



**ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ &
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ & ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

**Ηλεκτροκίνηση (αμιγής ή υβριδική):
Οικονομία; Οικολογία; Μόδα; Αναγκαιότητα;**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Τσάλτας Σπυρίδων

Επιβλέπων: Καθηγητής Σταυρουλάκης Γεώργιος

ΧΑΝΙΑ 2023



**ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ &
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ & ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

**Ηλεκτροκίνηση (αμιγής ή υβριδική):
Οικονομία; Οικολογία; Μόδα; Αναγκαιότητα;**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Τσάλτας Σπυρίδων

Επιβλέπων : Καθηγητής Σταυρουλάκης Γιώργος
Επιτροπή Αξιολόγησης: Αναπληρωτής Καθηγητής Καλδέρης Δημήτρης (Μέλος)
Δρ Παπαφιλίππáκη Ανδρονίκη Επιστημονικός Συνεργάτης
/Νέος Διδάκτορας (Μέλος)

Αύξων Αριθμός Πτυχιακής Εργασίας : 103

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι ηλεκτροκινητήρες ξεκίνησαν να αναπτύσσονται στις αρχές του 19^{ου} αιώνα, παράλληλα με τις Μηχανές Εσωτερικής Καύσης (Μ.Ε.Κ.) και πέτυχαν μεγαλύτερη διείσδυση στον χώρο των μεταφορών, σε σχέση με τις τελευταίες. Όμως, κατά τον 20^ο αιώνα, οι Μ.Ε.Κ. κυριάρχησαν, ενώ τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα που κατασκευάστηκαν ήταν κατά κύριο λόγο πειραματικά.

Κατά τον 21^ο αιώνα, η ηλεκτροκίνηση τείνει να γνωρίσει νέα άνθιση. Αιτία γι' αυτό είναι η επίσημη υποστήριξη των κυβερνήσεων και υπερεθνικών ενώσεων, με επίσημα διακηρυγμένο στόχο, αφ' ενός τον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, που στα αστικά κέντρα έχει λάβει ανησυχητικές διαστάσεις, και αφ' ετέρου την μείωση των εκπομπών CO₂ και άλλων αερίων του θερμοκηπίου, προκειμένου να μετριαστεί η επονομαζόμενη «κλιματική αλλαγή» και οι δυσμενείς συνέπειές της.

Τα σύγχρονα ηλεκτρικά αυτοκίνητα χωρίζονται σε 5 κύριες κατηγορίες:

- 1) Τα Υβριδικά, στα οποία συνυπάρχουν ηλεκτροκινητήρας και Μ.Ε.Κ. και η φόρτιση των συσσωρευτών τους γίνεται είτε μέσω της Μ.Ε.Κ., είτε μέσω του συστήματος αναγεννητικής πέδησης.
- 2) Τα Επαναφορτιζόμενα Υβριδικά, στα οποία υπάρχει η πρόσθετη δυνατότητα φόρτισης των συσσωρευτών τους μέσω του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας.
- 3) Τα Ηλεκτρικά Οχήματα Μπαταρίας, όπου υπάρχει μόνο ηλεκτροκινητήρας και η επαναφόρτιση των συσσωρευτών τους γίνεται μέσω του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας.
- 4) Τα Ηλεκτρικά Οχήματα με Μονάδα Επέκτασης, στα οποία οι συσσωρευτές μπορούν να φορτιστούν σε περίπτωση ανάγκης από μια μικρή Μ.Ε.Κ.
- 5) Τα Ηλεκτρικά Οχήματα με Κυψέλη Καυσίμου, στα οποία η ηλεκτρική ενέργεια, που φορτίζει τους συσσωρευτές, παράγεται εντός του οχήματος, μέσω χημικής αντίδρασης του Υδρογόνου με το Οξυγόνο του ατμοσφαιρικού αέρα.

Τα σύγχρονα ηλεκτρικά αυτοκίνητα χρησιμοποιούν μπαταρίες ιόντων Λιθίου, κυρίως γιατί έχουν την μεγαλύτερη ενεργειακή πυκνότητα σε σχέση με όλους τους άλλους τύπους μπαταριών και έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής.

Η φόρτιση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων μπορεί να γίνεται σε ιδιωτικό χώρο, απαιτείται όμως και ένα πυκνό δίκτυο δημόσια προσβάσιμων σταθμών φόρτισης. Για την κάλυψη των αναγκών, απαιτείται πρόσθετη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ενίσχυση του δικτύου διανομής. Η ανατέλλουσα τεχνολογία V2G μπορεί να συμβάλει στην μείωση σημαντικού μέρους του απαιτούμενου κόστους.

Η αγορά ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην Ελλάδα αναπτύσσεται με ταχείς ρυθμούς, όμως υπολείπεται ακόμη σε σχέση με τον Ευρωπαϊκό μέσο όρο. Παρά τις κρατικές ενισχύσεις, τα οικονομικά οφέλη για τους αγοραστές είναι ανύπαρκτα.

Η ηλεκτροκίνηση έχει, εκτός από τις θετικές, και αρκετές αρνητικές πλευρές, με κυριότερες το αυξημένο ανθρακικό και περιβαλλοντικό αποτύπωμα κατά την κατασκευή των μπαταριών, την δυσκολία στην ανακύκλωσή τους και την ανάπτυξη νέων υποδομών.

Παρ' όλο που το συνολικό ισοζύγιο εκπομπών CO₂ από τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα είναι θετικό, ζητούμενο παραμένει η βελτίωση των τεχνικών ανακύκλωσης των μπαταριών, ενώ η παράλληλη προώθηση των βιοκαυσίμων θα επέτρεπε την αποφυγή υπερβολών ως προς την υποστήριξη της ηλεκτροκίνησης.

Τα οικονομικά οφέλη για τους κατόχους ηλεκτρικών επιβατικών αυτοκινήτων διαφοροποιούνται σημαντικά από χώρα σε χώρα. Οι κατασκευαστές αυτοκινήτων και οι πάροχοι ηλεκτρικής ενέργειας προσδοκούν σε αύξηση της κερδοφορίας τους, ενώ οι κυβερνήσεις στην εξασφάλιση της πολυπόθητης ενεργειακής ασφάλειας. Όμως, η χαμηλή στάθμη θορύβου και οι μηδενικές εκπομπές των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, είναι βέβαιο ότι θα βελτιώσουν την ποιότητα ζωής στις πόλεις.

ABSTRACT

Electric motors began their development at the beginning of the 19th century, alongside with Internal Combustion Engines (ICEs) and achieved greater penetration in the field of transport, compared to the latter. But during the 20th century, the ICEs dominated, while the electric cars built were mostly experimental.

During the 21st century, electromobility tends to experience a new boom. The reason for this is the official support of governments and supranational associations, with an officially declared goal, on one hand to limit air pollution, which in urban centers has reached alarming proportions, and on the other, to reduce CO₂ and other greenhouse gas emissions, in order to mitigate the so-called "climate change" and its adverse consequences.

Modern electric cars are divided into 5 main categories:

- 1) Hybrids, in which an electric motor and an ICE coexist and charging of their accumulators is done either through the ICE, or through the regenerative braking system.
- 2) Plug-in Hybrids, in which there is the additional capability of charging their accumulators through the electricity grid.
- 3) Battery Electric Vehicles, where there is only an electric motor and recharging of their accumulators is done through the electricity grid.
- 4) Electric Vehicles with Extension Unit, in which the accumulators can be charged in case of need from a small ICE.
- 5) Fuel Cell Electric Vehicles, in which the electrical energy, which charges the accumulators, is produced inside the vehicle, through the chemical reaction of Hydrogen with Oxygen from the atmospheric air.

Modern electric cars use Lithium-ion batteries, mainly because they have the highest energy density compared to all other types of batteries and they have long service life.

Electric cars can be charged in a private space, but a dense network of publicly accessible charging stations is also required. In order to cover the needs, additional electric power generation and reinforcement of the distribution grid are required. The emerging V2G technology can help to reduce a significant portion of the required cost.

The electric car market in Greece is developing rapidly, but still lags behind European average. Despite state subsidies, financial benefits for buyers are non-existent.

Electromobility has, in addition to benefits, several negative aspects, the main ones being the increased carbon and environmental footprint during the manufacturing process of batteries, the difficulty in recycling them and development of new infrastructure.

Although the overall balance of CO₂ emissions from electric cars is positive, there is still a need to improve battery recycling techniques, while the parallel promotion of biofuels would allow avoiding exaggerations in electromobility support.

Economic benefits for owners of electric passenger cars vary significantly among countries. Car manufacturers and electricity providers expect to increase their profitability, while governments to ensure the much-desired energy security. But the low noise level and zero emissions of electric cars will certainly improve quality of life in urban centres.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	3
Abstract	4
Λίστα εικόνων	8
Λίστα διαγραμμάτων	10
Λίστα πινάκων	10
Λίστα σχημάτων	10
Πίνακας συντομογραφιών	11
Εισαγωγή	12
Κεφάλαιο 1: Ιστορική αναδρομή	13
1.1 Εισαγωγή	13
1.2 Η ηλεκτροκίνηση κατά τον 19 ^ο αιώνα	13
1.3 Η ηλεκτροκίνηση κατά τον 20 ^ο αιώνα	16
1.4 Η ηλεκτροκίνηση κατά τον 21 ^ο αιώνα	18
1.5 Παραπομπές 1 ^ο ν κεφαλαίου	20
Κεφάλαιο 2: Η αναβίωση της ηλεκτροκίνησης – αίτια	21
2.1 Εισαγωγή	21
2.2 Η ατμοσφαιρική ρύπανση	21
2.2.1 Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι	21
2.2.2 Νέφος	23
2.2.3 Πηγές εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων	24
2.2.4 Συνέπειες της ατμοσφαιρικής ρύπανσης	26
2.3 Η ατμοσφαιρική ρύπανση στην Ελλάδα	26
2.4 Η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη	27
2.4.1 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου	27
2.4.2 Η υπερθέρμανση του πλανήτη	28
2.4.3 Συνέπειες της αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη	30
2.5 Παραπομπές 2 ^ο ν κεφαλαίου	32
Κεφάλαιο 3: Τα σύγχρονα ηλεκτρικά αυτοκίνητα	33
3.1 Εισαγωγή	33
3.2 Το σύστημα αναγεννητικής πέδησης	33
3.3 Κατηγορίες ηλεκτρικών αυτοκινήτων	34
3.3.1 Υβριδικά Ηλεκτρικά Οχήματα	34
3.3.2 Επαναφορτιζόμενα Υβριδικά Ηλεκτρικά Οχήματα	36
3.3.3 Ηλεκτρικά Οχήματα Μπαταρίας.....	37
3.3.4 Ηλεκτρικά Οχήματα με Μονάδα Επέκτασης	38
3.3.5 Ηλεκτρικά Οχήματα με Κυψέλη Καυσίμου	39
3.4 Η τεχνολογία «κινητήρας εντός τροχού»	41
3.5 Τύποι ηλεκτροκινητήρων	42
3.4.1 Σύγχρονος ηλεκτροκινητήρας μονίμων μαγνητών	42
3.4.2 Επαγωγικός κινητήρας εναλλασσόμενου ρεύματος	43
3.4.3 Σύγχρονος κινητήρας μαγνητικής αντίστασης	44
3.6 Παραπομπές 3 ^ο ν κεφαλαίου	46

Κεφάλαιο 4: Μπαταρίες των ηλεκτρικών αυτοκινήτων	47
4.1 Εισαγωγή	47
4.2 Απαιτήσεις των ηλεκτρικών αυτοκινήτων από τις μπαταρίες	47
4.3 Τύποι μπαταριών	48
4.4 Οι μπαταρίες ιόντων Λιθίου	48
4.4.1 Πλεονεκτήματα των μπαταριών ιόντων Λιθίου	48
4.4.2 Τύποι μπαταριών ιόντων Λιθίου	49
4.4.3 Λειτουργία των μπαταριών ιόντων Λιθίου	49
4.5 Κατασκευαστικά στοιχεία των μπαταριών ιόντων Λιθίου	51
4.5.1 Σύνδεσμολογία των στοιχείων Li-ion	51
4.5.2 Αρχιτεκτονική 400V και «αρχιτεκτονική 800V	51
4.5.3 Μειονεκτήματα της αρχιτεκτονικής 800V	54
4.5.4 Περιβλήμα της μπαταρίας	54
4.5.5 Η μπαταρία του Audi Q8 55 e-tron	55
4.6 Παραπομπές 4 ^ο κεφαλαίου	57
Κεφάλαιο 5: Φόρτιση ηλεκτρικών αυτοκινήτων	58
5.1 Εισαγωγή	58
5.2 Ταχύτητες φόρτισης	58
5.2.1 Σύνδεση οχήματος – φορτιστή	58
5.2.2 Ταχύτητες φόρτισης	59
5.2.3 Κατηγορίες ταχυτήτων φόρτισης	59
5.3 Τύποι βυσμάτων	61
5.3.1 Βύσμα AC Type 1 (S.A.E. J1772)	63
5.3.2 Βύσμα AC Type 2	63
5.3.3 Βύσμα CHAdeMO	64
5.3.4 Βύσματα CCS Type 1 και CCS Type 2	64
5.3.5 Βύσματα αυτοκινήτων Tesla	65
5.4 Σημεία φόρτισης	66
5.4.1 Ιδιόκτητοι χώροι στάθμευσης	66
5.4.2 Ενοικιαζόμενοι χώροι στάθμευσης	66
5.4.3 Δημόσιοι χώροι στάθμευσης	66
5.4.4 Εργασιακοί χώροι	67
5.4.5 Ιδιωτικοί χώροι με δημόσια πρόσβαση	67
5.4.6 Σημεία φόρτισης στο Εθνικό και Επαρχιακό οδικό δίκτυο	67
5.5 Η τεχνολογία «V2X»	67
5.6 Παραπομπές 5 ^ο κεφαλαίου	69
Κεφάλαιο 6: Η ηλεκτροκίνηση στην Ελλάδα	70
6.1 Εισαγωγή	70
6.2 Ο στόλος των ηλεκτρικών αυτοκινήτων	70
6.2.1 Νέες ταξινομήσεις ηλεκτρικών αυτοκινήτων	70
6.2.2 Ποσοστό ηλεκτρικών αυτοκινήτων στο σύνολο	72
6.2.3 Δημοφιλέστερες κατηγορίες ηλεκτρικών αυτοκινήτων	73
6.3 Υποδομές φόρτισης	74
6.3.1 Δίκτυα σταθμών φόρτισης	74
6.3.2 Κόστος φόρτισης	75
6.4 Μέτρα της Πολιτείας	77
6.4.1 Νομικό πλαίσιο για την ρύθμιση τεχνικών ζητημάτων	77
6.4.2 Νομικό πλαίσιο για την παροχή οικονομικών κινήτρων	79
6.4.3 Κόστος ηλεκτροκίνησης	80

6.5 Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα	82
6.5.1 Στόχοι του Ε.Σ.Ε.Κ.	82
6.5.2 Προτεραιότητες Πολιτικής του Ε.Σ.Ε.Κ.	83
6.5.3 Προτεραιότητες Πολιτικής για τις Α.Π.Ε., τα νησιά και τις μεταφορές ...	83
6.6 «Πράσινα νησιά»	84
6.6.1 Άη Στράτης	84
6.6.2 Χάλκη	85
6.6.3 Αστυπάλαια	86
6.6.4 Πόρος	87
6.7 Παραπομπές 6^ο κεφαλαίου	89
Κεφάλαιο 7: Προβληματισμοί - Συμπεράσματα	91
7.1 Εισαγωγή	91
7.2 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα των μπαταριών	91
7.2.1 Διαδικασία κατασκευής μπαταριών	91
7.2.2 Ολικό «ανθρακικό αποτύπωμα» των ηλεκτρικών αυτοκινήτων	92
7.3 Ανακύκλωση των μπαταριών ιόντων Λιθίου	94
7.3.1 Αναγκαιότητα της ανακύκλωσης	94
7.3.2 Διαδικασία της ανακύκλωσης	95
7.3.3 Κόστος της ανακύκλωσης	96
7.4 Υποδομές φόρτισης	96
7.4.1 Αναγκαιότητα υποδομών φόρτισης	96
7.4.2 Απαιτούμενοι σταθμοί φόρτισης	97
7.4.3 Επιβάρυνση των δικτύων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας	99
7.5 Βιοκαύσιμα	100
7.5.1 Τι είναι τα βιοκαύσιμα	100
7.5.2 Χρήση των βιοκαυσίμων στις οδικές μεταφορές	101
7.5.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των βιοκαυσίμων	102
7.6 Αμφισβήτηση της «κλιματικής αλλαγής»	102
7.6.1 Οι κλιματικές αλλαγές κατά το παρελθόν	103
7.6.2 Ο ρόλος του διοξειδίου του Άνθρακα	104
7.6.3 Αίτιο των κλιματικών αλλαγών	104
7.6.4 Συνέπειες της υπερθέρμανσης	105
7.6.5 Σχόλιο	106
7.7 Συμπεράσματα	106
7.7.1 Συνολική στροφή στις Α.Π.Ε.	106
7.7.2 Αποτελεσματικότερες τεχνικές ανακύκλωσης μπαταριών	107
7.7.3 Εναλλακτικές λύσεις για την διαχείριση των μπαταριών	108
7.7.4 Δίκτυα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	109
7.7.5 Βιοκαύσιμα	109
7.8 Γενικό συμπέρασμα	110
7.8.1 Αγοραστές ηλεκτρικών οχημάτων	110
7.8.2 Κατασκευαστές αυτοκινήτων	111
7.8.3 Πάροχοι ηλεκτρικής ενέργειας	111
7.8.4 Κυβερνήσεις	112
7.8.5 Κάτοικοι των πόλεων	112
7.9 Παραπομπές 7^ο κεφαλαίου	113

Λίστα εικόνων		
Εικόνα 1.1	Ο ηλεκτροκινητήρας του Άνιος Γέντλικ	σελ. 13
Εικόνα 1.2	Ο ηλεκτροκινητήρας του Τόμας Ντάβενπορτ	σελ. 14
Εικόνα 1.3	Το ηλεκτρικό όχημα του Σμπράντους Στράτινγκ	σελ. 14
Εικόνα 1.4	Το αυτοκίνητο που κατασκεύασε ο Τόμας Πάρκερ	σελ. 15
Εικόνα 1.5	Ηλεκτρικό ταξί του 1896 της εταιρίας Walter Bersey's Cabs Company	σελ. 16
Εικόνα 1.6	Το ηλεκτρικό μοντέλο Kilowatt της εταιρείας Henney	σελ. 17
Εικόνα 1.7	Enfield 8000	σελ. 17
Εικόνα 1.8	Το μοντέλο EV1 της General Motors	σελ. 18
Εικόνα 1.9	Lunar Rover	σελ. 18
Εικόνα 2.1	Συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων PM _{2,5} στην Ευρώπη	σελ. 22
Εικόνα 2.2	Συγκεντρώσεις διοξειδίου του Αζώτου στην Ευρώπη	σελ. 23
Εικόνα 2.3	Απεικόνιση φαινομένου θερμοκηπίου	σελ. 27
Εικόνα 3.1	Μέρη ενός H.E.V.	σελ. 36
Εικόνα 3.2	Μέρη ενός P.H.E.V.	σελ. 36
Εικόνα 3.3	Μέρη ενός B.E.V.	σελ. 38
Εικόνα 3.4	Απεικόνιση του συστήματος B.E.V./R.E.	σελ. 39
Εικόνα 3.5	Μέρη ενός αυτοκινήτου F.C.E.V.	σελ. 40
Εικόνα 3.6	Απεικόνιση του συστήματος In-Wheel Motor	σελ. 41
Εικόνα 3.7	Ανεπτυγμένη προβολή του συστήματος In-Wheel Motor	σελ. 41
Εικόνα 3.8	Κινητήρας P.M.S.M.	σελ. 42
Εικόνα 3.9	Λειτουργία επαγωγικού κινητήρα A.C. με ρότορα διάταξης «κλωβού σκίουρου»	σελ. 43
Εικόνα 3.10	Αρχή λειτουργίας κινητήρα SynR.M.	σελ. 44
Εικόνα 3.11	Κινητήρες SynR.M. και I.P.M.–SynR.M.	σελ. 45
Εικόνα 4.1	Ο ρόλος της μπαταρίας 12V στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα	σελ. 47
Εικόνα 4.2	Φόρτιση και εκφόρτιση μπαταριών Ιόντων Λιθίου	σελ. 50
Εικόνα 4.3	Τυπική κατασκευή μπαταρίας ηλεκτρικού αυτοκινήτου	σελ. 55
Εικόνα 4.4	Η ευρεσιτεχνία της Tesla για την ενσωμάτωση της μπαταρίας στην δομή του πατώματος	σελ. 55
Εικόνα 4.5	Η μπαταρία 114kWh του Audi Q8 55 e-tron	σελ. 56
Εικόνα 5.1	Αναπαράσταση του συστήματος επαγωγικής σύνδεσης	σελ. 58
Εικόνα 5.2	Σύνοψη χαρακτηριστικών τρόπων φόρτισης IEC 61851-1	σελ. 61
Εικόνα 5.3	Χάρτης Βυσμάτων – Χώρας κατασκευής του αυτοκινήτου – είδους φόρτισης	σελ. 62
Εικόνα 5.4	Χάρτης Βυσμάτων – Επιπέδου φόρτισης στην E.E.	σελ. 62
Εικόνα 5.5	Βύσμα AC Type 1 και διάταξη ακροδεκτών	σελ. 63
Εικόνα 5.6	Βύσμα AC Type 2 και διάταξη ακροδεκτών	σελ. 64
Εικόνα 5.7	Βύσμα CHAdeMO και διάταξη ακροδεκτών	σελ. 64
Εικόνα 5.8	Βύσμα τύπου CCS1 και διάταξη ακροδεκτών	σελ. 65
Εικόνα 5.9	Βύσμα τύπου CCS2 και διάταξη ακροδεκτών	σελ. 65
Εικόνα 5.10	Βύσμα Tesla Supercharger και διάταξη ακροδεκτών	σελ. 65

Λίστα Εικόνων (συνέχεια)		
Εικόνα 6.1	Χάρτης σταθμών φόρτισης από την εφαρμογή reCharge	σελ. 75
Εικόνα 6.2	Πληροφορίες σταθμού φόρτισης από την εφαρμογή reCharge	σελ. 75
Εικόνα 6.3	Περονοφόρο όχημα κυψέλης Υδρογόνου	σελ. 85
Εικόνα 6.4	Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα που θα κυκλοφορούν στην Χάλκη	σελ. 86
Εικόνα 6.5	Τα ηλεκτρικά μίνι λεωφορεία που θα εξυπηρετούν την Αστυπάλαια	σελ. 87
Εικόνα 6.6	Τα σκάφη αυτά θα αντικατασταθούν με ηλεκτρικά	σελ. 88
Εικόνα 7.1	Αποψη της έκτασης που θα καταλάβει το ορυχείο Λιθίου στο Θάκερ Πας	σελ. 92
Εικόνα 7.2	Εκτιμώμενη εξοικονόμηση Κοβαλτίου και Λιθίου από την ανακύκλωση μπαταριών	σελ. 95
Εικόνα 7.3	Η μέση θερμοκρασία της Γης στο διάστημα 1880 – 2000	σελ. 103
Εικόνα 7.4	Η μέση θερμοκρασία της Γης κατά τα τελευταία 1.000 χρόνια	σελ. 103
Εικόνα 7.5	Η μέση θερμοκρασία της Γης κατά τα τελευταία 10.000 χρόνια	σελ. 103
Εικόνα 7.6	Ο πρώην αντιπρόεδρος των Η.Π.Α. Αλ Γκορ παρουσιάζει την σχέση μεταξύ CO ₂ και θερμοκρασίας.	σελ. 104
Εικόνα 7.7	Συσχέτιση διοξειδίου του Άνθρακα και θερμοκρασίας	σελ. 104
Εικόνα 7.8	Συσχέτιση μέσης θερμοκρασίας της Γης και Ηλιακής δραστηριότητας	σελ. 104
Εικόνα 7.9	Συσχέτιση μέσης θερμοκρασίας της Γης και Κοσμικών Ακτινών	σελ. 105

Λίστα διαγραμμάτων		
Διάγραμμα 1.1	Παγκόσμιες πωλήσεις B.E.V. και P.H.E.V.	σελ. 19
Διάγραμμα 2.1	Πηγές κύριων ατμοσφαιρικών ρύπων στις χώρες E.E.A.–33	σελ. 25
Διάγραμμα 2.2	Ποσοστιαία μεταβολή των εκπομπών ρύπων από τις μεταφορές στην E.E. κατά το διάστημα 1990 – 2017	σελ. 25
Διάγραμμα 2.3	Φάσμα απορρόφησης και διασποράς ακτινοβολίας Α.τ.Θ.	σελ. 28
Διάγραμμα 2.4	Μεταβολή μέσης θερμοκρασίας της Γης στο διάστημα 1880 – 2022	σελ. 28
Διάγραμμα 2.5	Εκπομπές CO ₂ και λοιπών Α.τ.Θ. από ανθρωπογενείς δραστηριότητες κατά τα έτη 1850 – 2019	σελ. 29
Διάγραμμα 2.6	Εκπομπές Α.τ.Θ. στην E.E. ανά τομέα, κατά το έτος 2018	σελ. 29
Διάγραμμα 2.7	Απόλυτη μεταβολή εκπομπών Α.τ.Θ. στην E.E. ανά τομέα, κατά το διάστημα 1990 – 2018	σελ. 30
Διάγραμμα 4.1	Καμπύλες εκφόρτισης μπαταριών Ιόντων Λιθίου	σελ. 50
Διάγραμμα 4.2	Στάδια φόρτισης μπαταριών Ιόντων Λιθίου	σελ. 53
Διάγραμμα 6.1	Νέες ταξινομήσεις επιβατικών αυτοκινήτων ανά κατηγορία	σελ. 71
Διάγραμμα 6.2	Απόκλιση από τον μέσο όρο στην E.E. ανά κατηγορία	σελ. 71
Διάγραμμα 7.1	Σύγκριση εκπομπών Α.τ.Θ. από 5 τύπους κινητήρων	σελ. 93
Διάγραμμα 7.2	Εκτιμώμενη μείωση εκπομπών Α.τ.Θ. ως το 2050	σελ. 94
Διάγραμμα 7.3	Απαιτούμενο πλήθος σταθμών φόρτισης επιβατικών αυτοκινήτων στις χώρες της E.E. κατά το έτος 2030	σελ. 98
Διάγραμμα 7.4	Σύγκριση συνολικών εκπομπών CO ₂ ηλεκτρικών αυτοκινήτων ανάλογα με το ενεργειακό μίγμα της χώρας που κυκλοφορούν.	σελ. 107

Λίστα Πινάκων		
Πίνακας 2.1	Εξέλιξη μέσων ετήσιων τιμών NO ₂ σε μg/m ³ στο λεκανοπέδιο της Αττικής κατά τα έτη 2007 – 2021	σελ. 26
Πίνακας 3.1	Λειτουργίες Υβριδικών αυτοκινήτων ανά κατηγορία.	σελ. 35
Πίνακας 4.1	Χαρακτηριστικά των κυριότερων τύπων μπαταριών	σελ. 48
Πίνακας 4.2	Χαρακτηριστικά των έξι τύπων μπαταριών Li-ion	σελ. 49
Πίνακας 5.1	Σύνοψη χαρακτηριστικών επιπέδων φόρτισης SAE J1772-2017	σελ. 60
Πίνακας 6.1	Νέες ταξινομήσεις επιβατικών αυτοκινήτων ανά είδος καυσίμου	σελ. 70
Πίνακας 6.2	Εκτίμηση συνολικού αριθμού επιβατικών αυτοκινήτων και αριθμού ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην Ελλάδα κατά έτος.	σελ. 72
Πίνακας 6.3	Ταξινομήσεις νέων επιβατικών αυτοκινήτων ανά υποδιαίρεση κατά το έτος 2023	σελ. 74
Πίνακας 6.4	Εκτίμηση συνολικού κόστους φόρτισης μπαταρίας 69kWh	σελ. 77
Πίνακας 6.5	Κόστος αγοράς και χρήσης επιβατικών αυτοκινήτων BEV, HEV και βενζίνης	σελ. 81
Πίνακας 6.6	Σύγκριση επιβατικών αυτοκινήτων BEV, HEV και βενζίνης	σελ. 81
Πίνακας 6.7	Σύνοψη εθνικών στόχων στο πλαίσιο του Ε.Σ.Ε.Κ.	σελ. 83
Πίνακας 7.1	Εκτιμώμενες ενεργειακές απαιτήσεις για την φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων στην Ε.Ε κατά το έτος 2030	σελ. 99
Πίνακας 7.2	Εκτιμώμενο απαιτούμενων επενδύσεων για τις υποδομές φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στην Ε.Ε έως το έτος 2030	σελ. 100
Πίνακας 7.3	Κυριότερα στερεά, υγρά και αέρια Βιοκαύσιμα	σελ. 101

Λίστα Σχημάτων		
Σχήμα 4.1	Απλουστευμένο μοντέλο μπαταρίας – ηλεκτροκινητήρα	σελ. 51
Σχήμα 4.2	Απλουστευμένο μοντέλο μπαταρίας – φορτιστή	σελ. 53
Σχήμα 4.3	Διάγραμμα κυψέλης με στοιχεία σε διάταξη 3s4p	σελ. 56

Πίνακας συντομογραφιών	
A.M.E.A.	Άτομα Με Ειδικές Ανάγκες
A.Π.Ε.	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
A.τ.Θ.	Αέρια του Θερμοκηπίου
E.E.	Ευρωπαϊκή Ένωση
H.E.Δ.	Ηλεκτρεγερτική δύναμη
H.Π.A.	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής
M.E.K.	Μηχανή Εσωτερικής Καύσης
Π.Ο.Υ.	Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας
Π.Υ.Η.	Πάροχος Υπηρεσιών Ηλεκτροκίνησης
Σ.Ε.Ε.Α.	Σύνδεσμος Εισαγωγέων Αντιπροσώπων Αυτοκινήτων
Υ.Π.Ε.Κ.Α.	Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής
Υ.Π.ΕΝ.	Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας
Φ.Δ.Σ.	Φορέας Διεκπεραίωσης Συναλλαγών
Φ.Ε.Κ.	Φύλλο Εφημερίδας της Κυβερνήσεως
Φ.Ε.Υ.Φ.Η.Ο.	Φορέας Εκμετάλλευσης Υποδομών Φόρτισης Ηλεκτροκίνητων Οχημάτων
Φ.Ο.Σ.Ε.Φ.Η.Ο.	Φορέας Σωρευτικής Εκπροσώπησης Φορτίου Ηλεκτρικών Οχημάτων
A.C.	Alternating Current
A.C.E.A.	Association des Constructeurs Européens d'Automobiles
B.E.V.	Battery Electric Vehicle
B.E.V./R.E.	Battery Electric Vehicles with Range Extender
D.C.	Direct Current
F.C.E.V.	Fuel Cell Electric Vehicle
F.H.E.V.	Full Hybrid Electric Vehicles
E.E.A.	European Environmental Agency
E.P.A.	Environmental Protection Agency
G.H.G.	Greenhouse Gases
I.C.E.V.	Internal Combustion Engine Vehicle
I.E.C.	International Electrotechnical Commission
I.C.C.T.	International Council on Clean Transportation
I.P.C.C.	Intergovernmental Panel on Climate Change
I.P.M.–SynR.M.	Internal Permanent Magnet Synchronous Reluctance Motor,
M.I.T.	Massachusetts Institute of Technology
M.H.E.V.	Mild Hybrid Electric Vehicles
μ.H.E.V.	Micro Hybrid Electric Vehicles
O.R.B.	Organic Radical Batteries
P.M.S.M.	Permanent Magnet Synchronous Motor
S.A.E.	Society of Automotive Engineers
S.U.V.	Sport Utility Vehicle
SynR.M.	Synchronous Reluctance Motor

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η παρουσίαση και ο προβληματισμός πάνω σε ζητήματα, που αφορούν την χρήση ηλεκτρικής ενέργειας για την κίνηση οχημάτων.

Η μελέτη αυτή εστιάζει κατά κύριο λόγο στα ηλεκτρικά επιβατικά αυτοκίνητα, εξετάζοντας αφ' ενός τεχνικά ζητήματα, και αφ' ετέρου τις περιβαλλοντικές επιδράσεις, που σχετίζονται με την διείσδυση της τεχνολογίας αυτής (κατασκευή και χρήση).

Το θέμα αυτό καθίσταται επίκαιρο, λόγω της απότομης και, κατά πολλούς, βιαστικής μετάβασης των αυτοκινητοβιομηχανιών από τους κινητήρες εσωτερικής καύσης στους ηλεκτροκίνητους, ή σε κάποιες περιπτώσεις, στην συνύπαρξη αυτών στα οχήματα.

Η εργασία αυτή αποτελείται από επτά κεφάλαια:

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται εν συντομία η εξέλιξη της ηλεκτροκίνησης, από τον 19^ο αιώνα μέχρι σήμερα.

Στο δεύτερο, γίνεται αναφορά στα περιβαλλοντικά αίτια, που οδήγησαν στην αναβίωση της ηλεκτροκίνησης στις μέρες μας, ενώ στο τρίτο παρουσιάζονται οι τύποι των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, που υπάρχουν σήμερα στην αγορά, καθώς και των κινητήρων που χρησιμοποιούνται.

Το τέταρτο και πέμπτο κεφάλαιο διαπραγματεύονται τις μπαταρίες των ηλεκτρικών αυτοκινήτων και ζητήματα σχετικά με την φόρτιση, αντίστοιχα.

Στο έκτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η πραγματικότητα της ηλεκτροκίνησης στην Ελλάδα, όπως έχει διαμορφωθεί μέχρι σήμερα.

Το έβδομο κεφάλαιο διαπραγματεύεται τις αντιρρήσεις και τους προβληματισμούς, που εκφράζονται από διάφορες πλευρές, και εξάγονται συμπεράσματα σχετικά με το όλο εγχείρημα της ηλεκτροκίνησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

1.1 Εισαγωγή

Η αρχή των προσπαθειών για την δημιουργία αυτοκινούμενων οχημάτων χρονολογείται περίπου στις αρχές του 19^{ου} αιώνα, με τους ηλεκτροκινητήρες και τις μηχανές εσωτερικής καύσης (Μ.Ε.Κ.) να εξελίσσονται παράλληλα.

Πρέπει να σημειωθεί ότι, την εποχή εκείνη, είχαν συσσωρευθεί επαρκείς θεωρητικές γνώσεις στα αντίστοιχα επιστημονικά πεδία του ηλεκτρισμού και της θερμοδυναμικής, όμως η τεχνογνωσία στο πεδίο της εφαρμογής είχε μόλις αρχίσει να δημιουργείται.

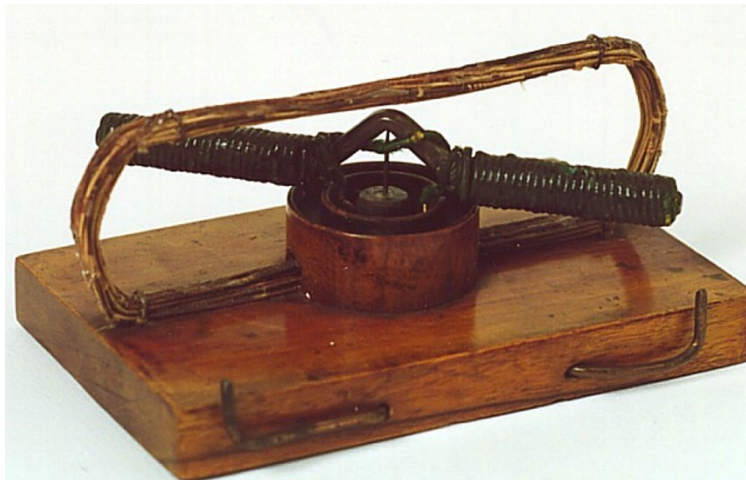
Γι' αυτόν τον λόγο, πολλές προσπάθειες απέτυχαν και πέρασαν αρκετά χρόνια μέχρι το πρώτο ολοκληρωμένο και αξιόπιστο όχημα να κυκλοφορήσει στους δρόμους.

Όσον αφορά στην μαζική παραγωγή για το ευρύ κοινό, αυτή δεν στάθηκε δυνατή παρά μόνο κατά την πρώτη δεκαετία του 20^{ου} αιώνα, και αφορούσε αυτοκίνητα με μηχανή εσωτερικής καύσης (Ford Model T).

Στο κεφάλαιο αυτό θα κάνουμε μια σύντομη αναφορά στην ιστορία της ηλεκτροκίνησης, σε αντιπαράβολή με την ανάπτυξη των μηχανών εσωτερικής καύσης.

1.2 Η Ηλεκτροκίνηση κατά τον 19^ο αιώνα

Από πολλούς θεωρείται ότι η ιστορία των ηλεκτρικών οχημάτων αρχίζει το 1828, όταν ο Ούγγρος μοναχός, Φυσικός και εφευρέτης Άνιος Γέντλικ (Ányos Jedlik) εφηύρε έναν πρώιμο ηλεκτροκινητήρα, που του επέτρεψε να κατασκευάσει ένα πειραματικό ηλεκτρικό όχημα.^[1]



Εικόνα 1.1: Ο ηλεκτροκινητήρας του Άνιος Γέντλικ.

ΠΗΓΗ: Hungarian Conservative

Λίγα χρόνια αργότερα, το 1834, ο σιδηρουργός Τόμας Ντάβενπορτ από το Βερμόντ (Η.Π.Α.), κατασκεύασε έναν πιο εξελιγμένο ηλεκτροκινητήρα συνεχούς ρεύματος, τον οποίο χρησιμοποίησε για να δώσει κίνηση σε ένα μικρό μοντέλο τραίνου. Παρ' όλο που έλαβε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για την εφεύρεσή του το 1837, η κακή απόδοση των μπαταριών της εποχής έκανε τους πιθανούς χρηματοδότες να του γυρίσουν την πλάτη. Έτσι, δεν μπόρεσε να συνεχίσει το εγχείρημά του και χρεωκόπησε.^{[2],[5]}



Εικόνα 1.2: Ο ηλεκτροκινητήρας του Τόμας Ντάβενπορτ.
ΠΗΓΗ: National MagLab

Έναν χρόνο αργότερα, το 1835, ο Ολλανδός Σμπράντους Στράτινγκ (Sibrandus Stratingh), καθηγητής Χημείας στο πανεπιστήμιο του Γκρόνινγκεν, μαζί με τον βοηθό του Κρίστοφερ Μπέκερ (Christopher Becker), κατασκεύασαν ένα μικρό ηλεκτρικό όχημα, που λειτουργούσε με μη επαναφορτιζόμενες μπαταρίες. Το όχημα αυτό θεωρείται ως το πρώτο ηλεκτρικό «αυτοκίνητο».^[3]



Εικόνα 1.3: Το ηλεκτρικό όχημα του Σμπράντους Στράτινγκ.
ΠΗΓΗ: University of Groningen

Περίπου 50 χρόνια αργότερα, το 1884, ο Τόμας Πάρκερ, Άγγλος ηλεκτρολόγος μηχανικός, εφευρέτης και βιομήχανος, κατασκεύασε ένα πρακτικό ηλεκτρικό αυτοκίνητο στο Γουλβερχάμπτον, χρησιμοποιώντας επαναφορτιζόμενες μπαταρίες μολύβδου – οξέος, τις οποίες είχε σχεδιάσει ο ίδιος.^[4]



Εικόνα 1.4: Το αυτοκίνητο που κατασκεύασε ο Τόμας Πάρκερ.
ΠΗΓΗ: The Telegraph

Παραθέτουμε εδώ επιγραμματικά, για λόγους σύγκρισης και εξαγωγής συμπερασμάτων, ένα σύντομο ιστορικό της εξέλιξης των Μ.Ε.Κ. κατά την ίδια περίοδο:

- 1860: Ο Ζάν Ετιέν Λενουάρ, Βέλγος εφευρέτης, κατασκευάζει τον πρώτο πρακτικά χρησιμοποιήσιμο κινητήρα.^[6]
- 1876: Ο Γερμανός κόμης και μηχανικός Νικολάους Όττο εφαρμόζει με επιτυχία την πρώτη μηχανή με τετράχρονο κύκλο λειτουργίας, τον οποίο είχε πατεντάρει ήδη από το 1862 ο Γάλλος μηχανικός Αλφόνς Μπω Ντε Ροσσά.^[7]
- 1885: Ο Γκότλιμπ Ντάιμλερ με συνεργάτη τον Βίλχεμ Μάιλμπαχ και ο Κάρλ Μπενζ, είναι οι πρώτοι που ανταγωνίζονται τον Όττο και κατασκευάζουν κινητήρα τέσσερις φορές πιο γρήγορο από αυτόν. Οι 900 στροφές το λεπτό κάνουν ιδιαίτερη αίσθηση την εποχή εκείνη.^[7]
- 1886: Η προσωπική φιλοδοξία του Μπένζ για αυτοκινούμενο όχημα πραγματοποιείται, τοποθετώντας τετράχρονο κινητήρα σε ένα τρίκυκλο. Μέσα σε έναν χρόνο ξεκινά η παραγωγή αυτοκινήτων και από τις δύο πλευρές.^[8]
- 1890: Οι Γάλλοι μηχανικοί Εμίλ Λεβασόρ και Ρενέ Πανάρ, αφού παίρνουν τα δικαιώματα, ξεκινούν την παραγωγή κινητήρων Ντάιμλερ. Οι πωλήσεις του αυτοκινήτου τους, στο οποίο ο κινητήρας είναι τοποθετημένος μπροστά, ξεκινούν το 1892. Μια άλλη καινοτομία είναι ότι η μετάδοση της κίνησης δεν γίνεται με ιμάντες και σχοινιά, αλλά με άξονα, συμπλέκτη και κιβώτιο ταχυτήτων.^[9]
- 1902: Ξεκινά μια σειρά από προσθήκη κυλίνδρων με σκοπό την αύξηση της ισχύος. Πειραματικοί εξακύλινδροι σε σειρά κινητήρες παρουσιάζονται, και την άλλη χρονιά βγαίνουν στην παραγωγή από την Αγγλική εταιρεία Napier. Κι άλλες εταιρείες παραγωγής μπαίνουν ενεργά στο «παιχνίδι» και ξεκινά ο ανταγωνισμός μέχρι σήμερα.^[10]

Από τα στοιχεία που παρατίθενται, παρατηρεί κανείς ότι οι ηλεκτροκινητήρες και οι Μ.Ε.Κ. εξελίσσονται παράλληλα, με τους πρώτους να προηγούνται χρονικά κατά «βραχεία κεφαλή». Όμως, κατά τα πρώιμα στάδια εξέλιξης, οι ηλεκτροκινητήρες παρουσίαζαν ορισμένα πλεονεκτήματα έναντι των Μ.Ε.Κ. Ειδικότερα:

1. Αθόρυβη και καθαρή λειτουργία.
2. Ευκολότερη κατασκευή, με χαμηλότερο κόστος και μεγαλύτερη αξιοπιστία.

Τα δύο αυτά συγκριτικά πλεονεκτήματα των ηλεκτροκινητήρων είχαν σαν αποτέλεσμα την ταχύτερη, σε σχέση με τις Μ.Ε.Κ., διείσδυσή τους στον χώρο των μεταφορών. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι στην Αγγλία, τα έως τότε ιππήλατα ταξί, που κυκλοφορούσαν στους δρόμους του Λονδίνου, άρχισαν να εκτοπίζονται το 1896 από τα

ηλεκτρικά ταξί της εταιρείας «Walter Bersey's electric cabs»^[11], ενώ στις Ηνωμένες Πολιτείες, από το σύνολο των 4.192 οχημάτων που κατασκευάστηκαν το 1900, τα 1575 ήταν ηλεκτρικά, 1688 ήταν ατμοκίνητα και μόλις 929 λειτουργούσαν με βενζίνη.^[12]



Εικόνα 1.5: Ηλεκτρικό ταξί του 1896 της εταιρείας Walter Bersey's Cabs Company.
ΠΗΓΗ: Science Museum

1.2 Η Ηλεκτροκίνηση κατά τον 20^ο αιώνα

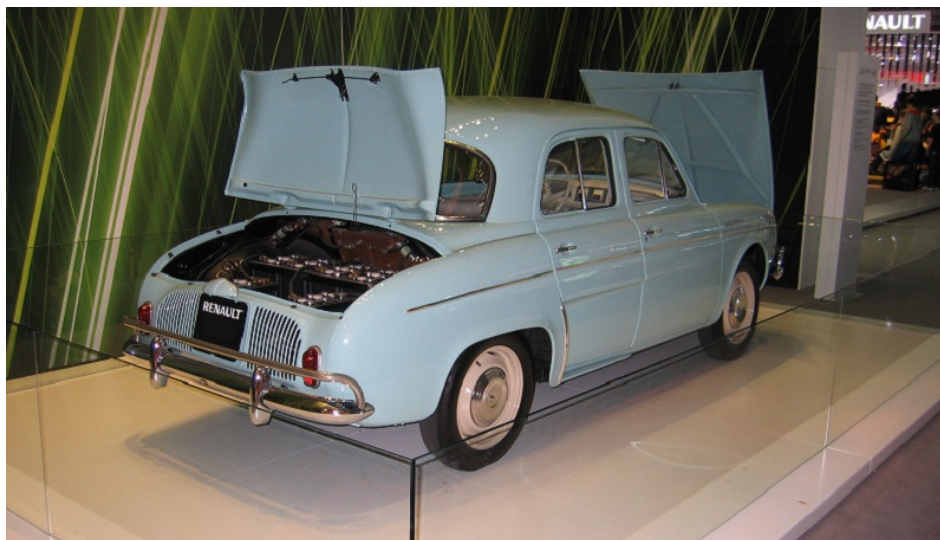
Η ανάπτυξη των υποδομών δημιούργησε την ανάγκη για κάλυψη μεγαλύτερων αποστάσεων, γεγονός που μείωσε δραματικά τις προτιμήσεις στα ηλεκτροκίνητα οχήματα, καθώς δεν μπορούσαν να καλύψουν αποστάσεις μεγαλύτερες των 50 χιλιομέτρων. Η τάση αυτή δεν στάθηκε δυνατό να ανασχεθεί από τις προσπάθειες του Thomas Edison, ο οποίος το 1901 εφηύρε και εισήγαγε τις μπαταρίες νικελίου – σιδήρου, με αποτέλεσμα να μεγαλώσει η αυτονομία των ηλεκτρικών οχημάτων.^[13]

Παρ' όλο που οι μπαταρίες αυτές βελτιώθηκαν από τον ίδιο 7 χρόνια αργότερα, το 1908, δεν απέτελεσαν ικανοποιητική απάντηση στο συντριπτικό χτύπημα που κατάφερε στην ηλεκτροκίνηση ο Henry Ford το ίδιο έτος, οπότε ξεκίνησε την πρώτη υπερσύγχρονη, για την εποχή, γραμμή παραγωγής, η οποία αύξησε την αξιοπιστία των βενζινοκίνητων οχημάτων και μείωσε σημαντικά το κόστος τους. Αναφέρουμε ενδεικτικά ότι το 1912, ένα Ford Model T κόστιζε 650 δολάρια, ενώ η τιμή των ηλεκτρικών αυτοκινήτων έφτανε τα 1.750 δολάρια.^[14]

Με την πάροδο των χρόνων, η τεχνολογική πρόοδος αρχίζει να εξαλείφει τα ηλεκτρικά οχήματα, διότι οι κινητήρες εσωτερικής καύσης γίνονται πιο φθηνοί και πιο αποδοτικοί. Γι' αυτό, κατά τον 20^ο αιώνα η παραγωγή των ηλεκτρικών αυτοκινήτων περιορίστηκε πολύ, και τα περισσότερα ηλεκτρικά αυτοκίνητα που κατασκευάστηκαν ήταν κατά κύριο λόγο πειραματικά.

Οι λιγιστές προσπάθειες διάθεσης ηλεκτρικών αυτοκινήτων στο καταναλωτικό κοινό, δεν καρποφόρησαν. Συγκεκριμένα:

α) Το 1959 στις Η.Π.Α., η εταιρεία κατασκευής αμαξωμάτων Henney σε συνεργασία με την εταιρεία κατασκευής μπαταριών National Union Electric Company, κατασκεύασαν ένα μικρό ηλεκτρικό αυτοκίνητο, βασισμένο στο σασσί του Ρενώ Ντοφίν (Renault Dauphin). Το μοντέλο ονομάστηκε Kilowatt, είχε τελική ταχύτητα 80 km/h και αυτονομία 75 χιλιόμετρα. Λόγω της υψηλής τιμής του όμως, δεν είχε αντίκτυπο στην αγορά.^[15]



Εικόνα 1.6: Το ηλεκτρικό μοντέλο Kilowatt της εταιρείας Henney.
ΠΗΓΗ: Renault Group

β) Μερικά χρόνια αργότερα, το 1973, η Αγγλική εταιρία Enfield Automotive, με ιδιοκτήτη τον Έλληνα εφοπλιστή Γιάννη Γουλανδρή, κατασκεύασε στην Σύρο το Enfield 8000. Υπεύθυνος μηχανικός για την κατασκευή του αυτοκινήτου ήταν το Κωνσταντίνος Αδρακτάς, απόφοιτος του Μ.Ι.Τ. ^[16]



Εικόνα 1.7: Enfield 8000.
ΠΗΓΗ: Wikipedia

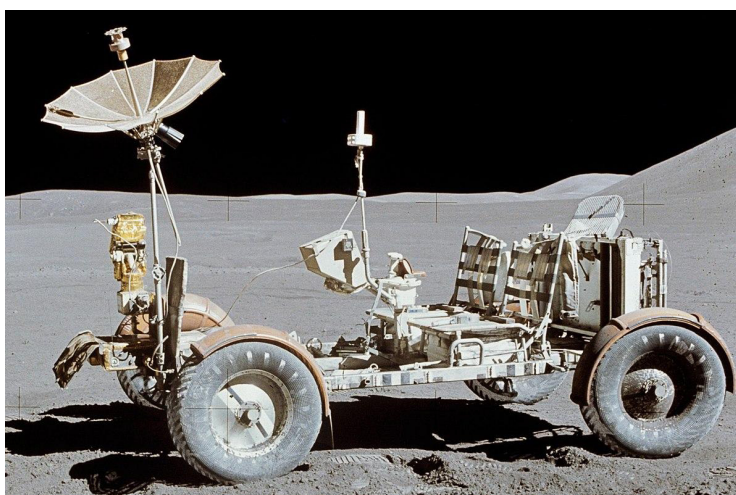
γ) Την δεκαετία του '90, η General Motors ξεκίνησε να κατασκευάζει ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Συγκεκριμένα, το 1996 κατασκεύασε τα πρώτα 660 EV1, ηλεκτρικά αυτοκίνητα με μπαταρίες μολύβδου – οξέος, που διέθεταν αυτονομία 130 χιλιομέτρων. Τρία χρόνια αργότερα το 1999, η μπαταρία μολύβδου – οξέος αντικαταστάθηκε με μπαταρία Νικελίου – Υδριδίου μετάλλου, γεγονός που αύξησε την αυτονομία του οχήματος στα 250 χιλιόμετρα περίπου. Η παραγωγή του όμως σταμάτησε το 2003, οπότε η General Motors ανακάλεσε όλα τα μοντέλα και τα κατέστρεψε, εκτός από μερικά, τα οποία δώρισε σε μουσεία και πανεπιστήμια. ^[17]



Εικόνα 1.8: Το μοντέλο EV1 της General Motors.
ΠΗΓΗ: Wikipedia

Δεν πρέπει όμως να παραλείψουμε να αναφέρουμε ότι, σε αντίθεση με το πεδίο του ιδιωτικού αυτοκινήτου, η ηλεκτροκίνηση στον χώρο των μέσων μαζικής μεταφοράς γνώρισε μεγάλη άνθιση κατά τον 20^ο αιώνα. Αναφέρουμε επιγραμματικά τα γνωστά μας «τρόλλεϋ» και τον «ηλεκτρικό» στην Ελλάδα, καθώς και το τραμ και το μετρό στις άλλες Ευρωπαϊκές πρωτεύουσες.

Τέλος, για λόγους πληρότητας της παρουσίασης των ηλεκτρικών οχημάτων, κρίνεται σκόπιμο να γίνει μια σύντομη αναφορά στο πρώτο όχημα στην Σελήνη. Το όχημα αυτό κατασκευάστηκε το 1971 και ήταν ηλεκτρικό, με όνομα Lunar Rover. Διέθετε τέσσερις ηλεκτροκινητήρες, έναν σε καθέναν από τους τέσσερις κατευθυντήριους τροχούς του, που τροφοδοτούνταν από συστοιχία μπαταριών. Απέδιδε μόλις έναν ίππο και η ταχύτητά του άγγιζε τα 18χλμ/ώρα. Κατασκευάστηκαν συνολικά 4 Lunar Rovers για να συνοδεύσουν τους αστροναύτες στις αποστολές Apollo 15, 16 και 17. ^[18]



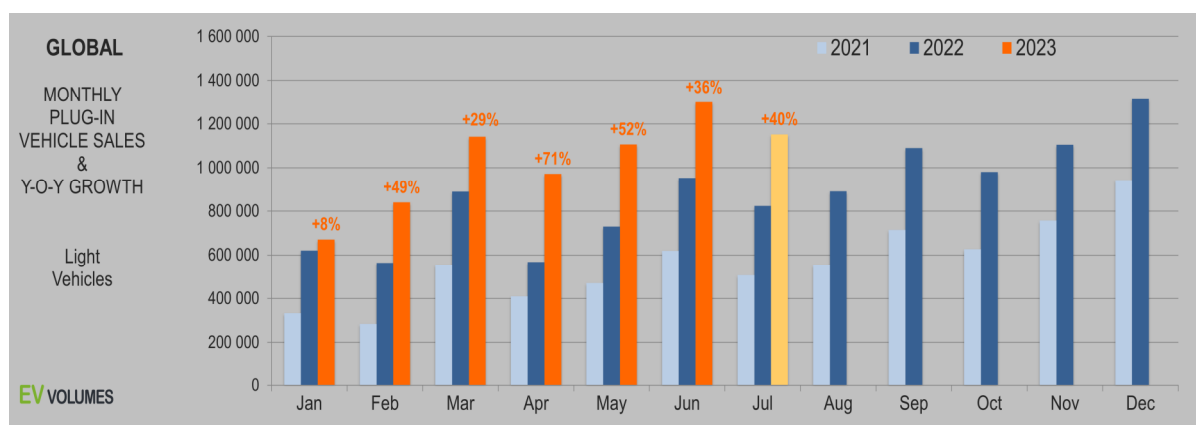
Εικόνα 1.9: Lunar Rover.
ΠΗΓΗ: NASA

1.3 Η Ηλεκτροκίνηση κατά τον 21^ο αιώνα

Μετά την αλλαγή της χιλιετίας, συνεχίστηκε η κυριαρχία των κινητήρων ορυκτών καυσίμων (βενζίνης – πετρελαίου) στις αυτοκινητοβιομηχανίες. Τα τελευταία χρόνια όμως,

λόγω της ανάγκης που υπάρχει για την βελτίωση της ποιότητας της ατμόσφαιρας, την εξοικονόμηση ενέργειας καθώς και του υψηλού κόστους των καυσίμων, δημιουργήθηκαν εναλλακτικές μορφές ενέργειας για τα αυτοκίνητα. Το φυσικό αέριο, το υγραέριο και τα υβριδικά αυτοκίνητα, παρουσιάζουν τρομερή άνθιση καθώς επίσης και τα αμιγώς ηλεκτρικά αυτοκίνητα.

Ειδικά για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, αναφέρουμε ενδεικτικά ότι, κατά το πρώτο εξάμηνο του 2023, τα νέα αμιγώς ηλεκτρικά (B.E.V.) και τα επαναφορτιζόμενα υβριδικά (P.H.E.V.), που πουλήθηκαν παγκοσμίως, έφτασαν τα 6 εκατομμύρια, σημειώνοντας αύξηση κατά 40% σε σχέση με το αντίστοιχο διάστημα του 2022. Κατά το εν λόγω χρονικό διάστημα, ηγετική θέση στην παγκόσμια αγορά κατέχει η Κινεζική BYD, με περίπου 1.200.000 πωλήσεις ενώ ακολουθεί η Αμερικανική Tesla με 900.000 πωλήσεις.^[19]



Διάγραμμα 1.1: Παγκόσμιες πωλήσεις B.E.V. και P.H.E.V.

