



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ ΧΑΝΙΑ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«Τεχνοοικονομική μελέτη ανάπτυξης σταθμού  
ταχείας φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων»**

**«Techno-economic study of development of a  
rapid charging electric vehicle station»**

**ΠΕΤΤΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ**

**ΑΜ: 2015010122**

**Επιβλέπων καθηγητής ΜΟΥΣΤΑΚΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ**

**ΧΑΝΙΑ, 2023**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο τομέας της ηλεκτροκίνησης γνωρίζει τα τελευταία χρόνια αλματώδη ανάπτυξη σε παγκόσμιο επίπεδο. Η μείωση της διαθεσιμότητας των συμβατικών καυσίμων (πετρέλαιο, φυσικό αέριο), μαζί με την προσπάθεια για μικρότερο ενεργειακό αποτύπωμα οδήγησαν στην αναβίωση της ιδέας των ηλεκτρικών οχημάτων, ιδέα που όπως φαίνεται και από την ανάλυση που πραγματοποιείται στην αρχή της παρούσας διπλωματικής εργασίας, υπήρχε από τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα και δεν είχε εγκαταλειφθεί ποτέ εντελώς. Στον αντίποδα της ηλεκτροκίνησης βέβαια στέκονται οι μηχανές εσωτερικής καύσεως με υδρογόνο ως καύσιμο, αλλά η τεχνολογία τους δεν είναι ακόμα τόσο ώριμη.

Η βασική τεχνολογία των ηλεκτρικών οχημάτων (μετατροπείς ηλεκτρικής ενέργειας) ήταν έτοιμη εδώ και δεκαετίες και έχει ενσωματωθεί χωρίς δυσκολία στα ηλεκτρικά οχήματα. Τα πρότυπα φόρτισης δημιουργήθηκαν σε αρκετά σύντομο χρονικό διάστημα αν και εν υπάρχει ακόμα πλήρης συμβατότητα σε παγκόσμιο επίπεδο. Η έρευνα αυτή την στιγμή έχει επικεντρωθεί στην αύξηση της αυτονομίας μέσω της βελτίωσης των συσσωρευτών και στην μείωση του χρόνου φόρτισης. Συνεχής είναι η έρευνα προς αυτήν την κατεύθυνση και τα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά.

Ένα άλλο ζήτημα που απασχολεί την επιστημονική κοινότητα είναι αυτό της ετοιμότητας του ηλεκτρικού δικτύου να δεχθεί και να υποστηρίξει τον όγκο της ζητούμενης ηλεκτρικής ενέργειας από τα ηλεκτρικά οχήματα. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με επιτυχία με την ένταξη των μικροδικτύων ή αλλιώς έξυπνων δικτύων στη λειτουργία του ηλεκτρικού δικτύου. Η ιδέα των μικροδικτύων οδηγεί στην αποκέντρωση των λειτουργιών με στόχο την καλύτερη εκμετάλλευση και τον αρτιότερο έλεγχο των λειτουργιών του ηλεκτρικού δικτύου.

Όλα τα παραπάνω παρουσιάζονται στην παρούσα διπλωματική εργασία, στην οποία πραγματοποιείται και μια οικονομική ανάλυση ενός σταθμού φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	1
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ .....	2
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ .....	6
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ .....	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ .....	8
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	8
1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	10
1.1 Στόχοι της διπλωματικής εργασίας .....	10
2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ.....	11
3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΕΞΥΠΝΑ ΔΙΚΤΥΑ.....	15
3.1 Εισαγωγή .....	15
3.2 Ορισμοί έξυπνου δικτύου και ορισμένες προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν .....	15
3.3 Έξυπνο δίκτυο και εκσυγχρονισμός δικτύου .....	18
3.4 Το έξυπνο δίκτυο σε σύγκριση με τα παραδοσιακά δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας – η ουσία και οι διαφορές .....	18
3.5 Έξυπνα δίκτυα: περισσότερα από έξυπνους μετρητές και προηγμένη υποδομή μέτρησης .....	19
3.6 Αποκεντρωμένη παραγωγή ενέργειας και έξυπνο δίκτυο .....	19
3.7 Έξυπνα δίκτυα: μερικές πρόσθετες προκλήσεις .....	20
3.8 Η συμβολή των έξυπνων δικτύων στη φόρτιση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων .....	21
4 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗΣ 23	
4.1 Ηλεκτρικά οχήματα και οι μπαταρίες τους .....	23
4.2 Σχεδιασμός μπαταρίας.....	23
4.3 Σημαντικές παράμετροι μπαταρίας .....	24
4.3.1 Χωρητικότητα και εμβέλεια μπαταρίας.....	25
4.3.2 Διάρκεια ζωής μπαταρίας .....	25
4.4 Φροντίδα μπαταρίας, δεύτερη ζωή και ανακύκλωση .....	26
4.4.1 Φροντίδα μπαταρίας .....	26
4.4.2 Δεύτερη ζωή μπαταρίας.....	26

4.4.3	Ανακύκλωση μπαταρίας.....	26
4.5	Η εξέλιξη των μπαταριών EV .....	27
4.6	Τύποι μπαταριών ηλεκτρικών οχημάτων .....	28
4.6.1	Μπαταρία μόλυβδου-οξέος.....	28
4.6.2	Μπαταρίες νικελίου-υδριδίου μετάλλου.....	29
4.6.3	Ζέβρα ή μπαταρία χλωριούχου νατρίου νικελίου .....	29
4.6.4	Μπαταρίες Ιόντων λιθίου .....	30
4.6.5	Υπερπυκνωτές .....	30
4.6.6	Μπαταρίες στερεάς κατάστασης(SSB - Solid State Batteries) .....	30
5	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	34
5.1	Η λειτουργία των μετατροπών AC/DC και DC/DC σε σχεδιασμό Ηλεκτρονικού Συστήματος.....	34
5.2	Μετατροπές DC/DC .....	34
5.2.1	Εφαρμογές μετατροπείας DC/DC .....	35
5.3	Μετατροπές AC/DC .....	37
5.3.1	Εφαρμογές AC/DC Converter .....	37
6	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΜΕΘΟΔΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ .....	40
6.1	Τρόποι φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος .....	40
6.1.1	Λειτουργία 1 – Τυπική πρίζα - οικιακή εγκατάσταση .....	40
6.1.2	Λειτουργία 2 - Τυπική πρίζα με εξοπλισμό τροφοδοσίας AC EV .....	41
6.1.3	Λειτουργία 3 - Εξοπλισμός AC EV μόνιμα συνδεδεμένος σε δίκτυο παροχής AC .....	42
6.1.4	Λειτουργία 4 - Εξοπλισμός τροφοδοσίας DC EV .....	43
6.2	Χρόνος φόρτισης ηλεκτρικού αυτοκινήτου .....	43
6.3	Κανονισμοί και Πιστοποίηση για Ηλεκτρικά Οχήματα .....	46
6.3.1	Ανάγκη για Πιστοποιήσεις και Πρότυπα .....	46
6.3.2	Επισκόπηση των Κύριων Διεθνών Προτύπων που σχετίζονται με την Ηλεκτροκίνηση .....	47
6.3.3	Ασφάλεια και προστασία.....	48
6.4	Βύσματα φόρτισης.....	49
6.4.1	Βύσματα φόρτισης (υποδοχές) αναλυτικά .....	50
6.5	Επικοινωνία.....	52
6.6	Φόρτιση EV .....	53
6.7	Πρωτόκολλα και πρότυπα βιομηχανίας φόρτισης EV .....	55

6.7.1	OCP – Open Charge Point Protocol .....	55
6.7.2	OCPI – Open Charge Point Interface .....	56
6.7.3	OpenADR – Open Automated Demand Response .....	57
6.7.4	OSCP – Open Smart Charging Protocol 1.0 .....	57
6.7.5	OCHP – Open Clearing House Protocol(e-clearing.net) .....	57
6.7.6	OICP – Open InterCharge Protocol .....	57
6.7.7	eMIP – eMobility Interoperation Protocol .....	58
7	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 - ΥΠΟΔΟΜΗ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΤΑΧΕΙΑΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ .....	59
7.1	Σχεδιασμός σταθμού φόρτισης EV .....	59
7.2	Σχεδιασμός σταθμού φόρτισης – πρότυπα IEC .....	59
7.3	Σχεδιασμός σταθμού φόρτισης - Λειτουργία 3 και Λειτουργία 4 κοινά χαρακτηριστικά .....	59
7.3.1	Περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά .....	59
7.3.2	Έξοδος σταθμού φόρτισης .....	59
7.3.3	Αυθεντικοποίηση .....	60
7.3.4	Επικοινωνία σταθμού φόρτισης .....	60
7.4	Λειτουργία 3 Σχεδιασμός σταθμού φόρτισης .....	61
7.4.1	Σταθμός φόρτισης AC - παροχή ρεύματος και ρεύματος .....	61
7.4.2	Σταθμός φόρτισης AC - τύπος εγκατάστασης .....	61
7.4.3	Σταθμός φόρτισης AC - με ή χωρίς συνδεδεμένο καλώδιο .....	61
7.5	Λειτουργία 4 Σχεδιασμός σταθμού γρήγορης φόρτισης .....	62
7.5.1	Σταθμός γρήγορης φόρτισης - παροχή ρεύματος .....	62
7.5.2	Σταθμός γρήγορης φόρτισης - τύπος εγκατάστασης .....	62
7.5.3	Σταθμός γρήγορης φόρτισης - συνδεδεμένο καλώδιο .....	62
7.6	Φόρτιση EV - σχεδιασμός ηλεκτρικής εγκατάστασης .....	62
7.7	Επίδραση της φόρτισης EV στη μέγιστη ζήτηση ισχύος και στο μέγεθος του εξοπλισμού .....	64
7.8	Διάταξη αγωγών και συστήματα γείωσης .....	65
7.9	Προστασία από ηλεκτροπληξία .....	65
7.9.1	Προστασία από ηλεκτροπληξία με αυτόματη αποσύνδεση της παροχής .....	66
7.10	Παραδείγματα ηλεκτρικών διαγραμμάτων φόρτισης EV .....	68
7.11	Φόρτιση EV - ηλεκτρικές αρχιτεκτονικές .....	70
7.11.1	Ενσωμάτωση εξοπλισμού τροφοδοσίας EV σε υπάρχουσα εγκατάσταση .....	70

7.11.2 Απαίτηση ισχύος φόρτισης EV χαμηλότερη από την εγκατεστημένη ζήτηση ισχύος.....	70
7.11.3 Απαίτηση ισχύος φόρτισης EV ισοδύναμη ή μεγαλύτερη από την υπάρχουσα ζήτηση ισχύος .....	71
7.11.4 Χρήση τοπικών πηγών ενέργειας για την αντιστάθμιση της ζήτησης ισχύος φόρτισης EV .....	72
<b>8 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9- ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ .....</b>	<b>73</b>
8.1 Η έννοια της τεχνοοικονομικής μελέτης επένδυσης. ....	73
<b>8.2 Οικονομικές επενδυτικές έννοιες . ....</b>	<b>75</b>
8.3 Νομοθεσία για τις υποδομές φόρτισης. ....	77
8.4 Ανάπτυξη δικτύου φόρτισης.....	78
8.5 Σενάρια Οικονομικής Ανάλυσης. ....	80
<b>8.5.1 Κόστος υποδομής φόρτισης επένδυσης και λειτουργίας. 81</b>	
<b>8.5.2 Τιμολόγηση και χρέωση υπηρεσιών φόρτισης. ....</b>	<b>83</b>
<b>8.6 Οικονομικά μεγέθη της επένδυσης. ....</b>	<b>84</b>
8.6.1 Χρηματοοικονομική Ανάλυση και Αξιολόγηση της Επένδυσης. 84	
8.6.2 Συνολικό Κόστος Επένδυσης.....	85
8.6.3 Αποσβέσεις.....	86
8.6.4 Τοκοχρεωλυτικές Υποχρεώσεις. ....	87
8.6.5 Λειτουργικά έξοδα.....	88
8.6.6 Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) – Net Present Value (NPV).....	89
8.6.7 Έσοδα της επιχείρησης. ....	91
<b>9 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>98</b>
<b>BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>102</b>

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2-1	Thomas Davenport (εφευρέτης)	( <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Thomas_Davenport_(inventor)">https://en.wikipedia.org/wiki/Thomas_Davenport_(inventor)</a> )	11
Εικόνα 2-2	: Ο Τ. Edison και το ηλεκτροκίνητο όχημά του	( <a href="https://docplayer.gr/1434894-Energeiako-grafeio-aigaiou-ilektrika-aytokinita-giorgos-emmanoyilidis.html">https://docplayer.gr/1434894-Energeiako-grafeio-aigaiou-ilektrika-aytokinita-giorgos-emmanoyilidis.html</a> )	12
Εικόνα 3-1	Μερικά χαρακτηριστικά ενός έξυπνου δικτύου σε σύγκριση με τις παραδοσιακές προσεγγίσεις του ηλεκτρικού δικτύου	( <a href="https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/smart-grids-electrical-grid/">https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/smart-grids-electrical-grid/</a> )	16
Εικόνα 3-2	Οι στόχοι ενός έξυπνου δικτύου	( <a href="https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/smart-grids-electrical-grid/">https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/smart-grids-electrical-grid/</a> )	20
Εικόνα 4-1	Αξιολόγηση μιας ανακατασκευής για μπαταρίες ιόντων λιθίου από ηλεκτρικά αυτοκίνητα.	( <a href="https://www.semanticscholar.org/">https://www.semanticscholar.org/</a> )	23
Εικόνα 4-2	Μονάδες μπαταριών	( <a href="https://www.semanticscholar.org/">https://www.semanticscholar.org/</a> )	24
Εικόνα 7-1	Επισκόπηση βασικών προτύπων EV	( <a href="https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/regulations-and-certification-for-electric-vehicles">https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/regulations-and-certification-for-electric-vehicles</a> )	47
Εικόνα 7-2	Τύποι συνδετήρων EV	( <a href="https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/regulations-and-certification-for-electric-vehicles">https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/regulations-and-certification-for-electric-vehicles</a> )	50
Εικόνα 7-3	Η υποδοχή τύπου 1 χρησιμοποιείται με σταθμό φόρτισης AC.	( <a href="https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/regulations-and-certification-for-electric-vehicles">https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/regulations-and-certification-for-electric-vehicles</a> )	50
Εικόνα 7-4	Η υποδοχή τύπου 2 χρησιμοποιείται με σταθμό φόρτισης AC.	( <a href="https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/regulations-and-certification-for-electric-vehicles">https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/regulations-and-certification-for-electric-vehicles</a> )	51
Εικόνα 7-5	Το CCS Combo 1	( <a href="https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/regulations-and-certification-for-electric-vehicles">https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/regulations-and-certification-for-electric-vehicles</a> )	51
Εικόνα 7-6	Το CCS Combo 2	( <a href="https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/regulations-and-certification-for-electric-vehicles">https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/regulations-and-certification-for-electric-vehicles</a> )	52
Εικόνα 7-7	Τοπολογίες φόρτισης EV	( <a href="https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/regulations-and-certification-for-electric-vehicles">https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/regulations-and-certification-for-electric-vehicles</a> )	54
Εικόνα 7-8	Πρότυπα και πρωτόκολλα του κλάδου φόρτισης EV	( <a href="https://driivz.com/blog/ev-charging-standards-and-protocols/">https://driivz.com/blog/ev-charging-standards-and-protocols/</a> )	55
Εικόνα 8-1	Παράδειγμα σταθμού φόρτισης με μηχανισμό ελέγχου ταυτότητας	( <a href="https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV_charging_station_design">https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV_charging_station_design</a> )	60
Εικόνα 8-2	Παραδείγματα σταθμών φόρτισης	( <a href="https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV_charging_station_design">https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV_charging_station_design</a> )	61
Εικόνα 8-3	Πεδίο εφαρμογής του προτύπου IEC 60364-7-722, το οποίο καθορίζει τις ειδικές απαιτήσεις κατά την ενσωμάτωση μιας υποδομής		

