



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Γενικό Τμήμα Λάρισας

ΠΜΣ „Ενεργειακές Τεχνολογίες και Συστήματα Αυτοματισμών“

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**« ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΤΑΘΜΩΝ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ
ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΠΕ ΣΤΟ ΧΩΡΟ «ΓΑΙΟΠΟΛΙΣ» ΤΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ»**

Του Μεταπτυχιακού Φοιτητή

Πάνο Απ. Αθανάσιου

Επιβλέπων Καθηγητής: Ρόκκου Αικατερίνη

ΛΑΡΙΣΑ 2020

Πάνος Απ. Αθανάσιος

Ηλεκτρολόγος Μηχανικός Τ.Ε.

Copyright © Πάνος Απ. Αθανάσιος, 2020

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω πρωτίστως, την επιβλέπουσα καθηγήτρια της εργασίας μου κ. Ρόκκου Αικατερίνη, για την άριστη συνεργασία που είχαμε, τις πολύτιμες συμβουλές της και την άμεση ανταπόκριση σε οποιαδήποτε δυσκολία προέκυπτε.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου και συναδέλφους κ. Γιαμουρίδη Μάριο-Κωνσταντίνο και κ. Παπακώστα Κωνσταντίνο, για τη βοήθεια τους και την υποστήριξη σε αυτή τη μελέτη, καθώς και για τα χρήσιμα στοιχεία που μου διέθεσαν.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένειά μου για τη στήριξη και την έμπνευση, καθώς και την αρραβωνιαστικιά μου, για την ψυχολογική και υλική υποστήριξη που μου παρείχε.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η μόλυνση του περιβάλλοντος και η συνεχής επιβάρυνσή του αποτελεί ένα από τα περιβαλλοντικά προβλήματα και διαταραχές του φυσικού περιβάλλοντος του ανθρώπου και όλες τις μορφές ζωής του πλανήτη μας, που κυρίως μπορούμε να τις αποδώσουμε σε έναν μεγάλο βαθμό στην ανθρώπινη παρέμβαση, είτε αυτή συνεπάγεται από άσκοπη χρήση περιβαλλοντικών πόρων, είτε αλλαγών που έχουν επιφέρει αυτές. Ο αντίκτυπος της περιβαλλοντικής μόλυνσης είναι ήδη αισθητός και οι προβλέψεις για το μέλλον είναι δυσοίωνες. Η παρούσα διπλωματική εργασία επιχειρεί να μελετήσει τη δημιουργία σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων στα πλαίσια της παγκόσμιας τάσης για υιοθέτηση ενός περιβαλλοντικά φιλικότερου τρόπου διαβίωσης.

Ειδικότερα, στο 1ο κεφάλαιο, αναφέρεται το μείζον πρόβλημα της ρύπανσης του περιβάλλοντος και κυρίως της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, καθώς και το ποσοστό που επιδρά ο τομέας των μεταφορών σε αυτό. Γίνεται ανάλυση των ενεργειακών καταναλώσεων στην Ελλάδα, στην Ευρώπη και στον κόσμο, και τη στροφή που μπορούμε να πάρουμε προς φιλικότερες μεθόδους μετακίνησης. Σημαντική σημείωση σε αυτό το κεφάλαιο είναι η τεράστια μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια της πανδημίας του Κορωνοϊού, γεγονός που παρουσιάζει την αξία μίας παγκόσμιας αλλαγής και πράσινης ανάπτυξης. Μία τέτοια αλλαγή μπορεί να παρουσιαστεί μέσω της αλλαγής των μέσων μεταφοράς και της απόδοσης της ηλεκτροκίνησης και ιδιαίτερα των ηλεκτρικών οχημάτων.

Πιο συγκεκριμένα, στο 2ο κεφάλαιο, γίνεται μία σύντομη αναφορά στην ιστορική εξέλιξη τέτοιων οχημάτων και το πώς αυτά διακρίνονται σε υβριδικά ηλεκτρικά, ηλεκτρικά με ηλεκτροπαραγωγική μονάδα και συσσωρευτές, και αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα, με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους.

Στο 3ο κεφάλαιο, γίνεται μία εκτίμηση της ενεργειακής κατανάλωσης των ηλεκτρικών οχημάτων σε σύγκριση με τα συμβατικά οχήματα, που κινούνται με μηχανές εσωτερικής καύσης και στη συνέχεια αναλύονται τα διάφορα χαρακτηριστικά των οχημάτων αυτών. Αυτά είναι η μονάδα αποθήκευσης ενέργειας, όπως είναι οι ηλεκτροχημικοί συσσωρευτές, οι υπερπυκνωτές και οι κυψέλες καυσίμου. Άλλα τεχνικά χαρακτηριστικά είναι ο ηλεκτροκινητήρας, ο ηλεκτρονικός μετατροπέας ισχύος και το σύστημα μετάδοσης κίνησης.

Στη συνέχεια, στο 4ο κεφάλαιο αναλύονται οι υπάρχουσες τεχνολογίες των σταθμών φόρτισης και των μεθόδων σύνδεσης των ηλεκτρικών οχημάτων με αυτούς. Συγκεκριμένα, η φόρτιση μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με επαγωγή είτε μέσω καλωδίου, που είναι και ο πιο συνηθισμένος τρόπος. Η φόρτιση, διακρίνεται σε οικιακή και σε κοινόχρηστους χώρους, όπως είναι τα δημόσια παρκινγκ και οι χώροι εργασίας και εκπαίδευσης, όπου μπορούμε να εκμεταλλευτούμε το χρονικό διάστημα του χρόνου παραμονής μας, για τη φόρτιση του ηλεκτρικού μας οχήματος.

Όμως, οι μέθοδοι φόρτισης και τα βύσματα που χρησιμοποιούνται, υπαγορεύονται από κανονισμούς, που έχουν καθοριστεί από διεθνείς οργανώσεις, όπως η IEC, η SAE, η γερμανική VDE και στην Ελλάδα από την νομοθεσία ΦΕΚ 50/Β 2015, με σκοπό να εξασφαλίζεται η ασφαλής σύνδεση των ηλεκτρικών οχημάτων με τους σταθμούς φόρτισης και η αποφυγή ατυχημάτων.

Στο 5ο κεφάλαιο, αναλύεται η μελέτη, που διεξήχθη με σκοπό να εξεταστούν οι διάφορες προοπτικές δημιουργίας σταθμών φόρτισης εντός του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, της πόλης της

Λάρισας. Παρουσιάζονται τα ποσοστά των οδηγών που χρησιμοποιούν ηλεκτρικά αυτοκίνητα στην Ευρώπη και στην Ελλάδα, τους λόγους για τους οποίους τα χρησιμοποιούν και την απόσταση που καλύπτουν με αυτά. Επίσης, επισημαίνεται το γεγονός, ότι η καθημερινή τους μετακίνηση είναι από και προς τον χώρο εργασίας, καθώς και η θέση της Λάρισας και ιδιαίτερα του Πανεπιστημίου, ως ενδιάμεση στάση μεγάλων ταξιδιών, οπότε, για την Ελλάδα, τονίζεται η ανάγκη δημιουργίας σταθμών φόρτισης στον χώρο της Γαιόπολης.

Στο 6ο κεφάλαιο, αναλύεται η μελέτη, για την εγκατάσταση και την αξιοποίηση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου, για τη χρήση ΑΠΕ, ως ένα επιπλέον μέτρο διασύνδεσης των σταθμών φόρτισης, και κυρίως για την ανάπτυξη και δημιουργία οικολογικής συνείδησης των σπουδαστών, αλλά και των πολιτών της Λάρισας.

Τέλος, περιγράφονται συνοπτικά και στα δύο τελευταία κεφάλαια, κάποια στοιχεία, τα οποία δίνουν μία οικονομική εκτίμηση για την μελέτη και κατασκευή σταθμών φόρτισης και του φωτοβολταϊκού πάρκου.

Κλείνοντας, στο 7ο κεφάλαιο, γράφονται συνοπτικά τα συμπεράσματα της μελέτης για την εγκατάσταση σταθμών φόρτισης και των ΑΠΕ, που θα αξιοποιηθούν στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν κατά τη διάρκεια αυτής και κάποιες προτάσεις και αξιολογήσεις για το μέλλον.

SUMMARY

The pollution of the environment and its constant burden is one of the environmental problems and disturbances of the natural environment of humanity and all the life forms of our planet, which mainly we can attribute to a large extent to human intervention, whether this result from unnecessary use of environmental resources, or changes that have brought about them. The impact of environmental pollution is already being felt, and predictions for the future are ominous. This thesis attempts to study the creation of electric car charging stations in the context of the global trend towards adopting an environmentally friendly way of living.

In particular, chapter 1 refers to the major problem of environmental pollution, especially air pollution, as well as the proportion of the transport sector affected. There is an analysis of energy consumption in Greece, Europe and the world, and the changes we can take towards more friendly methods of movement. An important note in this chapter is the huge reduction in air pollution observed during the coronavirus pandemic, which presents the value of Global Change and green growth. Such a change can occur through the change of modes of transport and the rise of electrification, and especially electric vehicles.

More specifically, in the 2nd chapter, a brief reference is made to the historical development of such vehicles and how they are distinguished into hybrid electric, electric with power plant and batteries, and purely electric vehicles, with their advantages and disadvantages.

In Chapter 3, an estimate of the energy consumption of electric vehicles compared to conventional vehicles powered by internal combustion engines is made and then the various characteristics of these vehicles are analyzed. These are the energy storage unit, as are electrochemical accumulators, supercapacitors and fuel cells. Other technical characteristics are the electric motor, the electronic power converter and the drive system.

Then, in the 4th chapter, the existing technologies of charging stations and methods of connecting electric vehicles to them are analyzed. In particular, charging can be carried out either by induction or by wire, which is also the most common way. Charging is distinguished in domestic and public areas, such as public parking and workplaces and education, where we can use the time of our stay, to charge our electric vehicle.

However, the charging methods and plugs used are dictated by regulations, established by international organizations, such as IEC, SAE, German VDE and in Greece by the legislation Government Gazette 50/B 2015, in order to ensure the safe connection of electric vehicles with charging stations and avoid accidents.

In the 5th chapter, the study is analyzed, which was conducted in order to examine the various prospects of creating charging stations within the University of Thessaly, the city of Larissa. The percentage of drivers using electric cars in Europe and Greece, the reasons why they use them and the distance they cover with them are presented. Also, the fact that their daily commute is to and from the workplace, as well as the location of Larissa and especially the University, as a stopover for long trips, so, for Greece, the need to create charging stations in the area of Giopolis is stressed.

In the 6th chapter, the study is analyzed, for the installation and utilization of a Solar Park, for the use of RES(renewable energy sources), as an additional measure of interconnection of charging stations, and mainly for the development and creation of ecological consciousness of students, but also of the citizens of Larissa.

Finally, some data are briefly described in the last two chapters, which give an economic estimate for the study and construction of charging stations and the solar Park.

In conclusion, in the 7th chapter, the conclusions of the study on the installation of charging stations and Res, which will be used at the University of Thessaly, the problems presented during it and some suggestions and evaluations for the future.

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΡΥΠΑΝΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ.....	10
1.1 Εισαγωγή.....	10
1.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΡΦΩΝ ΡΥΠΑΝΣΗΣ.....	13
1.3 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ	14
1.4 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ	14
1.5 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ.....	16
1.6 ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ.....	17
1.7 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	20
2.1 Εισαγωγή.....	20
2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ.....	20
2.2.1 ΠΡΩΙΜΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ	20
2.2.2 ΜΕΣΑΙΑ ΠΕΡΙΟΔΟΣ.....	22
2.2.3 ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ.....	23
2.3 ΕΙΔΗ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	24
2.3.1 Επαναφορτιζόμενα Υβριδικά Οχήματα με Ηλεκτρική Ενέργεια από Εξωτερική Πηγή (PHEV, Plug-in Hybrid Electric Vehicles)	25
2.3.2 Ηλεκτρικά Οχήματα με Συσσωρευτές και Ηλεκτροπαραγωγική Μονάδα (E-REV, Extended Range Electric Vehicles).....	27
2.3.3 Ηλεκτρικά Οχήματα με Ηλεκτροχημικούς Συσσωρευτές (BEV – Battery Electric Vehicles)	28
2.4 ΚΛΑΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	28
2.5 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΜΑΤΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ.....	30
2.6 Η ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΗΜΕΡΑ	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ.....	35
3.1 Εισαγωγή.....	35
3.2 ΜΟΝΑΔΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	36
3.2.1 Συσσωρευτές Μολύβδου – Οξέος (Lead-Acid, Pb-PbO ₂)	39
3.2.2 Συσσωρευτές Νικελίου – Καδμίου (Ni-Cd)	40
3.2.3 Συσσωρευτές Υδριδίου Νικελίου – Μετάλλου (Ni-MH)	41
3.2.4 Συσσωρευτές Ιόντων – Λιθίου (Li-Ion).....	42
3.2.5 Συσσωρευτές Χλωριδίου – Μεταλλικού Νατρίου (Sodium Metal Chloride – «Zebra»)	43
3.2.6 Συσσωρευτές Νικελίου–Ψευδαργύρου (Nickel Zinc, NiZn).....	44

3.2.7 Συσσωρευτές Βρομιδίου – Ψευδαργύρου (Zinc Bromine).....	44
3.2.8 Συσσωρευτές Οξειδοαναγωγής Ηλεκτρολύτη Βαναδίου (Vanadium Redox Battery – VRB)	45
3.2.9 Υπερπυκνωτές (supercapacitors/ultracapacitors).....	46
3.3 ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ.....	50
3.4 Ηλεκτρονικός Μετατροπέας Ισχύος	54
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΤΑΘΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ.....	58
4.1 Εισαγωγή.....	58
4.2 ΦΟΡΤΙΣΗ ΕΠΑΦΗΣ	58
4.3 Φόρτιση επαγωγής	59
4.4 Φόρτιση ηλεκτρικού οχήματος μέσω οικιακού δικτύου.....	60
4.5 Φόρτιση ηλεκτρικού οχήματος μέσω κοινόχρηστων παροχών	61
4.6 Διεθνή Πρότυπα Σταθμών Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων	62
4.6.1.1 Ισχύς Φόρτισης των Μεθόδων του Πρότυπου IEC 61851-1	66
4.6.1.2 Χρόνοι Φόρτισης Ηλεκτρικού Οχήματος	67
4.6.1.3 Τρόποι σύνδεσης ηλεκτρικών οχημάτων (Case A, B, και C).....	70
4.6.2 Πρότυπο SAE – J1772	71
4.6.4 Πρότυπο IEC 62196.....	73
4.7 Υποδοχείς Φόρτισης Ηλεκτρικού Οχήματος.....	74
4.7.1 Βύσμα J1772/2009 (Yazaki).....	75
4.7.2 Βύσμα Mennekes	77
4.7.3 Βύσμα SCAME.....	79
4.7.4 Βύσμα Walther.....	80
4.7.5 Βύσμα EDF	80
4.7.6 Βύσμα CHAdeMO	81
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ (ΠΡΩΗΝ ΑΤΕΙ ΛΑΡΙΣΑΣ)	83
5.1 Εισαγωγή.....	83
5.3 Καθημερινές Αποστάσεις Οχημάτων στην Ελλάδα	85
5.4 Το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.....	86
5.4.1 Η Θέση του Πρώην ΑΤΕΙ Λάρισας στην Ευρύτερη Περιοχή της Λάρισας.....	86
5.4.2 Το Συγκρότημα Γαϊόπολις και οι Χώροι Στάθμευσης.....	88
5.4.3 Κριτήρια Χωροθέτησης Σταθμών Φόρτισης.....	89
5.5 Χωροθέτηση Σταθμού Φόρτισης.....	91

5.6 Προβλήματα του Χώρου Στάθμευσης	95
5.7 Εκτιμώμενο κόστους εγκατάστασης.....	96
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΩΣ ΑΠΕ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΙΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	98
6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	98
<u>6.2 Φωτοβολταϊκά συστήματα.....</u>	98
6.2.1.Φωτοβολταϊκό στοιχείο	98
6.2.2 Ηλιακός μετατροπέας (SOLAR INVERTER)	100
6.2.3 Κατηγορίες φωτοβολταϊκών συστημάτων	102
6.2.4.Net metering.....	103
6.2.5 Βάσεις Στήριξης.....	104
6.2.6 Γείωση.....	104
6.2.7 Καλωδιώσεις και Οδεύσεις.....	104
6.2.8 Πίνακας και Λοιπές Ασφαλιστικές Διατάξεις	105
6.2.9 Λοιπός Εξοπλισμός.....	105
6.2.10 Αναγκαιότητα Μέτρησης PR.....	106
6.3 Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκού Πάρκου στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (Λάρισα).....	106
6.3.1 ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟΣ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ Φ/Β ΣΤΑΘΜΟΥ ΙΣΧΥΟΣ 100 kWp	108
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	111
7.1 Εισηγήσεις για τη παρούσα έρευνα	113
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	114

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΡΥΠΑΝΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

1.1 Εισαγωγή

Η ρύπανση του περιβάλλοντος αποτελεί ένα από τα περιβαλλοντικά προβλήματα και διαταραχές του φυσικού περιβάλλοντος του ανθρώπου και όλες τις μορφές ζωής του πλανήτη μας , που κυρίως μπορούμε να τις αποδώσουμε σε έναν μεγάλο βαθμό στην ανθρώπινη παρέμβαση, είτε αυτή συνεπάγεται από άσκοπη χρήση περιβαλλοντικών πόρων , είτε αλλαγών που έχουν επιφέρει αυτές .

Σύμφωνα με την Οδηγία 96/61/ΕΚ: "Ρύπανση" είναι η άμεση ή έμμεση εισαγωγή, στην ατμόσφαιρα, το νερό ή το έδαφος, ως αποτέλεσμα ανθρώπινης δραστηριότητας, ουσιών, κραδασμών, θερμότητας ή θορύβου που ενδέχεται να θίξουν την ανθρώπινη υγεία ή το περιβάλλον, να υποβαθμίσουν υλικά αγαθά, να παραβιάσουν ή να εμποδίσουν τη ψυχαγωγική λειτουργία, καθώς και τις άλλες νόμιμες χρήσεις του περιβάλλοντος.[1]



Στον περιβαλλοντικό αντίκτυπο που έχει επιφέρει ο άνθρωπος μπορούμε να επισυνάψουμε κάποια οικολογικά προβλήματα – καταστροφές όπως : η περιβαλλοντική ρύπανση, η κλιματική αλλαγή, η τρύπα του όζοντος, η αποδάσωση , η ερημοποίηση, η εξαφάνιση βιολογικών ειδών, η όξινη βροχή κλπ.

Την αρχή της ρύπανσης του περιβάλλοντος μπορούμε να την τοποθετήσουμε χρονολογικά με την βιομηχανική επανάσταση και την μεγαλύτερη έτσι αξιοποίησης πόρων που ως κύρια πηγή ήταν οι φυσικοί πόροι της γης , λιγνίτης , πετρέλαιο, φυσικό αέριο , χαλκός κλπ. Που έχει σαν αποτέλεσμα πλέον την δραστική μείωση αυτών και ως επίπτωση την επιστροφή στο περιβάλλον της γης, ως καύση αυτών των πρώτων υλών , μόνο επιβλαβή ρύπους προς αυτή όπως : όζον, O₃, τα οξειδία του αζώτου, NX και του διοξειδίου του θείου, SO₂ και τα αιωρούμενα σωματίδια.

1.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΡΦΩΝ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

Οι μορφές ρύπανσης εξαρτώνται από το περιβάλλον που πλήγεται όσο και από τη μορφή των ρύπων σε αυτό. Έτσι μπορούμε να διαχωρίσουμε τις διάφορες μορφές ρύπανσης στις παρακάτω ομάδες :

1. Θαλάσσια ρύπανση

Ως θαλάσσια ρύπανση θεωρούμε τις επιβλαβείς επιπτώσεις που συμβαίνουν από την είσοδο στον ωκεανό χημικών ουσιών, σωματιδίων, βιομηχανικών, γεωργικών και οικιστικών αποβλήτων .[2]

2. Ατμοσφαιρική ρύπανση

Είναι η ρύπανση της ατμόσφαιρας, δηλαδή η προσθήκη ουσιών (ρύπων) στην ατμόσφαιρα που υπό φυσιολογικές συνθήκες δε θα υπήρχαν.[3]

3. Ρύπανση εδαφών

Ο όρος "ρύπανση" του εδάφους αναφέρεται στη μείωση της ικανότητας του εδαφικού οικοσυστήματος να επιτελέσει τις βασικές του λειτουργίες, ως αποτέλεσμα της εναπόθεσης οργανικών ή ανόργανων ουσιών.[4]

4. Ρύπανση των υδάτων

Με τον όρο ρύπανση υδάτων εννοούμε κάθε άμεση ή έμμεση εισαγωγή ουσιών ή ενέργειας στο υδάτινο περιβάλλον που έχει βλαβερή επίδραση στους οργανισμούς, είναι επικίνδυνη για την ανθρώπινη υγεία και τέλος αλλοιώνει την ποιότητα του νερού και υποβαθμίζει τις δυνατότητες χρήσης του.[5]

5. Ηχητική ρύπανση

Είναι ο υπερβολικός και ενοχλητικός περιβαλλοντικός θόρυβος που προκαλείται από τον άνθρωπο, τα ζώα ή από μηχανές και διαταράσσει τη δραστηριότητα ή την ισορροπία του ανθρώπου και τη ζωή των ζώων.[6]

1.3 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

Η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να θεωρηθεί ως η βασική πηγή ρύπανσης τόσο των υπόλοιπων μορφών όσο και σοβαρή αιτία πολλών υγειονομικών, περιβαλλοντικών, κοινωνικών και οικονομικών προβλημάτων , με άμεση σχέση σε αυτά τα αποτελέσματα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης όπως : όξινη βροχή , τρύπα του όζοντος, φαινόμενο του θερμοκηπίου, φωτοχημικό νέφος κλπ.

Έτσι λοιπόν η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει αρχίσει από πολύ νωρίς να αντιμετωπίζεται ως κύρια απειλή ως προς τον άνθρωπο και του οικοσυστήματος και να λαμβάνονται σημαντικά μέτρα για την μείωση των πηγών που προέρχονται από ανθρωπογενής παράγοντες , μέσω νόμων και διατάξεων όχι μόνο του κάθε κράτους αλλά και παγκόσμιων οργανισμών σύμφωνα με παγκόσμιες οδηγίες που έχουν δοθεί ως κύρια γραμμή κοινών συμφερόντων και παγκόσμιας αλληλεπίδρασης.

Οι κύριες πηγές και δραστηριότητες που οφείλεται η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι ως εκ των πλείστων η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, οι μεταφορές , η βιομηχανία, η γεωργία , δίνοντας έτσι σε αυτές τις ομάδες μια μεγαλύτερη έμφαση ως προς τον τρόπο διαχείρισης των εκπομπών ρύπων αυτών .

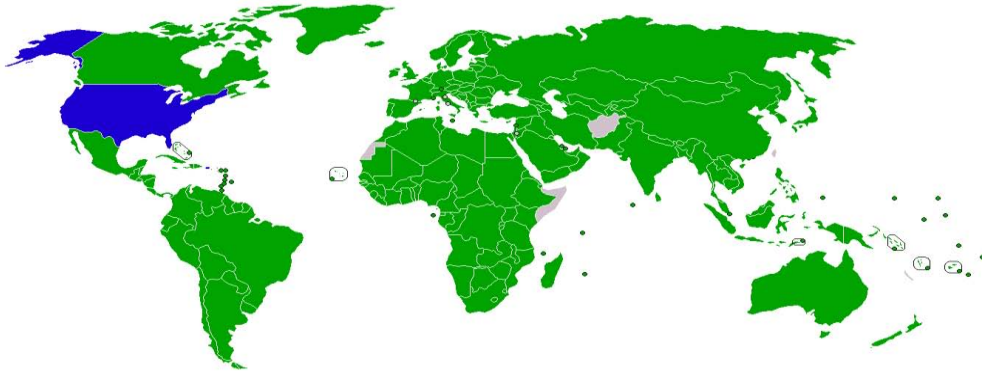
1.4 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

Στα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης διαπιστώθηκε από νωρίς το ύψος του κινδύνου λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης , έτσι λοιπόν από το 1979 με τη συνθήκη που υπογράφηκε από την Ευρωπαϊκή Οικονομική Κομισιόν (ΕΚΕ), για την διασυνοριακή ατμοσφαιρική ρύπανση , έχουμε την πρώτη κοινή Ευρωπαϊκή κίνηση για την μείωση των επικίνδυνων ατμοσφαιρικών ρύπων από την ανθρωπογενείς παράγοντες .(7)

Το 1988-1990 δόθηκαν επιπλέον κοινές διατάξεις ως προς τις μεγάλες εργοστασιακές μονάδες για τον περιορισμό ρύπων και οδηγιών ως την βελτίωση των κινητήρων εσωτερικής καύσης και των διάφορων καυσίμων οχημάτων μεταφοράς , όπως την αλλαγή της αμόλυβδης βενζίνης , πετρελαίου και καύσιμο των αεροσκαφών .

Το 2001 έχουμε την θέσπιση των ευρωπαϊκών πρότυπων εκπομπών που καθορίζουν τα αποδεκτά όρια για τις εκπομπές καυσαερίων των νέων οχημάτων που πωλούνται στην Ευρωπαϊκή Ένωση. [8]

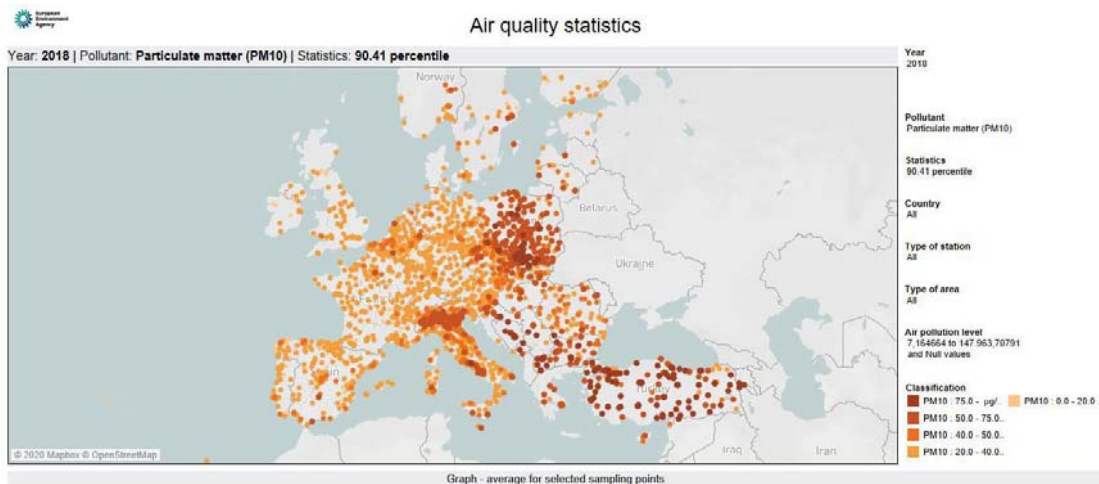
Τον πρώτο <<οδικό χάρτη>> για την παγκόσμια αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής , μας το δίνει το **Πρωτόκολλο του Κιότο**, στα κράτη που υπέγραψαν και δεσμευτήκαν να ελαττώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου εντός κάποιας προθεσμίας ανάληψης υποχρεώσεων , που ωστόσο η επίτευξη αυτών των στόχων θα παραμείνει μέχρι σήμερα πολύ δύσκολη. [9]



Εικόνα 1.4 α : Συμμετοχή χωρών στο Πρωτόκολλο του Κιότο

Παρά όμως τις αλλαγές που έχουν γίνει σε όλη την Ευρώπη , τα δεδομένα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης μέχρι σήμερα συνεχίζουν να αποδεικνύονται ανησυχητικά.

Έτσι η Ευρωπαϊκή Ένωση και τα περισσότερα κράτη μέλη έχουν ζητήσει την απαγόρευση σε όλα τα αυτοκίνητα ντίζελ και βενζίνης έως το 2040 και την επιπλέον μέτρα για τη μακροπρόθεσμη θεσμική ένταξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) ως μοναδική ομάδα παραγωγής ενέργειας στον τομέα της ενέργειας (ηλεκτρικής ενέργειας και θέρμανσης)αλλά και ως προς των τομέα της ομάδας οχημάτων μεταφοράς, όπως τα ηλεκτρικά και υβριδικά αυτοκίνητα, λεωφορεία, φορτηγά και τρένα .



Εικόνα 1.4 β : Η ατμοσφαιρική ρύπανση στην Ευρώπη 2019 [9]

1.5 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ

Η ρύπανση του αέρα μπορεί να θεωρηθεί ως ένα κράμα διαφόρων συστατικών αέριας και στερεάς μορφής, τα οποία προέρχονται εκ των πλείστων από ανθρωπογενείς εκπομπές αέριων ρύπων.

Με τις περισσότερες εκπομπές να προέρχονται από την καύση ορυκτών καυσίμων στον τομέα της ενέργειας (ηλεκτρικής, θερμικής) και να καταγράφει το ποσοστό του 32% των εκπομπών του CO₂ της ΕΕ, και η καύση, η βαριά βιομηχανία και οι μεταφορές να παίζουν και αυτές σημαντικό ρόλο ως προς την αύξηση των ρυπογόνων συστατικών.

Αυτό μας φέρνει στη θέση να ορίσουμε τους δύο τρόπους ρύπανση του αέρα μέσω του κύκλου δράσης που δημιουργείτε κατά τη καύση καυσίμου σε έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης (ΚΕΚ).

- Πρωτοβάθμια ρύπανση : ρύπανση που δημιουργείτε από εκπομπές ρύπων κατευθείαν στην ατμόσφαιρα.
- Δευτεροβάθμια ρύπανση: ρύπανση που προκαλείται από χημικές αντιδράσεις μεταξύ των ρύπων στην ατμόσφαιρα

Με αυτά τα δεδομένα μπορούμε να παραθέσουμε μια σειρά ρύπων που εκπέμπονται από μηχανοκίνητα οχήματα τόσο στη πρωτοβάθμια ρύπανση όσο και στη δευτεροβάθμια αυτής:

1. Μικροσωματίδια : σωματίδια αιθάλης και μετάλλων, με το μέγεθος τους να ορίζεται σε μm, και τοποθετώντας ως προς τα πιο επιβλαβή για την ανθρώπινη υγεία, καθώς το μέγεθος που έχουν τους επιτρέπει την βαθιά διείσδυση τους στους ανθρώπινους πνεύμονες και δημιουργώντας επικίνδυνες πνευμονολογικές παθήσεις.
2. Υδρογονάνθρακες (HC) : ρύποι που αντιδρούν με τα οξείδια του αζώτου και με τη παρουσία ηλιακής ακτινοβολίας, βοηθάει στη δημιουργία όζοντος, το κύριο συστατικού νέφους.
3. Οξείδια του αζώτου (NO_x): προκαλούν ερεθισμό στους πνεύμονες και πτώση του ανοσοποιητικού του σώματος μας, καθιστώντας μας ευάλωτους ενάντια των λοιμώξεων.
4. Μονοξείδιο του άνθρακα (CO): αέριο άοσμο, άχρωμο και δηλητηριώδες που σχηματίζεται από τη καύση ορυκτών καυσίμων σε κινητήρα εσωτερικής καύσης
5. Διοξείδιο του θείου (SO₂): αέριο που κυρίως συναντάτε σε μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και οχημάτων που έχουν ως καύσιμο υλικά πλούσια σε θείο, όπως το ντίζελ.

Έτσι λοιπόν δημιουργείτε η επιτακτική ανάγκη μείωσης των εκπομπών ρύπων διαμέσου των εκατομμυρίων οχημάτων και επιστήσουμε το ενδιαφέρον μας στα οχήματα με μειωμένους έως και μηδενικούς ρύπους ως προς το περιβάλλον μας, όπως τα υβριδικά και ηλεκτρικά οχήματα.

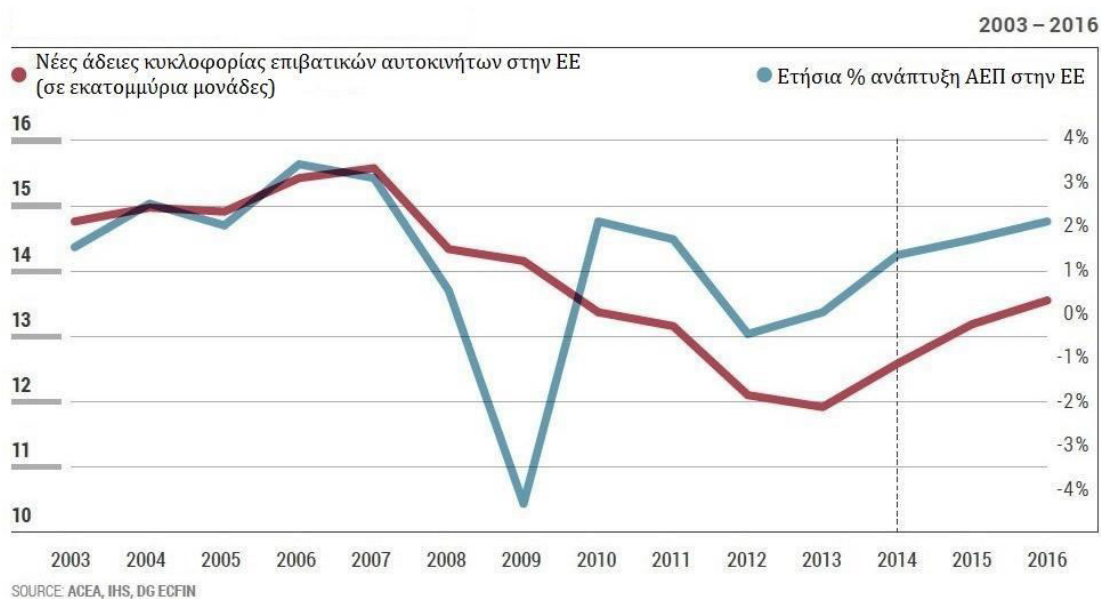
1.6 ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

Ο εικοστός αιώνας ήταν περίοδος μεγάλων τεχνολογικών επιτευγμάτων , επιστημονικής προόδου και ραγδαίας οικονομικής προόδου, σε πολλούς νευραλγικούς τομείς της ανθρωπότητας , με το μεγαλύτερο ενδιαφέρον να επικεντρώνεται στην βελτίωση της ποιότητας ζωής μας .

Έτσι έχουμε την ραγδαία ανάπτυξη του τομέα των μεταφορών, με ανάπτυξη οργανωμένου οδικού δικτύου , που δίνει από μόνο του νέους ορίζοντες ανθρώπινων σχέσεων, ανάπτυξης , τουρισμού και εμπορίου. Δημιουργείται πλέον η αυτούσια επιθυμία δημιουργίας καινούργιων , πιο καταξιωμένων οχημάτων μεταφοράς .

Αυτή η ραγδαία ανάπτυξη έφερε το αυτοκίνητο στο επίκεντρο της ζωής μας ως το πιο αναγκαίο καταναλωτικό αγαθό , δίνοντας στον κάτοχο του σημαντικές δυνατότητες προόδου , επαγγελματικής ανάπτυξης , προσωπικής έκφρασης και κοινωνικοποίησης.

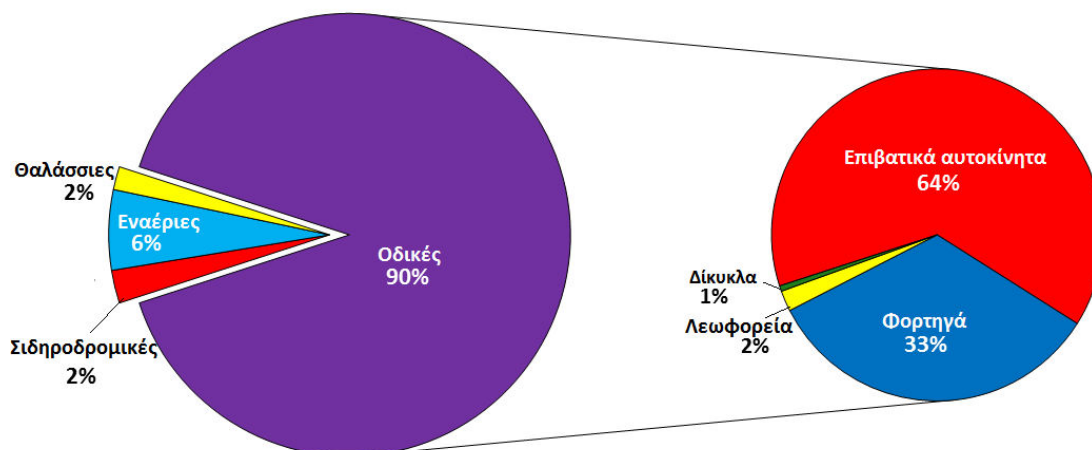
Φτάνοντας λοιπόν έτσι σε παγκόσμιο επίπεδο να έχουμε την κυκλοφορία πάνω από 1.2 δισεκατομμύρια οχήματα , δίνοντας έτσι στους κλάδους της κατασκευής , της πώλησης και της συντήρησης εκατομμύρια θέσεις εργασίας και απασχόλησης εργαζομένων , τοποθετώντας έτσι τον κλάδο των μεταφορών σε περίοπτη θέση στην πυραμίδα της παγκόσμιας οικονομίας. Γίνεται αντιληπτό λοιπόν η κύρια σημασία των μεταφορών στην ανάπτυξη και δημιουργία των σύγχρονων κοινωνιών .



Εικόνα 1.6 α : Επιβατικά αυτοκίνητα σε σχέση με το ΑΕΠ της ΕΕ [11]

Ωστόσο όμως αυτή η ραγδαία ανάπτυξη δημιούργησε και μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση, καθώς η πλειοψηφία των οχημάτων χρησιμοποιούν για την κίνηση τους υγρά καύσιμα όπως η βενζίνη και το πετρέλαιο και καταναλώνοντας έτσι ένα ποσοστό τις τάξεις του 50% των

διαθέσιμων υγρών καυσίμων του πλανήτη μας και με την υπερδιπλασίαση των οδικών δικτύων τα τελευταία χρόνια να οδηγεί τον ευρύτερο τομέα των μεταφορών στην κατανάλωση του 20% της παγκόσμιας παραγόμενης ενέργειας . [11]

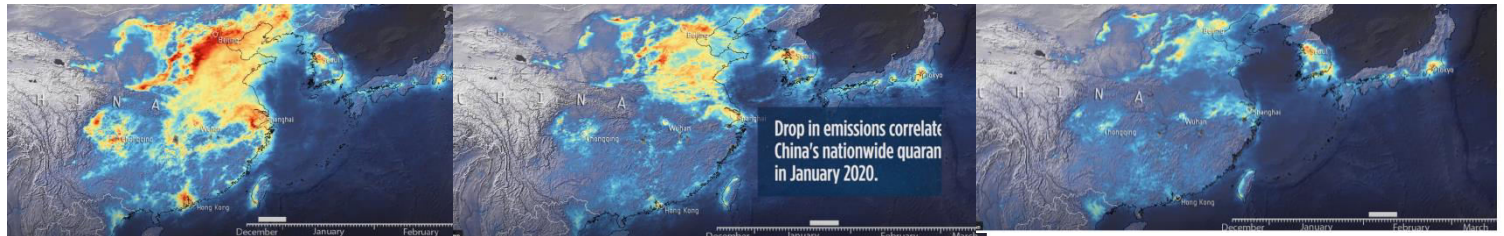


Εικόνα 1.6 β : Κατηγορίες Μεταφορών και ποσοστό ενεργειακής κατανάλωσης {11}

Η τεράστια αστικοποίηση που δημιουργήθηκε σαφέστατα δίνει τη σκυτάλη της στην τεράστια οικολογική καταστροφή και ρύπανση που δημιουργείτε πλέον στα μεγάλα αστικά κέντρα σε όλων των κόσμο , με το μεγαλύτερο ποσοστό πλέον των παγκόσμιων εκπομπών υδρογονανθράκων και οξειδίων του αζώτου και άλλων επικίνδυνων ατμοσφαιρικών ρύπων που εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα μας να προέρχεται από τις πόλεις . Στρέφοντας αυτό με τη σειρά του το ενδιαφέρον των ανθρώπων προς τις ΑΠΕ και την προφύλαξη του περιβάλλοντος μας και της προσωπικής μας υγείας .

Σημαντική και άξια αναφοράς πρέπει να είναι και η δραστική μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε όλο το κόσμο, παρά την τραγικότητα των επιπτώσεων που επέφερε η πανδημία του κορωνοϊού COVID-19 στην ανθρωπότητα, που για την αποφυγή επιπλέον εξάπλωσης του φονικού ιού τέθηκαν μέτρα περιορισμού των μετακινήσεων και μειώνοντας τη χρήση οχημάτων μετακίνησης έτσι σε ποσοστό άνω του 90% αυτών . Μας δόθηκε λοιπόν μια αληθινή όσο και οδυνηρή εικόνα της καταστροφής του οικοσυστήματος μας και τον πραγματικό λόγο αλλαγής αντιλήψεων και θέσης μας απέναντι στον πλανήτη μας και στη καθημερινότητα μας.

Καταγράφονται λοιπόν στις παρακάτω εικόνες (Εικόνα 1.6 γ), με τη δυνατότητα που μας δίνεται από τον Οργανισμό εξερεύνησης του διαστήματος (NASA), οι αλλαγές τις ατμοσφαιρικής ρύπανσης κατά τη διάρκεια ισχύος των περιοριστικών μέτρων στην πόλη Γουχάν της Κίνας , μία πόλη 11 εκατομμυρίων ανθρώπων, τα οποία τέθηκαν σε εφαρμογή για διάρκεια περίπου τριών μηνών.[12]



Εικόνα 1.6 γ : Ατμοσφαιρική ρύπανση στη πόλη Γουχάν τους μήνες Δεκέμβριο(αριστερά)-Ιανουάριο(κέντρο)-Φεβρουάριο (δεξιά)[12]

Δίνοντας μας έτσι ,παρά από τις συνθήκες που δημιουργήθηκε, ένα μικρό δείγμα των αποτελεσμάτων που θα μπορούμε να έχουμε στα μακροπρόθεσμα σχέδια και στις προσπάθειες που καταβάλουμε για την αναστροφή των επιπτώσεων μας στο περιβάλλον και την ανοικοδόμηση του.

1.7 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ηλιακή ενέργεια, αιολική ενέργεια, υδροηλεκτρική ενέργεια, κυματική ενέργεια, γεωθερμική ενέργεια, βιομάζα, βιοκαύσιμα) αποτελούν τις μορφές εκμετάλλευσης ενέργειας που προέρχονται από φυσικές πηγές , όπως η ηλιακή ακτινοβολία , ο αέρας , η δυναμική ροή του νερού κ.ά. και επάγονται στις εναλλακτικές λύσεις αντί των παραδοσιακών συμβατικών μορφών παραγωγής ενέργειας (καύση ορυκτών καυσίμων). Σε κάθε περίπτωση οι ΑΠΕ θεωρούνται η λύση του προβλήματος της εξάντλησης των μη ανανεώσιμων αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων.

Έχει σημειωθεί τα τελευταία χρόνια μία υιοθέτηση νέας πολιτικής και νομοθετικών πλαισίων από πολλά κράτη του κόσμου για τη χρήση των ΑΠΕ ως κύρια πηγή ενέργειας και με πρωτοστάτη την Ευρωπαϊκή Ένωση και τα κράτη μέλη της να κατέχει ηγετική θέση στις τεχνολογίες και τις παγκόσμιες ευρεσιτεχνίες των ΑΠΕ και να απασχολεί παραπάνω από 1.2 εκατομμύρια άτομα στον κλάδο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας .

Αισθητή έχει γίνει και στην Ελλάδα η διείδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και φωτοβολταϊκών μονάδων στην παραγωγή ενέργειας μέσα από μια σειρά κινήτρων και στόχων του κράτους , με χαρακτηριστικό το νομοσχέδιο απολιγνιτοποίησης της χώρας μέχρι το 2028 και αύξησης των ΑΠΕ της χώρας ώστε να φτάσουν το 35% του ενεργειακού μείγματος μέχρι 2030. Δεν θα μπορούσαμε να παραλείψουμε τα οικονομικά και φορολογικά κίνητρα που έχουν δοθεί σε κατόχους υβριδικών και ηλεκτρικών οχημάτων δίνοντας έτσι ένα ακόμα λόγο εμπιστοσύνης και επιλογής ενός τέτοιου οχήματος . [13]

Φτάνοντας έτσι στην μεγάλη ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης και στις μεγαλύτερες αλλαγές της αυτοκινητοβιομηχανίας και της αυτοκίνησης , ανοίγοντας έτσι μια νέα σελίδα στην ιστορία της και μία νέα εποχή "πράσινης" ανάπτυξης και τεχνολογικών επιτευγμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

2.1 Εισαγωγή

Ένα από τα μεγαλύτερα επιτεύγματα της σύγχρονης τεχνολογίας είναι η ανάπτυξη των κινητήρων εσωτερικής καύσης (ΚΕΚ) και ειδικότερα του αυτοκινήτου, συμβάλλοντας έτσι στην ταχεία ανάπτυξη των σύγχρονων κοινωνιών και τις αυτοκινητοβιομηχανίες να συμβάλλουν μεγάλο ρόλο στον σχηματισμό αυτών, δημιουργώντας πολλές φορές και πρότυπες τεχνολογικές ιδέες, όπως η γραμμή παραγωγής του Henry Ford, η χρήση για πρώτη φορά ρομποτικών συστημάτων σε βασικούς τομείς παραγωγής οχημάτων μετακίνησης και εξελίσσοντας επιστημονικές ιδέες και τεχνολογίες εφαρμόζοντας αυτές στα οχήματα, φέρνοντας έτσι τα οχήματα στη σημερινή μορφή τους και με τεχνολογίες που άλλοτε θα ήταν δημιουργήματα επιστημονικής φαντασίας.

Ωστόσο ο μεγάλος αριθμός αυτοκινήτων που χρησιμοποιείτε σε όλον τον κόσμο δεν άργησε να αναδείξει και τα προβλήματα που δημιουργούν στον πλανήτη μας και την άμεση σχέση με τα φαινόμενα ρύπανσης, βάζοντας έτσι τις τελευταίες δεκαετίες την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη δραστηριοτήτων εντοπισμού και ανάπτυξης τεχνολογιών υψηλής απόδοσης, καθαρότητας και ασφάλειας των οχημάτων και τοποθετώντας τα ηλεκτρικά οχήματα, τα υβριδικά οχήματα, τα οχήματα με κυψέλες καυσίμου και καθώς τα ηλιακά αυτοκίνητα στη πρώτη γραμμή για την αντικατάσταση των συμβατικών οχημάτων στο άμεσο και προσεχές μέλλον.

2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ

Μπορεί τα τελευταία χρόνια να γίνεται ιδιαίτερος λόγος στην εμφάνιση και στη χρήση των ηλεκτρικών οχημάτων στη καθημερινότητα μας, αλλά η εμφάνιση τους και έρευνα τους μας να πηγαίνει πολύ πίσω στον χρόνο και να δημιουργούν μία δική τους σελίδα στην ιστορία της ανθρωπότητας.

Με την έννοια της μεταφοράς να συγγέετε μόνο με την ισχύ του ατμού και την καύση πρωτογενών πηγών ενέργειας, η σύλληψη της ιδέας και δημιουργίας ενός ηλεκτρικού κινητήρα δε θα μπορούσε να υλοποιηθεί χωρίς την ανακάλυψη των νόμων της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής το 1831 και να τεθούν τα πρώτα απαραίτητα στοιχεία στη μετέπειτα ανάπτυξη του ηλεκτρικού οχήματος, που πέρασε από πολλά στάδια ακμής και αφάνειας μέχρι να φτάσουμε στη σημερινή εκδοχή που μας δίνετε.

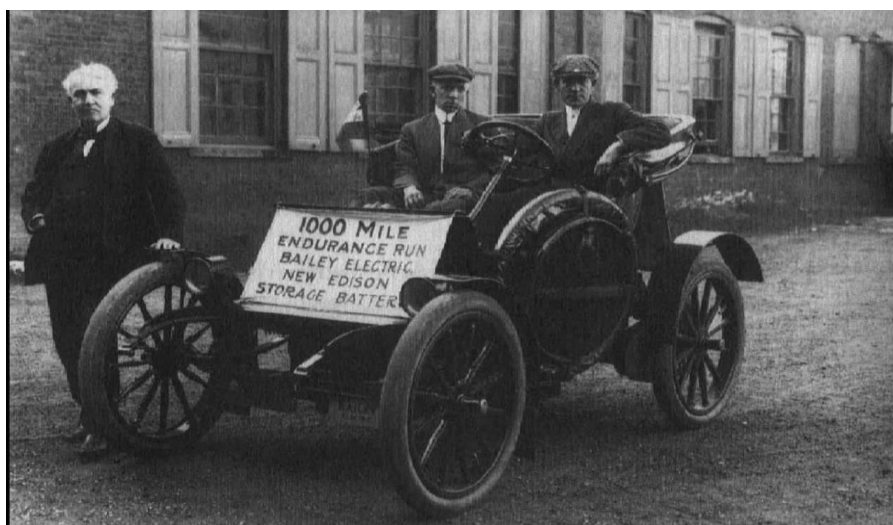
2.2.1 ΠΡΩΙΜΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ

Η αρχή της ιστορίας του ηλεκτρικού οχήματος χρονολογείται μεταξύ του 1832-1839 και την εφευρετικότητα πολλών ανθρώπων, όπως του Σκωτσέζου Robert Anderson, δημιουργού του πρώτου οχήματος με κίνηση μέσου ηλεκτρισμού, και του Ολλανδού καθηγητή Sibrandus Stratingh του Πανεπιστημίου του Groningen (1835), κατασκευαστή ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου μικρής κλίμακας, καθιστώντας αυτές τις πρώτες εφευρέσεις με καθαρά δοκιμαστικό χαρακτήρα και πειραματισμό, δεδομένου των υλικών και ηλεκτρικών κινητήρων που χρησιμοποιούσαν, αλλά δίνοντας το έναυσμα για μία περαιτέρω έρευνα στο αντικείμενο της ηλεκτροκίνησης.

Η καθοριστικότερη αλλαγή προήρθε από τον Αμερικανό Thomas Davenport , το 1837, και τη δημιουργία του ηλεκτρικού κινητήρα του, που βρίσκονταν και αυτοί σε πρώιμο στάδιο και μη πρακτικά εφαρμόσιμη μέχρι τότε, και προσφέροντας μας μαζί με τον Σκωτσέζο Robert Davenport (1942) τα πρώτα επιτυχημένα ηλεκτρικά οχήματα και ακολουθώντας το 1847 ο Moses Farmer να κατασκευάσει όχημα που μπορούσε να μεταφέρει δύο άτομα και που τροφοδοτούνταν από 48 ηλεκτρικά στοιχεία. Την ίδια περίοδο έχουμε αμερικανικά διπλώματα ευρεσιτεχνίας που εκδόθηκαν στον Lilley και τον Colten που δημιούργησαν ηλεκτροφόρες ράγες που έπαιρναν ισχύ από έναν κεντρικό σταθμό ρεύματος και τροφοδοτώντας έτσι ηλεκτρικό όχημα επικαθήμενο σε αυτές.

Ξεπερνώντας τα βασικά προβλήματα των ηλεκτρικών κινητήρων που είχαν δημιουργηθεί με τις σημαντικές βελτιώσεις που είχαμε στην κατασκευή τους , δημιουργήθηκε ένα επιπλέον πρόβλημα που έπρεπε να επιλυθεί με τους συσσωρευτές ηλεκτρικού ρεύματος , όπου το κόστος , ο όγκος , το βάρος τους και η μη δυνατή επαναχρησιμοποίησή τους , τους καθιστούσαν βασικό σημείο έρευνας και επίλυσης για την μετέπειτα εξέλιξη του ηλεκτρικού οχήματος. Η λύση δόθηκε από τον Γάλλο Gaston Plante (1859), με τους «πρωτογενείς » συσσωρευτές , ανακαλύπτοντας το στοιχείο Μολύβδου – Οξέως (Pb-Acid) και την δυνατότητα του να επαναφορτίζεται, αλλά και την επιπλέον μελέτη της ανακάλυψης των συσσωρευτών μολύβδου για την αποτελεσματικότητα και πρακτικότητα τους, και το αποτέλεσμα υπήρξε 22 χρόνια μετά το 1881 χάρη στον Camille Faure και την ίδια χρονιά να έχουμε και τη δημιουργία οχήματος από τον Gustave Trouné με την δύναμη προώθησης του να του δίνεται από έναν DC κινητήρα ισχύος 0.1 HP με ηλεκτρική τροφοδοσία από συσσωρευτές μολύβδου – οξέως.

Τα πρώτα ηλεκτροκίνητα οχήματα μαζικής παραγωγής εμφανίστηκαν στην Αμερική στις αρχές της δεκαετίας του 1900, αν και αξιοσημείωτη πρέπει να είναι και η κατασκευή ηλεκτρικών αυτοκινήτων από το 1884 του Βρετανού Thomas Parker και στη συνέχεια οι Αμερικανοί N. S. Possons (1886), William Morrison (1890) και John Lambert (1891). Στη συνέχεια έχουμε την εμφάνισή τους διάφοροι βελτιωμένοι τύποι συσσωρευτών, μεταξύ των οποίων ξεχώρισε το στοιχείο Έντισον (Edison cell), που ήταν ένας συσσωρευτής Νικελίου – Σιδήρου (Ni-Fe). Η κατασκευή του έγινε το 1910 και ήταν το πιο προηγμένο τεχνολογικά επίτευγμα της εποχής εκείνης. Το στοιχείο αυτό χρησιμοποιήθηκε σε ένα όχημα που κατασκεύασε ο ίδιος ο Edison (εικόνα 2.2.1^α) [14][15]



Εικόνα 2.2.1^α : Thomas Edison με το ηλεκτροκίνητο όχημά του [16]

Την αναγνώριση και την εμπορικότητα που παρουσίασαν τα ηλεκτρικά οχήματα μέχρι τη δεκαετία του 1920 ήταν πολύ μεγάλη, κερδίζοντας το 28% των αυτοκινήτων που πουλήθηκαν στην Αμερική το 1914, έναντι των υπόλοιπων οχημάτων, διαφημίζοντας των πλεονεκτημάτων του ηλεκτρικού οχήματος που αρκούσε το πάτημα ενός διακόπτη για το "ξεκίνημα" του, έναντι στην χειροκίνητη εκκίνηση των βενζινοκινήτων και την προθέρμανση των ατμοκινούμενων.

