



*Department of Mechanical
Engineering*



University of Western Macedonia

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ
ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΓΟΡΑ**

ΦΙΛΗΜΩΝ ΓΚΕΟΣ

A.M.: 1488

ΕΠΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΡΑΦΑΕΛΛΑ - ΕΛΕΝΗ ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΥ

ΚΟΖΑΝΗ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2020



*Department of Mechanical
Engineering*



University of Western Macedonia

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ
ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΓΟΡΑ**

ΦΙΛΗΜΩΝ ΓΚΕΟΣ

A.M.: 1488

ΕΠΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΡΑΦΑΕΛΛΑ - ΕΛΕΝΗ ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΥ

ΚΟΖΑΝΗ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2020

Περίληψη

Τα υβριδικά οχήματα (Hybrid Electric Vehicles – HEV) καθώς και τα Plug-in υβριδικά οχήματα (Plug-in Hybrid Vehicles – PHEV), έχουν εμφανιστεί τις τελευταίες δεκαετίες σαν απάντηση στην ολοένα αυξανόμενη τάση αλλά και απαίτηση για την μείωση των εκπομπών αερίων ρύπων και αερίων του θερμοκηπίου από τα οχήματα παγκοσμίως.

Η θετική επίδραση στο περιβάλλον και οι όροι και προϋποθέσεις κάτω από τους οποίους αυτή είναι εφικτή, έχουν καταγραφεί στην σχετική βιβλιογραφία, όπως και ο οικονομικός αντίκτυπος της χρήσης οχημάτων HEV και PHEV τόσο στους ιδιοκτήτες όσο και στα κράτη εν γένει.

Στην ΕΕ εδώ και πολλά έτη έχουν υπάρξει πρωτοβουλίες για την παροχή κινήτρων που θα οδηγήσει τους καταναλωτές (ιδιώτες και επαγγελματίες) προς την απόκτηση υβριδικών οχημάτων (και ηλεκτρικών αμιγώς οχημάτων πιο πρόσφατα) ενώ στην Ελλάδα οι αντίστοιχες πρωτοβουλίες καθυστέρησαν χαρακτηριστικά (ιδιαίτερα συγκρινόμενης με τις αντίστοιχες χώρες της ΕΕ).

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει την διείσδυση των υβριδικών οχημάτων στην ελληνική αγορά. Παρουσιάζονται οι βασικές τεχνολογίες που αξιοποιούνται στα υβριδικά αυτοκίνητα και οι αντίστοιχες εξελίξεις, το ενεργειακό και περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα καθώς και οι αντίστοιχες πρακτικές παροχής κινήτρων σε χώρες του εξωτερικού. Έπειτα διενεργείται μια ανάλυση PESTEL και εξετάζεται η διείσδυση των τεχνολογιών αυτών στην ελληνική αγορά.

Abstract

Hybrid Electric Vehicles (HEVs) as well as Plug-in Hybrid Vehicles (PHEVs) have emerged in recent decades as a response to the growing trend but also demands to reduce emissions of gaseous pollutants and greenhouse gases from vehicles worldwide.

The positive impact on the environment and the terms and conditions under which this is possible, have been recorded in the relevant literature, as well as, the financial impact of the use of HEV and PHEV vehicles on both owners and the states in general.

In the EU for many years there have been initiatives to provide incentives that will lead consumers (individuals and professionals) to the acquisition of hybrid vehicles (and purely electric vehicles more recently) while in Greece the corresponding initiatives have been significantly delayed (especially compared to the corresponding EU countries).

This dissertation examines the penetration of hybrid vehicles in the Greek market. The basic technologies used in hybrid cars and the corresponding developments, their energy and environmental footprint as well as the respective incentive practices in foreign countries are presented. Then a PESTEL analysis is performed and the penetration of these technologies in the Greek market is examined.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω αρχικά την οικογένεια μου και τους φίλους μου οι οποίοι ήταν δίπλα μου καθ'όλη την διάρκεια των φοιτητικών μου χρόνων και με στήριξαν στις καλές και στις κακές στιγμές μου. Επιπρόσθετα,θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές μου στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας οι οποίοι με βοήθησαν με τις γνώσεις τους να ολοκληρώσω τις σπουδές μου και ιδιαίτερα την επιβλέπουσα καθηγήτρια της διπλωματικής μου,την κύρια Ραφαέλλα Σωτηροπούλου,η οποία πάντα με βοηθούσε και επίλυε τις απορίες μου. Τέλος ευχαριστώ όλους τους ανθρώπους οι οποίοι, ο καθένας με τον τρόπο του, με βοήθησαν στην πορεία μου μέχρι σήμερα.

Περιεχόμενα

Περίληψη	3
Abstract.....	5
Ευχαριστίες	6
Περιεχόμενα	7
Κατάλογος πινάκων και σχημάτων.....	10
Κατάλογος πινάκων	10
Κατάλογος σχημάτων	10
1. Εισαγωγή.....	13
1.1 Βιώσιμη μεταφορά	16
1.1.1 Πληθυσμός, Ενέργεια και Μεταφορές	17
1.1.2 Περιβάλλον	20
1.1.3 Οικονομική ανάπτυξη	22
1.1.4 Νέα απαίτηση οικονομίας καυσίμου	23
1.2 Σύντομη ιστορική αναδρομή στα υβριδικά οχήματα.....	24
1.3 Οι λόγοι της ανόδου και αποτυχίας των ηλεκτρικών οχημάτων στην δεκαετία του 90.....	27
2 Αρχιτεκτονική και τεχνολογία των υβριδικών οχημάτων	30
2.1 Σειριακά υβριδικά οχήματα.....	31
2.2 Παράλληλα υβριδικά	33
2.3 Υβριδικά σε σειριακή-παράλληλη διαμόρφωση	35
2.4 Πολύπλοκες διαμορφώσεις.....	36
2.5 Υβριδικά ντίζελ και άλλα	37
2.6 Άλλες προσεγγίσεις στην υβριδοποίηση.....	38
2.7 Λόγος Υβριδοποίησης.....	39
2.8 Η Διεπιστημονική φύση των HEV	40
2.9 Τεχνολογική στάθμιση στο πεδίο	41
2.9.1 Toyota Prius	42
2.9.2 Το Honda Civic.....	44
2.9.3 Το Ford Escape	44
2.9.4 Το υβριδικό Two-Mode	45
2.10 Προκλήσεις και κύριες τεχνολογίες των HEV	45

2.11 Τελευταίες εξελίξεις στα Ηλεκτρικά και Υβριδικά οχήματα.....	47
3 Αρχιτεκτονικές και τεχνολογίες συστημάτων μετάδοσης κίνησης υβριδικών οχημάτων	50
3.1 Σύστημα στο Toyota Prius και στο Ford Escape	50
3.2 Το σύστημα δύο τρόπων της GM	53
3.3 Υβριδική μετάδοση των Xhang et al (2006).....	58
3.4 Το σύστημα IVT της Renault	60
4. Συστήματα Αποθήκευσης και Παροχής Ενέργειας στα Υβριδικά οχήματα	62
4.1 Σύγκριση τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας.....	64
4.1.1 Μπαταρία οξέος μολύβδου.....	65
4.1.2 Μπαταρία NiMH	66
4.1.3 Μπαταρία ιόντων λιθίου	66
4.2 Υπερπυκνωτές.....	67
4.3 Σύστημα αποθήκευσης ενέργειας σφονδύλου	68
4.4 Υβριδικά συστήματα οχημάτων με βάση κυψέλες καυσίμου	72
4.4.1 Τύποι κυψελών καυσίμου	73
5. Πολιτικές Παροχής Κινήτρων στην ΕΕ	76
5.1 Βέλγιο.....	76
5.2 Γαλλία.....	78
5.3 Πορτογαλία	79
5.4 Ισπανία.....	82
5.5 Ιρλανδία	84
5.6 Νορβηγία	85
5.7 Αυστρία.....	87
6. Το νομικό και φορολογικό πλαίσιο στην Ελλάδα σε σχέση με την αγορά των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων	91
6.1 Φορολογικό σύστημα	91
6.2 Παροχή κινήτρων για την αγορά υβριδικών και ηλεκτρικών αυτοκινήτων.....	92
7. Ανάλυση PESTEL.....	95
7.1 Πολιτικό περιβάλλον	95
7.2 Οικονομικό περιβάλλον.....	96
7.3 Κοινωνικό περιβάλλον.....	97
7.4 Τεχνολογικό περιβάλλον	97
7.5 Περιβάλλον	99

7.6	Νομοθετικό περιβάλλον	101
8.	Η διείσδυση των υβριδικών οχημάτων στην Ελλάδα	102
9.	Συμπεράσματα.....	113
	Βιβλιογραφία	115

Κατάλογος πινάκων και σχημάτων

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1 Σύγκριση τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας για HEV	65
Πίνακας 2 Πολιτικές στο Βέλγιο	77
Πίνακας 3 Παροχή κινήτρων σε Ισπανία	83
Πίνακας 4 Πωλήσεις επιβατικών ανά κατηγορία.....	107

Κατάλογος σχημάτων

Σχήμα 1 Πηγές ενέργειας, φορέας ενέργειας και τύπος οχήματος	176
Σχήμα 2 Τάσεις αύξησης παγκοσμίου πληθυσμού και οχημάτων ανά έτος. (α) Παγκόσμιος πληθυσμός σε δις, (b) πωλήσεις οχημάτων σε εκ.	18
Σχήμα 3 Μέση παραγωγή (μπλε χρώμα) και κατανάλωση πετρελαίου (πράσινο χρώμα) ημερησίως ανά χώρα σε εκ. βαρέλια	19
Σχήμα 4 Παγκόσμια παραγωγή και ζήτηση πετρελαίου	20
Σχήμα 5 Παγκόσμιες εκπομπές άνθρακα από το 1800 έως το 2014	20
Σχήμα 6 Παγκόσμια μέση ετήσια μεταβολή θερμοκρασίας του αέρα	20
Σχήμα 7 Τυπικές εκπομπές επιβατικού αυτοκινήτου σε ψυχρή εκκίνηση	22
Σχήμα 8 Κατανάλωση ενέργειας κατά κεφαλή το 2014	23
Σχήμα 9 Η εξέλιξη στην οικονομία καυσίμου στις ΗΠΑ	24
Σχήμα 10 Αρχιτεκτονική σειριακού HEV.....	32
Σχήμα 11 Αρχιτεκτονική σειριακού HEV με κινητήρα σε κάθε τροχό.....	33
Σχήμα 12 Αρχιτεκτονική παράλληλου υβριδικού.....	34
Σχήμα 13 Η αρχιτεκτονική σειριακού-παράλληλου υβριδικού	36
Σχήμα 14 Πολύπλοκη διαμόρφωση τετρακίνησης.....	37
Σχήμα 15 Αρχιτεκτονική υδραυλικού υβριδικού.....	39
Σχήμα 16 Τα επιμέρους πεδία που συνυπάρχουν στο πεδίο των HEV.....	40
Σχήμα 17 Πωλήσεις υβριδικών στις ΗΠΑ (σε σχέση με τις προβλέψεις (κόκκινη μπάρα))	41
Σχήμα 18 Το Toyota Prius	43
Σχήμα 19 Το σύστημα μετάδοσης κίνησης του Toyota Prius.....	43
Σχήμα 20 Το σύστημα ισχύος του Honda Civic.....	44
Σχήμα 21 το σύστημα ισχύος του Ford Escape.....	45
Σχήμα 22 το σύστημα ισχύος του Ford Escape.....	50
Σχήμα 23 Λειτουργία 0	50
Σχήμα 24 Λειτουργία 1	51
Σχήμα 25 Λειτουργία 2	51
Σχήμα 26 το σύστημα των δύο τρόπων.....	54
Σχήμα 27 Ροή ισχύος στην εκκίνηση	55
Σχήμα 28 Λειτουργία 1	55

Σχήμα 29 Λειτουργία 2	57
Σχήμα 30 Ροή ισχύος στην λειτουργία 3	57
Σχήμα 31 διάγραμμα μετάβασης μεταξύ λειτουργιών του συστήματος.....	58
Σχήμα 32 Το σύστημα των Zhang et al	59
Σχήμα 33 Το σύστημα IVT της Renault	60
Σχήμα 34 Η σχέση μεταξύ κελιού, μονάδας και μπαταρίας	63
Σχήμα 35 Σύγκριση πυκνότητας ισχύος και ενέργειας για τα διάφορα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας για HEVs	68
Σχήμα 36 Σχηματική αναπαράσταση σφονδύλου.....	70
Σχήμα 37 Σχηματική αναπαράσταση διασύνδεσης ICE, Σφονδύλου και ηλεκτρικών μηχανών.....	70
Σχήμα 38 Σχηματικό διάγραμμα συστήματος κυψέλης καυσίμου σε χρήση σε HEV.....	73
Σχήμα 39 Κατηγοριοποίηση κελιών καυσίμου.....	74
Σχήμα 40 Κελιά καυσίμου βάση της χημείας τους.....	74
Σχήμα 41 Χαρακτηριστικές καμπύλες κελιών καυσίμου.....	75
Σχήμα 42 Το σύστημα MOBI.E.....	80
Σχήμα 43 Πωλήσεις επιβατικών αυτοκινήτων 2001-2018.....	101
Σχήμα 44 Πωλήσεις οχημάτων ανά 1000 κατοίκους στην ΕΕ28 (2018).....	103
Σχήμα 45 Μεριδίδια ανά κατηγορία οχήματος στις αγορές νέων οχημάτων.....	104
Σχήμα 46 Κατηγορίες επιβατικών οχημάτων με βάση την πηγή ενέργειας	105
Σχήμα 47 Πωλήσεις οχημάτων χαμηλών εκπομπών ρύπων ανά 1.000 κατοίκους (2018).....	106
Σχήμα 48 Μεριδίδια οχημάτων χαμηλών εκπομπών ρύπων, Ελλάδα, ΕΕ28	107
Σχήμα 49 Είδη αυτοκινήτων σε σχέση με την πηγή ενέργειας, ΕΕ28, 2018	108
Σχήμα 50 Οχήματα χαμηλών ρύπων στο σύνολο του στόλου (2018)	109
Σχήμα 51 Ταξινόμηση νέων οχημάτων (2019)	110
Σχήμα 52 Κόστος αγοράς και χρήσης οχήματος στο πρώτο έτος (2- υβριδικό, 1- βενζίνη)	111
Σχήμα 53 Κόστος αγοράς και χρήσης οχήματος στο πέμπτο έτος (2- υβριδικό, 1- βενζίνη).....	111
Σχήμα 54 Κόστος αγοράς και χρήσης οχήματος στο δέκατο πέμπτο έτος (2- υβριδικό, 1- βενζίνη)	112

Κατάλογος ακρωνυμίων

EV=electric vehicle

PHEV=plug-in hybrid electric vehicle

BEV=battery electric vehicle

HEV=hybrid electric vehicle

ICE=internal combustion engine

ZEV=zero emission vehicle

ZLEVs=zero and low emission vehicles

I/G=inverter/generator

SOC=state of charge

MG=motor generator

MPG=miles per gallon

CVT=continuously variable transmission

IVT=infinately variable transmission

CCS=combined charging system

1. Εισαγωγή

Η σύγχρονη κοινωνία βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στις μεταφορές με χρήση ως καύσιμο τα ορυκτά καύσιμα για την οικονομική και κοινωνική της ανάπτυξη (ελεύθερα κινούμενα αγαθά και ανθρώπους). Το 2014 υπήρχαν περίπου 800 εκατομμύρια αυτοκίνητα στον κόσμο με περίπου 260 εκατομμύρια αυτοκίνητα οχήματα στις Ηνωμένες Πολιτείες μόνο, σύμφωνα με την εκτίμηση του Υπουργείου Μεταφορών των ΗΠΑ [1]. Το 2009, η Κίνα ξεπέρασε τις Ηνωμένες Πολιτείες για να γίνει η μεγαλύτερη αυτοκινητοβιομηχανία στον κόσμο και ταυτόχρονα η μεγαλύτερη αγορά αυτοκινήτων, με τη παραγωγή και τις πωλήσεις αντίστοιχα να φτάνουν τα 13,79 και 13,64 εκατομμύρια μονάδες εκείνο το έτος [2]. Με την περαιτέρω αστικοποίηση, τη βιομηχανοποίηση και την παγκοσμιοποίηση, η τάση της ταχείας αύξησης του αριθμού των προσωπικών αυτοκινήτων παγκοσμίως είναι αναπόφευκτη. Τα ζητήματα που σχετίζονται με αυτήν την τάση γίνονται εμφανή επειδή οι μεταφορές βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στο πετρέλαιο. Όχι μόνο οι πετρελαϊκοί πόροι στη Γη είναι περιορισμένοι, αλλά και οι εκπομπές από προϊόντα καύσης πετρελαίου έχουν οδηγήσει σε κλιματική αλλαγή, κακή ποιότητα του αστικού αέρα και πολιτικές συγκρούσεις. Έτσι, έχουν προκύψει προβλήματα στο παγκόσμιο ενεργειακό σύστημα και στο περιβάλλον, τα οποία μπορούν να αποδοθούν σε μεγάλο βαθμό στην προσωπική μεταφορά.

Τα προσωπικά οχήματα μεταφοράς προσφέρουν στους ανθρώπους την ελευθερία να πάνε οπουδήποτε και όποτε θέλουν. Ωστόσο, αυτή η ελευθερία επιλογής δημιουργεί μια σύγκρουση, που οδηγεί σε αυξανόμενες ανησυχίες για το περιβάλλον και ανησυχίες για τη βιωσιμότητα της ανθρώπινης χρήσης των φυσικών πόρων.

Πρώτον, ο κόσμος αντιμετωπίζει μια σοβαρή πρόκληση στη ζήτηση και την προσφορά ενέργειας. Ο κόσμος καταναλώνει περίπου 85 εκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου καθημερινά, αλλά υπάρχουν μόνο 1300 δισεκατομμύρια βαρέλια αποδεδειγμένων αποθεμάτων πετρελαίου. Με τον τρέχοντα ρυθμό κατανάλωσης, ο κόσμος θα εξαντλήσει το διαθέσιμο πετρέλαιο σε 40 χρόνια [3]. Οι νέες ανακαλύψεις αποθεμάτων πετρελαίου γίνονται με βραδύτερο ρυθμό από την αύξηση της ζήτησης. Από το πετρέλαιο που καταναλώνεται, το 60% χρησιμοποιείται στις μεταφορές [4]. Οι Ηνωμένες Πολιτείες καταναλώνουν περίπου το 25% του συνολικού πετρελαίου παγκοσμίως [5]. Η μείωση της κατανάλωσης πετρελαίου στον τομέα των

προσωπικών μεταφορών είναι απαραίτητη για την επίτευξη ενεργειακής και περιβαλλοντικής βιωσιμότητας.

Δεύτερον, ο κόσμος αντιμετωπίζει μια μεγάλη πρόκληση από την κλιματική αλλαγή. Οι εκπομπές από την καύση ορυκτών καυσίμων αυξάνουν τη συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) (αναφέρονται επίσης ως εκπομπές αερίων θερμοκηπίου) στην ατμόσφαιρα της Γης. Η αύξηση της συγκέντρωσης CO₂ οδηγεί στην υπερθέρμανση στην επιφάνεια της Γης, η οποία οδηγεί σε παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας και ακραίες καιρικές συνθήκες σε πολλά μέρη του πλανήτη. Οι μακροπρόθεσμες συνέπειες της υπερθέρμανσης του πλανήτη μπορούν να οδηγήσουν σε αύξηση της στάθμης της θάλασσας και αστάθεια των οικοσυστημάτων.

Τα οχήματα που χρησιμοποιούν βενζίνη και ντίζελ συγκαταλέγονται μεταξύ των σημαντικότερων συντελεστών στις εκπομπές CO₂. Επιπλέον, υπάρχουν και άλλες εκπομπές από συμβατικά οχήματα που λειτουργούν με ορυκτά καύσιμα, συμπεριλαμβανομένων μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και οξειδίων του αζώτου (NO και NO₂, ή NO_x) από την καύση βενζίνης, υδρογονανθράκων ή πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) από κατάλοιπα καυσίμων και οξείδιο του θείου και σωματίδια (αιθάλη) από την καύση ντίζελ. Αυτές οι εκπομπές προκαλούν ατμοσφαιρική ρύπανση και τελικά επηρεάζουν την υγεία των ανθρώπων, φυτών και ζώων.

Τρίτον, η κοινωνία χρειάζεται την βιωσιμότητα, αλλά το τρέχον μοντέλο απέχει πολύ από αυτό. Η μείωση της χρήσης ορυκτών καυσίμων και η μείωση των εκπομπών άνθρακα αποτελούν μέρος της συλλογικής προσπάθειας διατήρησης της ανθρώπινης χρήσης φυσικών πόρων εντός βιώσιμων ορίων. Επομένως, οι μελλοντικές προσωπικές μεταφορές θα πρέπει να παρέχουν αυξημένη ελευθερία, βιώσιμη κινητικότητα και βιώσιμη οικονομική ανάπτυξη και ευημερία για την κοινωνία. Για να επιτευχθούν αυτά, τα οχήματα που κινούνται με ηλεκτρισμό από καθαρή, ασφαλή και έξυπνη ενέργεια είναι απαραίτητα.

Τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν πολλά πλεονεκτήματα, αλλά και προκλήσεις. Η ηλεκτρική ενέργεια είναι πιο αποτελεσματική από τη διαδικασία καύσης σε ένα αυτοκίνητο. Μελέτες δείχνουν ότι, ακόμη και αν η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από πετρέλαιο, τα ισοδύναμα μίλια που μπορούν να διανυθούν με 1 γαλόνι βενζίνης είναι 108 μίλια (173 χλμ.) για ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο, σε σύγκριση με τα 33 μίλια (53 χλμ.) σε αυτοκίνητο με κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICE) [6–8]. Σε μια απλούστερη σύγκριση, η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος

κοστίζει 2 σεντς ανά μίλι (0,12 \$ ανά kWh), αλλά 10 λεπτά ανά μίλι για τη χρήση βενζίνης (3,30 \$ ανά γαλόνι) για ένα αυτοκίνητο.

Η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να παραχθεί μέσω ανανεώσιμων πηγών, όπως υδροηλεκτρική, αιολική, ηλιακή ενέργεια καθώς και βιομάζα. Από την άλλη πλευρά, το τρέχον δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας διαθέτει επιπλέον χωρητικότητα τη νύχτα όταν η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας είναι μειωμένη. Είναι ιδανικό να φορτίζονται ηλεκτρικά οχήματα (EV) τη νύχτα όταν το δίκτυο έχει την επιπλέον ενεργειακή χωρητικότητα.

Το υψηλό κόστος, το περιορισμένο εύρος οδήγησης και ο μεγάλος χρόνος φόρτισης είναι οι κύριες προκλήσεις για τα ηλεκτροκίνητα EV με μπαταρία. Τα υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα (HEVs), τα οποία χρησιμοποιούν ICE και ηλεκτρικό κινητήρα, ξεπερνούν τα ζητήματα κόστους και εμβέλειας ενός καθαρού EV χωρίς την ανάγκη να συνδεθούν για φόρτιση. Η κατανάλωση καυσίμου των HEV μπορεί να μειωθεί σημαντικά σε σύγκριση με τα συμβατικά βενζινοκίνητα οχήματα. Ωστόσο, το όχημα εξακολουθεί να λειτουργεί με βενζίνη / ντίζελ.

Τα plug-in υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα (PHEV) είναι εξοπλισμένα με μεγαλύτερη μπαταρία και ηλεκτρικό κινητήρα σε σύγκριση με τα HEV. Τα PHEV μπορούν να φορτιστούν από το δίκτυο και να οδηγηθούν για περιορισμένη απόσταση (20-40 μίλια) χρησιμοποιώντας ηλεκτρικό ρεύμα, που αναφέρεται ως λειτουργία κατάργησης φόρτισης (CD). Μόλις εξαντληθεί η ενέργεια της μπαταρίας, τα PHEV λειτουργούν παρόμοια με ένα κανονικό HEV, που αναφέρεται ως λειτουργία φόρτισης (CS), ή λειτουργία εκτεταμένου εύρους. Δεδομένου ότι τα περισσότερα από τα προσωπικά οχήματα προορίζονται για μετακίνηση και το 75% από αυτά διανύει μόνο 40 μίλια ή λιγότερο καθημερινά [9], μια σημαντική ποσότητα ορυκτών καυσίμων μπορεί να εξοικονομηθεί με την ανάπτυξη PHEV ικανών για μια μετακίνηση 40 μιλίων με χρήση καθαρά ηλεκτρικής ενέργειας. Στη λειτουργία εκτεταμένης εμβέλειας, ένα PHEV λειτουργεί παρόμοια με ένα HEV χρησιμοποιώντας τον ενσωματωμένο ηλεκτρικό κινητήρα και μπαταρία για τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας του κινητήρα εσωτερικής καύσης και του συστήματος οχήματος για την επίτευξη υψηλότερης απόδοσης καυσίμου. Χάρη στη μεγαλύτερη ισχύ της μπαταρίας και την ενεργειακή χωρητικότητα, το PHEV μπορεί να ανακτήσει περισσότερη κινητική ενέργεια κατά το φρενάρισμα, αυξάνοντας έτσι περαιτέρω την απόδοση καυσίμου.

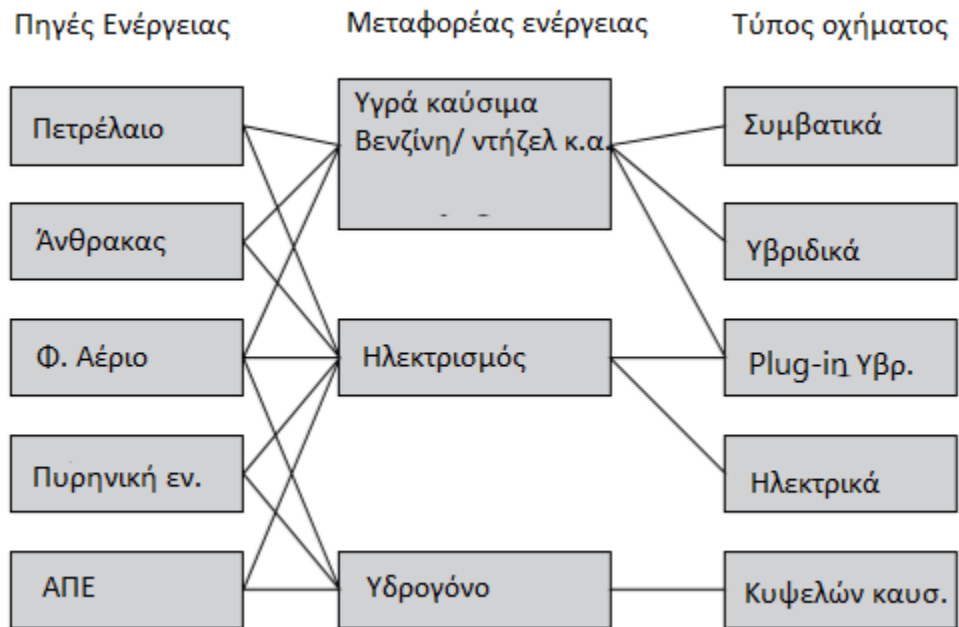
1.1 Βιώσιμη μεταφορά

Το τρέχον μοντέλο του προσωπικού συστήματος μεταφοράς δεν είναι βιώσιμο μακροπρόθεσμα, επειδή η Γη έχει περιορισμένα αποθέματα ορυκτών καυσίμων, τα οποία παρέχουν το 97% του συνόλου των ενεργειακών αναγκών μεταφοράς αυτήν τη στιγμή [10]. Για να γίνει κατανοητό το πώς μπορούν να επιτευχθούν οι βιώσιμες μεταφορές, θα εξεταστούν οι τρόποι με τους οποίους μπορεί να παραχθεί η ενέργεια και τους τρόπους με τους οποίους τροφοδοτούνται τα οχήματα.

Η διαθέσιμη ενέργεια μπορεί να χωριστεί σε τρεις κατηγορίες: ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, μη ανανεώσιμη ενέργεια με βάση τα ορυκτά καύσιμα και πυρηνική ενέργεια. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας περιλαμβάνουν την υδροηλεκτρική ενέργεια, την ηλιακή ενέργεια, την αιολική ενέργεια, την ωκεάνια ενέργεια, την γεωθερμική ενέργεια, την ενέργεια της βιομάζας και ούτω καθεξής. Η μη ανανεώσιμη ενέργεια περιλαμβάνει τον άνθρακα, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Η πυρηνική ενέργεια, αν και άφθονη, δεν είναι ανανεώσιμη, καθώς υπάρχουν περιορισμένοι πόροι ουρανίου και άλλων ραδιενεργών στοιχείων στη Γη. Επιπλέον, υπάρχει ανησυχία για την πυρηνική ασφάλεια (όπως το ατύχημα στην Ιαπωνία λόγω σεισμού και τσουνάμι) και την επεξεργασία πυρηνικών αποβλήτων μακροπρόθεσμα. Η ενέργεια της βιομάζας είναι ανανεώσιμη επειδή μπορεί να προέρχεται από ξύλο, καλλιέργειες, κυτταρίνη, σκουπίδια και χώρους υγειονομικής ταφής. Η ηλεκτρική ενέργεια και το υδρογόνο είναι δευτερεύουσες μορφές ενέργειας. Μπορούν να δημιουργηθούν χρησιμοποιώντας μια ποικιλία πηγών πρωτότυπης ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων των ανανεώσιμων και μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η βενζίνη, το ντίζελ και το syngas είναι φορείς ενέργειας που προέρχονται από ορυκτά καύσιμα.

Το Σχήμα 1 δείχνει τους διαφορετικούς τύπους πηγών ενέργειας, ενεργειακών φορέων και οχημάτων. Τα συμβατικά οχήματα με βενζίνη / ντίζελ βασίζονται σε υγρά καύσιμα τα οποία μπορούν να προέρχονται μόνο από ορυκτά καύσιμα. Τα HEV, αν και πιο αποδοτικά και με μικρότερη κατανάλωση καυσίμου από τα συμβατικά οχήματα, εξακολουθούν να βασίζονται στα ορυκτά καύσιμα ως κύρια πηγή ενέργειας. Επομένως, τα συμβατικά αυτοκίνητα δεν είναι βιώσιμα ενώ τα HEV είναι βιώσιμα, εν μέρη εξαιτίας της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Τα EV και τα οχήματα κυψελών καυσίμου βασίζονται σε ηλεκτρισμό και υδρογόνο, αντίστοιχα. Τόσο η ηλεκτρική ενέργεια όσο και το υδρογόνο μπορούν να παραχθούν από

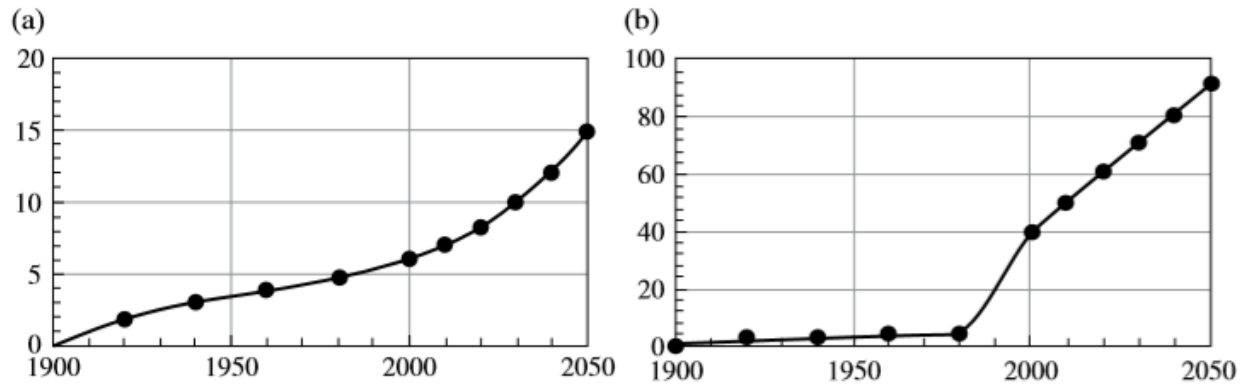
ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, επομένως είναι βιώσιμες εφόσον χρησιμοποιούνται μόνο ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για το σκοπό αυτό. Τα PHEV και HEV συνεπώς, αν και δεν είναι εντελώς βιώσιμα, προσφέρουν τα πλεονεκτήματα τόσο των συμβατικών οχημάτων όσο και των EV ταυτόχρονα. Τα PHEV μπορούν να αντικαταστήσουν τη χρήση ορυκτών καυσίμων χρησιμοποιώντας το ηλεκτρικό δίκτυο. Δεν είναι η απόλυτη λύση αλλά χτίζουν ένα δρόμο προς τη μελλοντική αειφορία.



Σχήμα 1 Πηγές ενέργειας, φορέας ενέργειας και τύπος οχήματος (Προσαρμογή από [15])

1.1.1 Πληθυσμός, Ενέργεια και Μεταφορές

Ο παγκόσμιος πληθυσμός αυξάνεται με ταχύ ρυθμό, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2α [11]. Ταυτόχρονα, οι πωλήσεις προσωπικών οχημάτων αυξάνονται επίσης με ταχύ ρυθμό, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2β. Υπάρχει σαφής συσχέτιση μεταξύ της αύξησης του πληθυσμού και του αριθμού των οχημάτων που πωλούνται κάθε χρόνο.



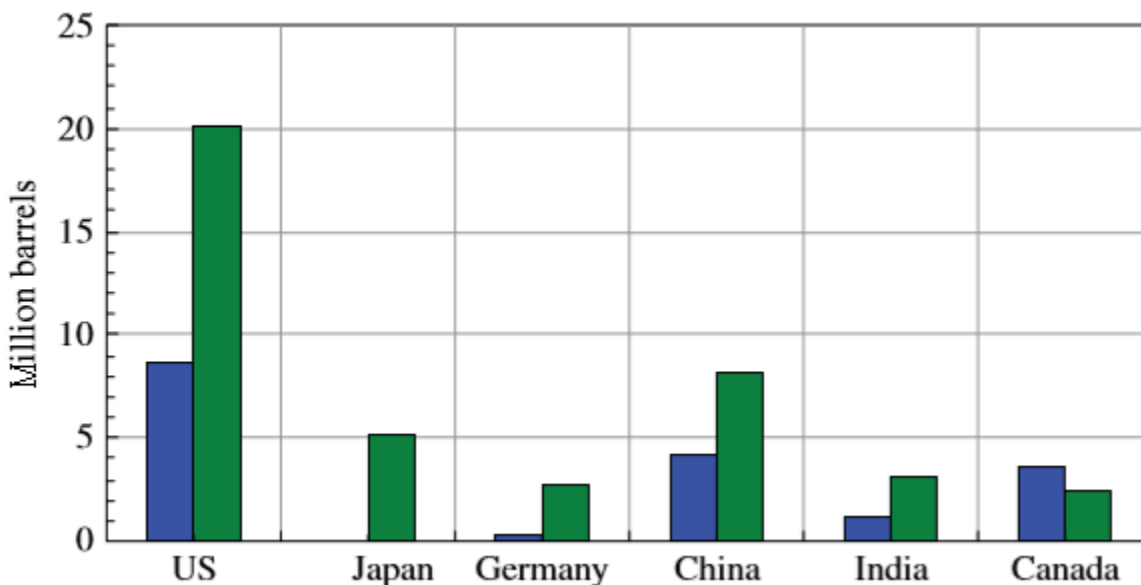
Σχήμα 2 Τάσεις αύξησης παγκοσμίου πληθυσμού και οχημάτων ανά έτος. (α) Παγκόσμιος πληθυσμός σε δις, (β) πωλήσεις οχημάτων σε εκ. [11]

Η οικονομία καυσίμου, όπως χρησιμοποιείται στις Ηνωμένες Πολιτείες, αξιολογεί πόσα μίλια μπορούν να κινηθούν τα οχήματα με 1 γαλόνι καυσίμου ή μίλια ανά γαλόνι (MPG). Η κατανάλωση καυσίμου, όπως χρησιμοποιείται στις περισσότερες χώρες του κόσμου, αξιολογεί την κατανάλωση βενζίνης (ή ντίζελ) σε λίτρα για κάθε 100 χλμ. Το US Corporate Average Fuel Economy Standard, γνωστό ως πρότυπο CAFÉ, ορίζει την οικονομία καυσίμου για τα επιβατικά αυτοκίνητα στα 27,5 MPG από το 1989 έως το 2008 [12]. Με την οικονομία καυσίμου κατά μέσο όρο να προσδιορίζεται στο επίπεδο των 27,5 MPG, και με κατά μέσο όρο 15.000 διανυθέντα μίλια ετησίως με περίπου 250 εκατομμύρια αυτοκίνητα στο δρόμο, οι Ηνωμένες Πολιτείες καταναλώνουν περίπου 136 δισεκατομμύρια γαλόνια βενζίνης ετησίως. Αυτό ισοδυναμεί με 7 δισεκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου, ή 0,5% όλων των αποδεδειγμένων αποθεμάτων πετρελαίου στη Γη.

Η Κίνα ξεπέρασε τις Ηνωμένες Πολιτείες το 2009 για να γίνει η μεγαλύτερη αγορά οχημάτων στον κόσμο, με περισσότερα από 13 εκατομμύρια αυτοκίνητα να πωλούνται το 2009. Η ανάπτυξη στην Κίνα είναι διψήφια για πέντε συνεχόμενα χρόνια. Το 2009, οι συνολικές πωλήσεις οχημάτων μειώθηκαν 20% παγκοσμίως λόγω της παγκόσμιας χρηματοπιστωτικής κρίσης, αλλά η αγορά αυτοκινήτων της Κίνας αυξήθηκε περισσότερο από 6%, μαζί με τη συνεχή οικονομική της ανάπτυξη κοντά στο 10%. Το 2016, η Κίνα πούλησε περισσότερα από 27 εκατομμύρια οχήματα. Η Κίνα ήταν αυτόνομη στις προμήθειες πετρελαίου, αλλά εκτιμάται τώρα ότι εισάγει το 50% της κατανάλωσης πετρελαίου.

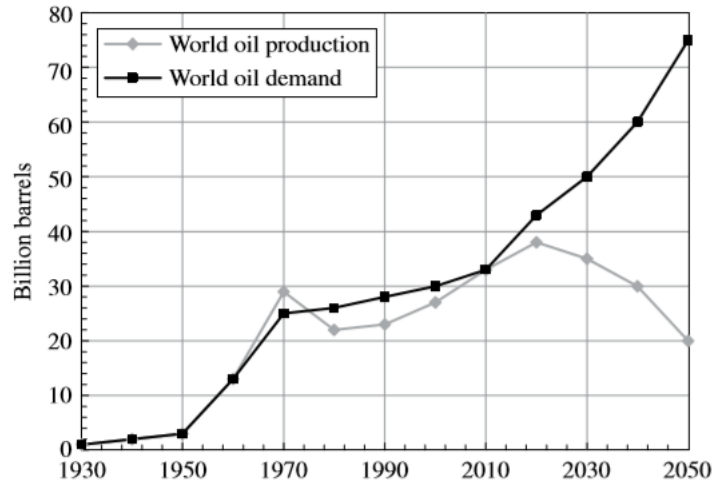
Εκτός από τις βιομηχανικές χώρες όπως η Ιαπωνία και η Γερμανία που έχουν υψηλή ζήτηση για εισαγωγές πετρελαίου, αναπτυσσόμενες χώρες όπως η Ινδία και η Βραζιλία έχουν επίσης δει

τεράστια αύξηση στις πωλήσεις αυτοκινήτων πρόσφατα. Αυτές οι χώρες αντιμετωπίζουν τις ίδιες προκλήσεις όσον αφορά τη ζήτηση πετρελαίου και τις περιβαλλοντικές πτυχές. Το Σχήμα 3 δείχνει την κατανάλωση και ζήτηση υγρής ενέργειας ανά ημέρα [13].



Σχήμα 3 Μέση παραγωγή (μπλε χρώμα) και κατανάλωση πετρελαίου (πράσινο χρώμα) ημερησίως ανά χώρα σε εκ. βαρέλια [13]

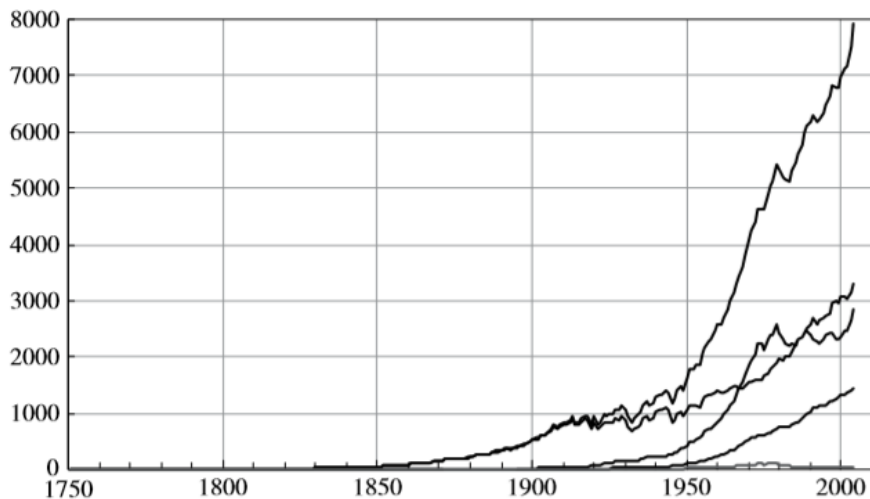
Το Σχήμα 4 δείχνει το ιστορικό και τις προβλέψεις της ζήτησης και της παραγωγής πετρελαίου. Πολλοί αναλυτές πιστεύουν στη θεωρία του πετρελαίου αιχμής αυτήν τη στιγμή, η οποία προβλέπει ότι η παραγωγή πετρελαίου βρίσκεται στο αποκορύφωμά της στην ιστορία και σύντομα θα είναι κάτω από τη ζήτηση πετρελαίου. Το κενό που δημιουργείται από τη ζήτηση και την παραγωγή πιθανότατα μπορεί να προκαλέσει μια άλλη ενεργειακή κρίση ελλείψει προσεκτικού σχεδιασμού.



