

**Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΠΙΩΝ ΜΟΡΦΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**"ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΚΑΙ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ  
ΦΟΡΤΙΣΗΣ»**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΠΑΝΤΖΙΟΥ ΚΥΡΙΑΚΗ**

**A.M :41287**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΣΠΥΡΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**ΑΙΓΑΛΕΩ**

**ΜΑΡΤΙΟΣ 2016**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Πρόβλεψη και διεξόδυση ηλεκτρικών οχημάτων και δίκτυα φόρτισης. Αυτή η πτυχιακή εργασία, εκπονήθηκε με σκοπό τη παρουσίαση των ηλεκτρικών οχημάτων με βάση τα χαρακτηριστικά και τη λειτουργία τους. Συγκεκριμένα, αναλύονται οι παράμετροι που ευνοούν ή δυσκολεύουν την μαζική κυκλοφορία των ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα, που προβλέπεται να υπάρξει μέσα στην επόμενη δεκαετία. Επίσης, αναλύονται τα δίκτυα φόρτισης, καθώς και η έννοια των έξυπνων δικτύων. Ειδικότερα, παρουσιάζεται η V2G λειτουργία η οποία συνεισφέρει σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας. Βασική προϋπόθεση είναι η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** ηλεκτρικά οχήματα, υβριδικά οχήματα, συσσωρευτές, σταθμοί φόρτισης, δίκτυα φόρτισης, V2G λειτουργία, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας,

## ABSTRACT

Anticipating and penetration of electric vehicles and charging networks. This thesis, prepared for the purpose of presentation of electric vehicles based on the characteristics and function. Specifically, the parameters which favor or hinder their smooth integration in Greece analyzed, planned to be in the next decade. Also, the charging systems are analyzed, and the concept of intelligent networks. In particular, it shows the V2G mode which contributes significantly to energy savings. Prerequisite is the use of renewable energy sources.

**KEY WORDS:** electric vehicles, hybrid vehicles, batteries, charging stations, charging networks, V2G mode, renewable energy sources,

## Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο .....	4
<b>1.1 ΤΥΠΟΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ</b> .....	5
1.1.1 Ηλεκτρικά οχήματα με συσσωρευτές (BEV) .....	5
1.1.2 Ηλεκτρικά οχήματα με συσσωρευτές και ηλεκτροπαραγωγική μονάδα.....	6
1.1.3. Επαναφορτιζόμενα υβριδικά οχήματα με ηλεκτρική ενέργεια από εξωτερική πηγή.....	7
1.1.5 Κλάσεις ηλεκτρικών οχημάτων.....	9
<b>1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ</b> .....	9
1.2.1 Περιγραφή κύριων μεγεθών ενός συσσωρευτή.....	10
1.2.2 Συσσωρευτές για χρήση σε Η/Ο.....	11
1.2.2.1 Συσσωρευτές Μολύβδου-Οξέος .....	11
1.2.2.2 Συσσωρευτές Νικελίου καδμίου.....	11
1.2.2.3 Συσσωρευτές Νικελίου μετάλλου υδριδίου.....	12
1.2.2.4 Συσσωρευτές Ιόντων λιθίου.....	12
<b>1.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΑΘΜΩΝ ΦΟΡΤΙΣΗΣ</b> .....	14
1.3.1 Φόρτιση με επαφή .....	14
1.3.2 Φόρτιση με επαγωγή .....	15
1.3.3 Υποδοχείς φόρτισης εμπορίου .....	16
1.3.4 Επίπεδα φόρτισης.....	19
1.3.5 Υποδομές φόρτισης .....	20
<b>1.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑ ΤΩΝ Η/Ο</b> .....	22
<b>1.5 ΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΠΩΛΗΣΕΙΣ Η/Ο</b> .....	26
<b>1.6 ΑΓΟΡΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b> .....	29
1.6.1 Η Ελληνική δομή της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας .....	32
1.6.2 Φορείς που εμπλέκονται με την αγορά .....	34
1.6.3 Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά.....	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο.....	38
<b>2.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ</b> .....	38
2.1.1 Ηλεκτροπαραγωγή .....	38
2.1.2 Οριακή τιμή συστήματος.....	40
<b>2.2 ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b> .....	41

<b>2.3</b>	<b>V2G ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ</b> .....	42
2.3.1	Η ιδέα της V2G λειτουργίας.....	42
2.3.2	Η εγκατάσταση της V2G λειτουργίας.....	44
2.3.3	Πιθανά επιχειρηματικά μοντέλα .....	49
2.3.4	Πλεονεκτήματα της V2G λειτουργίας.....	53
2.3.5	Περιορισμοί της V2G λειτουργίας.....	57
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο.....	59
	SWOT ANALYSIS.....	59
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	62

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗ

Από την αρχή της δεκαετίας του 1970 οι μεταφορές φαίνεται να έχουν γίνει κύριος καταναλωτής μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αφού οι σχετικές ανάγκες ικανοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά, από τη χρήση πετρελαίου. Οι σημαντικότερες εκπομπές ρύπων όπως οξείδια του αζώτου, μονοξείδιο του άνθρακα, υδρογονάνθρακες, κ.α. των οδικών μεταφορών, επιδρούν άμεσα και αρνητικά στο περιβάλλον και τις κλιματολογικές αλλαγές. Η στροφή προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δείχνει να είναι ελπίδα και λύση για ένα βιώσιμο και ισορροπημένο περιβάλλον, ενώ ταυτόχρονα ελαχιστοποιεί τις επιπτώσεις από τη χρήση της γης αλλά και την ηχορύπανση.

Η Ευρώπη προτείνει ως λύση, τη χρήση ηλεκτρικών οχημάτων σε ότι αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά και χρήματος. Ήδη σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή επιτροπή περιβάλλοντος, τα ηλεκτρικά οχήματα που πουλήθηκαν το 2014 εκπέμπουν κατά μέσο όρο 2,6% λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα σε σχέση με αυτά που πουλήθηκαν το 2013 [30]. Αξίζει να σημειωθεί, ότι καταστει και την οικονομία της Ευρώπης αποτελεσματικότερη όσον αφορά τη χρήση των πόρων.

Σε ότι αφορά στη χώρα μας, ακολουθεί με πιο αργούς ρυθμούς, αφού μέχρι και το 2014 έχουν πωληθεί συνολικά 60 ηλεκτρικά οχήματα[31]. Ωστόσο όλο και περισσότερες επιχειρήσεις αλλά και δημόσιοι φορείς, δίνουν έμφαση στην εν λόγω αγορά που έχει αρχίσει να αναπτύσσεται. Προβλέπεται μέσα στην επόμενη δεκαετία να έχουν πωληθεί 29.300 ηλεκτρικά οχήματα . Το μόνο λοιπόν που μένει, είναι η απαραίτητη ενημέρωση των καταναλωτών από ειδικούς, αλλά και οι αναγκαίες ενέργειες και υποδομές ώστε να ενταχθούν πλήρως τα ηλεκτρικά οχήματα στη καθημερινότητα μας. Η ηλεκτροκίνηση σε συνδυασμό πάντα με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών συμβάλλει αισθητά, σε μια πιο «πράσινη» Ευρώπη.

### Ορισμός:

Στον γενικό όρο εντάσσονται τα μεταφορικά μέσα σταθερής τροχιάς (τρένα, μετρό), τα συνδεδεμένα οχήματα (τρόλεϊ) και τα οχήματα με πλήρη ελευθερία κίνησης. Διεθνώς, όταν λέμε ηλεκτροκίνηση και ηλεκτρικά αυτοκίνητα, αναφερόμαστε στη τρίτη κατηγορία οχημάτων. Η ευρωπαϊκή οδηγία 2014/94/ΕΕ της 22ας Οκτωβρίου 2014, στο άρθρο 2 ορίζει ότι: **ηλεκτρικό όχημα** (H/O) είναι κάθε μηχανοκίνητο όχημα εξοπλισμένο με σύστημα μετάδοσης της κίνησης το οποίο περιέχει τουλάχιστον μια μη περιφερειακή ηλεκτρική μηχανή ως μετατροπέα ενέργειας με ηλεκτρικό επαναφορτιζόμενο σύστημα αποθήκευσης ενέργειας, το οποίο μπορεί να επαναφορτίζεται εξωτερικά.[1]

## 1.1 ΤΥΠΟΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

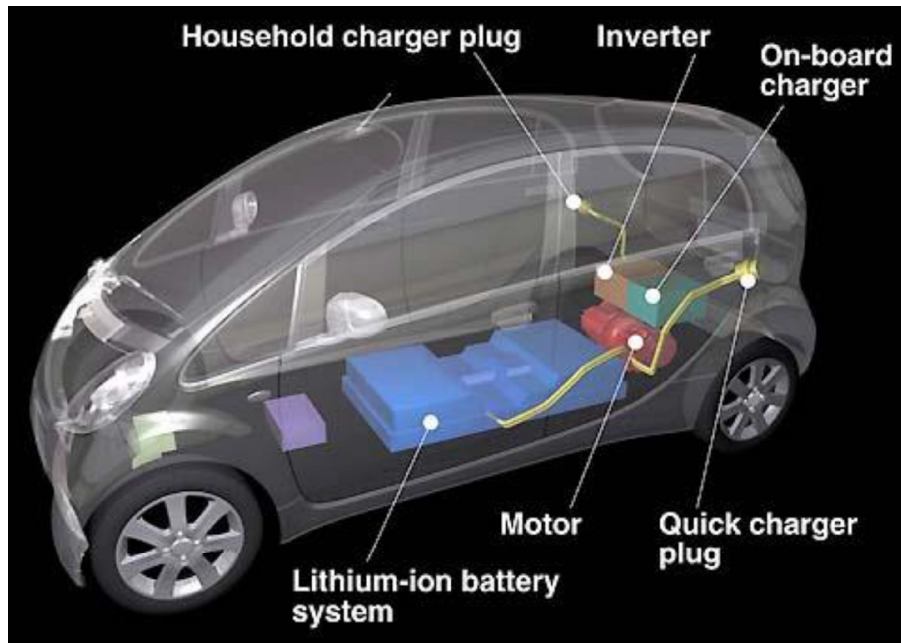
### Τεχνολογίες ηλεκτρικών οχημάτων

Τα ηλεκτρικά οχήματα διαχωρίζονται στις εξής κατηγορίες ανάλογα με την τεχνολογία που χρησιμοποιούν:

- ηλεκτρικά οχήματα με συσσωρευτές (**BEV: battery electric vehicles**)
- ηλεκτρικά οχήματα με συσσωρευτές και ηλεκτροπαραγωγική μονάδα (**E-REV: extended range battery vehicles**)
- επαναφορτιζόμενα υβριδικά οχήματα με ηλεκτρική ενέργεια από εξωτερική πηγή (**PHEV: plug-in electric vehicles**).[1]

#### 1.1.1 Ηλεκτρικά οχήματα με συσσωρευτές (BEV)

Η κίνησή τους παρέχεται αποκλειστικά από ηλεκτρική ενέργεια που αποθηκεύεται στους συσσωρευτές τους επιτυγχάνοντας μετακινήσεις με τοπικά μηδενικές εκπομπές αερίων ρύπων CO<sub>2</sub>. Ιστορικά, αυτά τα οχήματα προϋπήρξαν των συμβατικών οχημάτων αλλά δεν μπόρεσαν να επικρατήσουν λόγω των γνωστών μειονεκτημάτων της τεχνολογίας αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας. Σήμερα τα μειονεκτήματα αυτά έχουν μειωθεί σημαντικά, αλλά δεν έχουν εξαλείφει τελείως. Οι συσσωρευτές είναι ακριβοί, έχουν σημαντικό βάρος και όγκο ενώ χρειάζονται μεγάλο χρόνο επαναφόρτισης. Συγκρινόμενοι με τη δεξαμενή καυσίμου των συμβατικών οχημάτων αντιστοιχούν σε ένα μικρό μέρος της ενεργειακής χωρητικότητάς της. Επιπρόσθετα, τα BEV σε μοντέλα μικρού οχήματος πόλης έχουν τεράστια πλεονεκτήματα διότι είναι οικονομικά, αθόρυβα, δεν ρυπαίνουν τοπικά, είναι απλά στην κατασκευή τους, δεν απαιτούν συντήρηση και προσφέρουν απεξάρτηση από τα εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα στις μεταφορές. Οι σημερινές τεχνολογικές εξελίξεις επιτρέπουν την κατασκευή και διάθεση στην αγορά σύγχρονων BEV με απόσταση αυτονομίας 120 έως 200 χιλιομέτρων. Διαπιστώνεται λοιπόν, ότι οι ανάγκες της καθημερινής μετακίνησης καλύπτονται πλήρως με εξαίρεση μόνο των ταξιδιών μεγάλης απόστασης.



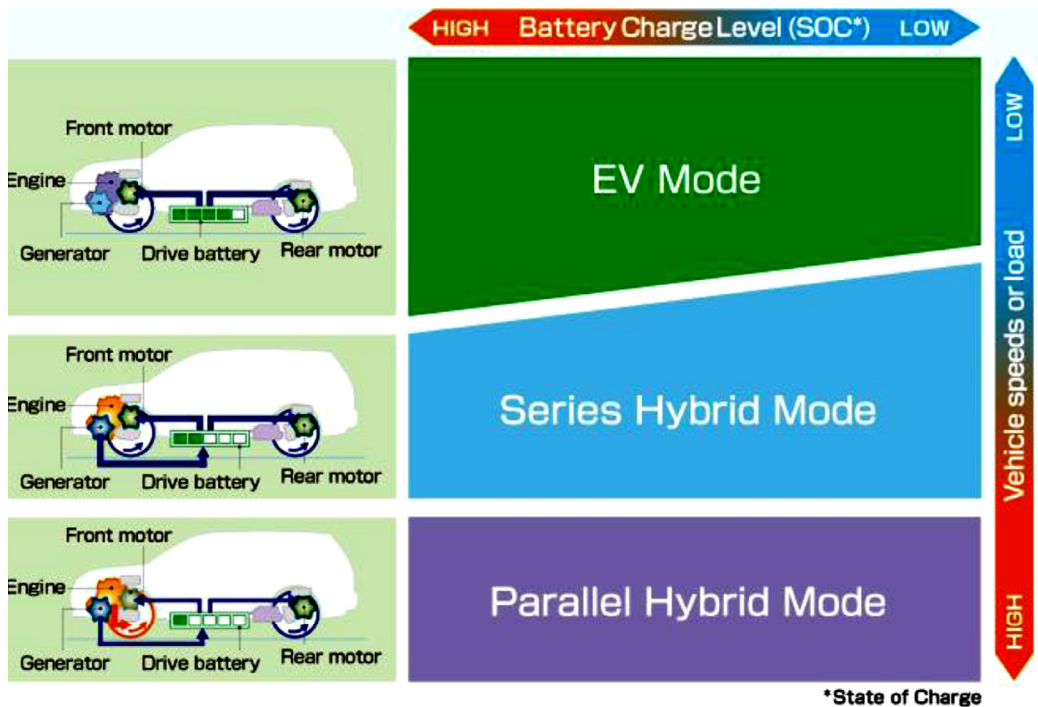
Εικόνα 1.1.1: Ηλεκτρικό όχημα BEV

### 1.1.2 Ηλεκτρικά οχήματα με συσσωρευτές και ηλεκτροπαραγωγική μονάδα

Τα E-REV αποτελούν μία περαιτέρω εξέλιξη της τεχνολογίας και αντιπροσωπεύουν ουσιαστικά τη μετάβαση από τις υβριδικές λύσεις στην πλήρη ηλεκτροκίνηση ακόμα και για μεγάλα οχήματα τα οποία μπορούν να καλύψουν όλες τις ανάγκες των ιδιοκτητών τους για μετακινήσεις σε μεγάλες αποστάσεις χωρίς το γνωστό “άγχος της απόστασης αυτονομίας” που καταλαμβάνει μερικές φορές τους χρήστες των ηλεκτρικών αυτοκινήτων με συσσωρευτές. Η διαφορά τους από τα επαναφορτιζόμενα υβριδικά οχήματα έγκειται στο ότι η μονάδα του θερμικού κινητήρα που διαθέτουν δεν συνδέεται με τους κινητήριους τροχούς του οχήματος και, επομένως, δεν σχετίζεται καθόλου με την πρόωσή του. Το όχημα κινείται αποκλειστικά από τον ηλεκτροκινητήρα (ή τους ηλεκτροκινητήρες) που σημαίνει ότι η κίνησή του είναι πάντοτε ηλεκτρική όπως ακριβώς συμβαίνει και με τα ηλεκτρικά οχήματα. Η θερμική μονάδα αξιοποιείται αποκλειστικά για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την κίνηση μίας συνεζευγμένης ηλεκτρικής γεννήτριας. Η μοναδική σύνδεση που υπάρχει μεταξύ αυτής της αυτόνομης ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας “range extender” και των άλλων συστημάτων του οχήματος αποτελείται από ηλεκτρικούς αγωγούς έτσι ώστε να υπάρχει μεγάλη ελευθερία χωροθέτησης και δυνατότητα χρησιμοποίησης μικρών πολύστροφων θερμικών κινητήρων οι οποίοι λειτουργούν σε σταθερό αριθμό στροφών και στη μέγιστη τιμή της απόδοσής τους. Στο άμεσο μέλλον, σχεδιάζεται να εμφανιστούν στην αγορά πρωτοποριακές σε σχεδίαση και μικρές σε όγκο και βάρος τέτοιες ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες που θα κινούνται από μικρούς στροβίλους ή μηχανές περιστροφικές τύπου Wankel, κ.λπ..

Η λειτουργία τους είναι απλή διότι λειτουργούν όπως και τα οχήματα με συσσωρευτές. Όταν η αποθηκευμένη ηλεκτρική ενέργεια των συσσωρευτών γίνει μικρότερη από μία οριακή τιμή, τίθεται αυτόματα σε λειτουργία η ηλεκτροπαραγωγική μονάδα, που χρησιμοποιεί συμβατικό ή εναλλακτικό καύσιμο (υγρό, αέριο) και η οποία τροφοδοτεί τον ηλεκτροκινητήρα ή/και φορτίζει το συσσωρευτή

έτσι ώστε το όχημα να συνεχίζει απρόσκοπτα την κίνησή του. Η κατανομή της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται αυτόματα και η ηλεκτροπαραγωγική μονάδα σταματά τη λειτουργία της όταν η στάθμη της αποθηκευμένης ενέργειας των συσσωρευτών γίνει μεγαλύτερη από μία αντίστοιχη οριακή τιμή. Σημειώνεται ότι η απόσταση αυτονομίας αυτών των οχημάτων είναι τουλάχιστον ίση με αυτή των συμβατικών οχημάτων.



Εικόνα 1.1.2: Κατηγορίες των οχημάτων PHEV

### 1.1.3. Επαναφορτιζόμενα υβριδικά οχήματα με ηλεκτρική ενέργεια από εξωτερική πηγή

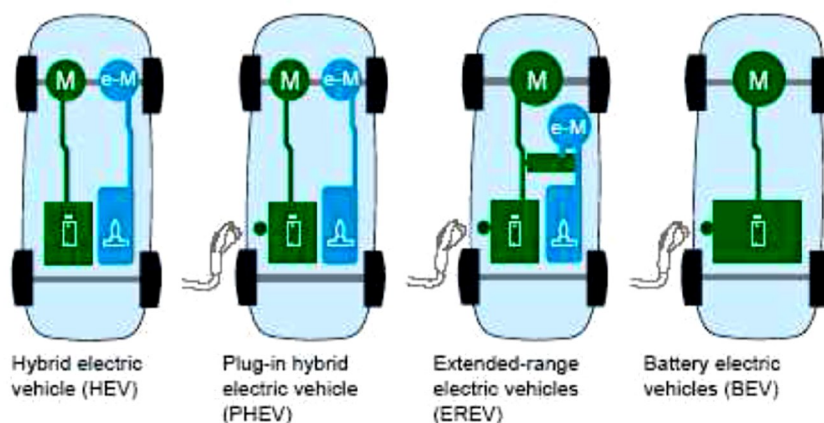
Μέχρι σήμερα, τα γνωστά υβριδικά αυτοκίνητα διαθέτουν δύο κινητήρες ικανούς να κινήσουν το αυτοκίνητο ο καθένας από αυτούς μόνος του αλλά και οι δύο μαζί ταυτόχρονα. Ο ένας από αυτούς είναι βενζινοκινητήρας (ή πετρελαιοκινητήρας) και ο άλλος είναι ηλεκτροκινητήρας. Την ηλεκτρική ενέργεια που χρειάζεται ο ηλεκτροκινητήρας για να λειτουργήσει την παίρνει από μια συστοιχία συσσωρευτών η οποία φορτίζεται με τη σειρά της είτε από το πλεόνασμα ισχύος του βενζινοκινητήρα (κατά τη διάρκεια της πορείας του αυτοκινήτου ή ακόμα και εν στάση αν χρειάζεται) είτε από την ανακτώμενη κινητική ενέργεια του αυτοκινήτου κατά τα φρεναρίσματα και τις επιβραδύνσεις η οποία στα συμβατικά αυτοκίνητα πηγαίνει χαμένη κυρίως με τη μορφή θερμότητας.

Τα Plug-in υβριδικά αυτοκίνητα είναι σχεδιασμένα να ανεφοδιάζονται τόσο με καύσιμο από τα πρατήρια όσο και με ηλεκτρική ενέργεια από μια κοινή ηλεκτροπαραγωγή. Διαθέτουν επομένως το κανονικό ρεζερβουάρ τους και επιπλέον μια σημαντικά μεγαλύτερη (σε χωρητικότητα και όχι σε διαστάσεις ή βάρος) από τα σημερινά υβριδικά αυτοκίνητα συστοιχία συσσωρευτών την οποία μπορούν να γεμίζουν ακόμα και με απευθείας σύνδεσή της στο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής



ενέργειας, κατά τη διάρκεια της νύκτας ή κατά τις σταθμεύσεις σε χώρους που διαθέτουν παροχή ηλεκτρικού ρεύματος.

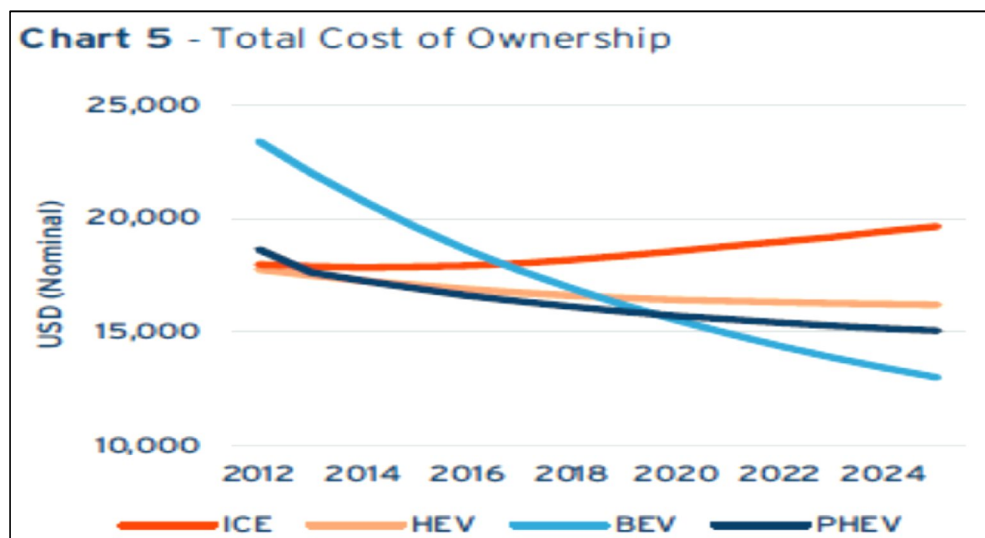
Το αποτέλεσμα είναι εντυπωσιακό. Η ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να αποθηκευτεί στη συστοιχία των συσσωρευτών επιτρέπει στο αυτοκίνητο να κινηθεί με αυτήν κατά τα πρώτα 40 έως 60 χιλιόμετρα της ημερήσιας κίνησής του. Το αυτοκίνητο κινείται σαν ένα αμιγώς ηλεκτρικό αυτοκίνητο σιωπηλά και χωρίς να εκπέμπει τον παραμικρό ρύπο. Το κόστος λειτουργίας στα πρώτα αυτά χιλιόμετρα είναι πολλαπλασίως χαμηλότερο από το αντίστοιχο της κίνησης με το καύσιμο. Η κατανάλωση καυσίμου μπορεί να είναι από μηδενική μέχρι ελάχιστη κατά τη φάση που το αυτοκίνητο κινείται με την ηλεκτρική ενέργεια.[3]



*Εικόνα 1.1.3 : Βασικά χαρακτηριστικά λειτουργίας των τεσσάρων πρώτων κατηγοριών ηλεκτροκίνητων οχημάτων*

Σύμφωνα με τα παραπάνω, εντοπίζονται κάποια γενικά χαρακτηριστικά ως πλεονεκτήματα, όσον αφορά στα υβριδικά αυτοκίνητα

- 1) Μικρότερο μέγεθος Μ.Ε.Κ.
- 2) Η Μ.Ε.Κ. τίθεται προσωρινά εκτός λειτουργίας, οπότε έχουμε μικρότερη κατανάλωση καυσίμου.
- 3) Η Μ.Ε.Κ. λειτουργεί σε σταθερή ταχύτητα/φορτίο του πεδίου λειτουργίας σε σχετικά υψηλή απόδοση.
- 4) Ανάκτηση ισχύος και φόρτιση των μπαταριών κατά το φρενάρισμα.



Εικόνα 1.1.4: Συνολικό κόστος ιδιοκτησίας ενός ηλεκτρικού οχήματος

Ο βασικότερος παράγοντας που οδηγεί σε αυτή την διαφορά κόστους των BEVs με τα υπόλοιπα οχήματα είναι το τεράστιο κόστος της μπαταρίας του. Η συνεχής μείωση, όμως, του κόστους της μπαταρίας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι με την πάροδο του χρόνου τα BEVs θα αποτελέσουν μια πιο οικονομική επιλογή.[2,3,4]

### 1.1.5 Κλάσεις ηλεκτρικών οχημάτων

Τα ηλεκτρικά οχήματα κατηγοριοποιούνται περαιτέρω ανάλογα με την χρήση τους και τον αριθμό των τροχών τους. Με αυτόν τον τρόπο χωρίζονται στις παρακάτω κλάσεις :

- **L7e**: όχημα με 4 τροχούς, με μέγιστο καθαρό βάρος τα 400kg η τα 500kg στην περίπτωση οχημάτων που μεταφέρουν εμπορεύματα (μη συμπεριλαμβανομένου το βάρος των συσσωρευτών) και με μέγιστη ισχύ τα 15kW ανεξαρτήτως τύπου κινητήρα.
- **M1**: όχημα με 4 τροχούς , που περιλαμβάνει μέχρι 8 θέσεις επιβατών πέραν της θέσης του οδηγού.
- **N1**: όχημα που μεταφέρει εμπορεύματα, με μέγιστο βάρος φορτίου τα 3.500kg.
- **N2**: όχημα που μεταφέρει εμπορεύματα, με μέγιστο βάρος φορτίου από 3.500kg έως 12.000kg.

## 1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

Οι ηλεκτροχημικοί συσσωρευτές (ή απλούστερα μπαταρίες) είναι οι συσκευές η οποίες μετατρέπουν τη χημική ενέργεια σε ηλεκτρική. Αυτό επιτυγχάνεται με την ύπαρξη δύο διαφορετικών στοιχείων που αντιδρούν μέσα σε έναν ηλεκτρολύτη. Τα στοιχεία αυτά, η άνοδος και η κάθοδος ανταλλάσσουν ηλεκτρόνια, τα οποία κινούμενα δίνουν το απαιτούμενο ηλεκτρικό ρεύμα. Κάθε συσσωρευτής έχει

κάποια χαρακτηριστικά με τα οποία μπορεί να περιγραφεί ο τρόπος λειτουργίας του. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι η **ενεργειακή του πυκνότητα ανά μονάδα βάρους (Wh/kg)** ή ανά μονάδα όγκου, η **πυκνότητα ισχύος (W/kg)**, ο **αριθμός των κύκλων φόρτισης και εκφόρτισης** που μπορεί να κάνει μέχρι να αχρηστευτεί, ο **ρυθμός φόρτισης και εκφόρτισης**, η **μέγιστη επιτρεπόμενη εκφόρτιση** και άλλα.[2]

### 1.2.1 Περιγραφή κύριων μεγεθών ενός συσσωρευτή

**Πυκνότητα ισχύος (W/kg):** η ροή της ισχύος ανά μονάδα μάζας ή του βάρους της μπαταρίας. Υποδηλώνει και τη μέγιστη ισχύ που μπορεί να προσφέρει ένας συσσωρευτής και βάση αυτού εξαρτώνται οι επιδόσεις ενός οχήματος (επιτάχυνση, τελική ταχύτητα).