φόρτισης EV σε νέες ή υπάρχουσες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις ΧΤ. ( <a href="https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV_charging_station_design">https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV_charging_station_design</a> ) .....	63
Εικόνα 9-1 Σταθμοί φόρτισης στη Δυτική- Κεντρική Ελλάδα ( <a href="http://www.heliev.gr">www.heliev.gr</a> ) .....	93
Εικόνα 9-2 Σταθμοί φόρτισης στην Κρήτη ( <a href="http://www.heliev.gr">www.heliev.gr</a> ) .....	93
Εικόνα 10-1 Τελική όψη προσομοίωσης σταθμού φόρτισης ( <a href="http://oceanis.lib2.uniwa.gr/xmlui/handle/123456789/1186">http://oceanis.lib2.uniwa.gr/xmlui/handle/123456789/1186</a> ) .....	99

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 5-1 Πορεία μετατροπής ηλεκτρικής ισχύος δικτύου σε ισχύ φόρτισης ( <a href="https://www.researchgate.net/figure/Charging-station-architecture_fig2_311850013">https://www.researchgate.net/figure/Charging-station-architecture_fig2_311850013</a> ) .....	34
Σχήμα 5-2 Ένα παράδειγμα απλού ρυθμιστή τάσης μετατροπέα DC/DC Buck ( <a href="https://recom-power.com/en/acdc-dcdc-converters.html?0">https://recom-power.com/en/acdc-dcdc-converters.html?0</a> ) .....	35
Σχήμα 5-3 Παράδειγμα μη ρυθμισμένου βασικού τροφοδοτικού μετατροπέα AC/DC ( <a href="https://recom-power.com/en/acdc-dcdc-converters.html?0">https://recom-power.com/en/acdc-dcdc-converters.html?0</a> ) .....	37
Σχήμα 6-1 Τέσσερις τρόποι φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, όπως ορίζονται από το IEC 61851-1 ( <a href="https://blog.csdn.net/weixin_48135624/article/details/121491752">https://blog.csdn.net/weixin_48135624/article/details/121491752</a> ) .....	40
Σχήμα 6-2 Λειτουργία φόρτισης EV 1: Τυπική πρίζα και καλώδιο για οικιακή εγκατάσταση ( <a href="https://blog.csdn.net/weixin_48135624/article/details/121491752">https://blog.csdn.net/weixin_48135624/article/details/121491752</a> ) .....	40
Σχήμα 6-3 Λειτουργία φόρτισης EV 2: Τυπική πρίζα με ειδικό καλώδιο, που ενσωματώνει σύστημα ελέγχου και προστασίας ισχύος, για οικιακές εγκαταστάσεις ( <a href="https://blog.csdn.net/weixin_48135624/article/details/121491752">https://blog.csdn.net/weixin_48135624/article/details/121491752</a> ) .....	41
Σχήμα 6-4 Τρόπος φόρτισης EV 3: Αποκλειστικό κύκλωμα και ειδικό σύστημα φόρτισης (φορτιστής EV), που ενσωματώνει λειτουργίες προστασίας και ελέγχου. Καλώδιο που ενσωματώνει ένα πιλοτικό καλώδιο. ( <a href="https://blog.csdn.net/weixin_48135624/article/details/121491752">https://blog.csdn.net/weixin_48135624/article/details/121491752</a> ) .....	42
Σχήμα 6-5 Λειτουργία φόρτισης EV 4: Εξοπλισμός τροφοδοσίας DC EV αποκλειστικός, για γρήγορη φόρτιση EV. ( <a href="https://blog.csdn.net/weixin_48135624/article/details/121491752">https://blog.csdn.net/weixin_48135624/article/details/121491752</a> ) .....	43
Σχήμα 8-1 Οι δύο λύσεις για προστασία από ηλεκτροπληξία (σταθμοί φόρτισης EV, λειτουργία 3) ( <a href="https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV_charging_station_design">https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV_charging_station_design</a> ).....	67
Σχήμα 8-2 Φορτία EV ενσωματωμένα στην υπάρχουσα ηλεκτρική υποδομή ( <a href="https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV_charging_station_design">https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV_charging_station_design</a> )	



Σχήμα 8-3 Φορτία EV ενσωματωμένα σε νέο κεντρικό πίνακα διανομής χαμηλής τάσης ( <a href="https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV_charging_station_design">https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV_charging_station_design</a> ).....	71
Σχήμα 8-4 Φορτία EV και τοπικά τροφοδοτικά ενσωματωμένα σε νέο κεντρικό πίνακα διανομής χαμηλής τάσης( <a href="https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV_charging_station_design">https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV_charging_station_design</a> ).....	72

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 6-1 Παράδειγμα ισχύος φόρτισης EV DC σε σχέση με το χρόνο ( <a href="https://www.electrical-installation.org/enwiki/Electric_Vehicle_and_EV_charging_fundamentals">https://www.electrical-installation.org/enwiki/Electric_Vehicle_and_EV_charging_fundamentals</a> )	45
Διάγραμμα 8-1 Παράδειγμα ηλεκτρικού διαγράμματος για έναν σταθμό φόρτισης στη λειτουργία 3 (@home - οικιακή εφαρμογή) ( <a href="https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV_charging_station_design">https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV_charging_station_design</a> )	68
Διάγραμμα 8-2 Παράδειγμα ηλεκτρικού διαγράμματος για έναν σταθμό φόρτισης (λειτουργία 3) με 2 σημεία σύνδεσης (εμπορική εφαρμογή, στάθμευση) ( <a href="https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV_charging_station_design">https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV_charging_station_design</a> ).....	69
Διάγραμμα 9-1 Πλήθος δημοσίων προσβάσιμων σημείων επαναφόρτισης κανονικής και υψηλής ισχύος στην Ελλάδα κατά EAFO (European Alternative Fuels Observatory, 2019 ((Κολοβού Πολυτίμη (2020))).	80

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 7-1 Πρότυπα ασφάλειας εκτός του ISO 6469. ....	48
Πίνακας 7-2 Κοινά πρότυπα για την επικοινωνία EV .....	53
Πίνακας 7-3 Τρόποι φόρτισης .....	54
Πίνακας 8-1 Παραδείγματα κοινών ρευμάτων μεγέθους για τις λειτουργίες 1, 2 και 3	64
Πίνακας 8-2 Σύνθεση της απαίτησης IEC 60364-7-722 για πρόσθετη προστασία από ηλεκτροπληξία με αυτόματη αποσύνδεση της παροχής με RCD 30mA	67
Πίνακας 9-1 Κατηγορίες τεχνοοικονομικών μελετών [Κυριαζής 2009]...	74
Πίνακας 9-2 Συγκεντρωτικά χαρακτηριστικά μεθόδων φόρτισης σύμφωνα με IEC 61851 -1:2011 (Κολοβού Πολυτίμη (2020)).....	80
Πίνακας 9-3 Τεχνικά στοιχεία και οικονομικά μεγέθη επενδυτικού και λειτουργικού κόστους σταθμών φόρτισης κανονικής και υψηλής ισχύος –	

German National Platform for Electric Mobility 2015 (Κολοβού Πολυτίμη (2020))	83
Πίνακας 9-4	Βασικά οικονομικά μεγέθη της επένδυσης. .... 85
Πίνακας 9-5	Συνολικό κόστος επένδυσης. .... 85
Πίνακας 9-6	Στοιχεία χρηματοδότησης. .... 87
Πίνακας 9-7	Τοκοχρεωλυτικές υποχρεώσεις. .... 88
Πίνακας 9-8	Εκτιμώμενα λειτουργικά έξοδα επιχείρησης. .... 88
Πίνακας 9-9	Εκτιμώμενος στόλος Η/Ο έως το έτος 2030 (Κολοβού 2020). 92
Πίνακας 9-10	Εκτίμηση καθαρών εσόδων του σταθμού φόρτισης. .... 95
Πίνακας 9-11	Συγκεντρωτικά Οικονομικά μεγέθη και παρούσα αξία της επένδυσης. Του σταθμού ταχείας φόρτισης. .... 96

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Στόχοι της διπλωματικής εργασίας

Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναπτύσσεται ένα τεχνοοικονομικό σχέδιο σχετικά με την υλοποίηση ενός σταθμού ταχείας φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων.

Τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται ευρέως και παρά τις δυσκολίες (αυτονομία σε χιλιόμετρα, απαιτούμενος χρόνος φόρτισης), είναι σίγουρο πως θα επικρατήσουν στο μέλλον. Αυτό φαίνεται να είναι εφικτό αφενός λόγω της μείωσης των αποθεμάτων των συμβατικών καυσίμων και αφετέρου λόγω της συνεχούς βελτίωσης των διαθέσιμων συσσωρευτών και της μείωσης του απαιτούμενου χρόνου φόρτισης. Με την ανάπτυξη εξάλλου των έξυπνων δικτύων ανά τον κόσμο, η επιβάρυνση που κάποιοι ισχυρίζονται ότι προκαλεί η φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων στο ηλεκτρικό δίκτυο, ελαχιστοποιείται.

Οι στόχοι λοιπόν της διπλωματικής είναι τόσο η παρουσίαση της τεχνολογίας και των προτύπων που αφορούν τα ηλεκτρικά οχήματα, όσο και η ανάδειξη της βιωσιμότητας μιας τέτοιας προσέγγισης.

Προκειμένου να πραγματοποιηθούν τα παραπάνω, στο δεύτερο κεφάλαιο πραγματοποιείται μια ιστορική αναδρομή στο ηλεκτρικό αυτοκίνητο, όπου γίνεται κατανοητό ότι η έννοια της ηλεκτροκίνησης δεν είναι καινούρια ούτε σαν ιδέα αλλά ούτε και σαν ειδοποίηση. Στο τρίτο κεφάλαιο πραγματοποιείται μια παρουσίαση των έξυπνων δικτύων προκειμένου να κατανοηθεί η λειτουργία τους και η αλλαγή στη φιλοσοφία των ηλεκτρικών δικτύων. Στη συνέχεια στο κεφάλαιο 4 αναλύονται τα χαρακτηριστικά των συσσωρευτών που χρησιμοποιούνται στην ηλεκτροκίνηση και στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι διάφοροι τύποι μετατροπών ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιούνται στην ηλεκτροκίνηση. Ακολουθεί το έκτο κεφάλαιο, όπου περιγράφονται οι διάφοροι τρόποι φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος και στο έβδομο κεφάλαιο περιγράφονται τα διάφορα πρότυπα φόρτισης και οι βασικές αρχές φόρτισης. Στο όγδοο κεφάλαιο παρουσιάζεται η υποδομή ενός σταθμού ταχείας φόρτισης και στο ένατο και τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζεται η οικονομική αξιολόγηση του εν λόγω έργου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

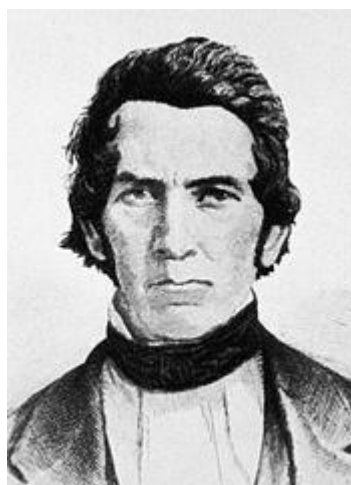
Η εμφάνισή του ηλεκτρικού αυτοκινήτου τοποθετείται αρκετά χρόνια πίσω, προς τα μέσα του 19ου αιώνα. Εξελίχθηκε παράλληλα με τα ατμοκίνητα οχήματα και τα οχήματα με Μ.Ε.Κ αλλά στην πορεία η ιδέα εγκαταλείφτηκε. Στις μέρες μας το ενδιαφέρον για το ηλεκτρικό αυτοκίνητο έχει αναζωπυρωθεί.

Στη δεκαετία του 1830 ο σκωτσέζος Robert Anderson κατασκεύασε ένα πρόχειρο όχημα που κινούνταν με ηλεκτρικό ρεύμα. Την ίδια εποχή (1835) ο Ολλανδός καθηγητής Stratingh κατασκεύασε ένα παρόμοιο όχημα. Οι κατασκευές αυτές είχαν καθαρά δοκιμαστικό χαρακτήρα καθώς και οι ηλεκτρικοί κινητήρες που υπήρχαν βρίσκονταν ακόμα σε πειραματικό στάδιο (Εμμανουηλίδης Γιώργος (2011), *ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΓΡΑΦΕΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ* ).

Ο Thomas Davenport (9 Ιουλίου 1802 – 6 Ιουλίου 1851)(Εικόνα 2-1) ήταν σιδεράς στο Βερμόντ που κατασκεύασε τον πρώτο αμερικανικό ηλεκτροκινητήρα συνεχούς ρεύματος με μπαταρίες το 1834. Τον χρησιμοποίησε για να χειριστεί ένα μικρό μοντέλο αυτοκινήτου, ανοίγοντας το δρόμο για τον μετέπειτα ηλεκτρισμό των τραμ.

Το 1833 ο Davenport επισκέφτηκε τα έργα σιδήρου Penfield και Taft στο Crown Point της Νέας Υόρκης, όπου λειτουργούσε ένας ηλεκτρομαγνήτης, βασισμένος στο σχέδιο του Joseph Henry. Ο ηλεκτρομαγνήτης αυτός ήταν μια ώθηση για τους ηλεκτρομαγνητικούς του πειραματισμούς. Ο Ντάβενपोर्ट αγόρασε έναν ηλεκτρομαγνήτη από το εργοστάσιο της Crown Point και τον αποσυναρμολόγησε για να δει πώς λειτουργεί. Στη συνέχεια, σφυρηλάτησε έναν καλύτερο σιδερένιο πυρήνα και αναδιοργάνωσε την καλωδίωση, χρησιμοποιώντας μετάξι από το νυφικό της γυναίκας του.