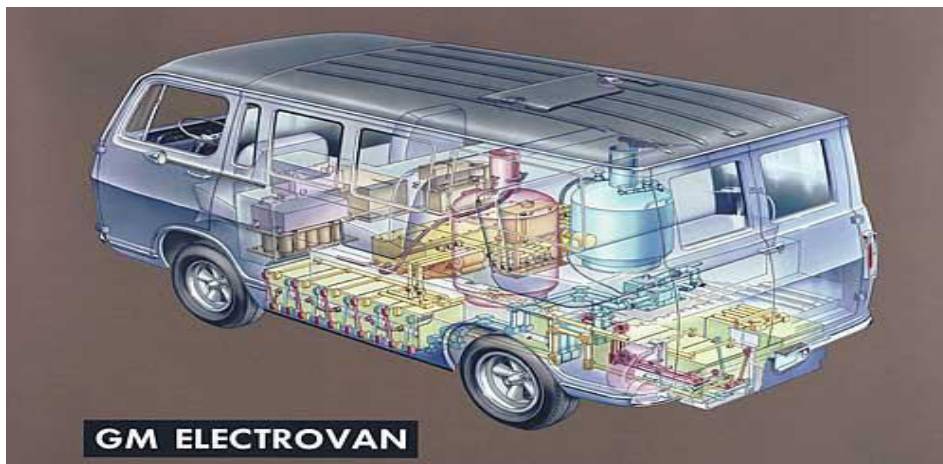
Ωστόσο όμως ορισμένες εξελίξεις συνέβαλαν στην πτώση της δημοτικότητας των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, που σε αυτές μπορούμε να αποδώσουμε τη βελτίωση και δημιουργία οδικού δικτύου μεγαλύτερης εμβέλειας από αυτή που προσέφερε το ηλεκτρικό όχημα, η εφεύρεση του ηλεκτρικού εκκινητή από τον Charles Kettering το 1912 με τον οποίο έδωσε τέλος στην ανάγκη ενός στροφάλου για την εκκίνηση του βενζινοκινήτηρα, η ανακάλυψη μεγάλων αποθεμάτων πετρελαίου και την ευρεία διαθεσιμότητα βενζίνης είχε σαν αποτέλεσμα την δημιουργία πολλών σημείων ανεφοδιασμού των οχημάτων με κινητήρες εσωτερικής καύσης και τα καθιστούσαν δυνατά για την συμπλήρωση ακόμα μεγαλύτερων αποστάσεων. Το τέλος των ηλεκτρικών οχημάτων ήρθε με την έναρξη της μαζικής παραγωγής βενζινοκινήτων οχημάτων από τον Henry Ford το 1913 μείωσε σημαντικά το κόστος των βενζινοκινήτων οχημάτων σε σύγκριση με τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα. [14][15]



Εικόνα 2.2.1^β: Henry Ford και το Model T [17]

2.2.2 ΜΕΣΑΙΑ ΠΕΡΙΟΔΟΣ

Η χρονική περίοδος από το 1930 μέχρι το 1960 συναντούμε την αναμφισβήτητη παρακμή των ηλεκτρικών οχημάτων, όχι μόνο για τους λόγους που προαναφέρθηκαν αλλά και για την έλλειψη τεχνικών πρωτοποριών στον τομέα των οχημάτων. Έχουμε όμως την επαναφορά του ενδιαφέροντος με τις πρώτες ενδείξεις της ρύπανσης του πλανήτη και την ορατή πλέον ατμοσφαιρική ρύπανση λόγω της καθολικής επικράτησης των βενζινοκινήτων οχημάτων, γεγονότα που έστρεψαν το ενδιαφέρον στις αυτοκινητοβιομηχανίες όλου του κόσμου, όπως η General Motors, η Ford, η Fiat, η Mercedes, η Volkswagen, η Nissan και η Toyota, στη δημιουργία και τεχνολογικής ανάπτυξης ηλεκτροκίνητων οχημάτων, δίνοντας στο καταναλωτικό κοινό ξανά τη δυνατότητα αγοράς οχημάτων "πράσινης" συνείδησης. Η προσπάθεια αυτή γίνεται φανερή με μοντέλα πρωτοστάτες από την εταιρία General Motors όπως το 1966 GM Electovan (Εικόνα 2.1.2α) το πρώτο ηλεκτροκίνητο όχημα με κυψέλες υδρογόνου [18] και το ίδιο έτος το ηλεκτροκίνητο όχημα Electovair II (Εικόνα 2.1.2β) με συστοιχίων μπαταριών οξειδίου αργύρου 532 volt και τη δυνατότητα αυτονομίας 70 με 110 χιλιομέτρων.[19]



Εικόνα 2.2.2^α: 1966 GM Electrovan [18]



Εικόνα 2.2.2β: Electrovan II [20]

2.2.3 ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ

Τα ηλεκτρικά και υβριδικά συστήματα κίνησης θεωρούνται σήμερα ως οι πιο υποσχόμενες αναδυόμενες τεχνολογίες για την προώθηση οχημάτων με δυνατότητα μείωσης των εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων από τα οχήματα οδικών μεταφορών και οι ηλεκτρικοί κινητήρες μπορούν να βοηθήσουν στην αποσύνδεση του τομέα από τη μεγάλη εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα.

Συνεπώς βλέπουμε το ενδιαφέρον για τη χρήση ηλεκτροκίνητων οχημάτων να αυξάνεται με ραγδαίους ρυθμούς, τις κυβερνήσεις να θεσπίζουν νέα μέτρα σε εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο για την προστασία του περιβάλλοντος και τις αυτοκινητοβιομηχανίες να εντείνουν τις προσπάθειες και να παρουσιάζουν ολοένα και πιο πολλά νέα μοντέλα που αναδεικνύουν τη σημερινή "πράσινη" συνείδηση.

Το σημαντικό αυτό όμως κίνημα της εποχής μας έρχεται να αντικρούσει η τρέχουσα παγκόσμια οικονομική κρίση, εξαναγκάζοντας πολλές αυτοκινητοβιομηχανίες να μειώσουν τις οικονομικές δαπάνες πάνω στις έρευνες νέων τεχνολογιών ανάπτυξης των ηλεκτρικών οχημάτων.

Σε μία προσπάθεια λύσης του προβλήματος και σε ένδειξη υποστήριξης της αυτοκινητοβιομηχανίας καλέστηκε να δώσει η Ε.Ε. το 2005 με δέσμευση 5 δις € στο σχέδιο οικονομικής ανάκαμψης για την «Πρωτοβουλία για Πράσινα Αυτοκίνητα» (European Green Cars Initiative – EGCI). Η πρωτοβουλία αυτή έχει στόχο χρηματοδότησης ερευνών και τεχνολογιών, με τη συνεργασία δημοσίου και ιδιωτικού τομέα, καθώς και τη συσπείρωση των κρατών μελών της Ε.Ε. σε νομοθετικά πλαίσια, όπως η μείωση φόρων στα οχήματα με χαμηλές εκπομπές άνθρακα, έτσι ώστε να επικεντρωθεί ακόμα περισσότερο το ενδιαφέρον αγοράς ηλεκτρικών οχημάτων.

Τον Μάρτιο του 2009, τα κράτη μέλη της Ε.Ε. συμφωνούν να μειώσουν την ενεργειακή κατανάλωση στις μεταφορές και να αυξήσουν την παραγωγή ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Μάλιστα, τον Ιανουάριο του 2013, η Κομισιόν σε μια προσπάθεια να προωθήσει τις «πράσινες μεταφορές» στην Ε.Ε., πρότεινε να υπάρχει ένας ελάχιστος αριθμός σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων σε κάθε κράτος μέλος μέχρι το 2020, και τουλάχιστον 10% αυτών να πρέπει να είναι προσβάσιμοι σε δημόσιους χώρους, και να καθιερωθεί ένα κοινό βύσμα, ώστε οι οδηγοί να μπορούν να επαναφορτίσουν τα οχήματά τους οπουδήποτε στην Ε.Ε.. [21][22]

2.3 ΕΙΔΗ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Ως ηλεκτροκίνητο όχημα ,ή αλλιώς κατά τη γενική του ονομασία EV(Electric Vehicle), χαρακτηρίζεται το όχημα που για την κίνηση του χρησιμοποιεί έναν ή περισσότερους ηλεκτροκινητήρες ή κινητήρες έλξης.

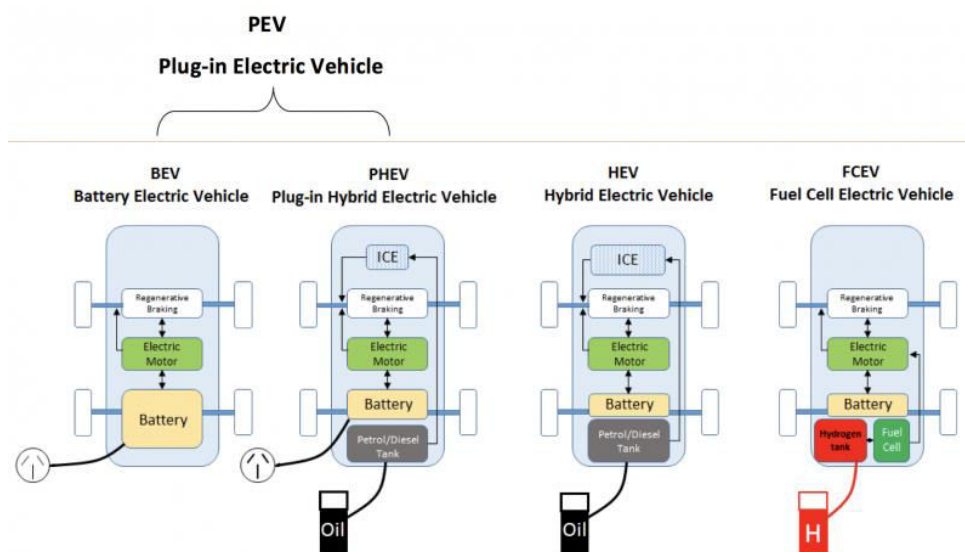
Τα ηλεκτροκίνητα οχήματα μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες :

1. Οχήματα που τροφοδοτούνται μέσω ενός συλλεκτικού συστήματος ηλεκτρισμού από πηγές εκτός οχήματος (Τρόλεϊ, Τραμ, Ηλεκτροκίνητα Σιδηροδρομικά Οχήματα)
2. Αυτόνομα ηλεκτροκίνητα οχήματα , οχήματα που λειτουργούν αυτόνομα , με χρήση μπαταρίας , ηλιακούς συλλέκτες ή ηλεκτρική γεννήτρια για τη μετατροπή του καυσίμου σε ηλεκτρική ενέργεια.

Τα αυτόνομα ηλεκτροκίνητα οχήματα χωρίζονται με τη σειρά τους, ανάλογα με τον τύπο λειτουργίας τους ή τον τρόπο επαναφόρτισης τους , στις ακόλουθες κατηγορίες :

- A. Υβριδικά οχήματα (HEV, Hybrid Electric Vehicles)
- B. Επαναφορτιζόμενα υβριδικά οχήματα με ηλεκτρική ενέργεια από εξωτερική πηγή (PHEV, Plug-in Hybrid Electric Vehicles)
- C. Ηλεκτροκίνητα οχήματα με συσσωρευτές και ηλεκτροπαραγωγική μονάδα (E-REV, Extended Range Electric Vehicles)
- D. Ηλεκτροκίνητα Οχήματα με κυψέλες καυσίμου (FCEV – Fuel Cell Electric Vehicles)
- E. Ηλιακά οχήματα (SEV – Solar Electric Vehicles)

F. Οχήματα με ηλεκτροχημικούς συσσωρευτές (BEV – Battery Electric Vehicles), με ηλεκτρικούς υπερπυκνωτές (supercapacitors) ή με συνδυασμό των παραπάνω συστημάτων αποθήκευσης. Τα οχήματα αυτά ονομάζονται συνήθως και ως αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα (pure electric vehicles).[23]



Εικόνα 2.3 : Κατηγορίες επαναφορτιζόμενων ηλεκτροκίνητων οχημάτων[26]

Η παρούσα εργασία θα αναφερθεί στις κατηγορίες των αυτόνομων ηλεκτρικών οχημάτων, όπως τους ορίζει το ΦΕΚ 50B/2015, στα οποία έχουμε την δυνατότητα επαναφόρτισης τους από εξωτερική πηγή, δηλαδή ηλεκτροκίνητα οχήματα (αυτοκίνητα και δίτροχα) που επάγονται στις εξής κατηγορίες:

- Επαναφορτιζόμενα υβριδικά με ηλεκτρική ενέργεια από εξωτερική πηγή (PHEV, Plug-in Hybrid Electric Vehicles),
- Ηλεκτροκίνητα με συσσωρευτές και ηλεκτροπαραγωγική μονάδα (E-REV, Extended Range Electric Vehicles),
- Ηλεκτροκίνητα με συσσωρευτές (BEV – Battery Electric Vehicles).[24][25][26]

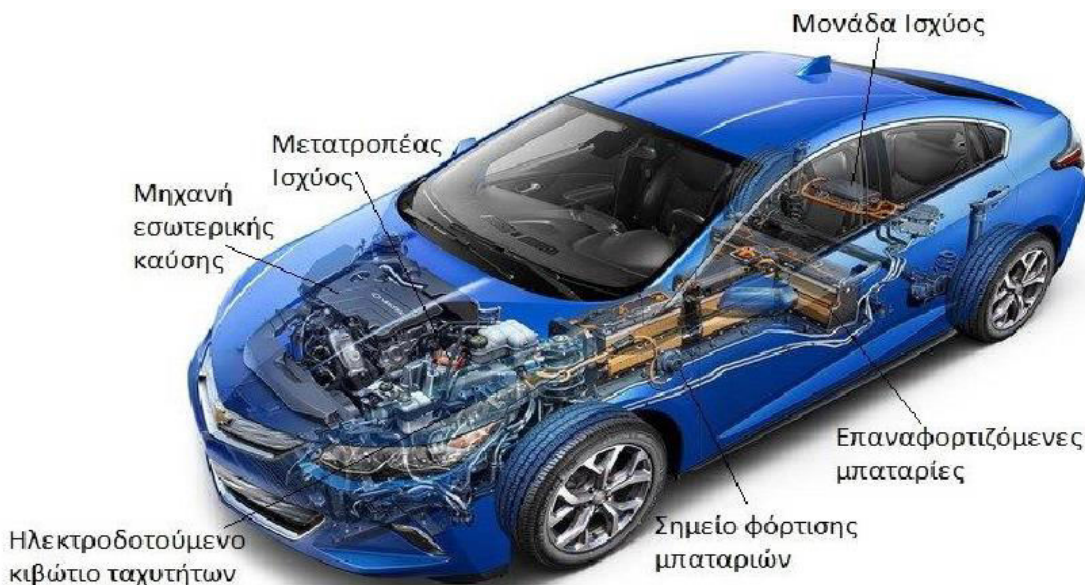
2.3.1 Επαναφορτιζόμενα Υβριδικά Οχήματα με Ηλεκτρική Ενέργεια από Εξωτερική Πηγή (PHEV, Plug-in Hybrid Electric Vehicles)

Υβριδικό ηλεκτρικό όχημα (hybrid electric vehicle -HEV) ονομάζουμε ένα τύπο υβριδικού οχήματος που για την κίνηση του συνδυάζει κινητήρα εσωτερικής καύσης και ηλεκτρικού κινητήρα, που η παρουσία του έχει στόχο την επίτευξη καλύτερης απόδοσης του οχήματος και την καλύτερη οικονομία και μηδενισμό πολλές φορές του καυσίμου και των ρύπων. Οι τεχνολογικές βελτιώσεις των σύγχρονων HEV χαρακτηρίζουν την αποτελεσματικότητά τους και απόδοσή τους, όπως τα αναγεννητικά φρένα, τον κινητήρα εσωτερικής καύσης και τις εκπομπές αερίων από αυτούς, που στη συνέχεια τα χρησιμοποιούν ώστε να μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του

οχήματος και του κινητήρα σε ηλεκτρική ενέργεια, η οποία αποθηκεύεται με τη σειρά της στους συσσωρευτές του οχήματος.[25]

Τα PHEV σηματοδοτούν την εξέλιξη των υβριδικών οχημάτων και της τεχνολογίας τους , δίνοντας τη δυνατότητα επαναφόρτισης της μπαταρίας του οχήματος συνδέοντας τον μία εξωτερική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας . Από τεχνικής άποψης , τα οχήματα PHEV είναι όμοια με τα υπόλοιπα υβριδικά οχήματα ώστε ο ηλεκτροκινητήρας που διαθέτουν να παρέχει την απαιτούμενη ισχύ για τις καθημερινές αστικές μετακινήσεις , στις οποίες μπορούν να σημειωθούν μηδαμινές εκπομπές ρύπων CO₂ , διότι αυτές γίνονται μόνο με τη χρήση του ηλεκτροκινητήρα και των συσσωρευτών , έως και 50 με 80 χιλιομέτρων αυτονομίας , λόγος που αντιπροσωπεύει και τις υποκατηγορίες των οχημάτων PHEV. Επιπρόσθετα πρέπει να είναι εφοδιασμένα με μεγάλης χωρητικότητας συσσωρευτές για την αποτελεσματικότερη αποθήκευση ηλεκτρικού φορτίου από το δίκτυο διανομής και του αυτόνομου υβριδικού συστήματος παραγωγής. Για τον σκοπό αυτόν είναι εξοπλισμένα με ειδικό ακροδέκτη σύνδεσης στο τοπικό δίκτυο παροχής ηλεκτρισμού και κατάλληλη συσκευή φόρτισης των συσσωρευτών (φορτιστή).

Με την συνδυασμένη χρήση αυτών των μέτρων δόθηκε η λύση ως τις υπόλοιπες ομάδες αμιγών ηλεκτροκίνητων οχημάτων με συσσωρευτές και τον περιορισμό που τους χαρακτήριζε η απόσταση αυτονομίας τους και την δυνατότητα της χρήσης οποιουδήποτε δικτύου για τη φόρτιση χωρίς απαραίτητη απαίτηση εκτεταμένης εγκατάστασης και τη χρήση συμβατικών καυσίμων όπου αυτή είναι αναγκαία και απαιτείτε, δημιουργώντας έτσι μία τεράστια αλλαγή στις οδικές μεταφορές και κατεύθυνση της ηλεκτροκίνησης. [27]



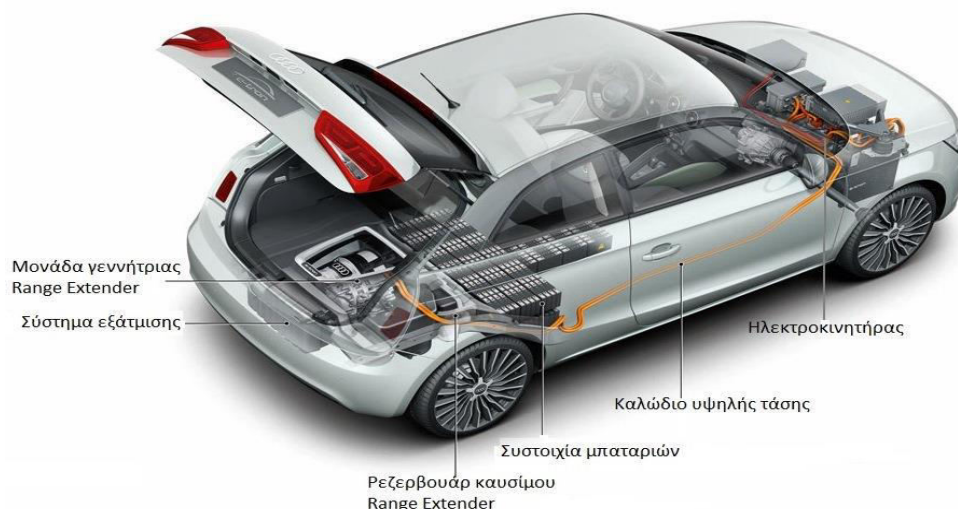
Εικόνα 2.3.1 : Το Επαναφορτιζόμενο Υβριδικά Οχήματα Chevrolet Volt [28]

2.3.2 Ηλεκτρικά Οχήματα με Συσσωρευτές και Ηλεκτροπαραγωγική Μονάδα (E-REV, Extended Range Electric Vehicles)

Τα ηλεκτρικά οχήματα E-REV αποτελούν την επιτομή της τεχνολογικής ανάπτυξης της ηλεκτροκίνησης και τη μετάβαση από την υβριδική στην πλήρη ηλεκτροκίνηση παντός τύπου οχήματος, όπως οχήματα που κατατάσσονται ακόμα και στην ομάδα βαρέων οχημάτων (φορτηγά, λεωφορεία) και που καλούνται να καταγράψουν μεγάλες αποστάσεις και να σπάσουν το φράγμα της μέχρι τώρα αυτονομίας των ηλεκτροκίνητων οχημάτων. Η αποτελεσματικότητα και η διαφορά τους με τα υπόλοιπα επαναφορτιζόμενα υβριδικά οχήματα οφείλεται στη χρήση του θερμικού κινητήρα, που πλέον απελευθερώνεται από τον ρόλο του στην προώθηση του οχήματος και τους κινητήριους τροχούς, αλλά συντελεί αποκλειστικά και μόνο για την παραγωγή ηλεκτρικού φορτίου και την κίνηση της συζευγμένης σε αυτόν ηλεκτρικής γεννήτριας. Επιτυγχάνεται έτσι η κίνηση του οχήματος μόνο από τους ηλεκτροκινητήρες και όπως και τα ηλεκτρικά οχήματα, η κίνηση του ορίζεται μόνο ως ηλεκτρική.

Η χρήση ηλεκτρικών αγωγών ως σύνδεση της αυτόνομης ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας (Range Extender) και των υπόλοιπων συστημάτων του οχήματος, έδωσε τη δυνατότητα για τη χρήση πολύστροφων θερμικών κινητήρων, σταθερών στροφών, μικρού όγκο και σταθερής απόδοσης. Βλέπουμε λοιπόν την ραγδαία ανάπτυξη ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων που κινούνται με τη βοήθεια μικρών στροβίλων ή μηχανές τύπου Wankel.

Η απλή όσο και καινοτόμα λειτουργία ενός οχήματος E-REV δεν διαφέρει από τα υπόλοιπα ηλεκτροκίνητα οχήματα με συσσωρευτές. Η αποθηκευμένη ενέργεια των συσσωρευτών δίνει την κίνηση στις ηλεκτρογεννήτριες και όταν το ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας μειωθεί κάτω από το επιτρεπτό όριο που έχει οριστεί, τίθεται σε λειτουργία η ηλεκτροπαραγωγική μονάδα, η οποία τροφοδοτεί τις ηλεκτρογεννήτριες και επαναφορτίζει τους συσσωρευτές, επιτυγχάνοντας έτσι την ομαλή λειτουργία του οχήματος χωρίς καμία διαφορά στην απόδοση του. Όταν έχουμε την πλήρη φόρτιση των συσσωρευτών, η χρήση του θερμικού κινητήρα σταματάει αυτόματα και έτσι επιτυγχάνεται ο κύκλος λειτουργιών του οχήματος E-REV προσφέροντας αυτονομία ίση ενός συμβατικού οχήματος.[29]



Εικόνα 2.3.2 : Audi A1 e-tron, με κινητήρα Wankel ως Range Extender[30]

2.3.3 Ηλεκτρικά Οχήματα με Ηλεκτροχημικούς Συσσωρευτές (BEV – Battery Electric Vehicles)

Ένα ηλεκτρικό όχημα μπαταρίας (BEV) είναι ένα είδος ηλεκτρικού οχήματος (EV) που χρησιμοποιεί αποκλειστικά την ηλεκτρική ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στους επαναφορτιζόμενους ηλεκτροχημικούς συσσωρευτές και στους υπερπυκνωτές, για την κίνηση των ηλεκτροκινητήρων του οχήματος, χωρίς δευτερεύουσα πηγή προώθησης, όπως κινητήρες εσωτερικής καύσης, επιτυγχάνοντας έτσι μηδενικές εκπομπές ρύπων.

Ωστόσο, τα ‘καθαρά’ ηλεκτρικά οχήματα παρουσιάζουν και ιδιαιτερότητες , που τα καθιστούν όχι και τόσο δημοφιλή στο καταναλωτικό κοινό. Χρησιμοποιώντας ακριβούς επιτηρητές της κατάστασης φόρτισης των μπαταριών (State Of Charge – SOC), λόγο του βαθμού αυτονομίας που πρέπει να προσφέρουν, τροποποιεί και την τιμή των μοντέλων BEV σε πολύ υψηλή. Ταυτόχρονα, η αναμενόμενη διάρκεια ζωής των συσσωρευτών και η πηγή επαναφόρτισης αυτών να ορίζεται μόνο από τις μονάδες φόρτισης και το δίκτυο, προσφέρουν ακόμα μεγαλύτερη αρνητικότητα.

Το μεγάλο αυτό κενό έρχονται όμως να καλύψουν οχήματα BEV, όπως το Model X της εταιρίας Tesla(Εικόνα 2.2.3), με τεχνολογικά επιτεύγματα όπως την αυτόματη οδήγηση χωρίς την υποστήριξη του οδηγού, και δυνατότητα αυτονομίας που φτάνει μέχρι και τα 580 χιλιόμετρα.[32]

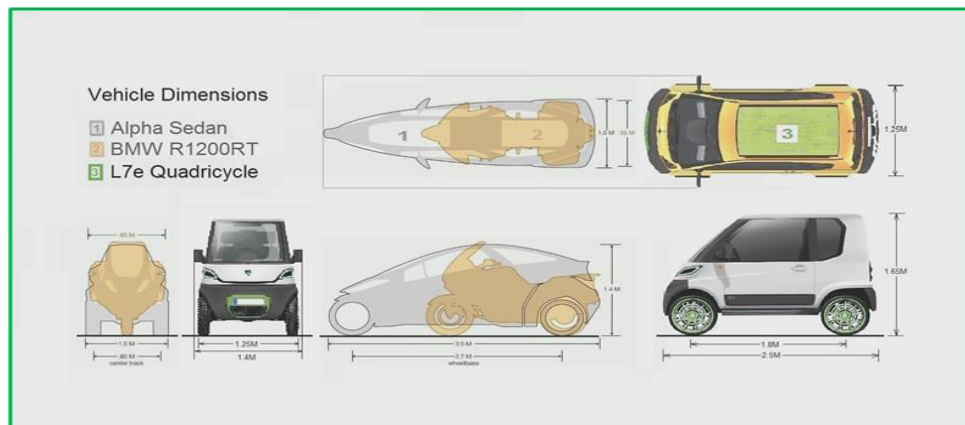


Εικόνα 2.3.3 : Το Model X της εταιρίας Tesla[33]

2.4 ΚΛΑΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα κατατάσσονται σε τέσσερις κλάσεις , με βασικό κριτήριο για τη διάκριση της κατηγορίας που ανήκει το όχημα, να είναι η χρήση του , σύμφωνα με ψήφισμα που έχει θεσπιστεί από την Οικονομική Επιτροπή Ηνωμένων Εθνών για την Ευρώπη (UNECE). [34]

- Κλάση L : Οχήματα με αριθμό τροχών λιγότερο από τέσσερις
 - υποκατηγορία L7e: Οχήματα τεσσάρων τροχών – ισχύς κινητήρα ≤ 14 kW – Βάρος οχήματος, χωρίς το βάρος των συσσωρευτών, > 450 Kg.



Εικόνα 2.4^α: Προδιαγραφές ηλεκτρικού οχήματος Κλάσης L & L7e[35]

- Κλάση M: Κατηγορία ηλεκτρικών οχημάτων μεταφοράς επιβατών , με τέσσερις τροχούς .
Υποκατηγορίες :
 - M1: Οχήματα με 8 θέσεις επιβατών
 - M2: Οχήματα με πάνω από 8 θέσεις επιβατών και συνολικό βάρος μέχρι 5 Τόνοι (Mini Bus)
 - M3: Οχήματα με πάνω από 8 θέσεις επιβατών και συνολικό βάρος άνω των 5 Τόνων (Λεωφορεία)



Εικόνα 2.4^β: Ηλεκτροκίνητο αυτοκίνητο κλάσης M1, BMW i3[36]

- Κλάση N: Κατηγορία ηλεκτρικών οχημάτων μεταφοράς αγαθών , με τέσσερις τροχούς .
Υποκατηγορίες :
 - N1: Οχήματα με βάρος φορτίου 3.5 Τόνους
 - N2: Οχήματα με βάρος φορτίου να κυμαίνετε μεταξύ 3.5 και 12 Τόνους
 - N3: Οχήματα με βάρος φορτίου άνω 12 Τόνων



Εικόνα 2.4γ: Ηλεκτροκίνητα οχήματα μεταφοράς τροφίμων, Smith Electric [37]

2.5 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

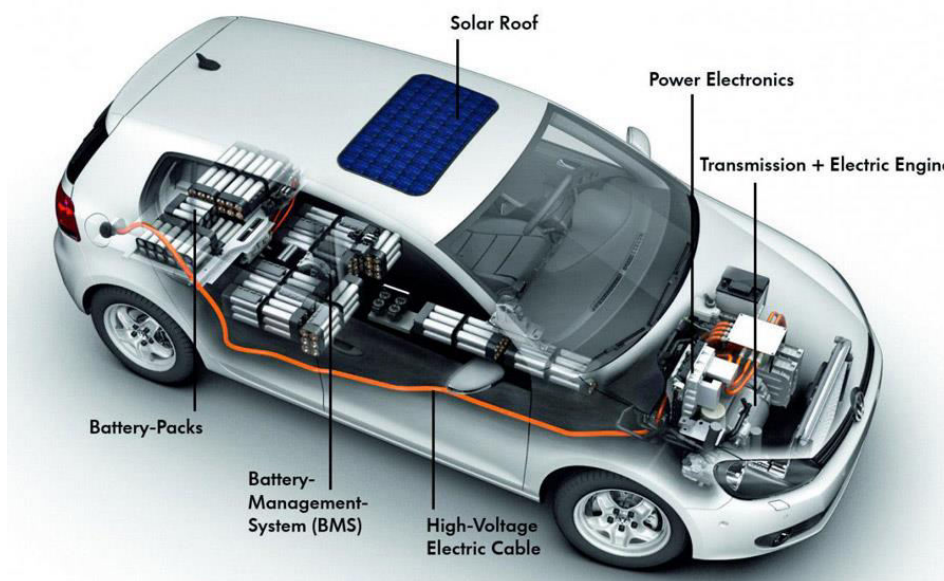
Η σύγκριση των ηλεκτροκίνητων και συμβατικών οχημάτων, που χρησιμοποιούν κινητήρες εσωτερικής καύσης, μπορεί να προβάλλει τις σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, αλλά και τα κοινά χαρακτηριστικά τους με πρώτο παράδειγμα την εξωτερική μορφή τους, δεδομένου ότι μέχρι στιγμής οι εταιρίες κατασκευής οχημάτων προωθούν τα ηλεκτροκίνητα οχήματα ως πανομοιότυπα των συμβατικών οχημάτων. Η εμπορική αυτή τακτική, δίνει στον μελλοντικό αγοραστή την οικία αίσθηση του οχήματος που έχει, σε σχέση με τα προηγούμενα μοντέλα συμβατικών οχημάτων, βελτιώνοντας έτσι τη σχέση κατασκευαστή – αγοραστή και την ίδια προοπτική αγοράς ενός ηλεκτροκίνητου οχήματος έναντι κάποιου συμβατικού. Η εξωτερική ομοιότητα όμως δεν έχει καμία σχέση με τη “καρδιά” του ηλεκτροκίνητου οχήματος.

Ένα ηλεκτροκίνητο όχημα δεν χρησιμοποιεί πολλά κινούμενα μέρη και υποχρεωτικά εξαρτήματα για την ώθηση του, έτσι λοιπόν έχουμε την αποδέσμευση του επιπλέον βάρους του κιβώτιου ταχυτήτων και διαφορικού, τοποθετώντας έτσι ηλεκτροκινητήρες σε κάθε τροχό και δέσμευση του χώρου για επιπλέον συσσωρευτές που προσθέτουν στην απόδοση του οχήματος.

Με τις περισσότερες μηχανικές συνδέσεις πλέον να γίνονται από καλώδια, έχουμε τη δυνατότητα αποφυγής μηχανικών ήχων και θορύβων που υπήρχαν με τη χρήση του κινητήρα εσωτερικής καύσης, όπως της εξάτμισης, που παρά τον σημαντικό ρόλο που κατείχε στην συγκράτηση βλαβερών ουσιών για το περιβάλλον, ο ήχος της έγινε σημείο ενδιαφέροντος για πολλούς λάτρεις του μηχανοκίνητου αθλητισμού, τροποποιώντας τον αρχικό λόγο παραγωγής της και μετατρέποντας την σε πηγή ηχορύπανσης του περιβάλλοντος.

Ένα ακόμα βασικό πλεονέκτημα της απουσίας μηχανοκίνητων σημείων στο ηλεκτροκίνητο όχημα, είναι και η συντήρηση που έπρεπε να παρέχουμε για τη σωστή λειτουργίας τους, οικονομικός λόγος που ενεργούσε αρνητικά στην αγορά οχήματος μεταφοράς, ταυτόχρονα με την απόλυτη συσχέτιση τιμή καυσίμου στην παγκόσμια οικονομική αγορά.

Οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές , που παρά τον όγκο τους που συγκρίνεται με τον όγκο του κινητήρα εσωτερικής καύσης, μας δίνουν τη δυνατότητα ελαστικής τοποθέτησης τους στο αμάξωμα του οχήματος, γεγονός που βοηθάει όχι μόνο στη δημιουργία οχημάτων με καλύτερες οδικές συμπεριφορές , λόγο του χαμηλού κέντρου βάρους από τη τοποθέτηση των μπαταριών στο κέντρο του αμαξώματος, αλλά και στη προοπτική δημιουργίας νέων οχημάτων μικρού όγκου για τις αστικές μετακινήσεις , καθώς η χρήση του χώρου του οχήματος που βρισκόταν ο κινητήρας εσωτερικής καύσης για τοποθέτηση συσσωρευτών είναι πλέον περιττός , σε σχέση με τα όρια που θέτουμε για την αυτονομία των ηλεκτροκίνητων οχημάτων στη καθημερινή μας χρήση. Με αυτών των τρόπο είναι πλέον δυνατή η μείωση κυκλοφοριακής συμφόρησης και η εύρεση θέσης στάθμευσης , ένας βασικός λόγος επιπλέον μετακινήσεων και ψυχοφθόρας τριβής των οδηγών, καλείτε πλέον να εξαλειφτεί. Η επιπλέον τοποθέτηση τεχνολογιών αυτοφόρτισης των συσσωρευτών, όπως αναγεννητική πέδηση (regenerative braking), και το σύστημα μηδενικής κατανάλωσης κατά τη στάση του οχήματος (Start-Stop System), προσδίδουν θετικά στην αυτονομία του οχήματος .



Εικόνα 2.5^α: Το E-Golf της εταιρίας VW, παράδειγμα τοποθέτησης συσσωρευτών σε μηχανικά μέρη συμβατικών οχημάτων [41]

Ένα ακόμα σημείο θαυμασμού, προς τα ηλεκτροκίνητα οχήματα από τους καταναλωτές, είναι και τα οδικά χαρακτηριστικά που έχουν καταρρίψει, λόγο της σταθερής ροπής και των υψηλών στροφών λειτουργίας των ηλεκτρικών κινητήρων τους, από την ακινησία μέχρι των μέγιστο βαθμό στροφών, καταγράφοντας σε πολλές περιπτώσεις αποδόσεις μεγαλύτερες των συμβατικών οχημάτων. Αποδόσεις που σχετίζονται συνήθως με την επιτάχυνση του οχήματος , την μέγιστη

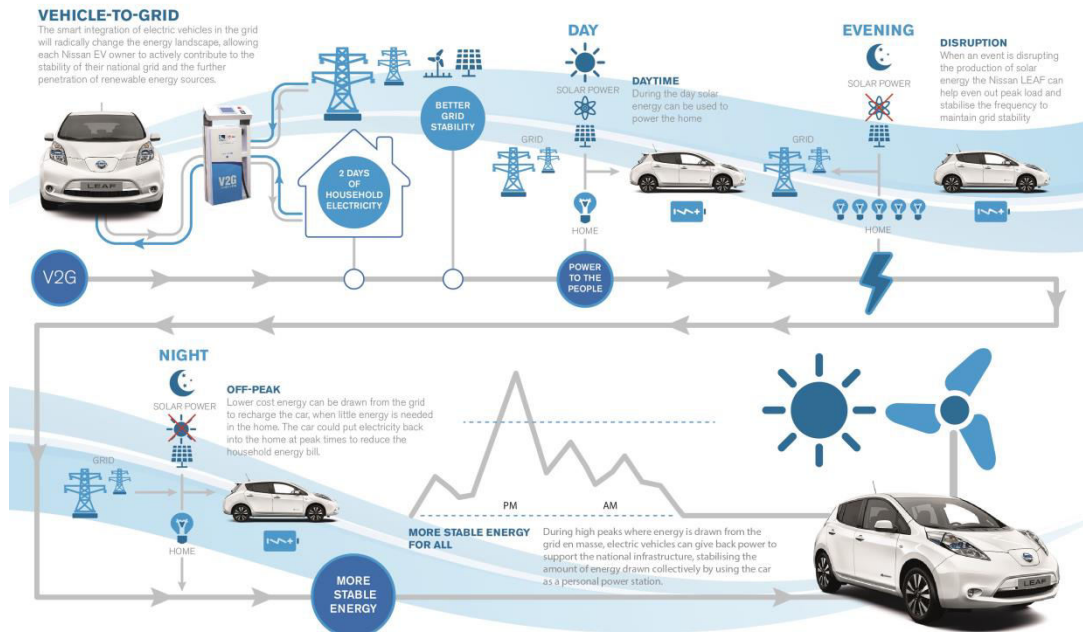
ταχύτητα του και την απόσταση του διανύει με μία μόνο τροφοδότηση του οχήματος, με ηλεκτροκίνητα οχήματα να κατέχουν τις πρώτες θέσεις τέτοιων αποδόσεων, όπως το Tesla Roadster (Εικόνα 2.4β) της ομώνυμης εταιρίας, καταγράφοντας επιτάχυνση 0-100 Km/h σε 2.1 δευτερόλεπτα, μέγιστη ταχύτητα 410 Km/h και δυνατότητα αυτονομίας 800 Km(υπό συνθήκες).[38]



Εικόνα 2.5β: Το ηλεκτροκίνητο υπεραικίνητο Tesla Roadster [38]

Δε θα μπορούσαμε να παραβλέψουμε και τη συμμετοχή της ηλεκτροκίνησης στο παγκόσμιο περιβάλλον, όχι μόνο ως άμεση λύση με τη παραγωγή μηδενικών ατμοσφαιρικών ρύπων και τη μείωση εκπομπών CO₂, αλλά και την έμμεση συσχέτιση τους στην παγκόσμια παραγωγή και χρήση Α.Π.Ε. και την απεξάρτηση του τομέα μεταφορών από τη χρήση ορυκτών καυσίμων και των σχετικών επιπτώσεων τους. Λόγοι που έχουν δώσει και την υποστήριξη των κυβερνήσεων των κρατών να προχωρούν σε αλλαγές υπέρ της ηλεκτροκίνησης και των χρηστών ηλεκτροκίνητων οχημάτων, με μέτρα όπως οικονομικές επιδοτήσεις και μηδενικά τέλη κυκλοφορίας, που πλέον έχουν την απόλυτη συσχέτιση τους με τους ρύπους των συμβατικών οχημάτων μεταφοράς.

Τα ηλεκτροκίνητα οχήματα παρέχουν επιπλέον τη δυνατότητα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας στο κοινωνικό δίκτυο, μέσα από ένα έξυπνο σύστημα επικοινωνίας (Vehicle to Grid – V2G), όπου με βάση ενός ισοζυγίου ζήτησης και παροχής ηλεκτρικής ισχύος από το δίκτυο, το ηλεκτρικό όχημα μπορεί να φορτίζει ή να εκφορτίζει, παρέχοντας την απαραίτητη ισχύ σε μία πιθανή άνοδο της ζήτησης αυτής από τους καταναλωτές. Λαμβάνοντας έτσι ο κάτοχος του εκάστοτε ηλεκτρικού οχήματος τη δυνατότητα χρηματικής καταβολής ή και περεταίρω οικονομικών ελαφρύνσεων (Εικόνα 2.5γ).[39]



Εικόνα 2.5γ: Εικονική αναπαράσταση αλληλεπίδρασης V2G συστήματος [40]

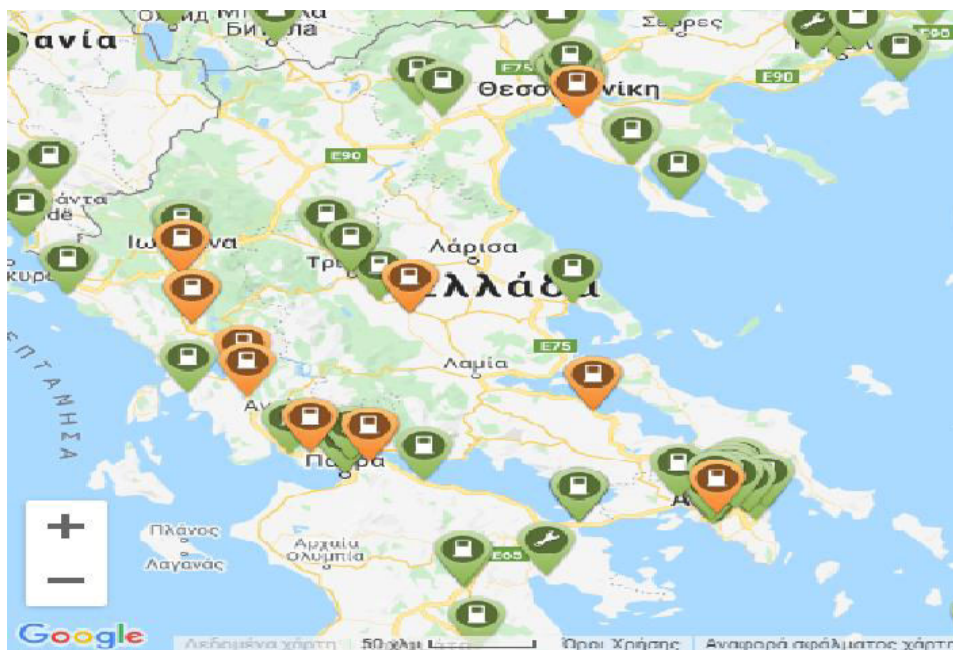
Σημαντικά και τα μειονεκτήματα των ηλεκτρικών οχημάτων που πρέπει να συμπεριληφθούν, όπως είναι ο περιοριστικός χρόνος ζωής των συσσωρευτών του οχήματος, που κυμαίνεται μεταξύ 8-10 χρόνων ανάλογα με τον τύπο του ηλεκτρικού οχήματος και της χρήσης του, και το κόστος αλλαγής τους που μέχρι τώρα είναι σημαντικά υψηλός.

Ο μικρός αριθμός σταθμών φόρτισης, που υπάρχουν σε πολλές χώρες μέχρι στιγμής, και με συνδυασμό των περιορισμό της αυτονομίας του ηλεκτρικού οχήματος, παρόλο την αλματώδη αλλαγή του, έχουν θέση ένα κλήμα αβεβαιότητας και αρνητικότητας. Μεγάλος λόγος δίνεται και στο «άγχος της αυτονομίας» (Range Anxiety), που ο όρος αυτός αναφέρεται στο άγχος του οδηγού για την αυτονομία του οχήματος του ώστε τα καύσιμα ή η ενέργεια του να μην επαρκούν για την ολοκλήρωση της διαδρομής που θα διανύσει. [42] Ωστόσο νέες τεχνολογίες ταχείας φόρτισης, που μειώνουν τον χρόνο φόρτισης στο 80% της αρχικής χρονικής δέσμευσης, από 5-8 ώρες σε φόρτιση 30 λεπτών, και νέα αποτελέσματα οδικής αυτονομίας, ύψους 250 Km, τείνουν να εξαλείψουν τα τελευταία εμπόδια της ηλεκτροκίνησης.

Όμως τα υψηλά κόστη κατασκευής και η χαμηλή ζήτηση της αγοράς της ηλεκτροκίνησης, κοστολογούν το ηλεκτρικό όχημα σε μία θέση που η πλειοψηφία του καταναλωτικού κοινού δεν μπορεί να ανταπεξέλθει, παρόλο όλα τα πλεονεκτήματα που παρατέθηκαν και τοποθετούν το ηλεκτροκίνητο όχημα ως αριθμό 1# πιο αποτελεσματικό τρόπο αλλαγής της ανθρώπινης στάσης ζωής ως προς το περιβάλλον. [43][44]

2.6 Η ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΗΜΕΡΑ

Μπορεί το έτος 2020 να θεωρείτε ορόσημο για την ηλεκτροκίνηση στην Ευρώπη και ειδικότερα για την χώρα μας, η οποία είχε τη πιο μεγάλη αύξηση πωλήσεων ηλεκτρικών και αμιγώς ηλεκτρικών αυτοκινήτων, με ποσοστά 216,7% και 419,4% αντίστοιχα με σχέση το προηγούμενο έτος , αλλά η συσχέτιση με τον αριθμό των συμβατικών αυτοκινήτων που πουλήθηκαν είναι «ανεμικό» μερίδιο του 0,4% της αγοράς. Με περίπου 1250 ηλεκτρικά οχήματα να κυκλοφορούν στην Ελλάδα και με λιγότερους από 200 σταθμούς φόρτισης σε όλη τη χώρα(Εικόνα2.5)και την πλειοψηφία να προέρχεται από ιδιωτικές πρωτοβουλίες, μπορούμε να συμπεράνουμε τον τομέα που πρέπει να εστιάσουμε τη προσοχή μας, σύμφωνα με στόχους που έχουν τεθεί μέχρι το 2030 στην Ε.Ε. τα ηλεκτροκίνητα οχήματα να καταλαμβάνουν το 25% των οχημάτων μετακίνησης.



Εικόνα 2.6 : Χάρτης σταθμών φόρτισης στην ηπειρωτική Ελλάδα[45]

Το ευρύτερο πλάνο ως το 2021 προβλέπει ότι στην Ελλάδα θα υπάρχουν πάνω από 6.000 σημεία φόρτισης σύμφωνα με τα σχέδια που κατατέθηκαν από τον Διαχειριστή του Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ), με στόχο την περαιτέρω ενθάρρυνση του υποψήφιου αγοραστή ενός ηλεκτροκίνητου οχήματος.[46][47]

Βλέπουμε λοιπόν την ηλεκτροκίνηση να έχει μπει στη ζωή μας και στην μελλοντική μας καθημερινότητα, ακολουθώντας μια ανοδική πορεία , παρά το νηπιακό στάδιο που βρισκόμαστε ακόμα. Απομένουν λίγες ακόμα αλλαγές και κίνητρα για να καταφέρει η χώρα μας να σταθεί στις Ευρωπαϊκές υποχρεώσεις και να συνδράμει με τη σειρά της στη παγκόσμια κινητοποίηση για το περιβάλλον.

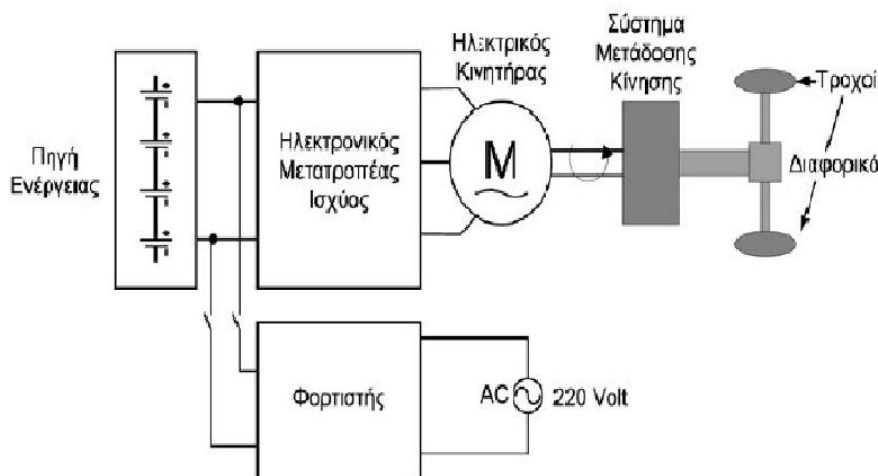
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ

3.1 Εισαγωγή

Στα ηλεκτροκίνητα οχήματα μπορούμε να συναντήσουμε διαφορετικές παραλλαγές των τεχνικών χαρακτηριστικών που τα αποτελούν, δεδομένων των κατηγοριών που τα κατατάσσουμε και τα κριτήρια που θέτουμε, είτε αυτά αφορούν την ηλεκτρική πηγή τροφοδότησης και κίνησης, είτε σε σχέση την εκπομπή ή μη ατμοσφαιρικών ρύπων από τη λειτουργία του οχήματος.

Κοινό χαρακτηριστικό όλων των κατηγοριών είναι η χρήση ηλεκτρικών κινητήρων για τη προώθηση του οχήματος, βάση που μας δίνει ένα γενικό διάγραμμα της δομής που αποτελείτε ένα ηλεκτρικό όχημα (Εικόνα 3), τα οποία είναι: [48]

- I. Μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας : Βασικό τμήμα του ηλεκτρικού οχήματος, υπεύθυνο για την αποθήκευση αλλά και τη τροφοδότηση του συστήματος με ηλεκτρική ενέργεια. Για την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας έχουμε τη χρήση ηλεκτροχημικών συσσωρευτών, υπερπυκνωτών και κυψέλες καυσίμου. Σημαντικό επιμέρους τεχνικό μέρος είναι και ο τεχνικός μετατροπέας εναλλασσόμενης-συνεχούς τάσης (inverter), υπεύθυνο για την φόρτιση της μονάδας αποθήκευσης.
- II. Ηλεκτρικός Μετατροπέας Ισχύος : Τμήμα για τη μετατροπή της τάσεως της πηγής του οχήματος και της σωστής τροφοδότησης του ηλεκτρικού κινητήρα. Επιμέρους ελεγκτής σωστής λειτουργίας του οχήματος, με βάση ελέγχου της ροπής και της ταχύτητας του κινητήρα.
- III. Ηλεκτρικός Κινητήρας : Υπεύθυνο τμήμα για την ώθηση του οχήματος, μετατρέποντας την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική ενέργεια κίνησης.
- IV. Σύστημα Μετάδοσης Κίνησης : Είναι το μηχανολογικό τμήμα του οχήματος, με άμεση επαφή με τον ηλεκτρικό κινητήρα, υπεύθυνο για τη μετάδοση κίνησης των τροχών, προσαρμόζοντας τη κατάλληλη ροπή και ταχύτητα στο διαφορικό του οχήματος.



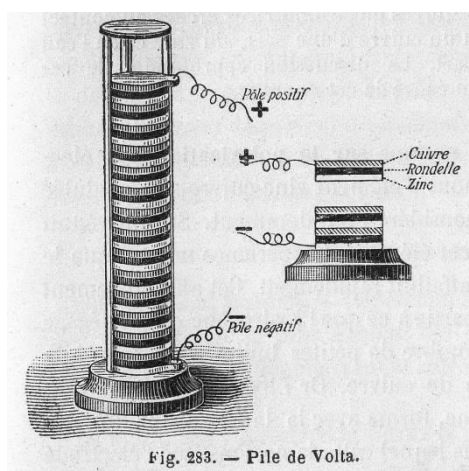
Εικόνα 3.1 : Γενικό διάγραμμα ηλεκτροκίνητου οχήματος [49]

3.2 ΜΟΝΑΔΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Ο ηλεκτρικός συσσωρευτής (μπαταρία) είναι μια συσκευή που αποτελείται από ένα ή περισσότερα ηλεκτροχημικά στοιχεία με εξωτερικές συνδέσεις, ικανή για την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας (με τη μετατροπή της σε χημική ενέργεια) και την επιπρόσθετη δυνατότητα χρήσης της ως πηγή τροφοδοσίας ηλεκτρικών συσκευών, την πιο διαδεδομένη πηγή ενέργειας σήμερα για πολλές οικιακές και βιομηχανικές εφαρμογές.