ΠΗΓΗ: EV-VOLUMES.COM

1.4 Παραπομπές 1^ο κεφαλαίου

- [1] https://www.hungarianconservative.com/articles/culture_society/istvan-anyos-jedlik-science-religion-patriotism-harmony/
- [2] <https://nationalmaglab.org/magnet-academy/history-of-electricity-magnetism/museum/davenport-motor-1834/>
- [3] <https://www.rug.nl/museum/collections/collection-stories/wagentje-van-stratingh?lang=en>
- [4] <https://www.telegraph.co.uk/news/newstoppers/howaboutthat/5212278/Worlds-first-electric-car-built-by-Victorian-inventor-in-1884.html>
- [5] <http://scihi.org/etienne-lenoir/>
- [6] <https://www.britannica.com/biography/Nikolaus-Otto>
- [7] <https://www.britannica.com/biography/Gottlieb-Daimler>
- [8] <https://group.mercedes-benz.com/company/tradition/company-history/1885-1886.html>
- [9] <https://www.britannica.com/biography/Emile-Levassor>
- [10] <https://npht.org/about-napier/products/vehicles/six-cylinder-engine/>
- [11] <https://blog.sciencemuseum.org.uk/the-surprisingly-old-story-of-londons-first-ever-electric-taxi/>
- [12] <https://www.dw.com/en/the-automobile-at-125-from-humble-birth-to-global-dominance/a-14775005>
- [13] <https://www.ironcorebatteries.com.au/page5.php>
- [14] <https://www.energy.gov/articles/history-electric-car>
- [15] <https://www.renaultgroup.com/en/news-on-air/news/henney-kilowatt-the-american-electric-dauphine/>
- [16] https://en.wikipedia.org/wiki/Enfield_8000
- [17] https://el.wikipedia.org/wiki/General_Motors_EV1
- [18] https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/lunar/apollo_lrv.html
- [19] <https://www.ev-volumes.com/>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Η ΑΝΑΒΙΩΣΗ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗΣ – ΑΙΤΙΑ

2.1 Εισαγωγή

Όπως αναφέραμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, η δραματική βελτίωση των κινητήρων ορυκτών καυσίμων, οδήγησε κατά τον 20^ο αιώνα στην καθολική κυριαρχία τους έναντι των ηλεκτροκινητήρων.

Στην υστέρηση αυτή της ηλεκτροκίνησης συνέβαλε, κατά κύριο λόγο, η φτωχή απόδοση των μπαταριών μολύβδου – οξέος, οι οποίες αποτελούσαν την πηγή ενέργειας για τα λιγοστά ηλεκτρικά αυτοκίνητα, που κατασκευάστηκαν κατά τον προηγούμενο αιώνα.

Η ανακάλυψη και βελτίωση των μπαταριών Λιθίου, έκανε τεχνικά εφικτή την δραματική μείωση του βάρους, του όγκου και του χρόνου επαναφόρτισης των μπαταριών, καθιστώντας τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα ανταγωνιστικά προς εκείνα με κινητήρες εσωτερικής καύσης.

Ο παράγοντας όμως, που συνέβαλε αποφασιστικά στην αναβίωση της ηλεκτροκίνησης στις μέρες μας, ήταν η επίσημη υποστήριξη των κυβερνήσεων (κυρίως των Ευρωπαϊκών χωρών και των Η.Π.Α.) καθώς και υπερεθνικών ενώσεων, όπως η Ευρωπαϊκή Ένωση.

Επίσημα διακηρυγμένος στόχος της υποστήριξης αυτής, είναι αφ' ενός ο περιορισμός της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, και αφ' ετέρου η μείωση των εκπομπών διοξειδίου του Άνθρακα και άλλων Αερίων του Θερμοκηπίου (Α.τ.Θ), ώστε να επιτευχθεί ανάσχεση της υπερθέρμανσης του πλανήτη μας, η οποία προκαλεί την επονομαζόμενη «κλιματική αλλαγή».

Όπως έχει δηλώσει, ήδη από το 2012, η Jacqueline McGlade, εκτελεστική διευθύντρια του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος (European Environmental Agency, E.E.A.) σχετικά με τον τομέα των μεταφορών και την συμβολή του στα υψηλά επίπεδα των ατμοσφαιρικών ρύπων στην Ευρώπη:^[1]

«Μία από τις μεγάλες προκλήσεις του 21ου αιώνα θα είναι η άμβλυνση των αρνητικών επιπτώσεων των μεταφορών (αέρια θερμοκηπίου, ατμοσφαιρική ρύπανση και θόρυβος) με την παράλληλη διασφάλιση των θετικών πτυχών της κινητικότητας. Η Ευρώπη μπορεί να έχει το προβάδισμα με εντατικοποίηση των δράσεων της στον τομέα της τεχνολογικής καινοτομίας στην ηλεκτροκίνηση. Μια τέτοια αλλαγή μπορεί να μεταμορφώσει την ζωή στα αστικά κέντρα».

Στις ενότητες που ακολουθούν γίνεται εκτενής αναφορά στα ζητήματα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της υπερθέρμανσης του πλανήτη.

2.2 Η ατμοσφαιρική ρύπανση

2.2.1 Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι

Οι κυριότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι είναι τα αιωρούμενα σωματίδια (PM), τα οξείδια του αζώτου (NO_x), το όζον (O₃) και το μονοξείδιο του Άνθρακα (CO).

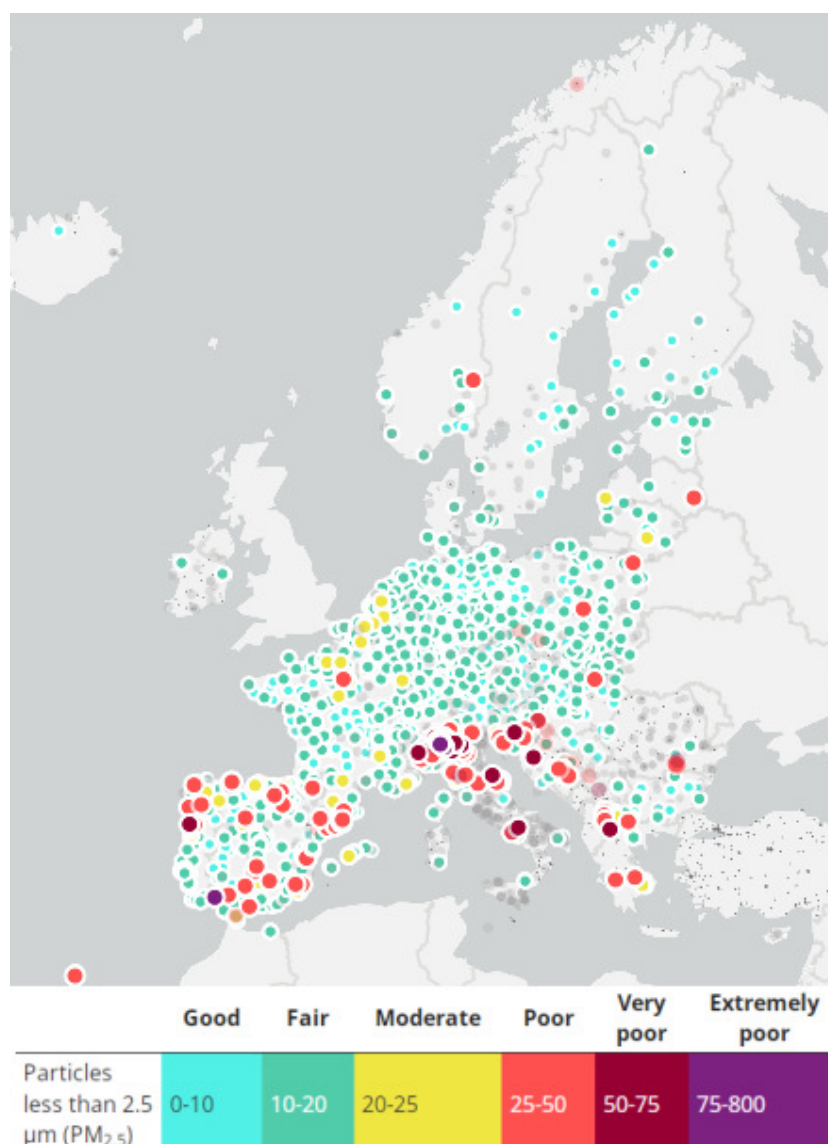
A. Αιωρούμενα σωματίδια

Ο όρος «αιωρούμενα σωματίδια» (PM) περιγράφει στερεά και υγρά σωματίδια, τα οποία αιωρούνται στον αέρα και περιλαμβάνουν ποικίλες ουσίες, όπως θειικά και νιτρικά άλατα, αμμωνία, χλωριούχο νάτριο, μαύρο άνθρακα, μεταλλική σκόνη και νερό. Η συγκέντρωσή τους μετρείται σε μικρογραμμάρια ανά κυβικό μέτρο $\left(\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}\right)$.

Χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με το μέγεθός τους, τα PM₁₀ (αδρά σωματίδια) και τα PM_{2.5} (λεπτά σωματίδια).

Στην εικόνα 2.1, φαίνονται οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων PM_{2.5} στην Ευρώπη, κατά το έτος 2024^[2]. Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι στις χώρες, όπου είναι

διαδεδομένη η ηλεκτροκίνηση (Σουηδία, Νορβηγία, Γαλλία), η συγκέντρωση σε αιωρούμενα σωματίδια είναι στις χαμηλότερες κλίμακες.



Εικόνα 2.1: Συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων $\text{PM}_{2.5}$ στην Ευρώπη. (ΠΗΓΗ: European Air Quality Index)

Τα αιωρούμενα σωματίδια αποτελούν την μεγαλύτερη από κάθε άλλον ρύπο απειλή για την ανθρώπινη υγεία, γιατί μπορούν να εισχωρήσουν στα πλέον ευαίσθητα σημεία των πνευμόνων μέσω της αναπνευστικής οδού, και να επιφέρουν παθολογικά προβλήματα όπως εμφύσημα, βρογχίτιδα, καρκίνο του πνεύμονα και να προκαλέσουν επιδείνωση των καρδιακών παθήσεων.

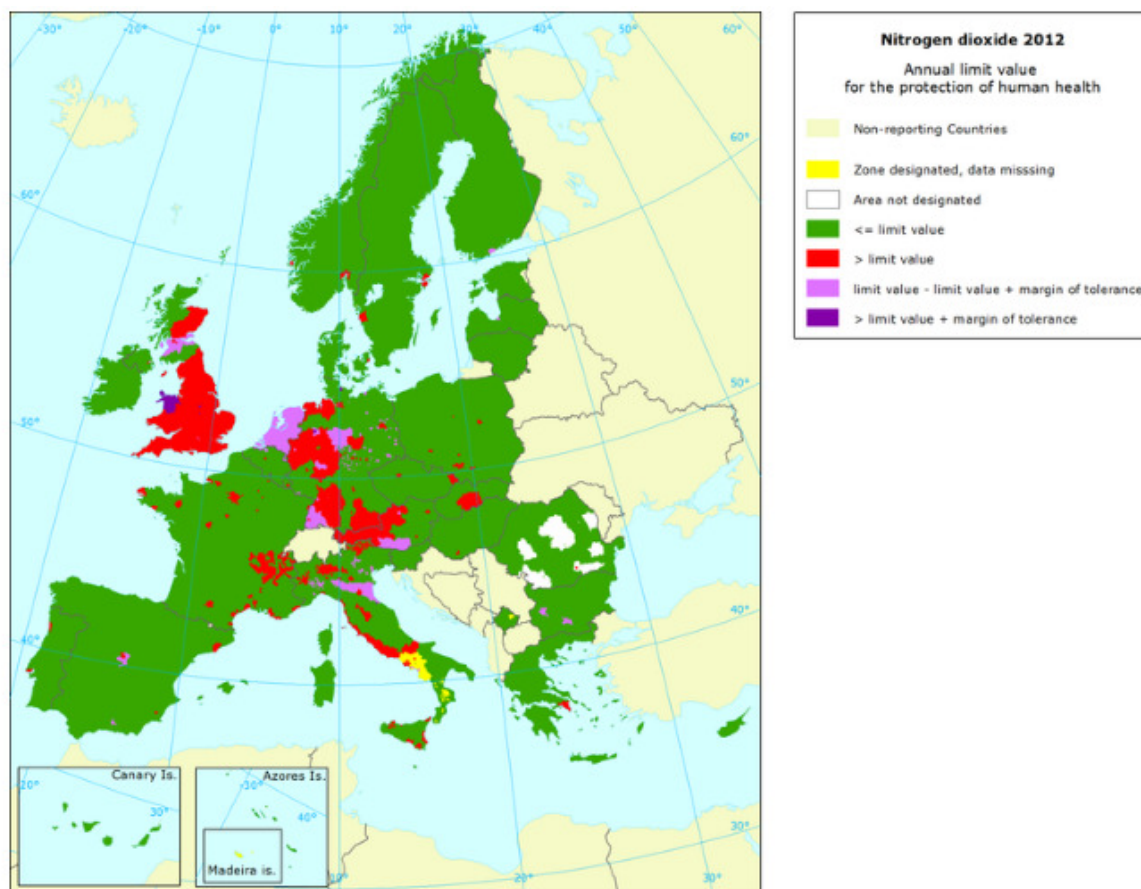
B. Οξείδια του Αζώτου

Ο όρος «οξείδια του Αζώτου» (NO_x) αναφέρεται στο αέριο μίγμα μονοξειδίου του αζώτου (NO) και διοξειδίου του αζώτου (NO_2), που υπάρχει στην ατμόσφαιρα.

Το οξείδια αυτά μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές βλάβες, όταν εισχωρήσουν στο αναπνευστικό σύστημα, και συμβάλλουν στην δημιουργία αναπνευστικών προβλημάτων και παθολογικών καταστάσεων όπως το άσθμα.

Επιπλέον, σε συνθήκες βροχής ή υψηλής υγρασίας αντιδρούν με το νερό, σχηματίζοντας αμούς νιτρικού οξέος, οι οποίοι παρασύρονται από την βροχή και φθάνουν στο έδαφος (όξινη βροχή).

Στην επόμενη εικόνα 2.2, φαίνονται οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων PM2.5 στην Ευρώπη κατά το έτος 2012^[3]



Εικόνα 2.2: Συγκεντρώσεις διοξειδίου του Αζώτου στην Ευρώπη.
ΠΗΓΗ: European Environment Agency

Γ. Όζον

Το Όζον είναι αλλοτροπική μορφή του Οξυγόνου, με μοριακό τύπο O_3 . Συναντάται σε υψηλότερες συγκεντρώσεις στην στρατόσφαιρα, όπου σχηματίζει το αποκαλούμενο «στρώμα του Όζοντος» και η παρουσία του έχει ως αποτέλεσμα την απορρόφηση της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας.

Η παρουσία του στην τροπόσφαιρα όμως θεωρείται ρύπανση, γιατί έχει ισχυρή οξειδωτική δράση, η οποία προκαλεί βλάβες στους ιστούς των φυτών καθώς και στους βλεννογόνους και αναπνευστικούς ιστούς των ζώων και των ανθρώπων.^[4]

Δ. Μονοξείδιο του Άνθρακα

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) είναι ανόργανη διατομική χημική ένωση, που περιέχει άνθρακα και οξυγόνο.

Ακόμα και σε μικρές ποσότητες, το μονοξείδιο του άνθρακα είναι τοξικό για όλους τους ζωντανούς οργανισμούς.

2.2.2 Νέφος

Η ατμοσφαιρική ρύπανση προκαλεί συνθήκες, οι οποίες είναι ακατάλληλες για την διαβίωση και επιβίωση του ανθρώπου και μπορεί να έχουν πολύ σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία του, αλλά και στο περιβάλλον στο οποίο ζει. Αυτές οι ακατάλληλες συνθήκες αναφέρονται ως φαινόμενο με τον όρο «νέφος»

Το «νέφος» παρουσιάζεται με δύο μορφές:

A. Αιθαλομίχλη

Η Αιθαλομίχλη σχηματίζεται όταν επικρατεί υψηλή συγκέντρωση ρύπων, κυρίως μονοξειδίου του άνθρακα, διοξειδίου του θείου και αιωρούμενων σωματιδίων, σε συνδυασμό με σχετικά χαμηλή θερμοκρασία και μεγάλη σχετική υγρασία.

Οι μετεωρολογικές αυτές συνθήκες εμποδίζουν την διάχυση της ρύπανσης, με αποτέλεσμα τον εγκλωβισμό των ρύπων και την αύξηση των συγκεντρώσεών τους.^[5]

B. Φωτοχημικό νέφος

Πρόκειται για ένα φαινόμενο, που εμφανίζεται όταν υπάρχει υψηλή συγκέντρωση οξειδίων του αζώτου, πτητικών υδρογονανθράκων και των δευτερογενών προϊόντων τους σε συνθήκες έντονης ηλιοφάνειας με υψηλές θερμοκρασίες και μικρή σχετική υγρασία.

Επειδή πηγή των ρύπων που προκαλούν το φωτοχημικό νέφος είναι κατά κύριο λόγο οι βιομηχανίες και τα αυτοκίνητα, το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται κυρίως σε μεγάλα αστικά κέντρα. Μελετήθηκε για πρώτη φορά στο Λος Άντζελες των Η.Π.Α., όπου αποτελούσε σοβαρό πρόβλημα, γι' αυτό και αναφέρεται συχνά με την ονομασία «νέφος τύπου Λος Άντζελες».^[6]

Η ονομασία «φωτοχημικό» οφείλεται στις χημικές αντιδράσεις μεταξύ των πρωτογενών ρύπων και του Οξυγόνου της ατμόσφαιρας, οι οποίες επιταχύνονται υπό την επίδραση του ηλιακού φωτός και της υψηλότερης θερμοκρασίας που επικρατεί κατά την ημέρα.

Οι αντιδράσεις αυτές έχουν ως αποτέλεσμα να παράγεται Όζον καθώς και άλλες ενώσεις, όπως διοξείδιο του Αζώτου (NO_2), νιτρικό οξύ (HNO_3) και νιτρικό υπεροξυακετύλιο (Peroxyacetyl nitrate, P.A.N.), που αποκαλούνται δευτερογενείς φωτοχημικοί ρύποι.^[7]

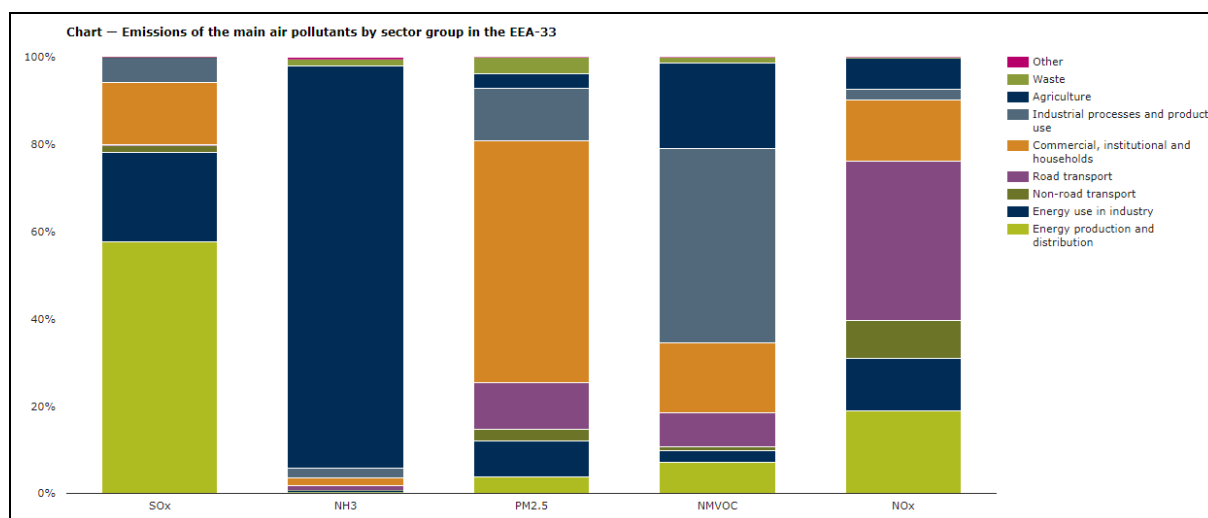
Κατά την διάρκεια της νύχτας, οπότε δεν υπάρχει ηλιακό φως και η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη, οι χημικές αντιδράσεις επιβραδύνονται και η εμφάνιση φωτοχημικού νέφους είναι σπάνια. Συνεπώς, το φωτοχημικό νέφος είναι ένα φαινόμενο, που εμφανίζεται κυρίως κατά την διάρκεια της ημέρας και κατά τους θερμούς μήνες του έτους.

Οι συνέπειες του φαινομένου αυτού αφορούν, κυρίως, την υγεία του ανθρώπου. Το φαινόμενο αποτελεί αιτία αναπνευστικών προβλημάτων, προκαλώντας βήχα, αίσθημα ξηρότητας στο λαιμό και πόνο στο στήθος, φλεγμονή στους πνεύμονες και πιθανή ευαισθησία σε μολύνσεις του αναπνευστικού συστήματος. Σοβαρότερες πιθανές παθολογικές επιπτώσεις είναι το άσθμα, η βρογχίτιδα και το εμφύσημα.^{[6],[8]}

2.2.3 Πηγές εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων

Η παρουσία των ρυπαντών στην ατμόσφαιρα, οφείλεται κατά κύριο λόγο στις δραστηριότητες του ανθρώπου πάνω στη Γη, όπως είναι η βιομηχανία, η αγροτική παραγωγή, η παραγωγή ενέργειας και οι μεταφορές. Ένα μικρό ποσοστό προκαλείται από φυσικά φαινόμενα, όπως εκρήξεις ηφαιστειών ή πυρκαγιές.

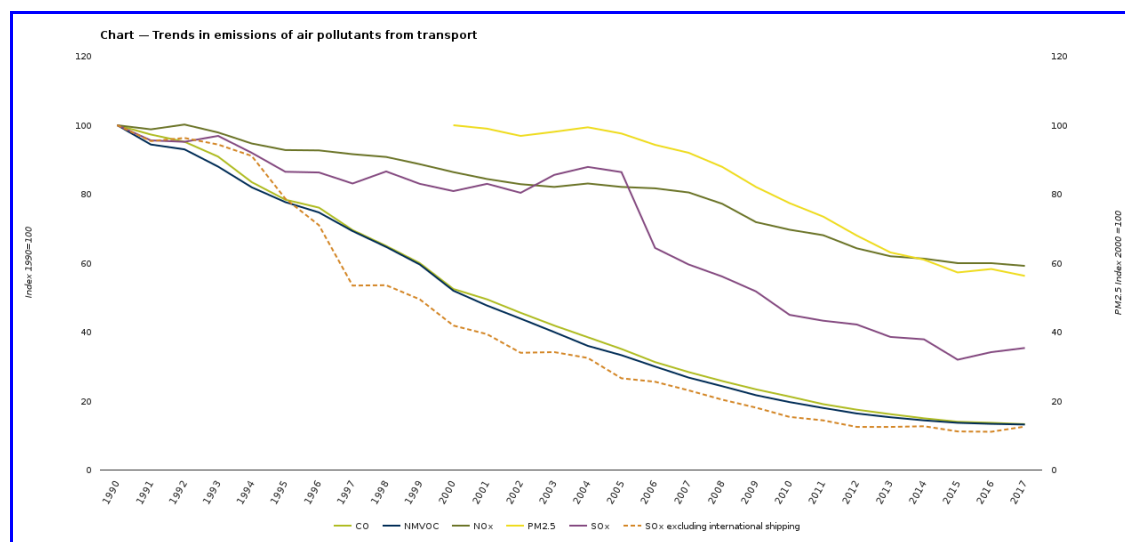
Στο διάγραμμα 2.1, που ακολουθεί, παρουσιάζεται η κατανομή των ατμοσφαιρικών ρύπων από ανθρώπινες δραστηριότητες, κατά το 2019, στο σύνολο των χωρών της «E.E.A-33» (27 χώρες – μέλη της E.E. μαζί με Ηνωμένο Βασίλειο, Ισλανδία, Λιχτενστάιν, Νορβηγία, Ελβετία και Τουρκία).^[9]



Διάγραμμα 2.1: Πηγές κύριων ατμοσφαιρικών ρύπων στις χώρες Ε.Ε.Α.–33.
ΠΗΓΗ: European Environment Agency

Όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα, οι οδικές μεταφορές (μωβ χρώμα) ευθύνονται για μεγάλο μέρος της ρύπανσης από οξειδία του Αζώτου (NO_x), λεπτά αιωρούμενα σωματίδια ($\text{PM}_{2.5}$) και πτητικές οργανικές ουσίες (NMVOC).

Η χρονική εξέλιξη των ρυπογόνων ουσιών που προέρχονται από τις μεταφορές στην Ε.Ε. φαίνεται στο επόμενο διάγραμμα 2.2^[10]. Παρατηρούμε σημαντική μείωση των εκπομπών ρύπων από αυτήν την δραστηριότητα από το 1990 έως και το 2017, η αιτία της οποίας μπορεί να αναζητηθεί στην οικονομική κρίση που βίωσε η Ευρώπη εκείνη την περίοδο, στην αύξηση της χρήσης βιοκαυσίμων και στην θεσμοθέτηση ολοένα και πιο αυστηρών ορίων εκπομπών ρύπων από τα αυτοκίνητα.



Διάγραμμα 2.2: Ποσοστιαία μεταβολή των εκπομπών ρύπων από τις μεταφορές στην Ε.Ε. κατά το διάστημα 1990 – 2017.
ΠΗΓΗ: European Environment Agency

Οι χώρες που παρουσίασαν την μεγαλύτερη μείωση στις εκπομπές ρύπων από τις οδικές μεταφορές στο παραπάνω χρονικό διάστημα, είναι η Φινλανδία και η Σουηδία^{[11],[12]}. Η μείωση των ρύπων στις χώρες αυτές οφείλεται κυρίως στην χρήση βιοκαυσίμων, τα οποία αυξήθηκαν κατά 850% από το 2003.

2.2.4 Συνέπειες της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (Π.Ο.Υ.), η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι μια από τις κύριες αιτίες πρόωρου θανάτου. Μεταξύ όλων των παραγόντων κινδύνου, κατατάσσεται αμέσως μετά την υπέρταση, το κάπνισμα και την υψηλή γλυκόζη.

Ο Π.Ο.Υ. εκτιμά ότι, παγκοσμίως, η ατμοσφαιρική ρύπανση ευθύνεται για περίπου 7 εκατομμύρια πρόωρους θανάτους ετησίως από ισχαιμική καρδιοπάθεια, εγκεφαλικό επεισόδιο, χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια και καρκίνο του πνεύμονα, αλλά και από οξείες αναπνευστικές λοιμώξεις όπως η πνευμονία, που επηρεάζει κυρίως παιδιά με χαμηλή και χώρες μεσαίου εισοδήματος.^[13]

Όσον αφορά στην Ευρώπη ειδικότερα, ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (European Environment Agency, E.P.A.) εκτιμά ότι το 2020 στις 27 χώρες – μέλη της Ε.Ε., η έκθεση σε συγκεντρώσεις ρυπαντών πάνω από τα όρια του Π.Ο.Υ., είχε ως αποτέλεσμα 238.000 πρόωρους θανάτους οφειλόμενους σε λεπτά σωματίδια, 49.000 οφειλόμενους στο διοξείδιο του Αζώτου και 24.000 ως συνέπεια οξείας έκθεσης στο Όζον.

Οι χρόνιες ανικανότητες που προκλήθηκαν από τους παραπάνω παράγοντες κατά το 2019 ήταν: 175.702 περιπτώσεις από Χρόνια Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια λόγω έκθεσης σε λεπτά σωματίδια, 175.070 περιπτώσεις σακχαρώδους διαβήτη λόγω έκθεσης σε διοξείδιο του Αζώτου και 12.253 εμφάνισαν λοιμώξεις του κατώτερου αναπνευστικού λόγω οξείας έκθεσης στο Όζον.^[14]

2.3 Η ατμοσφαιρική ρύπανση στην Ελλάδα

Για να διασφαλιστεί η ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα, απαιτείται η συνεχής παρακολούθηση της ποιότητας της ατμόσφαιρας με απώτερο σκοπό την προστασία της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος. Με αυτόν τον τρόπο αυτό γίνεται δυνατή η παρακολούθηση της ποιότητας της ατμόσφαιρας και να γίνονται οι κατάλληλες ενέργειες ώστε να αποφευχθεί η πιθανότητα δυσάρεστων αποτελεσμάτων, που θα μπορούσαν να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία των ζωντανών οργανισμών και στο οικοσύστημα.

Στην Ελλάδα, συστάθηκε το 2001, από το άλλοτε Υ.Π.Ε.Κ.Α. (Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής), το Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης. Το δίκτυο αυτό περιλαμβάνει 14 σταθμούς, οι οποίοι έχουν τοποθετηθεί στο λεκανοπέδιο της Αττικής και καταγράφουν την συγκέντρωση κάποιων ρυπογόνων ουσιών στην ατμόσφαιρα.

Στον Πίνακα 2.1 εμφανίζονται οι μέσες ετήσιες τιμές διοξειδίου του Αζώτου, όπως καταγράφηκαν από τους σταθμούς αυτούς κατά το διάστημα 2007 έως 2021. Με κόκκινο χρώμα φαίνονται οι υπερβάσεις των ανώτατων ορίων.

ΣΤΑΘΜΟΙ	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	100	92	91	83	73	64	52	53	67	70	78	71	73	68	70
ΑΘΗΝΑΣ	67	63	66	44	57	51	43	41	41	32	33	44	40	17	30
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ	65	49	41	48	33	54	50	52	52	47	54	48	43	39	44
ΠΕΙΡΑΙΑΣ-1	72	60	71	46	44	41	36	33	52	64	62	63	63	55	58
ΓΕΩΠΟΝΙΚΗ	43	46	46	44	34	35	37	39	34	28	31	28	34	29	27
ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	41	40	43	36	28	26	27	26	28	29	32	28	28	24	26
ΝΕΑ ΣΜΥΡΝΗ	43	42	33	26	31	29	28	32	28	31	33	29	27	27	27
ΜΑΡΟΥΣΙ	29	28	26	22	23	28	25	25	25	27	29	26	26	22	23
ΛΙΟΣΙΑ	35	35	32	30	26	21	20	22	24	20	21	17	21	19	22
ΛΥΚΟΒΡΥΣΗ	34	31	33	22	22	21	21	24	19	20	22	20	20	18	20
ΘΡΑΚΟΜΑΚΕΔΟΝΕΣ	13	12	11	10	7	7	8	9	8	8	7	8	7	6	7
ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	22	21	18	13	12	9	8	8	11	14	13	14	13	10	9
ΕΛΕΥΣΙΝΑ	36	33	35	37	30	30	32	31	24	29	27	24	25	23	25
ΚΟΡΩΠΙ		15	16	13	11	10	13	14	20	28	17	21	15	11	12

Πίνακας 2.1: Εξέλιξη μέσων ετήσιων τιμών NO₂ σε μg/m³ στο λεκανοπέδιο της Αττικής κατά τα έτη 2007 – 2021.

ΠΗΓΗ: ΥΠΕΝ

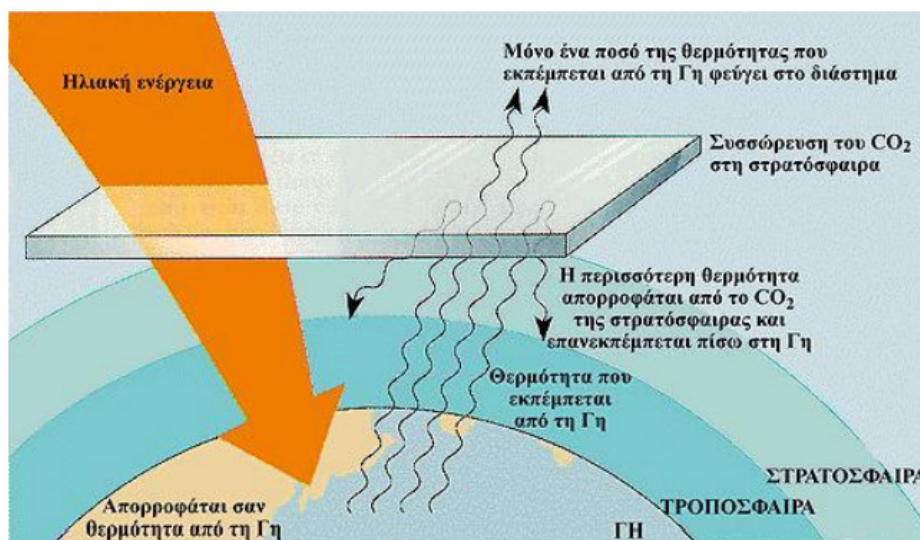
2.4 Η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη

2.4.1 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Η ατμόσφαιρα της Γης επιτρέπει την διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας προς αυτήν. Ορισμένα όμως από τα αέρια της ατμόσφαιρας σχηματίζουν ένα στρώμα, το οποίο εγκλωβίζει το μεγαλύτερο μέρος της εκπεμπόμενης από το έδαφος και τα επιφανειακά υλικά δευτερογενούς υπέρυθρης ακτινοβολίας, εμποδίζοντας έτσι την απώλεια της.

Καθώς όλη αυτή η διαδικασία παρουσιάζει σημαντικές ομοιότητες με τη λειτουργία ενός κανονικού θερμοκηπίου, αποδίδεται με τον όρο «φαινόμενο του θερμοκηπίου».

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου αποδίδεται παραστατικά στην ακόλουθη εικόνα 2.3.



Εικόνα 2.3: Απεικόνιση φαινομένου θερμοκηπίου.

ΠΗΓΗ: Πανεπιστήμιο Αιγαίου

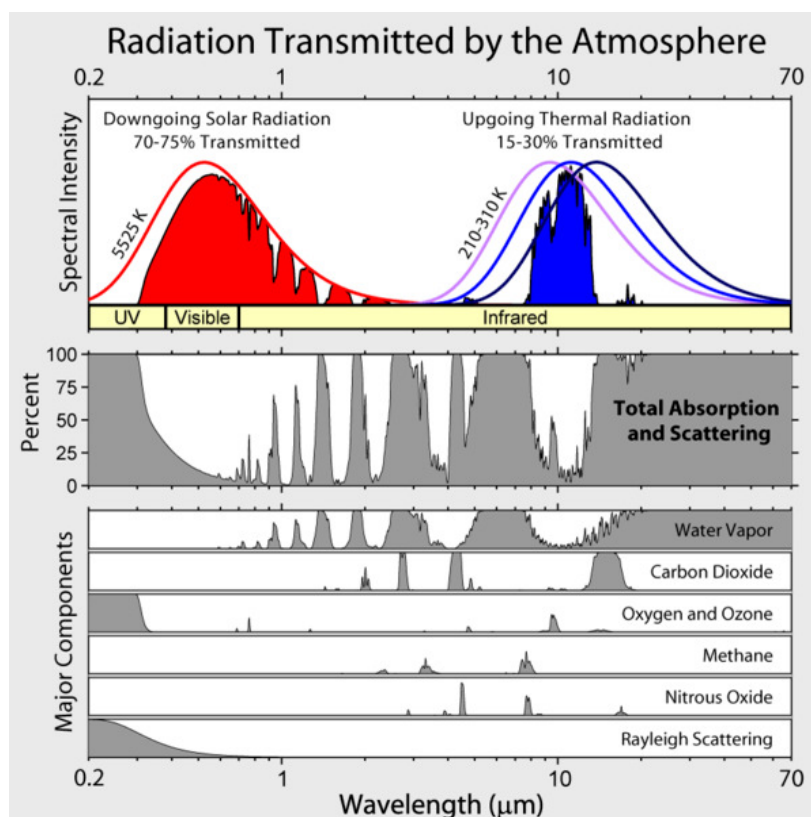
Ως πιο σημαντικά Αέρια του Θερμοκηπίου (Α.τ.Θ), θεωρούνται εκείνα που παραμένουν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στην ατμόσφαιρα (Long Lived GreenHouse Gases, LLGHG), και είναι:

- Το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2)
 - Το μεθάνιο (CH_4)
 - Το υποξείδιο του Αζώτου (N_2O).
- Μικρότερης σημασίας Α.τ.Θ. είναι:
- Το Όζον (O_3)
 - Οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs)
 - Οι Υδροφθοράνθρακες (HFCs)

Σημαντική επίσης είναι και η συμμετοχή των υδρατμών.^{[17],[18]}

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου έχει σαν αποτέλεσμα την διατήρηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη στους 15 περίπου βαθμούς Κελσίου, θερμοκρασία ιδανική για την ανάπτυξη και διατήρηση της ζωής, όπως την γνωρίζουμε. Χωρίς αυτό, η μέση θερμοκρασία θα ήταν χαμηλότερη κατά 30 και περισσότερους βαθμούς.^[18]

Στο διάγραμμα 2.3, που ακολουθεί, φαίνεται το φάσμα απορρόφησης της ηλιακής και γήινης ακτινοβολίας από τα σημαντικότερα Α.τ.Θ.^[19]

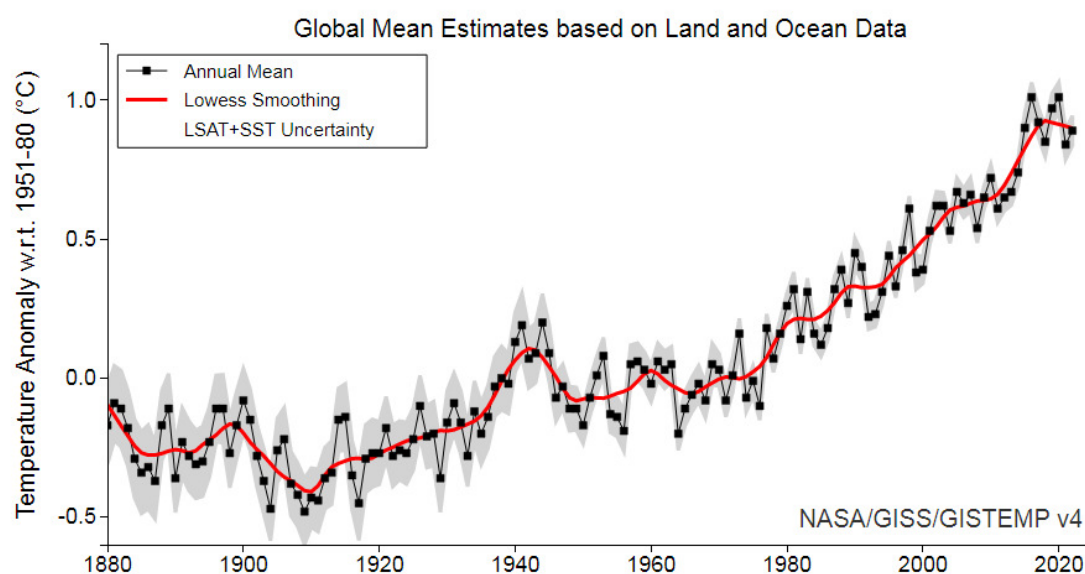


Διάγραμμα 2.3: Φάσμα απορρόφησης και διασποράς ακτινοβολίας Α.τ.Θ.
ΠΗΓΗ: Wilson et al. (2012)

2.4.2 Η υπερθέρμανση του πλανήτη

Ο όρος «υπερθέρμανση του πλανήτη» αναφέρεται στην παρατηρούμενη τα τελευταία χρόνια αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της Γης, συμπεριλαμβανομένων και των ωκεανών. Πολλές φορές αποδίδεται και με άλλους όρους, όπως «πλανητική υπερθέρμανση» ή «παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας».

Στο διάγραμμα 2.4 εμφανίζεται η μεταβολή της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας στην επιφάνεια του πλανήτη, κατά την χρονική περίοδο 1880 ως και 2022^[20].

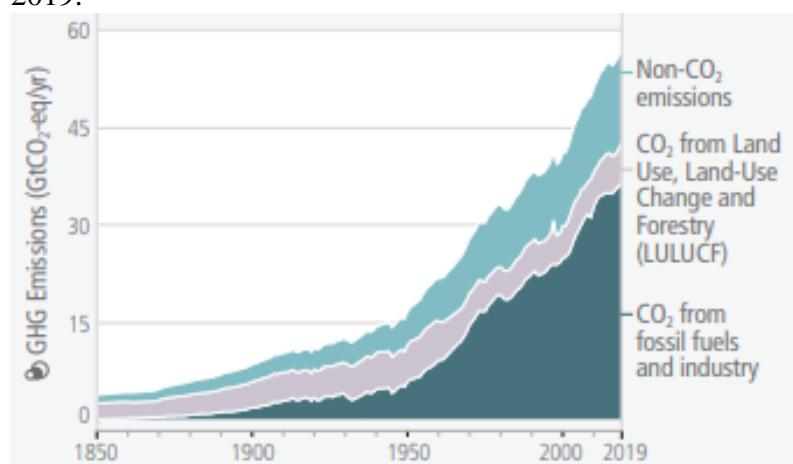


Διάγραμμα 2.4: Μεταβολή μέσης θερμοκρασίας της Γης στο διάστημα 1880 – 2022.
ΠΗΓΗ: NASA

Κατά το χρονικό διάστημα 2011 – 2020, η μέση θερμοκρασία στην επιφάνεια της Γης αυξήθηκε κατά 1,1°C περίπου, σε σχέση με το διάστημα 1850 – 1900. Η αύξηση πάνω από την ξηρά ήταν μεγαλύτερη απ’ ό,τι πάνω από τους ωκεανούς (1,59°C και 0,88°C, αντίστοιχα)^[21].

Η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της Γης οφείλεται, κατά την επικρατούσα άποψη, στην αύξηση της συγκέντρωσης των Α.τ.Θ. στην ατμόσφαιρα, με προεξάρχον το διοξείδιο του άνθρακα. Επιπροσθέτως, η αύξηση αυτή προκαλείται σχεδόν αποκλειστικά από ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η καύση ορυκτών καυσίμων στην βιομηχανία, την παραγωγή ενέργειας και τις μεταφορές κάθε είδους (οδικές, εναέριες και θαλάσσιες), την μεταβολή των χρήσεων γης (αστικοποίηση) και την αποψίλωση των δασών.

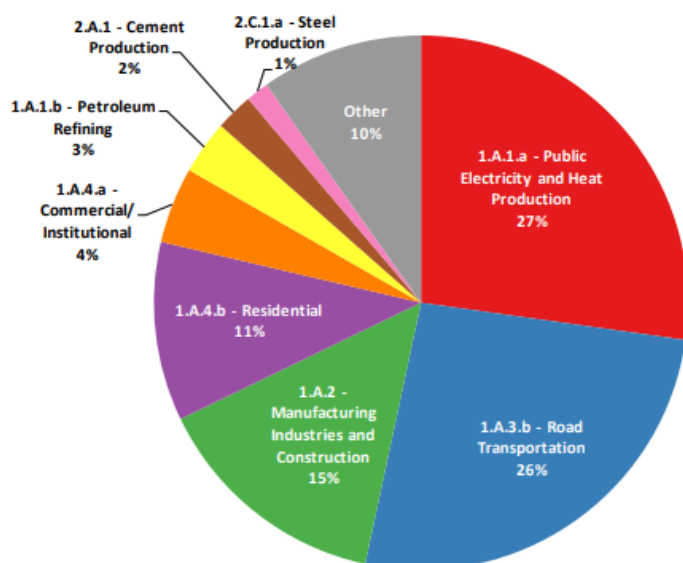
Στο διάγραμμα 2.5 παρουσιάζονται οι εκπομπές διοξειδίου του Άνθρακα και λοιπών Α.τ.Θ. από διάφορες ανθρωπογενείς δραστηριότητες κατά το χρονικό διάστημα 1850 – 2019.^[21]



Διάγραμμα 2.5: Εκπομπές CO₂ και λοιπών Α.τ.Θ. από ανθρωπογενείς δραστηριότητες κατά τα έτη 1850 – 2019.

ΠΗΓΗ: I.P.C.C.

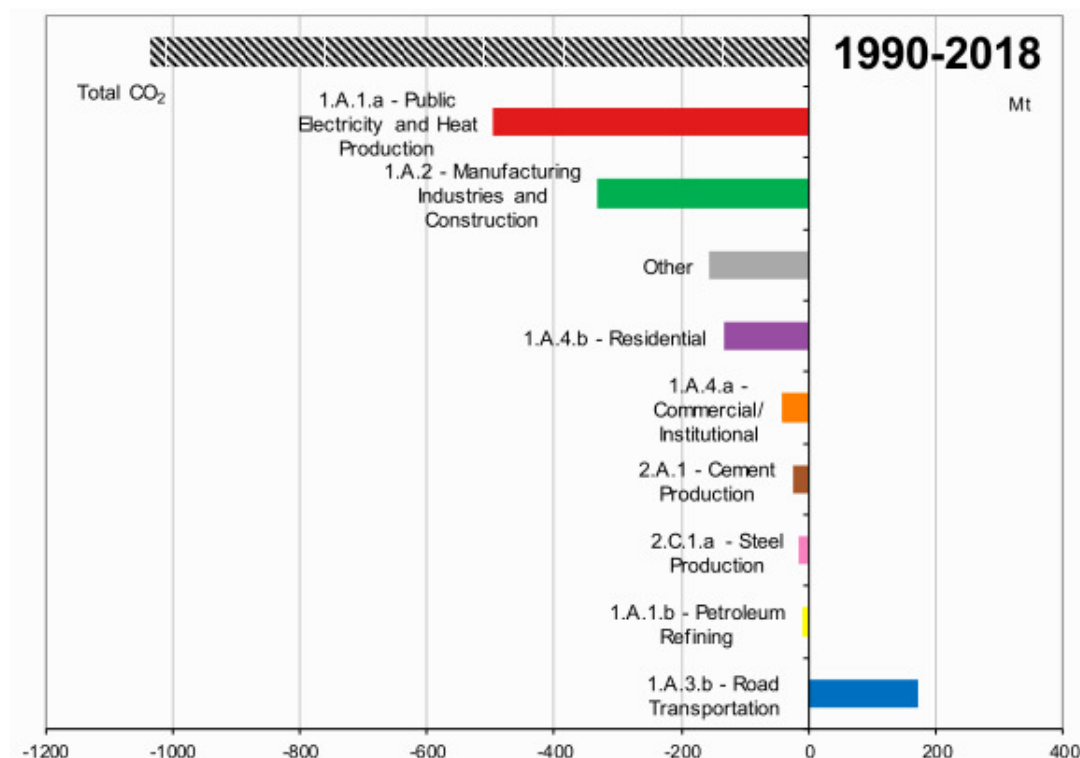
Οι οδικές μεταφορές φέρουν μεγάλο μερίδιο ευθύνης για την εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου. Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος, το 2018 συνέβαλαν κατά 26% στις συνολικές εκπομπές Α.τ.Θ. της Ε.Ε. (διάγραμμα 2.6^[22]).



Διάγραμμα 2.6: Εκπομπές Α.τ.Θ. στην Ε.Ε. ανά τομέα, κατά το έτος 2018.

ΠΗΓΗ: European Environment Agency

Ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζει το γεγονός ότι οι συνολικές εκπομπές Α.τ.Θ. στην Ε.Ε. κατά το διάστημα 1990 – 2018 ελαττώθηκαν σε όλους τους τομείς, πλην εκείνου των οδικών μεταφορών (διάγραμμα 2.7 ^[221]).



Διάγραμμα 2.7: Απόλυτη μεταβολή εκπομπών Α.τ.Θ. στην Ε.Ε. ανά τομέα, κατά τα έτη 1990 – 2018.

ΠΗΓΗ: European Environment Agency

2.4.3 Συνέπειες της αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη

Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change, I.P.C.C.), θεωρεί από ιδρύσεώς της (1988), ότι η κλιματική αλλαγή είναι αναμφίβολα ανθρωπογενής και προκαλεί ήδη ή θα προκαλέσει στο μέλλον πολλές δυσμενείς επιπτώσεις.

Στην τελευταία 6^η Έκθεση Αξιολόγησης (AR6) του I.P.C.C., και συγκεκριμένα στην ενότητα «Παρατηρηθείσες αλλαγές στο κλίμα και επιπτώσεις μέχρι σήμερα»^[20], αναφέρεται αρχικά ότι η έκταση και το μέγεθος των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής είναι μεγαλύτερο, από όσο είχε εκτιμηθεί σε προηγούμενες αξιολογήσεις. Στην συνέχεια, ο I.P.C.C. προειδοποιεί ότι η κλιματική αλλαγή:

α) Προκαλεί ήδη, σε κάθε περιοχή σε όλο τον κόσμο, αύξηση της συχνότητας εμφάνισης πολλών ακραίων καιρικών και κλιματικών φαινομένων, όπως καύσωνες, έντονες βροχοπτώσεις, ξηρασίες, και τροπικούς κυκλώνες.

β) Τα παραπάνω ακραία καιρικά φαινόμενα έχουν επιπλέον σαν συνέπεια την μείωση της επισιτιστικής ασφάλειας και της επάρκειας υδάτινων πόρων, εμποδίζοντας έτσι τις προσπάθειες για επίτευξη των στόχων για βιώσιμη ανάπτυξη.

γ) Έχει προκαλέσει σημαντικές ζημιές και μάλιστα όλο και περισσότερες μη αναστρέψιμες απώλειες, σε χερσαία, γλυκού νερού, κρυσταλλικά καθώς και παράκτια και ανοιχτά ωκεάνια οικοσυστήματα.

δ) Στα αστικά περιβάλλοντα, έχει προκαλέσει δυσμενείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, τα μέσα διαβίωσης και τις βασικές υποδομές.

ε) Έχει επηρεάσει αρνητικά την ανθρώπινη σωματική υγεία παγκοσμίως και την ψυχική υγεία στις αξιολογούμενες περιοχές. Συμβάλλει σε ανθρωπιστικές κρίσεις, όπου αλληλεπιδρούν οι κλιματικοί κίνδυνοι με την υψηλή ευπάθεια.

στ) Έχει αυξήσει την πιθανότητα σύνθετων ακραίων γεγονότων από τη δεκαετία του 1950. Παράλληλοι και επαναλαμβανόμενοι κλιματικοί κίνδυνοι έχουν εμφανιστεί σε όλες τις περιοχές, αυξάνοντας τις επιπτώσεις και κινδύνους για την υγεία, τα οικοσυστήματα, τις υποδομές, τα μέσα διαβίωσης και τα τρόφιμα.

ζ) Οι οικονομικές επιπτώσεις που αποδίδονται στην κλιματική αλλαγή επηρεάζουν ολοένα και περισσότερο τα μέσα διαβίωσης των ανθρώπων και προκαλούν οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις πέρα από τα εθνικά σύνορα.

η) Η κλιματική αλλαγή έχει προκαλέσει εκτεταμένες δυσμενείς επιπτώσεις και σχετικές απώλειες και ζημιές στη φύση και στους ανθρώπους.

θ) Σε όλους τους τομείς και τις περιφέρειες, οι πιο ευάλωτοι άνθρωποι και τα συστήματα έχουν επηρεαστεί δυσανάλογα από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.

2.5 Παραπομπές 2^{ου} κεφαλαίου

- [1] <https://www.eea.europa.eu/el/pressroom/newsreleases/e-rupanse-apo-ton-tomea>
- [2] <https://airindex.eea.europa.eu/Map/AQI/Viewer/>
- [3] <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/nitrogen-dioxide-annual-limit-values-for-the-protection-of-human-health>
- [4] <https://en.wikipedia.org/wiki/Ozone>
- [5] <https://ypen.gov.gr/perivallon/poiotita-tis-atmosfairas/aithalomichli/>
- [6] https://el.wikipedia.org/wiki/Φωτοχημικό_νέφος
- [7] https://energyeducation.ca/encyclopedia/Secondary_pollutant
- [8] <https://www.britannica.com/science/smog>
- [9] https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/share-of-eea-33-emissions-5#tab-chart_1_filters=%7B%22rowFilters%22%3A%7B%7D%3B%22columnFilters%22%3A%7B%7D%3B%22sortFilter%22%3A%5B%22emissions_Road_transport%22%5D%7D
- [10] https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/trend-in-emissions-of-air-pollutants-6#tab-chart_3
- [11] <https://www.eea.europa.eu/themes/air/country-fact-sheets/2023-country-fact-sheets/sweden-air-pollution-country>
- [12] <https://www.eea.europa.eu/themes/air/country-fact-sheets/2023-country-fact-sheets/finland-air-pollution-country>
- [13] <https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/air-pollution--the-invisible-health-threat>
- [14] <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2022/health-impacts-of-air-pollution>
- [15] <https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2022/07/EKΘΕΣΗ-2021.pdf>
- [16] <http://www1.aegean.gr/gympeir/thermokipio.htm>
- [17] <https://www.europarl.europa.eu/news/el/headlines/society/20230316STO77629/klimatiki-allagi-ta-aeria-thermokipiou-pou-prokaloun-planitiki-uperthermansi>
- [18] <https://climate.nasa.gov/faq/19/what-is-the-greenhouse-effect/>
- [19] https://www.researchgate.net/figure/Absorption-bands-in-the-Earths-atmosphere-created-by-greenhouse-gases-and-the-resulting_fig8_265041566
- [20] https://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v4/
- [21] https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf
- [22] <https://www.eea.europa.eu/publications/annual-european-union-greenhouse-gas-1>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΤΑ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ

3.1 Εισαγωγή

Αρχικά, η κατασκευή των ηλεκτρικών οχημάτων γινόταν με την αντικατάσταση της μηχανής εσωτερικής καύσης (Μ.Ε.Κ.) και της δεξαμενής καυσίμου από έναν ηλεκτροκινητήρα και έναν συσσωρευτή, με διατήρηση όλων των υπολοίπων διατάξεων. Στα σύγχρονα ηλεκτρικά αυτοκίνητα ο ηλεκτροκινητήρας και ο συσσωρευτής διατηρούνται, οι ομοιότητες όμως σταματούν εδώ.

Τα σύγχρονα ηλεκτρικά αυτοκίνητα διαθέτουν πολύπλοκα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου της ταχύτητας και της ισχύος, που αποδίδει ο ηλεκτροκινητήρας. Επίσης, χρησιμοποιείται σχεδόν καθολικά το σύστημα αναγεννητικής πέδησης, μέσω του οποίου εξοικονομείται ενέργεια και αυξάνεται η αυτονομία των αυτοκινήτων. Τέλος, κάποια ηλεκτρικά αυτοκίνητα χρησιμοποιούν περισσότερους από έναν ηλεκτροκινητήρες, ενώ σε κάποιες κατηγορίες ο ηλεκτρικός κινητήρας συνυπάρχει με μία Μ.Ε.Κ.

Από την άποψη του χειρισμού, ένα σύγχρονο ηλεκτρικό αυτοκίνητο δεν διαφέρει σχεδόν καθόλου από ένα συμβατικό, με εξαίρεση ίσως την έλλειψη κιβωτίου ταχυτήτων: Είτε με κλειδί μίζας, είτε με κάποιο κουμπί – διακόπτη, ο οδηγός ενεργοποιεί την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου και τα ενδεικτικά όργανα του αυτοκινήτου. Όταν πατήσει το πεντάλ του «γκαζιού», η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου ρυθμίζει την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος από το σύστημα των μπαταριών στον ηλεκτρικό κινητήρα, και το αυτοκίνητο κινείται με ταχύτητα ανάλογη με το πόσο ο οδηγός πατάει το πεντάλ.

Στο κεφάλαιο αυτό θα εξετάσουμε τις κατηγορίες των σύγχρονων ηλεκτρικών αυτοκινήτων, τους ηλεκτροκινητήρες, καθώς και διάφορα συστήματα που χρησιμοποιούνται, όπως το σύστημα αναγεννητικής πέδησης και την τεχνολογία In-Wheel Motor.

3.2 Το σύστημα αναγεννητικής πέδησης

Το σύστημα αναγεννητικής πέδησης (regenerative braking) είναι ένας μηχανισμός, μέσω του οποίου, μέρος της κινητικής ενέργειας του οχήματος μετατρέπεται, κατά την επιβράδυνση, σε ηλεκτρική. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω μιας ηλεκτρικής μηχανής, η οποία κατά την επιβράδυνση του αυτοκινήτου λειτουργεί ως γεννήτρια. Η ηλεκτρική ενέργεια με την σειρά της, είτε χρησιμοποιείται άμεσα από τον ηλεκτρικό κινητήρα, είτε αποθηκεύεται στην μπαταρία.^[1]

Σε αντίθεση με το παραδοσιακό σύστημα πέδησης επομένως, όπου η ενέργεια μετατρέπεται εξ ολοκλήρου σε θερμότητα και απελευθερώνεται στο περιβάλλον, με τον μηχανισμό αυτόν η ενέργεια ανακτάται και αξιοποιείται. Το ποσοστό της κινητικής ενέργειας του οχήματος, που μπορεί να ανακτηθεί με το σύστημα αναγεννητικής πέδησης, είναι της τάξης του 60%. Πάντως, ορισμένοι κατασκευαστές εφοδιάζουν τα οχήματά τους με ρυθμιζόμενο ποσοστό αναγεννητικής πέδησης, προκειμένου ο οδηγός να μπορεί να προσαρμόσει την αίσθηση του φρεναρίσματος στις προσωπικές του προτιμήσεις^[2].