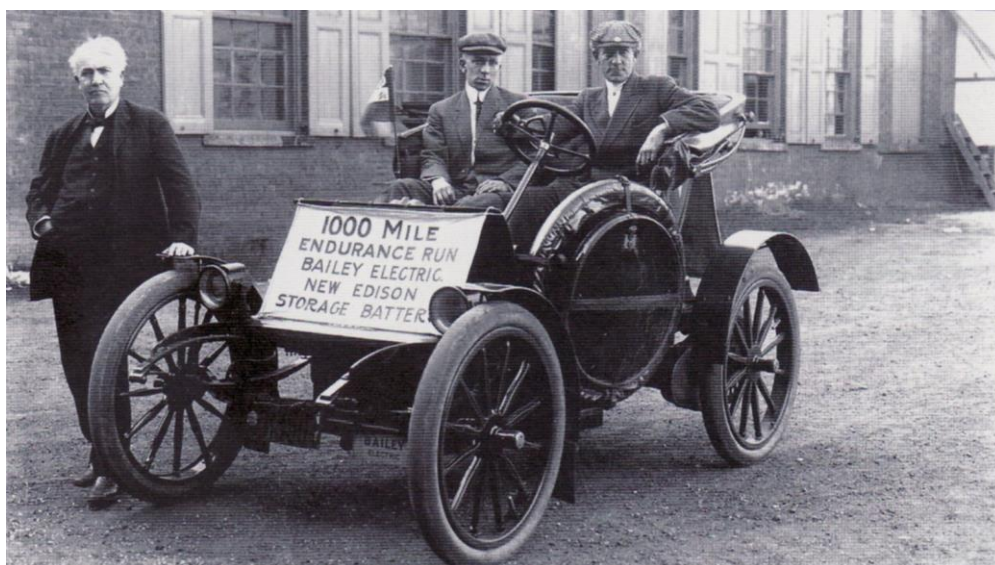
Με τη σύζυγό του Emily και το συνάδελφό του Orange Smalley, ο Davenport έλαβε το πρώτο αμερικανικό δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για μια ηλεκτρική μηχανή το 1837.



**Εικόνα 2-1** **Thomas Davenport (εφευρέτης)**  
([https://en.wikipedia.org/wiki/Thomas\\_Davenport\\_\(inventor\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Thomas_Davenport_(inventor)))

Το 1847 κατασκευάστηκε ένα όχημα που τροφοδοτούνταν από 48 συσσωρευτές και μπορούσε να μεταφέρει δύο άτομα από τον ο Moses Farmer από τη Μασαχουσέτη. Την ίδια εποχή ο καθηγητής Charles Page κατασκεύασε ένα όχημα με 100 συσσωρευτές και κινητήρα 16 ίππων που μετέφερε 12 άτομα με ταχύτητα μέχρι και 19 μίλια/ώρα. Το 1847 οι Lilly και Colton από το Pittsburg έφτιαξαν ένα ηλεκτρικό όχημα που τροφοδοτούνταν από τον κεντρικό σταθμό χάρη σε ηλεκτροφόρες ράγες.

Ο ηλεκτρικός κινητήρας είχε πλέον σημαντικά βελτιωθεί αλλά εξακολουθούσε να υπάρχει το πρόβλημα των συσσωρευτών. Οι συσσωρευτές εκτός του ότι είχαν πολύ μεγάλο όγκο και βάρος, δεν είχαν και δυνατότητα επαναφόρτισης. Το πρόβλημα αυτό επιλύθηκε το 1859, όταν ο Γάλλος Gaston Plante ανακάλυψε για πρώτη φορά το στοιχείο Μολύβδου-Οξέως (Pb-Acid) που έχει δυνατότητα επαναφόρτισης και δεν χρειάζεται να αντικαθίστανται. Βέβαια οι συσσωρευτές Μολύβδου χρησιμοποιήθηκαν στην πράξη το 1881. Στη συνέχεια ξεχώρισε το στοιχείο Έντισον (Edison cell), που ήταν ένας συσσωρευτής Νικελίου-Σιδήρου (Ni-Fe). Η κατασκευή του έγινε το 1910 και ήταν το πιο προηγμένο στοιχείο τεχνολογικά την εποχή εκείνη. Το στοιχείο αυτό χρησιμοποιήθηκε σε ένα όχημα που κατασκεύασε ο ίδιος ο Edison, όπως εικονίζεται στην Εικόνα 2-2 (Εμμανουηλίδης Γιώργος (2011), *ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΓΡΑΦΕΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ*



**Εικόνα 2-2 : Ο T. Edison και το ηλεκτροκίνητο όχημά του**  
(<https://docplayer.gr/1434894-Energeiako-grafeio-aigaiou-ilektrika-aytokinita-giorgos-emmanoyilidis.html>)

Τα ηλεκτροκίνητων οχήματα την εποχή εκείνη παρουσίαζαν αρκετά υψηλές επιδόσεις. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το όχημα του Βέλγου μηχανικού Camille Jenatzy το οποίο πέτυχε σημαντικές επιδόσεις ταχύτητας κατά τη δεκαετία του 1890. Στην τρίτη δοκιμή του άγγιξε την ταχύτητα των 105,8 χλμ/ώρα, ταχύτητα εξωπραγματική για τα δεδομένα της εποχής εκείνης.

Η ανάπτυξη της εμπορικότητας που παρουσίασαν τα ηλεκτρικά οχήματα ήταν αρκετά μεγάλη. Για παράδειγμα το 1890 ο αριθμός των αυτοκινήτων που πουλήθηκαν στην Αμερική ήταν περίπου 4200 εκ των οποίων το 38% ήταν ηλεκτροκίνητα, το 22% βενζινοκίνητα και το 40 % ατμοκίνητα. Το βασικό πλεονέκτημα των ηλεκτρικών οχημάτων ήταν ότι είχαν πολύ πιο εύκολη εκκίνηση, αφού αρκούσε το “κλείσιμο” ενός διακόπτη για να ξεκινήσει απ’ ευθείας. Αντίθετα, τα βενζινοκίνητα οχήματα απαιτούσαν χειροκίνητη εκκίνηση, ενώ τα ατμοκίνητα απαιτούσαν μια προθέρμανση που διαρκούσε περίπου 3 τέταρτα της ώρας. Συνεπώς τα ηλεκτρικά οχήματα είχαν ευρεία απήχηση στις υψηλά κοινωνικές τάξεις και αποτελούσαν οχήματα πολυτελείας. Στα 1900 οι ηλεκτρικές άμαξες Brougham και Victoria ήταν ο αγαπημένος τρόπος μετακίνησης της αριστοκρατίας της Νέας Υόρκης.

Το έτος 1912 το οποίο στις Η.Π.Α. 34000 ηλεκτρικά αυτοκίνητα βρίσκονταν σε κυκλοφορία. Οι επιδόσεις ταχύτητας που κυμαίνονταν 32 έως 48 χλμ./ώρα. Η δεκαετία του 1920 σηματοδότησε στις Η.Π.Α. μια μεταστροφή στη χρήση των βενζινοκίνητων οχημάτων. Σε αυτό συντέλεσαν διάφοροι λόγοι με σπουδαιότερους τους ακόλουθους (Εμμανουηλίδης Γιώργος (2011), *ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΓΡΑΦΕΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ*

- Το υπεραστικό οδικό δίκτυο της Αμερικής είχε βελτιωθεί σημαντικά, οπότε εμφανίστηκε η ανάγκη για οχήματα μεγάλης αυτονομίας που θα κάλυπταν τις αποστάσεις μεταξύ των μεγάλων πόλεων.
- Το κόστος των καυσίμων για τους καταναλωτές μειώθηκε πάρα πολύ μετά την ανακάλυψη μεγάλων αποθεμάτων πετρελαίου στο Τέξας
- Το 1911 εφευρέθηκε ο ηλεκτρικός εκκινητής (μίζα) από τον Charles Kettering, οπότε τα βενζινοκίνητα οχήματα είχαν πλέον εύκολη εκκίνηση χωρίς χειροκίνητη παρέμβαση.
- Ο Henry Ford παρήγαγε οχήματα με MEK σε αρκετά χαμηλές τιμές μεταξύ 500 και 1000\$ καθιστώντας τα προσιτά σε αντίθεση με τα ηλεκτρικά οχήματα των οποίων οι τιμές συνεχώς αυξάνονταν.

Η μεταστροφή αυτή εμφανίστηκε και στην Ευρώπη με αποτέλεσμα την παρακμή των ηλεκτροκίνητων οχημάτων και την καθολική επικράτηση των βενζινοκίνητων οχημάτων. Η χρήση των ηλεκτρικών οχημάτων έπαψε εντελώς μέχρι το 1960, οπότε άρχισε και πάλι να αναζωπυρώνεται το ενδιαφέρον. Αυτό συνέβη διότι το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής μόλυνσης άρχισε να γίνεται ορατό, ενώ παράλληλα έπρεπε να αναζητηθούν εναλλακτικές ενεργειακές λύσεις. Έτσι διάφορες εταιρίες όπως η General Motors, η Ford και η American Motors, ανέπτυξαν ηλεκτροκίνητα μοντέλα, όπως το Electrovair και το Electrován. Παράλληλα, στην Ευρώπη, στην Ιαπωνία αλλά και στην Αυστραλία εταιρίες όπως η Fiat, η Mercedes, η VolksWagen, η Nissan, η Toyota κ.α. δημιούργησαν παρόμοια μοντέλα. Ανάμεσα στα διάφορα οχήματα που παρουσιάστηκαν μέσα στην περίοδο αυτή αξίζει να αναφερθεί το όχημα GMC Handivan του 1966. Κύριο χαρακτηριστικό του οχήματος αυτού ήταν ότι το σύστημα τροφοδοσίας του αποτελούνταν από ενεργειακές κυψέλες (fuel cells). Το ογκώδες σύστημα

τροφοδοσίας του οχήματος αυτού έπρεπε να ξαναγεμίζεται κάθε 200 χλμ. Η πολυπλοκότητά του αποτελούσε ένα μειονέκτημα του όλου συστήματος, ενώ το βάρος του οχήματος έφτανε τα 3219 κιλά. Το μεγάλο βάρος σε συνδυασμό με την πολυπλοκότητα, τη μικρή διάρκεια ζωής του συστήματος τροφοδοσίας, το μεγάλο κόστος των εξαρτημάτων, τις διαρροές υδρογόνου συνηγορούσαν στο να μην διεξάγεται εκείνη την εποχή μεγάλη έρευνα επάνω στον τομέα των ενεργειακών κυψελών, κάτι που γίνεται πολύ πιο εντατικά στη σημερινή εποχή.

Στις μέρες μας τα πράγματα είναι εντελώς διαφορετικά με το ηλεκτρικό αυτοκίνητο να κερδίζει συνεχώς έδαφος. Υπάρχουν και προτάσεις για ΜΕΚ που λειτουργούν με υδρογόνο. Η κλιματική κρίση και η μη επάρκεια πετρελαϊκών πόρων έχουν στρέψει ολόκληρη την ανθρωπότητα προς την κατεύθυνση πιο φιλικών τεχνολογιών (Εμμανουηλίδης Γιώργος (2011), *ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΓΡΑΦΕΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ* ).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΕΞΥΠΝΑ ΔΙΚΤΥΑ

### 3.1 Εισαγωγή

Ένα έξυπνο δίκτυο είναι ένα δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας που επιτρέπει μια αμφίδρομη ροή ηλεκτρικής ενέργειας και δεδομένων, όπου η έξυπνη μέτρηση θεωρείται συχνά ως το πρώτο βήμα. Τα έξυπνα δίκτυα – ως έννοια – έγιναν γνωστά πριν από μια δεκαετία και είναι απαραίτητα στον ψηφιακό μετασχηματισμό του τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας.

Η ανάλυση μεγάλων δεδομένων και οι τεχνολογίες IoT (Internet of Things) είναι σημαντικοί οδηγοί τεχνολογίας στα έξυπνα δίκτυα. Αξιοποιούν περισσότερες τεχνολογίες, αλλά δεν αφορούν μόνο IT τεχνολογίες. Ένα έξυπνο δίκτυο είναι ένα δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας που επιτρέπει μια αμφίδρομη ροή ηλεκτρικής ενέργειας και δεδομένων με τεχνολογία ψηφιακών επικοινωνιών που επιτρέπει τον εντοπισμό, την αντίδραση και την προληπτική δράση σε αλλαγές στη χρήση και πολλαπλά ζητήματα. Τα έξυπνα δίκτυα έχουν δυνατότητες αυτοδιόρθωσης και επιτρέπουν στους πελάτες ηλεκτρικής ενέργειας να συμμετέχουν ενεργά.

Ένα έξυπνο δίκτυο εξυπηρετεί διάφορους σκοπούς και η μετάβαση από τα παραδοσιακά ηλεκτρικά δίκτυα στα έξυπνα δίκτυα καθοδηγείται από πολλούς παράγοντες, όπως η απορρύθμιση της αγοράς ενέργειας, οι εξελίξεις στη μέτρηση, οι αλλαγές στο επίπεδο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, η αποκέντρωση (κατανεμημένη ενέργεια), η έλευση του εμπλεκόμενου «καταναλωτή», αλλαγή κανονισμών, άνοδος της μικροπαραγωγής και (απομονωμένων) μικροδικτύων, εντολές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με περισσότερες πηγές ενέργειας και νέα σημεία και σκοπούς για τους οποίους απαιτείται ηλεκτρική ενέργεια (π.χ. σημεία φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων) (*Smart grids (n.d): electricity networks and the grid in evolution, n.d.*).

### 3.2 Ορισμοί έξυπνου δικτύου και ορισμένες προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν

Ένα έξυπνο δίκτυο έχει οριστεί ως (ένα δίκτυο) αυτόνομων συστημάτων που επιτρέπουν την ενσωμάτωση πηγών παραγωγής ενέργειας οποιουδήποτε τύπου και/ή κλίμακας στο ηλεκτρικό δίκτυο. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται το εργατικό δυναμικό και προσφέρεται ηλεκτρική ενέργεια με ασφάλεια, αξιοπιστία και υψηλή ποιότητα.