Η μπαταρία αποτελείται από ηλεκτρικά στοιχεία, κατάλληλα συνδεδεμένα μεταξύ τους, τα οποία ονομάζουμε κελιά (Cells) ή και σε πολλές περιπτώσεις και 'στοιχεία' . Στο κάθε κελί είναι τοποθετημένο ένα θετικό και ένα αρνητικό ηλεκτρόδιο, καθώς και από τον ηλεκτρολύτη που βρίσκεται ανάμεσα τους, που το συναντάμε σε διάφορες μορφές στοιχείων (υγρή, στερεή, αέρια κατάσταση). Στη περίπτωση που μία μπαταρία είναι συνδεδεμένη με ένα εξωτερικό ηλεκτρικό φορτίο, η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας πραγματοποιείται από τη χημική αντίδραση μεταξύ ηλεκτροδίων και ηλεκτρολύτη, που μετατρέπει τα αντιδραστήρια υψηλής ενέργειας σε προϊόντα χαμηλής ενέργειας και η διαφορά ελεύθερης ενέργειας παραδίδεται στο εξωτερικό κύκλωμα ως ηλεκτρική ενέργεια. [50]

Ο όρος "μπαταρία" χρησιμοποιήθηκε πρώτα από τον Benjamin Franklin το 1748, ο οποίος δανείστηκε τον όρο "μπαταρία" από τον στρατό (όπλα που λειτουργούν από κοινού), για να περιγράψει μια ομάδα ηλεκτρικών συσκευών. Έτσι δημιουργείται από τον Ιταλός φυσικό Alessandro Volta η πρώτη ηλεκτροχημική μπαταρία, το "βολταϊκό σωρό" , το 1800, μια στοίβα από πλάκες χαλκού και ψευδαργύρου, που χωρίζονται από δίσκους χαρτιού άλμη-εμποτισμένο, που θα μπορούσε να παράγει σταθερό ρεύμα για ένα σημαντικό χρονικό διάστημα. Αν και οι πρώτες μπαταρίες είχαν μεγάλη αξία για πειραματικούς σκοπούς, η κυψέλη Daniell , που εφευρέθηκε το 1836 από το βρετανικό χημικό John Frederic Daniell , ήταν η πρώτη πρακτική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας , καθιστώντας το βιομηχανικό πρότυπο και θεωρώντας τη γενικευμένη υιοθεσία ως πηγή ηλεκτρικού ρεύματος. [51]



Εικόνα 3.2α : Ο βολταϊκός σωρός του Alessandro Volta [52]

Για να περιγράψουμε τον τρόπο λειτουργίας του κάθε συσσωρευτή, χρησιμοποιούμε κάποια χαρακτηριστικά των στοιχείων που τον αποτελούν, όπως η ενεργειακή του πυκνότητα ανά μονάδα βάρους (Wh/kg)¹ ή ανά μονάδα όγκου (Wh/L)², η πυκνότητα ισχύος (W/kg)³, ο αριθμός των κύκλων φόρτισης και εκφόρτισης, ο ρυθμός φόρτισης και εκφόρτισης⁴, η μέγιστη επιτρεπόμενη εκφόρτιση⁵ και άλλα. Στην εικόνα 3.2β παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά που θα πρέπει να έχει ένας συσσωρευτής για την χρήση του σε ηλεκτροκίνητο όχημα, βασισμένα στην προϋπόθεση του Συμβουλίου Έρευνας Οχημάτων των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής (USCAR- UNITED STATES COUNCIL FOR AUTOMOTIVE RESEARCH LLC)

1. Ενεργειακή πυκνότητα ανά μονάδα βάρους (Wh/kg): Δηλώνει της ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας, που μπορεί να αποθηκευτεί ανά μονάδα βάρους του συσσωρευτή
2. Ενεργειακή πυκνότητα όγκου (Wh/L): Εκφράζει το συνολικό ηλεκτρικό φορτίο που αποθηκεύεται σε έναν συσσωρευτή, σε συγκεκριμένη περίοδο φόρτισης/εκφόρτισης του.
3. Πυκνότητα ισχύος (W/kg): Είναι η ροή ισχύος ανά μονάδα μάζας ενός συσσωρευτή, δείκτης της μέγιστης ισχύς που προσφέρει σε μία ηλεκτρική συσκευή.
4. Ποσότητα ενέργειας: Υποδηλώνει τη παροχή συνεχούς ρεύματος του συσσωρευτή, σε καθορισμένο χρόνο λειτουργίας της ηλεκτρικής συσκευής. Η μονάδα μέτρησης του είναι τα αμπερώρια (Ah).
5. Βαθμός απόδοσης: Είναι ο βαθμός απόδοσης σε έναν κύκλο φόρτισης/εκφόρτισης , και περιγράφεται ως ο λόγος της χημικής ενέργειας προς ηλεκτρική ενέργεια που προσδίδει.[53*]



USABC Goals for ADVANCED HIGH-PERFORMANCE BATTERIES FOR ELECTRIC VEHICLE (EV) APPLICATIONS

End of Life Characteristics at 30°C	Units	System Level	Cell Level
Peak Discharge Power Density, 30 s Pulse	W/L	1000	1500
Peak Specific Discharge Power , 30 s Pulse	W/kg	470	700
Peak Specific Regen Power , 10 s Pulse	W/kg	200	300
Useable Energy Density @ C/3 Discharge Rate	Wh/L	500	750
Useable Specific Energy @ C/3 Discharge Rate	Wh/kg	235	350
Useable Energy @ C/3 Discharge Rate	kWh	45	N/A
Calendar Life	Years	15	15
DST Cycle Life	Cycles	1000	1000
Cost @ 100K units	\$/kWh	125	100
Operating Environment	°C	-30 to +52	-30 to +52
Normal Recharge Time	Hours	< 7 Hours, J1772	< 7 Hours, J1772
High Rate Charge	Minutes	80% ΔSOC in 15 min	80% ΔSOC in 15 min
Maximum Operating Voltage	V	420	N/A
Minimum Operating Voltage	V	220	N/A
Peak Current, 30 s	A	400	400
Unassisted Operating at Low Temperature	%	> 70% Useable Energy @ C/3 Discharge rate at -20 °C	> 70% Useable Energy @ C/3 Discharge rate at -20 °C
Survival Temperature Range, 24 Hr	°C	-40 to+ 66	-40 to+ 66
Maximum Self-discharge	%/month	< 1	< 1

Εικόνα 3.2β : Προδιαγραφές συσσωρευτών για τη χρήση σε ηλεκτροκίνητο όχημα, USABC[54]

Η πειραματική εξέλιξη αυτού του αποθηκευτικού μέσου είναι διαρκής, καθώς η χρήση συσσωρευτών είναι πολύ διαδεδομένη στα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα, χωρίς ιδιαίτερη εξέλιξη εδώ και πολλά χρόνια των χαρακτηριστικών τους. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια, η αυξανόμενη ζήτηση αποθήκευσης ενέργειας έχει ωθήσει στην εξέλιξη τους και στη δημιουργία νέων ειδών για να επιτευχθεί η ικανοποιητικότερη δυνατή εφαρμογή της στα μέσα μεταφοράς.

Οι συστοιχίες των συσσωρευτών, που προορίζονται για την εφαρμογή τους σε ένα ηλεκτροκίνητο όχημα, θα πρέπει να πληρούν κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά για τη διασφάλιση σωστής λειτουργίας του συστήματος, τη διάρκεια ζωής του, την αυτονομία του και τον μέγιστο βαθμό ασφάλειας των επιβατών του. Δεδομένου επίσης και τη σημερινή μορφή των ηλεκτροκίνητων οχημάτων, των παροχών του και του περιβαλλοντικού τους αντίκτυπου, τα χαρακτηριστικά αυτά πρέπει να παραθέτουν τις παρακάτω προδιαγραφές: [55]

- Υψηλή πυκνότητα ενέργειας και ισχύος εξόδου
- Μεγάλη διάρκεια ζωής με ταυτόχρονη υψηλή απόδοση φόρτισης – εκφόρτισης.
- Μεγάλο εύρος λειτουργίας μεταξύ χαμηλών και υψηλών θερμοκρασιών, που καλούνται να αντιμετωπίσουν όλα τα οχήματα μετακίνησης.
- Πολύ χαμηλό ρυθμό αυτοεκφόρτισης, με τη καλύτερη δυνατή χαρακτηριστική ηλεκτρικού φορτίου, χρησιμοποιώντας τη πιο χαμηλή εσωτερική αντίσταση.
- Απουσία φαινομένων «μνήμης», όπου επιδρά στην απόδοση της μπαταρίας μέσω των προηγούμενων φορτίσεων – εκφορτίσεων που έχουν διεξαχθεί.
- Τη πιο γρήγορη δυνατή φόρτιση του συσσωρευτή, με τη καλύτερη αξιοπιστία
- Μεγάλο βαθμό απόδοσης, στο πιο χαμηλό κόστος
- Τέλος πρέπει να είναι δίνεται η δυνατότητα ανακύκλωσης του συσσωρευτή, για την επαναληπτική αξιοποίηση του και την αποφυγή απελευθέρωσης τοξικών ουσιών στο περιβάλλον.

Στον παρακάτω πίνακα (Εικόνα 3.2γ) παρουσιάζεται μία σύγκριση των κυριότερων τεχνολογιών συσσωρευτών που χρησιμοποιούνται στην ηλεκτρική αυτοβιομηχανία και που θα αναλυθούν στην συνέχεια.

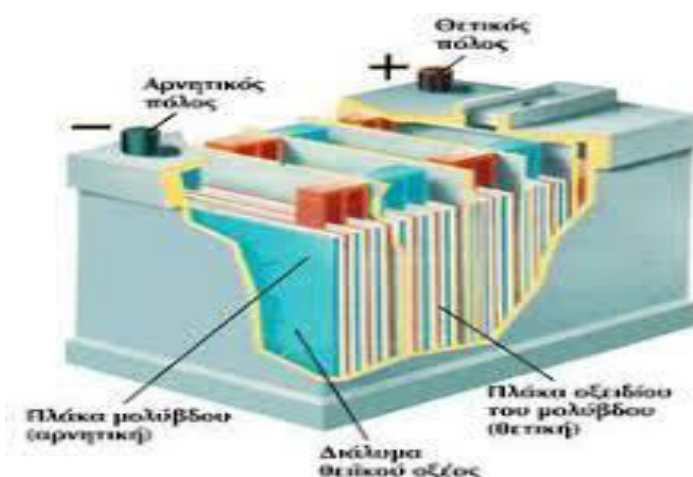
General parameters of the Electric Battery component.

Name	Value for Battery Type				Unit
	Li-Ion	Na-NiCl ₂	Ni-MH	Li-S	
Maximum Charge	75	84	85	80	Ah
Nominal Voltage	323	289	288	305	V
Stored Energy	24.2	24.2	24.2	24.2	kWh
Maximum Voltage / Minimum Voltage	339 / 308	275 / 304	274 / 302	290 / 320	V
Initial Charge	100	100	100	100	%
Number of Cells per Cell-Row	12	12	20	26	-
Number of Cell-Row	17	30	20	1	-
Internal Resistance charge/discharge	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	Ω
Operating Temperature	33	270	36	30	°C
Specific Heat Transition	0.4	6	0.4	0.08	W/K
Specific Heat Capacity	795	950	677	1650	J/kg*K
Mass of Battery	318	457	534	173	kg
Battery Price	300	500	400	250	€

Εικόνα 3.2γ : Σύγκριση τεχνολογιών συσσωρευτών ηλεκτροκίνητων οχημάτων [56]

3.2.1 Συσσωρευτές Μολύβδου – Οξέος (Lead-Acid, Pb-PbO₂)

Οι συσσωρευτές Μολύβδου – Οξέος ήταν η πρώτη επαναφορτιζόμενη μπαταρία που έχει εφευρεθεί το 1859. Στα 160 χρόνια ανάπτυξης έχει χρησιμοποιηθεί σε αμέτρητες εφαρμογές με κύρια χρήση την εκκίνηση οχημάτων, εφεδρικής ενέργειας, τηλεπικοινωνίες και έλκυση (tractions). Έτσι έχουμε και την ύπαρξη των δύο γενικών κατηγοριών συσσωρευτών Μολύβδου-Οξέος, ανάλογα με τον τύπο της χρήσης τους ταξινομούνται σε μπαταρίες εκκίνησης και μπαταρίες βαθιάς εκφόρτισης. Οι «κλασικοί» συσσωρευτές Μολύβδου – Οξέος με ηλεκτρολύτη σε στερεά μορφή gel, μέχρι και τις αρχές της δεκαετίας του '90, ήταν η πρώτη επιλογή χρήσης λόγω του χαμηλού κόστους τους. Επιπλέον πλεονεκτήματα της χρήσης τους είναι η καλή απόδοση επαναφόρτισης, η καλή τους λειτουργία σε μεγάλο εύρος θερμοκρασίας (-40 έως +60 °C), διατίθενται σε ποικιλίες χωρητικότητας, μεγέθους και σχεδίου, είναι εύκολες σε κατασκευή, λόγος και της μαζικής τους παραγωγής, και είναι πάνω από όλα ένα ανακυκλώσιμο προϊόν. Η ιδιαιτερότητα όμως των συσσωρευτές Μολύβδου – Οξέος, και βασικό μειονέκτημα, είναι η κατάσταση εκφόρτισης τους που δε θα πρέπει να ξεπερνάει το 60% της χωρητικότητας του καθώς εμφανίζεται έτσι η δραστική μείωση της διάρκειας ζωής του συσσωρευτή. Επίσης, η χαμηλή ενεργειακή τους πυκνότητα (τυπικά 30 έως 40 Wh/Kg), σε σχέση με τη ζητούμενη ενεργειακή αυτονομία που ζητείτε πλέον σε ένα ηλεκτροκίνητο όχημα, θα πρόσθετε επιπλέον βάρος , με αποτέλεσμα την αύξηση της τελικής μάζας του οχήματος. Δεδομένου της σημερινής λειτουργίας ενός ηλεκτροκίνητου οχήματος, με την ταχεία φόρτιση και πλήρη εκφόρτιση των συσσωρευτών του, θεωρούμε τους συσσωρευτές Μολύβδου – Οξέος ως μη αποτελεσματικούς ως πηγή της ηλεκτροδότησης ενός ηλεκτροκίνητου οχήματος μεγάλων αποστάσεων. [57]



Εικόνα 3.2.1 : Συσσωρευτής Μολύβδου – Οξέος (διατομή)[58*]

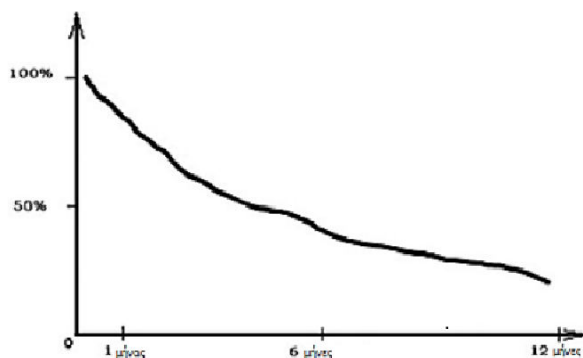
3.2.2 Συσσωρευτές Νικελίου – Καδμίου (Ni-Cd)

Οι συσσωρευτές Νικελίου – Καδμίου (Ni-Cd) είναι ο πιο σταθερός και αξιόπιστος τύπος μπαταρίας, λόγω των τεχνικών χαρακτηριστικών που την απαρτίζουν. Συγκεκριμένα, η μεγάλη διάρκεια ζωής του συσσωρευτή Νικελίου – Καδμίου, που μπορεί να ξεπεράσει τα 20 χρόνια, μαζί με την μεγάλη ενεργειακή πυκνότητα των 40-70 Wh/kg, είναι στοιχεία που τις διαφοροποιούν σε σχέση με άλλους συσσωρευτές, όπως τους συσσωρευτές Μολύβδου-Οξέος. Επίσης, η παρουσία μεγάλης αντοχής σε ηλεκτρικές και μηχανικές καταπονήσεις, το μηδενικό αντίκτυπο σε θερμοκρασιακές αλλαγές, με ζώνη λειτουργίας -50°C και $+70^{\circ}\text{C}$, και η δυνατότητα πλήρους αποφόρτισης και επαναφόρτισης σε σύντομο χρονικό διάστημα, προσδίδουν στα πλεονεκτήματα αυτού του τύπου συσσωρευτών.



Εικόνα 3.2.2^α : Συσσωρευτές Νικελίου – Καδμίου [59]

Όμως το ιδιαίτερο μειονέκτημα των συσσωρευτών Νικελίου – Καδμίου, εκτός του αυξημένου κόστους, είναι το κάδμιο, ένα μη-φιλικό προς το περιβάλλον στοιχείο και οι περισυλλογή των μπαταριών πρέπει να γίνεται με υπεύθυνο και εξειδικευμένο τρόπο. Επίσης σημαντικό είναι να αναφερθεί και το φαινόμενο της απώλειας του ηλεκτρικού φορτίου στους συσσωρευτές Νικελίου – Καδμίου (αυτοεκφόρτιση), όταν αυτή δεν χρησιμοποιείται, όπως φαίνεται και από το παρακάτω διάγραμμα (Εικόνα 3.2.2β)[60*]



Εικόνα 3.1.2β : Διάγραμμα καμπύλης αυτοεκφόρτισης (self-discharge) των συσσωρευτών Νικελίου - Καδμίου (Ni-Cd)

3.2.3 Συσσωρευτές Υδριδίου Νικελίου – Μετάλλου (Ni-MH)

Οι συσσωρευτές Υδριδίου Νικελίου-Μετάλλου (NiMH) είναι το αποτέλεσμα της τεχνολογικής αναζήτησης και εξέλιξης των συσσωρευτών Νικελίου - Καδμίου (Ni-Cd) ως τρόπο αποφυγής των τοξικών στοιχείων του Καδμίου. Οι μπαταρίες Υδριδίου Νικελίου-Μετάλλου αποδίδουν ακόμη μεγαλύτερη ενεργειακή πυκνότητα (50-80 Wh/kg), και στη διάρκεια της ζωής τους (εγγύηση 20 χρόνων από τον κατασκευαστή) μπορούν να πραγματοποιήσουν μέχρι και 3000 κύκλους πλήρης φόρτισης και εκφόρτισης, λόγοι που καθιστούν τις μπαταρίες αυτές πρώτες στην εφαρμογή τους σε ηλεκτροκίνητα οχήματα πολλών κατασκευαστών, όπως της HONDA και TOYOTA, με δυνατότητα καταγραφείς μέχρι και 180.000 Km στη διάρκεια της ζωής τους σε μοντέλα των εταιριών.

Ως βασικά μειονεκτήματα των συσσωρευτών Υδριδίου Νικελίου-Μετάλλου θεωρείται η θερμοκρασιακή ζώνη λειτουργία τους (-40°C και +60°C) που επηρεάζει την απόδοση και η αυξημένη θερμοκρασία των στοιχείων κατά τη φόρτιση τους, όμως δεν απέτρεψαν την επιτυχία των συσσωρευτών καταβάλλοντας αξιοσημείωτη αξιοπιστία και αντοχή στα υβριδικά αυτοκίνητα.

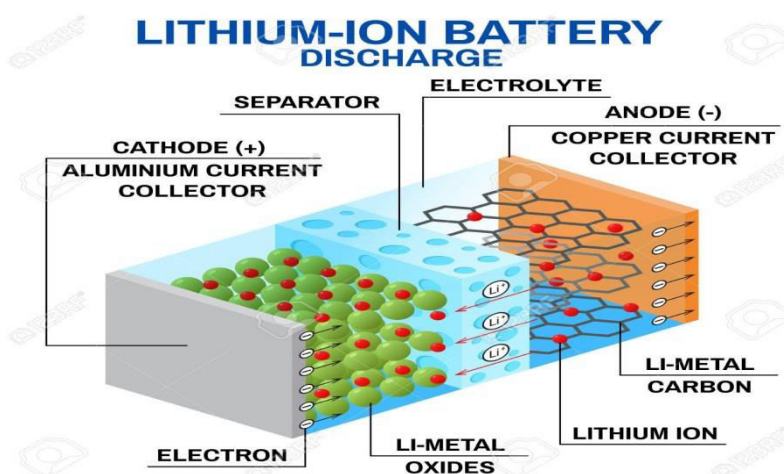
Μπορεί το κόστος τους να είναι μεν υψηλό, αλλά αισθητά χαμηλότερο από εκείνο των μπαταριών λιθίου, πρέπει όμως να σημειωθεί ότι τα υλικά κατασκευής των συσσωρευτών Υδριδίου Νικελίου – Μετάλλου δεν είναι τοξικά για το περιβάλλον, ενώ η ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση τους από τους ίδιους τους κατασκευαστές δίνουν μία καλύτερη «πράσινη» εικόνα στους καταναλωτές.[61*]



Εικόνα 3.2.3: Συσσωρευτές Νικελίου – Μετάλλου Υδριδίου (Ni-MH) του μοντέλου Toyota Prius[62]

3.2.4 Συσσωρευτές Ιόντων – Λιθίου (Li-Ion)

Οι συσσωρευτές Ιόντων – Λιθίου (Li-Ion) κερδίζουν τα τελευταία χρόνια μεγάλο μερίδιο στην χρήση τους ως ηλεκτρική πηγή στα ηλεκτροκίνητα οχήματα, γνωστές και από άλλες εφαρμογές τους εκτός ηλεκτροκίνησης. Το Λίθιο σαν μέταλλο παρέχει υψηλή τάση και αγωγιμότητα στα σημεία ανόδου της μπαταρίας, μεγάλη ηλεκτροχημική ισοδυναμία και μικρό λόγο όγκου προς βάρος στον συσσωρευτή. Από τις αρχές του 1970, όπου πρωτοεμφανίστηκαν αυτού του είδους οι συσσωρευτές, είχαμε σημαντικές αλλαγές ως προς την ασφάλεια του συσσωρευτή, λόγο της τάσης να εκρήγνυται σε μεγάλες θερμοκρασίες, της τοξικότητας των υλικών και την καλύτερη τοποθέτηση υλικών των στοιχείων, για την ανάπτυξη του χαμηλού έως τότε κύκλου ζωής του, που αντιστοιχούσε σε μερικές εκατοντάδες φορτίσεις-εκφορτίσεις.



Εικόνα 3.2.4^α: Απεικόνιση συμπεριφοράς ιόντων στους συσσωρευτές Ιόντων –Λιθίου [63]

Έκτοτε, οι συσσωρευτές Ιόντων – Λιθίου (Li-Ion), κατασκευάστηκαν με διάφορα υλικά για την κάθοδο και τον ηλεκτρολύτη, και με βάση το υλικό κατασκευής της ανόδου, μπορούμε να τις χωρίσουμε σε τέσσερις μεγάλες ομάδες :

1. Λιθίου – Οξειδίου Κοβαλτίου (LiCoO_2): επικρατέστεροι συσσωρευτές στο καταναλωτικό κοινό, κυρίως για χρήση στις φορητές ηλεκτρικές συσκευές (κινητά τηλέφωνα), με μέτριο κύκλο ζωής, όμως με μεγάλη ενεργειακή πυκνότητα. Το στοιχείο της θερμικής αστάθειας όμως παραμένει, με φαινόμενα έκρηξης τηλεφώνων που έχουν παρατηρηθεί ανά καιρούς τα τελευταία χρόνια
2. Λιθίου – Οξειδίου Μαγγανίου : παρέχουν καλύτερη θερμική σταθερότητα, αλλά η ενεργειακή τους απόδοση μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας, λόγος που δε τις καθιστούν αποδοτικές για χρήση σε εφαρμογές όπως η ηλεκτροκίνηση.
3. Τριών στοιχείων (LiNiMnCo ή NMC ή NCM): έχουν μεγάλη ενεργειακή πυκνότητα, αλλά η απόδοσή τους πέφτει σε θερμοκρασίες κοντά στα άκρα των θερμοκρασιών λειτουργίας τους ($+70^\circ\text{C}$ έως -40°C).

4. Λιθίου – φωσφορικού σιδήρου (LiFePO_4) : Οι μπαταρίες λιθίου-σιδήρου-φωσφορικού άλατος είναι πιο ανθεκτικές στις απαγωγές και είναι λιγότερο επιρρεπείς στη "γήρανση" από άλλα συστήματα ιόντων λιθίου. Τα LFP είναι επίσης πιο ανθεκτικά στην υπερφόρτιση, αλλά όπως και με άλλες μπαταρίες ιόντων λιθίου, η υπερβολική φόρτιση μπορεί να προκαλέσει ζημιά. Έχουν μικρή ενεργειακή πυκνότητα (90 – 110 Wh/kg), αλλά υπερέχουν σημαντικά στην ασφάλεια, στον κύκλο ζωής τους (10 χρόνια κατασκευαστική εγγύηση) και η οικονομική τους τιμή, εκφράζουν και αυξημένη ζήτηση τους.[64*]



Εικόνα 3.2.4β: Συστοιχία συσσωρευτών λιθίου – ιόντων από Land Rover[65]

3.2.5 Συσσωρευτές Χλωριδίου – Μεταλλικού Νατρίου (Sodium Metal Chloride – «Zebra»)

Οι συσσωρευτές Χλωριδίου – Μεταλλικού Νατρίου (NaNiCl_2), γνωστές και ως «Zebra», θεωρούνται από τις πιο αναπτυσσόμενες μπαταρίες σήμερα, δεδομένου ότι βρίσκονται ακόμα στα πρώτα στάδια της ένταξής τους στην αγορά των συσσωρευτών, τα τεχνολογικά τους χαρακτηριστικά παρέχουν τα πλεονεκτήματα που ζητούνται στην ηλεκτροκίνηση του σήμερα. Με ενεργειακή πυκνότητα 180-200 Wh/kg, θερμοκρασιακό εύρος -70°C και $+270^\circ\text{C}$, και κύκλο ζωής άνω των 1000 κύκλων φόρτισης-εκφόρτισης, είναι τα βασικά χαρακτηριστικά που παρέχουν στις μπαταρίες «Zebra» την δυνατότητα εφαρμογής τους σε υβριδικά τύπου ηλεκτροκίνητα και τη δυνατότητα αυτόνομης λειτουργίας τους, ύψους 120 Km και βάθος εκφόρτισης 80%. Το μέλλον των συσσωρευτές Χλωριδίου – Μεταλλικού Νατρίου («Zebra»), είναι πραγματικά υποσχόμενο.[66*]



Εικόνα 3.2.5 : Συσσωρευτής Χλωριδίου – Μεταλλικού Νατρίου (Sodium Metal Chloride – «Zebra»)[67]

3.2.6 Συσσωρευτές Νικελίου–Ψευδαργύρου (Nickel Zinc, NiZn)

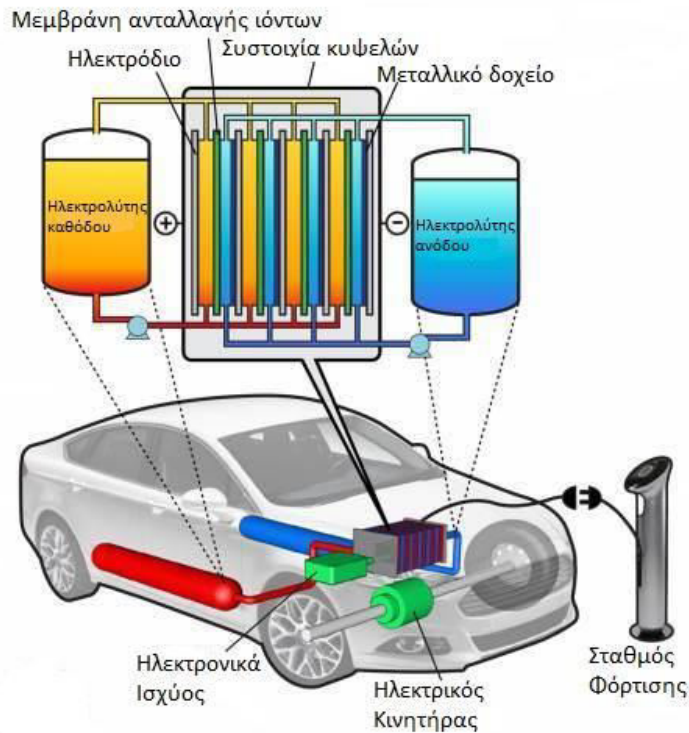
Οι συσσωρευτές Νικελίου–Ψευδαργύρου (Nickel Zinc, NiZn) βρίσκονται ακόμα σε στάδιο ανάπτυξης και με τις έρευνες αυτών των μπαταριών να εστιάζουν στα ηλεκτρόδια Ψευδαργύρου. Η παραγωγή τους είναι ακόμα σε μικρή κλίμακα, και κυρίως να επεκτείνεται στη Γαλλία και στις ΗΠΑ, αλλά η εφαρμογή τους απέδειξε την έως 500 κύκλων πλήρους εκφόρτισης και δυναμική μικρού βάθους εκφόρτισης μέχρι και 10,000 κύκλων, αποτελέσματα που σε σχέση με το μικρό μέγεθος και βάρος των μπαταριών Νικελίου–Ψευδαργύρου, προκαλούν μεγάλες εντυπώσεις για το μέλλον τους.



Εικόνα 3.2.6 Συσσωρευτής τύπου Νικελίου – Ψευδαργύρου [68]

3.2.7 Συσσωρευτές Βρομιδίου – Ψευδαργύρου (Zinc Bromine)

Οι συσσωρευτές Βρομιδίου – Ψευδαργύρου (Zinc Bromine), αποτελούν και αυτοί μία ακόμα ανερχόμενη και πολλά υποσχόμενη τεχνολογία των συσσωρευτών, με κύρια χαρακτηριστικά τους να είναι το χαμηλό κόστος της παραγωγής τους, ταυτόχρονα με τα ανακυκλώσιμα υλικά κατασκευής τους. Επίσης, η μεγάλη διάρκεια ζωής τους (2500 κύκλων λειτουργίας), σε συνδυασμό με τη πυκνότητα ενέργειας τους (80 Wh/Kg), είναι χαρακτηριστικά που συνδέονται με τη χρήση τους σε ηλεκτροκίνητα οχήματα, όμως η χαμηλή πυκνότητα ισχύος και η υψηλή σύνθετη αντίσταση που παρουσιάζουν, είναι στοιχεία που πρέπει να βελτιωθούν για τη μελλοντική χρήση συσσωρευτών Βρομιδίου – Ψευδαργύρου σε ηλεκτροκίνητα οχήματα υψηλών αποδόσεων.



Εικόνα 3.2.7 : Παράδειγμα χρήσης Συσσωρευτές Βρομιδίου – Ψευδαργύρου (Zinc Bromine)σε ηλεκτρικό όχημα [69]

3.2.8 Συσσωρευτές Οξειδοαναγωγής Ηλεκτρολύτη Βαναδίου (Vanadium Redox Battery – VRB)

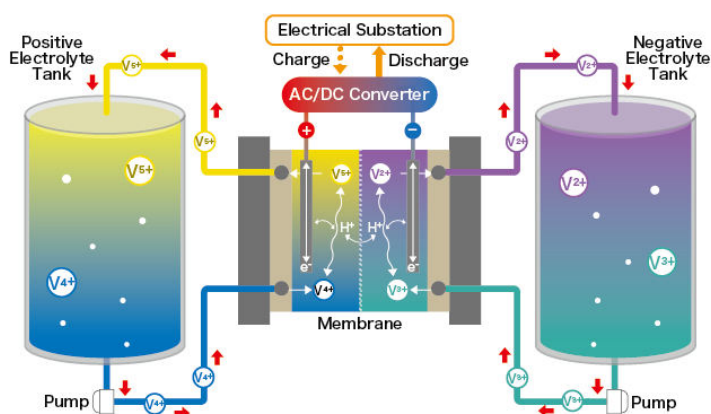
Οι Συσσωρευτές Οξειδοαναγωγής Ηλεκτρολύτη Βαναδίου (Vanadium Redox Battery – VRB) ανήκουν σε μια ευρύτερη κατηγορία μπαταριών νέας γενιάς, τύπου Redox Flow Battery (RFB). Οι επαναφορτιζόμενες οξειδοαναγωγικές μπαταρίες (RFB) αντιπροσωπεύουν μία κατηγορία συσκευών αποθήκευσης ηλεκτροχημικής ενέργειας. Η ονομασία "οξειδοαναγωγική" αναφέρεται σε αντιδράσεις χημικής αναγωγής και οξείδωσης που χρησιμοποιούνται στην RFB για την αποθήκευση ενέργειας σε διαλύματα υγρών ηλεκτρολυτών που ρέουν μέσω μιας μπαταρίας ηλεκτροχημικών κυψελών κατά τη διάρκεια της φόρτισης και της εκφόρτισης.

Η μπαταρία οξειδοαναγωγής βαναδίου (VRB) χρησιμοποιεί δύο "δεξαμενές ηλεκτρολυτών" που αποθηκεύουν ενέργεια με τη μορφή των δύο ζευγών οξειδοαναγωγής βαναδίου και μια "στοίβα" των κυττάρων όπου συμβαίνουν οι αντιδράσεις φόρτισης / εκκένωσης. Μέχρι σήμερα, ο ηλεκτρολύτης 2M βαναδίου έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία σε μεγάλα έργα επίδειξης για εφαρμογές σε στατικό επίπεδο. Για κινητές εφαρμογές, ωστόσο, απαιτούνται υψηλότερες συγκεντρώσεις βαναδίου για τη μείωση του μεγέθους και του βάρους της μπαταρίας. Λόγω της χρήσης του ίδιου διαλύματος στα δοχεία θετικού και αρνητικού πόλου, δεν δημιουργούνται προβλήματα από τη μείξη δύο διαφορετικών ηλεκτρολυτών, επηρεάζοντας θετικά την διάρκεια ζωής και τα προβλήματα διαχείρισης τοξικών αποβλήτων .

Η χρήση των ειδικά διαμορφωμένων μπαταριών βαναδίου στην ηλεκτροκίνηση, τη χαρακτηρίζουν σημαντικά πλεονεκτήματα όπως, η επαναφόρτιση του υγρού των ηλεκτρολυτών με χρήση ενέργειας που παρέχεται από ΑΠΕ ή ενέργεια που παρέχεται από το τοπικό δίκτυο, η δυνατότητα αντικατάστασης των δοχείων των ηλεκτρολυτών, με ήδη φορτισμένα δοχεία και μειώνοντας έτσι τον χρόνο επαναφόρτισης σημαντικά. Επίσης η απλότητα της κατασκευής , ταυτόχρονα με την ασφάλεια και την απόδοση που τη διακατέχει, παρέχουν τη δυνατότητα

εξειδίκευσης από μηχανικούς συνεργείων, σε μικρό χρονικό διάστημα. Τέλος, έχουμε τη σταθερή απόδοσή τους (75-80%) στο σύστημα του ηλεκτροκίνητου οχήματος, χωρίς να σχετίζεται με τη διάρκεια της ζωής λειτουργίας των συσσωρευτών, που αποδίδουν μέχρι και 130000 φορτίσεις/εκφορτίσεις.

Η μικρή πυκνότητα ενέργειας (25 Wh/kg), που σχετίζεται άρρηκτα με τη συγκέντρωση ιόντων οξειδοαναγωγής στο διάλυμα, σε σχέση με τους υπόλοιπους τύπους συσσωρευτών, θεωρείται το βασικό μειονέκτημα της μπαταρίας VRB, καθώς αποδίδει αυτονομία μόλις 20 λεπτών. Ωστόσο, διαφαίνεται η τεχνολογική εξέλιξη των συσσωρευτές Οξειδοαναγωγής Ηλεκτρολύτη Βαναδίου και το υποσχόμενο μέλλον τους ως κύριους ανταγωνιστές των υπόλοιπων συσσωρευτών. [70]



Εικόνα 3.2.8: Σχηματικό διάγραμμα λειτουργίας συσσωρευτών VRB [71]

3.2.9 Υπερπυκνωτές (supercapacitors/ultracapacitors)

Οι υπερπυκνωτές (supercapacitors/ultracapacitors) είναι ένας πυκνωτής μεγάλης χωρητικότητας με τιμή χωρητικότητας πολύ υψηλότερη από τους άλλους πυκνωτές, αλλά με χαμηλότερα όρια τάσης που γεφυρώνουν το κενό ανάμεσα στους ηλεκτρολυτικούς πυκνωτές και τους επαναφορτιζόμενους συσσωρευτές. Συνήθως αποθηκεύει 10 έως 100 φορές περισσότερη ενέργεια ανά μονάδα όγκου ή μάζας από τους ηλεκτρολυτικούς πυκνωτές, αλλά μπορεί και να αποθηκεύσει και να απελευθερώσει την ηλεκτρική ενέργεια πολύ πιο γρήγορα από τις μπαταρίες και ανέχεται πολλούς περισσότερους κύκλους φόρτισης και εκφόρτισης από τις επαναφορτιζόμενες μπαταρίες. Επίσης, παρατηρήθηκε ότι οι υπερπυκνωτές δεν είχαν πτώση της απόδοσης τους, ακόμα και μετά από 100000 κύκλους φόρτισης/εκφόρτισης. [72]

Αντίθετα με τα συνηθισμένα πυκνωτές, οι υπερπυκνωτές δεν χρησιμοποιούν το συμβατικό στερεό διηλεκτρικό, αλλά ηλεκτροστατική χωρητικότητα διπλού στρώματος και ηλεκτροχημική ψευδοχωρητικότητα και τα δύο εκ των οποίων συμβάλλουν στη συνολική χωρητικότητα του πυκνωτή, με μερικές διαφορές:

- Οι ηλεκτροστατικοί πυκνωτές διπλής στρώσης (EDLC) χρησιμοποιούν ηλεκτρόδια ή παράγωγα άνθρακα με πολύ μεγαλύτερη ηλεκτροστατική χωρητικότητα διπλού στρώματος από την ηλεκτροχημική ψευδοχωρητικότητα, επιτυγχάνοντας διαχωρισμό φορτίου σε διπλό

στρώμα Helmholtz στη διεπιφάνεια μεταξύ της επιφάνειας ενός αγωγίμου ηλεκτροδίου και ενός ηλεκτρολύτη . Ο διαχωρισμός του φορτίου είναι της τάξης μερικών φασομέτρων (0,3-0,8 nm), πολύ μικρότερος από τον συμβατικό πυκνωτή.

- Οι ηλεκτροχημικοί ψευδοχωρητικοί χρησιμοποιήσουν ηλεκτρόδια μεταλλικού οξειδίου ή αγωγίμου πολυμερούς με μεγάλη ποσότητα ηλεκτροχημικής ψευδοχωρητικότητας επιπλέον της χωρητικότητας διπλού στρώματος. Η ψευδοχωρητικότητα επιτυγχάνεται με τη μεταφορά φορτίου ηλεκτρονίων Faradaic με αντιδράσεις οξειδοαναγωγής , παρεμβολές ή ηλεκτροδιάτρηση .
- Οι υβριδικοί πυκνωτές, όπως ο πυκνωτής ιόντων λιθίου , χρησιμοποιούν ηλεκτρόδια με διαφορετικά χαρακτηριστικά: ένα που παρουσιάζει κυρίως ηλεκτροστατική χωρητικότητα και το άλλο κυρίως ηλεκτροχημικό δυναμικό.[73]



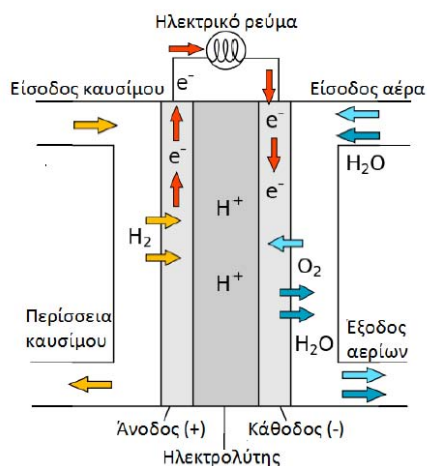
Εικόνα 3.2.9 : Υπερπυκνωτής ηλεκτροκίνητων οχημάτων της Maxwell (Tesla Motors)[74]

Στην αυτοκινητοβιομηχανία δεν μπορούν ακόμη να ανταγωνιστούν με τις μπαταρίες ιόντων λιθίου, όσον αφορά το ενεργειακό τους περιεχόμενο, αλλά η χωρητικότητά τους βελτιώνεται κάθε χρόνο. Χρησιμοποιούνται ήδη ως βοηθητικές συσκευές για την αποθήκευση ενέργειας από το φρενάρισμα και για την παροχή της απαραίτητης ώθησης κατά τη διάρκεια γρήγορων επιταχύνσεων, αυξάνοντας τελικά την απόδοση του οχήματος.

3.2.10 Κυψέλες Καυσίμου (Fuel Cell - FC)

Η κυψέλη καυσίμου είναι μια ηλεκτροχημική κυψέλη που μετατρέπει τη χημική ενέργεια ενός καυσίμου (συνήα υδρογόνου) και ένα οξειδωτικό μέσο (συνήα οξυγόνο) σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω ενός ζεύγους οξειδοαναγωγής αντιδράσεων. Αν και τα τελευταία χρόνια έχει γίνει μία αλματώδη ανάπτυξη στο τεχνολογικό πεδίο των κυψελών καυσίμου, η αρχή λειτουργίας τους ανακαλύφθηκε το 1839 από τον Sir William Grove, Παρόλα αυτά, η πρώτη ουσιαστική εφαρμογή των κυψελών καυσίμου έγινε σε ένα σύστημα στο πλαίσιο διαστημικού προγράμματος των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής. Η εταιρία General Electric ανέπτυξε κυψέλες καυσίμου μεμβράνης ανταλλαγής πρωτονίων που χρησιμοποιήθηκαν στο πρόγραμμα Gemini στις αρχές του 1960 και στη συνέχεια ακολούθησε το διαστημικό πρόγραμμα Apollo, στο οποίο χρησιμοποιήθηκαν κυψέλες καυσίμου για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με σκοπό την κάλυψη των ανθρώπινων καθώς και τηλεπικοινωνιακών αναγκών στο δορυφόρο. Η κυψέλη καυσίμου παρουσιάστηκε στην ηλεκτροκίνηση μέσω της εταιρίας General Motors όπου πειραματίστηκε και κατασκεύασε το πρώτο ηλεκτροκίνητο όχημα με κυψέλες καυσίμου το 1980.[75*]

Υπάρχουν πολλοί τύποι κυψελών καυσίμου, αλλά όλα αποτελούνται από μια άνοδο , μια κάθοδο και έναν ηλεκτρολύτη που επιτρέπει στα ιόντα, συχνά θετικά φορτισμένα ιόντα υδρογόνου (πρωτόνια) να κινούνται μεταξύ των δύο πλευρών της κυψέλης καυσίμου. Στην άνοδο ένας καταλύτης αναγκάζει το καύσιμο να υποβληθεί σε αντιδράσεις οξειδωσης που παράγουν ιόντα (συχνά θετικά φορτισμένα ιόντα υδρογόνου) και ηλεκτρόνια. Τα ιόντα κινούνται από την άνοδο στην κάθοδο μέσω του ηλεκτρολύτη.



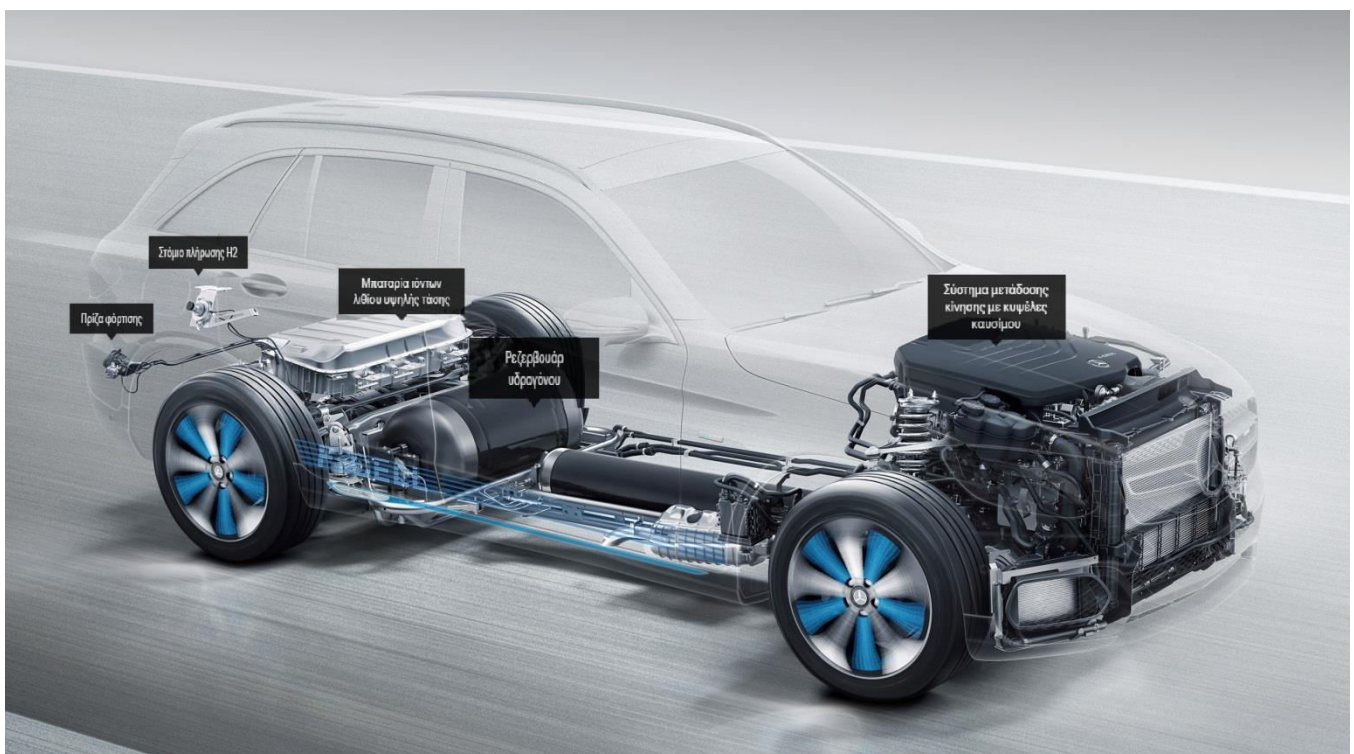
Εικόνα 3.2.10^α: Αρχή λειτουργίας κυψέλης καυσίμου [76]

Την ίδια στιγμή, τα ηλεκτρόνια ρέουν από την άνοδο στην κάθοδο μέσω ενός εξωτερικού κυκλώματος, παράγοντας συνεχές ρεύμα. Στην κάθοδο, ένας άλλος καταλύτης προκαλεί την αντίδραση ιόντων, ηλεκτρονίων και οξυγόνου, σχηματίζοντας νερό και πιθανώς άλλα προϊόντα. Τα στοιχεία καυσίμου ταξινομούνται ανάλογα με τον τύπο ηλεκτρολύτη που χρησιμοποιούν και με τη διαφορά χρόνου έναρξης της διεργασίας.

- I. Αλκαλικές κυψέλες καυσίμου (AFC), όπου χρησιμοποιείται KOH ως ηλεκτρολύτης σε συγκέντρωση 85 wt% όταν η κυψέλη λειτουργεί σε θερμοκρασία 250 °C και σε συγκέντρωση 35 – 50 wt% για θερμοκρασίες μικρότερες των 120 °C. Τέτοιου είδους κυψέλες καυσίμου χρησιμοποιήθηκαν στο διαστημικό πρόγραμμα Apollo.
- II. Κυψέλες καυσίμου μεμβράνης ανταλλαγής πρωτονίων (PEMFC), όπου χρησιμοποιείται πολυμερές περφλουροσουλφιδικό οξύ ως ηλεκτρολύτης. Ο καταλύτης αποτελείται από πλατίνα που εναποτίθεται σε στρώμα άνθρακα. Εάν η τροφοδοσία με υδρογόνο περιέχει μέρη μονοξειδίου του άνθρακα, τότε χρησιμοποιούνται κράματα Pt –Ru ως καταλύτες. Η θερμοκρασία λειτουργίας αυτών των κυψελών κυμαίνεται μεταξύ 60 και 80 °C. Τα PEMFC είναι ιδιαίτερα ανταγωνιστικά για εφαρμογές στην αυτοκίνηση, αλλά και σε σταθμούς ηλεκτρικής ενέργειας μικρής κλίμακας για καταναμημένη παραγωγή. Χρειάζεται 1 λεπτό για την έναρξη της διεργασίας.
- III. Κυψέλες καυσίμου φωσφορικού οξέως (PAFC), όπου χρησιμοποιείται φωσφορικό οξύ ως ηλεκτρολύτης. Η θερμοκρασία λειτουργίας τους κυμαίνεται μεταξύ 150 και 220 °C. Τα PAFC έχουν εισέλθει στην παγκόσμια αγορά σε σταθμούς βάσης με ισχύ της τάξεως των 200 kW.

- IV. Κυψέλες καυσίμου τήγματος ανθρακικών αλάτων (MCFC), στις οποίες ο ηλεκτρολύτης αποτελείται από ανθρακικά αλκάλια μέσα σε μία κεραμική μήτρα από LiAlO_2 . Οι θερμοκρασίες λειτουργίας βρίσκονται μεταξύ 600 και 700 °C. Σε τόσο υψηλές θερμοκρασίες δεν απαιτούνται ευγενή μέταλλα ως καταλύτες. Αυτού του τύπου κυψέλες καυσίμου έχουν εφαρμοστεί σε πειραματικούς σταθμούς βάσης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
- V. Κυψέλες καυσίμου στερεού οξειδίου (SOFC), στις οποίες χρησιμοποιείται ένα μη πορώδες στερεό οξείδιο ως ηλεκτρολύτης. Αυτές οι κυψέλες λειτουργούν στους 800 με 1000 °C, στις οποίες έχουμε αγωγή ιόντων οξυγόνου. Τα SOFC, όμοια με τα MCFC, χρησιμοποιούνται σε πειραματικούς σταθμούς βάσης παραγωγής αλλά και σε φορητές μονάδες ως βοηθητική πηγή σε οχήματα. Ο χρόνος έναρξης της λειτουργίας στα SOFC είναι 10 λεπτά. [77*]

Παρότι το υδρογόνο έχει υψηλή πυκνότητα ενέργειας (περίπου ίση με 150 MJ/kg) είναι τόσο ελαφρύ, που ένα λίτρο, πεπιεσμένο σε 35 MPa (περίπου 350 ατμόσφαιρες) ζυγίζει μόλις 31 γραμμάρια και αποδίδει μόνο 4.4 MJ. Αντίθετα, η βενζίνη έχει χαμηλότερη πυκνότητα ενέργειας (περίπου ίση με 50 MJ/kg), αλλά ένα λίτρο της είναι ισοδύναμο με 30 MJ. Ομολογουμένως, οι κυψέλες καυσίμου και οι ηλεκτρικοί κινητήρες είναι πιο αποδοτικοί από τις μηχανές εσωτερικής καύσης, ωστόσο, για να παρασχεθεί σε ένα ηλεκτρικό όχημα εύρος απόδοσης 500 km απαιτούνται 6 kg υδρογόνου. Συμπιεσμένο στα 35 MPa, το υδρογόνο θα καταλάβει 200 λίτρα, ενώ με την προσθήκη των σωληνώσεων, βαλβίδων και συστημάτων ρύθμισης και συμπίεσης, ο απαιτούμενος χώρος αποθήκευσης είναι διπλάσιος και το βάρος αποθήκευσης παραμένει σημαντικό πρόβλημα, ενώ η παραγωγή υδρογόνου είναι ένα ακόμη ζήτημα προς επίλυση, καθώς δεν υπάρχουν αντίστοιχες υποδομές ή προοπτικές εγκατάστασής τους.



Εικόνα 3.1.10β: Απεικόνιση βασικών μερών ηλεκτροκίνητου οχήματος με κυψέλη καυσίμου, GLC F-CELL Mercedes-Benz [78]

Η εναλλακτική λύση για την αποθήκευση υδρογόνου είναι η συνεχής παροχή του, μέσω παραγωγής από πιο εύχρηστα υλικά, δημιουργώντας όμως προβλήματα πολυπλοκότητας και κινδύνους ρύπανσης παρόμοιους με αυτούς των συμβατικών οχημάτων. Τέλος, η ασφάλεια του υδρογόνου σε σχέση με τη βενζίνη κατά τη μετακίνηση των οχημάτων παραμένει ακόμη ένα ανοιχτό ζήτημα.[79*]

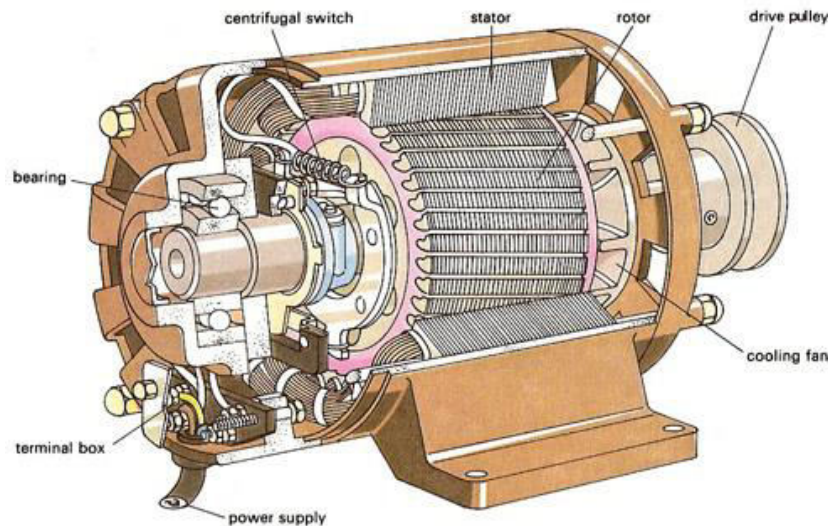
3.3 ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ

Ένας ηλεκτρικός κινητήρας είναι μια ηλεκτρική μηχανή που μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική ενέργεια . Οι περισσότεροι ηλεκτρικοί κινητήρες λειτουργούν μέσω της αλληλεπίδρασης μεταξύ του μαγνητικού πεδίου του κινητήρα και του ηλεκτρικού ρεύματος, σε μια περιέλιξη σύρματος για τη δημιουργία δύναμης με τη μορφή ροπής που εφαρμόζεται στον άξονα του κινητήρα. Οι ηλεκτρικοί κινητήρες μπορούν να τροφοδοτούνται από πηγές συνεχούς ρεύματος (DC), όπως από μπαταρίες, οχήματα με κινητήρα ή ανορθωτές ή από εναλλασσόμενες πηγές ρεύματος (AC), όπως ηλεκτρικό δίκτυο, μετατροπείς ή ηλεκτρικές γεννήτριες. Τα μέρη που αποτελούν έναν ηλεκτροκινητήρα είναι :

- i. Δρομέας ή Ρότορας (Rotor): ο ρότορας είναι το κινούμενο μέρος του ηλεκτροκινητήρα , ο οποίος περιστρέφει τον άξονα για να παραδώσει τη μηχανική ισχύ. Ο ρότορας συνήθως έχει αγωγούς που φέρουν ρεύματα, που αλληλεπιδρούν με το μαγνητικό πεδίο του στάτορα² για να δημιουργήσουν τις δυνάμεις που περιστρέφουν τον άξονα. Εναλλακτικά, ορισμένοι ρότορες φέρουν μόνιμους μαγνήτες και ο στάτορας κρατά τους αγωγούς.
- ii. Στάτορας ή Στάτης (Stator): Ο στάτης είναι το σταθερό μέρος του ηλεκτρομαγνητικού κυκλώματος του κινητήρα και συνήθως αποτελείται είτε από περιελίξεις είτε από μόνιμους μαγνήτες. Ο πυρήνας του στάτορα αποτελείται από πολλά λεπτά μεταλλικά φύλλα, που ονομάζονται πλαστικοποιήσεις. Οι πλαστικοποιήσεις χρησιμοποιούνται για τη μείωση των απωλειών ενέργειας που θα προκύψουν εάν χρησιμοποιήθηκε ένας συμπαγής πυρήνας.
- iii. Διάκενο αέρα : Είναι η απόσταση μεταξύ του ρότορα και του στάτορα. Το διάκενο αέρα έχει σημαντικά αποτελέσματα και είναι γενικά όσο το δυνατόν μικρότερο, καθώς ένα μεγάλο κενό έχει ισχυρή αρνητική επίδραση στην απόδοση. Είναι η κύρια πηγή του συντελεστή χαμηλής ισχύος στον οποίο λειτουργούν οι κινητήρες. Το μαγνητικό ρεύμα αυξάνεται με το κενό αέρα. Για το λόγο αυτό, το διάκενο αέρα πρέπει να είναι ελάχιστο.
- iv. Περιελίξεις : Οι περιελίξεις είναι σύρματα που τοποθετούνται σε πηνία , συνήθως τυλιγμένα γύρω από έναν μαγνητικό πυρήνα από μαλακό στρωματοποιημένο σίδηρο έτσι ώστε να σχηματίζουν μαγνητικούς πόλους όταν ενεργοποιούνται με ρεύμα. Ορισμένοι κινητήρες έχουν αγωγούς που αποτελούνται από παχύτερο μέταλλο, όπως ράβδους ή φύλλα μετάλλου, συνήθως χαλκό , εναλλακτικά αλουμίνιο . Αυτά τροφοδοτούνται συνήθως από ηλεκτρομαγνητική επαγωγή.
- v. Μετατροπέας (Communicator): Ένας μετατροπέας είναι ένας μηχανισμός που χρησιμοποιείται για την εναλλαγή της εισόδου των περισσότερων μηχανών DC και ορισμένων μηχανών AC. Αποτελείται από τμήματα δακτυλίου ολίσθησης μονωμένα μεταξύ τους και από τον άξονα. Το ρεύμα σπλισμού του κινητήρα παρέχεται μέσω στατικών ψηκτρών (brushes) σε επαφή με τον περιστρεφόμενο μεταγωγέα, η οποία

προκαλεί την απαιτούμενη αντιστροφή ρεύματος, και εφαρμόζει ισχύ στο μηχάνημα με τον βέλτιστο τρόπο καθώς ο ρότορας περιστρέφεται από πόλο σε πόλο.