**Ενεργειακή πυκνότητα ανά μονάδα βάρους (Wh/kg):** εκφράζει την ποσότητα ενέργειας που μπορεί να αποθηκευτεί ανά μονάδα μάζας (ή βάρους της μπαταρίας).

**Ενεργειακή πυκνότητα όγκου (Wh/m<sup>3</sup>):** το συνολικό φορτίο που μπορεί να αποθηκεύσει μία μπαταρία ανά μονάδα του όγκου της. Ισχύει για συγκεκριμένη περίοδο φόρτισης/εκφόρτισης και καθορίζει το μέγεθος (όσο μεγαλύτερη ενεργειακή πυκνότητα τόσο μικρότερος ο όγκος της μπαταρίας).

**Ποσότητα ενέργειας:** η συνολική ενέργεια που παρέχει ο συσσωρευτής και μετριέται σε «αμπερώρια» (Ah).

**Βαθμός απόδοσης :** η μετατροπή ενέργειας από ηλεκτρική σε χημική του συσσωρευτή.

Η χρήση συσσωρευτών είναι πολύ διαδεδομένη σε πολλών ειδών εφαρμογές και στα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα, χωρίς ιδιαίτερη εξέλιξη εδώ και πολλά χρόνια των χαρακτηριστικών τους. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια η αυξανόμενη ζήτηση αποθήκευσης ενέργειας έχει ωθήσει στην εξέλιξη τους και στη δημιουργία νέων ειδών. Σύμφωνα με τον αναλυτή της επενδυτικής τράπεζας *Jefferies*, Νταν Ντόλεβ, η Tesla θα μειώσει το κόστος των μπαταριών κατά 70%, στα 38 δολάρια ανά Κιλοβατώρα όταν το εργοστάσιο **Gigafactory** φτάσει στο αποκορύφωμα της παραγωγικής του ικανότητας. Τα τεχνολογικά **πλεονεκτήματα** των νέων μπαταριών Tesla περιλαμβάνουν μια αποδοτική κάθοδο νικελίου-κοβαλτίου-αλουμινίου και τη χρήση μιας ανόδου συνθετικού πυριτίου-γραφενίου με διπλάσια έως εξαπλάσια αποθηκευτική ικανότητα σε σύγκριση με τις συμβατικές ανόδους γραφίτη που χρησιμοποιούνται σήμερα. [11] Επίσης, οι ερευνητές του QUT, *Queensland University of Technology*) ενός Πανεπιστημίου από την Αυστραλία εργάζονται σε νέους ελαφρείς υπερπυκνωτές, οι οποίοι ουσιαστικά είναι ένα λεπτό, **ισχυρό υμένιο (film)** υψηλής ενεργειακής πυκνότητας κατασκευασμένο από δύο **ηλεκτρόδια άνθρακα** στοιβαγμένα γύρω από έναν ηλεκτρολύτη.[12]

Η προσθήκη υπερπυκνωτών **θα αυξήσει την επιτάχυνση** των ηλεκτροκίνητων οχημάτων και **θα μειώσει τους χρόνους φόρτισης** σε μερικά λεπτά αντί για ώρες που χρειάζονται οι μπαταρίες ιόντων λιθίου. Συνεπώς, μια συστοιχία συσσωρευτών που προορίζεται για ένα ηλεκτρικό όχημα θα πρέπει να έχει τα εξής βασικά χαρακτηριστικά: υψηλή πυκνότητα ενέργειας, μεγάλο κύκλο ζωής, απουσία φαινομένων «μνήμης» (επίδρασης των προηγούμενων φορτίσεων/φορτίσεων στην απόδοση της μπαταρίας), δυνατότητα γρήγορης φόρτισης, υψηλό βαθμό απόδοσης, μεγάλη αξιοπιστία,

χαμηλό κόστος, υψηλή απόδοση φόρτισης/εκφόρτωσης, μεγάλο εύρος λειτουργίας μεταξύ χαμηλών και υψηλών θερμοκρασιών, πολύ χαμηλό ρυθμό αυτό-εκφόρτωσης, καλό βαθμό θερμοκρασίας αποθήκευσης, χαμηλή εσωτερική αντίσταση, δυνατότητα ανακύκλωσης.

### **1.2.2 Συσσωρευτές για χρήση σε Η/Ο**

Ακολουθεί μία συνοπτική παρουσίαση μόνο των διαφόρων τύπων συσσωρευτών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα, καθώς και ένας συγκεντρωτικός πίνακας με τα βασικά χαρακτηριστικά κάθε τύπου.

#### **1.2.2.1 Συσσωρευτές Μολύβδου-Οξέος**

Οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος είναι οι φθηνότερες και πιο ευρέως διαθέσιμες μπαταρίες. Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι των συσσωρευτών μολύβδου-οξέος: μπαταρίες εκκίνησης και μπαταρίες βαθιάς εκφόρτισης. Οι μπαταρίες βαθιάς εκφόρτισης χρησιμοποιούνται από τα ηλεκτρικά οχήματα. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό για τις μπαταρίες μολύβδου οξέος είναι ότι δεν πρέπει να αποφορτιστούν κάτω από το 50% της χωρητικότητάς του, καθώς μειώνεται η ζωή της μπαταρίας. Επίσης απαιτείται επιθεώρηση του επιπέδου ηλεκτρολυτών και περιστασιακή αντικατάσταση του νερού το οποίο εξατμίζεται κατά τη διάρκεια του φυσιολογικού κύκλου φόρτισης. Παραδοσιακά, τα περισσότερα ηλεκτρικά οχήματα χρησιμοποιούν μπαταρίες μολύβδου-οξέος και αυτό οφείλεται στην ώριμη τεχνολογία, την υψηλή διαθεσιμότητα, και το χαμηλό τους κόστος. Οι μπαταρίες βαθιάς εκφόρτισης μολύβδου είναι ακριβές και έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής από το ίδιο το όχημα και συνήθως χρειάζονται αντικατάσταση κάθε 3 χρόνια. Όταν χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρικά οχήματα καταλήγουν να είναι το 25-50% της τελικής μάζας του οχήματος. Ακόμη, έχουν σημαντικά χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα 30-40 Wh / kg. Η απόδοση (70-75%) και η ικανότητα αποθήκευσης της τρέχουσας γενιάς των μπαταριών μολύβδου οξέος κύκλο μειώνονται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Σε ακραίες θερμοκρασίες είναι απαραίτητο να εκτραπεί ενέργεια από τις μπαταρίες για την λειτουργία του συστήματος θέρμανσης τους με αποτέλεσμα να μειώνεται η απόδοσή τους ως και 40%.

Η φόρτιση και η λειτουργία των μπαταριών συνήθως έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή υδρογόνου, οξυγόνου και θείου, που είναι αναμενόμενες και αβλαβείς, εάν εξαερίζονται σωστά. Η πρώτη γενιά του ηλεκτρικού οχήματος της General Motors (EV1) χρησιμοποιούσε είκοσι έξι μπαταρίες μολύβδου οξέος των 12V. Οι μεμονωμένες μπαταρίες συνδέονταν σε σειρά. Έτσι, ο συνολικός συσσωρευτής παρείχε 312V τάσης και ζύγιζε 595kg. Η απόσταση αυτονομίας ανάμεσα σε δύο διαδοχικές φορτίσεις ήταν 88 έως 153km.

#### **1.2.2.2 Συσσωρευτές Νικελίου καδμίου**

Αυτοί οι συσσωρευτές ανακαλύφθηκαν μετά τους συσσωρευτές μολύβδου και προσέφεραν πολύ καλύτερα χαρακτηριστικά. Η ενεργειακή τους πυκνότητα κυμαίνεται από 45 έως 80 WH/kg. Είναι πολύ ανθεκτικοί συσσωρευτές ως προς την αποφόρτιση, τη θερμοκρασία λειτουργίας τους και τους κύκλους ζωής. Τα βασικά τους μειονεκτήματα είναι η τοξικότητα του καδμίου και το αυξημένο

κόστος κατασκευής τους. Νεότερα είδη υπερτερούν σε κάποιους τομείς όμως η ανθεκτικότητά τους, τους καθιστά ακόμα χρησιμοποιήσιμους σε διάφορες εφαρμογές.[4]

### **1.2.2.3 Συσσωρευτές Νικελίου μετάλλου υδριδίου**

Οι συσσωρευτές νικελίου-μετάλλου υδριδίου πλέον θεωρούνται μια σχετικά ώριμη τεχνολογία. Είναι λιγότερο αποδοτικές (60-70%) σε φόρτιση και την αποφόρτιση από τις μπαταρίες μολύβδου-οξέος, διαθέτουν μια ενεργειακή πυκνότητα 30-80 Wh /kg, πολύ υψηλότερο από ό, τι οι μολύβδου-οξέος. Όταν χρησιμοποιούνται σωστά, οι συσσωρευτές νικελίου-υδριδίου μετάλλου μπορούν να έχουν εξαιρετικά μεγάλη διάρκεια ζωής, όπως έχει αποδειχθεί κατά τη χρήση τους σε υβριδικά αυτοκίνητα και τα NiMH RAV4EVs τα οποία εξακολουθούν να λειτουργούν και μετά από 100.000 μίλια (160.000 χλμ) και πάνω από μια δεκαετία λειτουργίας. Τα μειονεκτήματα περιλαμβάνουν την κακή απόδοση, υψηλή αυτο-εκφόρτιση, πολύ απαιτητικοί κύκλοι φόρτισης, και η κακή απόδοση σε χαμηλές θερμοκρασίες. Τα υλικά κατασκευής των συσσωρευτών αυτών δεν είναι τοξικά για το περιβάλλον.[2,4,6]

### **1.2.2.4 Συσσωρευτές Ιόντων λιθίου**

Οι συσσωρευτές ιόντων λιθίου, ευρέως γνωστοί εξαιτίας της χρήσης τους σε φορητούς υπολογιστές και ηλεκτρονικά είδη ευρείας κατανάλωσης, κυριαρχούν στην πιο πρόσφατη εκδοχή των ηλεκτρικών οχημάτων. Έχουν πολύ υψηλές αποδόσεις με μια εντυπωσιακή ενεργειακή πυκνότητα που κυμαίνεται στις 200 Wh/kg ,πολύ καλή πυκνότητα ισχύος, και απόδοση φόρτισης και εκφόρτισης της τάξης του 80 έως 90% . Τα μειονεκτήματα των παραδοσιακών συσσωρευτών ιόντων λιθίου είναι ο σύντομος κύκλος ζωής (εκατοντάδες μέχρι μερικές χιλιάδες κύκλους φόρτισης),επίσης η παλαιώση τους η οποία εξαρτάται από την ημερομηνία κατασκευής τους και όχι από τους κύκλους λειτουργίας τους. Επιπλέον το υλικό της καθόδου τους είναι τοξικό και έχουν την τάση να εκρήγνυνται όταν βρίσκονται σε υψηλές θερμοκρασίες ή φορτιστούν μη φυσιολογικά.

Τα περισσότερα ηλεκτρικά οχήματα ,αξιοποιούν τις νέες παραλλαγές στη χημεία ιόντων λιθίου οι οποίες θυσιάζουν τις υψηλές αποδόσεις τους σε ενεργειακή πυκνότητα και πυκνότητα ισχύος προκειμένου να παρέχουν πυραντίσταση, φιλικότητα προς το περιβάλλον, πολύ γρήγορες φορτίσεις και πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής.[2,4,6]

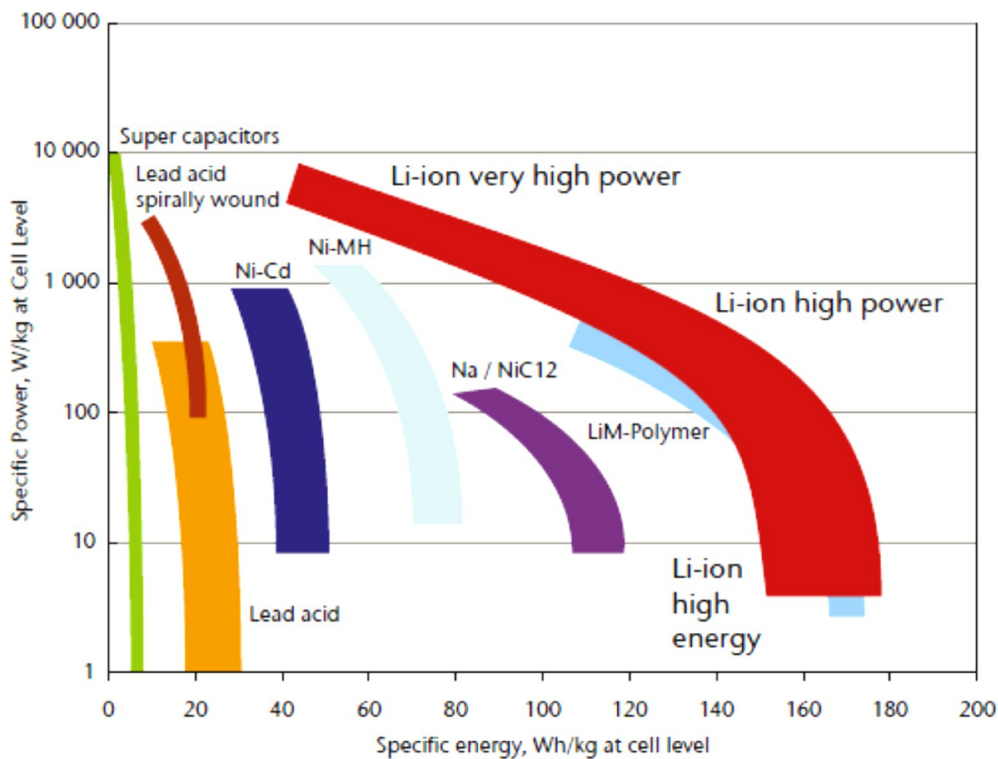
### **1.2.2.5 Υπερπυκνωτές**

Οι υπερπυκνωτές χρησιμοποιούνται σε πολλά ηλεκτρικά οχήματα. Οι πυκνωτές γενικά είναι ηλεκτρικές συσκευές οι οποίες χρησιμοποιούνται για να αποθηκεύουν και να ελευθερώνουν ηλεκτρική ενέργεια. Την αποθηκεύουν μέσα σε ένα ηλεκτροστατικό πεδίο ανάμεσα σε ένα ζευγάρι ηλεκτρόδια. Ο πυκνωτής έχει το πλεονέκτημα να ελευθερώνει όλη του την ενέργεια σε μια στιγμή , σε αντίθεση με την μπαταρία που ελευθερώνει σιγά σιγά την ενέργεια της. Επίσης έχει την ικανότητα να φορτίζεται και να αποφορτίζεται πολύ γρήγορα. Δεν αντιμετωπίζουν πρόβλημα πτώσης της απόδοσης τους ανάλογα με τον αριθμό κύκλων φόρτισης –αποφόρτισης τους, ακόμα και αν οι κύκλοι πλήρους φόρτισης ,πλήρους αποφόρτισης ξεπεράσουν τους 100.000. Είναι ικανοί να

αποδώσουν ρεύματα μεγέθους σημαντικά πολλαπλάσιου από εκείνου που θα έκανε μια μπαταρία να εκραγεί. Σε αυτά προστίθεται και ο ελάχιστος χρόνος που απαιτείται για την φόρτιση τους, άρα και η αυξημένη δυνατότητα τους να αποθηκεύσουν μεγάλα ποσά ενέργειας καθώς και η σημαντική μειωμένη εσωτερική τους αντίσταση. Έτσι δημιουργείται η αίσθηση ότι οι πυκνωτές αποτελούν μια πλήρως αξιόπιστη λύση για τα ηλεκτρικά οχήματα. Ωστόσο αυτό δεν συμβαίνει καθώς υπάρχουν και σοβαρά μειονεκτήματα. Κυριότερα είναι η μεγάλη μεταβολή της τάσης κατά την αποφόρτιση και ο μεγάλος όγκος που απαιτείται να έχουν. Η λύση έχει βρεθεί με τους υπερπυκνωτές, μια τεχνολογία ελάχιστων δεκαετιών, η οποία βασίζεται μεταξύ άλλων, στην ανάπτυξη ενεργού επιφάνειας, σε ολόκληρη την μάζα των ηλεκτροδίων και όχι μόνο στην εξωτερική τους επιφάνεια. Με αυτόν τον τρόπο έγινε εφικτή η μείωση του συνολικού τους όγκου, σε ένα μόνο κλάσμα αυτού, των συμβατικών πυκνωτών και ο εντυπωσιακός πολλαπλασιασμός της ενέργειας που μπορεί να αποθηκευθεί ανά μονάδα βάρους.

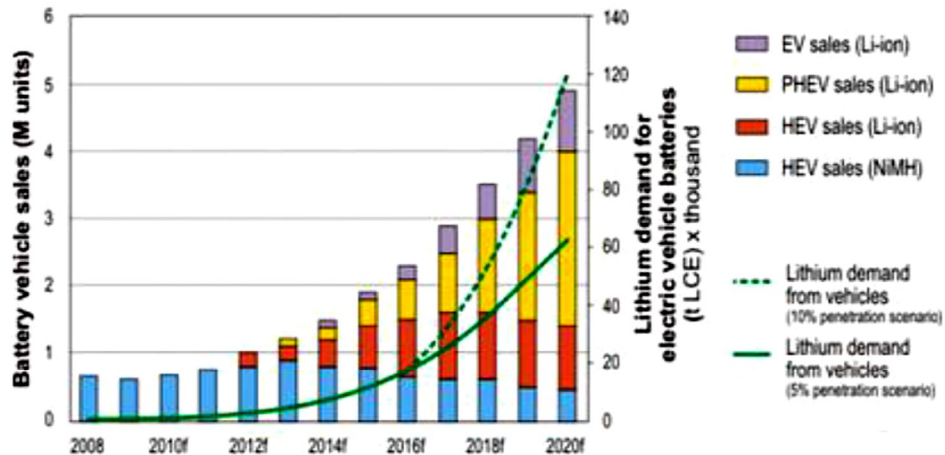
Αυτή τη στιγμή, η πιο εξελιγμένη αυτοκινητική γενιά υπερπυκνωτών έχει σχεδόν διπλάσιο λόγο ισχύος εξόδου προς βάρος, από αυτόν των συσσωρευτών νικελίου-μετάλλου υδριδίου, ενώ διατηρεί τα πλεονεκτήματα των πυκνωτών, όσον αφορά την διάρκεια ζωής ( αριθμός κύκλων ολικής φόρτισης/αποφόρτισης) και προπάντων την σημαντικά υψηλότερη ταχύτητα φόρτισης σε σύγκριση με τις συμβατικές μπαταρίες ιόντων ή υδριδίων.[2,4,6]

Στην εικόνα 1.2.1 παρατηρούμε την απόδοση όλων των συσσωρευτών, ανάλογα με την ειδική ισχύ, αλλά και την ειδική ενέργεια τους.



Εικόνα 1.2.1: Σύγκριση συσσωρευτών ανάλογα με την ειδική ισχύ και την ειδική ενέργειά του

Συμπερασματικά ,ο επικρατέστερος τύπος συσσωρευτή είναι ο ιόντων -λιθίου. Λόγω της ενεργειακής πυκνότητας, της καλής μνήμης, του κύκλου ζωής και άλλων πλεονεκτημάτων οι συσσωρευτές λιθίου-ιόντων χωρούν περισσότερη ενέργεια με τον ίδιο όγκο συγκρινόμενοι με τους άλλους τύπους. Για αυτό το λόγο είναι η πρώτη επιλογή στον τομέα των ηλεκτρικών οχημάτων.[2,4,6]



Εικόνα 1.2.2: Προβλεπόμενη ζήτηση ιόντων-λιθίου για μπαταρίες ηλεκτρικών αυτοκινήτων

### 1.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΑΘΜΩΝ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Η φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων μπορεί να γίνει με δύο τρόπους , οι οποίοι παρουσιάζονται παρακάτω:

#### 1.3.1 Φόρτιση με επαφή

Η φόρτιση με επαφή απαιτεί την χρήση συγκεκριμένων καλωδίων και βυσμάτων για τη διασύνδεση οχήματος με τον σταθμό φόρτισης. Την μέθοδο αυτή ακολουθούν οι περισσότεροι “on-board” (ενσωματωμένοι στο όχημα) φορτιστές, ή συστήματα που έχουν τα κυκλώματα φόρτισης και ελέγχου πάνω στο όχημα. Κάποια βασικά μειονεκτήματα της φόρτισης αυτής είναι τα παρακάτω. Η μη αυτοματοποιημένη διαδικασία που ακολουθείται στην συμβατική φόρτιση, κατά την οποία ο άνθρωπος πρέπει να συνδέσει και να αποσυνδέσει το όχημα, αφήνει μεγάλα περιθώρια λάθους και ελλοχεύει ο κίνδυνος της ηλεκτροπληξίας, ιδίως σε υγρά περιβάλλοντα (υγρασία, βροχή). Ακόμα το μακρύ καλώδιο μπορεί να αποτελέσει αιτία ατυχήματος ή και τροφή για τυχόν τρωκτικά της περιοχής. Στην περίπτωση αυτή η αντικατάσταση επιβάλλεται αυξάνοντας το λειτουργικό κόστος της εγκατάστασης. Τέλος, σε περιοχές που ο πάγος και το χιόνι είναι συνηθισμένο φαινόμενο, το βύσμα φόρτισης μπορεί να παγώσει πάνω στο όχημα κατά την διάρκεια μιας φόρτισης π.χ. 30 λεπτών σε έναν εξωτερικό σταθμό φόρτισης.[10]

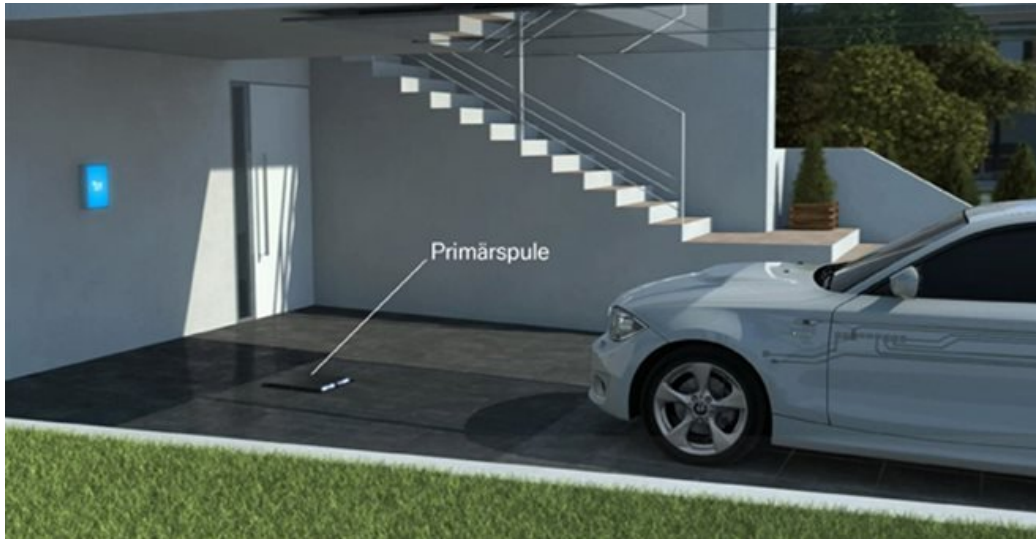


*Εικόνα 1.3.1: Φόρτιση με επαφή ενός ηλεκτρικού Nissan Leaf στην California*

### **1.3.2 Φόρτιση με επαγωγή**

Στην φόρτιση με επαγωγή η μεταφορά ενέργειας από τον σταθμό προς το όχημα γίνεται χωρίς αγωγή ζεύξη, μέσω ηλεκτρομαγνητικών πεδίων. Πιο αναλυτικά, τα συστήματα επαγωγικής φόρτισης μεταφέρουν εναλλασσόμενη ισχύ δημιουργώντας ένα μαγνητικό κύκλωμα μεταξύ ενός πρωτεύοντος τυλίγματος στην μεριά της τροφοδοσίας και ενός δευτερεύοντος τυλίγματος στην μεριά του οχήματος. Έτσι η ισχύς ρέει από το πρωτεύον στο δευτερεύον όπως ακριβώς και σε ένα μετασχηματιστή 2 τυλιγμάτων. Ακόμη, αφού ο συσσωρευτής έχει DC τάση και μπορεί να φορτιστεί μόνο με DC ρεύμα, το AC ρεύμα εξόδου του δευτερεύοντος τυλίγματος ανορθώνεται με την κατάλληλη διάταξη πριν φτάσει σε αυτόν. Οι επαγωγικοί φορτιστές έχουν τα περισσότερα κυκλώματα φόρτισης και ελέγχου εκτός του οχήματος, και επικοινωνούν με αυτό μέσω υπέρυθρων ή ραδιοσυχνοτήτων. Η επαγωγική φόρτιση προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με την συμβατική φόρτιση καθώς η φόρτιση μπορεί να γίνει απλά και μόνο σταθμεύοντας το όχημα πάνω στο σημείο φόρτισης. Εξελίξεις στην τεχνολογία των υλικών, στα ηλεκτρονικά ισχύος και στους μικροελεγκτές έχουν προσφέρει σημαντική βοήθεια στην ανάπτυξη αυτού του τρόπου φόρτισης





Εικόνα 1.3.2 Εγκατάσταση ασύρματης φόρτισης

Η BMW εφαρμόζοντας την «ολιστική» φιλοσοφία του BMW i τόσο με το «καθαρόαιμο» ηλεκτρικό BMW i3 όσο και με το plug-in υβριδικό, σπορ μοντέλο BMW i8 προσπάθησε να περιορίσει το συγκεκριμένο πρόβλημα με τη δημιουργία του BMW i Wallbo.[9]

Η ασύρματη φόρτιση όπως λέει και η φράση είναι ότι φορτίζεις το όχημά σου, χωρίς να έχεις μια φυσική σχέση ανάμεσα στον μηχανισμό φόρτισης και το όχημα. Στο Πανεπιστήμιο του Στάνφορντ, έγινε μια έρευνα που ισχυρίζεται ότι, μπορούμε να έχουμε ένα πηνίο στην επιφάνεια του δρόμου και ένα πηνίο μέσα στο αυτοκίνητο. Αυτά θα ταλαντεύονται καθώς θα συγχρονίζονται. Με αυτόν τον τρόπο μεταφέρουν την ενέργεια.

Μια σειρά από πηνία που συνδέονται με το ηλεκτρικό ρεύμα θα τοποθετούνται στον αυτοκινητόδρομο. Οι δέκτες που θα βρίσκονται στη βάση του αυτοκινήτου θα συντονίζονται καθώς το αυτοκίνητο επιταχύνει, δημιουργώντας μαγνητικά πεδία που θα μεταφέρουν συνεχώς ενέργεια για τη φόρτιση της μπαταρίας. Αυτό το ασύρματο σύστημα μπορεί να λύσει πολλά προβλήματα, καθώς ένα μεσαίο ηλεκτρικό αυτοκίνητο σήμερα, μπορεί να κάνει 150 χλμ με μία μόνο φόρτιση. Η μπαταρία θέλει στη συνέχεια πολλές ώρες για να φορτίσει ξανά.[10]

### 1.3.3 Υποδοχές φόρτισης εμπορίου

Οι ιδιοκτήτες των ηλεκτρικών οχημάτων επιθυμούν το καλώδιο φόρτισης και η υποδοχή να είναι συμβατή με όλους τους σταθμούς φόρτισης ανεξάρτητα από την τεχνολογία αυτών ή τον κατασκευαστή τους. Έτσι θα μπορούν να φορτίζουν σε διαφορετικά σημεία, όπως επίσης ένα καλώδιο θα μπορεί να συνδεθεί σε διαφορετικά μοντέλα οχημάτων. Μέχρι σήμερα όμως στην Ευρώπη δεν υπάρχει κάποια προτυποποίηση για τις καλωδιώσεις σύνδεσης των ηλεκτρικών οχημάτων με τους σταθμούς φόρτισης, όπως αναφέρθηκε ανωτέρω. Ωστόσο, υπάρχουν κάποιοι υποδοχείς φόρτισης, πολλά υποσχόμενοι, που είναι πιο πιθανό να κερδίσουν ευρεία υποστήριξη με βάση το ευρωπαϊκό πρότυπο.