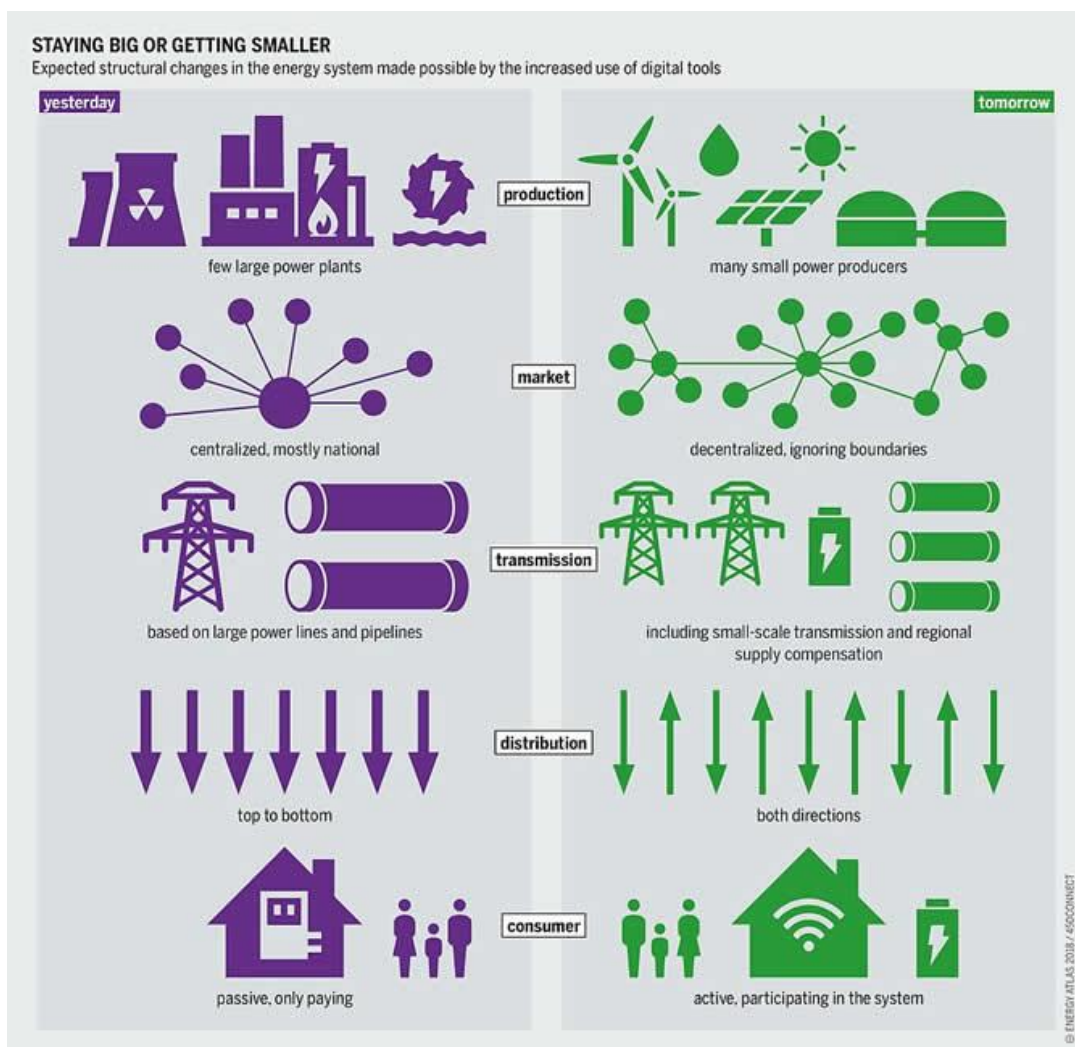
Ένας άλλος ορισμός, από τον Debashish Chakraborty: «Ένα έξυπνο δίκτυο είναι ένα έξυπνο ψηφιοποιημένο ενεργειακό δίκτυο που παρέχει ενέργεια με βέλτιστο τρόπο από την πηγή στην κατανάλωση. Αυτό επιτυγχάνεται με την ενσωμάτωση τεχνολογιών πληροφοριών, τηλεπικοινωνιών και ενέργειας στο υπάρχον σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας. Εισάγει μια αμφίδρομη επικοινωνία όπου η ηλεκτρική ενέργεια και οι πληροφορίες μπορούν να ανταλλάσσονται μεταξύ μιας εταιρείας κοινής ωφέλειας και των πελατών της. Είναι ένα αναπτυσσόμενο δίκτυο επικοινωνιών, ελέγχων, υπολογιστών, αυτοματισμών



και νέων τεχνολογιών και εργαλείων που συνεργάζονται για να κάνουν το δίκτυο πιο αποτελεσματικό, πιο αξιόπιστο, πιο ασφαλές και πιο πράσινο».

Η Ε.Ε. ορίζει ένα έξυπνο δίκτυο ως εξής: ένα έξυπνο δίκτυο είναι ένα δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να ενσωματώσει οικονομικά τη συμπεριφορά και τις ενέργειες όλων των χρηστών που είναι συνδεδεμένοι με αυτό –γεννήτριες, καταναλωτές και εκείνων που κάνουν και τα δύο– για να εξασφαλίσει οικονομικά αποδοτικό, βιώσιμο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας με χαμηλές απώλειες και υψηλά επίπεδα ποιότητας και ασφάλειας εφοδιασμού και ασφάλειας.

Μερικά χαρακτηριστικά ενός έξυπνου δικτύου σε σύγκριση με τις παραδοσιακές προσεγγίσεις του ηλεκτρικού δικτύου για το επίπεδο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, τη μεταφορά, τη διανομή και τον καταναλωτή ηλεκτρικής ενέργειας φαίνονται στην Εικόνα 3-1. (*Smart grids (n.d): electricity networks and the grid in evolution, n.d.*)



**Εικόνα 3-1** Μερικά χαρακτηριστικά ενός έξυπνου δικτύου σε σύγκριση με τις παραδοσιακές προσεγγίσεις του ηλεκτρικού δικτύου (<https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/smart-grids-electrical-grid/>)

Τα οφέλη ενός έξυπνου δικτύου περιλαμβάνουν βελτιωμένη απόδοση και αξιοπιστία της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, ενσωμάτωση περισσότερης ανανεώσιμης ενέργειας στο υπάρχον δίκτυο, υποστήριξη της ανάπτυξης ηλεκτρικών οχημάτων σε κλίμακα, νέες λύσεις για τους πελάτες για βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και μείωση των εκπομπών άνθρακα.

Ενώ η ΕΕ αναγνωρίζει ότι υπάρχουν στοιχεία ευφυΐας σε πολλά μέρη των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας, διακρίνει μεταξύ των υπάρχοντων δικτύων και των έξυπνων δικτύων ως εξής: «η διαφορά μεταξύ ενός σημερινού δικτύου και ενός έξυπνου δικτύου του μέλλοντος είναι κυρίως του δικτύου ικανότητα χειρισμού μεγαλύτερης πολυπλοκότητας από ό,τι σήμερα με αποτελεσματικό και αποτελεσματικό τρόπο».

Σύμφωνα με την ΕΕ, ένα έξυπνο δίκτυο χρησιμοποιεί καινοτόμα προϊόντα και υπηρεσίες μαζί με έξυπνες τεχνολογίες παρακολούθησης, ελέγχου, επικοινωνίας και αυτοθεραπείας για (*Smart grids (n.d): electricity networks and the grid in evolution, n.d.*):

- Καλύτερη διευκόλυνση της σύνδεσης και της λειτουργίας γεννητριών όλων των μεγεθών και τεχνολογιών.
- Να επιτρέπεται στους καταναλωτές να διαδραματίσουν ρόλο στη βελτιστοποίηση της λειτουργίας του συστήματος.
- Παρέχετε στους καταναλωτές περισσότερες πληροφορίες και επιλογές για τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούν την προμήθεια τους.
- Σημαντική μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ολόκληρου του συστήματος παροχής ηλεκτρικής ενέργειας.
- Διατήρηση ή ακόμα και βελτίωση των υφιστάμενων υψηλών επιπέδων αξιοπιστίας, ποιότητας και ασφάλειας του συστήματος.
- Διατήρηση και βελτίωση των υφιστάμενων υπηρεσιών αποτελεσματικά.

Παρόμοιοι ορισμοί έξυπνων δικτύων υπάρχουν και σε άλλες περιοχές του κόσμου όπου υπάρχουν πρωτοβουλίες για έξυπνα δίκτυα, κάτι που ισχύει για τις περισσότερες χώρες, συμπεριλαμβανομένων προφανώς των ΗΠΑ.

Το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ περιγράφει «το Έξυπνο Δίκτυο» (όπως ονομάζεται η συνολική πρωτοβουλία έξυπνων δικτύων στις ΗΠΑ) ως μια άνευ προηγουμένου ευκαιρία να μεταφερθεί η ενεργειακή βιομηχανία σε μια νέα εποχή αξιοπιστίας, διαθεσιμότητας και αποδοτικότητας που θα συμβάλει στην οικονομική και την περιβαλλοντική υγεία.

Συνοψίζοντας ορισμένα οφέλη που σχετίζονται με το Έξυπνο Δίκτυο είναι (*Smart grids (n.d): electricity networks and the grid in evolution, n.d.*):

- Πιο αποτελεσματική μετάδοση ηλεκτρικής ενέργειας.

- Ταχύτερη αποκατάσταση της ηλεκτρικής ενέργειας μετά από διαταραχές ρεύματος.
- Μειωμένο κόστος λειτουργίας και διαχείρισης για τις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας και, τελικά, χαμηλότερο κόστος ενέργειας για τους καταναλωτές.
- Μειωμένη ζήτηση αιχμής, η οποία θα συμβάλει επίσης στη μείωση των τελών ηλεκτρικής ενέργειας.
- Αυξημένη ενοποίηση συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μεγάλης κλίμακας.
- Καλύτερη ενοποίηση των συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από πελάτες-ιδιοκτήτες, συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων ανανεώσιμης ενέργειας.
- Βελτιωμένη ασφάλεια.

### **3.3 Έξυπνο δίκτυο και εκσυγχρονισμός δικτύου**

Μερικοί δεν χρησιμοποιούν πια τον όρο έξυπνο δίκτυο. Θεωρούν ότι αυτός ο όρος αναφέρεται σε ένα πρώτο στάδιο δικτύου όπου αναπτύχθηκαν πρωτοβουλίες προηγμένης υποδομής μέτρησης (AMI- advanced metering infrastructure) με έξυπνους μετρητές πρώτης γενιάς.

Για εταιρείες IoT η πρόκληση που ζητούν από τις εταιρείες ενέργειας και δικτύου να επιλύσουν είναι η σύνδεση πολλών μετρητών και η κανονικοποίηση των δεδομένων που προκύπτουν, επιτρέποντας την ταχύτερη και αυτοματοποιημένη κυκλοφορία της ενέργειας (*Smart grids (n.d): electricity networks and the grid in evolution, n.d.*).

### **3.4 Το έξυπνο δίκτυο σε σύγκριση με τα παραδοσιακά δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας – η ουσία και οι διαφορές**

Τα παραδοσιακά δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας δεν είχαν σχεδόν καθόλου δυνατότητες αποθήκευσης, βασίζονται στη ζήτηση και έχουν ιεραρχική δομή. Σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο η τάση μειώνεται σταδιακά, από τα επίπεδα τάσης μεταφοράς έως τα επίπεδα τάσης διανομής έως τα επίπεδα τάσης εξυπηρέτησης. Συνήθως, γίνεται διάκριση μεταξύ μεταφοράς (δίκτυο μεταφοράς: υψηλή και εξαιρετικά υψηλή τάση) και διανομής (δίκτυο διανομής: χαμηλότερη τάση), όπου στην εικόνα εμφανίζονται διαφορετικά συστήματα καλωδίωσης και καλωδίωσης. Ο σκοπός ενός ηλεκτρικού δικτύου είναι να παρέχει πάντα την ποσότητα και την ποιότητα της ζητούμενης ηλεκτρικής ενέργειας αδιάλειπτα – και εδώ βρίσκονται πολλές προκλήσεις όπου ένα έξυπνο δίκτυο μπορεί ήδη να προσφέρει λύσεις/απαντήσεις.

Τα ηλεκτρικά δίκτυα είναι αρκετά πολύπλοκα και επίσης κατά τη λειτουργίας τους προκύπτουν διάφορα προβλήματα, όπως ζημιές λόγω δυσμενών καιρικών συνθηκών, λόγω άγριων ζώων, λόγω ανθρώπινης δραστηριότητας,

αστοχία εξοπλισμού κτλ. Στα έξυπνα δίκτυα, οι δυνατότητες αυτοδιόρθωσης επιτρέπουν την αυτόματη ανίχνευση και απόκριση σε προβλήματα δικτύου και τη διασφάλιση γρήγορης ανάκτησης μετά από διαταραχές.

Η αμφίδρομη ροή ηλεκτρικής ενέργειας και δεδομένων που είναι το βασικό χαρακτηριστικό ενός έξυπνου δικτύου επιτρέπει την τροφοδοσία πληροφοριών και δεδομένων στους διάφορους ενδιαφερόμενους στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, τα οποία μπορούν να αναλυθούν για τη βελτιστοποίηση του δικτύου, την πρόβλεψη πιθανών ζητημάτων, την γρηγορότερη αντίδραση όταν προκύπτουν προκλήσεις και να δημιουργήσουν νέες δυνατότητες – και υπηρεσίες – καθώς το τοπίο της ενέργειας αλλάζει.

Ενώ το έξυπνο δίκτυο εξακολουθεί να αναφέρεται στην αμφίδρομη μετάδοση δεδομένων και ηλεκτρικής ενέργειας (με τους προμηθευτές και τους οργανισμούς που παράγουν επίσης ηλεκτρική ενέργεια), η έννοια και η εμβέλεια του όρου έχει διευρυνθεί λόγω των πολλών δυνατοτήτων που παρέχει αυτή η σημαντική αλλαγή και ολοένα και περισσότερες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται σε πλαίσιο ανάπτυξης έξυπνων δικτύων (*Smart grids (n.d): electricity networks and the grid in evolution, n.d.*).

### **3.5 Έξυπνα δίκτυα: περισσότερα από έξυπνους μετρητές και προηγμένη υποδομή μέτρησης**

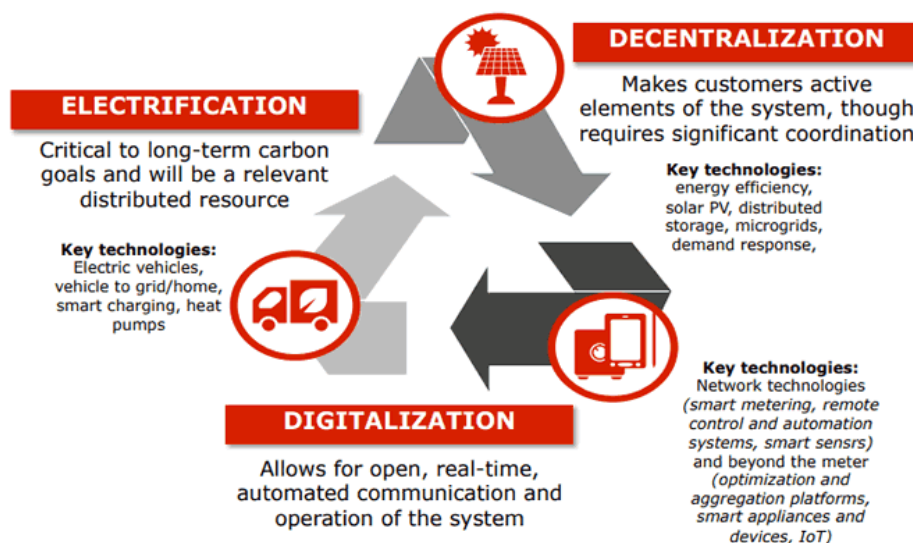
Όπως αναφέρθηκε, μία από τις πρώτες και ίσως κύριες υποδομές των έξυπνων δικτύων, αφορούν τη μέτρηση και τους λεγόμενους έξυπνους μετρητές. Οι έξυπνοι μετρητές είναι η συνέχεια μιας εξέλιξης που ξεκίνησε πριν από δεκαετίες και οδήγησε στις πρώτες τεχνολογίες έξυπνων δικτύων. Δεν χαρακτηρίζονται όμως τα έξυπνα δίκτυα μόνο από τους έξυπνους μετρητές.