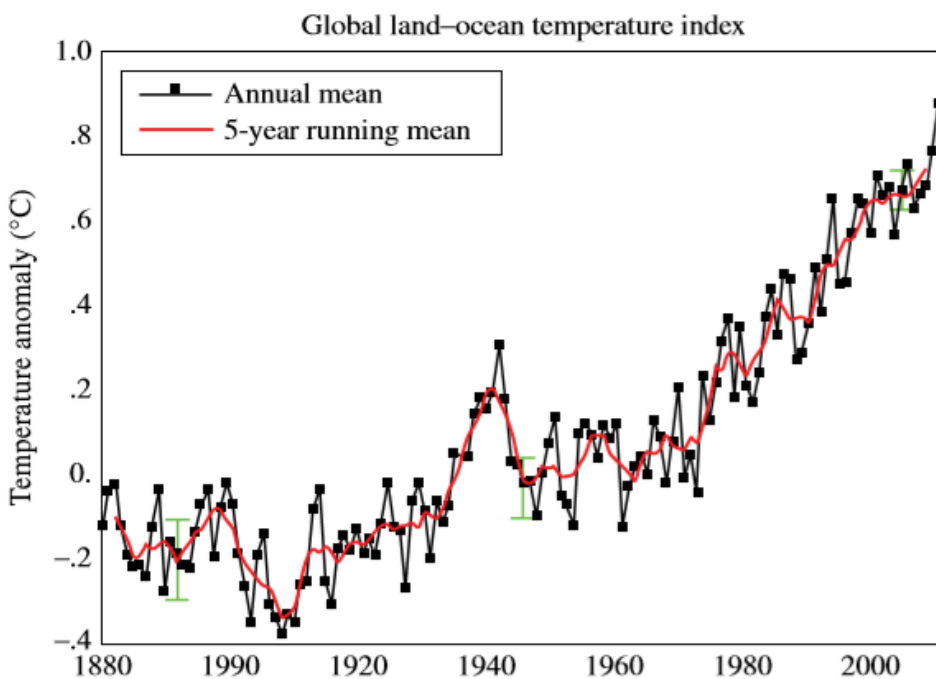
Σχήμα 4 Παγκόσμια παραγωγή και ζήτηση πετρελαίου [13]

1.1.2 Περιβάλλον

Οι εκπομπές άνθρακα από την καύση ορυκτών καυσίμων είναι η κύρια πηγή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που οδηγούν στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Το Σχήμα 5 δείχνει τις εκπομπές λόγω καύσης ορυκτού άνθρακα από το 1900 έως σήμερα [14]. Η πιο δραματική αύξηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου έχει συμβεί τα τελευταία 100 χρόνια. Άμεσα συνδεδεμένη με την αύξηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι η παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας. Το Σχήμα 6 δείχνει την παγκόσμια μέση αλλαγή θερμοκρασίας ξηράς-ωκεανού από το 1880 έως το 2015, χρησιμοποιώντας τη θερμοκρασία 1951-1980 ως βάση για σύγκριση.



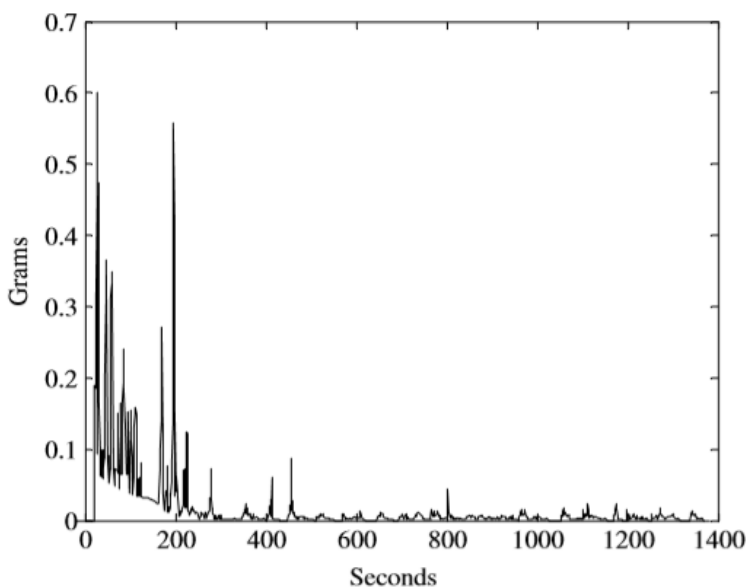
Σχήμα 5 Παγκόσμιες εκπομπές άνθρακα από το 1800 έως το 2014 [14]. Στην δεξιά πλευρά του διαγράμματος, οι σχετικές καμπύλες αφορούν κατά σειρά από πάνω προς τα κάτω: Συνολικό CO₂, πετρέλαιο, ορυκτός άνθρακας, παραγωγή τσιμέντου και άλλα



Σχήμα 6 Παγκόσμια μέση ετήσια μεταβολή θερμοκρασίας του αέρα [14]

Ως παράδειγμα του τρόπου με τον οποίο οι εκπομπές αυτοκινήτων συμβάλλουν στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, το Σχήμα 7 δείχνει τις εκπομπές ενός τυπικού επιβατικού αυτοκινήτου κατά τη διάρκεια μιας ψυχρής εκκίνησης. Τα σύγχρονα αυτοκίνητα είναι εξοπλισμένα με καταλυτικούς μετατροπείς για τη μείωση των εκπομπών από την εξάτμιση του αυτοκινήτου.

Όμως ο καταλυτικός μετατροπέας πρέπει να θερμανθεί στους 350°C περίπου για να λειτουργήσει αποτελεσματικά. Έχει εκτιμηθεί ότι το 70-80% των συνολικών εκπομπών λαμβάνει χώρα κατά τα δύο πρώτα λεπτά μετά από μια κρύα εκκίνηση κατά τη διάρκεια ενός τυπικού κύκλου οδήγησης.



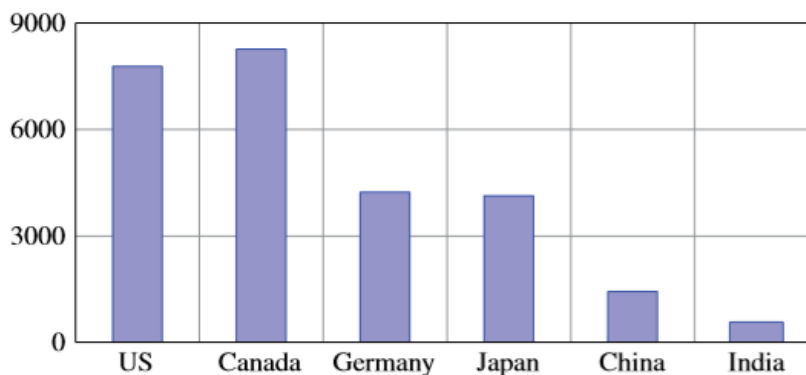
Σχήμα 7 Τυπικές εκπομπές επιβατικού αυτοκινήτου σε ψυχρή εκκίνηση [14]

1.1.3 Οικονομική ανάπτυξη

Η οικονομική ανάπτυξη βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στον ενεργειακό εφοδιασμό. Για παράδειγμα, από το 1999 έως το 2015, η οικονομία της Κίνας σημείωσε μέσο ρυθμό ανάπτυξης περίπου 10%. Την ίδια περίοδο, η ζήτηση ενέργειας αυξήθηκε κατά περισσότερο από 15% ετησίως. Στις αρχές της δεκαετίας του 1990, η παραγωγή πετρελαίου της Κίνας ήταν αρκετή για να στηρίξει τη δική της οικονομία, αλλά από το 2009, η Κίνα εισήγαγε μεγάλο μέρος της κατανάλωσης πετρελαίου, εκτιμώμενη στο 40% (<http://data.chinaoilweb.com/crude-oil-importdata/index.html>).

Η Κίνα εισάγει περισσότερο από το 50% των καταναλισκόμενων υγρών καυσίμων. Το Σχήμα 8 δείχνει την κατά κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας, σε χιλιόγραμμα ισοδύναμου πετρελαίου [13]. Είναι προφανές ότι οι αναπτυσσόμενες χώρες είναι ακόμη πολύ κάτω από το επίπεδο των

ανεπτυγμένων χωρών. Για να επιτευχθεί η βιωσιμότητα, η παγκόσμια οικονομία πρέπει να υιοθετήσει ένα νέο μοντέλο.

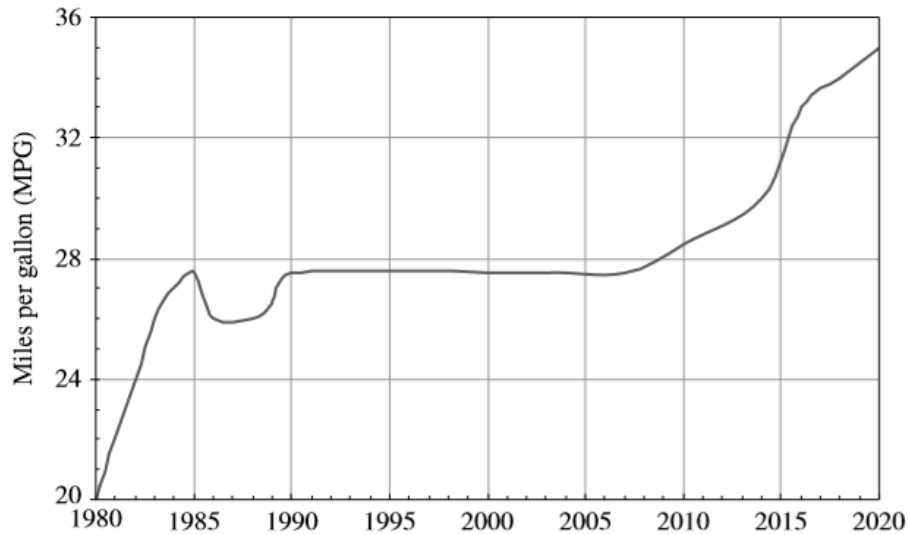


Σχήμα 8 Κατανάλωση ενέργειας κατά κεφαλή το 2014 [15]

1.1.4 Νέα απαίτηση οικονομίας καυσίμου

Το 2009, η κυβέρνηση των ΗΠΑ ανακοίνωσε το νέο πρότυπο CAFÉ, απαιτώντας από όλους τους κατασκευαστές αυτοκινήτων να επιτύχουν μέση οικονομία καυσίμου 35 MPG έως το 2020 και 54,5 έως το 2030. Αυτό ισοδυναμεί με 6,7 l / 100 km. Η νέα απαίτηση είναι μια σημαντική αύξηση της οικονομίας καυσίμου στις Ηνωμένες Πολιτείες σε 20 χρόνια, και αντιπροσωπεύει περίπου 40% αύξηση από το ισχύον πρότυπο όπως φαίνεται στο Σχήμα 9. Αυτή η νέα νομοθεσία είναι ένα σημαντικό βήμα προόδου για την αποτελεσματική μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, είναι απαραίτητο ένα μικτό χαρτοφυλάκιο για όλους τους κατασκευαστές αυτοκινήτων.

Πρώτον, οι κατασκευαστές αυτοκινήτων πρέπει να αλλάξουν από μεγάλα αυτοκίνητα και φορτηγά σε μικρότερα οχήματα για να εξισορροπήσουν την κατάσταση τους. Δεύτερον, πρέπει να συνεχίσουν να αναπτύσσουν τεχνολογίες που υποστηρίζουν βελτιώσεις απόδοσης καυσίμου σε συμβατικούς βενζινοκινητήρες. Τέλος και το πιο σημαντικό, πρέπει να αυξήσουν την παραγωγή HEV και PHEV.



Σχήμα 9 Η εξέλιξη στην οικονομία καυσίμου στις ΗΠΑ [15]

1.2 Σύντομη ιστορική αναδρομή στα υβριδικά οχήματα

Τα EV δημιουργήθηκαν πρώτα το 1834, δηλαδή περίπου 60 χρόνια νωρίτερα από τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα, τα οποία εφευρέθηκαν το 1895. Μέχρι το 1900, πωλήθηκαν 4200 αυτοκίνητα στις Ηνωμένες Πολιτείες, εκ των οποίων το 40% ήταν ηλεκτρικά αυτοκίνητα (<http://sites.google.com/site/petroleumhistoryresources/Home/cantankerous-combustion>).

Ο Δρ Ferdinand Porsche στη Γερμανία δημιούργησε πιθανώς το πρώτο HEV στον κόσμο το 1898, χρησιμοποιώντας ένα ICE για να περιστρέψει μια γεννήτρια που παρείχε ισχύ σε ηλεκτρικούς κινητήρες που βρίσκονται στους κόμβους των τροχών (<http://aoghs.org/editors-picks/first-auto-show/>). Ένα άλλο υβριδικό όχημα, που κατασκευάστηκε από την Krieger Company το 1903, χρησιμοποίησε έναν βενζινοκινητήρα για να συμπληρώσει την ισχύ του ηλεκτρικού κινητήρα που αντλούσε ενέργεια από μια μπαταρία (<http://www.hybridcars.com/history/history-of-hybrid-vehicles.html>). Και τα δύο υβριδικά είναι παρόμοια με τα σύγχρονα HEV σειριακής διαμόρφωσης.

Επίσης το 1900, ένας Βέλγος κατασκευαστής αυτοκινήτων, ο Pieper, εισήγαγε τη Voiturette 3,5 ίππων στην οποία ο μικρός βενζινοκινητήρας συνδυάστηκε με έναν ηλεκτροκινητήρα κάτω από το κάθισμα (<http://en.wikipedia.org/wiki/Voiturette>). Όταν το αυτοκίνητο κινούταν, ο ηλεκτροκινητήρας του χρησιμοποιούταν ως γεννήτρια για τη φόρτιση των μπαταριών. Όταν το

αυτοκίνητο ανέβαινε μια κλίση, ο ηλεκτρικός κινητήρας, τοποθετημένος ομοαξονικά με τον κινητήρα αερίου, βοήθησε τον δεύτερο να κινήσει το όχημα. Το 1905, ο H. Piper, υπέβαλε αίτημα για δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για ένα βενζινο-ηλεκτρικό υβριδικό όχημα. Η ιδέα του ήταν να χρησιμοποιήσει έναν ηλεκτροκινητήρα για να βοηθήσει έναν ICE, επιτρέποντας στο όχημα να επιτύχει ταχύτητα 25 mph. Και τα δύο υβριδικά σχέδια είναι παρόμοια με τα σύγχρονα HEV παράλληλης διαμόρφωσης.

Στις Ηνωμένες Πολιτείες, υπήρχαν πολλές εταιρείες ηλεκτρικών αυτοκινήτων στη δεκαετία του 1920, με δύο από αυτές να κυριαρχούν στις αγορές EV τη Baker of Cleveland και τη Woods of Chicago. Και οι δύο εταιρείες αυτοκινήτων προσέφεραν υβριδικά ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Ωστόσο, τα υβριδικά αυτοκίνητα ήταν πιο ακριβά από τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα, και είχαν πολύ χαμηλές πωλήσεις.

Τα HEV, μαζί με τα EV, εξαφανίστηκαν το 1930 και όλες οι εταιρείες ηλεκτρικών αυτοκινήτων απέτυχαν. Υπήρχαν πολλοί λόγοι που οδήγησαν στην εξαφάνιση των EV και HEV. Σε σύγκριση με τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα, τα EV και τα HEV:

- ήταν πιο ακριβά από τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα λόγω των μεγάλων μπαταριών που χρησιμοποιήθηκαν
- ήταν λιγότερο ισχυρά από τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα λόγω της περιορισμένης ισχύος από την ενσωματωμένη μπαταρία
- είχαν περιορισμένη ακτίνα μεταξύ κάθε φόρτισης
- χρειάζονταν πολλές ώρες για να επαναφορτιστεί η ενσωματωμένη μπαταρία.

Επιπλέον, οι αστικές και αγροτικές περιοχές δεν είχαν πρόσβαση σε ηλεκτρισμό για τη φόρτιση ηλεκτρικών και υβριδικών αυτοκινήτων.

Η σημαντική πρόοδος στα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα επιτάχυνε επίσης την εξαφάνιση των EV και HEV. Η εφεύρεση των εκκινητών διευκόλυνε την εκκίνηση των κινητήρων βενζίνης και η παραγωγή γραμμής συναρμολόγησης οχημάτων με βενζίνη, όπως του Model T από τον Henry Ford, έκανε αυτά τα οχήματα πολύ πιο προσιτά από τα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα.

Μόνο όταν έλαβε χώρα το εμπάργκο του αραβικού πετρελαίου το 1973 η ανερχόμενη τιμή της βενζίνης προκάλεσε νέο ενδιαφέρον για τα EV. Το Κογκρέσο των ΗΠΑ εισήγαγε το νόμο για

την έρευνα, την ανάπτυξη και την επίδειξη ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων το 1976, ο οποίος προτείνει τη χρήση των EV ως μέσο μείωσης της εξάρτησης από το πετρέλαιο και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Το 1990, το Συμβούλιο Πόρων Αέρα της Καλιφόρνιας (CARB), λαμβάνοντας υπόψη την αιθαλομίχλη στη Νότια Καλιφόρνια, πέρασε το διάταγμα του οχήματος μηδενικών εκπομπών (ZEV), η οποία απαιτούσε το 2% των οχημάτων που πωλούνται στην Καλιφόρνια να μην έχουν εκπομπές έως το 1998 και 10% κατά το 2003. Οι πωλήσεις αυτοκινήτων στην Καλιφόρνια έχουν μερίδιο περίπου 10% των συνολικών πωλήσεων αυτοκινήτων στις Ηνωμένες Πολιτείες. Οι μεγαλύτεροι κατασκευαστές αυτοκινήτων φοβόντουσαν ότι ενδέχεται να χάσουν την αγορά αυτοκινήτων στην Καλιφόρνια χωρίς ZEV. Ως εκ τούτου, κάθε μεγάλος κατασκευαστής αυτοκινήτων ανέπτυξε EV και HEV. Οχήματα κυψελών καυσίμου αναπτύχθηκαν επίσης κατά την περίοδο αυτή. Κατασκευάστηκαν πολλά EV, όπως το GM's EV1, το Ford Ranger pickup EV, το Honda Plus EV, το Nissan's Altra EV και το Toyota RAV4 EV.

Το 1993, το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ δημιούργησε το πρόγραμμα Συνεργασίας για το όχημα επόμενης γενιάς (PNGV) για να τονώσει την ανάπτυξη EV και HEV. Η συνεργασία ήταν ένα ερευνητικό πρόγραμμα συνεργασίας μεταξύ της κυβέρνησης των ΗΠΑ και των μεγάλων εταιρειών αυτοκινήτων, με στόχο τη δραματική βελτίωση της απόδοσης των οχημάτων. Στο πλαίσιο αυτού του προγράμματος, οι τρεις αμερικανικές εταιρείες αυτοκινήτων επέδειξαν τη δυνατότητα μιας ποικιλίας νέων τεχνολογιών αυτοκινήτων, συμπεριλαμβανομένου ενός HEV που μπορεί να επιτύχει τιμές 70 MPG. Αυτό το πρόγραμμα ακυρώθηκε το 2001 και μεταφέρθηκε στο Freedom CAR (Cooperative Automotive Research), το οποίο είναι υπεύθυνο για τα προγράμματα έρευνας HEV, PHEV και μπαταριών στο Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ.

Δυστυχώς, το πρόγραμμα EV εξαφανίστηκε ξανά το 2000, με χιλιάδες προγράμματα EV να τερματίζονται από τις εταιρείες αυτοκινήτων. Αυτό οφείλεται εν μέρει στο γεγονός ότι η αποδοχή των καταναλωτών δεν ήταν συντριπτική, και εν μέρει στο γεγονός ότι η CARB χαλάρωσε την εντολή ZEV.

Η ιστορία της αυτοκινητοβιομηχανίας παγκοσμίως άλλαξε σε μια νέα σελίδα το 1997 όταν το πρώτο σύγχρονο υβριδικό ηλεκτρικό αυτοκίνητο, το Toyota Prius, άρχισε να πωλείται στην Ιαπωνία. Αυτό το αυτοκίνητο, μαζί με τα Honda Insight και Civic HEVs, ήταν διαθέσιμο στις Ηνωμένες Πολιτείες από το 2000. Αυτά τα πρώτα HEVs σηματοδότησαν μια ριζική αλλαγή

στους τύπους αυτοκινήτων που προσφέρονται στο κοινό (οχήματα που εκμεταλλεύονται τα οφέλη και των EV και των συμβατικών οχημάτων με βενζίνη). Πλέον, υπάρχουν πάρα πολλά μοντέλα HEV που διατίθενται στην αγορά από τις μεγάλες εταιρείες αυτοκινήτων.

1.3 Οι λόγοι της ανόδου και αποτυχίας των ηλεκτρικών οχημάτων στην δεκαετία του 90

Κατά τη δεκαετία του 1990, η Καλιφόρνια αντιμετώπισε ένα τεράστιο πρόβλημα αιθαλομίχλης και ρύπανσης που έπρεπε να αντιμετωπιστεί. Το CARB πέρασε μια εντολή ZEV που απαιτούσε από τους κατασκευαστές αυτοκινήτων να πουλούν και ZEV εάν ήθελαν να πουλήσουν αυτοκίνητα στην Καλιφόρνια. Αυτό οδήγησε στην ανάπτυξη ηλεκτρικών αυτοκινήτων από όλους τους μεγάλους κατασκευαστές αυτοκινήτων.

Δυστυχώς, η αγορά EV κατέρρευσε στα τέλη της δεκαετίας του 1990. Οι λόγοι της αποτυχίας ήταν ανάμικτοι, ανάλογα με τον τρόπο που το βλέπει κανείς, αλλά οι κύριοι παράγοντες που συνέβαλαν στην κατάρρευση των EV κατά τη δεκαετία του 1990 ήταν:

- Περιορισμοί των ηλεκτρικών οχημάτων: Αφορούσαν στην μειωμένη ακτίνα δράσης (τα περισσότερα είχαν μια ακτίνα 60-100 μιλίων σε αντίθεση με τα 300 ή περισσότερα μίλια από βενζινοκίνητα οχήματα), στο μεγάλο χρόνο φόρτισης (οκτώ ή περισσότερες ώρες), στο υψηλό κόστος (40% ακριβότερο από τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα) και στο περιορισμένο χώρο φορτίου σε πολλά από τα EV.
- Φτηνή βενζίνη: Το κόστος λειτουργίας (κόστος καυσίμου) των αυτοκινήτων με ICE ήταν ασήμαντο σε σύγκριση με την επένδυση που πραγματοποιεί ένας ιδιοκτήτης EV στην αγορά ενός EV.
- Καταναλωτές: Οι καταναλωτές πίστευαν ότι τα μεγάλα αθλητικά οχήματα (SUV) και τα φορτηγά ήταν πιο ασφαλή στην οδήγηση και πιο βολικά για πολλές άλλες λειτουργίες, όπως η ρυμούλκηση. Επομένως, οι καταναλωτές προτιμούσαν τα μεγάλα SUV από τα μικρότερα αποδοτικά οχήματα (εν μέρει λόγω των χαμηλών τιμών βενζίνης).
- Εταιρείες αυτοκινήτων: Οι κατασκευαστές αυτοκινήτων ξόδεψαν δισεκατομμύρια δολάρια για την έρευνα και την ανάπτυξη EV, αλλά η αγορά δεν ανταποκρίθηκε πολύ

καλά. Έχασαν πολλά χρήματα από την πώληση EVs εκείνη την εποχή. Η συντήρηση των EV προκαλούσε επιπλέον επιβαρύνσεις στις αντιπροσωπείες αυτοκινήτων. Η ευθύνη ήταν μια μεγάλη ανησυχία, αν και δεν υπήρχαν αποδείξεις ότι τα EV ήταν λιγότερο ασφαλή από τα βενζινοκίνητα οχήματα.

- Εταιρείες πετρελαίου και καυσίμων: Τα EV θεωρήθηκαν απειλή για τις εταιρείες καυσίμων και τη βιομηχανία πετρελαίου. Το λόμπι από τις εταιρείες αυτοκινήτων και βενζίνης πίεζε την ομοσπονδιακή κυβέρνηση και τη κυβέρνηση της Καλιφόρνια; να αποσύρουν την εντολή και ήταν ένας από τους βασικούς παράγοντες που οδήγησαν στην εξαφάνιση των EV κατά τη δεκαετία του 1990.
- Κυβέρνηση: Το CARB άλλαξε την τελευταία στιγμή από εντολή για EV σε οχήματα υδρογόνου.
- Τεχνολογία μπαταριών: Οι μπαταρίες μολυβδου οξέος χρησιμοποιήθηκαν στα περισσότερα EV κατά τη δεκαετία του 1990. Οι μπαταρίες ήταν μεγάλες και βαριές και χρειάζονταν πολύ χρόνο για να φορτιστούν.
- Υποδομή: Υπήρχε περιορισμένη υποδομή για την επαναφόρτιση των EV.

Καθώς προσπαθούμε για έναν δρόμο προς βιώσιμες μεταφορές, μαθήματα από την ιστορία θα μας βοηθήσουν να αποφύγουμε τα ίδια λάθη. Στο τρέχον πλαίσιο της ανάπτυξης HEV και PHEV, πρέπει να ξεπεράσουμε πολλά εμπόδια για να πετύχουμε:

- Βασική τεχνολογία: Δηλαδή, μπαταρίες, ηλεκτρονικά ισχύος και ηλεκτροκινητήρες. Συγκεκριμένα, χωρίς σημαντικές ανακαλύψεις στις μπαταρίες και με τις τιμές της βενζίνης να συνεχίζονται σε χαμηλά επίπεδα, θα υπάρξουν σημαντικά εμπόδια στην ευρείας κλίμακας ανάπτυξη των EV και PHEV.
- Κόστος: Τα HEV και τα PHEV κοστίζουν σημαντικά περισσότερο από τα αντίστοιχα βενζίνης. Πρέπει να καταβληθούν προσπάθειες για τη μείωση του κόστους των στοιχείων και του συστήματος. Όταν η εξοικονόμηση καυσίμων μπορεί να ανακτήσει γρήγορα την επένδυση σε HEV, οι καταναλωτές θα στραφούν γρήγορα στην αγορά HEV και PHEV.
- Υποδομή: Οι υποδομές πρέπει να είναι έτοιμες για τη μεγάλη ανάπτυξη των PHEV, συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για αυξημένη ζήτηση και

αυξημένης παραγωγής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς και για ταχεία και βολική φόρτιση των PHEV.

- Πολιτική: Η κυβερνητική πολιτική έχει σημαντικό αντίκτυπο στην ανάπτυξη πολλών νέων τεχνολογιών. Ευνοϊκές πολιτικές, όπως η φορολογία, τα πρότυπα, τα κίνητρα των καταναλωτών και οι επενδύσεις στην έρευνα, την ανάπτυξη και την κατασκευή προϊόντων προηγμένης τεχνολογίας θα έχουν θετικό αντίκτυπο στην ανάπτυξη των HEV και PHEV.
- Προσέγγιση: Μια ολοκληρωμένη προσέγγιση που συνδυάζει κινητήρες υψηλής απόδοσης, ασφάλεια οχημάτων και εξυπνότερους δρόμους θα συμβάλει τελικά στη διαμόρφωση ενός βιώσιμου μέλλοντος για προσωπικές μεταφορές.

2 Αρχιτεκτονική και τεχνολογία των υβριδικών οχημάτων

Το HEV είναι ένας συνδυασμός ενός συμβατικού οχήματος με κινητήρα ICE και ενός EV. Χρησιμοποιεί τόσο ICE όσο και ηλεκτρικό κινητήρα / γεννήτρια για τη πρόωση. Οι δύο συσκευές ισχύος, ο ICE και ο ηλεκτροκινητήρας, μπορούν να συνδεθούν σε σειρά ή παράλληλα από την άποψη της ροής ισχύος. Όταν ο ICE και ο κινητήρας συνδέονται σε σειρά, το HEV είναι ένα σειριακό υβριδικό στο οποίο μόνο ο ηλεκτρικός κινητήρας παρέχει μηχανική ισχύ στους τροχούς. Όταν ο ICE και ο ηλεκτρικός κινητήρας συνδέονται παράλληλα, το HEV είναι ένα παράλληλο υβριδικό στο οποίο τόσο ο ηλεκτρικός κινητήρας όσο και ο ICE μπορούν να παρέχουν μηχανική ισχύ στους τροχούς.

Σε ένα HEV, το υγρό καύσιμο εξακολουθεί να είναι η πηγή ενέργειας. Ο ICE είναι ο κύριος μετατροπέας ισχύος που παρέχει όλη την ενέργεια για το όχημα. Ο ηλεκτρικός κινητήρας αυξάνει την απόδοση του συστήματος και μειώνει την κατανάλωση καυσίμου ανακτώντας κινητική ενέργεια κατά την αναγεννητική πέδηση και βελτιστοποιεί τη λειτουργία του ICE κατά τη διάρκεια της κανονικής οδήγησης, ρυθμίζοντας τη ροπή και την ταχύτητα του κινητήρα. Ο ICE παρέχει στο όχημα μια εκτεταμένη γκάμα οδήγησης, επομένως ξεπερνώντας τα μειονεκτήματα ενός καθαρού EV.

Σε ένα PHEV, εκτός από το υγρό καύσιμο που διατίθεται στο όχημα, υπάρχει επίσης ηλεκτρική ενέργεια αποθηκευμένη στην μπαταρία, η οποία μπορεί να επαναφορτιστεί από το ηλεκτρικό δίκτυο. Επομένως, η χρήση καυσίμων μπορεί να μειωθεί περαιτέρω.

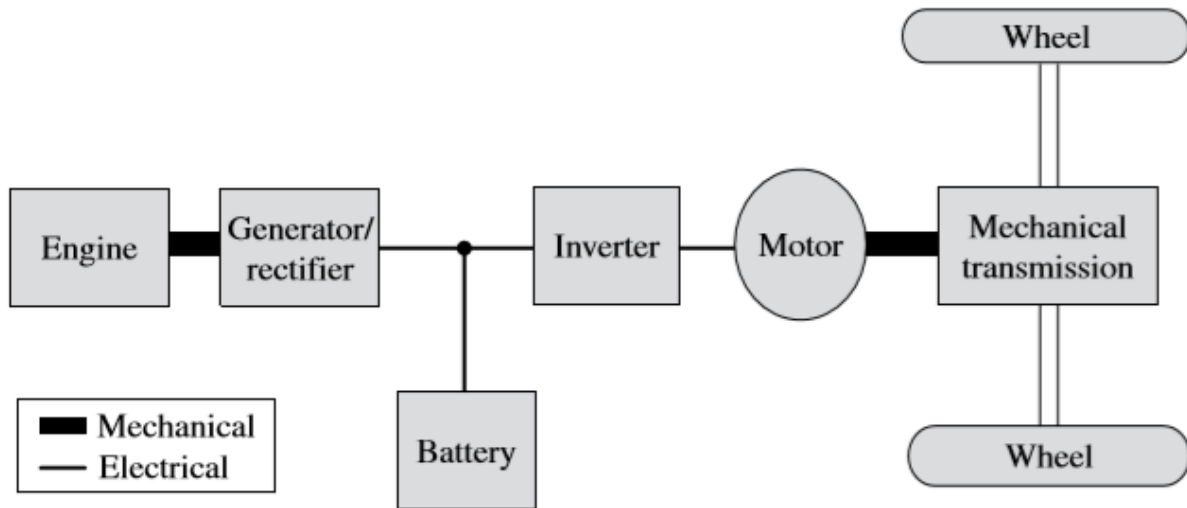
Σε ένα σειριακό HEV ή PHEV, ο ICE οδηγεί μια γεννήτρια (αναφέρεται ως το σύνολο I / G). Ο ICE μετατρέπει την ενέργεια στο υγρό καύσιμο σε μηχανική ενέργεια και η γεννήτρια μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια της εξόδου του κινητήρα σε ηλεκτρική ενέργεια. Ένας ηλεκτρικός κινητήρας θα ωθεί το όχημα χρησιμοποιώντας ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από το σετ I / G. Αυτός ο ηλεκτρικός κινητήρας χρησιμοποιείται επίσης για την κινητική ενέργεια κατά το φρενάρισμα. Θα υπάρχει μια μπαταρία μεταξύ της γεννήτριας και του ηλεκτρικού κινητήρα για να ρυθμίσει την ηλεκτρική ενέργεια μεταξύ της συσκευής I / G και του κινητήρα.

Σε ένα παράλληλο HEV ή PHEV, τόσο ο ICE όσο και ο ηλεκτροκινητήρας συνδέονται στον τελικό άξονα μετάδοσης μέσω ενός μηχανικού μηχανισμού ζεύξης, όπως συμπλέκτες, γρανάζια, ιμάντες ή τροχαλίες. Αυτή η παράλληλη διαμόρφωση επιτρέπει τόσο στον ICE όσο και στον ηλεκτρικό κινητήρα να κινούν το όχημα, είτε σε συνδυασμένη λειτουργία είτε ξεχωριστά. Ο ηλεκτρικός κινητήρας χρησιμοποιείται επίσης για την αναγεννητική πέδηση και για τη λήψη της πλεονάζουσας ενέργειας από το ICE κατά τη διάρκεια της ακτογραμμής.

Τα HEV και τα PHEV μπορούν επίσης να έχουν μια εκ των δύο διαμορφώσεων είτε μια πιο περίπλοκη διαμόρφωση που συνήθως περιέχει περισσότερους από έναν ηλεκτρικούς κινητήρες. Αυτές οι διαμορφώσεις μπορούν γενικά να βελτιώσουν περαιτέρω την απόδοση και την οικονομία καυσίμου του οχήματος με πρόσθετο κόστος εξαρτήματος.

2.1 Σειριακά υβριδικά οχήματα

Το σχήμα 10 δείχνει τη διαμόρφωση του σειριακού HEV. Σε αυτό το HEV, ο ICE είναι ο κύριος μετατροπέας ενέργειας που μετατρέπει την αρχική ενέργεια στη βενζίνη σε μηχανική ισχύ. Η μηχανική έξοδος του ICE στη συνέχεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιώντας μια γεννήτρια. Ο ηλεκτρικός κινητήρας κινεί τους τροχούς χρησιμοποιώντας ηλεκτρισμό που παράγεται από τη γεννήτρια ή την ηλεκτρική ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στην μπαταρία. Ο ηλεκτρικός κινητήρας μπορεί να λαμβάνει ηλεκτρική ενέργεια απευθείας από τον κινητήρα ή από την μπαταρία ή και τα δύο. Εφόσον ο κινητήρας αποσυνδέεται από τους τροχούς, η ταχύτητα του μπορεί να ελεγχθεί ανεξάρτητα από την ταχύτητα του οχήματος. Αυτό όχι μόνο απλοποιεί τον έλεγχο του κινητήρα, αλλά, πιο σημαντικά, μπορεί να επιτρέψει τη λειτουργία του κινητήρα με τη βέλτιστη ταχύτητα για την επίτευξη της καλύτερης οικονομίας καυσίμου. Παρέχει επίσης ευελιξία στην τοποθέτηση του κινητήρα στο όχημα. Δεν υπάρχει ανάγκη για την παραδοσιακή μηχανική μετάδοση σε ένα σειριακό HEV.



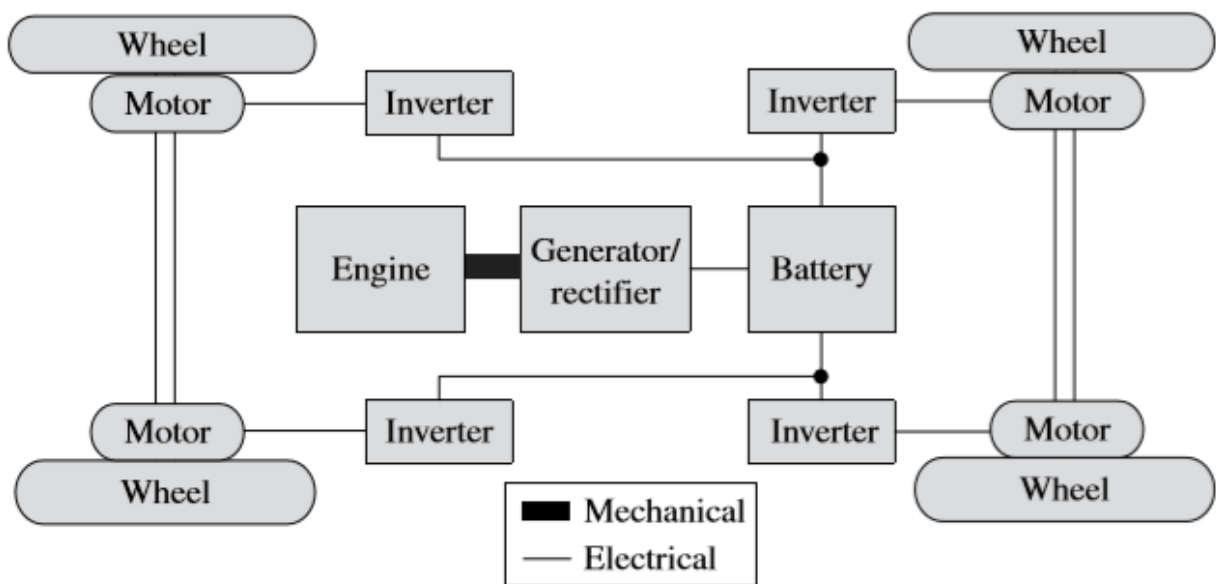
Σχήμα 10 Αρχιτεκτονική σειριακού HEV

Με βάση τις συνθήκες λειτουργίας του οχήματος, το σύστημα πρόωσης σε ένα σειριακό HEV μπορεί να λειτουργήσει με διαφορετικούς συνδυασμούς:

- Μόνο Μπαταρία: Όταν η μπαταρία έχει επαρκή ενέργεια και η ζήτηση ισχύος του οχήματος είναι χαμηλή, το σετ I / G απενεργοποιείται και το όχημα τροφοδοτείται μόνο από την μπαταρία.
- Συνδυασμένη ισχύς: Σε απαιτήσεις υψηλής ισχύος, το σετ I / G είναι ενεργοποιημένο και η μπαταρία τροφοδοτεί επίσης τον ηλεκτρικό κινητήρα.
- Μόνο κινητήρας: Κατά τη διάρκεια κίνησης στον αυτοκινητόδρομο και σε μετρίως υψηλές απαιτήσεις ισχύος, το σετ I / G είναι ενεργοποιημένο. Η μπαταρία δεν φορτίζεται ούτε αποφορτίζεται. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι η κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας (SOC) βρίσκεται ήδη σε υψηλό επίπεδο, αλλά η ζήτηση ισχύος του οχήματος εμποδίζει τον κινητήρα να σβήσει ή μπορεί να μην είναι αποτελεσματικό να σβήσει ο κινητήρας.
- Διαίρεση ισχύος: Όταν το I / G είναι ενεργοποιημένο, η ζήτηση ισχύος του οχήματος είναι κάτω από τη βέλτιστη ισχύ I / G και/ή το SOC της μπαταρίας είναι χαμηλό, τότε ένα μέρος της ισχύος I / G χρησιμοποιείται για τη φόρτιση της μπαταρίας.
- Στατική φόρτιση: Η μπαταρία φορτίζεται από την ισχύ του I / G χωρίς το όχημα να κινείται.

- Αναγεννητική πέδηση: Ο ηλεκτρικός κινητήρας λειτουργεί ως γεννήτρια για τη μετατροπή της κινητικής ενέργειας του οχήματος κατά την πέδηση σε ηλεκτρική ενέργεια και φόρτιση της μπαταρίας.

Ένα σειριακό HEV μπορεί να διαμορφωθεί με τον ίδιο τρόπο που διαμορφώνονται τα συμβατικά οχήματα, δηλαδή με τον ηλεκτρικό κινητήρα στη θέση του κινητήρα όπως φαίνεται στο Σχήμα 10. Άλλες επιλογές είναι επίσης διαθέσιμες, όπως σε κινητήρες πάνω στην πλήμνη (ή μουαγιέ) των τροχών. Σε αυτήν την περίπτωση, όπως φαίνεται στο Σχήμα 11, υπάρχουν τέσσερις ηλεκτρικοί κινητήρες, ένας εγκατεστημένος σε κάθε τροχό. Λόγω της εξάλειψης του κιβωτίου ταχυτήτων και της τελικής κίνησης, η απόδοση του συστήματος οχήματος μπορεί να αυξηθεί σημαντικά. Το όχημα θα έχει επίσης δυνατότητα κίνησης όλων των τροχών (AWD). Ωστόσο, ο ανεξάρτητος έλεγχος των τεσσάρων ηλεκτρικών κινητήρων μπορεί να είναι πρόκληση.

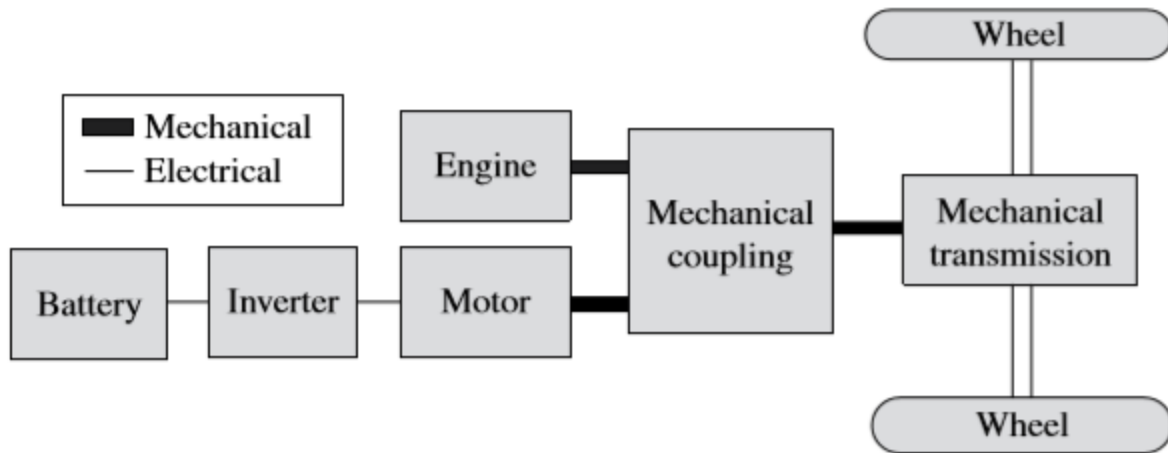


Σχήμα 11 Αρχιτεκτονική σειριακού HEV με κινητήρα σε κάθε τροχό

2.2 Παράλληλα υβριδικά

Το σχήμα 12 παρουσιάζει τη διαμόρφωση ενός παράλληλου υβριδικού. Σε αυτήν τη διαμόρφωση, ο ICE και ο ηλεκτρικός κινητήρας συνδέονται στην τελική κίνηση μέσω ενός μηχανισμού που περιλαμβάνει συμπλέκτες, μάντες, τροχαλίες και γρανάζια. Τόσο ο ICE όσο

και ο ηλεκτρικός κινητήρας μπορούν να παρέχουν ισχύ στον τελικό τροχό, είτε σε συνδυασμένη λειτουργία, είτε το καθένα ξεχωριστά. Ο ηλεκτρικός κινητήρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως γεννήτρια για την ανάκτηση της κινητικής ενέργειας κατά το φρενάρισμα ή με την απορρόφηση μέρους ισχύος από τον ICE.