Συνεπώς, τα βύσματα που χρησιμοποιούνται ευρέως είναι:

1. Βύσμα “menekes”
2. Βύσμα “walther”
3. Βύσμα EDF
4. Βύσμα EV plug

Πιο συγκεκριμένα το βύσμα “menekes” συμμορφώνεται πλήρως με τις προδιαγραφές των προτύπων IEC 61851 και 62196 και χαρακτηρίζεται ως Τύπου 2, δηλαδή με 7 ακροδέκτες, αλλά χωρίς προστατευτικά κλείστρα.



*Εικόνα 1.3.3: Βύσμα Mennekes*

Αντίστοιχα, τα βύσματα “Walther” υποστηρίζουν μονοφασική φόρτιση, τάσεως 230V και τριφασική φόρτιση τάσεως 400V. Η διαφορά τους με τα βύσματα Mennekes είναι ότι έχουν το πλεονέκτημα να υποστηρίζουν και την οικιακή φόρτιση. Υπάρχουν δύο διαθέσιμα είδη υποδοχέων Walther: ένα καλώδιο σχεδιασμένο για οικιακή χρήση, όπου στο τέλος του καλωδίου το βύσμα είναι έτσι σχεδιασμένο ώστε να ταιριάζει σε έναν κοινό μονοφασικό ρευματοδότη και ένα καλώδιο με δύο πανομοιότυπα βύσματα στα δύο άκρα του (όπως το βύσμα Mennekes), το οποίο υποστηρίζει την απευθείας σύνδεση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου με το σημείο φόρτισης.



*Εικόνα 1.3.3: Βύσμα Walt*

Τα βύσματα “EDF”, κατασκευάζονται από την Elektromotive Company. Υποστηρίζουν μονοφασική AC παροχή σε ισχύς 3,6 kW (240V/16A) και 15kW (240V/63A).



*Εικόνα 1.3.4 : Elektromotive bay μεβύσμα EDF*

Από την σύμπραξη των εταιριών Shame, Schneider και Legrand, προκύπτει το βύσμα “EV plug”. Επιτρέπει διάφορα επίπεδα ισχύος φόρτισης, με μέγιστο τα 27,7kW σε τριφασική φόρτιση, και συμμορφώνεται πλήρως με τις προδιαγραφές ασφαλείας του Τύπου 3 της IEC περί προστατευτικών κλείστρων. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του βύσματος “EV plug”, αποτελεί η παρουσία ενός αυτόματου προστατευτικού κλείστρου, ως προληπτικό μέτρο για οποιαδήποτε τυχαία επαφή μεταξύ του χρήστη και των ηλεκτροφόρων καλωδίων στα βύσματα ή τις εισόδους και υποδοχές.



*Εικόνα 1.3.5 : Βύσμα EV PLUG*

### 1.3.4 Επίπεδα φόρτισης

Η φόρτιση των συσσωρευτών των ηλεκτρικών οχημάτων μπορεί να γίνει είτε με AC είτε με DC ρεύμα τροφοδοτούμενο στο ηλεκτρικό όχημα. Έχουμε τις εξής πιθανές φορτίσεις:

- **Μονοφασική AC φόρτιση:** συνήθως πραγματοποιείται μέσω συνηθισμένων οικιακών συσκευών και παρέχει επίπεδα ισχύος που είναι σχετικά χαμηλά συγκρινόμενα με τη χωρητικότητα της μπαταρίας. Παρόλα αυτά, η μονοφασική φόρτιση σε σχετικά υψηλά επίπεδα ισχύος είναι συνηθισμένη σε εφαρμογές φόρτισης που δεν θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν χρησιμοποιώντας συνηθισμένες οικιακές συσκευές. Οι δύο αυτοί μέθοδοι φόρτισης αναφέρονται και ως **Επίπεδο 1** και **Επίπεδο 2** φόρτισης.
- **Τριφασική AC φόρτιση:** απαιτεί την πρόσβαση σε τριφασική τροφοδοσία και μπορεί να παρέχει μεγαλύτερα επίπεδα φόρτισης σε σχέση με αυτά της μονοφασικής φόρτισης. Αυτό συμβαίνει επειδή η χρήση των τριών φάσεων αντί για μίας επιτρέπει την μετάδοση περισσότερης ισχύος χωρίς την αύξηση του ρεύματος ή της τάσης.
- **DC φόρτιση:** απαιτεί έναν ειδικό εξωτερικό φορτιστή ο οποίος θα παρέχει συνεχές ρεύμα στο ηλεκτρικό όχημα. Αυτή η μέθοδος μπορεί να υλοποιηθεί με σκοπό να παρέχει υψηλά επίπεδα φόρτισης σε δημόσιους χώρους.

Εξαιτίας του λίγου χρόνου που απαιτείται για τη φόρτιση των μπαταριών μέσω της τριφασικής AC φόρτισης ή της DC φόρτισης, αυτές οι μέθοδοι θα μπορούσαν να αποτελούν τη βάση της ταχείας φόρτισης, η οποία αναφέρεται και ως φόρτιση **Επιπέδου 3**. Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει μερικά χαρακτηριστικά αυτών των τριών επιπέδων φόρτισης:

Επίπεδο φόρτισης	Απαιτήσεις	Τυπική ισχύς φόρτισης	Διάρκεια φόρτισης για μπαταρία 35 kWh
Επίπεδο 1	Μέσω οικιακής φόρτισης	3 kW	12 ώρες
Επίπεδο 2	Μέσω ειδικής εγκατάστασης φόρτισης και καλωδίωσης	10-20 kW	2-4 ώρες

Επίπεδο 3	Μέσω ειδικής εγκατάστασης φόρτισης και καλωδίωσης καθώς και ειδικής εγκατάστασης εξωτερικού φορτιστή για τη μέθοδο DC φόρτισης	40 kW και άνω	45 λεπτά ή και λιγότερο
-----------	--	---------------	-------------------------

### 1.3.5 Υποδομές φόρτισης

Για την διείσδυση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην αγορά και την ένταξή τους στην καθημερινότητα των σύγχρονων πόλεων απαιτείται η κατασκευή των κατάλληλων υποδομών που απαιτεί η τεχνολογία των ηλεκτρικών οχημάτων.

Πράγματι, η μαζική κυκλοφορία των ηλεκτρικών οχημάτων θα φέρει στο προσκήνιο νέες προκλήσεις οι οποίες θα πρέπει να αντιμετωπισθούν. Μία από αυτές είναι ο χώρος φόρτισης των νέων οχημάτων. Ανάλογα με τον τρόπο χρήσης των αμαξιδίων (χρόνος λειτουργίας, διαθέσιμη αυτονομία κλπ), την τεχνολογία των μπαταριών τους και τον διαθέσιμο χρόνο για τη φόρτιση των μπαταριών θα πρέπει να δημιουργηθούν σταθμοί φόρτισης, οι οποίοι θα διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- **Ιδιωτικοί με ιδιωτική πρόσβαση (π.χ. προσωπικά γκαράζ).** Η φόρτιση γίνεται από μονοφασική παροχή και συνήθως τις νυχτερινές ώρες, με αποτέλεσμα να ισχύει χαμηλότερο τιμολόγιο κατανάλωσης. Η φόρτιση διαρκεί περίπου 6-8 ώρες και το μέγιστο ρεύμα φόρτισης δεν ξεπερνάει τα 15 A. Δίνεται ακόμη, η δυνατότητα στους καταναλωτές να κλείνουν συμφωνίες με το κεντρικό δίκτυο ακόμα και για V2G (vehicle to grid) λειτουργία, με αποτέλεσμα να πουλάνε ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο. Τέλος, οι απαιτήσεις σε εξοπλισμό είναι ελάχιστες.
- **Ιδιωτικοί με δημόσια πρόσβαση (π.χ. πάρκινγκ εμπορικών καταστημάτων).** Σε αυτή την περίπτωση τα ηλεκτρικά οχήματα μπορούν να φορτίζουν τις ώρες που παραμένουν παρκαρισμένα πληρώνοντας το ανάλογο αντίτιμο. Στους ιδιωτικούς χώρους με δημόσια πρόσβαση θα πρέπει να υπάρχουν όλων των επιπέδων 1-3 σταθμοί φόρτισης.
- **Δημόσιοι με δημόσια πρόσβαση (π.χ. δημόσιοι δρόμοι).** Οι σταθμοί αυτοί φόρτισης είναι απαραίτητοι για τους ιδιοκτήτες αυτοκινήτων οι οποίοι δεν μπορούν να έχουν πρόσβαση σε ιδιωτικά πάρκινγκ, ιδίως οι κάτοικοι πυκνοκατοικημένων περιοχών. Οι απαιτήσεις τέτοιων σταθμών είναι επιπέδων 1 και 2 [18], [5].

Η πληρωμή σε περίπτωση χρησιμοποίησης κάποιου σταθμού φόρτισης μπορεί να γίνει είτε εκ των προτέρων ή με ένα συνολικό λογαριασμό στο τέλος μιας προσυμφωνημένης χρονικής περιόδου. Επίσης πολλές εταιρείες έχουν αρχίσει την εγκατάσταση σταθμών φόρτισης με δίκτυο χρέωσης. Οισημαντικότερεςαπόαυτέςείναι: Elektromotive, Park and Power, Aerovironment Inc., PEP stations, POD Point, Ville de Paris, CirCarLife, Mobi.e, Better Place και Coulomb Technologies. Δύο από τις σημαντικότερες προκλήσεις που έχουν να συναντήσουν αυτές οι εταιρείες είναι η ιδέα της άμεσης αντικατάστασης της άδειας μπαταρίας με πλήρως φορτισμένης, έτσι ώστε να μην τίθεται θέμα φόρτισης από τη μεριά του πελάτη, καθώς επίσης και η φόρτιση μέσω φωτοβολταϊκών κυττάρων τα οποία είναι τοποθετημένα σε στέγαστρα σε παρκινγκ. Αυτού του είδους φόρτιση είναι πολύ εύκολη αφού δεν χρειάζεται κάποια εξωτερική παρέμβαση, όμως ο χαμηλός βαθμός απόδοσης των φωτοβολταϊκών κυττάρων, το υψηλό κόστος καθώς και ο κίνδυνος της φθοράς που διατρέχουν είναι πολύ σημαντικά μειονεκτήματα που εμποδίζουν προς το παρόν την εξάπλωσή τους στη χρήση ηλεκτροκίνητων οχημάτων.

Το Solar Forest (Ηλιακό Δάσος) του αρχιτέκτονα και σχεδιαστή Neville Mars είναι μια από τις πιο καινοτόμες και έξυπνες ιδέες σε σχέση με τους σταθμούς φόρτισης. Η δομή του θα αποτελείται από τεχνητά δέντρα που θα φέρουν φωτοβολταϊκά πάνελ σε σχήμα φύλλων που ουσιαστικά αντιγράφουν την φύση αφού τα πάνελ αυτά θα ακολουθούν την πορεία του ήλιου κατά την διάρκεια της ημέρας. Ο κορμός του δέντρου θα είναι ο φορτιστής του ηλεκτρικού οχήματος.



*Εικόνα 1.3.6 : Ηλιακό δάσος από τον Neville Mars*

Έτσι θα προσφέρει στάθμευση και φόρτιση του οχήματος σε πολύ μικρές τιμές είτε δωρεάν αφού η παραγωγή ενέργειας λόγω του ήλιου είναι φθηνότερη και πιο οικολογικά σωστή.[5,6]

## 1.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΩΝ Η/Ο

Τα Η/Ο παρουσιάζουν πλεονεκτήματα αλλά και ορισμένα μειονεκτήματα έναντι στα συμβατικά οχήματα. Παρακάτω αναφέρονται αυτά αναλυτικά:

### Πλεονεκτήματα:

Το κυριότερο πλεονέκτημα του ηλεκτρικού οχήματος είναι η συνεισφορά του στη **μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης**, το μεγαλύτερο μέρος της οποίας οφείλεται στους ρύπους των συμβατικών οχημάτων. Το ηλεκτρικό όχημα έχει θεωρητικά μηδενικούς ρύπους προκαλώντας ελάχιστη ρύπανση του αέρα και μηδενική ρύπανση του χώρου που κινείται. Το επόμενο πλεονέκτημά του αφορά στη μείωση της **ηχορύπανσης**. Μάλιστα, λόγω της μη εκπομπής ρύπων και θορύβου κατά την κίνησή του, επιτρέπει την ενσωμάτωση της κίνησης σε περιοχές «ιστορικά ευαίσθητες» π.χ. ιστορικό κέντρο των πόλεων.

Η ηλεκτρική τεχνολογία προσφέρει τη δυνατότητα **χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας** στην επαναφόρτιση του οχήματος. Τα ηλεκτρικά οχήματα μπορούν να αποτελέσουν μέρος ενός συστήματος που θα περιλαμβάνει σταθμούς ανεφοδιασμού σε κάθε σπίτι και ένα αναπτυγμένο ηλεκτρικό δίκτυο που θα μπορεί να συνεισφέρει στην κίνηση των οχημάτων. Σημαντικό πλεονέκτημα των ηλεκτρικών οχημάτων αποτελεί το γεγονός πως δεν εκπέμπουν ρυπογόνα αέρια, επομένως δε συμβάλλουν στο **φαινόμενο του θερμοκηπίου**. Μελέτες έχουν δείξει πως οι ρύποι που δημιουργούνται κατά την ηλεκτροπαραγωγή για τη φόρτιση των μπαταριών των ηλεκτρικών οχημάτων, είναι μειωμένοι κατά 2/3 σε σχέση με εκείνους των συμβατικών οχημάτων.

Ένας όρος που μπήκε στη ζωή μας τα τελευταία χρόνια, με τις αυτοκινητοβιομηχανίες να έχουν αναγκαστεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση να μειώσουν το μέσο όρο εκπομπών CO<sub>2</sub> των μοντέλων τους, ώστε να πληρούν τους όλο και αυστηρότερους κανόνες, που το 2021 θέλουν τον μέσο όρο των εκπομπών να πέφτει στα 95 γρ/χλμ. Εννέα στα δέκα νέα αυτοκίνητα ντίζελ παραβιάζουν τα νέα όρια ρύπανσης της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όταν δοκιμάζονται σε δρόμους και όχι σε πίστες δοκιμών, σύμφωνα με νέα έκθεση. Κατά μέσο όρο, τα αυτοκίνητα εκπέμπουν **επτά φορές πάνω από το επιτρεπόμενο όριο** των αερίων οξειδίων του αζώτου, με το χειρότερο αυτοκίνητο να παράγει 22 φορές το νόμιμο όριο. Μοντέλα από κάθε μεγάλο κατασκευαστή οχημάτων βρέθηκαν να παραβιάζουν το όριο όταν αξιολογήθηκαν υπό πραγματικές συνθήκες.

Άλλο, πολύ σημαντικό πλεονέκτημα των Η/Ο, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις αυτόνομων δικτύων όπως π.χ. στα νησιά του Αιγαίου, είναι η ικανότητα τους στην **εξισορρόπηση του φορτίου με την παροχή της αποθηκευμένης ενέργειας από αυτά στο δίκτυο σε περιόδους αιχμής**. Αυτό επιτυγχάνεται με την τεχνολογία μεταφοράς ενέργειας από το όχημα στο δίκτυο. Χρησιμοποιώντας πλεονάζουσα ενέργεια από τις μπαταρίες τους, μπορούν να στείλουν ενέργεια πίσω στο δίκτυο και να επαναφορτιστούν αργότερα όταν θα έχει πάψει η αιχμή του δικτύου. Με τη χρήση των ηλεκτρικών οχημάτων επιτυγχάνεται ο περιορισμός της ζήτησης πετρελαίου όσον αφορά τον τομέα των μεταφορών, **μειώνοντας με τον τρόπο αυτό την ενεργειακή εξάρτηση** κυρίως από τις χώρες

της μέσης ανατολής. Έτσι μειώνεται σημαντικά το κόστος της καθημερινής χρήσης ενός οχήματος, καθώς τα τελευταία χρόνια η τιμή του πετρελαίου έχει παρουσιάσει πολύ ανοδικές τάσεις. Μέσω της χρήσης ηλεκτρικών οχημάτων **αυξάνεται η ενεργειακή απόδοση**, καθώς οι υπάρχοντες ηλεκτροκινητήρες αποδίδουν το 75% της χημικής ενέργειας που βρίσκεται αποθηκευμένη στις μπαταρίες τους για την κίνηση των τροχών, σε αντίθεση με τις μηχανές εσωτερικής καύσης που μετατρέπουν μόνο το 20% της ενέργειας που είναι αποθηκευμένη στη βενζίνη.

Επιπλέον, τα ηλεκτρικά οχήματα θεωρούνται πιο αξιόπιστα από τα συμβατικά οχήματα. Είναι πιο **εύκολη η κατασκευή** του ηλεκτρικού οχήματος γιατί ο ηλεκτροκινητήρας είναι πολύ απλός στη δομή του, σε σχέση με τις μηχανές εσωτερικής καύσεως. Καταναλώνει ενέργεια μόνο όταν κινείται. Άρα είναι πολύ καλή επιλογή για χρήση σε αστικά κέντρα. **Το κόστος της λειτουργίας** του, σύμφωνα με υπολογισμούς των General Motors και Chrysler είναι πολύ μικρότερο από αυτό των συμβατικών οχημάτων. Αξιοσημείωτο είναι ότι το ηλεκτρικό όχημα έχει την ευχέρεια να λειτουργεί σε **υψηλότερες στροφές** από ότι ένας βενζινοκινητήρας, καθώς μπορεί να φτάσει ακόμα και έως τις 14.000 στροφές/λεπτό. Ακόμα ένα σημαντικό πλεονέκτημα αποτελεί το γεγονός πως τα ηλεκτρικά οχήματα επιτυγχάνουν σχεδόν **σταθερή ροπή** από την ακινησία έως και το μέγιστο όριο στροφών λειτουργίας τους. Υπάρχει ακόμα η δυνατότητα σχεδίασης των ηλεκτρικών οχημάτων με τέτοιο τρόπο, ώστε να αυτοφορτίζονται κατά την επιβράδυνσή τους βελτιώνοντας ακόμα περισσότερο το δείκτη κατανάλωσης. Η ηλεκτρική μηχανή έχει πολύ **μεγαλύτερη διάρκεια ζωής** συγκρινόμενη με του συμβατικού. Υπολογίζεται μάλιστα ίση με 1.600.000 kmεν αντιθέσει με τα 160.934 km μίλια του συμβατικού. Τέλος, η εμπορική χρήση ηλεκτρικών οχημάτων προσφέρει, σύμφωνα με «ΟΔΗΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ» που υπεγράφη τον Μάρτιο του 2009, αρκετά οφέλη για τη βιώσιμη κινητικότητα σε επίπεδο Ε.Ε [28],[18].

Η τεχνολογία ηλεκτρικού αυτοκινήτου προσφέρει μια ευκαιρία να προωθηθεί μια **πράσινη οικονομία**, η οποία θα ενισχύσει την ανταγωνιστικότητα της Ευρώπης: παρέχεται η δυνατότητα στην Ευρώπη να προηγηθεί στην παραγωγή ηλεκτρικών οχημάτων. Ηλεκτροδοτώντας τις οδικές μεταφορές θα ενισχυθεί η ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού της Ευρώπης, φρενάροντας την αυξανόμενη εξάρτηση από εισαγωγές ορυκτών καυσίμων. Ακόμα, μπορεί να γίνουν πραγματικότητα τα οχήματα που θα συνδέονται με δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, η σε ευρεία κλίμακα προώθηση ηλεκτρικών οχημάτων θα έχει περιορισμένη επίδραση στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ θα ενθαρρύνει την ανάπτυξη «**έξυπνων δικτύων**».

### **Μειονεκτήματα:**

Τα μειονεκτήματα προέρχονται κυρίως από τους συσσωρευτές και αυτό γιατί μέχρι σήμερα, παρά τη μακρόχρονη πορεία τους (έχουν ζωή πάνω από δύο αιώνες), παρουσιάζουν δύο αδύνατα σημεία. Το ένα σχετίζεται με την πυκνότητα ενέργειας - δηλαδή το λόγο της αποθηκευμένης ενέργειας του συσσωρευτή προς τον όγκο και το βάρος του - η οποία είναι πολύ χαμηλή σε σχέση με τη βενζίνη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να περιορίζεται **η αυτονομία** του οχήματος αφού όσο αυξάνει η ενεργειακή ζήτηση απαιτείται και μεγαλύτερος όγκος και βάρος συσσωρευτών. Για παράδειγμα, 1 χιλιόγραμμα βενζίνης έχει ειδική ενέργεια της τάξεως των 12.000 wh. Αντίθετα 1 χιλιόγραμμα από τον καλύτερο συσσωρευτή Νατρίου – Θείου έχει ειδική ενέργεια της τάξεως των 80-85 wh. Το



μέγεθος αυτό διαφοροποιείται ανάλογα με τον τύπο του συσσωρευτή παρουσιάζοντας τις υψηλότερες τιμές για συσσωρευτές Λιθίου- Πολυμερούς και τις χαμηλότερες για συσσωρευτές Μολύβδου-Οξέως. Ο **όγκος και το βάρος των μπαταριών** ενός ηλεκτρικού οχήματος είναι ένα ακόμα κομμάτι που θα πρέπει να βελτιωθεί τα επόμενα χρόνια, καθώς οι συστοιχίες μπαταριών είναι βαριές και καταλαμβάνουν σημαντικό χώρο στο όχημα. Ακόμα στον όγκο των συσσωρευτών, πρέπει να προστεθεί και ο όγκος των εγκατεστημένων συστημάτων ασφαλείας που αφορούν την προστασία από την εκδήλωση φωτιάς στις μπαταρίες είτε λόγω βραχυκυκλώματος, είτε λόγω υπερθέρμανσης. Ακόμα, το **κόστος** των συσσωρευτών είναι υψηλό. Μάλιστα, αυτό επηρεάζει αισθητά το συνολικό κόστος του ηλεκτρικού οχήματος, και κάνει δυσκολότερη την αγορά του. Μάλιστα, αυτό επηρεάζει αισθητά το συνολικό κόστος του ηλεκτρικού οχήματος, και κάνει δυσκολότερη την αγορά του.

Σημαντικό εμπόδιο στην εξάπλωση της χρήσης των ηλεκτρικών οχημάτων αποτελεί ο **μεγάλος χρόνος επαναφόρτισης**, που συνήθως φτάνει τις 6 ώρες για μια πλήρη επαναφόρτιση. Αξίζει βέβαια να αναφερθεί πως αρκετά σύγχρονα μοντέλα μπορούν να φορτίσουν κατά το 80% της μπαταρίας τους σε χρόνο μικρότερο της μίας ώρας. Η **δυσκολία πρόσβασης σε φορτιστή**, σε αντίθεση με τους σταθμούς καυσίμων που συναντάμε παντού, αποτελεί ένα ακόμα εμπόδιο στην εξάπλωση τους. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με τους φορητούς φορτιστές ή τους σταθμούς φόρτισης, που πλέον συναντάμε όλο και συχνότερα σε κάποιες πόλεις του εξωτερικού.

Είναι σημαντικό να αναφέρουμε, για τα Η/Ο που φορτίζονται σε περιοχές όπου το δίκτυο τροφοδοτείται από πηγές ενέργειας που εκπέμπουν CO<sub>2</sub> σε χαμηλότερα επίπεδα από το μέσο όρο, ότι οι καθαρές εκπομπές CO<sub>2</sub> που σχετίζονται με τα αυτοκίνητα αυτά μειώνονται αντίστοιχα. Αντίθετα, η ίδια μελέτη προβλέπει ότι σε περιοχές όπου πάνω από το 80% της ενέργειας του δικτύου προέρχεται από τον άνθρακα **οι τοπικές καθαρές εκπομπές CO<sub>2</sub> θα αυξηθούν** με τη χρήση των Η/Ο. Επίσης το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της χρήσης ενός ηλεκτρικού οχήματος είναι σημαντικά μικρότερο απ' ό,τι ένα συμβατικό όχημα ίδιας κατηγορίας. Ωστόσο, εάν ένα Η/Ο χρησιμοποιεί ηλεκτρική ενέργεια προερχόμενη από ένα θερμοηλεκτρικό εργοστάσιο με καύσιμη ύλη άνθρακα ή λιγνίτη, τότε η ρύπανση που προκαλεί μπορεί να είναι μεγαλύτερη από ένα συμβατικό όχημα.

Τέλος, το ηλεκτρικό όχημα είναι ουσιαστικά αθόρυβο συγκρινόμενο με τα οχήματα με μηχανές εσωτερικής καύσεως. Οι ενώσεις τυφλών λοιπόν, επικεντρώνονται σε μια ακόμα σημαντική πτυχή του θέματος: ο θόρυβος του αυτοκινήτου είναι μια προειδοποίηση για τον πεζό και χωρίς αυτή υπάρχει ο φόβος να αυξηθούν τα ατυχήματα στις πόλεις. Σε αντίθεση με την Ευρώπη, στην Ιαπωνία και στις ΗΠΑ ο νόμος προβλέπει ενσωμάτωση τεχνικών θορύβων στα ηλεκτροκίνητα. Η ιαπωνική Toyota έχει προσλάβει ειδικούς για να δώσουν ήχο στα νέα, αθόρυβα αυτοκίνητα. Η Nissan από την άλλη βρήκε μια διαφορετική λύση: οι αγοραστές του ηλεκτροκίνητου Nissan Leaf μπορούν να επιλέξουν το μοντέλο που διαθέτει ενσωματωμένο megάφωνο και το οποίο ενεργοποιείται όταν το αυτοκίνητο τρέχει με λιγότερα από 20χλμ./ώρα. Γίνονται έρευνες λοιπόν που εστιάζονται στην επίλυση τέτοιων προβλημάτων ώστε τα ηλεκτρικά οχήματα να καταστούν ικανά να λειτουργούν ανταγωνιστικά με τα συμβατικά οχήματα.[1,2,4]

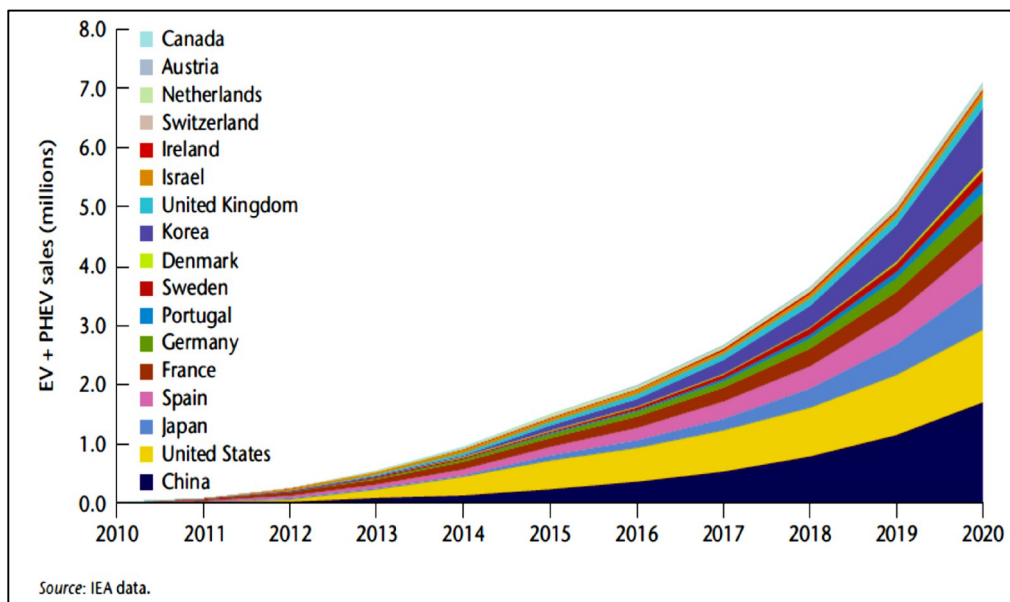
### Σύγκριση συμβατικού με ηλεκτροκίνητο όχημα

Συγκριτικός πίνακας ενεργειακής αλυσίδας ενός συμβατικού αυτοκινήτου πόλης που καταναλώνει 8,5 λίτρα βενζίνης ανά 100 χιλιόμετρα, με ένα αντίστοιχο ηλεκτροκίνητο με συσσωρευτές που καταναλώνει 25 KWH ανά 100 χιλιόμετρα και το οποίο φορτίζει τους συσσωρευτές του από δίκτυο ηλεκτροπαραγωγής που βασίζεται στο πετρέλαιο, δείχνει ότι το πρώτο χρειάζεται 7,4 χιλιόγραμμα αργού πετρελαίου (για να διατρέξει την απόσταση των 100 χιλιομέτρων) ενώ το δεύτερο χρειάζεται 5,5 χιλιόγραμμα αργού πετρελαίου. Προκύπτει δηλαδή οικονομία 26%. Το ποσοστό αυτό αυξάνεται σε 32% εάν η ηλεκτροπαραγωγή βασίζεται στο φυσικό αέριο. Η ηλεκτρική ενέργεια θα μπορούσε βέβαια να προέρχεται από καύσιμα εγχώριας παραγωγής (λιγνίτης) ή ακόμα από υδροηλεκτρικά έργα ή άλλες ανανεώσιμες πηγές. Στις περιπτώσεις αυτές δεν έχουν νόημα οι συγκρίσεις αφού τα πλεονεκτήματα της νέας τεχνολογίας αποκτούν διαφορετικά μεγέθη και σημασίες.