Τα μικροδίκτυα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην οικοδόμηση ενός μέλλοντος χαμηλών εκπομπών άνθρακα, επειδή φέρνουν ανθεκτικότητα στο κύριο δίκτυο, βελτιστοποιούν το ενεργειακό κόστος, επιτρέπουν τη φιλοξενία ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αυξάνουν την ενοποίηση των ηλεκτρικών οχημάτων και βελτιώνουν την ενεργειακή προσβασιμότητα.

Επί του παρόντος, δίνεται μεγάλη έμφαση στις δυνατότητες αυτοδιόρθωσης, στα μικροδίκτυα και στους καταναεμημένους ενεργειακούς πόρους (DER), στις τεχνολογίες επικοινωνίας στα δίκτυα και στη χρήση τεχνολογιών/λύσεων/προσεγγίσεων έξυπνων δικτύων σε περιοχές με παλαιότερα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας που πάσχουν από διακοπές και κακή ποιότητα ισχύος (*Smart grids (n.d): electricity networks and the grid in evolution, n.d.*).

### **3.6 Αποκεντρωμένη παραγωγή ενέργειας και έξυπνο δίκτυο**

Η αποκεντρωμένη παραγωγή ενέργειας ουσιαστικά σημαίνει ότι όλο και περισσότερη ενέργεια παράγεται (και αποθηκεύεται) σε σημεία που είναι πιο κοντά στον τελικό καταναλωτή. Στην Εικόνα 3-2 φαίνονται οι στόχοι ενός έξυπνου δικτύου



**Εικόνα 3-2 Οι στόχοι ενός έξυπνου δικτύου** (<https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/smart-grids-electrical-grid/>)

Η αποκέντρωση της παραγωγής ενέργειας, συμπεριλαμβανομένης της κατανεμημένης αποθήκευσης ενέργειας, καθιστά τους πελάτες μέρος της εξίσωσης του έξυπνου δικτύου, η οποία αποτελεί ταυτόχρονα ευκαιρία και πρόκληση και αποτελεί μια από τις βασικές αλλαγές στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας μαζί με την ηλεκτροδότηση και την ψηφιοποίηση

Πολλές φορές έχει ειπωθεί η έννοια της ενσωμάτωσης «πιο κοντά». Αυτό δεν αφορά απαραίτητα την απόσταση. Αυτό που έχει σημασία είναι η ικανότητα ενσωμάτωσης της ενέργειας που παράγεται πιο κοντά στο σημείο χρήσης αντί σε κάποια μεγάλη μονάδα μέσω του εθνικού δικτύου.

Έως το 2023, το 65% των εταιρειών ηλεκτρικής ενέργειας θα έχουν επενδύσει σε ψηφιακές τεχνολογίες και πλατφόρμες για την υποστήριξη υπηρεσιών ευελιξίας, ελέγχοντας έτσι ένα δυναμικό φορτίου έως και 35% της εγκατεστημένης ισχύος (*Smart grids (n.d): electricity networks and the grid in evolution, n.d.*).

### 3.7 Έξυπνα δίκτυα: μερικές πρόσθετες προκλήσεις

Προφανώς, υπάρχουν και προκλήσεις σχετικά με τη μετάβαση σε ένα έξυπνο δίκτυο. Κάποια εξετάστηκαν νωρίτερα παραπάνω. Πρόσθετα περιλαμβάνουν ανησυχίες των καταναλωτών (απόρρητο και προστασία προσωπικών δεδομένων) και την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο.

Σε χώρες όπου έχουν ξεκινήσει πρωτοβουλίες για έξυπνους μετρητές, βλέπουμε συχνά αντίσταση από τους καταναλωτές (όπου συχνά η εγκατάσταση ενός έξυπνου μετρητή στο τέλος γίνεται επιλογή σε άλλες χώρες η άρνηση οδηγεί σε οικονομικές συνέπειες ή, ας πούμε, η αποδοχή σημαίνει οικονομική ανταμοιβή).

Μια δεύτερη πρόκληση είναι η κυβερνοασφάλεια, η διασφάλιση δηλαδή ότι δεν θα συμβεί δολιοφθορά και παραποίηση στα ψηφιακά δεδομένα. Τα έξυπνα δίκτυα θα αυξήσουν την ευελιξία του δικτύου με την ανάπτυξη πρόσθετης ευφυΐας (π.χ. έλεγχος θερμοκρασίας μετασχηματιστών, θερμική παρακολούθηση καλωδίων σε πραγματικό χρόνο, κ.λπ.) ενσωματωμένων σε εξοπλισμό δικτύου και θα βελτιώσουν τα υπάρχοντα συστήματα επικοινωνίας.

Πρόσθετες προκλήσεις στα έξυπνα δίκτυα περιλαμβάνουν ρυθμιστικές αλλαγές, την πολυπλοκότητα στην ενοποίηση πηγών, συστημάτων και συνεργασιών μεταξύ διαφόρων παραγόντων σε μια απορρυθμισμένη αγορά, την τοπική κατάσταση όπου ένας επιλεγμένος αριθμός μεγάλων εταιρειών συχνά εξακολουθεί να κυριαρχεί και η αλλαγή στάσης μεταξύ των καταναλωτών.

Τα έξυπνα δίκτυα ταιριάζουν προφανώς σε έναν ευρύτερο ψηφιακό μετασχηματισμό των υπηρεσιών κοινής ωφέλειας και, δεδομένων αυτών των πολλών ενδιαφερομένων (συμπεριλαμβανομένων των τοπικών και ανώτερων αρχών) και του γεγονότος ότι όλα είναι συνδεδεμένα αγγίζουν επίσης πολλούς άλλους λεγόμενους «έξυπνους» τομείς, από την έξυπνη κατασκευή και τις έξυπνες πόλεις στο έξυπνο σπίτι και τα έξυπνα κτίρια (*Smart grids (n.d): electricity networks and the grid in evolution, n.d).*

### **3.8 Η συμβολή των έξυπνων δικτύων στη φόρτιση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων**

Το πιο σοβαρό πρόβλημα για τους παρόχους ηλεκτρικής ενέργειας είναι ο έλεγχος του πότε οι σταθμοί φόρτισης EV (Electrical Vehicle) ηλεκτρικών αυτοκινήτων (γνωστοί ως EVSE ή Electric Vehicle Supply Equipment) θα εφαρμόζουν φορτίο στο δίκτυο. Ένα υψηλό ποσοστό καταναλωτών θα φορτίζουν ενστικτωδώς τα ηλεκτρικά τους αυτοκίνητα όταν επιστρέφουν στο σπίτι από τη δουλειά, πιθανότατα επηρεάζοντας σοβαρά τη ζήτηση αιχμής στο δίκτυο. Οι σταθμοί φόρτισης οικιακών ηλεκτρικών οχημάτων συνήθως αντλούν ηλεκτρικό φορτίο 6,6 kW (240 V και 30 A) - περίπου ισοδύναμο με το φορτίο ενός ολόκληρου σπιτιού στα 7 kW. Αυτό σημαίνει ότι ένα μόνο EV μπορεί να διπλασιάσει το φορτίο αιχμής ενός σπιτιού και ακόμη και χαμηλά επίπεδα φόρτισης EV σε μια συγκεκριμένη γειτονιά μπορούν να καταπονήσουν την υπάρχουσα υποδομή ηλεκτρικής ενέργειας. Στην πραγματικότητα, τα στοιχεία που δημοσίευσε το Ινστιτούτο Έρευνας Ηλεκτρικής Ενέργειας (EPRI - Electric Power Research Institute) υποδηλώνουν ότι εάν δύο πελάτες στον ίδιο μετασχηματιστή συνδέουν σταθμούς φόρτισης 6,6 kW σε ώρες αιχμής, το φορτίο φόρτισής τους, εκτός από το υπάρχον φορτίο, μπορεί να προκαλέσει υπερφόρτιση κατά 40% των σημερινών μετασχηματιστών διανομής.

Ωστόσο, η αυξανόμενη χρήση ηλεκτρικών αυτοκινήτων δεν συνεπάγεται απαιτήσεις αυξημένης παραγωγής ή ακραίων αναβαθμίσεων από τον πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας. Σύμφωνα με το Εθνικό Εργαστήριο Βορειοδυτικού Ειρηνικού (PNNL), περίπου 160 εκατομμύρια οχήματα στις ΗΠΑ θα

μπορούσαν να τροφοδοτηθούν αποκλειστικά από την υπάρχουσα παραγωγική ικανότητα σε ώρες εκτός αιχμής. Αυτό σημαίνει ότι πολλά βοηθητικά προγράμματα θα μπορούσαν αρχικά να υποστηρίξουν τη φόρτιση EV με την καλύτερη διαχείριση της υπάρχουσας παραγωγής (Scott Lang (2010), *Electric Vehicles and the Smart Grid: Charging Forward! Special Electric Vehicle Section*).

Το έξυπνο δίκτυο είναι το κλειδί για την έξυπνη φόρτιση EV. Το Έξυπνο Δίκτυο παρέχει την ορατότητα και τον έλεγχο που απαιτούνται για τον μετριασμό των επιπτώσεων του φορτίου και την προστασία των εξαρτημάτων του δικτύου διανομής από υπερφόρτωση από ηλεκτρικά οχήματα, διασφαλίζοντας έτσι την πιο αποτελεσματική χρήση της ικανότητας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Με ένα Έξυπνο Δίκτυο, τα βοηθητικά προγράμματα μπορούν να διαχειρίζονται τότε και πώς γίνεται η φόρτιση EV, ενώ παράλληλα τηρούν τις προτιμήσεις των πελατών.

Ένα Έξυπνο Δίκτυο επιτρέπει επίσης στις επιχειρήσεις ηλεκτρικής ενέργειας να συλλέγουν δεδομένα μετρητών ειδικά για EV, να προσφέρουν συγκεκριμένες χρεώσεις για φόρτιση EV, να εμπλέκουν τους καταναλωτές με πληροφορίες για τη μετάδοση ενέργειας και να συλλέγουν δεδομένα για πιστώσεις μείωσης αερίων θερμοκηπίου.

Λόγω της ισχυρής υποδομής επικοινωνιών που προσφέρει το έξυπνο δίκτυο, τα βοηθητικά προγράμματα μπορούν να παρακολουθούν εξ αποστάσεως τους σταθμούς φόρτισης και να επιτρέπουν την ολοκληρωμένη διαχείριση της φόρτισης EV. Τα βοηθητικά προγράμματα μπορούν επίσης να αντιμετωπίσουν προβλήματα φόρτισης χωρίς περιττές επιτόπιες κλήσεις σέρβις και να διαχειριστούν τη φόρτιση των συνδεδεμένων EV.

Το έξυπνο δίκτυο επιτρέπει επίσης στις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας να ενσωματώνουν απρόσκοπτα έναν μετρητή EVSE με το σύστημα Advanced Metering Infrastructure (AMI). Αυτό επιτρέπει σε ένα βοηθητικό πρόγραμμα να διαχωρίσει τη φόρτιση EV από τον κύριο μετρητή και να διαχωρίσει και τον λογαριασμό για τη φόρτιση EV. Η ενσωμάτωση AMI μπορεί επίσης να διευκολύνει τις επιχειρήσεις ηλεκτρικής ενέργειας να παρακολουθούν και να αναφέρουν τη χρήση φόρτισης EV για πιστώσεις αερίων θερμοκηπίου και να χρησιμοποιούν δεδομένα για την πρόβλεψη τοπικών ζητημάτων αξιοπιστίας δικτύου (Scott Lang (2010), *Electric Vehicles and the Smart Grid: Charging Forward! Special Electric Vehicle Section*).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗΣ

### 4.1 Ηλεκτρικά οχήματα και οι μπαταρίες τους

Οι μπαταρίες είναι το πιο ακριβό, το πιο σημαντικό και κυρίως το πιο αμφιλεγόμενο κομμάτι ολόκληρου του ηλεκτρικού αυτοκινήτου. Οι αντίπαλοι των ηλεκτρικών αυτοκινήτων συνήθως προβάλλουν τις μπαταρίες ως το κύριο πρόβλημα - εκτός από τις υψηλές τιμές τους, αναφέρουν τη μικρή διάρκεια ζωής, την ανάγκη για έγκαιρη αντικατάσταση, την ανεπαρκή αυτονομία και την επιβάρυνση του περιβάλλοντος κατά την ανακύκλωσή τους. Πολλά από τα παραπάνω μειονεκτήματα ήταν κάποτε αληθινά, αλλά απέχουν πολύ από το να ισχύουν σήμερα. Παρακάτω αναλύονται τα «μειονεκτήματα» (EVEXPRT, *Electric vehicles and their batteries*).

### 4.2 Σχεδιασμός μπαταρίας

Οι μπαταρίες για ηλεκτρικά αυτοκίνητα διαφέρουν από κατασκευαστή σε κατασκευαστή, καθεμία από αυτές παράγει ελαφρώς διαφορετικές μπαταρίες στις οποίες η χημική αντίδραση λαμβάνει χώρα λίγο διαφορετικά, αλλά βασικά όλες είναι κατασκευασμένες με τον ίδιο τρόπο από βασικές κυψέλες και μονάδες μπαταρίας, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 4-1

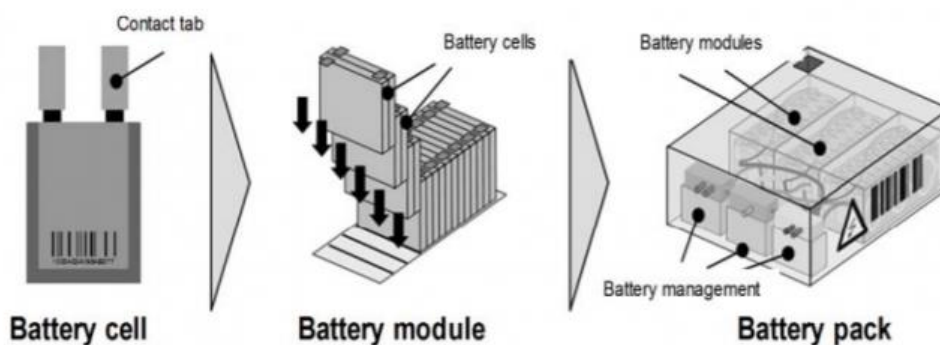


Fig. 1 From battery cells to a battery pack

**Εικόνα 4-1 Αξιολόγηση μιας ανακατασκευής για μπαταρίες ιόντων λιθίου από ηλεκτρικά αυτοκίνητα. (<https://www.semanticscholar.org/>)**

Οι μπαταρίες αποτελούνται από εκατοντάδες (μερικές φορές χιλιάδες) μικρές μπαταρίες, οι οποίες συνδέονται είτε σε σειρά είτε σε παράλληλη σύνδεση για την επίτευξη της απαιτούμενης τάσης και ρεύματος. Η τάση κάθε στοιχείου μπαταρίας είναι 3-4V. Υπάρχουν και χρησιμοποιούνται τρεις τύποι: κυλινδρικός, πρισματικός και θήκης, καθένας από τους οποίους έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά του.