Πρέπει όμως να τονιστεί ότι η απόδοση του συστήματος δεν είναι τέτοια, που να επιτρέπει την πλήρη αντικατάσταση του παραδοσιακού συστήματος πέδησης. Παρ' όλα αυτά, τα οφέλη από την χρήση του συστήματος αναγεννητικής πέδησης δεν είναι καθόλου ευκαταφρόνητα:

- α)** Υπάρχει εξοικονόμηση ενέργειας και συνακόλουθα αύξηση της αυτονομίας του οχήματος.
- β)** Η φθορά των εξαρτημάτων παραδοσιακής πέδησης (δίσκοι και υλικά τριβής) είναι πολύ μικρότερη.
- γ)** Ακριβώς επειδή το σύστημα παραδοσιακής πέδησης χρησιμοποιείται λιγότερο, περιορίζεται σημαντικά και η εκπομπή σωματιδίων από τα υλικά τριβής.

Για τους παραπάνω λόγους, το σύστημα αναγεννητικής πέδησης έχει πλέον υιοθετηθεί από όλους ανεξαιρέτως τους κατασκευαστές ηλεκτρικών αυτοκινήτων.

3.3 Κατηγορίες ηλεκτρικών αυτοκινήτων

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα διατίθενται σήμερα σε πέντε κύριες κατηγορίες:

- 1) Υβριδικά Ηλεκτρικά Οχήματα (Hybrid Electric Vehicles, H.E.V.)
- 2) Επαναφορτιζόμενα Υβριδικά Οχήματα (Plug-in Hybrid Electric Vehicles, P.H.E.V.)
- 3) Ηλεκτρικά Οχήματα Μπαταρίας (Battery Electric Vehicle, B.E.V.).
- 4) Ηλεκτρικά Οχήματα με Μονάδα Επέκτασης (Battery Electric Vehicles with Range Extender, B.E.V./R.E.)
- 5) Ηλεκτρικά Οχήματα με Κυψέλη Καυσίμου (Fuel Cell Electric Vehicle, F.C.E.V.)

Στις επόμενες παραγράφους θα παρουσιαστούν αναλυτικά οι κατηγορίες αυτές.

3.3.1 Υβριδικά Ηλεκτρικά Οχήματα (Hybrid Electric Vehicles, H.E.V.)

Ο όρος «υβριδικό» αναφέρεται στην συνύπαρξη μιας Μ.Ε.Κ., η οποία τροφοδοτείται με βενζίνη ή πετρέλαιο, και ενός ηλεκτρικού κινητήρα, που τροφοδοτείται με ηλεκτρική ενέργεια από μια μπαταρία.

Γενικά, στα Υβριδικά αυτοκίνητα χρησιμοποιούνται τρεις διατάξεις μετάδοσης της κίνησης (drivetrains):^[3]

Α. Σειριακή διάταξη. Αποτελεί την πιο απλή διάταξη μετάδοσης της κίνησης στα υβριδικά αυτοκίνητα. Σε αυτήν την κατηγορία, η μηχανή εσωτερικής καύσης δεν έχει άμεση σύνδεση με την κίνηση του αυτοκινήτου, καθώς ο ρόλος της είναι αποκλειστικά και μόνο να επαναφορτίζει τις μπαταρίες με τη βοήθεια του ηλεκτρικού κινητήρα, που λειτουργεί ως γεννήτρια, μετατρέποντας την ενέργεια που παράγεται από την μηχανή εσωτερικής καύσης σε ηλεκτρική. Η ενέργεια αυτή αποθηκεύεται στις μπαταρίες, οι οποίες με την σειρά τους δίνουν ενέργεια στην ηλεκτρική μηχανή του αυτοκινήτου.

Β. Παράλληλη διάταξη. Στο σύστημα αυτό και οι δύο μηχανές (εσωτερικής καύσης και ηλεκτρική) είναι συνδεδεμένες με το σύστημα μετάδοσης της κίνησης στους τροχούς. Η μηχανή εσωτερικής καύσης είναι η κυρίαρχη, ενώ ο ηλεκτροκινητήρας ενεργοποιείται όταν απαιτείται κάποια επιπλέον ώθηση. Όταν οι απαιτήσεις ισχύος είναι χαμηλές, ο ηλεκτροκινητήρας χρησιμοποιείται ως γεννήτρια για την φόρτιση της μπαταρίας.

Γ. Σειριακή – παράλληλη διάταξη. Το σύστημα αυτό συνδυάζει τα χαρακτηριστικά των δύο παραπάνω κατηγοριών, γιατί υπάρχει η δυνατότητα αποσύνδεσης της Μ.Ε.Κ. από το σύστημα μετάδοσης της κίνησης. Επομένως, το όχημα μπορεί να κινείται χρησιμοποιώντας είτε μόνο την Μ.Ε.Κ. είτε μόνο τον ηλεκτροκινητήρα, ανάλογα με τις κυκλοφοριακές συνθήκες: σε χαμηλές ταχύτητες λειτουργεί όπως τα εν σειρά υβριδικά, ενώ σε υψηλές ταχύτητες χρησιμοποιείται η Μ.Ε.Κ. Η τεχνολογία αυτή είναι ιδιαίτερα περίπλοκη και συνεπώς πιο ακριβή, ωστόσο έχει υιοθετηθεί από ορισμένους κατασκευαστές.

Τα υβριδικά αυτοκίνητα κατηγοριοποιούνται σε:

- Μικροϋβριδικά Ηλεκτρικά Οχήματα (micro Hybrid Electric Vehicles, μ.Η.Ε.Β. ή S&S)
- Ήπια Υβριδικά Ηλεκτρικά Οχήματα (Mild Hybrid Electric Vehicles, Μ.Η.Ε.Β.)
- Πλήρως Υβριδικά Ηλεκτρικά Οχήματα (Full Hybrid Electric Vehicles, F.Η.Ε.Β.)
- Επαναφορτιζόμενα Υβριδικά Ηλεκτρικά Οχήματα (Plug – In Hybrid Electric Vehicles, P.Η.Ε.Β.)

Α. Τα Μικροϋβριδικά Ηλεκτρικά Οχήματα (μ.Η.Ε.Β.), δεν ανήκουν στην οικογένεια των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, με την αυστηρή έννοια του όρου. Πρόκειται στην ουσία για συμβατικά αυτοκίνητα, που κινούνται με μηχανή εσωτερικής καύσης. Διαθέτουν όμως την λειτουργία «Start & Stop» (S&S), δηλαδή την δυνατότητα να απενεργοποιούν τον κινητήρα όταν δεν κινούνται (για παράδειγμα σε ένα φανάρι) και να τον επανενεργοποιούν αυτόματα, με την βοήθεια ενός μικρού ηλεκτροκινητήρα. Επιπλέον, ο ηλεκτροκινητήρας αυτός φορτίζει

την μπαταρία όταν το όχημα κινείται, και συμμετέχει στην ανάκτηση ενέργειας μέσω της αναγεννητικής πέδησης.

Η μπαταρία των μ.Η.Ε.Υ. είναι η συνηθισμένη μπαταρία μολύβδου οξέος, ονομαστικής τάσης 12V^[4].

Β. Τα Ήπια Υβριδικά Ηλεκτρικά Οχήματα (Μ.Η.Ε.Υ.) διαθέτουν επίσης την λειτουργία Start & Stop και την δυνατότητα να φορτίσουν την μπαταρία όταν κινούνται, η βασική τους όμως διαφορά από τα Μικροϋβριδικά είναι ότι ο ηλεκτρικός κινητήρας υποβοηθά στην κίνηση του αυτοκινήτου, σε παράλληλη διάταξη με την Μ.Ε.Κ., προσφέροντας την επιπλέον ισχύ που απαιτείται σε ορισμένες συνθήκες (επιτάχυνση, ανηφόρα κ.λ.π.). Πάντως, δεν μπορούν να κινηθούν με χρήση αποκλειστικά του ηλεκτροκινητήρα.^[5]

Τα Μ.Η.Ε.Υ. διαθέτουν μπαταρία ιόντων Λιθίου ή Νικελίου – Υδριδίου Μετάλλου, ονομαστικής τάσης 48V έως 160V.^[4]

Γ. Τα Πλήρως Υβριδικά Ηλεκτρικά Οχήματα (Full Hybrid Electric Vehicles, F.H.E.V.), διαθέτουν επίσης την λειτουργία Start & Stop και την δυνατότητα να επαναφορτίσουν την μπαταρία τους μέσω της Μ.Ε.Κ.. Η ειδοποιός διαφορά από τις δύο προηγούμενες κατηγορίες είναι η δυνατότητα κίνησης του οχήματος μόνο με τον ηλεκτροκινητήρα. Συγκεκριμένα, η κίνηση στους τροχούς μπορεί να μεταδίδεται με τρεις τρόπους:

α) Αμιγώς ηλεκτρικά, χωρίς χρήση της Μ.Ε.Κ.

β) Με χρήση μόνο της Μ.Ε.Κ., χωρίς χρήση του ηλεκτροκινητήρα.

γ) Με συνδυασμό των δύο μηχανών.

Η συνηθέστερη διάταξη μετάδοσης της κίνησης είναι η παράλληλη.^[5]

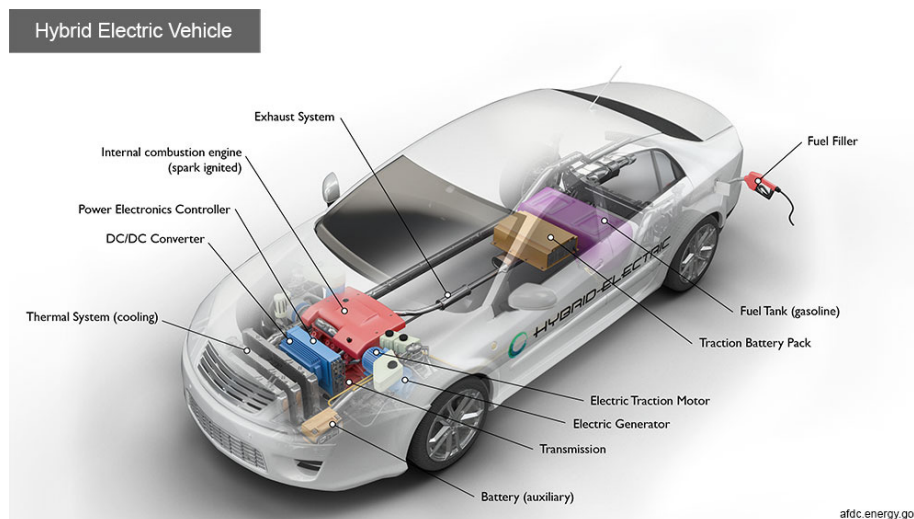
Τα F.H.E.V. διαθέτουν μπαταρία ιόντων Λιθίου, ονομαστικής τάσης 200V έως 300V.^[4]

Δ. Τα Επαναφορτιζόμενα Υβριδικά Ηλεκτρικά Οχήματα (P.H.E.V.) διαθέτουν την δυνατότητα να φορτίσουν τις μπαταρίες τους από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Το χαρακτηριστικό αυτό τα κατατάσσει πλησιέστερα στα ηλεκτρικά οχήματα μπαταρίας (B.E.V.), τα οποία κινούνται αποκλειστικά με χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας, και γι' αυτόν τον λόγο θα αναφερθούμε σε αυτά εκτενέστερα στην επόμενη παράγραφο.

Στον πίνακα 3.1 που ακολουθεί, συνοψίζονται οι βασικές λειτουργίες κάθε κατηγορίας^[4], ενώ στην εικόνα 3.1 φαίνονται τα κύρια μέρη ενός τυπικού Η.Ε.Υ.^[6]

Functions	Type of hybrid electric vehicle			
	Micro (S&S)	Mild (MHEV)	Full (FHEV)	Plug-in (PHEV)
idle stop/start	♦	♦	♦	♦
electric torque assistance (fill and boost)		♦	♦	♦
energy recuperation (regenerative braking)	♦	♦	♦	♦
electric driving (EV mode)			♦	♦
battery charging (during driving)	♦	♦	♦	♦
battery charging (from the grid)				♦

Πίνακας 3.1: Λειτουργίες Υβριδικών αυτοκινήτων ανά κατηγορία



Εικόνα 3.1: Μέρη ενός Η.Ε.Υ.
 ΠΗΓΗ: U.S. Department of Energy

3.3.2 Επαναφορτιζόμενα Υβριδικά Ηλεκτρικά Οχήματα (Plug – in Hybrid Electric Vehicles – P.H.E.V.)

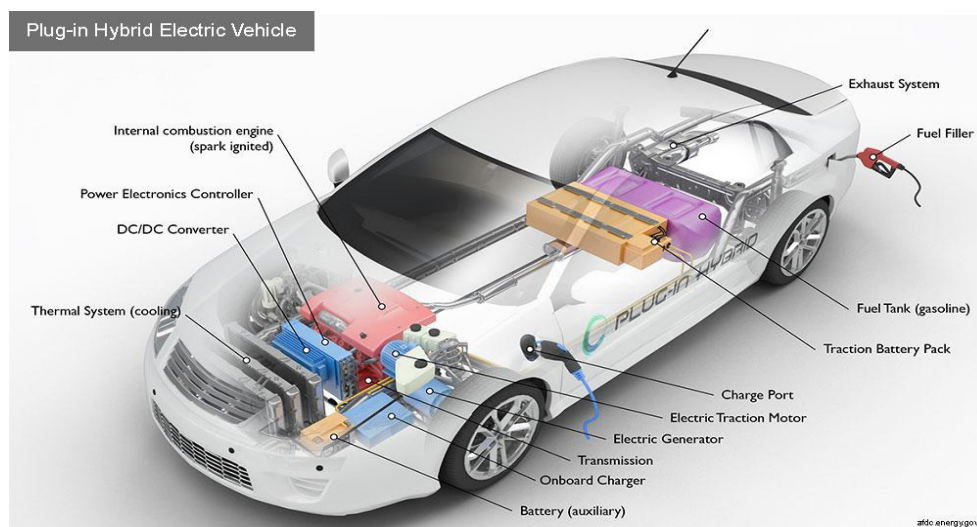
Τα οχήματα της κατηγορίας αυτής ανήκουν στην οικογένεια των Υβριδικών, γιατί κινούνται με συνδυασμό ηλεκτροκινητήρα και Μ.Ε.Κ. Ο ηλεκτροκινητήρας τροφοδοτείται από μία μεγάλη μπαταρία, ενώ η Μ.Ε.Κ. με ορυκτό καύσιμο (βενζίνη ή πετρέλαιο).^[7]

Τα Ρ.Η.Ε.Υ. μπορούν να φορτίσουν τους μπαταρίες τους με τρεις τρόπους:^[8]

- 1) Με σύνδεση στο ηλεκτρικό δίκτυο. Η ιδιότητα αυτή τα διαχωρίζει από τα Η.Ε.Υ.
- 2) Με χρήση της μηχανής εσωτερικής καύσης, όπως ακριβώς και τα Η.Ε.Υ.
- 3) Με το σύστημα αναγεννητικής πέδησης.

Η διάταξη μετάδοσης κίνησης που χρησιμοποιείται στα περισσότερα Ρ.Η.Ε.Υ. είναι η παράλληλη, ώστε κάθε μηχανή να μπορεί να κινήσει το όχημα ανεξάρτητα από την άλλη. Αρκετοί κατασκευαστές πάντως επιλέγουν την σειριακή – παράλληλη διάταξη, ώστε στο όχημα να δίνει κίνηση κυρίως ο ηλεκτροκινητήρας, αλλά να μπορεί να κινηθεί και με την Μ.Ε.Κ., αν η μπαταρία αποφορτιστεί.^[7]

Στην επόμενη εικόνα 3.2 φαίνονται τα βασικά μέρη ενός τυπικού Ρ.Η.Ε.Υ.^[7]



Εικόνα 3.2: Μέρη ενός Ρ.Η.Ε.Υ.
 ΠΗΓΗ: U.S. Department of Energy

Το βασικότερο πλεονέκτημα των P.H.E.V. σε σχέση με τα B.E.V. είναι ότι προσφέρουν την δυνατότητα να διανύουν μεγάλες αποστάσεις χωρίς να απαιτείται επαναφόρτιση από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω της μηχανής εσωτερικής καύσης. Συνεπώς δεν υπάρχει περιορισμός στην διανυόμενη απόσταση, όπως για παράδειγμα σε ένα μακρινό ταξίδι, ενώ παράλληλα μπορούν να αξιοποιούν τα πλεονεκτήματα της ηλεκτροκίνησης σε μικρές αποστάσεις, όπως για παράδειγμα για κίνηση μέσα στην πόλη.

Οι εκπομπές ρύπων εξαρτώνται από το ποσοστό χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας για την κίνησή τους, αλλά γενικά είναι πολύ μικρότερες από των συμβατικών αυτοκινήτων.^[7] Συνεπώς, τα P.H.E.V. αποτελούν μια πολύ καλή εναλλακτική λύση στον δρόμο για τον στόχο της μείωσης των εκπομπών ρύπων από τα αυτοκίνητα.

Στον πίνακα που ακολουθεί συνοψίζονται τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των υβριδικών αυτοκινήτων όλων των τύπων, συγκριτικά με τα συμβατικά αυτοκίνητα.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Χρήση ανανεώσιμων μορφών ενέργειας.	Μεγάλο κόστος, τόσο αγοράς του αυτοκινήτου, όσο και αντικατάστασης των μπαταριών.
Ανακυκλώσιμη ενέργεια μέσω της αναγεννητικής πέδησης.	Πολυπλοκότητα του συστήματος δύο κινητήρων.
Δυνατότητα σύνδεσης με το δίκτυο.	Επιπλέον βάρος.
Βελτιωμένη απόδοση.	
Μειωμένη κατανάλωση και εκπομπές καυσαερίων.	

3.3.3 Ηλεκτρικά οχήματα Μπαταρίας (Battery Electric Vehicle, B.E.V.).

Τα οχήματα αυτά χρησιμοποιούν αποκλειστικά την ενέργεια που αποθηκεύεται σε επαναφορτιζόμενες συστοιχίες συσσωρευτών, και παράγουν έργο μέσω των ηλεκτρικών κινητήρων, χωρίς καμία καύση και εκπομπή καυσαερίων. Με άλλα λόγια, τα B.E.V. είναι αμιγώς ηλεκτρικά, συνεπώς θα μπορούσαμε να τα χαρακτηρίσουμε ως την ναυαρχίδα της οικογένειας των ηλεκτρικών αυτοκινήτων.

Σε αντίθεση με τα Υβριδικά οχήματα, στα B.E.V. απουσιάζει παντελώς η μηχανή εσωτερικής καύσης, τον ρόλο της οποίας έχουν αναλάβει ο ηλεκτρικός κινητήρας και το σύνολο των συσκευών και συστημάτων που τον συνοδεύουν, όπως τα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου της ισχύος και της ταχύτητας.

Η μπαταρία των B.E.V. μπορεί να επαναφορτίζεται είτε με σύνδεση στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, είτε μέσω του συστήματος αναγεννητικής πέδησης (Regenerative Braking). Ο συντελεστής απόδοσης είναι της τάξης του 80%.^[9]

Παρ' ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας συνεισφέρει στην ατμοσφαιρική ρύπανση, η Ευρωπαϊκή Ένωση αλλά και η Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ, κατατάσσουν τα B.E.V. στα «οχήματα μηδενικών εκπομπών», επειδή δεν παράγουν άμεσες εκπομπές καυσαερίων.^[10]

Μεγαλύτερο μειονέκτημα των B.E.V. είναι η πολύ υψηλή τιμή αγοράς. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι η προτεινόμενη λιανική τιμή του συμβατικού Mini Cooper S είναι 40.390 €, αλλά η τιμή του, πανομοιότυπου κατά τα άλλα, ηλεκτρικού Mini Cooper SE εκτοξεύεται στις 62.500 €^[11]. Δεύτερο μεγάλο μειονέκτημα είναι η μικρότερη αυτονομία, σε σχέση τόσο με τα συμβατικά, όσο και με τα υβριδικά οχήματα. Ωστόσο, η πρόοδος που σημειώνεται είναι ραγδαία, και στα επόμενα χρόνια αναμένεται, τόσο η αυτονομία όσο και το κόστος, να φτάσουν στα επίπεδα των συμβατικών αυτοκινήτων.

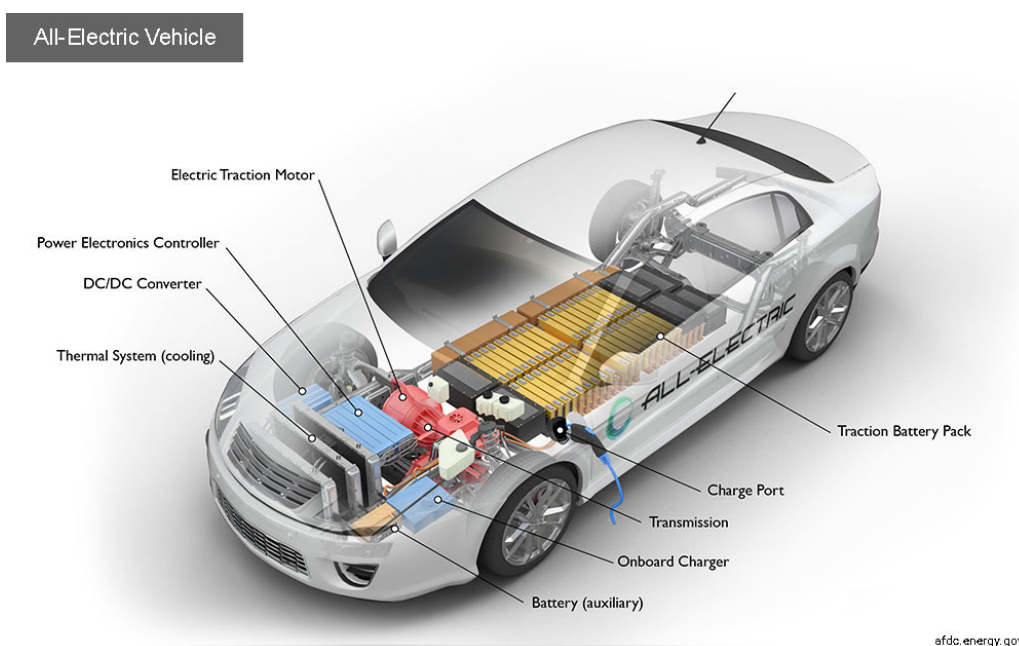
Τα παραπάνω μειονεκτήματα αντισταθμίζονται κάπως από το μειωμένο κόστος συντήρησης των B.E.V. σε σχέση με τα συμβατικά (αλλά και τα Υβριδικά) αυτοκίνητα. Όσον

αφορά το κόστος καθημερινής χρήσης (δηλαδή της επαναφόρτισης), αυτό εξαρτάται από παράγοντες όπως οι τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας και το αν η φόρτιση γίνεται σε ιδιωτικό χώρο ή όχι, εν γένει όμως είναι χαμηλότερο από των συμβατικών αυτοκινήτων.

Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των B.E.V. σε σχέση με τα συμβατικά αυτοκίνητα, συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Χρήση ανανεώσιμων μορφών ενέργειας.	Μικρή αυτονομία.
Μηδενικές εκπομπές ρύπων.	Μεγάλος χρόνος αναμονής για να φορτίσει η μπαταρία.
Ανακυκλώσιμη ενέργεια μέσω της αναγεννητικής πέδησης.	Δεν υπάρχουν πολλά σημεία φόρτισης.
Χαμηλό κόστος συντήρησης.	Οι μπαταρίες ανακυκλώνονται πολύ δύσκολα.
Αθόρυβο.	Μεγάλο κόστος, τόσο αγοράς, όσο και αντικατάστασης των μπαταριών.

Στην επόμενη εικόνα 3.3 φαίνονται τα βασικά μέρη ενός τυπικού B.E.V.^[12]



Εικόνα 3.3: Μέρη ενός B.E.V.

ΠΗΓΗ: U.S. Department of Energy

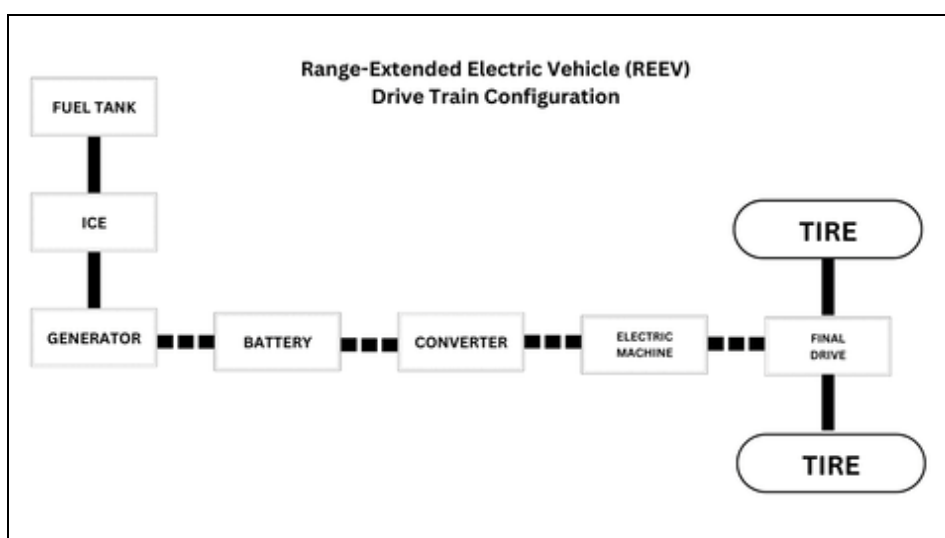
3.3.4 Ηλεκτρικά Οχήματα Μπαταρίας με Μονάδα Επέκτασης (Battery Electric Vehicles with Range Extender – B.E.V./R.E.)

Τα οχήματα αυτά ανήκουν στην κατηγορία των B.E.V., δηλαδή κινούνται κατά κύριο λόγο με την ηλεκτρική ενέργεια των μπαταριών τους. Ωστόσο, υπάρχει επιπλέον μία μικρή Μ.Ε.Κ. με την αντίστοιχη δεξαμενή ορυκτού καυσίμου, η οποία χρησιμοποιείται ως μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για να φορτίζει τους συσσωρευτές, όταν αυτοί εκφορτιστούν.

Η μηχανή εσωτερικής καύσης της μονάδας επέκτασης δεν μπορεί να κινήσει άμεσα τους τροχούς του αυτοκινήτου, ούτε να φορτίσει την μπαταρία του αυτοκινήτου. Τίθεται σε λειτουργία αποκλειστικά και μόνο όταν η στάθμη φόρτισης των μπαταριών πέσει σε πολύ χαμηλά επίπεδα (περίπου 6%) και ο ρόλος της περιορίζεται στο να διατηρηθεί αυτή η χαμηλή στάθμη, έως ότου το αυτοκίνητο συνδεθεί με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Η νομοθεσία στις Η.Π.Α. και στην Ε.Ε. δεν επιτρέπει να εξασφαλίζεται μέσω του συστήματος αυτού επέκταση της αυτονομίας μεγαλύτερη από την ονομαστική τιμή της αυτονομίας του οχήματος^[13].

Από την μέχρι τώρα περιγραφή, προκύπτει ότι η μονάδα επέκτασης έχει επικουρικό ρόλο, γι' αυτό τα οχήματα αυτά εξακολουθούν να συγκαταλέγονται στα «οχήματα μηδενικών εκπομπών».

Στην επόμενη εικόνα 3.4 παριστάνεται σχηματικά το σύστημα B.E.V./R.E.^[14]



Εικόνα 3.4: Απεικόνιση του συστήματος B.E.V./R.E.

ΠΗΓΗ: Lectron

Οι περισσότεροι κατασκευαστές ηλεκτρικών αυτοκινήτων προσφέρουν την μονάδα επέκτασης ως προαιρετική επιλογή αγοράς για τα οχήματά τους^[13]. Σε κάθε περίπτωση, το κόστος ενός B.E.V./R.E. είναι αυτονόητα μεγαλύτερο από του αντίστοιχου B.E.V., με την διαφορά να είναι της τάξης των 5.000€^[15].

3.3.5 Ηλεκτρικά Οχήματα με Κυψέλη Καυσίμου (Fuel Cell Electric Vehicle, F.C.E.V.)

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα με κυψέλη καυσίμου βρίσκονται ακόμα σε χαμηλό βαθμό ανάπτυξης και μεριδίου αγοράς, σε σύγκριση με τα υπόλοιπα, πάντως οι μεγαλύτεροι κατασκευαστές αυτοκινήτων προσφέρουν έναν περιορισμένο αλλά αυξανόμενο αριθμό τέτοιων οχημάτων στο κοινό^[16].

Το καύσιμό τους προέρχεται από τον συνδυασμό συμπιεσμένου υδρογόνου και οξυγόνου μέσα στην κυψέλη καυσίμου (fuel cell), όπου η χημική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική, η οποία με τη σειρά της τροφοδοτεί την ηλεκτρική μηχανή.

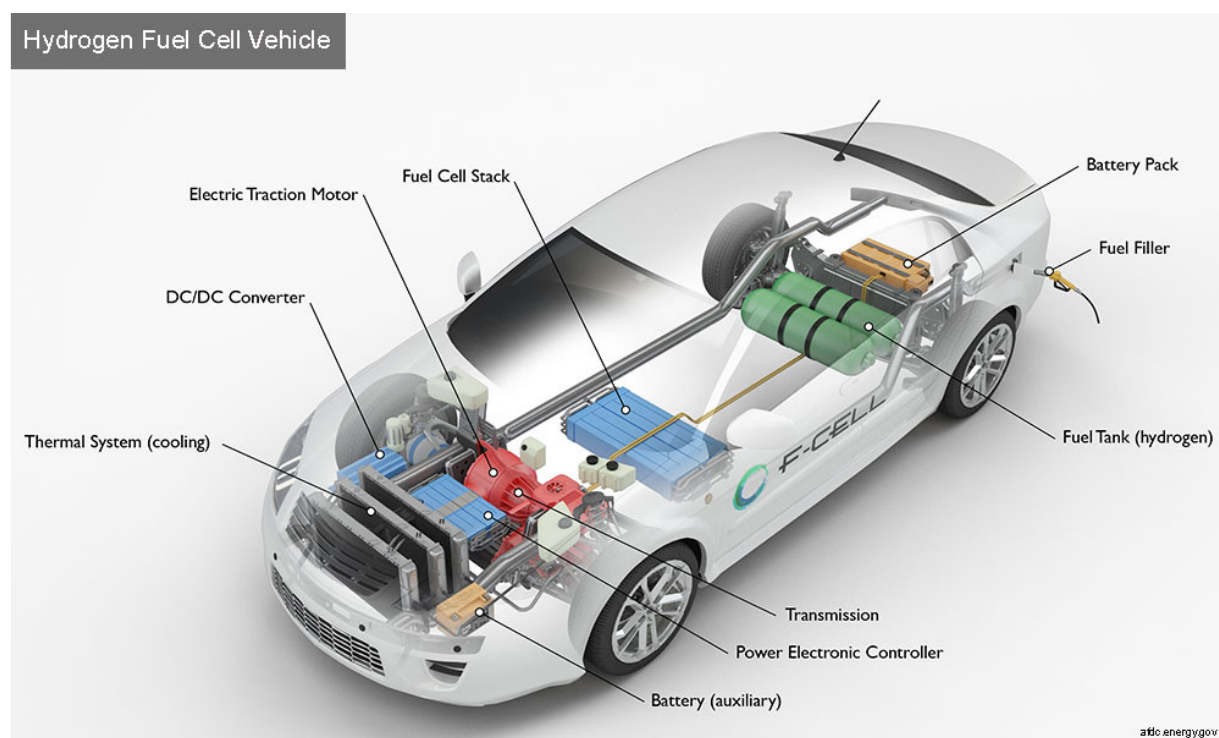
Συγκαταλέγονται και αυτά στην οικογένεια των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, αφού κινούνται αποκλειστικά από την ηλεκτρική ενέργεια. Σε αντίθεση όμως με τα υπόλοιπα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, μπορούν να καλύψουν αποστάσεις εφάμιλλες των αυτοκινήτων με μηχανή εσωτερικής καύσης.^[16]

Διαθέτουν ένα ρεζερβουάρ, παρόμοιο με τα αντίστοιχα βενζίνης ή πετρελαίου, στο οποίο αποθηκεύεται το υδρογόνο από τον σταθμό ανεφοδιασμού. Η όλη διαδικασία του ανεφοδιασμού διαρκεί περίπου 5 λεπτά.^[16]

Η ηλεκτρική ενέργεια, που παράγεται από την κυψέλη καυσίμου, μεταφέρεται στην μονάδα ισχύος (power module). Ο ρόλος της τελευταίας είναι να διανέμει την ηλεκτρική ενέργεια, τόσο στον ηλεκτροκινητήρα για την κίνηση του αυτοκινήτου, όσο και στο υπόλοιπο όχημα για τις βοηθητικές λειτουργίες, όπως για παράδειγμα το σύστημα κλιματισμού και το ραδιόφωνο.

Επειδή ο ρυθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την κυψέλη καυσίμου δεν μπορεί να μεταβάλλεται, για την λειτουργία των F.C.E.V. είναι απαραίτητη η ύπαρξη μπαταρίας, η οποία λειτουργεί ως μονάδα προσωρινής αποθήκευσης (buffer) μεταξύ της κυψέλης καυσίμου και της μονάδας ισχύος, ώστε να παρέχει στο αυτοκίνητο την απαιτούμενη ενέργεια κατά την επιτάχυνση. Στην ίδια μπαταρία αποθηκεύεται και η ενέργεια από το σύστημα αναγεννητικής πέδησης.

Τα μέρη ενός τυπικού F.C.E.V. φαίνονται στην επόμενη εικόνα 3.5.^[17]



Εικόνα 3.5: Μέρη ενός αυτοκινήτου F.C.E.V.

ΠΗΓΗ: U.S. Department of Energy

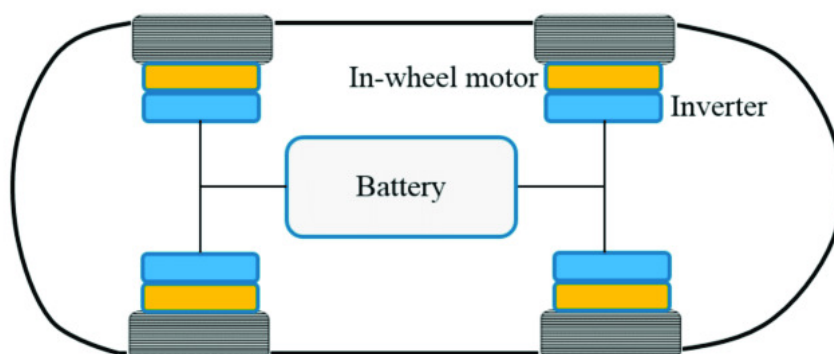
Τα F.C.E.V. θεωρούνται καθαρά, γιατί δεν εκπέμπουν βλαβερά καυσαέρια, παρά μόνο υδρατμούς και θερμό αέρα. Όσον αφορά τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (G.H.G.) κατά την διαδικασία παραγωγής του Υδρογόνου, σύμφωνα με το Argonne National Laboratory του τμήματος Ενέργειας των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής, αυτές είναι πολύ λιγότερες σε σχέση με τα βενζινοκίνητα οχήματα που τροφοδοτούνται από αναδιαμορφωμένη βενζίνη (R.F.G.), εκτός εάν το Υδρογόνο παράγεται με ηλεκτρόλυση από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας των Η.Π.Α.^[18]

Στον πίνακα που ακολουθεί, συνοψίζονται τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των Ηλεκτρικών Οχημάτων με Κυψέλη Καυσίμου, συγκριτικά με τα συμβατικά αυτοκίνητα.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Χρήση ανανεώσιμης μορφής ενέργειας (το υδρογόνο)	Το υδρογόνο είναι ιδιαίτερα εύφλεκτο.
Η κυψέλη καυσίμου είναι συγκριτικά απλούστερη.	Μεγάλο κόστος στην διαδικασία εξαγωγής και αποθήκευσης του υδρογόνου σε δεξαμενές.
Ανεπηρέαστα από υψηλές θερμοκρασίες και διάβρωση.	Επιπλέον βάρος και όγκος.
Μηδενικές εκπομπές αερίων (μόνο υδρατμοί)	Χρήση μπαταριών ιόντων Λιθίου
Ήσυχη λειτουργία	

3.4 Η τεχνολογία «κινητήρας εντός τροχού» (In-Wheel Motor)

Σύμφωνα με την τεχνολογία αυτή, τοποθετούνται σε δύο ή σε όλους τους τροχούς του αυτοκινήτου (ανάλογα με την επιλογή του κατασκευαστή) μικρότερου μεγέθους ηλεκτρικοί κινητήρες, οι οποίοι είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους, όπως φαίνεται παραστατικά στην επόμενη εικόνα 3.6.^[19]



Εικόνα 3.6: Απεικόνιση του συστήματος In-Wheel Motor.
ΠΗΓΗ: Credo et al. (2021)

Στην επόμενη εικόνα 3.7 φαίνεται το σύστημα In-Wheel Motor σε ανεπτυγμένη προβολή^[20].



Εικόνα 3.7: Ανεπτυγμένη προβολή του συστήματος In-Wheel Motor.
ΠΗΓΗ: SEMANTIC SCOLAR

Όπως παρατηρεί κανείς, ο τροχός στερεώνεται απ' ευθείας στον ρότορα του ηλεκτροκινητήρα, χωρίς να απαιτείται η παρουσία κινητήριου άξονα και συστήματος διαφορικού, η λειτουργία του οποίου ανατίθεται στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου της ισχύος.

Η απουσία των περίπλοκων και βαριών εξαρτημάτων μετάδοσης της κίνησης, παρέχει την δυνατότητα για σημαντικές διαφοροποιήσεις στο μέγεθος και το σχήμα του αυτοκινήτου, και δίνει την δυνατότητα για καινοτόμα εξωτερικά σχήματα και αυξημένη αεροδυναμική. Παράλληλα, εξασφαλίζει περισσότερο χώρο στο εσωτερικό, άρα και περισσότερη άνεση στους επιβάτες.

3.5 Τύποι ηλεκτροκινητήρων

Γενικά, υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες ηλεκτρικών κινητήρων: οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος (D.C. motors) και οι κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος (A.C. motors). Οι κατηγορίες αυτές χωρίζονται σε αρκετές υποκατηγορίες.

Κατά τα πρώτα χρόνια της ηλεκτροκίνησης χρησιμοποιούνταν κινητήρες συνεχούς ρεύματος, λόγω του απλούστερου συστήματος που απαιτείται για τον έλεγχο της συχνότητας περιστροφής τους. Τα σύγχρονα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου όμως, επιτρέπουν την χρήση κινητήρων εναλλασσόμενου ρεύματος, οι οποίοι έχουν κυριαρχήσει, γιατί προσφέρουν υψηλότερη απόδοση σε μεγάλο εύρος λειτουργίας.

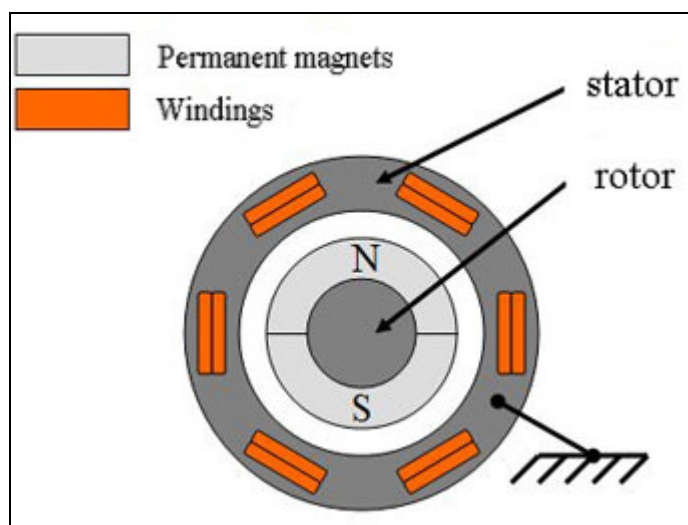
Στις επόμενες παραγράφους θα αναφερθούμε στους τύπους ηλεκτροκινητήρων που χρησιμοποιούνται σήμερα στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα.

3.5.1 Σύγχρονος κινητήρας μόνιμων μαγνητών (Permanent Magnet Synchronous Motor, P.M.S.M.)

Οι κινητήρες αυτοί διαθέτουν περιελίξεις στον στάτορα και μόνιμους μαγνήτες στον ρότορα. Κατά την πιο συνήθη διάταξη, οι περιελίξεις του στάτορα διαιρούνται σε 3 ομάδες και διαρρέονται από ημιτονοειδές τριφασικό εναλλασσόμενο ηλεκτρικό ρεύμα, δημιουργώντας έτσι στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο. Η αλληλεπίδραση του πεδίου αυτού με το μαγνητικό πεδίο των μόνιμων μαγνητών δημιουργεί την ροπή, που στρέφει τον ρότορα.

Η λέξη «σύγχρονος» υποδηλώνει ότι ο ρότορας περιστρέφεται με γωνιακή ταχύτητα ίδια με του μαγνητικού πεδίου του στάτορα, η ταχύτητά του οποίου ρυθμίζεται μέσω της συχνότητας του ρεύματος που τροφοδοτεί τον στάτορα.

Τα βασικά μέρη ενός κινητήρα P.M.S.M. φαίνονται στην επόμενη εικόνα 3.8.^[21]



Εικόνα 3.8: Κινητήρας P.M.S.M.

ΠΗΓΗ: ABOUT MOTORS

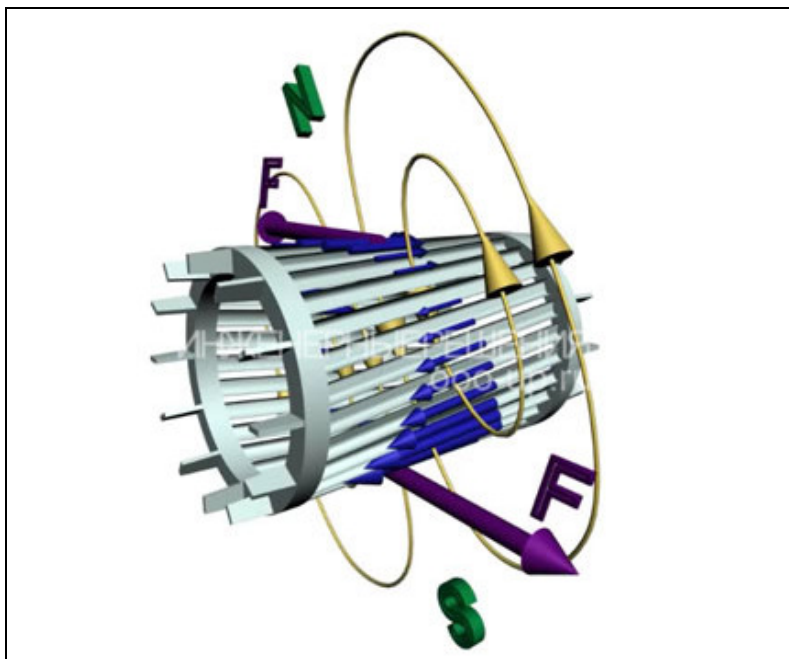
Τα βασικά πλεονεκτήματα των κινητήρων αυτού του τύπου είναι η ομαλή παροχή ροπής, χωρίς κυματισμό (ripple) και με μεγάλη τιμή κατά την εκκίνηση. Ένα βασικό μειονέκτημα είναι ότι δημιουργεί αντιηλεκτρεγερτική δύναμη (αντι-Η.Ε.Δ.) όταν περιστρέφεται χωρίς να τροφοδοτείται με ηλεκτρικό ρεύμα. Το γεγονός αυτό έχει σαν συνέπεια, οι κινητήρες αυτοί να μην επιτρέπεται να απενεργοποιηθούν, όσο το όχημα κινείται.^[21]

Οι κινητήρες P.M.S.M. απαντώνται στα περισσότερα σημερινά αμιγώς ηλεκτρικά και υβριδικά αυτοκίνητα.^[22]

3.5.2 Επαγωγικός κινητήρας εναλλασσόμενου ρεύματος (A.C. Induction motors)

Σε αυτόν τον τύπο κινητήρα, ο στάτορας αποτελείται από περιελίξεις με την ίδια διάταξη, όπως οι κινητήρες P.M.S.M., αλλά ο ρότορας αποτελείται από βραχυκυκλωμένες μεταξύ τους περιελίξεις, με συνηθέστερη διάταξη τον «κλωβό σκίουρου» (squirrel cage).

Η αρχή λειτουργίας των κινητήρων αυτών οφείλεται σε μια ιδέα του Νίκολα Τέσλα, την οποία μάλιστα κατοχύρωσε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το 1889^[23]: το περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο του στάτορα προκαλεί την εμφάνιση επαγωγικού ρεύματος στις περιελίξεις του ρότορα, το οποίο με την σειρά του δημιουργεί δευτερογενές μαγνητικό πεδίο. Η αλληλεπίδραση των δύο πεδίων δημιουργεί την δύναμη που στρέφει τον ρότορα, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.9.^[24]



Εικόνα 3.9: Λειτουργία επαγωγικού κινητήρα A.C. με ρότορα διάταξης «κλωβού σκίουρου»
ΠΗΓΗ: ABOUT MOTORS

Επειδή το επαγωγικό ρεύμα εμφανίζεται μόνο όταν οι περιελίξεις του ρότορα βρίσκονται σε σχετική κίνηση με τις δυναμικές γραμμές του πεδίου του στάτορα, οι επαγωγικοί κινητήρες A.C. είναι εγγενώς ασύγχρονοι.

Η ταχύτητα του ρότορα ελέγχεται, και σε αυτόν τον τύπο κινητήρα, μεταβάλλοντας την συχνότητα του εναλλασσόμενου ρεύματος στον στάτορα.

Σε σχέση με τους κινητήρες P.M.S.M., οι επαγωγικοί κινητήρες A.C. έχουν ελαφρώς χαμηλότερη ροπή εκκίνησης και απόδοση, όμως δεν εμφανίζεται αντι - Η.Ε.Δ., όταν ο κινητήρας στρέφεται χωρίς να τροφοδοτείται με ηλεκτρικό ρεύμα. Το τελευταίο πλεονέκτημα είναι κομβικής σημασίας για ηλεκτρικά αυτοκίνητα με περισσότερους από έναν κινητήρες,

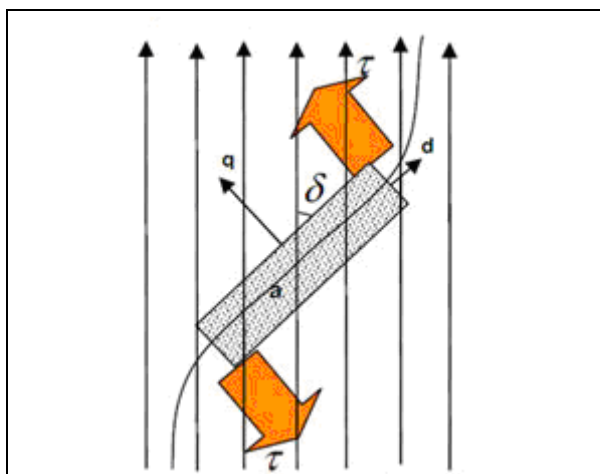
γιατί μπορούν χωρίς πρόβλημα να απενεργοποιούν κάποιον από αυτούς, όταν δεν είναι απαραίτητος.^[24]

Το μοντέλο EV1 της General Motors στα μέσα της δεκαετίας του 1990 και τα περισσότερα μοντέλα της Tesla χρησιμοποιούν επαγωγικούς κινητήρες A.C.^{[25], [22]}

3.5.3 Σύγχρονος κινητήρας μαγνητικής αντίστασης (SynR.M., Synchronous Reluctance Motor)

Σε αυτόν τον τύπο κινητήρα, ο στάτορας αποτελείται από περιελίξεις με την ίδια διάταξη, όπως οι κινητήρες των δύο προηγούμενων τύπων, αλλά ο ρότορας αποτελείται από πολλαπλά ελάσματα μαλακού μαγνητικού υλικού, όπως χάλυβα πυριτίου, με πολλαπλές προεξοχές σχεδιασμένες να αλληλεπιδρούν με τους πόλους του στάτορα.

Ο στάτορας δημιουργεί στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο, η ταχύτητα του οποίου μεταβάλλεται ανάλογα με την συχνότητα του ρεύματος που το τροφοδοτεί. Ο ρότορας μαγνητίζεται από το πεδίο αυτό και στρέφεται ακολουθώντας το, προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η μαγνητική αντίσταση, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.10.^[26]



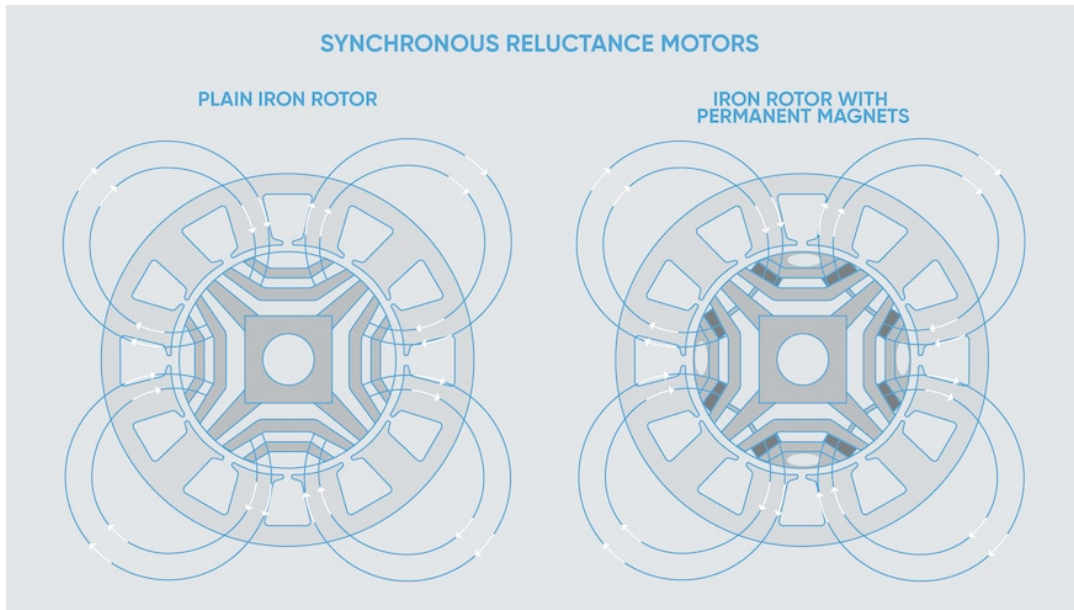
Εικόνα 3.10: Αρχή λειτουργίας κινητήρα SynR.M.
ΠΗΓΗ: ABOUT MOTORS

Οι κινητήρες SynRM έχουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:^[26]

- Ο ρότορας είναι πολύ απλός κατασκευαστικά, επομένως είναι φθηνότεροι από τους άλλους τύπους.
- Θερμαίνονται ελάχιστα, γιατί δεν υπάρχουν ρεύματα στον ρότορα.
- Ο ρότορας δεν έχει ούτε μαγνήτες ούτε περιελίξεις, επομένως εμφανίζει μικρή ροπή αδράνειας και συνεπώς καλύτερη απόκριση στην επιτάχυνση

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα των κινητήρων SynR.M. είναι η μικρότερη απόδοση, σε σχέση με τους δύο άλλους τύπους.^[26] Το πρόβλημα αυτό λύνεται στην παραλλαγή «Σύγχρονου Κινητήρα Μαγνητικής Αντίστασης με Εσωτερικό Μόνιμο Μαγνήτη (Internal Permanent Magnet Synchronous Reluctance Motor, I.P.M.–SynR.M.). Στην παραλλαγή αυτή, τοποθετούνται μικροί μόνιμοι μαγνήτες στον ρότορα, ώστε να δημιουργείται πρόσθετη ροπή σύμφωνα με την αρχή λειτουργίας του κινητήρα P.M.S.M. Επιπλέον, επειδή οι μαγνήτες είναι μικροί, η αντι-Η.Ε.Δ. των κινητήρων I.P.M.–SynR.M. είναι ελάχιστη.^[27]

Οι διαφορές των κινητήρων SynR.M και I.P.M.–SynR.M. φαίνονται στην επόμενη εικόνα 3.11.^[2]



Εικόνα 3.11: Κινητήρες SynR.M. και I.P.M.–SynR.M. ^[27]
 ΠΗΓΗ: MOTORTREND

Η Toyota χρησιμοποιεί κινητήρα στο μοντέλο Prius, ενώ η Tesla συνδυάζει τώρα έναν τέτοιον κινητήρα με έναν Επαγωγικό Κινητήρα Εναλλασσόμενου Ρεύματος στα μοντέλα Dual Motor. Η Tesla χρησιμοποιεί επίσης κινητήρα I.P.M.–SynR.M. ως τον μοναδικό κινητήρα των μοντέλων της με πίσω κίνηση ^[27].

3.6 Παραπομπές 3^{ου} κεφαλαίου

- [1] https://en.wikipedia.org/wiki/Regenerative_braking
- [2] <https://www.heise.de/autos/artikel/Bremsenergieueckgewinnung-und-ihr-Wirkungsgrad-4340576.html?seite=all>
- [3] <https://www.ucsusa.org/resources/all-about-drivetrains>
- [4] <https://x-engineer.org/micro-mild-full-hybrid-electric-vehicle/>
- [5] https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_basics_hev.html
- [6] <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-hybrid-electric-cars-work>
- [7] <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-plug-in-hybrid-electric-cars-work>
- [8] https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_basics_phev.html
- [9] <https://www.fueleconomy.gov/feg/evtech.shtml>
- [10] https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_basics_ev.html
- [11] https://www.mini.com.gr/content/dam/MINI/marketCSREG/mini_com_gr/PriceList/%CE%A4%CE%B9%CE%BC%CE%BF%CE%BA%CE%B1%CF%84%CE%AC%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%BF%CF%82_%CE%9C%CE%99%CE%9D%CE%99_12_04.pdf.asset.1681377600742.pdf
- [12] <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-all-electric-cars-work>
- [13] <https://bookmygarage.com/electric-vehicles/what-electric-cars-use-range-extenders/>
- [14] <https://ev-lectron.com/blogs/blog/range-extender-electric-vehicles-reevs-1>
- [15] [https://handwiki.org/wiki/Engineering:Range_extender_\(vehicle\)](https://handwiki.org/wiki/Engineering:Range_extender_(vehicle))
- [16] https://afdc.energy.gov/vehicles/fuel_cell.html
- [17] <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-fuel-cell-electric-cars-work>
- [18] https://afdc.energy.gov/vehicles/emissions_hydrogen.html
- [19] https://www.researchgate.net/figure/The-direct-drive-electric-vehicle-with-in-wheel-motors_fig1_350776285
- [20] <https://www.semanticscholar.org/paper/Designing-High-Power-Density-In-Wheel-PMSM-for-Chasiotis-Karnavas/daed69d9f5019e1ed3d56702a3dcac09876e660c>
- [21] <https://about-motors.com/motorcontrol/pmsm/>
- [22] <https://circuitdigest.com/article/different-types-of-motors-used-in-electric-vehicles-ev>
- [23] <https://patentimages.storage.googleapis.com/80/9c/39/35d68a4e28cf72/US416194.pdf>
- [24] <https://about-motors.com/motorcontrol/induction3ph/>
- [25] https://en.wikipedia.org/wiki/General_Motors_EV1
- [26] <https://about-motors.com/motorcontrol/syrm/>
- [27] <https://www.motortrend.com/features/how-electric-cars-work-ev-differences-definitions/>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ

4.1 Εισαγωγή

Η μπαταρίες είναι κομβικό στοιχείο για την εξέλιξη των ηλεκτρικών αυτοκινήτων όλων των τύπων, καθώς αποτελούν την μοναδική πηγή ενέργειας των αμιγώς ηλεκτρικών αυτοκινήτων ή την κύρια πηγή ενέργειας στην περίπτωση των υβριδικών και των αυτοκινήτων με κυψέλη καυσίμου.

Οι μπαταρίες αποτελούν αυτή τη στιγμή το μεγαλύτερο πρόβλημα που αντιμετωπίζει η ηλεκτροκίνηση, λόγω της περιορισμένης χωρητικότητας τους, του μεγάλου βάρους τους, της πολύωρης φόρτισης τους και των ζητημάτων ασφαλείας που γεννούν. Τα μειονεκτήματα αυτά μπορούν να αποτελέσουν τροχοπέδη για την απήχηση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στο ευρύ κοινό.

Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι, στα πλαίσια αυτής της εργασίας, ο όρος «μπαταρία» αναφέρεται στην μπαταρία υψηλής τάσης, που χρησιμοποιείται για την κίνηση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου (traction battery). Όμως, η κλασική, γνωστή σε όλους μπαταρία μολύβδου – οξέος των 12V εξακολουθεί να υπάρχει και στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, προκειμένου να τροφοδοτεί δευτερεύοντα συστήματα, αλλά και να λειτουργήσει σαν εφεδρική πηγή ενέργειας για κρίσιμα συστήματα ασφαλείας, σε περίπτωση αστοχίας της μπαταρίας υψηλής τάσης. Τα παραπάνω φαίνονται παραστατικά στην επόμενη εικόνα 4.1.^[1]



Εικόνα 4.1: Ο ρόλος της μπαταρίας 12V στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα
ΠΗΓΗ: VARTA

Στο παρόν κεφάλαιο, εξετάζονται από τεχνική σκοπιά οι μπαταρίες υψηλής τάσης, που χρησιμοποιούνται για την κίνηση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων.

4.2 Απαιτήσεις των ηλεκτρικών αυτοκινήτων από τις μπαταρίες

Επειδή ακριβώς, όπως προαναφέραμε, οι μπαταρίες είναι το κλειδί για την ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης, επιχειρούμε στην ενότητα αυτή να συστηματοποιήσουμε τις απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιούν.

- α)** Υψηλή ικανότητα αποθήκευσης ενέργειας, ώστε να δίνουν στο αυτοκίνητο όσο το δυνατόν μεγαλύτερη αυτονομία κίνησης.
- β)** Παροχή υψηλής μέγιστης ισχύος, καθώς είναι ο παράγοντας που επηρεάζει την επιτάχυνση του αυτοκίνητου.
- γ)** Υψηλή πυκνότητα ενέργειας και ισχύος, ώστε το βάρος της μπαταρίας να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο.
- δ)** Ανταπόκριση σε πολλαπλές φορτίσεις υπό υψηλή ισχύ σε σύντομα χρονικά διαστήματα, λόγω της αναγεννητικής πέδησης.
- ε)** Περιορισμός της ανάγκης για συντήρηση, παράλληλα με μεγάλη διάρκεια ζωής.
- στ)** Συνδυασμός όλων των παραπάνω με το μικρότερο δυνατό κόστος.

4.3 Τύποι μπαταριών

Οι μπαταρίες διακρίνονται στις πρωτογενείς και τις δευτερογενείς. Δευτερογενείς ονομάζονται αυτές που μπορούν να επαναφορτιστούν και να χρησιμοποιηθούν περισσότερες από μία φορές. Στα πλαίσια της εργασίας αυτής θα εξετάσουμε μόνο τις δευτερογενείς (επαναφορτιζόμενες) μπαταρίες, γιατί αυτές χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρικά οχήματα.

Τα χημικά στοιχεία και ηλεκτρολύτες, που μπορούν να συνδυαστούν για να δημιουργήσουν μια μπαταρία είναι: Νικελίου – Καδμίου (NiCd), Νικελίου – Σιδήρου (NiFe), Νικελίου – υδριδίου μετάλλου (NiMH), Λιθίου – ιόντος (Li – Ion), Λιθίου – πολυμερούς (LiPo), Μολύβδου – οξέος (Lead Acid), Νατρίου – Θείου (Na-S) και Νατρίου – Χλωριούχου Νικελίου (Na-NiCl₂).

Στον παρακάτω πίνακα 4.1 συνοψίζονται τα χαρακτηριστικά των διαφόρων τύπων μπαταριών. [2], [3], [4], [5], [6]

	Ονομαστική Τάση στοιχείου (V)	Κύκλος ζωής (φορτίσεις – εκφορτίσεις)	Ενεργειακή πυκνότητα (Wh/kg)	Ρυθμός αυτοεκφόρτισης (% ανά μήνα)	Θερμοκρασία λειτουργίας (°C)
NiCd	1,25	1500	45 – 80	20	-40 έως +45
NiFe	1,20	Δεν επηρεάζεται	19 – 25	20 – 30	-20 έως +60
NiMH	1,25	300 – 500	60 – 120	30	-20 έως +60
Li – Ion	3,30 – 3,80 (*)	500 – 1000	90 – 260 (*)	10	-20 έως +60
LiPo	3,60	300 – 500	100 – 130	10	0 έως +60
Lead Acid	2,00	200 – 300	30 – 50	5	-20 έως +60
Na-S	2,00	> 4500	220	0	290 έως 360
Na-NiCl ₂	2,58	> 4500	100 – 120	0	270 έως 350

(*) Ανάλογα με το υλικό της καθόδου

Πίνακας 4.1: Χαρακτηριστικά των κυριότερων τύπων μπαταριών.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ: Battery University, NGK, Wikipedia, epec

Οι μπαταρίες Na-S και Na-NiCl₂, αν και έχουν μεγάλη ενεργειακή πυκνότητα, δεν θεωρούνται κατάλληλες για χρήση σε ηλεκτρικά οχήματα, λόγω της πολύ υψηλής θερμοκρασίας λειτουργίας τους. Ο τύπος μπαταριών που κυριαρχεί σήμερα στα ηλεκτρικά οχήματα, είναι οι μπαταρίες ιόντων Λιθίου, λόγω των συγκριτικών τους πλεονεκτημάτων. Σε αυτές θα αναφερθούμε στην επόμενη ενότητα.

4.4 Οι μπαταρίες ιόντων Λιθίου (Li – ion)

4.4.1 Πλεονεκτήματα των μπαταριών ιόντων Λιθίου

Οι μπαταρίες Li-ion δεν απαιτούν συντήρηση, δεν εμφανίζουν φαινόμενο μνήμης, ενώ έχουν πολύ μικρό ρυθμό αυτοεκφόρτισης και μεγάλη ενεργειακή πυκνότητα. Τέλος,

μπορούν να λειτουργήσουν αποδοτικά σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών και έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής. Τα χαρακτηριστικά αυτά τις καθιστούν ιδανική πηγή ενέργειας για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα.

4.4.2 Τύποι μπαταριών ιόντων Λιθίου

Οι μπαταρίες Li-ion διαφοροποιούνται ανάλογα με το υλικό της καθόδου. Σήμερα υπάρχουν έξι τύποι:^[7]

- α) Οξείδιο Λιθίου – Κοβαλτίου (LiCoO_2) – LCO
- β) Οξείδιο Λιθίου – Μαγγανίου (LiMn_2O_4 ή Li_2MnO_3) – LMO
- γ) Οξείδιο Λιθίου – Νικελίου – Μαγγανίου – Κοβαλτίου (LiNiMnCoO_2) – NMC
- δ) Λιθίου – Φωσφορικού Σιδήρου (LiFePO_4) – LFP
- ε) Οξείδιο Λιθίου – Νικελίου – Κοβαλτίου – Αργιλίου (LiNiCoAlO_2) – NCA
- στ) Οξείδιο Λιθίου – Τιτανίου (Li_2TiO_3) – LTO

Στον επόμενο πίνακα 4.2 συνοψίζονται τα χαρακτηριστικά των τύπων αυτών.^[7]

Τύπος μπαταρίας	Ονομαστική Τάση στοιχείου (V)	Κύκλος ζωής (φορτίσεις – εκφορτίσεις)	Ενεργειακή πυκνότητα (Wh/kg)	Ρυθμός εκφόρτισης (C = ονομαστική χωρητικότητα σε mAh)
LCO	3,60	500 – 1000	150 – 200	1C
LMO	3,80	300 – 700	100 – 150	1C – 10C
NMC	3,70	1000 – 2000	150 – 220	1C – 2C
LFP	3,30	> 2000	90 – 120	1C – 25C
NCA	3,60	~ 500	200 – 260	1C
LTO	2,40	3000 – 7000	50 – 80	10C

Πίνακας 4.2: Χαρακτηριστικά των έξι τύπων μπαταριών Li-ion
ΣΤΟΙΧΕΙΑ: Battery University

Οι μπαταρίες LCO δεν χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρικά οχήματα, λόγω της μικρής πυκνότητας ισχύος.

Τα περισσότερα ηλεκτρικά αυτοκίνητα (π.χ. Nissan Leaf, Chevy Volt, BMW i3) χρησιμοποιούν συνδυασμό μπαταριών LMO και NMC, ώστε να εκμεταλλεύονται τα πλεονεκτήματα και των δύο τύπων.

Η Tesla χρησιμοποιεί μπαταρίες NCA στα παλαιότερα μοντέλα της, ενώ στα μοντέλα 3 και Y μετά τον Οκτώβριο του 2021 χρησιμοποιεί κυρίως LFP και σε κάποιες περιπτώσεις NCA.

Τα Mitsubishi i-MiEV και Honda Fit EV χρησιμοποιούν μπαταρίες LTO.^{[7],[8]}

Οι μπαταρίες LFP κερδίζουν συνεχώς έδαφος, λόγω του χαμηλού κόστους (δεν περιέχουν Κοβάλτιο), της μεγάλης διάρκειας ζωής, του υψηλού επιπέδου ασφάλειας και της χαμηλής τοξικότητας. Τον Σεπτέμβριο του 2022 οι μπαταρίες αυτές είχαν κατακτήσει το 31% της παγκόσμιας αγοράς, τάση που αναμένεται να αυξηθεί, ακολουθώντας την ζήτηση για φθηνά ηλεκτρικά αυτοκίνητα.^[8]

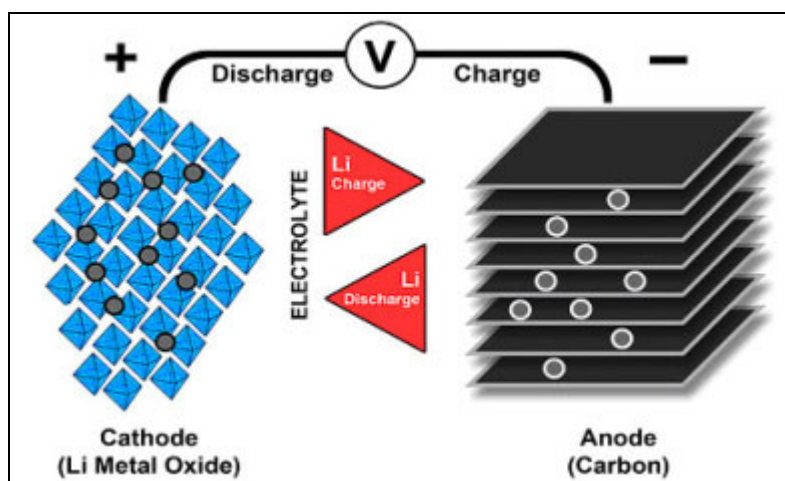
4.4.3 Λειτουργία των μπαταριών ιόντων Λιθίου

Οι μπαταρίες Li-ion αποτελούνται, όπως άλλωστε και κάθε τύπου μπαταρία, από την άνοδο, την κάθοδο και τον ηλεκτρολύτη.

Στα ηλεκτροχημικά στοιχεία, άνοδος ονομάζεται ο πόλος που κατά την εκφόρτιση έχει μικρότερο (αρνητικό) δυναμικό, ενώ κάθοδος ονομάζεται ο πόλος που έχει μεγαλύτερο (θετικό) δυναμικό.

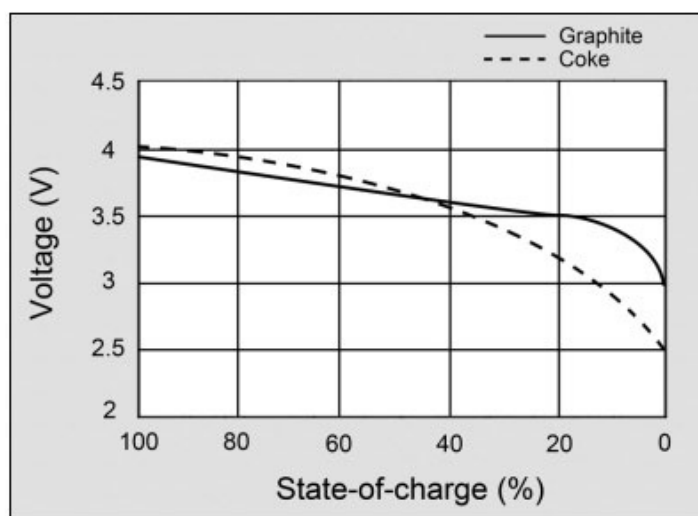
Στις μπαταρίες Li-ion, η άνοδος αποτελείται από πορώδη Άνθρακα και η κάθοδος από οξείδιο του Λιθίου. Ως ηλεκτρολύτης χρησιμοποιείται εξαφθοροφωσφορούχο Λίθιο (LiPF_6) σε οργανικό διαλύτη.^[9]

Κατά την εκφόρτιση, ιόντα Λιθίου οδεύουν από την άνοδο προς την κάθοδο μέσα από τον ηλεκτρολύτη, οπότε η άνοδος οξειδώνεται (αποβάλλει ηλεκτρόνια) και η κάθοδος ανάγεται (προσλαμβάνει ηλεκτρόνια). Κατά την φόρτιση η όλη διαδικασία αντιστρέφεται: τα ιόντα οδεύουν από την κάθοδο προς την άνοδο, η άνοδος ανάγεται και η κάθοδος οξειδώνεται. Η όλη διαδικασία απεικονίζεται στην εικόνα 4.2.^[9]



Εικόνα 4.2: Φόρτιση και εκφόρτιση μπαταριών Ιόντων Λιθίου
ΠΗΓΗ: Battery University

Ένα μειονέκτημα κάθε μπαταρίας, είναι η ελάττωση της ηλεκτρεγερτικής δύναμης (δηλαδή της διαφοράς δυναμικού στους πόλους της χωρίς φορτίο) όσο ελαττώνεται το επίπεδο φόρτισης (State of Charge, SoC). Το χαρακτηριστικό αυτό βελτιώθηκε σημαντικά στις μπαταρίες ιόντων Λιθίου, με την χρήση γραφίτη αντί κωκ ως υλικό της ανόδου. Στο διάγραμμα 4.1 που ακολουθεί, φαίνονται οι καμπύλες εκφόρτισης για τους δύο αυτούς τύπους ανόδου.^[9]



Διάγραμμα 4.1: Καμπύλες εκφόρτισης μπαταριών Ιόντων Λιθίου
ΠΗΓΗ: Battery University

4.5 Κατασκευαστικά στοιχεία των μπαταριών ηλεκτρικών αυτοκινήτων

4.5.1 Σύνδεσμολογία των στοιχείων Li-ion

Οι μπαταρίες των ηλεκτρικών αυτοκινήτων αποτελούνται στην πραγματικότητα από πολλές κυψέλες συνδεδεμένες εν σειρά, ενώ κάθε κυψέλη αποτελείται από στοιχεία ιόντων Λιθίου σε μικτή σύνδεσμολογία. Έτσι ώστε η ολική τάση στους πόλους της συστοιχίας να είναι της τάξης των 400 ή 800V, ανάλογα με την επιλογή του κατασκευαστή.

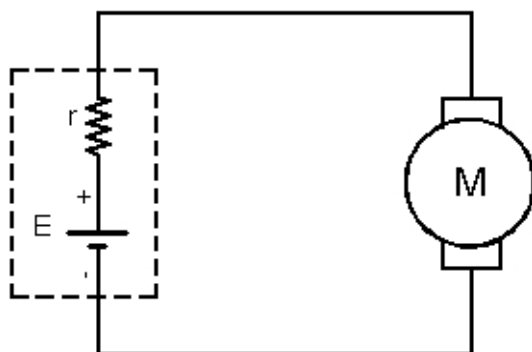
Για παράδειγμα, η μπαταρία του Tesla Model Y Long Range αποτελείται από 4.416 στοιχεία, σε διάταξη 96s46p, δηλαδή 96 ομάδες στοιχείων συνδεδεμένες εν σειρά, με κάθε ομάδα να αποτελείται από 46 στοιχεία συνδεδεμένα παράλληλα. Η ηλεκτρεγερτική δύναμη (Η.Ε.Δ.) της συστοιχίας έχει ονομαστική τιμή 357V.^[11]

4.5.2 «Αρχιτεκτονική 400V» και «αρχιτεκτονική 800V»

Αν Η.Ε.Δ. της μπαταρίας και η τάση λειτουργίας του ηλεκτροκινητήρα είναι μεταξύ 300 έως 500V, τότε η διάταξη αυτή αποκαλείται «αρχιτεκτονική 400V», ενώ αν οι προηγούμενες τάσεις είναι μεταξύ 600 ως 900V, τότε αναφέρεται ως «αρχιτεκτονική 800V».^[12]

Σήμερα, η συντριπτική πλειοψηφία των ηλεκτρικών αυτοκινήτων ακολουθεί την αρχιτεκτονική των 400V. Όμως, η αρχιτεκτονική των 800V έχει αρχίσει να κερδίζει έδαφος μεταξύ των κατασκευαστών, κυρίως για τα μεγαλύτερα μοντέλα. Ενδεικτικά αναφέρουμε: Porsche Taycan, Audi RS e-tron GT, Hyundai Ionic 5, Kia EV6, Lucid Air. Στο μέλλον, όλο και περισσότεροι κατασκευαστές αναμένεται να ακολουθήσουν την αρχιτεκτονική των 800V, λόγω των πλεονεκτημάτων που προσφέρει, και στα οποία θα αναφερθούμε στην συνέχεια.

Για να γίνει κατανοητός ο λόγος, για τον οποίο χρησιμοποιούνται τόσο υψηλές τάσεις στις μπαταρίες των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, θεωρούμε μια απλουστευμένη διάταξη όπως στο παρακάτω σχήμα 4.1, όπου μια μπαταρία, ηλεκτρεγερτικής δύναμης E και εσωτερικής αντίστασης r (την οποία θεωρούμε Ωμική), τροφοδοτεί έναν ιδανικό ηλεκτροκινητήρα συνεχούς ρεύματος M . Θεωρούμε αμελητέα την αντίσταση των αγωγών, των συνδέσεων και των περιελίξεων του κινητήρα.



Σχήμα 4.1: Απλουστευμένο μοντέλο μπαταρίας – ηλεκτροκινητήρα

Κάνουμε τις εξής παραδοχές:

- α) Το ηλεκτρικό ρεύμα αποδίδει στον κινητήρα ισχύ $P_M = 24\text{kW}$ ($\approx 27\text{hp}$)
- β) Η εσωτερική αντίσταση της μπαταρίας είναι $r = 100\text{m}\Omega$

1^η Παράδειγμα: Κινητήρας 12V

Η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα είναι: $I = \frac{P_M}{V} = \frac{24\text{kW}}{12\text{V}} = 2 \cdot 10^3 \text{A}$

Η θερμική ισχύς στην εσωτερική αντίσταση της μπαταρίας είναι:

$$P_{th} = I^2 \cdot r = 4 \cdot 10^6 \text{A}^2 \cdot 100 \cdot 10^{-3} \Omega = 400 \text{kW}$$

Η Η.Ε.Δ. της μπαταρίας πρέπει να είναι: $E = V + I \cdot r = 12 \text{V} + 2 \cdot 10^3 \text{A} \cdot 100 \cdot 10^{-3} \Omega = 212 \text{V}$

$$\text{Ο συντελεστής απόδοσης είναι: } e = \frac{P_M}{P_M + P_{th}} = \frac{24 \text{kW}}{24 \text{kW} + 400 \text{kW}} \approx 5,7\%$$

Είναι φανερό ότι η μεταφορά μεγάλης ισχύος υπό χαμηλή τάση συνεπάγεται τρομακτικές και μη διαχειρίσιμες θερμικές απώλειες.

2^ο Παράδειγμα: Κινητήρας 400V

Η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα είναι: $I = \frac{P_M}{V} = \frac{24 \text{kW}}{400 \text{V}} = 60 \text{A}$

Η θερμική ισχύς στην εσωτερική αντίσταση της μπαταρίας είναι:

$$P_{th} = I^2 \cdot r = 3600 \text{A}^2 \cdot 100 \cdot 10^{-3} \Omega = 360 \text{W}$$

Η Η.Ε.Δ. της μπαταρίας πρέπει να είναι: $E = V + I \cdot r = 400 \text{V} + 60 \text{A} \cdot 100 \cdot 10^{-3} \Omega = 406 \text{V}$

$$\text{Ο συντελεστής απόδοσης είναι: } e = \frac{P_M}{P_M + P_{th}} = \frac{24 \text{kW}}{24 \text{kW} + 0,36 \text{kW}} \approx 98,5\%$$

Μια μπαταρία με ΗΕΔ $E_{tot} = 406 \text{V}$ και εσωτερική αντίσταση $r_{tot} = 100 \text{m}\Omega$ θα μπορούσε να υλοποιηθεί με χρήση 3.080 στοιχείων Li-ion, με ΗΕΔ 3,7V και εσωτερική αντίσταση 25mΩ το καθένα, σε διάταξη 110s28p.

$$(E_{tot} = 110 \cdot 3,7 \text{V} = 407 \text{V}, r_{tot} = 110 \cdot \frac{25 \text{m}\Omega}{28} = 98,21 \text{m}\Omega)$$

3^ο Παράδειγμα: Κινητήρας 800V

Η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα είναι: $I = \frac{P_M}{V} = \frac{24 \text{kW}}{800 \text{V}} = 30 \text{A}$

Η θερμική ισχύς στην εσωτερική αντίσταση της μπαταρίας είναι:

$$P_{th} = I^2 \cdot r = 900 \text{A}^2 \cdot 100 \cdot 10^{-3} \Omega = 90 \text{W}$$

Η Η.Ε.Δ. της μπαταρίας πρέπει να είναι: $E = V + I \cdot r = 800 \text{V} + 30 \text{A} \cdot 100 \cdot 10^{-3} \Omega = 803 \text{V}$

$$\text{Ο συντελεστής απόδοσης είναι } e = \frac{P_M}{P_M + P_{th}} = \frac{24 \text{kW}}{24 \text{kW} + 0,09 \text{kW}} \approx 99,6\%$$

Μια μπαταρία με ΗΕΔ $E_{tot} = 803 \text{V}$ και εσωτερική αντίσταση $r_{tot} = 100 \text{m}\Omega$ θα μπορούσε να υλοποιηθεί με χρήση 11.718 στοιχείων Li-ion, με ΗΕΔ 3,7V και εσωτερική αντίσταση 25mΩ το καθένα, σε διάταξη 217s54p.

$$(E_{tot} = 217 \cdot 3,7 \text{V} = 802,9 \text{V}, r_{tot} = 217 \cdot \frac{25 \text{m}\Omega}{54} = 100,46 \text{m}\Omega)$$

Αντίστοιχα συμπεράσματα ισχύουν και για την διαδικασία της φόρτισης, γεγονός που ενδιαφέρει περισσότερο τους κατασκευαστές.

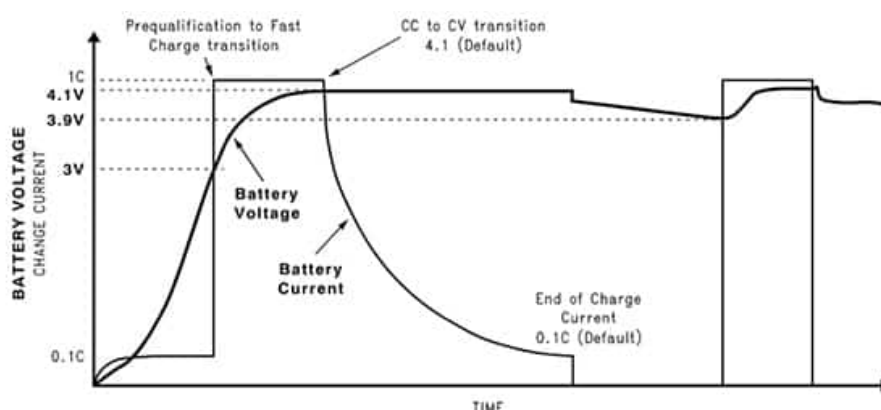
Γενικά, η φόρτιση των μπαταριών Li-ion γίνεται σε τρία στάδια, τα οποία φαίνονται στο διάγραμμα 4.2.^[13]

1^ο στάδιο: Αν το επίπεδο φόρτισης είναι μικρότερο του 20%, η μπαταρία φορτίζεται με σταθερό ρεύμα μικρής έντασης, μέχρι το επίπεδο φόρτισης να φθάσει το 20%.

2^ο στάδιο: Αν το επίπεδο φόρτισης είναι μεταξύ 20% έως 80%, η μπαταρία φορτίζεται με σταθερό ρεύμα μεγάλης έντασης. Η ταχεία φόρτιση αφορά ακριβώς αυτό το 2^ο στάδιο.

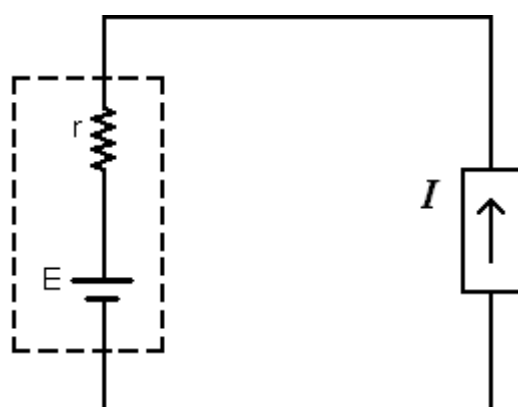
3^ο στάδιο: Αν το επίπεδο φόρτισης ξεπεράσει το 80%, η μπαταρία φορτίζεται με σταθερή τάση, οπότε η ένταση του ρεύματος συνεχώς ελαττώνεται. Η φόρτιση διακόπτεται όταν η

ένταση του ρεύματος γίνει μικρότερη από μια προκαθορισμένη τιμή, οπότε θεωρείται ότι το επίπεδο φόρτισης έχει φθάσει το 100%.



Διάγραμμα 4.2: Στάδια φόρτισης μπαταριών Ιόντων Λιθίου
ΠΗΓΗ: DigyKey

Ας θεωρήσουμε μια απλουστευμένη διάταξη όπως στο παρακάτω σχήμα 4.2, όπου μια μπαταρία, ηλεκτρεγερτικής δύναμης E και εσωτερικής αντίστασης r (την οποία θεωρούμε Ωμική), φορτίζεται από μία ιδανική πηγή ρεύματος I . Θεωρούμε αμελητέα την αντίσταση των αγωγών και των συνδέσεων.



Σχήμα 4.2: Απλουστευμένο μοντέλο μπαταρίας – φορτιστή.

Κάνουμε τις εξής παραδοχές:

- Κατά την φόρτιση, η τάση στους πόλους της μπαταρίας παραμένει σταθερή και ίση με την ονομαστική τιμή της Η.Ε.Δ.
- Η εσωτερική αντίσταση της μπαταρίας είναι $r = 100\text{m}\Omega$
- Η μέγιστη τιμή της ενέργειας, που μπορεί να αποθηκευθεί στην μπαταρία, είναι 100kWh .

Υποθέτουμε ότι η μπαταρία βρίσκεται σε επίπεδο φόρτισης 20% και πρέπει να φορτιστεί μέχρι το 80% σε μισή ώρα. Επομένως, ο ρυθμός με τον οποίο ο φορτιστής μεταφέρει ενέργεια στην μπαταρία, είναι: $P = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{0,8 \cdot 100\text{kWh} - 0,2 \cdot 100\text{kWh}}{0,5\text{h}} = 120\text{kW}$

1^η περίπτωση: Μπαταρία 400V

Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει την μπαταρία είναι $I = \frac{P}{V} = \frac{120\text{kW}}{400\text{V}} = 300\text{A}$

Η θερμική ισχύς στην εσωτερική αντίσταση της μπαταρίας είναι:

$$P_{\text{th}} = I^2 \cdot r = 300^2 \text{A}^2 \cdot 100 \cdot 10^{-3} \Omega = 9\text{kW}$$

$$\text{Ο συντελεστής απόδοσης είναι } e = \frac{P}{P + P_{th}} = \frac{120\text{kW}}{120\text{kW} + 9\text{kW}} \approx 93,0\%$$

2^η περίπτωση: Μπαταρία 800V

$$\text{Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει την μπαταρία είναι } I = \frac{P}{V} = \frac{120\text{kW}}{800\text{V}} = 150\text{A}$$

Η θερμική ισχύς στην εσωτερική αντίσταση της μπαταρίας είναι:

$$P_{th} = I^2 \cdot r = 150^2 \text{A}^2 \cdot 100 \cdot 10^{-3} \Omega = 2,25\text{kW}$$

$$\text{Ο συντελεστής απόδοσης είναι } e = \frac{P}{P + P_{th}} = \frac{120\text{kW}}{120\text{kW} + 2,25\text{kW}} \approx 98,2\%$$

Επομένως, επιλέγοντας τιμές τάσης στο εύρος που προαναφέραμε (400 – 800V), οι κατασκευαστές επιτυγχάνουν σχετικά χαμηλές τιμές έντασης ηλεκτρικού ρεύματος, πράγμα που με την σειρά του σημαίνει, αφ' ενός ότι η μπαταρία θερμαίνεται λιγότερο, και αφ' ετέρου, ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν αγωγοί μικρότερης διατομής.

Επιπλέον, όπως φαίνεται και από τα παραπάνω αποτελέσματα, η αρχιτεκτονική των 800V προσφέρει, σε σχέση με την αντίστοιχη των 400V, το πλεονέκτημα του υποτετραπλασιασμού των θερμικών απωλειών είτε κατά την φόρτιση, είτε κατά την εκφόρτιση.

Από άλλη σκοπιά, η αρχιτεκτονική των 800V μπορεί να οδηγήσει σε διπλασιασμό της ισχύος κατά την φόρτιση, ή σε υποδιπλασιασμό του χρόνου φόρτισης.

4.5.3 Μειονεκτήματα της αρχιτεκτονικής 800V

Η αρχιτεκτονική των 800V παρά τα πλεονεκτήματά της, έχει πολλά μειονεκτήματα, και ίσως σε αυτά να οφείλεται ο σκεπτικισμός του Elon Musk, διευθύνοντας συμβούλου της Tesla, σχετικά με την μετάβαση στα 800V ^[12]. Τα κυριότερα από τα μειονεκτήματα αυτά, είναι:

α) Ζητήματα ασφάλειας: Ο κίνδυνος δημιουργίας σπινθήρων, με πιθανά καταστροφικά αποτελέσματα, είναι αυξημένος.

β) Ζητήματα κόστους: Οι ηλεκτρονικές μονάδες ελέγχου της ισχύος είναι ακριβότερες, γεγονός που αυτονόητα συνεπάγεται αυξημένο κόστος του αυτοκινήτου. Το κυριότερο όμως ζήτημα, είναι το κόστος που συνεπάγεται για τους κατασκευαστές ο απαιτούμενος επανασχεδιασμός της πλατφόρμας που χρησιμοποιούν για τα οχήματά τους.

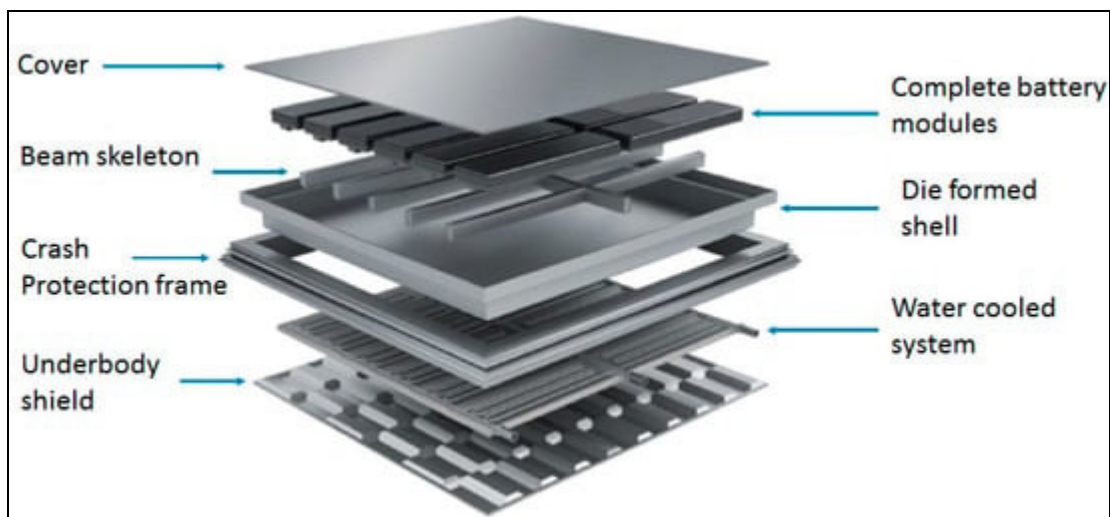
γ) Ζητήματα συμβατότητας υποδομών: Οι υπάρχουσες υποδομές σταθμών ταχείας φόρτισης, στην συντριπτική τους πλειοψηφία, αφορούν αρχιτεκτονική 400V. Για να αντιμετωπίσουν οι κατασκευαστές το πρόβλημα αυτό, εφοδιάζουν τα μοντέλα των 800V με διατάξεις ανύψωσης της τάσης, ώστε να μπορούν να φορτίσουν την μπαταρία τους και από ταχυφορτιστές των 400V. Αυτό όμως, αφ' ενός αυξάνει το κόστος του αυτοκινήτου, και αφ' ετέρου εκμηδενίζει το πλεονέκτημα της αρχιτεκτονικής των 800V (γιατί η ισχύς φόρτισης παραμένει ίδια).

δ) Ζητήματα δημιουργίας νέων υποδομών φόρτισης: Για να μπορέσει να αναδειχθεί το πλεονέκτημα της ταχύτερης φόρτισης, πρέπει να δημιουργηθεί νέα υποδομή σταθμών ταχείας φόρτισης, οι οποίοι θα προσφέρουν περισσότερη ισχύ στα αυτοκίνητα των 800V, αλλά θα είναι συμβατοί και με την αρχιτεκτονική των 400V.

4.5.4 Περίβλημα της μπαταρίας

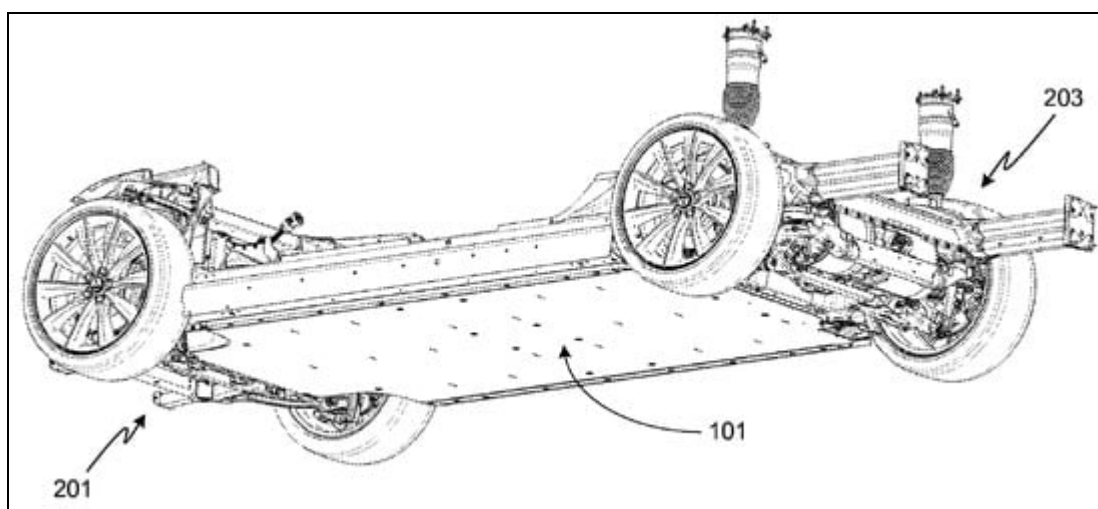
Η υψηλή τάση που υπάρχει στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, απαιτεί η συστοιχία να είναι κατασκευασμένη με τρόπο συμπαγή και ασφαλή (εικόνα 4.3) ^[14], να είναι τοποθετημένη σε σημείο προστατευμένο σε περίπτωση ατυχήματος και τέλος να εξασφαλίζεται επαρκής ψύξη.

Συνήθως, η συστοιχία τοποθετείται στο πάτωμα, στο κέντρο του αυτοκινήτου. Η σύγχρονη πάντως τάση μεταξύ των κατασκευαστών είναι να ενσωματώνεται η μπαταρία στα δομικά στοιχεία του αμαξώματος, δηλαδή να αποτελεί το ίδιο το περίβλημα της μπαταρίας μέρος του πατώματος (εικόνα 4.4)^[15]. Η ψύξη εξασφαλίζεται με ροή ψυκτικού υγρού σε εναλλάκτη θερμότητας, ο οποίος βρίσκεται μέσα στο περίβλημα της μπαταρίας.



Εικόνα 4.3: Τυπική κατασκευή μπαταρίας ηλεκτρικού αυτοκινήτου.

ΠΗΓΗ: Belingardi, G. and Scattina, A. (2023)



Εικόνα 4.4: Η ευρεσιτεχνία της Tesla για την ενσωμάτωση της μπαταρίας στην δομή του πατώματος.

ΠΗΓΗ: Google Patents

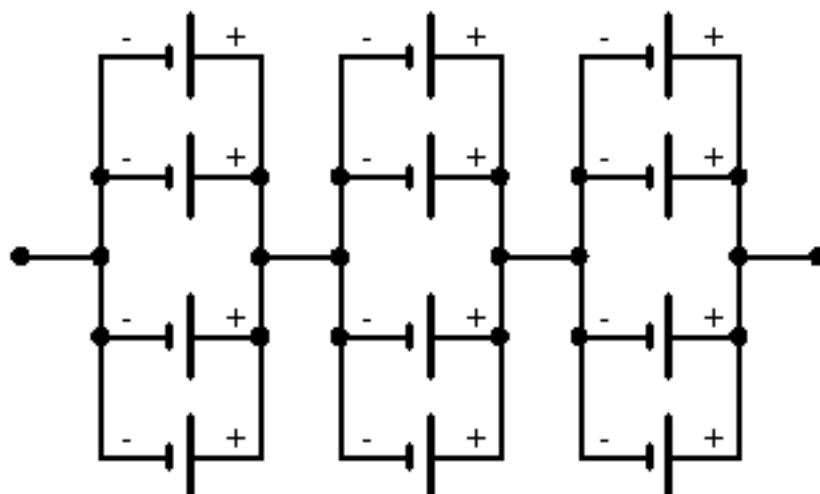
4.5.5 Η μπαταρία του Audi Q8 55 e-tron

Σαν παράδειγμα του τρόπου κατασκευής, θα αναφερθούμε στην μπαταρία του μοντέλου Q8 55 e-tron της Audi.

Η μπαταρία αυτή αποτελείται από 432 στοιχεία Li-ion, οργανωμένα σε 36 κυψέλες, η κάθε μία εκ των οποίων περιέχει 12 στοιχεία.

Τα στοιχεία κάθε κυψέλης είναι συνδεδεμένα σε διάταξη 3s4p, δηλαδή 3 ομάδες στοιχείων συνδεδεμένες εν σειρά, με κάθε ομάδα να αποτελείται από 4 στοιχεία συνδεδεμένα παράλληλα^[16].

Η διάταξη αυτή φαίνεται στο επόμενο σχήμα 4.3.



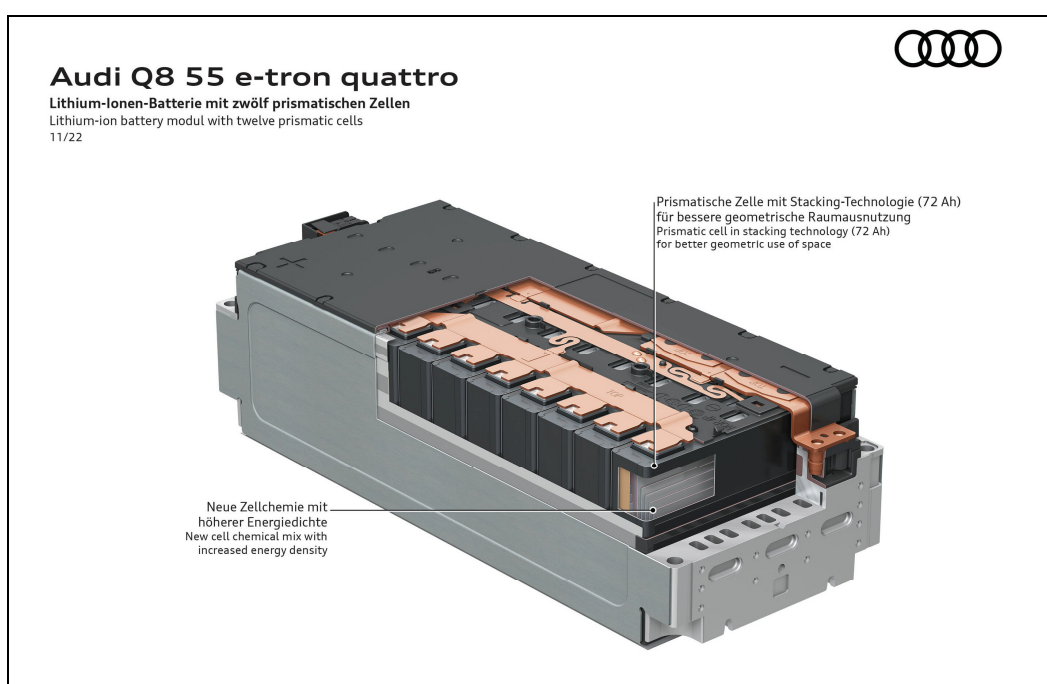
Σχήμα 4.3: Διάγραμμα κυψέλης με στοιχεία σε διάταξη 3s4p

Κάθε στοιχείο έχει ονομαστική Η.Ε.Δ. 3,66V και χωρητικότητα 72Ah, επομένως αποθηκεύει 263,5Wh ηλεκτρικής ενέργειας.

Με την τοπολογία που προαναφέραμε, είναι εύκολο να υπολογίσει κανείς ότι η συνολική Η.Ε.Δ. της μπαταρίας είναι 396V και η συνολική ενέργεια 113.841 Wh ή 114kWh.

Το βάρος κάθε κυψέλης είναι περίπου 13kg, ενώ το συνολικό βάρος της μπαταρίας είναι 728 kg.^[16]

Η μπαταρία αυτή φαίνεται στην εικόνα 4.5.^[17]



Εικόνα 4.5: Η μπαταρία 114kWh του Audi Q8 55 e-tron.

ΠΗΓΗ: AUDI MediaCenter

4.6 Παραπομπές 4^ο κεφαλαίου

- [1] <https://batteryworld.varta-automotive.com/en-gb/12-volt-batteries-in-electric-vehicles>
- [2] <https://batteryuniversity.com/article/whats-the-best-battery>
- [3] <https://www.ngk-insulators.com/en/product/nas-about.html>
- [4] https://en.wikipedia.org/wiki/Nickel%E2%80%93iron_battery#cite_note-Energy_Density_from_NREL_Testing_by_Iron_Edison-1
- [5] https://en.wikipedia.org/wiki/Lithium-ion_battery
- [6] <https://www.epectec.com/batteries/cell-comparison.html>
- [7] <https://batteryuniversity.com/article/bu-205-types-of-lithium-ion>
- [8] https://en.wikipedia.org/wiki/Lithium_iron_phosphate_battery
- [9] <https://batteryuniversity.com/article/bu-204-how-do-lithium-batteries-work>
- [10] <https://www.heise.de/autos/artikel/Bremsenergieerueckgewinnung-und-ihr-Wirkungsgrad-4340576.html?seite=all>
- [11] <https://evkx.net/technology/battery/batterypack/>
- [12] <https://www.engineering.com/story/high-voltage-vehicles-why-800-volt-evs-are-on-the-rise>
- [13] <https://www.digikey.gr/en/articles/a-designer-guide-fast-lithium-ion-battery-charging>
- [14] <https://www.mdpi.com/2624-8921/5/2/28>
- [15] <https://patents.google.com/patent/US8286743B2/en>
- [16] <https://electrichasgoneaudi.net/models/q8-e-tron/drivetrain/battery/>
- [17] <https://www.audi-mediacycenter.com/en/the-new-audi-q8-e-tron-15069/more-battery-capacity-and-higher-charging-power-battery-15072>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΦΟΡΤΙΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ

5.1 Εισαγωγή

Ένα μείζον ζήτημα για τα βυσματωτά οχήματα, δηλαδή αυτά που συνδέονται στο δίκτυο για να φορτίσουν τις μπαταρίες τους, είναι οι σταθμοί φόρτισης. Αυτοί κατανομούνται ανάλογα με τον τρόπο χρήσης των οχημάτων, όπως ο χρόνος λειτουργίας τους, την διαθέσιμη αυτονομία, την τεχνολογία των συσσωρευτών τους και τον χρόνο φόρτισης, πράγματα τα οποία θα αναλυθούν στην συνέχεια.

Λόγω της αυξημένης ζήτησης των ηλεκτρικών οχημάτων, έχει δημιουργηθεί η ανάγκη δημόσια προσβάσιμων χώρων για την φόρτιση τους. Πολλές φορές μάλιστα, υπάρχει ανάγκη για ταυτόχρονη φόρτιση περισσότερων οχημάτων στο ίδιο σημείο.

Στο παρόν κεφάλαιο, εξετάζονται τεχνικά και οικονομικά ζητήματα, που σχετίζονται με την φόρτιση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων.

5.2 Ταχύτητες φόρτισης

5.2.1 Σύνδεση οχήματος – φορτιστή

Η σύνδεση των οχημάτων με τις συσκευές φόρτισης χωρίζεται σε δυο κατηγορίες:

A. Επαγωγική σύνδεση

Η μεταφορά ενέργειας για την φόρτιση του οχήματος δεν πραγματοποιείται απευθείας με αγωγούς, αλλά μέσω δύο πηνίων, που βρίσκονται σε επαγωγική σύζευξη. Η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται μέσω του μαγνητικού πεδίου του πηνίου του φορτιστή, στο αντίστοιχο πηνίο του αυτοκινήτου. Η επαγωγική σύνδεση έχει μικρότερες απώλειες από την ενσύρματη, αλλά απαιτεί την ύπαρξη ειδικού εξοπλισμού εντός και εκτός του οχήματος (εικόνα 5.1).^[1]



Εικόνα 5.1: Αναπαράσταση του συστήματος επαγωγικής σύνδεσης
ΠΗΓΗ: Electric Vehicle News

B. Ενσύρματη σύνδεση

Η φόρτιση του οχήματος πραγματοποιείται μέσω ηλεκτροφόρων αγωγών (καλωδίων). Η επιτήρηση της φόρτισης επιτυγχάνεται μέσω ενός συστήματος εντός του οχήματος. Η ενσύρματη σύνδεση είναι τόσο απλή, όσο και η σύνδεση οποιασδήποτε ηλεκτρικής συσκευής με το ηλεκτρικό δίκτυο.

Στην παρούσα εργασία θα περιοριστούμε αποκλειστικά στην ενσύρματη σύνδεση.

5.2.2 Ταχύτητες φόρτισης

Η διαδικασία της φόρτισης, αυτής καθ' εαυτής, διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες:

A. Βραδεία φόρτιση εναλλασσόμενου ρεύματος (slow AC charging), κατά την οποία η πλήρης φόρτιση των συσσωρευτών διαρκεί πλέον του 24-ώρου.

B. Ταχεία φόρτιση εναλλασσόμενου ρεύματος (fast AC charging), κατά την οποία η πλήρης φόρτιση των συσσωρευτών διαρκεί από 3 έως 15 ώρες.

Γ. Ταχεία φόρτιση συνεχούς ρεύματος (fast DC charging), κατά την οποία η πλήρης φόρτιση των συσσωρευτών επιτυγχάνεται σε χρονικό διάστημα μικρότερο της μίας ώρας, συνήθως από 10 έως 30 λεπτά, ανάλογα με την μπαταρία και το ίδιο το ηλεκτρικό όχημα.

Για την βραδεία φόρτιση εναλλασσόμενου ρεύματος, πολλές φορές δεν απαιτείται τίποτα περισσότερο από την σύνδεση του οχήματος με έναν κοινό οικιακό ρευματολήπτη «σούκο». Στις υπόλοιπες περιπτώσεις, απαιτείται να μεσολαβεί ένας σταθμός φόρτισης, μεταξύ δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας και οχήματος.

Με τον όρο «σταθμός φόρτισης» ή «φορτιστής» εννοούμε την συσκευή, η οποία τροφοδοτεί με ηλεκτρική ενέργεια την αντίστοιχη υποδοχή του αυτοκινήτου. Όλες οι υπόλοιπες διατάξεις που απαιτούνται, μέχρι η ενέργεια αυτή να φθάσει στους πόλους της μπαταρίας (π.χ. ανόρθωσης εναλλασσόμενου ρεύματος, ανύψωσης ή υποβιβασμού της τάσης κ.ά) καθώς και τα κυκλώματα επιτήρησης της φόρτισης, βρίσκονται μέσα στο αυτοκίνητο. Σε κάθε περίπτωση πάντως, υπάρχει επικοινωνία μεταξύ του φορτιστή και των αντίστοιχων κυκλωμάτων εντός του αυτοκινήτου.

5.2.3 Κατηγορίες ταχυτήτων φόρτισης

A. Πρότυπο S.A.E. J1772–2017

Το πρότυπο S.A.E. J1772–2017 ακολουθείται κυρίως από τις Αμερικανικές χώρες (Η.Π.Α., Καναδάς), και κατατάσσει τις ταχύτητες φόρτισης σε τέσσερις τυποποιημένες κατηγορίες. Οι κατηγορίες αυτές ονομάζονται «επίπεδα» (levels) και είναι: ^[2]

- **AC Level 1:** Η φόρτιση AC επιπέδου 1 αφορά σύνδεση του οχήματος με έναν κοινό ρευματολήπτη δικτύου εναλλασσόμενης τάσης 110/120V. Η ένταση του ρεύματος φόρτισης περιορίζεται στα 12 ή στα 16A, οπότε η ισχύς είναι 1,44kW ή 1,92kW, αντίστοιχα. Πρόκειται για πολύ βραδεία φόρτιση (trickle charging), που αυξάνει την αυτονομία ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου κατά μόλις 5 έως 8 χιλιόμετρα ανά ώρα φόρτισης. Παρ' όλα αυτά θεωρούνται χρήσιμοι, γιατί μια απλή πρίζα 110/120V είναι πολύ εύκολο να βρεθεί οπουδήποτε (στις χώρες με την αντίστοιχη τάση δικτύου), και μια σύντομη φόρτιση μπορεί να βοηθήσει τον οδηγό του ηλεκτρικού αυτοκινήτου σε μια δύσκολη στιγμή. Λόγω των προδιαγραφών του, το επίπεδο αυτό δεν αφορά την Ευρώπη, αλλά χώρες όπου η τάση του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας είναι 110/120V (Η.Π.Α, Καναδά, Ιαπωνία κ.ά).
- **AC Level 2:** Το επίπεδο αυτό αφορά σύνδεση σε σταθμό φόρτισης, του οποίου η τάση εξόδου είναι μονοφασική εναλλασσόμενη, με τιμή 208 ή 240V. Η ένταση του ρεύματος που προσφέρεται στο αυτοκίνητο μπορεί να κυμαίνεται από 24 έως 80A, με την παρεχόμενη ισχύ να φθάνει μέχρι τα 19,2kW. Η φόρτιση AC επιπέδου 2 μπορεί να αυξήσει την αυτονομία του οχήματος από 10 έως 100 χιλιόμετρα για κάθε ώρα φόρτισης.
- **DC Level 1:** Το επίπεδο αυτό αφορά σύνδεση σε σταθμό φόρτισης, συνεχούς τάσης, με τιμή 50 έως 1000V. Η ένταση του ρεύματος που προσφέρεται στο αυτοκίνητο μπορεί να φθάσει τα 80A, επομένως η παρεχόμενη ισχύς φθάνει τα 80kW. Η φόρτιση DC επιπέδου 1 μπορεί να φορτίσει πλήρως μια μέση μπαταρία σε μία ώρα.

- **DC Level 2:** Το επίπεδο αυτό αφορά σύνδεση σε σταθμό φόρτισης, συνεχούς τάσης, με τιμή 50 έως 1000V, όπως στο προηγούμενο επίπεδο. Η ένταση του ρεύματος όμως, φθάνει τα 400A, οπότε η παρεχόμενη ισχύς φθάνει τα 400kW. Η φόρτιση σε αυτό το επίπεδο μπορεί να αυξήσει την αυτονομία του οχήματος κατά 100km σε λιγότερο από 5 λεπτά. Γενικά πάντως, οι κατασκευαστές δεν συνιστούν τόσο υψηλούς ρυθμούς φόρτισης, διότι ελαττώνεται η διάρκεια ζωής της μπαταρίας.^{[3], [4]}
Τα χαρακτηριστικά των τριών επιπέδων φόρτισης συνοψίζονται, στον πίνακα 5.1 που ακολουθεί.

Επίπεδο φόρτισης	Τάση (V)	Φάσεις	Μέγιστη ένταση (A)	Μέγιστη ισχύς (kW)
AC level 1	120	1	12	1,44
			16	1,92
AC level 2	208 ή 240	1	24 – 80	5,0 – 19,2
DC level 1	50 – 1000	–	80	80
DC level 2	50 – 1000	–	400	400





Πίνακας 5.1: Σύνοψη χαρακτηριστικών επιπέδων φόρτισης SAE J1772–2017
ΣΤΟΙΧΕΙΑ: Wikipedia

B. Το πρότυπο IEC 61851–1

Στην Ευρώπη (και στην Ελλάδα, με την Υπουργική Απόφαση 71287/6443, Φ.Ε.Κ Β'50 – 15/1/2015^[5]) έχει υιοθετηθεί το πρότυπο IEC 61851–1, το οποίο περιγράφει τέσσερις «τρόπους» (modes) σύνδεσης και φόρτισης.

- **Mode 1:** Ο τρόπος 1 βρίσκει εφαρμογή σε ηλεκτρικά δίκυκλα, και αναφέρεται σε σύνδεση είτε με έναν κοινό ρευματολήπτη «σούκο» μονοφασικής εναλλασσόμενης τάσης έως 250V, είτε με τριφασική εναλλασσόμενη τάση έως 480V. Η ένταση του ρεύματος φόρτισης περιορίζεται και στις δύο περιπτώσεις στα 16A. Επομένως, η μέγιστη ισχύς είναι $3,52\text{kW}$ ($220\text{V} \cdot 16\text{A}$) για μονοφασικό δίκτυο 220V και $10,53\text{kW}$ ($380\text{V} \cdot 16\text{A} \cdot \sqrt{3}$) για τριφασικό 380V.
- **Mode 2:** Ο τρόπος αυτός εφαρμόζεται σε περιπτώσεις βραδείας φόρτισης εναλλασσόμενου ρεύματος, και αφορά πάλι σύνδεση σε εναλλασσόμενη παροχή, είτε μονοφασική με τάση έως 250V, είτε τριφασική με τάση έως 480V, όπως στον τρόπο 1. Η μέγιστη ένταση του ρεύματος όμως είναι τώρα 32A, επομένως, η μέγιστη ισχύς είναι διπλάσια. Απαιτείται η μεσολάβηση διάταξης προστασίας από ηλεκτροπληξία μεταξύ δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας και οχήματος.
- **Mode 3:** Ο τρόπος 3 έχει ακριβώς τα ίδια χαρακτηριστικά τάσης και ισχύος με τους δύο προηγούμενους τρόπους, όμως απαιτείται η ύπαρξη σταθμού φόρτισης μόνιμα συνδεδεμένου με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, ο οποίος διαθέτει προστασία από ηλεκτροπληξία και δυνατότητα αμφίδρομης επικοινωνίας με το όχημα. Αφορά δημόσιους χώρους ταχείας φόρτισης εναλλασσόμενου ρεύματος.
- **Mode 4:** Ο τρόπος 4 αναφέρεται σε ταχεία φόρτιση συνεχούς ρεύματος (fast DC charging). Απαιτείται η ύπαρξη σταθμού φόρτισης μόνιμα συνδεδεμένου με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, με τάση εξόδου DC 400V και ένταση ρεύματος έως 200A. Η μέγιστη ισχύς επομένως είναι 80kW.

Στην εικόνα 5.2 που ακολουθεί, συνοψίζονται τα χαρακτηριστικά των τριών τρόπων σύνδεσης και φόρτισης κατά IEC 61851–1.^[6]

Mode	Diagram	Limits			Supply & Interface	RCD Protection	Applications	Notes
		Phases	Current	Voltage				
1	 EV connected directly to AC grid	1φ	16A	250V	AC, non-dedicated	✗	electric bikes & scooters	Direct connection of vehicle to conventional electrical outlets. Not allowed in the US, Israel, and England; prohibited for public charging by Italy; restricted in Switzerland, Denmark, Norway, and Germany.
		3φ	16A	480V				
2	 EV connected to AC grid through cable incorporating RCD protection	1φ	32A	250V	AC, non-dedicated	✓	"slow AC"	Requires control box between vehicle and electrical outlet incorporating RCD protection. Prohibited for public charging by Italy; restricted in US, Canada, Switzerland, Denmark, France, and Norway. Typical portable / "emergency" charger.
		3φ	32A	480V				
3	 EVSE connected to AC grid, supplies EV using tethered cable or socket-outlet with bidirectional communication	1φ	32A	250V	AC, dedicated (IEC 62196-2)	✓	"slow and quick AC"	EVSE permanently connected to electrical grid; includes RCD protection and bidirectional (EVSE/EV) communication. Typical public AC charger installation. Tethered (cable permanently attached) & untethered (dedicated socket outlet only) configurations.
		3φ	32A	480V				
4	 EVSE rectifies AC grid & supplies DC power to EV using tethered cable with bidirectional communication	–	200A	400V	DC, dedicated (IEC 62196-3)	✓	"fast DC"	Current conversion handled by EVSE, not EV.