Η παγκόσμια ημερήσια κατανάλωση βενζίνης και ντίζελ αντιστοιχεί σε περίπου 40 εκατομμύρια βαρέλια αργού πετρελαίου. Εκτιμώντας ότι η αυτοκίνηση καταναλώνει περίπου το 70% αυτής της ποσότητας και ότι θα επιτευχθεί σε πρώτη φάση διείσδυση των αυτοκινήτων νέας τεχνολογίας σε ποσοστό 30% (εκ των οποίων 5% ηλεκτροκίνητα και 25% υβριδικά), η οικονομία που θα προκύψει θα κυμαίνεται από 3.360.000 ως 4.180.000 βαρελιών αργού πετρελαίου ημερησίως ανάλογα με το ποσοστό μεταφοράς των ηλεκτροκίνητων αυτοκινήτων σε ενεργειακές πηγές διαφορετικές από το πετρέλαιο. Θα υπάρξει δηλαδή μείωση σε ποσοστό 12% έως 15% της παγκόσμιας κατανάλωσης αργού πετρελαίου για τις ανάγκες της αυτοκίνησης.[19,20,21]

## 1.5 ΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΠΩΛΗΣΕΙΣ Η/Ο

Έχει παρατηρηθεί ότι οι διεθνείς στόχοι πωλήσεων ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων για τη τελευταία δεκαετία, είναι σημαντικά υψηλοί.



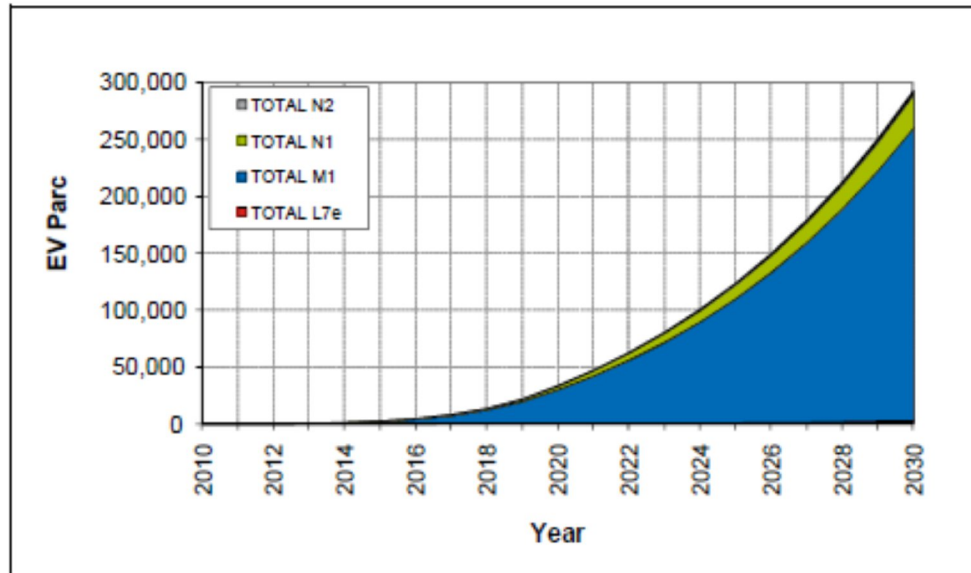
Εικόνα 1.5.1 : Διεθνείς στόχοι πωλήσεων ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων μέχρι το 2020 (IEA, 2015)

Για την εκτίμηση της πιθανής διείσδυσης των ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα, κατά την κρίσιμη δεκαετία μέχρι το έτος 2020, χρησιμοποιήθηκαν τα σχετικά αποτελέσματα τα οποία παρουσιάζονται σε μία σχετική έγκυρη μελέτη και αφορούν 29 Ευρωπαϊκές χώρες (27 χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, Νορβηγία και Ελβετία). Στη μελέτη αυτή συμμετείχαν όλες οι σημαντικές αυτοκινητοβιομηχανίες (BMWAG, DaimlerAG, Ford, GeneralMotorsLLC, HondaR&D, HyundaiMotorCompany, KiaMotorsCorporation, Nissan, Renault, ToyotaMotorsCorporation, Volkswagen), αρκετές εταιρείες καυσίμων (ENIRefiningandMarketing, GalpEnergia, OMVRefiningandMarketingGmbH, ShellDownstreamServicesInternationalB.V., TotalRaffinageMarketing), εταιρείες παροχής υπηρεσιών (EnBWBaden-WuerttembergAG, Vattenfall), εταιρείες βιομηχανικών αερίων (AirLiquide, AirProducts, LindeGroup), κατασκευαστές εξαρτημάτων για αυτοκίνητα (IntelligentEnergyHoldingsplc, Powertech), εταιρείες ΑΠΕ (Wind), εταιρείες παραγωγής υδρογόνου (ELTElektrolyseTechnik, Hydrogenics, HydrogenTechnologies, ProtonEnergySystems), Μη Κυβερνητικοί Οργανισμοί (EuropeanClimateFoundation) και Κυβερνητικοί Οργανισμοί (EuropeanFuelCellsandHydrogenJointUndertaking, NOWGmbH).

Έχουν ληφθεί υπόψη τρία διαφορετικά σενάρια για την προβλεπόμενη στάθμη διείσδυσης των Η/Ο έως το έτος 2050 τα οποία αφορούν τη μικρή διείσδυση, τη μεγάλη διείσδυση και τη μεγάλη διείσδυση με έμφαση στην τεχνολογία Η/Ο με ενεργειακά στοιχεία (χρήση υδρογόνου)[29].

Συγκεκριμένα, σύμφωνα με το υπουργείο περιβάλλοντος, ενέργειας και κλιματικής αλλαγής, και τη υπουργική απόφαση που λήφθηκε τον Ιανουάριο του 2012, έχουμε:

1. Το ρεαλιστικό σενάριο, με 34.000 EVs στο 2020 και 293.000 EVs το 2030
2. Το αισιόδοξο σενάριο, με 70.000 EVs το 2020 και 625.000 EVs το 2030 και
3. Το υπεραισιόδοξο σενάριο, με 142.000 EVs το 2020 και 1.219.000 EVs το 2030

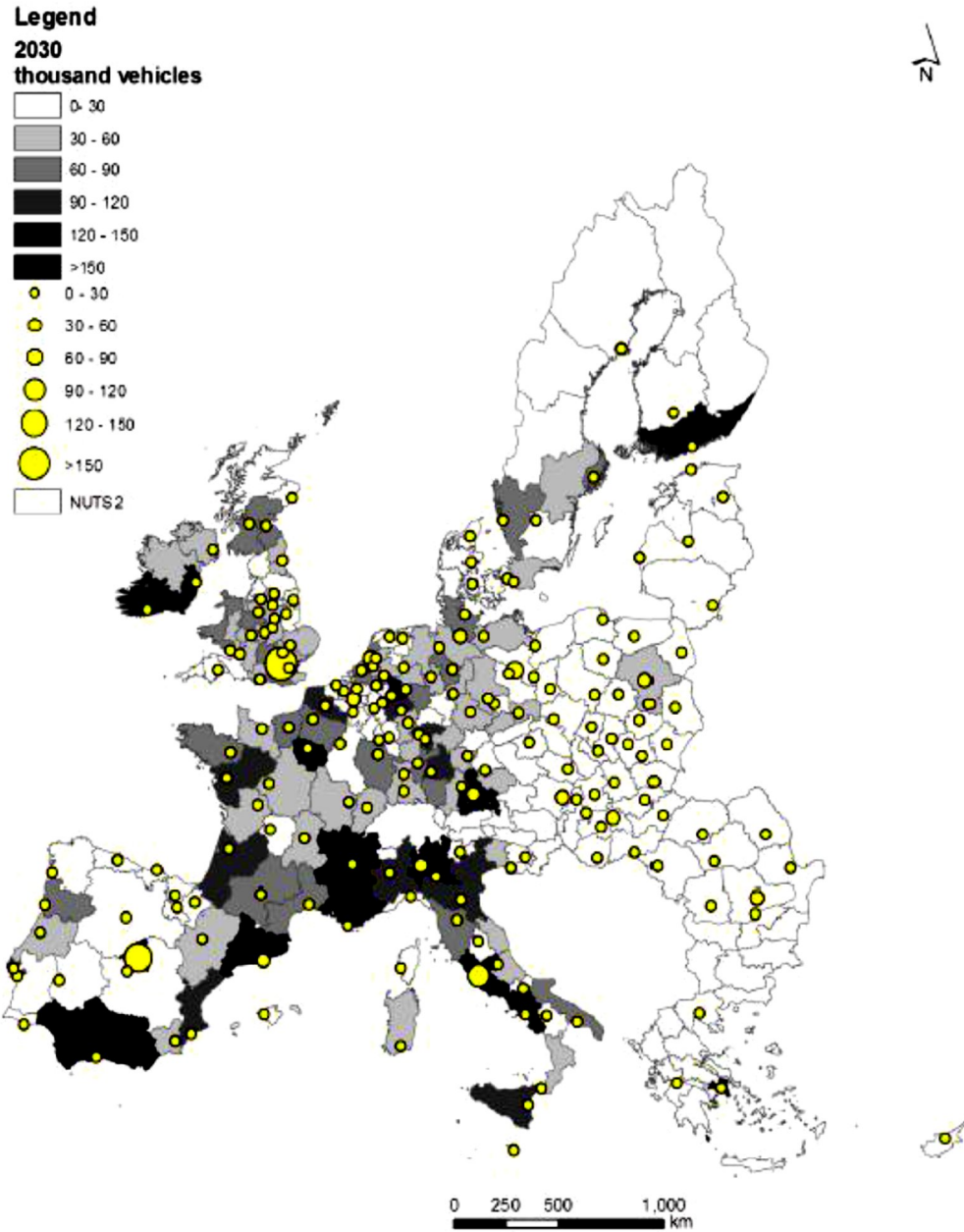


Εικόνα 1.5.2 : Το ρεαλιστικό σενάριο διείσδυσης EV για την Ελλάδα

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται μία εκτίμηση για τις ετήσιες πωλήσεις των Η/Ο στην Ελληνική αγορά.[8]

Έτος	τεχνολογία	Αριθμός <b>BEV</b>	Αριθμός <b>PHEV</b> και <b>E-REV</b>
2012		200	500
2013		350	800
2014		600	1.200
2015		1.000	3.600
2016		1.300	4.200
2017		3.800	9.500
2018		5.300	16.000
2019		8.500	25.000
2020		11.315	36.295
Σύνολο		<b>32.365</b>	<b>97.095</b>

Για την Ευρώπη συγκεκριμένα, έρευνες έχουν δείξει ότι οι 3 Ευρωπαϊκές πόλεις που αναμένεται να είναι πρωτοπόρες στον τομέα της ηλεκτροκίνησης είναι η **Μαδρίτη**, το **Λονδίνο** και η **Ρώμη**. Ακόμη, αυξημένα ποσοστά διείσδυσης ηλεκτρικών οχημάτων αναμένονται σε **Γαλλία** και **Γερμανία**. Τα αποτελέσματα αυτά της έρευνας παρουσιάζονται συνολικά στο παρακάτω γράφημα: [2,7,8,]



*Εικόνα 1.5.3 : Πιθανές μελλοντικές κυρίαρχες αγορές στην Ευρώπη το 2030*

## 1.6 ΑΓΟΡΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

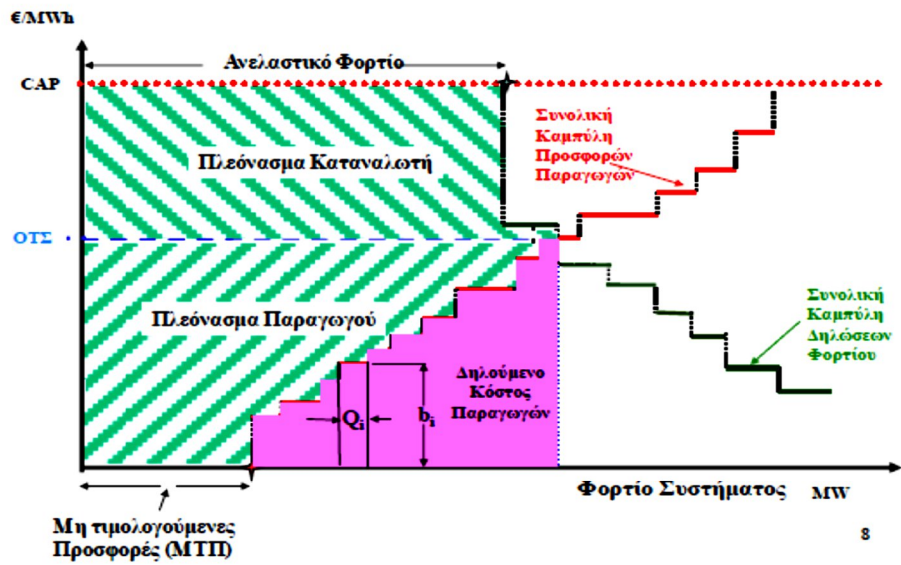
Οι αγορές ενέργειας ανά τον κόσμο παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, τόσο στον τρόπο λειτουργίας τους, όσο και στον ορισμό και την ονοματολογία των διαφόρων μεγεθών και υπηρεσιών. Σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης, γίνεται μια προσπάθεια για ομοιομορφία των αγορών.

Θα επιχειρήσουμε να κάνουμε μία σύντομη αναφορά σε παράγοντες, ξεχωριστές αγορές και υπηρεσίες των απελευθερωμένων αγορών ηλεκτρικής ενέργειας, που είναι αρκετά βασικά και κοινά στις διάφορες χώρες.

Τον αρχικό κρίκο αποτελούν οι παραγωγοί ή οι εισαγωγείς, οι οποίοι πωλούν την ηλεκτρική ενέργεια που διαθέτουν στη χονδρική αγορά (wholesale market). Οι πιθανοί αγοραστές μπορεί να είναι οι προμηθευτές (retailers), που αντιπροσωπεύουν το άθροισμα των πελατών τους, οι εξαγωγείς ή οι αυτοπρομηθευόμενοι καταναλωτές. Η τιμή της ενέργειας στη χονδρική αγορά προκύπτει ως εξής: κάθε ώρα της ημέρας κατατίθενται προσφορές (bids) από πλευράς των παραγωγών για συγκεκριμένη ποσότητα ενέργειας σε συγκεκριμένη τιμή (νόμισμα ανά MWh, πχ €MWh) και για συγκεκριμένη ώρα παράδοσης του επόμενου εικοσιτετραώρου πχ 11:00-12:00. Η κατάθεση των προσφορών έχει δεσμευτικό χαρακτήρα, δηλαδή εφόσον γίνει δεν μπορεί να αποσυρθεί. Από την αντίθετη πλευρά, οι προμηθευτές καταθέτουν κι αυτοί από την προηγούμενη μέρα τις αναμενόμενες ζητούμενες ποσότητες και η τιμή του συστήματος προκύπτει από τη γραμμική ελαχιστοποίηση του γινομένου της τιμής επί την ποσότητα. Πρόκειται για μια μειοδοτική δημοπρασία, στην οποία το γινόμενο ελαχιστοποιείται στο βαθμό που καλύπτονται οι ζητούμενες ποσότητες. Το σημείο, όπου ισορροπεί η προσφορά με τη ζήτηση, αποτελεί την Οριακή Τιμή του Συστήματος ΟΤΣ (marginalprice), δηλαδή την τιμή, στην οποία θα πωλήσουν οι παραγωγοί την ενέργεια τους ανεξάρτητα από την ποσότητα που παρέχουν και στην οποία θα αγοράσουν οι προμηθευτές το ποσό της ενέργειας, που είχαν ζητήσει για την εκάστοτε ώρα της ημέρας.

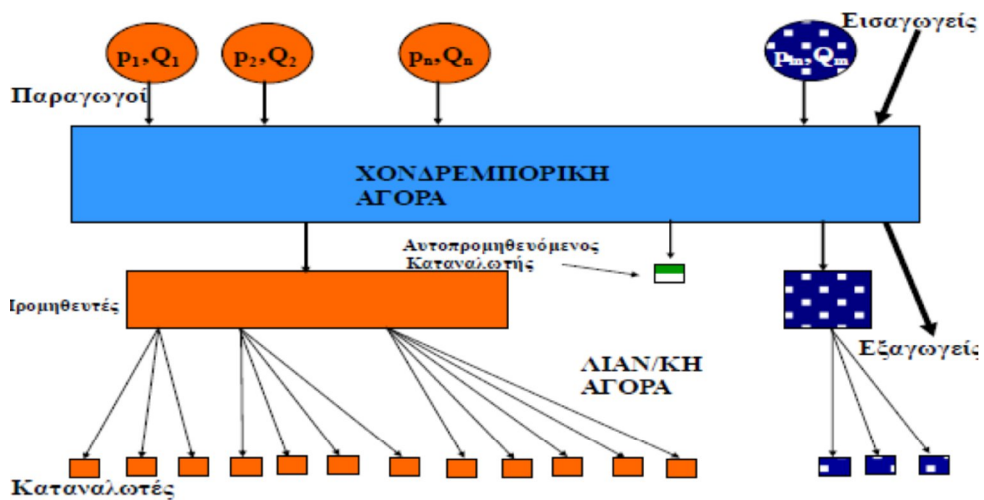
Η παραπάνω διαδικασία ονομάζεται Ημερήσιος Ενεργειακός Προγραμματισμός (HEΠ) και γίνεται από το διαχειριστή δικτύου Μεταφοράς (TransferSystemOperator/TSO ή IndependentSystemOperator/ISO), ο οποίος και έχει την ευθύνη για την απρόσκοπτη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας. Το δεύτερο τμήμα της αγοράς, η λιανική, αφορά τους προμηθευτές και τους τελικούς καταναλωτές, οι οποίοι μπορούν να επιλέγουν ελεύθερα ποιά εταιρεία θα τους προμηθεύει με ηλεκτρική ενέργεια. Οι τιμές τη λιανικής αγοράς τείνουν μακροπρόθεσμα προς την ΟΤΣ, καθώς οι προμηθευτές ανταγωνίζονται μεταξύ τους προσφέροντας χαμηλότερα τιμολόγια στους τελικούς καταναλωτές.

## ΗΜΕΡΗΣΙΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ



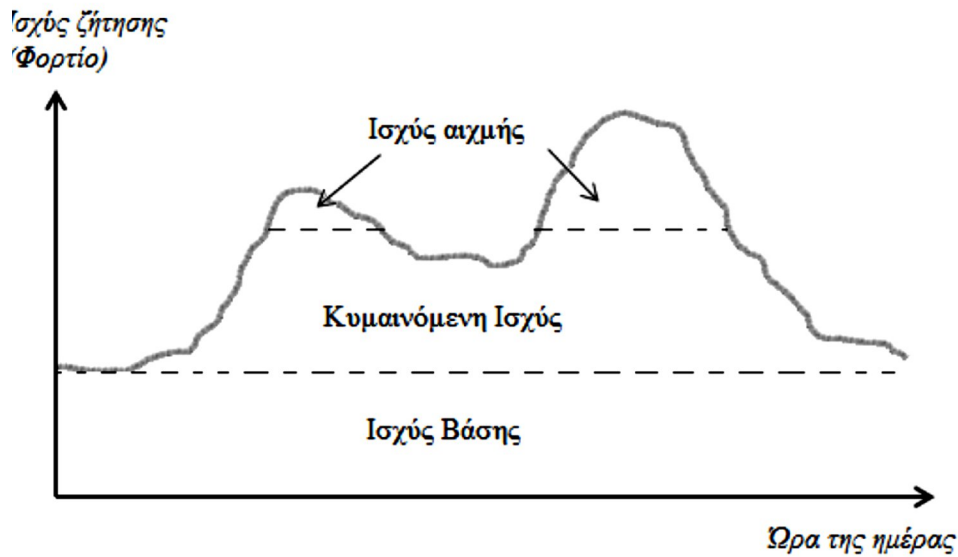
Εικόνα 1.6.1 : Συνολικές καμπύλες προσφοράς-ζήτησης και καθορισμός ΟΤΣ

Τέλος, υπάρχουν ορισμένοι καταναλωτές, κυρίως βιομηχανικοί, οι οποίοι για να μηδενίσουν το ενδιάμεσο κόστος του προμηθευτή, αγοράζουν ηλεκτρική ενέργεια απευθείας από τη χονδρική αγορά. Οι καταναλωτές αυτοί ονομάζονται αυτοπρομηθευόμενοι.[2]



Εικόνα 1.6.2 : Σχηματική απεικόνιση της δομής της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας





Εικόνα 1.6.3: Ισχύς βάσης είναι η ζώνη κάτω από το κατώτερο σημείο της χρονολογικής καμπύλης φορτίου. Ισχύς αιχμής είναι η ζώνη, η οποία περιλαμβάνει φορτία, που υπερβαίνουν τα 2/3 της αιχμής. Ενδιάμεσα βρίσκεται η ζώνη κυμαινόμενου φορτίου.[2]

### 1.6.1 Η Ελληνική δομή της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας

Ο αποτελεσματικός συνδυασμός μακροχρόνιων αποφάσεων για τη διαθεσιμότητα ισχύος και βραχυχρόνιων αποφάσεων για την ορθή κατανομή της ενέργειας στον Ημερήσιο Ενεργειακό Προγραμματισμό, είναι απαραίτητος για την οικονομική βελτιστοποίηση της αγοράς ηλεκτρισμού στην Ελλάδα. Στο πλαίσιο αυτό, η ελληνική αγορά ηλεκτρισμού δομείται από τρεις επιμέρους αγορές, όσον αφορά τα χρονικά της πλαίσια.

Την **Αγορά Μακροχρόνιας Διαθεσιμότητας Ισχύος (Capacity Market)** η οποία έχει ως στόχο τη μείωση του επιχειρηματικού κινδύνου τόσο των παραγωγών όσο και των προμηθευτών. Η ύπαρξη της αγοράς μακροχρόνιας διαθεσιμότητας ισχύος κρίνεται αναγκαία για δύο κύριους λόγους. Πρώτον, γιατί η ηλεκτρική ενέργεια, είτε ως προϊόν είτε ως υπηρεσία, αποτελεί ένα σύνολο προϊόντων, η παροχή των οποίων επιβαρύνει με διαφορετικά κόστη τον κάθε παραγωγό και με διαφορετική αξία τον κάθε καταναλωτή. Έτσι η ύπαρξη μιας αγοράς μακροχρόνιας διαθεσιμότητας ισχύος επιτρέπει με αποτελεσματικό τρόπο τον προγραμματισμό των συμμετεχόντων και τη μακροχρόνια εξασφάλιση τους, ως προς την ποιότητα, και τη μακροχρόνια τιμή του προϊόντος. Ο δεύτερος λόγος που συνετέλεσε στην δημιουργία της αγοράς μακροχρόνιας διαθεσιμότητας ισχύος είναι οι εγχώριες συνθήκες της ελληνικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, λόγω των φθηνών και αποδοτικών λιγνιτικών μονάδων παραγωγής καθώς και λόγω της αυξημένης χρησιμοποίησης του φυσικού αερίου ως καύσιμο, απαιτείται η δημιουργία χωριστής αγοράς, στην οποία θα αμείβεται η αξιοπιστία της κάθε μονάδας. Δηλαδή, ο κάθε παραγωγός λαμβάνει αμοιβή έναντι μέρους του κόστους κεφαλαίου επένδυσης, ενώ ο προμηθευτής εξασφαλίζεται στο να μην υπάρχουν υπερβολικά υψηλές τιμές στην χονδρεμπορική αγορά.

**Η Αγορά Ενέργειας και Επικουρικών Υπηρεσιών – Χονδρεμπορική Αγορά (Energy and Ancillary Services Market).** Αυτή, έχει ως στόχο το βέλτιστο προγραμματισμό της λειτουργίας των θερμικών και υδροηλεκτρικών μονάδων παραγωγής του Συστήματος, των μονάδων ΑΠΕ και της διαθέσιμης ενέργειας από εισαγωγές, προκειμένου να καλύπτεται, σε ημερήσια βάση, η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας από καταναλωτές, η ζήτηση για εξαγωγές ενέργειας από τη χώρα και οι απαραίτητες Επικουρικές Υπηρεσίες. Κάθε μονάδα παραγωγής υποχρεούται να προσφέρει το σύνολο της διαθεσιμότητάς της, τόσο σε ενέργεια όσο και σε επικουρικές υπηρεσίες στην χονδρεμπορική αγορά (HEΠ). Πρόκειται συνεπώς για ένα μοντέλο αγοράς «Υποχρεωτικής Κοινοπραξίας» (Mandatory Pool). Σύμφωνα με ορισμό που δίνει ο Λειτουργός Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΛΑΓΗΕ) το μοντέλο της Υποχρεωτικής Κοινοπραξίας που εφαρμόζεται στην Ελλάδα είναι: <<Το μοντέλο της ελληνικής αγοράς στο οποίο συναλλάσσεται το σύνολο της ηλεκτρικής ενέργειας και των συμπληρωματικών προϊόντων αυτής που θα παραχθούν, θα καταναλωθούν και θα διακινηθούν την επόμενη μέρα στην αγορά. Όλοι οι συμμετέχοντες στην Ελληνική αγορά υποχρεούνται να συμμετέχουν στην Υποχρεωτική Κοινοπραξία. Δεν επιτρέπονται φυσικές διμερείς συναλλαγές (physical bilateral transactions) μεταξύ των συμμετεχόντων της αγοράς>>. Εδώ, αξίζει να αναφερθεί, πως η μόνη ευρωπαϊκή χώρα που έχει διαμορφωμένη την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας τύπου υποχρεωτικής κοινοπραξίας, είναι η Ιρλανδία. Ακόμη, πληροφοριακά να αναφέρουμε πως η μόνη χώρα παγκοσμίως που ακολουθεί το μοντέλο της υποχρεωτικής κοινοπραξίας είναι οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Με στόχο λοιπόν την μεγιστοποίηση του κοινωνικού οφέλους, ο HEΠ ενσωματώνει και βελτιστοποιεί, παράλληλα, τις παρακάτω αγορές-μηχανισμούς:

1. Αγορά ενέργειας

2. Αγορά Επικουρικών Υπηρεσιών

3. “εκ των υστέρων” αγορά εξισορρόπησης ενέργειας

Για να κατανοήσουμε καλύτερα το ισχύον μοντέλο της ελληνικής ηλεκτρικής αγοράς θα αναλύσουμε τους παραπάνω αγορές-μηχανισμούς:

### 1. Αγορά ενέργειας

Η αγορά ενέργειας, ουσιαστικά καλύπτει τις ποσοτικές ανάγκες των καταναλωτών σε ηλεκτρική ενέργεια τις ώρες που αυτή είναι απαραίτητη. Οι παραγωγοί των θερμικών, υδροηλεκτρικών σταθμών καθώς και ΑΠΕ προσφέρουν ενέργεια, αλλά και αμείβονται. Παράλληλα, οι εκπρόσωποι του εγχώριου φορτίου, κοινώς οι προμηθευτές και οι επιλεγόμενοι πελάτες καθώς και οι εξαγωγείς και παραγωγοί, αγοράζουν αντίστοιχα.

### 2. Αγορά Επικουρικών Υπηρεσιών

Παράλληλα με την επίλυση της αγοράς ενέργειας επιλύεται και η αγορά επικουρικών υπηρεσιών. Οι επικουρικές υπηρεσίες είναι αυτές που απαιτούνται για την μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του συστήματος από τα σημεία που εγχέεται η ενέργεια στα σημεία που καταναλώνεται. Επίσης, οι επικουρικές υπηρεσίες είναι απαραίτητες για την διασφάλιση της ποιότητας παροχής της ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του συστήματος μεταφοράς.