Σχήμα 12 Αρχιτεκτονική παράλληλου υβριδικού

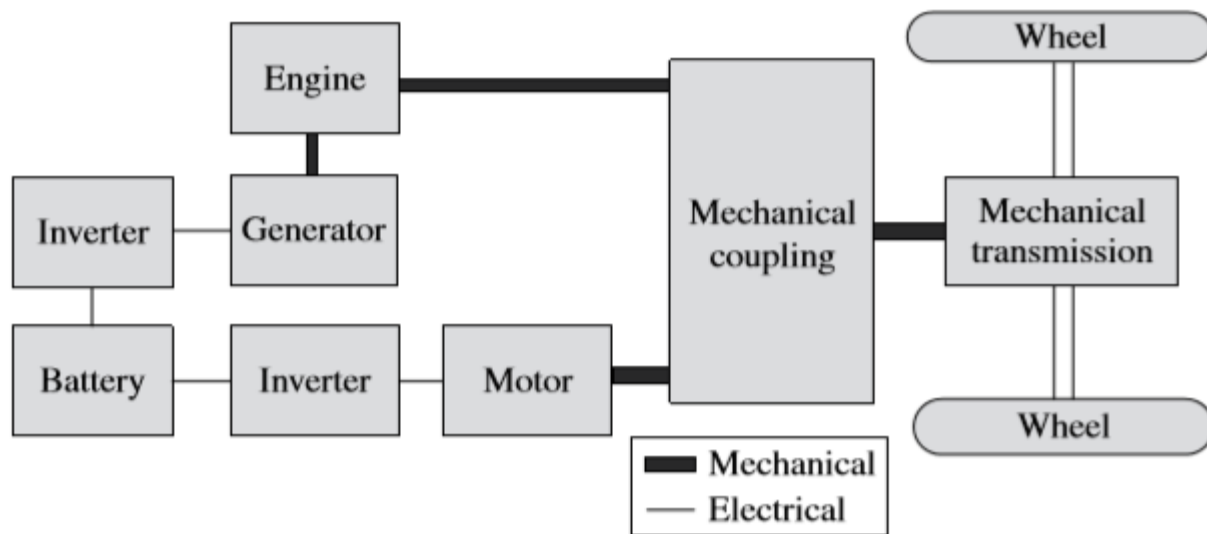
Το παράλληλο υβριδικό χρειάζεται μόνο δύο συσκευές προώθησης, τον ICE και τον ηλεκτροκινητήρα, οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις ακόλουθες λειτουργίες:

- Λειτουργία μόνο κινητήρα: Όταν η μπαταρία έχει επαρκή ενέργεια και η ζήτηση ισχύος του οχήματος είναι χαμηλή, τότε ο ICE είναι απενεργοποιημένος και το όχημα τροφοδοτείται μόνο από τον κινητήρα και την μπαταρία.
- Συνδυασμένη λειτουργία ισχύος: Σε υψηλές απαιτήσεις ισχύος, ο κινητήρας είναι ενεργοποιημένος και ο ICE παρέχει επίσης ισχύ στους τροχούς.
- Μόνο λειτουργία ICE: Κατά τη διάρκεια κίνησης στον αυτοκινητόδρομο και σε μετρίως υψηλές απαιτήσεις ισχύος, ο ICE παρέχει όλη την ισχύ που απαιτείται για την οδήγηση του οχήματος. Ο κινητήρας παραμένει αδρανής. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι η μπαταρία βρίσκεται ήδη σε υψηλό επίπεδο φόρτισης, αλλά η ζήτηση ισχύος του οχήματος εμποδίζει τον κινητήρα να σβήσει ή μπορεί να μην είναι αποτελεσματικό να σβήσει.

- Λειτουργία διαχωρισμού ισχύος: Όταν ο ICE είναι ενεργοποιημένος, αλλά η ζήτηση ισχύος του οχήματος είναι χαμηλή και η μπαταρία SOC είναι επίσης χαμηλή, τότε ένα μέρος της ισχύος του ICE μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό από τον κινητήρα για να φορτίσει την μπαταρία.
- Στατική λειτουργία φόρτισης: Η μπαταρία φορτίζεται με τη λειτουργία του κινητήρα ως γεννήτριας οδηγούμενο από τον ICE, χωρίς να κινείται το όχημα.
- Αναγεννητική λειτουργία πέδησης: Ο ηλεκτρικός κινητήρας λειτουργεί ως γεννήτρια για να μετατρέψει την κινητική ενέργεια του οχήματος σε ηλεκτρική ενέργεια και να την αποθηκεύσει στην μπαταρία. Σημειώστε ότι σε αναγεννητική λειτουργία είναι κατ' αρχήν δυνατό να λειτουργεί και ο ICE και να παρέχεται επιπρόσθετο ρεύμα για φόρτιση της μπαταρίας πιο γρήγορα (ενώ ο κινητήρας πρόωσης βρίσκεται σε λειτουργία γεννήτριας) και να ελέγχεται η ροπή του ανάλογα, δηλαδή να ταιριάζει με το σύνολο εισόδου ισχύος της μπαταρίας. Σε αυτήν την περίπτωση, οι ελεγκτές ICE και κινητήρα πρέπει να συντονίζονται σωστά.

2.3 Υβριδικά σε σειριακή-παράλληλη διαμόρφωση

Τα υβριδικά σε σειριακή-παράλληλη διαμόρφωση που παρουσιάζεται στο Σχήμα 13 ενσωματώνουν χαρακτηριστικά τόσο ενός σειριακού όσο και ενός παράλληλου HEV. Επομένως, μπορεί να λειτουργήσουν ως όποιο εκ των δύο. Σε σύγκριση με ένα σειριακό HEV, η διαμόρφωση αυτή προσθέτει έναν μηχανικό σύνδεσμο μεταξύ του ICE και της τελικής κίνησης, έτσι ώστε ο ICE να μπορεί να οδηγεί τους τροχούς απευθείας. Σε σύγκριση με ένα παράλληλο HEV, η διαμόρφωση αυτή προσθέτει μια δεύτερη ηλεκτρική μηχανή που λειτουργεί κυρίως ως γεννήτρια.



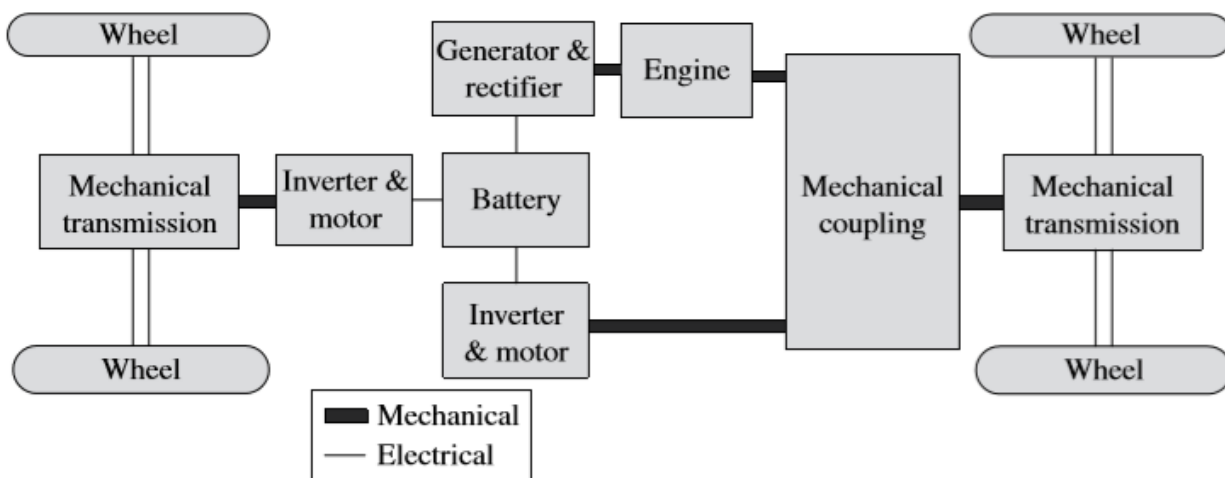
Σχήμα 13 Η αρχιτεκτονική σειριακού-παράλληλου υβριδικού

Επειδή μια τέτοια διαμόρφωση μπορεί να λειτουργήσει και με τις δύο βασικές διαδρομές ενέργειας, η απόδοση καυσίμου και η ικανότητα οδήγησης μπορούν να βελτιστοποιηθούν με βάση την κατάσταση λειτουργίας του οχήματος. Ο αυξημένος βαθμός ελευθερίας στον έλεγχο καθιστά τη διαμόρφωση αυτή μια δημοφιλή επιλογή. Ωστόσο, λόγω αυξημένων εξαρτημάτων και πολυπλοκότητας, είναι γενικά πιο ακριβή από μια σειριακή ή παράλληλη μόνο διαμόρφωση HEV.

2.4 Πολύπλοκες διαμορφώσεις

Τα σύνθετα HEV συνήθως περιλαμβάνουν τη χρήση συστημάτων μετάδοσης και πολλαπλών ηλεκτρικών κινητήρων (στην περίπτωση τετρακίνησης / κίνησης σε όλους τους τροχούς). Ένα τυπικό παράδειγμα είναι ένα σύστημα τετρακίνησης (4WD) που πραγματοποιείται μέσω της χρήσης ξεχωριστών κινητήριων αξόνων, όπως φαίνεται στο Σχήμα 14. Η γεννήτρια σε αυτό το σύστημα χρησιμοποιείται για την πραγματοποίηση της σειριακής λειτουργίας καθώς και για τον έλεγχο της κατάστασης λειτουργίας του ICE για μέγιστη απόδοση. Οι δύο ηλεκτρικοί κινητήρες χρησιμοποιούνται για την πραγματοποίηση κίνησης σε όλους τους τροχούς και για καλύτερη

απόδοση στην αναγεννητική πέδηση. Μπορούν επίσης να βελτιώσουν τον έλεγχο της σταθερότητας του οχήματος και τον έλεγχο αντιμπλοκαρίσματος πέδησης από τη χρήση τους.



Σχήμα 14 Πολύπλοκη διαμόρφωση τετρακίνησης

2.5 Υβριδικά ντίζελ και άλλα

Όλες οι διαμορφώσεις που παρουσιάστηκαν παραπάνω, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε άλλα οχήματα πέραν των αυτοκινήτων I.X.

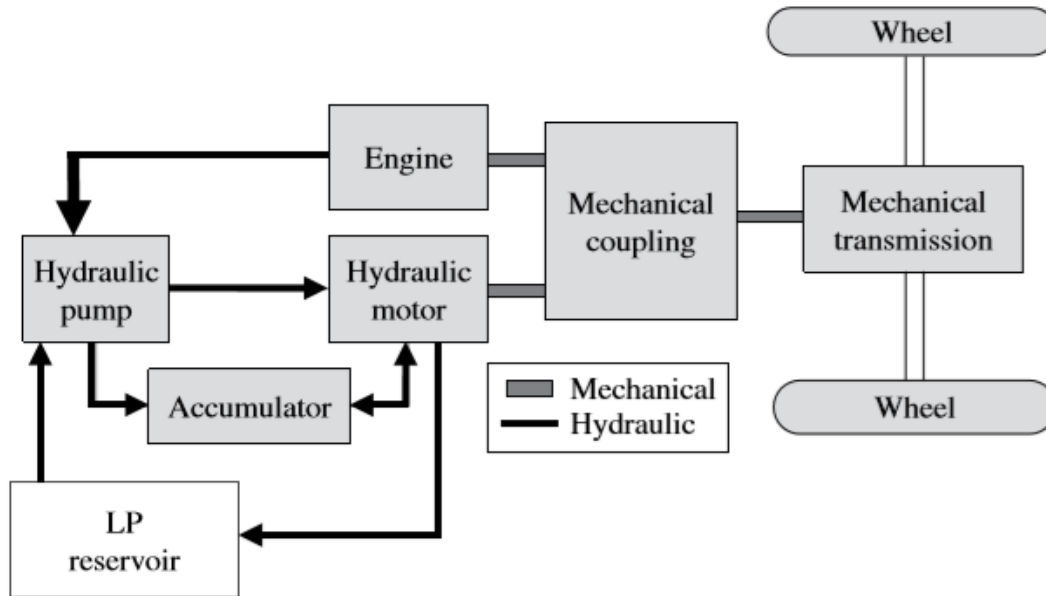
Τα HEV μπορούν επίσης να κατασκευαστούν και σε οχήματα ντίζελ. Όλες οι αρχιτεκτονικές που αναλύθηκαν νωρίτερα, όπως σειριακά, παράλληλα, σειριακά-παράλληλα και σύνθετα HEV, ισχύουν και για τα υβριδικά ντίζελ. Λόγω του γεγονότος ότι τα οχήματα ντίζελ γενικά μπορούν να επιτύχουν υψηλότερη οικονομία καυσίμου, η απόδοση καυσίμου των υβριδικών πετρελαιοκίνητων οχημάτων μπορεί να είναι ακόμα καλύτερη σε σύγκριση με τα αντίστοιχα βενζίνης.

Οχήματα όπως φορτηγά και λεωφορεία έχουν μοναδικά πρότυπα οδήγησης και σχετικά χαμηλή οικονομία καυσίμου. Όταν υβριδοποιούνται, αυτά τα οχήματα μπορούν να προσφέρουν σημαντική εξοικονόμηση καυσίμου. Τα υβριδικά φορτηγά και λεωφορεία μπορούν να είναι σειριακά, παράλληλα, σειριακά-παράλληλα, ή σύνθετα δομημένα και μπορούν να λειτουργούν με βενζίνη ή ντίζελ.

Οι ατμομηχανές ντίζελ είναι ένας ειδικός τύπος υβριδίου. Μια ατμομηχανή ντίζελ χρησιμοποιεί έναν κινητήρα ντίζελ και μια γεννήτρια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Χρησιμοποιεί ηλεκτρικούς κινητήρες για την κίνηση της αμαξοστοιχίας. Ακόμα κι αν μια ατμομηχανή ντίζελ μπορεί να αναφέρεται ως σειριακό υβριδικό, σε ορισμένες αρχιτεκτονικές δεν υπάρχει μπαταρία για το κύριο σύστημα κίνησης για την αποθήκευση ενέργειας μεταξύ του σετ I / G και του ηλεκτροκινητήρα. Αυτή η ειδική διαμόρφωση αναφέρεται μερικές φορές ως *απλό υβριδικό*. Σε άλλες αρχιτεκτονικές, οι μπαταρίες χρησιμοποιούνται και μπορούν να βοηθήσουν στη μείωση του μεγέθους της γεννήτριας, και μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τη δέσμευση αναγεννητικής ενέργειας. Οι μπαταρίες, σε αυτήν την περίπτωση, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για βραχυπρόθεσμη παροχή υψηλού ρεύματος λόγω των αναγκών ροπής, χωρίς να καταφεύγουν σε μεγαλύτερη γεννήτρια.

2.6 Άλλες προσεγγίσεις στην υβριδοποίηση

Το επίκεντρο αυτής της εργασίας είναι τα HEV, δηλαδή, υβρίδια ηλεκτρικής βενζίνης ή ηλεκτρικού-ντίζελ. Ωστόσο, υπάρχουν και άλλοι τύποι μεθόδων υβριδισμού που περιλαμβάνουν άλλους τύπους αποθήκευσης ενέργειας και προώθησης, όπως πεπιεσμένου αέρα, σφόνδυλοι και υδραυλικά συστήματα. Ένα τυπικό υδραυλικό υβρίδιο φαίνεται στο Σχήμα 15. Τα υδραυλικά συστήματα μπορούν να προσφέρουν μεγάλη ροπή, αλλά λόγω της πολυπλοκότητας του υδραυλικού συστήματος, ένα υδραυλικό υβρίδιο χρησιμοποιείται μόνο για μεγάλα φορτηγά και οχήματα όπου απαιτούνται συχνές και παρατεταμένες περιόδους διακοπής του κινητήρα.



Σχήμα 15 Αρχιτεκτονική υδραυλικού υβριδικού

2.7 Λόγος Υβριδοποίησης

Τα τελευταία χρόνια έχουν προταθεί νέες αρχιτεκτονικές, συμπεριλαμβανομένων των πλήρων υβριδίων, ήπιων υβριδίων και μικροϋβριδίων. Αυτές οι αρχιτεκτονικές σχετίζονται συνήθως με την ονομαστική ισχύ του κύριου ηλεκτροκινητήρα σε ένα HEV. Για παράδειγμα, εάν το HEV χρησιμοποιεί έναν αρκετά μεγάλο ηλεκτρικό κινητήρα και σχετικές μπαταρίες, μπορεί να θεωρηθεί ως ένα πλήρες υβριδικό. Αλλά αν το μέγεθος του ηλεκτρικού κινητήρα είναι σχετικά μικρό, τότε μπορεί να θεωρηθεί ως ένα μικρό υβρίδιο.

Συνήθως, ένα πλήρες υβριδικό θα πρέπει να μπορεί να λειτουργεί το όχημα χρησιμοποιώντας τον ηλεκτρικό κινητήρα και την μπαταρία έως ένα ορισμένο όριο ταχύτητας και να οδηγεί το όχημα για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα. Το όριο ταχύτητας είναι συνήθως το όριο ταχύτητας σε μια κατοικημένη περιοχή. Η τυπική ισχύς ενός ηλεκτροκινητήρα σε ένα πλήρες υβριδικό επιβατικό αυτοκίνητο είναι 50-75 kW.

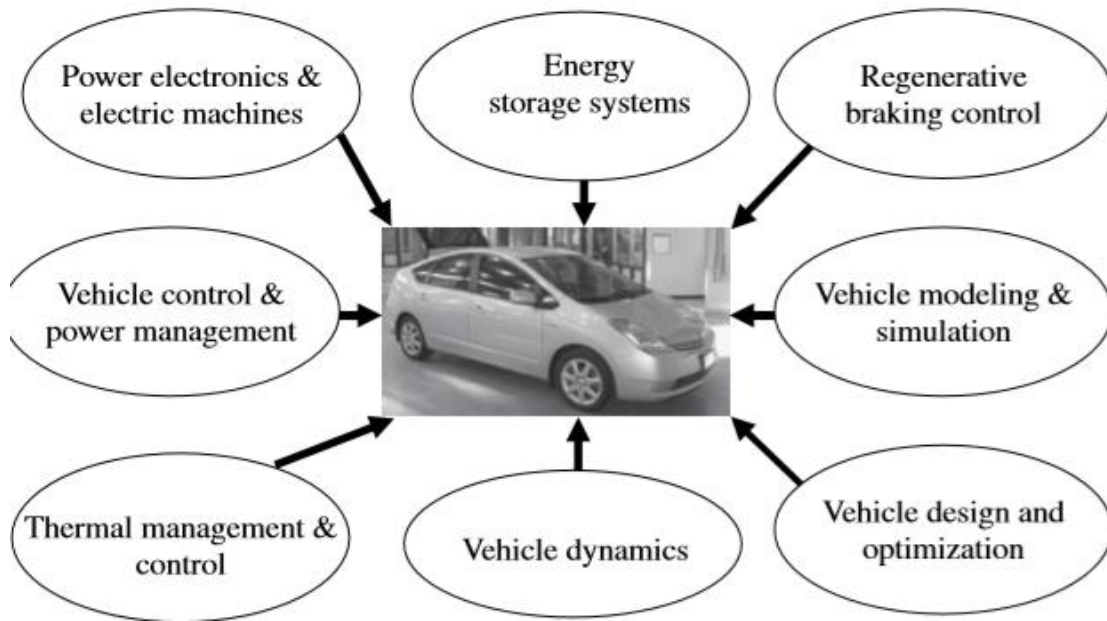
Το micro hybrid, από την άλλη πλευρά, δεν προσφέρει τη δυνατότητα οδήγησης του οχήματος μόνο με τον ηλεκτροκινητήρα. Ο ηλεκτρικός κινητήρας χρησιμοποιείται απλώς για την

εκκίνηση και διακοπή του ICE. Η τυπική ισχύς των ηλεκτρικών κινητήρων που χρησιμοποιούνται σε μικρο-υβρίδια είναι μικρότερη από 10 kW.

Ένα ήπιο υβρίδιο βρίσκεται ανάμεσα σε ένα πλήρες υβρίδιο και ένα μικρό υβρίδιο. Μια αποτελεσματική προσέγγιση για την αξιολόγηση των HEVs είναι η χρήση ενός λόγου υβριδοποίησης για να αντικατοπτρίζει τον βαθμό υβριδοποίησης ενός HEV. Σε ένα παράλληλο υβρίδιο, ο λόγος υβριδισμού ορίζεται ως ο λόγος ηλεκτρικής ισχύος προς τη συνολική ισχύ του ICE. Για παράδειγμα, ένας HEV με κινητήρα ονομαστικής ισχύος στα 50 kW και ICE στα 75 kW θα έχει λόγο υβριδισμού $50 / (50 + 75) \text{ kW} = 40\%$. Ένα συμβατικό όχημα με βενζίνη έχει λόγο υβριδισμού 0% και το EV μπαταρίας έχει λόγο υβριδισμού 100%. Ένα σειριακό HEV θα έχει επίσης λόγο υβριδισμού 100% λόγω του γεγονότος ότι το όχημα μπορεί να οδηγηθεί σε λειτουργία EV.

2.8 Η Διεπιστημονική φύση των HEV

Τα HEV περιλαμβάνουν τη χρήση ηλεκτρικών μηχανών, μετατροπών ηλεκτρονικής ισχύος και μπαταριών, επιπλέον των συμβατικών ICE και των μηχανικών και υδραυλικών συστημάτων. Η διεπιστημονική φύση των συστημάτων HEV μπορεί να συνοψιστεί στο Σχήμα 16. Το πεδίο των HEV περιλαμβάνει θέματα μηχανικής πέρα από την παραδοσιακή αυτοκινητοβιομηχανία, η οποία ήταν προσανατολισμένη στη μηχανολογία. Ηλεκτρονικά, ηλεκτρικά μηχανήματα, συστήματα αποθήκευσης ενέργειας και συστήματα ελέγχου αποτελούν πλέον αναπόσπαστο μέρος της μηχανικής HEV και PHEV.



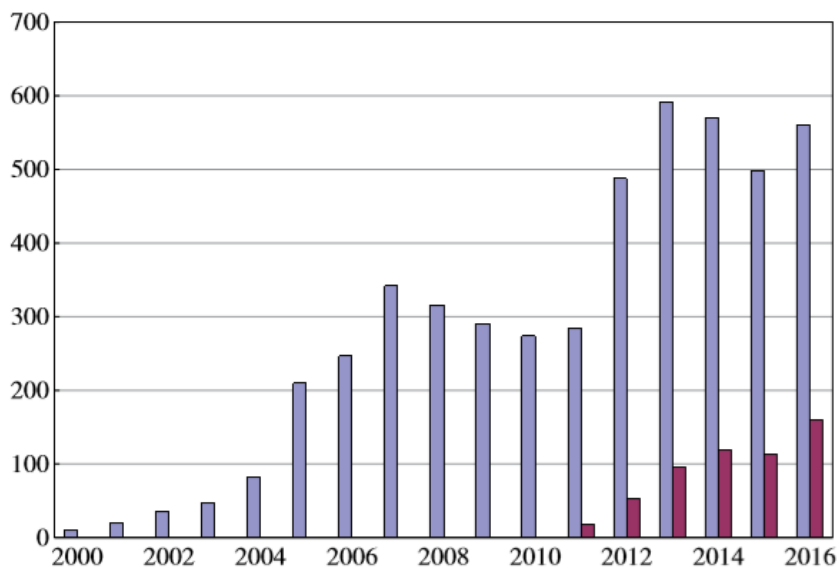
Σχήμα 16 Τα επιμέρους πεδία που συνυπάρχουν στο πεδίο των HEV

Επιπλέον, η θερμική διαχείριση είναι επίσης σημαντική για τα HEV και τα PHEV, διότι τα ηλεκτρονικά συστήματα, οι ηλεκτρικές μηχανές και οι μπαταρίες απαιτούν πολύ χαμηλότερη θερμοκρασία για να λειτουργήσουν σωστά, σε σύγκριση με τα εξαρτήματα κινητήρα του μη υβριδικού οχήματος. Η μοντελοποίηση και η προσομοίωση, η δυναμική των οχημάτων και ο σχεδιασμός και η βελτιστοποίηση οχημάτων θέτουν επίσης προκλήσεις στον παραδοσιακό τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας λόγω των αυξημένων δυσκολιών στη συσκευασία των εξαρτημάτων και των συναφών συστημάτων θερμικής διαχείρισης, καθώς και στις αλλαγές στο βάρος, το σχήμα και την κατανομή βάρους του οχήματος .

2.9 Τεχνολογική στάθμιση στο πεδίο

Τα τελευταία 20 χρόνια, πολλά HEV έχουν αναπτυχθεί από τους μεγαλύτερους κατασκευαστές αυτοκινήτων. Το σχήμα 17 δείχνει τις πωλήσεις HEV στις Ηνωμένες Πολιτείες από το 2000 έως το 2016, σε σχέση με τις αντίστοιχες προβλέψεις (<http://electricdrive.org/ht/d/sp/i/20952/pid/20952>). Είναι σαφές ότι οι πωλήσεις HEV έχουν αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία 20 χρόνια. Το 2008, οι πωλήσεις αυτές σημείωσαν κάμψη, η

οποία συνάδει με τις συμβατικές πωλήσεις αυτοκινήτων που μειώθηκαν περισσότερο από 20% το 2008 από το προηγούμενο έτος. Μια άλλη παρατήρηση είναι ότι οι περισσότερες πωλήσεις HEV ανήκουν στην Toyota, η οποία παρήγαγε ένα από τα πρώτα σύγχρονα HEV, το Prius, και έχει επίσης τα περισσότερα από τα διαθέσιμα μοντέλα (συμπεριλαμβανομένου του Lexus).



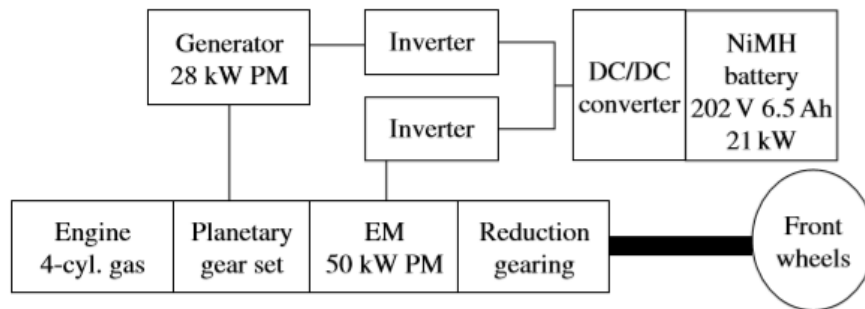
Σχήμα 17 Πωλήσεις υβριδικών στις ΗΠΑ (σε σχέση με τις προβλέψεις (κόκκινη μπάρα))

2.9.1 Toyota Prius

Η Toyota παρήγαγε το πρώτο μοντέρνο HEV στον κόσμο, το 1997, το Prius, όπως φαίνεται στο Σχήμα 18. Οι παγκόσμιες πωλήσεις του Prius ξεπέρασαν το 1 εκατομμύριο μονάδες το 2009. Το Toyota Prius χρησιμοποιεί ένα σύνολο πλανητικών γρاناζιών για την πραγματοποίηση συνεχούς μεταβλητής μετάδοσης (CVT). Επομένως, δεν απαιτείται συμβατική μετάδοση σε αυτό το σύστημα. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 19, ο κινητήρας συνδέεται με το φορέα του πλανητικού γρاناζιού, ενώ η γεννήτρια συνδέεται με το γρανάζι του ήλιου. Ο δακτυλιοειδής οδοντωτός τροχός συνδέεται με τον τελικό κινητήρα, όπως και ο ηλεκτροκινητήρας. Το σετ πλανητικών γρاناζιών λειτουργεί επίσης ως συσκευή διαχωρισμού ισχύος / ροπής. Κατά την κανονική λειτουργία, η ταχύτητα του γρاناζιού καθορίζεται από την ταχύτητα του οχήματος, ενώ η ταχύτητα της γεννήτριας μπορεί να ελέγχεται έτσι ώστε η ταχύτητα του ICE να βρίσκεται στο βέλτιστο εύρος απόδοσης.



Σχήμα 18 Το Toyota Prius



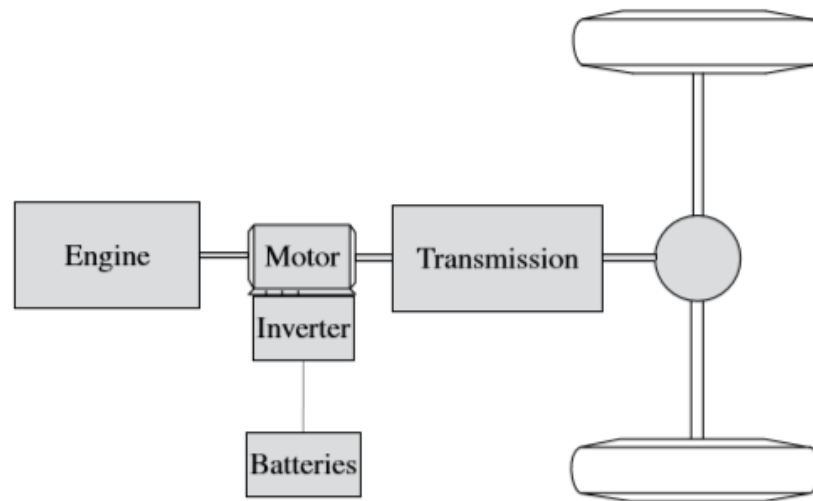
Σχήμα 19 Το σύστημα μετάδοσης κίνησης του Toyota Prius

Η μπαταρία υβριδίου νικελίου 6,5 Ah, 2,1 kW φορτίζεται από τη γεννήτρια κατά τη διάρκεια της ακινητοποίησης και από τον κινητήρα πρόωσης (σε λειτουργία παραγωγής) κατά την αναγεννητική πέδηση. Ο ICE σβήνει κατά την οδήγηση σε χαμηλές ταχύτητες.

Η ίδια τεχνολογία χρησιμοποιείται στο υβριδικό Camry, στο υβριδικό Highlander και στα υβριδικά Lexus. Ωστόσο, τα υβριδικά Highlander και Lexus προσθέτουν έναν τρίτο κινητήρα στον πίσω τροχό. Η απόδοση της κίνησης, όπως για επιτάχυνση και φρενάρισμα, μπορεί συνεπώς να βελτιωθεί περαιτέρω.

2.9.2 Το Honda Civic

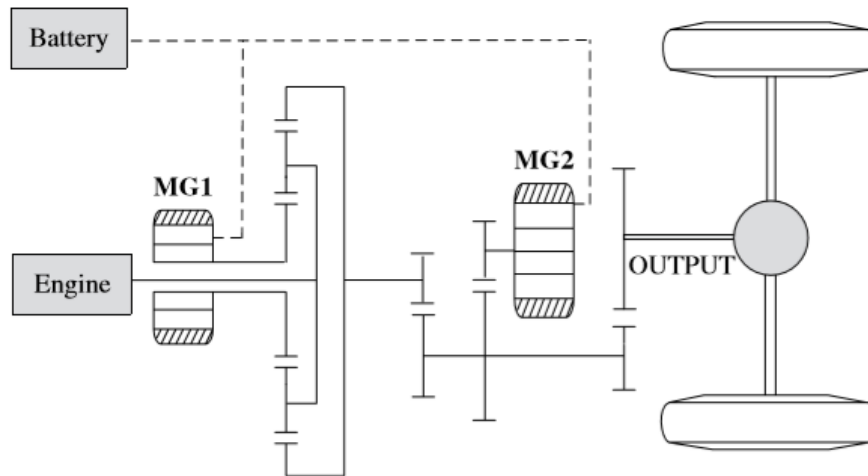
Το υβριδικό Honda Civic διαθέτει έναν ηλεκτρικό κινητήρα τοποθετημένο μεταξύ του ICE και του CVT, όπως φαίνεται στο Σχήμα 20. Ο ηλεκτρικός κινητήρας παρέχει βοήθεια στον ICE κατά τη διάρκεια υψηλής ζήτησης ισχύος, ή χωρίζει την ισχύ του κινητήρα κατά τη διάρκεια χαμηλής ζήτησης ισχύος.



Σχήμα 20 Το σύστημα ισχύος του Honda Civic

2.9.3 Το Ford Escape

Το υβριδικό Escape της Ford Motor Company (Σχήμα 21) είναι το πρώτο υβριδικό στην κατηγορία SUV. Το Escape hybrid χρησιμοποιεί την ίδια ιδέα πλανητικών γραναζιών με το σύστημα Toyota.



Σχήμα 21 το σύστημα ισχύος του Ford Escape

2.9.4 Το υβριδικό Two-Mode

Το GM υβριδικό κιβώτιο μετάδοσης διπλής λειτουργίας αναπτύχθηκε αρχικά από την GM (Alison) το 1996 και αργότερα εξελίχθηκε από την GM, τη Chrysler, τη BMW και τη Mercedes-Benz μέσω μιας κοινοπραξίας με την ονομασία Global Hybrid Cooperation το 2005. Τα υβρίδια GM δύο-τρόπων χρησιμοποιούν δύο πλανητικά σερβωστήρες και δύο ηλεκτρικά μηχανήματα για να πραγματοποιήσουν δύο διαφορετικούς τρόπους λειτουργίας, δηλαδή τη λειτουργία υψηλής ταχύτητας και τη λειτουργία χαμηλής ταχύτητας.

2.10 Προκλήσεις και κύριες τεχνολογίες των HEV

Τα HEV μπορούν να ξεπεράσουν μερικά από τα μειονεκτήματα των καθαρών EVs με μπαταρία και των συμβατικών οχημάτων με βενζίνη. Αυτά τα πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν βελτιστοποιημένη οικονομία καυσίμου και μειωμένες εκπομπές σε σύγκριση με τα συμβατικά οχήματα και αυξημένη εμβέλεια, μειωμένο χρόνο φόρτισης και μειωμένο μέγεθος μπαταρίας (εξ ου και μειωμένο κόστος) σε σύγκριση με καθαρά EV.

Ωστόσο, τα HEV και τα PHEV εξακολουθούν να αντιμετωπίζουν πολλές προκλήσεις, όπως υψηλότερο κόστος σε σύγκριση με τα συμβατικά οχήματα, ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές που

προκαλούνται από εξαρτήματα υψηλής ισχύος και ανησυχίες ασφάλειας και αξιοπιστίας λόγω αυξημένων εξαρτημάτων και πολυπλοκότητας, συσκευασίας του συστήματος, ελέγχου οχήματος και διαχείρισης ισχύος.

- Ηλεκτρονικά και ηλεκτρικά μηχανήματα: Το θέμα των ηλεκτρονικών και των ηλεκτρικών κινητήρων δεν είναι νέο. Ωστόσο, η χρήση ηλεκτρονικής ισχύος σε περιβάλλον οχημάτων δημιουργεί σημαντικές προκλήσεις. Οι περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως οι ακραίες υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες, οι κραδασμοί, και η παροδική συμπεριφορά διαφέρουν πολύ από αυτό που επηρεάζει συνήθως τους ηλεκτροκινητήρες και τους ηλεκτρονικούς μετατροπείς ισχύος. Οι προκλήσεις στα ηλεκτρονικά ισχύος σε ένα HEV περιλαμβάνουν τη τοποθέτηση, το μέγεθος, το κόστος και τη θερμική διαχείριση.
- Ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές: Η εναλλαγή υψηλής συχνότητας και η λειτουργία υψηλής ισχύος των ηλεκτρονικών ισχύος και των ηλεκτρικών κινητήρων θα παράγουν άφθονο ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο που θα επηρεάσει το υπόλοιπο σύστημα του οχήματος εάν δεν αντιμετωπιστεί σωστά.
- Συστήματα αποθήκευσης ενέργειας: Αυτά τα συστήματα αποτελούν σημαντική πρόκληση για τα HEV και τα PHEV. Η συμπεριφορά παλμικής ισχύος και το ενεργειακό περιεχόμενο που απαιτούνται για την καλύτερη απόδοση είναι συνήθως δύσκολο να ικανοποιηθούν από τις συμβατικές μπαταρίες. Ο κύκλος ζωής και η ανοχή κατάχρησης είναι επίσης κρίσιμες για εφαρμογές οχημάτων. Επί του παρόντος, οι μπαταρίες υβριδίου μετάλλου νικελίου χρησιμοποιούνται από τα περισσότερα HEV και οι μπαταρίες ιόντων λιθίου από τα PHEV. Οι υπερ-πυκνωτές έχουν επίσης εξεταστεί σε ορισμένες ειδικές εφαρμογές, όπου η ζήτηση ενέργειας αποτελεί μείζονα ανησυχία. Έχουν επίσης διερευνηθεί οι σφόνδυλοι. Οι περιορισμοί των τρεχόντων συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας είναι η μη ικανοποιητική πυκνότητα ισχύος και ενεργειακή πυκνότητα, περιορισμένος κύκλος ζωής, υψηλό κόστος και πιθανά ζητήματα ασφάλειας.
- Αναγεννητικός έλεγχος πέδησης: Η ανάκτηση της κινητικής ενέργειας κατά τη διάρκεια του φρεναρίσματος είναι βασικό χαρακτηριστικό των HEV και PHEV. Ωστόσο, ο συντονισμός της αναγεννητικής πέδησης με το υδραυλικό σύστημα φρεναρίσματος

τριβής αποτελεί σημαντική πρόκληση όσον αφορά την ασφάλεια και την απόδοση πέδησης.

- Διαχείριση ισχύος και έλεγχος οχήματος: Τα HEV περιλαμβάνουν τη χρήση πολλαπλών εξαρτημάτων πρόωσης που απαιτούν αρμονικό συντονισμό. Ως εκ τούτου, η διαχείριση ισχύος είναι μια κρίσιμη πτυχή των λειτουργιών ελέγχου οχημάτων σε ένα HEV. Ένας βελτιστοποιημένος ελεγκτής οχήματος μπορεί να συμβάλει στην επίτευξη καλύτερης απόδοσης καυσίμου σε ένα HEV.
- Θερμική διαχείριση: Ηλεκτρονικά, ηλεκτρικά μηχανήματα και μπαταρίες απαιτούν πολύ χαμηλότερη θερμοκρασία λειτουργίας από έναν κινητήρα βενζίνης. Ένας ξεχωριστός βρόχος ψύξης είναι απαραίτητος σε ένα HEV.
- Μοντελοποίηση και προσομοίωση, δυναμική οχήματος, σχεδιασμός οχήματος και βελτιστοποίηση: Λόγω του αυξημένου αριθμού εξαρτημάτων σε ένα HEV, η τοποθέτηση των εξαρτημάτων στον ίδιο χώρο αποτελεί πρόκληση. Η σχετική δυναμική του οχήματος, ο σχεδιασμός του οχήματος και η μοντελοποίηση και η προσομοίωση περιλαμβάνουν όλες τις μεγάλες προκλήσεις.

2.11 Τελευταίες εξελίξεις στα Ηλεκτρικά και Υβριδικά οχήματα

Υπήρξαν σημαντικές εξελίξεις στην ηλεκτροκίνηση του αυτοκινήτου:

- Οι πωλήσεις HEV, EV και PHEV αυξάνονται σταθερά, με τις πωλήσεις PHEV και EV να αυξάνονται σημαντικά τα τελευταία πέντε χρόνια. Οι ΗΠΑ σημείωσαν 114.022 πωλήσεις EV και PHEV και 384.404 HEV πωλήσεις μόνο το 2015.
- Η Κίνα πούλησε 21,15 εκατομμύρια επιβατικά αυτοκίνητα το 2015, συμπεριλαμβανομένων των σεντάν, των σπορ οχημάτων και των μίνι βαν, αύξηση 7,3% από το 2014 και πούλησε 23,9 εκατομμύρια αυτοκίνητα το 2016, αύξηση 15,9% σε σχέση με το 2015. Αυτό είναι μικρότερο από την αύξηση κατά 10% και 16% το 2013 και το 2014, αντίστοιχα.
- Η Κίνα σημείωσε τη μεγαλύτερη αύξηση των πωλήσεων EV λόγω των τεράστιων κυβερνητικών κινήτρων της και πούλησε περισσότερα από 300.000 το 2015 (188.700 επιβατικά αυτοκίνητα και 124.000 ηλεκτρικά λεωφορεία) που ήταν το 223% των

πωλήσεων του προηγούμενου έτους, χωρίς να περιλαμβάνονται περισσότερες από 300.000 πωλήσεις οχημάτων χαμηλής ταχύτητας. (<http://cleantechnica.com/2016/03/08/china-electric-car-sales-increased-223in-2015/> και <http://www.wsj.com/articles/china-car-sales-growth-slows-percentage-1452587244>). Πούλησε 350.000 ηλεκτρικά οχήματα και ηλεκτρικά οχήματα plug-in το 2017, σχεδόν τα μισά από όλα τα EV / PHEV που πωλήθηκαν στον κόσμο.

- Ορισμένες εταιρείες έχουν χρεοκοπήσει τα τελευταία 6 χρόνια, ενώ οι πωλήσεις EV έχουν αυξηθεί σταθερά, συμπεριλαμβανομένων των κατασκευαστών EV Fisker Karma, του κατασκευαστή μπαταριών ιόντων λιθίου A123 και της εταιρείας ανταλλαγής μπαταριών Better Place.

Ιστορικά, οι υψηλές τιμές του πετρελαίου έχουν αυξήσει το ενδιαφέρον για τα ηλεκτρικά οχήματα. Η τρέχουσα κατάσταση στην τιμή του πετρελαίου δημιουργεί αβεβαιότητες για το μέλλον των ηλεκτρικών και υβριδικών ηλεκτρικών οχημάτων, εν μέρει λόγω των χαμηλών τιμών της βενζίνης.

Τα κυβερνητικά κίνητρα μπορούν να αλλάξουν εντελώς το σενάριο. Για παράδειγμα, το 2015, η Κίνα πούλησε περισσότερα από 300.000 EV. Ωστόσο, τους τελευταίους τρεις μήνες του ίδιου έτους είδαν το 75% των πωλήσεων EV σε σύγκριση με το σύνολο των EV που πωλήθηκαν τους πρώτους εννέα μήνες. Αυτή η αύξηση οφείλεται στο γεγονός ότι ορισμένες κυβερνητικές επιδοτήσεις έπρεπε να λήξουν στο τέλος του έτους. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η επιδότηση θα καλύψει περισσότερο από το 90% της τιμής πώλησης του αυτοκινήτου. Ωστόσο, η Κίνα έχει μειώσει σταδιακά τις κρατικές επιδοτήσεις, με ρυθμό 20% ετησίως, ξεκινώντας από το 2016, οδηγώντας σε καθόλου ή λίγες επιδοτήσεις για EV έως το 2020. Ωστόσο η αγορά δείχνει να ανταποκρίνεται θετικά χωρίς σημαντικές μειώσεις.

Από την άλλη πλευρά, η Tesla, για παράδειγμα, έχει αποκτήσει μεγάλη δυναμική στις πωλήσεις EV, ειδικά το μοντέλο 3, το οποίο ξεκινά από μόλις 35.000 \$, σε σύγκριση με 75.000 \$ για ένα μοντέλο S. Το μοντέλο 3 είχε ήδη περισσότερες από 400.000 παραγγελίες που πραγματοποιήθηκαν από τον Ιούνιο του 2016. Αλλά ακόμη και με την πραγματοποίηση του όγκου των πωλήσεων, η Tesla έχασε 889 εκατομμύρια δολάρια το 2015 και 282 εκατομμύρια δολάρια το πρώτο τρίμηνο του 2016.