Εικόνα 5.2: Σύνοψη χαρακτηριστικών τρόπων φόρτισης IEC 61851–1
ΠΗΓΗ: Wikipedia

5.3 Τύποι βυσμάτων

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα που κυκλοφορούν στην αγορά σήμερα, χρησιμοποιούν διάφορους τύπους βυσμάτων για την φόρτισή τους. Όλοι οι τύποι πάντως, έχουν ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά:

- 1) Είναι σχεδιασμένοι ώστε να αντέχουν σε κάθε είδους καταπόνηση, μηχανική ή καιρική.
- 2) Υπάρχουν ακροδέκτες, μέσω των οποίων επικοινωνούν ο φορτιστής με το αυτοκίνητο.
- 3) Υπάρχουν ακροδέκτες, που εξασφαλίζουν ότι η μεταφορά ισχύος γίνεται μόνο αν ο ζευκτής είναι συνδεδεμένος ορθά και δεν υπάρχει διαρροή ρεύματος.
- 4) Έχουν μεγάλο χρόνο ζωής, ο οποίος εκτιμάται στα 30 περίπου χρόνια και στις 10.000 ζεύξεις – αποζεύξεις.

Η απαίτηση για συμβατότητα μεταξύ των υποδομών φόρτισης και των ηλεκτρικών οχημάτων, δημιούργησε την ανάγκη για τυποποίηση των χαρακτηριστικών των διαφόρων τύπων βυσμάτων που χρησιμοποιούν οι κατασκευαστές.

Οι διαστάσεις, η διάταξη ακροδεκτών και οι προδιαγραφές των βυσμάτων, περιγράφονται στο πρότυπο IEC 62196^[7], το οποίο ακολουθείται κυρίως στις Ευρωπαϊκές χώρες και στο πρότυπο SAE J1772^[2], που ακολουθείται κυρίως στις χώρες της Βόρειας Αμερικής (Η.Π.Α., Καναδάς).

Στην εικόνα 5.3 φαίνεται η ταξινόμηση των διαφόρων τύπων βυσμάτων κατά το πρότυπο IEC 62196, ανάλογα με την χώρα προέλευσης του αυτοκινήτου και το είδος φόρτισης (εναλλασσομένου μονοφασικού, εναλλασσομένου τριφασικού ή συνεχούς ρεύματος)^[7], ενώ στην εικόνα 5.4 φαίνεται η ταξινόμηση των βυσμάτων ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσης και φόρτισης που ακολουθείται στην Ευρωπαϊκή Ένωση^[8].

Power supply	United States	European Union	Japan	China
1-phase AC (62196.2)	 Type 1 (SAE J1772)	 Type 2 ^{[a][b]} (DE, UK)	 Type 1 (SAE J1772)	 Type 2 (GB/T 20234.2) ^[c]
3-phase AC (62196.2)	 Type 2 (SAE J3068)	 Type 3 (IT, FR; now deprecated)	—	
DC (62196.3)	 EE (CCS Combo 1)	 FF (CCS Combo 2) ^[b]	 AA (CHAdeMO) ^[b]	 BB (GB/T 20234.3) ^[a]
			 ChaoJi (planned)	

Εικόνα 5.3: Χάρτης Βυσμάτων – Χώρας προέλευσης αυτοκινήτου – είδους φόρτισης
ΠΗΓΗ: Wikipedia

Τρόπος σύνδεσης	Πηγή	Καλώδιο	Όχημα
Mode 1, Mode 2	Schuko 	Schuko Τύπου 2 θηλυκό 	Τύπου 2 αρσενικό
Mode 3 (ενσωματωμένο καλώδιο)		Τύπου 2 θηλυκό 	Τύπου 2 αρσενικό
Mode 3	Τύπου 2 θηλυκό 	Τύπου 2 αρσενικό 	Τύπου 2 αρσενικό
Mode 3	Ενσωματωμένο καλώδιο CCS 2 θηλυκό 	Ενσωματωμένο καλώδιο CCS 2 θηλυκό 	CCS 2 αρσενικό
Mode 4	Ενσωματωμένο καλώδιο CHAdeMO 	Ενσωματωμένο καλώδιο CHAdeMO 	CHAdeMO

Εικόνα 5.4: Χάρτης Βυσμάτων – Επιπέδου φόρτισης στην Ε.Ε.
ΠΗΓΗ: EnerVek Ελλάς

Ακολουθεί σύντομη περιγραφή των συνηθέστερων τύπων βυσμάτων.

5.3.1 Βύσμα AC Type 1 (S.A.E. J1772) ^{[7], [9], [10]}

Ο ζευκτής αυτός, γνωστός και με την εμπορική ονομασία J Plug, είναι σχεδιασμένος για μονοφασικά ηλεκτρικά δίκτυα. Η μέγιστη ένταση ρεύματος που υποστηρίζει είναι 32A σύμφωνα με το πρότυπο I.E.C. 62196-2, το οποίο ακολουθείται στην Ευρώπη και 80A σύμφωνα με το πρότυπο S.A.E. J1772, το οποίο ακολουθείται στις Η.Π.Α. Επομένως η μέγιστη τιμή της παρεχόμενης στο αυτοκίνητο ισχύος είναι 7,68kW (32A×240V) σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό πρότυπο, και 19,2 kW (80A×240V) σύμφωνα με το Αμερικανικό πρότυπο. Αν η πηγή ενέργειας είναι μία τυπική πρίζα μονοφασικού δικτύου τάσης 120V (Η.Π.Α., Καναδάς, Ιαπωνία κ.ά.), τότε η παρεχόμενη στο αυτοκίνητο ισχύς είναι μόλις 1,44kW (12A×120V).

Αποτελείται από 5 ακροδέκτες: Φάση (AC Phase 1), ουδέτερος (AC Neutral), γείωση (PE), πιλότος εγγύτητας (Proximity Pilot, PP/CS/PD) και πιλότος ελέγχου (Control Pilot, CP). Οι δύο τελευταίοι ακροδέκτες χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία μεταξύ φορτιστή και αυτοκινήτου:

- Η τάση στον ακροδέκτη PP σηματοδοτεί την κατάσταση σύνδεσης βύσματος – αυτοκινήτου.
- Στον ακροδέκτη CP υπάρχει ένα τετραγωνικό σήμα – πιλότος, συχνότητας 1kHz. Ο ελεγκτής εντός του οχήματος μεταβάλλει την θετική στάθμη για να δηλώσει την κατάσταση φόρτισης, ενώ ο φορτιστής μεταβάλλει τον λόγο περιόδου, για να αναγγείλει την μέγιστη ένταση ρεύματος που μπορεί να παράσχει.



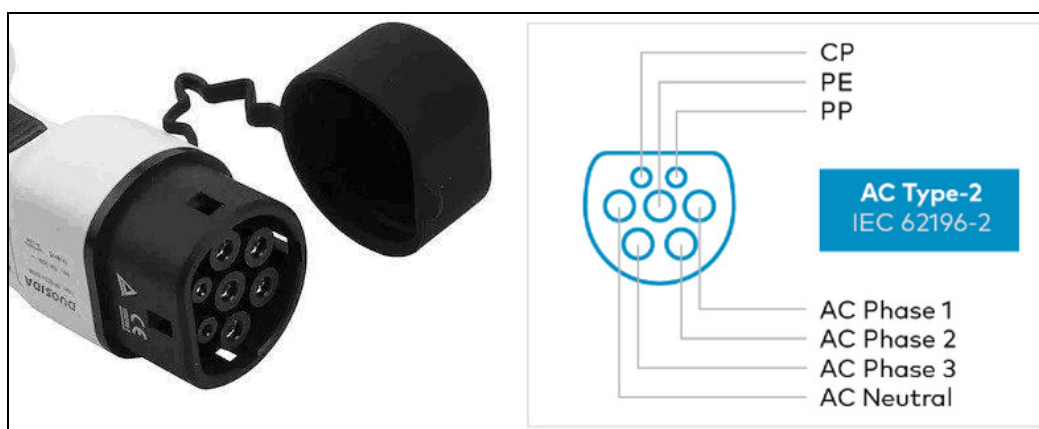
Εικόνα 5.5: Βύσμα AC Type 1 και διάταξη ακροδεκτών ^[10]
ΠΗΓΗ: VECTOR

5.3.2 Βύσμα AC Type 2 ^{[7], [10]}

Ο ζευκτής αυτός, γνωστός και με την εμπορική ονομασία Mennekes (από την εταιρεία που τον παρουσίασε πρώτη στην αγορά), σχεδιάστηκε για τα ηλεκτρικά δίκτυα που υπάρχουν στις Ευρωπαϊκές χώρες, δηλαδή για μονοφασικό δίκτυο τάσης 220/240V αλλά και τριφασικό, τάσης 380/400V. Σύμφωνα με το πρότυπο I.E.C. 62196-2, η μέγιστη ένταση ρεύματος είναι 70A για μονοφασικό και 63A για τριφασικό δίκτυο. Επομένως, η μέγιστη παρεχόμενη ισχύς είναι 16,8kW (70A×240V) για μονοφασικό και 43,6kW (63A×400√3 V) για τριφασικό.

Αποτελείται από 7 ακροδέκτες: φάση 1 (AC Phase 1), φάση 2 (AC Phase 2), φάση 3 (AC Phase 3), ουδέτερος (AC Neutral), γείωση (PE), πιλότος εγγύτητας (PP) και πιλότος ελέγχου (CP). Η λειτουργία των δύο τελευταίων ακροδεκτών είναι παρόμοια με του βύσματος AC Type 1.

Τα περισσότερα ηλεκτρικά οχήματα που πωλούνται στην Ευρωπαϊκή Ένωση είναι εξοπλισμένα με υποδοχή φόρτισης αυτού του τύπου.



Εικόνα 5.6: Βύσμα AC Type 2 και διάταξη ακροδεκτών ^[10]
ΠΗΓΗ: VECTOR

5.3.3 Βύσμα CHAdeMO ^{[7], [10], [11]}

Το βύσμα αυτό είναι σχεδιασμένο για ταχεία DC φόρτιση, και συναντάται κυρίως στα Ιαπωνικά αυτοκίνητα.

Για την επικοινωνία μεταξύ φορτιστή και αυτοκινήτου χρησιμοποιείται ο διάλογος CAN ^[12].

Η μέγιστη ισχύς που υποστηρίζει το βύσμα αυτό είναι 400kW (400A×1kV).



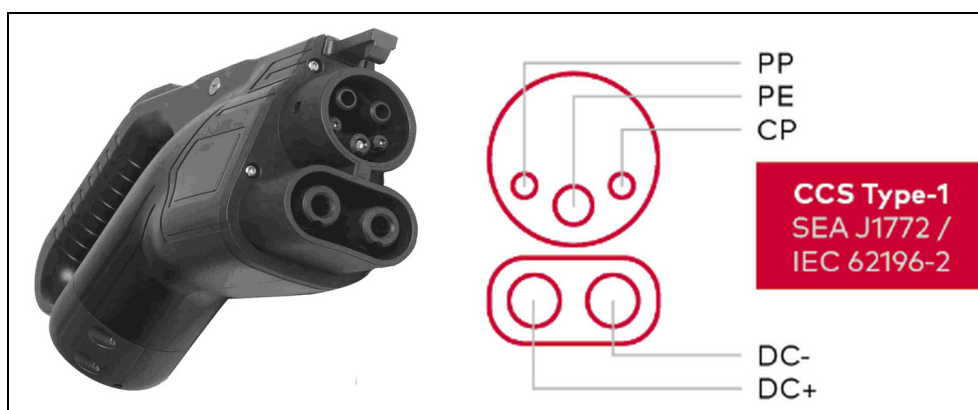
Εικόνα 5.7: Βύσμα CHAdeMO και διάταξη ακροδεκτών ^[10]
ΠΗΓΗ: VECTOR

5.3.4 Βύσματα CCS Type 1 και CCS Type 2 ^{[7], [10], [13]}

Οι τύποι CCS (Combined Charging System) Type 1 και Type 2 είναι η επέκταση των βυσμάτων AC Type 1 και AC Type 2, αντίστοιχα, για ταχεία φόρτιση DC.

Διατηρούν τους ακροδέκτες επικοινωνίας και ασφαλείας (CP, PP και PE), αλλά έχουν προστεθεί δύο μεγάλες επαφές ισχύος (DC+ και DC-).

Η λειτουργία του ακροδέκτη PP διατηρείται αμετάβλητη, όμως η επικοινωνία μέσω του ακροδέκτη CP είναι πλέον ψηφιακή (High Level Communication).



Εικόνα 5.8: Βύσμα τύπου CCS1 και διάταξη ακροδεκτών ^[10]
 ΠΗΓΗ: VECTOR

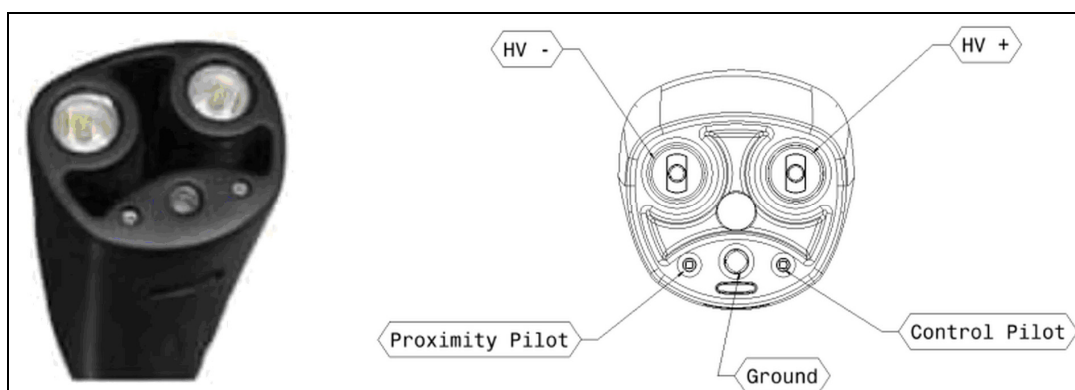


Εικόνα 5.9: Βύσμα τύπου CCS2 και διάταξη ακροδεκτών ^[10]
 ΠΗΓΗ: VECTOR

5.3.5 Βύσματα αυτοκινήτων Tesla ^{[14], [15]}

Στις Ηνωμένες Πολιτείες και τον Καναδά, η Tesla χρησιμοποιεί το δικό της πρότυπο, με την επωνυμία «NACS» (North American Charging Standard), τους δικούς της οικιακούς φορτιστές και τα αντίστοιχα, δικής της κατασκευής, βύσματα. Τα βύσματα αυτά επιτρέπουν την σύνδεση των αυτοκινήτων Tesla και με τους σταθμούς ταχείας φόρτισης DC του ιδιόκτητου δικτύου («Supercharger network») της εταιρείας.

Πάντως, τα οχήματα της εταιρείας, που προορίζονται για την Ευρωπαϊκή αγορά (π.χ. το Tesla Model 3), είναι εφοδιασμένα με υποδοχές που υποστηρίζουν σύνδεση με βύσματα είτε AC Type2, είτε CCS2.



Εικόνα 5.10: Βύσμα Tesla Supercharger και διάταξη ακροδεκτών ^[15]
 ΠΗΓΗ: TESLA

5.4 Σημεία φόρτισης

Ένα από τα πιο βασικά προβλήματα που πρέπει να επιλυθούν, προκειμένου τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα να γίνουν ελκυστικά στο ευρύ αγοραστικό κοινό, είναι η δυνατότητα να φορτίζονται όπου και όποτε χρειαστεί.

Για να καταστεί αυτό εφικτό, απαιτείται να υπάρχει πυκνό δίκτυο σημείων φόρτισης, αντίστοιχο του δικτύου πρατηρίων υγρών καυσίμων.

Η δημόσια υποστήριξη, όσον αφορά τα σημεία φόρτισης στους δημόσιους χώρους, καλείται να καλύψει τρεις βασικές απαιτήσεις:

- 1) Να παρέχει την δυνατότητα φόρτισης σε άτομα που δεν διαθέτουν ιδιωτικό χώρο στάθμευσης, ούτε έχουν την επιλογή φόρτισης στον χώρο εργασίας τους.
- 2) Να επιτρέψει την χρήση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων για μετακινήσεις σε μεγάλες αποστάσεις.
- 3) Να προσαρμόσει το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, ώστε να ανταποκρίνεται στις αυξημένες απαιτήσεις.

Στην ενότητα αυτή θα εξετάσουμε τις διάφορες κατηγορίες σημείων φόρτισης.

5.4.1 Ιδιόκτητοι χώροι στάθμευσης

Η δυνατότητα να φορτίζεται το όχημα σε οικιακό ιδιωτικό χώρο στάθμευσης είναι πολύ σημαντική, διότι αποτελεί την πιο βολική και οικονομική λύση για τους κατόχους ηλεκτρικών αυτοκινήτων, για δύο βασικούς λόγους:

- 1) Για την φόρτιση του αυτοκινήτου μπορεί να αξιοποιηθεί οποιοδήποτε χρονικό διάστημα, κατά το οποίο αυτό δεν χρησιμοποιείται (τη νύχτα, κατά κύριο λόγο).
- 2) Το οικιακό ρεύμα είναι πιο οικονομικό σε σχέση με την χρήση δημόσιων φορτιστών. Επιπλέον στο σπίτι δεν χρειάζεται συνδρομή σε εταιρεία (εξωφρενικές τιμές)

Για την φόρτιση σε οικιακό χώρο, ένας σταθμός φόρτισης τρόπου 2 (mode 2) αποτελεί ιδανική λύση, γιατί μεσολαβούν αρκετές ώρες ακινησίας, άρα εξασφαλίζεται και ο απαιτούμενος χρόνος φόρτισης. Το κόστος αγοράς του αντίστοιχου φορτιστή κυμαίνεται από 500 έως 1500€ περίπου, κόστος που σε καμιά περίπτωση δεν μπορεί να θεωρηθεί απαγορευτικό.

5.4.2 Ενοικιαζόμενοι χώροι στάθμευσης

Πολλοί ιδιοκτήτες αυτοκινήτων, ιδίως στις πυκνοκατοικημένες περιοχές, δεν έχουν πρόσβαση σε ιδιωτικούς χώρους στάθμευσης, γι' αυτό καταφεύγουν στην ενοικίαση μίας θέσης σε υπαίθριους ή στεγασμένους σταθμούς αυτοκινήτων. Η εγκατάσταση σταθμών φόρτισης σε τέτοιους χώρους, θα έδινε την δυνατότητα και σε αυτούς τους ιδιοκτήτες να φορτίζουν τα αυτοκίνητά τους, όσο δεν τα χρησιμοποιούν.

Και στην περίπτωση αυτή, θεωρούμε ότι οι σταθμοί φόρτισης mode 2 αποτελούν ιδανική λύση, για τους ίδιους λόγους, που παραθέσαμε στην προηγούμενη παράγραφο, αναφορικά με τους ιδιόκτητους χώρους στάθμευσης.

Όσον αφορά το κόστος, προφανώς δεν περιορίζεται στο κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά υπάρχει πρόσθετη επιβάρυνση. Πάντως, είναι εύλογο να υποθέσει κανείς ότι όσο εξαπλώνεται η ηλεκτροκίνηση, ο ανταγωνισμός θα οδηγήσει σε μείωση των τιμών.

5.4.3 Δημόσιοι χώροι στάθμευσης

Πολλοί ιδιοκτήτες αυτοκινήτων, ιδίως στις πυκνοκατοικημένες περιοχές, δεν έχουν πρόσβαση σε ούτε σε οικιακούς, ούτε σε ενοικιαζόμενους χώρους στάθμευσης. Η εγκατάσταση σταθμών φόρτισης στις λωρίδες στάθμευσης στην άκρη των δρόμων αποτελεί έναν αποτελεσματικό τρόπο αντιμετώπισης αυτού του προβλήματος. Και στην περίπτωση

αυτή προτείνεται η επιλογή της φόρτισης AC, αλλά η σύνδεση πρέπει να ακολουθεί τα πρότυπα του τρόπου 3 (mode 3) με προσδεμένο (tethered) καλώδιο στον σταθμό.

5.4.4 Εργασιακοί χώροι

Η δυνατότητα φόρτισης στους μεγάλους εργασιακούς χώρους (εργοστάσια, αποθήκες κλπ) θα μπορούσε να αποτελέσει μια καλή εναλλακτική λύση για τους εργαζόμενους σε αυτές τις επιχειρήσεις, ή έστω να λειτουργεί συμπληρωματικά με τις άλλες επιλογές που έχουμε ήδη αναφέρει.

Όσον αφορά το επίπεδο φόρτισης, θεωρούμε ότι η φόρτιση AC mode 3 είναι ικανοποιητική, λόγω της, κατά κανόνα, πολύωρης παραμονής των εργαζομένων στον χώρο εργασίας τους. Βεβαίως, σε περιπτώσεις όπου δεν τίθεται ζήτημα υπέρμετρης επιβάρυνσης του δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, θα μπορούσε να επιλεγεί και η ταχεία φόρτιση DC (mode 4).

5.4.5 Ιδιωτικοί χώροι με δημόσια πρόσβαση

Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει χώρους όπως μεγάλα παρκινγκ εμπορικών καταστημάτων ή σούπερ μάρκετ. Εδώ τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα θα μπορούν να φορτίζουν κατά τις ώρες που παραμένουν σταθμευμένα, πληρώνοντας βέβαια το ανάλογο χρηματικό ποσό.

5.4.6 Σημεία φόρτισης στο Εθνικό και Επαρχιακό οδικό δίκτυο

Προκειμένου να καταστεί δυνατή η χρήση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων για μετακινήσεις σε μεγάλες αποστάσεις, απαιτείται η εγκατάσταση υποδομών φόρτισης στο Εθνικό και Επαρχιακό οδικό δίκτυο.

Στην περίπτωση αυτή, η παρεχόμενη φόρτιση πρέπει να είναι mode 4, δηλαδή ταχεία φόρτιση DC, προκειμένου η διαδικασία να ολοκληρώνεται σε όσο το δυνατόν πιο σύντομο χρόνο.

5.5 Η τεχνολογία «V2G»

Αποτελεί κοινό τόπο το γεγονός ότι η ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.), με την έννοια ότι η ηλεκτροκίνηση προσφέρει πραγματικό περιβαλλοντικό όφελος μόνο αν η ενέργεια, που κινεί τα ηλεκτρικά οχήματα, παράγεται από Α.Π.Ε.

Αυτό που δεν είναι τόσο γνωστό, είναι ότι μέσω της τεχνολογίας V2G (Vehicle to Grid) μπορεί να επιτευχθεί το αντίστροφο, δηλαδή η ηλεκτροκίνηση να συμβάλει στην ανάπτυξη των Α.Π.Ε., μέσω της πλήρους εξάλειψης των θερμικών μονάδων.

Επομένως, η τεχνολογία V2G άπτεται της ηλεκτροκίνησης και παρ' ότι βρίσκεται ακόμα σε ερευνητικό – πειραματικό στάδιο, κρίναμε σκόπιμο να αναφερθούμε συνοπτικά σε αυτήν.

Ένα από τα μεγαλύτερα μειονεκτήματα της χρήσης των Α.Π.Ε. είναι το γεγονός ότι δεν μπορούν να ανταποκριθούν αποτελεσματικά στις διακυμάνσεις της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Και αυτό διότι, όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται στην ιστοσελίδα του Υπουργείου Υποδομών και Μεταφορών, «η ενέργεια των Α.Π.Ε. είναι απρόβλεπτη (δεν ξέρεις πότε θα φυσήξει ή θα έχει ήλιο)»^[16].

Το πρόβλημα αμβλύνεται μέσω της διασύνδεσης των δικτύων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, όμως η πλήρης αντιμετώπισή του γίνεται μέσω θερμικών μονάδων, οι οποίες χρησιμοποιούνται επιπλέον και σαν ασφαλιστική δικλείδα για περιπτώσεις παρατεταμένων δυσμενών καιρικών συνθηκών (νηνεμία, συννεφιά)^[17].

Η πλήρης κατάργηση των θερμικών μονάδων είναι εφικτή μόνον στην περίπτωση που η παραγόμενη από Α.Π.Ε. ενέργεια μπορεί να αποθηκεύεται και να διοχετεύεται στο δίκτυο όταν η ζήτηση το απαιτεί.

Μέσω της τεχνολογίας V2G, η αποθηκευμένη ενέργεια στις μπαταρίες των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, τα οποία είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο για να φορτίσουν, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον αντίθετο σκοπό, δηλαδή το αυτοκίνητο να τροφοδοτήσει το δίκτυο, με αντάλλαγμα κάποιο οικονομικό όφελος για τον ιδιοκτήτη.

Σε πιο ήπιες περιπτώσεις, το αυτοκίνητο μπορεί απλώς να ελαττώσει τον ρυθμό φόρτισης ή ακόμα και να την διακόψει εντελώς.

Συναφείς είναι και οι τεχνολογίες V2H (Vehicle to Home), V2L (Vehicle to Load) και V2V (Vehicle to Vehicle), με την διαφορά ότι στις περιπτώσεις αυτές η φάση της εναλλασσόμενης τάσης που παράγεται από το αυτοκίνητο δεν είναι συγχρονισμένη με την φάση του δικτύου, και η ενέργεια του αυτοκινήτου τροφοδοτεί φορτία μη συνδεδεμένα με το δίκτυο. Σε κάθε περίπτωση πάντως, οποιαδήποτε από τις παραπάνω τεχνολογίες (που αναφέρονται ομαδόν ως «V2X») πρέπει να υποστηρίζεται από το υλικό (hardware) και το λογισμικό (firmware) όλων των διασυνδεδεμένων μερών (αυτοκίνητο, φορτιστής, δίκτυο κ.λ.π.).

5.6 Παραπομπές 5^{ου} κεφαλαίου

- [1] <https://electricvehiclenews.co/wireless-ev-charging-the-next-big-leap-in-electric-vehicle-technology/>
- [2] https://en.wikipedia.org/wiki/SAE_J1772
- [3] <https://www.cars.com/articles/what-is-level-1-2-3-charging-437766/>
- [4] <https://www.lifewire.com/better-to-charge-ev-at-home-or-at-public-charger-5202359>
- [5] https://www.et.gr/api/DownloadFeksApi/?fek_pdf=20150200050
- [6] https://en.wikipedia.org/wiki/IEC_61851
- [7] https://en.wikipedia.org/wiki/IEC_62196
- [8] <https://www.recharge.gr/plug-port/>
- [9] <https://openev.freshdesk.com/support/solutions/articles/6000052074-basics-of-sae-j1772>
- [10] <https://www.vector.com/int/en/know-how/smart-charging/charging-interfaces/>
- [11] <https://en.wikipedia.org/wiki/CHAdeMO>
- [12] https://en.wikipedia.org/wiki/CAN_bus
- [13] https://tesla.o.auroraobjects.eu/Design_Guide_Combined_Charging_System_V3_1_1.pdf
- [14] <https://www.power-sonic.com/blog/ev-charging-connector-types/>
- [15] <https://digitalassets.tesla.com/tesla-contents/image/upload/North-American-Charging-Standard-Technical-Specification-TS-0023666>
- [16] <https://www.yme.gr/metafores/ilektrokinisi#q4>
- [17] <https://en.wikipedia.org/wiki/Vehicle-to-grid>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Η ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

6.1 Εισαγωγή

Όποιος ζει και κινείται στην Αθήνα ή στο Λεκανοπέδιο της Αττικής, γενικότερα, θα μπορούσε να περιγράψει εμπειρικά την διείσδυση της ηλεκτροκίνησης ως εξής:

- Στα ελαφρά δίκυκλα (ποδήλατα και πατίνια), η ηλεκτροκίνηση φαίνεται να έχει κερδίσει αρκετό έδαφος. Πράγματι, συναντά κανείς πολύ συχνά τέτοια οχήματα, γεγονός που εξηγείται εύκολα, αν αναλογιστούμε ότι αποτελούν φθηνά και βολικά μέσα ατομικής μεταφοράς.
- Στον τομέα των επιβατικών αυτοκινήτων όμως, η εικόνα είναι διαφορετική: τα αμιγώς ηλεκτρικά (B.E.V.) και τα επαναφορτιζόμενα υβριδικά (P.H.E.V.) είναι εξαιρετικά σπάνια (με εξαίρεση ίσως τα προάστια, όπου κατοικούν πιο εύπορα στρώματα), και μόνο τα απλά υβριδικά (H.E.V.) φαίνεται να έχουν κερδίσει την εμπιστοσύνη σημαντικής μερίδας των Ελλήνων οδηγών.

Στις επόμενες παραγράφους επιχειρούμε να περιγράψουμε την κατάσταση, όπως αυτή έχει διαμορφωθεί στην χώρα μας μέχρι την στιγμή που γράφονται αυτές οι γραμμές, τόσο ως προς τον αριθμό των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, όσο και ως προς τις υποδομές φόρτισης και τις παρεμβάσεις της πολιτείας.

6.2 Ο στόλος των ηλεκτρικών αυτοκινήτων

6.2.1 Νέες ταξινομήσεις ηλεκτρικών αυτοκινήτων

Στον επόμενο πίνακα 6.1 παρουσιάζονται οι νέες ταξινομήσεις επιβατικών αυτοκινήτων ανά είδος καυσίμου, κατά τα έτη 2019 έως 2023, όπως προκύπτουν από τα στοιχεία που έχει ανακοινώσει ο Σύνδεσμος Εισαγωγέων Αντιπροσώπων Αυτοκινήτων (Σ.Ε.Ε.Α.) σε συνεργασία με την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία (ΕΛ.ΣΤΑΤ) ^{[1] - [4]}. Σημειώνουμε εδώ ότι πριν το 2019, ο αριθμός των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στη χώρα μας ήταν μηδαμινός, και γι' αυτό δεν παραθέτουμε στοιχεία.

Έτος	Σύνολο ταξινομήσεων	Ποσοστό (%) (Σε παρένθεση ο μέσος όρος στην Ε.Ε.)				
		Θερμικά			Υβριδικά	Ηλεκτρικά
		Βενζίνη	Πετρέλαιο	Φυσικό αέριο ή Υγραέριο	HEV	PHEV & BEV
2019	114.109	65,1 (58,1) ²	26,6 (31,9) ²	2,0 (2,0) ²	5,8 (5,4) ²	0,4 (2,6) ²
2020	80.977	53,2 (50,3) ²	27,5 (29,0) ²	2,2 (2,0) ²	14,5 (10,6) ²	2,6 (8,1) ²
2021	100.911	49,2 (41,2) ²	17,4 (20,4) ²	3,2 (2,7) ²	23,2 (19,6) ²	6,9 (16,1) ²
2022	105.283	44,8 (37,9) ²	16,3 (17,1) ²	3,5 (3,0) ²	27,6 (22,8) ²	7,9 (19,2) ²
2023 ¹	126.246	42,3 (35,9) ³	13,5 (13,9) ³	2,7 (3,0) ³	30,5 (25,5) ³	11,1 (21,6) ³

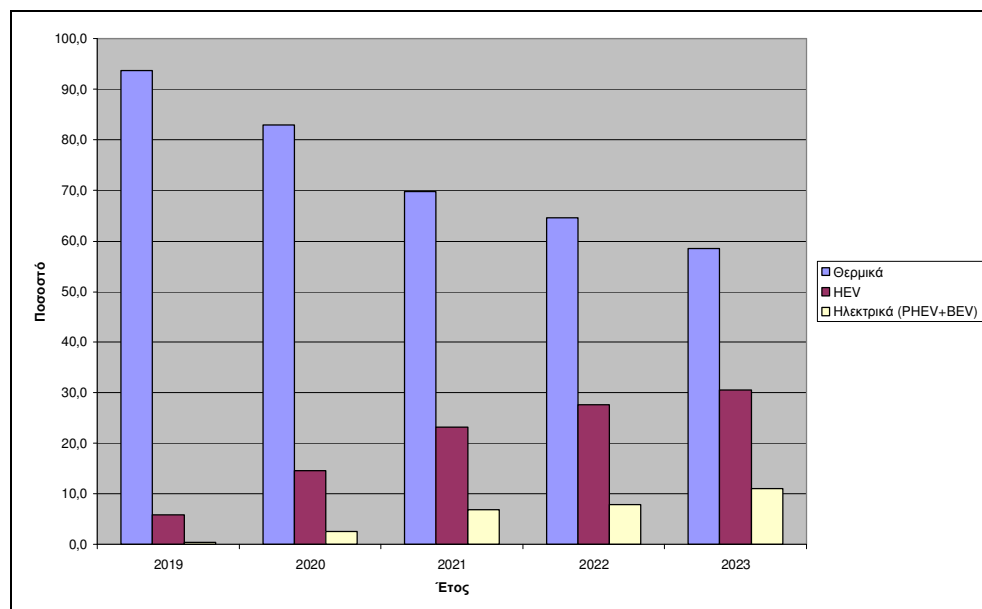
¹ Από Ιανουάριο έως Νοέμβριο ² Από Ιανουάριο έως Σεπτέμβριο ³ Από Ιανουάριο έως Οκτώβριο

Πίνακας 6.1: Νέες ταξινομήσεις επιβατικών αυτοκινήτων ανά είδος καυσίμου
ΣΤΟΙΧΕΙΑ: Σ.Ε.Ε.Α.

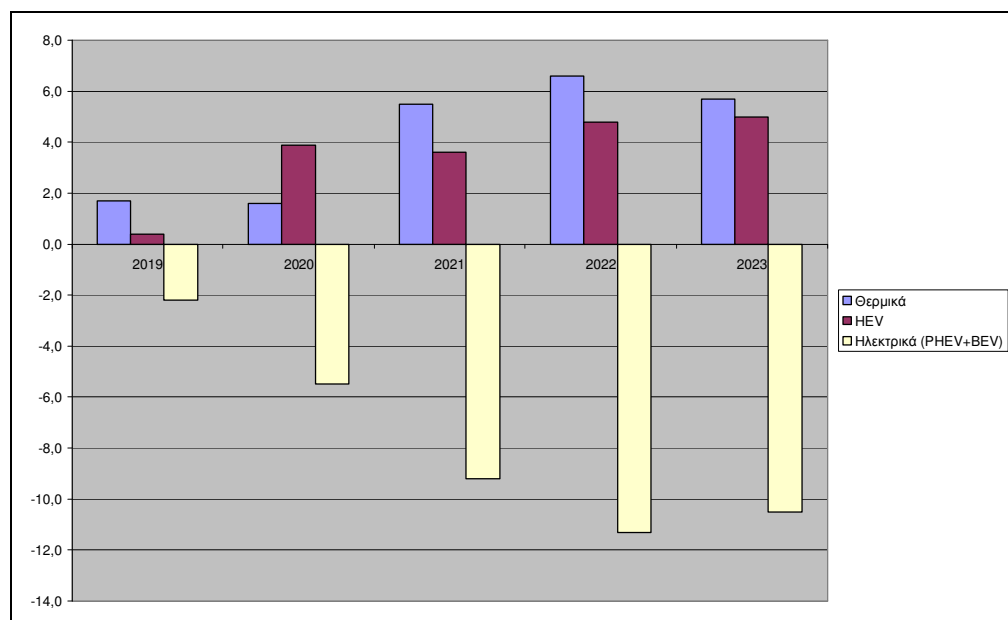
Στο διάγραμμα 6.1 παρουσιάζουμε τα ίδια αυτά στοιχεία, ομαδοποιημένα όμως σε τρεις κατηγορίες:

- Θερμικά αυτοκίνητα, δηλαδή με κινητήρα βενζίνης – πετρελαίου – αερίου (φυσικού ή υγραερίου)
- Υβριδικά αυτοκίνητα (H.E.V.) και
- Ηλεκτρικά αυτοκίνητα (B.E.V. και P.H.E.V.)

Τέλος, στο διάγραμμα 6.2 φαίνονται οι αποκλίσεις της Ελληνικής αγοράς επιβατικού αυτοκινήτου από τον μέσο όρο στην Ευρωπαϊκή Ένωση, για τις τρεις προαναφερθείσες κατηγορίες.



Διάγραμμα 6.1: Νέες ταξινομήσεις επιβατικών αυτοκινήτων ανά κατηγορία ΣΤΟΙΧΕΙΑ: Σ.Ε.Ε.Α.



Διάγραμμα 6.2: Απόκλιση από τον μέσο όρο στην Ε.Ε. ανά κατηγορία ΣΤΟΙΧΕΙΑ: Σ.Ε.Ε.Α.

Ας σημειωθεί εδώ, ότι εξετάζουμε τα Η.Ε.Υ. ως αυτοτελή κατηγορία, χωρίς να τα κατατάσσουμε ούτε στα θερμικά, ούτε στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, θεωρώντας ότι το

χαρακτηριστικό τους γνώρισμα της μη ύπαρξης ανάγκης επαναφόρτισης παίζει καταλυτικό ρόλο στις προτιμήσεις των Ελλήνων οδηγών, και επομένως οδηγεί στην εξαγωγή ασφαλέστερων συμπερασμάτων.

Από τα στοιχεία που παραθέσαμε παραπάνω, είναι εύκολο να συμπεράνει κανείς ότι η ηλεκτροκίνηση στην χώρα μας είναι ακόμα «στα σπάργανα», υστερώντας σημαντικά από τον Ευρωπαϊκό μέσο όρο. Πρώτη επιλογή των Ελλήνων εξακολουθούν να είναι οι θερμικοί κινητήρες, προεξάρχοντων των βενζινοκινητήρων, αν και υπάρχει πτωτική τάση, με τα ηλεκτρικά επιβατικά αυτοκίνητα να κερδίζουν συνεχώς έδαφος. Όσον αφορά στα Υβριδικά Η.Ε.Υ., δείχνουν να κατέχουν ένα σταθερό μερίδιο, της τάξης του 30%, στην αγορά των καινούργιων αυτοκινήτων.

Κατά την άποψη του γράφοντος, η χαμηλή προτίμηση στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα οφείλεται σε δύο βασικούς λόγους:

1. Η τιμές των ηλεκτρικών αυτοκινήτων είναι σημαντικά υψηλότερες από των αντίστοιχων συμβατικών.
2. Οι υποδομές φόρτισης δεν έχουν ακόμα αναπτυχθεί όσο χρειάζεται, προκειμένου να εξυπηρετούν την καθημερινότητα του μέσου οδηγού.

Πιστεύουμε ότι η άποψη αυτή θα τεκμηριωθεί από όσα θα παρουσιαστούν στις επόμενες παραγράφους.

6.2.2 Ποσοστό ηλεκτρικών αυτοκινήτων στο σύνολο

Επειδή δεν στάθηκε δυνατό να βρούμε επικαιροποιημένα και αξιόπιστα στοιχεία, από τα οποία να προκύπτει το ποσοστό των ηλεκτρικών (Β.Ε.Υ. και Ρ.Η.Ε.Υ.) στο σύνολο των επιβατικών αυτοκινήτων που κυκλοφορούν στην χώρα μας, επιχειρούμε να κάνουμε μία εκτίμηση του ποσοστού αυτού, βασιζόμενοι στα ακόλουθα δεδομένα:

α) Τα στοιχεία του Πίνακα 6.1, καθώς και αναλυτικότερα στοιχεία του Σ.Ε.Ε.Α. για τον αριθμό των νέων ταξινομήσεων ηλεκτρικών αυτοκινήτων κατά κατηγορία (segment).^{[5] - [9]}

β) Έρευνα της Ένωσης Ευρωπαίων Κατασκευαστών Αυτοκινήτων (Association des Constructeurs Européens d'Automobiles, A.C.E.A.)^[10], σύμφωνα με την οποία, μέχρι και το τέλος του 2021 κυκλοφορούσαν στην Ελλάδα 5.408.149 επιβατικά αυτοκίνητα.

γ) Στοιχεία του Υ.Π.Ε.Ν., όπως αποδόθηκαν στον ηλεκτρονικό Τύπο^[11], σύμφωνα με τα οποία, έως και τον Νοέμβριο του 2022, κυκλοφορούσαν 17.801 ηλεκτρικά αυτοκίνητα.

δ) Εκτιμήσεις του ηλεκτρονικού Τύπου^[12], οι οποίες φέρουν το ποσοστό των επιβατικών αυτοκινήτων που διαγράφεται (αποσύρεται από την κυκλοφορία) κάθε χρόνο περίπου στο 1% των κυκλοφορούντων.

Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των παραπάνω στοιχείων παρουσιάζονται στον πίνακα 6.2, που ακολουθεί.

Έτος	Σύνολο ταξινομήσεων	Διαγραφές	Σύνολο κυκλοφορούντων	Νέες ταξινομήσεις ηλεκτρικών	Σύνολο ηλεκτρικών
2019	114.109			478	478
2020	80.977			2.135	2.613
2021	100.911		5.408.149	6.961	9.574
2022	105.283	54.000	5.459.432	8.320	^(*) 17.894
2023 ¹	126.246	55.000	5.530.678	13.971	31.865

¹ Από Ιανουάριο έως Νοέμβριο

Πίνακας 6.2: Εκτίμηση συνολικού αριθμού επιβατικών αυτοκινήτων και αριθμού ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην Ελλάδα κατά έτος.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ: Σ.Ε.Ε.Α., A.C.E.A.

* Ο αριθμός αυτός συμφωνεί αρκετά με τα στοιχεία του Υ.Π.Ε.Ν. (βλ. περίπτωση γ) παραπάνω)

Σημειώνουμε ότι ο παραπάνω πίνακας κατασκευάστηκε με τις εξής παραδοχές:

α) Ο αριθμός των αυτοκινήτων που διαγράφονται κάθε έτος, ισούται με το 1% του αριθμού αυτών που κυκλοφορούσαν κατά το προηγούμενο έτος (στρογγυλοποιημένο στον πλησιέστερο ακέραιο).

β) Κανένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο δεν αποσύρθηκε κατά το διάστημα Ιανουάριος 2019 – Νοέμβριος 2023.

Από τον πίνακα 6.2, είναι εύκολο να υπολογίσει κανείς ότι το ποσοστό των ηλεκτρικών στο σύνολο των κυκλοφορούντων επιβατικών αυτοκινήτων, κατά τον Νοέμβριο του 2023 ήταν: $\frac{31.865}{5.530.678} \cdot 100\% \approx 0,58\%$

Πρόκειται για ένα πολύ μικρό ποσοστό, που επιβεβαιώνει την εμπειρική εικόνα που μεταφέραμε στην παράγραφο 6.1.

6.2.3 Δημοφιλέστερες κατηγορίες ηλεκτρικών αυτοκινήτων

Ο Σύνδεσμος Εισαγωγέων Αντιπροσώπων Αυτοκινήτων (Σ.Ε.Ε.Α.) ταξινομεί τα επιβατικά αυτοκίνητα σε υποδιαίρεσεις (segments) κατά αυξανόμενο ολικό μήκος, με τα γράμματα Α έως Γ. Επίσης, αν η απόσταση του αυτοκινήτου από το έδαφος είναι μεγαλύτερη από 60mm, τότε αυτό χαρακτηρίζεται ως «SUV»^[13] (Sports Utility Vehicle).

Στον παρακάτω πίνακα 6.3 παρουσιάζουμε τις ταξινομήσεις αμιγώς ηλεκτρικών (B.E.V.), επαναφορτιζόμενων υβριδικών (P.H.E.V.) και θερμικών αυτοκινήτων ανά υποδιαίρεση, κατά το έτος 2023 (από Ιανουάριο μέχρι Νοέμβριο), όπως προκύπτουν από τις σχετικές ανακοινώσεις του Συνδέσμου Εισαγωγέων Αντιπροσώπων Αυτοκινήτων (Σ.Ε.Ε.Α.)^{[9], [14]}

Από τα στοιχεία αυτά, μπορεί κανείς να παρατηρήσει τα ακόλουθα:

α) Ως προς το δημοφιλέστερο είδος μεταξύ των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, τα P.H.E.V. συνολικά, υπερτερούν σημαντικά έναντι των B.E.V. με ποσοστά περίπου 60% και 40%, αντίστοιχα. Κατά την άποψη του γράφοντος, η διαφορά αυτή οφείλεται σε δύο λόγους:

- Στην δυσπιστία του αγοραστικού κοινού απέναντι στην αυτονομία των B.E.V. και
- Στο γεγονός ότι, όπως προαναφέραμε, οι υποδομές φόρτισης δεν εξυπηρετούν την καθημερινότητα του μέσου οδηγού.

β) Μακράν δημοφιλέστερη υποδιαίρεση στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα είναι η C–SUV, με ποσοστό περίπου 42% επί του συνόλου των ηλεκτρικών, ακολουθούμενη από την D–SUV, με αντίστοιχο ποσοστό περίπου 24%.

γ) Μακράν δημοφιλέστερα ηλεκτρικά οχήματα είναι τα P.H.E.V. υποδιαίρεσης C–SUV, με ποσοστό περίπου 36% επί του συνόλου, ακολουθούμενα από τα B.E.V. υποδιαίρεσης D–SUV, με ποσοστό περίπου 13% επί του συνόλου. Το δημοφιλέστερο μοντέλο της υποδιαίρεσης C–SUV (VOLVO XC40) στο βασικό επίπεδο εξοπλισμού, έχει τιμή αγοράς 51.067€ στην έκδοση P.H.E.V.^[15] και 49.588€ στην έκδοση B.E.V.^[16]. Αντίστοιχα, το δημοφιλέστερο μοντέλο υποδιαίρεσης D–SUV (TESLA model Y) έχει τιμή αγοράς 45.540€^[17].

δ) Στον αντίποδα βρίσκονται τα θερμικά αυτοκίνητα, των οποίων δημοφιλέστερες είναι οι μικρότερες και φθηνότερες υποδιαίρεσεις B–SUV και B, με ποσοστά 29% και 28% αντίστοιχα. Το δημοφιλέστερο μοντέλο της υποδιαίρεσης B–SUV (TOYOTA Yaris Cross) είναι υβριδικό (H.E.V.) και στο βασικό επίπεδο εξοπλισμού, έχει τιμή αγοράς 23.230€^[18]. Το δημοφιλέστερο μοντέλο (OPEL Corsa) της επόμενης σε προτίμηση υποδιαίρεσης B, έχει τιμή αγοράς 18.500€^[19].

Κατά την άποψη του γράφοντος, οι παραπάνω παρατηρήσεις τεκμηριώνουν το συμπέρασμα ότι η ηλεκτροκίνηση στον τομέα του επιβατικού αυτοκινήτου, απευθύνεται, προς το παρόν τουλάχιστον, στα πιο εύπορα κοινωνικά στρώματα, τα οποία μπορούν αφ'

ενός να εξοικονομήσουν υπερδιπλάσιο ποσόν για την αγορά του, και αφ' ετέρου διαθέτουν ιδιωτικό χώρο στάθμευσης και φόρτισης.

Υποδιαίρεση	Σύνολο	Τύπος αυτοκινήτου							
		BEV		PHEV		BEV&PHEV		ΘΕΡΜΙΚΑ	
			% ⁽¹⁾		% ⁽¹⁾		% ⁽¹⁾		% ⁽²⁾
A	9.667	316	2,262	0	0,000	316	2,262	9.351	8,329
A-SUV	2.743	0	0,000	0	0,000	0	0,000	2.743	2,443
B	32.181	687	4,917	0	0,000	687	4,917	31.494	28,052
B-SUV	33.569	414	2,963	199	1,424	613	4,388	32.956	29,354
C	10.378	721	5,161	611	4,373	1.332	9,534	9.046	8,057
C-SUV	27.058	768	5,497	5.091	36,440	5.859	41,937	21.199	18,882
D	1.941	642	4,595	235	1,682	877	6,277	1.064	0,948
D-SUV	6.406	1.844	13,199	1.446	10,350	3.290	23,549	3.116	2,775
E	98	14	0,100	12	0,086	26	0,186	72	0,064
E-SUV	560	1	0,007	399	2,856	400	2,863	160	0,143
F-G	168	112	0,802	23	0,165	135	0,966	33	0,029
F-G SUV	363	82	0,587	147	1,052	229	1,639	134	0,119
MPV &Combi	762	199	1,424	6	0,043	205	1,467	557	0,496
SPORTS	349	1	0,007	1	0,007	2	0,014	347	0,309
ΣΥΝΟΛΟ	126.243	5.801	41,522	8.170	58,478	13.971	100,000	112.272	100,000

(1) Τα ποσοστά αναφέρονται επί του συνόλου των ηλεκτρικών αυτοκινήτων

(2) Τα ποσοστά αναφέρονται επί του συνόλου των θερμικών αυτοκινήτων

Πίνακας 6.3: Ταξινόμησεις νέων επιβατικών αυτοκινήτων ανά υποδιαίρεση κατά το έτος 2023

ΣΤΟΙΧΕΙΑ: Σ.Ε.Ε.Α.

6.3 Υποδομές φόρτισης

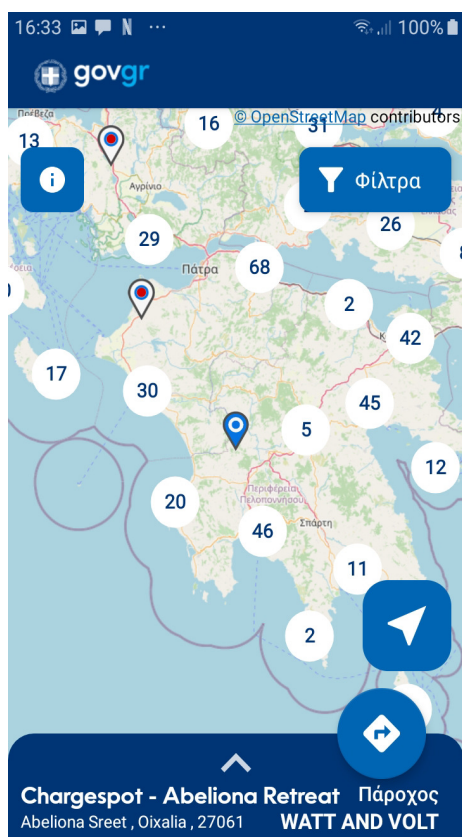
Για να μπορέσει να αναπτυχθεί η ηλεκτροκίνηση στην χώρα μας, είναι αναγκαία η ταυτόχρονη ανάπτυξη αρκετών σταθμών φόρτισης και συνακόλουθα ικανού δικτύου ηλεκτροδότησης, ώστε να ανταποκρίνονται στον στόλο των οχημάτων και να εξυπηρετούν την καθημερινότητα των οδηγών.

6.3.1 Δίκτυα σταθμών φόρτισης

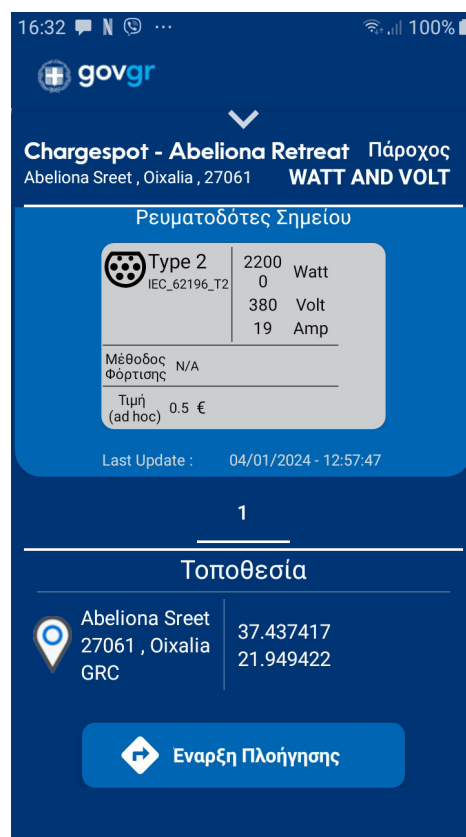
Στην Ελλάδα λειτουργούν αυτή την στιγμή 2.209 σταθμοί φόρτισης σε δημόσια προσβάσιμους χώρους, στις αστικές περιοχές, καθώς και στο εθνικό και επαρχιακό δίκτυο. Η εγκατάσταση και διαχείριση των φορτιστών γίνεται από τις ιδιωτικές εταιρείες – παρόχους ηλεκτρικής ενέργειας (nrg incharge, protergeia charge, ΔΕΗ blue κ.ά.), ακολουθώντας προφανώς τον νόμο προσφοράς και ζήτησης.

Για την εξυπηρέτηση των οδηγών, το Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών (Υ.ΜΕ) έχει δημιουργήσει ηλεκτρονική πλατφόρμα, αποτελούμενη από ιστοσελίδα^[20] καθώς και εφαρμογή (app) για κινητά τηλέφωνα, η οποία διαθέτει επιπλέον δυνατότητα πλοήγησης. Η εφαρμογή αυτή ονομάζεται «reCharge» και είναι διαθέσιμη για λήψη στο App Store και στο Google Play. Με οποιοδήποτε από τα δύο αυτά μέσα, μπορεί ο κάθε ενδιαφερόμενος να βρει τον σταθμό φόρτισης που τον εξυπηρετεί καθώς και πληροφορίες όπως η παρεχόμενη ισχύς, ο τύπος βύσματος και η τιμή ανά kWh.

Ενδεικτικά στιγμιότυπα οθόνης της εφαρμογής reCharge φαίνονται στις επόμενες εικόνες 6.1 και 6.2.



Εικόνα 6.1: Χάρτης σταθμών φόρτισης από την εφαρμογή recharge
ΠΗΓΗ: ΕΦΑΡΜΟΓΗ reCharge



Εικόνα 6.2: Πληροφορίες σταθμού φόρτισης από την εφαρμογή reCharge
ΠΗΓΗ: ΕΦΑΡΜΟΓΗ reCharge

Από τον συνδυασμό του αριθμού των σταθμών φόρτισης και του αριθμού των ηλεκτρικών αυτοκινήτων που κυκλοφορούν, προκύπτει ότι οι υπάρχοντες 2.209 σταθμοί φόρτισης καλούνται να καλύψουν τις ανάγκες 31.865 ηλεκτρικών αυτοκινήτων, γεγονός που μεταφράζεται σε αναλογία 14,4 αυτοκινήτων ανά σταθμό.

Εκτίμησή μας είναι ότι ο αριθμός των υπαρχόντων σταθμών φόρτισης υπερκαλύπτει τις παρούσες ανάγκες, αλλά στο κοντινό μέλλον θα πρέπει να δημιουργηθούν νέοι, προκειμένου να ικανοποιήσουν τις ανάγκες των οχημάτων που θα ενταχθούν στον στόλο τα επόμενα χρόνια.

6.3.2 Κόστος φόρτισης

Α. Φόρτιση στο σπίτι

Η ισχύουσα κατάσταση στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας καθιστά εξαιρετικά δυσχερή, αν όχι αδύνατο, τον ακριβή υπολογισμό του κόστους φόρτισης ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου στο σπίτι. Και αυτό διότι η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας ανά κιλοβατώρα δεν είναι ενιαία και σταθερή, αλλά εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η διαμόρφωση των τιμών στο «χρηματιστήριο ενέργειας», η πολιτική του εκάστοτε παρόχου, το συγκεκριμένο πρόγραμμα που έχει επιλέξει ο καταναλωτής κ.λ.π.

Παρ' όλα αυτά, θεωρήσαμε σκόπιμο να παραθέσουμε μια γενική εκτίμηση, θεωρώντας ως πιο αντιπροσωπευτικό για τον μέσο καταναλωτή το οικιακό τιμολόγιο Γ1/Γ1N της Δ.Ε.Η. Η επιλογή μας αυτή βασίστηκε στους ακόλουθους λόγους:

- α)** Η Δ.Ε.Η. είναι αυτή τη στιγμή ο μεγαλύτερος πάροχος ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα.
- β)** Το τιμολόγιο Γ1/Γ1N έχει τα χαρακτηριστικά του ειδικού τιμολογίου («πράσινο τιμολόγιο»), που έχει θεσπιστεί με νόμο, και στο οποίο μεταπίπτουν αυτόματα όσοι

καταναλωτές δεν επιλέξουν διαφορετικά. Η τιμή ανά κιλοβατώρα που ανακοινώνεται είναι η τελική τιμή (δεν εφαρμόζεται μηχανισμός αναπροσαρμογής) και διατηρείται σταθερή για έναν μήνα.