### 3. Έκ των υστέρων ἡ αγορά εξισορρόπησης ενέργειας

Η Διαδικασία Εκκαθάρισης Αποκλίσεων περιλαμβάνει τη διευθέτηση των συναλλαγών σχετικά με τις αποκλίσεις Παραγωγής – Ζήτησης, τις επιβεβλημένες μεταβολές παραγωγής, τις επικουρικές υπηρεσίες και την εφεδρεία ενέργειας καθώς και τους λογαριασμούς προσαυξήσεων. Δεν περιλαμβάνει καινούργιες προσφορές παρά μόνο χρεοπιστώσεις που γίνονται από τον διαχειριστή, γι αυτό και δεν αποτελεί σήμερα αγορά με την στενή έννοια του όρου. Αναμένεται όμως να αποκτήσει μεγαλύτερη σημασία στο μέλλον με την προσαρμογή του τωρινού μοντέλου λειτουργίας της αγοράς στο Ευρωπαϊκό “Target Model”. Πιο αναλυτικά, κατά τη διαδικασία Εκκαθάρισης Αποκλίσεων υπολογίζονται:

α. Η ποσότητα ενέργειας των Αποκλίσεων Παραγωγής-Ζήτησης και των Επιβεβλημένων καθώς και των Μη Επιβεβλημένων Μεταβολών Παραγωγής, ανά Συμμετέχοντα και Περίοδο Κατανομής.

β. Το χρηματικό ποσό χρέωσης ή πίστωσης που αντιστοιχεί σε κάθε Συμμετέχοντα λόγω των παραπάνω Αποκλίσεων.

γ. Το χρηματικό ποσό πίστωσης κάθε Συμμετέχοντα για την παροχή των Επικουρικών Υπηρεσιών, τη Διαθεσιμότητα Παροχής Συμπληρωματικής Ενέργειας και στο πλαίσιο των Συμβάσεων Εφεδρείας Εκτάκτων Αναγκών.

δ. Οι χρεοπιστώσεις για το Λογαριασμό Προσαυξήσεων, το Ειδικό Τέλος για τη Μείωση Εκπομπών Αερίων Ρύπων, τις Υπηρεσίες Δημοσίου Συμφέροντος και τη Χρέωση Χρήσης Συστήματος.

Έτσι σύμφωνα με όλα τα παραπάνω κατά την Διαδικασία Εκκαθάρισης Αποκλίσεων προβλέπονται επιπλέον πληρωμές, βάση του διαφορικού κόστους των μονάδων, για τις μονάδες τις οποίες δόθηκε εντολή κατανομής να αποκλίνουν από το αρχικό τους πρόγραμμα, ενώ προβλέπονται ποινές για όσους συμμετέχοντες αποκλίνουν αδικαιολόγητα και πέρα κάποιων ορίων.

#### **1.6.2 Φορείς που εμπλέκονται με την αγορά**

Τέλος, είναι σημαντικό να αναφέρουμε τους φορείς που εμπλέκονται στην χονδρεμπορική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Αρχικά, είναι απαραίτητος ένας εποπτεύων οργανισμός – ρυθμιστής, δηλαδή ένας δημόσιος φορέας όπως είναι η ΡΑΕ ή μια θυγατρική της με τη συμμετοχή δημοσίων φορέων από άλλες χώρες των Βαλκανίων και της Νοτιοανατολικής Μεσογείου. Ένας φορέας διαχείρισης, εκκαθάρισης και λειτουργίας της αγοράς, ιδιωτικός ή ημι-δημόσιος φορέας με εμπειρία και ειδικότητα σε λειτουργία αγορών καθώς και φορείς που αναλαμβάνουν την εκτέλεση των φυσικών ανταλλαγών, δηλαδή ενεργειακές εταιρίες παραγωγής ή εμπορίας που διαθέτουν τεχνογνωσία, αποθηκευτικούς χώρους και πρόσβαση σε δίκτυα ενέργειας ή μεταφοράς. Έπειτα, συμμετέχουν χονδρέμποροι φυσικής αγοράς και παραγωγών, δηλαδή ιδιωτικές εταιρίες παροχής υπηρεσιών. Η άδεια έχει το νόημα της πιστοποίησης ότι είναι παραγωγοί ή καταναλωτές, και όχι απλώς έμποροι, και, καταλήγοντας, ιδιωτικοί φορείς που προσφέρουν υπηρεσίες προς τους «παίκτες» της αγοράς (εκπαίδευση, τεχνικές και οικονομικές συμβουλές, internet sites, e-commerce, εκτέλεση εντολών, banking, κλπ.). [16]

Αντίστοιχα,θα αναφερθούμε στις εταιρίες που πουλάνε ηλεκτρική ενέργεια (ρεύμα) στη λιανική αγορά ρεύματος δηλαδή απευθείας στους καταναλωτές.Εκτός από τη ΔΕΗ, στη χώρα μας δραστηριοποιούνται πλέον και ιδιωτικές εταιρίες που προμηθεύουν ρεύμα σε οικίες και επιχειρήσεις, οι οποίες είναι γνωστές ως «εναλλακτικοί πάροχοι ηλεκτρικής ενέργειας» ή «εταιρίες ρεύματος». Οι πιο γνωστές από τις εταιρίες αυτές είναι οι παρακάτω:ELPEDISON,Greekenvironmental&energynetworkHeron, NECOTRADINGS.A.,NRG , protergia, volterra, watt+volt.[16]

Αξίζει να αναφέρουμε ακόμα, το αυτόνομο δίκτυο **ΦΟΡΤΙΖΩ**. Το οποίοείναι το πρώτο δίκτυο σημείων φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην Ελλάδα. Στόχος του, είναι να δώσει σε κάθε κάτοχο ηλεκτρικού αυτοκινήτου τη δυνατότητα να βρίσκει άμεσα σε όλη τη χώρα σημεία κοινόχρηστης φόρτισης, στα οποία μπορεί να ανεφοδιάζει το αυτοκίνητο του εύκολα, οικονομικά και ανάλογα με τις ανάγκες του.[13]

### **1.6.3 Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά**

Τα περισσότερα νησιά σήμερα στην Ελλάδα (κυρίως στο Αιγαίο) ηλεκτροδοτούνται από αυτόνομα ηλεκτρικά συστήματα με παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατά κύριο λόγο από τοπικούς θερμικούς σταθμούς παραγωγής, οι οποίοι λειτουργούν με καύσιμο πετρέλαιο, βαρύ (μαζούτ) ή και ελαφρύ (ντίζελ), και τους σταθμούς ΑΠΕ (αιολικούς και φωτοβολταϊκούς). Τα νησιά αυτά δεν έχουν διασυνδεθεί μέχρι σήμερα με το ηπειρωτικό ηλεκτρικό σύστημα, λόγω κυρίως τεχνικών και τεχνολογικών δυσκολιών, που υφίσταντο μέχρι πρότινος, αλλά και λόγω οικονομικών δυσκολιών.[14]



*Εικόνα 1.6.3.1 Μη διασυνδεδεμένα νησιά*

Η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών (ΜΔΝ) αποτελείται από τριάντα δύο (32) αυτόνομα συστήματα. Ορισμένα εξ αυτών αποτελούνται από περισσότερα νησιά (συμπλέγματα νησιών), και η Λειτουργία και Διαχείριση της Αγοράς των ΜΔΝ γίνεται από τον ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. (Διεύθυνση Διαχείρισης Νήσων).

Το μέγεθος (αιχμή ζήτησης) σε kW των τριάντα δύο (32) αυτόνομων νησιωτικών ηλεκτρικών συστημάτων της χώρας ποικίλει:

- Δεκαεννέα (19) «μικρά» αυτόνομα συστήματα έχουν αιχμή ζήτησης έως 10 MW.

- Έντεκα (11) «μέσου μεγέθους» αυτόνομα συστήματα έχουν αιχμή ζήτησης από 10 MW έως 100 MW.
- Δύο (2) «μεγάλα» αυτόνομα συστήματα έχουν αιχμή ζήτησης άνω των 100 MW, δηλαδή η Κρήτη και η Ρόδος.

Η ζήτηση στα νησιά μεταβάλλεται σημαντικά κατά τη διάρκεια του έτους, ενώ η θερινή αιχμή εξαρτάται από το τουρισμό και τις επικρατούσες συνθήκες θερμοκρασίας. Η επάρκεια ισχύος διασφαλίζεται από τις Μονάδες ελεγχόμενης παραγωγής.[14,15]

### **Περιβαλλοντική ρύπανση**

Εδώ οφείλουμε να καταγράψουμε τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των θερμικών σταθμών παραγωγής. Τα αιωρούμενα σωματίδια καθώς και οι εκπομπές  $CO_2$ ,  $NO_x$ ,  $SO_x$  προσλαμβάνουν τον αέρα αλλά και οι τυχόν υδρορροές στις εγκαταστάσεις τροφοδοσίας καυσίμου από πλοίο, ρυπαίνουν σοβαρά τη θάλασσα. Τα χρησιμοποιημένα λιπαντικά και τα κατάλοιπα από καθαρισμό μαζούτ δημιουργούν στερεά και υγρά κατάλοιπα βλαβερά για το περιβάλλον. Παράλληλα δεν πρέπει να αγνοούμε την "οπτική" ρύπανση, την οποία συντελούν οι μεγάλες δεξαμενές ,εσωτερικές εγκαταστάσεις κ.α.

Το κόστος παραγωγής στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά είναι αρκετά υψηλό, σε σχέση με την ΟΤΣ. Μείωση του κόστους επιτυγχάνεται με τη βέλτιστη Διαχείριση και Ανάπτυξη της Παραγωγής, με την αύξηση της διείσδυσης των ΑΠΕ και τον κατάλληλο σχεδιασμό των Δικτύων. Επίσης, ουσιαστική μείωση του κόστους παραγωγής επιτυγχάνεται με τις υποβρύχιες διασυνδέσεις νησιών σε Συμπλέγματα, καθώς και με διασυνδέσεις με το Εθνικό Σύστημα. Η ανάπτυξη Υβριδικών Σταθμών συμβάλει σημαντικά στην αύξηση της διείσδυσης των ΑΠΕ στα αυτόνομα συστήματα. Επιπλέον, συνεισφέρει στη διασφάλιση της επάρκειας ισχύος. Μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των Θερμικών Σταθμών επιτυγχάνεται με τη βέλτιστη συντήρηση των Μονάδων και την αντικατάσταση παλαιών με νέες, σύγχρονης τεχνολογίας, φιλικές προς το περιβάλλον. Επίσης, βελτίωση των επιπτώσεων επιτυγχάνεται με την αύξηση της διείσδυσης των ΑΠΕ.[15]

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΛΑΔΑΣ

### 2.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ

Προτεραιότητα και κορυφαίος στόχος της ενεργειακής πολιτικής είναι η εξεύρεση, η εξασφάλιση και η διαχείριση ενεργειακών πόρων, με τρόπο ώστε να διασφαλίζεται η ασφαλής, ομαλή, αδιάλειπτη και αξιόπιστη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της χώρας, σε όλη της την επικράτεια, και με τους καλύτερους δυνατούς όρους για τους πολίτες. Δεύτερος στόχος είναι η δημιουργία ενεργειακών αποθεμάτων, συμμαχιών και εναλλακτικών οδών για την κάλυψη των αναγκών της εγχώριας ενεργειακής αγοράς σε περιόδους ενεργειακών κρίσεων και η προστασία των καταναλωτών μέσω εφαρμογής μηχανισμών εξομάλυνσης εξωγενών, έκτακτων αποσταθεροποιητικών φαινομένων και τάσεων. Τρίτος στόχος είναι η βιώσιμη και αειφόρος ανάπτυξη του φάσματος του ενεργειακού τομέα, σε όλες του τις μορφές, από την παραγωγή μέχρι την τελική χρήση, μέσα από το πρίσμα της προστασίας της φύσης και της διαφύλαξης του περιβάλλοντος.[14]

#### 2.1.1 Ηλεκτροπαραγωγή

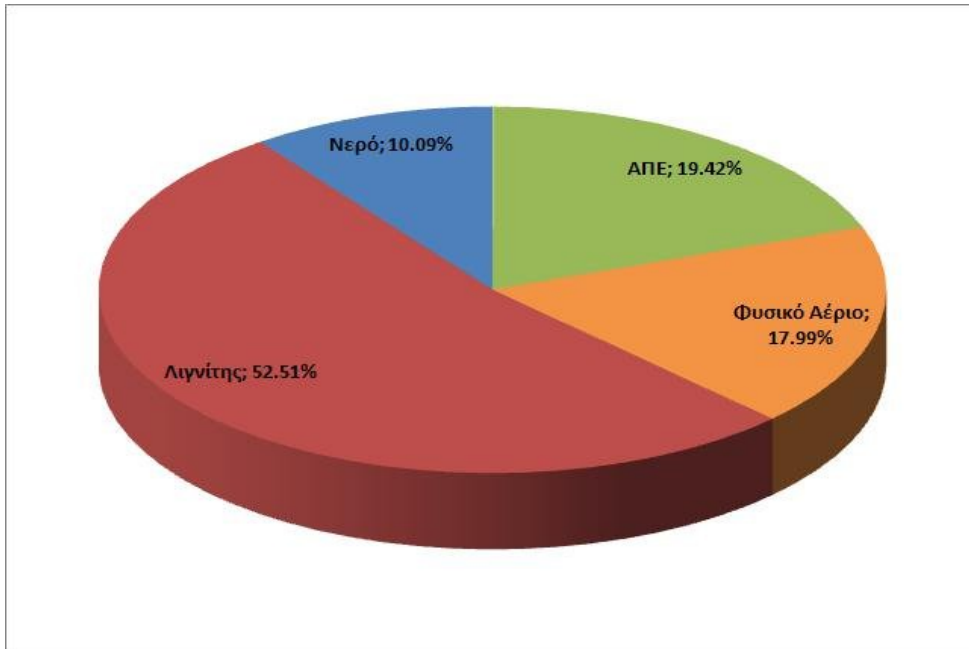
Η ηλεκτροπαραγωγή, κατατάσσεται σε δύο μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με το είδος των πηγών ενέργειας που χρησιμοποιεί. Οι κατηγορίες αυτές είναι:

- η Ηλεκτροπαραγωγή από Συμβατικά καύσιμα, η οποία χρησιμοποιεί σαν πηγή ενέργειας ορυκτά στερεά, υγρά ή αέρια καύσιμα, τα οποία έχουν σχηματιστεί σε παλαιότερες γεωλογικές περιόδους και βρίσκονται αποθηκευμένα στο υπέδαφος, σε μικρότερα ή μεγαλύτερα βάθη σε πεπερασμένες, μη ανανεώσιμες ποσότητες.
- η Ηλεκτροπαραγωγή από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, η οποία αντίθετα με την πρώτη, χρησιμοποιεί πηγές διαχρονικές, που δεν εξαντλούν περιορισμένα ενεργειακά αποθέματα. Η Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ είναι άμεσα συνδεδεμένη με τον ήλιο και τα φυσικά φαινόμενα και κατά συνέπεια εξαρτάται από την περιοδικότητα αυτών των φαινομένων.

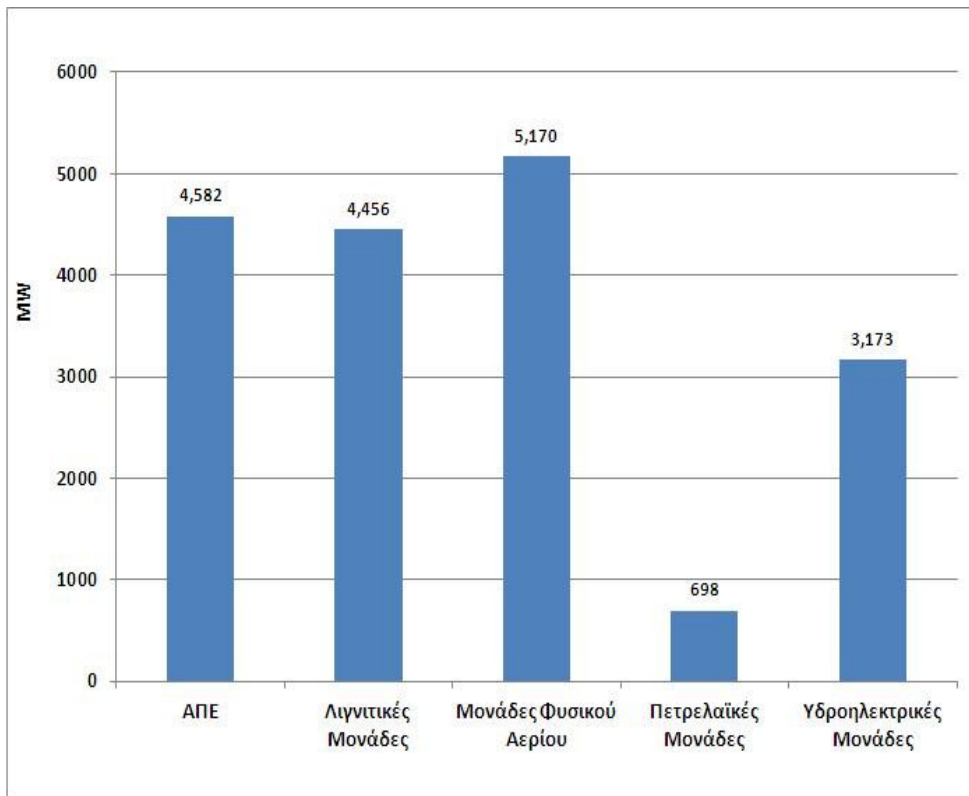
Κάθε χώρα έχει επιλέξει το δικό της μείγμα Τεχνολογιών Ηλεκτροπαραγωγής. Το μείγμα αυτό διαφέρει από χώρα σε χώρα γιατί καθορίζεται από παράγοντες όπως:

- οι διαθέσιμοι εγχώριοι Ενεργειακοί Πόροι
- οι Διεθνείς Συγκυρίες & η Ενεργειακή Πολιτική
- οι γεωλογικές, γεωφυσικές, γεωγραφικές και κλιματολογικές ιδιαιτερότητες

Σύμφωνα με το μηνιαίο δελτίο συστήματος συναλλαγών ΗΕΠ του Αυγούστου 2015 της ΛΑΓΗΕ, αναγράφονται τα παρακάτω στοιχεία.



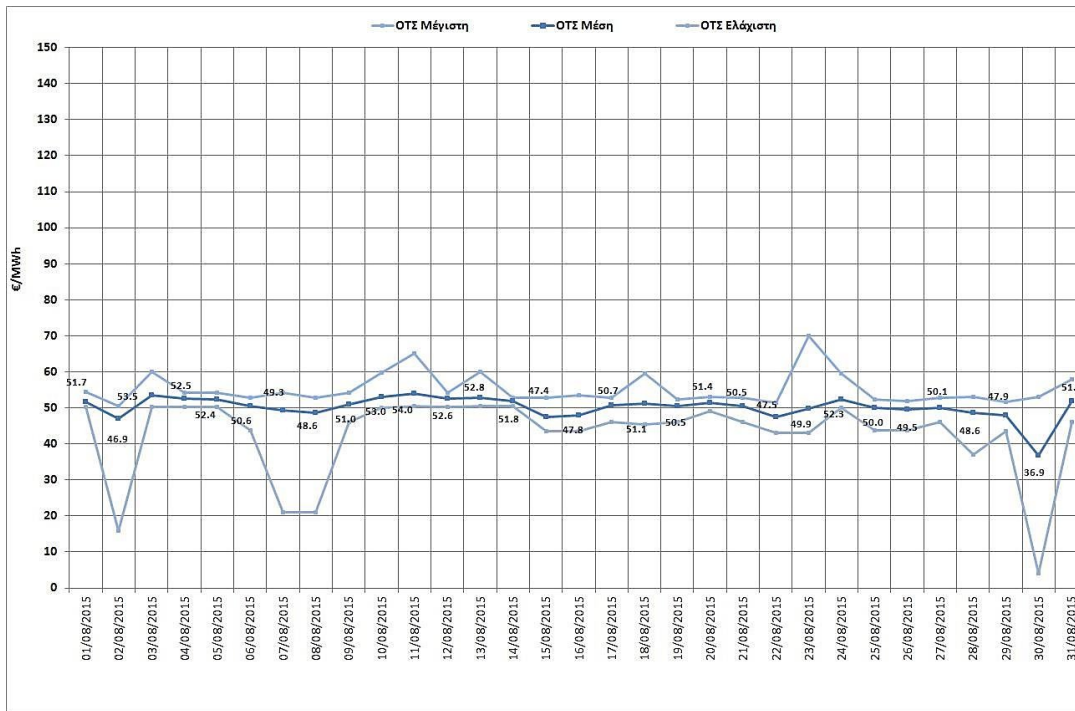
Γράφημα 2.1.1: Ποσοστό (%) στο σύνολο της Μηνιαίας Παραγωγής ανά τύπο Καυσίμου



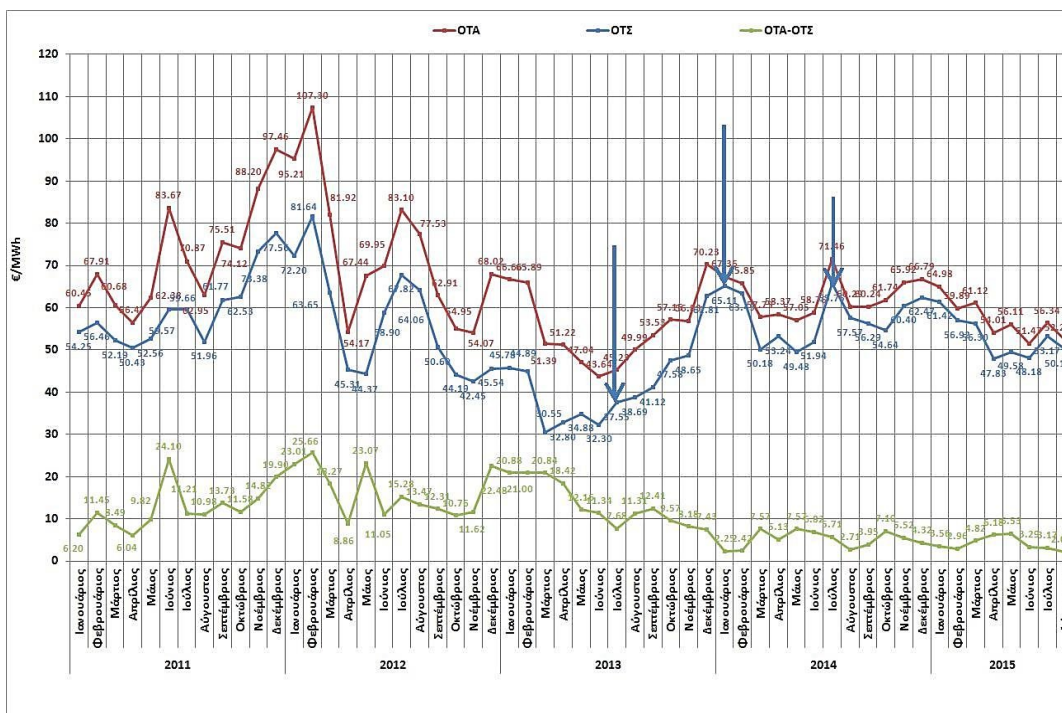
Γράφημα 2.1.2: Εγκατεστημένη Ισχύς Μονάδων στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα ανά Καύσιμο



## 2.1.2 Οριακή τιμή συστήματος



Γράφημα 2.1.3: Μέση, Μέγιστη και Ελάχιστη Ημερήσια ΟΤΣ (€/MWh)



Γράφημα 2.1.4.: Εξέλιξη της Μέσης Μηνιαίας ΟΤΣ, ΟΤΑ και απόκλιση ΟΤΑ-Ο

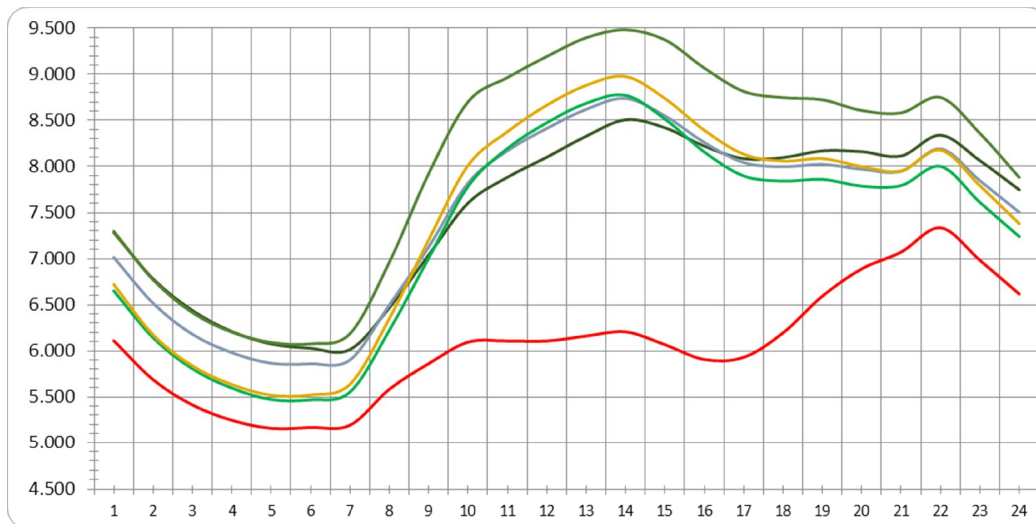
\*Ο υπολογισμός ΟΤΣ & ΟΤΑ άρχισε με την Πέμπτη Ημέρα Αναφοράς στις 30/09/2010

## 2.2 ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι κύριοι παράγοντες που επιδρούν στη διαμόρφωση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα σε μεσο-μακροπρόθεσμη βάση είναι οι εξής:

- Οι οικονομικές συνθήκες της χώρας, με βασικό δείκτη μέτρησης το ΑΕΠ.
- Οι αλλαγές στις καταναλωτικές συνήθειες (κλιματισμός, χρήση ηλεκτρισμού στις μεταφορές, χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών, κ.λπ.) λόγω βελτίωσης βιοτικού επιπέδου, αλλά και
- η βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης συγκεκριμένων πληθυσμιακών ομάδων (π.χ. οικονομικοί μετανάστες).
- Η γενικότερη κατάσταση του ενεργειακού τομέα και της αγοράς ηλεκτρισμού (επίπεδο τιμών ηλεκτρικής ενέργειας, ανταγωνισμός με Φυσικό Αέριο κ.λ.π.)
- Ειδικές συνθήκες (π.χ. υλοποίηση έργων Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης)
- Πληθυσμιακή εξέλιξη .
- Διάφορα μέτρα εξειδίκευσης πολιτικών, όπως εξοικονόμηση ενέργειας, περιβαλλοντικοί περιορισμοί, κ.λ.π.[23]

Παρακάτω, φαίνεται το διάγραμμα μέσου ωριαίου φορτίου για τα έτη 2008-2013. Επιλέχθηκε ο μήνας Ιούλιος που παρουσιάζει ιστορικά τα υψηλότερα φορτία.



Διάγραμμα 2.2. Διάγραμμα μέσου ωριαίου φορτίου για εργάσιμες ημέρες τον Ιούλιο. Στο κάθετο άξονα το μέσο ωριαίο φορτίο σε MW, στον οριζόντιο οι ώρες της ημέρας. Με κόκκινο το 2013, σκούρο πράσινο το 2012, ανοιχτό πράσινο το 2010 και με πράσινο το 2008.[24]

Επίσης παρατίθεται πίνακας με τη αιχμή ζήτησης τα έτη 2008-2013 .

