα πρέπει επίσης να αξιολογούν κατά πόσον τα υψηλά επίπεδα θέρμανσης είναι απαραίτητα. Η ψύξη του αέρα χρησιμοποιεί λιγότερη ενέργεια από τη θέρμανση, ωστόσο είναι πιο οικονομικό να ανοίγει το παράθυρο όταν το ταξίδι γίνεται με ταχύτητα μικρότερη από 45 μίλια την ώρα.

**Εξοικείωση με τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά του οχήματός σας:** Η σωστή ενημέρωση για τα χαρακτηριστικά του οχήματος είναι απαραίτητη. Με τη μείωση της ταχύτητας και της ισχύος ορισμένων βοηθητικών λειτουργιών, όπως το κλιματιστικό, η ενεργοποίηση της οικολογικής λειτουργίας ή μιας ανάλογης ρύθμισης στο όχημά σας μπορεί να ελαχιστοποιήσει την κατανάλωση ενέργειας. Ορισμένα plug-in υβριδικά αυτοκίνητα και ηλεκτρικά οχήματα με διευρυμένη εμβέλεια προσφέρουν τεχνολογίες που επιτρέπουν στους οδηγούς να επιλέγουν πότε θα χρησιμοποιούν τη φόρτιση της μπαταρίας ή το καύσιμο, επιτρέποντάς τους να χρησιμοποιούν τη μπαταρία όταν είναι πιο αποδοτική, όπως κατά τη διάρκεια της οδήγησης στην πόλη. (Greene et al., 2014).

### 4.3 Σύγκριση ηλεκτρικών και συμβατικών οχημάτων

#### Εκπομπές ρύπων σε βενζινοκίνητα/πετρελαιοκίνητα/ηλεκτρικά οχήματα

Γενικότερα, ο εκτιμώμενος αντίκτυπος της παραγωγής οχημάτων είναι 35 g CO<sub>2</sub> e/km για όλα τα οχήματα εκτός από τα Mercedes S και VW Golf A4, για τα οποία χρησιμοποιούνται τα αποτελέσματα του κατασκευαστή ως σημείο αναφοράς (Volkswagen, 2008, Finkbeiner and Hoffmann, 2006, Schweimer and Levin, 2000). Στη βιβλιογραφία, επίσης, αναφέρεται ότι η κατανάλωση ενέργειας του ηλεκτρικού οχήματος θεωρείται ότι ισούται με τον στόχο 0,53 MJ/km του Electric Power Research Institute(Axsen et al., 2008).

Αυτή η σύγκριση δεν έχει ως στόχο να προσφέρει μια τελική αξιολόγηση του Mercedes S και του Volkswagen Golf A4 σε σχέση με άλλες τεχνολογίες- μάλλον, οι δύο αυτές περιπτώσεις αποτελούν παραδείγματα προφανώς υψηλής ποιότητας μελετών AKZ που διεξήχθησαν με τη βοήθεια ακριβών, ειδικών για την αλυσίδα εφοδιασμού δεδομένων των κατασκευαστών. Είναι πιθανό ότι οι υψηλότερες επιπτώσεις που σχετίζονται με τη μελέτη της Mercedes οφείλονται στην ενσωμάτωση των εκτιμήσεων που παραλείπονται από τα απλούστερα μοντέλα και στο μεγαλύτερο μέγεθος και μάζα της. Τα μεγαλύτερα ICEV, όπως το Mercedes S και τα γενικά βενζινοκίνητα και πετρελαιοκίνητα οχήματα που μοντελοποιήθηκαν από το GREET 1.8c, έχουν τις υψηλότερες εκπομπές, 315, 313 και 271 g CO<sub>2</sub>e/km, αντίστοιχα. Το μικρότερο Volkswagen Golf A4 εκπέμπει 177 g CO<sub>2</sub>e/km, το Smart diesel εκπέμπει 128 g CO<sub>2</sub>e/km και το βενζινοκίνητο GI-HEV Honda Insight εκπέμπει 125 g CO<sub>2</sub>e/km. Τα παραπάνω αποτελούν παραδείγματα, ώστε να γίνει αντιληπτή η σύγκριση μεταξύ των διαφορετικών κατηγοριών(Hawkins et al., 2012). Τα BEV ή τα PHEV που λειτουργούν σε λειτουργία εξάντλησης φόρτισης με ηλεκτρική ενέργεια χαμηλού GWP έχουν τις καλύτερες επιδόσεις κατά μέσο όρο.