- vi. Ψύκτρες : Το περίβλημα του κάθε κινητήρα είναι καλυμμένο με ψύκτρες, όπως επίσης φέρει κι έναν ανεμιστήρα στο πίσω μέρος του, για να αποβάλλεται η θερμότητα.[80]



Εικόνα 3.3^α: Απεικόνιση διατομής στοιχείων ηλεκτρικού κινητήρα[81]

Ο ηλεκτρικός κινητήρας είναι το πιο σημαντικό τμήμα ενός ηλεκτρικού οχήματος, καθώς η επιλογή του καθορίζει την απόδοση του ηλεκτρικού συστήματος πρόωσης. Συνεπώς θα πρέπει να βασίζεται σε αυστηρά κριτήρια, όπως η υψηλή απόδοση του, με ταυτόχρονη υψηλή ροπή σε μικρές ταχύτητες. Η διάρκεια ζωής του ηλεκτροκινητήρα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη και να συνδυάζεται με χαμηλό κόστος συντήρησης όσο και κατασκευής.

Στα σύγχρονα ηλεκτρικά οχήματα συναντάται μεγάλη ποικιλία ηλεκτρικών κινητήρων, οι οποίοι μπορούν να ταξινομηθούν βάσει παραμέτρων όπως τύπος πηγής ισχύος, εσωτερική κατασκευή, εφαρμογή και τύπος εξόδου κίνησης. Οι πιο διαδεδομένοι ηλεκτρικοί κινητήρες είναι :

1. Κινητήρας συνεχούς ρεύματος (DC Motor)

Ένας κινητήρας DC είναι οποιαδήποτε από μια κατηγορία περιστροφικών ηλεκτρικών κινητήρων που μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια συνεχούς ρεύματος σε μηχανική ενέργεια. Οι πιο συνηθισμένοι τύποι βασίζονται στις δυνάμεις που παράγονται από μαγνητικά πεδία. Σχεδόν όλοι οι τύποι κινητήρων DC έχουν κάποιο εσωτερικό μηχανισμό, είτε ηλεκτρομηχανικό είτε ηλεκτρονικό, για να αλλάζουν περιοδικά την κατεύθυνση του ρεύματος σε μέρος του κινητήρα. Είναι τύπος κινητήρα που έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως σε ηλεκτροκίνητα οχήματα. Η εξάλειψη της ανάγκης για συντήρηση είναι πρωτεύουσας σημασίας. Τεχνολογικές εξελίξεις έχουν θέσει τους κινητήρες χωρίς σύστημα συλλέκτη και ψήκτρες, επειδή έχουν μεγαλύτερη αξιοπιστία και χαμηλότερο λειτουργικό κόστος.

2. Κινητήρας επαγωγής (Induction Motor – IM)

Ένας επαγωγικός κινητήρας ή ένας ασύγχρονος κινητήρας είναι ένας ηλεκτρικός κινητήρας AC στον οποίο το ηλεκτρικό ρεύμα στον ρότορα που απαιτείται για την παραγωγή ροπής λαμβάνεται με ηλεκτρομαγνητική επαγωγή από το μαγνητικό πεδίο της περιέλιξης του στάτη . Επομένως, ένας επαγωγικός κινητήρας μπορεί να κατασκευαστεί χωρίς ηλεκτρικές συνδέσεις με τον ρότορα. Ο κινητήρας επαγωγής είναι ένας τύπος κινητήρα με ευρεία εφαρμογή στα ηλεκτροκίνητα οχήματα, κυρίως λόγω του μικρού του κόστους, του εύκολου ελέγχου και της υψηλής αξιοπιστίας. Για την οδήγησή του χρησιμοποιείται διάταξη αντιστροφέα με δυνατότητα μεταβολής της συχνότητας, ώστε να γίνεται έλεγχος της ταχύτητας περιστροφής.

3. Σύγχρονος κινητήρας μόνιμων μαγνητών (Permanent Magnet Synchronous Machine – PMSM)

Ένας σύγχρονος ηλεκτρικός κινητήρας είναι ένας κινητήρας AC στον οποίο, σε σταθερή κατάσταση , η περιστροφή του άξονα συγχρονίζεται με τη συχνότητα του ρεύματος τροφοδοσίας . Οι σύγχρονοι κινητήρες περιέχουν πολυφασικούς ηλεκτρομαγνήτες AC στον στάτορα του κινητήρα που δημιουργούν ένα μαγνητικό πεδίο που περιστρέφεται στο χρόνο με τις ταλαντώσεις του ρεύματος γραμμής. Ο ρότορας με μόνιμους μαγνήτες ή ηλεκτρομαγνήτες περιστρέφεται σταδιακά με το πεδίο στάτορα με τον ίδιο ρυθμό και ως εκ τούτου, παρέχει το δεύτερο συγχρονισμένο περιστρεφόμενο πεδίο μαγνήτη οποιουδήποτε κινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος. Ο σύγχρονος κινητήρας και ο επαγωγικός κινητήρας είναι οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενοι τύποι κινητήρων AC. Ο σύγχρονος κινητήρας αποτελεί άλλη μία λύση στους ηλεκτροκινητήρες οχημάτων. Με την αντικατάσταση του τυλίγματος πεδίου από μόνιμους μαγνήτες, επιτυγχάνεται μείωση των απωλειών χαλκού, με την απουσία των ψηκτρών να αυξάνει την αξιοπιστία (brushless motor). Οι κινητήρες αυτοί τροφοδοτούνται από ημιτονοειδή τάση, έχουν χαμηλό κόστος κατασκευής, υψηλή απόδοση και χαρακτηρίζονται από μεγάλη πυκνότητα ισχύος.

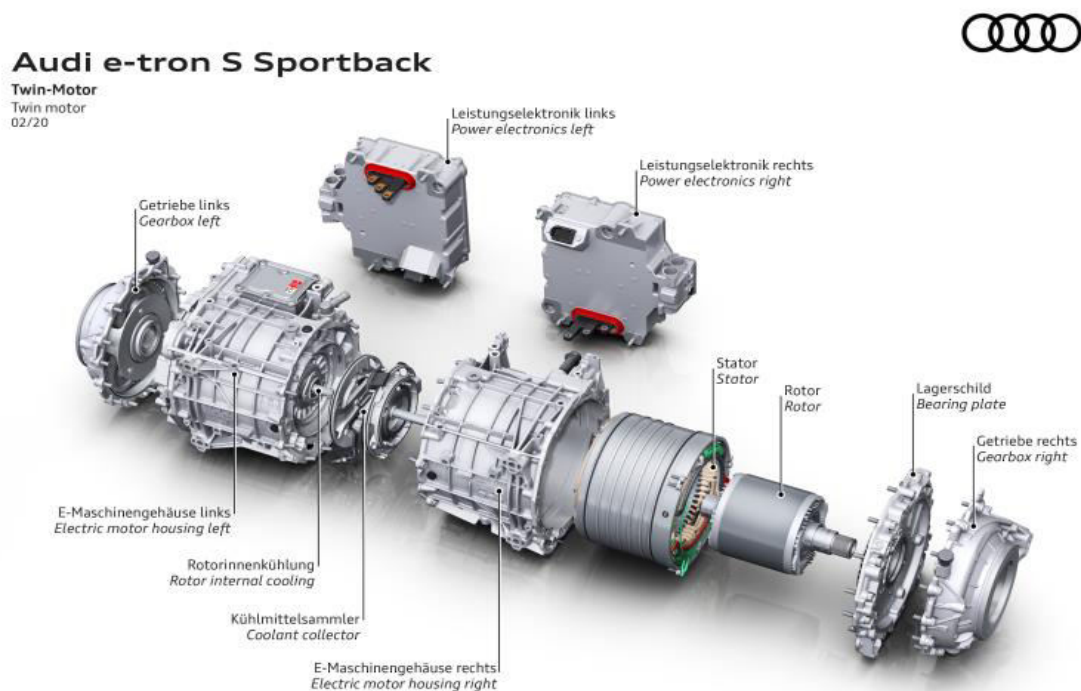
4. Κινητήρας μαγνητικής αντίδρασης (Switched Reluctance Motor – SRM)

Είναι ένας τύπος βηματικού κινητήρα , ένας ηλεκτρικός κινητήρας που λειτουργεί με ροπή απροθυμίας . Σε αντίθεση με τους συνηθισμένους τύπους κινητήρα DC , η ισχύς παρέχεται σε περιελίξεις στο στάτορα και όχι στον ρότορα . Αυτό απλοποιεί σε μεγάλο βαθμό τη μηχανική σχεδίαση, καθώς η ισχύς δεν χρειάζεται να μεταφερθεί σε ένα κινούμενο μέρος, αλλά περιπλέκει τον ηλεκτρικό σχεδιασμό, καθώς πρέπει να χρησιμοποιηθεί κάποιο είδος συστήματος μεταγωγής για την παροχή ισχύος στις διάφορες περιελίξεις. Το κύριο μειονέκτημά του είναι ο κυματισμός ροπής, όπου αναφέρεται σε περιοδική αύξηση ή μείωση της ροπής εξόδου καθώς περιστρέφεται ο άξονας του κινητήρα. Έτσι λοιπόν αυτός ο τύπος μηχανής έχει το πλεονέκτημα της απλότητας κατασκευής και του μικρού κόστους, όμως δεν έχει την ικανότητα παροχής μεγάλης ισχύος.[82]

Στην εικόνα (Εικόνα 3.3β) που ακολουθεί, τοποθετείτε ένας συγκεντρωτικός πίνακας με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των πιο διαδεδομένων κινητήρων για εφαρμογές ηλεκτροκίνησης.

Κινητήρας Συνεχούς Ρεύματος (DC Motor)	Κινητήρας Επαγωγής (IM)	Σύγχρονος Κινητήρας Μόνιμων Μαγνητών (PMSM)	Κινητήρας Μαγνητικής Αντίδρασης (SRM)
✓ Απλός έλεγχος	✓ Απλή κατασκευή	✓ Υψηλή απόδοση	✓ Απλή κατασκευή
✓ Μικρό μέγεθος	✓ Χαμηλό κόστος κατασκευής	✓ Μεγάλη πυκνότητα ισχύος	✓ Χαμηλό κόστος κατασκευής
✓ Ευρύ φάσμα ταχυτήτων	✓ Αξιόπιστη λειτουργία σε επικίνδυνες συνθήκες	✓ Υψηλή αξιοπιστία	✓ Ευρεία περιοχή μέγιστης ισχύος
× Μικρή πυκνότητα ισχύος	× Απαιτητικός έλεγχος	× Υψηλό κόστος κατασκευής	× Απαιτητικός έλεγχος και σχεδιασμός
× Υψηλό κόστος συντήρησης	× Μη γραμμικότητες στο δυναμικό του μοντέλο	× Θερμοκρασιακά ευαίσθητος και εύθραυστος	× Κυμάτωση ροπής
× Χαμηλή απόδοση			× Ακουστικός θόρυβος

Εικόνα 3.3β : Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ηλεκτρικών κινητήρων



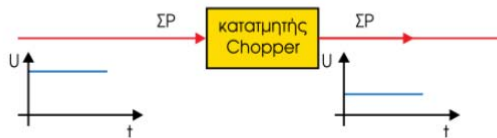
Εικόνα 3.3γ: Σύγχρονος διπλός κινητήρας μόνιμων μαγνητών του Audi e-tron S [83]

3.4 Ηλεκτρονικός Μετατροπέας Ισχύος

Ο Ηλεκτρονικός Μετατροπέας είναι το τμήμα του ηλεκτρονικού συστήματος, το οποίο διαχειρίζεται την ηλεκτρική ισχύ και μετατρέπει την τάση, την ένταση και την κυματομορφή του ρεύματος κατά τρόπο, ώστε να μπορεί να αξιοποιηθεί από τους συσσωρευτές και να μετατραπεί στην καταλληλότερη μορφή για τον ηλεκτροκινητήρα του οχήματος. Η επιλογή του μετατροπέα γίνεται με βάση τον ηλεκτρικό κινητήρα που θα χρησιμοποιηθεί, δίνοντας μας τις εξής κατηγορίες:

a) Μετατροπείς Συνεχούς Τάσης – Συνεχούς Τάσης τύπου chopper

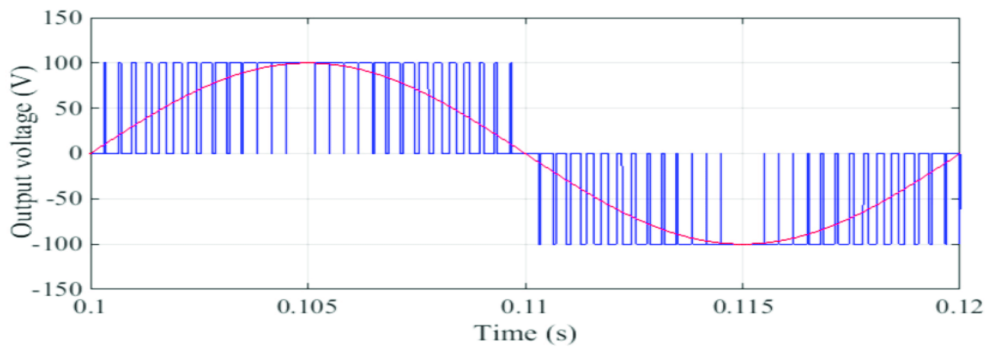
Ένα chopper είναι μια συσκευή που μετατρέπει σταθερή είσοδο DC σε μεταβλητή τάση εξόδου DC απευθείας. Ουσιαστικά, είναι ένας ηλεκτρονικός διακόπτης που χρησιμοποιείται για τη διακοπή ενός σήματος υπό τον έλεγχο ενός άλλου. Το βασικό του πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα ελέγχου μεγάλης ισχύος και το μεγάλο εύρος ρύθμισης του λόγου κατάτμησης, που συνεπάγεται μεγαλύτερο εύρος ρύθμισης της τάσεως εξόδου, όμως λόγω του κυκλώματος σβέσης έχει μεγαλύτερη πολυπλοκότητα. Τέλος λόγω της μικρής συχνότητας λειτουργίας, έχουμε τη μεγάλη απαίτηση επαγωγικής εξομάλυνσης του ρεύματος.[84]



Εικόνα 3.4^α : Μετατροπέας συνεχούς ρεύματος DC-DC (chopper) και αντίστοιχη κυματομορφή τάσης [85]

b) Μετατροπείς Συνεχούς Τάσης – Εναλλασσόμενης Τάσης τύπου αντιστροφέα με Διαμόρφωση Εύρους Παλμών (Pulse Width Modulation – PWM)

Η διαμόρφωση Εύρους παλμού (PWM) είναι μια μέθοδος μείωσης της μέσης ισχύος που παρέχεται από ένα ηλεκτρικό σήμα, κόβοντας το αποτελεσματικά σε ξεχωριστά μέρη. Η μέση τιμή τάσης (και ρεύματος) που τροφοδοτείται στο φορτίο ελέγχεται με ενεργοποίηση και απενεργοποίηση του διακόπτη μεταξύ τροφοδοσίας και φορτίου με γρήγορο ρυθμό. Όσο περισσότερο είναι ενεργοποιημένος ο διακόπτης σε σύγκριση με της περιόδους απενεργοποίησης, τόσο μεγαλύτερη είναι η συνολική ισχύς που παρέχεται στο φορτίο. Η αποτελεσματικότητα όμως του συστήματος βασίζεται στην καταλληλότητα της μεθόδου για εφαρμογές πραγματικού χρόνου και εφαρμογές βασιζόμενες σε μικροελεγκτές και ψηφιακούς επεξεργαστές σήματος (Digital Signal Processors – DSPs), όπου με τη βοήθεια τους απλοποιείτε η πολυπλοκότητα της διεργασίας όλου του συστήματος.[86]



Εικόνα 3.4β : Τάση εξόδου μετατροπέα διαμόρφωσης πλάτους παλμού (PWM)[87]

c) Μετατροπείς Συνεχούς Τάσης – Εναλλασσόμενης Τάσης τύπου αντιστροφέα συντονισμού (Resonant Inverter)

Ο αντιστροφέας συντονισμού (Resonant Inverter) ηλεκτρονικός μετατροπέας που βασίζεται σε κύκλωμα ταλάντωσης, όπου είναι τοποθετημένα σε σειρά ή παράλληλα εξαρτήματα συντονισμού και η συσκευή μεταγωγής με το φορτίο για να σχηματίσουν ένα υποσβεσμένο κύκλωμα (RLC circuit resistor (R -αντίσταση), inductor (L- επαγωγή), capacitor (C- πυκνωτή). Το κύκλωμα συντονισμού λειτουργεί με τέτοιο τρόπο, ώστε η μετάβαση στην κατάσταση αγωγής του στοιχείου να γίνεται είτε υπό μηδενική τάση (Zero Voltage Switching – ZVS) είτε υπό μηδενικό ρεύμα (Zero Current Switching – ZCS). Αυτός ο τύπος μετατροπέα παράγει περίπου ημιτονοειδή κυματομορφή σε υψηλή συχνότητα εξόδου, που κυμαίνεται από 20 kHz έως 100 MHz. Έτσι μειώνονται η απώλειες στα στοιχεία, δημιουργώντας μικρότερες ηλεκτρομαγνητικές παρενοχλήσεις, μικρότερο ακουστικό θόρυβο, μεγαλύτερη πυκνότητα ισχύος, ενώ παράλληλα έχουμε μικρότερες απαιτήσεις στον τομέα της ψύξης λόγω μικρής θερμικής απώλειας.

Παρόλο τα μεγάλα πλεονεκτήματα και αξιοπιστίας των αντιστροφέων συντονισμού, το κόστος της κατασκευής τους και η εξειδίκευση για τον έλεγχο της διάταξης, τους κατατάσσουν σε ζημιογόνες τεχνολογίες και η χρήση τους είναι σχετικά στάσιμη. [88]



Εικόνα 3.4 γ: Ηλεκτρονική μονάδα ισχύος (PEM) και μετατροπέας της εταιρίας Audi [89]

3.5 Σύστημα Μετάδοσης Κίνησης

Το σύστημα μετάδοσης κίνησης ενός ηλεκτροκίνητου οχήματος, παραμένει ίδιο με τα συμβατικά οχήματα, με τις διαφορές να διαμορφώνονται ανάλογα με τη τεχνολογία του οχήματος και τη θέση του κινητήρα εσωτερικής καύσης (εάν υπάρχει) ή τη θέση του ηλεκτροκινητήρα. Για να έχουμε τη κίνηση του οχήματος, θα πρέπει η ισχύς του εκάστου κινητήρα να μεταφερθεί στους κινητήριους τροχούς. Τη μεταφορά αυτή την αναλαμβάνει το σύστημα μετάδοσης κίνησης. Τα κύρια μέρη του είναι τα ακόλουθα:

- Ο συμπλέκτης
- Το κιβώτιο ταχυτήτων
- Ο άξονας μετάδοσης κίνησης
- Το διαφορικό
- Τα ημιαξόνια
- Οι πλήμνες των τροχών

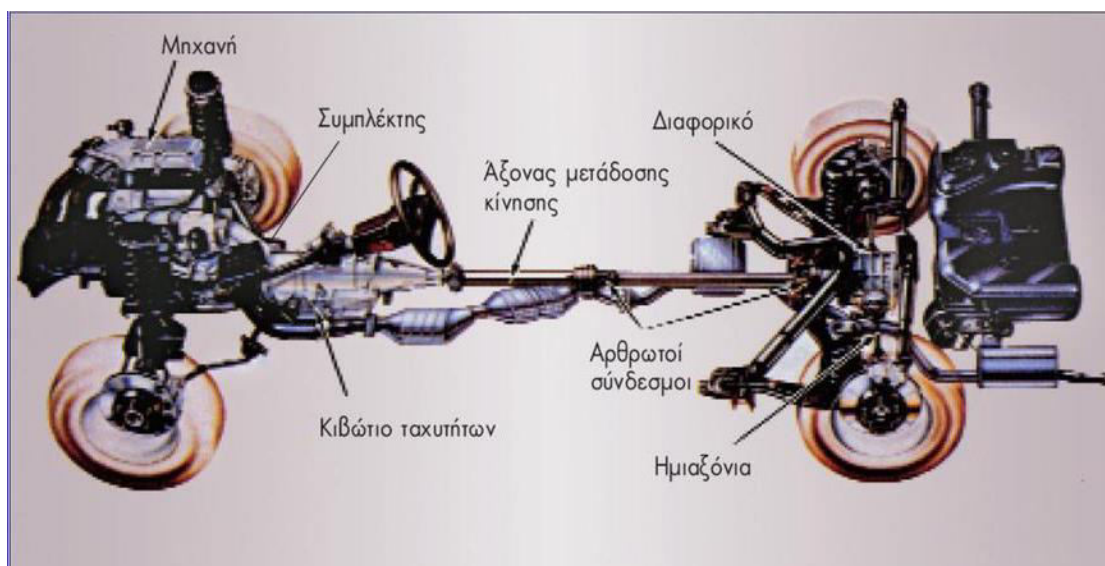
Αναλυτικότερα, Ο συμπλέκτης βρίσκεται ανάμεσα στην είσοδο ισχύος (βολάν στροφαλοφόρου) και την είσοδο ισχύος του κιβωτίου ταχυτήτων και πραγματοποιεί την σύμπλεξη και αποσύμπλεξη της μηχανικής κίνησης του κινητήρα και του υπόλοιπου συστήματος μετάδοσης. Μαζί με τους συμπλέκτες των συστημάτων τετρακίνησης, διακρίνουμε τρία συστήματα σύμπλεξης: με τριβή (μηχανικός συμπλέκτης), ηλεκτρισμό (ηλεκτρομαγνητικοί) και υδραυλικό υγρό (υδροδυναμικός). Υπάρχουν, οι συμπλέκτες με βολάν διπλής μάζας, οι μετατροπείς ροπής, οι ηλεκτρομαγνητικοί συμπλέκτες, οι ηλεκτρονικά ελεγχόμενοι αυτόματοι και οι διπλοί συμπλέκτες.

Τα κιβώτια ταχυτήτων (σασμάν) έχουν ως σκοπό να μεταφέρουν την ισχύ από τον συμπλέκτη στο διαφορικό και από εκεί στους τροχούς. Η σχέση μετάδοσης είναι μεταβλητή και γίνεται με εμπλοκή γραναζιών διαφορετικής διαμέτρου ή με διαφορετικό αριθμό οδοντώσεων ώστε οι στροφές του κινητήρα να διατηρούνται κοντά στην ωφέλιμη περιοχή. Επίσης, το κιβώτιο ταχυτήτων, μπορεί να είναι αυτόματο, μίας σχέσης, με επιλογή διακοπών εκκίνησης «Start/Stop», πορείας «D», νεκράς «N» και όπισθεν «R».

Το διαφορικό είναι ο μηχανισμός που κατανέμει διαφορετική περιστροφική ταχύτητα σε κάθε τροχό. Αφετέρου η λειτουργία και η θέση του διαφοροποιούνται ανάλογα με το αν το αυτοκίνητο έχει κίνηση εμπρός, πίσω ή και στους τέσσερις τροχούς. Επιτρέπει διαφορετικές γωνιακές ταχύτητες και αντίστοιχη κατανομή της ροπής στρέψης ανάλογα με το συντελεστή πρόσφυσης στους κινητήριους τροχούς.

Το ημιαξόνιο είναι ένα αρθρωτό περιστρεφόμενο άξονα ο οποίος μεταφέρει τη ροπή από το διαφορικό στους κινητήριους τροχούς. Ημιαξόνια υπάρχουν στον εμπρός ή στον πίσω άξονα, ανάλογα αν η κίνηση μεταδίδεται στους εμπρός, στους πίσω ή στους τέσσερις τροχούς.

Τέλος, θα πρέπει να αναφέρουμε και τη διαφορά πολλών αμιγώς ηλεκτροκινούμενων οχημάτων (BEV), τα οποία μπορούν να διαθέτουν περισσότερους από έναν ηλεκτροκινητήρων και διάφορες τεχνολογίες, όπως να μεταδώσουν την κίνηση απευθείας σε κάποιον τροχό (in-wheel motor), χωρίς να υπάρχει μεγάλη απώλεια της ισχύς από τα υπόλοιπα μηχανικά μέρη. [90]



Εικόνα 3.5 : Σύστημα μετάδοσης κίνησης ενός οχήματος [91]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΤΑΘΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ

4.1 Εισαγωγή

Η εισχώρηση των ηλεκτροκίνητων οχημάτων στην καθημερινότητα μας και η μαζική παραγωγή τους έχουν δώσει τον κατάλληλο λόγο για τη δημιουργία των απαραίτητων υποδομών και εγκαταστάσεων για τη φόρτιση των οχημάτων αυτών με τον πιο άμεσο και ασφαλή τρόπο. Για το λόγο αυτό έχουν δημιουργηθεί παγκόσμια τεχνικά πρότυπα και προδιαγραφές που καθορίζουν την κατασκευή, τις λειτουργικές, φυσικές και ηλεκτρικές απαιτήσεις και τις δοκιμές που πρέπει να πληρούν όλα τα προϊόντα φόρτισης, σταθμοί φόρτισης, τρόποι φόρτισης και παροχής ηλεκτρικής ενέργειας (εξ' επαφής ή εξ' επαγωγής) και οι χώροι φόρτισης (οικιακού δικτύου ή κοινόχρηστων παροχών).

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούν και θα αναλυθούν οι τρόποι φόρτισης και οι σχετικές τεχνολογίες, σύμφωνα με τα πρότυπα Τεχνικών Προδιαγραφών των Διεθνών κανονισμών EN/IEC και τις Τεχνικές Προδιαγραφές του ΔΕΔΔΗΕ, για την Ελλάδα.

Μέγιστο υψόμετρο	2.000 m
Ελάχιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος	-20°C
Μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος	20°C
Μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος	55°C
Ελάχιστη θερμοκρασία αποθήκευσης	-20°C
Μέγιστη θερμοκρασία αποθήκευσης	70°C
Μέγιστη θερμοκρασία στις εξωτερικές επιφάνειες εξαιτίας της ηλιακής ακτινοβολίας	70°C
Ελάχιστη σχετική υγρασία	5%
Μέγιστη σχετική υγρασία	95%
Ατμοσφαιρικές Συνθήκες	Αλατώδης, ομιχλώδης ατμόσφαιρα με σκόνη

Εικόνα 4.1 : Οι συνθήκες λειτουργίας ενός σταθμού φόρτισης μέσω τις Τεχνικές Προδιαγραφές του ΔΕΔΔΗΕ [92]

4.2 ΦΟΡΤΙΣΗ ΕΠΑΦΗΣ

Η φόρτιση με επαφή πραγματοποιείται μέσω ειδικών καλωδίων και βυσμάτων για τη σύνδεση του οχήματος και του σταθμού φόρτισης, με το μεγαλύτερο μερίδιο ευθύνης να δίνεται στους ειδικούς φορτιστές και συστήματα που είναι ενσωματωμένοι στο όχημα (on-board charger –OBC). Ένας ενσωματωμένος φορτιστής (OBC) χρησιμοποιείται σε ηλεκτρικό όχημα (EV) ή υβριδικό ηλεκτρικό όχημα (HEV) για τη φόρτιση της μπαταρίας έλξης. Το ενσωματωμένο σύστημα φορτιστή μετατρέπει την είσοδο AC από το δίκτυο σε είσοδο DC που φορτίζει την μπαταρία, βοηθά στην απλοποίηση του σχεδιασμού του συστήματος με μια ποικιλία λύσεων κλιματισμού

σήματος και ολοκληρωμένων προσφορών απομόνωσης υψηλής τάσης, συμπεριλαμβανομένων των προγραμμάτων οδήγησης μεμονωμένων πυλών.

Στη φόρτιση με επαφή το άμεσο ενδιαφέρον μας πρέπει να δίνεται στον χώρο που θα τοποθετηθεί η μονάδα φόρτισης, είτε αυτός είναι οικιακός ή κοινόχρηστος, για την αποφυγή ατυχημάτων, καθώς δεν υπάρχει ακόμα κάποια αυτοματοποιημένη διαδικασία για την φόρτιση τέτοιου τύπου και ο ανθρώπινος παράγοντας και παρέμβαση φέρει πάντα την αυστηρή τήρηση των μέτρων προστασίας. Για την αποφυγή ηλεκτροπληξίας, για παράδειγμα, είτε λόγο υγρασίας είτε από κάποια τομή που έχει δημιουργηθεί στη προστασία του καλωδίου φόρτισης, ο χώρος θα πρέπει να είναι στεγανοποιημένος. Επίσης αυτή η προστασία θα βοηθήσει στην αποτροπή δημιουργίας σημείων πάγων στην επιφάνεια επαφής βύσματος και οχήματος, σε περιοχές με χαμηλές θερμοκρασίες, και θα εξασφάλιση την ασφάλεια του οχήματος και του χειριστή.[93]



Εικόνα 4.2 : Φόρτιση με επαφή ηλεκτρικού οχήματος σε κοινόχρηστο χώρο [94]

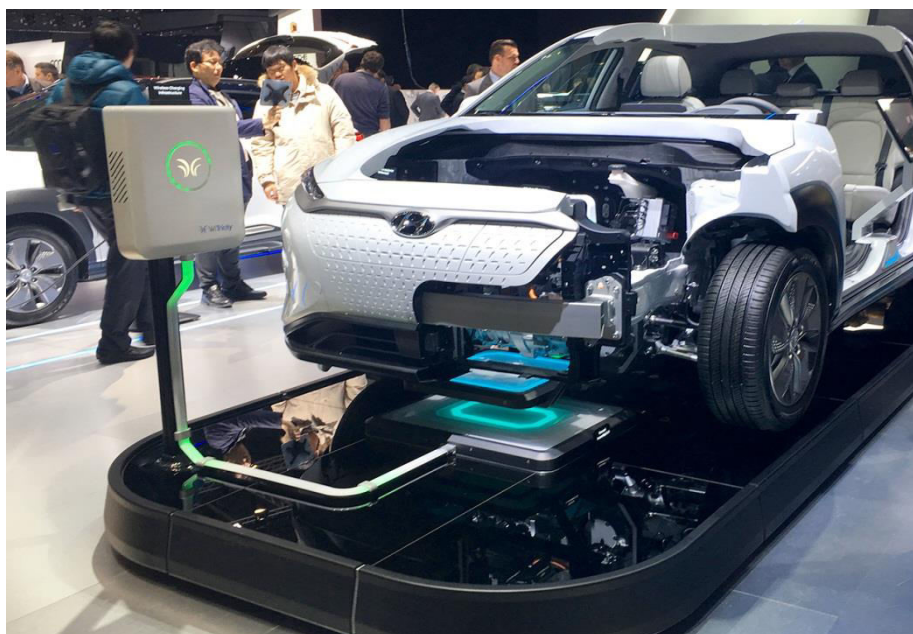
4.3 Φόρτιση επαγωγής

Η επαγωγική φόρτιση (επίσης γνωστή ως ασύρματη φόρτιση) είναι ένας τύπος ασύρματης μεταφοράς ισχύος . Χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητική επαγωγή για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε συσκευές. Ο φορητός εξοπλισμός μπορεί να τοποθετηθεί κοντά σε σταθμό φόρτισης ή επαγωγικό ταμπόν χωρίς να χρειάζεται να είναι ακριβώς ευθυγραμμισμένο ή να κάνει ηλεκτρική επαφή με βάση σύνδεσης ή βύσμα.

Η ενέργεια μεταφέρεται μέσω επαγωγικής ζεύξης . Ένα εναλλασσόμενο ρεύμα διοχετεύεται μέσω ενός επαγωγικού πηνίου στο σταθμό φόρτισης (το πρωτεύον ή το πηνίο μετάδοσης.) Κάθε κινούμενο ηλεκτρικό φορτίο δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο, όπως δηλώνεται από το νόμο του Oersted . Το μαγνητικό πεδίο κυμαίνεται σε ισχύ καθώς το ρεύμα εναλλασσόμενου ρεύματος αλλάζει συνεχώς το πλάτος. Ένα μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο δημιουργεί μια ηλεκτροκινητική δύναμη αλλιώς γνωστή ως νόμος επαγωγής του Faraday . Αυτό δημιουργεί ένα εναλλασσόμενο ηλεκτρικό ρεύμα σε ένα δεύτερο επαγωγικό πηνίο (το πηνίο λήψης ή το δευτερεύον πηνίο) στη

φορητή συσκευή. Στη συνέχεια μετατρέπεται σε συνεχές ρεύμα με ανορθωτή και χρησιμοποιείται για τη φόρτιση μιας μπαταρίας ή για παροχή ισχύος.

Σε ένα σύστημα επαγωγικής φόρτισης, το ένα τύλιγμα είναι προσαρτημένο στην κάτω πλευρά του οχήματος και το άλλο παραμένει στο πάτωμα του σταθμού φόρτισης. Το κύριο πλεονέκτημα της επαγωγικής προσέγγισης για τη φόρτιση του οχήματος είναι ότι δεν υπάρχει πιθανότητα ηλεκτροπληξίας, καθώς δεν υπάρχουν εκτεθειμένοι αγωγοί, αν και οι κλειδαριές, οι ειδικοί σύνδεσμοι και τα RCD (διακόπτες σφάλματος γείωσης ή GFI) μπορούν να κάνουν την αγωγή σύνδεση σχεδόν ως ασφαλές. Ένας επαγωγικός υποστηρικτής φόρτισης από την Toyota υποστήριξε ότι οι συνολικές διαφορές κόστους ήταν ελάχιστες, ενώ ένας υποστηρικτής αγωγικής φόρτισης από τη Ford υποστήριξε ότι η αγωγή φόρτιση ήταν πιο αποδοτική από πλευράς κόστους.[94]



Εικόνα 4.3 : Επαγωγική φόρτιση του Hyundai Kona με το ασύρματο σύστημα WiTricity[95]

4.4 Φόρτιση ηλεκτρικού οχήματος μέσω οικιακού δικτύου

Η ηλεκτροκίνηση έχει αλλάξει οριστικά το πώς ανεφοδιάζουμε τα οχήματά μας. Ουσιαστικά δεν πηγαίνεις πλέον με το αυτοκίνητό σου στο πρατήριο καυσίμων, αλλά μπορείς να φορτίσεις την μπαταρία του ηλεκτρικού οχήματος σου σχεδόν παντού: στο σπίτι σε μια οικιακή πρίζα/πρίζα σούκο και πάνω απ' όλα με ασφάλεια που σου προσφέρει ο ιδιωτικός σου χώρος, όπως το γκαράζ της οικίας σου.

Ορισμένα από τα χαρακτηριστικά της οικιακής φόρτισης είναι συγκριτικά με τη παροχή του οικιακού δικτύου που προσφέρεται. Για παράδειγμα δίνεται κυρίως η δυνατότητα μονοφασικής παροχής και τάση δικτύου 230V, και με τη χρήση μιας ειδικής συσκευής φόρτισης με ενσωματωμένο σύστημα ελέγχου και προστασίας και με παροχή στα 16 A, ή εφόσον υπάρχει τέτοια διαθεσιμότητα στο χώρο εγκατάστασης της συσκευής, και στα 32A, ανάλογα με τις ασφάλειες που χρησιμοποιεί η οικία, έχουμε ως αποτέλεσμα οι δυνατότητες της ισχύος που

αποδίδεται να είναι 3,6 και 7,2 kW αντίστοιχα. και μια πλήρης επαναφόρτιση άδειας μπαταρίας μπορεί να διαρκέσει κατά μέσο όρο από 3,5 έως 7 ώρες αναλόγως του τύπου του αυτοκινήτου και των χαρακτηριστικών της συσκευής φόρτισης .

Ως αποτέλεσμα λοιπόν, η επαναφόρτιση του ηλεκτρικού μας οχήματος στον οικιακό μας χώρο, παρά τη μεγάλη διάρκεια που την αντιπροσωπεύει, μπορούμε να τη θεωρήσουμε μία αποτελεσματική λύση, όχι μόνο για την αυτονομία που θα μας προσφέρει την επόμενη μέρα, αλλά και για την αποβολή του άγχους που συντροφεύει την αυτονομία του ηλεκτρικού μας οχήματος.[96]



Εικόνα 4.4 : Οικιακή φόρτιση του Nissan Connect EV μέσω Wallbox[97]

4.5 Φόρτιση ηλεκτρικού οχήματος μέσω κοινόχρηστων παροχών

Η χρήση κοινόχρηστων παροχών, για τη φόρτιση του ηλεκτρικού μας οχήματος, μπορεί να αποτελέσει την ριζική αλλαγή της νοοτροπίας των έως τώρα δύσπιστων ως προς την ηλεκτροκίνηση, δίνοντας τη δυνατότητα της επαναφόρτισης του ηλεκτροκίνητου οχήματος σε αποστάσεις στις οποίες η αυτονομία του δε αποτελεί πλέον πρόβλημα.

Η φόρτιση πλέον θα μπορεί να γίνεται ακόμα και στα υπάρχων πρατήρια συμβατικών οχημάτων, δίνοντας ακόμα μία οπτική διαπίστωση του συνολικού κέρδους της ηλεκτροκίνησης.

Η κοινόχρηστες παροχές φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος, βάση του χώρου στον οποίο βρίσκονται, θα πρέπει να χωριστούν σε δύο υποκατηγορίες :

- a. Ιδιωτικοί χώροι με δημόσια πρόσβαση, όπως παρκινγκ καταστημάτων ή παρκινγκ εργασιακών χώρων, που θα δίνουν τη δυνατότητα επαναφόρτισης του οχήματος κατά τη διάρκεια της στάθμευσης, πληρώνοντας το ανάλογο αντίτιμο της ισχύος. Μπορούν επίσης να δημιουργηθούν και σταθμοί για τις ανάλογες ανάγκες, ταχείας ή αργής φόρτισης.
- b. Δημόσιοι χώροι με δημόσια πρόσβαση, όπου ο κάθε χρήστης ηλεκτρικού οχήματος θα μπορεί να χρησιμοποιήσει για τη φόρτιση του οχήματος του. Πρόκειται για την καλύτερη λύση για πυκνοκατοικημένες περιοχές και πόλεις, στις οποίες η δυνατότητα ιδιωτικού χώρου στάθμευσης και χρήση του οικιακού τρόπου φόρτισης δεν είναι δυνατή.

Οι απαιτήσεις των τελευταίων ετών έχουν θέσει την ανάγκη για την αύξηση των κοινόχρηστων χώρων φόρτισης και σε μία μελλοντική εφαρμογή, μέσω κεντρικού ελέγχου, θα μπορούμε να έχουμε τον πλήρη έλεγχο της διαδικασίας φόρτισης των οχημάτων και τη δυνατότητα χρήσης της αποθηκευμένης ενέργειας σε χρόνο που θα απαιτηθεί από το δίκτυο, σε μία αύξηση της ζήτησης ή και ακόμα την ασφαλή αποδέσμευση κάποιας μονάδας ή οχήματος, με την ένδειξη κάποιας δυσλειτουργίας. [98]



Εικόνα 4.5 : Κοινόχρηστη παροχή φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος της εταιρίας ABB [99]

4.6 Διεθνή Πρότυπα Σταθμών Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων

Η φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων, αλλά και οι τεχνολογίες που την αντιπροσωπεύουν, έχουν καίρια σημασία για τη διάδοση και τη χρήση των ηλεκτρικών οχημάτων. Σημαντικό πλεονέκτημα της φόρτισης του ηλεκτρικού αυτοκινήτου είναι ότι πλέον είναι προσιτή και εξαιρετικά απλή και εύκολη διαδικασία, εφόσον έχουν εγκατασταθεί οι σχετικές υποδομές.

Για τους λόγους αυτούς, έχουν καθιερωθεί διεθνώς διάφορα πρότυπα και τρόποι, οι οποίοι, αναλόγως των αναγκών των χρηστών και των δυνατοτήτων ηλεκτροδότησης κάθε σημείου φόρτισης, προφέρουν διαφορετική ποιότητα, ταχύτητα και δυνατότητες φόρτισης.

Στην χώρα μας και στις υπόλοιπες Ευρωπαϊκές χώρες χρησιμοποιούνται τα πρότυπα της «Διεθνούς Ηλεκτροτεχνικής Επιτροπής» (IEC – International Electrotechnical Commission), που απαρτίζονται από τα πρότυπα φόρτισης IEC 61851-1 και IEC 62196-1/IEC 62196-2. Στα υπόλοιπα κράτη του πλανήτη μπορούμε να συναντήσουμε διαφορετικά πρότυπα, τα οποία είναι διαμορφωμένα ανάλογα με τις απαιτήσεις της κάθε χώρας, όπως για παράδειγμα στις ΗΠΑ όπου ακολουθούν τα πρότυπα της SAE (Society of Automobile Engineers) και στην Ιαπωνία τα πρότυπα JEVS (Japan Electric Vehicle Standard).

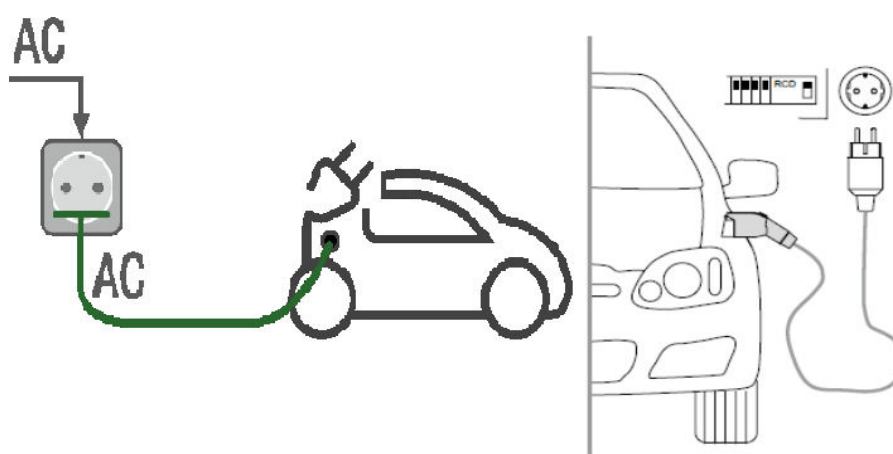
4.6.1 Πρότυπο IEC 61851-1

Το IEC 61851 είναι ένα διεθνές πρότυπο για αγωγήματα συστήματα ηλεκτρικής φόρτισης οχημάτων. Το συγκεκριμένο πρότυπο χωρίζεται σε τέσσερις κατηγορίες, τις λεγόμενες μεθόδους φόρτισης (charging modes), οι οποίες διακρίνονται με βάση τα χαρακτηριστικά της διαδικασίας φόρτισης των συσσωρευτών του ηλεκτρικού οχήματος, τις δικτυακές υποδομές, το κόστος δημιουργίας και εγκατάστασης, ακόμα και από τους χρόνους φόρτισης των ηλεκτρικών συσσωρευτών, οι οποίοι μπορούν να πραγματοποιήσουν την φόρτιση τους με την ύπαρξη εναλλασσόμενου και συνεχούς ρεύματος.

Οι κατηγορίες-μέθοδοι φόρτισης (Modes) του προτύπου IEC 61851 είναι οι εξής :

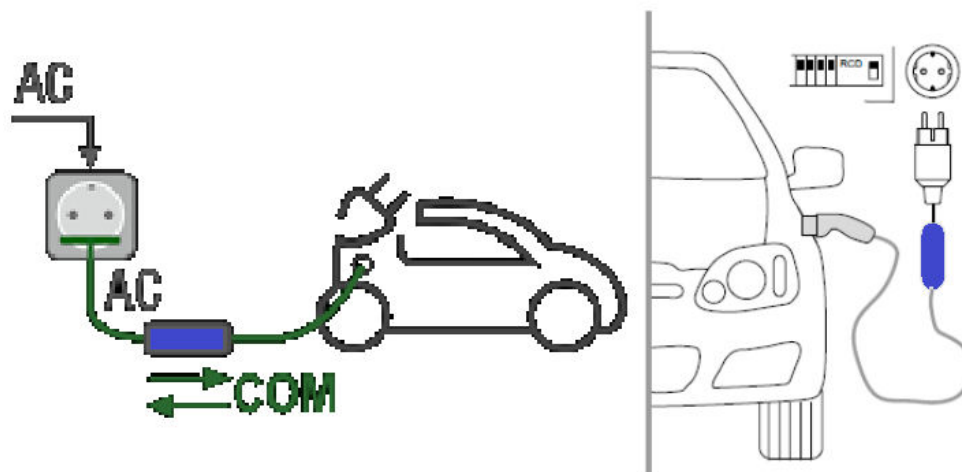
- Mode 1 : Με τη Μέθοδο 1 το ηλεκτρικό όχημα φορτίζεται άμεσα, με ανεξάρτητη ηλεκτρική γραμμή εναλλασσόμενου (AC) δικτύου, με καλή γείωση, μέσω κλασσικού ρευματοδότη Schuko, κατάλληλων προδιαγραφών ασφαλείας και προστασίας. Η φόρτιση πραγματοποιείται με εύκαμπτο καλώδιο, το οποίο στις περισσότερες περιπτώσεις παρέχεται με την αγορά του οχήματος, δίνοντας τη δυνατότητα παροχής μέγιστης ισχύς φόρτισης 3,7 KW και 7,4 KW, με βάση τη μορφή της ηλεκτρικής παροχής (μονοφασική / τριφασική), αντίστοιχη της μέγιστης τάσης (230/400V) και του μέγιστου ρεύματος (16/32A).

Για την προσωπική μας προστασία και τη προστασία της διάταξης, πρέπει να υπάρχει μια προστατευτική διάταξη ισοζυγισμού RCD (Residual Current Device) προς την πλευρά της παροχής. Στη περίπτωση όπου, βάση της νομοθεσίας κάποιας χώρας, δεν ενδείκνυται η παρουσία μιας τέτοιας διάταξης, έχουμε τη χρήση του Mode2 των μεθόδων φόρτισης.



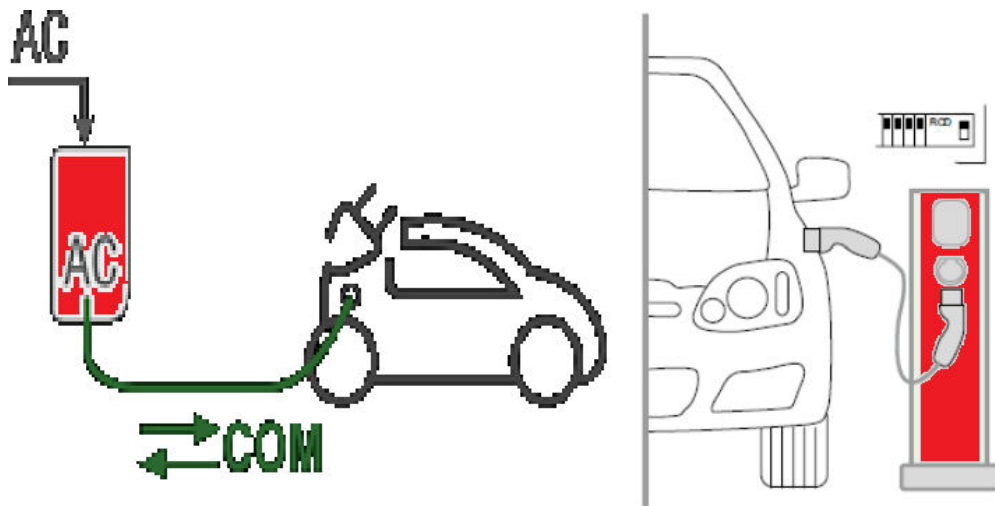
Εικόνα 4.6.1 α: Φόρτιση ηλεκτρικού αυτοκινήτου μέσω Mode 1 [100]

- Mode 2 : Στη Μέθοδο 2 το ηλεκτρικό όχημα φορτίζεται άμεσα από το AC ηλεκτρικό δίκτυο χαμηλής τάσης μέσω κοινού ρευματοδότη, χρησιμοποιώντας κατάλληλη συσκευή φόρτισης με καλώδιο και βύσμα, η οποία εμπεριέχει αγωγό ελέγχου (control pilot) και διάταξη προστασίας από ηλεκτροπληξία. Υπάρχει επίσης δυνατότητα παροχής πληροφοριών του επιπέδου φόρτισης του οχήματος, μέσω δύο πρόσθετων αγωγών επικοινωνίας ενσωματωμένων στο καλώδιο σύνδεσης. Στη μέθοδο αυτή παρέχεται επίσης ισχύς φόρτισης 3.7 / 7.4 KW, με αντίστοιχη ρευματοδότηση (μονοφασική/τριφασική), σε ανεξάρτητη ηλεκτρική γραμμή και με καλή γείωση.



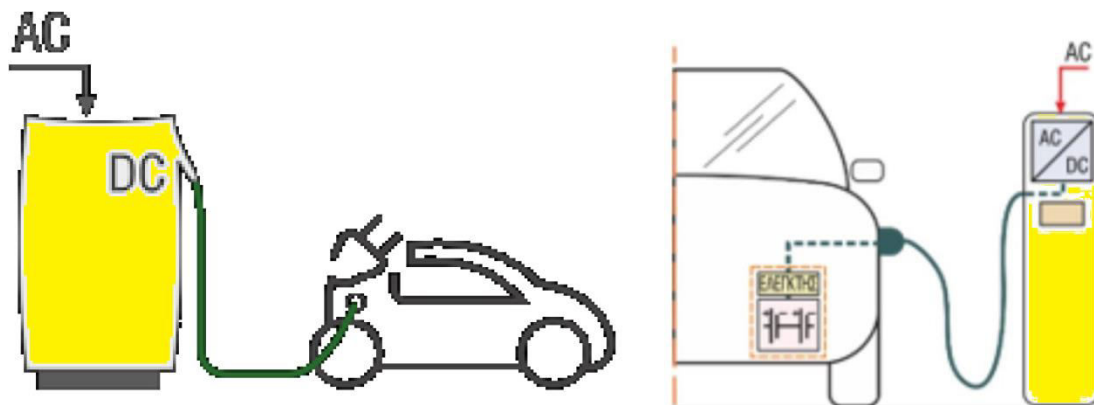
Εικόνα 4.6.1 β: Φόρτιση ηλεκτρικού αυτοκινήτου μέσω Mode 2 [100]

- Mode 3 : Η Μέθοδος 3 είναι η συνηθέστερη μέθοδος που παρατηρείτε σε οικιακή χρήση και σε κοινόχρηστες εγκαταστάσεις. Επίσης εδώ η σύνδεση γίνεται σε ανεξάρτητη ηλεκτρική γραμμή με καλή γείωση με το καλώδιο παροχής να καταλήγει σε ειδικό σύστημα κατάλληλων προδιαγραφών ασφαλείας, προστασίας και ελέγχου λειτουργίας. Το εύκαμπτο καλώδιο φόρτισης είναι μόνιμα συνδεδεμένο στο σύστημα φόρτισης και καταλήγει σε ειδικών προδιαγραφών ακροδέκτες σύνδεσης (μονοφασικούς ή τριφασικούς) με το όχημα. Η κύρια διαφορά αυτής της μεθόδου, με τις υπόλοιπες μεθόδους που προαναφέραμε, είναι ότι ενδείκνυται συστήματα μεγάλης ισχύος, από 7.4 KW μονοφασικής σύνδεσης και έως 22 KW τριφασικής σύνδεσης, γρήγορης φόρτισης και τριφασικό ρεύμα υψηλότερο του Mode 2.