Έτος	Αιχμή
2008	10.267 Mw
2009	9.761 Mw
2010	9.793 Mw
2011	9.868 Mw
2012	9.735 Mw
2013	8.263 Mw

Μεταξύ των ετών 2008 και 2013 παρουσιάστηκαν σημαντικές μεταβολές. Η αιχμή του φορτίου μειώθηκε κατά 1954 MW, το μέσο ωριαίο φορτίο κατά την ώρα της μεσημβρινής αιχμής κατά 3276 MW και κατά την ώρα της βραδινής κατά 1414 MW. Η μεσημεριανή αιχμή εξαφανίστηκε και λόγω της αλματώδους αύξησης της παραγωγής από φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις.[24]

## 2.3 V2G ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

### 2.3.1 Η ιδέα της V2G λειτουργίας

Κατά τη συμβατική θεώρηση, τα ηλεκτρικά οχήματα συμπεριφέρονται ως συσσωρευτές, που εκφορτίζονται κατά τη διάρκεια των μετακινήσεων, ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη. Φορτίζονται από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια της στάθμευσης τους, ανάλογα πάλι με τις ανάγκες του χρήστη και την τιμολογιακή πολιτική, που επιθυμεί να ακολουθήσει. Τα ηλεκτρικά οχήματα ως παθητικά στοιχεία αποτελούν ένα νέο είδος φορτίου για τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας, τα οποία μπορεί να επιβαρυνθούν αισθητά με τη μελλοντική μεγάλη διείσδυση των ηλεκτρικών οχημάτων, επηρεάζοντας έτσι αρνητικά τον ενεργειακό και αναπτυξιακό προγραμματισμό τους. Η χρησιμότητα της όλης ιδέας γίνεται περισσότερο κατανοητή εάν αναλογιστούμε τις νέες τάσεις που επικρατούν σε παγκόσμιο επίπεδο όσον αφορά στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας (ΣΗΕ). Λόγω των πολλών προκλήσεων που αντιμετωπίζουν τις τελευταίες δεκαετίες τα ΣΗΕ, όπως η απελευθέρωση της αγοράς, η επιτακτική ανάγκη για μεγαλύτερο σεβασμό στο περιβάλλον, η διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας και πολλοί άλλοι παράγοντες, έχει αναπτυχθεί η ιδέα του έξυπνου δικτύου (smartgrid). Εν συγκρίσει με το κλασικό ΣΗΕ, ένα έξυπνο δίκτυο.[4]:

- χρησιμοποιεί ψηφιακές μεθόδους αντί για ηλεκτρομηχανικές
- επιτρέπει την αμφίδρομη επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο μεταξύ παραγωγής και κατανάλωσης
- διαθέτει εξελιγμένα ψηφιακά μετρητικά συστήματα σε πολλά σημεία του
- βελτιστοποιεί την αξιοποίηση των ήδη υπαρχόντων εγκαταστάσεων

- παρέχει στους καταναλωτές δυνατότητες πιο ενεργής συμμετοχής, με διάφορες λειτουργίες διαχείρισης από την πλευρά της κατανάλωσης (demandsidemanagement), όπως την κατάθεση προσφορών σε διάφορες αγορές (demand-sidebidding/DSB)
- έχει τη δυνατότητα αποθήκευσης ενέργειας
- αποτελείται από πολλά μικρότερα μικροδίκτυα (microgrids) και χρησιμοποιεί διεσπαρμένες πηγές ενέργειας (distributedenergyresources/DERs)

Όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά των μελλοντικών ΣΗΕ υποδεικνύουν τη σημαντική θέση, που θα μπορούν να κατέχουν τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα με τη χρήση της V2G λειτουργίας. Χωρίς αυτήν, τα Η/Ο δεν θα μπορούν να λειτουργήσουν ως μονάδες διεσπαρμένης παραγωγής, ούτε οι κάτοχοι τους να συμμετάσχουν σοβαρά στη διαχείριση από την πλευρά της κατανάλωσης.

Η παροχή της ενέργειας στο ηλεκτρικό δίκτυο κατά τη V2G λειτουργία μπορεί να επιτευχθεί με δύο τρόπους: με την αποφόρτιση του συσσωρευτή του οχήματος μέσω της ροής ισχύος από το όχημα προς το δίκτυο, αλλά και με την κατάλληλη διαμόρφωση του ρυθμού φόρτισης του συσσωρευτή κατά τη ροή ισχύος αποκλειστικά από το δίκτυο προς το όχημα. Στην πρώτη περίπτωση, μιλάμε για αμφίδρομη V2G λειτουργία (bidirectionalV2G), ενώ στη δεύτερη περίπτωση μιλάμε για μονής κατεύθυνσης V2G λειτουργία (unidirectionalV2G). Η μονής κατεύθυνσης V2G λειτουργία παρουσιάζει μικρότερο ενδιαφέρον και έχει σαφώς πιο περιορισμένες δυνατότητες από την αμφίδρομη, αφού πρώτον δεν υπάρχει η δυνατότητα στην ήδη αποθηκευμένη ενέργεια στο συσσωρευτή να ρεύσει προς το δίκτυο και δεύτερον οι διακινούμενες και άρα αμειβόμενες ποσότητες ισχύος και ενέργειας είναι σημαντικά μικρότερες[4],[18].

Παρόλα αυτά η μονής κατεύθυνσης V2G λειτουργία θεωρείται ότι θα εφαρμοσθεί πρώτη καθώς για την έγχυση ενέργειας πίσω στο δίκτυο απαιτείται επιπρόσθετος εξοπλισμός, ο οποίος δεν υφίσταται στα ήδη υπάρχοντα Η/Ο της αγοράς αλλά και ούτε προβλέπεται στα μοντέλα που πρόκειται να κυκλοφορήσουν σύντομα. Επίσης, πολλοί καταναλωτές μπορεί να μην είναι πρόθυμοι να επιτρέψουν την αποφόρτιση των συσσωρευτών τους για σκοπούς διαφορετικούς από αυτόν της μετακίνησης τους, ή να ανησυχούν για τη φθορά του συσσωρευτή τους, μέσω της συχνής φόρτισης και εκφόρτισης του, κατά την αμφίδρομη V2G λειτουργία. Επομένως, ένας λογικός τρόπος αντιμετώπισης των παραπάνω προκλήσεων είναι η εφαρμογή πρώτα της μονής κατεύθυνσης V2G λειτουργίας, κατά την οποία οι καταναλωτές θα αρχίσουν να αποδέχονται την καινούργια ιδέα και τεχνολογία αλλά και οι υπόλοιποι εμπλεκόμενοι φορείς, όπως οι αγορές και οι διαχειριστές των εκάστοτε συστημάτων, θα αποκτήσουν την απαραίτητη εμπειρία, ώστε να είναι προετοιμασμένοι για την ευρύτερη διάδοση της V2G λειτουργίας αμφίδρομης ροής ισχύος. Στην παρούσα εργασία βέβαια, θα ασχοληθούμε με το bidirectionalV2G, οπότε από εδώ και στο εξής όταν αναφερόμαστε στη V2G λειτουργία θα εννοούμε αποκλειστικά και μόνο την αμφίδρομη[4].

Τα στοιχεία που παραθέτουμε ακολούθως, αφορούν σε πωλήσεις που προβλέπονται στις Η.Π.Α, Ηνωμένο Βασίλειο, Κίνα, Δανία, Νότιο Κορέα, Ιαπωνία και Γερμανία.

Για το έτος 2020 και για τις προαναφερόμενες χώρες, βλέπουμε στον κάτωθι πίνακα τις αναμενόμενες πωλήσεις οχημάτων καθώς επίσης και την αξία σε δισεκατομμύρια δολάρια που προκύπτει από τις επενδύσεις για την V2G (Vehicle to Grid - ηλεκτρικά αυτοκίνητα που συνδέονται στο δίκτυο) αγορά, την υποδομή, την V2G τεχνολογία και τέλος τα κέρδη από τις Επικουρικές υπηρεσίες.

Country	Units	Market	Infrastructure	Technology	Revenue
Global	1,056	\$26.6	\$6.7	\$10.5	\$2.9
US	296	\$8.1	\$1.8	\$2.8	\$654
China	294	\$6.5	\$1.8	\$2.8	\$521
Japan	188	\$4.4	\$1.2	\$1.8	\$735
Germany	62	\$1.6	\$.377	\$.587	\$.587
UK	45	\$1.3	\$.277	\$.432	\$.323
South Korea	30	\$.72	\$.175	\$.283	\$.053
Denmark	13	\$.038	\$.081	\$.126	\$.093
	thousands	US billions	US billions	US billions	US billions

Πίνακας 2.3.1 αξία V2G σε εκατομμύρια δολάρια παγκοσμίως

### 2.3.2 Η εγκατάσταση της V2G λειτουργίας

Καταρχάς, πρέπει να σημειώσουμε ότι πρακτική εφαρμογή της V2G λειτουργίας σε υπολογίσιμη κλίμακα δεν υπάρχει πουθενά στον κόσμο μέχρι στιγμής και ούτε προβλέπεται να υπάρξει μέσα στην επόμενη δεκαετία. Είναι μία τεχνολογία, προς το παρόν καθαρά θεωρητική, που έχει εφαρμοσθεί μόνο σε ερευνητικό επίπεδο με τη συμμετοχή πολύ λίγων ηλεκτρικών οχημάτων κυρίως στο πανεπιστήμιο του Delaware στις ΗΠΑ με κύριο ερευνητή τον WilletKempton, που είχε και την αρχική ιδέα. Παρόλα αυτά, έχει μελετηθεί αρκετά και παρακάτω παρουσιάζουμε τις κυριότερες τεχνικές λεπτομέρειες των απαιτούμενων υποδομών και των διεπιφανειών ώστε η τεχνολογία αυτή ξεκινήσει να εφαρμόζεται στον πραγματικό κόσμο[4],[26].

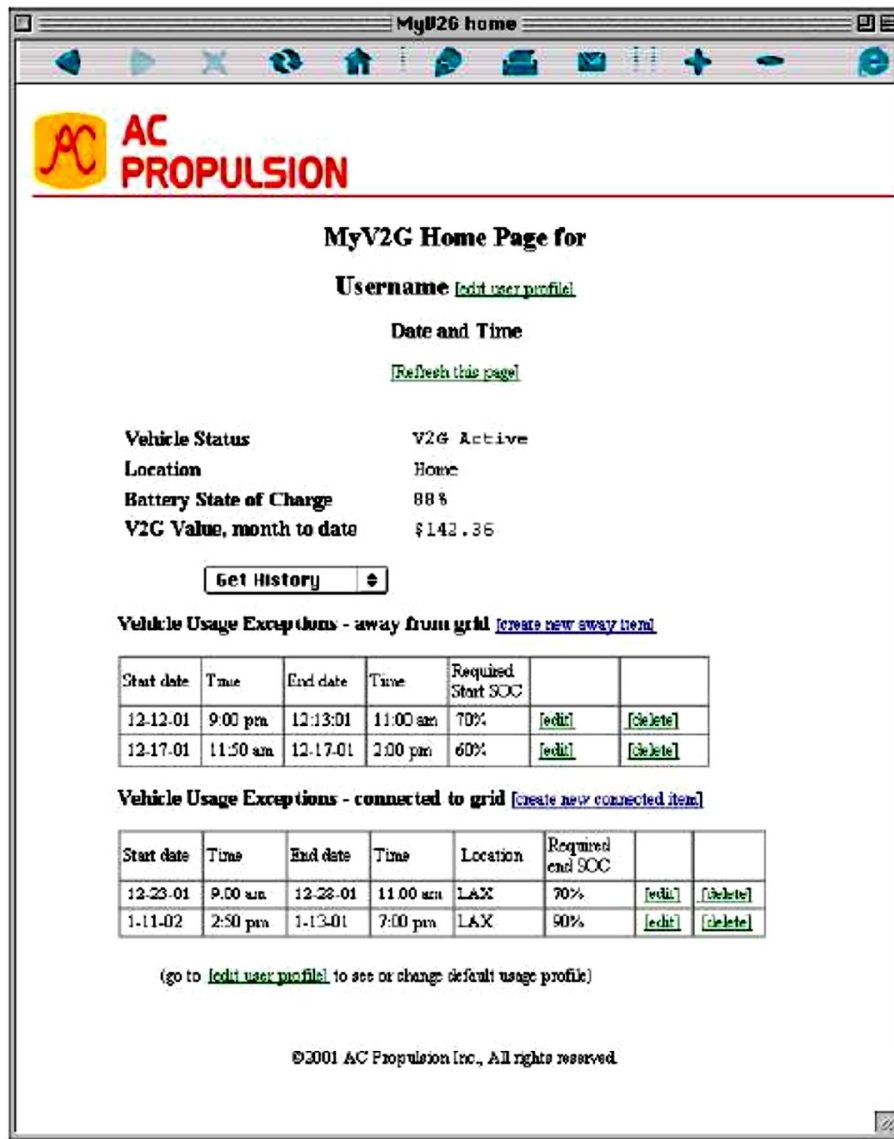
Τα είδη των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, που είναι ικανά να συμμετάσχουν στη V2G διαδικασία είναι αυτά, που πρώτα απ' όλα έχουν τη δυνατότητα σύνδεσης με το δίκτυο, δηλαδή τα Ηλεκτρικά Οχήματα με Συσσωρευτή (BEVs) και τα Επαναφορτιζόμενα Υβριδικά με Ηλεκτρική Ενέργεια από

Εξωτερική Πηγή (PHEVs) είτε αυτά χρησιμοποιούν μηχανή εσωτερικής καύσης, είτε κυψέλες καυσίμου (FCEVs). Τα BEVs μπορούν να φορτίζονται κατά τις ώρες χαμηλής ζήτησης και να εκφορτίζονται όταν το δίκτυο το χρειάζεται, τα FCEVs μπορούν να παράγουν ενέργεια καταναλώνοντας υδρογόνο (ή όποιο άλλο καύσιμο χρησιμοποιούν) λειτουργώντας έτσι ως κλασικές γεννήτριες, ενώ τα PHEVs μπορούν να προσφέρουν ενέργεια και με τους δύο αυτούς τρόπους. Παρόλα αυτά, τα οχήματα που θα είναι εν τέλει ικανά να υποστηρίξουν τη V2G λειτουργία πρέπει να πληρούν τρεις ακόμα προϋποθέσεις[4]:

- 1) να διαθέτουν κατάλληλη σύνδεση με το δίκτυο, που να επιτρέπει τη ροή ενέργειας από το όχημα στο δίκτυο
- 2) να μπορούν να δέχονται ένα σήμα ελέγχου από το δίκτυο και να είναι σε θέση να ανταποκρίνονται σε αυτό σε πραγματικό χρόνο
- 3) να διαθέτουν ένα ψηφιακό μετρητικό σύστημα, ικανό για ακριβείς μετρήσεις

Τέλος, θα πρέπει ο οδηγός να γνωρίζει ανά πάσα στιγμή την κατάσταση φόρτισης (StateOfCharge/SOC) του συσσωρευτή του, έχοντας τη δυνατότητα να ορίσει το μέγιστο δυνατό βάθος εκφόρτισης, ώστε να μπορεί να καλύψει τις βασικές ανάγκες μεταφοράς του. Στις εικόνες φαίνεται μια τέτοια εφαρμογή μέσω internet, που έχει αναπτυχθεί από την εταιρεία ACPropulsionInc. Ο οδηγός εισέρχεται στην πρώτη σελίδα με ένα όνομα χρήστη και έναν κωδικό. Η σελίδα αυτή καταγράφει την κατάσταση του οχήματος και πιο συγκεκριμένα εάν η V2G λειτουργία είναι ενεργή ή όχι, την κατάσταση φόρτισης του συσσωρευτή (SOC) καθώς επίσης και τον υπολογισμό του μηνιαίου κέρδους του οχήματος από τη συμμετοχή του στη V2G λειτουργία. Η δεύτερη σελίδα επιτρέπει τη διαχείριση των προσωπικών παραμέτρων του προφίλ του οδηγού, όπως είναι ο τύπος του οχήματος και οι βασικές ώρες σύνδεσης του στο δίκτυο. Ο οδηγός μπορεί επίσης να καθορίσει την ακριβή διάρκεια της κάθε περιόδου σύνδεσης, το χώρο στον οποίο είναι σταθμευμένο το όχημα (οικεία ή χώρος εργασίας) και την ελάχιστη απαιτούμενη στάθμη φόρτισης του συσσωρευτή για κάθε χρονική περίοδο.[4]

Στην εικόνα 2.3.2 και 2.3.3 βλέπουμε μια εφαρμογή για το ηλεκτρικό όχημα NissanLeaf, το πρώτο της αμιγώς ηλεκτροκίνητο μοντέλο μαζικής παραγωγής της ιαπωνικής αυτοκινητοβιομηχανίας, όπου εκμεταλλεύεται την τεχνολογική πρόοδο στον τομέα των smartphones και επιτρέπει στον οδηγό να βλέπει κάθε στιγμή τα επίπεδα φόρτισης του συσσωρευτή του ή την ώρα που προβλέπεται να τελειώσει η φόρτιση.[18] Η τεχνολογία αυτή θα μπορεί στο μέλλον να χρησιμοποιηθεί και για τη V2G λειτουργία.



Εικόνα 2.3.2 Κεντρική σελίδα χρήστη V2G

**V2G User Profile Setup**

Last Name	Brooks	<input type="text"/>
First Name	Alec	<input type="text"/>
Street Address	441 Bozrego Ct	<input type="text"/>
City	San Dimas	<input type="text"/>
State	CA	<input type="text"/>
Zip Code	91773	<input type="text"/>
Phone	909-392-5399	<input type="text"/>
Email	abrooks@acpincorporated.com	<input type="text"/>
Vehicle	Beele	Select Vehicle Type <input type="button" value="↓"/>
Min allowable SOC during V2G (ending SOC set below)	40%	Min U2G Batt SOC <input type="button" value="↓"/>

**Baseline Usage Connect Hours:**

	Begin	End	Location <small>(edit location)</small>	Minimum SOC needed at end of period
<b>Weekdays</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	pick location <input type="button" value="↓"/>	Min Batt SOC <input type="button" value="↓"/>
	12:00 am	7:50 am	Home	50
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	pick location <input type="button" value="↓"/>	Min Batt SOC <input type="button" value="↓"/>
	8:20 am	5:40 pm	Work	90
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	pick location <input type="button" value="↓"/>	Min Batt SOC <input type="button" value="↓"/>
	6:20 pm	12:00 pm	Home	50
<b>Weekends</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	pick location <input type="button" value="↓"/>	Min Batt SOC <input type="button" value="↓"/>
	12:00 am	10:00 am	Home	70
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	pick location <input type="button" value="↓"/>	Min Batt SOC <input type="button" value="↓"/>
	1:00 pm	6:30 pm	Home	90
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	pick location <input type="button" value="↓"/>	Min Batt SOC <input type="button" value="↓"/>
	11:30 pm	12:00 pm	Home	50

[return to V2G home](#)

Εικόνα 2.3.3 διαμόρφωση προφίλ χρήστη

Το ηλεκτρικό όχημα δεν μπορεί να παράγει ισχύ βάσης σε ανταγωνιστική τιμή. Αυτό γιατί η ισχύς βάσης δεν εκμεταλλεύεται τα δυνατά σημεία των ηλεκτρικών οχημάτων, που είναι η ταχεία τους απόκριση, το μικρό κόστος αναμονής και το μικρό κόστος κεφαλαίου ανά kWh αλλά αντιθέτως σκοντάφτει σε κάποιες αδυναμίες τους, όπως το σύντομο χρονικό διάστημα που είναι προγραμματισμένα να λειτουργούν και το υψηλό κόστος ανά kWh. Για το λόγο αυτό, στην πορεία της ανάλυσής μας δεν θα αναφερθούμε περαιτέρω σε αυτή την αγορά [4].

Αντίθετα, με την αναμενόμενη εξέλιξη της τεχνολογίας των συσσωρευτών, που θα καταφέρει να αυξήσει τη χωρητικότητα τους αλλά και λόγω της αναμενόμενης μαζικής παραγωγής τους, που θα



μειώσει το κόστος τους, η αγορά της ισχύος αιχμής μπορεί μελλοντικά να είναι επικερδής για την πραγματοποίηση της V2G λειτουργίας[18].

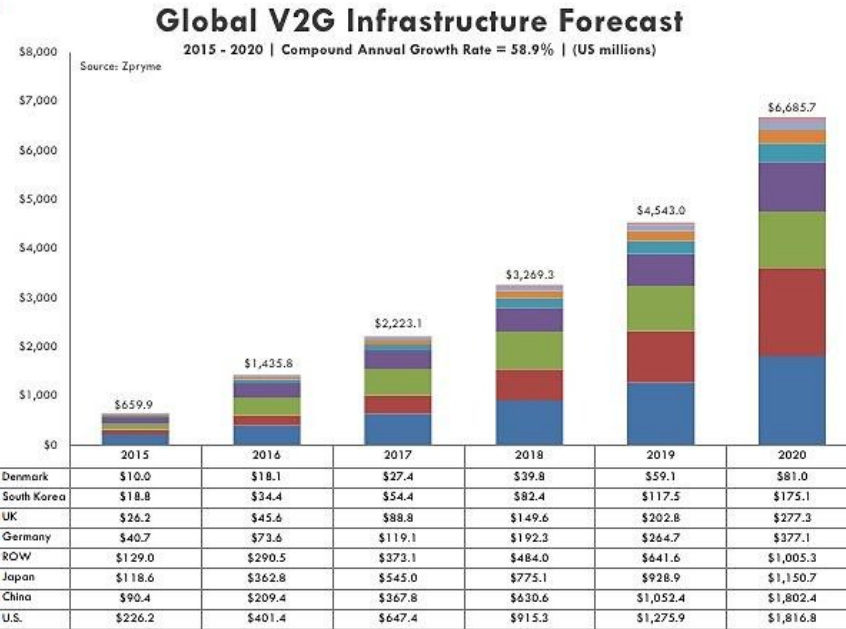
Η αγορά της στρεφόμενης εφεδρείας μπορεί να είναι προσοδοφόρα για τα ηλεκτρικά οχήματα, που θα εκτελούν V2G λειτουργία, καθώς αυτά θα μπορούν να πληρώνονται ως στρεφόμενη εφεδρεία για πολλές ώρες, απλά με το να παραμένουν συνδεδεμένα στο δίκτυο, χωρίς ουσιαστικά να παράγουν πραγματική ενέργεια και να αποφορτίζουν τους συσσωρευτές τους. Αυτό σημαίνει, πως θα πληρώνονται απλά για να είναι έτοιμα να προσφέρουν ενέργεια, όποτε αυτό χρειασθεί, κάτι το οποίο σε σωστά διαμορφωμένα δίκτυα δεν είναι συχνό φαινόμενο. Το κόστος λοιπόν που σχετίζεται με τη φθορά του συσσωρευτή είναι πολύ περιορισμένο, ενώ τα κέρδη από τη συμμετοχή στην αγορά μπορεί να είναι αρκετά αυξημένα. Τέλος, η δυνατότητα των Η/Ο να ανταποκρίνονται πολύ γρήγορα στην απότομη ζήτηση ενέργειας, όπως συμβαίνει κατά την οδήγηση, αποτελεί ένα δυνατό τους σημείο ώστε να παρέχουν αυτήν την επικουρική υπηρεσία αποτελεσματικά.

Τα ηλεκτρικά οχήματα που θα είναι ικανά για V2G λειτουργία, φαίνονται κατάλληλα για την αγορά της ρύθμισης συχνότητας καθώς μπορούν να ανταποκριθούν πολύ γρήγορα σε σήματα ρύθμισης και έχουν τη δυνατότητα να πραγματοποιήσουν τόσο άνω ρύθμιση, με την αύξηση της ροής ισχύος προς το δίκτυο ή τη μείωση του ρυθμού φόρτισης των συσσωρευτών τους, όσο και κάτω ρύθμιση, με την αύξηση του ρυθμού φόρτισης των συσσωρευτών τους ή τη μείωση της ροής ισχύος προς το δίκτυο. Ένας συνδυασμός άνω και κάτω ρύθμισης τελικά προκαλεί πολύ μικρή αποφόρτιση του συσσωρευτή, χωρίς να προκαλεί ιδιαίτερα προβλήματα φθοράς αναφορικά με τους κύκλους λειτουργίας του συσσωρευτή[4].

Η συνολική εικόνα αναφορικά με τις πωλήσεις ηλεκτροκίνητων οχημάτων δίνεται στο παρακάτω γράφημα. Ως ROW εννοούνται οι πωλήσεις σε όλο τον υπόλοιπο κόσμο (rest of the world), πλην των χωρών για τις οποίες παραθέτονται στοιχεία λεπτομερώς. Οι υπόλοιπες χώρες αναμένεται να συμμετέχουν στο 18,3% των πωλήσεων [18].



**Closer Look:** From 2015 to 2020, the global V2G infrastructure market is projected to grow from **\$659.9 million to \$6.7 billion**, respectively. The compound annual growth rate (CAGR) from 2015 to 2020 is projected to be **58.9 percent**.



Πίνακας 2.3.4 ραβδόγραμμα πωλήσεων V2G οχημάτων παγκοσμίως

### 2.3.3 Πιθανά επιχειρηματικά μοντέλα

Αφού περιγράψαμε προηγουμένως τις αγορές, στις οποίες θα μπορούσε να ευδοκιμήσει η V2G λειτουργία μένει τώρα να απαντηθεί πρώτον ποιες μορφές μπορεί να έχουν οι επιχειρήσεις εκείνες, που θα εκμεταλλεύονται και θα αξιοποιούν τη V2G λειτουργία, και δεύτερον ποιος θα είναι ο τρόπος, που θα εξασφαλίζουν την κερδοφορία τους αλλά και τι έξοδα θα καλούνται να πληρώνουν. Πριν περιγράψουμε τα διάφορα πιθανά σενάρια, κρίνεται σκόπιμο να αναφερθούμε στους νέους παράγοντες της αγοράς που θα εμφανιστούν με την υιοθέτηση της V2G λειτουργίας. Αυτοί είναι [4]:

- Ο ιδιοκτήτης του οχήματος: Θεωρείται πάντοτε τελικός καταναλωτής ενέργειας και ποτέ παραγωγός, ακόμα και αν συμμετέχει στη V2G λειτουργία και στέλνει ενέργεια πίσω στο δίκτυο. Αυτό θα γίνει πιο σαφές όταν εισάγουμε την έννοια του συναθροιστή (aggregator).
- Ο ιδιοκτήτης του συσσωρευτή: Επειδή για το υψηλό κόστος των ηλεκτρικών οχημάτων ευθύνεται κατά κύριο λόγο ο συσσωρευτής, έχει προταθεί να διαχωριστεί το κόστος ενός Η/Ο από αυτό του συσσωρευτή, με σκοπό η αγορά ενός ηλεκτρικού οχήματος να γίνει πιο ελκυστική στο καταναλωτικό κοινό. Η ιδιοκτησία, η εγγύηση και ο έλεγχος της λειτουργίας του συσσωρευτή μπορεί να είναι το αντικείμενο, οποιουδήποτε από τους υπόλοιπους παράγοντες που εμπλέκονται στη V2G λειτουργία, ή μίας ξεχωριστής επιχείρησης, ασχολούμενης μόνο με αυτόν τον τομέα.

Τέλος, ο ιδιοκτήτης του συσσωρευτή μπορεί να είναι και ο ίδιος ο ιδιοκτήτης του οχήματος, όπως συμβαίνει μέχρι στιγμής

- Ο ιδιοκτήτης της υποδομής φόρτισης: Μπορεί να είναι ένας οικιακός καταναλωτής ρεύματος, που αγοράζει κάποια υποδομή φόρτισης για το ηλεκτρικό του όχημα, μπορεί να είναι μια οποιαδήποτε επιχείρηση, που θέλει να δώσει στους εργαζομένους της ή/και στους πελάτες της τη δυνατότητα να συνδέουν το όχημα τους στο δίκτυο, ή μπορεί η υποδομή αυτή να βρίσκεται σε κάποιο σταθμό φόρτισης (το ανάλογο του βενζινάδικου για τα ηλεκτρικά οχήματα) είτε δημόσιο, είτε ιδιωτικό. Εάν βρίσκεται σε δημόσιο χώρο και με δημόσια πρόσβαση, τότε υπάγεται στη διαδικασία της διανομής με το διαχειριστή του συστήματος (DistributionSystemOperator/DSO) να είναι ο ιδιοκτήτης, εναλλακτικά ανήκει σε μια ιδιωτική εταιρία που προσφέρει τις υπηρεσίες της, με συγκεκριμένα συμβόλαια που ορίζει αυτή.