Η φθηνότερη λύση είναι οι κυλινδρικές μπαταρίες, με την υψηλότερη απόδοση. Οι πρισματικές μπαταρίες είναι πιο συμπαγείς, ευκολότερες στην ψύξη και φθηνές στην κατασκευή, αλλά έχουν χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα και προβλήματα με τον αριθμό των κύκλων φόρτισης και εκφόρτισης. Η Nissan, η Renault και η Chevrolet χρησιμοποιούν μπαταρίες θήκης που είναι οι πιο ευέλικτες όσον αφορά τον σχεδιασμό και τη χωρητικότητα της



μονάδας, αλλά τόσο η θερμοκρασία όσο και η πίεση πρέπει να ελέγχονται προσεκτικά.

Οι θήκες μπαταρίας σχηματίζουν μονάδες μπαταρίας που είναι τα δομικά στοιχεία κάθε μπαταρίας. Αυτή η διάταξη επιτρέπει την ευκολότερη παραγωγή, εγκατάσταση, διαχείριση, αλλά και συντήρηση. Εάν είναι απαραίτητο, οι επιμέρους μονάδες μπορούν να αντικατασταθούν και ακόμη και σε περίπτωση πυρκαγιάς, αυτή η διάταξη συμβάλλει στη μείωση του ρυθμού επέκτασής της.



**Εικόνα 4-2 Μονάδες μπαταριών (<https://www.semanticscholar.org/>)**

Οι μονάδες μπαταρίας (Εικόνα 4-2) περιέχουν μια μονάδα ψύξης, ένα μόνιτορ θερμοκρασίας και συνήθως ένα μόνιτορ τάσης που στέλνουν πληροφορίες στο Σύστημα Διαχείρισης Μπαταριών (BMS - Battery Management System), το οποίο στη συνέχεια φροντίζει για τη διατήρηση του βέλτιστου περιβάλλοντος. Οι μονάδες περιέχουν επίσης ηλεκτρονόμους και άλλα εξαρτήματα που διασφαλίζουν τη σωστή κατανομή ηλεκτρικής ενέργειας και τάσης. Χάρη σε αυτό, είναι δυνατό να διασφαλιστεί ότι όλες οι κυψέλες φορτίζονται και εκφορτίζονται ομοιόμορφα, γεγονός που έχει πολύ θετική επίδραση στη διάρκεια ζωής της μπαταρίας του ηλεκτρικού αυτοκινήτου (EVEXPERT, *Electric vehicles and their batteries*).

#### **4.3 Σημαντικές παράμετροι μπαταρίας**

Οι κατασκευαστές μπαταριών για ηλεκτρικά οχήματα πρέπει να εξισορροπούν πολλές σημαντικές απαιτήσεις. Το βάρος και το μέγεθος της μπαταρίας είναι απολύτως καθοριστικά για την κίνηση του αυτοκινήτου. Για το λόγο αυτό, οι ερευνητές και οι κατασκευαστές ενδιαφέρονται για την ενεργειακή πυκνότητα - αυτή είναι η ενέργεια ανά μονάδα βάρους ή όγκου (δηλ. Wh/kg ή Wh/l). Ορισμένοι ερευνητές εστιάζουν στην ενεργειακή πυκνότητα των μεμονωμένων κυψελών μπαταρίας, ενώ άλλοι εστιάζουν περισσότερο στην πυκνότητα ολόκληρης της μονάδας, όπου το σχήμα της μπαταρίας και η διάταξή τους παίζουν επίσης ρόλο.

Η διάρκεια ζωής της μπαταρίας, δηλαδή ο αριθμός των κύκλων φόρτισης και εκ φόρτισης κατά τους οποίους η μπαταρία μπορεί να διατηρήσει τις ιδιότητές της είναι επίσης σημαντικός παράγοντας. Συνήθως οι μπαταρίες διαρκούν 1000 - 1500 κύκλους, αλλά υπάρχουν ήδη κάποιες μπαταρίες που αντέχουν ακόμη και 7000 φορτίσεις.

Και τελευταίο, η τιμή είναι επίσης σημαντική. Μέχρι στιγμής αποτελεί περίπου το 30% της συνολικής τιμής ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου. Δίνεται η τιμή ανά μονάδα ενέργειας - συνήθως USD / kWh. Το 2010 ήταν ακόμα 1100 USD/kWh, το 2019 ήταν μόνο 156 USD/kWh. Θα μπορούσαμε να υπερβούμε το αναμενόμενο όριο των 100 USD/kWh το 2024. Αυτό είναι αποτέλεσμα μεγαλύτερης απόδοσης μπαταρίας, υψηλότερης ενεργειακής πυκνότητας και καλύτερης αυτοματοποίησης των διαδικασιών παραγωγής. Η μείωση της τιμής της μπαταρίας αναμένεται να φέρει την τιμή των ηλεκτρικών οχημάτων στο ίδιο επίπεδο με την τιμή των αυτοκινήτων με κινητήρα εσωτερικής καύσης (EVEXPERT, *Electric vehicles and their batteries*).

#### **4.3.1 Χωρητικότητα και εμβέλεια μπαταρίας**

Το πιο σημαντικό από όλα - η χωρητικότητα της μπαταρίας του ηλεκτρικού αυτοκινήτου και η εμβέλειά της - εξαρτάται από όλα τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά. Γενικά, οι μπαταρίες μόλυβδου έχουν αυτονομία 30-80 km, οι μπαταρίες νικελίου έως 200 km και οι μπαταρίες λιθίου 320-480 km. Η αναγεννητική πέδηση, η οποία μπορεί να μεταφέρει ενέργεια από το φρενάρισμα πίσω στην μπαταρία και στη συνέχεια να την χρησιμοποιήσει ξανά, μπορεί να επεκτείνει την εμβέλεια κατά 10-15% σε κανονική κίνηση στην πόλη και σε ακραίες συνθήκες έως και 50%.

Επιπλέον, η εμβέλεια των μπαταριών εξαρτάται από πολλούς διαφορετικούς παράγοντες, όπως ο καιρός. Ενώ στα αυτοκίνητα με κινητήρα εσωτερικής καύσης το αυτοκίνητο θερμαίνεται από τη θερμότητα που παράγεται από τον κινητήρα, στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα είναι απαραίτητο να θυσιαστεί ένα μέρος της χωρητικότητας της μπαταρίας για να ζεσταθεί. Σε ακραίες συνθήκες, η ενεργοποίηση του κλιματισμού μείωσε την αυτονομία έως και 96 χιλιόμετρα. Και φυσικά, η αυτονομία εξαρτάται από το έδαφος, τις οδηγικές ικανότητες, το βάρος και τον τύπο του οχήματος - με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που ισχύει για αυτοκίνητα με κινητήρες εσωτερικής καύσης (EVEXPERT, *Electric vehicles and their batteries*).

#### **4.3.2 Διάρκεια ζωής μπαταρίας**

Το μεγαλύτερο πρόβλημα είναι η πρόωρη απώλεια χωρητικότητας της μπαταρίας και η ανάγκη αντικατάστασης της μπαταρίας. Ωστόσο, αυτό δεν ισχύει για μπαταρίες με προηγμένα συστήματα διαχείρισης μπαταριών (BMS). Εκτός από το BMS, στη φόρτιση συμμετέχουν και ο ενσωματωμένος φορτιστής και οι σταθμοί φόρτισης (τροφοδοτικό) και επικοινωνούν συνεχώς μεταξύ τους ώστε η φόρτιση να μην θέτει σε κίνδυνο τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας.

Γενικά, μόνο μερικά στοιχεία της μπαταρίας ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου είναι ελαττωματικά και μπορούν εύκολα να αντικατασταθούν χάρη στη

σπονδυλωτή διάταξη και η μπαταρία μπορεί στη συνέχεια να συνεχίσει να λειτουργεί χωρίς προβλήματα. Επιπλέον, υπολογίζεται ότι οι μπαταρίες λιθίου έχουν διάρκεια ζωής πάνω από 20 χρόνια.

#### **4.4 Φροντίδα μπαταρίας, δεύτερη ζωή και ανακύκλωση**

##### **4.4.1 Φροντίδα μπαταρίας**

Η χωρητικότητα και η διάρκεια ζωής της μπαταρίας εξαρτώνται όχι μόνο από τον τύπο της μπαταρίας αλλά και από τη συμπεριφορά του οδηγού και τη φροντίδα του. Οι μπαταρίες λιθίου βαθέως κύκλου δεν πρέπει ποτέ να αποφορτίζονται κάτω από το 20% της συνολικής χωρητικότητάς τους. Στην περίπτωση των νεότερων γενεών, είναι δυνατό να αποφορτιστούν λίγο περισσότερο, αλλά σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να αποφορτιστούν πλήρως.

Ορισμένοι κατασκευαστές «κλειδώνουν» ένα μέρος της χωρητικότητας της μπαταρίας, διασφαλίζοντας ότι η μπαταρία δεν μπορεί ποτέ να αποφορτιστεί υπερβολικά. Για παράδειγμα, η Ford έχει αρχίσει να υποδεικνύει τη χρησιμοποιήσιμη χωρητικότητα της μπαταρίας των αυτοκινήτων της για να λάβει υπόψη του ο οδηγός αυτό το γεγονός.

Είναι εξίσου σημαντικό να επαναφορτίζεται η μπαταρία χρησιμοποιώντας «αργούς» σταθμούς φόρτισης AC όποτε είναι δυνατόν. Οι σταθμοί φόρτισης DC άνω των 20 kW έχουν σχεδιαστεί για ταξίδια μεγάλων αποστάσεων, αλλά δεν πρέπει να γίνεται κατάχρηση.

Όταν η μπαταρία δεν είναι πλέον κατάλληλη για τη λειτουργία ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου, υπάρχουν οι επιλογές δεύτερη ζωή και ανακύκλωση (EVEXPERT, *Electric vehicles and their batteries*).

##### **4.4.2 Δεύτερη ζωή μπαταρίας**

Οι μπαταρίες που πλέον δεν είναι κατάλληλες για τα ηλεκτρικά οχήματα, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για σταθερή αποθήκευση ενέργειας, για παράδειγμα στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

##### **4.4.3 Ανακύκλωση μπαταρίας**

Οι οδηγίες της ΕΕ υποχρεώνουν τους κατασκευαστές να συλλέγουν ενεργά τις μπαταρίες και να τις ανακυκλώνουν με δικά τους έξοδα. Το πιο δύσκολο κομμάτι είναι η άμεση ανακύκλωση των στοιχείων της μπαταρίας και ο διαχωρισμός των μετάλλων που χρησιμοποιούνται για χημικές αντιδράσεις. Ωστόσο, ακόμη και με το κοβάλτιο, μπορεί να επιτευχθεί αποτελεσματικότητα έως και 85% (EVEXPERT, *Electric vehicles and their batteries*).

#### 4.5 Η εξέλιξη των μπαταριών EV

Τα πρώτα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, που εμφανίστηκαν ήδη από τις αρχές του 20ου αιώνα, χρησιμοποιούσαν μπαταρίες μόλυβδου για την πρόωσή τους. Αυτές ήταν εύκολα διαθέσιμες και, κυρίως, φθηνές μπαταρίες, που ήταν ήδη πολύ εξελιγμένες εκείνη την εποχή. Τα κύρια μειονεκτήματα των μπαταριών μόλυβδου είναι ότι δεν πρέπει ποτέ να εκφορτίζονται κάτω από 50% και ότι απαιτείται τακτική παρακολούθηση ηλεκτρολυτών. Ταυτόχρονα ήταν σχετικά βαριές και αποτελούσαν το 25-50% του συνολικού βάρους του ηλεκτρικού αυτοκινήτου. Η διάρκεια ζωής των μπαταριών μόλυβδου ήταν περίπου τρία χρόνια. Όπως και άλλες μπαταρίες, η μπαταρία μόλυβδου έχει χαμηλή ειδική ενέργεια σε σύγκριση με τη βενζίνη ή άλλα ορυκτά καύσιμα. Σε αυτή την περίπτωση 30-50 Wh/kg. Η κανονική του απόδοση είναι 70-75% και σε περίπτωση κρίσιμου καιρού μειώνεται ακόμη περισσότερο έως και 40%.

Αργότερα εμφανίστηκαν μπαταρίες νικελίου-υδριδίου μετάλλου. Έχουν καλύτερη ειδική ενέργεια από τις μπαταρίες μόλυβδου και, επιπλέον, αποδείχθηκε ότι έχουν πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής. Η μπαταρία που τοποθετήθηκε στα πρώτα υβριδικά αυτοκίνητα Toyota RAV4 εξακολουθεί να λειτουργεί μετά από περισσότερα από 160.000 χιλιόμετρα και περισσότερα από 10 χρόνια.

Στη συνέχεια εφευρέθηκαν οι μπαταρίες που ονομάζονται Zebra. Για τη χρήση τους, ήταν απαραίτητο να θερμανθεί ο ηλεκτρολύτης στους 270°C και έτσι, ο κρίσιμος καιρός έπαψε να δημιουργεί πρόβλημα. Μόνο το αρχικό κόστος θέρμανσης αυξήθηκε. Επιπλέον, ήταν μη τοξικές και είχαν υψηλότερη ειδική ενέργεια - έως 120 Wh/kg. Αλλά η ισχύς τους ήταν πολύ χαμηλή <300 W/kg και η ανάγκη για αρχική προθέρμανση ήταν επικίνδυνη. Και το κύριο πρόβλημα ήταν η ανάγκη διατήρησης της μπαταρίας φορτισμένη.