Εικόνα 4.6.1 γ: Φόρτιση ηλεκτρικού αυτοκινήτου μέσω Mode 3 [100]

- Mode 4 : Στη Μέθοδος 4, το εναλλασσόμενο ρεύμα του δικτύου μετατρέπεται σε συνεχές ρεύμα, με μέγιστες τάσεις 400V και 600V, δίνοντας μέγιστο συνεχές ρεύμα μέχρι 400 A και παρέχοντας μέγιστη ισχύ φόρτισης από 50 kW έως 160 kW, δίνοντας απευθείας στους ηλεκτρικούς συσσωρευτές του οχήματος τη δυνατότητα άμεσης και ταχείας φόρτισης, αντικαθιστώντας έτσι τον εγκατεστημένο φορτιστή του οχήματος. Επιπλέον, χρειάζεται για άλλη μία φορά, η ύπαρξη ανεξάρτητης ηλεκτρικής γραμμής, με καλή γείωση και το εύκαμπτο καλώδιο φόρτισης να είναι μόνιμα συνδεδεμένο στο σύστημα φόρτισης, το οποίο καταλήγει σε ειδικών προδιαγραφών ακροδέκτες σύνδεσης και σε ειδικό σύστημα φόρτισης, προδιαγραφών ασφαλείας, προστασίας και ελέγχου λειτουργίας.[101]



Εικόνα 4.6.1 δ: Φόρτιση ηλεκτρικού αυτοκινήτου μέσω Mode 4 [100]

4.6.1.1 Ισχύς Φόρτισης των Μεθόδων του Πρότυπου IEC 61851-1

Για να έχουμε τη σωστή μέτρηση της ισχύς φόρτισης των σταθμών φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων θα πρέπει να έχουμε γνώση των στοιχείων της συσκευής φόρτισης και των παραμέτρων του δικτύου. Οι προϋποθέσεις αυτές είναι : ο αριθμός των φάσεων του δικτύου ηλεκτροδότησης, η τάση λειτουργίας του (V) και η ένταση της λειτουργίας του (A). Στον πίνακα 4.5.1^α παρατίθεται ο τρόπος υπολογισμού της ισχύς φόρτισης ενός ηλεκτρικού οχήματος και στον πίνακα 4.5.1^β παρουσιάζεται ένας συνοπτικός πίνακας για τις τέσσερις μεθόδους (Modes) του Πρότυπου IEC 61851 και τα χαρακτηριστικά που παρουσιάζουν.

Είδος δικτύου	Σύνδεση	Υπολογισμός ισχύος φόρτισης
Μονοφασικό		$P_{\text{ΦΟΡΤΙΣΗΣ}} = U_{(230\text{V})} \cdot I_{(16\text{A})}$
Τριφασικό	Αστέρας (Υ)	$P_{\text{ΦΟΡΤΙΣΗΣ}} = 3 \cdot U_{(230\text{V})} \cdot I_{(32\text{A})}$
	Τρίγωνο (Δ)	$P_{\text{ΦΟΡΤΙΣΗΣ}} = \sqrt{3} \cdot U_{(400\text{V})} \cdot I_{(32\text{A})}$

Πίνακας 4.6.1.1^α : Πίνακας υπολογισμού ισχύος φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων[101]

ΤΡΟΠΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	Μέγιστη Τάση (V)	Μέγιστο Ρεύμα (A)	Μέγιστη Ισχύς (KW)	Ενσωματωμένες διατάξεις προστασίας & ελέγχου (RCD/ EVSE – Electric Vehicle Supply Equipment)	Χρόνος φόρτισης	Χρήση σε εγκατάσταση
ΜΕΘΟΔΟΣ 1	230 (1φ)/ 400 (3φ)	16 / 32	3,7 / 11	ΟΧΙ	ΑΡΓΟΣ	ΟΙΚΙΑΚΗ
ΜΕΘΟΔΟΣ 2	230 (1φ)/ 400	16 / 32	7,4 / 22	ΝΑΙ	ΜΕΤΡΙΟΣ	ΟΙΚΙΑΚΗ

	(3φ)					
ΜΕΘΟΔΟΣ 3	230 (1φ)/ 400 (3φ)	70 / 63	14.5 44	–	ΝΑΙ	ΥΨΗΛΟΣ ΟΙΚΙΑΚΗ / ΕΜΠΟΡΙΚΗ / ΔΗΜΟΣΙΑ
ΜΕΘΟΔΟΣ 4	400 - 600	400	50 160	–	ΝΑΙ	ΤΑΧΕΙΑΣ ΕΜΠΟΡΙΚΗ / ΔΗΜΟΣΙΑ

Πίνακας 4.6.1.1^β : Συνοπτικός πίνακας των 4 μεθόδων φόρτισης βάσει του IEC 61851-1

4.6.1.2 Χρόνοι Φόρτισης Ηλεκτρικού Οχήματος

Ο χρόνος που απαιτείται για τη φόρτιση ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου μπορεί να είναι μόλις 30 λεπτά ή περισσότερες από 12 ώρες. Αυτό εξαρτάται από το μέγεθος της μπαταρίας και την ταχύτητα του σημείου φόρτισης. Υπάρχουν 5 κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν το χρόνο που απαιτείται για τη φόρτιση ενός ηλεκτρικού οχήματος :

- Το Μέγεθος του Συσσωρευτή : Όσο μεγαλύτερη είναι η χωρητικότητα της μπαταρίας του οχήματός σας (μετρούμενη σε kWh), τόσο περισσότερο θα χρειαστεί να φορτιστεί.
- Η Κατάσταση του συσσωρευτή (άδεια έναντι πλήρους): Εάν φορτίζετε από μηδενικό σημείο, θα χρειαστεί περισσότερος χρόνος για φόρτιση από ό, τι εάν συμπληρώνετε το 50%.
- Μέγιστος ρυθμός φόρτισης οχήματος: Μπορείτε να φορτίσετε μόνο την μπαταρία του οχήματος στο μέγιστο ποσοστό φόρτισης που μπορεί να αποδεχτεί το όχημα. Για παράδειγμα, αν ο μέγιστος ρυθμός φόρτισης του οχήματός σας είναι 7kW, δεν θα χρεώνεστε γρηγορότερα χρησιμοποιώντας ένα σημείο φόρτισης 22kW.
- Μέγιστο ποσοστό φόρτισης του σημείου φόρτισης: Ο χρόνος που απαιτείται για τη φόρτιση θα περιορίζεται επίσης από το μέγιστο ποσοστό φόρτισης του σημείου φόρτισης που χρησιμοποιείτε. Για παράδειγμα, ακόμα και αν το όχημά σας μπορεί να φορτίσει στα 11kW, θα φορτίσει μόνο στα 7kW σε ένα σημείο φόρτισης 7kW.
- Περιβαλλοντικοί παράγοντες: Μια ψυχρότερη θερμοκρασία περιβάλλοντος μπορεί να καθυστερήσει λίγο περισσότερο για τη φόρτιση, ειδικά όταν χρησιμοποιείτε γρήγορο φορτιστή. Οι ψυχρότερες θερμοκρασίες σημαίνουν επίσης ότι τα οχήματα είναι λιγότερο αποδοτικά, οπότε προστίθενται λιγότερα χιλιόμετρα ανά χρόνο φόρτισης.

Ένα τυπικό ηλεκτρικό αυτοκίνητο (BEV) έχει χωρητικότητα μπαταρίας περίπου 60kWh διαρκεί λιγότερο από 8 ώρες για φόρτιση από κενό έως πλήρες με σημείο φόρτισης 7kW, παρέχοντας αυτονομία για περίπου 160 Km. Σε περιπτώσεις υβριδικών οχημάτων (PHEV), όπου η χωρητικότητα του συσσωρευτή τους κυμαίνεται από 5 kWh έως 14 kWh, ο χρόνος της φόρτισης είναι πολύ μικρότερος σε σχέση με ένα πλήρες ηλεκτρικό όχημα και η αυτονομία των PHEV οχημάτων που συναντούμε είναι μεταξύ της τάξεως 30 και 70 χιλιομέτρων. Με τα δεδομένα του λόγου ισχύς φόρτισης και χωρητικότητας συσσωρευτή, και με την αυτονομία που συγκαταλέγει κάθε ηλεκτρικό όχημα, θα πρέπει να φορτίζεται τουλάχιστον μία φορά την ημέρα, πάντα με βάση τη χρήση του οχήματος, και κατά βάση νυχτερινές ώρες, στις οποίες μπορεί να εξασφαλιστεί

οικονομικότερη χρέωση ισχύος (νυχτερινή χρέωση ρεύματος κατοικίας) και εκ των πλείστων οι νυχτερινές ώρες θεωρούνται «νεκρές» ώρες ως προς τη χρήση του οχήματος.

Με γνώση των δεδομένων που μας προσφέρονται από τις κατασκευαστικές εταιρίες, για τους συσσωρευτές του οχήματος και τους σταθμούς φόρτισης, και με βάση τη χωρητικότητα της μπαταρίας ($E_{\text{χωρητικότητα}}$) του ηλεκτρικού οχήματος και την ισχύ φόρτισης ($P_{\text{φόρτισης}}$) του σταθμού φόρτισης, μπορούμε να υπολογίσουμε τον χρόνο φόρτισης ($t_{\text{φόρτισης}}$) που χρειάζεται ένα ηλεκτρικό όχημα, χρησιμοποιώντας την παρακάτω σχέση :

$$t_{\text{ΦΟΡΤΙΣΗΣ}} = \frac{\text{Χωρητικότητα συσσωρευτή (KWh)}}{P_{\text{ΦΟΡΤΙΣΗΣ}} \text{ (KW)}}$$

Έτσι, λοιπόν, ο χρόνος που απαιτείτε για τη κάλυψη της αυτονομίας ενός ηλεκτρικού οχήματος για 100 χιλιόμετρα , με βάση τις τέσσερις μεθόδους του πρότυπου IEC 61851, παρουσιάζεται στον επόμενο πίνακα 4.5.1.2^α. Επίσης, μπορούμε να συγκρίνουμε με βάση τους χρόνους φόρτισης διάφορα μοντέλα ηλεκτρικών και υβριδικών αυτοκινήτων, την αντίστοιχη αυτονομία τους και την ανταπόκριση που έχουν στα δεδομένα μιας σύγχρονης κοινωνικής ζωής(πίνακας 4.6.1.2^β). [102]

Χρόνος φόρτισης (h – min)	Ισχύς (KW)	Τάση (V)	Ρεύμα (A)
5 – 6 h	3.3	230 V (1Φ)	16 A
2 – 2 ½ h	7.4	230 V (1Φ)	32 A
1 ½ – 2 h	11	400 V (3Φ)	16 A
44 – 55 min	22	400 V (3Φ)	32 A
22 – 28 min	43	400 V (3Φ)	63 A
19 – 24 min	50	400 – 500 V (DC)	100 – 125 A
8 – 10 min	120	300 – 500 V (DC)	300 – 350 A

Πίνακα 4.6.1.2^α: Χρόνοι φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων για αυτονομία 100 Km

Αυτοκίνητο (Model – Brand)	Χωρητικότητα Συσσωρευτή (KWh)	Αυτονομία (Km)	Χρόνος Φόρτισης/Mode (h – min)
BMW i3 (2018)	42.2 kWh	310 Km	12h στα 230VAC (3.7kW)
			6h στα 230VAC (7 kW)
			4h στα 400VAC (22kW)
			40min στα 300-500VAC (50-150 kW)
Nissan LEAF (2018)	40 kWh	270 Km	11h στα 230VAC (3.7kW)
			6h στα 230VAC (7.2 kW)
			6h στα 400VAC (22kW)
			30min στα 300-500VAC (50-150 kW)
Volkswagen e-up! (2020)	32.3 kWh	260 Km	9h στα 230VAC (3.7kW)
			9h στα 230VAC (7.2 kW)
			5h στα 400VAC (22kW)
			30min στα 300-500VAC

			(50-150 kW)
Toyota Prius PHEV (2017)	8.8 kWh	60 Km	3h στα 230VAC (3.7kW)
			3h στα 230VAC (7.2 kW)
			3h στα 400VAC (22kW)

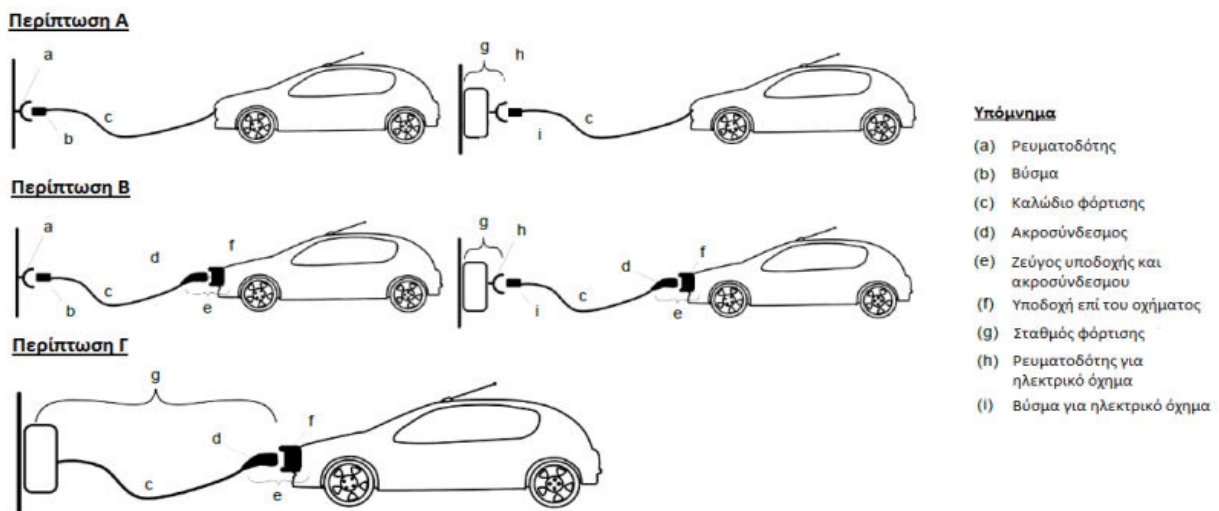
Audi e-tron 50 (2020)	71 kWh	305 Km	19h στα 230VAC (3.7kW)
			10h στα 230VAC (7.2 kW)
			7h στα 400VAC (22kW)
			60-30min στα 300-500VAC (50-150 kW)
Mitsubishi Outlander PHEV (2019)	13.8 kWh	45 Km	4h στα 230VAC (3.7kW)
			4h στα 230VAC (7.2 kW)
			4h στα 400VAC (22kW)
			30min στα 300-500VAC (50-150 kW)
Tesla Model S (2019)	100 kWh	590 Km	27h στα 230VAC (3.7kW)
			15h στα 230VAC (7.2 kW)
			6h στα 400VAC (22kW)
			80-30min στα 300-500VAC (50-150 kW)

Πίνακας 4.6.1.2^β: Σύγκριση Τεχνικών και Λειτουργικών Χαρακτηριστικών Ηλεκτρικών Αυτοκινήτων [103]

4.6.1.3 Τρόποι σύνδεσης ηλεκτρικών οχημάτων (Case A, B, και C)

Για την σύνδεση μεταξύ των ηλεκτρικών οχημάτων και των σημείων φόρτισης , μπορούν να πραγματοποιηθούν με τη χρήση των παρακάτω τριών περιπτώσεων (Cases) :

- Case A : Στη πρώτη περίπτωση, η σύνδεση μεταξύ ηλεκτρικού οχήματος και δικτύου παροχής εναλλασσομένου ρεύματος, πραγματοποιείται με χρήση εύκαμπτου καλωδίου παροχής, το οποίο είναι μόνιμα συνδεδεμένο με το ηλεκτροκίνητο όχημα και καταλήγει σε ρευματοδότη για τη σύνδεση με το δίκτυο. Η περίπτωση αυτή πλέον δεν εφαρμόζεται και τείνει να αναληφθεί.
- Case B : Στη δεύτερη περίπτωση, η σύνδεση μεταξύ ηλεκτρικού οχήματος και δικτύου παροχής εναλλασσομένου ρεύματος, πραγματοποιείται με χρήση αποσπώμενου εύκαμπτου καλωδίου παροχής, στο ποίο στα δύο άκρα του είναι τοποθετημένο ειδικό βύσμα με μορφή ηλεκτρολήπτη για τη σωστή εφαρμογή στο όχημα και στο άλλο άκρο βύσμα ρευματολήπτη για τη σύνδεση με το δίκτυο παροχής.
- Case C : Στη τρίτη περίπτωση, η σύνδεση μεταξύ ηλεκτρικού οχήματος και δικτύου παροχής εναλλασσομένου ρεύματος, πραγματοποιείται με χρήση εύκαμπτου καλωδίου παροχής, το οποίο είναι μόνιμα συνδεδεμένο με το δίκτυο παροχής, και στο ελεύθερο άκρο του είναι τοποθετημένο ειδικό βύσμα ηλεκτρολήπτη για τη σύνδεση του με το ηλεκτρικό όχημα.[104]



Εικόνα 4.6.1.3 : Σχηματική απεικόνιση των Περιπτώσεων Α, Β και Γ (Cases A,B,C)

4.6.2 Πρότυπο SAE – J1772

Η Εταιρεία Μηχανικών Αυτοκινήτου (SAE - Society of Automotive Engineers) καθορίζει τις γενικές προδιαγραφές φυσικής, ηλεκτρικής, επικοινωνίας και απόδοσης για τα συστήματα φόρτισης EV που χρησιμοποιούνται στις ΗΠΑ, όπως αυτό αναθεωρήθηκε και δημοσιοποιήθηκε τον Φεβρουάριο του 2016, ως μέρος του προτύπου SAE J1772. Ακολουθούν τα διαφορετικά επίπεδα φόρτισης που εφαρμόζονται στην αγορά, με βάση την ονομαστική ισχύ, την τάση και το ρεύμα, τα επίπεδα φόρτισης στη Βόρεια Αμερική, όπου ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες:

- Επίπεδο 1 : αναφέρεται στη φόρτιση από τις κανονικές οικιακές πρίζες 120 V με μέγιστο ρεύμα 12 ή 15 A, η οποία παρέχει μέγιστη ισχύ 1,44 kW ή 1,92 kW. Εδώ το ενεργό στοιχείο φόρτισης βρίσκεται μέσα στο αυτοκίνητο (ενσωματωμένος φορτιστής EV).
- Επίπεδο 2 : Μπορεί να είναι από την έξοδο 240 V ή από ένα ειδικό σημείο φόρτισης EV (EVSE). Τάση AC στα 240 V με μέγιστο ρεύμα 80 A και μέγιστη ισχύ 19,2 kW. Στο επίπεδο-2 χρησιμοποιείται επίσης ο ενσωματωμένος φορτιστής EV.
- Επίπεδο 3: Εδώ, ο φορτιστής είναι εκτός οχήματος (που σημαίνει ότι ο ενσωματωμένος φορτιστής EV παρακάμπτεται και ο σταθμός φόρτισης παρέχει τάση DC απευθείας στην μπαταρία μέσω σύνδεσης DC, με μέγιστη ισχύ 400 kW.

Εκτός από αυτά τα πρότυπα για ηλεκτρικά αυτοκίνητα και ελαφρά φορτηγά, αναπτύσσεται μια επέκταση στο πρότυπο CCS (Combined Charging System - Συνδυασμένο Σύστημα Φόρτισης) για μεγάλα επαγγελματικά οχήματα. Το σύστημα συνδυασμένης φόρτισης επιτρέπει τη φόρτιση εναλλασσόμενου ρεύματος χρησιμοποιώντας τη σύνδεση τύπου 1 και τύπου 2 ανάλογα με τη γεωγραφική περιοχή. Αυτό είναι επικεφαλής της Charin Association που ανέπτυξε CCS. Θα ονομάζεται φόρτιση υψηλής ισχύος για επαγγελματικά οχήματα HPCCV (High Power Charging for Commercial Vehicle Charging - Υψηλής Ισχύος Φόρτιση Επαγγελματικών Οχημάτων). Το HPCCV αναμένεται να λειτουργεί στην περιοχή των 200-1500 Volts και 0-3000 A για θεωρητική μέγιστη ισχύ 4,5 MW. Η πρόταση απαιτεί οι θύρες φόρτισης HPCCV να είναι συμβατές με τους υπάρχοντες φορτιστές CCS και HPC.[107]

4.6.3 Πρότυπο SAE TIR J2954

Το SAE TIR J2954 καθιερώνει μια βιομηχανική οδηγία προδιαγραφών που καθορίζει αποδεκτά κριτήρια για διαλειτουργικότητα, ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα, ελάχιστες επιδόσεις, ασφάλεια και δοκιμές για ασύρματη φόρτιση ελαφρών ηλεκτρικών και plug-in ηλεκτρικών οχημάτων. Η τρέχουσα έκδοση αφορά τη μονόδρομη φόρτιση, από δίκτυο σε όχημα, αλλά η αμφίδρομη μεταφορά ενέργειας μπορεί να αξιολογηθεί για ένα μελλοντικό πρότυπο.

Το SAE TIR J2954 δημιουργεί μια κοινή ζώνη συχνοτήτων χρησιμοποιώντας 85 kHz (81,39 - 90 kHz) για όλα τα ελαφρά συστήματα οχημάτων. Επιπλέον, καθορίζονται τέσσερις κατηγορίες PH / EV για επίπεδα ασύρματης μεταφοράς ενέργειας. Οι μελλοντικές αναθεωρήσεις ενδέχεται να περιλαμβάνουν ακόμη υψηλότερα επίπεδα ισχύος:

- 3.7kW (WPT 1) που καθορίζεται στο TIR J2954
- 7.7kW (WPT 2) που καθορίζεται στο TIR J2954
- 11kW (WPT 3) που θα καθοριστεί στην αναθεώρηση του J2954
- 22kW (WPT 4) που θα καθοριστεί στην αναθεώρηση του J2954

Τα συμβατά συστήματα TIR J2954 WPT έχουν κατασκευαστεί από αυτοκινητοβιομηχανίες και προμηθευτές και επί του παρόντος υπόκεινται σε δοκιμή με μια διακλαδική βιομηχανική ομάδα με το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ, το Idaho και τα Argonne National Labs. Τα δεδομένα δοκιμής,

πρώτα στον πάγκο και αργότερα στο όχημα, θα χρησιμοποιηθούν για την οριστικοποίηση του προτύπου έως το 2020 για την υποστήριξη της ανάπτυξης αυτής της τεχνολογίας.[107]

4.6.4 Πρότυπο IEC 62196

Το πρότυπο IEC 62196 είναι μια σειρά διεθνών προτύπων που ορίζουν απαιτήσεις και δοκιμές για βύσματα, πρίζες, βύσματα οχημάτων και εισόδους οχημάτων για αγωγή φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων και είναι συντηρείται από την τεχνική υποεπιτροπή SC 23H Το πρότυπο αυτό δημοσιεύεται υπό τον γενικό τίτλο «Βύσματα, Ρευματοδότες και Υποδοχές Ηλεκτρικών Οχημάτων Για Αγωγή Διασύνδεση» της Διεθνούς Ηλεκτροτεχνικής Επιτροπής (IEC).

Τα βύσματα, ρευματοδότες, συνδετήρες και είσοδοι οχημάτων σύμφωνα με αυτή τη σειρά των προτύπων που χρησιμοποιούνται σε εξοπλισμό εφοδιασμού EV σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61851 της σειράς IEC 62752 και σε ηλεκτρικά οχήματα σύμφωνα με το ISO 17409 ή ISO 18246.

Στο πρότυπο IEC 62196 συναντούμε τις εξής τέσσερις τύπους βυσμάτων και υποδοχών :

1. Τύπος 1 (Type 1) : Στον τύπο αυτό, συναντούμε βύσματα και υποδοχές μονοφασικής σύνδεσης εναλλασσομένου ρεύματος. Το IEC 62196-1 περιγράφει αυτήν τη διαμόρφωση με ρεύμα λειτουργίας έως 32 A, επιτρέποντας μέγιστη τάση 250 V, μόνο για εφαρμογές στις ΗΠΑ, όπου αυτό το υψηλότερο ρεύμα λειτουργίας περιγράφεται επίσης από το SAE J1772. Χρησιμοποιείται ευρέως στις ΗΠΑ και την Ιαπωνία. Επίσης, επειδή ο αρχικός σχεδιασμός έγινε από τον κατασκευαστή Yazaki και δημοσιεύθηκε για πρώτη φορά στο SAE J1772 , είναι γνωστός ως "Yazaki connector" ή "J1772 connector".
2. Τύπος 2 (Type 2) : Το πρότυπο IEC 62196-2 (συνήθως ονομάζεται και ως Mennekes) χρησιμοποιείται για τη φόρτιση ηλεκτρικών αυτοκινήτων και μπαταρίες με χωρητικότητα 3–50 kw, με βύσμα τροποποιημένο από την Tesla ικανό να εξάγει 150 kw . Η ηλεκτρική ενέργεια παρέχεται ως μονοφασικό ή τριφασικό εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) ή συνεχές ρεύμα (DC). Η αγωγή φόρτιση μονοφασικής σύνδεσης εναλλασσόμενου ρεύματος, μπορεί να φτάσει μέχρι 250 V και εντάσεις ρεύματος 20 A, 32 A, 63 A ή 70 A, όπως και για τριφασική σύνδεση 380 – 480 V με εντάσεις ρεύματος 20 A, 32 A ή 63 A. Τα βύσματα και οι υποδοχές σε αυτόν τον Τύπο δεν περιλαμβάνουν κλείστρα, οπότε η χρήση τους πρέπει να γίνεται με ασφάλεια. Τον Ιανουάριο του 2013, ο σύνδεσμος IEC 62196 Type 2 επιλέχθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή ως επίσημο βύσμα φόρτισης στην Ευρωπαϊκή Ένωση .
3. Τύπος 3 (Type 3) : Αυτή η διαμόρφωση αποτελείται από τρεις ομάδες, τρία διαφορετικά σχέδια με διαφορετικές διαστάσεις, όπου η καθεμία από τις οποίες περιλαμβάνει ένα

βύσμα, μια πρίζα και έναν σύνδεσμο οχήματος. Η ηλεκτρική ενέργεια παρέχεται ως μονοφασικό ή τριφασικό εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) ή συνεχές ρεύμα (DC), μέχρι 250 V στην μονοφασική σύνδεση και ένταση ρεύματος 20 A ή 32 A, όπως και για τριφασική σύνδεση 380 – 480 V με ένταση ρεύματος μέχρι 63 A. Σε αυτόν τον τύπο η προστασία της αφής των επαφών παρέχεται από τα ειδικά κλείστρο, το οποίο όταν εισάγεται στην είσοδο του οχήματος, ο συνδετήρας συγκρατείται στη θέση του από τον μηχανισμό ασφάλισης, ο οποίος συνδέεται στην είσοδο του οχήματος. Η ίδια ιδέα χρησιμοποιείται από την πρίζα για να συγκρατεί το βύσμα στη θέση του. Ο αρχικός σχεδιασμός έγινε από τον κατασκευαστή Scame και είναι γνωστός και ως «σύνδεσμος Scame».

4. Τύπος 4 (Type 4) : Το CHAdeMO , όπως είναι η εμπορική επωνυμία του Τύπου 4 , είναι μια μέθοδος γρήγορης φόρτισης για ηλεκτρικά οχήματα μπαταρίας που παρέχουν έως και 62,5 kW , συνεχούς τάσης και ρεύματος έως 500 V και 125 A αντίστοιχα, μέσω ειδικής ηλεκτρικής επαφής . Μια αναθεωρημένη προδιαγραφή CHAdeMO 2.0 επιτρέπει έως 400 kW έως 1000 V , 400 A συνεχές ρεύμα . Το CHAdeMO είναι μια συντομογραφία του "CHArge de MOve", που ισοδυναμεί με το "move using charge" ή "move by charge" ή "charge 'n' go", μια αναφορά στο γεγονός ότι είναι ένας γρήγορος φορτιστής. Το όνομα προέρχεται από την ιαπωνική φράση O cha demo ikaga desuka , που μεταφράζεται στα Αγγλικά ως "Τι θα λέγατε για ένα φλιτζάνι τσάι;", αναφερόμενος στον χρόνο που θα χρειαζόταν για τη χρέωση ενός αυτοκινήτου. Το CHAdeMO μπορεί να φορτίσει ηλεκτρικά αυτοκίνητα χαμηλής εμβέλειας (120 χλμ.) σε λιγότερο από μισή ώρα. Από τον Ιούνιο του 2018 , το CHAdeMO επιτρέπει φόρτιση έως και 400 kW (400A x 1kV) και στοχεύει στα 900 kW καθώς αυτή τη στιγμή συνεργάζεται με το China Electricity Council (CEC) το επόμενο γενικό πρότυπο φόρτισης υψηλής ισχύος . Η αρχική σχεδίαση ήταν για φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων στην Ιαπωνία, οπότε αυτός ο τύπος καθορίστηκε από το Ιαπωνικό Πρότυπο Ηλεκτρικών Οχημάτων (Japan Electric Vehicle Standard – JEVS).

Επιπλέον, στα καλώδια φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων που χρησιμοποιούν τις μεθόδους 2 και 3 (Mode 2,3) για τη επαναφόρτιση τους, έχουν τοποθετηθεί δύο επιπλέον αγωγοί (CP), ζεύγος μικρής διατομής (0.50 mm²), μέσω των οποίων γίνεται δυνατή η παροχή πληροφοριών της σύνδεσης και της χωρητικής κατάστασης του συσσωρευτή του οχήματος στον σταθμό ανεφοδιασμού, για να πραγματοποιηθεί με ασφάλεια και αποτελεσματικότερα η επαναφόρτιση της μπαταρίας.

Στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, για τη φόρτιση των συσσωρευτών των ηλεκτρικών οχημάτων, οι οποίες γίνονται κυρίως σε χώρους οικιών αλλά και σε χώρους κτιρίων, με εναλλασσόμενο ρεύμα (κατηγορία Mode 2 ή Mode 3) και με βάση το εύρος της ισχύος της ηλεκτρικής εγκατάστασης, που κυμαίνεται από 3.7 kW μέχρι και 22 kW, αποφασίστηκε ότι το πρότυπο του συστήματος σύζευξης μεταξύ δικτύου ηλεκτροδότησης και ηλεκτρικού οχήματος, το πρότυπο IEC 62196-2 Τύπου 2 θα είναι το κοινό standard για τους φορτιστές στις χώρες μέλη της. [108][109]

4.7 Υποδοχείς Φόρτισης Ηλεκτρικού Οχήματος

Τα καλώδια φόρτισης και η υποδοχή τους έχουν θέση συγκεκριμένα όρια ως προς τη χρήση τους και πλέον είναι φανερή η ανάγκη ζήτησης από τους καταναλωτές και ιδιοκτήτες ηλεκτροκίνητων οχημάτων, για την τεχνική εξέλιξη και σχεδίαση βυσμάτων γενικής χρήσης, οι οποίοι θα ελευθερώσουν την αξιοποίησή και θα δίνουν την δυνατότητα χρήσης οποιουδήποτε μοντέλου ηλεκτρικής εγκατάστασης φόρτισης για το όχημα τους. Μέχρι σήμερα όμως δεν έχει δοθεί κάποια λύση στη κοινή χρήση των καλωδίων φόρτισης, όμως η συνεχή έρευνα και ραγδαία ανάπτυξη των τεχνολογιών της ηλεκτροκίνησης, μέσω των προτύπων IEC 62196-1 και IEC 62196-2, και μέσω της κοινής βάσης που παρουσιάζουν και στην ανάπτυξη των σχεδιασμών εκτός Ευρωπαϊκών Κρατών, θα παρουσιάσουν την κοινή προτροπή μίας παγκόσμιας εφαρμογής τους, φέρνοντας έτσι λοιπόν τη δυνατότητα ύπαρξης των θελημένων βυσμάτων στον χρήστη τους.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναπτυχθεί και θα περιγραφεί η τεχνολογία των ρευματοδοτών και ρευματοληπτών, που καθορίζονται μέσω του πρότυπου IEC 62196.

4.7.1 Βύσμα J1772/2009 (Yazaki)

Το SAE J1772 (IEC Type 1- βύσμα Τύπου 1), επίσης γνωστό ως βύσμα J ή «Yazaki», είναι ένα πρότυπο της Βόρειας Αμερικής και Ιαπωνίας για ηλεκτρικές συνδέσεις για ηλεκτρικά οχήματα που διακρίνονται από το SAE International και έχει τον επίσημο τίτλο "SAE Surface Vehicle Recommended Practice J1772, SAE Electric Vehicle Vehicle Charge Coupler." Καλύπτει τις γενικές απαιτήσεις φυσικού, ηλεκτρικού, πρωτοκόλλου επικοινωνίας και επιδόσεων για το σύστημα αγωγίμου φορτίου ηλεκτρικού οχήματος και ζεύξης. Το πρότυπο SAE ορίζει για το βύσμα J1772/2009, την μέγιστη τιμή τάσης στα 120 V, με μέγιστο ρεύμα 12 A ή 16 A και μέγιστη τάση έως 240 V, με μέγιστο ρεύμα 32 A ή 80 A. Το δε πρότυπο IEC 62196 ορίζει τιμές τάσης έως 250 V στα 32 A ή 80 A, μόνο για τις Η.Π.Α. και την Ιαπωνία. Έτσι λοιπόν το πρότυπο SAE J1772 ορίζει τα τέσσερα επίπεδα φόρτισης στην αναθεώρηση του Οκτωβρίου 2017: AC Level 1, AC Level 2, DC Level 1 και DC Level 2. Οι ηλεκτρικές τους ονομασίες καθορίζονται ως εξής:

Μέθοδος φόρτισης	Τάση (AC V)	Φάση	Μέγιστη. Ρεύμα (A, συνεχές)	Βαθμολογία διακόπτη διακλάδωσης (A)	Μέγιστη. Ισχύς (kW)
Επίπεδο AC 1	120	1 φάση	12	15 (ελάχ.)	1.44
			16	20	1.92
Επίπεδο AC 2	208 έως 240	1 φάση	≤ 80	Ανά NEC 625	Έως 19.2

Μέθοδος φόρτισης	Τάση εξόδου EVSE DC (DC V)	Μέγιστη. Τρέχουσα (A)	Μέγιστη. Ισχύς (kW)
Επίπεδο DC 1	50 έως 1000	80	80
Επίπεδο DC 2	50 έως 1000	400	400

Πίνακας 4.7.1 : Μέθοδοι φόρτισης προτύπου SAE J1772 και οι μέγιστες τιμές του

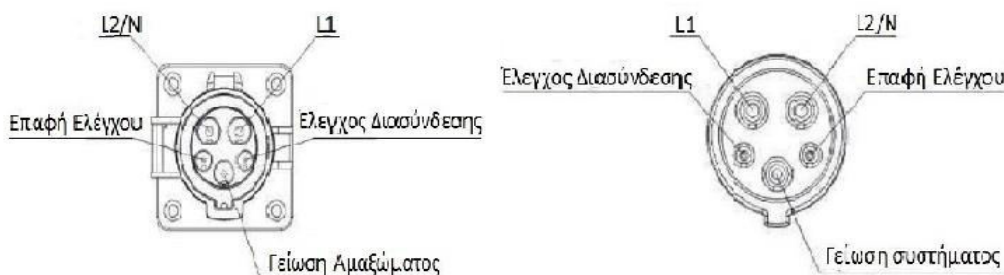
Το πρότυπο J1772 περιλαμβάνει διάφορα επίπεδα προστασίας από κραδασμούς, διασφαλίζοντας την ασφάλεια της φόρτισης ακόμη και σε υγρές συνθήκες. Φυσικά, οι ακίδες σύνδεσης είναι απομονωμένοι στο εσωτερικό του ρευματοδότη όταν ζευγαρώνονται, διασφαλίζοντας ότι δεν υπάρχει φυσική πρόσβαση σε αυτούς τους ακροδέκτες. Όταν δεν ζευγαρώνονται, οι σύνδεσμοι J1772 δεν έχουν τάσεις ισχύος στους πείρους, και η ισχύς φόρτισης δεν ρέει έως ότου δοθεί εντολή από το όχημα.

Ο ακροσύνδεσμος και η υποδοχή Τύπου 1 διαθέτουν πέντε ακροδέκτες και οι λειτουργίες τους παρουσιάζονται ως εξής:

- Επαφή 1: Γραμμή τροφοδοσίας L1 (Φάση)
- Επαφή 2: L2/N (δεύτερη φάση/ουδέτερος)
- Επαφή 3: PE (αγωγός προστασίας-Γείωση (Ground))
- Επαφή 4: Έλεγχος και επικοινωνία (CP – Control Pilot). Πραγματοποιεί τη σύνδεση μεταξύ οχήματος και σημείου φόρτισης, για τον έλεγχο της ορθής λειτουργίας όλων των συστημάτων στην αρχή, κατά τη διάρκεια, και στο πέρας της φόρτισης.
- Επαφή 5: Έλεγχος Διασύνδεσης (PD – Proximity Detection). Επιβεβαιώνει τη παρουσία του βύσματος φόρτισης ώστε να ακινητοποιηθεί το όχημα για όση ώρα φορτίζει.



Εικόνα 4.7.1^α : Ρευματοδότης και ρευματολήπτης, σύμφωνα με το πρότυπο SAE – J1772 [110]



Επίσης η επιτροπή SAE, πρότεινε με βάση το σχήμα του SAE – J1772, το SAE J1772 Combo Charging System (CCS), το οποίο πρόκειται για τη φόρτιση του μοντέλου φόρτισης 4 (Model 4), ταχείας DC φόρτισης, με ισχύ 90 kW και τάση 200 – 450V, προσθέτοντας δύο ακόμα επαφές στο σύστημα, μία για γείωση και μία για είσοδο DC ρεύματος, όπως βλέπουμε στη εικόνα 4.6.1^γ. [113]



Εικόνα 4.7.1^γ : Ρευματολήπτης και ρευματοδότης του J1772 Combo Charging System [112]

4.7.2 Βύσμα Mennekes

Το βύσμα IEC 62196 Type 2 (συνήθως αναφέρεται ως mennekes) χρησιμοποιείται για τη φόρτιση ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην Ευρώπη και δημιουργήθηκε από την VDA, την Γερμανική Ένωση Αυτοκινητοβιομηχανίας, συμμορφώνεται πλήρως με τις προδιαγραφές των προτύπων IEC 61851 και 62196. Απαρτίζεται από πέντε ακροδέκτες , χωρίς προστατευτικό κλείστρο, και η κατανομή των λειτουργιών τους είναι οι εξής :

Οι τρεις ακίδες χρησιμοποιούνται πάντα για τους ίδιους σκοπούς:

- Πιλοτικό εγγύτητας (PP): σηματοδότηση πριν από την εισαγωγή
- Πιλότος ελέγχου (CP): σηματοδότηση μετά την εισαγωγή
- Προστατευτική γείωση (PE): σύστημα προστασίας γείωσης πλήρους ρεύματος - διάμετρο 6 mm (0,24 in)

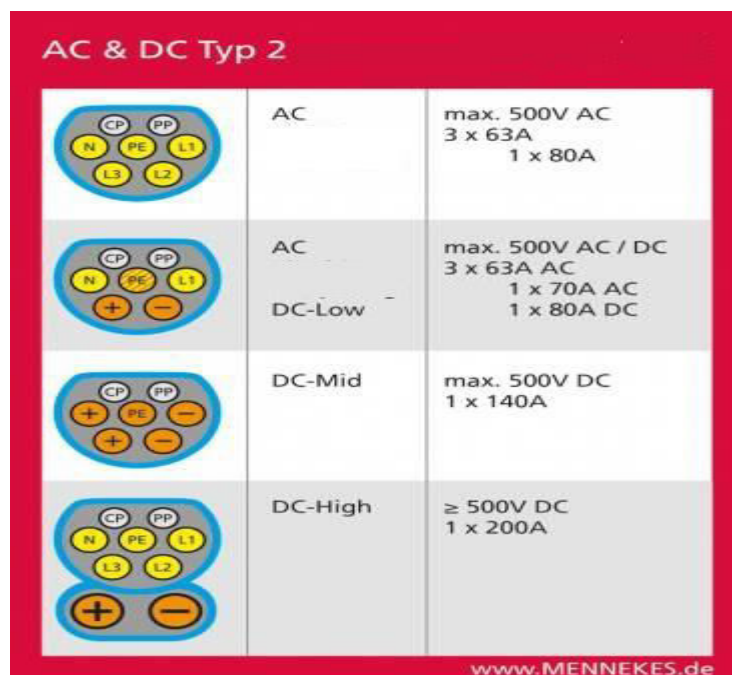
Ενώ η κατανομή των τεσσάρων κανονικών ακίδων τροφοδοσίας ποικίλλει ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας. Διατίθενται ως ένα από τα εξής:

- Ουδέτερο (N) και γραμμή (L1): μονοφασικό AC
- Ουδέτερες (N) και φάσεις γραμμής (L1, L2 και L3): τριφασικό AC
- Ουδέτερο (N) και γραμμή (L1); αρνητικό (-) και θετικό (+): συνδυασμένο μονοφασικό AC και DC χαμηλού ρεύματος
- Αρνητικό (-) και θετικό (+): DC χαμηλού ρεύματος
- Αρνητικό (-, -) και θετικό (+, +): DC μεσαίου ρεύματος

Η επικοινωνία πραγματοποιείται μέσω των ακίδων σηματοδότησης μεταξύ του φορτιστή, του καλωδίου και του οχήματος για να διασφαλιστεί ότι έχει επιλεγεί ο υψηλότερος κοινός παρονομαστής τάσης και ρεύματος, όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.7.2 . [114]

	AC Level 1,2 & 3	DC Χαμηλό	DC Μεσαίο	DC Υψηλό
Μέγιστη Τάση (V)	500	500	500	≥600
Μέγιστο Ρεύμα (A)	3x63, 1x70	70	140	250

Πίνακας 4.7.2 : Χαρακτηριστικά των AC/DC επιπέδων φόρτισης του βύσματος IEC 62196 Type 2



Εικόνα 4.7.2^α : Οι τρόποι λειτουργίας του βύσματος IEC 62196 Type 2 [115]



4.7.3 Βύσμα SCAME

Το βύσμα SCAME, βύσμα φόρτισης Τύπου 3, όπου σχεδιάστηκε αρχικά από τον κατασκευαστή Scame , και για αυτό είναι γνωστός ως «σύνδεσμος Scame», διαθέτει ένα οβάλ περίβλημα, το οποίο είναι ισοπεδωμένο στη μία πλευρά για σωστό προσανατολισμό, με έως επτά επαφές ακίδων και μανικιών για έως και τέσσερις αγωγούς εναλλασσόμενου ρεύματος, έναν προστατευτικό αγωγό και μία ή δύο ακίδες σήματος που χρησιμοποιούνται για ταυτόχρονη ανίχνευση εγγύτητας και τρέχουσα κωδικοποίηση (σύμφωνα με το IEC 61851) και, όπου υπάρχει, για τη λειτουργία πιλότου ελέγχου . Η προστασία αφής των επαφών παρέχεται από κλείστρα. Όταν εισάγεται στην είσοδο του οχήματος, ο σύνδεσμος συγκρατείται στη θέση του από τον μηχανισμό ασφάλισης, ο οποίος είναι προσαρτημένος στην είσοδο του οχήματος. Η ίδια ιδέα χρησιμοποιείται από την πρίζα για να συγκρατεί το βύσμα στη θέση του.

Το IEC 62196-2 περιγράφει τρία διαφορετικά σχέδια με διαφορετικές διαστάσεις σε αυτήν τη διαμόρφωση που υποστηρίζουν:

- μονοφασική φόρτιση έως 16 A (χωρίς επαφή πιλότου ελέγχου)
- μονοφασική φόρτιση έως 32 A
- τριφασική φόρτιση έως 63 A [117]



Εικόνα 4.7.3 : Εικόνες και σχεδιάγραμμα βύσματος & υποδοχής βύσματος SCAME [118]

4.7.4 Βύσμα Walther

Τα βύσματα Walther είναι βύσματα φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, βασισμένα στο πρότυπο IEC 62196 Type 2, με παρόμοιες προδιαγραφές των βυσμάτων Mennekes, παραχωρώντας τη δυνατότητα μονοφασικής φόρτισης, μέγιστης τάσης 230V, έντασης ρεύματος 16/32/63 A και δυνατότητα παροχής ισχύος φόρτισης 3.7/7.4/14.5 kW.

Το κύριο πλεονέκτημα των βυσμάτων Walther είναι η δυνατότητα οικιακής φόρτισης, με το καλώδιο φόρτιση στο ένα άκρο να έχει βύσμα Τύπου 2 και στο άλλο άκρο βύσμα επαφής με κοινό ρευματοδότη τύπου Schuko. Επιπλέον, η εταιρία κατασκευής βυσμάτων Walther, με την ομώνυμη επωνυμία, κατασκευάζει και βύσματα τύπου 2, όμοια με τα βύσματα Mennekes, όπου στα δύο άκρα υπάρχουν αντίστοιχα ρευματολήπτης και ρευματοδότης Τύπου 2.[119]



Εικόνα 4.7.4 : Τα δύο είδη των καλωδίων βύσματος Walther[120]

4.7.5 Βύσμα EDF

Η εταιρία παροχής ηλεκτρισμού EDF, έχει κατασκευάσει ένα βύσμα ηλεκτρικής φόρτισης τριών ακροδεκτών, για μονοφασική εναλλασσόμενη τάσης 230V και μέγιστης έντασης 16A/63A, όπου αποδίδει 3.6 kW και 15 kW. Ο συγκεκριμένος όμως τύπος βύσματος δεν υποστηρίζει τον έλεγχο και την επικοινωνία του οχήματος με το σημείο φόρτισης.[121]



4.7.6 Βύσμα CHAdeMO

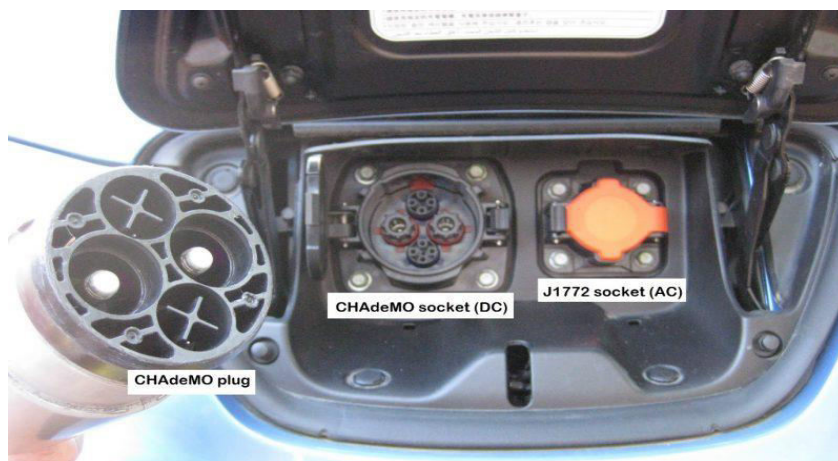
Το βύσμα CHAdeMO , βύσμα φόρτισης Τύπου 4 (IEC Type 4), είναι η εφαρμογή της πιο γρήγορης φόρτισης DC στον κόσμο, όπου αναγνωρίζεται επίσημα ως διεθνές πρότυπο φόρτισης DC από τη Διεθνή Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (IEC), από το 2009, μετά την εμπορευματοποίηση της νέας γενιάς EV που χρεώθηκε γρήγορα χρησιμοποιώντας την καινοτόμο τεχνολογία CHAdeMO. Τα μέλη του CHAdeMO Association έχουν αναλάβει ενεργό ρόλο στις τεχνικές επιτροπές IEC 61851-23, -24, καθώς και 62196-3 στο προκειμένου να προωθηθεί η συναίνεση της διεθνούς τυποποίησης.

Το CHAdeMO, με μια τυπική ισχύ 50 kW, παρέχοντας έως και 500 V DC στα 125 A, μπορεί να φορτίσει ηλεκτρικά αυτοκίνητα χαμηλής εμβέλειας (120 χλμ.) σε λιγότερο από μισή ώρα, ενώ σε διάστημα 5 λεπτών , μπορεί να παρέχει ισχύ για την αυτονομία 30 με 40 χλμ, λύση όχι μόνο της αυτονομίας αλλά και του χρόνου φόρτισης, που συγκριτικά με μία τυπική στάση ανεφοδιασμού συμβατικού οχήματος, παρέχει ακριβώς τις ίδιες χιλιομετρικές αυτονομίες, στον ίδιο χρόνο.

Παρατηρώντας αυτά τα δεδομένα, ενώ το σύστημα φόρτισης CHAdeMO κατασκευάστηκε στην Ιαπωνία είναι ιδιαίτερα διαδεδομένο εκεί, πολύ Ευρωπαίοι κατασκευαστές ηλεκτρικών οχημάτων, θέλησαν να παράγουν οχήματα όχι μόνο βάση των Ευρωπαϊκών θέλω, αλλά τοποθέτησαν βύσμα-δέκτη προδιαγραφών CHAdeMO στα οχήματα τους, και επιπλέον σχεδίασαν εξωτερικό φορτιστή τύπου CHAdeMO, για την εξυπηρέτηση των ηλεκτρικών οχημάτων, που είναι εξοπλισμένα με υποδοχή και σύστημα ελέγχου φόρτισης αυτών των προδιαγραφών και βρίσκονται στις χώρες της Ε.Ε. και στις χώρες με πρότυπα τύπου 1,2. [122]



Εικόνα 4.7.6^α : Σχεδιάγραμμα βύσματος CHAdeMO



Εικόνα 4.7.6 : Ρευματοδότης και ρευματολήπτης CHAdeMO, σε όχημα κοινής χρήσης και μεθόδου φόρτισης προτύπου SAE J1772 [123]

Στον πίνακα που ακολουθεί (πίνακας 4.7.7) παρατίθενται τα χαρακτηριστικά των βυσμάτων φόρτισης που προαναφέρθηκαν, ως μία καλύτερη απεικόνιση των Τύπων φόρτισης που υποστηρίζουν και της μέγιστης ισχύς φόρτισης που αποδίδουν.

ΟΝΟΜΑ ΒΥΣΜΑΤΟΣ	ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΤΡΙΦΑΣΙΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ DC ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΣΥΜΑΤΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΙΣΧΥΣ ΕΞΟΔΟΥ
SAE J1772	✗	✓	✓	1.9, 19 kW
Mennekes	✓	✗	✓	3, 10, 20, 30, 43 kW
Walther	✓	✗	✓	3.7, 7.4, 11, 14.5, 22, 43 kW
EDF	✗	✗	✗	3.6, 15 kW
Scame-Schneider-Legrand	✓	✗	✓	4, 8, 27.7 kW
CHAdeMO	✗	✓	✓	50 kW

Πίνακας 4.7.7 : Χαρακτηριστικά των βυσμάτων φόρτισης [124]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ (ΠΡΩΗΝ ΑΤΕΙ ΛΑΡΙΣΑΣ)

5.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναπτυχθεί η προοπτική δημιουργίας σταθμών φόρτισης ηλεκτροκίνητων οχημάτων στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (πρώην ΑΤΕΙ Λάρισας), καθώς και τους παράγοντες και τεχνικά στοιχεία που επηρεάζουν και ταυτόχρονα μας δίνουν τη δυνατότητα ενός τέτοιου βήματος εξέλιξης για τη πόλη της Λάρισας και του χώρου του Πανεπιστημίου της πόλης, όπως ο μέσος χρόνος χρήσης ενός οχήματος στη καθημερινότητα μας, μέχρι και τη γεωγραφική θέση του Πανεπιστημίου, όπως θα αναλυθούν στη συνέχεια.