- Ο συναθροιστής-πάροχος των ηλεκτρικών οχημάτων (ElectricVehicleSupplier-Aggregator/EVS-A): Πρόκειται για τον παράγοντα κλειδί, όσον αφορά την υιοθέτηση της V2G λειτουργίας και η λειτουργία του είναι διπλή. Από τη μία, είναι ο προμηθευτής, ο οποίος πουλά ηλεκτρική ενέργεια στον ιδιοκτήτη του οχήματος, μέσω ενός συμβολαίου, το οποίο θα ισχύει για πολλά πιθανά σημεία φόρτισης. Η καινοτομία, όσον αφορά αυτή τη μορφή συμβολαίου, είναι ότι δεν περιορίζονται τοπικά αλλά αντίθετα, ικανοποιούν την επιθυμία των ιδιοκτητών ηλεκτρικών οχημάτων να μπορούν να φορτίζουν τους συσσωρευτές τους σε διαφορετικούς σταθμούς φόρτισης, παραμένοντας όμως στον ίδιο προμηθευτή και έχοντας τις ίδιες χρεώσεις. Ο δεύτερος ρόλος ενός aggregator, που έχει και μεγαλύτερη σχέση με τη V2G λειτουργία, προέρχεται από την αδυναμία ενός μεμονωμένου Η/Ο να συμμετάσχει απευθείας στις χονδρικές αγορές ενέργειας και επικουρικών υπηρεσιών. Για παράδειγμα, στις περισσότερες αγορές, η ελάχιστη ποσότητα ισχύος που μπορεί να προσφερθεί για ρύθμιση είναι το 1 MW. Γίνεται αντιληπτό, ότι ένα μόνο αυτοκίνητο, του οποίου ο συσσωρευτής είναι της τάξης των μερικών kW, δεν θα μπορούσε ποτέ να προσφέρει αυτήν την ποσότητα. Αντίθετα, μία επιχείρηση, που θα έχει υπό την εποπτεία της ένα στόλο οχημάτων, θα μπορεί να λειτουργεί ως μεσάζοντας και να συμμετάσχει στις διάφορες αγορές, συναθροίζοντας την διαθέσιμη ισχύ ολόκληρου του στόλου.

- Ο πάροχος υπηρεσιών τεχνολογιών πληροφορικής (InformationTechnology/ITserviceprovider): Όπως είδαμε προηγουμένως, κατά την υιοθέτηση της V2G λειτουργίας απαιτείται η διακίνηση ενός μεγάλου όγκου πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο και με μεγάλη ακρίβεια. Υπό από αυτήν την έννοια, οι πάροχοι IT υπηρεσιών μπορούν να λειτουργήσουν ως σύνδεσμος μεταξύ των διαφόρων παραγόντων, όπως πχ μεταξύ του ιδιοκτήτη του οχήματος και του EVS-A, μεταξύ του EVS-A και του διαχειριστή του συστήματος, ή συνδέοντας όλους τους προαναφερθέντες παράγοντες με την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Είναι λοιπόν πιθανό, εταιρίες με εμπειρία και τεχνογνωσία στον τομέα της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών να βρουν πρόσφορο έδαφος για την παροχή υπηρεσιών τηλεματικής ή τη συντήρηση των δικτύων επικοινωνίας κ.α.[4]

## **V2G λειτουργία χωρίς την ύπαρξη aggregator**

Το πιο απλό μοντέλο είναι αυτό, στο οποίο το κάθε όχημα αποτελεί έναν ανεξάρτητο λογαριασμό με την τοπική εταιρία διανομής ενέργειας. Θεωρούμε πως το όχημα διαθέτει τις απαιτούμενες τηλεματικές συνδέσεις ώστε να λαμβάνει σήματα κατευθείαν από τον TSO και να αποκρίνεται σε αυτά ταχύτατα, που μπορεί να αφορούν στον προσδιορισμό της θέσης, στην εκτίμηση της ισχύος που μπορεί να παράσχει, αν είναι συνδεδεμένο σε κάποιο σταθμό φόρτισης ή όχι. Η επιχειρηματική αξιοποίηση του V2G οχήματος προϋποθέτει την ύπαρξη ενός αριθμού IP για κάθε όχημα ή κάποιου αντίστοιχου μοναδικού αναγνωριστικού και αντίστοιχα ενός ID για κάθε σταθμό φόρτισης. Τέλος, θεωρούμε πως κάθε τέτοιο όχημα φέρει ενσωματωμένο μετρητή ώστε να καταγράφει το χρόνο και τη ροή ισχύος. Όσο το όχημα είναι σταθμευμένο και συνδεδεμένο σε κάποιο σταθμό, οικιακό, ιδιωτικό ή δημόσιο, έχει τη δυνατότητα να συμμετέχει στις διάφορες αγορές και να ανταποκρίνεται σε αυτές, όταν κάτι τέτοιο ζητείται από το διαχειριστή. Όταν το όχημα αποσυνδεθεί, ο ενσωματωμένος μετρητής καταγράφει το ποσό της ισχύος που απαιτήθηκε συνολικά από το δίκτυο. Κάθε κάποιο προσυμφωνημένο χρονικό διάστημα, η συνολική αξία των υπηρεσιών που προσέφερε το όχημα, θα αποδίδεται στον ιδιοκτήτη του. Αν και το μοντέλο αυτό είναι απλό στη σύλληψη του, έχει κάποιους εγγενείς περιορισμούς, που δεν θα του επιτρέψουν να εφαρμοσθεί σε μεγάλη κλίμακα. Μακροπρόθεσμα, ο διαχειριστής του δικτύου θα είναι υποχρεωμένος να επιβλέπει συνεχώς τη σύνδεση και την αποσύνδεση πάρα πολλών οχημάτων με μοναδικές απαιτήσεις το καθένα και να τα ανταμείβει ανάλογα, γεγονός που είναι προφανώς ένα δύσκολο έργο ελέγχου και επικοινωνιών [4].

Η V2H λειτουργία (Vehicle to Home) αποτελεί μία παραλλαγή της παραπάνω περίπτωσης, μόνο που τώρα το EV δεν προσφέρει καθόλου ενέργεια ή υπηρεσίες στο δίκτυο, αλλά αντίθετα προσφέρει ενέργεια στο σπίτι, εννοώντας τον τελικό οικιακό καταναλωτή. Πιο αναλυτικά, εάν θεωρήσουμε ότι το σύμβολο μεταξύ προμηθευτή και τελικού καταναλωτή προβλέπει νυχτερινό τιμολόγιο, είναι δυνατόν το όχημα να φορτίζει το συσσωρευτή του κατά τις ώρες, που η τιμή της ενέργειας είναι χαμηλή και να αποδίδει αυτήν την ενέργεια για την κάλυψη των αναγκών του ίδιου του σπιτιού κατά τις ώρες, που η τιμή αυτή είναι υψηλή. Παρόλο που η λειτουργία αυτή του οχήματος, ως οικιακή γεννήτρια καταφέρνει να μειώσει τα έξοδα του σπιτιού για ηλεκτρική ενέργεια, θα πρέπει να επιβλέπεται και να ελέγχεται από ένα σύστημα διαχείρισης ενέργειας, κάτι που θα απαιτεί μια μεγαλύτερη επένδυση. Η βιωσιμότητα της V2G λειτουργίας, εξαρτάται από τις ώρες που είναι παρκαρισμένο το όχημα στο σπίτι, από την αποδοτικότητα και το κόστος υποβάθμισης του συσσωρευτή, αλλά και από το πόσο μειωμένη θα είναι η τιμή της ενέργειας κατά το νυχτερινό τιμολόγιο σε σχέση με την τιμή κατά τη διάρκεια της υπόλοιπης ημέρας[4].

## **V2G λειτουργία με την ύπαρξη aggregator**

Πρόκειται για το πιο πιθανό μοντέλο της V2G λειτουργίας, δεδομένης της μέχρι στιγμής λειτουργίας των αγορών ενέργειας και επικουρικών υπηρεσιών, αλλά και των υπάρχουσών υποδομών επικοινωνίας. Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο, άμεση σχέση με τις αγορές θα έχει ο aggregator και όχι ο κάτοχος του οχήματος. Από τη μία πλευρά, ο aggregator θα συγκεντρώνει τα προφίλ των οχημάτων που έχει υπό τον έλεγχο του, ώστε να δημιουργεί ένα αθροιστικό προφίλ μιας εικονικής μονάδας παραγωγής ενέργειας. Αυτό το συγκεντρωτικό προφίλ, θα εξαρτάται από το πόσα οχήματα αναμένεται να είναι συνδεδεμένα και ικανά για V2G κάθε ώρα της ημέρας αλλά και από το τι

περιορισμοί υπάρχουν όσον αφορά στη διαθέσιμη ισχύ και ενέργεια. Από την άλλη πλευρά, θα δέχεται τα σήματα-εντολές από το διαχειριστή του συστήματος μεταφοράς όπως κάθε άλλη συμβατική μονάδα και εν συνεχεία, θα διαβιβάζει αυτές τις εντολές στο κάθε όχημα, όπως αυτός κρίνει πιο συμφέρον ανάλογα με το συγκεντρωτικό προφίλ που έχει δημιουργήσει. Έτσι, θα είναι σε θέση να κάνει προσφορές επιπέδου MW ή MWh στις διάφορες αγορές, ενόσω τα διάφορα Η/Ο εκτελούν τα προγραμματισμένα τους ταξίδια. Το ρόλο ενός aggregator μπορεί να αναλάβει:

- ο διαχειριστής του συστήματος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (DSO), αποκτώντας έτσι βελτιωμένη ευστάθεια και αξιοπιστία του δικτύου του
- μια εταιρεία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, που δραστηριοποιείται ούτως ή άλλως στην αγοραπωλησία ενέργειας ή/και την προσφορά επικουρικών υπηρεσιών μεγαλώνοντας έτσι το εύρος των δραστηριοτήτων της
- μια κατασκευαστική εταιρία ηλεκτρικών οχημάτων που αποκτά έτσι μια συνεχή πελατειακή σχέση με τον αγοραστή του οχήματος
- ένας πάροχος κινητής τηλεφωνίας, που διαχειρίζεται το δίκτυο τηλεπικοινωνίας για τη μετάδοση της V2G πληροφορίας και αποκτά κέρδη μέσω της σύναψης πολλών μικρών αυτοματοποιημένων συναλλαγών.
- μία ξεχωριστή επιχείρηση, που θα ασχολείται αποκλειστικά με αυτόν τον τομέα.

Τα κέρδη, που αποκομίζει ο aggregator από τη συμμετοχή του στις διάφορες αγορές, θα τα μοιράζει στους ιδιοκτήτες των οχημάτων αναλόγως της συμμετοχής τους σε αυτές, κρατώντας προφανώς ένα ποσοστό για τον εαυτό του. Μια πιο ενδιαφέρουσα περίπτωση είναι όταν ο aggregator είναι και ιδιοκτήτης των συσσωρευτών των οχημάτων, που έχει υπό τον έλεγχο του. Ο κάτοχος του Η/Ο δεν θα πληρώνεται τότε με βάση την ενέργεια που παρέχει αλλά θα του παρέχεται δωρεάν αντικατάσταση του συσσωρευτή και πολύ φτηνή φόρτιση. Αυτό το μοντέλο έχει το πλεονέκτημα πως ο κάτοχος του οχήματος δεν έχει πλέον να ανησυχεί για τη φθορά που υφίσταται ο συσσωρευτής και επομένως για τη συντήρησή του. Το παραπάνω μοντέλο, θα μπορούσε να εφαρμοστεί επιτυχώς από εταιρίες που δραστηριοποιούνται στο λεγόμενο «σύστημα ανταλλασσόμενου συσσωρευτή» (swappingbatteriesystem). Το σύστημα αυτό αντικαθιστά την έννοια της φόρτισης του αποφορτισμένου συσσωρευτή με την έννοια της αντικατάστασης του με έναν άλλον, πλήρως φορτισμένο. Το κάθε όχημα δεν διαθέτει το δικό του συσσωρευτή, αλλά «κάποιον» συσσωρευτή, τον οποίο είναι ικανό με έναν αυτοματοποιημένο και γρήγορο τρόπο διάρκειας λίγων λεπτών, να αντικαταστήσει στους ειδικά διαμορφωμένους σταθμούς. Οι εταιρίες λοιπόν αυτές, που διαθέτουν ένα μεγάλο stock συσσωρευτών θα μπορούν να προσφέρουν υπηρεσίες στο δίκτυο, αποτελώντας ένα είδος aggregator συσσωρευτών και όχι οχημάτων, μοντέλο μάλιστα πιο ελαστικό, καθώς απαιτούνται πολύ λιγότερες υποδομές τηλεπικοινωνιών, λόγω της συγκέντρωσης όλης της διαθέσιμης ισχύος στον ίδιο χώρο. Μια τέτοια εταιρία, η BetterPlaceInc. δραστηριοποιείται ήδη σε αρκετές χώρες παγκοσμίως (Ισραήλ, ΗΠΑ, δανία, Ολλανδία, Κίνα κ.α) έχοντας κατασκευάσει τις απαραίτητες υποδομές, χωρίς όμως να προσφέρει V2G υπηρεσίες[28].

Τέλος, μία ακόμα περίπτωση άξια αναφοράς είναι η εξής: ο συσσωρευτής του οχήματος κάποια στιγμή θα καταστεί αναποτελεσματικός για τις οδηγικές απαιτήσεις του οχήματος λόγω της φθοράς του, που αναπόφευκτα θα επέλθει από την καθημερινή φόρτιση και εκφόρτιση του. Παρόλα αυτά, αυτό δεν σημαίνει ότι δεν θα μπορούσε να αποδειχθεί χρήσιμος για άλλες λειτουργίες, πέραν της οδήγησης. Ένας aggregator θα μπορούσε να συλλέγει αυτούς τους χρησιμοποιημένους συσσωρευτές προσφέροντας τους μία δεύτερη ζωή (secondlifebatteries) με σκοπό να παρέχει υπηρεσίες στο δίκτυο, όπως κατά την περίπτωση του V2G. Τότε μιλάμε βέβαια για **B2G** (BatterytoGrid). Το συγκριτικό πλεονέκτημα μίας τέτοιας μορφής aggregator με τον κλασσικό V2Gagggregator είναι η συγκέντρωση όλης της διαθέσιμης ισχύος σε ένα χώρο, αλλά και η απουσία περιορισμών, που έχουν να κάνουν με τις απαιτήσεις των οδηγών για ελάχιστη φόρτιση ή προγραμματισμένα ταξίδια. Βέβαια, η αποδοτικότητα και οι δυνατότητες ενός συσσωρευτή σε αυτήν την περίπτωση είναι σαφώς μειωμένες εν σχέση με έναν καινούργιο, γεγονός που περιορίζει και την οικονομική βιωσιμότητα ενός τέτοιου εγχειρήματος[4].

### **2.3.4 Πλεονεκτήματα της V2G λειτουργίας**

Ο εξηλεκτρισμός των μεταφορών, όπως είδαμε στο πρώτο κεφάλαιο, εμφανίζει αρκετά πλεονεκτήματα, εάν συγκριθεί με τη σημερινή κατάσταση χρήσης ορυκτών καυσίμων. Παρόλα αυτά, εκ πρώτης όψεως, φαίνεται ως μία μεγάλη πρόκληση για τα ηλεκτρικά δίκτυα, τα οποία θα κληθούν να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες χιλιάδων ή και εκατομμυρίων νέων φορτίων, τα οποία θα ζητούν ενέργεια σε καθημερινή βάση. Εάν όμως, καταστεί δυνατή η υιοθέτηση σε μεγάλη κλίμακα της V2G λειτουργίας, γίνεται φανερό ότι τα δίκτυα, όχι μόνο δεν θα βγουν ζημιωμένα από τη διείσδυση μεγάλου αριθμού ηλεκτρικών οχημάτων, αλλά αντίθετα θα έχουν μία μεγάλη ευκαιρία να βελτιωθούν προς όφελος δικό τους αλλά και ολόκληρης της κοινωνίας. Παρακάτω αναλύουμε τους τρόπους αυτούς, που η V2G λειτουργία θα ωφελήσει τα ηλεκτρικά δίκτυα, τους καταναλωτές, είτε αυτοί οδηγούν ένα Η/Ο είτε όχι, αλλά και το περιβάλλον[4].

#### **2.3.4.1 Μεγαλύτερη διείσδυση των ΑΠΕ**

Τα τελευταία χρόνια, γίνεται μια παγκόσμια προσπάθεια για την παραγωγή όσο το δυνατόν περισσότερης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Ένα από τα σημαντικότερα μειονεκτήματα, που έχει η παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ είναι ότι εμφανίζει απρόβλεπτες διακυμάνσεις. Η ισχύς εξόδου ενός φωτοβολταϊκού μπορεί από τη μία στιγμή στην άλλη να μηδενιστεί, επειδή πέρασε ένα σύννεφο, ή μια ανεμογεννήτρια μπορεί αντίστοιχα να σταματήσει να παράγει ενέργεια, εάν η ταχύτητα του ανέμου γίνει μικρότερη ή και μεγαλύτερη από συγκεκριμένες τιμές. Η ισχύς εξόδου λοιπόν δεν μπορεί να προβλεφθεί με βεβαιότητα και να οριστεί ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες του δικτύου, όπως συμβαίνει με τους συμβατικούς σταθμούς των ορυκτών καυσίμων. Για μικρά επίπεδα διείσδυσης, οι διακυμάνσεις αυτές μπορούν να αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά με ήδη υπάρχοντες μηχανισμούς.

Παρόλα αυτά, καθώς το ποσοστό της παραγόμενης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, ξεπερνάει το 10-30%, επιπλέον μηχανισμοί είναι απαραίτητοι για να εξισορροπηθεί η μεταβαλλόμενη παραγωγή με την επίσης μεταβαλλόμενη ζήτηση.

Τέτοιοι μηχανισμοί, που θα μπορούσαν να λύσουν αυτόν τον περιορισμό των ΑΠΕ είναι προφανώς η ύπαρξη εφεδρειών και δεύτερον η ύπαρξη αποθηκευτικών διατάξεων ενέργειας. Η εφεδρεία αναφέρεται στην ύπαρξη γεννητριών, που δεν παράγουν ενέργεια παρά μόνο όταν τους ζητηθεί, δηλαδή εν προκειμένω, όταν η παραγωγή από ΑΠΕ δεν επαρκεί για να καλύψει τη ζήτηση. Αντίθετα, η αποθήκευση, αρχικά απορροφά το πλεόνασμα της ενέργειας, που παράγεται από ΑΠΕ και υπό κανονικές συνθήκες θα απορρίπτονταν, εφόσον η ζήτηση έχει ήδη καλυφθεί και μετέπειτα το επιστρέφει στο δίκτυο, για την κάλυψη μεταγενέστερου φορτίου. Και οι δύο αυτές λύσεις, όπως είναι φανερό, προσθέτουν επιπλέον κόστος κεφαλαίου για τα ηλεκτρικά δίκτυα στην ήδη ακριβή περίπτωση της παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.

Όσον αφορά στην αποθήκευση ενέργειας, υπάρχει η επιλογή να κατασκευαστούν νέες μονάδες μεγάλης κλίμακας όπως τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια, συστήματα πεπιεσμένου αέρα (Compressed Air Energy Storage/CAES) κ.α. ή να αναρωτηθούμε εάν υπάρχει ήδη στο ηλεκτρικό σύστημα κάποια μορφή αποθήκευσης, που όμως δεν χρησιμοποιείται. Η απάντηση είναι ότι με την υιοθέτηση V2G λειτουργίας, μπορεί να υπάρξει και δεν είναι άλλη από το άθροισμα των συσσωρευτών των ηλεκτρικών οχημάτων. Αυτή η λύση, μπορεί να γλιτώσει τα ηλεκτρικά δίκτυα από την επιπλέον επένδυση σε μεγάλης κλίμακας αποθηκευτικές διατάξεις, καθώς η διείσδυση των Η/Ο στην αγορά της αυτοκίνησης είναι ένα γεγονός, που αναμένεται να συμβεί ανεξάρτητα από τη βούληση και την ευθύνη των διαχειριστών του δικτύου. Τα επιπλέον έξοδα, που θα χρειαστούν για να χρησιμοποιηθούν τα ηλεκτρικά οχήματα ως μονάδες αποθήκευσης είναι αυτά που αναφέραμε σε προηγούμενη ενότητα και έχουν να κάνουν με την εγκατάσταση της V2G λειτουργίας. Στην περίπτωση των φωτοβολταϊκών, έχει προταθεί το εξής σχήμα: Η ισχύς που μπορεί να δώσει μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση είναι αρκετά προβλέψιμη κατά τη διάρκεια μίας ημέρας. Η μεγαλύτερη δυνατή ισχύς παράγεται κατά το ηλιακό μεσημέρι, ενώ όταν βραδιάσει η παραγωγή είναι μηδενική.

Αντίθετα, η αιχμή του φορτίου είναι συνήθως αργά το απόγευμα. Μια απλή λοιπόν στρατηγική για την εκμετάλλευση της V2G λειτουργίας είναι ο προγραμματισμός της φόρτισης των οχημάτων κατά τις μεσημεριανές ώρες και η εκφόρτιση τους κατά τις απογευματινές. Για την περίπτωση των αιολικών, η κατάσταση είναι πιο περίπλοκη, αλλά σε γενικές γραμμές θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι προτιμότερο, η φόρτιση των Η/Ο να γίνεται τις πρώτες πρωινές ώρες, ενώ η εκφόρτιση τους να γίνεται τις απογευματινές, όταν δηλαδή το φορτίο παρουσιάζει την τυπική αιχμή του.

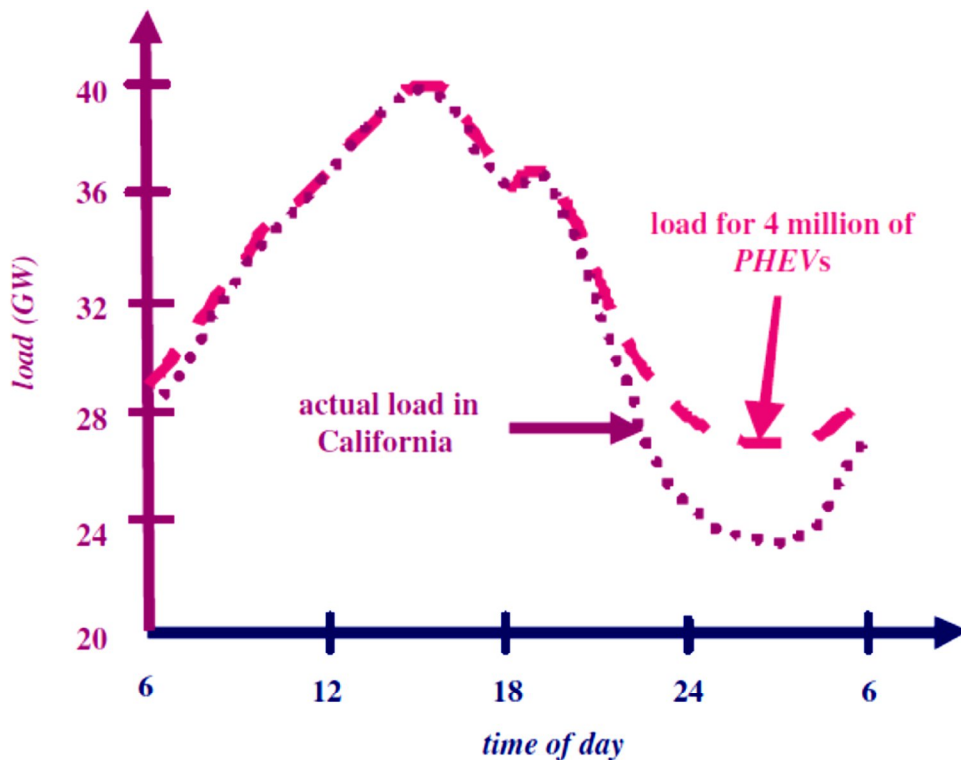
#### **2.3.4.2 Αξιοπιστία ηλεκτρικού δικτύου**

Η V2G λειτουργία είναι ικανή να συμβάλει στην αξιοπιστία, την ευελιξία και τη σταθερότητα του δικτύου με τους εξής 3 τρόπους:

##### **Valley filling (γέμισμα κοιλάδας)**

Εάν ένας στόλος ηλεκτρικών οχημάτων, ο οποίος λειτουργεί ως φορτίο είναι αρκετά μεγάλος, μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο όσον αφορά το valley filling. Το valley filling μπορεί να επιτευχθεί και χωρίς V2G λειτουργία, απλώς με κάποιο κίνητρο νυχτερινής χρέωσης. Βέβαια, τα αποτελέσματα είναι πολύ καλύτερα κατά το V2G, καθώς τότε οι ιδιοκτήτες των οχημάτων θα έχουν μεγαλύτερο κέρδος, αφού ταυτόχρονα θα παίρνουν μέρος και στις αγορές επικουρικών υπηρεσιών. Ακόμα, η

ύπαρξη aggregator εξασφαλίζει μεγαλύτερο valley filling διότι τότε υπάρχει σαφής παρέμβαση με σκοπό να κατανεμηθεί η φόρτιση των διαφόρων Η/Ο κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εξαλειφθούν οι διακυμάνσεις της ζήτησης. Αυτό είναι αρκετά σημαντικό για το ηλεκτρικό δίκτυο, καθώς η εξυπηρέτηση ενός σταθερού και επίπεδου φορτίου είναι πολύ πιο εύκολη και απλή υπόθεση από ότι ενός κυμαινόμενου.



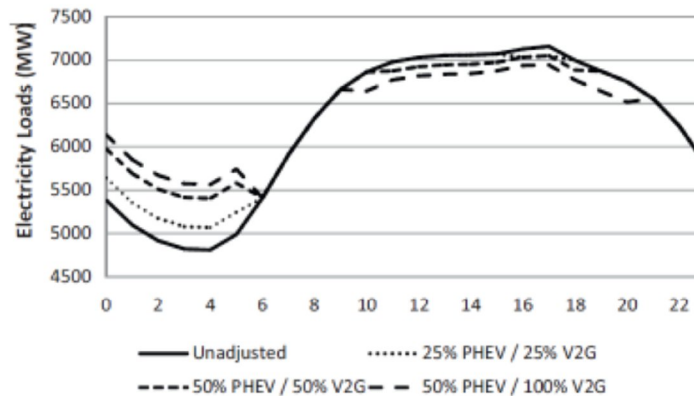
Διάγραμμα 2.3.5 Valley filling χάρις τη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων

### Κάλυψη της ισχύος αιχμής (peak shaving)

Η ζήτηση ηλεκτρική ενέργειας κατά τη διάρκεια μιας ημέρας μπορεί να αυξηθεί δραματικά, ειδικά κατά τις ζεστές μέρες του καλοκαιριού, όταν δηλαδή γίνεται ευρεία χρήση συσκευών, όπως τα κλιματιστικά. Αυτές οι περιόδους, συχνά απαιτούν την παραγωγή ενέργειας από ειδικές μονάδες, γνωστών και ως peakers για την κάλυψη ακριβώς του φορτίου αιχμής. Οι μονάδες αυτές, εξ' ορισμού, λειτουργούν μόνο περιστασιακά και για το λόγο αυτό, δεν μπορούν να είναι οικονομικά βιώσιμες εάν δεν πωλούν την ενέργεια που παράγουν με υψηλή τιμή. Για το λόγο αυτό, είναι πολύ σημαντικό για τους σχεδιαστές και τους διαχειριστές των ηλεκτρικών δικτύων να μπορέσουν να μειώσουν τις αιχμές του φορτίου. Το peak shaving αποσκοπεί στην ομαλοποίηση της καμπύλης του φορτίου, κατά την οποία μπορούν να προκύψουν σημαντικά οικονομικά οφέλη. Ένας τρόπος να γίνει αυτή η ομαλοποίηση είναι μέσω της στρατηγικής demand response (απόκριση ζήτησης), όπου



οι τελικοί καταναλωτές εν προκειμένω μειώνουν τη ζήτηση ενέργειας σε συγκεκριμένες ώρες, λόγω συνήθως κάποιου οικονομικού κινήτρου. Αυτή τη λογική μπορούν να ακολουθήσουν και τα ηλεκτρικά οχήματα. Προφανώς το peak shaving από τα Η/Ο είναι δυνατό μόνο κατά τη V2G λειτουργία. Εάν δεν υπάρχει αυτή, η ροή ισχύος προς το δίκτυο δεν είναι δυνατή, επομένως η αιχμή δεν μπορεί να εξυπηρετηθεί από τα οχήματα. Στην εικόνα φαίνονται οι δυνατότητες που έχει η V2G λειτουργία για peak shaving στο σύστημα της Νέας Υόρκης.[4]



Διάγραμμα 2.3.6 peak shaving και valley filling μέσω της V2G λειτουργίας

### 2.3.4.3 Οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη

Η υιοθέτηση της V2G λειτουργίας μπορεί πρώτα από όλα να αποφέρει οικονομικό κέρδος στον ιδιοκτήτη ενός ηλεκτρικού οχήματος. Όπως καταδείξαμε προηγουμένως, μέσω τη συμμετοχής του σε συγκεκριμένες αγορές, μπορεί να κερδίζει χρήματα, γεγονός το οποίο σημαίνει ότι θα αποσβέσει γρηγορότερα την αγορά ενός αρχικά ακριβότερου αυτοκινήτου. Η μείωση αυτή του χρόνου απόσβεσης, θα βοηθήσει περαιτέρω τη διείσδυση των ηλεκτρικών οχημάτων στις μεταφορές. Κάτι τέτοιο είναι επιθυμητό αφού, όπως τονίστηκε στο πρώτο κεφάλαιο τα ηλεκτρικά οχήματα είναι σαφώς πιο οικολογικά από τα συμβατικά. Επιπλέον, η V2H λειτουργία μπορεί να μειώσει σημαντικά τα έξοδα του οικιακού καταναλωτή για ηλεκτρική ενέργεια.