Το μοτίβο αυτό θα πρέπει να ερμηνευθεί ως ενδεικτικό των αναμενόμενων αποτελεσμάτων. Λόγω της αβεβαιότητας και της μεταβλητότητας που παρουσιάζουν οι μπάρες σφάλματος και οι αποκλίσεις μεταξύ των ερευνών, είναι αδύνατο να εξαχθεί ένα ασφαλές συμπέρασμα. Παρουσιάζονται δεδομένα για τέσσερις μεθόδους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη φάση χρήσης των BEV. Με 231 g CO<sub>2</sub>e/km, η ηλεκτρική ενέργεια από άνθρακα, με 350 g CO<sub>2</sub>e/MJ, παράγει τις υψηλότερες εκπομπές για τα BEVs. Η υδροηλεκτρική ενέργεια, με 1,7 g CO<sub>2</sub>e/MJ (0,9 g CO<sub>2</sub>e/km), παράγει το χαμηλότερο επίπεδο εκπομπών, 48 g CO<sub>2</sub>e/km. Διαπιστώνεται ότι ένα όχημα που τροφοδοτείται με ηλεκτρική ενέργεια από άνθρακα εκπέμπει, 260 g CO<sub>2</sub>e/MJ, έχοντας σχεδόν το ίδιο GWP με το συμβατικό όχημα Volkswagen

Golf A4 diesel(Hawkins et al., 2012). Στην περίπτωση δηλαδή, της ηλεκτρικής ενέργειας από άνθρακα, αναφέρεται ότι τα 5 g CO<sub>2</sub>e/km που συνδέονται με την παραγωγή μπαταριών επισκιάζονται από την αβεβαιότητα που σχετίζεται με τον ρυθμό κατανάλωσης ενέργειας, ωστόσο για την υδροηλεκτρική ενέργεια υποδηλώνει μια αλλαγή 10% στο GWP του κύκλου ζωής. Το μέγεθος αυτών των αβεβαιοτήτων καταδεικνύει την ανάγκη για αυξημένη ΑΚΖ των ηλεκτρικών οχημάτων για την αποτελεσματικότερη καθοδήγηση της χάραξης πολιτικής για τις μεταφορές και της ανάδειξης της ενεργειακής-περιβαλλοντικής διαφοράς μεταξύ ηλεκτρικών και συμβατικών οχημάτων.

Συμπερασματικά, φαίνεται ότι οι διαφορές μεταξύ των μελετών και η έλλειψη πρόσβασης σε εκτεταμένους καταλόγους καθιστούν τη σύγκριση των συνεπειών εκτός από το GWP μεταξύ των μελετών εξαιρετικά ασαφή. Οι τάσεις που δείχνουν τα παρόντα δεδομένα υποδηλώνουν μειωμένες εκπομπές CH<sub>4</sub> και N<sub>2</sub>O που σχετίζονται με τον κύκλο ζωής των ηλεκτρικών οχημάτων σε σύγκριση με τα συμβατικά(Brinkman et al., 2005).