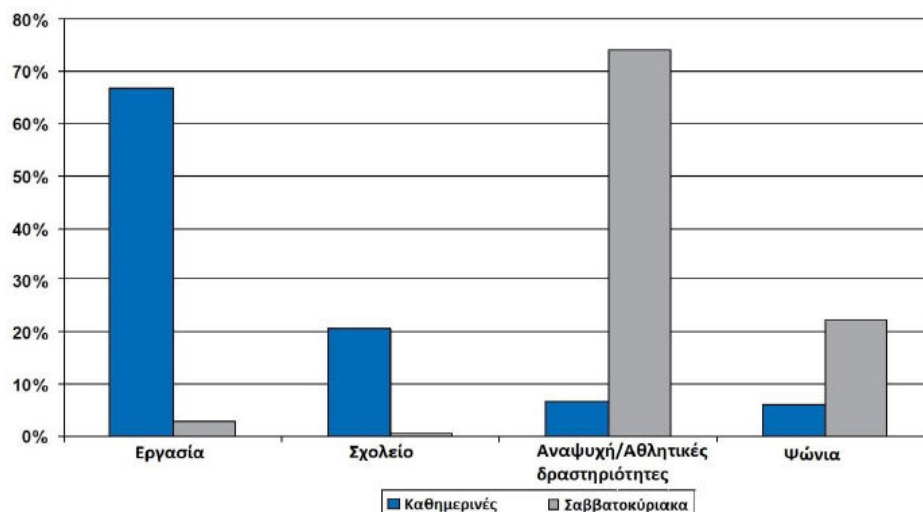
5.2 Η Χρήση Ηλεκτροκίνητων Οχημάτων και Σταθμών Φόρτισης στην Ελλάδα

Σύμφωνα με έρευνες που έχει πραγματοποιήσει η ACEA, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή Κατασκευαστών Οχημάτων (European Automobile Manufacturers Association), διαπιστώθηκε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των οχημάτων που είναι σε κυκλοφορία μέχρι το 2019 ανήκουν σε μικρά και μεσαία επιβατικά αυτοκίνητα, όπου σε μεγάλο ποσοστό χρησιμοποιούνται για τη κάλυψη των καθημερινών μετακινήσεων, όπως τη μετάβαση και την επιστροφή από τον χώρο εργασίας. Στην Ελλάδα, με τη κυκλοφορία πάνω από 5.000.000 επιβατικών οχημάτων, η καθημερινή χρήση των επιβατικών οχημάτων για τις αστικές μετακινήσεις ανέρχεται στο 45%, ποσοστό που φέρνει τη χώρα στις πρώτες θέσεις των πιο ρυπογόνων πόλεων στην Ευρώπη. Επιπλέον αρνητικό δεδομένο για τη χώρα μας είναι πως κατέχουμε και τη πρώτη θέση στην Ευρώπη, ως τη χώρα με το μεγαλύτερο ηλικιακό στόλο βαρέων οχημάτων μεταφορών. Βάση αυτών των δεδομένων, τέθηκαν στη χώρα μας, από την Ευρωπαϊκή Ένωση αλλά και με τη προτροπή της Ελληνικής Κυβέρνησης, όρια στις μετακινήσεις εντός αστικών κέντρων από οχήματα που δεν πληρούν τα απαραίτητα τεχνικά χαρακτηριστικά (π.χ. κινητήρες Euro 6) και σενάρια προτροπής των πολιτών στη χρήση των Μέσων Μαζικών Μεταφορών και οχημάτων «πράσινης» ενέργειας [11]. Επιπλέον, όπως έχει προαναφερθεί, στη χώρα μας κυκλοφορούν περίπου 1250 πλήρη και αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα και είναι εγκαταστημένα περίπου 200 σημεία φόρτισης ηλεκτροκίνητων οχημάτων. Βάση αυτών των δεδομένων, και των ρυθμών ανάπτυξης της χώρας μας και νομοθετικών πλαισίων που έχουν προστεθεί, ο αριθμός αυτός υπολογίζεται να πολλαπλασιασθεί σε τέτοιο βαθμό ώστε να έχουμε την κυκλοφορία 20000 ηλεκτροκίνητων οχημάτων και 6000 σταθμών φόρτισης.[46]

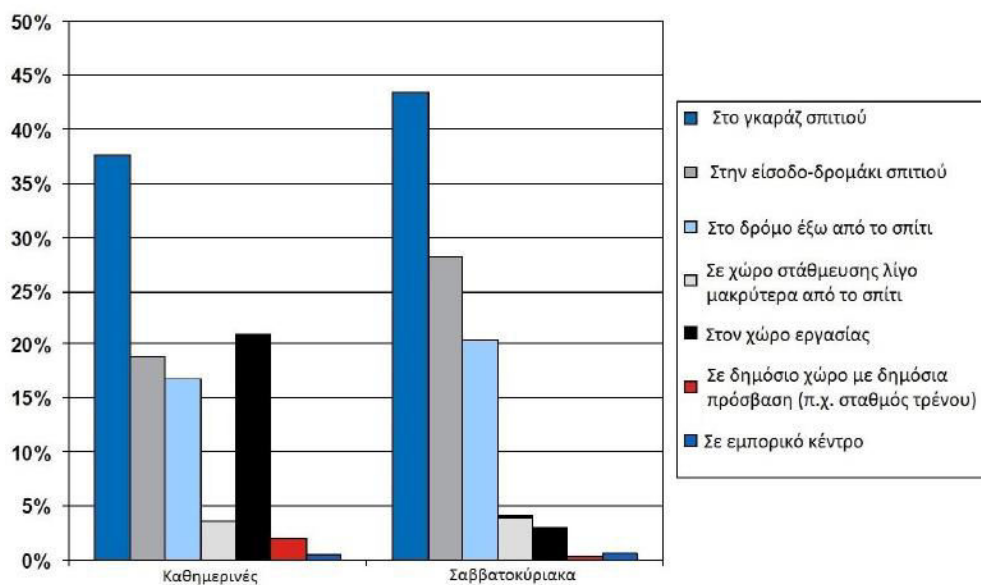
Έτσι λοιπόν, με την είσοδο των ηλεκτρικών οχημάτων στην καθημερινότητα μας, προκύπτει και μία πλήρως διαφορετική εικόνα ως προς τον τρόπο μετακινήσεων μας, όπως ήταν μέχρι σήμερα, και ως βασικό λόγο ενδιαφέροντος, κατέχει ο χρόνος επαναφόρτισης των συσσωρευτών του συστήματος ενός ηλεκτρικού οχήματος. Για αυτόν τον λόγο κρίνεται απαραίτητη η αξιοποίηση του χρόνου αδράνειας του οχήματος μας, κατά τη διάρκεια της μέρας. Σύμφωνα με την εικόνα 5.2^α και 5.2^β, που διακρίνονται αναλυτικότερα το ποσοστό χρήσης και λόγου μετακίνησης, σε σχέση με τα

σημεία φόρτισης, μας δίνεται η δυνατότητα να διαπιστώσουμε ότι ο χρόνος που παραμένει σταθμευμένο το όχημα μας στον προσωπικό μας χώρο στάθμευσης, κατά τη διάρκεια της παραμονής μας στην οικία μας, είτε σε κοινόχρηστους χώρους, όπως στο κοινόχρηστο παρκινγκ της επιχείρησης που εργαζόμαστε ή στο παρκινγκ του σταθμού τραίνου που χρησιμοποιούμε, λαμβάνοντας υπόψη το μέσο όρο οκτάωρης εργασίας, είναι αρκετός για την έως και πλήρη φόρτιση του οχήματος μας.

Ο κάθε χώρος στάθμευσης του οχήματος μας λοιπόν, μπορεί να αποτελέσει και έναν μελλοντικό χώρο φόρτισης του ηλεκτροκίνητου οχήματος μας. Έτσι και ο χώρος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (πρώην ΑΤΕΙ Λάρισας), μπορεί να αποτελέσει έναν δυναμικά ενεργό χώρο φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, βάση όχι μόνο της καθημερινής προσέλευσης του διδακτικού προσωπικού, των εργαζομένων και των φοιτητών του ιδρύματος, αλλά και πολιτών, όπου θα μπορούσαν να επωφεληθούν από την εγκατάσταση σταθμών φόρτισης, λόγω της στρατηγικής θέσης όπου βρίσκεται το Πανεπιστήμιο, πάντα σε σχέση με την χιλιομετρική απόσταση/αυτονομία του με το κέντρο της πόλης της Λάρισας και των μεγάλων οδικών δικτύων.



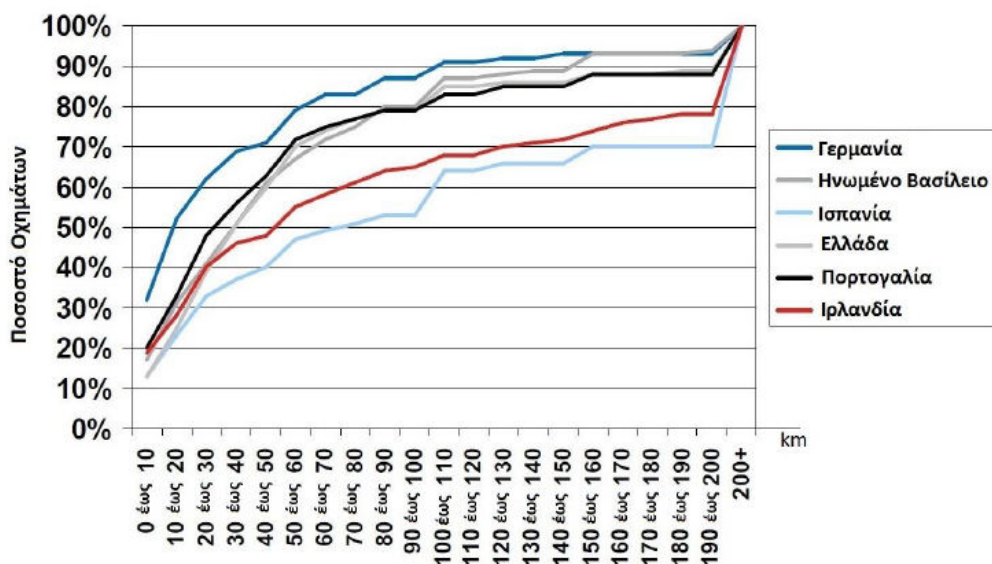
Εικόνα 5.2^α : Ποσοστό χρήσης ΙΧ σε σχέση με τον λόγο μετακίνησης [125]



Εικόνα 5.2^β : Σημεία πρόσβασης για τη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων [125]

5.3 Καθημερινές Αποστάσεις Οχημάτων στην Ελλάδα

Η επιλογή του ηλεκτρικού οχήματος καθορίζεται, συνήθως, από την αυτονομία που θέλουμε να μας προσφέρει, το οποίο συσχετίζεται με τους συσσωρευτές του οχήματος και τη χιλιομετρική απόσταση που αποδίδουν. Τη μέση αυτή χιλιομετρική απόσταση, που ζητείτε καθημερινά από τους ιδιοκτήτες των επιβατικών οχημάτων, θέλησε να καλύψει η Ευρωπαϊκή Ένωση, θέτοντας συνεπώς τα επιτρεπτά χιλιομετρικά όρια που θα έχουν μεταξύ τους οι σταθμοί φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Μέσο κυβερνητικής έρευνας και βάση γενικού ερωτηματολογίου, το ερευνητικό έργο «MERGE- MOBILE ENERGY RESOURCES IN GRIDS OF ELECTRICITY» της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, το οποίο πήρε δράση σε όλες της χώρες της Ε.Ε., κατάφερε να προσδιορίσει τη μέση απόσταση που διανύουν καθημερινά οι πολίτες των χωρών της Ευρώπης, όπως φαίνεται και στο παράδειγμα έξι χωρών, της εικόνας 5.2, το 80 με 90% των οδηγών, και ανάμεσα τους και στην Ελλάδα, καλούνται να καλύψουν κατά μέσο όρο 110 km ημερησίως, σε μία τυπική καθημερινή ημέρα, και το ποσοστό αυτό να μην αλλάζει σε μεγάλο βαθμό τις μη εργάσιμες ημέρες. Επομένως, γίνεται αντιληπτή όχι μόνο η άμεση ανάγκη ύπαρξης σταθμού φόρτισης, σε μικρότερη απόσταση των 80 χιλιομέτρων μεταξύ τους, αλλά και την εξοικείωση των οδηγών ηλεκτρικών οχημάτων και την φόρτιση του οχήματος τους τουλάχιστον μία φορά κατά τη διάρκεια της ημέρας, εάν όχι στην οικία τους λόγω έλλειψης υποδοχών, να τους δίνεται η δυνατότητα στον χώρο εργασίας τους.



Εικόνα 5.3:Μέση χιλιομετρική απόσταση που καλύπτουν τα οχήματα σε χώρες της Ε.Ε.[125]

5.4 Το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας και το πρώην ΑΤΕΙ Λάρισας, αποτελούν από τα παλαιότερα εκπαιδευτικά ιδρύματα της Ελλάδας, με μεγάλη συνεισφορά στην επιστημονική, τεχνική και οικονομική ανάπτυξη της χώρας. Το Τ.Ε.Ι. της Λάρισας ιδρύθηκε το 1983, όταν καταργήθηκαν τα μέχρι τότε λειτουργούντα Κέντρα Ανώτερης Τεχνικής & Επαγγελματικής Εκπαίδευσης (ΚΑΤΕΕ), και θεσπίστηκε η βαθμίδα της Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης. Το Τ.Ε.Ι. Λάρισας το 2001 με το Ν. 2916/2001 εντάχθηκε στην Ανώτατη Εκπαίδευση (ΑΤΕΙ) .

Σήμερα, έχει ενταχθεί στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, και με το νέο κτήριο Γαιόπολις , το νέο συγκρότημα Γαιόπολις εκτείνεται σε έκταση 1200 περίπου στρεμμάτων και έχει κτίρια συνολικής επιφάνειας περίπου 62.000,00τ.μ. και βρίσκεται σε απόσταση 4 χλμ. δυτικά του κέντρου της πόλης της Λάρισας. Στο συγκρότημα Γαιόπολις βρίσκεται το παράρτημα του γραφείου του Πρύτανη για τη πόλη της Λάρισας, τα τμήματα της Σχολής Τεχνολογίας καθώς και τα τμήματα της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών και Οικονομικών και Διοικητικών Επιστημών. Επιπλέον, περιλαμβάνει συγκρότημα φοιτητικών εστιών με 8 ανεξάρτητα κτίρια και αθλητικές εγκαταστάσεις. Τα μέλη της Πανεπιστημιακής κοινότητας, ανέρχεται σταάτομα, εκ των οποίων αποτελεί προσωπικό και τα υπόλοιπα είναι προπτυχιακοί, μεταπτυχιακοί φοιτητές .[126]

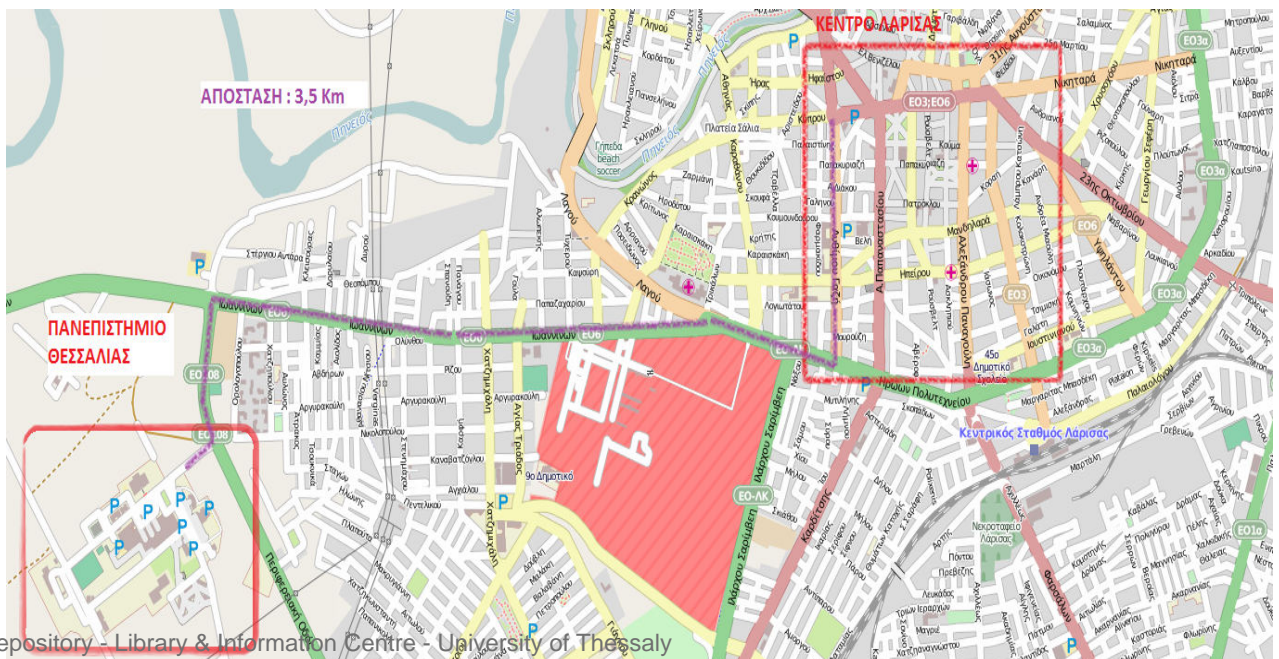
5.4.1 Η Θέση του Πρώην ΑΤΕΙ Λάρισας στην Ευρύτερη Περιοχή της Λάρισας

Η πόλη της Λάρισας, όπως και πολλές επαρχιακές πόλεις της Ελλάδας, χαρακτηρίζεται από ήπιες μορφές κυκλοφοριακής συμφόρησης στο οδικό δίκτυο της, στο οποίο έδρασε θετικά η δημιουργία κυκλικών κόμβων (Roadabouts), στα σημεία ένωσης των εθνικών δικτύων και του τοπικού περιφερειακού δικτύου. Οι σημαντικότερες καθυστερήσεις, με τις χαμηλότερες ταχύτητες και με τη μεγαλύτερη χρονική διάρκεια, πραγματοποιείται με την είσοδο στις κεντρικούς οδούς της πόλης, ως αποτέλεσμα της μονής κατεύθυνσης των οχημάτων και την πρόσφατη πεζοδρόμηση της κεντρικής περιοχής της πόλης.

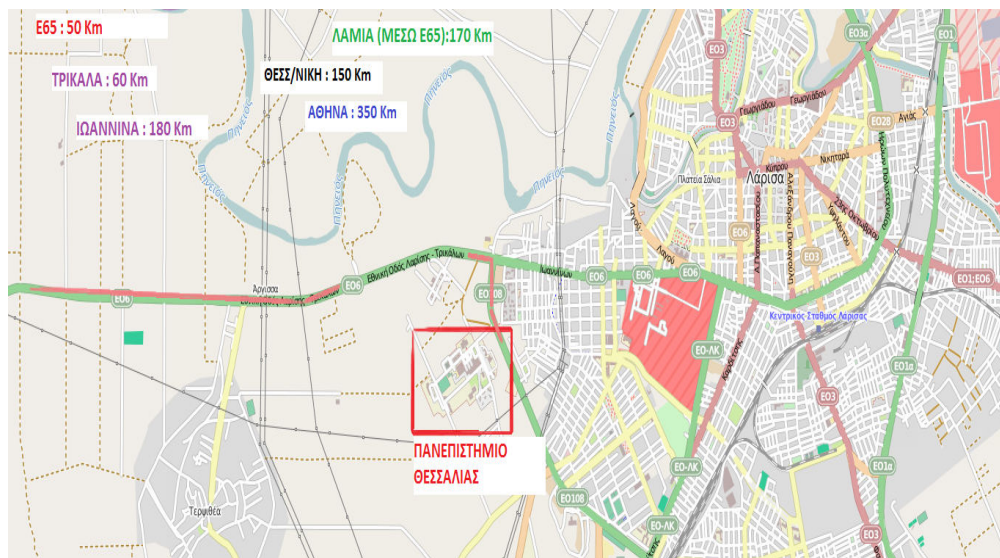
Σε αυτή τη περιοχή η μέση ταχύτητα των οχημάτων κυμαίνεται περίπου στα 20 km/h, ενώ στο ευρύτερο περιφερειακό δίκτυο, παρατηρείται το μέσο όριο ταχύτητας μέχρι και 35 km/h και σε πολλές περιπτώσεις, με την είσοδο σε παλαιές εθνικές οδούς, και τα 60 km/h. Έχει εκτιμηθεί ότι, παρά τον μικρό πληθυσμό της πόλης, σε σύγκριση με τις μεγάλες πόλεις της Ελλάδας, όπως η Αθήνα και η Θεσσαλονίκη, οι εκπομπές ρυπογόνων ατμοσφαιρικών ρύπων στην ατμόσφαιρα της περιοχής της Λάρισας, είναι σε σημαντικά επίπεδα, κυρίως λόγω της αυξημένης κυκλοφορίας βαρέων οχημάτων μεταφορών.

Πρέπει να αναφέρουμε επίσης ότι η σωστή δόμηση της πόλης της Λάρισας και οι νέοι περιφερειακοί οδοί, θέτουν το μικρό χρονικό διάστημα που χρειάζεται ένα όχημα για να διανύσει την μεγαλύτερη απόσταση, από την είσοδο προς την έξοδο της πόλης, σε μόλις 7 λεπτά (Μέση Απόσταση Εισόδου-Εξόδου : 8 Km).

Το συγκρότημα Γαιόπολις, στο οποίο στεγάζονται τα περισσότερα Τμήματα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Εγκαταστάσεις Λάρισας), βρίσκεται στην Δυτική περιοχή της πόλης της Λάρισας. Η κεντρική είσοδος του ιδρύματος, βρίσκεται επί της Περιφερειακής Οδού Ε06, όπου ενώνει την Εθνική Οδό Λάρισας – Τρικάλων, τον Αυτοκινητόδρομο Ε75(Αθηνών-Θεσσαλονίκης) και των λοιπών οδικών δικτύων, και βρίσκεται, μόλις, σε απόσταση 500 μέτρων από τον πρώτο κυκλικό κόμβο και την είσοδο στην πόλη της Λάρισας, της Οδού Ιωαννίνων. Οπότε, η απόσταση του Πανεπιστημίου από το κέντρο της Λάρισας, ανάλογα με τη διαδρομή που ακολουθείται (Εικόνα 5.4.1α), υπολογίζεται περίπου στα 3.5 Km, που μπορεί να πραγματοποιηθεί σε 8 με 10 λεπτά.



Τέλος, η θέση της «Γαίοπολις», θεωρείται σημαντική και για οχήματα με προορισμό άλλες μεγάλες πόλεις της Ελλάδας, όπως Τρίκαλα, Γρεβενά, Ιωάννινα, Λαμία, Θεσσαλονίκη, και Αθήνα, βάση της χιλιομετρικής απόστασης του ιδρύματος από αυτές (Εικόνα 5.4.1β).

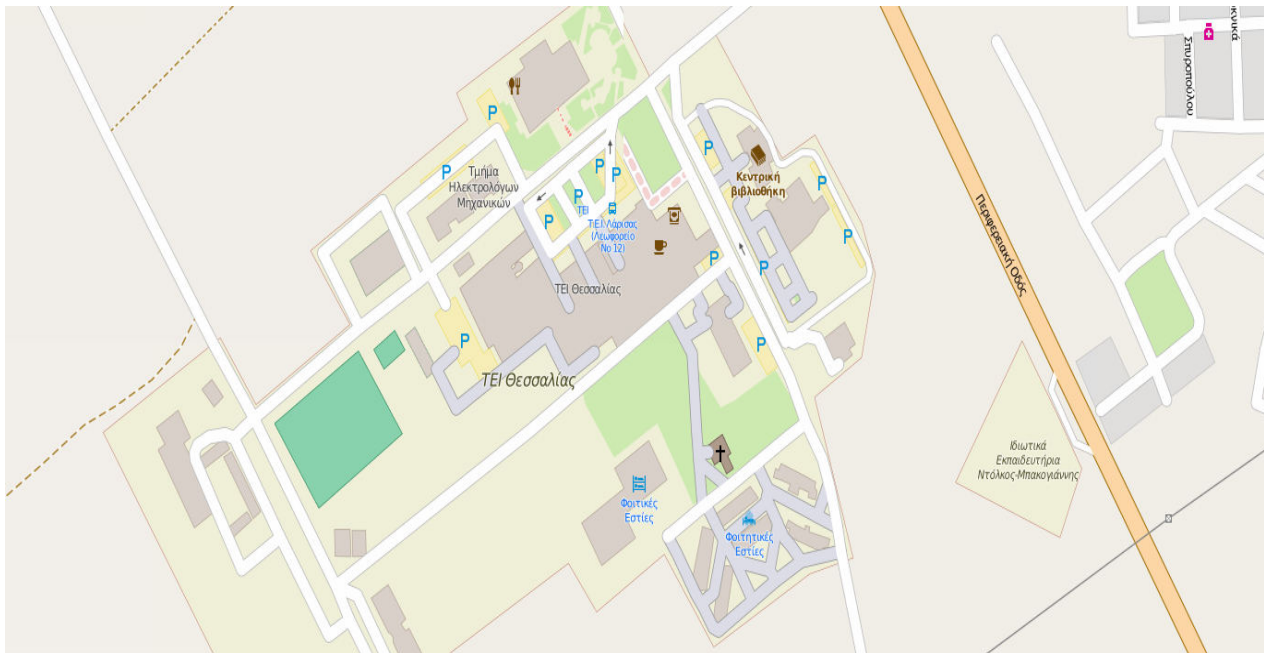


Εικόνα 5.4.1β : Απόσταση Πανεπιστημίου Θεσσαλίας από τα κέντρα μεγάλων πόλεων [127]

5.4.2 Το Συγκρότημα Γαίοπολις και οι Χώροι Στάθμευσης

Το συγκρότημα Γαίοπολις, παρέχει τη στέγαση των τμημάτων της Σχολής Τεχνολογίας, της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών, Οικονομικών και Διοικητικών Επιστημών, Ιατρικών Εργαστηρίων, της Σχολής Μηχανικών Πληροφορικής και άλλων Σχολών που εδρεύουν στη Λάρισα, καθώς επίσης Γραφεία Γενικού Προσωπικού και παράρτημα Πρύτανη, και εγκαταστάσεις σίτισης 3.500 σπουδαστών, Κλειστό Γυμναστήριο, Κτήρια Φοιτητικής Εστίας, Κυλικείο και μεγάλο αμφιθέατρο τελετών και σύγχρονη Βιβλιοθήκη. Οι υποδομές αυτές του ιδρύματος ενώνονται με κατάλληλο οδικό δίκτυο, με ειδικές σημάνσεις και πεζοδρομήσεις, σύμφωνα με τον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας, συμπεριλαμβανομένων και των χώρων στάθμευσης, όπως αποδίδεται και στον χάρτη της εικόνας 5.4.2.

Οι χώροι στάθμευσης στον χώρο του ιδρύματος, βρίσκονται γύρω από τις διάφορες πανεπιστημιακές εγκαταστάσεις, κυρίως στην πίσω πλευρά των κτιρίων. Βάση μελέτης που πραγματοποιήθηκε στους χώρους στάθμευσης, δίνεται η δυνατότητα 580 θέσεων, από τις οποίες οι 400 περίπου αναλογούν σε θέσεις στάθμευσης αυτοκινήτων και οι 180 σε θέσεις στάθμευσης δίτροχων οχημάτων. Η μελέτη αυτή, παραθέτει και την αναλογία ατόμων/θέσεων, η οποία είναι 1:9 ή 1:6, αν εξαιρεθούν οι μη ενεργοί φοιτητές, δηλαδή αυτοί που η διάρκεια φοίτησης τους ξεπερνά την κανονική διάρκεια σπουδών. Οι περισσότεροι χώροι στάθμευσης είναι ανοιχτοί, ενώ στεγασμένες θέσεις υπάρχουν σε μερικά τμήματα του Πανεπιστημίου και έχουν σκοπό τη χρήση τους κυρίως από δίτροχες μηχανές και ποδήλατα.

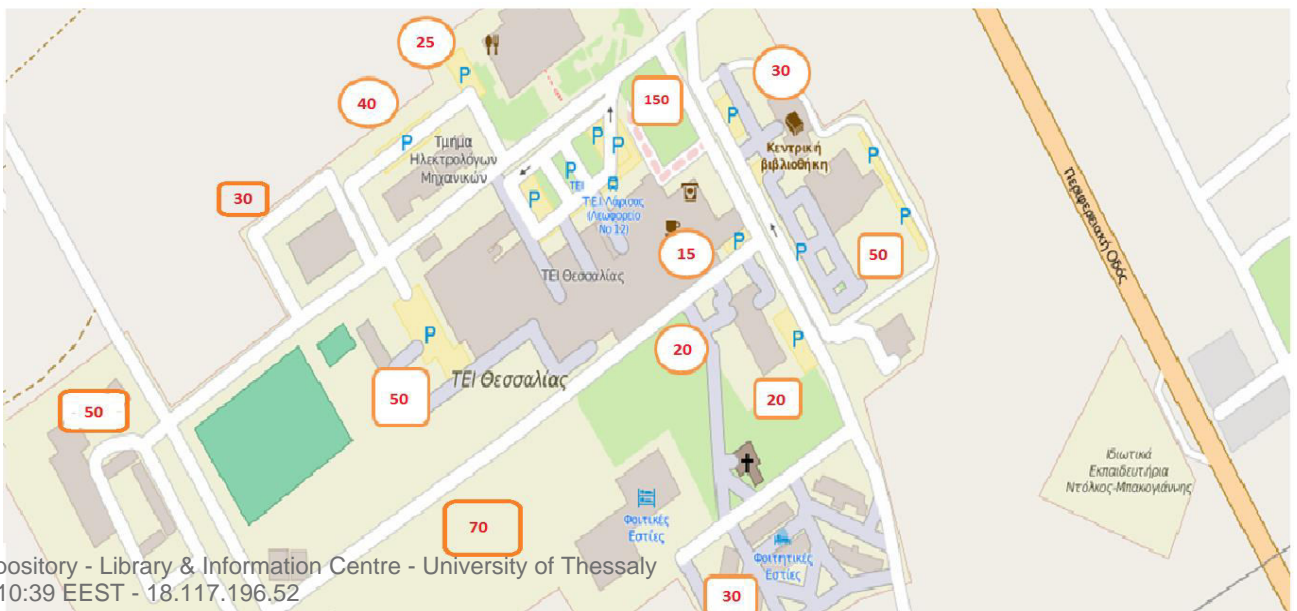


Εικόνα 5.4.2 : Το συγκρότημα Γαίοπολις (Πρώην ΤΕΙ Θεσσαλίας) και οι χώροι στάθμευσης [127]

Αξίζει να σημειωθεί, πως ως χώροι στάθμευσης θεωρήθηκαν όποιοι βρίσκονται εντός της ζώνης στάθμευσης, οι οποίοι έχουν πινακίδα σήμανσης, καθώς στον χώρο του Πανεπιστημίου δεν υπάρχει η απαραίτητη σήμανση στο οδόστρωμα, οπότε και η στάθμευση σε χώρο της οδού του Πανεπιστημίου θεωρείται παράνομη. Όμως, για τη σωστή καταχώριση των δεδομένων της έρευνας και την τήρηση των στοιχείων του ποσοστού πληρότητας των χώρων στάθμευσης, που θα δούμε στη συνέχεια του κεφαλαίου, προσμετρήθηκαν και τα οχήματα που τη δεδομένη στιγμή ήταν σταθμευμένα σε σημεία του οδοστρώματος.

5.4.3 Κριτήρια Χωροθέτησης Σταθμών Φόρτισης

Η χωρητικότητα όλων των θέσεων στάθμευσης, στους κατάλληλα διαμορφωμένους χώρους με την ειδική σήμανση, για το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, παρουσιάζονται στην εικόνα 5.3.3^α. Επειδή κάθε σταθμός φόρτισης έχει σημαντικό κόστος, προτείνεται, οι φορτιστές να εγκατασταθούν στο κεντρικό parking, όπου εξυπηρετεί τα περισσότερα οχήματα που εισέρχονται στο Πανεπιστήμιο. Το κεντρικό παρκινγκ έχει τη δυνατότητα στάθμευσης 150 οχημάτων, στα οποία συγκαταλέγονται και τα οχήματα επαγγελματικής αξιοποίησης, όπως τα ταξί και αστικά λεωφορεία. Οι 150 θέσεις



αυτές διακρίνονται σε 120 θέσεις στάθμευσης αυτοκινήτων, χωρίς την δυνατότητα στεγασμένων θέσεων, και οι υπόλοιπες 30 θέσεις, όπου βρίσκονται σε στέγαση, παρέχονται για χρήση δίτροχων οχημάτων και ποδηλάτων.

Εικόνα 5.4.3^α: Χωρητικότητα θέσεων στάθμευσης στον χώρο του πρώην ΑΤΕΙ Θεσσαλίας [127]

Η μέτρηση των σταθμευμένων οχημάτων κατά την ώρα αιχμής, δηλαδή στο διάστημα 11:00 με 14:00, σε συνδυασμό με τη χωρητικότητα των σταθμών στάθμευσης, οδηγούν στον υπολογισμό του ποσοστού πληρότητάς τους κατά την ώρα αυτή. Διαπιστώθηκε, όπως προαναφέραμε, πως κάποια οχήματα σταθμεύουν σε αδιαμόρφωτους χώρους και δρόμους χωρίς την απαραίτητη σήμανση της Πανεπιστημιούπολης Γαιόπολης, και άλλα σε πεζόδρομους του χώρου. Τελικά, βάση της αυτοψίας μελέτης, η συνολική πληρότητα των χώρων στάθμευσης ήταν μόλις 51% (μετρήθηκαν 268 οχήματα), όμως, αν προστεθούν και τα σταθμευμένα οχήματα εκτός των παρκινγκ (μετρήθηκαν 107 οχήματα), η πληρότητα φτάνει το 68%. Με βάση όλα τα παραπάνω δεδομένα στοιχειοθετείται ο πίνακας 5.4.3, όπου αναφέρονται οι χώροι στάθμευσης του Πανεπιστημίου, τα Τμήματα που εξυπηρετούν και το ποσοστό πληρότητας που έχουν.

A/A	Χώροι Στάθμευσης	Αριθμός στάθμευσης	θέσεων	Ποσοστό πληρότητας
1	Κεντρικό Παρκινγκ	150		95%
2	Λέσχη Σίτισης	25		60%
3	Βιβλιοθήκη	30		100%
4	Τμήμα Οικονομικών και Διοικητικών Επιστημών	70		72%
5	Τμήμα Συστημάτων Ενέργειας	40		50%
6	Πρώην Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών	50		40%
7	Γραφεία Προσωπικού	15		100%

8	Κυλικείο	20	100%
9	Εστίες	30	33%
10	Γυμναστήριο	30	10%
11	Σχολή Γεωπονικών Επιστημών	70	10%
12	Λοιπές Εγκαταστάσεις	50	40%

Πίνακας 5.4.3 : Χώροι στάθμευσης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Λάρισα)

Πρέπει να συμπληρώσουμε ότι, τα 107 οχήματα που βρέθηκαν εκτός ορίων των χώρων στάθμευσης του Πανεπιστημίου, προστέθηκαν στους πιο κοντινούς, προς αυτά, χώρους στάθμευσης, για τη πιο σωστή αντιστοίχιση των δεδομένων της μελέτης. Για τον συγκεκριμένο λόγο, τα ποσοστά πληρότητας δε μπορούν να συγκεντρωθούν με ευκρίνεια, και μπορούν να φέρουν μικρές μεταβολές, θέμα που δεν επηρεάζει σημαντικά την έρευνα.

Επιπλέον, η τοποθεσία τοποθέτησης των σταθμών φόρτισης, πρέπει να είναι απαραίτητο να διαθέτει επαρκή χώρο για την τοποθέτηση του απαραίτητου εξοπλισμού των φορτιστών, και όπως διαπιστώθηκε κατόπιν αυτοψίας του χώρου, το Κεντρικό Παρκινγκ του ιδρύματος μας δίνει και αυτή τη δυνατότητα. Επισημαίνεται, τέλος, ότι ο συγκεκριμένος χώρος στάθμευσης, εξυπηρετείτε από κοντινό υποσταθμό τάσης, δεδομένο που μας δίνει τη ευχέρεια ένταξης του σταθμού φόρτισης σε αυτόν.

5.5 Χωροθέτηση Σταθμού Φόρτισης

Ο χώρος της Πανεπιστημιούπολης Λάρισας, είναι ένας χώρος ανοικτός στο κοινό, με ελεγχόμενη πρόσβαση, 16 ώρες το εικοσιτετράωρο, 7 μέρες την εβδομάδα. Έτσι, λοιπόν, η δημιουργία του σταθμού φόρτισης που θα εγκατασταθεί, θα δίνει τη δυνατότητα να εξυπηρετήσει όχι μόνο τους εργαζόμενους, τους καθηγητές (διδασκτικό, ερευνητικό προσωπικό) και τους φοιτητές των τμημάτων, αλλά και τους επισκέπτες του χώρου και ατόμων που εξυπηρετούνται από την θέση του ιδρύματος, για τη φόρτιση του οχήματός τους. Σε κάθε δεδομένη περίπτωση, ο χρόνος στάθμευσης, για την φόρτιση ενός ηλεκτροκίνητου οχήματος, δεν αναμένεται να είναι λιγότερος

από 5 ώρες και περισσότερος από 9 ώρες, καθώς τόσο είναι κατά μέσο όρο, το χρονικό διάστημα παραμονής του προσωπικού και των φοιτητών του ιδρύματος.

Οι σταθμοί φόρτισης, που θα επιλεγθούν, θα πρέπει:

- Να έχουν εγκατεστημένη ισχύ μέχρι 60 kW, λόγω της υπολειπόμενης διαθέσιμης επάρκειας των υποσταθμών (Υ/Σ) μέσης προς χαμηλή τάση.
- Να πληρούν το ΦΕΚ 50/B 2015, δηλαδή να παρέχουν φόρτιση με Mode 3 (AC) και Mode 4 (DC), ώστε να εξασφαλίζονται όλες οι απαραίτητες διατάξεις προστασίας ηλεκτρικού δικτύου και οχήματος και επικοινωνίας μεταξύ τους.
- Να διαθέτουν πολλαπλούς ρευματοδότες, ώστε να παρέχουν ταυτόχρονα ενέργεια σε πολλά ηλεκτρικά οχήματα, κάτι το οποίο εξυπηρετεί από άποψη εξοικονόμησης χώρου εγκατάστασης και κατ' επέκταση πόρων.

Επιπλέον, θα πρέπει να είναι δυνατή η εγκατάσταση κλασικού ρευματοδότη (Τύπου Schuko) στον γενικό χώρο της εγκατάστασης, για τη δυνατότητα εξυπηρέτησης του Μοντέλου Φόρτισης 1 και 2, δεδομένου της μεγάλης ανόδου χρήσης και εξυπηρέτησης, μεγάλου μέρους του πληθυσμού, από ηλεκτρικά Scooter, ποδήλατα και πατίνια, όπου έκαναν την εμφάνισή τους τα τελευταία χρόνια, δίνοντας έτσι και τη δυνατότητα φόρτισης και αυτού του είδους ηλεκτρικών οχημάτων μεταφοράς, που θα φέρει την επιπλέον απήχηση του έργου.

Για την επιλογή και την εγκατάσταση του σταθμού φόρτισης, αποτελεί κριτήριο η ικανότητα του υπάρχοντος δικτύου να υποστηρίξει τα νέα φορτία. Σύμφωνα με την Τεχνική Υπηρεσία, ο κάθε υποσταθμός (Υ/Σ) μέσης τάσης προς χαμηλή τάση (20 kV/400 V), διαθέτει την απαραίτητη περίσσεια, από την πλευρά της χαμηλής, να δεχτεί νέα φορτία το πολύ μέχρι 60 kW. Μάλιστα, ύστερα από αυτοψία που διενεργήθηκε στους υπάρχοντες υποσταθμούς, αυτοί βρίσκονται σε πολύ κοντινή απόσταση από τον εξεταζόμενο χώρο φόρτισης. Αυτό αποτελεί θετικό στοιχείο, καθώς δεν απαιτούνται πολυδάπανα έργα ηλεκτρολογικής εγκατάστασης, ούτε χρειάζεται να ληφθούν κατάλληλα μέτρα για φαινόμενα πτώσης τάσης, λόγω του μήκους των νέων γραμμών που θα κατασκευαστούν. Ο υπολογισμός του συνολικού φορτίου της κάθε εγκατάστασης, εξαρτάται από τον αριθμό των σταθμών, άρα και των σημείων φόρτισης που θα επιλεγθούν, και από τις απαιτήσεις ισχύος του κάθε σταθμού.

Από τις τέσσερις μεθόδους (Modes 1, 2, 3 και 4) τροφοδότησης ηλεκτρικών οχημάτων, όπως αυτές αναφέρονται στην παράγραφο 4.5.1, η απλή και άμεση σύνδεση του αυτοκινήτου με το ηλεκτρικό δίκτυο ενός κτιρίου μέσω απλού ρευματοδότη τύπου schuko, (Mode 1) απορρίπτεται, ως επικίνδυνη, καθώς ενέχει τον κίνδυνο βραχυκυκλώματος και ζημιών στο αυτοκίνητο και στο κτίριο. Ακόμα, η φόρτιση με τη χρήση ειδικού καλωδίου, που αποτελεί εξάρτημα κάθε αυτοκινήτου (Mode 2), δεν απορρίπτεται αλλά τοποθετείτε ως δευτερεύουσα λύση, καθώς συστήνεται από τους κατασκευαστές ηλεκτρικών αυτοκινήτων μόνο ως λύση ανάγκης. Οι πλέον ενδεδειγμένες μέθοδοι φόρτισης είναι μέσω ειδικού φορτιστή, που ενσωματώνει όλες τις διατάξεις προστασίας, δηλαδή το Mode 3 και το Mode 4 για DC ταχεία και υπερταχεία φόρτιση αντίστοιχα, όπως υπαγορεύεται και από το ΦΕΚ 50B/2015. Καθώς όμως στην Ελλάδα, ο ειδικός τρόπος φόρτισης Mode 4, δεν είναι διαδεδомένος και τα οχήματα που είναι σε κυκλοφορία δεν τον

υποστηρίζουν, αυτός ο τύπος φόρτισης θα απορριφθεί, με επιπλέον αρνητικό πρόσημο σε αυτό, η μεγάλη αξία αγοράς ενός φορτιστή Mode 4, που η τιμή του υπολογίζεται σε τετραπλάσια αξία από έναν φορτιστή Mode 3.

Σήμερα, υπάρχουν πολλές εταιρίες πώλησης σταθμών φόρτισης, με μεγάλο εύρος προϊόντων, ανάλογα με τις ανάγκες του καταναλωτή. Η εταιρία HAGER & LEGRAND παρέχει τις περισσότερες επιλογές ως προς το εύρος ισχύος για σταθμούς φόρτισης που ανήκουν στο Mode 3, στην Ελλάδα. Επιπλέον, οι φορτιστές της περιλαμβάνουν προηγμένες δυνατότητες επικοινωνίας και ελέγχου πρόσβασης και επιτήρησης, μέσω της εφαρμογής EV CHARGE, όπου προσφέρεται η παρακολούθηση της φόρτισης και δυνατότητα κλειδώματος του σταθμού φόρτισης μέσω της εφαρμογής (καθιστώντας τον ακατάλληλο για χρήση από τρίτους που δεν διαθέτουν λογαριασμό πελάτη), την παρακολούθηση και προβολή της κατανάλωσης, καθώς και ενσωματωμένο σύστημα ανάγνωσης καρτών RFID που ενεργοποιεί τις πρίζες φόρτισης. Με αυτόν τον τρόπο οι σταθμοί φόρτισης μπορούν να ενσωματωθούν στο σύστημα ελέγχου εισόδου του κτιρίου, όπου ο σταθμός φόρτισης είναι κλειδωμένος και απαιτείται μια προσωπική κάρτα αναγνώρισης ταυτότητας του ατόμου (ID) για την παροχή της ηλεκτρικής ενέργειας. Τέλος, δίνεται η δυνατότητα μέσω ενός μετρητή ενεργειακής κατανάλωσης, ο οποίος είναι τοποθετημένος ανά σταθμό φόρτισης, και συνδεδεμένος μέσω MODBUS (RS 485) με τον σταθμό φόρτισης, να ελέγχεται και να προβάλλεται η μέτρηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και να γίνεται η βελτιστοποίηση της διαθέσιμης ενέργειας (έλεγχος της φόρτισης και κατανομή της ενέργειας μεταξύ διαφορετικών σταθμών φόρτισης), με τη χρήση ενός Web server και του λογισμικού επίβλεψης, σε οποιοδήποτε υπολογιστή, smartphone, tablet, τηλεόραση, κλπ .

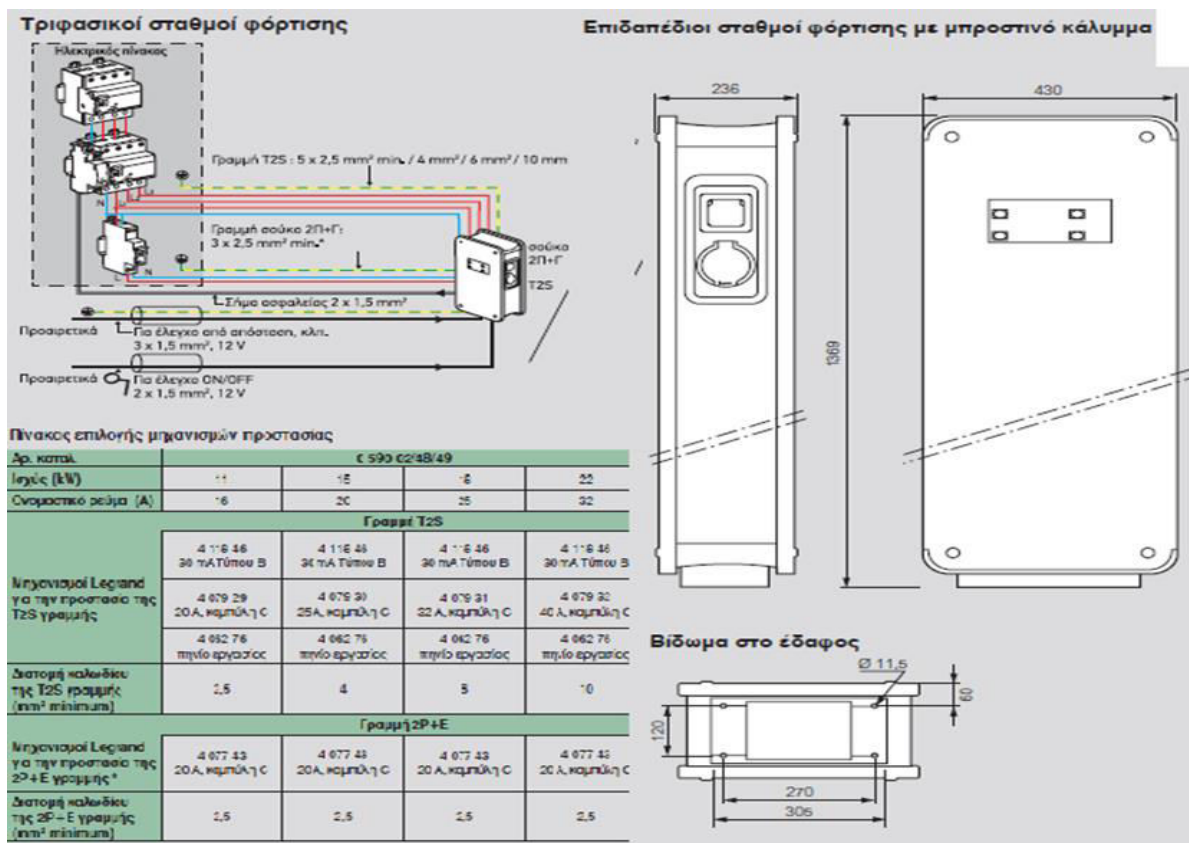
Συγκεκριμένα, για τον υπαίθριο χώρο στάθμευσης του κεντρικού παρκινγκ της Πανεπιστημιούπολης Λάρισας, ενδείκνυται το μοντέλο XEV653C. Ο συγκεκριμένος σταθμός φόρτισης ,που παρέχει τριφασική ημιταχεία φόρτιση, είναι κατάλληλος για εξωτερικούς χώρους, καθώς τοποθετείται σε όρθια βάση στήριξης επάνω σε πεζοδρόμια και διαθέτει δύο ρευματοδότες, παρέχοντας 22 kW κανονικής φόρτισης ο καθένας σε δύο ηλεκτρικά οχήματα ταυτόχρονα, με εγκατεστημένη ισχύ ανά σταθμό, $P=44$ kW. Επιπλέον, το μοντέλο XEV653C, μας δίνει τη λύση για τη φόρτιση τύπου Mode 2, καθώς διαθέτει επιπλέον δύο πρίζες , τύπου σούκο, Green'up Access, για φόρτιση σε οχήματα μεταφοράς του συγκεκριμένου τύπου.

Type	XEV653C
Number of sockets	4
Input	
AC power supply	3P + N + PE
AC Voltage	230/400 V AC +/- 10%
Nominal input current*	64 A
Nominal input power	44 kW
Required power supply capacity	44,2 kVA
Frequency	50 Hz
Output	
Maximum output power	22 kW (Socket A) / 22 kW (Socket B)
Maximum output current*	32 A (Socket A) / 32 A (Socket B)
AC output voltage	400 V AC 3P + N
Charge system	
Socket A	Mode 3 (IEC 61851) Type 2 (UNE EN 62196-2) lock system
Socket B	Mode 3 (IEC 61851) Type 2 (UNE EN 62196-2) lock system

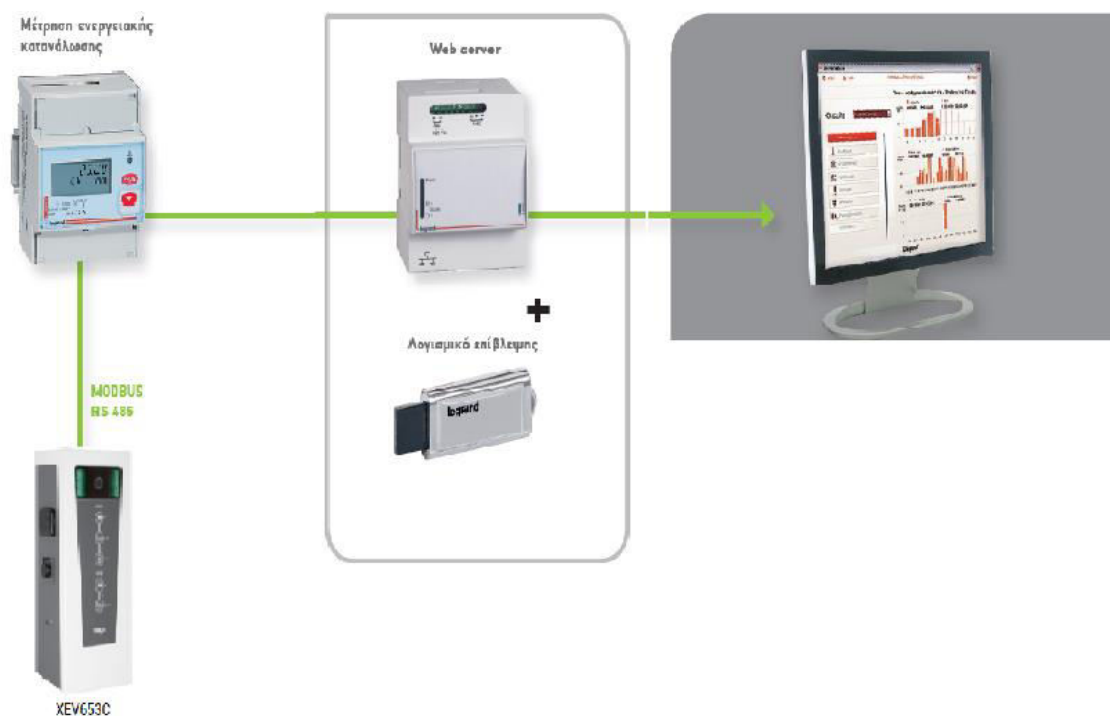


XEV653C

Εικόνα 5.5α : Προτεινόμενος σταθμός ημιταχείας φόρτισης XEV653C - HAGER & LEGRAND [128]



Εικόνα 5.5β: Τεχνικά χαρακτηριστικά τριφασικών σταθμών φόρτισης HAGER & LEGRAND [128]



Εικόνα 5.5γ : Τα Συστήματα Αναγνώρισης, Μέτρησης και Ελέγχου ενός Φορτιστή GREEN'UP [128]

Επομένως, προτείνεται η τοποθέτηση τριών σημείων φόρτισης του μοντέλου XEV653C, με συνολική εγκαταστημένη ισχύ : $P = 3 * 44 \text{ kW} = 132 \text{ kW}$, και τη δυνατότητα να μπορούν να φορτίζουν ταυτόχρονα μέχρι και 6 ηλεκτρικά οχήματα τύπου φόρτισης Mode 3. Επιπλέον η εγκατάσταση μπορεί να υποστηρίξει και 6 επιπλέον ηλεκτρικά οχήματα τύπου φόρτισης Mode 2. Μπορεί ο αριθμός των σημείων φόρτισης να θεωρείται μικρός, αναλογικά με τη χωρητικότητα των οχημάτων του Πανεπιστημίου, αλλά επιλέχτηκε βάση τον μικρό αριθμό των ηλεκτροκίνητων οχημάτων που χρησιμοποιούνται τη δεδομένη στιγμή στην Ελλάδα και στην περιοχή του Νομού Λάρισας. Ένας αποτελεσματικός τρόπος εξυπηρέτησης περισσότερων χρηστών αλλά και μείωσης του κόστους εγκατάστασης είναι η εφαρμογή ενός συστήματος διαχείρισης, που επιτρέπει την εκ περιτροπής φόρτιση των οχημάτων. Με το σύστημα αυτό, αντί για πολλές ξεχωριστές γραμμές τροφοδοσίας των σταθμών φόρτισης, γίνεται χρήση μιας κοινής γραμμής, μειώνοντας έτσι το κόστος. Η γραμμή αυτή καταλήγει σε έναν ελεγκτή (EVMC – Electric Vehicle Master Controller), ο οποίος διαχωρίζει το ρεύμα στους σταθμούς φόρτισης και είναι υπεύθυνος για την επίβλεψη της διαδικασίας. Κάθε σταθμός φόρτισης τροφοδοτείται για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και στη συνέχεια εισέρχεται σε κατάσταση αναμονής, καθώς τροφοδοτείται ο επόμενος σε σειρά σταθμός. Η επιλογή του σταθμού, που θα είναι ενεργός κάθε χρονική στιγμή, γίνεται με τη χρήση ενός round-robin αλγορίθμου, ενώ πριν την έναρξη της τροφοδοσίας ο ελεγκτής ελέγχει την πληρότητα των μπαταριών. Εάν η φόρτιση είναι πλήρης, τότε η φόρτιση ξεκινά στον επόμενο σταθμό.

Με τον τρόπο αυτό, η μέγιστη ισχύς που απαιτείται συνολικά από το δίκτυο μειώνεται, δίνοντας την δυνατότητα εγκατάστασης περισσότερων σταθμών, ενώ απαλλάσσει τους χρήστες από την επίβλεψη της φόρτισης.[129]



Εικόνα 5.5δ : Φόρτιση με τη χρήση ελεγκτή (controller)[129]

5.6 Προβλήματα του Χώρου Στάθμευσης

Κατά την μελέτη του κεντρικού χώρου στάθμευσης του Ιδρύματος, εντοπίστηκαν και ορισμένα χαρακτηριστικά που είναι δυνατόν να δημιουργήσουν προβλήματα στην εγκατάσταση ενός σταθμού φόρτισης στους χώρους αυτούς. Για παράδειγμα, η σκίαση των περισσότερων υπαίθριων χώρων στάθμευσης είναι περιορισμένη. Η έλλειψη επαρκούς σκίασης σε αυτούς τους χώρους προτρέπει τους ιδιοκτήτες των οχημάτων να αναζητούν άλλες θέσεις στάθμευσης, όπως στην άκρη του δρόμου, όπου τα παρακείμενα δέντρα προσφέρουν την απαραίτητη κάλυψη από τον ήλιο. Σε τέτοια σημεία όμως είναι δύσκολη η τοποθέτηση σταθμών φόρτισης και πλέον είναι αναγκαία η δημιουργία στέγης προστασίας των οχημάτων, και ιδιαίτερα των ηλεκτρικών οχημάτων που θα βρίσκονται σε στάδιο φόρτισης, και η μη υποστήριξη της εργασίας από σωστή στέγαση, μπορεί να είναι μοιραία, βασισμένοι πάντα στον φόβο κάποιας ηλεκτροπληξίας ή δυσλειτουργίας, ιδιαίτερα τους χειμερινούς μήνες. Επίσης, η έλλειψη σήμανσης είναι δυνατό να λειτουργήσει ως τροχοπέδη για την προώθηση της λειτουργίας ενός σταθμού φόρτισης. Οι χώροι στάθμευσης αυτοκινήτων σε ξένα πανεπιστήμια, διαθέτουν κατακόρυφη σήμανση (πινακίδες) ή και οριζόντια (διαγράμμιση οδοστρώματος), που επιτρέπει την σωστή ενημέρωση και παραθέτει οδηγίες για το σημείο φόρτισης. Αυτό δεν ισχύει σε όλους τους χώρους στάθμευσης του Πανεπιστημίου. Κρίνεται λοιπόν ωφέλιμη η τοποθέτηση κατάλληλων σηματοδοτών (πινακίδες), τόσο για απλές θέσεις στάθμευσης όσο και για φόρτιση ηλεκτρικών αυτοκινήτων.