Την στιγμή που γράφονται αυτές οι γραμμές, οι ισχύουσες τιμές για το εν λόγω τιμολόγιο είναι: ^[21]

Χρέωση ημέρας	$0,13636 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$ (για μηνιαία κατανάλωση $\leq 500\text{kWh}$)
	$0,14595 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$ (για μηνιαία κατανάλωση $> 500\text{kWh}$)
Χρέωση νύχτας (*)	$0,11155 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$ (ανεξαρτήτως μηνιαίας κατανάλωσης)

(*) **Θερινή περίοδος** (1 Μαΐου έως 31 Οκτωβρίου): 23:00-07:00

Χειμερινή περίοδος (1 Νοεμβρίου έως 30 Απριλίου): 02:00-08:00 και 15:00-17:00

ΣΤΟΙΧΕΙΑ: Δ.Ε.Η.

Κάνουμε τις εξής παραδοχές:

α) Δεν λαμβάνουμε υπ' όψιν τις «προωθητικές ενέργειες» πολλών κατασκευαστών ή αντιπροσώπων, οι οποίοι μαζί με την αγορά του αυτοκινήτου προσφέρουν, για ορισμένο χρονικό διάστημα, δωρεάν φόρτιση στο δίκτυο κάποιου από τους παρόχους.

β) Οι πάγιες χρεώσεις καθώς και οι χρεώσεις υπέρ τρίτων (Δημοτικά τέλη, τέλη υπέρ ΕΡΤ κ.λ.π) δεν πρέπει να συνυπολογιστούν, γιατί επιβαρύνουν τον καταναλωτή ούτως ή άλλως. Πρέπει όμως να συνυπολογιστούν οι επιπλέον χρεώσεις που εξαρτώνται από την κατανάλωση, δηλαδή οι «ρυθμιζόμενες χρεώσεις» (κατά το μεταβλητό τους μέρος), οι οποίες

ανέρχονται συνολικά ^[22] σε $0,04649 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$ και ο ΦΠΑ (6%).

γ) Η τακτική φόρτιση ενός αμιγώς ηλεκτρικού αυτοκινήτου προσαυξάνει την συνολική μηνιαία κατανάλωση, ώστε αυτή να υπερβαίνει τις $500 \frac{\text{kWh}}{\text{μήνα}}$.

δ) Η φόρτιση γίνεται κατά μεγάλο ποσοστό κατά τις ώρες που ισχύει η μειωμένη χρέωση νύχτας. Εκτιμάμε το ποσοστό αυτό σε 80%.

Με τις παραπάνω παραδοχές, το μέσο κόστος φόρτισης ανά κιλοβατώρα είναι:

$$\left((0,14595 + 0,04649) \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \cdot \frac{20}{100} + (0,11155 + 0,04649) \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \cdot \frac{80}{100} \right) \cdot \left(1 + \frac{6}{100} \right) \approx 0,17 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

B. Φόρτιση σε δημόσια προσβάσιμους φορτιστές

Μια περιήγηση στην εφαρμογή reCharge που προαναφέραμε, δείχνει ότι στους δημόσια προσβάσιμους σταθμούς, το κόστος για φόρτιση εναλλασσόμενου ρεύματος στην πλειοψηφία των σταθμών είναι $0,45 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$ αλλά μπορεί να φθάσει έως $0,55 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$, ενώ για

φόρτιση συνεχούς ρεύματος φθάνει τα $0,65 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$.

Παρατηρούμε ότι το κόστος φόρτισης στους δημόσια προσβάσιμους φορτιστές είναι τρεις έως τέσσερις περίπου φορές μεγαλύτερο σε σχέση με την οικιακή φόρτιση.

Χρησιμοποιώντας τις παραπάνω τιμές, παρουσιάζουμε στον ακόλουθο πίνακα 6.4 μία εκτίμηση για το συνολικό κόστος φόρτισης της μπαταρίας χωρητικότητας 69kWh ^[16] του δημοφιλέστερου μεταξύ των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, που αναφέραμε παραπάνω (§6.2.3).

Επίπεδο φόρτισης	Συνολικό κόστος φόρτισης (€)		
	Οικιακή φόρτιση	Φόρτιση σε δημόσια προσβάσιμο σταθμό	
		Φόρτιση AC	Φόρτιση DC
	$\left(0,17 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}\right)$	$\left(0,45 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}\right)$	$\left(0,65 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}\right)$
Πλήρης φόρτιση (0 – 100%)	11,73	31,05	44,85
Συνήθης φόρτιση (20% - 80%)	7,04	18,63	26,91

Πίνακας 6.4: Εκτίμηση συνολικού κόστους φόρτισης μπαταρίας 69kWh
ΣΤΟΙΧΕΙΑ: Δ.Ε.Η., reCharge

6.4 Μέτρα της Πολιτείας

Η Ελληνική Πολιτεία, έλαβε εγκαίρως μέτρα, προκειμένου να ρυθμίσει ζητήματα σχετικά με την ηλεκτροκίνηση. Τα μέτρα αυτά μπορούν να διααιρεθούν σε δύο δέσμες:

- Η 1^η δέσμη αφορά στην ρύθμιση θεσμικών και τεχνικών ζητημάτων σχετικά με την εγκατάσταση φορτιστών, την διαχείριση του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας και την τιμολόγηση των αντίστοιχων υπηρεσιών.
- Η 2^η δέσμη αφορά στην παροχή οικονομικών κινήτρων για την προώθηση της ηλεκτροκίνησης και την ανάπτυξη των υποδομών φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων. Στην συνέχεια παρουσιάζουμε τις δύο αυτές δέσμες μέτρων, παραθέτοντας μια σύντομη αναφορά στο περιεχόμενο κάθε νομοθετήματος.

6.4.1 Νομικό πλαίσιο για την ρύθμιση θεσμικών και τεχνικών ζητημάτων

1. Κοινή Υπουργική Απόφαση Υφυπουργών Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων – Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής 71287/6443 «Καθορισμός των όρων, προϋποθέσεων και τεχνικών προδιαγραφών συσκευών φόρτισης συσσωρευτών ηλεκτροκίνητων οχημάτων, για την εγκατάσταση αυτών σε υφιστάμενα ή υπό αδειοδότηση «Πρατήρια παροχής Καυσίμων και Ενέργειας», σε υφιστάμενους ή υπό αδειοδότηση στεγασμένους και υπαίθριους σταθμούς αυτοκινήτων, σε υφιστάμενα ή υπό αδειοδότηση συνεργεία συντήρησης και επισκευής αυτοκινήτων, μοτοσυκλετών και μοτοποδηλάτων και σε υφιστάμενα ή υπό αδειοδότηση δημόσια ή ιδιωτικά Κ.Τ.Ε.Ο.», Φ.Ε.Κ Β'50 – 15/1/2015.^[23]

Καθορίζεται το νομικό πλαίσιο για την εγκατάσταση φορτιστών σε δημόσια προσβάσιμους χώρους και υιοθετείται το πρότυπο IEC 61851–1, όπως αναφέραμε και στο κεφάλαιο 5 (§5.2.3).

2. Υπουργική απόφαση Οικ. ΔΠΠ 1418 «Ενσωμάτωση στο εθνικό δίκαιο της Οδηγίας 2014/32/ΕΕ σχετικά με τα “Όργανα μέτρησης” (...), Φ.Ε.Κ. Β'1231 – 27/4/2016.^[24]

Ρυθμίζει τεχνικά ζητήματα και προδιαγραφές σχετικά με τους μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας (μεταξύ άλλων), που πρέπει να διαθέτουν οι σταθμοί φόρτισης.

3. ΝΟΜΟΣ 4643/2020, «Απελευθέρωση αγοράς ενέργειας, εκσυγχρονισμός της ΔΕΗ, ιδιωτικοποίηση της ΔΕΠΑ και στήριξη των Α.Π.Ε. και λοιπές διατάξεις», Φ.Ε.Κ. Α'193 – 3/12/2019.^[25]

Ρυθμίζει θεσμικά ζητήματα σχετικά με την εγκατάσταση, την λειτουργία και την διασύνδεση σημείων φόρτισης, θεσμοθετώντας τέσσερις κατηγορίες φορέων:

α) Φορείς Εκμετάλλευσης Υποδομών Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων (Φ.Ε.Υ.Φ.Η.Ο.). Αυτοί οι φορείς είναι ατομικές επιχειρήσεις ή νομικά πρόσωπα, που έχουν σαν σκοπό την εκμετάλλευση των υποδομών φόρτισης, δηλαδή την παροχή υπηρεσιών επαναφόρτισης στους χρήστες ηλεκτρικών οχημάτων. Κάθε Φ.Ε.Υ.Φ.Η.Ο. είναι υπεύθυνος για την άρτια τεχνική

συντήρηση των υποδομών φόρτισης καθώς και την εποπτεία και τον έλεγχο αυτών. Φέρει την ευθύνη της ασφαλούς λειτουργίας των υποδομών, για την αποφυγή οποιουδήποτε ατυχήματος. Οι Φ.Ε.Υ.Φ.Η.Ο. είναι υποχρεωμένοι να λειτουργούν ηλεκτρονικές πλατφόρμες για την εποπτεία και των έλεγχου των υποδομών επαναφόρτισης, καθώς και πληροφοριακά συστήματα για την διαχείριση των συλλεγόμενων πληροφοριών.

β) Οι Πάροχοι Υπηρεσιών Ηλεκτροκίνησης (Π.Υ.Η.), οι οποίοι παρέχουν υπηρεσίες ηλεκτροκίνησης σε συμβεβλημένους χρήστες. Οι Π.Υ.Η. μπορούν να συνάπτουν συμφωνίες με Φ.Ε.Υ.Φ.Η.Ο. ή να λειτουργούν οι ίδιοι ως τέτοιοι. Επιπλέον, μπορούν να παρέχουν και άλλες υπηρεσίες, που σχετίζονται με την επαναφόρτιση, όπως εύρεση διαθέσιμων σημείων επαναφόρτισης και η κράτηση και πλοήγηση μέχρι το σημείο αυτό, με σκοπό την καλύτερη δυνατή εξυπηρέτηση των χρηστών.

γ) Οι Φορείς Διεκπεραίωσης Συναλλαγών (Φ.Δ.Σ.) οι οποίοι μεσολαβούν στην διεκπεραίωση οικονομικών συναλλαγών μεταξύ Φ.Ε.Υ.Φ.Η.Ο. και Π.Υ.Η. Για την επίτευξη της αναγκαίας διαλειτουργικότητας αναπτύσσουν και λειτουργούν ηλεκτρονικές πλατφόρμες για την ανταλλαγή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων.

δ) Οι Φορείς Σωρευτικής Εκπροσώπησης Φορτίου Ηλεκτρικών Οχημάτων (ΦΟ.Σ.Ε.Φ.Η.Ο.), οι οποίοι εκπροσωπούν το φορτίο ηλεκτρικών οχημάτων στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Για την παροχή των υπηρεσιών τους πρέπει να διαθέτουν την δυνατότητα διαχείρισης του φορτίου ηλεκτρικών οχημάτων στο δίκτυο που εκπροσωπούν με την αξιοποίηση των δυνατοτήτων διαχείρισης του φορτίου μέσω απομακρυσμένων συστημάτων εποπτείας και ελέγχου των υποδομών επαναφόρτισης. Οι ΦΟ.Σ.Ε.Φ.Η.Ο. μπορούν να συμβάλλονται με άλλους φορείς της αγοράς ηλεκτροκίνησης (Φ.Ε.Υ.Φ.Η.Ο. και Π.Υ.Η.) ή και με χρήστες ηλεκτρικών οχημάτων μη δημόσια προσβάσιμων σταθμών φόρτισης.

4. Υπουργική Απόφαση 42863/438, «Καθορισμός των όρων, των προϋποθέσεων και των τεχνικών προδιαγραφών για την εγκατάσταση συσκευών φόρτισης συσσωρευτών ηλεκτροκίνητων οχημάτων (σημεία επαναφόρτισης), στις εγκαταστάσεις εξυπηρέτησης οχημάτων, σε δημοσίως προσβάσιμα σημεία επαναφόρτισης κατά μήκος του αστικού, υπεραστικού και εθνικού οδικού δικτύου καθώς και σε χώρους στάθμευσης δημόσιων και ιδιωτικών κτιρίων», Φ.Ε.Κ. Β'2040 – 4/6/2019.^[26]

Επεκτείνει το νομικό πλαίσιο για την εγκατάσταση φορτιστών, ώστε να περιλαμβάνει και ιδιωτικούς χώρους.

5. Νόμος 4710/2020 «Προώθηση της ηλεκτροκίνησης και άλλες διατάξεις», Φ.Ε.Κ. Α'142 – 23/7/2020.^[27]

Προβλέπει την δημιουργία Μητρώου Υποδομών και Φορέων Αγοράς Ηλεκτροκίνησης (Μ.Υ.Φ.Α.Η.) από το Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών, στο οποίο εγγράφονται υποχρεωτικά όλοι οι φορείς της αγοράς ηλεκτροκίνησης. Επιπλέον, οι Φ.Ε.Υ.Φ.Η.Ο. υποχρεούνται να δηλώνουν στο Μ.Υ.Φ.Α.Η. όλα τα δημοσίως προσβάσιμα σημεία επαναφόρτισης που διαχειρίζονται και να λειτουργούν ηλεκτρονικές πλατφόρμες για την εποπτεία και τον έλεγχο των υποδομών επαναφόρτισης, καθώς και πληροφοριακά συστήματα διαχείρισης των συλλεγόμενων πληροφοριών.

Προβλέπει την σύσταση Αυτοτελούς Τμήματος Ηλεκτροκίνησης στο Υ.Π.Ε.Ν., για την χάραξη στρατηγικής για την προώθηση της ηλεκτροκίνησης, την επεξεργασία νομοθετικών ρυθμίσεων και την εποπτεία των φορέων της αγοράς.

Ρυθμίζει χωροταξικά ζητήματα σχετικά με την χωροθέτηση θέσεων στάθμευσης και φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων γενικά αλλά και ειδικότερα (σε πιάτσες ταξί, για ΑμΕΑ κ.λ.π). Υποχρεώνει επίσης τους δήμους στην εκπόνηση Σχεδίων Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων (Σ.Φ.Η.Ο.) μέχρι τις 30/6/2021.

Ο νόμος αυτός προβλέπει και πολλά κίνητρα, οικονομικά και άλλα, για τα οποία γίνεται αναφορά στην επόμενη παράγραφο.

6. Υπουργική Απόφαση 101195 «Γενικές και ειδικές απαιτήσεις για τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις», Φ.Ε.Κ. Β'4654 – 8/10/2021.^[28]

Θεσπίζει τις γενικές και ειδικές απαιτήσεις ασφαλείας που πρέπει να πληρούν οι κάθε είδους ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, και ρυθμίζει διαδικαστικά ζητήματα σχετικά με τη μελέτη, την κατασκευή, την τροποποίηση, τη συντήρηση και τον έλεγχό τους.

6.4.2 Νομικό πλαίσιο για την παροχή οικονομικών κινήτρων

1. Νόμος 4710/2020 «Προώθηση της ηλεκτροκίνησης και άλλες διατάξεις», Φ.Ε.Κ. Α'142 – 23/7/2020.^[27]

Προβλέπει την μη καταβολή αντιτίμου για στάθμευση ηλεκτρικού οχήματος στις θέσεις ελεγχόμενης στάθμευσης των δήμων.

Χορηγεί κίνητρα σε επιχειρήσεις παραγωγής ηλεκτρικών οχημάτων και σχετικών αγαθών ή ειδών. Για την Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας και την περιφερειακή ενότητα Αρκαδίας, προβλέπονται επιπλέον κίνητρα.

Επιβάλλει περιορισμούς στις εισαγωγές μεταχειρισμένων συμβατικών οχημάτων.

Χορηγεί φοροαπαλλαγές για δαπάνες σχετικές με οχήματα μηδενικών ή χαμηλών ρύπων και εξαιρεί την αγορά αυτοκινήτου μηδενικών ρύπων από την ετήσια αντικειμενική δαπάνη και δαπάνη απόκτησης περιουσιακών στοιχείων.

Χορηγεί προσαυξημένες εκπτώσεις από τα ακαθάριστα έσοδα σε επιχειρήσεις για συγκεκριμένες δαπάνες, που αφορούν τους εργαζόμενους και την προστασία του περιβάλλοντος. Μεταξύ αυτών συγκαταλέγεται και η δαπάνη αγοράς, εγκατάστασης και λειτουργίας δημόσια προσβάσιμων σημείων φόρτισης οχημάτων μηδενικών ή χαμηλών ρύπων. Αν η ενέργεια των σταθμών αυτών προέρχεται εξ ολοκλήρου από Α.Π.Ε., η έκπτωση προσαυξάνεται ακόμα περισσότερο, και στα νησιά φθάνει το 90% της δαπάνης.

2. Υπουργική απόφαση ΥΠΕΝ/ΕΣΠΑΕΝ/77472/520, «Προκήρυξη της δράσης “ΚΙΝΟΥΜΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ”», Φ.Ε.Κ. Β'3323 – 7/8/2020.^[29]

Επρόκειτο για πρόγραμμα επιδοτήσεων για την αγορά ηλεκτρικού ή επαναφορτιζόμενου υβριδικού οχήματος. Προσέφερε σε ιδιώτες επιδότηση επί της τιμής αγοράς ποσοστού 20% για ηλεκτρικό αυτοκίνητο με τιμή αγοράς έως 30.000€ (προ φόρων) και 15% αν η αντίστοιχη τιμή ήταν από 30.001€ έως 50.000€, με μέγιστο όριο τα 6.000€. Για επιχειρήσεις, το ποσοστό ήταν 15%, με μέγιστο όριο τις 5.500€ για ηλεκτρικό και 4.000€ για υβριδικό. Προέβλεπε πρόσθετες επιδοτήσεις σε Α.μ.Ε.Α., τρίτεκνους και πολύτεκνους (1000€ επί πλέον), για την απόσυρση συμβατικού αυτοκινήτου (1.000€ επιπλέον) και για την αγορά «έξυπνου» φορτιστή (500€).

Για αντικατάσταση ΤΑΞΙ, η επιδότηση ήταν 25% με όριο τις 10.500€ για αγορά ηλεκτρικού και 15% με όριο τις 8.000€ για υβριδικό. Η απόσυρση του παλαιού ΤΑΞΙ ήταν υποχρεωτική.

Προβλέπονταν επίσης επιδοτήσεις για αγορά ηλεκτρικών δικύκλων και τρικύκλων (20% με όριο τα 800€) και ηλεκτρικών ποδηλάτων (40% με όριο τα 800€).

3. Υπουργική Απόφαση ΥΠΕΝ/ΑΤΗ/70517/238 «Προκήρυξη της Δράσης “ΚΙΝΟΥΜΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ - Β' κύκλος”», Φ.Ε.Κ. Β'3981 – 27/7/2022^[30]

Το νέο αυτό πρόγραμμα αφορά αποκλειστικά και μόνο αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα, για την αγορά των οποίων αυξάνει τις επιδοτήσεις. Η επιδότηση σε ιδιώτες για αγορά ηλεκτρικού αυτοκινήτου αυξάνεται σε 30% επί της τιμής αγοράς, με μέγιστο όριο τα 8.000€. Η πρόσθετη επιδότηση σε Α.μ.Ε.Α. παραμένει 1.000€, αλλά σε τρίτεκνους και πολύτεκνους αυξάνεται σε 1.000€ ανά τέκνο, με όριο τις 4.000€.

Νέα κατηγορία δικαιούχων αποτελούν οι νέοι έως 29 ετών, με πρόσθετη επιδότηση 1.000€. Η απόσυρση συμβατικού αυτοκινήτου και για η αγορά «έξυπνου» φορτιστή εξακολουθούν να επιδοτούνται με 1.000€ και 500€, αντίστοιχα.

Οι επιδοτήσεις για αγορά ηλεκτρικών δικύκλων και τρικύκλων αυξάνονται και εξειδικεύονται: Στις κατηγορίες L5e έως L7e η επιδότηση γίνεται 40% με όριο τις 3.000€, ενώ στις L1e έως L4e γίνεται 30% με όριο τα 1.300€. Για τα ηλεκτρικά ποδήλατα δεν υπάρχει μεταβολή (40% με όριο τα 800€).

Τέλος, το ύψος των επιδοτήσεων σε επιχειρήσεις διαφοροποιείται ανάλογα με την δραστηριότητά τους και τον αριθμό των οχημάτων που διαθέτουν.

4. Υπουργική απόφαση ΥΠΕΝ/ΑΤΗ/49144/468, «*Προκήρυξη της Δράσης με τίτλο “ΦΟΡΤΙΣΩ ΠΑΝΤΟΥ” (...)*», Φ.Ε.Κ. Β'2966 – 5/5/2023.^[31]

Με την δράση αυτή παρέχονται οικονομικά κίνητρα σε επιχειρήσεις, για την εγκατάσταση και σύνδεση στο ηλεκτρικό δίκτυο δημοσίως προσβάσιμων σταθμών φόρτισης σε αστικές και περιαστικές περιοχές και σημεία ενδιαφέροντος (αεροδρόμια, αυτοκινητόδρομοι, λιμένες, χώροι στάθμευσης κ.α.).

Η ηλεκτρική ενέργεια που θα τροφοδοτεί τους σταθμούς αυτούς πρέπει να παράγεται από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ).

Για σταθμούς που θα εγκατασταθούν σε δημοτικά Σ.Φ.Η.Ο. (Σχέδια Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων), το ποσοστό της ενίσχυσης κυμαίνεται από 50% έως 70%, ανάλογα με το μέγεθος του εκάστοτε δήμου. Για τους υπόλοιπους σταθμούς το ποσοστό κυμαίνεται από 20% έως 65%, ανάλογα με την Περιφερειακή Ενότητα όπου θα γίνει η εγκατάσταση και το μέγεθος της δικαιούχου εταιρείας. Στόχος είναι η εγκατάσταση στην Ελληνική Επικράτεια περισσότερων από 8.000 σταθμών φόρτισης, αθροιστικής ισχύος 300MW.

6.4.3 Κόστος ηλεκτροκίνησης

Στο σημείο αυτό, θεωρούμε σκόπιμο να επιχειρήσουμε να εξετάσουμε το ζήτημα της ηλεκτροκίνησης στον τομέα του επιβατικού αυτοκινήτου αποκλειστικά και μόνο από οικονομική άποψη και να δώσουμε μία απάντηση σε δύο βασικά ερωτήματα:

- α)** Ωφελείται οικονομικά ο μέσος αγοραστής ηλεκτρικού αυτοκινήτου και κατά πόσο;
- β)** Είναι απαραίτητη η κρατική επιδότηση για την προώθηση της ηλεκτροκίνησης;

Για τον σκοπό αυτόν συγκρίνουμε ένα αμιγώς ηλεκτρικό, ένα υβριδικό και ένα συμβατικό επιβατικό αυτοκίνητο.

Η επιλογή των συγκεκριμένων μοντέλων, βασίστηκε στα στοιχεία του Σ.Ε.Ε.Α., τα οποία, όπως προαναφέραμε (§6.2.3), δείχνουν ότι δημοφιλέστερη υποδιαίρεση επιβατικών αυτοκινήτων είναι η B-SUV. Γι' αυτόν τον λόγο, θεωρήσαμε την υποδιαίρεση αυτή ως πιο αντιπροσωπευτική για τον μέσο αγοραστή, και επιλέξαμε να συγκρίνουμε μεταξύ τους:

- α)** Το δημοφιλέστερο μοντέλο της υποδιαίρεσης B-SUV, το οποίο είναι το υβριδικό (H.E.V) TOYOTA Yaris Cross.
- β)** Το δημοφιλέστερο αμιγώς ηλεκτρικό (B.E.V) μοντέλο της υποδιαίρεσης αυτής, το οποίο είναι το OPEL Mokka-e.
- γ)** Το δημοφιλέστερο αμιγώς θερμικό μοντέλο της ίδιας υποδιαίρεσης, το οποίο είναι το PEUGEOT 2008.

Στον επόμενο πίνακα 6.5 παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία που αφορούν το κόστος αγοράς και ετήσιας χρήσης των τριών μοντέλων που προαναφέραμε, ενώ στον πίνακα 6.6 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της σύγκρισης.

Η κατασκευή του πίνακα 6.5 βασίστηκε στα ακόλουθα δεδομένα:

- Οι τιμές αγοράς, κατανάλωσης και εκπομπών CO₂ αφορούν την βασική έκδοση κάθε μοντέλου, όπως ανακοινώνονται από τον κάθε κατασκευαστή.^{[18], [32], [33]}
- Τα τέλη κυκλοφορίας προκύπτουν από την ισχύουσα νομοθεσία (άρθρο 38 νόμου 4758/2020, Φ.Ε.Κ. Α'242-4/12/2020).^[34]
- Η τιμή της βενζίνης είναι ενδεικτική, πάρθηκε από την ιστοσελίδα του Υπουργείου Ανάπτυξης^[35] στις 8/1/2023 και αναφέρεται στο πλησιέστερο πρατήριο στον τόπο κατοικίας του γράφοντος.

- Ως σύνολο των διανυόμενων χιλιομέτρων σε ένα έτος λάβαμε την κοινώς αποδεκτή μέση τιμή των 10.000km.
- Το ετήσιο κόστος συντήρησης περιλαμβάνει μόνο ό,τι διαφοροποιεί την συντήρηση του κινητήρα, και συνίσταται σε δύο αλλαγές λαδιών και μία αλλαγή φίλτρου λαδιών ανά έτος. Η συντήρηση άλλων συστημάτων (φρένα, αναρτήσεις, ελαστικά κ.λ.π. δεν λαμβάνεται υπόψη, γιατί αφ' ενός είναι κάτι που απαιτείται για όλους τους τύπους, και αφ' ετέρου το κόστος της εξαρτάται από το συγκεκριμένο όχημα.
- Κανένα όχημα δεν παρουσιάζει κανενός είδους βλάβη.
- Ως κόστος φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος ανά κιλοβατώρα, λάβαμε τις εκτιμώμενες τιμές της παραγράφου 6.3.1

1		B.E.V. OPEL Mokka-e	H.E.V. TOYOTA Yaris Cross	ΘΕΡΜΙΚΟ PEUGEOT 2008
2	Τιμή αγοράς χωρίς επιδότηση (€)	41.000	23.230	24.100
3	Τιμή αγοράς με επιδότηση ⁽¹⁾ (€)	33.000	23.230	24.100
4	Εκπομπές CO ₂ $\left(\frac{g}{km}\right)$	0	100	123
5	Τέλη κυκλοφορίας (€)	0	0	79
6	Ετήσια Συντήρηση (€)	0	90	90
7	Κατανάλωση	$15,9 \frac{kWh}{100km}$	$4,4 \frac{\ell}{100km}$	$5,4 \frac{\ell}{100km}$
8	Ετήσια κατανάλωση (10.000km)	1.590kWh	440ℓ	540ℓ
9	Ετήσιο κόστος ανεφοδιασμού (€)	Οικιακή φόρτιση ⁽²⁾ : 270	787 ⁽⁵⁾	966 ⁽⁵⁾
		Δημόσια φόρτιση AC ⁽³⁾ : 716		
		Δημόσια φόρτιση DC ⁽⁴⁾ : 1.034		
10	Συνολικό ετήσιο κόστος 5 + 6 + 9 (€)	Οικιακή φόρτιση: 270	877	1135
		Δημόσια φόρτιση AC: 716		
		Δημόσια φόρτιση DC: 1.034		

⁽¹⁾ Η επιδότηση περιορίζεται στις 8000€, γιατί $41.000 \cdot 30\% = 12.300 > 8.000$ ⁽²⁾ Οικιακή φόρτιση: $0,17 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$

⁽³⁾ Ταχεία AC φόρτιση: $0,45 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$ ⁽⁴⁾ Ταχεία DC φόρτιση: $0,65 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$ ⁽⁵⁾ Τιμή βενζίνης: $1,788 \frac{\text{€}}{\ell}$

Πίνακας 6.5: Κόστος αγοράς και χρήσης επιβατικών αυτοκινήτων BEV, HEV και βενζίνης

Συγκρινόμενα οχήματα	Διαφορά τιμής αγοράς (€)		Διαφορά ετήσιας δαπάνης (€)		Έτη για απόσβεση της διαφοράς			
	Χωρίς επιδότηση	Με επιδότηση	Οικιακή φόρτιση (Ο.Φ.)	Δημόσια φόρτιση AC (Δ.ΑC)	Χωρίς επιδότηση		Με επιδότηση	
					Ο.Φ.	Δ.ΑC	Ο.Φ.	Δ.ΑC
B.E.V. – H.E.V	17.770	9.770	-607	-161	29	110	16	61
B.E.V.– Θερμικό	16.900	8.900	-865	-419	20	40	10	21
Θερμικό – H.E.V.	870		258		3			

Πίνακας 6.6: Σύγκριση επιβατικών αυτοκινήτων BEV, HEV και βενζίνης

Ο γράφων δεν θεωρεί ότι το ζήτημα της σύγκρισης εξαντλείται με τα στοιχεία που παρατέθηκαν παραπάνω. Μια πιο εμπειριστατωμένη προσέγγιση θα έπρεπε να εξετάσει και άλλες παραμέτρους, που όμως δεν είναι δυνατόν, στο παρόντα χρόνο, να εκτιμηθούν με ακρίβεια. Τέτοιες παράμετροι είναι:

- **Ρυθμός εμφάνισης βλαβών:** Η αξιοπιστία των συμβατικών αυτοκινήτων, κατά τα τελευταία 30 έτη τουλάχιστον, είναι γνωστή και δεδομένη: λειτουργούν απροβλημάτιστα για περισσότερα από 300.000km. Για τα ηλεκτρικά όμως, δεν υπάρχει αντίστοιχη μακροχρόνια πείρα.
- **Αξία μεταπώλησης:** Ένα συμβατικό αυτοκίνητο, μετά από 8 έτη έχει τιμή μεταπώλησης ίση με το 20% έως 30% της αρχικής τιμής του. Είναι όμως απροσδιόριστο, το ποιο μέρος της αρχικής του αξίας θα διατηρεί ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο, όταν η μπαταρία πάψει να καλύπτεται από εγγύηση (συνήθως μετά από 8 έτη), πόσο μάλλον αν πραγματοποιηθεί η υπεσχημένη από τους κατασκευαστές πτώση των τιμών των ηλεκτρικών αυτοκινήτων.

Παρ' όλα αυτά, από τα στοιχεία των δύο παραπάνω πινάκων μπορούν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα:

α) Η σε καθημερινή βάση φόρτιση ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου σε δημόσια προσβάσιμους φορτιστές συνεχούς ρεύματος (DC) είναι παντελώς ασύμφορη οικονομικά. Γι' αυτό άλλωστε δεν συμπεριλάβαμε την περίπτωση αυτή στις συγκρίσεις του πίνακα 6.6.

β) Αν κανείς διαθέτει ιδιωτικό χώρο φόρτισης, το ετήσιο οικονομικό όφελος από την χρήση ηλεκτρικού αυτοκινήτου είναι αξιοσημείωτο, της τάξης των 1.000€ σε σχέση με ένα θερμικό αυτοκίνητο. Για όσους όμως δεν έχουν άλλη επιλογή από τους δημόσια προσβάσιμους σταθμούς φόρτισης, το όφελος είναι υπαρκτό μεν, αλλά όχι τόσο μεγάλο, ιδίως αν συγκριθεί με ένα υβριδικό αυτοκίνητο.

γ) Εν κατακλείδι όμως, αν ληφθεί υπ' όψιν η σχεδόν διπλάσια τιμή αγοράς ενός B.E.V., συμπεραίνουμε ότι χωρίς την κρατική ενίσχυση, τα οφέλη της ηλεκτροκίνησης θα ήταν «δώρο άδωρον». Αλλά ακόμα και μετά την κρατική ενίσχυση, η αγορά ηλεκτρικού αυτοκινήτου δεν φαίνεται να αποτελεί, από οικονομική άποψη, και τόσο καλή επιλογή. Και αυτό διότι, στην καλύτερη των περιπτώσεων (με κρατική επιδότηση και φόρτιση αποκλειστικά στο σπίτι), απαιτούνται 16 έτη, προκειμένου το κόστος αγοράς και χρήσης ενός B.E.V. να εξισωθεί με εκείνο ενός H.E.V.

6.5 Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα

6.5.1 Στόχοι του Ε.Σ.Ε.Κ.^[36]

Το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας ανακοίνωσε, τον Ιανουάριο του 2019, το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (Ε.Σ.Ε.Κ.), ενώ η αναθεωρημένη έκδοσή του δημοσιοποιήθηκε τον Νοέμβριο του ίδιου έτους.

Το τελευταίο αυτό σχέδιο, καθορίζει πιο φιλόδοξους εθνικούς στόχους για επίτευξη των επιδιώξεων της Ενεργειακής Ένωσης της Ευρωπαϊκής Ένωσης έως το έτος 2030, τόσο σε σχέση με το αρχικό Ε.Σ.Ε.Κ. του Ιανουαρίου, που είχε σταλεί για αξιολόγηση προς τις υπηρεσίες της ΕΕ, όσο και με κεντρικούς Ευρωπαϊκούς στόχους που έχουν τεθεί στο πλαίσιο της Ενεργειακής Ένωσης.

Συγκεκριμένα, αναθεωρούνται οι στόχοι, μέχρι το έτος 2030:

- α)** Της αύξησης της συμμετοχής των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας.
- β)** Της αύξησης της συμμετοχής των ΑΠΕ στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.
- γ)** Της μείωσης τελικής κατανάλωσης ενέργειας.
- δ)** Της μείωσης της συμμετοχής του Λιγνίτη στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- ε)** Της μείωσης των εκπομπών Αερίων του θερμοκηπίου (Α.τ.Θ.).

Οι στόχοι του ισχύοντος Ε.Σ.Ε.Κ. παρουσιάζονται συνοπτικά στον επόμενο πίνακα 6.7.^[36]

Έτος στόχου: 2030	Τελικό ΕΣΕΚ	Αρχικό σχέδιο ΕΣΕΚ	νέοι Στόχοι ΕΣΕΚ σε σχέση με στόχους Ευρωπαϊκής Ένωσης
Μερίδιο ΑΠΕ στην Ακαθάριστη Τελική Κατανάλωση Ενέργειας	≥35%	31%	Αυξημένος βαθμός φιλοδοξίας σε σχέση με Ευρωπαϊκό κεντρικό στόχο 32% ΕΕ
Μερίδιο ΑΠΕ στην Ακαθάριστη Τελική Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας	≈61-64%	56%	
Τελική Κατανάλωση Ενέργειας	≈16,1-16,5 Mtoe (≥38% σε σχέση με προβλέψεις 2007)	18,1 Mtoe	Αυξημένος βαθμός φιλοδοξίας σε σχέση με Ευρωπαϊκό κεντρικό στόχο 32.5% και επίτευξη στόχου βάσει νέου δείκτη ΕΕ για μείωση κατανάλωσης σε σχέση με το έτος 2017
Μερίδιο Λιγνίτη στην Ηλεκτροπαραγωγή	0%	16,5%	
Μείωση ΑτΘ	≥42% vs σε σχέση με 1990, ≥55% σε σχέση με 2005	32% σε σχέση με 1990, 48% σε σχέση με 2005	Σε ταύτιση με κεντρικούς Ευρωπαϊκούς στόχους και υπεραπόδοση σε σχέση με εθνικές δεσμεύσεις στους τομείς εκτός ΣΕΔΕ

Mtoe: Million tones of oil equivalent

Πίνακας 6.7: Σύνοψη εθνικών στόχων στο πλαίσιο του Ε.Σ.Ε.Κ.

ΠΗΓΗ: Ε.Σ.Ε.Κ.

6.5.2 Προτεραιότητες Πολιτικής του Ε.Σ.Ε.Κ.^[36]

Οι «Προτεραιότητες Πολιτικής», όπως αποκαλούνται στο Ε.Σ.Ε.Κ., αποτελούν επί της ουσίας ειδικότερους στόχους, οι οποίοι πρέπει να επιτευχθούν μέχρι το 2030. Οι Προτεραιότητες Πολιτικής ταξινομούνται ανάλογα με το αντικείμενό τους σε 8 «διαστάσεις», ως ακολούθως:^[36]

ΠΠ1: Κλιματική Αλλαγή, Εκπομπές και απορροφήσεις Αερίων του Θερμοκηπίου

ΠΠ2: Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

ΠΠ3: Βελτίωση ενεργειακής απόδοσης

ΠΠ4: Ασφάλεια Ενεργειακού Εφοδιασμού

ΠΠ5: Αγορά Ενέργειας

ΠΠ6: Έρευνα καινοτομία και ανταγωνιστικότητα

ΠΠΝ: Αγροτικός Τομέας, Ναυτιλία και Τουρισμός

ΑΠΔ: Μηχανισμός διακυβέρνησης για την υλοποίηση του ΕΣΕΚ, με μεγιστοποίηση συνεργειών μεταξύ των διατομεακών ενοτήτων του.

6.5.3 Προτεραιότητες Πολιτικής για τις μεταφορές και τα νησιά^[36]

Α. Μεταφορές

Οι μεταφορές σε συνδυασμό με τις Α.Π.Ε., και ειδικότερα η ηλεκτροκίνηση, κατέχουν περίοπτη θέση στο νέο Ε.Σ.Ε.Κ. Οι σχετικές Προτεραιότητες Πολιτικής που περιγράφονται, είναι:

ΠΠ1.3: Δράσεις για τη μείωση εκπομπών στον τομέα των μεταφορών

ΠΠ3.7: Πλαίσιο αντικατάστασης ρυπογόνων επιβατικών και φορτηγών οχημάτων.

ΠΠ6.5: Ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών στις μεταφορές.

Όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται στο ίδιο το σχέδιο: «Προτεραιότητα εξάλλου αποτελεί και η προώθηση της ηλεκτροκίνησης, καθώς πλέον θα στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, ενώ παράλληλα προσφέρει και σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας μέσω της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης. Στο πλαίσιο αυτό εντάσσεται στο Ε.Σ.Ε.Κ. και το στρατηγικό σχέδιο για την προώθηση της ηλεκτροκίνησης, το οποίο αποτελεί και αυτό ενεργειακή προτεραιότητα της Κυβέρνησης».

Ο στόχος που τίθεται στο πλαίσιο του Ε.Σ.Ε.Κ. είναι το μερίδιο των ηλεκτρικών επιβατικών οχημάτων στις νέες ταξινομήσεις κατά το έτος 2030 να ανέρχεται στο 30%.

B. Νησιά

Οι Προτεραιότητες Πολιτικής του Ε.Σ.Ε.Κ. που αφορούν τα νησιά, είναι:

ΠΠ1.1: Επίτευξη κλιματικά ουδέτερης οικονομίας, μέσω απολιγνιτοποίησης, προώθησης των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα της χώρας και διασύνδεσης των αυτόνομων νησιωτικών συστημάτων.

ΠΠ2.1: Κάλυψη των εγχώριων ηλεκτρικών καταναλώσεων κυρίως από Α.Π.Ε.

ΠΠΝ.3: Προώθηση της χρήσης ΑΠΕ και δράσεων βελτίωσης Ενεργειακής Απόδοσης στους λιμένες

ΠΠΝ.7: Προώθηση χρήσης ΑΠΕ και δράσεων βελτίωσης ενεργειακής απόδοσης σε τουριστικές μονάδες.

Οι παραπάνω στόχοι ειδικά για τα νησιά, εξειδικεύονται περαιτέρω:

α) Άρση της ενεργειακής απομόνωσης των νησιών και διασύνδεση των μεγαλύτερων από αυτά με το ηπειρωτικό σύστημα. Η διασύνδεση αυτή, η οποία εκτός των άλλων, θα εξαλείψει και το κόστος των Υπηρεσιών Κοινής Ωφέλειας (Υ.Κ.Ω), πρέπει να έχει ολοκληρωθεί το αργότερο μέχρι τις αρχές του έτους 2029.

β) Στα νησιά που είτε δεν θα διασυνδεθούν, είτε θα διασυνδεθούν σε επόμενη φάση, στόχος είναι να λειτουργούν καινοτόμα υβριδικά συστήματα ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε. προς όφελος όλων των καταναλωτών. Ακόμη και στις περιπτώσεις που η διασύνδεση κάποιων μικρών και απομακρυσμένων ηλεκτρικών συστημάτων δεν είναι τεχνικο-οικονομικά αποδοτική, θα υλοποιηθούν καινοτόμες ενεργειακές εφαρμογές στα συστήματα αυτά στο πλαίσιο ανάπτυξης υβριδικών συστημάτων και πολιτικών για «έξυπνα» νησιά

6.6 «Πράσινα» νησιά

Στα πλαίσια των σχεδιασμών του Ε.Σ.Ε.Κ., που αναφέραμε στην προηγούμενη ενότητα, η Ελλάδα συμμετέχει ενεργά στην πρωτοβουλία της Ε.Ε. «CleanEnergy for EU Islands» μέσω του προγράμματος «GR-eco Islands». Με το πρόγραμμα αυτό προωθείται η εγκατάσταση σταθμών Α.Π.Ε. με συστήματα αποθήκευσης σε μικρότερα νησιά, που πρόκειται να διατηρήσουν την αυτόνομη λειτουργία τους. Με εφαρμογή πιλοτικών τρόπων λειτουργίας και διαχείρισης, θεωρείται ότι θα επιτευχθεί διείσδυση των Α.Π.Ε. σε ποσοστό άνω του 60%.^[36]

Ήδη έχει τεθεί σε λειτουργία ένας υβριδικός Σταθμός ΑΠΕ στο νησί της Ικαρίας και ένας στο νησί της Τήλου^[36], ενώ είναι σε εξέλιξη στον Άη Στράτη, την Χάλκη, την Αστυπάλαια και τον Πόρο. Στα τέσσερα αυτά τελευταία νησιά, θα αναφερθούμε εν συντομία στις επόμενες παραγράφους.

6.6.1 Άη Στράτης

Το έργο στον Άη Στράτη θεωρείται πιλοτικό και στοχεύει στην μετατροπή του σε «Πράσινο Νησί»^[36]. Η υλοποίησή του έχει αναληφθεί από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.)^[37].

Προβλέπονται παρεμβάσεις στους τομείς ηλεκτροπαραγωγής, μεταφορών, αυτόνομων σταθερών εφαρμογών, κάλυψης θερμικών και ψυκτικών φορτίων στα κτίρια μέσω τεχνολογιών ΑΠΕ και εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια.^[38]

Ειδικά για τον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής, θα εγκατασταθούν δύο ανεμογεννήτριες συνολικής ισχύος 500 – 800kW και φωτοβολταϊκός σταθμός ισχύος 100 – 250kWp, συνοδευόμενα από συστήματα αποθήκευσης με συσσωρευτές. Θα εγκατασταθούν επίσης δύο ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη Υδρογόνου, ισχύος 75kW το καθ' ένα, ενώ η παραγωγή και αποθήκευση του Υδρογόνου θα γίνεται τοπικά.

Στον τομέα των μεταφορών, προβλέπονται:^[38]

- Σταθμός πλήρωσης οχημάτων με Υδρογόνο, μέρος του εξοπλισμού του οποίου θα αποτελούν ένα περνοφόρο όχημα (κλαρκ) Υδρογόνου και δύο δίτροχα Υδρογόνου.
- Ένα ηλεκτρικό λεωφορείο και δύο ηλεκτρικά εμπορικά οχήματα, για χρήση των υπηρεσιών της Κοινότητας.
- Πέντε ηλεκτρικά σκούτερ, τα οποία θα διατίθενται προς ενοικίαση στους τουρίστες.
- Εγκατάσταση σταθμού φόρτισης, ισχύος 10kWp, ο οποίος θα λειτουργεί με φωτοβολταϊκά στοιχεία.



Εικόνα 6.3: Περνοφόρο όχημα κυψέλης Υδρογόνου.
ΠΗΓΗ: ΚΑΠΕ CRESS

Η πραγματοποίηση των απαιτούμενων εργασιών έχει ανατεθεί στην εταιρεία «ΤΕΡΝΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ», η οποία κέρδισε τον διεθνή διαγωνισμό.^[39]

6.6.2 Χάλκη

Το έργο περιλαμβάνει την κατασκευή και λειτουργία φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 1 MWp που θα καλύψει πλήρως τις ανάγκες των κατοίκων του νησιού, την αναβάθμιση του δημόσιου φωτισμού με χρήση έξυπνων συστημάτων διαχείρισης και την αναβάθμιση τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών για περαιτέρω υποστήριξη της ηλεκτρονικής μάθησης και της τηλεϊατρικής.^[40]

Ως προς την ηλεκτροκίνηση, προβλέπεται η παροχή έξι ηλεκτρικών οχημάτων και αντίστοιχων φορτιστών, και ενός ηλεκτρικού σκάφους που κινείται με ηλιακούς συλλέκτες.^[40]

Για την υλοποίηση του έργου δραστηριοποιούνται κατά κύριο λόγο Γαλλικές εταιρείες (Vinci/Omexon, Akuo, Citroen και ALD Automotive)^[41]. Συμμετέχουν επίσης η Δ.Ε.Η. και η Vodafone.



Εικόνα 6.4: Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα που θα κυκλοφορούν στην Χάλκη^[42]
ΠΗΓΗ: energypress

6.6.3 Αστυπάλαια

Το πρόγραμμα της Αστυπάλαιας ονομάζεται «Astypalaia smart and sustainable island» (Αστυπάλαια έξυπνο και βιώσιμο νησί) και στηρίζεται σε τέσσερις «πυλώνες».^[43]

α) Ηλεκτροκίνηση οχημάτων: Το σχέδιο προβλέπει την σταδιακή αντικατάσταση των περίπου 1.500 οχημάτων που υπάρχουν στο νησί με περίπου 1.000 ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται και τα οχήματα που χρησιμοποιούνται για δημόσιες υπηρεσίες, όπως η Αστυνομία, το Λιμενικό Σώμα, ο Δήμος και η Πολιτική Αεροπορία.

β) Φόρτιση και Υποδομή: Το νησί της Αστυπάλαιας θα αποκτήσει πλήρη ενεργειακή επάρκεια χάρη σε ένα υβριδικό σύστημα ΑΠΕ τελευταίας τεχνολογίας, που είναι σχεδιασμένο για να αποδίδει προτεραιότητα στην τροφοδοσία του ενοποιημένου δικτύου φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων του νησιού. Η αντικατάσταση του υπάρχοντος θερμικού σταθμού με γεννήτριες πετρελαίου θα γίνει σε δύο φάσεις:

1^η φάση: Εγκατάσταση φωτοβολταϊκής μονάδας ισχύος 3MW, υποστηριζόμενη από σύστημα συσσωρευτών χωρητικότητας 7MWh. Η μονάδα αυτή θα καλύπτει κατά 100% τις ανάγκες φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων και κατά 50% τις συνολικές ανάγκες του νησιού.

2^η φάση: Επέκταση του συστήματος με προσθήκη ανεμογεννητριών, ώστε να καλύπτει περισσότερο από το 80% των αναγκών.

Για την φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων προβλέπεται η εγκατάσταση 60 συνολικά σταθμών φόρτισης σε επιλεγμένα σημεία του νησιού.

γ) Έξυπνη κινητικότητα: Το σχέδιο φιλοδοξεί να αντικαταστήσει τα παραδοσιακά δημόσια μέσα μεταφοράς με μια υπηρεσία μοιραζόμενων οχημάτων, η οποία θα χρησιμοποιεί 100% ηλεκτρικά μίνι βαν. Τα οχήματα αυτά θα διατίθενται κατά παραγγελία, μέσω εφαρμογής (app) στο κινητό τηλέφωνο.

Επίσης, θα δημιουργηθεί ένα δίκτυο μοιραζόμενων οχημάτων (ηλεκτρικών αυτοκινήτων, ποδηλάτων και σκούτερ), τα οποία θα είναι διαθέσιμα σε διάφορους σταθμούς διάσπαρτους σε όλο το νησί. Θα λειτουργεί καθ' όλη την διάρκεια του έτους σε συνεργασία με «τοπικούς εταίρους», αντικαθιστώντας μέρος του υπάρχοντος δικτύου εποχιακής ενοικίασης οχημάτων. Σύμφωνα με τους εμπνευστές του σχεδίου, το δίκτυο αυτό αποτελεί εναλλακτική λύση στην κατοχή ιδιόκτητου οχήματος.

δ) Αυτόνομη οδήγηση: Όπως εξαγγέλλεται στην ιστοσελίδα του προγράμματος: «Η Ελληνική Δημοκρατία θα εξασφαλίσει υψηλής ποιότητας οδική υποδομή, εξαιρετική σήμανση και επαρκή δεδομένα σχετικά με την κυκλοφορία και τις καιρικές συνθήκες προκειμένου να εγγυάται ασφαλείς, καθαρές και χωρίς αποκλεισμούς μεταφορές, που τελικά θα οδηγήσουν στην αυτόνομη οδήγηση».



Εικόνα 6.5: Τα ηλεκτρικά μίνι λεωφορεία που θα εξυπηρετούν την Αστυπάλαια ^[44]
ΠΗΓΗ: GOCAR

Για την επιτάχυνση του ρυθμού αντικατάστασης των συμβατικών αυτοκινήτων στην Αστυπάλαια, έχει ήδη ξεκινήσει ειδικό πρόγραμμα κρατικών επιδοτήσεων για την αγορά ηλεκτρικού οχήματος με την ονομασία «e-Αστυπάλαια». Το συνολικό ύψος των επιδοτήσεων φθάνει τα 9 εκατομμύρια Ευρώ, και προέρχεται από τον τακτικό προϋπολογισμό του Υ.Π.Ε.Ν.^[45]

Βασικότερος συντελεστής του έργου είναι η VOLKSWAGEN AG, ενώ συμμετέχουν και εταιρείες (KOSMOCAR, ALPHA BANK, SKY EXPRESS), Πανεπιστήμια (Πανεπιστήμιο Αιγαίου, University of Strathclyde) και Αστικές Μη Κερδοσκοπικές Εταιρείες (Δίκτυο Αειφόρων Νήσων Δ.ΑΦ.ΝΗ).

6.6.3 Πόρος

Το πρόγραμμα «Πόρος GR-eco Island» προβλέπει:^[46]

- α)** Τοπικά αναπτυγμένα και εγκατεστημένα έργα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
- β)** Απαλλαγή των θαλάσσιων μεταφορών από τον άνθρακα, μέσω της εισαγωγής ενός νέου, πλήρως ηλεκτρικού πορθμείου και της μετατροπής των υφιστάμενων μικρών παραδοσιακών επιβατηγών σκαφών σε ηλεκτρικά σκάφη.
- γ)** «Πράσινο» μετασχηματισμό του στόλου οχημάτων του νησιού.
- δ)** Εφαρμογή ενός ολοκληρωμένου μοντέλου «μηδενικών αποβλήτων», με έμφαση στη διαλογή στην πηγή που θα πετύχει εκτροπή αποβλήτων από την ταφή σε ποσοστό άνω του 90%, ώστε η διαχείριση αποβλήτων στον Πόρο να γίνεται στο εξής στο πλαίσιο των αρχών της κυκλικής οικονομίας, με επίτευξη των στόχων του εθνικού σχεδίου διαχείρισης αποβλήτων.

Τον «πράσινο μετασχηματισμό» του νησιού, ανέλαβε η εταιρεία των Ηνωμένων Αραβικών Εμιράτων «Abu Dhabi Future Energy Company PJSC – Masdar», με συμφωνία που υπεγράφη μεταξύ του Υ.Π.Ε.Ν και της παραπάνω εταιρείας στις 1/12/2023 στο ελληνικό περίπτερο της COP28 στο Ντουμπάι.^[46]



Εικόνα 6.6: Τα σκάφη αυτά θα αντικατασταθούν με ηλεκτρικά ^[47]
ΠΗΓΗ: ΤΑ ΝΕΑ

6.7 Παραπομπές 6^{ου} κεφαλαίου

- [1] <https://seaa.gr/wp-content/uploads/2021/01/Δελτίο-τύπου-ΣΕΑΑ-για-τις-ταξινομήσεις-Δεκεμβρίου-2020.pdf>
- [2] <https://seaa.gr/wp-content/uploads/2021/12/Δελτίο-τύπου-ΣΕΑΑ-για-τις-ταξινομήσεις-Νοεμβρίου-2021.pdf>
- [3] <https://seaa.gr/wp-content/uploads/2023/01/Δελτίο-τύπου-ΣΕΑΑ-για-τις-ταξινομήσεις-Δεκεμβρίου-2022.pdf>
- [4] <https://seaa.gr/wp-content/uploads/2023/12/Δελτίο-τύπου-ΣΕΑΑ-για-τις-ταξινομήσεις-Νοεμβρίου-2023.pdf>
- [5] <https://www.seaa.gr/sites/seaa/files/files/2019-12-seg.pdf>
- [6] <https://seaa.gr/wp-content/uploads/2021/01/2020-12-seg.pdf>
- [7] <https://seaa.gr/wp-content/uploads/2022/01/2021-12-seg-1.pdf>
- [8] <https://seaa.gr/wp-content/uploads/2023/01/2022-12-electric-1.pdf>
- [9] <https://seaa.gr/wp-content/uploads/2023/12/2023-11-electric-1.pdf>
- [10] <https://www.acea.auto/files/ACEA-report-vehicles-in-use-europe-2023.pdf>
- [11] <https://www.amna.gr/auto/article/702760/Kinoumai-ilektrika-17800-ilektrika-autokinita-kukloforousan-stin-Ellada-to-Noembrio-tou-2022rn>
- [12] <https://www.hellasdirect.gr/blog/palio-aytokinito-ola-osa-prepei-na-ksereis/>
- [13] https://seaa.gr/wp-content/uploads/2021/11/Segmentation_Criteria.xls
- [14] <https://seaa.gr/wp-content/uploads/2023/12/2023-11-seg-1.pdf>
- [15] <https://www.volvocars.com/gr/cars/xc40-hybrid/specifications/>
- [16] <https://www.volvocars.com/gr/cars/xc40-electric/specifications/>
- [17] https://www.tesla.com/el_GR/inventory/new/my?arrangeby=relevance&range=0
- [18] <https://www.toyota.gr/new-cars/yaris-cross>
- [19] <https://www.opel.gr/cars/corsa-models/new-corsa/configurator.html/Finirismata>
- [20] <https://electrokinisi.yme.gov.gr/public/ChargingPoints/>
- [21] <https://www.dei.gr/el/gia-to-spiti/revma/g1-g1n/>
- [22] <https://www.rae.gr/katanalotes/times-kai-xreoseis/>
- [23] https://www.et.gr/api/DownloadFeksApi/?fek_pdf=20150200050
- [24] https://www.et.gr/api/DownloadFeksApi/?fek_pdf=20160201231
- [25] https://www.et.gr/api/DownloadFeksApi/?fek_pdf=20190100193
- [26] https://www.et.gr/api/DownloadFeksApi/?fek_pdf=20190202040
- [27] https://www.et.gr/api/DownloadFeksApi/?fek_pdf=20200100142
- [28] https://www.et.gr/api/DownloadFeksApi/?fek_pdf=20210204654
- [29] https://www.et.gr/api/DownloadFeksApi/?fek_pdf=20200203323
- [30] https://www.et.gr/api/DownloadFeksApi/?fek_pdf=20220203981

- [31] https://www.et.gr/api/DownloadFeksApi/?fek_pdf=20230202966
- [32] <https://www.opel.gr/aftokinita/mokka-models/mokka-e/overview.html>
- [33] <https://www.peugeot.gr/our-models/2008-suv/configurator.html/summary>
- [34] https://www.et.gr/api/DownloadFeksApi/?fek_pdf=20200100242
- [35] <http://www.fuelprices.gr/CheckPrices>
- [36] <http://www.opengov.gr/minenv/wp-content/uploads/downloads/2019/11/Eθνικό-Σχέδιο-για-την-Ενέργεια-και-το-Κλίμα-ΕΣΕΚ.pdf>
- [37] http://www.cres.gr/cres/files/news_files/deltia_2018/AH%20ΣΤΡΑΤΗΣ-ΠΡΑΣΙΝΟ%20ΝΗΣΙ_20210330.pdf
- [38] <http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/Geopower/7.pdf>
- [39] <https://www.newmoney.gr/roh/palmos-oikonomias/energeia/terna-energiaki-archise-nachtizi-to-protoprasino-nisi-tis-elladas-pics/>
- [40] <https://ypen.gov.gr/i-chalki-ginetai-to-protogr-eco-island/>
- [41] <https://ypen.gov.gr/i-epochi-ton-gr-ecoislands-xekinaei-apo-ti-chalki/>
- [42] <https://energypress.gr/news/i-epohi-ton-gr-eco-islands-xekinaei-apo-ti-halki-poes-ellinikes-kai-gallikes-etaireies>
- [43] <https://smartastypalea.gov.gr/?lang=el>
- [44] https://www.gocar.gr/news/feed/39931,Astypalaia_nhsi_protupo_hlektrikhs_kinht.html
- [45] <https://ypen.gov.gr/kostas-skrekas-9-ekat-evro-gia-tin-antikatastasi-ton-symvatikon-ochimaton-me-ilektrika-stin-astypalaia/>
- [46] <https://ypen.gov.gr/symfonia-elladas-masdar-ton-iae-gia-ton-metaschimatismo-tou-porou-sto-epomeno-gr-eco-island/>
- [47] <https://www.tanea.gr/2023/12/05/greece/pos-epilexthike-o-poros-na-ginei-to-tritoprasino-nisi-meta-ti-xalki-kai-tin-astypalaia-online/>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7.1 Εισαγωγή

Όπως αναφέρθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, η επίσημη άποψη, που διακονείται από κυβερνήσεις και διεθνείς καθώς και υπερεθνικούς οργανισμούς, είναι ότι η χρήση ηλεκτρικών αυτοκινήτων και οχημάτων γενικά, όταν γενικευθεί, θα μειώσει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, ελαττώνοντας έτσι την υπερθέρμανση του πλανήτη και συμβάλλοντας στην αποτροπή της επαπειλούμενης «κλιματικής αλλαγής».