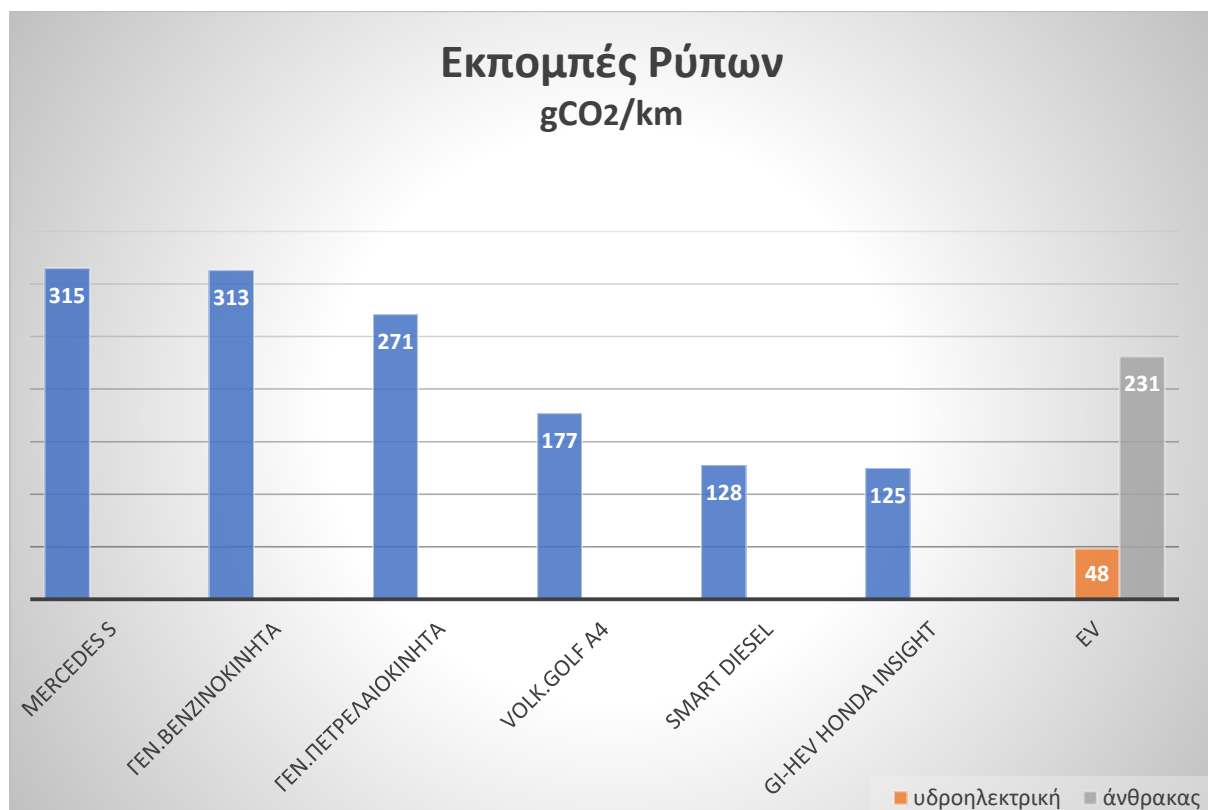


Chart πάνω στο οποίο εικονίζεται η διαφορά στην εκπομπή ρύπων, μεταξύ διαφόρων μοντέλων και εκδόσεων, διαφορετικής τεχνολογίας αυτοκινήτων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> : Συμπεράσματα

Στη συγκεκριμένη εργασία αναλύθηκε η ιστορία των ηλεκτρικών οχημάτων και διαφαίνεται ότι η παρουσία τους είναι σημαντική εδώ και αρκετές δεκαετίες. Μέσω της ιστορίας των πρώτων ηλεκτρικών μηχανών αναδεικνύεται η αξία του ηλεκτρισμού και αυτής της εναλλακτικής προσέγγισης μεταφορών που απασχολεί το χτες, το σήμερα και σίγουρα θα αφορά το μέλλον. Ήδη, σήμερα τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα κατέχουν κυρίαρχη παρουσία στην αγορά σε πολλές χώρες και έχουν εμφανιστεί και στον ελλαδικό χώρο. Ωστόσο, διάφορα ζητήματα, όπως η εγκατάσταση επαρκών σημείων φόρτισης καθιστούν την μετάβαση από τα συμβατικά στα ηλεκτρικά οχήματα πιο χρονοβόρα και δαπανηρή. Επιπρόσθετα, οι μπαταρίες αποτελούν κρίσιμο στοιχείο των ηλεκτρικών οχημάτων, καθώς επηρεάζουν την εμβέλεια του οχήματος. Εξετάστηκαν πολλοί τύποι μπαταριών με βάση αυτά τα χαρακτηριστικά.

Τα ηλεκτρικά οχήματα θα μπορούσαν ενδεχομένως να επωφεληθούν από νέες τεχνολογίες σε αυτό το χαρακτηριστικό, επιτυγχάνοντας μεγαλύτερες αποστάσεις, γεγονός που θα μπορούσε να βοηθήσει στην αποδοχή τους από τους οδηγούς και τους χρήστες. Επιπλέον, η ανάπτυξη μπαταριών με μεγαλύτερη χωρητικότητα θα ενθαρρύνει την υιοθέτηση των ταχύτερων και ισχυρότερων μεθόδων φόρτισης, καθώς και βελτιωμένων τεχνολογιών ασύρματης φόρτισης. Η ανάπτυξη μιας καθολικά εφαρμόσιμης σύνδεσης είναι ένας άλλος παράγοντας που θα μπορούσε να διευκολύνει την εισαγωγή των ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα θα διαδραματίσουν καθοριστικό ρόλο στις μελλοντικές έξυπνες πόλεις, και η ύπαρξη συστημάτων φόρτισης που μπορούν να προσαρμόζονται στις απαιτήσεις των χρηστών θα έχει ιδιαίτερη σημασία. Ως εκ τούτου, τα μελλοντικά ηλεκτρικά οχήματα θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τις νέες καταστάσεις που φέρνουν οι νέες μπαταρίες και οι προδιαγραφές των έξυπνων πόλεων.