Εικόνα 5.6 : Παραδείγματα σήμανσης σταθμού φόρτισης [130]

5.7 Εκτιμώμενο κόστους εγκατάστασης

Τα ηλεκτρικά οχήματα καθημερινά αποκτούν ένα νέο κοινό υποψήφιο αγοραστών, που επιθυμεί όχι μόνο στη προστασία του περιβάλλοντος αλλά παράλληλα στην προσωπική εξοικονομήσει χρημάτων. Οι περισσότεροι όμως ιδιοκτήτες ενός ηλεκτροκίνητου οχήματος, προτιμούν να φορτίσουν τα οχήματά τους στο σπίτι τους. Αρκετοί όμως, πριν την αγορά του οχήματος ή του οικιακού φορτιστή, λαμβάνουν υπόψη τους και την πρόσβαση σε ένα πανελλαδικό δίκτυο σταθμών φόρτισης. Το υψηλό κόστος του εξοπλισμού και των εγκαταστάσεων ενός σταθμού φόρτισης, δημιουργούν το εμπόδιο στην ανάπτυξη ενός τέτοιου δικτύου. Ως εκ τούτου, απαιτούνται οικονομικά αποδοτικές λύσεις, για να διασφαλιστεί μία μελλοντική επένδυση σε σταθμούς φόρτισης.

Το κόστος λοιπόν, ενός σταθμού φόρτισης, μπορεί τυπικά να χωριστεί στις εξής κατηγορίες:

1. Κόστος αγοράς του σταθμού φόρτισης, καθώς και άλλων λοιπών υλικών
2. Κόστος του ηλεκτρολόγου εγκαταστάτη και άλλων εργασιών
3. Οι εργατοώρες του ηλεκτρολόγου που δαπανά για προετοιμασία, πριν έρθει στον χώρο εγκατάστασης
4. Το κόστος της αδειοδότησης.
5. Κόστος των απαραίτητων τροποποιήσεων του χώρου τοποθέτησης.

Οι κοινόχρηστοι φορτιστές, που τοποθετούνται σε δημόσιους χώρους ή σε χώρους με δημόσια πρόσβαση, όπως αυτοί που μπορεί να τοποθετηθούν στον χώρο του Πανεπιστημίου της Λάρισας, είναι ακριβότεροι από τους απλούς οικιακούς φορτιστές. Επίσης, το κόστος διαφοροποιείτε ανάλογα με τον τύπο της εγκατάστασης, δηλαδή αν πρόκειται για επιδαπέδιους ή επιτοίχιους φορτιστές, που είναι όρθιοι σε βάση στήριξης ή που τοποθετούνται απλά επάνω σε τοίχο. Το κόστος εξαρτάται ακόμα και από το πλήθος των φορτιστών, καθώς επίσης και από τα τεχνικά χαρακτηριστικά των σταθμών, ενώ το ποσό αυτό ανεβαίνει εάν διαθέτουν επιπλέον χαρακτηριστικά, όπως LCD οθόνες, ή οθόνες επαφής, συστήματα επικοινωνίας και παρακολούθησης δεδομένων.

Επιπλέον, σε αντίθεση με τους οικιακούς φορτιστές, όπου ο ίδιος ο φορτιστής αποτελεί το κυρίαρχο κόστος, το 60 – 80% του συνολικού κόστους στους δημόσιους σταθμούς φόρτισης, αποτελεί το κόστος εγκατάστασης. Μάλιστα, η απόσταση του πίνακα ασφαλειών από τον σταθμό, που συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 15 και 30 μέτρα, είναι συχνά ο πιο σημαντικός παράγοντας για τον προσδιορισμό του κόστους εγκατάστασης.

Από τα διάφορα είδη φορτιστών, οικονομικότεροι είναι εκείνοι που εγκαθίστανται σε κλειστούς χώρους στάθμευσης, με το κόστος τους να ανέρχεται περίπου στα 600 €. Το πλεονέκτημά τους είναι ότι τα καλώδια του ρεύματος μπορούν να τοποθετηθούν μέσα στους τοίχους, όπως συμβαίνει με τις εσωτερικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις. Αντίθετα, οι σταθμοί φόρτισης που εγκαθίστανται σε εξωτερικούς χώρους στάθμευσης, επάνω στο κράσπεδο πεζοδρομίου, τείνουν να είναι πολύ πιο ακριβοί, επειδή συχνά απαιτούνται δαπανηρές εργασίες (70 € – 270 € ανά μέτρο), όπως το άνοιγμα ορυγμάτων στο έδαφος για να περάσουν τα ηλεκτροφόρα καλώδια από τον πίνακα στον σταθμό φόρτισης.

Η εγκατάσταση σταθμών με πολλούς ρευματοδότες ενσωματωμένους, όπως το μοντέλο XEV653C που προτάθηκε, μειώνει κατά πολύ το κόστος ανά φορτιστή. Στην περίπτωση αυτή, το

κόστος περιορίζεται κυρίως γιατί ανοίγεται στο έδαφος ένα ενιαίο όρυγμα για την εγκατάσταση όλων των καλωδίων του συνόλου των παρακειμένων σταθμών. Ο πίνακας ασφαλειών και τα καλώδια που τροφοδοτούν τέτοιους σταθμούς κοστίζουν πιο ακριβά, λόγω μεγαλύτερων διατομών καλωδίων και μεγέθους ασφαλειών. Το επιπλέον αυτό κόστος όμως εξοικονομείται από την ανάγκη τοποθέτησης λιγότερων φορτιστών.

Τέλος, αν συμπεριληφθεί και το κόστος συντήρησης από μία τέτοια επένδυση, τότε ένα γενικό συμπέρασμα επί των οικονομικών, συνοψίζεται παρακάτω, βάση του γενικού καταλόγου της εταιρίας Hager Hellas και τον σταθμών φόρτισης που προτάθηκαν στην ενότητα 5.4 .[131*]

Συγκεκριμένα :

- Το κόστος αγοράς των τριών φορτιστών τριφασικής ημιταχείας φόρτισης, μοντέλου XEV653C, υπολογίζεται : $3 \times 3.106 \text{ €/τμχ.} = 9.318 \text{ €}$
- Κόστος τριών στηλών επιδαπέδιας τοποθέτησης και τριών βάσεων μπετόν για το έδαφος, είναι αντίστοιχα : $3 \times 469 \text{ €/τμχ.} = 1.107 \text{ €}$
- Κόστος αγοράς έξι καλωδίων φόρτισης M3T2/T2 3Φ 32 A : $6 \times 589 \text{ €/τμχ.} = 3534 \text{ €}$
- Κόστος αγοράς καρτών χρήστη RFID (40τμχ) : 134 €
- Κόστος αγοράς καρτών διαχειριστεί RFID (3τμχ): 36 €
- Κόστος διαχειριστή φορτίου : 252 €

Επιπλέον :

- Το κόστος εγκατάστασης, το οποίο εξαρτάται από την τοποθεσία και από το ήδη υπάρχον δίκτυο, είναι του εύρους των 2000 - 3000 €
- Το κόστος τοποθέτησης μεταλλικού στεγάστρου, για την ασφάλεια των φορτιστών, των χρηστών και των οχημάτων, υπολογίζεται εντός του εύρους των 3000 – 4000 €
- Κόστος τοποθέτησης των αναγκαίων πασάλων προστασίας του φορτιστή και κατάλληλων σηματοδοτών ένδειξης σταθμού φόρτισης, είναι 400 €

Επομένως, το συνολικό κόστος αγοράς και κόστος εγκατάστασης των σταθμών υπολογίζεται, γύρω στα 20.000 €. Εάν υποτεθεί ότι οι φορτιστές παρέχουν ισχύ 12 ώρες την ημέρα, από τις 08:00 π.μ. έως τις 20:00 μ.μ. , για 5 μέρες την εβδομάδα, τότε, με συνολική εγκατεστημένη ισχύ στα 132 kW, τα ηλεκτρικά οχήματα, θα καταναλώναν :

$$E = 132 \text{ kW} \times 52 \text{ weeks} = 132 \text{ kW} \times 52 \times 5 \times 12 \text{ h} = 411480 \text{ kWh/έτος}$$

$$\text{Έσοδα} = 0.17 \text{ €/kWh} \times 411480 \text{ kWh} = 69951 \text{ €/έτος} \text{ (0.17€ Ισχύουσα τιμή πώλησεις)}$$

Θέτοντας όμως, βάση τη ζήτηση, τη δεδομένη χρονική στιγμή, πρέπει να υποθέσουμε πως το ο μέσος όρος της ετήσιας χρήσης του σταθμού φόρτισης υπολογίζεται στο 50%, οπότε και τα έσοδα διαβαθμίζονται περίπου στα 35000 €/έτος. Συνυπολογίζοντας βέβαια και τα ετήσια έξοδα συντήρησης του σταθμού, στα 300€ (ανάλογα με την τιμολογιακή πολιτική), υπολογίζεται πως η απόσβεση της εγκατάστασης θα γίνει εντός 5 ετών ή 7 ετών, θέτοντας επιπλέον όρια λόγω φορολογικών επιπτώσεων. Δεδομένα που ενισχύουν την μελέτη, παρόλο το γεγονός ότι η σύνηθες διάρκεια ζωής των σταθμών φόρτισης, υπολογίζεται να είναι τα 10 χρόνια, θέτει κύριες βάσεις για μία μελλοντική υλοποίηση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΩΣ ΑΠΕ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΙΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως αναφερθήκαμε και στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ηλιακή ενέργεια, αιολική ενέργεια, υδροηλεκτρική ενέργεια, κυματική ενέργεια, γεωθερμική ενέργεια, βιομάζα, βιοκαύσιμα), αποτελούν τις μορφές εκμετάλλευσης ενέργειας που προέρχονται από φυσικές πηγές, όπως η ηλιακή ακτινοβολία, ο αέρας, η δυναμική ροή του νερού κ.ά. και επάγονται στις εναλλακτικές λύσεις αντί των παραδοσιακών συμβατικών μορφών παραγωγής ενέργειας (καύση ορυκτών καυσίμων). Σε κάθε περίπτωση οι ΑΠΕ θεωρούνται η λύση του προβλήματος της εξάντλησης των μη ανανεώσιμων αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων.

Στην Ελλάδα τα προγράμματα ανάπτυξης των ΑΠΕ υποστηρίζονται και προωθούνται από πλευράς επίσημης πολιτείας, από το Κέντρο Ανανεώσιμων πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), που είναι ο εθνικός φορέας για τις ΑΠΕ, την ορθολογική χρήση ενέργειας (ΟΧΕ) και την εξοικονόμηση ενέργειας (ΕΕ). Σημαντικό βήμα προώθησης των ΑΠΕ στην Ελλάδα, μέσα στην τελευταία δεκαετία, μέχρι και το 2010, η θεσμοθέτηση πιο ενισχυτικού νομοθετικού πλαισίου εγκατάστασης και αξιοποίησής τους. Επιπλέον, η μεγιστοποίηση των επιπτώσεων της οικονομικής κρίσης, οδήγησε σε δραστική αναθεώρηση της προηγούμενης ενεργειακής πολιτικής στον τομέα των ΑΠΕ και ιδιαίτερα στα φωτοβολταϊκά συστήματα.[13]

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναπτυχθεί η προοπτική δημιουργίας φωτοβολταϊκού πάρκου 100 KW, ως ΑΠΕ, για την υποστήριξη της ισχύς των σταθμών φόρτισης ηλεκτροκίνητων οχημάτων του Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (πρώην ΑΤΕΙ Λάρισας), καθώς και τους παράγοντες και τεχνικά στοιχεία που καθορίζουν μία τέτοια εγκατάσταση, όπως θα αναλυθούν στη συνέχεια.

6.2 Φωτοβολταϊκά συστήματα

6.2.1.Φωτοβολταϊκό στοιχείο

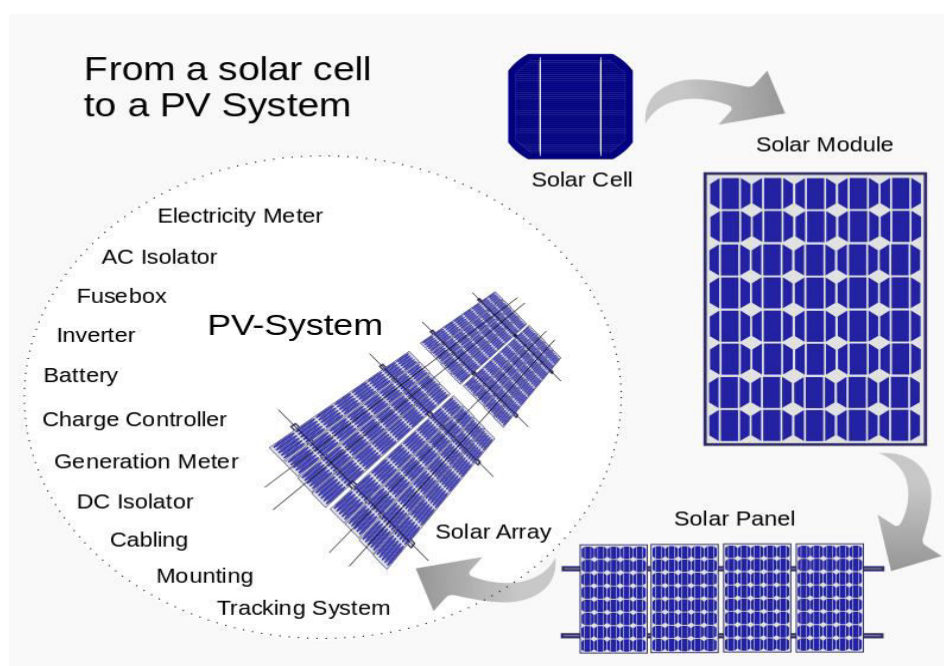
Τα φωτοβολταϊκά (PV) είναι η μετατροπή του φωτός σε ηλεκτρισμό χρησιμοποιώντας ημιαγωγικά υλικά που εμφανίζουν το φωτοβολταϊκό αποτέλεσμα, ένα φαινόμενο που μελετήθηκε στη φυσική, τη φωτοχημεία και την ηλεκτροχημεία. Ο όρος ηλιακό πάνελ χρησιμοποιείται για τη φωτοβολταϊκή μονάδα (PV).

Η φωτοβολταϊκή μονάδα είναι ένα συγκρότημα φωτοβολταϊκών κυψελών τοποθετημένων σε πλαίσιο για εγκατάσταση. Τα φωτοβολταϊκά κύτταρα χρησιμοποιούν το ηλιακό φως ως πηγή ενέργειας και παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα συνεχούς ρεύματος. Μια συλλογή φωτοβολταϊκών μονάδων ονομάζεται PV Panel, και ένα σύστημα Panels είναι ένα Array. Οι συστοιχίες ενός φωτοβολταϊκού συστήματος παρέχουν ηλιακό ηλεκτρισμό σε ηλεκτρικό εξοπλισμό.

Οι φωτοβολταϊκές μονάδες χρησιμοποιούν ελαφριά ενέργεια (φωτόνια) από τον Ήλιο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του φωτοβολταϊκού εφέ . Οι περισσότερες μονάδες χρησιμοποιούν κρυσταλλικά κύτταρα πυριτίου με βάση γκοφρέτα ή κύτταρα λεπτού υμενίου . Η δομή (μεταφορά φορτίου) Το μέλος μιας ενότητας μπορεί να είναι είτε το ανώτερο στρώμα είτε το πίσω στρώμα. Τα κύτταρα πρέπει να προστατεύονται από μηχανικές βλάβες και υγρασία. Οι περισσότερες μονάδες είναι άκαμπτες, αλλά είναι επίσης διαθέσιμες ημι-εύκαμπτες με βάση κελιά λεπτής μεμβράνης. Οι κυψέλες συνδέονται ηλεκτρικά σε σειρά, το ένα με το άλλο στην επιθυμητή τάση, και στη συνέχεια παράλληλα για αύξηση της έντασης. Η ισχύς της ενότητας είναι το μαθηματικό προϊόν της τάσης και της έντασης της μονάδας. Οι προδιαγραφές κατασκευής των ηλιακών συλλεκτών λαμβάνονται υπό κανονική κατάσταση η οποία δεν είναι η πραγματική κατάσταση λειτουργίας που εκτίθενται στα ηλιακά πάνελ στο χώρο εγκατάστασης.

Ένα φωτοβολταϊκό κουτί συνδέεται στο πίσω μέρος του ηλιακού πλαισίου και λειτουργεί ως διεπαφή εξόδου. Οι εξωτερικές συνδέσεις για τις περισσότερες φωτοβολταϊκές μονάδες χρησιμοποιούν MC4 βύσματα για να διευκολύνουν τις εύκολες καιρικές συνδέσεις με το υπόλοιπο σύστημα. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί μια διεπαφή τροφοδοσίας USB. Οι ηλεκτρικές συνδέσεις της μονάδας γίνονται σε σειρά για την επίτευξη της επιθυμητής τάσης εξόδου ή παράλληλα για να παρέχουν την επιθυμητή ικανότητα ρεύματος (αμπέρ) του ηλιακού πλαισίου ή του φωτοβολταϊκού συστήματος. Τα αγωγία καλώδια που αφαιρούν το ρεύμα από τις μονάδες έχουν μέγεθος σύμφωνα με την ισχύ και ενδέχεται να περιέχουν άργυρο, χαλκό ή άλλα μη μαγνητικά αγωγία μετάβασης. Οι δίοδοι παράκαμψης μπορούν να ενσωματωθούν ή να χρησιμοποιηθούν εξωτερικά, σε περίπτωση μερικής σκίασης της μονάδας, για τη μεγιστοποίηση της εξόδου των τμημάτων της μονάδας που εξακολουθούν να φωτίζονται.

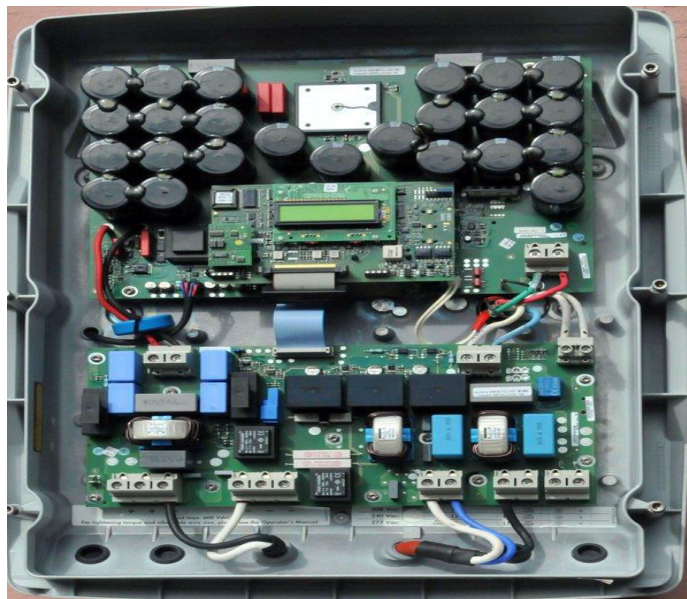
Οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις μπορεί να είναι επίγειες, τοποθετημένες στον τελευταίο όροφο, επιτοίχιες ή πλωτές. Η βάση μπορεί να είναι σταθερή ή να χρησιμοποιεί ηλιακό ιχνηλάτη για να ακολουθεί τον ήλιο στον ουρανό.



Εικόνα 6.2.1: Διάγραμμα περιγραφής διάταξης Φωτοβολταϊκού στοιχείου και Φωτοβολταϊκά συστήματα[136]

6.2.2 Ηλιακός μετατροπέας (SOLAR INVERTER)

Ένας ηλιακός μετατροπέας ή ένας φωτοβολταϊκός μετατροπέας, είναι ένας τύπος ηλεκτρικού μετατροπέα που μετατρέπει την έξοδο μεταβλητού συνεχούς ρεύματος (DC) ενός φωτοβολταϊκού (PV) ηλιακού πλαισίου σε εναλλασσόμενο ρεύμα συχνότητας χρησιμότητας (AC) που μπορεί να τροφοδοτηθεί σε εμπορικό ηλεκτρικό δίκτυο ή χρησιμοποιείται από ένα τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο εκτός δικτύου. Είναι μια κρίσιμη ισορροπία του συστήματος (BOS) - συστατικό σε ένα φωτοβολταϊκό σύστημα, επιτρέποντας τη χρήση συνηθισμένου εξοπλισμού με εναλλασσόμενο ρεύμα. Μετατροπείς ηλιακής ενέργειας έχουν ειδικές λειτουργίες προσαρμοσμένες για χρήση με φωτοβολταϊκές συστοιχίες, συμπεριλαμβανομένης της μέγιστης ανάχνευσης σημείων ισχύος και προστασίας.



Εικόνα 6.2.2 : Ηλιακός μετατροπέας (SOLAR INVERTER) [135]

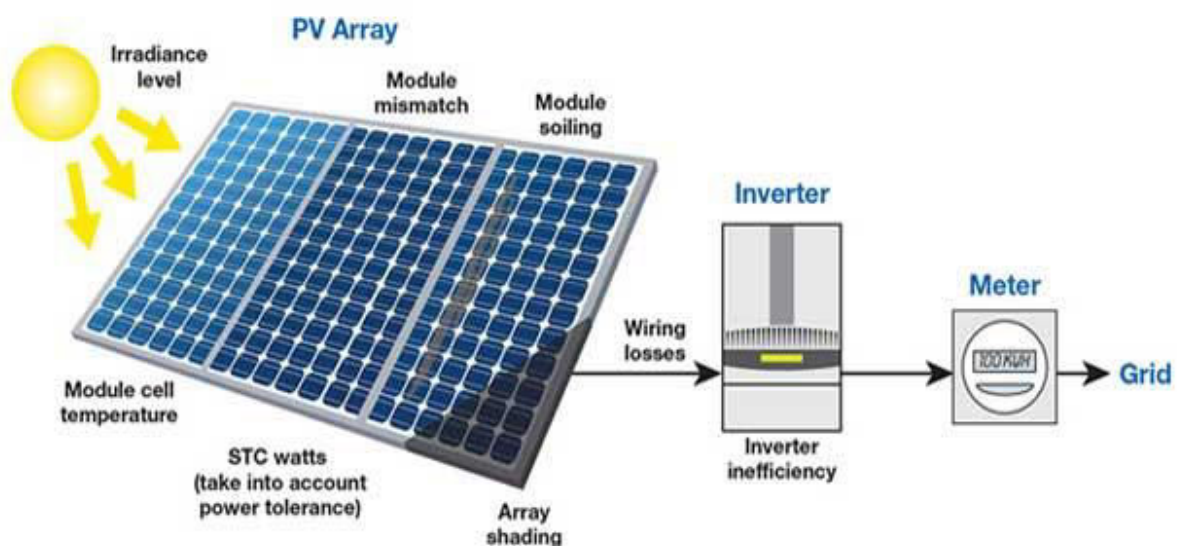
Οι ηλιακοί μετατροπείς μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις ευρείς τύπους:

- Ανεξάρτητοι μετατροπείς, που χρησιμοποιούνται σε απομονωμένα συστήματα όπου ο μετατροπέας αντλεί την ενέργεια DC του από μπαταρίες που φορτίζονται από φωτοβολταϊκές συστοιχίες. Πολλοί αυτόνομοι μετατροπείς ενσωματώνουν επίσης ενσωματωμένους φορτιστές μπαταριών για την αναπλήρωση της μπαταρίας απόπληγή εναλλασσόμενου ρεύματος, όταν είναι διαθέσιμος. Κανονικά αυτά δεν αλληλεπιδρούν με κανένα τρόπο με το πλέγμα χρησιμότητας, και ως εκ τούτου, δεν απαιτείται να έχουν προστασία κατά των νησιών.
- Μετατροπείς πλέγματος, που ταιριάζουν με τη φάση με ημιτονοειδές κύκλο που παρέχεται από βοηθητικό πρόγραμμα. Οι μετατροπείς πλέγματος έχουν σχεδιαστεί για να κλείνουν αυτόματα μετά από απώλεια τροφοδοσίας, για λόγους ασφαλείας. Δεν παρέχουν εφεδρική ισχύ κατά τη διακοπή λειτουργίας.

- Οι μετατροπείς εφεδρικών μπαταριών , είναι ειδικοί μετατροπείς που έχουν σχεδιαστεί για να αντλούν ενέργεια από μια μπαταρία, να διαχειρίζονται τη φόρτιση της μπαταρίας μέσω ενός ενσωματωμένου φορτιστή και να εξάγουν υπερβολική ενέργεια στο πλέγμα κοινής ωφέλειας. Αυτοί οι μετατροπείς είναι σε θέση να παρέχουν ενέργεια εναλλασσόμενου ρεύματος σε επιλεγμένα φορτία κατά τη διάρκεια διακοπής ρεύματος, και απαιτείται να έχουν προστασία.
- Ευφυείς υβριδικοί μετατροπείς , διαχείριση φωτοβολταϊκών συστοιχιών, αποθήκευση μπαταρίας και πλέγμα χρησιμότητας, τα οποία συνδέονται όλα απευθείας με τη μονάδα. Αυτά τα σύγχρονα συστήματα all-in-one είναι συνήθως εξαιρετικά ευπροσάρμοστα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εφαρμογές πλέγματος, αυτόνομες ή εφεδρικές εφαρμογές, αλλά η κύρια λειτουργία τους είναι η αυτοκατανάλωση με τη χρήση αποθηκευτικού χώρου.

Οι ηλιακοί μετατροπείς χρησιμοποιούν τη μέγιστη παρακολούθηση σημείου ισχύος (MPPT) για να λάβουν τη μέγιστη δυνατή ισχύ από τη φωτοβολταϊκή συστοιχία. Τα ηλιακά κύτταρα έχουν μια πολύπλοκη σχέση μεταξύ της ηλιακής ακτινοβολίας, της θερμοκρασίας και της συνολικής αντίστασης που παράγει μια μη γραμμική απόδοση εξόδου γνωστή ως καμπύλη IV . Σκοπός του συστήματος MPPT είναι η δειγματοληψία της εξόδου των κυψελών και ο καθορισμός αντίστασης (φορτίο) για τη λήψη μέγιστης ισχύος για δεδομένες περιβαλλοντικές συνθήκες.

Ο παράγοντας πλήρωσης , πιο γνωστός από τη συντομογραφία του FF , είναι μια παράμετρος η οποία, σε συνδυασμό με την τάση ανοιχτού κυκλώματος (V_{oc}) και το ρεύμα βραχυκυκλώματος (I_{sc}) του πίνακα, καθορίζει τη μέγιστη ισχύ από ένα ηλιακό στοιχείο. Ο συντελεστής πλήρωσης ορίζεται ως ο λόγος της μέγιστης ισχύος από το ηλιακό στοιχείο προς το προϊόν των V_{oc} και I_{sc} . [134]



Εικόνα 6.2 : Διάγραμμα περιγραφής λειτουργίας φωτοβολταϊκού συστήματος[133]

6.2.3 Κατηγορίες φωτοβολταϊκών συστημάτων

Τα ΦΒ στοιχεία μπορούν να αξιοποιηθούν σε πλήθος ηλεκτρικών εφαρμογών και διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- Τα απομονωμένα (stand alone) ή εκτός δικτύου (off grid) συστήματα
- Συνδεδεμένα στο διαδίκτυο (grid connected)

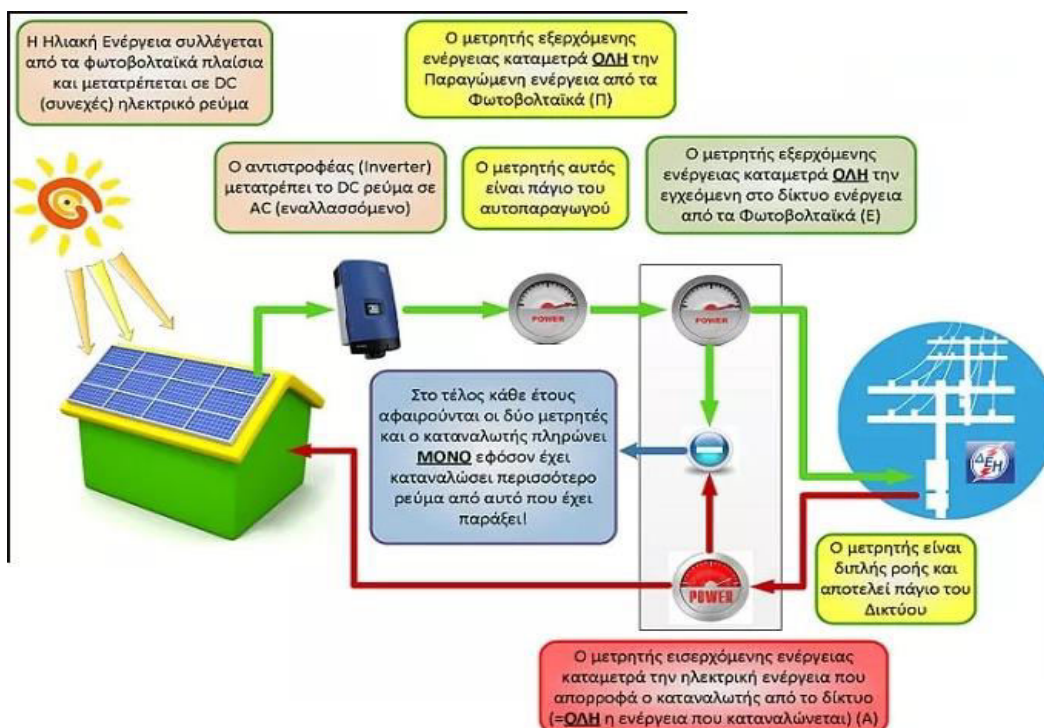
Τα απομονωμένα ΦΒ συστήματα διακρίνονται επίσης σε αυτόνομα και υβριδικά. Το κριτήριο για τον προσδιορισμό της σύνθεσης του καταλληλότερου ΦΒ συστήματος στις κατηγορίες αυτές, προκύπτει με βάση την απαίτηση για πλήρη ή μερική κάλυψη (αυτονομία) των ενεργειακών καταναλώσεων της εφαρμογής, από το ΦΒ σύστημα.

Ως εκτός δικτύου ή απομονωμένα συστήματα χαρακτηρίζονται τα ΦΒ συστήματα, τα οποία παράγουν ηλεκτρική ενέργεια χωρίς να είναι συνδεδεμένα στο κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο. Διακρίνονται, όπως προαναφέρθηκε, σε αυτόνομα και υβριδικά. Στα αυτόνομα συστήματα η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια από την εφαρμογή καλύπτεται εξ ολοκλήρου από τη ΦΒ συστοιχία, χωρίς τη συμμετοχή άλλων ΑΠΕ ή Η/Ζ (Ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος) και μπορεί να περιλαμβάνονται ή όχι ηλεκτρικοί συσσωρευτές. Στα υβριδικά ΦΒ συστήματα, η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια καλύπτεται από το συνδυασμό ΦΒ συστοιχίας με άλλες πηγές ενέργειας, δηλαδή ΑΠΕ (π.χ. ανεμογεννήτρια) ή πηγές συμβατικών καυσίμων (Η/Ζ).

Τα ΦΒ συστήματα τα οποία είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο, συνδέονται απευθείας στο εθνικό ή τοπικό δίκτυο ηλεκτρικής παροχής. Το δίκτυο αποτελεί για το ΦΒ σύστημα μία τεράστια δεξαμενή ηλεκτρικής ενέργειας, σταθερής ηλεκτρικής τάσης. Συνεπώς, στα συστήματα αυτά δεν απαιτείται αποθήκευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Διακρίνονται σε αυτά που είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο ως καταναμημένα συστήματα (distributed systems) και σε εκείνα που συνιστούν κεντρικούς ΦΒ σταθμούς μεγάλης ισχύος, των οποίων η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια διοχετεύεται στο κεντρικό δίκτυο (centralized systems). Τα καταναμημένα ΦΒ συστήματα διακρίνονται σε αυτά που χρησιμοποιούν το δίκτυο ως βοηθητική πηγή ενέργειας (Grid back-up) και σε εκείνα που λειτουργούν σε συνεχή αλληλεπίδραση με το δίκτυο, διοχετεύοντας την επιπλέον παραγόμενη ενέργεια σε αυτό (Grid interactive). Στην πρώτη περίπτωση το ΦΒ σύστημα σχεδιάζεται έτσι ώστε να καλύπτει κατά μέσο όρο τις μηνιαίες ενεργειακές απαιτήσεις της εφαρμογής. Το δίκτυο καλύπτει έκτακτη ενεργειακή ή καταστάσεις αστοχίας του ΦΒ συστήματος. Στη δεύτερη περίπτωση, το βασικότερο κριτήριο αφορά στην επιλογή εκείνης της ΦΒ συστοιχίας η οποία καλύπτει, κατά μέσο όρο, τις ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις της εφαρμογής. Στις χρονικές περιόδους που το ΦΒ σύστημα υστερεί στην κάλυψη των καταναλώσεων της εφαρμογής, η απαιτούμενη ενέργεια παρέχεται από το δίκτυο. Σύμφωνα με το κριτήριο αυτό, μέσα στο έτος, η συνολική ενέργεια από το δίκτυο στην εφαρμογή, προβλέπεται να είναι ίση με τη συνολική ενέργεια από το ΦΒ σύστημα στο δίκτυο.[137]

6.2.4. Net metering

Το πρόγραμμα Net Metering (ενεργειακός συμψηφισμός) επιτρέπει στον καταναλωτή (ιδιώτη ή επιχείρηση), να παράγει μόνος του φθηνή ηλεκτρική ενέργεια μέσω εγκατάστασης φωτοβολταϊκών. Στην πραγματικότητα, το Net Metering δεν είναι τίποτε άλλο από συμφωνία με την επιχείρηση ηλεκτρισμού, που επιτρέπει στον καταναλωτή να εγκαταστήσει ένα σύστημα παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ, για να καλύψει την κατανάλωση του ηλεκτρικού ρεύματος. Στο εγκατεστημένο φωτοβολταϊκό σύστημα τοποθετούνται δύο μετρητές, εκ των οποίων ο ένας μετρά την εισερχόμενη και ο άλλος την εξερχόμενη ενέργεια. Ο συμψηφισμός που πραγματοποιείται σε ετήσια βάση είναι ενεργειακός, δηλαδή συμψηφίζεται η καταναλισκόμενη με την παραχθείσα ενέργεια. Η δυνατότητα αυτή καθιστά εξαιρετικά οικονομική τη χρήση φωτοβολταϊκών, χωρίς να χρειάζεται να δαπανηθούν επιπλέον χρήματα για την αγορά μπαταριών. Για παράδειγμα, τις πρωινές ώρες, ένα σύστημα φωτοβολταϊκών μπορεί να καλύψει την κατανάλωση μας και επιπλέον να παράγει μια περίσσεια που διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο. Τις βραδινές ώρες μπορεί να καλυφθεί δωρεάν η κατανάλωση ζητώντας από το ηλεκτρικό δίκτυο να επιστρέψει την περίσσεια που διοχετεύτηκε το πρωί. Αντίστοιχα, το ίδιο σύστημα φωτοβολταϊκών, τους καλοκαιρινούς μήνες μπορεί να παράγει πολύ περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια από αυτή που χρειαζόμαστε. Η περίσσεια αυτή «αποθηκεύεται» στο ηλεκτρικό δίκτυο, ώστε να μπορούν να καλυφθούν δωρεάν οι ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια τους χειμερινούς μήνες που τα φωτοβολταϊκά έχουν χαμηλότερη παραγωγή. Στην ουσία λοιπόν, είναι μια συμφωνία με το ηλεκτρικό δίκτυο, που επιτρέπει τον ενεργειακό συμψηφισμό σε ετήσια βάση.[139]



Εικόνα 6.2.4: Περιγραφή διαδικασίας Net Metering από την εταιρία mp Energy [138]

6.2.5 Βάσεις Στήριξης

Οι βάσεις στήριξης των ΦΒ σταθμών διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τις σταθερές βάσεις στήριξης και σε εκείνες που παρακολουθούν την τροχιά του ήλιου. Οι βάσεις στήριξης που παρακολουθούν την τροχιά του ήλιου ή κινητές βάσεις στήριξης συναντώνται σε υπαίθριες συνήθως εγκαταστάσεις και αυξάνουν την παραγωγή του ΦΒ σταθμού κατά 30%. Οι σταθερές βάσεις στήριξης, ανάλογα με την ποιότητα του εδάφους (καθαρό, ημιβραχώδες, βραχώδες) και τις ευρύτερες συνθήκες του εδάφους, μπορούν να είναι είτε με βιδωτά θεμέλια, είτε με πασαλόμπιξη, είτε με πάκτωση σε πέδιλα σκυροδέματος. Βέβαια υπάρχουν και οι περιπτώσεις εγκατάστασης σε βιομηχανική στέγη, σε κεραμοσκεπή ή σε δώμα όπου εκεί είναι ακόμα πιο απλή η εγκατάσταση. Οι βάσεις είναι αρθρωτές και το υλικό που χρησιμοποιείται είναι γαλβανισμένος χάλυβας και αλουμίνιο.

6.2.6 Γείωση

Η γείωση στους υπαίθριους ΦΒ σταθμούς είναι σύμφωνα με το πρότυπο του ΕΛΟΤ HD384. Αναλυτικότερα πρόκειται για περιμετρική γείωση χάλκινης ταινίας με εγκάρσιες διελεύσεις ώστε να σχηματίζεται πλέγμα 20μ x 20μ.

6.2.7 Καλωδιώσεις και Οδεύσεις

Οι καλωδιώσεις στους ΦΒ σταθμούς διακρίνονται στις καλωδιώσεις στη πλευρά του συνεχούς ρεύματος (dc) και σε αυτές στην πλευρά του εναλλασσόμενου (ac).

Στην πλευρά του dc, τα καλώδια που χρησιμοποιούνται ειδικά solar καλώδια που έχουν διπλή μόνωση. Τα συνηθισμένα καλώδια είναι τύπου HO7RN και οι συνδέσεις μεταξύ των ΦΒ πλαισίων και των αντιστροφών γίνεται με ειδικά βύσματα MC4 (multicontact) ή TYPO. Στην πλευρά του dc άλλοτε χρησιμοποιούνται οδεύσεις για τις καλωδιώσεις και άλλοτε όχι γιατί ο σχεδιασμός του ΦΒ σταθμού γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε τα dc καλώδια να τρέχουν πάνω στις μεταλλικές βάσεις. Σε περιπτώσεις υπόγειων διελεύσεων επιβάλλονται οι οδεύσεις. Στην πλευρά του εναλλασσόμενου ρεύματος (ac) χρησιμοποιούνται πολυκλονικά καλώδια τύπου JIVV.

Στις περιπτώσεις των ΦΒ σταθμών, βασικός στόχος είναι οι μικρότερες δυνατές απώλειες στις καλωδιώσεις για αυτό το λόγο η επιλογή των καλωδιώσεων γίνεται με γνώμονα την ελαχιστοποίηση των απωλειών σε αυτές. Έτσι συνήθως ο στόχος είναι απώλειες μικρότερες του 1%.

6.2.8 Πίνακας και Λοιπές Ασφαλιστικές Διατάξεις

Στο γενικό πίνακα του ΦΒ σταθμού βρίσκονται οι κατάλληλες ασφαλιστικές και διακοπτικές διατάξεις για την ασφάλεια της αναχώρησης των καλωδιώσεων και την δυνατότητα διακοπής του ΦΒ σταθμού αντίστοιχα. Επιπρόσθετα στον γενικό πίνακα μπορούν να τοποθετηθούν απαγωγοί κρουστικών και κεραυνικών υπερτάσεων για την προστασία της εγκατάστασης που προέρχονται είτε από απευθείας υπερτάσεις του δικτύου είτε και από επαγωγικές υπερτάσεις.

Ο γενικός πίνακας χρησιμοποιείται για τον παραλληλισμό των επί μέρους αντιστροφέων (inverters) και την σύνδεση των επί μέρους μονοφασικών παροχών σε τριφασική.

Παράλληλα σε ένα ΦΒ σταθμό συναντώνται και υποπίνακες ac και dc που προστατεύουν την αναχώρηση των καλωδιώσεων προς τον γενικό πίνακα και η προστασία των αντιστροφέων με απαγωγούς υπερτάσεων τόσο από την πλευρά του dc όσο και από την πλευρά του ac.

6.2.9 Λοιπός Εξοπλισμός

Απαγωγοί Κρουστικών και Κεραυνικών Υπερτάσεων

Οι μονάδες παραγωγής ενέργειας από φωτοβολταϊκά στοιχεία αποτελούνται από ηλεκτρονικό και ηλεκτρολογικό εξοπλισμό ενώ ο χώρος εγκατάστασης απαιτείται να είναι ανεμπόδιτος για αποφυγή σκιάσεων. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την χρήση εκτεταμένων μεταλλικών κατασκευών διαμορφώνουν ένα ικανό συλλεκτήριο σύστημα για κεραυνικά και επαγωγικά πλήγματα αλλά και κρουστικές υπερτάσεις μέσω του δικτύου ηλεκτροδότησης.

Για τον λόγο αυτό συνιστάται η εγκατάσταση απαγωγών κρουστικών και κεραυνικών υπερτάσεων. Οι απαγωγοί συνδέονται παράλληλα με τη γραμμή από όπου θέλουμε να προστατευτούμε. Στη πραγματικότητα πρόκειται για μια συστοιχία βαρίστορ που σε περίπτωση υπέρτασης μειώνουν την αντίσταση τους προς τη γείωση και δημιουργούν καλύτερο αγωγίμο δρόμο προς τη γη και έτσι απορροφούν την υπέρταση προστατεύοντας τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό.

Συστήματα Ασφαλείας και Παρακολούθησης

Η θέση των ΦΒ σταθμών συνήθως είναι μακριά από κατοικημένες περιοχές και το κόστος του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού είναι αξιοσημείωτο. Για το λόγο αυτό επιβάλλεται η εγκατάσταση συστημάτων ασφαλείας. Τα συστήματα ασφαλείας κατά κάποιο τρόπο επηρεάζουν το τελικό PR γιατί μειώνουν την τελική εξερχόμενη ενέργεια, αφού καταναλώνουν κάποια ποσότητα ενέργειας για την λειτουργία για παράδειγμα των beams, του συναγερμού, των καμερών και των λοιπών συσκευών που αποτελούν το σύστημα ασφαλείας.

Σύστημα Τηλεμετρίας (Monitoring Systems)

Τα συστήματα τηλεμετρίας συλλέγουν πληροφορίες και δεδομένα που αφορούν την παραγωγή και την περαιτέρω λειτουργία του ΦΒ σταθμού και μέσω διαδικτύου είναι διαθέσιμα στον εγκαταστάτη και στον παραγωγό. Τα συστήματα αυτά είναι χρήσιμα για την παρακολούθηση της λειτουργίας και τον εντοπισμό βλάβων και δυσλειτουργιών του ΦΒ σταθμού που μπορούν να επηρεάσουν το PR της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

6.2.10 Αναγκαιότητα Μέτρησης PR

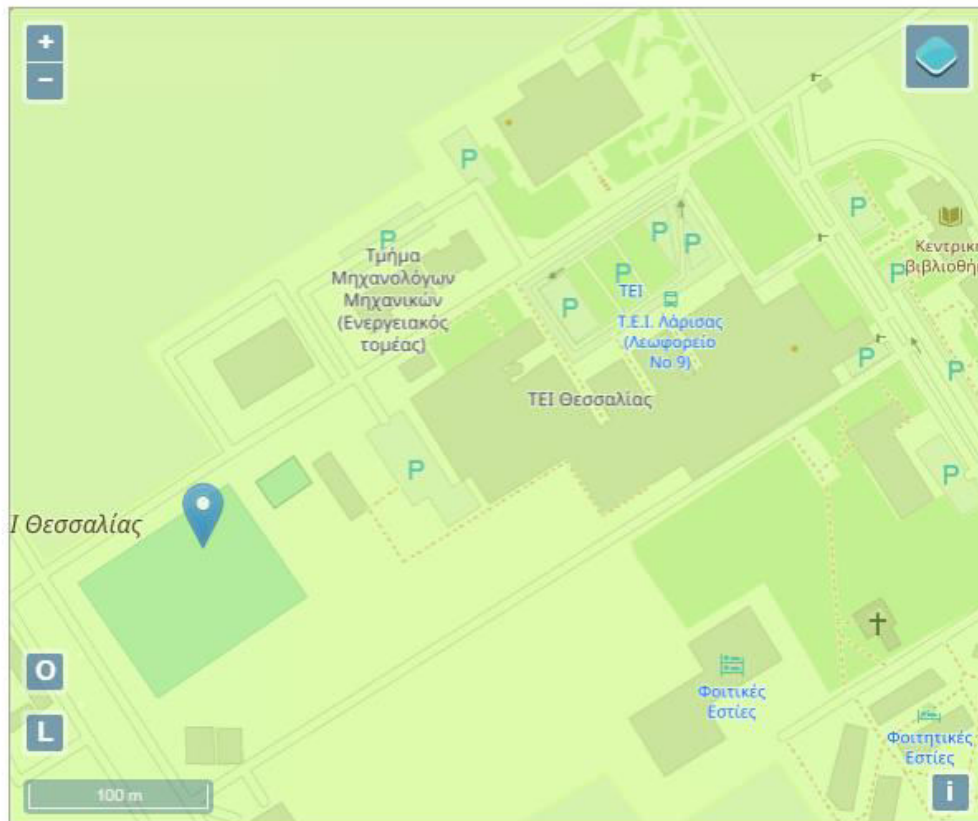
Οι Εθνικοί Στόχοι που τέθηκαν με την Συνθήκη του Κιότο επέβαλαν τη συνεχή ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε) στη χώρα μας. Έτσι οι Α.Π.Ε κέντρισαν το ενδιαφέρον πολλών επενδυτών αφού προσφέρουν καλές αποδόσεις σχετικά μικρού ρίσκου. Αφού η νομοθεσία εξασφαλίζει ένα πολύ καλό εισόδημα για τουλάχιστον είκοσι (20) χρόνια και σε άλλες περιπτώσεις έως είκοσι πέντε (25) χρόνια, πολλοί επενδυτές θέλουν να εξασφαλίσουν την καλή απόδοση των ΦΒ σταθμών και κατ' επέκταση της επένδυσής τους.

Έτσι δημιουργήθηκε η ανάγκη για την εγγύηση της καλής λειτουργίας του σταθμού από την πλευρά του εγκαταστάτη αφενός για εμπορικούς λόγους και αφετέρου για να διασφαλίσει και επενδυτής την επένδυσή του. Για τον λόγο αυτό, τέθηκαν τα θέματα εγγύησης της απόδοσης (PR), της διαθεσιμότητας του ΦΒ σταθμού και των συμβολαίων συντήρησης του ΦΒ σταθμού. Την διαθεσιμότητα του ΦΒ πάρκου την εγγυούνται οι εταιρίες που προμηθεύουν τον εξοπλισμό ή αυτές τον μετακυλούν στις εταιρίες που κατασκευάζουν το ΦΒ πάρκο.

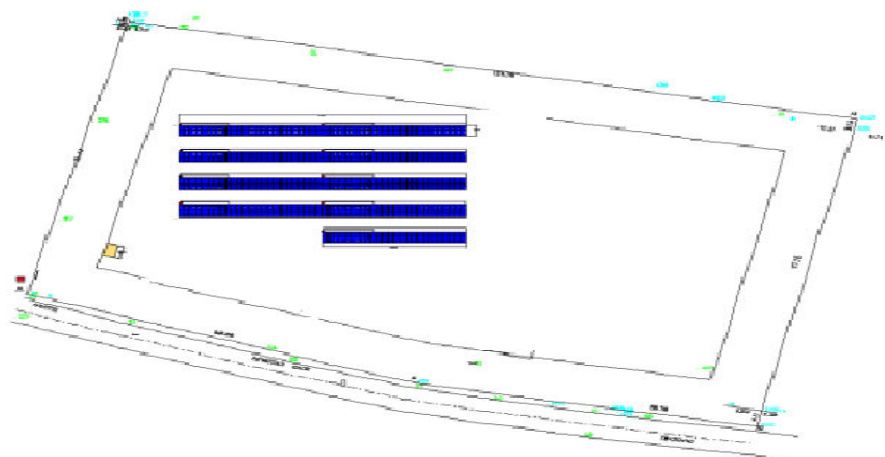
6.3 Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκού Πάρκου στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (Λάρισα)

Βάση του χώρου που επιλέχτηκε για τη τοποθέτηση των σημείων ηλεκτρικής φόρτισης (Κεντρικό Παρκινγκ) και της μέγιστης ετήσιας καταναλισκόμενης ισχύος από αυτές (411480 kWh/έτος) και με βάση τα σημερινά στοιχεία των ηλεκτρικών οχημάτων που βρίσκονται σε κυκλοφορία τη δεδομένη στιγμή στην Ελλάδα, μελετήθηκε και παρουσιάστηκε η μελέτη δημιουργίας ενός φωτοβολταϊκού πάρκου ισχύος 100 KWp, στο σημείο του σημερινού γηπέδου ποδοσφαίρου του Πανεπιστημίου, προσφέροντας έτσι την ελάχιστη απόσταση από τα σημεία φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων, δίνοντας έτσι και την πιο δυνατή λύση σε θέματα χωροταξίας, ηλιοφάνειας, αθέμιτης σκίασης και οικονομίας του εγχειρήματος. Το φωτοβολταϊκό πάρκο θα είναι συνδεδεμένο στο δίκτυο (on grid connected) και τα καταναλωμένα ΦΒ συστήματα θα διακρίνονται σε αυτά που θα χρησιμοποιούν το δίκτυο ως βοηθητική πηγή ενέργειας (Grid back-up). Χρησιμοποιώντας επίσης το πρόγραμμα Net Metering (ενεργειακός συμψηφισμός) θα επιτρέπει στους ηλεκτρικούς φορτιστές να παράγουν μόνοι τους την ηλεκτρική ενέργεια μέσω της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών. Στην πραγματικότητα, το Net Metering δεν θα είναι τίποτε άλλο από συμφωνία με την επιχείρηση ηλεκτρισμού, που θα επιτρέπει στο σύστημα παραγωγής

ενέργειας από ΑΠΕ, για να καλύψει την κατανάλωση του ηλεκτρικού ρεύματος. Στο εγκατεστημένο φωτοβολταϊκό σύστημα θα τοποθετηθούν δύο μετρητές, εκ των οποίων ο ένας μετρά την εισερχόμενη και ο άλλος την εξερχόμενη ενέργεια, που θα χρησιμοποιούν οι φορτιστές. Ο συμφηφισμός που πραγματοποιείται σε ετήσια βάση είναι ενεργειακός, δηλαδή συμφηφίζεται η καταναλισκόμενη με την παραχθείσα ενέργεια. Η δυνατότητα αυτή καθιστά εξαιρετικά οικονομική τη χρήση φωτοβολταϊκών για την χρήση τους ως ΑΠΕ στη μελέτη εγκατάστασης των σταθμών φόρτισης.



Εικόνα 6.3α : Ενδεικτικό Σημείο Τοποθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου [140]



Εικόνα 6.3β : Ενδεικτικό ηλεκτρολογικό σχέδιο φωτοβολταϊκού πάρκου 100kW, πρόγραμμα σχεδιασμού AutoCad 2D 2010

6.3.1 ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟΣ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ Φ/Β ΣΤΑΘΜΟΥ ΙΣΧΥΟΣ 100 kWp

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει ως στόχο της για το 2020 το 20% της κατανάλωσης ενέργειας να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές. Ως προς την ηλιοθερμική ενέργεια η Ελλάδα ήταν πρωτοπόρος χώρα στην Ευρώπη τις τελευταίες δεκαετίες με περίπου ένα εκατομμύριο εγκατεστημένους ηλιακούς θερμοσίφωνες, που συμβάλουν σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην προστασία του περιβάλλοντος, αξιοποιώντας το ανεξάντλητο ηλιακό δυναμικό. Τώρα μένει να γίνει το ίδιο και ως προς την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι προϋποθέσεις μάλιστα για τα Φωτοβολταϊκά Συστήματα είναι ακόμα καλύτερες, αφού τα Φ/Β συστήματα παρουσιάζουν την μέγιστη παραγωγή ακριβώς εκείνες τις ώρες της ημέρας που και η κατανάλωση (ζήτηση) φτάνει στο μέγιστο και η ΔΕΗ ζητά από όλους τους καταναλωτές να περιορίσουν την ζήτηση ή αναγκάζεται να κάνει περικοπές (ελεγχόμενη συσκότιση). Τα φωτοβολταϊκά συστήματα επιδοτούνται από το Ελληνικό κράτος μέσω του νέου επενδυτικού νόμου Ν. 3522/06 και του αναπτυξιακού νόμου Ν. 3299/04 για επενδυτές μεσαίας και μεγάλης κλίμακας (επιδότηση αγοράς εξοπλισμού έως και 40% ανάλογα με την περιοχή της εγκατάστασης και τα επιχειρηματικά κριτήρια που ικανοποιούνται). Στη συνέχεια, με βάση το νόμο Ν. 3468/06 για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας ο επενδυτής συνάπτει δεκαετές συμβόλαιο – με μονομερή δυνατότητα ανανέωσης της σύμβασης από την πλευρά του επενδυτή για ακόμη δέκα χρόνια – για την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγει στον ΔΕΣΜΗΕ (Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας) για τις διασυνδεδεμένες περιοχές, ή απευθείας στη ΔΕΗ για τις μη-διασυνδεδεμένες περιοχές.[141]

Το υψηλό όμως κόστος του εξοπλισμού και των εγκαταστάσεων ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, δημιουργούν το εμπόδιο στην ανάπτυξη ενός τέτοιου δικτύου. Ως εκ τούτου, απαιτούνται οικονομικά αποδοτικές λύσεις, για να διασφαλιστεί μία μελλοντική επένδυση στις ΑΠΕ.