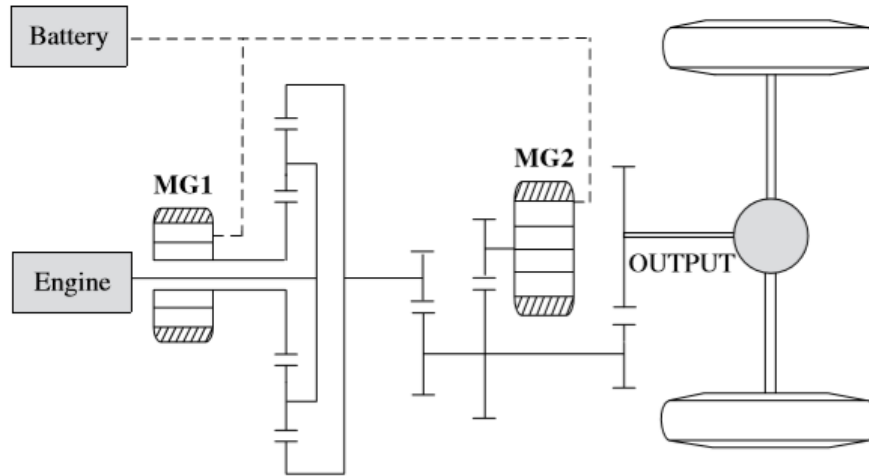
Η μπαταρία παραμένει ο μεγάλος πονοκέφαλος των εταιριών για την διείσδυση των καθαρά ηλεκτρικών οχημάτων. Το κόστος, η ενεργειακή πυκνότητα, η ανθεκτικότητα, η αξιοπιστία και η ασφάλεια είναι οι κύριες ανησυχίες για τις τρέχουσες διαθέσιμες μπαταρίες ιόντων λιθίου. Άλλες τεχνολογίες, όπως το υλικό γραφενίου, που θα μπορούσαν ενδεχομένως να βοηθήσουν στη σημαντική αύξηση της ενεργειακής πυκνότητας της μπαταρίας, δεν έχουν ακόμη αναπτυχθεί και επικυρωθεί. Εάν πράγματι η ενεργειακή πυκνότητα θα μπορούσε να τριπλασιαστεί ή να τετραπλασιαστεί τα επόμενα χρόνια, και το κόστος θα μπορούσε να μειωθεί στο 1/3 του τρέχοντος κόστους, και τα EV θα ήταν πιο ανταγωνιστικά από τα αυτοκίνητα με βενζίνη.

3 Αρχιτεκτονικές και τεχνολογίες συστημάτων μετάδοσης κίνησης υβριδικών οχημάτων

Υπάρχουν διάφορες υβριδικές αρχιτεκτονικές συστημάτων παραγωγής και μετάδοσης ισχύος που χρησιμοποιούνται στα υβριδικά οχήματα. Οι γενικοί στόχοι του σχεδιασμού τους είναι η πραγματοποίηση των διαφορετικών τρόπων λειτουργίας ενός υβριδικού συστήματος οχήματος, όπως παρουσιάστηκαν και παραπάνω. Επιπλέον, είναι σημαντικό να είναι σε θέση να ελέγχει την ισχύ και την ταχύτητα του ICE κατά τη διάρκεια υβριδικών λειτουργιών, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται καλύτερη οικονομία καυσίμου και χαμηλότερες εκπομπές για όλες τις περιοχές ταχύτητας οχήματος και απαιτήσεων ισχύος. Τέλος, ο σχεδιασμός του συστήματος πρέπει να είναι εύκολος στην εφαρμογή και τον έλεγχο και να φέρει χαμηλό συνολικό κόστος. Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται οι αρχές μερικών προηγμένων αρχιτεκτονικών υβριδικών αυτοκινήτων σε σχέση με το σύστημα παραγωγής και μετάδοσης κίνησης. Αυτές οι αρχιτεκτονικές περιλαμβάνουν το δημοφιλές υβρίδιο δύο τρόπων της GM και τις παραλλαγές του, υβριδικό με βάση δύο συμπλέκτες, υβριδικό Tsai, υβριδικό Zhang, υβριδικό Renault και υβριδικό Timken.

3.1 Σύστημα στο Toyota Prius και στο Ford Escape

Το Toyota Prius και το Ford Escape χρησιμοποιούν παρόμοια κιβώτια μετάδοσης κίνησης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 21. Διαθέτει ICE, δύο ηλεκτρικές μηχανές και πλανητικό γρανάζι στο κιβώτιο ταχυτήτων. Ο ICE είναι συνδεδεμένος στο φορέα, ο ηλεκτρικός κινητήρας MG2 συνδέεται με το γρανάζι καθώς και στον τελικό μεταδότη, και η γεννήτρια MG1 είναι συνδεδεμένη με τον ήλιο.

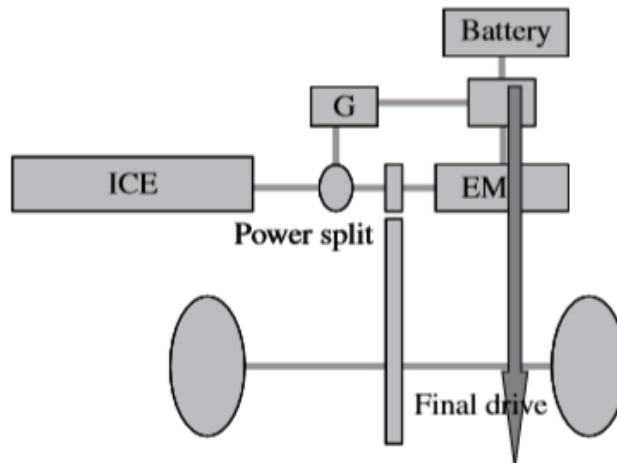


Σχήμα 22 το σύστημα ισχύος του Ford Escape

Δεδομένου ότι δεν υπάρχει συμπλέκτης, το πλανητικό γρανάζι λειτουργεί πάντα όποτε το όχημα κινείται. Η ταχύτητα του κινητήρα MG2 είναι ευθέως ανάλογη με τη γραμμική ταχύτητα του οχήματος μέσω της ακτίνας των μπροστινών ελαστικών και της τελικής αναλογίας μετάδοσης. Η ταχύτητα γραναζιού και η ταχύτητα του κινητήρα είναι ίδιες.

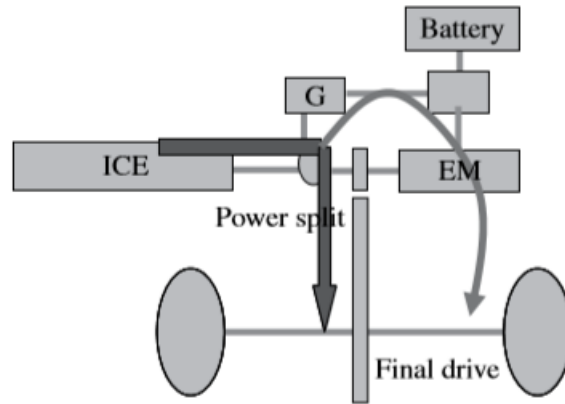
Υπάρχουν τέσσερις διαφορετικοί τρόποι λειτουργίας:

Λειτουργία 0: Εκκίνηση - ο κινητήρας τροφοδοτείται από την μπαταρία. Το όχημα κινείται μόνο από τον κινητήρα:



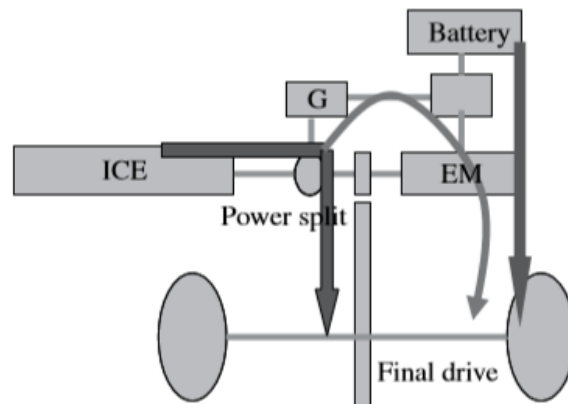
Σχήμα 23 Λειτουργία 0

Λειτουργία 1: Πλεύση ή λειτουργία e- CVT mode 1:



Σχήμα 24 Λειτουργία 1

Λειτουργία 2: Ξαφνική επιτάχυνση, λειτουργία e - CVT mode 2:



Σχήμα 25 Λειτουργία 2

Λειτουργία 3: Αναγεννητικό φρενάρισμα - Ο MG2 λειτουργεί ως γεννήτρια για την παραγωγή ηλεκτρισμού για τη φόρτιση της μπαταρίας και ταυτόχρονα για την παροχή ροπής πέδησης στην τελική κίνηση. Αυτή η λειτουργία είναι το αντίστροφο της λειτουργίας εκκίνησης.

Κατά την κανονική λειτουργία (e - CVT ή λειτουργία επιτάχυνσης), η ταχύτητα του ICE ελέγχεται από τη ροπή της γεννήτριας. Βασικά, η ισχύς της γεννήτριας ρυθμίζεται έτσι ώστε ο ICE να περιστρέφεται στην επιθυμητή ταχύτητα. Ως εκ τούτου, προσαρμόζοντας την ταχύτητα της γεννήτριας, ο ICE μπορεί να λειτουργεί με σχετικά σταθερή ταχύτητα ενώ το όχημα κινείται με διαφορετικές ταχύτητες.

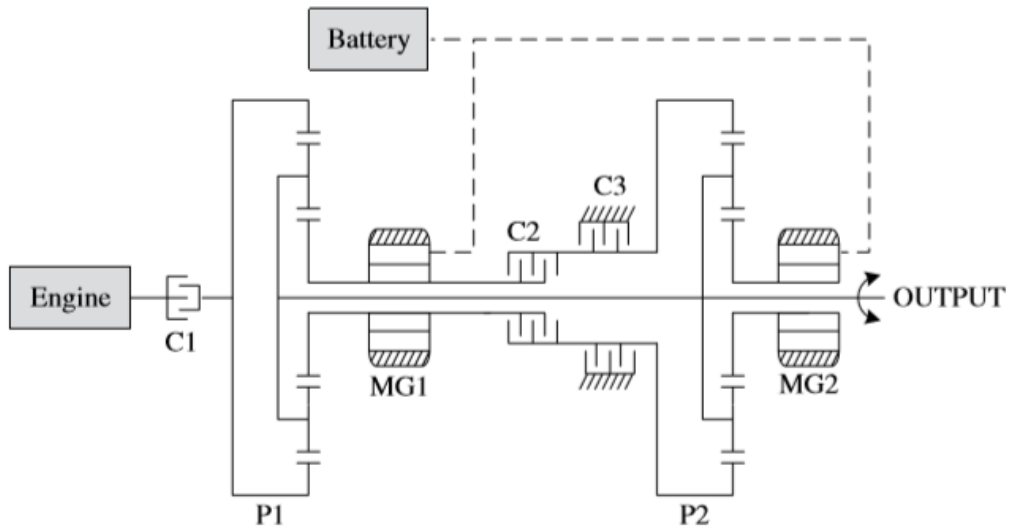
Στο Prius, ο ICE περιορίζεται από 0 έως 4000 στροφές ανά λεπτό. Ο κινητήρας περιορίζεται από μικρές αρνητικές σ.α.λ. για αντίστροφη και έως 6000 σ.α.λ. (~ 103 mph ή 165 km / h). Η γεννήτρια περιορίζεται σε ± 5500 σ.α.λ. Το κεντρικό γρανάζι και το γρανάζι του ήλιου έχουν 78 και 30 δόντια αντίστοιχα. Τα τέσσερα πλανητικά γρανάζια το καθένα έχουν 23 δόντια. Η τελική αναλογία κίνησης είναι 3,93 και η ακτίνα του τροχού είναι 0,287 m.

Η στρατηγική ελέγχου έχει ως εξής. Για δεδομένη ταχύτητα του οχήματος και για την επιθυμητή ισχύ εξόδου που καθορίζεται από τον κύκλο οδήγησης ή τις εισόδους του οδηγού, το επιθυμητό σημείο λειτουργίας του ICE μπορεί να προσδιοριστεί με βάση την καμπύλη μέγιστης απόδοσης του ICE. Από την ταχύτητα του οχήματος και την ταχύτητα του ICE, μπορεί να υπολογιστεί η επιθυμητή ταχύτητα γεννήτριας. Η ταχύτητα της γεννήτριας ρυθμίζεται μέσω του μετατροπέα ελέγχοντας την ισχύ εξόδου της γεννήτριας (είτε ως γεννήτρια είτε ως κινητήρας). Η ροπή του κινητήρα καθορίζεται εξετάζοντας τη διαφορά μεταξύ της συνολικής ζήτησης ροπής του οχήματος και της ροπής του κινητήρα που παραδίδεται στο γρανάζι. Η μπαταρία παρέχει ισχύ στους κινητήρες μαζί με την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τον κινητήρα.

3.2 Το σύστημα δύο τρόπων της GM

Το υβριδικό κιβώτιο δύο τρόπων της GM αναπτύχθηκε αρχικά από την GM (Alison) το 1996 και αργότερα προχώρησε από την GM, τη Chrysler, τη BMW και τη Mercedes-Benz σε μια κοινοπραξία με την ονομασία Global Hybrid Cooperation το 2005.

Το σύστημα μετάδοσης κίνησης (ή μετάδοση) φαίνεται στο Σχήμα 26 [15, 16]. Αυτό το σύστημα μετάδοσης κίνησης αποτελείται από δύο πλανητικά σετ γραναζιών P1 και P2, δύο ηλεκτρικές μηχανές MG1 και MG2, και τρεις συμπλέκτες C1, C2 και C3. Το σύστημα μετάδοσης κίνησης είναι ικανό να παρέχει ηλεκτρική συνεχή μεταβλητή μετάδοση (eCVT) για λειτουργίες υψηλής ταχύτητας και χαμηλής ταχύτητας, εξ ου και ο χαρακτηρισμός λειτουργία δύο τρόπων. Κατ' αρχήν, η λειτουργία δύο τρόπων μπορεί να παρέχει περισσότερη ευελιξία για έλεγχο μετάδοσης, αυξημένη ικανότητα οδήγησης και βελτιωμένη απόδοση του οχήματος και οικονομία καυσίμου.

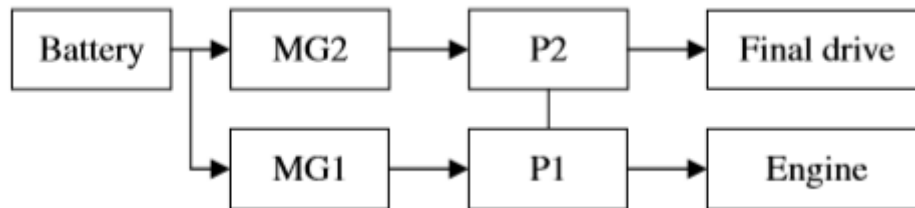


Σχήμα 26 το σύστημα των δύο τρόπων

Στο υβριδικό κιβώτιο δύο τρόπων GM, ο κινητήρας συνδέεται με το γρανάζι του πλανητικού γραναζιού P1 μέσω του συμπλέκτη C1. Η ηλεκτρική μηχανή MG1 είναι συνδεδεμένη με το γρανάζι του P1. Ο φορέας του P1 συνδέεται στον τελικό δίσκο μέσω του άξονα εξόδου. Η MG2 συνδέεται με το ηλιακό γρανάζι του πλανητικού P2. Ο φορέας του P2 συνδέεται επίσης με τον άξονα εξόδου. Υπάρχει ένας συμπλέκτης διπλής θέσης που συνδέει είτε το γρανάζι του P2 στη γείωση είτε το γρανάζι του P2 στον άξονα της MG1. Μέσω του ελέγχου των C2 και C3, μπορούν να πραγματοποιηθούν διαφορετικοί τρόποι λειτουργίας. Ο ICE σε αυτό το σύστημα μπορεί να διατηρηθεί στους καλύτερους συνδυασμούς στροφών και ροπής προκειμένου να επιτευχθεί η καλύτερη οικονομία καυσίμου ελέγχοντας την είσοδο / έξοδο των δύο ηλεκτρικών μηχανών. Ο ICE μπορεί να σταματήσει ή να αδρανήσει κατά την εκκίνηση του οχήματος, καθώς και με χαμηλή ζήτηση ισχύος. Σε συνθήκες πλεύσης, η απόδοση του ICE ενισχύεται περαιτέρω από την απενεργοποίηση κυλίνδρων, επίσης γνωστή ως ενεργός διαχείριση καυσίμων (GM) ή σύστημα πολλαπλών χωρητικοτήτων (Chrysler).

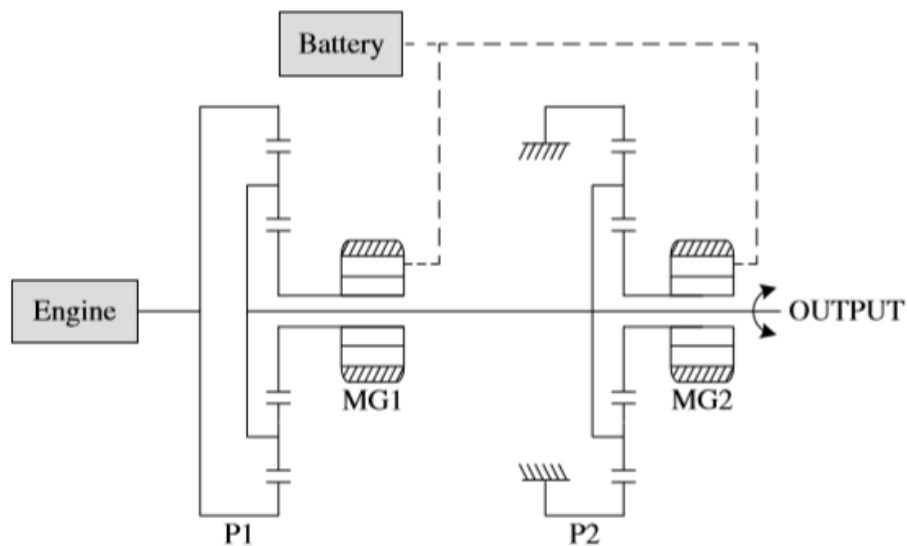
Κατά την εκκίνηση του οχήματος, το σύστημα λειτουργεί μόνο με τον κινητήρα (Λειτουργία 0). Το C2 είναι ανοιχτό και το C3 δεσμεύεται για τη γείωση του δακτυλίου γραναζιού του P2. Σε αυτήν τη λειτουργία, υπάρχουν δύο δυνατότητες για τη λειτουργία του ICE, είτε εκτός λειτουργίας είτε σε αδράνεια με ταχύτητα στροφών (περίπου 800 σ.α.λ.) ρυθμίζοντας την

ταχύτητα της MG1. Η ροπή της MG1 δεν μεταδίδεται στον τελικό δίσκο. Η MG2 παρέχει την απαιτούμενη ροπή για την εκκίνηση του οχήματος προς τα εμπρός ή προς τα πίσω. Το σχήμα 27 δείχνει τη ροή ισχύος κατά την εκκίνηση.



Σχήμα 27 Ροή ισχύος στην εκκίνηση

Η λειτουργία 1 ονομάζεται επίσης λειτουργία χαμηλής εμβέλειας ή χαμηλής ταχύτητας. Σε αυτήν τη λειτουργία, το C1 είναι δεσμευμένο, το C2 είναι ανοιχτό και το C3 είναι δεσμευμένο. Το δεύτερο πλανητικό γρανάζι λειτουργεί ως μειωτής για την MG2. Το σχήμα 28 απεικονίζει τις μηχανικές συνδέσεις του κιβωτίου ταχυτήτων. Ο κινητήρας μπορεί να ελεγχθεί με μερική απενεργοποίηση κυλίνδρων για περαιτέρω εξοικονόμηση καυσίμου και μείωση των εκπομπών βάσει της ζήτησης ισχύος του οχήματος.



Σχήμα 28 Λειτουργία 1

Οι διαφορετικές λειτουργίες στη Λειτουργία 1 μπορούν να περιγραφούν ως εξής:

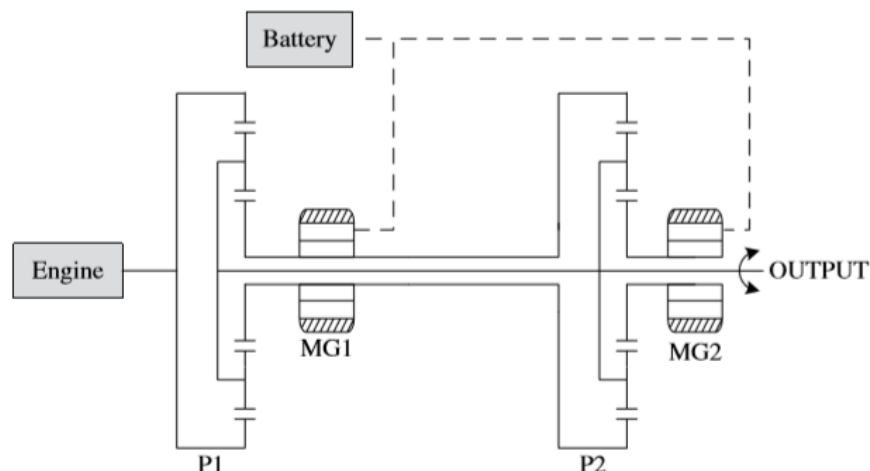
1) Μόνο κινητήρας (CVT 1): Η MG2 είναι απενεργοποιημένη (ελεύθερος τροχός) και η MG1 μπορεί να είναι είτε σε λειτουργία κίνησης είτε σε λειτουργία παραγωγής. Όταν η MG1

βρίσκεται σε λειτουργία οδήγησης, το P1 ενεργεί ως μηχανισμός ζεύξης ταχύτητας για τη ζεύξη της ταχύτητας του κινητήρα και του MG1. Όταν η MG1 βρίσκεται σε λειτουργία παραγωγής, η ισχύς του κινητήρα χωρίζεται μεταξύ της τελικής μονάδας και της MG1 με την ισχύ που παράγεται από την MG1 να φορτίζει την μπαταρία. Δεδομένου ότι η μπαταρία μπορεί να φορτιστεί γρήγορα πλήρως, αυτή η λειτουργία είναι γενικά σύντομη.

2) Συνδυασμένη λειτουργία (CVT 2): Η MG2 είναι ενεργοποιημένη για να βοηθήσει στη παροχή ισχύος. Το P2 λειτουργεί ως μηχανισμός ζεύξης ροπής για να προσθέσει τη ροπή του κινητήρα (τμήμα φορέα P1) και την MG2. Εάν χρειαστεί, τόσο η MG1 όσο και η MG2 μπορούν να λειτουργήσουν σε λειτουργία παροχής ισχύος για μεγιστοποίηση της ροπής οδήγησης.

3) Λειτουργία διαχωρισμού ισχύος (CVT 3): Η MG2 βρίσκεται σε λειτουργία παραγωγής για τη φόρτιση της μπαταρίας. Η MG1 μπορεί να λειτουργεί είτε ως κινητήρας είτε ως γεννήτρια.

Η λειτουργία 2 ονομάζεται επίσης λειτουργία υψηλής ταχύτητας. Το C1 είναι δεσμευμένο, το C2 είναι δεσμευμένο, αλλά το C3 είναι ανοιχτό. Σε αυτήν τη λειτουργία, η ηλιακή ταχύτητα του P1 συνδέεται με το γρανάζι του P2 μέσω της MG1, δηλαδή, τα MG1, S1 και R2 θα έχουν την ίδια ταχύτητα. Το Σχήμα 29 δείχνει τις μηχανικές συνδέσεις του κιβωτίου ταχυτήτων στη Λειτουργία 2. Σε αυτόν τον τρόπο λειτουργίας, ο κινητήρας διατηρείται γενικά σε σταθερή ταχύτητα για να επιτευχθεί η καλύτερη οικονομία καυσίμου. Τα MG1 και MG2 ελέγχονται είτε σε λειτουργία παροχής ισχύος είτε σε κατάσταση παραγωγής ανάλογα με την ταχύτητα του οχήματος και τη ζήτηση ισχύος. Παρόμοια με τη λειτουργία 1, ο ICE μπορεί να ελέγχεται με μερική απενεργοποίηση κυλίνδρου για περαιτέρω εξοικονόμηση καυσίμου και μείωση των εκπομπών, με βάση τη ζήτηση ισχύος του οχήματος.



Σχήμα 29 Λειτουργία 2

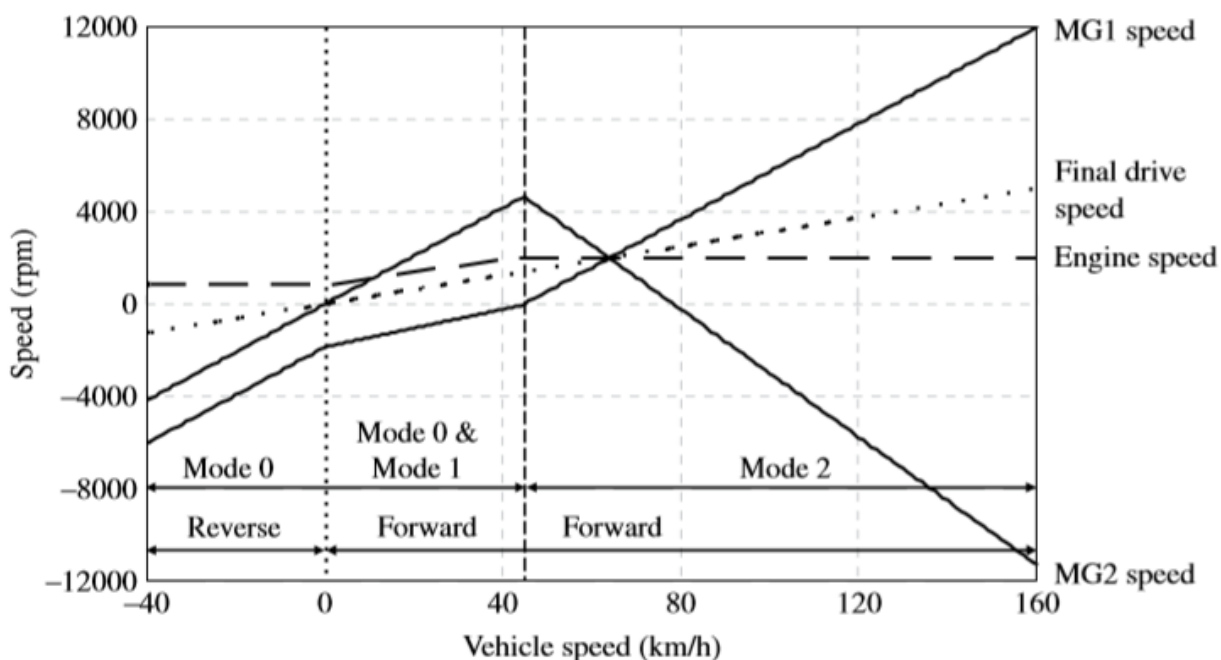
Κατά την αναγεννητική πέδηση, το C1 είναι ανοιχτό, το C2 είναι ανοιχτό και το C3 είναι δεσμευμένο, για να γειωθούν οι δακτύλιοι του P2 (Λειτουργία 3). Ο ICE και η MG1 είναι απενεργοποιημένα ή ελεύθερα. Η MG2 παρέχει την απαιτούμενη ροπή πέδησης για το όχημα και, ταυτόχρονα, αποθηκεύει αναγεννητική ενέργεια πέδησης στην ενσωματωμένη μπαταρία. Το Σχήμα 30 δείχνει τη ροή ισχύος κατά την αναγεννητική πέδηση.



Σχήμα 30 Ροή ισχύος στην λειτουργία 3

Γενικά, η μετάβαση πραγματοποιείται σε μια κατάσταση που μπορεί να ελαχιστοποιήσει τη μηχανική διαταραχή στο συνολικό σύστημα του οχήματος. Το όχημα ξεκινά γενικά από τη MG2 με τον ICE εκτός λειτουργίας (Λειτουργία 0). Η MG1 είναι ενεργοποιημένη πριν από τη μετάβαση στη Λειτουργία 1 έτσι ώστε η ταχύτητα του ICE να φτάσει περίπου τις 800 σ.α.λ. Η μετάβαση από τη λειτουργία 0 στη λειτουργία 1 χαρακτηρίζεται από την ενεργοποίηση του ICE. Αυτό συμβαίνει συνήθως όταν η ζήτηση ισχύος φτάσει σε ένα ορισμένο επίπεδο έτσι ώστε η MG2 να μην είναι πλέον ικανή να παρέχει την απαιτούμενη ροπή. Η ζήτηση ισχύος είναι ένας συνδυασμός ταχύτητας οχήματος, ζήτησης επιτάχυνσης, φορτίου οχήματος και συνθηκών δρόμου. Η μετάβαση από τη Λειτουργία 1 στη Λειτουργία 2 συμβαίνει όταν το γρανάζι του ήλιου του P1 και το γρανάζι του P2 φτάνουν στην ίδια ταχύτητα. Με άλλα λόγια, δεδομένου ότι το γρανάζι του P1 είναι γειωμένο (μηδενική ταχύτητα), η μετάβαση από τη Λειτουργία 1 στη

Λειτουργία 2 θα συμβεί όταν η ηλιακή ταχύτητα του P1 ή της MG1 φτάσει σε μηδενική ταχύτητα. Ομοίως, η μετάβαση από τη Λειτουργία 2 στη Λειτουργία 1 συμβαίνει επίσης όταν η ταχύτητα του MG1 φτάσει στο μηδέν. Η μετάβαση από τη Λειτουργία 1 στη Λειτουργία 3 ή στη Λειτουργία 2 στη Λειτουργία 3, ενεργοποιείται από ένα αίτημα πέδησης από τον οδηγό (πιέζεται το πεντάλ φρένου).

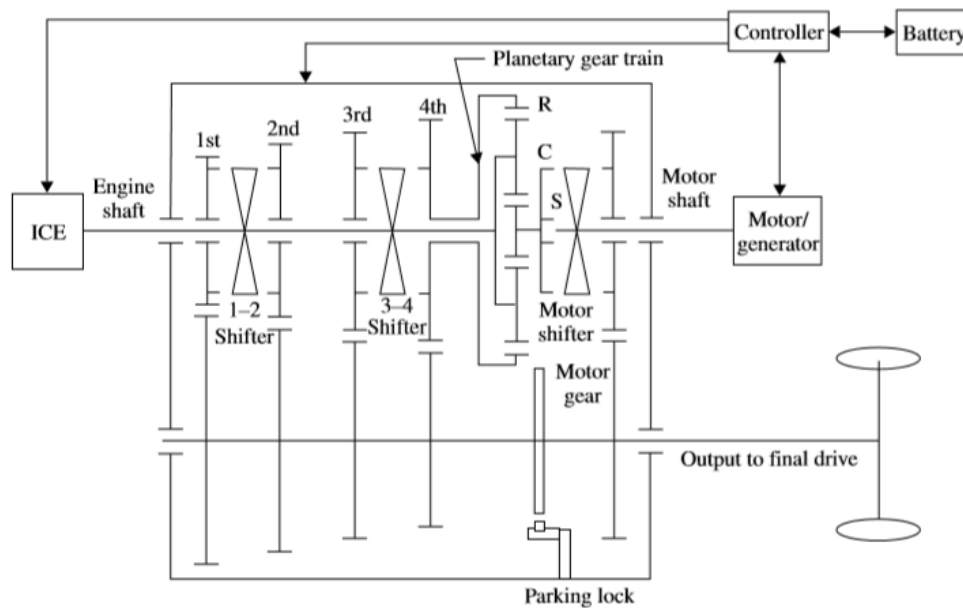


Σχήμα 31 διάγραμμα μετάβασης μεταξύ λειτουργιών του συστήματος

3.3 Υβριδική μετάδοση των Xhang et al (2006)

Ένα εναλλακτικό υβριδικό κιβώτιο προτάθηκε να χρησιμοποιήσει έναν ηλεκτρικό κινητήρα, ένα πλανητικό σειτ γρاناζιών και τέσσερα σταθερά γρανάζια για την πραγματοποίηση αυτόματης μετάδοσης και CVT για ένα παράλληλο υβρίδιο, όπως φαίνεται στο Σχήμα 32 [17]. Ο σχεδιασμός βασίζεται στην έννοια των AMT. Χρησιμοποιεί συνδυασμό ενός άξονα με γρανάζια lay και πλανητικού γραναζιού για μετάδοση ισχύος. Ο άξονας με γρανάζια στον άξονα εισόδου και τον ελεύθερο τροχό του άξονα κινητήρα περιστρέφονται ελεύθερα εκτός και εάν αυτά εμπλέκονται. Ο φορέας του πλανητικού γραναζιού συνδέεται με τον άξονα εισόδου που παίρνει τη ροπή του κινητήρα. Ο ήλιος συνδέεται με τον άξονα του κινητήρα εάν είναι ενεργοποιημένος. Ένας κινητήρας χρησιμοποιείται είτε ως μονάδα υποβοήθησης οδήγησης είτε ως γεννήτρια σε

εργασίες φόρτισης και αναγεννητικής πέδησης. Η εναλλαγή τρόπου λειτουργίας και η αλλαγή ταχυτήτων πραγματοποιούνται από μετατοπιστές που ενεργοποιούνται από υπολογιστή και ελέγχονται από βηματικούς κινητήρες. Το υβριδικό σύστημα διαθέτει πέντε τρόπους λειτουργίας για οδήγηση οχημάτων και έναν τρόπο ακινητοποίησης για λειτουργίες έκτακτης ανάγκης ή ευκολίας.



Σχήμα 32 Το σύστημα των Zhang et al

Λειτουργία μόνο με τον ηλεκτρικό κινητήρα: Το όχημα εκκινείται πάντα σε λειτουργία μόνο του κινητήρα. Σε αυτή τη λειτουργία, ο άξονας του κινητήρα εμπλέκεται από τον επιλογέα και η ισχύς μεταδίδεται στην τελική κίνηση από τα γρανάζια του κινητήρα.

Λειτουργία συνδυασμένης ισχύος: Η συνδυασμένη λειτουργία χρησιμοποιείται όταν απαιτείται υψηλή ισχύς σε καταστάσεις όπως επιτάχυνση και αναρρίχηση. Σε αυτήν τη λειτουργία, ο άξονας κινητήρα και ένα από τα ζεύγη άξονα βαλβίδας εμπλέκονται. Ένα από τα τέσσερα διαθέσιμα γρανάζια όπως φαίνεται στο Σχήμα 32 μπορεί να επιλεγεί ανάλογα με την κατάσταση λειτουργίας του οχήματος. Ο ICE και ο κινητήρας λειτουργούν σε ταχύτητες που συνδέονται μηχανικά με τις σχέσεις μετάδοσης για την από κοινού οδήγηση του οχήματος.

Λειτουργία μόνο ICE: Η λειτουργία μόνο του ICE είναι η πιο αποτελεσματική λειτουργία για κίνηση στον αυτοκινητόδρομο. Σε αυτήν τη λειτουργία, ένα ζεύγος γραναζιών άξονα lay με χαμηλή αναλογία γραναζιού δεσμεύεται για τη μετάδοση της ροπής του ICE στον άξονα εξόδου

με τον άξονα κινητήρα σε ουδέτερη. Το όχημα λειτουργεί σαν συμβατικό όχημα σε αυτήν τη λειτουργία.

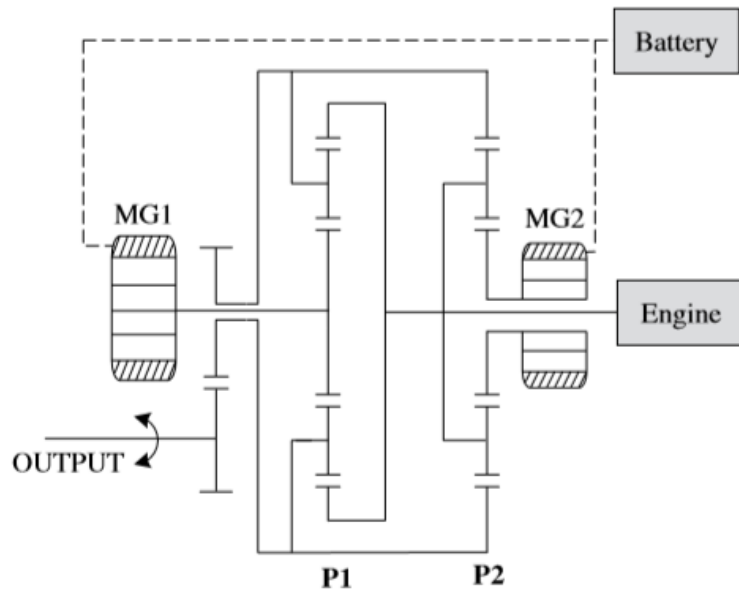
Ηλεκτρική λειτουργία CVT: Η ηλεκτρική λειτουργία CVT παρέχει δύο βαθμούς ελευθερίας για τον έλεγχο της λειτουργίας του οχήματος που επιτρέπει τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας του ICE για την καλύτερη οικονομία καυσίμου. Σε αυτήν τη λειτουργία, ο ICE οδηγεί το όχημα και τροφοδοτεί τη γεννήτρια για φόρτιση μπαταρίας ταυτόχρονα. Το γρανάζι του ήλιου του πλανητικού γραναζιού συνδέεται με τον άξονα του κινητήρα από τον επιλογέα και το τέταρτο γρανάζι άξονα συνδέεται με το περιφερειακό γρανάζι.

Λειτουργία ανάκτησης ενέργειας: Στη λειτουργία ανάκτησης ενέργειας, ο κινητήρας συνδέεται με τον άξονα εξόδου μέσω του ζεύγους ταχυτήτων κινητήρα από τον επιλογέα και λειτουργεί ως γεννήτρια. Οι σχέσεις για τις παραμέτρους λειτουργίας είναι οι ίδιες με τη λειτουργία μόνο του κινητήρα, με αντίστροφη ροή ισχύος.

Λειτουργία ακινητοποίησης: Σε αυτή τη λειτουργία, ο κινητήρας εμπλέκεται από τη μετατόπιση στο γρανάζι και το γρανάζι στάθμευσης εφαρμόζεται για να κλειδώσει τον άξονα εξόδου (γρανάζι δακτυλίου). Αυτή η λειτουργία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκκίνηση του ICE ή τη χρήση του ICE για τη φόρτιση της μπαταρίας σε ακινησία. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως γεννήτρια για οικιακή ηλεκτρική ενέργεια ή άλλες ανέσεις εάν παρέχεται ένας αμφίδρομος μετατροπέας ισχύος.

3.4 Το σύστημα IVT της Renault

Στο κιβώτιο ταχυτήτων απεριόριστων μεταβολών της Renault (IVT), όπως φαίνεται στο Σχήμα 33, υπάρχουν δύο ηλεκτρικοί κινητήρες MG1 και MG2, δύο πλανητικά γρανάζια σετ P1 και P2, αλλά καθόλου συμπλέκτες [18]. Ο MG1 συνδέεται με την ηλιακή ταχύτητα του P1. Ο MG2 συνδέεται με το ηλιακό γρανάζι του P2, ο ICE είναι συνδεδεμένος με το φορέα P2 καθώς και με το γρανάζι του P1. Ο φορέας P1 και ο δακτύλιος του P2 συνδέονται μεταξύ τους και συνδέονται στην τελική κίνηση. Το σύστημα είναι ικανό να παρέχει απεριόριστα μεταβλητή μετάδοση ελέγχοντας τους δύο ηλεκτρικούς κινητήρες ώστε να ελέγχουν την ταχύτητα του οχήματος, ενώ βελτιστοποιεί τη λειτουργία του ICE.

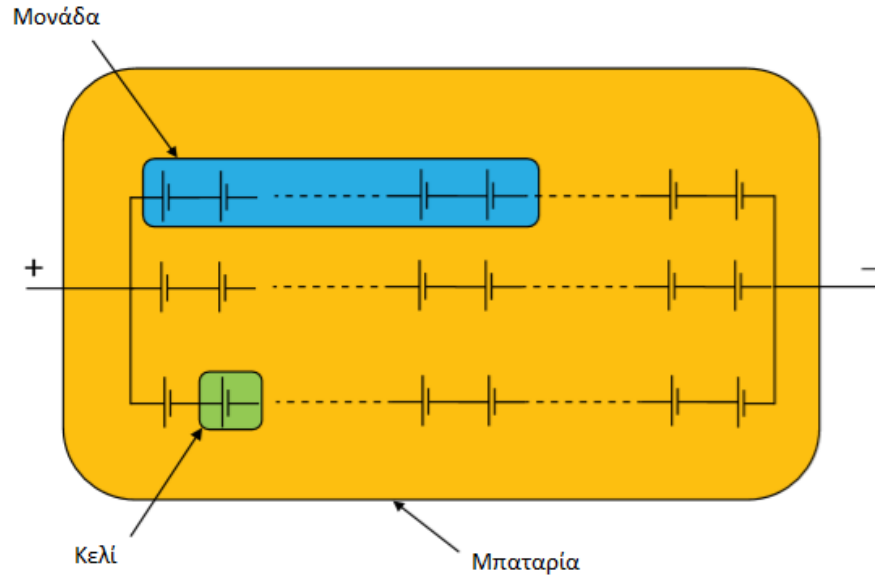


Σχήμα 33 Το σύστημα IVT της Renault

4. Συστήματα Αποθήκευσης και Παροχής Ενέργειας στα Υβριδικά οχήματα

Η παροχή ενέργειας ενός HEV ή EV απαιτεί βασικά δύο τύπους συσκευών. Η πρώτη συσκευή είναι μια πηγή ενέργειας, ή καταλληλότερα, πηγή ισχύος. Παραδείγματα αυτών είναι ένας ICE και μια κυψέλη καυσίμου. Ο ICE μετατρέπει τη χημική ενέργεια σε μηχανική ενέργεια, αλλά βασικό στοιχείο στα υβριδικά οχήματα αποτελούν οι πηγές ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό το κεφάλαιο, θα επικεντρωθεί σε αυτές. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν η κυψέλη καυσίμου, η οποία μετατρέπει άμεσα τη χημική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι άλλες συσκευές που δεν μετατρέπουν ενέργεια, αλλά αποθηκεύουν ενέργεια, είναι συσκευές όπως οι μπαταρίες, οι υπερπυκνωτές και οι σφόνδυλοι. Τέτοιες συσκευές είναι κατάλληλες για EV, HEV ή PHEV (plug-in hybrid) οχήματα. Κανονικά, σε ένα HEV ή PHEV, οι μπαταρίες ή οι υπερπυκνωτές μπορούν να φορτιστούν χρησιμοποιώντας τον ICE, ο οποίος μπορεί να τροφοδοτήσει μια γεννήτρια και να φορτίσει μια μπαταρία ή έναν υπερπυκνωτή. Σε περίπτωση EV ή PHEV, γενικά αυτά θα φορτίζονται από το δίκτυο ηλεκτρικής τροφοδοσίας (επίγειο). Οι πηγές ισχύος που αναφέρονται παραπάνω, ή τα στοιχεία αποθήκευσης ενέργειας, μπορούν στη συνέχεια να οδηγήσουν έναν ηλεκτροκινητήρα. Όμως, τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας προσφέρουν παράλληλα το πλεονέκτημα της ανάκτησης ενέργειας αναγέννησης πέδησης και την αποθήκευση αυτής για μελλοντική χρήση, κανονικά για την παροχή πρόωσης, οδηγώντας έτσι σε αυξημένη απόδοση του οχήματος [15].

Τα βασικά στοιχεία μιας μπαταρίας είναι τα κελιά, και πολλά κελιά μαζί αποτελούν μια μονάδα, και πολλές μονάδες αποτελούν μια μπαταρία. Αυτό απεικονίζεται στο Σχήμα 34. Το κελί είναι το μικρότερο συστατικό στοιχείο και πολλά κελιά δημιουργούν μια μονάδα (συνήθως σε ένα πλαστικό κουτί όπως μια μπαταρία αυτοκινήτου 12 V), και πολλές μονάδες συνδεδεμένες σε σειρά ή/και παράλληλα δημιουργούν μια πλήρη μπαταρία, η οποία μπορεί να είναι ίσως 240 V σε ονομαστική τιμή.