Τέλος, στα πλαίσια της ενεργειακής και οικονομικής κρίσης που βιώνουμε σε συνδυασμό με την απαίτηση για εγκαθίδρυση πράσινης οικονομίας και καινοτόμων ιδεών, τα ηλεκτρικά οχήματα αποτελούν λύση. Ωστόσο, διάφορα θέματα, όπως η παγκόσμια πολιτική και το υψηλό κόστος παραγωγής-διάθεσης αυτών οφείλουν να διερευνηθούν και να επιλυθούν, προκειμένου να είμαστε έτοιμοι για τα «οχήματα» του μέλλοντος και για μία πιο «πράσινη» μεταφορά, ωφέλιμη για εμάς και για το περιβάλλον.



## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ADLER, J. D. & MIRCHANDANI, P. B. 2014. Online routing and battery reservations for electric vehicles with swappable batteries. *Transportation Research Part B: Methodological*, 70, 285-302.

AMATUCCI, M. 2015. The world that chose the machine: an evolutionary view of the technological race in the history of the automobile. *International Journal of Automotive Technology and Management*, 15, 43-62.

AMRANI, Y. E., MOTAHHIR, S. & GHZIZAL, A. E. 2022. Vehicle Electrification Solutions: review and open challengers. arXiv preprint arXiv:2208.07986.

ANDRADA GASCÓN, P., TORRENT BURGÚÉS, M., BLANQUÉ MOLINA, B. & PERAT BENAVIDES, J. I. 2003. Switched reluctance drives for electric vehicle applications. *Renewable Energy and Power Quality Journal*, 373-1-373-7.

ANG-OLSON, J. & SCHROEER, W. 2002. Energy efficiency strategies for freight trucking: potential impact on fuel use and greenhouse gas emissions. *Transportation Research Record*, 1815, 11-18.

AXSEN, J., BURKE, A. & KURANI, K. S. 2008. Batteries for plug-in hybrid electric vehicles (PHEVs): Goals and the state of technology circa 2008.

BAPTISTA, P., SILVA, C., GONÇALVES, G. & FARIAS, T. 2009. Full life cycle analysis of market penetration of electricity based vehicles. *World Electric Vehicle Journal*, 3, 505-510.

BITHAS, K. & KALIMERIS, P. 2016. A brief history of energy use in human societies. Revisiting the energy-development link. Springer.

BRINKMAN, N., WANG, M., WEBER, T. & DARLINGTON, T. 2005. Well-to-wheels analysis of advanced fuel/vehicle systems: A North American study of energy use, greenhouse gas emissions, and criteria pollutant emissions. EERE Publication and Product Library, Washington, DC (United States).

BUCHERT, M., SCHULER, D. & JENSEIT, W. 2010. Life cycle assessment (LCA) of nickel metal hydride batteries for HEV application. Presentation at IARC, Basel (Switzerland), 4th March.

BURNHAM, A., WANG, M. & WU, Y. 2006. Development and applications of GREET 2.7--The Transportation Vehicle-CycleModel. Argonne National Lab.(ANL), Argonne, IL (United States).

CAMACHO, E. F. & BERENGUEL, M. 2012. Control of solar energy systems. IFAC proceedings volumes, 45, 848-855.

CHEN, C. J. 2011. *Physics of solar energy*, John Wiley & Sons.

CODE, P. & PRIX, C. Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets–Conductive charging of electric vehicles–Part 3: Dimensional compatibility and interchangeability requirements for dc and ac/dc pin and contact-tube vehicle couplers Fiches, socles de prise de courant, prises mobiles de véhicule et socles de.

DANIEL, J. J. & ROSEN, M. A. 2002. Exergetic environmental assessment of life cycle emissions for various automobiles and fuels. *Exergy, an international Journal*, 2, 283-294.

DAVIGNY, A., FRANÇOIS, B., HENNETON, A. & SPROOTEN, J. 2021. *Electricity Production from Renewable Energies*, John Wiley & Sons.

DEANE, P. M. & DEANE, P. M. 1979. *The first industrial revolution*, Cambridge University Press.

FIALKA, J. J. 2015. *Car Wars: The Rise, the Fall, and the Resurgence of the Electric Car*, Macmillan.