Στην προαναφερθείσα επίσημη άποψη όμως, από πολλές πλευρές προβάλλεται ισχυρός αντίλογος, ο οποίος τονίζει το γεγονός ότι η ηλεκτροκίνηση έχει αρκετές και σοβαρές αρνητικές πλευρές, όπως:

- α)** Η διαδικασία κατασκευής των ηλεκτρικών αυτοκινήτων προκαλεί μεγαλύτερη επιβάρυνση του περιβάλλοντος σε σχέση με τα συμβατικά, κυρίως λόγω της κατασκευής των μπαταριών τους.
- β)** Οι μπαταρίες που φθάνουν στο τέλος της ζωής τους αποτελούν πρόβλημα, το οποίο ενδέχεται στο μέλλον να πάρει μεγάλες διαστάσεις.
- γ)** Απαιτείται πυκνό δίκτυο σταθμών φόρτισης σε δημόσιους χώρους, γεγονός που συνεπάγεται την ανάγκη διοχέτευσης πόρων για την δημιουργία και ενίσχυση των απαιτούμενων υποδομών.
- δ)** Υπάρχει μονομερής και ίσως ακραία υποστήριξη της ηλεκτροκίνησης, εις βάρος άλλων εναλλακτικών λύσεων όπως τα βιοκαύσιμα, τα οποία δεν απαιτούν την δημιουργία νέων υποδομών.

Στα ζητήματα αυτά θα γίνει αναφορά στις επόμενες ενότητες. Επίσης, για λόγους πληρότητας της παρουσιάσής μας, θα παραθέσουμε τα επιχειρήματα όσων αμφισβητούν την ίδια την «κλιματική αλλαγή», ή ορθότερα την ανθρωπογενή προέλευσή της.

7.2 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα των μπαταριών

Κατά την διαδικασία κατασκευής ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου, απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα σημαντικά υψηλότερες ποσότητες CO₂ σε σχέση με την κατασκευή ενός παρόμοιου μεγέθους συμβατικού αυτοκινήτου. Οι αυξημένες εκπομπές CO₂ προέρχονται, κατά κύριο λόγο, από την διαδικασία κατασκευής των μπαταριών των ηλεκτρικών αυτοκινήτων.

7.2.1 Διαδικασία κατασκευής μπαταριών

Για την κατασκευή των μπαταριών ιόντων Λιθίου, οι οποίες, όπως αναφέραμε και στο 4^ο κεφάλαιο, χρησιμοποιούνται σήμερα σχεδόν αποκλειστικά για την κίνηση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, απαιτείται η εξόρυξη και επεξεργασία πρώτων υλών όπως το Λίθιο, το Κοβάλτιο και το Νικέλιο.

Σύμφωνα με την Yang Shao-Horn, καθηγήτρια του M.I.T.^[1] (Massachusetts Institute of Technology, Τεχνολογικό Ινστιτούτο Μασαχουσέτης), για κάθε τόνο Λιθίου που εξορύσσεται, οι εκπομπές CO₂ στον αέρα μπορούν να φθάσουν τους 15 τόνους. Σε αυτούς πρέπει να προστεθούν και οι εκπομπές που προέρχονται από τις διαδικασίες επεξεργασίας και σύνθεσης των απαιτούμενων υλικών: οι υψηλές θερμοκρασίες, της τάξης των 800°C έως 1.000°C, που απαιτούνται για τις διαδικασίες αυτές, μπορούν να επιτευχθούν με οικονομικά συμφέροντα τρόπο μόνο με την καύση ορυκτών καυσίμων.^[2]

Το πόσο ακριβώς CO₂ εκπέμπεται καθ' όλες τις φάσεις της μακράς διαδικασίας παραγωγής μιας μπαταρίας, ποικίλλει πολύ, εξαρτώμενο από τα υλικά και τις πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται. Ενδεικτικά πάντως, αναφέρεται ότι, για την κατασκευή της μπαταρίας

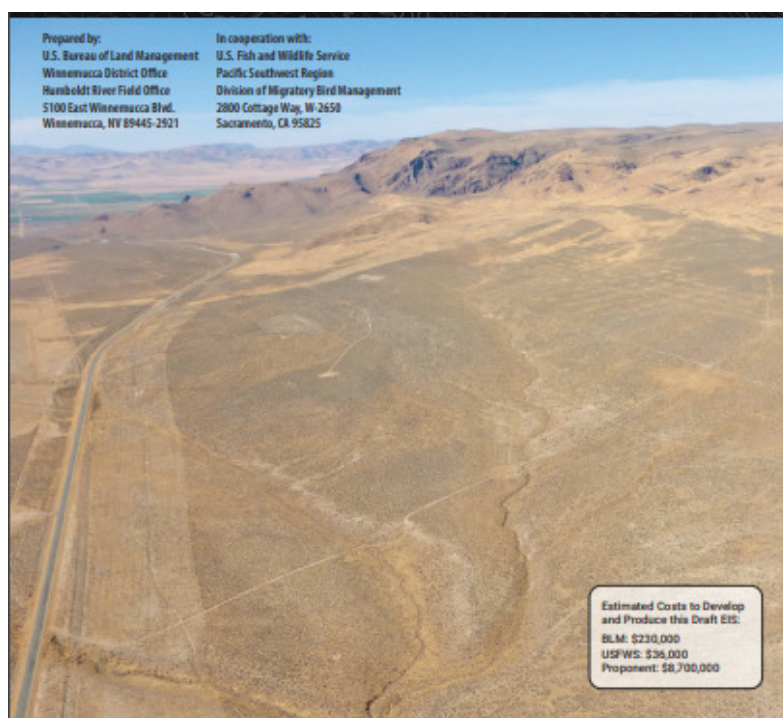
ίωντων Λιθίου 80 kWh του Tesla Model 3, οι εκπομπές CO₂ κυμαίνονται μεταξύ 2,5 έως 16 τόνους.^[3]

Οι εκπομπές CO₂ δεν είναι το μόνο περιβαλλοντικό αποτύπωμα, που αφήνει πίσω της η κατασκευή των μπαταριών. Η εξόρυξη των πρώτων υλών απαιτεί εργασία, χημικές ουσίες και τεράστιες ποσότητες νερού (συχνά από περιοχές όπου το νερό είναι σπάνιο), και μπορεί να αφήσει πίσω της ρύπους και τοξικά απόβλητα.^[2]

Ως παράδειγμα για όλα τα παραπάνω, φέρνουμε το ορυχείο Λιθίου στο Thacker Pass (Θάκερ Πας, Νεβάδα, Η.Π.Α.), οι εργασίες για την κατασκευή του οποίου ξεκίνησαν τον Μάρτιο του 2023.

Το φαραωνικών διαστάσεων ορυχείο θα καταλαμβάνει έκταση 18.000 acres (73 km², όση η έκταση της Σαντορίνης), και σύμφωνα με τον σχεδιασμό θα λειτουργήσει επί 46 έτη, παράγοντας, σε πλήρως ανεπτυγμένη λειτουργία, 66.000 τόνους Λιθίου ετησίως και καλύπτοντας το 25% της παγκόσμιας ζήτησης.

Για τον διαχωρισμό του Λιθίου θα χρησιμοποιείται θειικό οξύ (H₂SO₄), το οποίο θα παράγεται επί τόπου, με την παραγωγή του να ανέρχεται σε 5.800 τόνους ημερησίως. Το εργοστάσιο παραγωγής H₂SO₄ θα καταναλώνει 86.400 γαλόνια (327.000 λίτρα) πετρελαίου ετησίως. Οι συνολικές εκπομπές CO₂ θα είναι σε 152.000 τόνοι ετησίως, και η κατανάλωση νερού 1,7 δισεκατομμύρια γαλόνια (6,5 δισεκατομμύρια λίτρα) ετησίως ή 500.000 γαλόνια (1,9 εκατομμύρια λίτρα) ανά τόνο παραγόμενου Λιθίου).^{[4], [5]}



Εικόνα 7.1: Άποψη της έκτασης που θα καταλάβει το ορυχείο Λιθίου στο Θάκερ Πας^[4]

ΠΗΓΗ: U.S. Department of Energy

7.2.2 Ολικό «ανθρακικό αποτύπωμα» των ηλεκτρικών αυτοκινήτων

Μετά από τα όσα αναφέραμε στην προηγούμενη παράγραφο, γεννιέται το ερώτημα, αν τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα είναι πράγματι πιο «καθαρά», ως προς τις εκπομπές Αερίων του Θερμοκηπίου (Α.τ.Θ), σε σχέση με τα συμβατικά, και κατά πόσο.

Σχετική έρευνα του M.I.T.^[6] δείχνει ότι σε κάθε περίπτωση, η απάντηση είναι καταφατική. Συγκεκριμένα, οι ερευνητές συνέκριναν τις συνολικές εκπομπές Α.τ.Θ., που προέρχονται από επιβατικά αυτοκίνητα παρόμοιου μεγέθους, με κινητήρες όλων των τύπων,

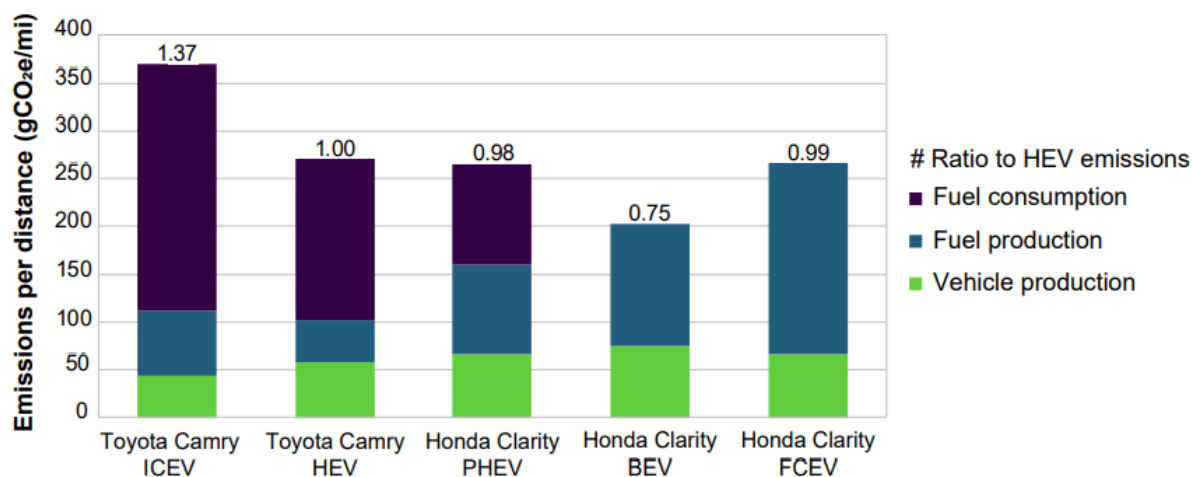
συνυπολογίζοντας τις φάσεις της παραγωγής, της κυκλοφορίας και της απόσυρσής τους («well to grave»).

Τα οχήματα που πήραν μέρος στην σύγκριση ήταν τα: Toyota Camry βενζίνης (I.C.E.V.), Toyota Camry Υβριδικό (H.E.V.), Honda Clarity Επαναφορτιζόμενο Υβριδικό (P.H.E.V.), Honda Clarity αμιγώς ηλεκτρικό (B.E.V.) και Honda Clarity κυβελών υδρογόνου (F.C.E.V.).

Θεωρώντας ότι ένα αυτοκίνητο διανύει 180.000 μίλια (290.000 χιλιόμετρα) κατά την διάρκεια ζωής του, οι ερευνητές κατέληξαν ότι στις ΗΠΑ σήμερα, οι συνολικές εκπομπές Α.τ.Θ. ανά μίλι ενός B.E.V. είναι περίπου το 55% των αντίστοιχων ενός I.C.E.V. παρόμοιου μεγέθους, ενώ για τα H.E.V., P.H.E.V. και F.C.E.V. το ποσοστό αυτό είναι αρκετά μεγαλύτερο, και ανέρχεται στο 72% – 73% περίπου.

Στην περίπτωση των B.E.V. και των F.C.E.V. οι εκπομπές Α.τ.Θ. προέρχονται κυρίως από τις διαδικασίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και υδρογόνου, αντίστοιχα. Αντίθετα, οι εκπομπές των I.C.E.V. και H.E.V. προέρχονται κατά κύριο λόγο από την κυκλοφορία του οχήματος.

Τα παραπάνω συμπεράσματα φαίνονται παραστατικά στο παρακάτω διάγραμμα 7.1.^[6]



Διάγραμμα 7.1: Σύγκριση εκπομπών Α.τ.Θ. από 5 τύπους κινητήρων.
ΠΗΓΗ: M.I.T.

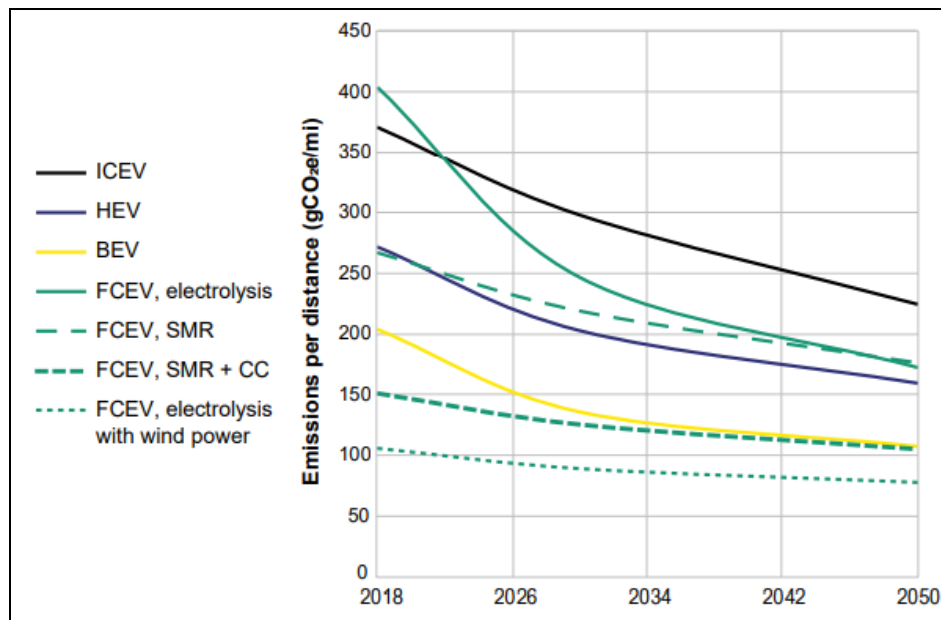
Στην εν λόγω μελέτη, οι ερευνητές καταλήγουν και σε άλλα ενδιαφέροντα συμπεράσματα, τα οποία παραθέτουμε στην συνέχεια.

Οι εκπομπές των B.E.V. εξαρτώνται κατά κύριο λόγο από το ποσοστό και το είδος των θερμικών μονάδων στο δίκτυο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κάθε χώρας, με αποτέλεσμα οι εκπομπές αυτές να εμφανίζουν πολύ μεγάλη γεωγραφική διαφοροποίηση. Ως παράδειγμα αναφέρεται ότι οι εκπομπές Α.τ.Θ. ενός B.E.V., του οποίου οι μπαταρίες φορτίζονται με το «ενεργειακό μίγμα» των Η.Π.Α., είναι κατά 25% χαμηλότερες ενός αντίστοιχου H.E.V., ενώ αν το ίδιο όχημα φορτίζεται με το «ενεργειακό μίγμα» της Κίνας, τότε οι εκπομπές είναι κατά 13% υψηλότερες από του αντίστοιχου H.E.V.

Για τα F.C.E.V., οι ερευνητές συμπεραίνουν ότι η διαδικασία παραγωγής υδρογόνου που ελαχιστοποιεί τις εκπομπές Α.τ.Θ. είναι η ηλεκτρόλυση με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ενώ εκείνη που μεγιστοποιεί τις εκπομπές είναι η αεριοποίηση άνθρακα. Στην πρώτη περίπτωση, οι εκπομπές ενός FCEV είναι κατά 61% χαμηλότερες ενός αντίστοιχου H.E.V., ενώ στην δεύτερη κατά 56% υψηλότερες. Σ' αυτήν την δεύτερη περίπτωση, οι εκπομπές Α.τ.Θ. των F.C.E.V. υπερβαίνουν ακόμα και εκείνες των I.C.E.V. κατά 14%.

Τέλος, οι ερευνητές εκτιμούν ότι οι εκπομπές Α.τ.Θ. από όλους τους τύπους κινητήρων θα μειωθούν αρκετά τα επόμενα χρόνια (έως το 2050), κυρίως λόγω της

«απανθρακοποίησης» του δικτύου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και τεχνολογικών βελτιώσεων στους κινητήρες όλων των τύπων, κυρίως εκείνων εσωτερικής καύσης. Η εκτιμώμενη μείωση είναι κατά 30% – 47% για τα B.E.V., κατά 20% – 40% για τα I.C.E.V., και κατά 25% – 40% για τα H.E.V., ενώ για τα F.C.E.V. εξαρτάται πολύ από την μέθοδο παραγωγής του Υδρογόνου.



Διάγραμμα 7.2: Εκτιμώμενη μείωση εκπομπών Α.τ.Θ. ως το 2050.^[6]
ΠΗΓΗ: M.I.T.

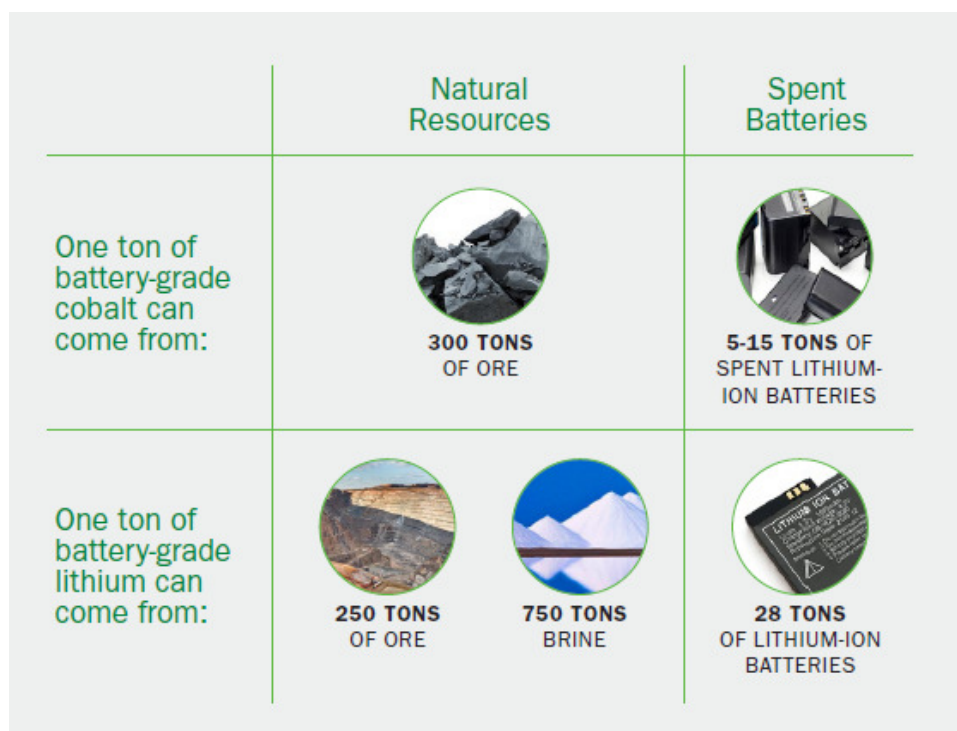
Κατά την άποψη του γράφοντος πάντως, η διαμάχη για τις συνολικές εκπομπές Α.τ.Θ. από τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, υποτιμά την αδιαμφισβήτητη συνεισφορά τους στην βελτίωση της ποιότητας ζωής στα αστικά κέντρα, μέσω της μείωσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης αλλά και της ηχορύπανσης.

7.3 Ανακύκλωση των μπαταριών ιόντων Λιθίου

7.3.1 Αναγκαιότητα της ανακύκλωσης

Οι μπαταρίες ιόντων Λιθίου προσφέρουν, όπως αναφέραμε και στο 4^ο κεφάλαιο, πολλά πλεονεκτήματα έναντι των άλλων τύπων μπαταριών, και γι' αυτόν τον λόγο χρησιμοποιούνται τόσο στα ηλεκτρικά οχήματα, όσο και στα συστήματα παραγωγής ενέργειας από Α.Π.Ε. Όταν όμως φθάσουν στο τέλος της ζωής τους, θεωρούνται επικίνδυνα και τοξικά απόβλητα^[7], η αποτελεσματική διαχείριση των οποίων αποτελεί μία πρόκληση, που θα μεγαλώνει, όσο μεγαλώνει το ποσοστό διείσδυσης της ηλεκτροκίνησης και των Α.Π.Ε.

Η ανακύκλωση των μπαταριών αυτών αποτελεί μονόδρομο, ο οποίος οδηγεί όχι μόνο σε μείωση των εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου, σε σχέση με την παραγωγή πρωτογενών μετάλλων^[8], αλλά και δραματική εξοικονόμηση υλικών και πόρων, όπως παραστατικά φαίνεται στην επόμενη εικόνα 7.2.^[7]



Εικόνα 7.2: Εκτιμώμενη εξοικονόμηση Κοβαλτίου και Λιθίου από την ανακύκλωση μπαταριών.

ΠΗΓΗ: U.S. Environmental Protection Agency

7.3.2 Διαδικασία της ανακύκλωσης

Η διαδικασία που εφαρμόζεται σήμερα για την ανακύκλωση των μπαταριών (όλων των τύπων), περιλαμβάνει τον θρυμματισμό τους σε σκόνη και τον διαχωρισμό των υλικών σε ρεύματα, σημαντικότερο των οποίων είναι το κοκκώδες υλικό, που αποτελείται από τις θρυμματισμένες καθόδους και ανόδους των μπαταριών, γνωστό με την ονομασία «μαύρη μάζα» (black mass). Δευτερεύοντα ρεύματα είναι το χαλύβδινο κέλυφος της μπαταρίας, τα διάφορα φύλλα χαλκού ή αλουμινίου, τα οποία συγκρατούν το υλικό της ανόδου και της καθόδου, οι διαχωριστές (λεπτές πλαστικές μεμβράνες) και άλλα πλαστικά, ο ηλεκτρολύτης κ.λ.π.^[7]

Η ακριβής σύνθεση της «μαύρης μάζας» ποικίλλει ανάλογα με τις συγκεκριμένες μπαταρίες που έχουν τεμαχιστεί και τον τύπο τεμαχισμού, σε κάθε περίπτωση πάντως περιέχει τα υλικά, που μετά από περαιτέρω επεξεργασία θα γίνουν οι κάθοδοι και άνοδοι των νέων μπαταριών. Οι κύριες μέθοδοι που υπάρχουν σήμερα για την ανάκτηση των μετάλλων από την «μαύρη μάζα», είναι η πυρομεταλλουργία και η υδρομεταλλουργία.^[7]

Η πυρομεταλλουργία είναι μια ακολουθία διαδικασιών (πύρωση ή πυρόλυση, τήξη, φρύξη κ.λ.π.), η οποία βασίζεται στις υψηλές θερμοκρασίες. Οι χημικές αντιδράσεις της πυρομεταλλουργικής τεχνικής είναι πιο αποδοτικές, επιτρέποντας μεγάλη ικανότητα επεξεργασίας^[8]. Γενικά το Κοβάλτιο και το Νικέλιο ανακτώνται εύκολα με τήξη, όμως για την ανάκτηση του Λιθίου απαιτείται περαιτέρω επεξεργασία^[7].

Η υδρομεταλλουργία, αντίθετα, είναι μια ακολουθία διαδικασιών (εκχέλιση, καθαρισμός, ανάκτηση του μετάλλου), η οποία βασίζεται στην χρήση υδατικών διαλυμάτων σε χαμηλές θερμοκρασίες^[9]. Η τεχνική αυτή μπορεί να ανακτήσει οικονομικά υψηλές ποσότητες Κοβαλτίου, Νικελίου, Λιθίου και Μαγγανίου και αρκετές εγκαταστάσεις βρίσκονται υπό ανάπτυξη στις Ηνωμένες Πολιτείες^[7].

Παρόμοιες τεχνικές ακολουθούνται για την ανακύκλωση και των άλλων υλικών, από τα οποία αποτελείται η μπαταρία (μεταλλικά φύλλα, κέλυφος κ.λ.π.), μέσω χωριστών, αποκλειστικών οδών.

Αυτονόητο είναι ότι τα ανακτημένα υλικά υφίστανται στην συνέχεια την ίδια επεξεργασία με τα πρωτογενή, προκειμένου να κατασκευαστούν τα εξαρτήματα των νέων μπαταριών.

7.3.3 Κόστος της ανακύκλωσης

Οι χρησιμοποιούμενες σήμερα μέθοδοι για την ανακύκλωση μπαταριών, τις οποίες περιγράψαμε στην προηγούμενη παράγραφο, δεν αποδίδουν τα αναμενόμενα, όσον αφορά στις μπαταρίες Λιθίου, καθώς αυτές είναι πολύ πιο περίπλοκες από τις μπαταρίες άλλων τύπων.

Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Andrew Abbott^[10], καθηγητής Χημείας στο Πανεπιστήμιο του Leicester: «(Για τις μπαταρίες Λιθίου) η τρέχουσα μέθοδος θρυμματισμού των πάντων και της προσπάθειας καθαρισμού ενός πολύπλοκου μείγματος οδηγεί σε ακριβές διαδικασίες για προϊόντα χαμηλής αξίας».^[11]

Τα πράγματα γίνονται ακόμα χειρότερα, αν στο κόστος της διαδικασίας ανακύκλωσης αυτής καθ' εαυτής, συνυπολογιστεί το κόστος που απαιτείται για την συλλογή, την αποθήκευση, την διαλογή, την μερική αποσυναρμολόγηση και την μεταφορά των μπαταριών ή των μερών τους στο εργοστάσιο ανακύκλωσης. Πολλές φορές μάλιστα, η «μαύρη μάζα» πρέπει να αποσταλεί σε άλλη εγκατάσταση ή ακόμα και να εξαχθεί στο εξωτερικό, προκειμένου να ολοκληρωθεί η επεξεργασία της.^[7]

Ας μην ξεχνάμε τέλος, ότι οι αποφορτισμένες μπαταρίες ιόντων Λιθίου είναι εύφλεκτες, και μπορούν ακόμα και να εκραγούν, εάν δεν τύχουν της προσήκουσας προσοχής κατά την αποθήκευση, την μεταφορά ή την αποσυναρμολόγηση^{[7], [11]}. Αυτονόητο είναι ότι το γεγονός αυτό αυξάνει το κόστος ακόμη περισσότερο.

Το αποτέλεσμα λοιπόν, είναι να κοστίζει περισσότερο η ανακύκλωσή των μπαταριών Λιθίου, απ' όσο η κατασκευή νέων. Γι' αυτόν τον λόγο, μόνο το 5% περίπου των μπαταριών αυτών ανακυκλώνεται παγκοσμίως^[11]. Το υπόλοιπο 95% συσκευάζεται και αποθηκεύεται, χωρίς όμως να είναι επίσημα γνωστό το πού καταλήγει τελικά. Πάντως εκφράζονται φόβοι ότι καταλήγει σε χωματερές^[12].

7.4 Υποδομές φόρτισης

7.4.1 Αναγκαιότητα υποδομών φόρτισης

Η ανάπτυξη των υποδομών φόρτισης, κατά τρόπο που να συμβαδίζει με την διάδοση των ηλεκτρικών οχημάτων, αποτελεί καταλυτικό παράγοντα για την επιδιωκόμενη στροφή προς την ηλεκτροκίνηση. Και αυτό γιατί ο μέσος οδηγός θέλει να είναι σε θέση να φορτίσει το αυτοκίνητό του όπου και όποτε χρειαστεί, ακριβώς όπως γίνεται με τα θερμικά αυτοκίνητα, ο ανεφοδιασμός των οποίων δεν αποτελεί πρόβλημα.

Το ζήτημα αυτό απασχολεί κυβερνήσεις και διακυβερνητικούς οργανισμούς, καθώς και τους κατασκευαστές ηλεκτρικών αυτοκινήτων, καθώς έχει δύο αντικρουόμενες πλευρές: όσο δεν υπάρχουν υποδομές φόρτισης, τόσο δεν αναπτύσσεται η ηλεκτροκίνηση, αλλά όσο δεν αναπτύσσεται η ηλεκτροκίνηση τόσο δεν δημιουργούνται σταθμοί φόρτισης. Όπως πολύ εύστοχα αναφέρεται στην ειδική έκθεση 5/2021^[13] του Ευρωπαϊκού Ελεγκτικού Συνεδρίου (E.C.A., European Court of Auditors), το πρόβλημα μοιάζει με το «παράδοξο της κότας και του αυγού».

Προκύπτουν επομένως τα ερωτήματα:

1. Πόσοι δημόσιοι προσβάσιμοι σταθμοί φόρτισης απαιτούνται
2. Πώς θα δημιουργηθούν.
3. Πώς θα καλυφθούν οι αυξημένες απαιτήσεις από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας.
4. Πώς θα καλυφθεί το απαιτούμενο κόστος για τα παραπάνω.

7.4.2 Απαιτούμενοι σταθμοί φόρτισης

Ο αριθμός, το είδος (AC ή DC), αλλά και η χωροταξική κατανομή των απαιτούμενων δημόσια προσβάσιμων σταθμών φόρτισης εξαρτάται, από αρκετούς παράγοντες, οι βασικότεροι των οποίων είναι:

1. Ο αριθμός των ηλεκτρικών οχημάτων που κυκλοφορούν στους δρόμους.
2. Το πλήθος των ιδιωτικών σημείων φόρτισης.
3. Οι συνθήκες της πλειοψηφίας των οδηγών, αν δηλαδή περιορίζονται σε σύντομες διαδρομές εντός πόλεως ή αν μεγάλο μέρος των διαδρομών περιλαμβάνει αυτοκινητόδρομους, εθνικές οδούς και επαρχιακές διαδρομές. Και αυτό διότι η αυτονομία των ηλεκτρικών αυτοκινήτων εξαρτάται πάρα πολύ από τις συνθήκες κίνησης. Αναφέρουμε χαρακτηριστικά ότι κίνηση με ταχύτητες της τάξης των $130 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ μπορεί να ελαττώσει την αυτονομία ενός μέσου ηλεκτρικού αυτοκινήτου στο ήμισυ^[14] της ονομαστικής τιμής της (κύκλος WLTP).
4. Τέταρτος παράγοντας είναι το γεγονός ότι η εγκατάσταση και λειτουργία των σταθμών φόρτισης γίνεται από ιδιώτες, με βάση τους λεγόμενους «νόμους της αγοράς». Με άλλα λόγια, οι διαχειριστές των σταθμών φόρτισης προτιμούν να τους εγκαθιστούν σε σημεία, όπου το προσδοκώμενο κέρδος είναι υψηλότερο.

Η «Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία» του 2019^[15] εκτιμά ότι μέχρι το 2025 ο αριθμός των ηλεκτρικών οχημάτων στην Ε.Ε. θα είναι συνολικά 13 εκατομμύρια, ενώ ο αριθμός των απαιτούμενων δημόσια προσβάσιμων σταθμών φόρτισης θα πρέπει να ανέρχεται σε 1 εκατομμύριο, εκτίμηση που μεταφράζεται σε αναλογία 13 ηλεκτρικών οχημάτων ανά σταθμό φόρτισης.

Μια πιο εμπεριστατωμένη μελέτη πάνω στο ζήτημα, που δημοσιεύθηκε τον Μάρτιο του 2022 από την Ένωση Ευρωπαίων Κατασκευαστών Αυτοκινήτων (A.C.E.A.), και εξετάζει όλες τις παραμέτρους που προαναφέραμε, δείχνει ότι οι εκτιμήσεις της «Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας» είναι μάλλον μετριοπαθείς.

Η μελέτη αυτή τιτλοφορείται «European EV Charging Infrastructure Masterplan»^[16], εκπονήθηκε από το Ινστιτούτο McKinsey (McKinsey Global Institute) και αφορά στις απαιτούμενες υποδομές φόρτισης στην Ε.Ε. κατά το έτος 2030, που θα εξυπηρετούν το σύνολο των ηλεκτρικών οχημάτων (επιβατικά αυτοκίνητα, ελαφρά επαγγελματικά οχήματα, φορτηγά και λεωφορεία) προκειμένου να υλοποιηθεί ο στόχος της μείωσης των εκπομπών CO₂ κατά 55% για τα ελαφρά και κατά 30% για τα βαρέα οχήματα, σε σχέση με το 1990.

Αξίζει κατ' αρχάς να αναφερθεί ότι, σύμφωνα με την εν λόγω μελέτη, η δυνατότητα πρόσβασης σε σταθμό φόρτισης αποτελεί τον μεγαλύτερο παράγοντα προβληματισμού του κοινού σχετικά με την ηλεκτροκίνηση, ενώ ακολουθεί η αυτονομία των ηλεκτρικών αυτοκινήτων (40% και 38% των ερωτηθέντων, αντίστοιχα). Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνει την εκτίμηση ότι η ανάπτυξη των υποδομών φόρτισης αποτελεί ζήτημα κομβικής σημασίας.

Ως προς τον απαιτούμενο αριθμό των δημόσια προσβάσιμων σταθμών φόρτισης για την κάλυψη των αναγκών των επιβατικών αυτοκινήτων, συμπεριλαμβανομένων των ΤΑΞΙ, των ενοικιαζόμενων και των εταιρικών αυτοκινήτων, καθώς και των ελαφρών επαγγελματικών οχημάτων, η εν λόγω μελέτη ακολουθεί δύο διακριτές μεθοδολογικές προσεγγίσεις:

Α. Η «προσανατολισμένη προς την ζήτηση προσέγγιση» (demand – driving – oriented pathway), κατά την οποία προέχει η κάλυψη των αναγκών των οδηγών, ώστε να εξασφαλιστεί ομαλή μετάβαση στην ηλεκτροκίνηση. Σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή, ο απαιτούμενος αριθμός δημόσια προσβάσιμων σταθμών φόρτισης για τα επιβατικά αυτοκίνητα θα ανέρχεται κατά το 2030 σε 6,8 εκατομμύρια, γεγονός που μεταφράζεται σε μια μέση αναλογία 7 αυτοκινήτων ανά δημόσιο προσβάσιμο σταθμό.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η εκτίμηση ότι το 34% περίπου των παραπάνω σταθμών (2,3 εκατομμύρια) πρέπει να είναι διαθέσιμο για ολονύκτια φόρτιση.

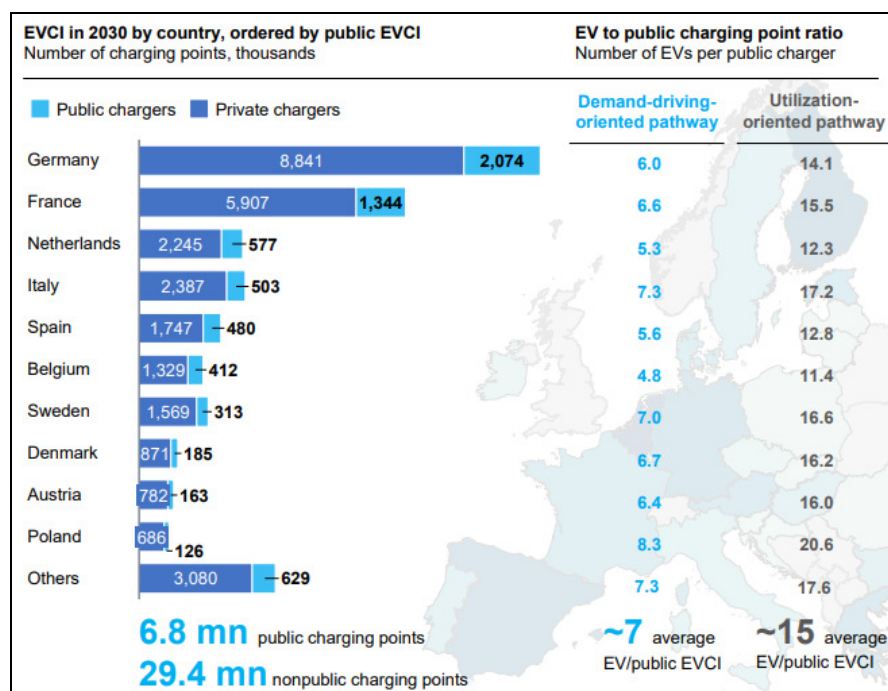
Β. Η «προσανατολισμένη προς την αποδοτικότητα προσέγγιση» (utilization – oriented pathway), κατά την οποία λαμβάνεται υπ' όψιν και η οικονομική βιωσιμότητα (δηλαδή η σχέση κόστους/οφέλους) των σταθμών φόρτισης. Σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή, ο απαιτούμενος αριθμός δημόσια προσβάσιμων σταθμών φόρτισης για τα επιβατικά αυτοκίνητα θα ανέρχεται κατά το 2030 σε 2,9 εκατομμύρια, γεγονός που μεταφράζεται σε μια μέση αναλογία 15 αυτοκινήτων ανά δημόσια προσβάσιμο σταθμό.

Ο εκτιμώμενος αριθμός ιδιωτικών φορτιστών, και με τις δύο προσεγγίσεις, ανέρχεται σε περίπου 30 εκατομμύρια, ενώ το ποσοστό των ηλεκτρικών στο σύνολο των επιβατικών αυτοκινήτων εκτιμάται στο 17%.

Τα παραπάνω συμπεράσματα, καθώς και η κατανομή των απαιτούμενων σταθμών φόρτισης στις χώρες της Ε.Ε. φαίνονται στο διάγραμμα 7.3.^[16]

Ως προς τις υπόλοιπες κατηγορίες οχημάτων, η μελέτη εκτιμά ότι απαιτούνται 400.000 έως 700.000 (ανάλογα με την προσέγγιση) σταθμοί φόρτισης για ελαφρά επαγγελματικά οχήματα, 45.000 για φορτηγά και 4.000 για λεωφορεία.

Τέλος, για λόγους σύγκρισης με τις απαιτούμενες υποδομές ανεφοδιασμού των θερμικών αυτοκινήτων, αναφέρουμε ότι ο συνολικός αριθμός πρατηρίων καυσίμων στην Ε.Ε είναι μόλις 113.000^[17].



Διάγραμμα 7.3: Απαιτούμενο πλήθος σταθμών φόρτισης επιβατικών αυτοκινήτων στις χώρες της Ε.Ε. κατά το έτος 2030.

ΠΗΓΗ: European EV Charging Infrastructure Masterplan

Ο γράφων θεωρεί στο σημείο αυτό σκόπιμο να κάνει μια προβολή των παραπάνω συμπερασμάτων πάνω στην Ελληνική πραγματικότητα, ιδιαίτερα στα μεγάλα αστικά κέντρα.

Κατά πρώτον, από τα παραπάνω στοιχεία, εύκολα προκύπτει μια αναλογία 1,6 επιβατικών αυτοκινήτων ανά ιδιωτικό σταθμό φόρτισης $\left(\frac{6,8 \cdot 7}{29,4} = 1,62\right)$, δηλαδή το 62% περίπου των ηλεκτρικών αυτοκινήτων εξυπηρετείται από ιδιωτικό φορτιστή, συνεπώς και από ιδιωτική θέση στάθμευσης.

Αν όμως από το σύνολο αφαιρέσουμε τα ΤΑΞΙ, τα ενοικιαζόμενα και τα εταιρικά αυτοκίνητα, τα οποία είναι απίθανο να εξυπηρετούνται από ιδιωτικούς φορτιστές σε τέτοια αναλογία (μια αναλογία 5:1 είναι πιο αποδεκτή), καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η αναλογία ιδιωτικών αυτοκινήτων προς ιδιωτικούς φορτιστές είναι περίπου 1:1. Με άλλα λόγια, κάθε ιδιωτικό ηλεκτρικό αυτοκίνητο απαιτεί και την ιδιωτική θέση στάθμευσής του.

Αν θυμηθούμε ότι οι αριθμοί αυτοί αφορούν το 17% του συνόλου των επιβατικών αυτοκινήτων, μπορούμε να θεωρήσουμε αποδεκτή την εκτίμηση ότι ένα ποσοστό 17% των ιδιωτικών αυτοκινήτων σταθμεύει σε ιδιωτικό χώρο. Εκφράζουμε όμως πολύ μεγάλη επιφύλαξη για την προοπτική να αυξηθεί σημαντικά το ποσοστό αυτό, προκειμένου να αυξηθεί και το ποσοστό της ηλεκτροκίνησης, στην τόσο πυκνοκατοικημένη Αθήνα και τις άλλες Ελληνικές πόλεις.

7.4.3 Επιβάρυνση των δικτύων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας

Είναι αδιαμφισβήτητο γεγονός ότι το υπάρχον ηλεκτρικό δίκτυο δεν μπορεί να υποστηρίξει την φόρτιση όλων των οχημάτων χωρίς προβλήματα.

Για να γίνει κατανοητός ο ισχυρισμός αυτός, αναφέρουμε ότι στους οικιακούς καταναλωτές με τριφασική σύνδεση στο δίκτυο, η παρεχόμενη ισχύς είναι της τάξης των 23kW (220V×35A×3), της ίδιας δηλαδή τάξης μεγέθους με την ισχύ ενός αξιοπρεπούς φορτιστή AC επιπέδου 2. Με άλλα λόγια, για κάθε ηλεκτρικό αυτοκίνητο που αποκτά μια οικογένεια, το δίκτυο μπορεί να επιβαρυνθεί όσο μία επιπλέον κατοικία.

Το πρόβλημα δεν είναι προς το παρόν ιδιαίτερα αισθητό, καθώς τα ηλεκτρικά (B.E.V. και P.H.E.V.) αποτελούν στην Ε.Ε. λιγότερο από 6% του συνολικού αριθμού επιβατικών αυτοκινήτων. Μακροπρόθεσμα όμως, προκειμένου να μην υπάρχουν επιπτώσεις από την μεγαλύτερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, πρέπει αφ' ενός μεν να αυξηθεί η συνολική παραγωγή ενέργειας, και αφ' ετέρου να ληφθούν μέτρα ενίσχυσης και σταθεροποίησης του δικτύου διανομής.

Σύμφωνα με την προμνησθείσα μελέτη «European EV Charging Infrastructure Masterplan», οι ενεργειακές απαιτήσεις για την φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων όλων των κατηγοριών, κατά το 2030, εκτιμώνται συνολικά σε 164TWh, με την «μερίδα του λέοντος» να ανήκει στα επιβατικά αυτοκίνητα. Στον πίνακα 7.1 παρουσιάζουμε τις εκτιμήσεις αυτές ανά κατηγορία οχήματος και είδος σταθμού φόρτισης.

Κατηγορία οχήματος	Ενεργειακές απαιτήσεις (TWh)		
	Δημόσια προσβάσιμοι σταθμοί φόρτισης	Ιδιωτικοί σταθμοί φόρτισης	ΣΥΝΟΛΟ
Επιβατικά αυτοκίνητα	68 ⁽¹⁾	45	113
Ελαφρά επαγγελματικά οχήματα	4 ⁽¹⁾	18	22
Φορητά	12	14	26
Λεωφορεία	0	3	3
ΣΥΝΟΛΟ	84	80	164

(1) Σύμφωνα με την «προσανατολισμένη προς την ζήτηση προσέγγιση».

Πίνακας 7.1: Εκτιμώμενες ενεργειακές απαιτήσεις για την φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων στην Ε.Ε κατά το έτος 2030

Στοιχεία: European EV Charging Infrastructure Masterplan

Η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ε.Ε. ήταν, σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία^[18], 2.785TWh κατά το 2021. Επομένως η απαιτούμενη αύξηση ισούται με το 6% περίπου της συνολικής παραγωγής.

Η αύξηση αυτή φαίνεται εκ πρώτης όψεως μικρή, πλην όμως για επιτευχθεί απαιτούνται, σύμφωνα με την εν λόγω μελέτη, επενδύσεις ύψους 46,5 δισεκατομμυρίων Ευρώ για την ενίσχυση των δικτύων διανομής και 68,9 δισεκατομμυρίων για την παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας, μέχρι το 2030. Αν σε αυτά προστεθούν και τα 80,4 δισεκατομμύρια Ευρώ, που απαιτούνται για την εγκατάσταση των απαιτούμενων δημόσια προσβάσιμων φορτιστών, συμπεραίνουμε ότι για τις υποδομές φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων στην Ε.Ε. απαιτούνται επενδύσεις συνολικού ύψους 204 περίπου δις. Ευρώ έως το 2030, με την «μερίδα του λέοντος» (149 δις. €) να ανήκει πάλι στα επιβατικά αυτοκίνητα.

Στον πίνακα 7.2 παρουσιάζουμε τις εκτιμήσεις αυτές ανά κατηγορία οχήματος και είδος επένδυσης.

Κατηγορία οχήματος	Ύψος απαιτούμενων επενδύσεων (δισεκατομμύρια Ευρώ)			
	Δημόσια προσβάσιμοι σταθμοί φόρτισης	Ενίσχυση των δικτύων διανομής	Παραγωγή ενέργειας	ΣΥΝΟΛΟ
Επιβατικά αυτοκίνητα	70 ⁽¹⁾	30	49	149
Ελαφρά επαγγελματικά οχήματα	5 ⁽¹⁾	6,5	8,9	20,4
Φορτηγά	5	5	10	20
Λεωφορεία	0,4	5	1	6,4
ΣΥΝΟΛΟ	80,4	46,5	68,9	204,8

(1) Σύμφωνα με την «προσανατολισμένη προς την ζήτηση προσέγγιση».

Πίνακας 7.2: Εκτιμώμενο ύψος απαιτούμενων επενδύσεων για τις υποδομές φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στην Ε.Ε έως το έτος 2030
Στοιχεία: European EV Charging Infrastructure Masterplan

Όσον αφορά στο ερώτημα «από πού θα προέλθουν αυτά τα διόλου ευκαταφρόνητα ποσά», παρουσιάζει ενδιαφέρον η απάντηση που δίνει η εν λόγω μελέτη, η οποία, υπενθυμίζουμε, απηχεί τις απόψεις της Ένωσης Ευρωπαϊών Κατασκευαστών Αυτοκινήτων. Μεταφέρουμε αυτούσια την αντίστοιχη αναφορά: «Οι επενδύσεις απαιτούν μια ισορροπία ιδιωτικών και δημόσιων επενδύσεων, όπου οι δημόσιες επενδύσεις επικεντρώνονται σε περιοχές και δημόσιους φορτιστές με αρχικά χαμηλή χρησιμοποίηση, πριν επιτευχθούν θετικές επιχειρηματικές συνθήκες. Οι ιδιωτικές επενδύσεις έχουν μέχρι στιγμής επικεντρωθεί στην δημιουργία της περισσότερο κερδοφόρας υποδομής ταχείας φόρτισης DC, ενώ η υποδομή αργής φόρτισης AC έχει βασιστεί στην δημόσια χρηματοδότηση».

Πάντως, η Ε.Ε. υπόσχεται να «κινητοποιήσει» (mobilize) τεράστια ποσά για την προσέλκυση επενδύσεων, στα πλαίσια διάφορων χρηματοδοτικών προγραμμάτων της «Πράσινης Συμφωνίας», (InvestEU: 650δις Ευρώ^[19], Sustainable Europe Investment Plan: 1 τρις Ευρώ^[20] κ.λ.π.)

7.5 Βιοκαύσιμα

Είναι γεγονός ότι ακόμα και αν υλοποιηθεί πλήρως ο στόχος της Ε.Ε., για τον μηδενισμό των εκπομπών από τα καινούργια οχήματα μέχρι το 2035, τα συμβατικά οχήματα, και κυρίως τα επιβατικά αυτοκίνητα, θα συνεχίσουν να κυκλοφορούν για πολλά χρόνια ακόμη. Μία εναλλακτική λύση στα ορυκτά καύσιμα, η οποία δεν έχει βρει, κατά την άποψη του γράφοντος, την δέουσα υποστήριξη στην Ευρώπη, είναι τα βιοκαύσιμα.

7.5.1 Τι είναι τα βιοκαύσιμα

Τα βιοκαύσιμα είναι στερεά, υγρά ή αέρια καύσιμα, τα οποία παράγονται από φυτικές ύλες ή διάφορα οργανικά κατάλοιπα (φυτική ή ζωική υπολειμματική βιομάζα). Τα κυριότερα από αυτά παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 7.3.

Στερεά	Υγρά	Αέρια
Πέλλετ	Βιοντίζελ	Βιοαέριο
	Αιθανόλη	
	Ανανεώσιμο (συνθετικό) Ντίζελ (ή «Πράσινο» Ντίζελ)	
	Βιώσιμα αεροπορικά καύσιμα (Sustainable Aviation Fuels, S.A.F)	
Μπρικέτες	Σε ερευνητικό στάδιο: Βιοβουτανόλη Μεθανόλη Διμεθυλεθέρας Ανανεώσιμη (συνθετική) Βενζίνη	Αέριο Σύνθεσης (SynGas)

Πίνακας 7.3: Κυριότερα στερεά, υγρά και αέρια Βιοκαύσιμα

Οι εκπομπές ρυπαντών (CO, NO_x) κατά την καύση των βιοκαυσίμων στα οχήματα, είναι μειωμένες κατά 30% περίπου, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα. Οι εκπομπές CO₂ και Υδρογονανθράκων δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές.^[21]

Αν όμως συνεκτιμηθούν οι συνολικές εκπομπές Α.τ.Θ. από ολόκληρο τον «κύκλο ζωής» (Life Cycle Emissions Assessment) του καυσίμου, δηλαδή την ανάπτυξη της πρώτης ύλης, την παραγωγή και διακίνηση του τελικού προϊόντος, και τέλος των εκπομπών κατά την καύση του, η μείωση σε σχέση με τα πετρελαικά καύσιμα ποικίλει, ανάλογα με την πρώτη ύλη και την μέθοδο παραγωγής, από 40% έως και 108%^{[22], [23]}, δηλαδή μπορεί να υπάρξει ακόμα και δέσμευση Α.τ.Θ. από την ατμόσφαιρα.

7.5.2 Χρήση των βιοκαυσίμων στις οδικές μεταφορές

Τα πιο ευρέως διαδεδομένα σήμερα βιοκαύσιμα στις οδικές μεταφορές είναι η αιθανόλη, το βιοντίζελ και το Ανανεώσιμο Ντίζελ.

Όσον αφορά την αιθανόλη, τα πρωτεία κατέχουν οι Ηνωμένες Πολιτείες και η Βραζιλία^[24], όπου η παραγωγή και χρήση αιθανόλης υποστηρίζεται σθεναρά και επιδοτείται από τις κρατικές αρχές^{[24], [25]}.

Στην Ευρώπη έγιναν προσπάθειες προώθησης των βιοκαυσίμων κατά την δεκαετία 2000 – 2010, κυρίως στην Γαλλία, την Γερμανία, την Ισπανία και την Σουηδία. Οι προσπάθειες αυτές όμως εγκαταλείφθηκαν, κυρίως γιατί σταμάτησαν τα οικονομικά κίνητρα από τις κυβερνήσεις των χωρών αυτών.^[24]

Η αιθανόλη έχει υψηλότερο αριθμό οκτανίου από την συμβατική βενζίνη, και χρησιμοποιείται σε μίγμα διάφορων αναλογιών με βενζίνη χαμηλού αριθμού οκτανίου:

- E10 (10% αιθανόλη, 90% βενζίνη): Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλους τους συμβατικούς κινητήρες βενζίνης, χωρίς καμία μετατροπή.
- E15 – E22 (15% – 22% αιθανόλη, 85% – 78% βενζίνη): Στις ΗΠΑ επιτρέπεται η χρήση του μίγματος αυτού σε επιβατικά και ελαφρά επαγγελματικά αυτοκίνητα κατασκευής μετά το 2001, ενώ απαγορεύεται σε όλες τις άλλες κατηγορίες οχημάτων^[26]. Στην Βραζιλία δεν υπάρχει τέτοιος περιορισμός, γιατί οι απαιτούμενες μετατροπές είναι μικρές^[27].
- E85 (85% αιθανόλη, 15% βενζίνη): Το μίγμα αυτό προορίζεται κυρίως για Οχήματα Ευέλικτου Καυσίμου (Fuel Flex Vehicles, F.F.V.), των οποίων οι επιτρέπουν την καύση βενζίνης και αιθανόλης σε οποιαδήποτε αναλογία. Για συμβατικούς κινητήρες, οι απαιτούμενες μετατροπές είναι αρκετά εκτεταμένες, αλλά όχι απαγορευτικές^[28].

Το Βιοντίζελ και το Ανανεώσιμο Ντίζελ είναι πλήρως συμβατά με τους υπάρχοντες κινητήρες, έχουν υψηλότερο αριθμό κετανίου, υψηλότερο σημείο ανάφλεξης και περιέχουν πολύ μικρό ποσοστό Θείου. Όσον αφορά τις εκπομπές καυσαερίων, αν και δεν υπάρχει διαφορά ως προς το διοξείδιο του Άνθρακα σε σχέση με το ορυκτό ντίζελ, οι εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα, οξειδίων του Θείου, υδρογονανθράκων και σωματιδίων είναι πολύ μικρότερες.^{[29], [30]}

Τέλος, η Ανανεώσιμη Βενζίνη είναι πλήρως συμβατή με τους υπάρχοντες κινητήρες. Μπορεί να παραχθεί από διάφορες πηγές βιομάζας (φυτικά έλαια, ζωικά λίπη, φύκια κ.ά.) με διάφορες μεθόδους (υδρόλυση, πυρόλυση, αεριοποίηση κ.ά.). Η Επιτροπή Ενέργειας της Καλιφόρνια αναφέρει ότι οι συνολικές εκπομπές Α.τ.Θ. μπορούν να μειωθούν από 61% ως 83%, σε σχέση με την συμβατική βενζίνη^[31].

Τον Απρίλιο του 2023, η πετρελαϊκή εταιρεία CHEVRON παρουσίασε ένα πλήρως συμβατό (drop – in) πρωτότυπο μίγμα βενζίνης, το οποίο αποτελείται από «τουλάχιστον 50% ανανεώσιμο περιεχόμενο». Για την παρουσίαση αυτή, τρία επιβατικά αυτοκίνητα ταξίδεψαν από τον Μισσισιππή στο Τέξας, διανύοντας απόσταση 1.000 μιλίων (1600 km).^[32]

7.5.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των βιοκαυσίμων

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα των βιοκαυσίμων είναι:

α) Η συνολική μείωση των εκπομπών Α.τ.Θ., η οποία, όπως προαναφέραμε, εξαρτάται από την πρώτη ύλη και την μέθοδο παραγωγής, αλλά μπορεί να επιφέρει ακόμα και δέσμευση CO₂ από την ατμόσφαιρα.

β) Μείωση της ενεργειακής εξάρτησης κάθε χώρας, δεδομένου ότι η παραγωγή βιοκαυσίμων μπορεί να γίνεται εγχώρια. Επιπλέον, η βιομάζα είναι ανανεώσιμη πηγή.

γ) Τόνωση της αγροτικής παραγωγής, μέσω των καλλιεργειών που θα δώσουν την απαιτούμενη βιομάζα, και της οικονομίας γενικότερα, μέσω της δημιουργίας μονάδων παραγωγής και των θέσεων εργασίας που αυτές συνεπάγονται.

δ) Μεγάλη συμβατότητα οχημάτων και υπάρχουσας υποδομής. Η διανομή των καυσίμων γίνεται στα υπάρχοντα πρατήρια υγρών καυσίμων με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως και τα συμβατικά καύσιμα. Επιπλέον, η καύση τους γίνεται από τα υπάρχοντα οχήματα, χωρίς να απαιτείται η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών.

Κυριότερο μειονέκτημα αποτελεί η ανάγκη για μεταβολή της χρήσης μεγάλων αγροτικών εκτάσεων, οι οποίες θα πρέπει να διατεθούν για την παραγωγή καυσίμων αντί τροφίμων. Πρόσφατες έρευνες πάντως, δείχνουν ότι το δίλημμα «καύσιμα αντί τροφίμων» είναι μάλλον υπερβολικό, τουλάχιστον για την πραγματικότητα των Η.Π.Α.^[33]

7.6 Αμφισβήτηση της «κλιματικής αλλαγής»

Θεωρήσαμε σκόπιμο να αφιερώσουμε μια ενότητα της παρούσας εργασίας, προκειμένου να κάνουμε μία σύντομη παρουσίαση των επιχειρημάτων όσων αμφισβητούν την ανθρωπογενή προέλευση της κλιματικής αλλαγής.