Σχήμα 34 Η σχέση μεταξύ κελιού, μονάδας και μπαταρίας [15]

Στα HEV, λόγω της παρουσίας του ICE, είναι σημαντικός ο σωστός συντονισμός και ο έλεγχος του συστήματος, προκειμένου να παρέχεται ο σωστός έλεγχος και διαχείριση ενέργειας της μπαταρίας, έτσι ώστε να πραγματοποιούνται οι επιθυμητές διεργασίες φόρτισης, εκφόρτισης και εξισορρόπησης φόρτισης ανάλογα με τις ανάγκες.

Το ίδιο ισχύει και για τους υπερπυκνωτές, και εάν υπάρχουν και τα δύο συστήματα, μπαταρίες και οι υπερπυκνωτές, καθίσταται σημαντικό να συντονιστούν αυτές οι συσκευές με τον ICE και μεταξύ τους. Αυτό μπορεί να απαιτεί τη χρήση κατάλληλων μετατροπέων DC-DC και η διαδικασία ενδέχεται να πρέπει να είναι παράλληλη και αμφίδρομη. Με μια κυψέλη καυσίμου, απαιτείται επίσης παρόμοιος συντονισμός και διαχείριση με την προϋπόθεση ότι μια κυψέλη καυσίμου μπορεί να δώσει μόνο ενέργεια, αλλά δεν μπορεί να δεχτεί ενέργεια [15].

Μια μπαταρία θεωρείται γενικά ότι είναι μια συσκευή υψηλής έντασης ενέργειας, ενώ ένας υπερπυκνωτής θεωρείται περισσότερο ως μια συσκευή εντάσεως ισχύος. Υπό μια χαλαρή έννοια, αυτό σημαίνει ότι για ένα δεδομένο μέγεθος και βάρος, μια μπαταρία είναι σε θέση να αποθηκεύει πολύ περισσότερη ενέργεια σε σύγκριση με έναν υπερπυκνωτή και ένας υπερπυκνωτής μπορεί να παρέχει υψηλότερη ισχύ σε σύγκριση με μια μπαταρία. Από την άποψη του ηλεκτρικού κυκλώματος, και των τελικών χαρακτηριστικών, αυτό μπορεί να αποδοθεί σε μια σχετικά χαμηλή εσωτερική αντίσταση του υπερπυκνωτή, σε σύγκριση με μιας μπαταρίας. Ως εκ τούτου, λόγω της χαμηλής χρονικής σταθεράς, ο υπερπυκνωτής έχει ταχύτερη απόκριση

χρόνου σε σύγκριση με μια συγκρίσιμη μπαταρία για παροχή αιφνιδίως απαιτούμενου ρεύματος. Αυτές οι λειτουργίες οφείλονται στην πραγματικότητα στις θεμελιώδεις ηλεκτροχημικές ιδιότητες των δύο συσκευών.

Παρόλο που η μπαταρία είναι μια εξαιρετικά μη γραμμική ηλεκτροχημική συσκευή και δεν υπάρχει διαθέσιμο τέλειο μοντέλο, η μπαταρία μπορεί λογικά να μοντελοποιηθεί ως ηλεκτρικό κύκλωμα από την άποψη των τερματικών της χαρακτηριστικών. Αυτό περιλαμβάνει την περιγραφή της μέσω ενός ισοδύναμου κυκλώματος χρησιμοποιώντας εσωτερική αντίσταση, χωρητικότητα και διόδους. Επιπλέον, η εξάρτηση από τη θερμοκρασία της συμπεριφοράς της μπαταρίας μπορεί να απεικονιστεί χρησιμοποιώντας ισοδύναμες παραμέτρους κυκλώματος που εξαρτώνται από τη θερμοκρασία [15].

Οι υπερπυκνωτές μπορούν επίσης να μοντελοποιηθούν με παρόμοιο τρόπο, και μερικές φορές επαγωγικά στοιχεία μπορούν επίσης να προστεθούν, εκτός από την αντίσταση και την χωρητικότητα, ώστε να αντιπροσωπεύουν σωστά την τελική συμπεριφορά τους. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι υπερπυκνωτές χρησιμοποιούν διαφορετική τεχνολογία (ηλεκτρικός πυκνωτής διπλού στρώματος) από πυκνωτές που χρησιμοποιούνται σε ραδιοηλεκτρονικά και παρόμοιες εφαρμογές. Έχουν πολύ μεγαλύτερη ενεργειακή πυκνότητα, η οποία θα μπορούσε να είναι χιλιάδες φορές μεγαλύτερη από έναν κανονικό πυκνωτή. Επίσης, ο υπερπυκνωτής είναι μια συσκευή DC αλλά με αμφίδρομη ικανότητα ρεύματος που επιτρέπει τη μεταφορά ενέργειας από και προς αυτήν, ενώ οι ηλεκτρονικοί πυκνωτές που προορίζονται για φιλτράρισμα κ.λπ. είναι ικανοί για εφαρμογές υψηλής συχνότητας με πολύ μικρή χωρητικότητα αποθήκευσης ενέργειας. Η χωρητικότητα του υπερπυκνωτή μετρείται κανονικά σε μονάδες farads και θα μπορούσε ακόμη και να είναι αρκετές εκατοντάδες περισσότερα farads, σε αντίθεση με τους ηλεκτρονικούς πυκνωτές που σχετίζονται με εφαρμογές επικοινωνιών, οι οποίοι τυπικά αφορούν μονάδες micro, nano ή pico farad. Κανονικά, η κατάσταση φόρτισης ενός υπερπυκνωτή μπορεί να ποικίλει σε μεγάλο εύρος και μπορεί ακόμη και να αποφορτιστεί πλήρως. Επιπλέον, ένας τυπικός υπερπυκνωτής μπορεί να υποστεί ακόμη και ένα εκατομμύριο κύκλους εκφόρτισης-φόρτισης, σε αντίθεση με μια μπαταρία που συνήθως μπορεί να αντέξει μόνο μερικές χιλιάδες κύκλους [15].

4.1 Σύγκριση τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας

Η σύγκριση πολλών τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας παρέχεται στον Πίνακα 1. Οι προηγμένες μπαταρίες οξέος μολύβδου και ιόντων λιθίου είναι οι πιο τυπικές σε εφαρμογή σε HEV. Ενώ οι τεχνολογίες μπαταρίας και υπερπυκνωτή έχουν αντίστοιχα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, ο υβριδισμός θα μπορούσε να οδηγήσει σε καλύτερη απόδοση του οχήματος και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της μπαταρίας. Τα μεταβατικά φορτία του οχήματος μπορούν να αντιμετωπιστούν από υπερπυκνωτές κατά την επιτάχυνση και την επιβράδυνση.

Πίνακας 1 Σύγκριση τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας για HEV (προσαρμογή από [15])

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ	ΚΥΚΛΟΣ ΖΩΗΣ	ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ (%)	ΕΙΔΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (W/KG)	ΕΙΔΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (WH/KG)
ΜΠΑΤΑΡΙΑ ΟΞΕΟΣ ΜΟΛΥΒΔΟΥ	500-800	50-92	180	30-40
ΜΠΑΤΑΡΙΑ ΙΟΝΤΩΝ ΛΙΘΙΟΥ	500-1000	80-90	>3000	130-200
ΜΠΑΤΑΡΙΑ ΝΙΜΗ	500-1000	66	250-1000	30-80
ΥΠΕΡΠΥΚΝΩΤΗΣ	1000000	90	1000-9000	0.5-30

4.1.1 Μπαταρία οξέος μολύβδου

Η μπαταρία οξέος μολύβδου χρησιμοποιείται ευρέως στην αυτοκινητοβιομηχανία, τόσο για την εκκίνηση του κινητήρα όσο και για την παροχή σε βοηθητικά φορτία όταν ο κινητήρας δεν λειτουργεί, ή για την παροχή ξαφνικών απαιτήσεων υψηλής ισχύος που δεν μπορούν να καλυφθούν μόνο από τη γεννήτρια του οχήματος. Η μπαταρία αποτελείται από δύο ηλεκτρόδια, το ένα από μολύβδο και το άλλο από διοξείδιο του μολύβδου. Ο ηλεκτρολύτης είναι θειικό οξύ. [15].

Κατά την εκφόρτιση, ο ηλεκτρολύτης και το ενεργό υλικό στις πλάκες των μπαταριών εξαντλούνται και παράγονται νερό και θειικός μολύβδος. Κατά τη φόρτιση, πραγματοποιείται η αντίστροφη διαδικασία και η ηλεκτρική ενέργεια απορροφάται από την μπαταρία, το νερό και ο θειικός μολύβδος καταναλώνονται και παράγονται ηλεκτρολύτες και το ενεργό υλικό στις πλάκες.

4.1.2 Μπαταρία NiMH

Η μπαταρία NiMH χρησιμοποιείται σε αρκετά υβριδικά οχήματα, αν και άλλες χημικές ουσίες όπως τα ιόντα λιθίου την αντικαθιστούν σε κάποιο βαθμό.

4.1.3 Μπαταρία ιόντων λιθίου

Στις μπαταρίες ιόντων λιθίου, τα ιόντα Li μεταφέρονται εναλλακτικά μέσα και έξω από πλέγματα κατά τη διάρκεια των κύκλων φόρτισης και εκφόρτισης. Η μπαταρία ιόντων λιθίου έχει πλάκες ανόδου και καθόδου σαν τη μπαταρία οξέος μολύβδου, αλλά κατασκευασμένες από οξείδιο κοβαλτίου-λιθίου (ή άλλα σύνθετα λιθίου) και άνθρακα. Αυτές οι πλάκες και ο διαχωριστής βυθίζονται σε διαλύτη που είναι συνήθως αιθέρας [17]. Αυτός ο τύπος μπαταρίας μπορεί να κατασκευαστεί με πολύ υψηλή ενεργειακή πυκνότητα.

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου δεν έχουν το «φαινόμενο μνήμης» (υστέρηση σε διαφορετικά μέγιστα επίπεδα) που προκαλεί κάποιες άλλες επαναφορτιζόμενες μπαταρίες να χάνουν το μέγιστο επίπεδο φόρτισης όταν φορτίζονται και αποφορτίζονται επανειλημμένα σε επίπεδα που μπορεί να διαφέρουν από την πλήρη χωρητικότητα. Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου επηρεάζουν το περιβάλλον σχετικά λιγότερο λόγω της σύνθεσής τους. Σε αντίθεση με τις μπαταρίες οξέος μολύβδου, έχουν πολύ χαμηλότερο ρυθμό αυτοεκφόρτισης, αυξάνοντας έτσι πολύ τις δυνατότητες αδράνειας. Αυτές οι μπαταρίες έχουν επίσης υψηλότερη αναλογία ισχύος προς όγκο, η οποία ευνοεί τις εφαρμογές αυτοκινήτων όπου ο χώρος είναι περιορισμένος [18]. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι μπαταρίες οξέος μολύβδου παραμένουν η προτιμώμενη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας σε πολλές εφαρμογές για λόγους κόστους και επίσης λόγω του γεγονότος ότι οι μπαταρίες ιόντων λιθίου έχουν ορισμένες ανησυχίες ασφάλειας που απαιτούν

ιδιαίτερη προσοχή. Η υπερφόρτιση ή η υπερεκφόρτιση αυτών των μπαταριών μπορεί να προκαλέσουν σοβαρή ζημιά στις πλάκες στο εσωτερικό τους. Η υπερφόρτιση μπορεί επίσης να προκαλέσει εξάτμιση του ηλεκτρολύτη και συσσώρευση πίεσης, κάτι που μπορεί να οδηγήσει σε έκρηξη. Αυτά τα θέματα δεν είναι ασήμαντα και έχουν προκαλέσει πραγματικά προβλήματα σε διάφορες εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένης της αεροδιαστημικής. Η μείωση της διάρκειας ζωής λόγω των παραπάνω προβλημάτων είναι πολύ μεγαλύτερη στις μπαταρίες λιθίου από ότι στις μπαταρίες οξέος μολύβδου.

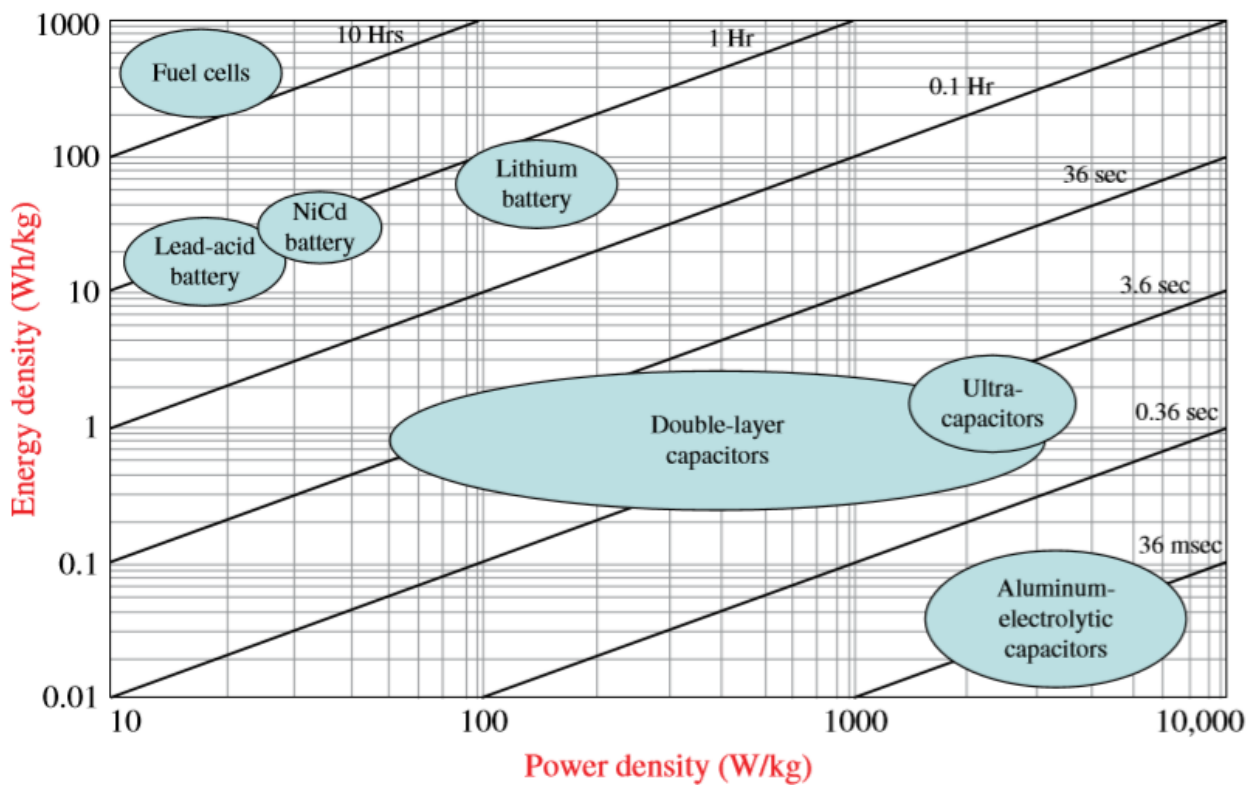
4.2 Υπερπυκνωτές

Οι υπερπυκνωτές διαφέρουν ουσιαστικά από τις μπαταρίες λόγω του γεγονότος ότι η ενέργεια αποθηκεύεται στο ηλεκτρικό πεδίο εντός τους και τα υλικά τους δεν αλλάζουν χημικά (όπως συμβαίνει σε μια μπαταρία) κατά τη φόρτιση και την αποφόρτιση. Οι υπερπυκνωτές έχουν πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής, με πολύ χαμηλότερες απαιτήσεις συντήρησης, βελτιωμένη απόδοση σε χαμηλή θερμοκρασία και φιλικότητα προς το περιβάλλον. Ωστόσο, οι υπερπυκνωτές εξακολουθούν να θεωρούνται ακριβότεροι από τις μπαταρίες και έχουν σχετικά χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα [19]. Επίσης, οι υπερπυκνωτές μπορούν να φορτιστούν σε μια συγκεκριμένη τιμή και, λόγω της διάρκειας ζωής τους και του μηχανισμού φόρτισης, μπορούν να κρατήσουν αυτήν τη φόρτιση με πολύ μικρή αυτοεκτόνωση. Επιπλέον, σε αντίθεση με μια μπαταρία, οι επαναλαμβανόμενοι κύκλοι εκφόρτισης-φόρτισης σε έναν υπερπυκνωτή δεν είναι επιζήμιοι για τη διάρκεια ζωής του.

Οι υπερπυκνωτές επιτρέπουν γρήγορη φόρτιση και εκφόρτιση. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για ταχύτερη και αποδοτικότερη ανάκτηση ενέργειας αναγέννησης στα HEVs καθώς και για τη ταχεία φόρτιση των PHEV. Οι υπερπυκνωτές έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής (της τάξης του εκατομμυρίου κύκλων), με μικρή υποβάθμιση πάνω από εκατοντάδες χιλιάδες κύκλους εκφόρτισης / φόρτισης. Συγκριτικά, οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες διαρκούν μόνο μερικές εκατοντάδες βαθιούς κύκλους.

Όπως σημειώνεται στον Πίνακα 1, η ενεργειακή πυκνότητα του υπερπυκνωτή είναι πολύ χαμηλότερη από εκείνη μιας ηλεκτροχημικής μπαταρίας (3–5 Wh / kg για έναν υπερπυκνωτή σε

σύγκριση με 30–40 Wh / kg για μια μπαταρία οξέος μολύβδου και 120 Wh / kg ή περισσότερο για μια μπαταρία ιόντων λιθίου), και η πυκνότητα της ενέργειας τους είναι μόνο περίπου το 1/1000 της βενζίνης. Η αποτελεσματική αποθήκευση και ανάκτηση ενέργειας απαιτεί πολύπλοκα ηλεκτρονικά κυκλώματα ελέγχου και εξισορρόπησης που περιλαμβάνουν διακόπτες ηλεκτρονικών ισχύος. Η εσωτερική αντίσταση των υπερπυκνωτών είναι πολύ χαμηλή, με αποτέλεσμα υψηλή απόδοση (95% ή περισσότερο). Μια σύγκριση της πυκνότητας ισχύος και της ενεργειακής πυκνότητας διαφορετικών συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας (ESS) απεικονίζεται στο Σχήμα 35.



Σχήμα 35 Σύγκριση πυκνότητας ισχύος και ενέργειας για τα διάφορα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας για HEVs ([20])

4.3 Σύστημα αποθήκευσης ενέργειας σφονδύλου

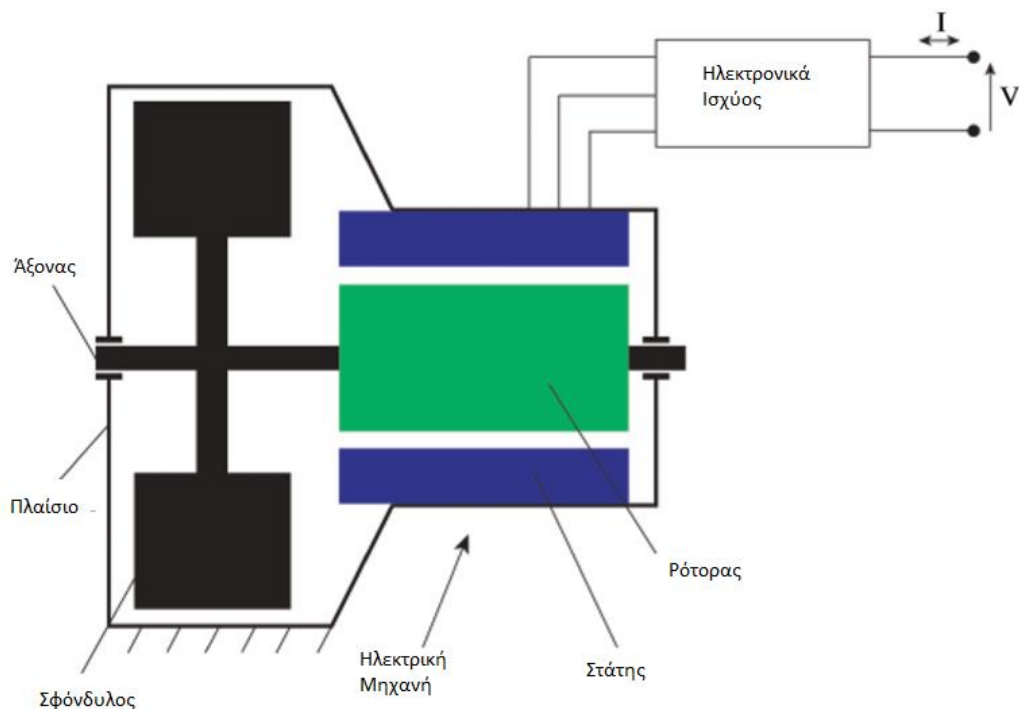
Οι σφόνδυλοι προσελκύουν ενδιαφέρον σήμερα για το σχεδιασμό υβριδικών οχημάτων, ιδίως για μεγαλύτερα οχήματα μεταφοράς επιβατών. Υπάρχουν πολλοί λόγοι για αυτό. Συγκεκριμένα, επιτρέπουν την ξεχωριστή επεξεργασία των απαιτήσεων για συγκεκριμένη ισχύ και

συγκεκριμένη ενέργεια, υπονοώντας ότι οι πηγές εντάσεως ισχύος μπορούν να διατηρηθούν χωριστά από αυτές που απαιτούν ενεργειακή ένταση, λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη ποιες θα χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των χαρακτηριστικών της ζήτησης φορτίου. Η ποσότητα ενέργειας που αποθηκεύεται σε ένα σφόνδυλο εξαρτάται από την ταχύτητα περιστροφής του σφονδύλου και τη στιγμή της αδράνειας.

Η παραπάνω σχέση δείχνει σαφώς ότι υπάρχει μια τετραγωνική σχέση μεταξύ της ενέργειας που είναι αποθηκευμένη στο σφόνδυλο και της ταχύτητας περιστροφής του. Αρκετές εταιρείες έχουν αναπτύξει πρακτικά συστήματα αποθήκευσης ενέργειας σε σφόνδυλο [20-22].

Η αύξηση της ταχύτητας περιστροφής παράγει βελτιωμένη ειδική ενέργεια, αλλά αυξάνει τον πιθανό κίνδυνο για την ασφάλεια και το κόστος, καθώς τα ειδικά ρουλεμάν και τα υλικά υψηλής αντοχής μπορεί να καταστούν σημαντικά στο κόστος κατασκευής του συστήματος. Ο σφόνδυλος μπορεί επίσης να μετριάσει το πρόβλημα περιορισμένου κύκλου ζωής που υφίστανται άλλες πηγές, επειδή ο κύκλος ζωής ενός σφονδύλου είναι πρακτικά απεριόριστος ή τουλάχιστον μεγαλύτερος από τη διάρκεια ζωής του οχήματος [20-22].

Ένα διάγραμμα συστήματος σφονδύλου φαίνεται στο σχήμα 36. Ορισμένες βασικές έννοιες που σχετίζονται με τους σφόνδουλους μπορεί να εξεταστούν σε αυτό το σημείο. Ένα σύστημα σφονδύλου μπορεί να περιλαμβάνει τη μεταφορά μιας μορφής ενέργειας σε μια άλλη, π.χ. η κινητική ενέργεια (μηχανική ενέργεια) του σφονδύλου που θα μπορούσε με κάποιο τρόπο να μετατραπεί σε ηλεκτρική και αντίστροφα, ή η μηχανική ενέργεια του οχήματος θα μπορούσε να μεταφερθεί στο σφόνδυλο, δηλαδή μεταφορά μηχανικής ενέργειας από τη μία οντότητα στην άλλη (μεταξύ μηχανικών συστημάτων).

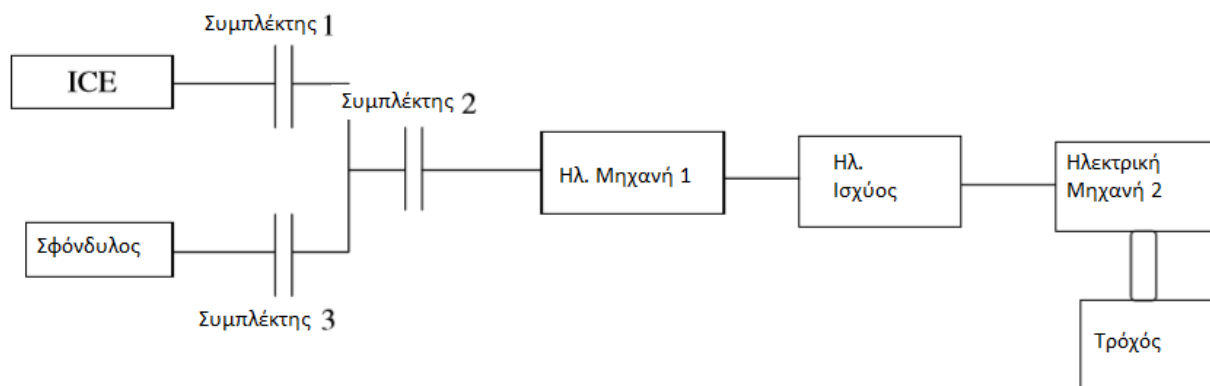


Σχήμα 36 Σχηματική αναπαράσταση σφονδύλου (προσαρμογή από [15])

Μια κοινή μέθοδος μεταφοράς ενέργειας από μία μηχανική οντότητα σε άλλη είναι μέσω ηλεκτρικής διασύνδεσης, όπως δείχνει το Σχήμα 36. Εάν δεν χρησιμοποιείται ηλεκτρικό σύστημα, τότε θα απαιτηθεί ένα σχετικά πιο δυσκίνητο σύστημα με γρανάζια, συμπλέκτες κ.λπ. για τη μεταφορά ενέργειας από το ένα μηχανικό σύστημα στο άλλο. Η μέθοδος που φαίνεται στο σχήμα 36 λειτουργεί ως εξής. Εάν η ενέργεια ενός περιστρεφόμενου σφονδύλου πρόκειται να μεταφερθεί στον τροχό του οχήματος, ο απλούστερος τρόπος είναι να συνδεθεί ο σφόνδυλος με την ηλεκτρική μηχανή. Ο σφόνδυλος και η ηλεκτρική μηχανή μπορούν να διατηρηθούν ξεχωριστά μηχανικά χρησιμοποιώντας ένα συμπλέκτη ενώ η περιστροφική ενέργεια δεν καταναλώνεται. Για να ελαχιστοποιηθεί η τριβή, ο ίδιος ο σφόνδυλος μπορεί να εγκλειστεί σε θάλαμο πολύ χαμηλής πίεσης αέρα (κενό) και θα μπορούσε επίσης να χρησιμοποιηθεί μαγνητικό ρουλεμάν σε ορισμένες περιπτώσεις έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί η τριβή του ρουλεμάν. Μόλις ο σφόνδυλος συνδεθεί με την ηλεκτρική μηχανή, μπορεί να λειτουργήσει ως ηλεκτρική γεννήτρια. Εάν η γεννήτρια λειτουργεί ήδη σε σύνδεση με τον ICE, τότε η ροπή του σφονδύλου μπορεί να προστεθεί στη ροπή του ICE για να παράγει πρόσθετη ισχύ στην γεννήτρια. Στη συνέχεια, η ισχύς της γεννήτριας, όπως συνήθως, μπορεί να υποβληθεί σε επεξεργασία μέσω

ενός συστήματος ηλεκτρονικών ισχύος και να τροφοδοτηθεί σε έναν κινητήρα. Κατά τη λήψη της μηχανικής ενέργειας από τον τροχό και την αποθήκευση στο σφόνδυλο, η διαδικασία μπορεί να αντιστραφεί.

Ένα διάγραμμα επιπέδου συστήματος που απεικονίζει την έννοια της διεπαφής μεταξύ ενός σφονδύλου, του ICE και ενός συστήματος προώθησης οχήματος φαίνεται στο Σχήμα 37.



Σχήμα 37 Σχηματική αναπαράσταση διασύνδεσης ICE, Σφονδύλου και ηλεκτρικών μηχανών (προσαρμογή από [15])

Στο Σχήμα 37, εάν η περιστροφική ενέργεια του σφονδύλου πρέπει να μεταφερθεί στον τροχό του οχήματος, ο συμπλέκτης 3 και επίσης ο συμπλέκτης 2 πρέπει να είναι ενεργοποιημένοι. Ο συμπλέκτης 1 μπορεί να ενεργοποιηθεί ή όχι, ανάλογα με το αν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ο ICE ή να μην παράγει την απαιτούμενη ισχύ που απαιτείται για την προώθηση του οχήματος. Η ηλεκτρική μηχανή 1 μπορεί να λειτουργήσει ως γεννήτρια εάν η ισχύς ρέει από αριστερά προς τα δεξιά. Στη συνέχεια, τα ηλεκτρονικά ισχύος θα αλλάξουν την ισχύ στην κατάλληλη τάση, συχνότητα κ.λπ., και θα οδηγήσουν την ηλεκτρική μηχανή 2 (λειτουργεί ως κινητήρας) για την προώθηση των τροχών του οχήματος.

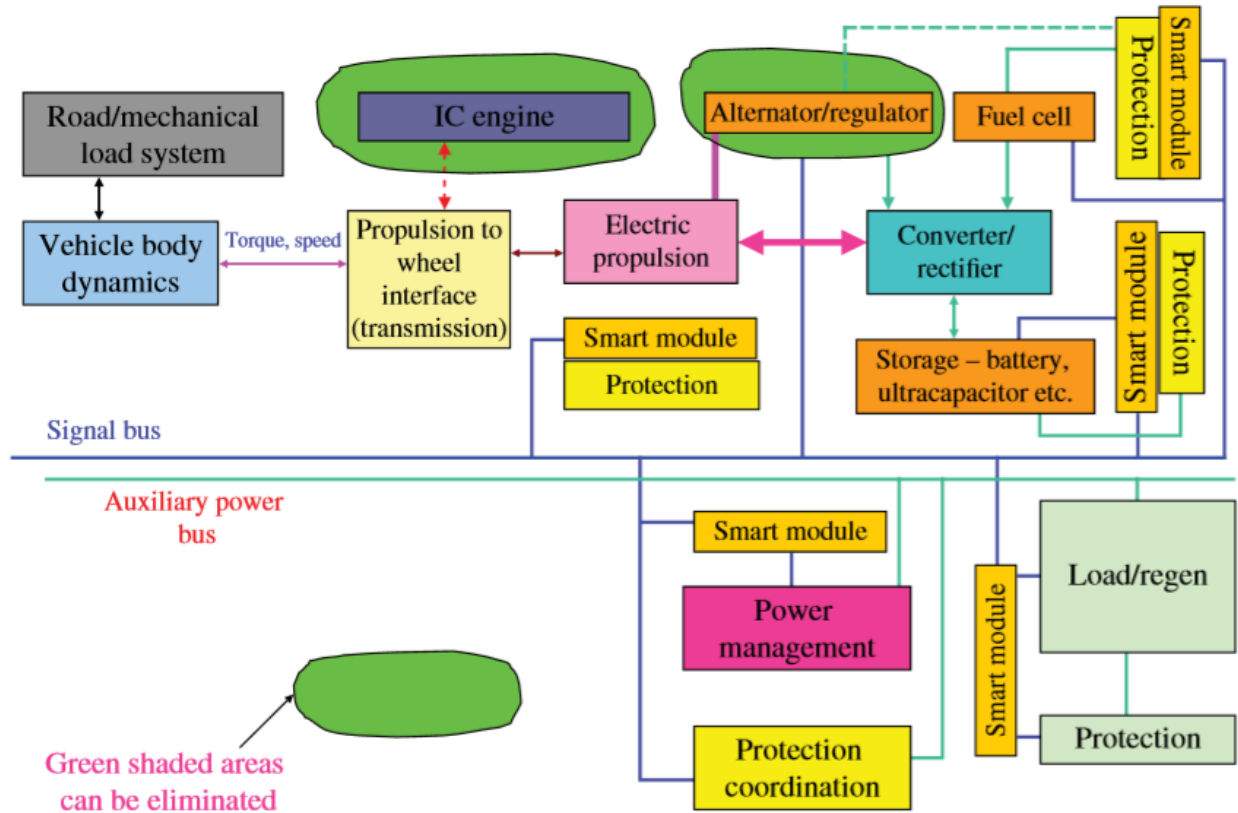
Από την άλλη πλευρά, εάν η ενέργεια από τον τροχό του οχήματος πρόκειται να ανακτηθεί (π.χ. κατά την αναγεννητική πέδηση) τότε η ηλεκτρική μηχανή 2 μπορεί να λειτουργήσει ως γεννήτρια και τα ηλεκτρονικά ισχύος να την μετατρέψουν σε κατάλληλη μορφή και να οδηγήσουν την ηλεκτρική μηχανή 1 ως μοτέρ. Μόνο οι συμπλέκτες 2 και 3 πρέπει να δεσμευτούν για τη σύνδεση της ηλεκτρικής μηχανής 1 στο σφόνδυλο. Μεταξύ του ICE, των συμπλεκτών, του σφονδύλου και της ηλεκτρικής μηχανής 1 μπορεί να υπάρχουν κατάλληλες ταχύτητες κατάλληλης αναλογίας. Παρομοίως, μεταξύ της ηλεκτρικής μηχανής 2 και του τροχού

του οχήματος μπορεί να υπάρχουν μεταδότες κίνησης (μηχανικοί) κατάλληλης αναλογίας. Για να εφαρμοστούν όλα τα παραπάνω, είναι απαραίτητο να υπάρχει κατάλληλος ελεγκτής διαχείρισης ισχύος, καθώς και ηλεκτρονικό σύστημα ισχύος και σύστημα ελέγχου ηλεκτρικής μηχανής για τη σωστή λειτουργία των συσκευών.

Μια τελευταία σημείωση σχετικά με το σφόνδυλο είναι ότι, όταν περιστρέφεται, μπορεί να προκαλέσει γυροσκοπική επίδραση εάν το όχημα προσπαθεί να στρίψει γρήγορα. Αυτό το πρόβλημα μπορεί γενικά να αντιμετωπιστεί έχοντας δύο περιστρεφόμενες μάζες με την ίδια αδράνεια αλλά κινούμενες σε αντίθετες κατευθύνσεις. Αυτό μπορεί εύκολα να εφαρμοστεί τοποθετώντας τα δύο περιστρεφόμενα μέλη σε ένα μόνο περίβλημα με ένα γρανάζι μεταξύ τους.

4.4 Υβριδικά συστήματα οχημάτων με βάση κυψέλες καυσίμου

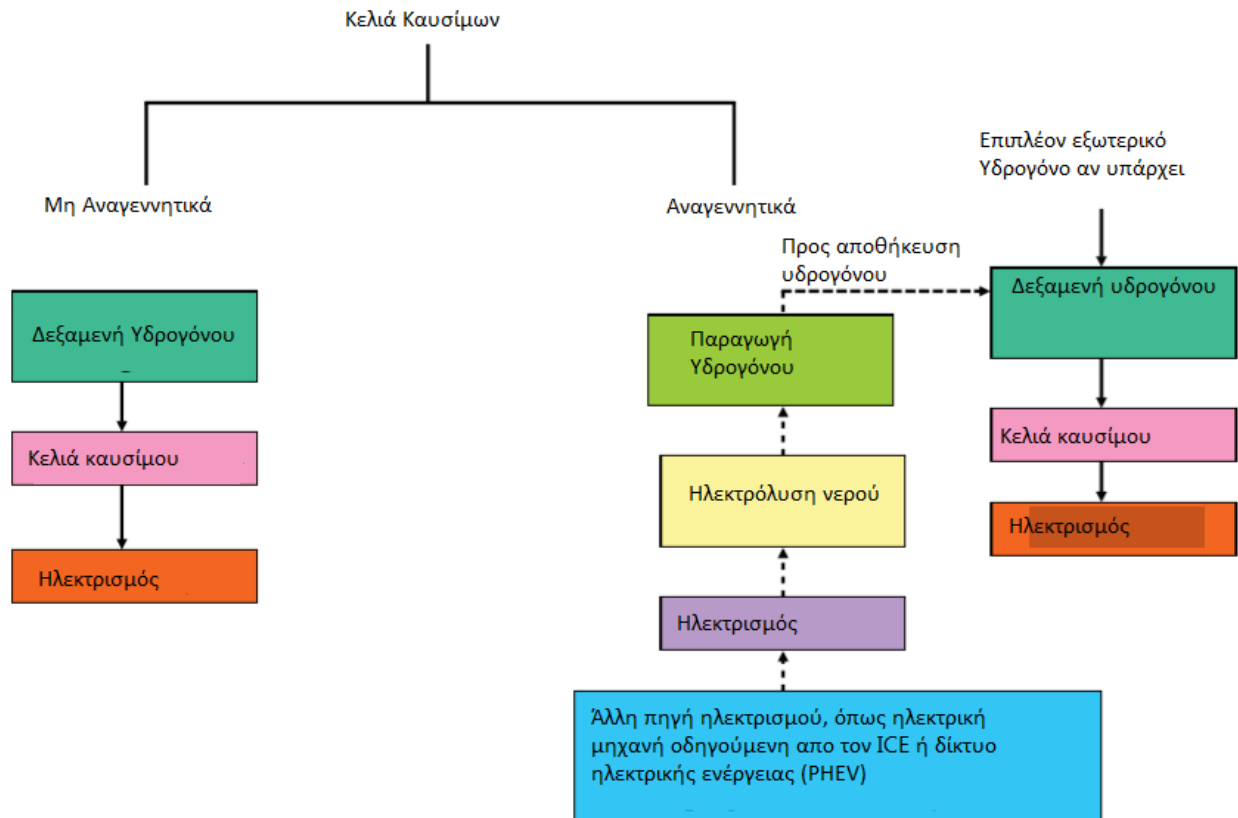
Οι κυψέλες καυσίμου μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εναλλακτικές πηγές ισχύος για ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα. Μπορεί να βοηθήσουν στην πλήρη αντικατάσταση του ICE, καθιστώντας έτσι το όχημα ως εντελώς ηλεκτρικό. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν σε περιβάλλον HEV. Κανονικά, ακόμη και ένα καθαρό ηλεκτρικό όχημα, χρησιμοποιώντας μια κυψέλη καυσίμου θα χρειαστεί μια μπαταρία για να ξεκινήσει η διαδικασία ενεργοποίησης της κυψέλης καυσίμου. Σε ένα ηλεκτρικό όχημα κυψέλης καυσίμου είναι δυνατόν να εξαλειφθεί ο εναλλάκτης ως πηγή παραγωγής ενέργειας. Στη θέση της μπαταρίας είναι δυνατό να υπάρχει υπερπυκνωτής και παρόλο που ο αυτός θα μπορούσε να εξαλειφθεί, συνιστάται να διατηρείται υπό κανονικές συνθήκες. Μια αρχιτεκτονική επιπέδου συστήματος ενός οχήματος κυψελών καυσίμου παρουσιάζεται παρακάτω στο Σχήμα 38.



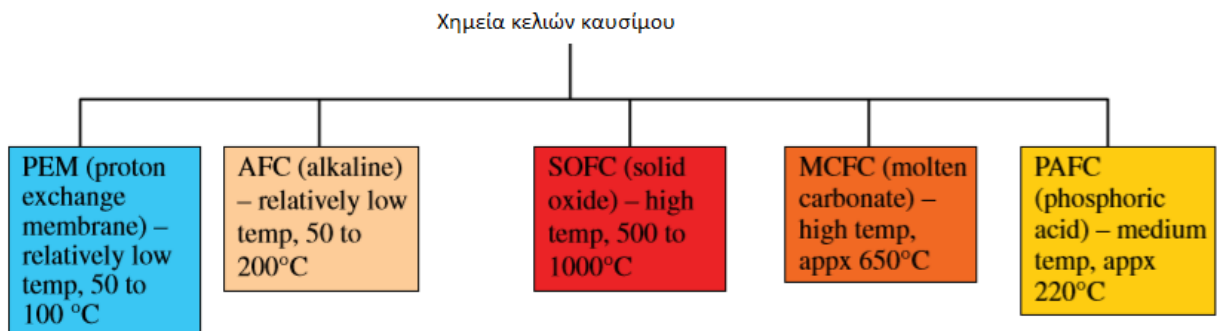
Σχήμα 38 Σχηματικό διάγραμμα συστήματος κυψέλης καυσίμου σε χρήση σε HEV [15]

4.4.1 Τύποι κυψελών καυσίμου

Υπάρχουν διαφορετικοί τύποι (ή κλάσεις) κυψελών καυσίμου. Αυτή η ταξινόμηση φαίνεται στο Σχήμα 39. Εκτός από την παραπάνω ταξινόμηση, οι κυψέλες καυσίμου μπορούν επίσης να διαιρεθούν με βάση τη χημεία τους. Αυτό φαίνεται στο σχήμα 40.



Σχήμα 39 Κατηγοριοποίηση κελιών καυσίμου (προσαρμογή από [15])



Σχήμα 40 Κελιά καυσίμου βάση της χημείας τους (προσαρμογή από [15])

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ένα σύστημα κυψελών καυσίμου δεν είναι απλώς μια στοίβα κυψελών, αλλά περιέχει επίσης πολλά συστατικά για τη σύνθεση της συσκευασίας:

- Κελιά
- Δεξαμενή καυσίμου

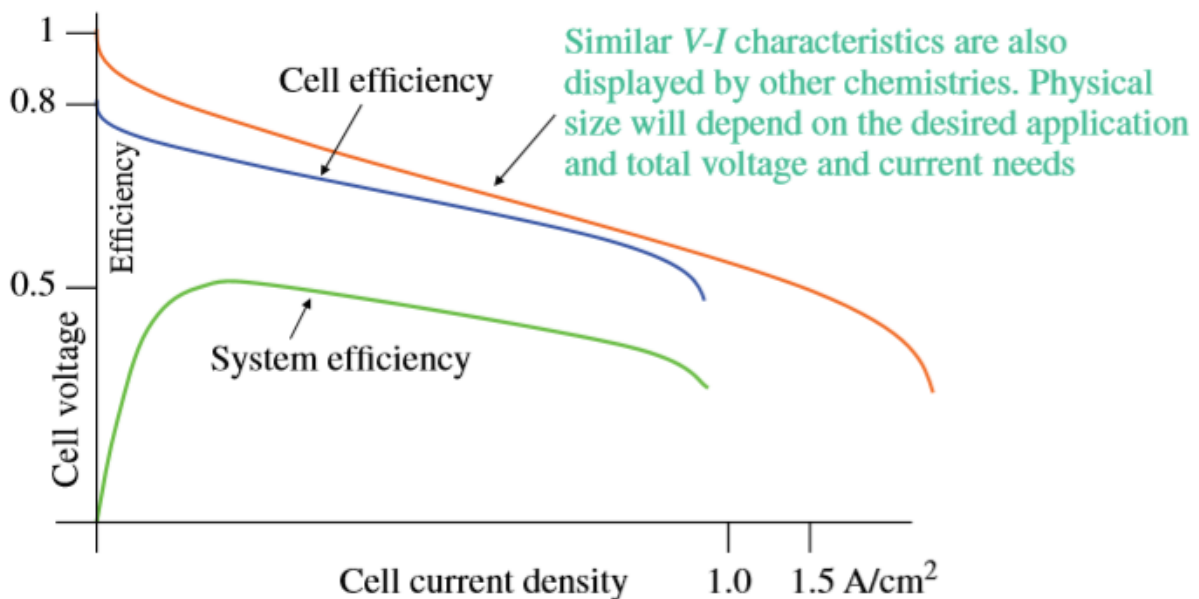
- Αν χρησιμοποιείται μεθανόλη ή άλλο καύσιμο για την παραγωγή του υδρογόνου θα χρειαστούν εξατμιστής, αναδομητής, συσκευής εξευγενισμού αερίου κ.α.
- διάφορες αντλίες
- συμπιεστής εάν χρειάζεται
- ανεμιστήρας ψύξης
- σύστημα θέρμανσης, όπως απαιτείται

Τα περιφερειακά μιας κυψέλης καυσίμου είναι επίσης σημαντικά . Από αυτή την άποψη, για να λειτουργήσει μια κυψέλη καυσίμου χρειάζεται επίσης:

- τα κελιά να βρίσκονται σε μια ελάχιστη θερμοκρασία για να ξεκινήσει η χημική αντίδραση της κυψέλης
- μια μπαταρία ή κάποια βοηθητικά μέσα για την έναρξη της διαδικασίας
- ένα μέσο διατήρησης των τάσεων των κυψελών με πολύ ακρίβεια, διαφορετικά η διάρκεια ζωής του συστήματος μπορεί να μειωθεί σημαντικά επειδή οι κυψέλες καυσίμου είναι πολύ ευαίσθητες.