FINKBEINER, M. & HOFFMANN, R. 2006. Application of life cycle assessment for the environmental certificate of the Mercedes-Benz S-Class (7 pp). *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 11, 240-246.

FONTARAS, G., PISTIKOPOULOS, P. & SAMARAS, Z. 2008. Experimental evaluation of hybrid vehicle fuel economy and pollutant emissions over real-world simulation driving cycles. *Atmospheric environment*, 42, 4023-4035.

GELMAN, D., SHVARTSEV, B. & EIN-ELI, Y. 2014. Aluminum–air battery based on an ionic liquid electrolyte. *Journal of materials chemistry A*, 2, 20237-20242.

GERONIKOLOS, I. & POTOGLOU, D. 2021. An exploration of electric-car mobility in Greece: A stakeholders’ perspective. *Case Studies on Transport Policy*, 9, 906-912.

GRAHAM, J. D. & BRUNGARD, E. 2021. Consumer Adoption of Plug-In Electric Vehicles in Selected Countries. *Future Transportation*, 1, 303-325.

GREENE, D. L., PARK, S. & LIU, C. 2014. Public policy and the transition to electric drive vehicles in the US: The role of the zero emission vehicles mandates. *Energy Strategy Reviews*, 5, 66-77.

GREENPEACE, E. 2008. *Energy (R) evolution. A sustainable global energy outlook*, Amsterdam.

GUARNIERI, M. 2011a. When cars went electric, part 2 [historical]. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 5, 46-53.

GUARNIERI, M. 2011b. When cars went electric, part one [historical]. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 5, 61-62.

GUARNIERI, M. Looking back to electric cars. 2012 Third IEEE HISTory of ELection-technology CONFerence (HISTELCON), 2012. IEEE, 1-6.

- HACKER, F., HARTHAN, R., MATTHES, F. & ZIMMER, W. 2009. Environmental impacts and impact on the electricity market of a large scale introduction of electric cars in Europe-Critical Review of Literature. ETC/ACC technical paper, 4, 56-90.
- HAWKINS, T., HENDRICKSON, C., HIGGINS, C., MATTHEWS, H. S. & SUH, S. 2007. A mixed-unit input-output model for environmental life-cycle assessment and material flow analysis. *Environmental science & technology*, 41, 1024-1031.
- HAWKINS, T. R., GAUSEN, O. M. & STRØMMAN, A. H. 2012. Environmental impacts of hybrid and electric vehicles—a review. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 17, 997-1014.
- HSU, T.-R. 2013. On the Sustainability of Electrical Vehicles. arXiv preprint arXiv:1311.6015.
- IRELAND, S. E. 2007. Hybrid Electric and Battery Electric Vehicles. AEA Energy & Environment.
- IULIA, V. & LORÁND, S. 2022. A Brief History of Electric Vehicles. *Journal of Computer Science & Control Systems*, 15.
- JING, W., YAN, Y., KIM, I. & SARVI, M. 2016. Electric vehicles: A review of network modelling and future research needs. *Advances in Mechanical Engineering*, 8, 1687814015627981.
- JOSHI, S. 1999. Product environmental life-cycle assessment using input-output techniques. *Journal of industrial ecology*, 3, 95-120.
- KINTNER-MEYER, M., SCHNEIDER, K. & PRATT, R. 2007. Impacts assessment of plug-in hybrid vehicles on electric utilities and regional US power grids, Part 1: Technical analysis. Pacific Northwest National Laboratory, 1, 1-20.
- KÖNIG, A., TELSCHOW, D., NICOLETTI, L. & LIENKAMP, M. 2021. Package planning of autonomous vehicle concepts. *Proceedings of the Design Society*, 1, 2369-2378.
- KRAFT, T. E. 2012. Electric Vehicles-A Historical Snapshot. *Tech Directions*, 72, 16.
- LAVE, L. B. 1995. Using input-output analysis to estimate economy-wide discharges. *Environmental science & technology*, 29, 420A-426A.
- LUJÁN, J., TORMOS, B., SALVADOR, F. & GARGAR, K. 2009. Comparative analysis of a DI diesel engine fuelled with biodiesel blends during the European MVEG-A cycle: Preliminary study (I). *Biomass and bioenergy*, 33, 941-947.
- MAHONY, H. 2011. Denmark to be electric cars guinea pig. EUObserver. com. <http://euobserver.com/transport/32458>.