Από την πληθώρα πηγών πάνω στο θέμα (επιστημονικών δημοσιεύσεων, συνεντεύξεων κ.λ.π.), επιλέξαμε το ντοκιμαντέρ «The great global warming swindle»^[34], το οποίο προβλήθηκε για πρώτη φορά στις 8 Μαρτίου 2007 από το βρετανικό τηλεοπτικό κανάλι «Channel 4».

Η επιλογή μας αυτή βασίστηκε κυρίως στο γεγονός ότι στο προαναφερθέν ντοκιμαντέρ παρουσιάζονται δεδομένα και απόψεις από πλειάδα επιστημόνων εγνωσμένου κύρους, με πλήθος δημοσιεύσεων πάνω στο θέμα.

Επιπλέον, εξετάζονται με συνεκτικό τρόπο τα τέσσερα βασικά ερωτήματα, σε σχέση με το ζήτημα, δηλαδή:

α) Η κλιματική αλλαγή είναι κάτι ασύνηθες;

β) Ποιος ο ρόλος του διοξειδίου του Άνθρακα στις κλιματικές αλλαγές;

γ) Τι προκαλεί τις κλιματικές αλλαγές;

δ) Ποιες θα είναι οι συνέπειες μιας πιθανής υπερθέρμανσης;

Τέλος, παρ' όλο που έχουν περάσει πολλά χρόνια από την προβολή της ταινίας, οι απόψεις που παρουσιάζονται σ' αυτό παραμένουν επίκαιρες.

Σημειώνουμε εδώ, ότι η ταινία διερευνά επιπλέον τις αιτίες, για τις οποίες η θεωρία της ανθρωπογενούς κλιματικής αλλαγής γνωρίζει τόσο μεγάλη υποστήριξη από κυβερνήσεις, επιστημονικούς φορείς και μέσα ενημέρωσης. Σε αυτές όμως δεν θα κάνουμε καμία αναφορά, διότι δεν σχετίζονται με την επιστημονική πλευρά του αντικειμένου.

Για τον ίδιο λόγο, δεν θα αναφερθούμε στις κριτικές, απαντήσεις και ανταπαντήσεις, που ακολούθησαν την προβολή, καθώς και στις ενστάσεις που διατύπωσαν δύο από τους συμμετέχοντες.^[35]

Στην συνέχεια θα παραθέσουμε τις επιστημονικές απόψεις σχετικά με την κλιματική αλλαγή, όπως παρουσιάστηκαν στην ταινία, κλείνοντας με ένα σύντομο σχόλιο.

7.6.1 Οι κλιματικές αλλαγές κατά το παρελθόν

Κλιματικές αλλαγές συνέβαιναν ανέκαθεν και θα εξακολουθήσουν να συμβαίνουν. Ξεκινώντας από τα πρόσφατα χρόνια, κατά το χρονικό διάστημα 1940 – 1970 η μέση θερμοκρασία της Γης ελαττώθηκε, παρά το γεγονός ότι οι εκπομπές CO₂ ήταν αυξημένες λόγω της εκρηκτικής ανόδου της βιομηχανικής δραστηριότητας.

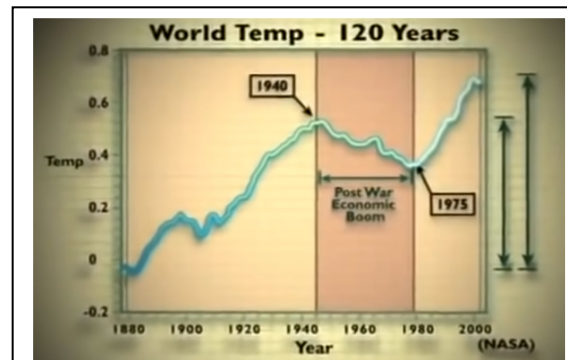
Αντίθετα, κατά το χρονικό διάστημα 1880 – 1940, κατά το οποίο η βιομηχανία και οι μεταφορές δεν ήταν τόσο ανεπτυγμένες, η θερμοκρασία παρουσίασε αύξηση (εικόνα 7.3).

Λίγο περισσότερο από μία χιλιετία νωρίτερα, υπήρξαν δύο περίοδοι έντονων κλιματικών μεταβολών (εικόνα 7.4). Οι περίοδοι αυτοί είναι γνωστές με τις ονομασίες «Μεσαιωνική Θερμή περίοδος» (Medieval warm period, 750 – 1250μ.Χ. περίπου) και «Μικρή Εποχή των Παγετώνων» (Little Ice Age, 16^{ος} – 19^{ος} αι. μ.Χ.).

Είναι προφανές ότι δεν μπορεί να γίνεται λόγος για ανθρωπογενείς εκπομπές CO₂ στην ατμόσφαιρα κατά τις περιόδους αυτές.

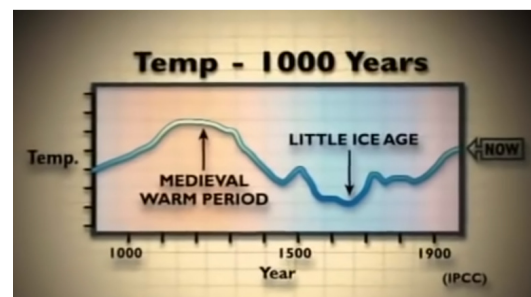
Πηγαίνοντας ακόμα πιο πίσω στο παρελθόν, η θερμοκρασία της Γης πριν από 6.000 περίπου έτη ήταν πολύ υψηλότερη απ' ό τι σήμερα (εικόνα 7.6). Η μέγιστη θερμοκρασία της περιόδου αυτής είναι γνωστή ως «Κλιματικό Βέλτιστο της Ολοκαίνου» (Holocene Climatic Optimum).

Είναι περιττό να προστεθεί ότι και κατά αυτήν την περίοδο, οι ανθρωπογενείς εκπομπές CO₂ ήταν ανύπαρκτες.



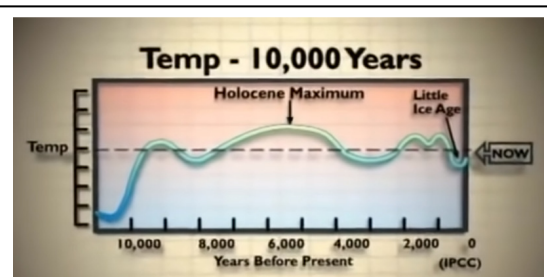
Εικόνα 7.3: Η μέση θερμοκρασία της Γης κατά το διάστημα 1880 – 2000.

ΠΗΓΗ: The Great Global Warming Swindle



Εικόνα 7.4: Η μέση θερμοκρασία της Γης κατά τα τελευταία 1000 χρόνια.

ΠΗΓΗ: The Great Global Warming Swindle



Εικόνα 7.5: Η μέση θερμοκρασία της Γης κατά τα τελευταία 10.000 χρόνια.

ΠΗΓΗ: The Great Global Warming Swindle

7.6.2. Ο ρόλος του διοξειδίου του Άνθρακα

Τα Αέρια του Θερμοκηπίου αποτελούν συνολικά ένα πολύ μικρό ποσοστό των αερίων της ατμόσφαιρας. Από το ποσοστό αυτό, το 95% αποτελείται από υδρατμούς, οι οποίοι είναι και το μακράν σημαντικότερο Α.τ.Θ.

Το CO₂ από την άλλη, αποτελεί ένα πολύ μικρό ποσοστό στο σύνολο των αερίων της ατμόσφαιρας, της τάξης του 0,054%. Το μεγαλύτερο μέρος του CO₂ προέρχεται από φυσικές πηγές (ωκεανούς, ηφαίστεια και έμβια όντα), ενώ το ανθρωπογενές ποσοστό επί της ποσότητας αυτής περιορίζεται σε μονοψήφιο αριθμό.

Σύμφωνα με την επικρατούσα θεωρία, κατά την οποία η παρατηρούμενη αύξηση της θερμοκρασίας οφείλεται στα Α.τ.Θ., θα έπρεπε ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας να είναι πολύ μεγαλύτερος στην τροπόσφαιρα, από όσο στην επιφάνεια της Γης. Πλήθος μετρήσεων όμως από δορυφόρους και μετεωρολογικά μπαλόνια, δείχνει ότι η επιφάνεια της Γης θερμαίνεται ελαφρώς περισσότερο από την ατμόσφαιρα.

Μετρήσεις στον πυρήνα των παγετώνων δείχνουν ότι υπάρχει στενή συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης CO₂ στην ατμόσφαιρα και των μεταβολών της μέσης θερμοκρασίας της Γης. Το γεγονός αυτό μάλιστα, προβάλλεται με ιδιαίτερη έμφαση από τον πρώην αντιπρόεδρο των Η.Π.Α. Αλ Γκορ (Al Gore) στην ταινία του «Μια ενοχλητική αλήθεια» (An inconvenient truth). Στην ταινία αυτή, η οποία θεωρείται από πολλούς ως αποφασιστικής σημασίας για την εκκλαίευση της θεωρίας περί ανθρωπογενούς κλιματικής αλλαγής, ο Αλ Γκορ ισχυρίζεται ότι: «Όταν υπάρχει περισσότερο διοξείδιο του Άνθρακα, η θερμοκρασία αυξάνεται» (Εικόνα 7.7).

Στην πραγματικότητα όμως, η σχέση μεταξύ CO₂ και θερμοκρασίας είναι ακριβώς αντίστροφη: η συγκέντρωση CO₂ στην ατμόσφαιρα δεν προηγείται, αλλά έπεται των θερμοκρασιακών μεταβολών, με διαφορά 800 ετών περίπου (εικόνα 7.8). Αυτό οφείλεται στην διαφυγή CO₂ από τους ωκεανούς προς την ατμόσφαιρα, η οποία αυξάνεται όσο αυξάνεται η θερμοκρασία.

Επομένως, θα μπορούσε να πει κανείς ότι η υπόθεση της ανθρωπογενούς παγκόσμιας υπερθέρμανσης διαψεύδεται από τα δεδομένα. Το CO₂ είναι ένα ήσσονος σημασίας Α.τ.Θ., γι' αυτό άλλωστε δεν θεωρείται υπεύθυνο για τις κλιματικές μεταβολές του παρελθόντος.

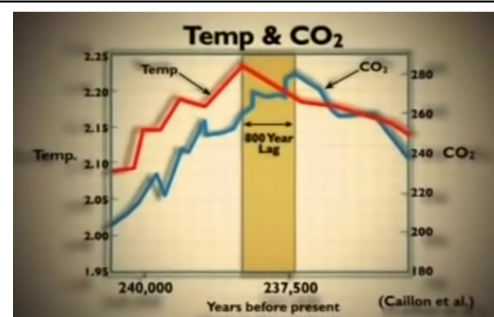
7.6.3 Αίτια των κλιματικών αλλαγών

Κινητήρια δύναμη των κλιματικών μεταβολών είναι ο Ήλιος, ο οποίος καθορίζει το κλίμα μέσω ενός άμεσου και ενός έμμεσου μηχανισμού.

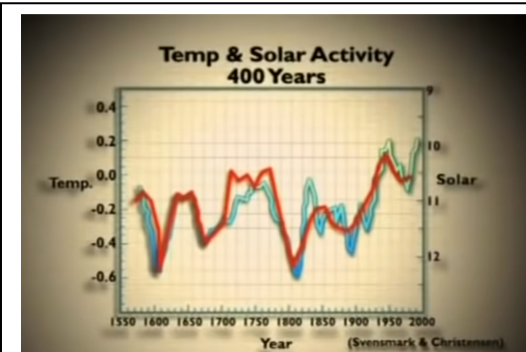
Ο άμεσος μηχανισμός επίδρασης του



Εικόνα 7.6: Ο πρώην αντιπρόεδρος των Η.Π.Α. Αλ Γκορ παρουσιάζει την σχέση μεταξύ CO₂ και θερμοκρασίας.
ΠΗΓΗ: The Great Global Warming Swindle



Εικόνα 7.7: Συσχέτιση διοξειδίου του Άνθρακα και θερμοκρασίας.
ΠΗΓΗ: The Great Global Warming Swindle



Εικόνα 7.8: Συσχέτιση μέσης θερμοκρασίας της Γης και Ηλιακής δραστηριότητας.
ΠΗΓΗ: The Great Global Warming Swindle

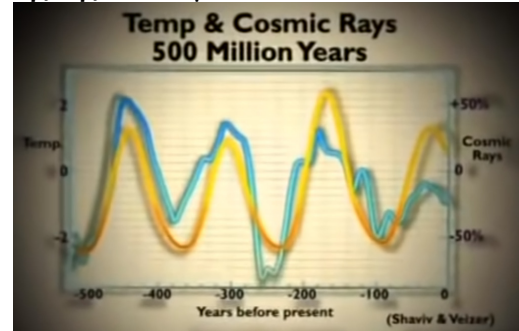
Ήλιου είναι η ένταση της ίδιας της Ηλιακής ακτινοβολίας. Αυξημένη ένταση της Ηλιακής ακτινοβολίας παρατηρείται σε περιόδους έξαρσης της Ηλιακής δραστηριότητας, η οποία σηματοδοτείται από την εμφάνιση μεγάλου αριθμού ηλιακών κηλίδων. Αν οι μεταβολές της μέσης θερμοκρασίας της Γης συνδυαστούν με τις περιόδους έξαρσης και ύφεσης της Ηλιακής δραστηριότητας, προκύπτει στενή συσχέτιση (εικόνα 7.8).

Ο δεύτερος, έμμεσος μηχανισμός, μέσω του οποίου ο Ήλιος επιδρά στο κλίμα της Γης, είναι η νεφοκάλυψη.

Ο σχηματισμός νεφών επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την ροή κοσμικών ακτινών, η οποία με την σειρά της εξαρτάται από την Ηλιακή δραστηριότητα. Συγκεκριμένα, όταν υπάρχει έξαρση, ο Ηλιακός άνεμος εκτρέπει τις κοσμικές ακτίνες και η ροή τους ελαττώνεται. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να ελαττώνεται η νεφοκάλυψη και να αυξάνεται η θερμοκρασία. Το αντίθετο συμβαίνει σε περιόδους ύφεσης (εικόνα 7.9).

Επομένως, όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο καθηγητής Tim Ball, το να αποδίδει κανείς τις κλιματικές μεταβολές στις αυξομειώσεις του CO₂ μοιάζει κατ' αναλογία με το να αποδίδει την αιτία, για την οποία ένα αυτοκίνητο δεν δουλεύει πολύ καλά, σε ένα μπουλόνι του πίσω δεξιού τροχού (ανθρωπογενές διοξείδιο του άνθρακα), αγνοώντας την μηχανή (Ήλιος) και το σύστημα μετάδοσης (υδρατμοί).

Εικόνα 7.9: Συσχέτιση μέσης θερμοκρασίας της Γης και Κοσμικών Ακτινών.^[34]



7.6.4 Συνέπειες της υπερθέρμανσης

Η θέρμανση του πλανήτη προβάλλεται ως αιτία μεγάλων δεινών για την ανθρωπότητα. Όμως η Μεσαιωνική Θερμή Περίοδος ήταν εποχή ευημερίας, κατά την οποία ευδοκμούσαν αμπελώνες στην βόρεια Αγγλία και δημητριακά στην Γροιλανδία.

Τα τηλεοπτικά κανάλια δείχνουν στα δελτία ειδήσεων εικόνες μεγάλων κομματιών πάγου να σπάνε και να κατακρημνίζονται στην θάλασσα, συνοδευόμενες από δραματικές διαπιστώσεις περί κλιματικής αλλαγής και ζοφερές προβλέψεις για άνοδο της στάθμης των ωκεανών. Αυτό όμως είναι κάτι σύννηδες, καθώς οι παγετώνες της Αρκτικής συνεχώς διαστέλλονται και συστέλλονται. Η μεταβολή της στάθμης της θάλασσας σχετίζεται με την θερμική διαστολή των ωκεανών και δεν έχει καμία σχέση με το λιώσιμο των πάγων. Πρόκειται για μια εξαιρετικά αργή διαδικασία, καθώς οι ωκεανοί ανταποκρίνονται μετά από εκατοντάδες ή χιλιάδες χρόνια στις μεταβολές που συμβαίνουν στην επιφάνεια.

Άλλωστε, μόλις πριν από 1000 χρόνια, η Γροιλανδία ήταν θερμότερη απ' όσο σήμερα, και όμως δεν υπήρξε κάποιο δραματικό γεγονός τήξης των πάγων, ενώ και το μόνιμο στρώμα πάγου (permafrost) στην Ρωσία, πριν από 7.000 – 8.000 χρόνια έλιωσε πολύ περισσότερο απ' όσο τα στοιχεία δείχνουν ότι λιώνει τώρα.

Στις προβλέψεις του I.P.C.C. περιλαμβάνεται και η εξάπλωση προς τα βόρεια θανατηφόρων τροπικών ασθενειών, όπως η ελονοσία, λόγω της αύξησης του πληθυσμού των εντόμων. Όμως τα κουνούπια αφθονούν ακόμα και στην Αρκτική, ενώ η πιο θανατηφόρα επιδημία ελονοσίας ξέσπασε στην Σοβιετική Ένωση το 1920, με 13.000.000 μολύνσεις και 600.000 θανάτους ετησίως.

Επομένως, όλες οι παραπάνω προβλέψεις περί καταστροφικών συνεπειών της αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη, στερούνται επιστημονικής ή ιστορικής τεκμηρίωσης.

7.6.5 Σχόλιο

Ο γράφων δεν θεωρεί τον εαυτό του ειδήμονα στους τομείς της μετεωρολογίας ή της παλαιοκλιματολογίας. Πρέπει όμως να τονιστεί ότι, ποτέ στο παρελθόν και σε κανένα επιστημονικό αντικείμενο, δεν υπήρξε θεωρία που να ήταν εντελώς λανθασμένη ή εντελώς ορθή.

Υπό αυτό το πρίσμα, δεν είναι δυνατόν να δεχθούμε ότι οι πανίσχυρες δυνάμεις της φύσης, οι οποίες καθόριζαν το κλίμα της Γης επί δισεκατομμύρια έτη, έπαψαν πλέον να επενεργούν. Από την άλλη πλευρά, η επίδραση του ανθρώπου στην ατμόσφαιρα είναι αναμφίβολα υπαρκτή.

Επομένως, το ερώτημα δεν πρέπει να τίθεται διαζευκτικά, αν δηλαδή η «κλιματική αλλαγή» οφείλεται στις φυσικές δυνάμεις ή στον άνθρωπο, αλλά κατά πόσο οι ανθρωπογενείς επιδράσεις μπορούν να απορροφηθούν από τις φυσικές διεργασίες, και να μην οδηγήσουν σε κάποιου είδους θετική ανατροφοδότηση του φαινομένου (οι εκπομπές CO₂ να προκαλέσουν μικρή άνοδο της θερμοκρασίας, η οποία με την σειρά της να προκαλέσει μεγαλύτερη εκπομπή CO₂ από τους ωκεανούς κ.ο.κ.).

Θεωρούμε ότι κανένα από τα δύο «στρατόπεδα» δεν προσεγγίζει ορθά το ζήτημα, υπερτονίζοντας την πλευρά, υπέρ της οποίας έχει ταχθεί. Σε κάθε περίπτωση πάντως, η μείωση των ανθρωπογενών εκπομπών Α.τ.Θ. δεν μπορεί παρά να έχει θετικές συνέπειες.

7.7 Συμπεράσματα

Στην ενότητα αυτή θα προσπαθήσουμε να κάνουμε μία σύνθεση των όσων αναφέρθηκαν στην αρχή του παρόντος κεφαλαίου, σχετικά με ορισμένες από τις αρνητικές πλευρές της ηλεκτροκίνησης.

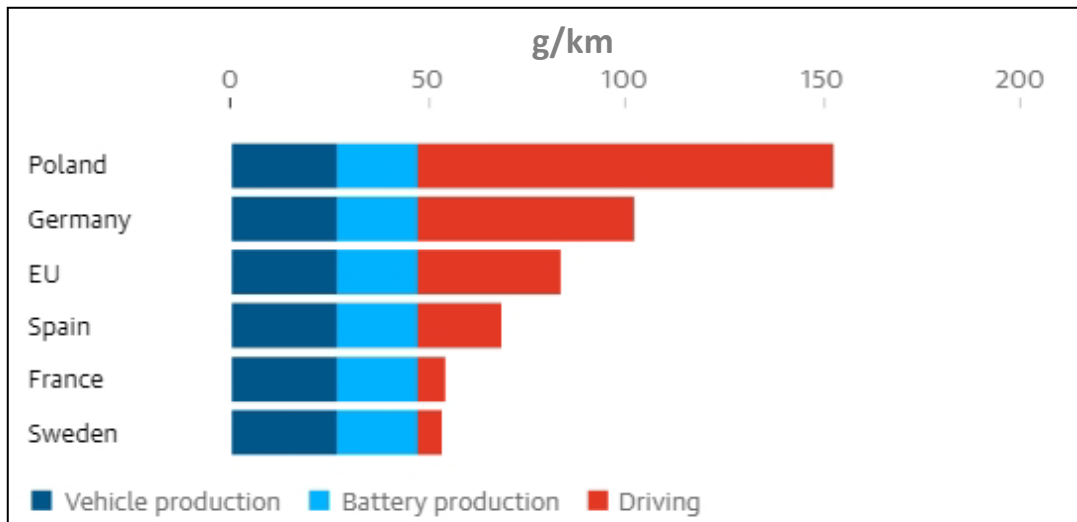
7.7.1 Συνολική στροφή στις Α.Π.Ε.

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει (§§7.2.1 και 7.2.2), η ενέργεια που κινεί τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα προέρχεται τελικά από τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κάθε χώρας. Επομένως, δεν είναι σωστό τα ηλεκτροκίνητα αυτοκίνητα να θεωρούνται εξ ορισμού ως «μηδενικών εκπομπών», αλλά πρέπει το ζήτημα αυτό να εξετάζεται σε συνάρτηση με το ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. σε κάθε χώρα.

Δηλαδή, με άλλα λόγια, αν σε μια χώρα η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από ορυκτά καύσιμα (λιγνίτη, πετρέλαιο ή φυσικό αέριο), τότε κάθε ηλεκτρικό αυτοκίνητο που φορτίζει τις μπαταρίες του στην χώρα αυτή, συμβάλλει έμμεσα στην εκπομπή αερίων ρύπων. Προς επίρρωση αυτού, παραθέτουμε στο διάγραμμα 7.4 απόσπασμα των αποτελεσμάτων της σύγκρισης των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του Άνθρακα για το σύνολο του «κύκλου ζωής» ενός «μέσου» αμιγώς ηλεκτρικού αυτοκινήτου (B.E.V.), ανάλογα με το «ενεργειακό μίγμα» του δικτύου ηλεκτροδότησης έξι χωρών της Ε.Ε., που διενήργησε η Βρετανική εφημερίδα «The Guardian»^[36].

Στο διάγραμμα αυτό παρατηρούμε ότι οι εκπομπές CO₂ ενός B.E.V. που κυκλοφορεί στην Πολωνία είναι συγκρίσιμες με τις αντίστοιχες ενός θερμικού (I.C.E.V.) νέας τεχνολογίας. Στην Γαλλία και την Σουηδία αντίθετα, υπάρχει ουσιαστικό όφελος ως προς τις συνολικές εκπομπές CO₂.

Επομένως, για να εκμεταλλευθούμε τα πλεονεκτήματα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων σε όλη τους την έκταση, πρέπει αναμφίβολα και η ενέργεια που φορτίζει τις μπαταρίες τους να προέρχεται από Α.Π.Ε., δηλαδή κατά το κοινώς λεγόμενο να είναι «καθαρή».



Διάγραμμα 7.4: Σύγκριση συνολικών εκπομπών CO₂ ηλεκτρικών αυτοκινήτων ανάλογα με το ενεργειακό μίγμα της χώρας που κυκλοφορούν.

ΠΗΓΗ: The Guardian

Πλην όμως, κατά την άποψη του γράφοντος, οι προσπάθειες επίλυσης ενός προβλήματος δεν πρέπει να δημιουργούν άλλα. Εστιάζοντας στην Ελλάδα, όπου παρατηρούμε μια μάλλον μονομερή προώθηση των Α.Π.Ε., αναφέρουμε επιγραμματικά:

1) Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (υδροηλεκτρική, αιολική, ηλιακή, βιομάζα) πρέπει βεβαίως να αξιοποιούνται, σε ορθολογική όμως κλίμακα. Οι φαραωνικών διαστάσεων ανεμογεννήτριες και τα φωτοβολταϊκά συστήματα σε αποψιλωμένες δασικές εκτάσεις, σε Εθνικούς Δρυμούς ή σε προστατευόμενες περιοχές NATURA επιβαρύνουν συνολικά περισσότερο το περιβάλλον, από όσο το ωφελούν.

2) Η λεγόμενη «ενεργειακή φτώχεια» αποτελεί, για όσους την βιώνουν, πολύ πιο άμεσο και πιεστικό πρόβλημα από την «υπερθέρμανση του πλανήτη» ή την «κλιματική αλλαγή». Δεν πρέπει επομένως να αποκλειστεί η αξιοποίηση και των στερεών ορυκτών καυσίμων όπως ο λιγνίτης, ιδίως σε χώρες σαν την Ελλάδα, που διαθέτουν πλούσια κοιτάσματα. Ο λιγνίτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε μορφή βέλτιστου μίγματος με βιομάζα, απαραίτητη πάντως προϋπόθεση είναι να γίνεται χρήση της σύγχρονης τεχνολογίας (ζήρανση, αποθείωση, αεριοποίηση, δέσμευση CO₂, ειδικά φίλτρα κ.λ.π.).

Αυτό θα επέφερε μείωση της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας, σε συνδυασμό βέβαια με πρόσθετα μέτρα. Ως προς αυτό το τελευταίο, θεωρούμε ότι συμμετοχή σε μηχανισμούς όπως το «χρηματιστήριο ρύπων» ή «το χρηματιστήριο ενέργειας» είναι πολιτική απόφαση, που άπτεται της κυριαρχίας κάθε χώρας.

3) Η αλόγιστη αλλαγή χρήσης γης αγροτικών εκτάσεων για την εγκατάσταση συστημάτων Α.Π.Ε. συμβάλλει στην διατροφική εξάρτηση από τρίτες χώρες και στον λεγόμενο «πληθωρισμό τροφίμων. Με άλλα λόγια, όσο σημαντική είναι η παραγωγή «καθαρής» ενέργειας, άλλο τόσο σημαντική είναι και η εξασφάλιση φθηνών και ποιοτικών ειδών διατροφής και η τόνωση του εμπορικού ισοζυγίου της χώρας μας.

4) Τέλος, επειδή κάθε φυτό λειτουργεί ως φυσική καταβόθρα CO₂, αποτελεί αδήριτη ανάγκη ο πολλαπλασιασμός των δενδροφυτεύσεων και ο περιορισμός των αποψιλώσεων δασικών και αγροτικών εκτάσεων.

7.7.2 Αποτελεσματικότερες τεχνικές ανακύκλωσης μπαταριών

Όπως αναφέραμε στην ενότητα 7.3, οι χρησιμοποιημένες μπαταρίες των ηλεκτρικών οχημάτων (αλλά και των συστημάτων Α.Π.Ε.) μπορεί στο μέλλον να αποτελέσουν

«περιβαλλοντική βόμβα». Γι' αυτό πρέπει η ανάπτυξη της ανακύκλωσης των μπαταριών αυτών να συμβαδίζει με την διάδοση της ηλεκτροκίνησης και των Α.Π.Ε.

Σήμερα, υπάρχουν πράγματι αρκετά εργαστήρια, που εργάζονται για την ανάπτυξη πιο αποτελεσματικών και φιλικών προς το περιβάλλον τρόπων ανακύκλωσης των μπαταριών Λιθίου. Οι μέθοδοι που εξετάζονται είναι κυρίως:

1) Η αποσυναρμολόγηση των μπαταριών αυτών να γίνεται με χρήση ρομπότ και όχι με το χέρι. Η μέθοδος αυτή αναπτύσσεται στο Ηνωμένο Βασίλειο, από το Ινστιτούτο Faraday, στο πλαίσιο του προγράμματος «ReLib».^[11]

2) Η τυποποίηση της διαδικασίας αποσυναρμολόγησης και ανακύκλωσης των μπαταριών Λιθίου, σε συνεννόηση με τους κατασκευαστές.^[11]

3) Η αντικατάσταση των παραδοσιακών τεχνικών της πυρομεταλλουργίας και της υδρομεταλλουργίας με εντελώς νέες τεχνικές.

α) Μία τεχνική, η οποία έχει αναπτυχθεί από ερευνητές του ιδρύματος Faraday (Οξφοντσαϊρ, Ηνωμένο Βασίλειο), επιτυγχάνει τον διαχωρισμό του ενεργού υλικού από την κάθοδο και την άνοδο σε πολύ σύντομο χρόνο (< 10s), με χρήση υπερήχων έντασης μεγαλύτερης από $50 \frac{W}{cm^2}$. Το ποσοστό ανάκτησης του ενεργού υλικού είναι της τάξης του 95%, ενώ, λόγω της

ταχύτητάς της, μπορεί να γίνει επεξεργασία 100 φορές περισσότερου υλικού στον ίδιο χρόνο, σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους^[37].

β) Μια δεύτερη τεχνική, η οποία ονομάζεται «άμεση «ανακύκλωση» (direct recycling) ή «ανακύκλωση από κάθοδο σε κάθοδο» (cathode to cathode recycling), εστιάζει στην «αναζωογόνηση της καθόδου» (cathode rehealing), με αποκατάσταση της ατομικής δομής και της συγκέντρωσης Λιθίου σε αυτήν. Σύμφωνα με την μέθοδο που αναπτύσσεται από ερευνητές του Πανεπιστημίου του Σαν Ντιέγκο (Καλιφόρνια, ΗΠΑ) συλλέγονται σωματίδια από άχρηστες μπαταρίες Λιθίου, τα οποία διοχετεύονται υπό πίεση σε θερμό αλκαλικό διάλυμα άλατος Λιθίου και στην συνέχεια υποβάλλονται σε σύντομη ανόπτηση και αργή ψύξη. Η ενέργεια που απαιτείται είναι μόλις 5,9MJ («όσο η βενζίνη σε ένα φλιτζάνι του καφέ») ενώ οι μπαταρίες που παράγονται από το επεξεργασμένο υλικό δεν διαφέρουν σε απόδοση από τις καινούργιες. Οι ερευνητές εργάζονται για την εξέλιξη της μεθόδου, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε βιομηχανική κλίμακα^[38].

7.7.3 Εναλλακτικές λύσεις για την διαχείριση των μπαταριών

Εκτός από αποτελεσματικότερες τεχνικές ανακύκλωσης, θεωρούμε ότι προς την σωστή κατεύθυνση στρέφονται και οι ερευνητικές προσπάθειες για την πλήρη αντικατάσταση των μπαταριών ιόντων Λιθίου με κάτι πιο φιλικό προς το περιβάλλον. Στο πανεπιστήμιο A&M του Τέξας, για παράδειγμα, ερευνάται η χρήση οργανικών μπαταριών τύπου O.R.B. (Organic Radical Batteries), οι οποίες μπορούν να αποδομηθούν με θερμό οξύ, διαδικασία κατά την οποία παράγονται αμινοξέα και διάφορα υποπροϊόντα.^[11]

Μία διαφορετική προσέγγιση του ίδιου προβλήματος αποτελεί η επαναχρησιμοποίηση των μπαταριών των ηλεκτρικών αυτοκινήτων σε εφαρμογές, στις οποίες η μειωμένη χωρητικότητα μπορεί να γίνει ανεκτή.

Ήδη, πολλές αυτοκινητοβιομηχανίες (Nissan, Volkswagen κ.ά.) επαναχρησιμοποιούν τις μπαταρίες μειωμένης χωρητικότητας σε οχήματα που εξυπηρετούν ανάγκες εντός των εγκαταστάσεων των εργοστασίων τους.^[39]

Άλλο παράδειγμα αποτελούν οι χρησιμοποιημένες μπαταρίες του μοντέλου NISSAN LEAF, οι οποίες τροποποιούνται και προωθούνται στην East Japan Railway Company, όπου χρησιμεύουν για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας έκτακτης ανάγκης σε σιδηροδρομικές διαβάσεις.^[40]

Τέλος, οι μπαταρίες μειωμένης χωρητικότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποθήκευση της ενέργειας φωτοβολταϊκών και αιολικών συστημάτων^[8].

Πρέπει βεβαίως να παρατηρήσουμε στο σημείο αυτό ότι, αργά ή γρήγορα, και αυτή η «δεύτερη ζωή» των μπαταριών θα φθάσει στο τέλος της. Επομένως η επαναχρησιμοποίηση δεν λύνει το πρόβλημα, αλλά απλά το μεταθέτει χρονικά, γι' αυτό η ανάγκη για αποτελεσματική ανακύκλωση δεν κάμπτεται.

7.7.4 Δίκτυα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Όπως αναφέραμε σε προηγούμενη παράγραφο (§ 7.4.2), οι απαιτούμενες επενδύσεις στην Ε.Ε. για την κάλυψη των αναγκών φόρτισης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, εκτιμώνται σε 46,5 δισεκατομμύρια Ευρώ για την ενίσχυση των δικτύων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και 68,9 δισεκατομμύρια για την παραγωγή της απαιτούμενης επιπλέον ενέργειας των 164TW.

Η υιοθέτηση της τεχνολογίας «V2G» από τους διαχειριστές των δικτύων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και τους κατασκευαστές αυτοκινήτων, θα μπορούσε να εξοικονομήσει σημαντικό μέρος των προαναφερθέντων πόρων.

Το 2021, η πολυεθνική εταιρεία E.ON, που δραστηριοποιείται στον τομέα παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και η αυτοκινητοβιομηχανία NISSAN, δημοσίευσαν «Λευκή Βίβλο» (Whitpaper) με τίτλο «Η διαδρομή προς ένα δίκτυο χαμηλού Άνθρακα» (The drive to a low carbon grid).^[41]

Όπως αναφέρεται στον πρόλογο, οι κρατικές υπηρεσίες της Μ. Βρετανίας (Office for Zero Emissions Vehicles, O.Z.E.V. και Department of Business, Energy and Industrial Strategy, B.E.I.S.) χρηματοδότησαν με 30 εκατ. £ (35 εκατ. €), 21 μελέτες σχετικά με την ανάπτυξη του V2G στο Ηνωμένο Βασίλειο.

Η συγκεκριμένη μελέτη, η οποία εκπονήθηκε από το Imperial College του Λονδίνου, αναφέρεται στην Βρετανική πραγματικότητα, και το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε υποθέτει στόλους 1.000.000 συνολικά εταιρικών ηλεκτρικών οχημάτων, τα οποία κυκλοφορούν και φορτίζουν τις μπαταρίες τους καθορισμένες ώρες (back-to-base fleet). Εξετάστηκαν τέσσερα διαφορετικά σενάρια σχετικά με τα ωράρια κυκλοφορίας και φόρτισης των οχημάτων σε συνδυασμό με τρεις τρόπους φόρτισης: απλή, «έξυπνη» και V2G.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι μέρος των πρόσθετων δαπανών, που απαιτούνται για την κάλυψη των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια των οχημάτων αυτών, μπορεί να αντισταθμιστεί από την ταχύτατη (< 1s) και αποτελεσματική απόκριση του συστήματος V2G στην εξισορρόπηση του δικτύου, με την μορφή μειωμένων απαιτούμενων επενδύσεων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, μειωμένη ανάγκη για ενίσχυση του δικτύου διανομής και με μειωμένη ανάγκη περικοπής (curtailment) της ενέργειας των Α.Π.Ε.

Η εξοικονόμηση για ολόκληρο το σύστημα παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας συνολικά, εκτιμάται σε 412 έως 883 εκατομμύρια £ (483 – 1.034 εκατομμύρια €) ανά έτος. Αντίθετα, η μη διαχειριζόμενη και η έξυπνη φόρτιση επιβαρύνουν το σύστημα ετησίως με 567 – 773 εκατ. £ (664 – 905 εκατ. €) και 102 – 150 εκατ. £ (120 – 176 εκατ. €) αντίστοιχα, λόγω της περιορισμένης ευελιξίας τους.

Αξίζει να μνημονευθεί ότι, εκτός από τα οικονομικά οφέλη, η χρήση του συστήματος V2G μπορεί, σύμφωνα με την μελέτη, να οδηγήσει ακόμα και σε αρνητικό ανθρακικό αποτύπωμα των ηλεκτρικών οχημάτων, έως -243 gCO₂/km. Αντίθετα, η απλή (χωρίς διαχείριση) και η «έξυπνη» φόρτιση, προκαλούν αύξηση των εκπομπών από το σύστημα ηλεκτροπαραγωγής, της τάξης των 36 – 52 gCO₂/km, ως αποτέλεσμα της πρόσθετης ζήτησης ενέργειας από τα ηλεκτρικά οχήματα.

7.7.5 Βιοκαύσιμα

Όπως αναφέραμε στην ενότητα 7.5, τα βιοκαύσιμα παρουσιάζουν πολλά διόλου ευκαταφρόνητα πλεονεκτήματα, τα οποία παραθέτουμε επιγραμματικά:

- Μειωμένες εκπομπές ρυπαντών, της τάξης του 30%. Οι μείωση είναι πολύ μεγαλύτερη για τα βιοκαύσιμα 4^{ης} γενιάς.^[42]
- Δραματικά μειωμένο έως αρνητικό συνολικό «ανθρακικό αποτύπωμα».
- Μείωση της ενεργειακής εξάρτησης κάθε χώρας.
- Τόνωση της αγροτικής παραγωγής και της οικονομίας γενικότερα.
- Συμβατότητα οχημάτων και υποδομής.

Η προώθηση των βιοκαυσίμων στην Ε.Ε., κατά την άποψή μας, είναι αναντίστοιχη με τα οφέλη που προσφέρουν. Και αυτό διότι θα μπορούσαν να αποτελέσουν μία καλή εναλλακτική λύση για όσους δεν έχουν τα οικονομικά μέσα ή την δυνατότητα να στραφούν στην ηλεκτροκίνηση.

Ο γράφων θεωρεί ότι η πολιτική των Η.Π.Α., οι οποίες ενισχύουν ισομερώς όλες τις μορφές εναλλακτικών καυσίμων^{[25], [43], [44]}, είναι πολύ πιο ισορροπημένη από της Ε.Ε., η μονομέρεια και η σπουδή της οποίας υπέρ της ηλεκτροκίνησης αγγίζει τα όρια της φρενιτίδας. Σαν παράδειγμα αναφέρουμε την περίπτωση της χώρας μας, όπου η πολιτεία διαθέτει 9 εκατ. € για ηλεκτρικά αυτοκίνητα σε ένα μικρό νησί του Αιγαίου (Αστυπάλαια) και θεωρεί ύψιστης σημασίας ζήτημα το αν το ασθενοφόρο θα είναι ηλεκτρικό ή θερμικό, αλλά όχι το γεγονός ότι οι υποδομές υγείας στο νησί είναι υποτυπώδεις.^[45]

7.8 Γενικό συμπέρασμα

Στην ακροτελεύτια παράγραφο της παρούσας πτυχιακής εργασίας θα επιχειρήσουμε, κάνοντας μια συνολική αποτίμηση όλων όσων αναφέρθηκαν παραπάνω, να δώσουμε μια απάντηση στο ερώτημα που τίθεται στον τίτλο της εργασίας μας.

Όπως φαίνεται από όσα παρουσιάσαμε στα προηγούμενα κεφάλαια, η ηλεκτροκίνηση είναι ένα εγχείρημα που, αν δεν τύγχανε της αμέριστης συμπαράστασης των κυβερνήσεων και διακρατικών οργανισμών μέσω οικονομικών και νομοθετικών μέτρων, θα παρέμενε ένα γραφικό πείραμα, όπως οι αντίστοιχες προσπάθειες του προηγούμενου αιώνα.

Συνεπώς, κατά την άποψη του γράφοντος, το ερώτημα πρέπει να τεθεί σε αυτοτελώς για κάθε ένα από τα εμπλεκόμενα μέρη, και με αυτόν τον τρόπο θα προσπαθήσουμε να το απαντήσουμε.

7.8.1 Αγοραστές ηλεκτρικών οχημάτων

Αναφερόμαστε πρώτα στους αγοραστές επιβατικών αυτοκινήτων, γιατί, κατά την άποψή μας, αποτελεί έναν γρίφο που δεν είναι εύκολο να απαντηθεί.

Όσον αφορά την Ελληνική πραγματικότητα, από τα όσα παρουσιάσαμε στο κεφάλαιο 6 γίνεται φανερό ότι, επί του παρόντος τουλάχιστον, δεν υπάρχει κάποιο άξιο λόγου οικονομικό όφελος από την επιλογή ηλεκτρικού επιβατικού αυτοκινήτου.

Το γεγονός αυτό, αν συνδυαστεί με την εικόνα που αποκτά όποιος ζει και κινείται στην Αθήνα και τα προάστια, οδηγεί κατά την άποψή μας στο συμπέρασμα ότι οι αγοραστές ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην χώρα μας ανήκουν, κατά πλειοψηφία, σε εύπορα εισοδηματικά στρώματα, τα οποία αρέσκονται να υιοθετούν τις τεχνολογικές καινοτομίες και έχουν την οικονομική δυνατότητα να το κάνουν.

Μια ενδιαφέρουσα ανάλυση, η οποία μπορεί να βοηθήσει στον σχηματισμό άποψης για το τι συμβαίνει σε άλλες χώρες, είναι αυτή που δημοσιεύεται στην ιστοσελίδα της εταιρείας πετρελαιοειδών GULF OIL^[46], όπου συγκρίνονται το λειτουργικό κόστος ενός «μέσου» θερμικού και ενός «μέσου» ηλεκτρικού επιβατικού αυτοκινήτου σε 33 χώρες, λαμβάνοντας υπ' όψη τις τιμές της βενζίνης και της ηλεκτρικής ενέργειας.

Από την εν λόγω ανάλυση προέκυψε ότι μεγαλύτερο οικονομικό όφελος έχουν οι οδηγοί ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην Ισλανδία, με όφελος $17,89 \frac{\text{€}}{100\text{μίλια}} \left(11,12 \frac{\text{€}}{100\text{km}} \right)$

και στην Νορβηγία, με όφελος $15,76 \frac{\text{€}}{100\text{μίλια}} \left(9,79 \frac{\text{€}}{100\text{km}} \right)$. Στην προτελευταία θέση είναι η Ιταλία, με $1,62 \frac{\text{€}}{100\text{μίλια}} \left(1,01 \frac{\text{€}}{100\text{km}} \right)$ και στην τελευταία η Αυστρία, με $0,77 \frac{\text{€}}{100\text{μίλια}} \left(0,48 \frac{\text{€}}{100\text{km}} \right)$.

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι υπάρχει σημαντικό οικονομικό κίνητρο για τους Ισλανδούς και τους Νορβηγούς. Αντίθετα, για τους Ιταλούς και τους Αυστριακούς, ο γράφων τείνει να πιστέψει ότι τα κίνητρά τους είναι παρόμοια με εκείνα που αναφέραμε για τους Έλληνες αγοραστές ηλεκτρικών επιβατικών αυτοκινήτων.

Όσον αφορά τα μικρά ηλεκτρικά οχήματα (ποδήλατα, μικροαυτοκίνητα κ.λ.π) ο γράφων θεωρεί ότι αποτελούν βολικά και σχετικά οικονομικά μέσα ατομικής μεταφοράς.

Τέλος, στις κατηγορίες των επαγγελματικών οχημάτων (ΤΑΞΙ, φορτηγά) κυριαρχεί το στοιχείο της υποχρεωτικότητας.

7.8.2 Κατασκευαστές αυτοκινήτων

Οι αυτοκινητοβιομηχανίες σχεδιάζουν να επενδύσουν 1,2 τρισεκατομμύρια δολάρια στον τομέα της ηλεκτροκίνησης (κατασκευή οχημάτων και μπαταριών) μέχρι το 2030^[47]. Αναφέρουμε ενδεικτικά:

- B.M.W.: 36,5 δισεκατομμύρια δολάρια
- B.Y.D.: 17,2 δισεκατομμύρια δολάρια
- FORD: 50 δισεκατομμύρια δολάρια
- GENERAL MOTORS: 35 δισεκατομμύρια δολάρια

Επίσης, η επένδυση της Lithium Americas στο ορυχείο του Thacker Pass ανέρχεται για την πρώτη φάση μόνο, σε 2,27 δισεκατομμύρια δολάρια, μεγάλο μέρος της οποίας αναμένεται να καλυφθεί με δάνειο από το Υπουργείο Ενέργειας των Η.Π.Α. Η General Motors αγόρασε πακέτο μετοχών της παραπάνω εταιρείας, αξίας 650 εκατομμυρίων δολαρίων και έγινε ο βασικός μέτοχος^[48].

Ο γράφων αδυνατεί να πιστέψει ότι οι C.E.O. των παραπάνω εταιρειών ανακοίνωσαν στις γενικές συνελεύσεις των μετόχων τους ότι, τα αμύθητα ποσά που προαναφέραμε, αποτελούν δώρο προς την ανθρωπότητα.

Η ηλεκτροκίνηση για τις εταιρείες αυτές αποτελεί, κατά την άποψή μας, πεδίο επενδύσεων σε νέες τεχνολογίες και νέους τομείς. Προφανέστατα τα αναμενόμενα κέρδη είναι τεράστια, πόσο μάλλον που υπάρχει άφθονη υποστήριξη με ροή δημόσιου χρήματος.

Για του λόγου το αληθές, σταχυολογούμε από τις οικονομικές σελίδες των μέσων ενημέρωσης δύο ενδιαφέρουσες ειδήσεις:

1) Η ανακοίνωση της αγοράς του πακέτου μετοχών της Lithium America από την General Motors, που αναφέραμε παραπάνω, οδήγησε σε αύξηση της τιμής της μετοχής της Lithium Americas κατά 14%, και της General Motors κατά 8,4%.^[48]

2) Η τιμή μετοχής Tesla κατά το χρονικό διάστημα 2019 έως 2024 σχεδόν δεκαπλασιάστηκε (τιμή κλεισίματος 1/2/2019: 21,33\$, 15/1/2024: 218,89\$)^[49].

7.8.3 Πάροχοι ηλεκτρικής ενέργειας

Όπως προκύπτει από το παράδειγμα της Ελλάδας (§ 6.3.2), για τις επιχειρήσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, η φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων αποτελεί αναμφίβολα μία νέα αγορά. Θα τολμούσαμε να την χαρακτηρίσουμε σαν την «κότα που γεννάει το χρυσό αυγό», αν θυμηθούμε ότι η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας στους δημόσια προσβάσιμους σταθμούς χρεώνεται 3 έως 4 φορές ακριβότερα, απ' όσο στους οικιακούς καταναλωτές.

Τα προσδοκώμενα κέρδη είναι τέτοια, που δεν αφήνουν αδιάφορες και τις αυτοκινητοβιομηχανίες. Για παράδειγμα, η Volkswagen προχώρησε σε σύμπραξη με την BP, προκειμένου να εγκαταστήσουν 4.000 σταθμούς ταχείας DC φόρτισης στην Γερμανία και το Ηνωμένο Βασίλειο^[50].

Τέλος, όπως αναφέραμε και στην § 7.7.4, η ηλεκτροκίνηση, μέσω της τεχνολογίας V2G (την ανάπτυξη της οποίας ο γράφων θεωρεί αναπόφευκτη), θα απαλλάξει τους διαχειριστές των δικτύων από τον «βραχνά» της σταθεροποίησης, με πολύ μικρό κόστος.

7.8.4 Κυβερνήσεις

Οι τιμές των ορυκτών καυσίμων ανέκαθεν αποτελούσαν παράγοντα προβληματισμού για τις κυβερνήσεις των μη πετρελαιοπαραγωγών χωρών. Και αυτό διότι έχουν όχι μόνο άμεση επίδραση στα δημόσια οικονομικά (ισοζύγιο τρεχουσών συναλλαγών, φορολογικά έσοδα), αλλά επηρεάζουν ποικιλοτρόπως την οικονομία συνολικά μιας χώρας (κόστος ενέργειας και μεταφοράς αγαθών, πληθωρισμός κ.λ.π.)^[51].

Οι τιμές των ορυκτών καυσίμων είναι κατά κανόνα απρόβλεπτες, γιατί καθορίζονται με χρηματιστηριακούς κανόνες και επηρεάζονται από πολιτικούς παράγοντες (αποφάσεις των πετρελαιοπαραγωγών χωρών) και γεωπολιτικά γεγονότα (πολεμικές συρράξεις κ.λ.π).

Δεν είναι λοιπόν άξιο απορίας το ότι η ηλεκτροκίνηση και οι Α.Π.Ε., ως συμπλήρωμα η μία της άλλης, προωθούνται συστηματικά από τις κυβερνήσεις των ενεργειακά εξαρτημένων χωρών, προκειμένου να αποκτήσουν την λεγόμενη «ενεργειακή ασφάλεια».

Πρέπει όμως να παρατηρηθεί ότι η φορολογία των καυσίμων στηρίζει τα δημόσια οικονομικά σε όλες της χώρες του κόσμου. Στην Ελλάδα για παράδειγμα, σύμφωνα με ανάλυση του Εμπορικού Επιμελητηρίου Αθηνών, οι φόροι αποτελούν το 55% της λιανικής τιμής της βενζίνης^[52]. Με άλλα λόγια, για κάθε λίτρο βενζίνης, το Ελληνικό Δημόσιο εισπράττει 1,1€ έως 1,2€.

Ο γράφων πιστεύει ότι καμία κυβέρνηση, σε καμία χώρα δεν θα παραιτηθεί τόσο εύκολα από το έσοδο αυτό, προς χάριν της μακροημέρευσης του πλανήτη μας. Αν θέλαμε να διακινδυνεύσουμε μια πρόβλεψη, θα λέγαμε ότι, αν γενικευθεί η ηλεκτροκίνηση, η φόρτιση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων θα υφίσταται αντίστοιχη φορολογική επιβάρυνση. Οι διάφοροι «έξυπνοι» φορτιστές και μετρητές πάντως, προσφέρουν αυτήν την δυνατότητα από τεχνική σκοπιά.

7.8.5 Κάτοικοι των πόλεων

Τα όσα αναφέραμε στις προηγούμενες παραγράφους σχετικά με τα επιχειρηματικά και μακροοικονομικά οφέλη από την ηλεκτροκίνηση, δεν πρέπει να μας κάνουν να λησμονήσουμε τα δύο σημαντικότερα πλεονεκτήματα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, δηλαδή την εκπομπή μηδενικών ή ελάχιστων ρύπων και την πολύ χαμηλή στάθμη θορύβου.

Αναμφίβολα επομένως, όσο αυξάνονται τα ηλεκτρικά οχήματα στα αστικά κέντρα, τόσο ο αέρας θα γίνεται καθαρότερος και η ποιότητα ζωής καλύτερη, γεγονός που κατά την άποψη του γράφοντος αποτελεί και την πιο αισιόδοξη πλευρά του όλου εγχειρήματος.

7.9 Παραπομπές 7^{ου} κεφαλαίου

- [1] <https://dmse.mit.edu/faculty/yang-shao-horn/>
- [2] <https://climate.mit.edu/ask-mit/how-much-co2-emitted-manufacturing-batteries>
- [3] <https://climate.mit.edu/ask-mit/are-electric-vehicles-definitely-better-climate-gas-powered-cars>
- [4] <https://www.energy.gov/sites/default/files/2023-09/final-eis-0561-thacker-pass-lithium-mine-2023-09-29.pdf>
- [5] https://en.wikipedia.org/wiki/Thacker_Pass_Lithium_Mine
- [6] <https://energy.mit.edu/wp-content/uploads/2019/11/Insights-into-Future-Mobility.pdf>
- [7] <https://www.epa.gov/hw/lithium-ion-battery-recycling>
- [8] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378775321001671#preview-section-abstract>
- [9] <https://el.wikipedia.org/wiki/Υδρομεταλλουργία>
- [10] <https://le.ac.uk/people/andrew-abbott>
- [11] <https://www.bbc.com/future/article/20220105-lithium-batteries-big-unanswered-question>
- [12] <https://autospecialist.gr/i-anakiklosi-mpatarion-ionton-lithiou/>
- [13] <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/electrical-recharging-5-2021/el/>
- [14] <https://www.citroen.ie/electric-for-all/optimize-your-range.html>
- [15] https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF
- [16] <https://www.acea.auto/files/Research-Whitepaper-A-European-EV-Charging-Infrastructure-Masterplan.pdf>
- [17] https://www.fuelseurope.eu/uploads/files/modules/documents/file/1663230286_ioJP58jl02UbyFRDDljIzMIIEhEFPiv1mPSAtU9.pdf
- [18] https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Electricity_production,_consumption_and_market_overview
- [19] https://ec.europa.eu/commission/priorities/jobs-growth-and-investment/investment-plan-europe-junker-plan/whats-next-investeu-programme-2021-2027_en
- [20] https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_20_24
- [21] <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29215964/>
- [22] https://afdc.energy.gov/fuels/ethanol_benefits.html
- [23] <https://afdc.energy.gov/files/u/publication/ethanol-ghg-reduction-with-greet.pdf>
- [24] https://en.wikipedia.org/wiki/Ethanol_fuel_by_country
- [25] <https://afdc.energy.gov/fuels/laws/ETH?state=US>
- [26] https://afdc.energy.gov/fuels/ethanol_e15.html
- [27] https://en.wikipedia.org/wiki/Ethanol_fuel_in_Brazil
- [28] <https://www.bellperformance.com/blog/bid/112982/Flex-Fuel-Conversion-How-To-Make-A-Car-Go-From-E15-to-E85>

- [29] https://afdc.energy.gov/fuels/biodiesel_basics.html
- [30] <https://www.scfuels.com/biodiesel-vs-diesel/>
- [31] https://afdc.energy.gov/fuels/emerging_hydrocarbon.html
- [32] <https://www.chevron.com/newsroom/2023/q2/renewable-gasoline-blend-hits-the-road>
- [33] <https://www.energy.gov/eere/bioenergy/articles/ethanol-vs-petroleum-based-fuel-carbon-emissions>
- [34] https://www.youtube.com/watch?v=pIRICfZOvpY&t=81s&ab_channel=RathnakumarS
- [35] https://en.wikipedia.org/wiki/The_Great_Global_Warming_Swindle
- [36] <https://www.theguardian.com/business/2023/dec/23/do-electric-cars-really-produce-fewer-carbon-emissions-than-petrol-or-diesel-vehicles>
- [37] <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2021/gc/d1gc01623g#!divAbstract>
- [38] <https://jacobsschool.ucsd.edu/news/release/2454>
- [39] <https://www.bbc.com/news/business-56574779>
- [40] https://www.gocar.gr/news/feed/37860.Poy_pane_oi_mpataries_twn_Nissan_LEAF_ot.html
- [41] <https://www.eonenergy.com/content/dam/eon-energy-com/Files/vehicle-to-grid/The%20Drive%20Towards%20A%20Low-Carbon%20Grid%20Whitepaper.pdf>
- [42] <https://www.energy.gov/articles/biofuels-greenhouse-gas-emissions-myths-versus-facts-0>
- [43] <https://afdc.energy.gov/fuels/laws/BIOD?state=US>
- [44] https://afdc.energy.gov/laws/fed_summary
- [45] https://www.ertnews.gr/perifereiakoi-stathmoi/notio_aigaio/pserimos-iatros-ekdilose-endaferon-gia-to-iatreio-alla-kathysterei-to-fek/
- [46] <https://www.gulfoilltd.com/exploring-ev-and-petrol-running-costs-across-nations>
- [47] <https://www.reuters.com/graphics/AUTOS-INVESTMENT/ELECTRIC/akpeqgzqypr/>
- [48] <https://www.reuters.com/markets/commodities/gm-lithium-america-develop-thacker-pass-mine-nevada-2023-01-31/>
- [49] <https://finance.yahoo.com/quote/TSLA/history?period1=1547510400&period2=1705276800&interval=1mo&filter=history&frequency=1mo&includeAdjustedClose=true>
- [50] <https://www.toolify.ai/gpts/volkswagen-and-bp-expand-fastcharging-networks-for-electric-vehicles-379587>
- [51] <https://www.investopedia.com/financial-edge/0511/how-gas-prices-affect-the-economy.aspx>
- [52] <https://www.eea.gr/wp-content/uploads/2023/10/ΕΞΕΛΙΞΗ-ΤΙΜΩΝ-ΚΑΥΣΙΜΩΝ-9-10-2023.pdf>