Η V2G λειτουργία μπορεί να γλιτώσει τα ηλεκτρικά δίκτυα από την ανάγκη για δημιουργία καινούργιων μονάδων παραγωγής ενέργειας, που θα ήταν απαραίτητα εάν υπάρξει μια μεγάλη διείσδυση ηλεκτρικών οχημάτων, τα οποία θα συμπεριφέρονται μόνο ως φορτία. Αποφεύγεται ακόμα η δημιουργία αποθηκευτικών διατάξεων μεγάλης κλίμακας, που κοστίζουν πολύ ακριβά αφού στην ουσία το κόστος ενός Η/Ο μετατίθεται στον οδηγό. Ήδη υπάρχοντα εργοστάσια μπορούν να αποσυρθούν και τη θέση τους να πάρουν τα οχήματα, αφού θα είναι ικανά να ομαλοποιούν τη ζήτηση και να μην υπάρχει τόσο μεγάλη ανάγκη για peakers. Μονάδες που λειτουργούσαν για την παροχή επικουρικών υπηρεσιών στο δίκτυο επίσης μπορεί να αντικατασταθούν από τα Η/Ο. Όλα τα παραπάνω έχουν όχι μόνο οικονομικά οφέλη για τα δίκτυα και αλλά και περιβαλλοντικά για όλη την

κοινωνία, αφού η λειτουργία μίας συμβατικής μονάδας παραγωγής ενέργειας συνεπάγεται συνήθως και μόλυνση του περιβάλλοντος και υψηλά ποσοστά εκπομπών αέριων ρύπων, όπως το CO<sub>2</sub>. Τέλος, η V2G λειτουργεί ως μια καινούργια τεχνολογία προσφέρει εύφορο έδαφος για την ανάπτυξη της οικονομίας μέσω νέων θέσεων εργασίας, προωθεί την έρευνα τόσο γύρω από τα ηλεκτρικά οχήματα όσο και γύρω από γειτονικά επιστημονικά πεδία, όπως είναι η τεχνολογία των συσσωρευτών και των τηλεπικοινωνιών, ενώ προβάλλει την ιδέα της εξυπνότερης και αποδοτικότερης χρήσης της ενέργειας και των φυσικών πόρων.

### 2.3.5 Περιορισμοί της V2G λειτουργίας

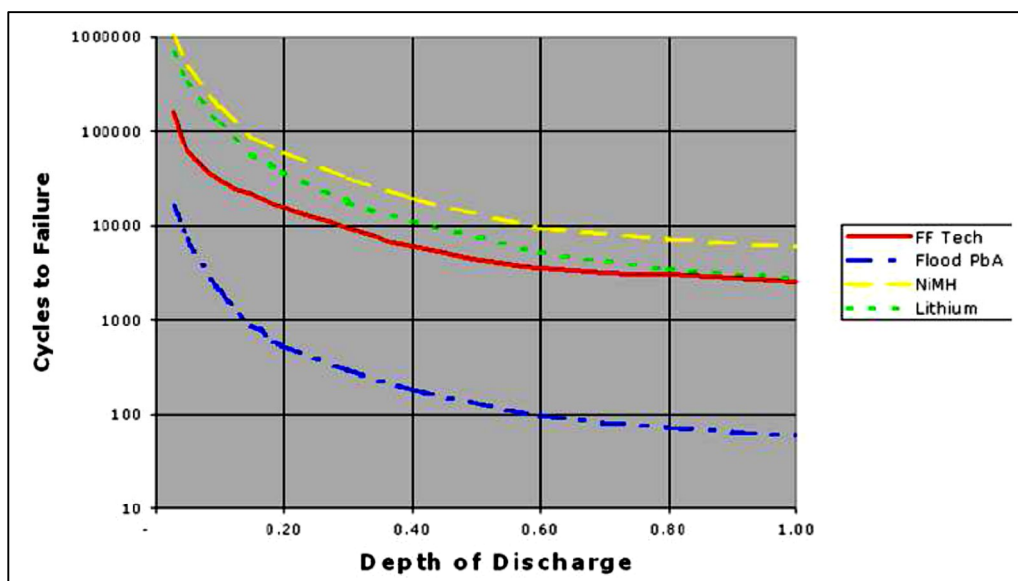
Αν και τα τελευταία χρόνια υπάρχει έντονο ενδιαφέρον και σημαντική ερευνητική δραστηριότητα γύρω από τη V2G λειτουργία, πρόκειται ακόμα για μια θεωρητική ιδέα, που θα αργήσουμε να δούμε να εφαρμόζεται στην πράξη σε μαζικό τουλάχιστον επίπεδο. Θεωρείται ότι για να φτάσουμε στην υιοθέτηση αυτής της τεχνολογίας πρέπει πρώτα να περάσουν 3 προηγούμενα στάδια όσον αφορά στη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων. Το πρώτο στάδιο αναφέρεται στη μη ελεγχόμενη φόρτιση (dumb charging), όπου ο οδηγός συνδέει το όχημα του και το φορτίζει οποτεδήποτε αυτό είναι δυνατό μέχρι να γεμίσει εντελώς το συσσωρευτή του, αδιαφορώντας για τις συνέπειες. Το δεύτερο στάδιο προβλέπει ότι θα υπάρχει μια επιλεκτικότητα του οδηγού για την ώρα ή/και του ρυθμού της φόρτισης, ο οποίος θα θέλει να εκμεταλλευτεί μειωμένες χρεώσεις ενέργειας. Κατά το τρίτο στάδιο της ελεγχόμενης ή έξυπνης φόρτισης (controlled, smart charging), οι εξελιγμένες δυνατότητες επικοινωνίας και ελέγχου του Η/Ο από την πλευρά του δικτύου θα του επιτρέπουν να φορτίζουν το κάθε όχημα ανάλογα με τις ανάγκες και τους στόχους του (πχ τη μεγιστοποίηση της χρήσης ΑΠΕ) ικανοποιώντας παράλληλα τις οδηγικές απαιτήσεις του ιδιοκτήτη. Μετά την επιτυχή δοκιμασία όλων των παραπάνω σταδίων, θα έχει έρθει η ώρα για την υιοθέτηση της V2G λειτουργίας με την αμφίδρομη ροή ισχύος. Αυτό διότι, υπάρχουν πολλά θέματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν πριν καταστεί δυνατή η εφαρμογή του V2G[4].



*Σχήμα 2.3.7 Τα διάφορα στάδια που μεσολαβούν πριν γίνει δυνατή η υιοθέτηση της V2G λειτουργίας*

Το βασικότερο από αυτά τα θέματα, που πρέπει να αντιμετωπιστούν είναι η αυξημένη φθορά στους συσσωρευτές των οχημάτων, που προκαλεί η V2G λειτουργία. Εάν ένα όχημα συμμετέχει μόνο στις αγορές επικουρικών υπηρεσιών, τότε η φθορά στο συσσωρευτή του είναι μικρότερη από ότι αν συμμετέχει και στην αγορά ενέργειας για την κάλυψη της αιχμής. Αυτό εξηγείται αν σκεφτούμε ότι πρώτον η στρεφόμενη εφεδρεία καλείται πολύ σπάνια και δεύτερον ότι στη ρύθμιση η τελική ενέργεια που εκφορτίζεται προσεγγίζει το μηδέν, εφόσον μακροπρόθεσμα τα ποσά που ζητούνται

για επάνω και κάτω ρύθμιση είναι συμμετρικά. Αντίθετα, για την εξυπηρέτηση του φορτίου αιχμής απαιτείται μεγάλο ποσό ενέργειας να εκφορτιστεί από το συσσωρευτή, γεγονός που αυξάνει το βάθος εκφόρτισης του (depth of discharge/DOD). Κοινή διαπίστωση για όλες τις διαφορετικές τεχνολογίες του συσσωρευτή είναι ότι υπάρχει αυξημένη φθορά με την αύξηση του βάθους εκφόρτισης, όπως διαπιστώνουμε και στην εικόνα .



Διάγραμμα 2.3.7 Μεγάλα βάθη εκφόρτισης μειώνουν το χρόνο ζωής των Συσσωρευτών

Επίσης, κάποια σημαντικά θέματα που αξίζει να αναφέρουμε είναι οι απώλειες της ενέργειας κατά τη φόρτιση και εκφόρτιση των συσσωρευτών, η μεγάλη πολυπλοκότητα που εισάγεται, τα προβλήματα πρόβλεψης της οδηγικής συμπεριφοράς και οι πιθανές αναβαθμίσεις στο δίκτυο. Το πρώτο μπορεί να γίνει αντιληπτό, χρησιμοποιώντας ένα παράδειγμα: Εάν το δίκτυο θέλει να αποθηκεύσει 5 kWh σε έναν συσσωρευτή και να τις χρησιμοποιήσει αργότερα, πρέπει να λάβει υπόψην του, ότι θα υπάρξουν απώλειες πρώτον κατά τη μετατροπή της AC τάσης σε DC, δεύτερον κατά την αποθήκευση αυτής της ενέργειας και τρίτον για την εκ νέου μετατροπή της DC τάσης του συσσωρευτή σε AC του δικτύου. Όλη αυτή η διαδικασία με τις υπάρχουσες τεχνολογίες υπολογίζεται ότι έχει μια απόδοση της τάξης του 70 με 80% [27]. Επομένως από τις αρχικές 5 kWh το δίκτυο θα πάρει πίσω 3,5 με 4 kWh, γεγονός που ίσως να κάνει ασύμφορη την V2G λειτουργία.

Στη συνέχεια, η ανάγκη για συνεννόηση πολλών διαφορετικών παραγόντων με συχνά αντικρουόμενα οικονομικά συμφέροντα και μάλιστα σε πραγματικό χρόνο και από διαφορετικές τοποθεσίες, εισάγει μεγάλη πολυπλοκότητα στην όλη διαδικασία. Η πρόκληση αυτή αναμένεται να αντιμετωπιστεί κατά ένα βαθμό με την ύπαρξη των aggregators, που θα λειτουργούν ως μεσάζοντες μεταξύ των διαφόρων παραγόντων και σιγά σιγά θα αποκτήσουν την απαραίτητη τεχνογνωσία και εμπειρία.

Επιπλέον, ένας παράγοντας, που μπορεί να πλήξει την αξιοπιστία της V2G λειτουργίας είναι η απρόβλεπτη συμπεριφορά των οδηγών. Αν και κάτι τέτοιο δεν παίζει σημαντικό ρόλο, όταν μιλάμε για μεγάλο αριθμό ηλεκτρικών οχημάτων είναι απαραίτητο να γίνουν στατιστικές μελέτες για τις ώρες χρήσης των οχημάτων, για τα διανυόμενα χιλιόμετρα ή για τα έκτακτα και μη προγραμματισμένα ταξίδια. Μία σαφής υπεροχή για την υιοθέτηση της V2G λειτουργίας έχουν στόλοι οχημάτων με πιο αυστηρά προγραμματισμένα ταξίδια, όπως πχ τα οχήματα στο parking ενός αεροδρομίου, τα σχολικά ή τα λεωφορεία σταθερής τροχιάς.

Τέλος, ένα ζήτημα που χρίζει μελέτης, για την ασφαλή εφαρμογή της V2G λειτουργίας είναι οι πιθανές αναβαθμίσεις και ενισχύσεις που θα πρέπει να γίνουν στο δίκτυο, αυξάνοντας έτσι το συνολικό κόστος, που σχετίζεται έμμεσα με το V2G. Όταν χιλιάδες ή εκατομμύρια ηλεκτρικά οχήματα συνδεδεμένα στη χαμηλή τάση του δικτύου διανομής στέλνουν πίσω ενέργεια, πρέπει να μελετηθεί η επίδραση τους στα διάφορα στοιχεία του δικτύου, όπως πχ οι μετασχηματιστές.

Ακόμα και αν όλα τα παραπάνω θέματα καταφέρουν να λυθούν και η V2G λειτουργία καταφέρει να εφαρμοσθεί επιτυχώς, υπάρχει το αναπόφευκτο πρόβλημα του κορεσμού της αγοράς. Συγκεκριμένα, εξετάζεται η επιρροή, που θα είχε μια μεγάλη διείσδυση ηλεκτρικών οχημάτων στην αγορά της ενέργειας για την κάλυψη της αιχμής και στις αγορές των επικουρικών υπηρεσιών της ρύθμισης και της στρεφόμενης εφεδρείας. Βασική αρχή της ανταγωνιστικής οικονομίας είναι ότι εάν η προσφορά ενός προϊόντος αυξηθεί πολύ, χωρίς την ανάλογη αύξηση της ζήτησης για το προϊόν αυτό, η τιμή πώλησης του θα μειωθεί. Εν προκειμένω, όσο μεγαλύτερα επίπεδα συμμετοχής των ηλεκτρικών οχημάτων στη V2G λειτουργία, τόσο μεγαλύτερες ποσότητες ενέργειας και ισχύος διαθέσιμες για τις αγορές, χωρίς ανάλογη αύξηση της ζήτησης. Αποτέλεσμα λοιπόν είναι η αναμενόμενη μείωση των τιμών και συνεπώς των εσόδων ανά ηλεκτρικό όχημα, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει ακόμα και σε μη βιωσιμότητα της λειτουργίας[4].

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

### **SWOT ANALYSIS**

Η ονομασία SWOT προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων, Strengths-Weaknesses-Opportunities-Threats και συναντάται συνηθέστερα με το αγγλικό αρκτικόλεξο. Η ανάλυση SWOT είναι μια τεχνική σχεδιασμού και οργάνωσης ενός συνεκτικού πλαισίου λήψης αποφάσεων που μπορεί να αφορά σε ένα θεσμό, μια επιχείρηση, ένα νέο προϊόν ή μια δράση σε συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή. Βασικός στόχος είναι, ο αποτελεσματικός συνδυασμός των ενδογενών αναπτυξιακών χαρακτηριστικών και δυνατοτήτων, λαμβάνοντας υπόψη τους εξωτερικούς παράγοντες (ευνοϊκούς ή δυσμενείς) με στόχο την επιτυχή υποστήριξη δράσεων σχεδιασμού των παρεμβάσεων σε τοπικό ή περιφερειακό επίπεδο. Ειδικότερα η ανάλυση SWOT στοχεύει:

- Στη μείωση της αβεβαιότητας σε σχέση με την εφαρμογή μιας συγκεκριμένης αναπτυξιακής πολιτικής, δράσης ή προγράμματος, σε ένα τόπο με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά.
- Στον εντοπισμό των κυρίαρχων και κρίσιμων (εσωτερικών και εξωτερικών) παραγόντων που επηρεάζουν την επιτυχία της αναπτυξιακής πολιτικής, δράσης ή προγράμματος.

- Στην τεκμηριωμένη υποστήριξη μιας ολοκληρωμένης στρατηγικής σύνδεσης της δράσης με το εσωτερικό αλλά και εξωτερικό περιβάλλον της.

Παρ όλα αυτά, η ανάλυση SWOT δεν θα πρέπει να εκληφθεί ως μια μέθοδος χωρίς προβλήματα και αδυναμίες. Σε πολλές περιπτώσεις περιορίζεται στο αναλυτικό στοιχείο, ενώ η τεχνική μετατρέπεται σε καθαρά περιγραφική, γεγονός που καταλήγει στην αδυναμία δημιουργικής χρήσης της.

Στην παρούσα εργασία, η ανάλυση SWOT θεωρήθηκε ως η καταλληλότερη μέθοδος ανάλυσης και παρουσίασης των Η/Ο και δικτύων φόρτισης, αφού επιτρέπει στο μελετητή να διακρίνει τα πλεονεκτήματα και τις αδυναμίες, σε συνδυασμό με τις ευκαιρίες και τις απειλές που ενδεχομένως να παρουσιαστούν. Το ισχυρότερο πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής, είναι η απόδειξη της συνύπαρξης του εφαρμοζόμενου προγράμματος ή δράσης με το περιβάλλον υλοποίησης [32],[33].

### **Strengths**

- Ισχυρές θέσεις των επιχειρήσεων και της επιστήμης στον τομέα της πληροφορικής και άλλους εξειδικευμένους τομείς
- Εξισορρόπηση του φορτίου, με τη παροχή της αποθηκευμένης ενέργειας απ αυτά, σε περιόδους αιχμής
- Απαλλαγή από φορολογία – χαμηλά τέλη κυκλοφορίας
- Ήδη υπάρχουσα προχωρημένη επιστήμη στη τεχνολογία των Η/Ο στην Ελλάδα
- Η χρήση Η/Ο έχει ήδη δοκιμαστεί με επιτυχία σε άλλες χώρες της Ευρώπης

### **Weaknesses**

- Μεγάλο κόστος μπαταριών παγκοσμίως – χαμηλή αυτονομία
- Οι τοπικές καθαρές εκπομπές CO<sub>2</sub> θα αυξηθούν με τη χρήση Η/Ο
- Ελλιπής ενημέρωση των καταναλωτών
- Ανεπαρκείς υποδομές σταθμών φόρτισης

### **Opportunities**

- Ευκαιρία για την επιστήμη και τις επιχειρήσεις να συμμετάσχουν στην ανάπτυξη μιας νέας αγοράς
- Ανάπτυξη "πράσινης" οικονομίας
- Μείωση ενεργειακής εξάρτησης από άλλα κράτη
- Μείωση της περιβαλλοντικής ρύπανσης και του θορύβου στο τομέα των μεταφορών

## Threats

- Συντηρητική προσέγγιση από τα πολιτικά προγράμματα
- Μεγάλες κρατικές επενδύσεις είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη των Η/Ο και τις υποδομές του
- Η έλλειψη ενημέρωσης του κοινού μπορεί να οδηγήσει σε απόρριψη των Η/Ο
- Υφιστάμενες εναλλακτικές τεχνολογίες πρόωσης των οχημάτων ανά το κόσμο, όπως βιοκαύσιμα , υδρογόνο, μη ορυκτές ύλες μεθάνιο (βιοαέριο), κλπ
- Η έλλειψη αρμοδιοτήτων και πρωτοβουλιών σε σημαντικό τμήμα των δήμων, λόγω της απουσίας κοινής πολιτικής ηλεκτρικών οχημάτων και στρατηγικής σε επίπεδο κράτους

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η ηλεκτροκίνηση αναμφισβήτητα αποτελεί το μέλλον της αυτοκινητοβιομηχανίας, αλλά και την ελπίδα για ένα πιο καθαρό και βιώσιμο περιβάλλον. Βασική προϋπόθεση για την επιδιωκόμενη διεύρυνση των Η/Ο στο οδικό δίκτυο, είναι ο σχεδιασμός μιας ολοκληρωμένης πολιτικής, τόσο από την Ελλάδα, όσο και από τις υπόλοιπες ανεπτυγμένες χώρες του κόσμου. Κρίνεται έτσι αναγκαίο, να θεσπιστούν κίνητρα και διευκολύνσεις για την ενθάρρυνση των αγοραστών, πέρα από τις περιβαλλοντικές ανησυχίες τους, ώστε να επενδύσουν ένα μεγαλύτερο κεφάλαιο στο το όχημα τους. Το κοινωνικό σύνολο θα πρέπει να γίνει γνώστης των τεχνολογικών εξελίξεων στις βιομηχανίες, ώστε να μπορεί να επιλέξει το σωστό προϊόν ανάλογα με τις ανάγκες του. Σε αυτό το κομμάτι, θα μπορούσαν να βοηθήσουν φορείς όπως :

- Εκπαιδευτικά ιδρύματα, όπου θα ενημερώνουν για όλες τις νέες τεχνολογίες στο χώρο της ηλεκτροκίνησης και θα εκπαιδεύουν νέους επιστήμονες
- Ερευνητικά ιδρύματα , τα οποία θα εξελίσσουν τις νέες τεχνολογίες, και θα τις κάνουν γνωστές στο ευρύτερο κοινωνικό σύνολο
- Μη κερδοσκοπικοί οργανισμοί, που θα ευαισθητοποιούν τον κόσμο ως προς το περιβάλλον με αποτέλεσμα τη προώθηση της ηλεκτροκίνησης

Είναι σημαντικό να αναπτυχθούν οι κατάλληλες υποδομές, ώστε να μην υπάρξει πρόβλημα κατά την εξάπλωση των Η/Ο. Όπως η εγκατάσταση σημείων φόρτισης κοινόχρηστης πρόσβασης, ανεξαρτήτως του προμηθευτή ηλεκτρικής ενέργειας. Ακόμα, τα δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα θα πρέπει να αναβαθμιστούν κατάλληλα ώστε να μπορέσουν να διαχειριστούν την απότομη ζήτηση λόγω μαζικής χρήσης Η/Ο.

Όπως προαναφέρθηκε στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο, υπάρχει συνεχής αύξηση της ζήτησης ενέργειας. Η ικανότητα του Η/Ο να λειτουργεί ως αποθηκευτικός χώρος ενέργειας, οδήγησε στην ιδέα της V2G λειτουργίας. Η συγκεκριμένη λειτουργία, προσφέρει εύφορο έδαφος για την ανάπτυξη της οικονομίας, μέσω νέων θέσεων εργασίας και προβάλλει την ιδέα της εξυπνότερης και αποδοτικότερης χρήσης της ενέργειας και των φυσικών πόρων.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, προκύπτει η άμεση ανάπτυξη της επιστήμης για τη τεχνική υποστήριξη της λειτουργίας των Η/Ο καθώς και της ειδικευμένης πληροφορικής.

Τέλος, πρέπει να τονίσουμε, ότι η μαζική εισαγωγή Η/Ο , θα έχει μεγαλύτερο ενδιαφέρον και ευεργετική σημασία για το περιβάλλον, αλλά και για την ενεργειακή πολιτική της Ελλάδας, αν αξιοποιηθούν σωστά οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ). Ο κατάλληλος συνδυασμός της διαχείρισης των σταθμών φόρτισης των Η/Ο και των συστημάτων ΑΠΕ , θα οδηγήσουν στη βελτίωση της διαχείρισης των δικτύων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και στη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου και αερίων ρύπων.

Μπορούμε λοιπόν να αντιληφθούμε, ότι η Ελλάδα, είναι ικανή να δεχθεί και να υποστηρίξει αυτήν τη νέα τεχνολογία στην αυτοκίνηση, αρκεί να υπάρξει άμεση εγρήγορση και δραστηριοποίηση της πολιτείας σε ότι αφορά την ενημέρωση, την συνεχή ανάπτυξη της τεχνολογίας, αλλά και της οικονομίας, καθώς και η αντίστοιχη ευαισθητοποίηση και αποδοχή από τους πολίτες της.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Δρ Γιώργος Αγερίδης πρόεδρος ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ , Ημερίδα << Η Ηλεκτροκίνηση στην Ελλάδα με καθαρά οχήματα – προοπτικές >> εργαστήριο ΗΜΕ & ΠΡΟΠΕ , ΤΕΙ Πειραιά, 5 Μαρτίου 2015
- [2] Διπλωματική εργασία, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ του ΙΩΑΝΝΗ Ξ. ΑΘΑΝΑΣΟΓΛΟΥ << Ανάλυση της Επίδρασης της Βέλτιστης Αμφίδρομης Λειτουργίας (Vehicle-to-Grid, V2G) των Ηλεκτρικών Οχημάτων στα Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας >> ΑΘΗΝΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2015
- [3] Διονύσιος Νέγκας Γ.Γ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ Διημερίδα << ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΑΥΤΟΚΙΝΗΣΗ – ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ, ΝΕΟΙ ΔΡΟΜΟΙ >> Νοέμβριος 2002
- [4] Ευάγγελος Ε. Τσιγκούνης ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ , διπλωματική εργασία << Βέλτιστος προγραμματισμός της V2G λειτουργίας των ηλεκτρικών οχημάτων για την παροχή ενέργειας και επικουρικών υπηρεσιών στο δίκτυο >> Αθήνα, Μάρτιος 2013
- [5] πτυχιακή εργασία Γεωργίου Σ. Κατσίφη << ΤΡΟΠΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ Η/Ο ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΜΕ ΑΥΤΟ >> Απρίλιος 2013
- [6] <http://www.econews.gr/>
- [7] Publicly funded research, development and demonstration projects on electric and plug-in vehicles in Europe, Alyona Zubaryeva, Christian Thiel 2013
- [8] ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ Επιτροπή συγκροτηθείσα με την ΥΠΕΚΑ/ΓΓΕΚΑ/Δ6/21612/20.09.2011 Υπουργική Απόφαση, για τη διερεύνηση τρόπων ανάπτυξης και διεύθυνσης των ηλεκτροκίνητων οχημάτων στη χώρα. Αθήνα, Ιανουάριος 2012
- [9] <http://www.skai.gr/news/auto/article/263034/i-bmw-exelissei-sustimata-gia-epagogiki-fortisi-ilektrikon-kai-plug-in-uvridikon-autokiniton/>
- [10] <http://www.skai.gr/news/auto/article/263034/i-bmw-exelissei-sustimata-gia-epagogiki-fortisi-ilektrikon-kai-plug-in-uvridikon-autokiniton/#ixzz3gvcZvjex>
- [11] <http://www.econews.gr/2015/09/22/ilektrokinisi-poliseis-mpataries-125317/>
- [12] <https://www.qut.edu.au/>
- [13] <http://www.fortizo.gr/>
- [14] [http://www.rae.gr/site/categories\\_new/electricity.csp](http://www.rae.gr/site/categories_new/electricity.csp)



- [15] <https://www.dei.gr/images/vitellas.pdf>
- [16] <http://www.escon.gr/enallaktikoi-paroxoi-hlektrikhs-energeias-sthn-ellada/>
- [17] <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=VtweJAT%2FbGU%3D&tabid=278&language=el-GR>
- [18] <http://www.aegean-energy.gr/gr/energy-academy.htm>
- [19] <http://heliev.gr/><< ΟΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΣΗ ΚΑΙ Η ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ>> Φεβρουάριος 2015
- [20] Simulation software for comparison of electric, hybrid and internal combustion vehicles Joeri Van Mierlo, Dr. in applied Sciences, Vrije University, Brussel July 2000
- [21] **Clean Vehicles with Electric Drive** Final report from the Swedish research development and demonstration programme on electric and hybrid vehicles 1993 – 2000 KFB – Rapport 2000:27
- [22] Report on the Electric Vehicle pilot program Gary Floyd, Project Manager Atlanta, Georgia USA October 2000
- [23] [http://www.admie.gr/fileadmin/groups/EDAS\\_DSS/Meleti\\_eparkeias\\_final.pdf](http://www.admie.gr/fileadmin/groups/EDAS_DSS/Meleti_eparkeias_final.pdf)
- [24] <http://deinews.blogspot.gr/2014/07/1.html>
- [25] <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=Xm5Lg9NOeKg%3D&tabid=367&>
- [26] <http://www.bloomberg.com/research/stocks/private/snapshot.asp?privcapId=38656695>
- [27] R. Ball, N. Keers, E. Bower, M. Alexander, “Modeling electric storage devices for EVs”, Deliverable 2.1, Project “MERGE”, 4 Ιανουαρίου 2010
- [28] [http://www.dsanet.gr/epikairothta\\_nomothesia.asp](http://www.dsanet.gr/epikairothta_nomothesia.asp)
- [29] <http://www.opengov.gr/minenv/wp-content/uploads/downloads/2012/01/tehniki-ekthesi.pdf>
- [30] <http://topeirivallon.gr/ev/>
- [31] <http://www.naftemporiki.gr/finance/printStory/857974>
- [32] [http://forlearn.jrc.ec.europa.eu/guide/4\\_methodology/meth\\_swot-analysis.htm](http://forlearn.jrc.ec.europa.eu/guide/4_methodology/meth_swot-analysis.htm)
- [33] [http://www.aegean.gr/lid/internet/elliniki\\_ekdosi/TEL\\_DIMOSI/SWOT\\_final.pdf](http://www.aegean.gr/lid/internet/elliniki_ekdosi/TEL_DIMOSI/SWOT_final.pdf)