Τυπικά χαρακτηριστικά μιας κυψέλης καυσίμου απεικονίζονται στο Σχήμα 41.

Typical curves for $V-I$, and η :



Σχήμα 41 Χαρακτηριστικές καμπύλες κελιών καυσίμου [15]

5. Πολιτικές Παροχής Κινήτρων στην ΕΕ

Το παρόν κεφάλαιο παρέχει μια επισκόπηση των εξελίξεων που σχετίζονται με υβριδικά και ηλεκτρικά οχήματα σε πολλές χώρες της Ευρώπης. Αν και οι νόμοι, οι κανονισμοί και οι εξελίξεις της αγοράς αλλάζουν τακτικά, αυτές είναι οι κύριες πολιτικές που υιοθέτησαν οι ευρωπαϊκές κυβερνήσεις για να διευκολύνουν την εξάπλωση των EV. Οι πληροφορίες που παρουσιάζονται κατηγοριοποιούνται ανά χώρα και είδος κινήτρου.

5.1 Βέλγιο

Ένας από τους σημαντικότερους τομείς στο Βέλγιο είναι ο τομέας της αυτοκινητοβιομηχανίας, που απασχολεί περίπου ογδόντα χιλιάδες άτομα στις εγκαταστάσεις συναρμολόγησης και τους προμηθευτές της χώρας. Ως εκ τούτου, σημαντικές πρωτοβουλίες σχετικά με την χρήση υβριδικών και ηλεκτρικών οχημάτων ελήφθησαν στο Βέλγιο σε ομοσπονδιακό και περιφερειακό επίπεδο.

Σε ομοσπονδιακό επίπεδο, η Βελγική Πλατφόρμα Ηλεκτρικών Οχημάτων δημιουργήθηκε για να ενημερώσει και να συγκεντρώσει όλους τους σχετικούς ενδιαφερόμενους από την αλυσίδα παραγωγής και πώλησης υβριδικών και ηλεκτρικών οχημάτων. Το έγγραφο πολιτικής Roadmap 2030 για τη διέγερση της χρήσης του ηλεκτρισμού σε οχήματα [23] συνοψίζει τα βασικά στοιχεία αυτού του εθνικού γενικού σχεδίου του Βελγίου σε αυτή την κατεύθυνση.

Από περιφερειακή άποψη, το Living Labs Electric Vehicles [24] ξεκίνησε από τη Φλαμανδική Κυβέρνηση για να διευκολύνει και να επιταχύνει την καινοτομία και την υιοθέτηση των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων στην περιοχή της Φλάνδρας. Η πρόσκληση ξεκίνησε στα τέλη του 2010 με στόχο τη δημιουργία ενός δομημένου πραγματικού περιβάλλοντος στο οποίο οι καινοτομίες μπορούν να δοκιμαστούν από έναν αντιπροσωπευτικό τελικό χρήστη στο δικό τους περιβάλλον διαβίωσης και εργασίας.

Υπάρχουν ειδικοί φορολογικοί κανόνες για την παροχή κινήτρων σε επιχειρήσεις και ιδιώτες προς την επιλογή ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων αντί για συμβατικά οχήματα,

προκειμένου να υπάρχει μια πιο φιλική προσέγγιση για το περιβάλλον στο Βέλγιο. Αυτά τα κίνητρα συνοψίζονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2 Πολιτικές στο Βέλγιο

Ηλεκτρικά οχήματα	<ul style="list-style-type: none"> • Για εταιρείες υπό εταιρικό σύστημα: 120% αφαίρεση του κόστους αγοράς EV. • Οικιακές αγορές: 30% της τιμής αγοράς EV, με μέγιστο τα 9,190 € (μέσω φόρων, όχι απευθείας στο τιμολόγιο). Χαμηλότερη τιμή φόρου ταξινόμησης οχημάτων για EV, μηδενική χρέωση για EV στη Φλάνδρα. • Στη Βαλλωνία πρόσθετο κίνητρο για την αγορά EV μέσω συστήματος bonus-malus (έως 3.500 €).
Plug-in HEV/HEV	Για εταιρείες υπό εταιρικό φορολογικό σύστημα: 100% αφαίρεση του κόστους αγοράς υβριδικού plug-in με εκπομπές CO ₂ <60g / km.
Υποδομές φόρτισης	Για εταιρείες με εταιρικό φορολογικό σύστημα: πρόσθετη έκπτωση 13,5% στην επένδυση της υποδομής χρέωσης.

Οι περισσότερες υποδομές φόρτισης στο Βέλγιο βρίσκονται επί του παρόντος σε ιδιόκτητους ή ημιδημόσιους χώρους, με τη φλαμανδική πλατφόρμα να περιλαμβάνει περισσότερα από 600 σημεία φόρτισης σε δημόσιους και ημι-δημόσιους χώρους. Περισσότερα από τα μισά από αυτά τα σημεία φόρτισης τοποθετήθηκαν το 2012 και προσφέρουν δυνατότητες φόρτισης σε ποδήλατα, σκούτερ και αυτοκίνητα.

Επιπλέον, το σύνολο του Βελγίου ανέλαβε την πρωτοβουλία να επενδύσει σε υποδομές φόρτισης σε δώδεκα από τα πρατήρια καυσίμων όπου ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τον τύπο φόρτισης με διαφορετικές τιμές χρέωσης. Επίσης, ιδιωτικές εταιρείες έχουν ξεκινήσει πρωτοβουλίες υποδομών φόρτισης σε χώρους στάθμευσης που βρίσκονται στις εγκαταστάσεις τους και μερικές εκατοντάδες σημεία φόρτισης έχουν εγκατασταθεί από μια ποικιλία προμηθευτών για πελάτες.

Τέλος, οι προμηθευτές εμπορικών σταθμών φόρτισης έχουν δείξει την ευαισθητοποίησή τους για τα οφέλη της σύνδεσης του σταθμού φόρτισης με τις ΑΠΕ και μιλούν για λύσεις «πράσινο από τροχό σε τροχό». Η έρευνα συνεχίζεται για τη μελέτη εναλλακτικών λύσεων όπως η επαγωγική φόρτιση τόσο κατά την στάθμευση όσο και την μετακίνηση.

5.2 Γαλλία

Το 2009 ο Γάλλος υπουργός Οικολογίας και Μεταφορών παρουσίασε ένα σχέδιο 14 σημείων για την προώθηση της ανάπτυξης υβριδικών και ηλεκτρικών οχημάτων, όπου δηλώθηκε ως γενικός στόχος της τοποθέτησης 2.000.000 ηλεκτρικών οχημάτων στο δρόμο μέχρι το έτος 2020. Λαμβάνοντας υπόψη αυτό, η εθνοσυνέλευση έχει υιοθετήσει αντίστοιχη περιβαλλοντική νομοθεσία όπου ανατέθηκαν αρμοδιότητες για την κατασκευή υποδομών σε τοπικές και περιφερειακές αρχές, καθώς και απαιτούν σημεία χρέωσης σε νέες περιοχές κατασκευής.

Η κυβέρνηση ανακοίνωσε επίσης ένα επενδυτικό σχέδιο για τη στήριξη δημοσίων υποδομών, όπου 13 δήμοι υποχρεώθηκαν να αναπτύξουν υποδομές επαναφόρτισης μπαταριών, ενώ επίσης περίπου 1.000.000 δημόσιοι και ιδιωτικοί σταθμοί φόρτισης μπαταριών κατασκευάστηκαν έως το 2015 στο πλαίσιο αυτού του επενδυτικού σχεδίου [25] .

Η γαλλική κυβέρνηση σχεδίασε μια εθνική στρατηγική όπου οι φορολογικές μειώσεις και οι φορολογικές κυρώσεις θεσπίστηκαν βάσει των εκπομπών Tank-to-Wheel CO₂ για νέες αγορές οχημάτων. Το 2009, το σχέδιο έδινε μόνους 5.000 ευρώ για νέα αυτοκίνητα και ελαφρά επαγγελματικά οχήματα που εκπέμπουν λιγότερο από 60 γραμμάρια CO₂ ανά χιλιόμετρο, το οποίο καλύπτει αυτόματα όλα τα ηλεκτρικά οχήματα. Αυτό το μόνους εφαρμόστηκε έως το 2012 για τα πρώτα 100.000 οχήματα χαμηλών εκπομπών άνθρακα που αγοράστηκαν.

Εκτός από αυτό, ένας προοδευτικός φόρος αυτοκινήτων της εταιρείας βασίζεται επίσης στις εκπομπές CO₂. Οι φόροι κυμαίνονται από 2 € για κάθε γραμμάριο που εκπέμπεται για αυτοκίνητα που εκπέμπουν 100 g / km CO₂ ή λιγότερο και έως 19 € για κάθε γραμμάριο που εκπέμπεται για αυτοκίνητα που εκπέμπουν περισσότερο από 250 g / km CO₂.

Επιπλέον, το 2010 η κυβέρνηση δημιούργησε μια ομάδα εργασίας υποδομών φόρτισης για να συντονίσει την εγκατάσταση ενός τυποποιημένου εθνικού δικτύου χρέωσης. Η στρατηγική προβλέπει τη συμπερίληψη των ακόλουθων διατάξεων [25]:

Η τοπική αυτοδιοίκηση θα έχει την εξουσία να εγκαταστήσει δημόσιες υποδομές φόρτισης. Ένα ποσοστό χώρων στάθμευσης σε χώρους εργασίας και εμπορικές περιοχές θα δεσμευτεί για ηλεκτρικά οχήματα και σημεία φόρτισης. Οι κατασκευαστές συλλογικών κατοικιών πρέπει να εγκαταστήσουν εγκαταστάσεις φόρτισης σε χώρους στάθμευσης κατόπιν αιτήματος των κατοίκων. Οι τοπικές κυβερνήσεις θα είναι υποχρεωμένες να εξοπλίσουν δημόσιους χώρους στάθμευσης με εγκαταστάσεις φόρτισης.

Γνωρίζοντας ότι ένα από τα κλειδιά για την επιτυχή προσαρμογή των ηλεκτρικών οχημάτων στη γαλλική κοινωνία είναι η εδραίωση της εμπιστοσύνης των χρηστών στην εμβέλεια και την ασφάλειά τους και ότι απαιτείται μια αξιόπιστη υποδομή φόρτισης που υποστηρίζεται από μια εθνική στρατηγική εγκαταστάσεων, η Γαλλία έχει σχεδιάσει και αναπτύξει αυτήν την υποδομή στους ακόλουθους τομείς της καθημερινής ζωής:

- **Επιχειρήσεις:** Θα εγκατασταθεί υποδομή φόρτισης για δεσμευμένους στόλους οχημάτων προσθήκης, όπως εταιρικοί στόλοι. Οι εργαζόμενοι θα έχουν τη δυνατότητα να επαναφορτίζουν τα προσωπικά ή εταιρικά αυτοκίνητά τους στον τόπο εργασίας τους με χαμηλό ή χωρίς κόστος. Η προστιθέμενη ζήτηση ισχύος για φόρτιση θα διαχειρίζεται κεντρικά.
- **Δημόσιος τομέας:** τα πρόσθετα οχήματα και η υποδομή φόρτισης θα αναπτυχθούν επίσης σε δημόσιους χώρους, όπως δρόμους και δημόσιους χώρους στάθμευσης. Αναπτύσσονται κατάλληλες επιλογές για χρήση, όπως κοινόχρηστα οχήματα κατά παραγγελία
- **Οικιστικός τομέας:** τα πρόσθετα οχήματα και η υποδομή φόρτισης θα διατίθενται σε μεμονωμένους χρήστες, με ή χωρίς ιδιοκτησία οχήματος.

5.3 Πορτογαλία

Η Πορτογαλία ακολουθεί μια ολοκληρωμένη στρατηγική για ηλεκτρικά οχήματα για να διασφαλίσει ότι είναι μια βιώσιμη επιλογή μεταφοράς σε μεγάλες πόλεις. Στο πρόσφατο

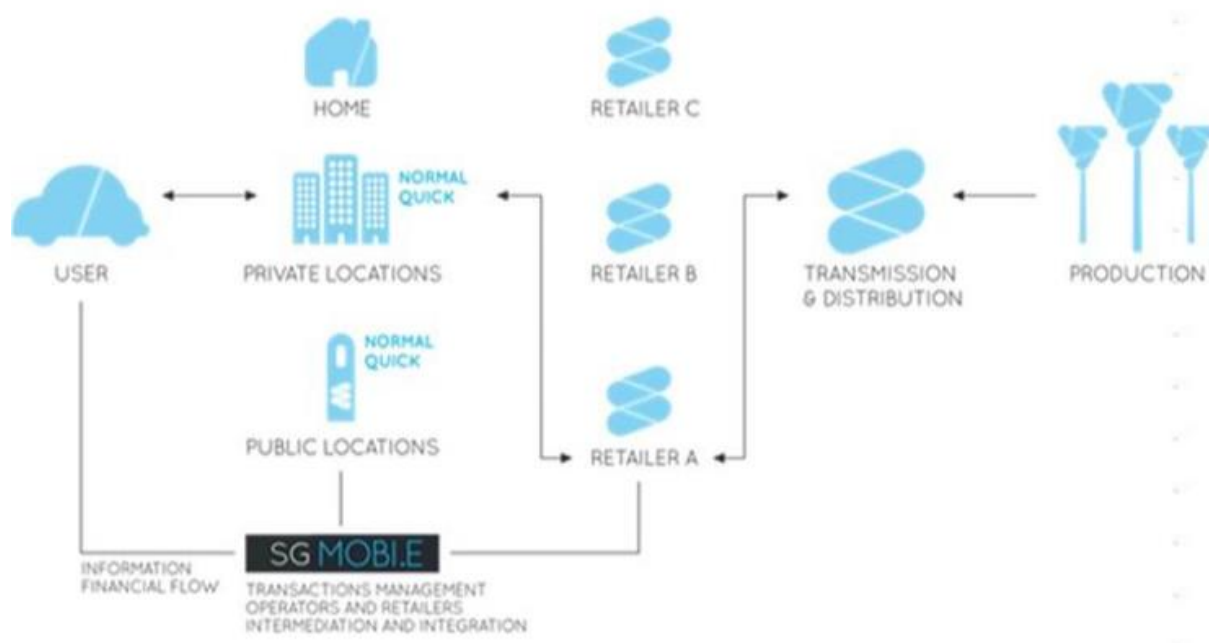
παρελθόν, ο ενεργειακός εφοδιασμός περιλάμβανε εισαγωγές ορυκτών καυσίμων άνθρακα, φυσικού αερίου ή πετρελαίου. Ωστόσο, ο ενεργειακός εφοδιασμός άλλαξε από το 2009. Η Πορτογαλία παράγει το 43% πλησιάζοντας το μισό της παραγωγής ενέργειας της από εγχώριες ανανεώσιμες πηγές όπως υδροηλεκτρική, αιολική και ηλιακή ενέργεια.

Ως αποτέλεσμα αυτής της αυξημένης εξάρτησης από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, το έθνος ενδιαφέρεται να μετατρέψει πλήρως το σύστημα μεταφοράς του σε ηλεκτρικά οχήματα. Η ηλεκτρική κινητικότητα αποτελεί κρίσιμη ευκαιρία για μελλοντική βιωσιμότητα στην Πορτογαλία. Η αυξημένη χρήση ηλεκτρικών κινητήρων που τροφοδοτείται από εγχώριες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και της ρύπανσης του αέρα και του θορύβου, καθώς επίσης θα μειώσει την εξάρτηση της χώρας από τα εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα και θα οδηγήσει σε βελτιωμένα εμπορικά ισοζύγια.

Η μεγαλύτερη προσπάθεια που σχετίζεται με τα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα στην Πορτογαλία, το μοντέλο ηλεκτρικής κινητικότητας MOBI.E, ήταν μια κοινοπραξία με επικεφαλής την INTELI, μια πορτογαλική δεξαμενή σκέψης, που πληρούσε ένα ολοκληρωμένο και πλήρως λειτουργικό σύστημα υποδομής φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, παρόχων υπηρεσιών και έξυπνης διαχείρισης ηλεκτρικού δικτύου. Η έξυπνη ενσωμάτωση MOBI.E μεταξύ κινητικότητας και ενεργειακών συστημάτων έχει ως αποτέλεσμα τη χρήση οχημάτων ως «αποκεντρωμένης megabattery» που μπορεί να αποθηκεύσει υπερβολική ανανεώσιμη ενέργεια και να την επιστρέψει στο πλέγμα σε περιόδους υψηλής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και για την φόρτιση των μπαταριών των οχημάτων σε περιόδους χαμηλής ζήτησης όταν το ηλεκτρικό δίκτυο τροφοδοτείται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Έχει εφαρμοστεί ένα δημόσιο δίκτυο με εθνική κάλυψη (1.350 σημεία φόρτισης στις 25 κύριες πόλεις και δρόμους), επιτρέποντας έτσι στους χρήστες ηλεκτρικών οχημάτων να έχουν τη δυνατότητα να ταξιδεύουν σε όλη τη χώρα χωρίς προβλήματα άγχους. Το δίκτυο συμπληρώθηκε με μια προσέγγιση που βασίζεται στη ζήτηση από ιδιωτικούς φορείς, η οποία συνέβαλε στη δημιουργία ενός ευρύτερου και πληρέστερου δικτύου για δρόμους, δημόσιους χώρους στάθμευσης, εμπορικά κέντρα, πρατήρια καυσίμων, ξενοδοχεία, αεροδρόμια και ιδιωτικά γκαράζ.

Η πορτογαλική αλυσίδα αξίας ηλεκτροκινητικότητας περιγράφεται λεπτομερώς στο σχήμα 42. Οι χρήστες ηλεκτρικής κινητικότητας εκπροσωπούνται από τη λίστα των τοποθεσιών όπου βρίσκονται τα σημεία φόρτισης (οικίες, ιδιωτικές τοποθεσίες και δημόσιες τοποθεσίες). Οι λιανοπωλητές ηλεκτρικής ενέργειας αλληλεπιδρούν με τους χρήστες μέσω της διαχειριστικής αρχής, που εμφανίζεται ως SG MOBI.E.



Σχήμα 42 Το σύστημα MOBI.E.

Επιπλέον, έχουν θεσπιστεί πολλά άμεσα και έμμεσα κίνητρα για EV:

- 4.500 € για ένα EV πλήρως ηλεκτροκίνητο, 3.250 € για PHEV και 1.000 € για ένα ηλεκτρικό ATV (AllTerrain Vehicle).
- Φορολογικές ελαφρύνσεις για εταιρείες που νοικιάζουν υβριδικά ή ηλεκτρικά αυτοκίνητα.
- Η απόκτηση ηλεκτρικών ή υβριδικών οχημάτων από εταιρείες θα επιτρέψει μειώσεις στους φόρους των εταιρειών.
- Τα έξοδα ηλεκτρικών ή υβριδικών οχημάτων απαλλάσσονται της φορολογίας που ισχύει για τα οχήματα εταιριών.
- Προτιμητέες περιοχές στάθμευσης για EV σε αστικά κέντρα.

- Ετήσια ανανέωση δημοσίου στόλου με 20% EV, από το 2011 και μετά.
- Χρηματοδότηση υποδομής δικτύου.

Το έργο ηλεκτροκίνησης οχημάτων MOBI.E περιλαμβάνει εγκατάσταση σταθμών φόρτισης σε 25 δήμους και κατά μήκος κύριων αυτοκινητοδρόμων στην πιλοτική φάση του.

Επί του παρόντος, υπάρχουν δύο κυρίαρχοι τύποι σταθμών φόρτισης:

- Κανονικοί σταθμοί φόρτισης: στο σπίτι, για στόλους στάθμευσης στο δρόμο και εκτός δρόμου.
- Σταθμοί γρήγορης φόρτισης: σε κεντρικούς δρόμους και αυτοκινητόδρομους, σε πρατήρια καυσίμων και σε άλλες στρατηγικές αστικές τοποθεσίες.

Το εθνικό πιλοτικό δίκτυο περιελάμβανε 976 σταθμούς φόρτισης (968 κανονικοί και 8 γρήγοροι φορτιστές) για EV που έχουν εξαπλωθεί σε 25 πόλεις μέχρι το τέλος του 2011, με συνολικά 1.350 σταθμούς προγραμματισμένους για την αρχική φάση [26]

5.4 Ισπανία

Η Ισπανία προσπαθεί να τοποθετήσει 1.000.000 υβριδικά και ηλεκτρικά οχήματα στους εθνικούς δρόμους. Αυτός ο στόχος περιλαμβάνει έναν στόχο 250.000 ηλεκτρικών οχημάτων μπαταρίας και υβριδικών ηλεκτρικών οχημάτων plug-in (BEV και PHEV) που αντιστοιχούν στο 1% περίπου του συνολικού ισπανικού στόλου οχημάτων.

Εάν όλα τα οχήματα στους ισπανικούς δρόμους κινούνται ηλεκτρικά, οι εθνικές εισαγωγές πετρελαίου θα μπορούσαν να μειωθούν κατά το ήμισυ, βοηθώντας την Ισπανία να μειώσει το εμπορικό της έλλειμμα κατά 25% και θα βοηθούσε επίσης τη χώρα να πραγματοποιήσει μειώσεις εκπομπών 81.000.000 μετρικών τόνων CO² ετησίως, ή περίπου 18% κάτω από τα επίπεδα του 2007.

Μακροπρόθεσμα, οι στόχοι για την καθιέρωση ηλεκτρικών οχημάτων επαναπροσδιορίστηκαν πρόσφατα σύμφωνα με την οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης 2009/28 / CE, η οποία ορίζει ότι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα πρέπει να αποτελούν το 10% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται από τον τομέα των μεταφορών. Προκειμένου να επιτύχει η Ισπανία, το Εθνικό

Σχέδιο για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας 2011-2020 (PANER) [30] καθιερώνει την εισαγωγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μέσω του 8% των βιοκαυσίμων και του 2% της ηλεκτρικής ενέργειας της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας. Από αυτό το 2% όπως εφαρμόζεται στον τομέα των μεταφορών, το 0,5% κατανέμεται στους σιδηροδρόμους και το άλλο 1,5% στο PHEV και τα BEV στις οδικές μεταφορές σύμφωνα με τις ακόλουθες αναλογίες έως το 2020 [27]:

- 80% για PHEV (2.000.000 οχήματα).
- 20% για BEV (500.000 οχήματα).

Από το 2003, οι πολιτικές της Ισπανίας για την προώθηση των EV περιλαμβάνουν την προώθηση εναλλακτικών καυσίμων και τεχνολογιών οχημάτων (LPG, φυσικό αέριο, HEV, PHEV, BEV, κυψέλες υδρογόνου και καυσίμου) ως βασική γραμμή δράσης των εθνικών της δεσμεύσεων για την επίτευξη διεθνών στόχων. Τον Απρίλιο του 2010, η εθνική κυβέρνηση της Ισπανίας παρουσίασε επίσης το «Ολοκληρωμένο Σχέδιο για την Προώθηση των Ηλεκτρικών Οχημάτων», το οποίο περιλαμβάνει και ολοκληρωμένη στρατηγική για την προώθηση των υβριδικών και ηλεκτρικών οχημάτων στην Ισπανία και το οποίο συνοψίζεται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3 Παροχή κινήτρων σε Ισπανία

Τύπος Οχήματος;	Κίνητρα για Υβριδικά ή Ηλεκτρικά οχήματα
Μοτοσυκλέτες	Έως και 750€ για μοτοσυκλέτες πάνω από 4 kW
Επιβατικά οχήματα (M1), εμπορικά οχήματα (N1) και τετράτροχα οχήματα (L7e)	Έως και 15% της τιμής αγοράς μέχρι τα 7000€
Υβριδικά	Μέχρι το μέγιστο των 2300 € για υβριδικά αυτόνομη ηλεκτρική κίνηση και εκπομπές διοξειδίου κάτω από 110 gr/km και μέχρι το μέγιστο των 2000 € για υβριδικά χωρίς αυτόνομη ηλεκτρική κίνηση
PHEB & BEV	Μέχρι το μέγιστο των 7000 € με ελάχιστη ακτίνα δράσης για τα PHEV τα 20 km

Φορτηγά και λεωφορεία	Μέχρι το 15% της τιμής αγοράς μέχρι το μέγιστο των 50000€
-----------------------	---

Η ισπανική κυβέρνηση θεωρεί σημαντική την ανάπτυξη μιας κατάλληλης υποδομής επαναφόρτισης που υποστηρίζει την εισαγωγή και την εφαρμογή των ηλεκτρικών συσκευών. Οι στόχοι της επαναφόρτισης των υποδομών λαμβάνονται επίσης υπόψη στην Ολοκληρωμένη Στρατηγική για την προώθηση των EV.

5.5 Ιρλανδία

Η Ιρλανδία θεωρήθηκε ιδανική για την εγκατάσταση ηλεκτρικών και υβριδικών αυτοκινήτων, λαμβάνοντας υπόψη τις σχετικά περιορισμένες αποστάσεις που διανύουν οι αυτοκινητιστές και την έτοιμη διαθεσιμότητα ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές. Έτσι, τα ηλεκτρικά οχήματα προσφέρουν μια πραγματική ευκαιρία για δραματική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τον τομέα των μεταφορών.

Επιπλέον, τα EV προσφέρουν επίσης την ευκαιρία να μειώσουν τις εισαγωγές ορυκτών καυσίμων. Επιπλέον, αυτός ο δυναμικός και ταχέως αναπτυσσόμενος τομέας προσφέρει επίσης μια σειρά νέων δυνατοτήτων επιχειρήσεων και απασχόλησης, τόσο από την άποψη της έρευνας όσο και της ανάπτυξης και της βιομηχανικής παραγωγής.

Προκειμένου να διασφαλιστεί ότι η Ιρλανδία επιδιώκει το πλήρες φάσμα των ευκαιριών που παρουσιάζονται από τα EV, έχει συσταθεί ομάδα εργασίας για τα ηλεκτρικά οχήματα. Η ομάδα προεδρεύεται από το Τμήμα Επικοινωνιών, Ενέργειας και Φυσικών Πόρων, με τη συμμετοχή όλων των σχετικών κυβερνητικών υπηρεσιών και υπηρεσιών, καθώς και εμπορικών ημικρατικών φορέων. Αυτή η ομάδα εργασίας είχε μια σειρά από υποομάδες, αφιερωμένες στην εξερεύνηση διαφορετικών πτυχών του θέματος, συμπεριλαμβανομένων ευκαιριών για επιχειρήσεις, φορολογικών ενισχύσεων και απαιτήσεων υποδομής.

Τέλος, η ιρλανδική κυβέρνηση έχει ως στόχο τα ηλεκτρικά οχήματα να αντιστοιχούν στο 10% του στόλου μεταφορών έως το 2020, το οποίο με βάση το τρέχον μέγεθος του εθνικού στόλου, αυτό θα ισοδυναμούσε με περίπου 230.000 EV στην Ιρλανδία έως το 2020.

Η SEAI (Αρχή Βιώσιμης Ενέργειας της Ιρλανδίας) δημοσίευσε έναν Οδηγό Αγοραστών και έναν Υπολογιστή Κόστους Ιδιοκτησίας για να βοηθήσει άτομα που ενδιαφέρονται να αγοράσουν ηλεκτρικά οχήματα. Η SEAI δημοσίευσε επίσης εκθέσεις για υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα και ηλεκτρικά οχήματα μπαταριών. Αυτές οι εκθέσεις επισημαίνουν πιθανά μέτρα που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την τόνωση της απορρόφησης ηλεκτρικών οχημάτων στην Ιρλανδία και να διατυπώσουν συστάσεις σχετικά με το πώς αυτό μπορεί να επιτευχθεί καλύτερα.

Επιπλέον, η Ιρλανδία έχει συγκεκριμένα κυβερνητικά κίνητρα για τα ηλεκτρικά οχήματα :

- Μια επιχορήγηση 5.000 € για plug-in υβριδικά EV (PHEV) και EV μπαταρίας (BEV) είναι προς το παρόν διαθέσιμη.
- Απαλλαγή από την καταβολή του φόρου ταξινόμησης οχήματος ύψους 5.000 € για BEV και 2.500 € για PHEVs.
- Επιταχυνόμενα δικαιώματα κεφαλαίου είναι διαθέσιμα σε εταιρείες που αγοράζουν EV.
- Ένα σύστημα τιμολόγησης πελατών και τεχνολογίας πληροφοριών EV που διασυνδέεται με τους υφιστάμενους κανονισμούς της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας υποβάλλεται προς το παρόν σε δοκιμή. Θα επιτρέψει στους πελάτες να έχουν πρόσβαση σε όλους τους προμηθευτές ηλεκτρικής ενέργειας ·
- Το ιρλανδικό κοινοβούλιο εξετάζει επί του παρόντος νέα νομοθεσία που θα επιτρέψει στις τοπικές αρχές να ορίσουν χώρους στους δρόμους και υποδομές σημείων φόρτισης ως αποκλειστικής χρήσης ηλεκτρικών οχημάτων.

Η Sustainable Energy Ireland διεξάγει πιλοτικό πρόγραμμα 500.000 € για να αξιολογήσει την καταλληλότητα της Ιρλανδίας για EV και να επιδείξει και να δοκιμάσει διάφορα συστήματα υποδομής. Επιπλέον, βρίσκεται σε εξέλιξη ένα πρόγραμμα υποδομής φόρτισης για την εγκατάσταση 1.500 φορτιστών στο δρόμο και 30 γρήγορων φορτιστών.

5.6 Νορβηγία

Η νορβηγική πολιτική έχει σταδιακά εφαρμοστεί τα τελευταία 10-15 χρόνια και αποτελεί πλέον αναπόσπαστο μέρος της λεγόμενης κλιματικής συμφωνίας («Klimaforliket») μεταξύ των μερών

στο νορβηγικό κοινοβούλιο. Η πολιτική βασίζεται σε ορισμένους νόμους και κανονισμούς, που καθορίζονται βασικά από το νορβηγικό Υπουργείο Οικονομικών και το νορβηγικό Υπουργείο Μεταφορών. Αυτοί οι νόμοι και κανονισμοί, μαζί με τα μέτρα πολιτικής που εφαρμόζονται σε ορισμένες από τις κύριες πόλεις, αποτελούν τη νορβηγική πολιτική EV. Αποτελείται σε γενικές γραμμές από ένα πακέτο φορολογικής απαλλαγής μαζί με ορισμένα οδηγικά και οικονομικά προνόμια για τους χρήστες EV.

Η νορβηγική πολιτική βασίζεται στην ευρέως διαδεδομένη αντίληψη ότι τα EV είναι πολύ πιο φιλικά προς το περιβάλλον από τα συμβατικά οχήματα που χρησιμοποιούν βενζίνη και ντίζελ. Τα επιχειρήματα σχετίζονται εν μέρει με το πιθανό βραχυπρόθεσμο όφελος των EV και εν μέρει σχετίζονται με το τι μπορεί να συμβεί μακροπρόθεσμα. Προς το παρόν, η πολιτική επιδοτήσεων περιλαμβάνει τα ακόλουθα σημεία :

- Τα EV εξαιρούνται από μη επαναλαμβανόμενα τέλη οχήματος ·
- Τα EV εξαιρούνται από τους φόρους επί των πωλήσεων καθώς και από τους ετήσιους φόρους επί των οδών
- Δωρεάν χώρος στάθμευσης για EV σε δημόσιους χώρους στάθμευσης.
- Τα EV επιτρέπονται σε λωρίδες λεωφορείων και τα ηλεκτρικά ταξί μπορούν ελεύθερα να χρησιμοποιούν διόδια.
- Οι εταιρείες που διαθέτουν EV στο στόλο τους απαλλάσσονται από τη φορολογία για τον φόρο οφέλους της εταιρείας

Πριν από το 2008, η υποδομή φόρτισης EV ήταν ελάχιστη. Από το 2009, με την ταυτόχρονη έναρξη του εθνικού προγράμματος υποδομής EV της Transnova και του τοπικού προγράμματος του Όσλο, το σημείο φόρτισης έγινε γρήγορα συνηθισμένο σε όλη τη Νορβηγία. Η συντριπτική πλειονότητα των σημερινών σημείων φόρτισης της Νορβηγίας είναι τακτικά καταστήματα Schuko. Όπως και η υπόλοιπη Ευρώπη, η Νορβηγία υιοθετεί σταδιακά το πρότυπο Mode 3 Type 2 για νέα σημεία φόρτισης [28].

Τα πρώτα σημεία γρήγορης φόρτισης CHAdeMO τέθηκαν σε λειτουργία το 2011. Σήμερα, υπάρχουν 8000 λειτουργικοί φορτιστές CHAdeMO στη Νορβηγία.

Επιπλέον, το NOBIL είναι μια ανοιχτή δημόσια βάση δεδομένων για σταθμούς φόρτισης που επιτρέπει σε όλους να δημιουργούν υπηρεσίες χρησιμοποιώντας τυποποιημένα δεδομένα

δωρεάν. Το NOBIL είναι εύχρηστο και ικανό για ενημερώσεις σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τη διαθεσιμότητα. Ανήκει στην κυβερνητική οντότητα Transnova που συντηρείται από την Norwegian Electric Vehicle Association. Οι πληροφορίες συλλέγονται από χρήστες EV, ιδιοκτήτες και χειριστές σταθμών χρέωσης και άλλους συνεργάτες. Η συλλογή και η επαλήθευση των δεδομένων έχουν προτεραιότητα για την εξασφάλιση ακριβών και αξιόπιστων πληροφοριών για χρήστες EV που χρειάζονται ηλεκτρικό ρεύμα.

Ο ρόλος της NOBIL είναι να συλλέγει πληροφορίες και να τις κοινοποιεί αποτελεσματικά σε τρίτους. Το NOBIL δεν είναι καθοριστικό για τις λειτουργίες (κράτηση και πληρωμή), μόνο για τη συλλογή και αναφορά δεδομένων. Η NOBIL δεν παρεμβαίνει στην επιχείρηση των χειριστών και των ιδιοκτητών των σταθμών φόρτισης.

5.7 Αυστρία

Η ηλεκτρική κινητικότητα στην Αυστρία αποκτά σταθερά σημασία τα τελευταία χρόνια. Η μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (GHG) συνεχίζεται ως εθνική προτεραιότητα με συγκεκριμένους στόχους μείωσης για τον τομέα των μεταφορών. Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τον τομέα των μεταφορών μειώθηκαν κατά 900.000 τόνους το 2009 σε σύγκριση με το 2008, ενώ εκπέμπονται συνολικά 21.700.000 τόνοι ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα. Ωστόσο οι τρέχουσες τιμές υπερβαίνουν τον στόχο των 19.000.000 τόνων που καθορίστηκαν για την Αυστρία για την περίοδο 2008-2012 από τη στρατηγική για το κλίμα 2007 [29].

Η Εθνική Ενεργειακή Στρατηγική του 2010 προσδιόρισε διάφορα μέτρα για την επίτευξη της Εθνικής Στρατηγικής για το Κλίμα. Προσδιορίζει την εισαγωγή της ηλεκτρικής κινητικότητας που παρέχεται με ανανεώσιμες πηγές ως εξαιρετικά σημαντική προκειμένου να επιτευχθεί το μερίδιο 10% των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για τον τομέα των μεταφορών έως το 2020, όπως απαιτείται από την οδηγία της ΕΕ 2009/28 / ΕΚ για την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές καθώς και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τον τομέα.

Υπάρχουν εθνικές επιδοτήσεις για ηλεκτρικά οχήματα. Η αγορά ηλεκτρικών οχημάτων εξαιρείται από τον φόρο NoVA, ο οποίος στην Αυστρία μπορεί να αυξήσει την τιμή ενός

οχήματος έως και 16% κατ' ανώτατο όριο. Τα αποκλειστικά ηλεκτρικά οχήματα εξαιρούνται επίσης από την ασφάλιση με βάση τον κινητήρα.

Ένα σύστημα bonus-malus (πίστωση φόρου και φορολογική ποινή) εισήχθη τον Ιούλιο του 2008 για την απόκτηση νέων οχημάτων (NoVA - Normverbrauchsabgabe). Ισχύει μείωση φόρου 300 € για οχήματα με εκπομπές CO₂ χαμηλότερα από 120 g / km. Μια περαιτέρω φορολογική αύξηση του NoVA-Malus ισχύει από την 1η Ιανουαρίου 2011:

- Εκπομπές άνω των 160 g CO₂ / km: αύξηση φόρου 25 € για κάθε επιπλέον γραμμάριο CO₂.
- Εκπομπές άνω των 180 g CO₂ / km: Η αυξητική ποινή αυξήθηκε από 25 σε 50 € / g CO₂.
- Εκπομπές άνω των 220 g CO₂ / km: Η αυξητική ποινή αυξήθηκε από 25 σε 75 € / g CO₂.
- Μια περαιτέρω αύξηση φόρου ακολούθησε για κάθε επιπλέον γραμμάριο CO₂ και εφαρμόστηκε από τον Ιανουάριο του 2013, ως εξής:
- Εκπομπές άνω των 150 g CO₂ / km: Η αύξηση του φόρου είναι 25 € / g CO₂.
- Εκπομπές άνω των 170 g CO₂ / km: Η αύξηση του φόρου είναι 50 € / g CO₂.
- Εκπομπές άνω των 210 g CO₂ / km: Η αύξηση του φόρου είναι 75 € / g CO₂.

Όσον αφορά την υποδομή φόρτισης στην Αυστρία, το Ομοσπονδιακό Υπουργείο Μεταφορών, Καινοτομίας και Τεχνολογίας (BMVIT) είναι υπεύθυνο για το σχεδιασμό, τη χρηματοδότηση και την εγκατάσταση υποδομών για την ηλεκτρονική κινητικότητα. Το Πρόγραμμα Περιφερειών Μοντέλου Ηλεκτρικής Κινητικότητας στοχεύει στην προοδευτική εγκατάσταση σημείων φόρτισης, την προμήθεια ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την ανάπτυξη νέων επιχειρηματικών και κινητικών μοντέλων.

Πέντε πρότυπες περιοχές βρίσκονται σε εξέλιξη από την έναρξη του προγράμματος 2008:

- Rheintal - Vlotte (Βόραλμπεργκ)

Το 2008, η Vorarlberg έλαβε χρηματοδότηση για την έναρξη της πρώτης περιοχής μοντέλου ηλεκτρονικής κινητικότητας στην Αυστρία. Επιδοτήθηκε με 4.700.000 εκατομμύρια ευρώ από το Ταμείο Κλίματος και Ενέργειας της Αυστρίας για τη πρώτη φάση και 551,000 € για τη δεύτερη φάση που ξεκίνησε το 2010.

Αντί να αγοράζει ηλεκτρικό αυτοκίνητο, ο πελάτης λαμβάνει μια «κάρτα κινητικότητας» για περίπου 350 € το μήνα (η ακριβής τιμή εξαρτάται από τον τύπο του οχήματος). Η κάρτα κινητικότητας περιλαμβάνει, εκτός από τη μίσθωση αυτοκινήτου, τα έξοδα συντήρησης ηλεκτρικών ανταλλακτικών, ένα δωρεάν πάσο για το σύστημα δημόσιας συγκοινωνίας Vorarlberg και δωρεάν χρέωση σε δημόσιους σταθμούς φόρτισης. Μετά από τέσσερα χρόνια το αυτοκίνητο μπορεί να αγοραστεί από τον πελάτη με υπολειμματική αξία 25% της αρχικής τιμής αγοράς. Ένα κλειδί για το σύστημα στάθμευσης και φόρτισης παρέχει πρόσβαση σε όλους τους σταθμούς στάθμευσης και φόρτισης στην Ελβετία, την Αυστρία και τη Γερμανία μαζί με επιπλέον πλεονεκτήματα.

- Σάλτσμπουργκ

Ο τριετής στόχος για αυτήν την περιοχή είναι 2.000 ηλεκτρικά οχήματα που θα περιλαμβάνουν 1.000 επιβατικά αυτοκίνητα. Τα οχήματα εκμισθώνονται με συνδρομή και επιστρέφονται μετά από μια ορισμένη χρονική περίοδο. Ο σταθμός φόρτισης που είναι το Σάλτσμπουργκ τροφοδοτείται αποκλειστικά με ανανεώσιμη ενέργεια.

- Βιέννη

Από το 2012 ένα ταμείο 1.300.000 εκατομμυρίων ευρώ έχει τοποθετήσει εκατοντάδες σταθμούς φόρτισης και ηλεκτρικά οχήματα στο δρόμο. Η ιδέα «Ηλεκτρονική κινητικότητα κατ' απαίτηση» για αυτήν την περιοχή μοντέλου συνίσταται στην ενσωμάτωση ηλεκτρικών οχημάτων σε στόλους εταιρικής και κοινής χρήσης αυτοκινήτων. Μια «κάρτα κινητικότητας» που καθορίζεται για αυτήν την περιοχή μοντέλου αναμένεται να μετατοπίσει τη ζήτηση από ιδιωτικά οχήματα σε δημόσιες συγκοινωνίες και υπηρεσία κοινής χρήσης ηλεκτρονικών αυτοκινήτων.

- Γκραζ

Το Graz επικεντρώθηκε στη βελτιστοποίηση του περιφερειακού συστήματος μεταφορών και στην ενσωμάτωση 500 ηλεκτρικών οχημάτων δύο λωρίδων και 2.000 μονών λωρίδων από το 2013 με χρηματοδότηση 1.600.000 €. Εγκρίθηκε η εγκατάσταση 140 σταθμών φόρτισης με 950 σημεία φόρτισης. Η πρόσθετη ζήτηση ενέργειας τροφοδοτείται εν μέρει με νέες φωτοβολταϊκές μονάδες. Συνολικά, αναμένεται ετήσια εξοικονόμηση εκπομπών CO₂ περίπου 1.000 τόνων.