Το 1979, παρουσιάστηκε για πρώτη φορά η μπαταρία ιόντων λιθίου και εξακολουθεί να είναι μια από τις πιο δημοφιλείς μπαταρίες που χρησιμοποιείται σχεδόν παντού. Τα προβλήματα του πρώτου πρωτότυπου ήταν κυρίως η ευαισθησία στη θερμοκρασία, η παραμόρφωσή τους σε υψηλές θερμοκρασίες, η χαμηλή απόδοση σε χαμηλές θερμοκρασίες και η πρόωγη υποβάθμιση.

Η νέα γενιά μπαταριών ιόντων λιθίου θυσίασε μέρος της ειδικής ενέργειας και της ειδικής ισχύος της για μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, προστασία του περιβάλλοντος, μειωμένο κίνδυνο πυρκαγιάς και αυξημένη ταχύτητα φόρτισης. Χάρη σε αυτό, είναι δυνατή η φόρτισή τους σε λίγα λεπτά. Οι μπαταρίες φωσφορικού λιθίου διαρκούν περισσότερο από 10 χρόνια και διαρκούν περισσότερους από 7.000 κύκλους φόρτισης.

Δύο κύριες επιλογές εξετάζονται επί του παρόντος για το μέλλον. Το πρώτο είναι να διατηρήσουμε τις μπαταρίες λιθίου, αλλά να αντικαταστήσουμε τον γραφίτη σε αυτές για πυρίτιο. Αυτό θα αύξανε σημαντικά την ειδική ενέργεια και την ενεργειακή πυκνότητα. Το πρόβλημα είναι μόνο μια μεγάλη αλλαγή στην ένταση μεταξύ φορτισμένης και εκφορτισμένης κατάστασης.

Η δεύτερη επιλογή, που έχει μεγάλο ενδιαφέρον, είναι οι συμπαγείς μπαταρίες (solid state), οι οποίες δεν χρησιμοποιούν ηλεκτρολύτη, και

επομένως το χάρισμα μεταξύ καθόδου και ανόδου δεν θα δημιουργήσει ποτέ ξανά πρόβλημα. Αυτό θα τους έκανε ασφαλέστερους και θα τους επέτρεπε πολύ μεγαλύτερη διάρκεια ζωής (EVEXPERT, *Electric vehicles and their batteries*).

## **4.6 Τύποι μπαταριών ηλεκτρικών οχημάτων**

### **4.6.1 Μπαταρία μολύβδου-οξέος**

Οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος υγρών στοιχείων είναι οι παλαιότερες, φθηνότερες και, στο παρελθόν, οι πιο συνηθισμένες μπαταρίες οχημάτων που υπάρχουν. Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι μπαταριών μολύβδου-οξέος: οι μπαταρίες εκκίνησης και οι μπαταρίες βαθέως κύκλου. Οι μπαταρίες εκκίνησης κινητήρα αυτοκινήτων έχουν σχεδιαστεί για να χρησιμοποιούν ένα μικρό ποσοστό της χωρητικότητάς τους για να παρέχουν υψηλούς ρυθμούς φόρτισης για την εκκίνηση του κινητήρα, ενώ οι μπαταρίες βαθέως κύκλου χρησιμοποιούνται για την παροχή συνεχούς ηλεκτρικής ενέργειας για τη λειτουργία ηλεκτρικών οχημάτων όπως περνοφόρα ανυψωτικά ή καρότσια γκολφ. Οι μπαταρίες βαθέως κύκλου χρησιμοποιούνται επίσης ως βοηθητικές μπαταρίες σε οχήματα αναψυχής, αλλά απαιτούν διαφορετική φόρτιση πολλαπλών σταδίων. Καμία μπαταρία μολύβδου οξέος δεν πρέπει να αποφορτίζεται κάτω από το 50% της χωρητικότητάς της, καθώς μειώνει τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας. Οι μπαταρίες υγρών στοιχείων απαιτούν επιθεώρηση των επιπέδων ηλεκτρολυτών και περιστασιακή αντικατάσταση του νερού, το οποίο απομακρύνεται κατά τη διάρκεια του κανονικού κύκλου φόρτισης.

Παλαιότερα, τα περισσότερα ηλεκτρικά οχήματα χρησιμοποιούσαν μπαταρίες μολύβδου-οξέος λόγω της ώριμης τεχνολογίας, της υψηλής διαθεσιμότητας και του χαμηλού κόστους τους, με αξιοσημείωτη εξαίρεση ορισμένων πρώιμων BEV, όπως το Detroit Electric που χρησιμοποιούσε μπαταρία νικελίου-σιδήρου. Οι μπαταρίες μολύβδου βαθέως κύκλου είναι ακριβές και έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής από το ίδιο το όχημα, συνήθως χρειάζονται αντικατάσταση κάθε 3 χρόνια.

Οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος σε εφαρμογές EV καταλήγουν να αποτελούν σημαντικό μέρος (25–50%) της τελικής μάζας του οχήματος. Όπως όλες οι μπαταρίες, έχουν σημαντικά χαμηλότερη ειδική ενέργεια από τα καύσιμα πετρελαίου — σε αυτή την περίπτωση, 30–50 Wh/kg. Αν και η διαφορά δεν είναι τόσο ακραία όσο φαίνεται αρχικά λόγω του ελαφρύτερου συστήματος μετάδοσης κίνησης σε ένα EV, ακόμη και οι καλύτερες μπαταρίες τείνουν να οδηγούν σε υψηλότερες μάζες όταν εφαρμόζονται σε οχήματα με κανονική αυτονομία. Η απόδοση (70–75%) και η χωρητικότητα αποθήκευσης της τρέχουσας γενιάς κοινών μπαταριών μολύβδου οξέος βαθέως κύκλου μειώνεται με χαμηλότερες θερμοκρασίες και η εκτροπή ισχύος για τη λειτουργία ενός πηνίου θέρμανσης μειώνει την απόδοση και το εύρος έως και 40%.

Η φόρτιση και η λειτουργία των μπαταριών συνήθως έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή υδρογόνου, οξυγόνου και θείου, τα οποία είναι φυσικά και συνήθως

αβλαβή εάν εξαερώνονται σωστά. Αν δεν εξαερώνονται σωστά, οι δυσάρεστες μυρωδιές θείου θα διέρρεαν στην καμπίνα αμέσως μετά τη φόρτιση. Οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος τροφοδοτούσαν τόσο πρώιμα σύγχρονα EV όπως οι αρχικές εκδόσεις του EV1 .(Wikipedia, the free encyclopedia (2023), *Electric vehicle battery*)

#### **4.6.2 Μπαταρίες νικελίου-υδριδίου μετάλλου**

Οι μπαταρίες νικελίου-υδριδίου μετάλλου θεωρούνται πλέον μια σχετικά ώριμη τεχνολογία . Αν και είναι λιγότερο αποτελεσματικές (60–70%) στη φόρτιση και την εκφόρτιση ακόμη και από τις μπαταρίες μολύβδου-οξέος, έχουν ειδική ενέργεια 30–80 W·h/kg, πολύ υψηλότερη από του μολύβδου – οξέος. Όταν χρησιμοποιούνται σωστά, οι μπαταρίες νικελίου-υδριδίου μετάλλου μπορούν να έχουν εξαιρετικά μεγάλη διάρκεια ζωής, όπως έχει αποδειχθεί από τη χρήση τους σε υβριδικά αυτοκίνητα και στα σωζόμενα ηλεκτρικά οχήματα πρώτης γενιάς NiMH Toyota RAV4 που εξακολουθούν να λειτουργούν καλά μετά από 100.000 μίλια (160.000 km) και πάνω από δεκαετία. Τα μειονεκτήματα περιλαμβάνουν την κακή απόδοση, την υψηλή αυτοεκφόρτιση, τους πολύ δύσκολους κύκλους φόρτισης και την κακή απόδοση σε κρύο καιρό. (Wikipedia, the free encyclopedia (2023), *Electric vehicle battery*)

#### **4.6.3 Ζέβρα ή μπαταρία χλωριούχου νατρίου νικελίου**

Η μπαταρία χλωριούχου νατρίου νικελίου ή η μπαταρία "Zebra" χρησιμοποιεί ένα λιωμένο άλας χλωροαργιλικού νατρίου ( $\text{NaAlCl}_4$ ) ως ηλεκτρολύτη. Μια σχετικά ώριμη τεχνολογία, η μπαταρία Zebra έχει ειδική ενέργεια 120 Wh/kg. Δεδομένου ότι η μπαταρία πρέπει να θερμανθεί για χρήση, ο κρύος καιρός δεν επηρεάζει έντονα τη λειτουργία της εκτός από την αύξηση του κόστους θέρμανσης. Έχουν χρησιμοποιηθεί σε πολλά ηλεκτρικά οχήματα όπως το επαγγελματικό όχημα Modco. Οι μπαταρίες Zebra μπορούν να διαρκέσουν για μερικές χιλιάδες κύκλους φόρτισης και είναι μη τοξικές. Τα μειονεκτήματα της μπαταρίας Zebra περιλαμβάνουν την κακή ειδική ισχύ (<300 W/kg) και την απαίτηση θέρμανσης του ηλεκτρολύτη στους περίπου 270°C (518°F), που σπαταλά λίγη ενέργεια, παρουσιάζει δυσκολίες στη μακροχρόνια αποθήκευση φορτίζει και είναι δυνητικά κίνδυνος. (Wikipedia, the free encyclopedia (2023), *Electric vehicle battery*)

#### 4.6.4 Μπαταρίες Ιόντων Λιθίου

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου (και οι παρόμοιες μπαταρίες πολυμερούς λιθίου) αναπτύχθηκαν αρχικά και διατέθηκαν στο εμπόριο για χρήση σε φορητούς υπολογιστές και ηλεκτρονικά είδη ευρείας κατανάλωσης. Με την υψηλή ενεργειακή τους πυκνότητα και τη μεγάλη διάρκεια ζωής τους έχουν γίνει ο κορυφαίος τύπος μπαταρίας για χρήση σε ηλεκτρικά οχήματα. Η πρώτη εμπορευματοποιημένη μορφή μπαταρίας ιόντων λιθίου ήταν μια κάθοδος οξειδίου του κοβαλτίου λιθίου και μια άνοδος γραφίτη που παρουσιάστηκαν για πρώτη φορά από τον N. Godshall το 1979 και από τους John Goodenough και Akira Yoshino λίγο αργότερα. Τα μειονεκτήματα των παραδοσιακών μπαταριών ιόντων λιθίου περιλαμβάνουν την ευαισθησία στη θερμοκρασία, την απόδοση ισχύος σε χαμηλή θερμοκρασία και την υποβάθμιση της απόδοσης με την ηλικία.

Αυτές οι πρώιμες κυψέλες δεν δέχονταν ούτε παρείχαν φορτίο σε εξαιρετικά κρύο καιρό, και έτσι οι θερμαντήρες μπορεί να είναι απαραίτητοι σε ορισμένα κλίματα για να τις ζεστάνουν. Η ωριμότητα αυτής της τεχνολογίας είναι μέτρια. Το Tesla Roadster (2008) και άλλα αυτοκίνητα που παρήγαγε η εταιρεία χρησιμοποιούσαν μια τροποποιημένη μορφή παραδοσιακών κυψελών «μπαταρίας φορητού υπολογιστή» ιόντων λιθίου.

Νέα δεδομένα έχουν δείξει ότι η έκθεση στη θερμότητα και η χρήση γρήγορης φόρτισης προάγουν την υποβάθμιση των μπαταριών Li-ion περισσότερο από την ηλικία και την πραγματική χρήση και ότι η μέση μπαταρία ηλεκτρικού οχήματος θα διατηρήσει το 90% της αρχικής χωρητικότητάς της μετά από έξι χρόνια και έξι μήνες λειτουργίας. Για παράδειγμα, η μπαταρία σε ένα όχημα χωρίς ενεργό σύστημα ψύξης θα υποβαθμιστεί δύο φορές πιο γρήγορα από την μπαταρία ενός οχήματος με ενεργό σύστημα ψύξης (Wikipedia, the free encyclopedia (2023), *Electric vehicle battery*)

#### 4.6.5 Υπερπυκνωτές

Οι υπερπυκνωτές αποθηκεύουν ενέργεια σε ένα πολωμένο υγρό μεταξύ ενός ηλεκτροδίου και ενός ηλεκτρολύτη. Η ικανότητα αποθήκευσης ενέργειας αυξάνεται καθώς αυξάνεται η επιφάνεια του υγρού. Οι υπερπυκνωτές μπορούν να παρέχουν στα οχήματα πρόσθετη ισχύ κατά την επιτάχυνση και την αναρρίχηση και να βοηθήσουν στην ανάκτηση της ενέργειας πέδησης. Μπορεί επίσης να είναι χρήσιμα ως δευτερεύουσες συσκευές αποθήκευσης ενέργειας σε ηλεκτροκίνητα οχήματα, επειδή βοηθούν τις ηλεκτροχημικές μπαταρίες να εξισορροπήσουν την ισχύ φορτίου. (Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, *Batteries for Electric Vehicles*)

#### 4.6.6 Μπαταρίες στερεάς κατάστασης (SSB - Solid State Batteries)

Οι μπαταρίες στερεάς κατάστασης αποτελούν μια από τις πιο υποσχόμενες λύσεις για τη μελλοντική γενιά μπαταριών. Χαρακτηρίζονται από υψηλή θερμική σταθερότητα, ιδιότητα που τις καθιστά σημαντικά ασφαλέστερες και μεγαλύτερης διάρκειας από τις παραδοσιακές μπαταρίες ηλεκτρικών οχημάτων. Χρησιμοποιούν στερεούς ηλεκτρολύτες, μια άνοδο χωρίς άνθρακα και ένα σύνθετο στρώμα καθόδου. Κατά τη διάρκεια της φόρτισης

ή της εκ φόρτισης, τα ιόντα κυκλοφορούν στην ιονικά αγωγίμη στερεή μήτρα αντί στο ιονικό άλας που είναι διαλυμένο στο διάλυμα. Αποθηκεύουν και διανέμουν ενέργεια μέσω αντιδράσεων οξειδοαναγωγής. Η κάθοδος υφίσταται αναγωγή και η άνοδος υφίσταται οξείδωση, επιτρέποντας στην μπαταρία να αποθηκεύει και να απελευθερώνει ενέργεια όπως χρειάζεται. Αποτελούνται από έναν στερεό ηλεκτρολύτη που αποτελείται από γυαλί, κεραμικά, στερεά πολυμερή ή θειώδη, σε αντίθεση με το πολυμερές gel ή υγρό ηλεκτρολύτη που χρησιμοποιείται στις παραδοσιακές μπαταρίες ιόντων λιθίου για ηλεκτρικά οχήματα. (Owais Ali (2022), *The All-Solid-State Battery and its Future in Electric Vehicles*)

#### **4.6.6.1 Πλεονεκτήματα των μπαταριών στερεάς κατάστασης**

Μερικά από τα χαρακτηριστικά των μπαταριών στερεάς κατάστασης είναι (Owais Ali (2022), *The All-Solid-State Battery and its Future in Electric Vehicles*)

- Μεγαλύτερη πυκνότητα αποθήκευσης ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας λόγω του μικρού μεγέθους τους. Η ενεργειακή πυκνότητα μιας μπαταρίας στερεάς κατάστασης μπορεί να είναι έως και δέκα φορές μεγαλύτερη από αυτή μιας μπαταρίας ιόντων λιθίου ίδιου μεγέθους.
- Αυξημένη αξιοπιστία και αντοχή στη φθορά. Οι σύγχρονες μπαταρίες ιόντων λιθίου για ηλεκτρικά οχήματα συνήθως διαρκούν μεταξύ 2.000 και 3.000 κύκλων πριν εμφανίσουν αισθητή υποβάθμιση, ενώ οι μπαταρίες στερεάς κατάστασης υψηλής πυκνότητας μπορούν να πλησιάσουν τους 10.000 κύκλους.
- Γρήγορη φόρτιση, και
- Βελτιωμένη λειτουργική ασφάλεια. Σε υψηλές θερμοκρασίες, οι υγροί ηλεκτρολύτες γίνονται πτητικοί και εύφλεκτοι. Από την άλλη πλευρά, οι στερεοί ηλεκτρολύτες έχουν υψηλή θερμική σταθερότητα, η οποία περιορίζει τον κίνδυνο πυρκαγιάς ή έκρηξης.