- NANAKI, E. A. & KORONEOS, C. J. 2013. Comparative economic and environmental analysis of conventional, hybrid and electric vehicles – the case study of Greece. *Journal of Cleaner Production*, 53, 261-266.
- NGÔ, C. & NATOWITZ, J. 2016. *Our energy future: resources, alternatives and the environment*, John Wiley & Sons.
- NIKOWITZ, M. 2016. *Advanced hybrid and electric vehicles. System Optimization and Vehicle Integration*, Springer.
- NOTTER, D. A., GAUCH, M., WIDMER, R., WAGER, P., STAMP, A., ZAH, R. & ALTHAUS, H.-J. 2010. Contribution of Li-ion batteries to the environmental impact of electric vehicles. ACS Publications.
- POST, R. C. 1974. ELECTRO-MAGNETISM AS A MOTIVE POWER: Robert Davidson's "Galvani" of 1842. *Railroad History*, 5-22.
- RYDH, C. J. & SANDÉN, B. A. 2005. Energy analysis of batteries in photovoltaic systems. Part I: Performance and energy requirements. *Energy conversion and management*, 46, 1957-1979.
- SAMARAS, C. & MEISTERLING, K. 2008. Life cycle assessment of greenhouse gas emissions from plug-in hybrid vehicles: implications for policy. ACS Publications.
- SANGUESA, J. A., TORRES-SANZ, V., GARRIDO, P., MARTINEZ, F. J. & MARQUEZ-BARJA, J. M. 2021. A Review on Electric Vehicles: Technologies and Challenges. *Smart Cities*, 4, 372-404.
- SANTINI, D. & VYAS, A. 2008. How to use life cycle analysis comparisons of PHEVs to competing powertrains. Argonne National Lab., Univ. of Chicago, US Dept. of Energy, Chicago, Illinois.
- SCHEER, H. 2012. *Energy autonomy: The economic, social and technological case for renewable energy*, Routledge.
- SCHWEIMER, G. W. & LEVIN, M. 2000. Life cycle inventory for the Golf A4. Research, Environment and Transport.
- SHIAU, C.-S. N., SAMARAS, C., HAUFFE, R. & MICHALEK, J. J. 2009. Impact of battery weight and charging patterns on the economic and environmental benefits of plug-in hybrid vehicles. *Energy Policy*, 37, 2653-2663.
- SPIELMANN, M., BAUER, C., DONES, R. & TUCHSCHMID, M. 2007. *Transport services: Ecoinvent report no. 14*. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf.
- STANDARDIZATION, I. O. F. 2006. *Environmental management: life cycle assessment; requirements and guidelines*, ISO Geneva, Switzerland.

STORANDT, S. & FUNKE, S. Cruising with a battery-powered vehicle and not getting stranded. Twenty-Sixth AAAI Conference on Artificial Intelligence, 2012.

SUDWORTH, J. & TILEY, A. 1985. Sodium Sulphur Battery, Springer Science & Business Media.

TUKKER, A., POLIAKOV, E., HEIJUNGS, R., HAWKINS, T., NEUWAHL, F., RUEDA-CANTUCHE, J. M., GILJUM, S., MOLL, S., OOSTERHAVEN, J. & BOUWMEESTER, M. 2009. Towards a global multi-regional environmentally extended input–output database. *Ecological Economics*, 68, 1928-1937.

VAN DEN BOSSCHE, P., VERGELS, F., VAN MIERLO, J., MATHEYS, J. & VAN AUTENBOER, W. 2006. SUBAT: An assessment of sustainable battery technology. *Journal of power sources*, 162, 913-919.

VOLKSWAGEN, A. 2008. The Golf–Environmental commendation–Background report. Wolfsburg, Germany: Volkswagen AG.

WANG, M. 2001. Well-to-wheel energy use and greenhouse gas emissions of advanced fuel/vehicle systems North American analysis. Argonne National Lab., IL (US).

WANG, M., PLOTKIN, S., SANTINI, D., HE, J., GAINES, L. & PATTERSON, P. 1997. Total energy-cycle energy and emissions impacts of hybrid electric vehicles. Argonne National Lab.(ANL), Argonne, IL (United States).

WHITNEY, E. 2004. *Medieval science and technology*, Greenwood Publishing Group.

ZACKRISSON, M., AVELLÁN, L. & ORLENIUS, J. 2010. Life cycle assessment of lithium-ion batteries for plug-in hybrid electric vehicles–Critical issues. *Journal of Cleaner Production*, 18, 1519-1529.

ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΣ ΙΣΤΟΤΟΠΙΟΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΗΣ ([www.gov.gr](http://www.gov.gr))