Πρόσθετες δραστηριότητες από το δημοτικό συμβούλιο του Γκκρατς περιλαμβάνουν επιδότηση 1.500 € για ηλεκτρικά οχήματα για ταξί ή κοινωνικές υπηρεσίες και υπηρεσίες παράδοσης. Τα οχήματα για σχολές οδήγησης δικαιούνται έως και 1.000 €. Το «Municipal Energy Concept Graz 2020» περιλαμβάνει ένα τμήμα για την ηλεκτρική κινητικότητα και θέτει ως στόχο το 15% των νέων ταξινομήσεων για ηλεκτρικά οχήματα μέχρι το έτος 2020.

- Έισενσταντ

Η ιδέα για την περιοχή μοντέλων στο Eisenstadt προβλέπει τη μεταφορά των ταξί από τη χρήση παραδοσιακών οχημάτων σε χρήση ηλεκτρικών οχημάτων, καθώς και την εφαρμογή επιχειρηματικών μοντέλων κοινής χρήσης και E-carpooling. Αυτό το έργο εγκρίθηκε το 2013 και χρηματοδοτείται με 560.000 €.

Άλλες πρωτοβουλίες συμβάλλουν επίσης στην περαιτέρω ανάπτυξη της υποδομής φόρτισης. Οι εταιρείες της βιομηχανίας ενέργειας είτε έχουν ξεκινήσει πιλοτικά έργα είτε έχουν ξεκινήσει συνεργασία για την ανάπτυξη και τη δημιουργία σταθμών φόρτισης. Ένα παράδειγμα είναι η Telekom-Austria, μια εταιρεία τηλεπικοινωνιών και χειριστής δημόσιων τηλεφωνικών κουτιών που δεν είναι πλέον σε χρήση ή ζήτηση, άρχισε να επεκτείνει δημόσια τηλέφωνα με εγκαταστάσεις ηλεκτρονικής φόρτισης. Το σχέδιο περιλαμβάνει τη μετατροπή τουλάχιστον 30 τηλεφωνικών θαλάμων σε σημεία φόρτισης. Μπορεί να ενεργοποιηθεί μέσω SMS, RFID chip ή "Just-Plug" Chip που αναπτύχθηκε από την Everynear στο πλαίσιο της πρωτοβουλίας Lighthouse Project. Τα σημεία φόρτισης είναι κατάλληλα για οχήματα μονής λωρίδας και δύο λωρίδων. Οι αλυσίδες λιανικής πώλησης σούπερ μάρκετ, όπως η REWE και η Spar, αρχίζουν να δημιουργούν υποδομή φόρτισης στις τρέχουσες τοποθεσίες καταστημάτων τους. Τέλος, το πρώτο διακρατικό σχέδιο ηλεκτρικής κινητικότητας της Ευρώπης θα συνδέσει τις δύο πόλεις της Βιέννης της Αυστρίας και της Μπρατισλάβα της Σλοβακίας. Ο στόχος είναι να καταδειχθεί η επιχειρησιακή ικανότητα του συνολικού συστήματος ηλεκτρικής κινητικότητας. Η κοινοπραξία διασυνοριακής συνεργασίας Σλοβακίας-Αυστρίας περιλαμβάνει το Κέντρο Ενέργειας Μπρατισλάβα, EVN, Wien Energie και Zapadoslovenska Energetika, με επικεφαλής την αυστριακή εταιρεία ηλεκτρικής ενέργειας VERBUND.

6. Το νομικό και φορολογικό πλαίσιο στην Ελλάδα σε σχέση με την αγορά των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων

6.1 Φορολογικό σύστημα

Το φορολογικό σύστημα στην Ελλάδα που αφορά στα επιβατικά οχήματα διαχωρίζεται στους φόρους που αφορούν στην αγορά του οχήματος και στους φόρους που αφορούν στην χρήση και κατοχή αυτού. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει φόρους όπως ο ΦΠΑ που αφορά στην αρχική αγορά, και τα τέλη ταξινόμησης που επιβάλλονται άπαξ στο όχημα. Η δεύτερη κατηγορία φόρων, περιλαμβάνει τα τέλη κυκλοφορίας που έχουν ετήσια καταβολή, το φόρο πολυτελείας ανάλογα με το όχημα, αλλά και τον Ειδικό Φόρο Κατανάλωσης Καυσίμων (ΕΦΚ Καυσίμων) που αφορά στην χρήση του οχήματος [30].

Η επιβάρυνση από τον ΦΠΑ στην Ελλάδα είναι σημαντική κατά την αγορά επιβατικού οχήματος λόγω του ιδιαίτερα υψηλού συντελεστή (24%) ο οποίος έχει εφαρμογή σε κάθε κατηγορία οχήματος ανεξαρτήτως περιβαλλοντικών επιδόσεων. Σαν αποτέλεσμα αυτό οδηγεί σε μεγαλύτερη επιβάρυνση σε οχήματα με χαμηλότερες εκπομπές που εν γένει είναι ακριβότερα λόγω της υψηλής τεχνολογικής τους στάθμης. Στην Ελλάδα μάλιστα ο συντελεστής ΦΠΑ είναι ο 5ος πιο υψηλός μεταξύ των ευρωπαϊκών χωρών (EE28).

Το τέλος ταξινόμησης επιβάλλεται πλέον επί της καθαρής λιανικής τιμής προ φόρων του οχήματος. Υπάρχει προοδευτική αύξηση του συντελεστή επιβάρυνσης με βάση συγκεκριμένα κλιμάκια λιανικής τιμής. Τα Ηλεκτρικά οχήματα εξαιρούνται πλήρως από το Τέλος Ταξινόμησης επιβατικών ενώ τα Υβριδικά δικαιούνται έκπτωσης 50% [30].

Παράλληλα για τα συμβατικά οχήματα έχει καθοριστεί πέραν της λιανικής τιμής και ο καθορισμός του τέλους ταξινόμησης από τις εκπομπές ρύπων, με αύξηση του συντελεστή για τα οχήματα που εκπέμπουν πάνω από 121g CO₂/km κλιμακωτά. Περαιτέρω, για οχήματα με εκπομπές ρύπων κάτω από 100g CO₂/km, το τέλος ταξινόμησης μειώνεται με συντελεστή 95%. Σημειώνεται ότι με βάση το νέο πρότυπο εκτίμησης εκπομπών CO₂ WLTP (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure), το οποίο αναμένεται τελικώς να εφαρμοσθεί στην Ελλάδα από 1 Μαρτίου 2020, δυνητικά θα οδηγήσει σε αλλαγές στα τέλη κυκλοφορίας και στο

τέλος ταξινόμησης, δεδομένης της συνέχισης του υπολογισμού αυτών με βάση του ρύπους του οχήματος [30]

Σε σχέση με τους φόρους χρήσης, εν γένει οι έμμεσοι αφορούν κυρίως στον ειδικό φόρο κατανάλωσης καυσίμων. Η τιμή της αμόλυβδης στην Ελλάδα είναι η 3^η ακριβότερη μεταξύ των ΕΕ28, εξαιτίας αυτού του έμμεσου φόρου. Σε σχέση με το πετρέλαιο κίνησης (diesel) η Ελλάδα βρίσκεται στην 7^η θέση μεταξύ των κρατών μελών ΕΕ28.

Η σημασία του ΕΦΚ Καυσίμων αποτυπώνεται και στο σχετικό μερίδιο των εσόδων από ΕΦΚ Καυσίμων ως ποσοστό του ΑΕΠ, ανάμεσα σε χώρες της ΕΕ. Σε αυτό, η Ελλάδα κατατάσσεται 3^η ανάμεσα στις υπό εξέταση χώρες, με τα έσοδα από τον ΕΦΚ να προσεγγίζουν το 2,3% του ΑΕΠ. Η Σουηδία και η Δανία, χώρες με υψηλό ποσοστό ΖΛΕVs, βρίσκονται στις υψηλότερες θέσεις. Ενδεχομένως δηλαδή οι αυξημένες πωλήσεις οχημάτων χαμηλών ρύπων να συνδυάζονται σε χώρες που παρουσιάζουν υψηλούς ΕΦΚ Καυσίμων, υπό την αίρεση ότι πληρούνται και άλλες προϋποθέσεις ή/και υπάρχουν άλλα κίνητρα [30].

Σημαντική ετήσια επιβάρυνση για τους ιδιοκτήτες αποτελούν και τα τέλη κυκλοφορίας. Ως φόρος συνήθως αποτελούν σημείο αλλαγών τα τελευταία χρόνια ανάλογα με την εκάστοτε κυβερνητική ατζέντα. Σήμερα, για τα οχήματα που ταξινομούνται από τον Νοέμβριο του 2010, τα τέλη Κυκλοφορίας υπολογίζονται με βάση τις εκπομπές ρύπων, συμπεριλαμβανομένων και των υβριδικών οχημάτων. Αντίθετα, σε σχέση με οχήματα που είναι ταξινομημένα πριν από το 2010, τα τέλη κυκλοφορίας υπολογίζονται με κριτήριο τον κυβισμό, με διακυμάνσεις ανάλογα με το έτος πρώτης ταξινόμησης. Τα Υβριδικά με κινητήρα κάτω από 1.549 cc απαλλάσσονται από τα τέλη κυκλοφορίας, ενώ τα Υβριδικά με κινητήρα πάνω από 1.549 cc καταβάλλουν το 60% των τελών κυκλοφορίας [30]. Τέλος, σε σχέση με οχήματα που ταξινομήθηκαν το 2018, τα έσοδα από Τέλη Κυκλοφορίας προσέγγισαν τα €12,2 εκατ. Η πλειονότητα των νέων οχημάτων εκπέμπει 101-120g CO₂/km, καθώς στην κατηγορία αυτή ανήκει το 53,1% των νέων πωλήσεων, ενώ ακολουθεί η μικρότερη κατηγορία 91-100g CO₂/km, με μερίδιο πωλήσεων 27,8%. Τα περισσότερα υβριδικά τα οποία εκπέμπουν κυρίως κάτω από 100 ή 90g CO₂/km δεν καταβάλλουν τέλη κυκλοφορίας, όπως και τα ηλεκτρικά καθώς δεν εκπέμπουν ρύπους [30].

6.2 Παροχή κινήτρων για την αγορά υβριδικών και ηλεκτρικών αυτοκινήτων

Στην Ελλάδα κατά βάση τα παρεχόμενα κίνητρα με στόχο την αύξηση της ζήτησης και της στοφής προς την απόκτηση οχημάτων χαμηλών εκπομπών, στοχεύουν τόσο στην αγορά όσο και στην κτήση και χρήση των οχημάτων αυτών. Στην πρώτη περίπτωση, αφορούν κυρίως σε επιδότηση ή φοροελαφρύνσεις. Στην δεύτερη περίπτωση αφορούν στην μείωση γενικώς των σχετιζόμενων φόρων (όπως τα τέλη κυκλοφορίας) αλλά και προβλέψεις εξαίρεσης από διάφορους κανονισμούς, όπως ελεύθερη πρόσβαση στο αστικό κέντρο, ελεύθερη χρήση λεωφορειολωρίδων, πάρκινγκ και λοιπά.

Η μελέτη των κινήτρων που δίνονται σε χώρες της ΕΕ28 καταδεικνύει πως αρκετές χώρες προσφέρουν και κίνητρα αγοράς νέων οχημάτων χαμηλότερων εκπομπών, ενώ στις χώρες αυτές εφαρμόζεται εκτενής φοροελάφρυνση κτήσης ή/και χρήσης. Σχεδόν όλες οι χώρες της ΕΕ28 εφαρμόζουν πολιτικές ενθάρρυνσης αγοράς και χρήσης οχημάτων χαμηλών εκπομπών ρύπων, με τις ελαφρύνσεις να αφορούν στη φορολογία απόκτησης (Τέλος Ταξινόμησης), στη Φορολογία χρήσης (Τέλη Κυκλοφορίας), και στη φορολογία εταιρικών αυτοκινήτων [30].

Στη φορολογία κτήσης, τα κίνητρα ποικίλουν στις χώρες της ΕΕ28 και περιλαμβάνουν εξαιρέσεις από την καταβολή του τέλους ταξινόμησης, ή έκπτωσή του ή και φοροελαφρύνσεις. Συγκεκριμένα, σε αρκετές χώρες υπάρχει εξαίρεση από την καταβολή τους τέλους ταξινόμησης, όπως για παράδειγμα στην Ελλάδα και στην Ολλανδία. Στην Ελλάδα συγκεκριμένα υπάρχει εξαίρεση για ηλεκτρικά οχήματα, 50% μειωμένα τέλη ταξινόμησης για τα υβριδικά οχήματα [30].

Ως προς την κατοχή, σχεδόν όλες οι χώρες περιορίζουν ή και εξαιρούν τα οχήματα χαμηλών εκπομπών ρύπων από την υποχρέωση πληρωμής τελών κυκλοφορίας. Στην Ελλάδα εξαιρούνται από την καταβολή τελών κυκλοφορίας τα ηλεκτρικά οχήματα, και όσα έχουν ταξινομηθεί μετά τον Νοέμβριο του 2010 και εκπέμπουν κάτω από 90g CO₂/km.

Πρόσφατα στην Ελλάδα ψηφίστηκε το σχέδιο προώθησης της ηλεκτροκίνησης. Πλέον, το πρόγραμμα «Κινούμαι ηλεκτρικά» έχει τεθεί σε ισχύ από τη δημοσίευση του νόμου στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, ώστε να μπορούν οι ενδιαφερόμενοι να εξασφαλίσουν έκπτωση σε κάποιο από τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα της ελληνικής αγοράς. Οι σχετικές επιδοτήσεις αφορούν σε:

1. Για τα επιβατικά ΙΧ
 - 20% στα φθηνότερα ηλεκτρικά αυτοκίνητα (έως 30.000 ευρώ Λιανική Τιμή Προ Φόρων-ΛΤΠΦ) και με ανώτατο όριο επιδότησης τις 6.000 ευρώ
 - 15% στα ακριβότερα ηλεκτρικά αυτοκίνητα (30.001 - 50.000 ευρώ ΛΤΠΦ), με ανώτατο όριο επιδότησης τις 6.000 ευρώ
 - Επιπλέον επιδότηση 1.000 ευρώ για αντικατάσταση παλαιού ΙΧ με νέο ηλεκτρικό.
2. Για τα ηλεκτρικά και plug-in υβριδικά ταξί
 - 25% επιδότηση για αγορά ηλεκτρικού ΤΑΞΙ, μέχρι το όριο των 8.000 ευρώ.
 - 15% επιδότηση για αγορά plug-in υβριδικού ταξί με εκπομπές CO2 έως 50 gr/km, μέχρι το όριο των 5.500 ευρώ.
 - Επιπλέον επιδότηση 2.500 ευρώ για αντικατάσταση παλαιού ταξί (είναι υποχρεωτική).
3. Για ηλεκτρικά σκούτερ και ποδήλατα
 - 20% επιδότηση για αγορά ηλεκτρικού σκούτερ.
 - 40% επιδότηση για αγορά ηλεκτρικού ποδηλάτου.
4. Κίνητρα για ΑμεΑ
 - Προβλέπονται κίνητρα για τα ΑμεΑ, με επιδότηση 1.000 ευρώ επιπλέον για αγορά ηλεκτρικού αυτοκινήτου.
5. Μη οικονομικά κίνητρα
 - Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα θα μπορούν να παρκάρουν δωρεάν σε δημόσιους χώρους στάθμευσης

7. Ανάλυση PESTEL

Η ανάλυση PESTEL αποτελεί ένα σημαντικό στρατηγικό εργαλείο του marketing. Χρησιμοποιείται για την εξέταση και ανάλυση του περιβάλλοντος μίας επιχείρησης και του κατά πόσο αυτή μπορεί να έχει μια βιώσιμη λειτουργία εντός αυτού του περιβάλλοντος. Περαιτέρω, η ανάλυση μπορεί να παρέχει πληροφορίες που επιτρέπουν την πρόβλεψη καταστάσεων και τυχόν δυσκολιών που είναι πιθανό να υπάρξουν κατά την λειτουργία.

Οι ενότητες που εξετάζονται σε μια ανάλυση PESTEL, και έχουν προσδώσει το σχετικό όνομα από τα αρχικά τους είναι:

- Το πολιτικό περιβάλλον (Political)
- Το οικονομικό περιβάλλον (Economical)
- Το κοινωνικό περιβάλλον (Social)
- Το τεχνολογικό περιβάλλον (Technological)
- Την Περιβαλλοντική διάσταση (Environmental)
- Νομοθεσία (Legal)

Η ανάλυση εν γένει έχει σαν στόχο την καταγραφή των αλληλεπιδράσεων των πιο πάνω παραγόντων. Περαιτέρω, τα εξεταζόμενα περιβάλλοντα εμφανίζουν την ίδια βαρύτητα στην ανάπτυξη και την λειτουργία της επιχείρησης ή του εγχειρήματος.

Η ανάλυση PESTEL, σε αυτή την εργασία, λαμβάνει χώρα με στόχο την εξέταση της διεΐσδυσης της υβριδοποίησης των οχημάτων στην Ελλάδα.

7.1 Πολιτικό περιβάλλον

Είναι σαφές ότι στα πλαίσια των δεσμεύσεων που έχει αναλάβει η χώρα για την υιοθέτηση πρακτικών και πολιτικών μείωσης της παραγωγής εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, αν και με σχετική καθυστέρηση προς την εκτέλεση τους σε σχέση με τον μέσο όρο της ΕΕ βρίσκεται σε εξέλιξη. Η εισαγωγή της ηλεκτροκίνησης στην ελληνική αγορά έχει καθυστερήσει χαρακτηριστικά σε σχέση με τα υπόλοιπα κράτη της ΕΕ, αλλά η νέα νομοθεσία αποτελεί ένα σημαντικό βήμα προς αυτή την κατεύθυνση.

Ωστόσο, υπάρχουν ακόμα σχετικά κενά στην ελληνική νομοθεσία, κυρίως στο ζήτημα της ρύθμισης των σημείων φόρτισης που και αυτά θα πρέπει να ρυθμιστούν αλλά και να προκύψουν κατάλληλα κίνητρα για την εισαγωγή περισσότερων παρόχων στο σύστημα.

Ένα επίσης σημαντικό ζήτημα σε σχέση με το πολιτικό περιβάλλον είναι η ρευστότητα που παρατηρείται σε σχέση με τις προτεραιότητες της εκάστοτε κυβέρνησης στο αντίστοιχο πεδίο. Στην Ελλάδα η μεταβολή των ισχυόντων νομοθεσιών είναι αρκετά συχνή μεταξύ της εναλλαγής κυβερνήσεων και ως εκ τούτου υπάρχει μια σχετική αβεβαιότητα σε σχέση με την διατήρηση της νομοθεσίας ως έχει. Ωστόσο, η απαίτηση για την προσαρμογή της ελληνικής νομοθεσίας και ρυθμιστικού πλαισίου με αυτή της ΕΕ αποτελεί εν γένει μια σχετική ένδειξη σταθερότητας.

7.2 Οικονομικό περιβάλλον

Η σημαντική οικονομική κρίση που πέρασε η ελληνική οικονομία την τελευταία δεκαετία έχει αφήσει μια περίοδο παρατεταμένης ύφεσης με αποτέλεσμα την μείωση της κίνησης της αγοράς ιδιαίτερα στον τομέα της αγοράς νέων οχημάτων. Χαρακτηριστικό δε είναι η σημαντική ηλικία του στόλου στην χώρα που οφείλεται κατά κύριο λόγο στην αδυναμία ή/και απροθυμία των πολιτών και εταιριών να επενδύσουν σε νέο όχημα δεδομένης της σχετικής οικονομικής αβεβαιότητας.

Περαιτέρω, η μείωση των μισθών αλλά και η αύξηση της ανεργίας έχουν οδηγήσει σε τέλμα τις πωλήσεις των νέων οχημάτων, πόσο μάλλον δε των οχημάτων υβριδικής ή ηλεκτρικής τεχνολογίας που εν γένει είναι σημαντικά ακριβότερα από τα τυπικά οχήματα. Η όλη κατάσταση οικονομικά έχει οδηγήσει πολλούς αγοραστές στην λύση των μεταχειρισμένων αυτοκινήτων (συνήθως εισαγόμενων και σχετικά νέας τεχνολογίας).

Παράλληλα, η εισπρακτική φορολογική λογική των τελευταίων ετών έχει αυξήσει σημαντικά την φορολογία και τα σχετικά τέλη από τα οποία ωστόσο εξαιρούνται τα οχήματα του τύπου. Όμως δεδομένης της ρευστής κατάστασης σε σχέση με την οικονομική δραστηριότητα στην Ελλάδα (συνυπολογίζοντας την πρόσφατη ύφεση που προκάλεσαν τα μέτρα αντιμετώπισης της πανδημίας COVID-19) δημιουργούν μια κατάσταση αβεβαιότητας για το μέλλον αλλά και για τις πιθανές κινήσεις της κυβέρνησης που απωθεί πολλούς αγοραστές από το να κάνουν χρήση

των νέων διατάξεων περί επιχορήγησης της αγοράς και κτήσης υβριδικών και ηλεκτρικών οχημάτων.

7.3 Κοινωνικό περιβάλλον

Ο μόνιμος πληθυσμός της Ελλάδας, σύμφωνα με την απογραφή που πραγματοποιήθηκε το 2011, ανέρχεται στα 10.816.286, όπου περίπου 51% είναι γυναίκες και το υπόλοιπο 49% άντρες. Περίπου τα τρία τέταρτα του πληθυσμού είναι εγκατεστημένα στα αστικά κέντρα της χώρας.

Περισσότερα από τα μισά νοικοκυριά έχουν στην ιδιοκτησία τους επιβατικό όχημα, ενώ ξοδεύουν το 12,8% των χρημάτων που δαπανούν στις μεταφορές. Το 2010, λόγω της κρίσης που επικρατεί στη χώρα, οι πωλήσεις των ιδιωτικών οχημάτων ήταν σχεδόν μηδενικές, λόγω της διάθεσης των χρημάτων των πολιτών για την κάλυψη των άμεσων αναγκών τους. Παρατηρείται λοιπόν, ότι το αυτοκίνητο αποτελεί για ένα μεγάλο μερίδιο της κοινωνίας στην Ελλάδα βασικό αγαθό για μία καλή ποιότητα ζωής. Επομένως η χρήση οχημάτων με συμβατικά καύσιμα είναι ευρέως διαδεδομένη.

Η αγορά των ηλεκτροκίνητων οχημάτων δεν είναι αρκετά δημοφιλής στην Ελλάδα, αφού το έτος 2017 ο αριθμός των καθαρά ηλεκτρικών αυτοκινήτων στους δρόμους είναι μόνο 397, σύμφωνα με στοιχεία από το μητρώο του Υπουργείου Υποδομών και Μεταφορών. Ενώ σταδιακά φαίνεται η αύξηση των πωλήσεων υβριδικών και ηλεκτρικών οχημάτων στην χώρα.

Για την προώθηση της ηλεκτροκίνησης δημιουργήθηκε το Ελληνικό Ινστιτούτο Ηλεκτροκίνητων Οχημάτων (ΕΛ.ΙΝ.Ο.). Το ινστιτούτο ιδρύθηκε το 1991 και αποτελείται κατά κύριο λόγο από επιστήμονες και γενικότερα από άτομα που είναι ευαισθητοποιημένα για το περιβάλλον. Ο οργανισμός προσπαθεί μέσα από διάφορες ενέργειες να προωθήσει την ηλεκτροκίνηση στη χώρα. Εκπροσωπεί επίσης την Ελλάδα σε ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο στο χώρο της ηλεκτροκίνησης

7.4 Τεχνολογικό περιβάλλον

Τα ηλεκτροκίνητα οχήματα που διατίθενται στην αγορά, διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες.

- Υβριδικά (Hybrid-HEV)

- Plug-In Hybrid Electric Vehicle (PHEV)
- Battery Electric Vehicle (BEV)

Τα υβριδικά αναφέρονται στα οχήματα που συνδυάζουν μηχανή εσωτερικής καύσης, με καύσιμα πετρελαίου, βενζίνης και φυσικού αερίου, συνδεδεμένη με ηλεκτρικό κινητήρα. Ο ηλεκτρικός κινητήρας τροφοδοτείται από μπαταρίες τύπου ιόντων λιθίου, μόλυβδου ή νικελίου. Γενικά η επιπρόσθετη ισχύς που μπορεί να προσφέρει ο ηλεκτροκινητήρας, παρέχει τη δυνατότητα για χρήση μίας μικρότερης σε μέγεθος μηχανής εσωτερικής καύσης, καθώς και την τροφοδότηση με άλλων συστημάτων (ήχου, κλιματισμού κλπ.) του οχήματος, κάνοντας έτσι οικονομία καυσίμου.

Η δεύτερη κατηγορία οχημάτων είναι τα PHEV. Η λειτουργία τους ακολουθεί την ίδια φιλοσοφία με τα υβριδικά. Ένα όχημα αυτής της κατηγορίας αποτελείται από μία μηχανή εσωτερικής καύσης και ένα ηλεκτροκινητήρα. Με την μόνη διαφορά ότι ο ηλεκτροχημικός συσσωρευτής μπορεί να φορτιστεί, εκτός από την μηχανή εσωτερικής καύσης και τη βοήθεια των φρένων, με την χρήση εξωτερικού καλωδίου, κατάλληλα διαμορφωμένο, συνδεδεμένο με το τοπικό δίκτυο διανομής ρεύματος με μία συσκευή κατάλληλη για φόρτιση.

Τα αμιγώς ηλεκτροκίνητα οχήματα (BEV) έχουν μόνο ηλεκτροκινητήρα, αποβάλλοντας έτσι την άμεση εξάρτηση τους από τα ορυκτά καύσιμα. Ο συσσωρευτής του έχει μεγάλη χωρητικότητα, προσφέροντας αυτονομία από 120 km μέχρι 200 km. Η φόρτιση της μπαταρίας γίνεται με σύνδεση με εξωτερική ηλεκτρική πηγή.

Στην Ελληνική αγορά διατίθενται πλέον οχήματα και στις τρεις κατηγορίες από τους κύριους κατασκευαστές οχημάτων.

Οι εξωτερικοί τρόποι φόρτισης των ηλεκτροχημικών συσσωρευτών των οχημάτων πρέπει να είναι εύκολα προσβάσιμοι από το οδικό δίκτυο, εύκολοι στην χρήση και να φορτίζουν γρήγορα. Οι σταθμοί φόρτισης μπορεί να είναι οικιακοί, δημόσιοι ή να βρίσκονται σε διάφορες επιχειρήσεις. Τα σημεία φόρτισης που βρίσκονται κατά μήκος του οδικού δικτύου είναι και αυτά που παρουσιάζουν την καλύτερη συμπεριφορά σε σχέση με την ταχύτητα φόρτισης (30 λεπτά). Οι Superchargers έχουν την ικανότητα να φορτίσουν μέχρι και το 80% σε μικρό χρονικό διάστημα, είναι τριφασικής παροχής 400-600V συνεχόμενου ρεύματος και μπορούν να παράγουν έως και 120 kW. Στην Ευρώπη χρησιμοποιούνται συσκευές τύπου CCS για ταχεία

φόρτιση αλλά με τριφασική παροχή εναλλασσόμενου ρεύματος ισχύς 21 kW, ενώ δεν αποκλείεται σε μελλοντικό χρόνο η αλλαγή του σε συνεχές για παροχή μεγαλύτερης ισχύος. Ενώ μεγάλοι κατασκευαστές ηλεκτροκίνητων οχημάτων κατασκευάζουν τις υποδοχές φόρτισης σύμφωνα με το πρότυπο CCS.

Στην Ελλάδα αυτή την στιγμή υπάρχουν 47 σταθμοί εκ των οποίων οι 39 είναι δημόσιοι. Ένα ενδεικτικό κόστος φόρτισης του συσσωρευτή σε δημόσιο σταθμό είναι 1,5 € για φόρτιση με εναλλασσόμενο ρεύμα και επιπλέον 0,025 € για κάθε λεπτό σύνδεσης και 3€ με συνεχές ρεύμα και επιπλέον 0,25 €. Η χρέωση μπορεί να γίνει μέσω πιστωτικής κάρτας. Επιπλέον ο χρήστης μπορεί να προμηθευτεί, από την εταιρία διαχείρισης του σταθμού, κάρτα με προπληρωμένες συνεδρίες φόρτισης και επωφελείται με μικρότερη χρέωση.

Είναι σαφές ότι το μόνο σημαντικό τεχνολογικό ζήτημα που αντιμετωπίζουν τα ηλεκτρικά οχήματα στην Ελλάδα, όχι όμως τα υβριδικά, είναι κατά βάση το ζήτημα της αυτονομίας και της εύρεσης σημείων φόρτισης.

7.5 Περιβάλλον

Επί του παρόντος διατίθενται διάφορες τεχνολογικές επιλογές στην αγορά ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Τα υβριδικά-ηλεκτρικά οχήματα (αναφέρονται απλώς ως HEVs σε αυτήν την αναφορά) είναι τα πιο συνηθισμένα σήμερα, με τα PHEV να είναι επίσης ευρέως διαθέσιμα. Και τα δύο χρησιμοποιούν την ισχύ της μπαταρίας σε συνδυασμό με κινητήρες εσωτερικής καύσης.

Οι εκπομπές που συνδέονται με τη λειτουργία αυτών των οχημάτων προέρχονται από την εξάτμιση (όταν ο κινητήρας εσωτερικής καύσης λειτουργεί) και για τα υβριδικά plug-in λογίζονται ως εκπομπές αυτές που προκύπτουν από την παραγωγή ενέργειας στο βαθμό που τα ορυκτά καύσιμα χρησιμοποιούνται ως πηγή ενέργειας. Τα ηλεκτρικά οχήματα με μπαταρία διατίθενται επίσης στο εμπόριο. Αυτά τα οχήματα βασίζονται αποκλειστικά σε επαναφορτιζόμενες μπαταρίες και δεν διαθέτουν κινητήρα εσωτερικής καύσης για να παρέχουν εφεδρική ισχύ όταν οι μπαταρίες εξαντλούνται. Τα BEV παράγουν μηδενικές εκπομπές ενώ λειτουργούν, αλλά είναι υπεύθυνα για τις εκπομπές κατά τη παραγωγή ενέργειας, και πάλι στο βαθμό που τα ορυκτά καύσιμα χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Μια παραλλαγή του BEV είναι το ηλεκτρικό όχημα εκτεταμένης εμβέλειας που χρησιμοποιεί μια βοηθητική μονάδα ισχύος που περιέχει επιπλέον επαναφορτιζόμενες μπαταρίες. Η βοηθητική μονάδα μερικές φορές περιέχεται σε ένα μικρό τρέιλερ. Οι αγοραστές ηλεκτρικών αυτοκινήτων ενθαρρύνονται σήμερα από την υπόσχεση μείωσης της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων και χαμηλότερων εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.

Τα συνοπτικά πορίσματα στην βιβλιογραφία σε σχέση με το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των ανωτέρω τύπων οχημάτων είναι τα ακόλουθα:

- Τα HEV, τα PHEV και τα BEV παίζουν κρίσιμο ρόλο στη μείωση των παγκόσμιων εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.
- Μειώσεις εκπομπών κύκλου ζωής οχήματος κατά 80% + είναι τεχνικά δυνατές μέσω αντικατάστασης οχημάτων κινητήρα εσωτερικής καύσης με λειτουργικά ισοδύναμα BEV.
- Τα PHEVS και BEV έχουν το μεγαλύτερο πλεονέκτημα έναντι των οχημάτων εσωτερικής καύσης σε αστικές περιοχές όπου οι αποστάσεις που διανύονται καθημερινά είναι σχετικά μικρές και το ταξίδι συχνά περιλαμβάνει στάση και μετάβαση.
- Οι επιτεύξιμες μειώσεις εκπομπών επηρεάζονται έντονα από την ένταση εκπομπών GHG κατά τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται για τη φόρτιση των μπαταριών του οχήματος.
- Λαμβάνοντας υπόψη τη μέση ένταση εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου στις ΗΠΑ, τα HEV και τα PHEV επιτυγχάνουν ουσιαστικά το ίδιο επίπεδο μείωσης των εκπομπών GHG από την κίνηση στους δρόμους (27-32%).
- Όταν χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια χαμηλής έντασης εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ως πηγή φόρτισης, τα PHEV είναι 30-47% πιο αποτελεσματικά από τα HEV και 51-63% πιο αποτελεσματικά από τα οχήματα κινητήρα εσωτερικής καύσης. Ωστόσο, όταν τα PHEV φορτίζονται χρησιμοποιώντας μια πηγή ενέργειας υψηλής έντασης εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, οι εκπομπές μπορεί να είναι έως και 9-18% υψηλότερες από τις αντίστοιχες των HEV.
- Έχει σημειωθεί σημαντική πρόοδος κατά την τελευταία δεκαετία στη μετατόπιση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα από ορυκτά καύσιμα σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, μειώνοντας την ένταση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με αυξημένες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

- Μόνο όταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι ουσιαστικά απαλλαγμένη από εκπομπές, μπορούν τα PHEV και τα BEV να αξιοποιήσουν πλήρως τις δυνατότητές τους για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.
- Η κατανάλωση ενέργειας και οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μπορούν να ελαχιστοποιηθούν με την οδήγηση ηλεκτρικών οχημάτων (ή οποιουδήποτε τύπου οχήματος) σε χαμηλότερες ταχύτητες (π.χ. αστική οδήγηση στα 90 kph αντί για 110 kph) και ελαχιστοποιώντας την επιτάχυνση.
- Ένα πολύ φορτωμένο όχημα (συμπεριλαμβανομένου ενός φορτωμένου με αξεσουάρ) θα καταναλώνει περισσότερη ενέργεια και θα έχει μεγαλύτερες εκπομπές από αυτό που είναι ελαφρύτερα φορτωμένο.
- Η κατασκευή HEV, PHEV και BEV απαιτεί κατανάλωση μεγαλύτερων ποσοτήτων στρατηγικών μετάλλων από ό, τι αυτή των τυπικών οχημάτων, δημιουργώντας επείγουσα ανάγκη για ανάπτυξη βελτιωμένων σχεδίων οχημάτων και νέες στρατηγικές ανακύκλωσης

7.6 Νομοθετικό περιβάλλον

Εν γένει το νομοθετικό πλαίσιο στην Ελλάδα για τα ηλεκτρικά και υβριδικά αυτοκίνητα βρίσκεται στην παρούσα φάση στην προσαρμογή του σε σχέση με τα ισχύοντα σε άλλες χώρες της ΕΕ και στις αντίστοιχες οδηγίες της ΕΕ.

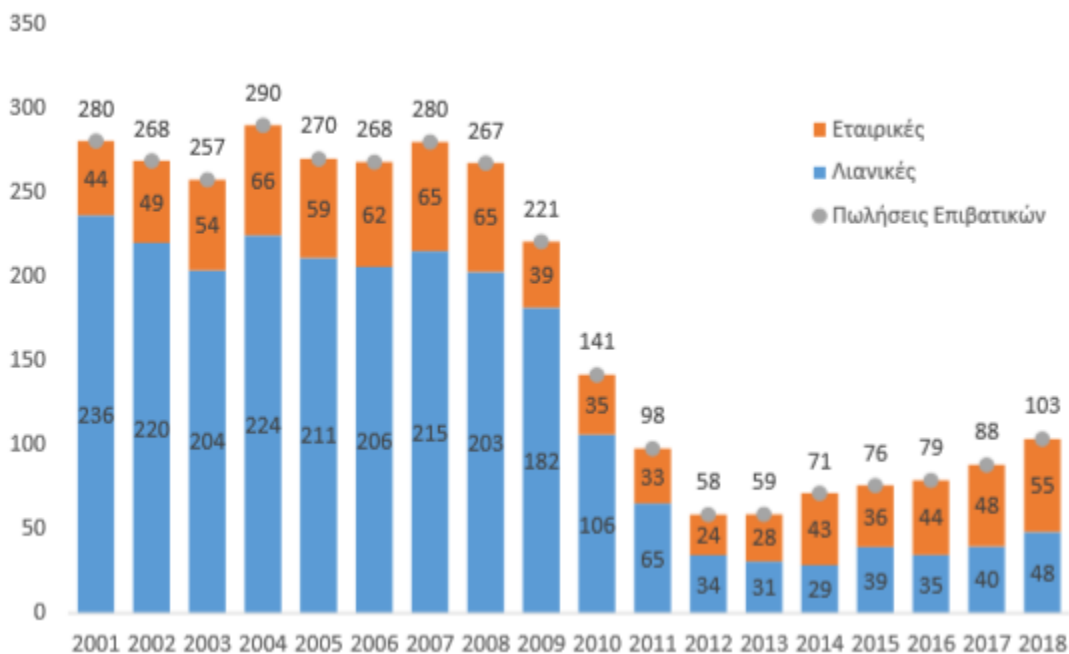
Η αντικατάσταση οχημάτων με ηλεκτρικά περιορίζεται σε μικρά οχήματα, αφού για μεσαία και βαρέα άνω των 3,5 tn προβλέπεται η μετατροπή τους σε οχήματα με κινητήρες φυσικού αερίου. Επίσης λόγω της αλλαγής αυτής, προβλέπονται και οι ανάλογες ρυθμίσεις για εκπαιδευτικά και επιμορφωτικά σεμινάρια για τους εργαζόμενους για την προώθηση της οικονομικής οικολογικής και ασφαλούς οδήγησης χρησιμοποιώντας τα αναφερόμενα οχήματα.

Το τέλος ταξινόμησης των υβριδικών οχημάτων θα είναι το 50% αυτού που θα καταβάλλαν αν το όχημα απαρτιζόταν μόνο από κινητήρα εσωτερικής καύσης, ενώ οι ιδιοκτήτες των αμιγώς ηλεκτρικών οχημάτων, δεν οφείλουν να πληρώσουν τέλος ταξινόμησης.

Στην Ελλάδα μόλις πρόσφατα τέθηκαν σε ισχύ ο νόμος για την επιχορήγηση αγοράς ηλεκτρικού αυτοκινήτου και η αντίστοιχη πλατφόρμα.

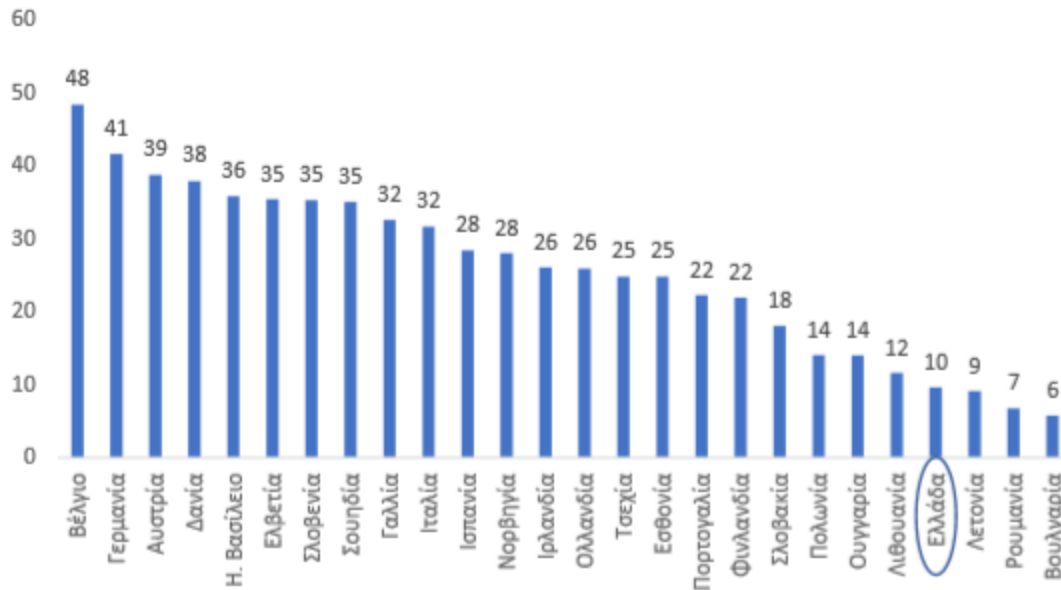
8. Η διείσδυση των υβριδικών οχημάτων στην Ελλάδα

Εν γένει η ελληνική αγορά τα τελευταία χρόνια υπέστη τις επιπτώσεις της χρηματοπιστωτικής κρίσης του 2008, καθώς και της ελληνικής κρίσης χρέους από το 2009 έως και σήμερα, γεγονός που οδήγησε σε σημαντικές μειώσεις στις πωλήσεις νέων αυτοκινήτων την τελευταία δεκαετία [30] (σχ. 43). Στο σχήμα 43 η επίδραση των συνεχών οικονομικών κρίσεων στην αγορά αυτοκινήτου είναι παραπάνω από σαφής. Η μείωση του διαθέσιμου εισοδήματος σε συνδυασμό με τα οικονομικά μέτρα που υιοθετήθηκαν και αφορούσαν κατά βάση σε αύξηση φόρων και πτώση μισθών μείωσε την ικανότητα των καταναλωτών για την απόκτηση νέου οχήματος.



Σχήμα 43 Πωλήσεις επιβατικών αυτοκινήτων 2001-2018

Αυτή η σημαντική πτώση έφερε την Ελλάδα στην 4^η χαμηλότερη θέση μεταξύ των ΕΕ28 για το 2018, καθώς οι πωλήσεις έφτασαν το ρυθμό των 10 οχημάτων ανά 1000 κατοίκους (σχ. 44).



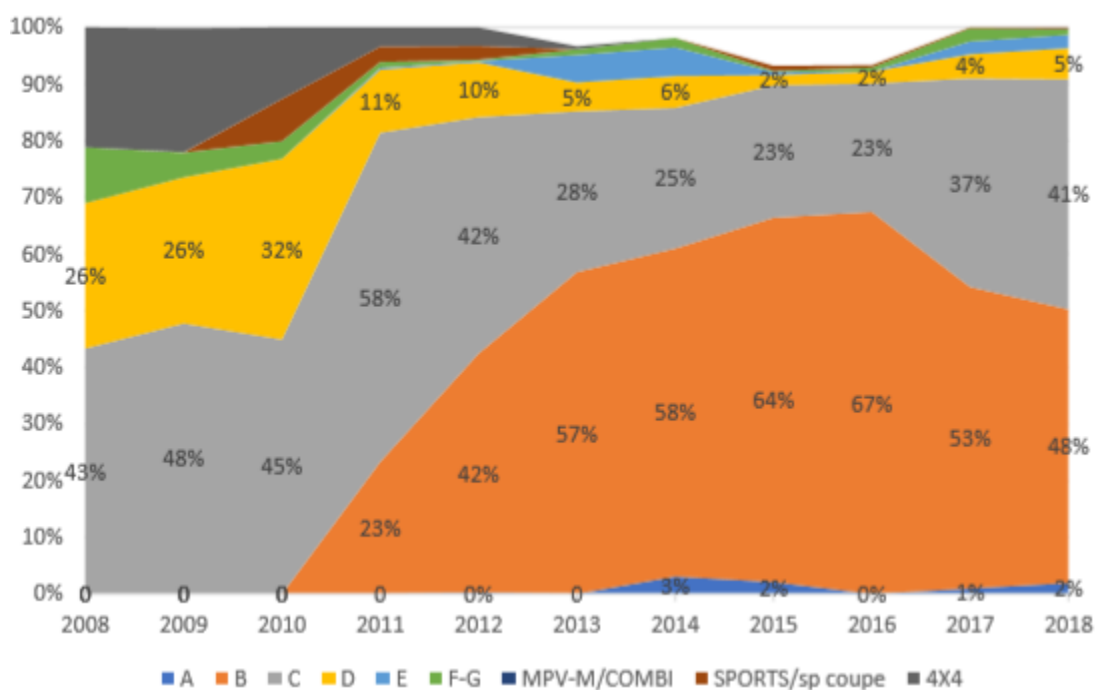
Σχήμα 44 Πωλήσεις οχημάτων ανά 1000 κατοίκους στην ΕΕ28 (2018) [30]

Πέρα από την πτώση των εισοδημάτων, η περίοδος μετά το 2010 χαρακτηρίζεται από έντονη πολιτική και κοινωνική αβεβαιότητα, με αποτέλεσμα να πληγούν κυρίως οι αγορές διαρκών αγαθών, όπως είναι τα αυτοκίνητα καθώς και άλλα (κατοικίες, κ.ά.). Η αγορά αυτοκινήτου δέχθηκε πιέσεις από το ευρύτερο οικονομικό περιβάλλον της ελληνικής οικονομίας, αλλά ταυτόχρονα συντελέστηκαν και μεταβολές στην ίδια την αγορά (συνεχείς μεταβολές στη φορολογία οχημάτων και στο ρυθμιστικό πλαίσιο), που είχαν ως αποτέλεσμα την περαιτέρω μεταβλητότητα και ανισορροπία στην αγορά. Τέτοιου είδους μεταβολές ήταν οι αλλαγές στο φορολογικό πλαίσιο ορισμένων κατηγοριών αυτοκινήτων, όπως ο φόρος πολυτελείας για οχήματα μεγάλου κυβισμού και η αλλαγή στη φορολογική αντιμετώπιση των αυτοκινήτων μακροχρόνιας μίσθωσης (leasing). Οι αυξήσεις του ΦΠΑ κατά 5 μονάδες από το 2010 (από το 19% στο 24%), παρόλο που επηρεάζουν όλα τα αγαθά προκαλούν σημαντικά αυξημένο κόστος στα επιβατικά λόγω της υψηλής αξίας τους.