Το κόστος λοιπόν, ενός φωτοβολταϊκού πάρκου, μπορεί τυπικά να χωριστεί στις εξής κατηγορίες:

1. Κόστος αγοράς κύριου εξοπλισμού.
2. Κόστος βάσεων φωτοβολταϊκών πάνελ.
3. Κόστος υλικών της διάταξης γειώσεων.
4. Κόστος ηλεκτρολογικού-ηλεκτρονικού εξοπλισμού.
5. Οι εργατοώρες του ηλεκτρολόγου που δαπανά για προετοιμασία, πριν έρθει στον χώρο εγκατάστασης
6. Το κόστος της αδειοδότησης.
7. Κόστος των απαραίτητων τροποποιήσεων του χώρου τοποθέτησης.
8. Κόστος Εγκατάστασης Συστήματος SECURITY
9. Κόστος λοιπόν και απρόβλεπτων δαπανών.

Τέλος, αν συμπεριληφθεί και το κόστος συντήρησης από μία τέτοια επένδυση, τότε ένα γενικό συμπέρασμα επί των οικονομικών, συνοψίζεται παρακάτω, βάση των στοιχείων που δόθηκαν από παρόμοια μελέτη έργου, στον πίνακα που ακολουθεί.

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟΣ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ Φ/Β ΣΤΑΘΜΟΥ ΙΣΧΥΟΣ 100,00 kWp					
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΑΠΑΝΗΣ	M.M.	Ποσότητα	Τιμή Μον	ΔΑΠΑΝΗ
1	ΚΥΡΙΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ				
1	Φ/Β panels Jipco 335 Wp μονοκρυσταλλικά, παραδοτέα στο έργο	wp	100.000	0,25	25.000 €
2	ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΙΣ (INVERTERS) 60 Kw Refusol	τεμ	2	3.500,00	7.000 €
2	ΒΑΣΕΙΣ PANELS				
1	Σιδηροί πάσσαλοι ΙΡΕ 140 μήκους 3,00 μ προδιατρητοί, γαλβανισμένοι	τεμ	1	2.800,00	2.800 €
2	Στοιχεία σταθερών βάσεων πλαισίων από προγαλβ. λαμαρίνα (Ομάς Α)	Kg	1	4.700,00	4.700 €
3	Στοιχεία σταθερών βάσεων πλαισίων από προγαλβ. λαμαρίνα (Ομάς Β)	Kg	1	4.700,00	4.700 €
4	Γαλβανισμένες βίδες, ροδέλες, παξιμάδια M12 και ροδέλες M-8	τεμ	1	1.000,00	1.000 €
5	Inox βίδες, ροδέλες, παξιμάδια M-8	τεμ	1	1.000,00	1.000 €
6	Clamps ενδιάμεσα και ακραία	τεμ	1	800,00	800 €
7	Ηλεκτρομονωτικές ταινίες βουτυλίου (alouseal)	τεμ	5	40,00	200 €
8	Εργασίες Πασαλόμπηξης	τεμ	70	10,00	700 €
9	Εργασίες Αμωδομή- τοποθέτησης panels	ημ	8	50,00	400 €
3	ΔΙΑΤΑΞΗ ΓΕΙΩΣΕΩΝ				
1	Λάμα γείωσης	τεμ	1	1.500,00	1.500 €
2	Στήριγμα Λάμα γείωσης	τεμ	1	1.500,00	1.500 €
3	Σύνδεσμοι				
4	Αγωγός γείωσης 10 χλ				
5	Εργασίες Συνεργείου ηλεκτρολόγων	ημ	3	50,00	150 €
4	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΣ - ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ				
1	Γενικός πίνακας Χ.Τ.	τεμ	1	2.000,00	2.000 €
2	Διακόπτης Φορτίου ΔΕΗ	τεμ	1	750,00	750 €
3	Κατασκευές στήριξης Διακ. Φορτίου, Πινάκων μετρητών ΔΕΗ και γαλβανισμένου σωλήνα 2" εναέριου καλωδίου ΔΕΗ	τεμ	1	2.000,00	2.000 €
4	Παροχικό Καλώδιο AC από Πίνακα Χ.Τ. στο μετρητή ΔΕΔΔΗΕ	τεμ	1	600,00	600 €
5	Καλώδιο AC από πίνακες Inverters προς Πίνακα Χ.Τ. διατομής ΝΥΥ...	μμ	1	1.000,00	1.000 €
6	Πίνακες AC / DC των Inverters	τεμ	2	2.000,00	4.000 €
7	Καλώδια DC από panels προς πίνακες AC/DC των Inverters	τεμ	1	500,00	500 €
8	Καλώδια συστήματος τηλεμετρίας από Inverters έως router.	τεμ	1	400,00	400 €
9	Καλώδια AC & DC, πίνακες AC & DC καλώδια επικοινωνίας κλπ	τεμ	1	1.000,00	1.000 €
10	Σωλήνες διέλευσης υπόγειων Καλωδίων διατομής Φ 40	μμ	1	1.000,00	1.000 €
11	Σωλήνες διέλευσης υπόγειων Καλωδίων διατομής Φ 90	μμ	1	1.000,00	1.000 €
12	Εργασίες Συνεργείου ηλεκτρολόγων	τεμ	1	2.000,00	2.000 €
5	Εγκατάσταση Συστήματος SECURITY				
1	CCTV	τεμ	1	900,00	900 €
2	Αντικλεπτικά συστήματα	τεμ	1	1.200,00	1.200 €
3	Σύστημα ελέγχου και επικοινωνίας, GSM	τεμ	1	500,00	500 €
5	Εργασίες Συνεργείου ηλεκτρολόγων - ηλεκτρονικών	τεμ	1	1.500,00	1.500 €
6	ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ				
1	Κατασκευή Πίλαρ από σκυρόδεμα ως σχέδιο ΔεΔΔΗΕ	τεμ	1.000	15,00	15.000 €
2	Προκατασκευασμένος οικίσκος συστήματος επιτήρησης κλπ	τεμ	1.000	15,00	15.000 €
3	Κατασκευή φρεατίων διέλευσης υπόγειων καλωδίων από σκυρόδεμα	τεμ	1.000	15,00	15.000 €
4	Περίφραξη	μμ	300	12,00	3.600 €
5	Χωματοργικά	τεμ	1	1.500,00	1.500 €
6	Οροί Σύνδεσης	τεμ	1	5.000,00	5.000 €
	ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ				3.000 €
ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΡΓΟΥ:					129.900 €

Πίνακας 6.3α : Ενδεικτικός Προϋπολογισμός Φ/Β Σταθμού Ισχύος 100 kWp

Θέτοντας έτσι τον συνολικό προϋπολογισμό του έργου στις 129.900 €, δημιουργώντας έτσι ένα αρκετά υψηλό κόστος και μεγάλο μειονέκτημα για την υλοποίηση του. Δεδομένου όμως της χρήσης του προγράμματος Net Metering (ενεργειακός συμψηφισμός) και την μεγάλη ενεργειακή ζήτηση του Πανεπιστημίου μπορούμε να υπολογίσουμε πως η απόσβεση της εγκατάστασης θα γίνει εντός 5 ετών ή 7 ετών, θέτοντας επιπλέον όρια λόγω φορολογικών επιπτώσεων. Δεδομένα που ενισχύουν την μελέτη, συνυπολογίζοντας πάντα την διάρκεια ζωής των φωτοβολταϊκών πάνελ, περίπου στα 20-25 χρόνια, περίπου όσο και τα χρόνια σύμβασης του συμβολαίου με τον ΔΕΣΜΗΕ (Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας).

Τέλος, με τη χρήση του λογισμικού προγράμματος JRC > PGMIS (PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM - ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ) του Κέντρου Επιστημών της ΕΕ και της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (EU SCIENCE HUB), μας παρουσιάζεται μία ξεκάθαρη εικόνα των επιδόσεων του φωτοβολταϊκού μας πάρκου, με δεδομένα όχι μόνο ετησίως αλλά με δυνατότητα παρουσίασης της μηνιαίας απόδοσης και απωλειών, όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε στην εικόνα 6.3β που ακολουθεί.

ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ GRID-CONNECTED PV : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Περίληψη

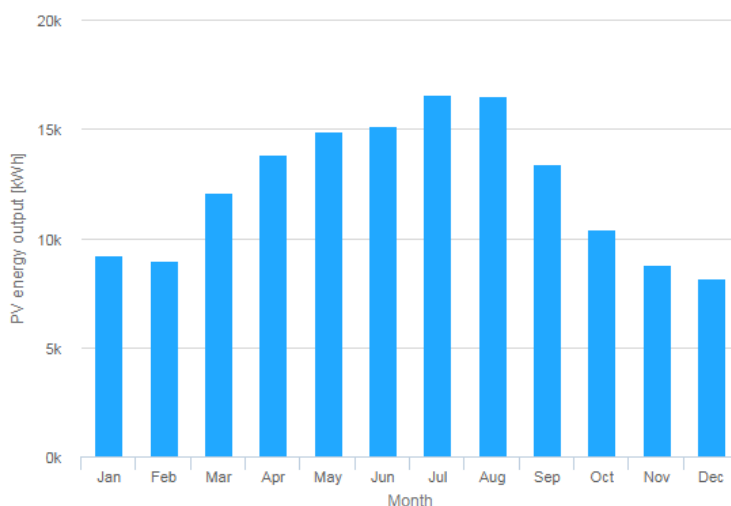
Παρεχόμενες εισόδους :

Τοποθεσία [Lat / Lon] :	39.626, 22.379
Ορίζοντας :	Calculated
Βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε :	PVGIS-SARAH
Τεχνολογία PV :	Crystalline silicon
Εγκατεστημένο PV [kWp]:	100
Απώλεια συστήματος [%]:	12

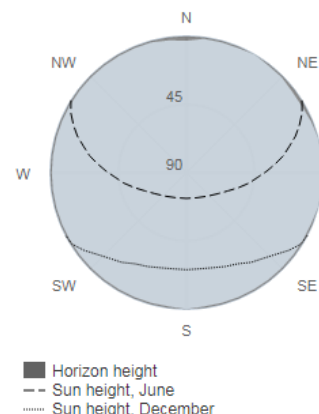
Έξοδοι προσομοίωσης :

Γωνία κλίσης [°]:	34
Γωνία αζιμουθίου [°]:	0
Ετήσια παραγωγή φωτοβολταϊκής ενέργειας [kWh]:	148005.55
Ετήσια ακτινοβολία εντός επιπέδου [kWh / m ²]:	1891.79
Μεταβλητότητα από έτος σε έτος [kWh]:	6120.97
Αλλαγές στην παραγωγή λόγω :	
Γωνία επίπτωσης [%]:	-2.7
Φασματικές επιδράσεις [%]:	0.71
Θερμοκρασία και χαμηλή ακτινοβολία [%]:	-9.27
Συνολική απώλεια [%]:	-21.76

Monthly energy output from fix-angle PV system



Outline of horizon



Εικόνα 6.3β Επιδόσεις φωτοβολταϊκού Πάρκου 100kW, βάση χωροταξίας στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, με το πρόγραμμα PGMIS [140]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας η παρούσα διπλωματική εργασία, για τις προοπτικές δημιουργίας σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων και τη δυνατότητα χρήσης ΑΠΕ στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, στο Ίδρυμα Γαιόπολις, κατέληξε στα εξής συμπεράσματα:

1. Η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα, με άμεσο αντίκτυπο στην υγεία αλλά και στην καθημερινότητα του ανθρώπου, με τον τομέα των μεταφορών να συμμετέχει κατά 25% στις συνολικές εκπομπές CO₂. Είναι λοιπόν, επιτακτική η ανάγκη εξυγίανσης του τομέα μεταφορών και η στροφή σε οχήματα φιλικότερα προς το περιβάλλον.
2. Τα ηλεκτροκίνητα οχήματα, δηλαδή τα οχήματα που χρησιμοποιούν για την κίνησή τους ένα τουλάχιστον ηλεκτροκινητήρα, έχουν προταθεί για να αντικαταστήσουν τα συμβατικά οχήματα στο μέλλον. Τα ηλεκτροκίνητα οχήματα που φορτίζουν σε σταθμούς φόρτισης, διακρίνονται σε:
 - Υβριδικά ηλεκτρικά (PHEV, Plug-in Hybrid Electric Vehicles)
 - Ηλεκτρικά με ενσωματωμένη ηλεκτροπαραγωγική μονάδα (E-REV, Extended Range Electric Vehicles)
 - Αμιγώς ηλεκτρικά (BEV – Battery Electric Vehicles)
3. Τα ηλεκτρικά οχήματα είναι πιο αθόρυβα, οι κινητήρες τους διαθέτουν εξαιρετικά υψηλό βαθμό απόδοσης, ενώ τέλος, έχουν χαμηλότερο κόστος σε βάθος χρόνου. Αντίθετα, δεν έχουν διαδοθεί τόσο πολύ γιατί χαρακτηρίζονται από μεγάλο κόστος κατασκευής και αγοράς, από την περιορισμένη αυτονομία των συσσωρευτών τους, από την περιορισμένη διάρκεια ζωής των μπαταριών τους και από τον μεγάλο χρόνο επαναφόρτισής τους. Έτσι, στην προώθηση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων είναι δυνατό να συμβάλει η ύπαρξη ενός εκτεταμένου δικτύου σταθμών φόρτισης.
4. Η φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων, μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε ασύρματα είτε ενσύρματα, στο σπίτι ή σε κοινόχρηστους χώρους. Οι τέσσερις μέθοδοι φόρτισης (Modes) κατά το πρότυπο IEC 61851-1, είναι η οικιακή φόρτιση (Mode 1), παρέχοντας ισχύ 3.7 kW – 11 kW, με διάρκεια φόρτισης 7 – 12 ώρες, η ημιταχεία φόρτιση (Mode 2), δίνοντας ισχύ 3.7 kW – 22 kW, με διάρκεια περίπου 3 – 8 ώρες, η ταχεία φόρτιση (Mode 3), δίνοντας ισχύ έως 14.5 kW για μονοφασική σύνδεση και μέχρι 44 kW για τριφασική σύνδεση και διάρκεια φόρτισης 1 – 4 ώρες, και τέλος η υπερταχεία φόρτιση (Mode 4), με DC, δίνοντας ισχύ της τάξης των 50 kW – 160 kW και διάρκεια φόρτισης 20 – 30 λεπτά.
5. Από τους διάφορους χώρους στάθμευσης της Γαιόπολις, επειδή κάθε σταθμός φόρτισης έχει σημαντικό κόστος, προτείνεται, οι φορτιστές να εγκατασταθούν στο Κεντρικό parking που εξυπηρετεί τα περισσότερα οχήματα, δηλαδή αυτά με πάνω από 100 θέσεις.
6. Από τους διάφορους ελεύθερους χώρους της Γαιόπολις, για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου, επιλέχτηκε ο χώρος του γηπέδου ποδοσφαίρου του Πανεπιστημίου, λόγω της χωροταξικής του θέσης στη πανεπιστημιούπολη και της μη ,πλέον, χρήσης του ως χώρο αθλοπαιδιών.

7. Οι σταθμοί φόρτισης, επιλέχθηκαν έτσι ώστε να καλύπτουν τα παρακάτω κριτήρια:
- Επαρκή εγκατεστημένη ισχύ εγκατάστασης και επάρκεια δικτύου
 - Εναρμόνιση με το ΦΕΚ 50/B 2015, ώστε να εξασφαλίζονται όλες οι απαραίτητες διατάξεις προστασίας ηλεκτρικού δικτύου και οχήματος και επικοινωνίας μεταξύ τους.
 - Ύπαρξη πολλαπλών ρευματοδοτών, ώστε να παρέχουν ταυτόχρονα ενέργεια σε πολλαπλά ηλεκτρικά οχήματα.
8. Η φωτοβολταϊκή μονάδα (PV), επιλέχθηκε έτσι ώστε να πληροί τα παρακάτω κριτήρια:
- Σύστημα συνδεδεμένο στο δίκτυο (On grid system)
 - Πρόγραμμα συστήματος Net Metering (ενεργειακός συμψηφισμός)
 - Σωστή διάταξη και αξιοποίηση τοποθεσίας
 - Επαρκή απόδοση συστήματος για την κάλυψη του 50% της ημερήσιας ισχύς των εγκαταστημένων σταθμών φόρτισης και των αναγκών του ιδρύματος.
9. Με βάση τα παραπάνω συστήνεται η τοποθέτηση τριών σημείων φόρτισης του μοντέλου XEV653C, με συνολική εγκαταστημένη ισχύ : $P = 3 * 44 \text{ kW} = 132 \text{ kW}$, και τη δυνατότητα να μπορούν να φορτίζουν ταυτόχρονα μέχρι και 6 ηλεκτρικά οχήματα τύπου φόρτισης Mode 3. Επιπλέον η εγκατάσταση μπορεί να υποστηρίξει και 6 επιπλέον ηλεκτρικά οχήματα τύπου φόρτισης Mode 2.
10. Η εφαρμογή ενός συστήματος διαχείρισης, που επιτρέπει την εκ περιτροπής φόρτιση των οχημάτων, είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος εξυπηρέτησης περισσότερων χρηστών αλλά και μείωσης του κόστους εγκατάστασης
11. Το κόστος αγοράς όλων των σταθμών φόρτισης που προτείνονται και συνολικό κόστος της εγκατάστασης τους, υπολογίζεται στις 20.000€. Για τις 3 θέσεις φόρτισης, το κόστος αυτό είναι γύρω στα 6.700 € ανά θέση στάθμευσης, με έσοδα 3500 € το χρόνο και κόστος συντήρησης ανέρχεται στα 300 € το χρόνο.
12. Το συνολικό κόστος προϋπολογισμού και υλοποίησης φωτοβολταϊκού πάρκου ισχύος 100kW, υπολογίζεται στις 129.900 €. Υπολογίζοντας όμως τις ενεργειακές αποδοχές και τη συγκαταλέγοντας την ανάγκη χρήσης ΑΠΕ, θέτουν τη σημαντικότητα υλοποίησης του έργου.

7.1 Εισηγήσεις για τη παρούσα έρευνα

Η παρούσα εργασία θα μπορούσε να αποτελέσει μελέτη για περαιτέρω έρευνα στον τρόπο φόρτισης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στο Πανεπιστήμιο Λάρισας. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι το parking των νέων κτιρίων της Σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας & Αγροτεχνολογίας, μπορεί να αποτελέσει ένα νέο σημείο εγκατάστασης σημείων φόρτισης, βάση της θέσης του στο Πανεπιστήμιο, τον αριθμό θέσεων που έχει και της απόστασης του κτιρίου από τον χώρο εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού πάρκου.

Επιπλέον, δε θα μπορούσαμε να παραβλέψουμε και την εκπαιδευτική αξία των εγκαταστάσεων των ηλεκτρικών φορτιστών και του φωτοβολταϊκού πάρκου, ιδιαίτερα σε τμήματα όπως το Τμήμα Συστημάτων Ενέργειας και του Μεταπτυχιακού Τμήματος Ενεργειακών Τεχνολογιών και Συστημάτων Αυτοματισμών, προσφέροντας μία εμπειρία ζωής, με την δυνατότητα των φοιτητών των τμημάτων να εκπαιδευτούν άμεσα πάνω σε τεχνολογικές εφαρμογές τέτοιου επιπέδου.

Τέλος, θα πρέπει να επισημάνουμε και το θετικό αντίκτυπο που θα έχει η δημιουργία της παρούσας μελέτης, στην εικόνα του Πανεπιστημίου, όχι μόνο με βάση την άνοδο της επισκεψιμότητας του, αλλά και την προοπτική εξοικείωσης και "πράσινης" αντίληψης που θα αποκτήσουν οι σπουδαστές όλων των τμημάτων, δημιουργώντας έτσι ένα Πανεπιστήμιο πρότυπο για όλη την Ελλάδα.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Article in wikipedia, available at: ‘Ρύπανση’. Βικιπαίδεια.
<https://el.wikipedia.org/w/index.php?title=%CE%A1%CF%8D%CF%80%CE%B1%CE%BD%CF%83%CE%B7&oldid=8079822>
- [2] Article in wikipedia, available at: ‘Ρύπανση της θάλασσας’. Βικιπαίδεια.
https://el.wikipedia.org/w/index.php?title=%CE%A1%CF%8D%CF%80%CE%B1%CE%BD%CF%83%CE%B7_%CF%84%CE%B7%CF%82_%CE%B8%CE%AC%CE%BB%CE%B1%CF%83%CF%83%CE%B1%CF%82&oldid=8079866
- [3] Article in wikipedia, available at: ‘Ατμοσφαιρική ρύπανση’. Βικιπαίδεια.
https://el.wikipedia.org/w/index.php?title=%CE%91%CF%84%CE%BC%CE%BF%CF%83%CF%86%CE%B1%CE%B9%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CF%81%CF%8D%CF%80%CE%B1%CE%BD%CF%83%CE%B7&oldid=7897080
- [4] ‘Ρύπανση εδαφών’. Άρθρο, διαθέσιμο στο: <http://www.lifesos.eu/index.php/el/pollution>.
- [5] Article in wikipedia, available at: ‘Ρύπανση των υδάτων’. Βικιπαίδεια.
https://el.wikipedia.org/w/index.php?title=%CE%A1%CF%8D%CF%80%CE%B1%CE%BD%CF%83%CE%B7_%CF%84%CF%89%CE%BD_%CF%85%CE%B4%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD&oldid=8080302
- [6] Article in wikipedia, available at: ‘Ηχορρύπανση’. Βικιπαίδεια.
<https://el.wikipedia.org/w/index.php?title=%CE%97%CF%87%CE%BF%CF%81%CF%81%CF%8D%CF%80%CE%B1%CE%BD%CF%83%CE%B7&oldid=8023683>
- [7] Παράρτημα διασκέψεων : Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, Geneva , 13/11/1979
- [8] Article in wikipedia, available at: ‘European emission standards’. Wikipedia.
https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=European_emission_standards&oldid=939180635
- [9] Διαδικτυακό Λογισμικό Αξιολόγησης Αέριων Ρύπων της Ε.Ε. : ‘Air Quality Statistics’. European Environment Agency. Ανακτήθηκε 24 Μάρτιος 2020 (διαθέσιμο στο: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/air-quality-statistics>).
- [10] Άρθρο : ‘Περιβαλλοντικοί ρύποι / Ρύπανση της Ατμόσφαιρας / ατμοσφαιρικοί ρύποι | Ιστότοπος: Θεματολόγιο Πνευμονολογίας’. Αρθρογράφος : Μαθιουδάκης Γεώργιος: Δυσμενείς επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην αναπνευστική λειτουργία. ΑΡΧΕΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ, 9(A), Α7-Α70. Ανακτήθηκε 30 Μάρτιος 2020 (διαθέσιμο στο : <http://respi-gam.net/node/3785>).
- [11] Έρευνα της Ευρωπαϊκής Ένωσης Αυτοκινητοβιομηχανιών, Τίτλος : THE AUTOMOBILE INDUSTRY POCKET GUIDE 2015/2016 Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα : www.acea.be
- [12] Ερευνητικό Άρθρο. Τίτλος : ‘China Pollution Clears amid Coronavirus Slowdown’. Πηγή : BBC News, Φεβρουάριος 29/2020. Διαθέσιμο : <https://www.bbc.com/news/world-asia-51691967>

- [13] Άρθρο : ‘Οικονομικά και φορολογικά κίνητρα για Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και ηλεκτροκίνητα αυτοκίνητα’. Ιστοσελίδα :ypaithros.gr. Ανακτήθηκε 1 Απρίλιος 2020 Πηγή: ΑΠΕ-ΜΠΕ (Διαθέσιμο : <https://www.ypaithros.gr/oikonomika-forologika-kinitra-ananeosimes-piges-energeias-ilektrokinita-aytokinita/>).
- [14] Article in wikipedia, available at: ‘Electric vehicle’. Wikipedia.
https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Electric_vehicle&oldid=947798995
- [15] McNicol, B. D. and D. A. J. Rand, “Power Sources for Electric Vehicles”, Studies in Electrical and Electronic Engineering, Elsevier Science Publishing Company, New York, 1981
- [16] Εικόνα : ‘thomas-edison_bailey-electric.jpg (1280x797)’.
(Διαθέσιμο : https://www.formtrends.com/wp-content/uploads/2014/12/thomas-edison_bailey-electric.jpg).
- [17] Εικόνα : ‘Cars of Futures Past - Ford Model T’. Hemmings.
(Διαθέσιμο : <http://www.hemmings.com/stories/2013/06/20/cars-of-futures-past-ford-model-t>).
- [18] Άρθρο- Εικόνα: ‘GM Electrovan’. Πηγή: Hydrogen Cars Now.
(Διαθέσιμο : <https://www.hydrogencarsnow.com/index.php/gm-electrovan/>).
- [19] Άρθρο-Εικόνα: ‘Forgotten Concept: 1966 Chevy Electrovair II’. Πηγή : Autoblog.
Άρθρογράφος: Jeff Sabatini (Διαθέσιμο: <https://www.autoblog.com/2010/08/13/forgotten-concept-1966-chevy-electrovair-ii/>).
- [20] Glon, Ronan. 2014. ‘A Look at the 1966 Chevrolet Electrovair II Concept [Video]’. Ran When Parked. (Διαθέσιμο : <https://ranwhenparked.net/2014/01/07/a-look-at-the-1966-chevrolet-electrovair-ii-concept-video/>).
- [21] Nordelöf, Anders, Maarten Messagie, Anne-Marie Tillman, Maria Ljunggren Söderman, και Joeri Van Mierlo. 2014. ‘Environmental Impacts of Hybrid, Plug-in Hybrid, and Battery Electric Vehicles—What Can We Learn from Life Cycle Assessment?’ The International Journal of Life Cycle Assessment 19(11):1866–90.
- [22] Ευρωπαϊκή πρωτοβουλία για τα πράσινα οχήματα ‘The European Green Vehicles Initiative (EGVI CPPP)’. Πηγή: EGVI. (Διαθέσιμο: <https://egvi.eu/who-we-are/the-european-green-vehicles-initiative-egvi-cppp/>).
- [23] Τίτλος: » ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ» ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΓΡΑΦΕΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ Συγγραφέας : Γιώργος Εμμανουηλίδης , 2011
- [24] Τίτλος: ‘Υ.Α. 71287/6443/2015 (ΦΕΚ 50/Β` 15.1.2015) | Πηγή: ΕΛΙΝΥΑΕ’. (Διαθέσιμο: <http://www.elinyae.gr/index.php/ethniki-nomothesia/ya-7128764432015-fek-50b-1512015>).
- [25]. Άρθρο: ‘What Is a Hybrid Electric Vehicle (HEV)? Άρθρογράφος: Gatton, Bryce. 2018’ Πηγή: The Driven. (Διαθέσιμο: <https://thedriven.io/2018/08/28/what-is-a-hybrid-electric-vehicle-hev/>).
- [26] Άρθρο: ‘The ICE age is over: Why battery cars will beat hybrids and fuel cells | Πηγή: The Driven’. (Διαθέσιμο: <https://thedriven.io/2018/11/14/the-ice-age-is-over-why-battery-cars-will-beat-hybrids-and-fuel-cells/>).

- [27]Άρθρο: ‘Plug-in Υβριδικά Αυτοκίνητα (PHEV) |Πηγή: Ford GR’.
(Διαθέσιμο: <https://www.ford.gr/shop/explore/hybrid-electric/plug-in-hybrid>).
- [28]Άρθρο – Εικόνα : ‘2020 Chevy Bolt EV |Πηγή: Affordable All Electric Car’
(Διαθέσιμο:<https://www.chevrolet.com/electric/bolt-ev>).
- [29] Άρθρο: ‘E-REV, είναι υβριδικό το μέλλον της ηλεκτροκίνησης; » Άρθρογράφος : Νίκος Ι. Μαρινόπουλος, 24 Απριλίου 2012 (Διαθέσιμο : <https://www.caroto.gr/2012/04/24/e-rev-future-ev/>).
- [30] Άρθρο-Εικόνα: ‘Audi e-tron , Πηγή: Audi
(Διαθέσιμο: <https://www.audi.gr/gr/web/el/models/tron/audi-e-tron.html>).
- [31]Σπέντζας, Ν. Κωνσταντίνος, “Ηλεκτροκίνητα Οχήματα στην Ελλάδα: Δυνατότητες και Προοπτικές”, Ελληνικό Ινστιτούτο Ηλεκτροκίνητων Οχημάτων (ΕΛ.ΙΝ.Η.Ο.), EnergyRes, 2009
- [32] Άρθρο: ‘Battery Electric Vehicles, BEV, EVs, HEVs, BHEV’s’. Πηγή: EVgo.
(Διαθέσιμο: <https://www.evgo.com/why-evs/types-of-electric-vehicles/>).
- [33] Άρθρο -Εικόνα: ‘Engineering 101: Tesla Electric Vehicle Tech Explained [Video]’ by Charles Morris Posted on June 06, 2017 (Διαθέσιμο: <https://evannex.com/blogs/news/how-does-an-electric-car-work>).
- [34] United Nations ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.2, Economic and Social Council Economic Commission for Europe, Inland Transport Committee, World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations, Consolidated Resolution on the Construction of Vehicles, (R.E.3) Distr.: General, 30 June 2011
- [35] Άρθρο- Εικόνα : ‘Ηλεκτρικό όχημα – Quadricycle Urban electric Vehicle |Πηγή : Hellenic Media Group’. Ανακτήθηκε 2018 (Διαθέσιμο: <https://www.hellenicmediagroup.com/ηλεκτρικό-όχημα-quadricycle-urban-electric-vehicle/>).
- [36]Άρθρο-Εικόνα: ‘BMW I3’.Πηγή: Wikipedia.(Διαθέσιμο:
https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=BMW_i3&oldid=945452624)
- [37] Άρθρο-Εικόνα: ‘smithelectric.com’. (<http://ww1.smithelectric.com/?subid1=8ac33178-75ce-11ea-b48d-308eb3b989d7>).
- [38]Άρθρο-Εικόνα : ‘EV Database’. Πηγή :EV Database. Ανακτήθηκε 6 Απρίλιος 2020 (<https://ev-database.org/compare/quickest-acceleration-electric-vehicle>).
- [39]Άρθρο: Sovacool, Benjamin K., και Richard F. Hirsh. ‘Beyond Batteries: An Examination of the Benefits and Barriers to Plug-in Hybrid Electric Vehicles (PHEVs) and a Vehicle-to-Grid (V2G) Transition’. Energy Policy 37(3):1095–1103. 2009.
- [40]Άρθρο-Εικόνα:.. ‘Nissan LEAF Vehicle to Grid V2g Infographic – EV Adoption’.
Ανακτήθηκε:2019 (<https://evadoption.com/the-future-of-electric-vehicles-mobile-energy-storage-devices/nissan-leaf-vehicle-to-grid-v2g-infographic/>).
- [41]Άρθρο-Εικόνα: ‘Latest Report on Power Electronics for Electric Vehicles Market during 2020-2027 | Πηγή: Infineon Technologies, Mitsubishi Electric, SEMIKRON, ON Semiconductor’.

(<https://www.bccourier.com/latest-report-on-power-electronics-for-electric-vehicles-market-during-2020-2027-infineon-technologies-mitsubishi-electric-semikron-on-semiconductor/>).

[42]Άρθρο: Melliger, Marc A., Oscar P. R. van Vliet, και Heikki Liimatainen. 2018. ‘Anxiety vs Reality – Sufficiency of Battery Electric Vehicle Range in Switzerland and Finland’. Transportation Research Part D: Transport and Environment 65:101–15.

[43]Άρθρο: ‘What to Consider Before Buying an Electric Car | Πηγή: Ilicommm’. Ανακτήθηκε 2016 (<https://www.ilicommm.com/what-to-consider-before-buying-an-electric-car/>).

[44]Άρθρο: ‘Electric Cars vs. Gas Vehicles: What You Need to Know’. Πηγή: EverCharge. Ανακτήθηκε 2017 (<https://evercharge.net/blog/electric-cars-vs-gas-vehicles-what-you-need-to-know/>).

[45]Διαδικτυακός Ιστότοπος-Εικόνα: ‘Σταθμοί Φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα [Χάρτης]’. Πηγή: Autonomous.gr. Ανακτήθηκε 8 Απρίλιος 2020 (<https://www.autonomous.gr/stathmoi-fortisis-ilektrikon-ochimaton-stin-ellada/>).

[46]Άρθρο: ‘Η ηλεκτροκίνηση στην Ελλάδα: Τα προβλήματα, τα κίνητρα, οι σταθμοί φόρτισης και η περιβαλλοντολογική συνείδηση’. Πηγή: Εθνος. 2019 (https://www.ethnos.gr/auto/17072_i-ilektrokinisi-stin-ellada-ta-problimata-ta-kinitra-oi-stathmoi-fortisis-kai-i).

[47]Άρθρο: ‘Ηλεκτροκίνηση στην Ελλάδα: Οι φιλόδοξοι στόχοι, οι ξένοι επενδυτές και το μοντέλο Νορβηγίας’. Πηγή: Fortunegreece.com. Κειμενογράφος: Σοφία Εμμανουήλ Ανακτήθηκε 8 Απρίλιος 2020 (<https://www.fortunegreece.com/article/ilektrokinisi-stin-ellada-i-filodoxi-stochi-i-xeni-ependites-ke-to-montelo-norvigias/>).

[48] Chan, C. C. and K. T. Chau, “An Overview of Power Electronics in Electric Vehicles”, IEEE Transactions on Industrial Electronics, February 1997, Vol. 44, no 1, pp. 3 – 13

[49]Ερευνητικό Άρθρο-Εικόνα: ‘Διατριβή: Μέθοδοι εξοικονόμησης ενέργειας σε ηλεκτροκίνητα οχήματα - Κωδικός: 25807’. Ανακτήθηκε 13 Απρίλιος 2020 (<http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/25807#page/46/mode/2up>).

[50]Άρθρο: Battery cells. Wikipedia

[51] Άρθρο: ‘Electropaedia History of Science, Technology and Inventions. Key Scientists and Engineers and the Context and Explanations of their Contributions’. Ανακτήθηκε 9 Απρίλιος 2020 (<https://www.mpoweruk.com/history.htm#daniell>).

[52] Εικόνα: Gillard. 1904. Illustration d’une pile de Volta.

[53-54]Άρθρο-Εικόνα: ‘USCAR: Energy Storage System Goals’. (https://www.uscar.org/guest/article_view.php?articles_id=85).

- [55] Affani, A., Bellini, A., Franceschini, G., Guglielmi, P. and C. Tassoni, “Battery Choice and Management for New-Generation Electric Vehicles”, IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol. 52, No. 5, Oct. 2005, pp. 1343-9
- [56] Iclodean, C., B. Varga, N. Burnete, D. Cimerdean, και B. Jurchiş. 2017. ‘Comparison of Different Battery Types for Electric Vehicles’. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 252:012058.
- [57] Άρθρο: ‘Μπαταρίες μολύβδου-οξέος: Βασικές αρχές, υλικά και εφαρμογές’. Πηγή: infoservice.com.gr. Ανακτήθηκε 2018 (<https://infoservice.com.gr/auto/mpataries-%c2%b5olivdou-oxeos-vasikes-arches-ilika-ke-efar%c2%b5oges/>).
- [58]Άρθρο-Εικόνα: Κατασκευή Ηλεκτρικής Στήλης από απλά υλικά (<http://users.sch.gr/pazoulis/experiments/battery.pdf>)
- [59] Άρθρο-Εικόνα: ‘Συσσωρευτές Ni-Cd - Επισκευή?’ Ανακτήθηκε 10 Απρίλιος 2020 (<http://qbrainblog.blogspot.com/2014/04/ni-cd.html>).
- [60]Άρθρο-Εικόνα: Πτυχιακή Εργασία . Τίτλος: Συσσωρευτές ηλεκτρικής ενέργειας στις ηλεκτρονικές συσκευές / Ζερβάκης Μιχάλης, 2016
- [61-62]Άρθρο-Εικόνα: ‘Toyota Is Turning Old NiMH Batteries Into New Batteries’. Πηγή: TreeHugger. (<https://www.treehugger.com/cars/toyota-is-turning-old-nimh-batteries-into-new-batteries.html>).
- [63] Εικόνα: ‘Li-Ion Battery Diagram.’ Πηγή : 123RF. (https://www.123rf.com/photo_83157931_stock-vector-li-ion-battery-diagram-.html).
- [64] Άρθρο-Εικόνα: ‘Wayback Machine’. Πηγή : Gold Peak Industries (Taiwan), Ltd. (https://web.archive.org/web/20071007175038/http://www.gpbatteries.com/html/pdf/Li-ion_handbook.pdf).
- [65] Άρθρο-Εικόνα: Metal Recyclers Prepare for Electric Car Revolution’. Άρθρογράφος: Jan Harvey, November 18, 2017, Πηγή: Jakarta Globe. (<https://jakartaglobe.id/news/metal-recyclers-prepare-electric-car-revolution>).
- [66] M. J. Isaacson, R. P. Hollandsworth, P. J. Giampaoli, F. A. Linkowsky, A. Salim, and V. L. Teofilo, “Advanced lithium-ion battery charger,” in Proc. 15th Ann. Battery Conf. Applications and Advances, 2000, pp. 193–198
- [67]Εικόνα: RudolfSimon. 2012. English: Molten Salt Secondary Battery (FIAMM SoNick www.fiamm.com).
- [68] Εικόνα: ‘Nickel-Zinc Charging Instructions’.Πηγή: ZincFive. (<https://www.zincfive.com/charging>).
- [69] Εικόνα: ‘Innovation Flow’. Posted 11th March 2016 by Shankar (<http://innovationflow.blogspot.com/2016/03/>).

- [70] Rahman, Faizur, και Maria Skyllas-Kazacos. 2009. 'Vanadium Redox Battery: Positive Half-Cell Electrolyte Studies'. Journal of Power Sources 189(2):1212–19.
- [71] Εικόνα: 'Vanadium Redox Flow Batteries (VRB)'. Πηγή: Energy Storage Association. (<https://energystorage.org/why-energy-storage/technologies/vanadium-redox-vrb-flow-batteries/>).
- [72] Horn, Michael, Jennifer MacLeod, Meinan Liu, Jeremy Webb, και Nunzio Motta. 2019. 'Supercapacitors: A New Source of Power for Electric Cars?' Economic Analysis and Policy 61:93–103.
- [73] Dubal, Deepak P., και Pedro Gomez-Romero. 2017. Metal Oxides in Supercapacitors. Elsevier.
- [74] Εικόνα: Maxwell Battery (<https://www.afs.enea.it/lampasi/workshopsupercapacitors/ws2018/maxwell.pdf>)
- [75] Επιστημονικό Άρθρο: «Καθαρή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω Κυψελών Καυσίμου – Εφαρμογές» Σάββας Τσοτουλίδης, - Δρ.Αθανάσιος Σαφάκας, Ενέργεια: σημερινή εικόνα – Σχεδιασμός – Προοπτικές, ΤΕΕ, 8-10/03/2010
- [76] Εικόνα: 'Fuel Cell'. Wikipedia.
- [77] James Larminie, Andrew Dicks.: "Fuel Cell Systems Explained", Wiley, 2003
- [78] Άρθρο-Εικόνα: 'Mercedes-Benz EQ: Είδη συστημάτων κίνησης'. Πηγή: Mercedes-Benz.com Ανακτήθηκε 16 Απρίλιος 2020 (<https://www.mercedes-benz.gr/passengercars/mercedes-benz-cars/e-mobility/vehicle-types.html>).
- [79] Τσίλη, Μ., Κλαδάς, Α. και Μ. Σκυλλά – Καζάκου, «Πλεονεκτήματα Καινοτομικών Συσσωρευτών Ηλεκτρικής Ενέργειας Ηλεκτρολύτη Βαναδίου και Προοπτικές Εφαρμογής στα Συστήματα Ηλεκτροκίνησης», Ηλεκτροκίνητα μέσα μεταφοράς στην Ελλάδα – Υφιστάμενη κατάσταση & προοπτικές, Τ.Ε.Ε., Αθήνα, 12 – 13 Ιανουαρίου, 2006
- [80] Έρευνα: 'Έλεγχος κινητήρα μονίμων μαγνητών για εφαρμογές ηλεκτρικών οχημάτων'. Αποστολόπουλος, Νικόλαος Δ. Αθήνα, Νοέμβριος 2012
- [81].Εικόνα: 'electric motor'. Darling, David (http://www.daviddarling.info/encyclopedia/E/electric_motor.html).
- [82] Πίνακας: Industrial Motor Control. Delmar Cengage Learning. Herman, Stephen. 2009
- [83] Εικόνα: 'Audi drive concept for e-tron S-models: three motors, new quattro generation with electric torque vectoring'. Πηγή: Green Car Congress. (<https://www.greencarcongress.com/2020/03/20200306-audi.html>).
- [84] Άρθρο: 'Chopper | DC to DC Converter | Πηγή: Electrical4U'. (<https://www.electrical4u.com/chopper-dc-to-dc-converter/>).
- [85] Εικόνα: 'Choppers and Types -Ac and DC Chopper Circuits'. Electronic Circuits and Diagrams-Electronic Projects and Design. Ανακτήθηκε 2012. (<http://www.circuitstoday.com/choppers-an-introduction>).

[86]Άρθρο: Cho, Kyu Min, Won Seok Oh, Young Tae Kim, και Hee Jun Kim. 2007. ‘A New Switching Strategy for Pulse Width Modulation (PWM) Power Converters’. IEEE Transactions on Industrial Electronics 54(1):330–37.

[87]Εικόνα: ‘Figure 2. Ideal Pulse-Width Modulation (PWM) Inverter Output Voltage...’ Πηγή: ResearchGate. (https://www.researchgate.net/figure/Ideal-pulse-width-modulation-PWM-inverter-output-voltage-instantaneous-component-blue_fig4_319071311).

[88]Άρθρο: Pantic, Zeljko, Sanzhong Bai, και Srdjan M. Lukic. 2011. ‘ZCS Δ LCC Δ -Compensated Resonant Inverter for Inductive-Power-Transfer Application’. IEEE Transactions on Industrial Electronics 58(8):3500–3510.

[89]Εικόνα: ‘Under the skin: the hierarchy of EV motor technology’. Πηγή: Autocar. (<https://www.autocar.co.uk/car-news/technology/under-skin-hierarchy-ev-motor-technology>).

[90]Άρθρο: ‘Σύστημα Μετάδοσης’. (<https://www.autofit.gr/upiresies/sustima-metadosis/>).

[91]Εικόνα: ‘ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ - ppt κατέβασμα’. Μιαρλιτης Χρήστος(<https://slideplayer.gr/slide/12999958/>).

[92]Πίνακας: ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε.

ΣΤΑΘΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ 3 ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

[93]Άρθρο: ‘Φόρτιση επί του σκάφους | Αυτοκίνητο | Αναλογικές συσκευές’. (<https://www.analog.com/en/applications/markets/automotive-pavilion-home/vehicle-electrification/on-board-charging.html#>).

[94]Άρθρο-Εικόνα: ‘A non-contact energy transferring system for an electric vehicle-char...’. archive.is. Y. Matsuda, H. Sakamoto, H. Shibuya, and S. Murata /Sojo University, 4-22-1 Ikeda, Kumamoto 860-0082, Japan Ανακτήθηκε 2013 (<http://archive.is/VIF2f>).

[95]Εικόνα: ‘To Mystery Brand EV θα προσφέρει ασύρματη φόρτιση της WiTricity φέτος - IEEE Spectrum’. By Philip E. Ross Πηγή: IEEE Spectrum: Technology, Engineering, and Science News. (<https://spectrum.ieee.org/cars-that-think/transportation/infrastructure/mystery-brand-ev-will-offer-witricitys-wireless-charging-this-year>).

[96]Άρθρο: ‘Φόρτιση ηλεκτρικών αυτοκινήτων’. Πηγή: Fortisis. (<https://www.fortisis.eu/information/ev-charging/>).

[97]Εικόνα: ‘Φόρτιση ηλεκτρικού οχήματος - Χώροι δημόσιας φόρτισης || Πηγή: Nissan’. Nissan Master. (<https://www.nissan.gr/experience-nissan/nissan-electric/electric-vehicle-faq/electric-vehicle-charging-how-to.html>).

[98] Άρθρο: ‘Επιστημονικά και Εκπαιδευτικά Ηλεκτρολογικά Νέα: Φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων ... μια νέα απαίτηση στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις’. Πηγή: Επιστημονικά και Εκπαιδευτικά Ηλεκτρολογικά Νέα. Κειμενογράφος: Στέφανος Τουλόγου (http://stefouloglou.blogspot.com/2016/02/blog-post_4.html).

- [99]Εικόνα: ‘ABB Technology in 40 Fast-Charging Stations across Sweden for Vattenfall’. Ανακτήθηκε 27 Απρίλιος 2020 (<https://new.abb.com/news/detail/47736/abb-technology-in-40-fast-charging-stations-across-sweden-for-vattenfall>).
- [100]Εικόνα: . Επιστημονικά και Εκπαιδευτικά Ηλεκτρολογικά Νέα. Ανακτήθηκε 27 Απρίλιος 2020 (http://stefouloglou.blogspot.com/2016/02/blog-post_4.html).
- [101]Πίνακας: ‘Τρόποι φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων’. Πηγή: ΗΛΕΚΤΡΟΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ. Κείμενο: Γιάννης Αληφραγκής (https://ilektroytomatismoi.blogspot.com/2017/02/blog-post_26.html).
- [102]Άρθρο: . ‘Πόσος χρόνος χρειάζεται για τη φόρτιση ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου; | Πηγή: Σημείο Pod’. (<https://pod-point.com/guides/driver/how-long-to-charge-an-electric-car>).
- [103]Πίνακας-Λογισμικό: ‘Electric Vehicle Charging Solutions | Πηγή: Pod Point’. 2020 (<https://pod-point.com/>).
- [104]Εικόνα: ‘IEC - Newslog > 2011-10-03: IEC releases final draft standards for EV charging’. Geneva, Switzerland, 2011-10-03 / Πηγή: Διεθνές Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (<https://www.iec.ch/newslog/2011/nr1511.htm>).
- [105]Έρευνα: «Τεχνικές απαιτήσεις για τη σύνδεση συσκευών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις» Ευάγγελος Τασιούλης / ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας» /Αθήνα, Σεπτέμβριος 2019
- [106]Άρθρο: ‘Electric Vehicle Charging Levels, Modes and Types Explained | North America Vs. Europe Charging cables and plug types’. Paulraj, Pon /Πηγή: . E-Mobility Simplified | Basics of Electric Vehicles and Charging. (<https://www.emobilitysimplified.com/2019/10/ev-charging-levels-modes-types-explained.html>).
- [107] Άρθρο: ‘SAE International approves TIR J2954 for PH/EV wireless charging; targeting finalized standard by 2018’. Πηγή: Green Car Congress. (<https://www.greencarcongress.com/2016/05/20160518-j2954.html>).
- [108]Άρθρο: 2019. ‘IEC 62196’. Βικιπαίδεια.
- [109]Άρθρο: ‘IEC - Newslog> 2011-02-03: Ένα βήμα προς τα εμπρός για την καθολική ανάπτυξη EV’. Ανακτήθηκε 29 Απρίλιος 2020 (<https://www.iec.ch/newslog/2011/nr0411.htm>).
- [110]Εικόνα: ‘Electric Vehicle Connector Types’. Wallbox Academy. Ανακτήθηκε 2019. (<https://support.wallbox.com/electric-vehicle-connector-types/>).
- [111]Εικόνα: ‘Portable Charger TYPE1’. Πηγή: Electrocars. (<https://electrocars.lt/en/shop/ikrovimo-iranga/ikrovikliai-nesiojami/nesiojamas-ikroviklis-type1-eu/>).
- [112]Εικόνα: Team, InsideEVs Editorial. / ‘Welcome to 2009, SAE Officially Approves New Fast-Charging Combo: Coupler Standard (SAE J1772) for Plug-In EVs’. Πηγή: InsideEVs.

(<https://insideevs.com/news/316874/welcome-to-2009-sae-officially-approves-new-fast-charging-combo-coupler-standard-sae-j1772-for-plug/>).

[113]Άρθρο: Johannes, Wirges. 2016. Planning the Charging Infrastructure for Electric Vehicles in Cities and Regions. Πηγή: KIT Scientific Publishing.

[114]Βιβλίο: Herron, David. / Range Confidence: Charge Fast, Drive Far, with Your Electric Car.

[115]Πίνακας-Εικόνα: 'rtemagicc_ea655cf3c1_02-jpg.24838 (367x500)'. Ανακτήθηκε 30 Απρίλιος 2020 (https://teslamotorsclub.com/tmc/attachments/rtemagicc_ea655cf3c1_02-jpg.24838/).

[116]Εικόνα: 'MENNEKES Automotive'. Πηγή: Mennekes UK. (<https://www.mennekes.co.uk/company/about-us/mennekes-automotive/>).

[117]Άρθρο: Bakker, Sjoerd, Pieter Leguijt, και Harro van Lente. 2015. 'Niche Accumulation and Standardization – the Case of Electric Vehicle Recharging Plugs'. Journal of Cleaner Production 94:155–64.

[118]Εικόνα: 'Renault abandona el formato de recarga Scame'. Ανακτήθηκε 30 Απρίλιος 2020 (<https://forococheselectricos.com/2015/11/renault-abandona-el-formato-de-recarga-scame.html>).

[119]Άρθρο: 'WALTHER INDUSTRIAL AC MAINS POWER CONNECTORS – Πηγή: Canford'. (<https://www.canford.co.uk/WALTHER-INDUSTRIAL-AC-MAINS-POWER-CONNECTORS>).

[120]Εικόνα: 'Home'. WALTHER-WERKE. Ανακτήθηκε 2018. (<https://www.walther-electric.co.uk/en/home-uk/>).

[121]Εικόνα: 'EV: Home Charger'. EDF Energy. (<https://www.edfenergy.com/electric-cars/home-charger>).

[122]Άρθρο: 'Chademo Association – EV Fast Charging Organisation'. Ανακτήθηκε 30 Απρίλιος 2020 (<https://www.chademo.com/>).

[123] Εικόνα: Gatton, Bryce. 2018. 'What Is CHAdeMO Charging?' Πηγή: The Driven. (<https://thedriven.io/2018/12/10/what-is-chademo-charging/>).

[124-125]Πίνακας-Διάγραμμα: Bending, S., Ferdowsi, M., Channon, S and K. Strunz, Project "MERGE", Deliverable 1.1 « [MERGE] Specifications for EV-Grid Interfacing, Communication & Smart Metering Technologies, Including Traffic Patterns and Human Behaviour Descriptions», August, 2010

[126]Ιστότοπος: 'Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας'. Πηγή: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. (<https://www.uth.gr/>).

- [127] Λογισμικό-Ιστότοπος-Εικόνα: ‘GEODATA.gov.gr - Maps’. Ανακτήθηκε 26 Μάρτιος 2020 (<http://geodata.gov.gr/maps/>).
- [128]Εικόνα: ‘Τεχνικές προδιαγραφές XEV653C Hager Hellas’Πηγή: Hager Hellas (https://www.hager.gr/e-catalogue/e/witty.park/xev653c/26165.htm?utm_source=print).
- [129]Εικόνα: ‘EVMC’.Πηγή: Cyberswitching.Com. (<http://www.cyberswitching.com/power/evmc/>).
- [130]Εικόνα: Seisler, Dr Jeffrey M. χ.χ. ‘Harmonization of Road Signs for Electric Vehicle Charging Stations’. 32.
- [131]Ηλεκτρονικός Κατάλογος Προϊόντων: e-Hager_catalogue_2018-19.pdf
- [132]Άρθρο: ‘Development of an Environmentally Friendly PV/T Solar Panel’. Πηγή: Solar Energy 199:510–20. Terashima, Kohei, Haruki Sato, και Toshiharu Ikaga. 2020
- [133] Άρθρο: ‘Here is how you can calculate the annual solar energy output of a photovoltaic system’. (<https://www.saurenergy.com/solar-energy-blog/here-is-how-you-can-calculate-the-annual-solar-energy-output-of-a-photovoltaic-system>).
- [134]Άρθρο: ‘Review on Novel Single-Phase Grid-Connected Solar Inverters: Circuits and Control Methods’.Πηγή: Solar Energy Kabalcı, Ersan. 2020198:247–74.
- [135]Εικόνα: ‘Tested: Living with Five Years of Solar Power - Tested.Com’.Πηγή: Tested. (<https://www.tested.com/tech/457040-tested-living-five-years-solar-power/>).
- [136]Εικόνα: ‘Solar panel’. Wikipedia.
- [137] Άρθρο: ‘How Solar Power Works - on-Grid, off-Grid and Hybrid Systems’.Πηγή: CLEAN ENERGY REVIEWS. (<https://www.cleanenergyreviews.info/blog/2014/5/4/how-solar-works>).
- [138]Λογισμικό-Εικόνα: ‘Net Metering - Διαδικασία - Δικαιολογητικά - Τιμές | MP Energy’. (<https://www.mpenergy.gr/%CE%B1%CF%85%CF%84%CE%BF%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%B7-%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CF%83/net-metering.html>).
- [139] Jia, Xinyu, Huibin Du, Hongyang Zou, και Gang He. 2020. ‘Assessing the Effectiveness of China’s Net-Metering Subsidies for Household Distributed Photovoltaic Systems’. Journal of Cleaner Production 262:121161.
- [140]Λογισμικό-Εικόνα: ‘JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) –Πηγή: European Commission’. (https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVP).
- [141] Άρθρο: ‘Φωτοβολταϊκό σύστημα’. Βικιπαίδεια.