Σε σχέση με τις νέες πωλήσεις η μερίδα του λέοντος αφορούσε όπως ήταν διαχρονικά στην Ελλάδα την λιανική πώληση, ήτοι τα επιβατικά Ι.Χ. οχήματα, με πολύ μικρότερο ποσοστό να αφορά σε εταιρικές πωλήσεις, με οποιαδήποτε μορφή μίσθωσης (είτε βραχυπρόθεσμη είτε μακροπρόθεσμη). Ωστόσο το ποσοστό των τελευταίων αυξήθηκε σημαντικά σαν μέρος του συνόλου από το 2013 και έπειτα, ακριβώς λόγω της οικονομικής πίεσης που υπέστησαν οι ιδιώτες για την εκχώρηση κεφαλαίου επένδυσης σε νέο όχημα. Η εξαίρεση του 2015 οφείλεται

στην αύξηση των πωλήσεων λιανικής, κυρίως λόγω του φόβου επιβολής κεφαλαιακών ελέγχων και της απειλής για κούρεμα στις καταθέσεις.

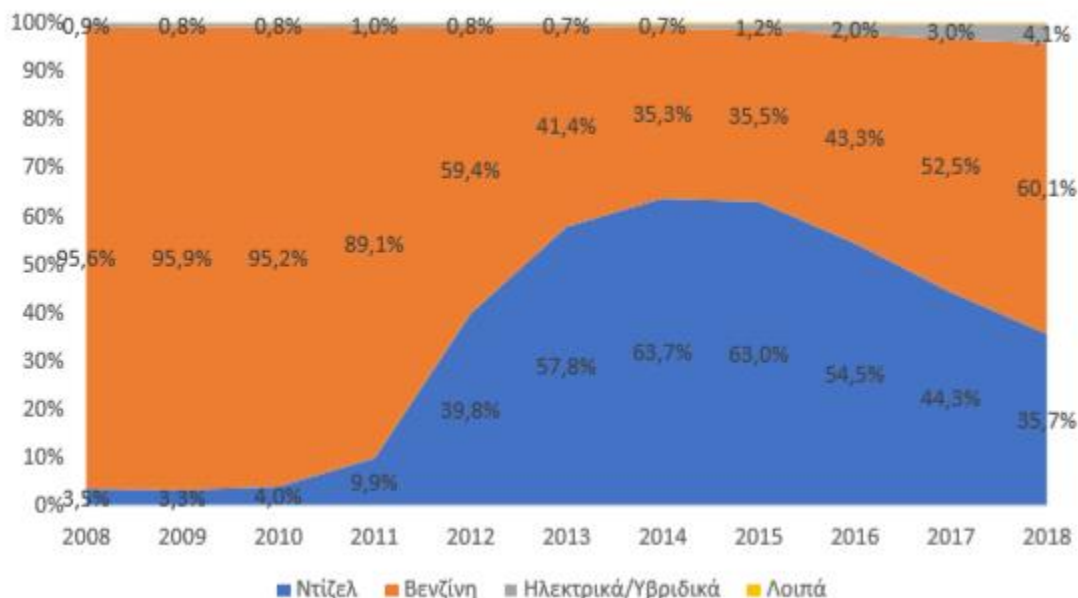
Περαιτέρω, και σε σχέση με την κατηγορία υπήρξε σημαντική στροφή προς τα μικρότερα επιβατηγά λόγω μειωμένου κόστους τόσο στην αγορά όσο και στην χρήση. Σύμφωνα με τα σχετικά στοιχεία [30] (σχ. 45), η κατηγορία Β πλέον αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος της αγοράς ακολουθούμενη από την κατηγορία C.



Σχήμα 45 Μεριδίο ανά κατηγορία οχήματος στις αγορές νέων οχημάτων [30]

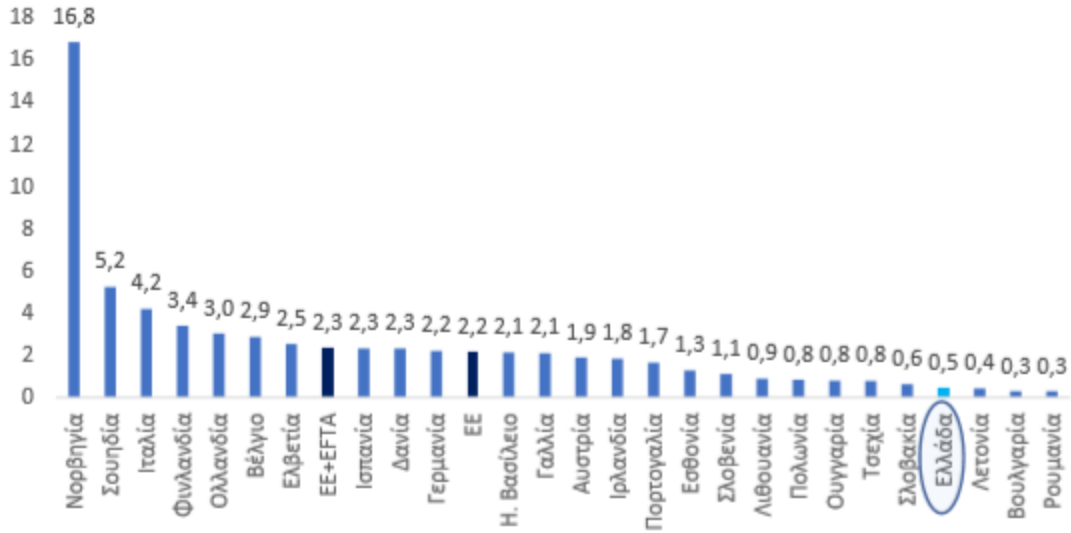
Σε σχέση με την πηγή ενέργειας που χρησιμοποιούν τα νέα οχήματα, περίπου το 60% είναι βενζινοκίνητα (2018), πράγμα που δείχνει μια αύξηση σε σχέση με το παρελθόν όπου η πετρελαιοκίνηση αποτελούσε ένα σημαντικό μέρος της αγοράς. Συγκεκριμένα, μέχρι τον Νοέμβριο του 2010, όταν επετράπη η κυκλοφορία diesel οχημάτων στην Αττική, το μερίδιο των βενζινοκινητήρων ήταν πάνω από 90%. Η απελευθέρωση της πετρελαιοκίνησης ωστόσο, οδήγησε σε σημαντική αύξηση οχημάτων με κινητήρες diesel, οδηγώντας σε μια αύξηση που έφτασε μέχρι και το 63,7% του συνόλου πωλήσεων το 2014. Από τότε όμως το μερίδιο αυτό τείνει να μειώνεται έχοντας φτάσει περίπου στο 35,7% το 2018, καθώς αυξήθηκε σημαντικά το μερίδιο των βενζινοκίνητων οχημάτων, ενώ πλέον παρατηρείται μια σταδιακά αυξανόμενη (περιορισμένη όμως ακόμα) ζήτηση για υβριδικά οχήματα και μια ελάχιστη παρουσία αμιγώς

ηλεκτρικών οχημάτων, που συνολικά βρίσκεται περίπου στο 4,1%. Παρόλο το περιορισμένο μερίδιο, καταγράφεται μια δυναμική στη συγκεκριμένη αγορά οχημάτων χαμηλών εκπομπών (σχ. 46).



Σχήμα 46 Κατηγορίες επιβατικών οχημάτων με βάση την πηγή ενέργειας

Παρά το χαμηλό μερίδιο των οχημάτων χαμηλών εκπομπών ρύπων στην Ελλάδα στις νέες πωλήσεις, δεν διαφαίνεται δυναμική σύγκλισης με τις προηγμένες χώρες, καθώς παρά τη σχετική αύξηση των πωλήσεων στις κατηγορίες οχημάτων χαμηλών εκπομπών ρύπων τα τελευταία έτη, οι νέες πωλήσεις είναι στις χαμηλότερες θέσεις σε σύγκριση με τις υπόλοιπες χώρες, μακριά από το μέσο όρο της ΕΕ (σχ. 47) [30].



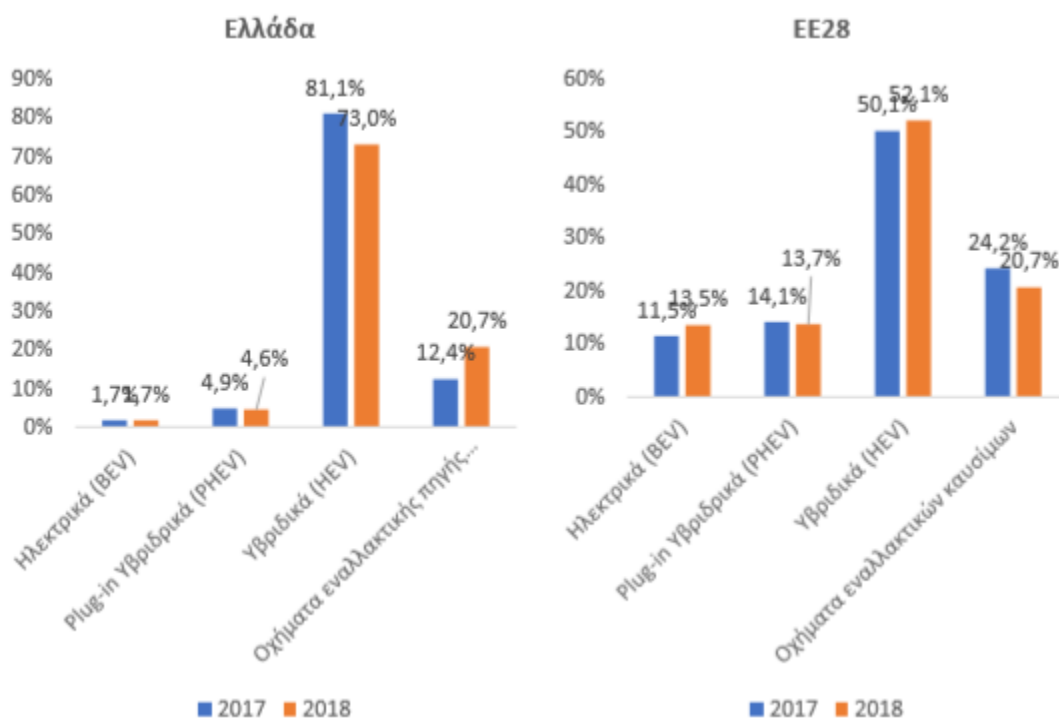
Σχήμα 47 Πωλήσεις οχημάτων χαμηλών εκπομπών ρύπων ανά 1.000 κατοίκους (2018) [30]

Ανάμεσα στις τεχνολογίες χαμηλών ρύπων, ή εναλλακτικών πηγών ενέργειας, γενικά σημειώνεται μια αύξηση μεταξύ των οχημάτων που χρησιμοποιούν το φυσικό αέριο ή LPG (+186,9%) δεδομένης της δυνατότητας μεταφοράς ενός τυπικού οχήματος σε αυτή την κατηγορία με σχετικά μικρό κόστος και το εν γένει μικρότερο κόστος λειτουργίας (χαμηλότερες τιμές καυσίμου). Ωστόσο η μεγαλύτερη κατηγορία μεταξύ των οχημάτων χαμηλών ρύπων, που είναι τα υβριδικά παρουσίασε και αυτή αύξηση περίπου κατά 54,3% με συνολικά 3635 οχήματα το 2018. Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα στην Ελλάδα ακόμα είναι στα σπάργαλα σε σχέση με την διεύθυνση, παρουσιάζοντας ωστόσο σημαντική αύξηση (74%), ενώ και οι ενδιάμεσες τεχνολογίες όπως τα PHEV δείχνουν και αυτές να έχουν σημαντική αύξηση (67,7%). Οι υπόλοιπες χώρες της ΕΕ έχουν ήδη ξεκινήσει την ενσωμάτωση οχημάτων χαμηλών εκπομπών ρύπων στις νέες πωλήσεις, σχεδιάζοντας και υλοποιώντας προγράμματα κινήτρων εδώ και τουλάχιστον μια δεκαετία. Κατ' επέκταση οι ρυθμοί διεύθυνσης είναι υψηλότεροι σε σύγκριση με την Ελλάδα, όπου η μικρή αφετηρία αντανάκλα μεγάλες ποσοστιαίες μεταβολές.

Πίνακας 4 Πωλήσεις επιβατικών ανά κατηγορία [30]

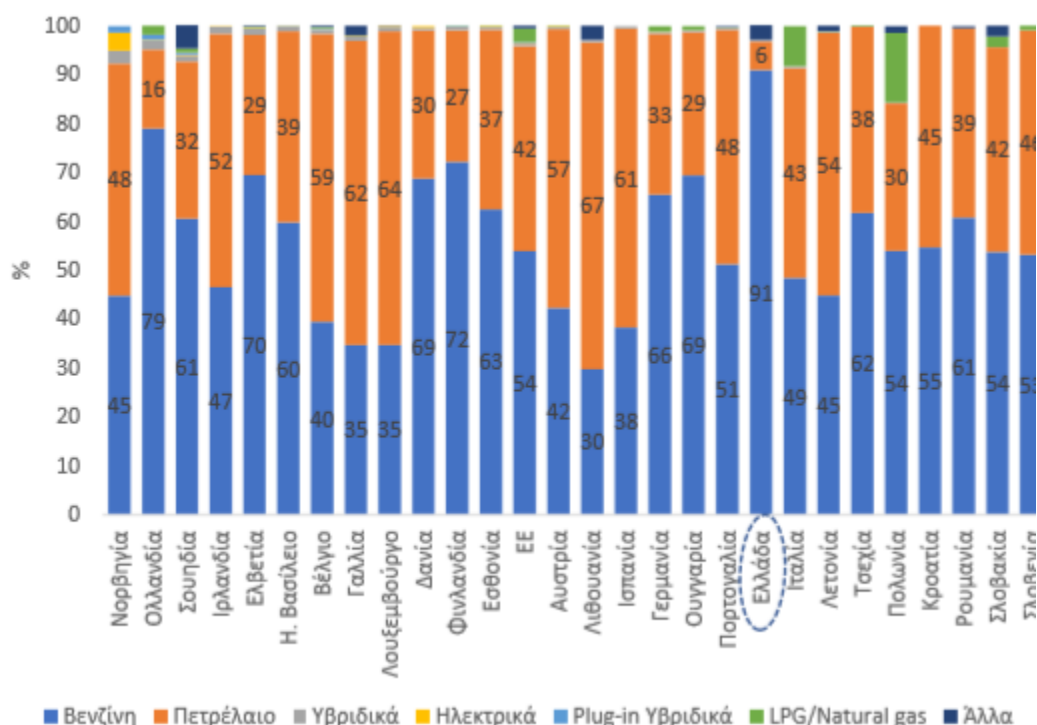
	Ελλάδα			ΕΕ		
	2017	2018	% ετήσια μεταβολή	2017	2018	% ετήσια μεταβολή
Ηλεκτρικά (BEV)	50	87	74,0%	97.920	150.003	53,2%
Plug-in Υβριδικά (PHEV)	141	228	61,7%	120.416	151.844	26,1%
Υβριδικά (HEV)	2.356	3.635	54,3%	426.769	578.620	35,6%
Οχήματα εναλλακτικών καυσίμων*	359	1.030	186,9%	206.263	229.402	11,2%
Βενζίνη	46.068	61.320	33,1%	7.563.739	8.532.104	12,8%
Πετρέλαιο	39.014	36.885	-5,5%	6.617.051	5.406.574	-18,3%
Σύνολο	87.988	103.185	17,3%	15.032.158	15.048.547	0,1%

Ανάμεσα στις κατηγορίες οχημάτων, τα υβριδικά κατέχουν τη μερίδα του λέοντος των νέων οχημάτων στην Ελλάδα, με 73%, έναντι 52,1% στην ΕΕ28, καθώς στην υπόλοιπη Ευρώπη σημαντικά μερίδια κατέχουν τόσο τα ηλεκτρικά οχήματα με 13,5%, έναντι 1,7% στην Ελλάδα, όσο και τα Plug-in υβριδικά, με 13,7%, έναντι 4,6% στην Ελλάδα.



Σχήμα 48 Μερίδια οχημάτων χαμηλών εκπομπών ρύπων, Ελλάδα, ΕΕ28

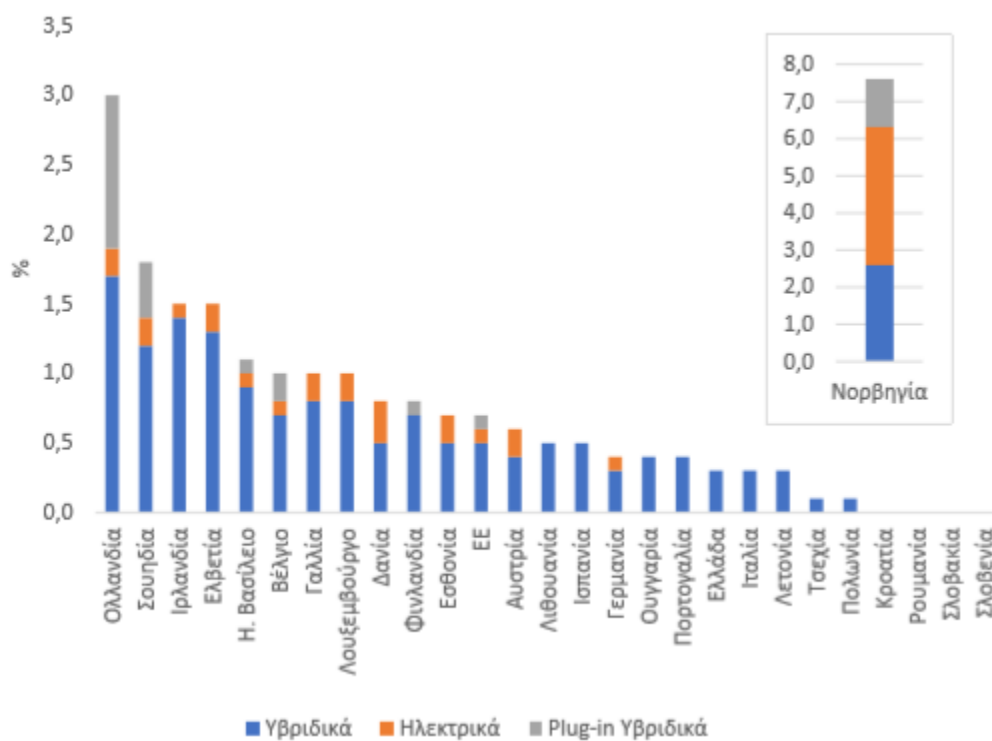
Ο ελληνικός στόλος στην Ελλάδα κυριαρχείται από βενζινοκίνητα επιβατικά (91%), από τα υψηλότερα ποσοστά στην ΕΕ, με χαμηλό μερίδιο στα πετρελαιοκίνητα, παρά την αύξησή τους μετά το 2011. Τα οχήματα εκτός βενζίνης και πετρελαίου αποκτούν σταδιακά ανιχνεύσιμο ποσοστό στο στόλο των κρατών της ΕΕ, ενώ στην Ελλάδα το μερίδιο στο στόλο παραμένει αρκετά χαμηλό [30].



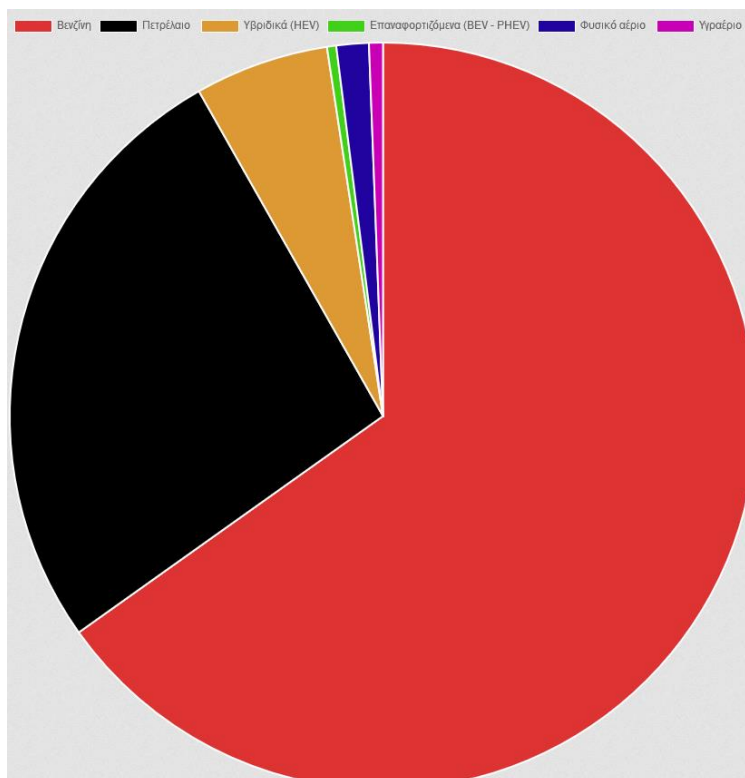
Σχήμα 49 Είδη αυτοκινήτων σε σχέση με την πηγή ενέργειας, ΕΕ28, 2018 [30]

Ανάμεσα στα οχήματα χαμηλών εκπομπών στην ΕΕ, δηλαδή του συνόλου των υβριδικών, αερίου, υβριδικών με ρευματολήπτη, ηλεκτρικών και υδρογόνου, κυριαρχούν τα υβριδικά και σε μικρότερο βαθμό τα Plug-in υβριδικά. Η Ελλάδα εμφανίζει τα χαμηλότερα ποσοστά οχημάτων χαμηλών εκπομπών, τα οποία ωστόσο στην συντριπτική πλειοψηφία τους είναι υβριδικά. Τα οχήματα χαμηλών εκπομπών ρύπων αποτελούν το 0,3% του στόλου επιβατικών στην Ελλάδα, κυρίως υβριδικά, ενώ οι υπόλοιπες κατηγορίες (Ηλεκτρικά και Plug-in Υβριδικά) έχουν πολύ μικρή διείσδυση μέχρι τώρα. Με εξαίρεση τη Νορβηγία, όπου κυριαρχούν τα ηλεκτρικά οχήματα, οι περισσότερες χώρες της ΕΕ28 έχουν στραφεί κυρίως σε υβριδικά και λιγότερο σε plug-in υβριδικά. Φαίνεται πως για τις χώρες που έχουν ήδη μεταβεί στην υβριδική τεχνολογία

(μεγάλα ποσοστά υβριδικών στο σύνολο του στόλου), το επόμενο βήμα είναι η χρήση plug-in υβριδικών ή/και Ηλεκτρικών.



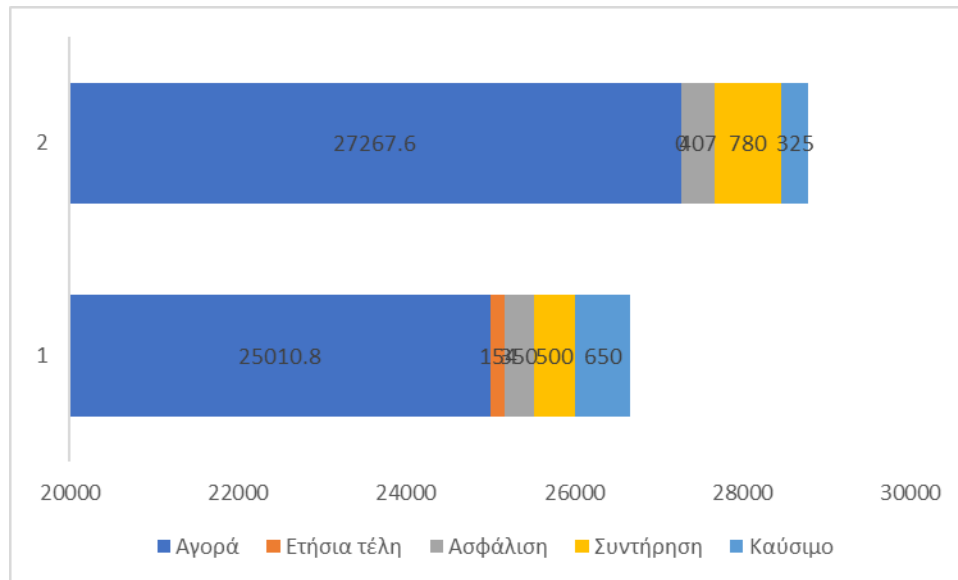
Σχήμα 50 Οχήματα χαμηλών ρύπων στο σύνολο του στόλου (2018) [30]



Σχήμα 51 Ταξινόμηση νέων οχημάτων (2019) (πηγή: <https://www.metaforesprespress.gr/taxografos/%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BD-%CE%B5%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%B1-%CE%B3%CE%B5%CE%BD%CE%BD%CE%B9%CE%AD%CF%84%CE%B1%CE%B9-%CE%BC%CE%B9%CE%B1-%CE%BD%CE%AD%CE%B1-%CE%B1%CE%B3%CE%BF%CF%81/>)

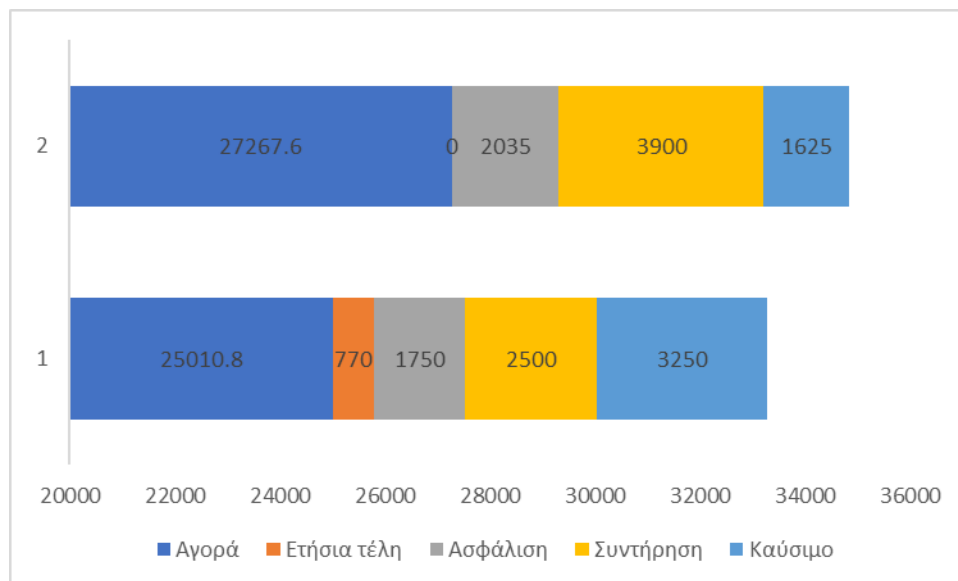
Τέλος, σύμφωνα με εκτιμήσεις στελεχών της αγοράς τα ηλεκτρικά οχήματα στην Ελλάδα δεν ξεπερνούν τα 1.000, οπότε ο εθνικός στόχος έχει τεθεί περί τα 350.000 το 2030.

Χρησιμοποιώντας τα σχετικά δεδομένα από την ιστοσελίδα της Toyota, έχει διενεργηθεί μια σύγκριση του κόστους αγοράς ενός βενζινοκίνητου και υβριδικού μοντέλου της Toyota Corolla για το χρονικό διάστημα από την κτήση έως και το πέρας του πρώτου έτους. Για τον υπολογισμό του κόστους των καυσίμων θεωρήθηκε ότι σε ένα έτος διανύονται περίπου 1500 χλμ εντός πόλης και 2500 χλμ εκτός κύκλου πόλης. Οι τιμές για την ασφάλιση και τα τέλη κυκλοφορίας προέκυψαν από διαθέσιμα εργαλεία υπολογισμού στο διαδίκτυο ενώ οι τιμές των αυτοκινήτων και του πρώτου σέρβις προέκυψαν από την εταιρία. Το διάγραμμα που ακολουθεί δίνει το σχετικό κόστος.



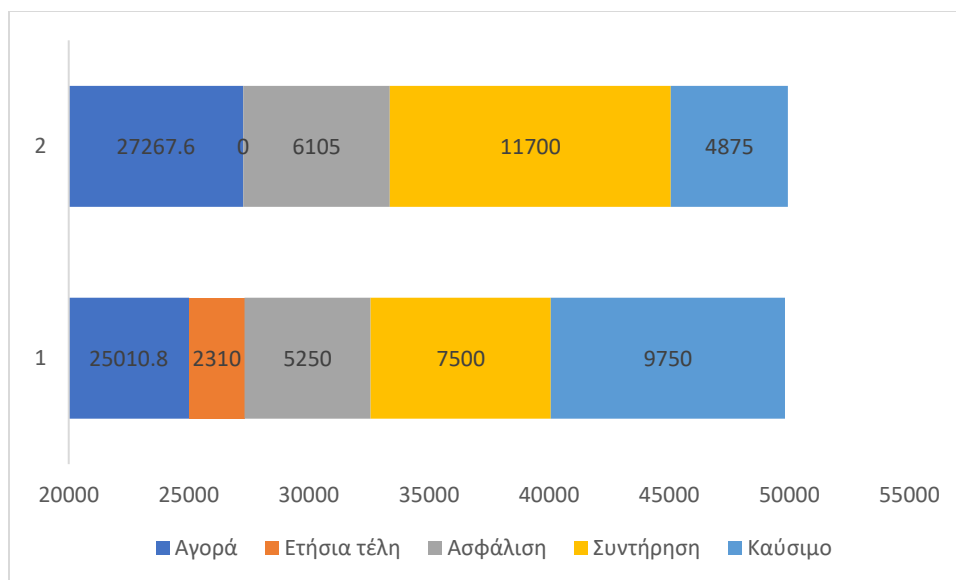
Σχήμα 52 Κόστος αγοράς και χρήσης οχήματος στο πρώτο έτος (2- υβριδικό, 1- βενζίνη)

Αντίστοιχα, στα πέντε έτη το συνολικό κόστος διαμορφώνεται όπως παρουσιάζεται στο διάγραμμα που ακολουθεί.



Σχήμα 53 Κόστος αγοράς και χρήσης οχήματος στο πέμπτο έτος (2- υβριδικό, 1- βενζίνη)

Είναι εμφανές ότι με τις παρούσες φορολογικές διατάξεις στο πέρας της πενταετίας, το συνολικό κόστος για το υβριδικό όχημα παραμένει μεγαλύτερο από το αντίστοιχο του βενζινοκίνητου οχήματος. Τα δύο οχήματα καταλήγουν να έχουν το ίδιο κόστος περίπου σε διάρκεια 15 ετών όπως φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί.



Σχήμα 54 Κόστος αγοράς και χρήσης οχήματος στο δέκατο πέμπτο έτος (2- υβριδικό, 1- βενζίνη)

Σύμφωνα με το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα, ο στόλος στην Ελλάδα έφτανε κατά προσέγγιση στα 5,15 εκατ. οχήματα στα τέλη του 2018, με υπολογιζόμενη αύξηση κατά 920.000 των οχημάτων κατά το έτος 2030.

Για την εκτίμηση διείσδυσης των υβριδικών οχημάτων στην ελληνική αγορά καταρτίστηκαν δυο διαφορετικά σενάρια:

–Σενάριο Α (Σενάριο Αναφοράς): Σύμφωνα με το σενάριο εξέλιξης των ταξινομήσεων κατ’ έτος και εκτιμήσεις της αγοράς, το ποσοστό διείσδυσης υβριδικών οχημάτων θα ανέλθει σε 24,1% επί των νέων ταξινομήσεων το έτος 2030.

–Σενάριο Β (Σενάριο Εμπροσθοβαρές με οικονομική ανάπτυξη και αυξημένα μέτρα πολιτικής): Σύμφωνα με το σενάριο εξέλιξης των ταξινομήσεων κατ’ έτος και με στόχο την επίτευξη του φιλόδοξου στόχου με οικονομική ανάπτυξη και αυξημένα μέτρα πολιτικής έως το έτος 2030, το ποσοστό διείσδυσης των υβριδικών οχημάτων το έτος 2030 θα ανέλθει σε 30% επί των νέων ταξινομήσεων.

9. Συμπεράσματα

Τα υβριδικά οχήματα αποτελούν μια πρώτη τεχνολογική στάθμη στα οχήματα χαμηλών ρύπων και αποτελούν μια λύση για την μείωση των εκπομπών λόγω των μεταφορών παγκοσμίως. Εν γένει, η χρήση τους έχει αποδειχθεί ότι υπό τις κατάλληλες συνθήκες μπορεί να βελτιώσει σημαντικά το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των μεταφορών, ιδιαίτερα αν αυτή αφορά όχι μόνο τα ιδιωτικά οχήματα αλλά και τα εταιρικά όπως και τα δημοσίας χρήσης οχήματα. Είναι σαφές ότι τα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα ή τα οχήματα με χρήση κυψελών καυσίμου έχουν τις καλύτερες περιβαλλοντικές επιδόσεις ιδιαίτερα αν το μείγμα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μετατοπισθεί προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Τα plug-in υβριδικά οχήματα για την ώρα προσφέρουν μια ενδιάμεση εναλλακτική μεταξύ των υβριδικών και αμιγώς ηλεκτρικών οχημάτων στους καταναλωτές συνδυάζοντας τα στοιχεία και των δύο και έχοντας ένα ενδιάμεσο περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Στην ΕΕ28 η χρήση τεχνολογιών μεταφοράς οχημάτων χαμηλών ρύπων βρίσκεται στο επίκεντρο των πολιτικών με σειρά μέτρων να προωθούν την μεταβολή του μίγματος του στόλου των οχημάτων ανά χώρα προς αυτές. Τα περισσότερα κράτη έχουν θεσπίσει σημαντικές πολιτικές, ιδιαίτερα στο σημείο των επιδοτήσεων και των φοροελαφρύνσεων αλλά και στον τομέα της λειτουργίας και χρηστικότητας (δωρεάν θέσεις στάθμευσης, κίνηση στο κέντρο πόλεων κ.α.). Ως αποτέλεσμα, και όπως παρουσιάζεται στα σχετικά στοιχεία, οι στόλοι των οχημάτων χαμηλών ρύπων στις περισσότερες χώρες των ΕΕ28 είναι ιδιαίτερα αυξημένοι.

Η Ελλάδα καθυστέρησε χαρακτηριστικά στην υιοθέτηση μέτρων που θα επέτρεπαν την διείσδυση των τεχνολογιών αυτών. Χαρακτηριστικό είναι ότι ο νόμος σχετικά με τα κίνητρα για την ροπή προς την ηλεκτροκίνηση τέθηκε σε εφαρμογή πολύ πρόσφατα (εντός του 2020). Παράλληλα, η οικονομική κρίση δεν επέτρεψε την διείσδυση των οχημάτων χαμηλών ρύπων που ήταν διαθέσιμα από τους παραγωγούς τα προηγούμενα χρόνια, ιδιαίτερα τα υβριδικά για τους εξής λόγους:

- Η σημαντική διαφορά στην τιμή με τα τυπικά οχήματα ICE λειτουργούσε σαν τροχοπέδη στην επένδυση σε τέτοιες τεχνολογίες από τους καταναλωτές. Χαρακτηριστικό είναι ότι

ακόμα και σήμερα πολλά μοντέλα υβριδικών είναι πολύ ακριβότερα από τα αντίστοιχα με ICE.

- Η μείωση των εισοδημάτων και η αβεβαιότητα σε σχέση με την οικονομική κατάσταση οδηγεί σε μείωση της επιθυμίας αγοράς νέου αυτοκινήτου, πόσο μάλλον υβριδικών ή/και ηλεκτρικών οχημάτων δεδομένης της υψηλής τιμής αγοράς που δεν αποσβένεται εύκολα λόγω της έμμεσης κυρίως φορολογίας.

Ως εκ τούτου, η διείσδυση των υβριδικών οχημάτων στην Ελλάδα βρίσκεται ακόμα στις αρχές της παρά τα εντυπωσιακά νούμερα και ποσοστά που οφείλονται όπως σημειώθηκε κυρίως στους ακόμα χαμηλούς αριθμούς τους. Είναι σαφές ότι πρέπει να υιοθετηθούν κατάλληλες πολιτικές, πιο γενναίες από τις ήδη ισχύουσες για την μεταβολή του τοπίου προς την αύξηση του στόλου των οχημάτων αυτών.

Βιβλιογραφία

- 1 State Motor Vehicle Registrations: 1990 to 2018, Table 1060. <https://www.statista.com/statistics/183505/number-of-vehicles-in-the-united-states-since-1990/> (Πρόσβαση 4/10/2020)
- 2 China's Auto Sales Rebound in August after July's Monthly Decline, <https://www.globaltimes.cn/content/571917.shtml>. (Πρόσβαση 4/10/2020)
- 3 Owen, N. A., Inderwildi, O. R., & King, D. A. (2010). The status of conventional world oil reserves—Hype or cause for concern?. *Energy policy*, 38 (8), 4743-4749.
- 4 US Oil Demand by End-Use Sector (1950–2018), https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/pdf/flow/css_2019_energy.pdf (Πρόσβαση 4/10/2020)
- 5 International Energy Outlook. United States Energy Information Administration (2019) Petroleum and Other Liquid Fuels, <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/ieo2019.pdf>. (Πρόσβαση 4/10/2020)
- 6 Williamson, S.S. and Emadi, A. (2005) Comparative assessment of hybrid electric and fuel cell vehicles based on comprehensive well-to-wheels efficiency analysis. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 54 (3), 856–862.
- 7 Imai, S., Takeda, N., and Horii, Y. (1997) Total efficiency of a hybrid electric vehicle. *Proceedings of the Power Conversion Conference*, Nagaoka.
- 8 Rousseau, A., & Sharer, P. (2004). Comparing apples to apples: well-to-wheel analysis of current ICE and fuel cell vehicle technologies. *SAE transactions*, 610-619.
- 9 Sanna, L. (2005). Driving the solution: the plug-in hybrid vehicle. *EPRI journal*. 10 The Energy Report, <http://comptroller.texas.gov/specialrpt/energy/>.
- 11 World Population, https://en.wikipedia.org/wiki/World_population (Πρόσβαση 4/10/2020)

12 Annual Update on the Automotive Fuel Economy Program, https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewjU9ri-1JvsAhXQzoUKHeJTByoQFjABegQIAxAC&url=https%3A%2F%2Fone.nhtsa.gov%2FDOT%2FNHTSA%2FVehicle%2520Safety%2FCAFE%2F2004_Fuel_Economy_Program.pdf&usg=AOvVaw2z4Bkj3gluHHTi2YRBZmza. (Πρόσβαση 4/10/2020)

13 The World Factbook, Oil Consumption by Country, https://data.worldbank.org/indicator/%20EG.USE.PCAP.KG.OE?order=wbapi_data_value_2014+wbapi_data_value+wbapi_data_%20value%E2%80%90last&sort=desc (Πρόσβαση 4/10/2020)

14 Global, Regional, and National Fossil Fuel CO₂ Emissions, <https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/trends/emis/overview.html> (Πρόσβαση 4/10/2020)

15 Onori, S., Serrao, L., & Rizzoni, G. (2016). Hybrid electric vehicles: Energy management strategies (pp. 25-28). London: Springer.

16 C. Zhu, M. Coleman, and W. Hurley, State of Charge Determination in a Lead-Acid Battery: Combination EMF Estimation and Ah-balance Approach. 2004 IEEE

17 Electropaedia – Battery & Energy Technologies

18 van Steen, H. (2006), Real-time Evaluation System for State-of-Charge Estimation, doctoral dissertation, University of Twente, Netherlands

19 Pop, V., H. Berveld, D. Danilov, and P. Regtien, “Battery Management Systems – Accurate State-of-Charge Indication for Battery-Powered Applications”, Springer, 2008

20 Coleman, M., C. Lee, C. Zhu, W. Hurley, “State-of-Charge Determination From EMF Voltage Estimation: Using Impedance, Terminal Voltage, and Current for Lead-Acid and Lithium-Ion Batteries”, IEEE Trans. on Ind. Electronics, vol. 54, no. 5, Oct 2007

21 Chan, C.C., and K.T. Chau (2001) Modern Electric Vehicle Technology, Oxford University Press, Oxford

22 Jefferson C.M., and R.H. Barnard (2002) Hybrid Vehicle Propulsion, WIT Press, Boston, M

23 International Energy Agency. (s.d.). Obtido de <http://www.ieahev.org/> (Πρόσβαση 4/10/2020)

- 24 Heyvaert S, C. T. (2013). Living Lab Electric vehicles Flanders (Belgium): The influence of testing an EV on the general appreciation of electric mobility. 17-20
- 25 ADEME. (2014). ADEME's Strategy for Research, Development and Innovation for 2014-2020 period.
- 26 Ministros, P. d. (16 de Outubro de 2014). Proposta de Lei n.º 257/XII (μετάφραση με Google Translate)
- 27 Energia, I. p. (2010). Plan de Accion Nacional de Energias Renovables de Espana (PANER) 2011-2020. (μετάφραση με Google Translate)
- 28 EV Norway. (s.d.). Obtido de A Guide to Norway, the World's EV Leading Market.: www.evnorway.no (Πρόσβαση 4/10/2020)
- 29 Office of the State Government of Lower Austria, G. f. (2013). Lower Austria Energy Roadmap 2030 Short Version. Office of the State Government of Lower Austria, Group for Regional Development, Environment and Transport, Department of Environmental and Energy Management
- 30 IOBE, Ο Ρολος Των Οχηματων Χαμηλων Εκπομπων Στις Οδικες Μεταφορες Στην Ελλαδα - Προκλήσεις Και Οφελη, 2019 Ίδρυμα Οικονομικών & Βιομηχανικών Ερευνών