#### **4.6.6.2 Αντικατάσταση των μπαταριών ιόντων λιθίου στα ηλεκτρικά οχήματα από μπαταρίες στερεάς κατάστασης**

Θεωρητικά, οι μπαταρίες στερεάς κατάστασης μπορούν να αντικαταστήσουν τις μπαταρίες ιόντων λιθίου στα ηλεκτρικά οχήματα. Μεγάλες αυτοκινητοβιομηχανίες έχουν ήδη επενδύσει σε αυτήν την τεχνολογία. Ωστόσο, οι μπαταρίες στερεάς κατάστασης κατασκευάζονται επί του παρόντος σε μεμονωμένα αντίγραφα σε εργαστήρια και η μαζική παραγωγή είναι μια δαπανηρή διαδικασία.

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου κυριαρχούν στην αγορά τις τελευταίες τρεις δεκαετίες. Ωστόσο, η εφαρμογή τους σε ηλεκτρικά οχήματα έχει ορισμένα μειονεκτήματα. Δεν είναι δυνατή η συχνή τους φόρτιση και μπορούν επίσης να προκαλέσουν πυρκαγιά ή έκρηξη, καθώς περιέχουν εύφλεκτους υγρούς ηλεκτρολύτες. Επιπλέον, βασίζονται σημαντικά στο νικέλιο και το κοβάλτιο, τα οποία αντιμετωπίζουν περιορισμούς διαθεσιμότητας και αυξήσεις τιμών.



Από την άλλη πλευρά, οι μπαταρίες στερεάς κατάστασης έχουν πολύ υψηλότερη θερμική σταθερότητα και μπορούν να αποθηκεύσουν 50% περισσότερη ενέργεια από τις μπαταρίες ιόντων λιθίου.. (Owais Ali (2022), *The All-Solid-State Battery and its Future in Electric Vehicles*)

#### **4.6.6.3 Κατασκευαστές EVs στην ανάπτυξη μπαταριών στερεάς κατάστασης**

##### **Nissan-Renault-Mitsubishi**

Η Nissan, η Renault και η Mitsubishi ανακοίνωσαν μια συνδυασμένη επένδυση 23 δισεκατομμυρίων ευρώ σε ηλεκτρικά οχήματα. Επιπλέον, ο συνασπισμός αυτός σκοπεύει να επιτύχει ευρεία εμπορική κατασκευή μπαταριών εξ ολοκλήρου στερεάς κατάστασης (SSB) έως τα μέσα του 2028. Η μετάβαση σε μπαταρίες στερεάς κατάστασης πιστεύεται ότι θα εξισώσει το κόστος των ηλεκτρικών και συμβατικών οχημάτων.

##### **Toyota**

Η ιαπωνική εταιρεία Toyota, ερευνά τις μπαταρίες στερεάς κατάστασης εδώ και χρόνια και μάλιστα κατέχει τα περισσότερα διπλώματα ευρεσιτεχνίας για μπαταρίες στερεάς κατάστασης. Η εταιρεία έχει δηλώσει τη δέσμευσή της να επενδύσει περισσότερα από 13,5 δισεκατομμύρια δολάρια έως το 2030 στην ανάπτυξη μπαταριών στερεάς κατάστασης επόμενης γενιάς.

##### **Samsung**

Πριν από δύο χρόνια, η Samsung παρουσίασε μια μπαταρία στερεάς κατάστασης υψηλών επιδόσεων και αντοχής. Η πρωτότυπη μπαταρία παρέχει αυτονομία σε ένα ηλεκτρικό όχημα έως και 800 km με μία μόνο φόρτιση και έχει διάρκεια ζωής πάνω από 1.000 κύκλους φόρτισης.

##### **QuantumScape**

Η QuantumScape θεωρείται ηγέτης στον τομέα των μπαταριών στερεάς κατάστασης. Αυτή η εταιρεία, που βρίσκεται στο Σαν Χοσέ της Καλιφόρνια, υποστηρίζεται από τη Volkswagen, τον Bill Gates και τη SAIC Motors. Η QuantumScape έχει ήδη αναπτύξει μια μπαταρία στερεάς κατάστασης που μπορεί να φορτίσει από 0 έως 80% σε λιγότερο από 15 λεπτά, ενώ μια μπαταρία ιόντων λιθίου χρειάζεται 60 λεπτά για να φορτιστεί από 10 έως 80%. Η ενεργειακή πυκνότητα αυτών των μπαταριών είναι 80% υψηλότερη από τις μπαταρίες ιόντων λιθίου. (Owais Ali (2022), *The All-Solid-State Battery and its Future in Electric Vehicles*)

#### **4.6.6.4 Έρευνα και Ανάπτυξη σε μπαταρίες στερεάς κατάστασης**

##### **Μπαταρία στερεάς κατάστασης καθαρής ανόδου σιλικόνης**

Μηχανικοί του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνια του Σαν Ντιέγκο συνεργάστηκαν με την LG Energy Solution για την ανάπτυξη μιας νέας επαναφορτιζόμενης μπαταρίας στερεάς κατάστασης. Οι επιστήμονες συνδύασαν έναν θειούχο ηλεκτρολύτη στερεάς κατάστασης και μια άνοδο πυριτίου σε μια συσκευή, εγκαταλείποντας εντελώς το λίθιο και τον άνθρακα. Η μπαταρία έδειξε πολύ καλές επιδόσεις όσον αφορά την ασφάλεια, την

αντοχή και την υψηλή ενεργειακή της ένταση κατά τη διάρκεια των δοκιμών. Το πρωτότυπο άντεξε 500 κύκλους φόρτισης και εκφόρτισης, διατηρώντας το 80% της χωρητικότητας σε θερμοκρασία δωματίου. Η τεχνολογία ανοίγει μεγάλες προοπτικές για τις ηλεκτρικές μεταφορές, την αποθήκευση ενέργειας και άλλους τομείς.

### **Νέος σχεδιασμός ηλεκτροδίων του MIT**

Οι ερευνητές του MIT έχουν αναπτύξει μικτούς ηλεκτρονικούς αγωγούς ιόντων (MIEC - mixed ion-electronic conductors) καθώς και ηλεκτρονικούς μονωτές και μονωτές ιόντων λιθίου. Πρόκειται για μια τρισδιάστατη κυψελοειδή αρχιτεκτονική με σωλήνες MIEC ναοκλίμακας. Οι σωλήνες είναι γεμάτοι με λίθιο, το οποίο σχηματίζει την άνοδο. Η δομή της κυψελοειδούς αρχιτεκτονικής επιτρέπει στο λίθιο να διαστέλλεται και να συστέλλεται κατά τη διάρκεια της φόρτισης και της εκφόρτισης. Αυτή η συστολή-διαστολή της ανόδου αποφεύγει το ράγισμα της μπαταρίας. Η επίστρωση των σωλήνων λειτουργεί ως φράγμα για την προστασία τους από τον στερεό ηλεκτρολύτη. Αυτή η διάταξη μπαταρίας στερεάς κατάστασης εμποδίζει την έγχυση υγρού ή γέλης και κατά συνέπεια εξαλείφει τους δένδριτες.

### **Μελλοντικές προοπτικές για μπαταρίες στερεάς κατάστασης**

Οι μπαταρίες στερεάς κατάστασης θεωρούνται το επόμενο βήμα στην ανάπτυξη ηλεκτρικών οχημάτων. Είναι ελαφρύτερες, αποθηκεύουν περισσότερη ενέργεια και είναι λιγότερο εύφλεκτες. Μέχρι πρόσφατα, δύο σημαντικά εμπόδια παρέμεναν - το κόστος και η ανθεκτικότητα τέτοιων μπαταριών. Επιπλέον, υπάρχει ένα εγγενές χημικό ελάττωμα στις μπαταρίες στερεάς κατάστασης. Μετά από αρκετούς κύκλους φόρτισης-εκφόρτισης, αρχίζουν να υποβαθμίζονται λόγω της συσσώρευσης δένδριτών λιθίου, οι οποίοι είναι μικροσκοπικά σωματίδια λιθίου που μοιάζουν με κλαδάκια που αναπτύσσονται και μπορούν να διεισδύσουν στην μπαταρία, οδηγώντας σε βραχυκυκλώματα και άλλα προβλήματα. Μόλις αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά αυτά τα ζητήματα, σίγουρα θα ξεκινήσει μια νέα επανάσταση της μπαταρίας στο μέλλον. (Owais Ali (2022), *The All-Solid-State Battery and its Future in Electric Vehicles*)

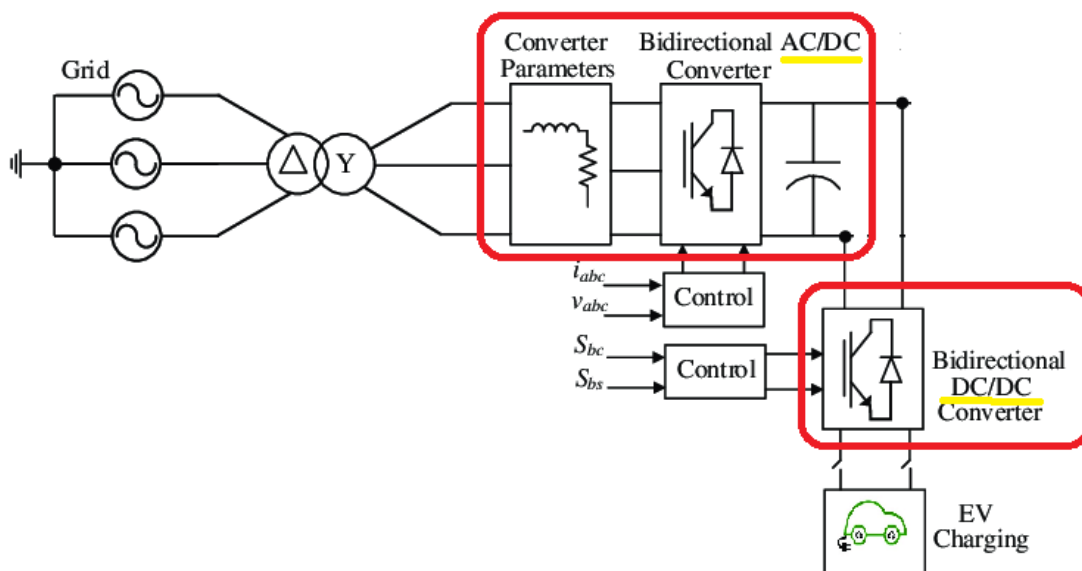
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

### 5.1 Η λειτουργία των μετατροπέων AC/DC και DC/DC σε σχεδιασμό Ηλεκτρονικού Συστήματος

Υπάρχουν πολυάριθμες σχεδιαστικές ανάγκες για συμπαγή τροφοδοτικά σε μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών όπως ιατρικές, δοκιμές και μετρήσεις, βιομηχανικές, ηλεκτροκίνηση, αυτοματισμοί κτλ.

Οι ηλεκτρονικές συσκευές, που πρέπει να συνδεθούν σε μια πρίζα, απαιτούν έναν ποιοτικό μετατροπέα AC/DC που θα μετατρέπεται από την είσοδο AC σε έξοδο DC. Αυτό συμβαίνει και στην περίπτωση της φόρτισης των μπαταριών του ηλεκτρικού αυτοκινήτου. Η τάση εισόδου του δικτύου είναι AC ενώ οι μπαταρίες απαιτούν DC τάση

Η DC τάση εξόδου του μετατροπέα AC/DC πολλές φορές χρειάζεται να ρυθμιστεί και να σταθεροποιηθεί, ειδικά όταν η είσοδος της AC πηγής (δίκτυο) παρουσιάζει διακυμάνσεις ή δεν είναι σταθερή.

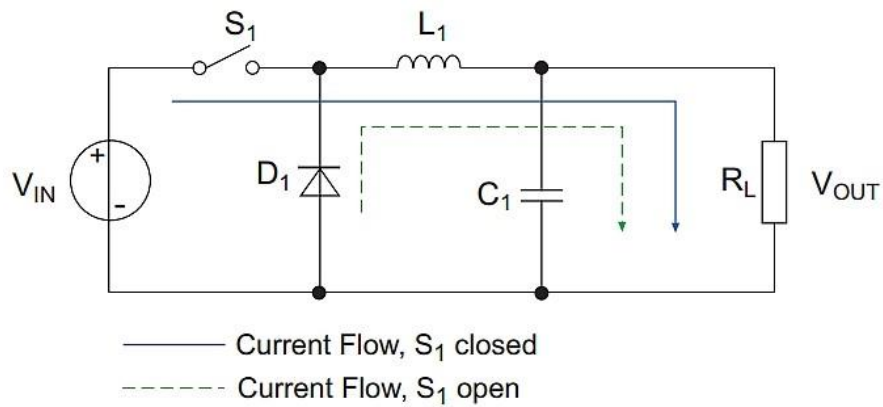


Σχήμα 5-1 Πορεία μετατροπής ηλεκτρικής ισχύος δικτύου σε ισχύ φόρτισης ([https://www.researchgate.net/figure/Charging-station-architecture\\_fig2\\_311850013](https://www.researchgate.net/figure/Charging-station-architecture_fig2_311850013))

Και τα δύο παραπάνω είδη μετατροπέων υπάρχουν μέσα στο ηλεκτρικό αυτοκίνητο και στους σταθμούς φόρτισης όπως φαίνεται στο Σχήμα 5-1 και παρουσιάζονται στη συνέχεια.

### 5.2 Μετατροπέας DC/DC

Ο μετατροπέας βαθμίδας (buck) είναι σε θέση να μετατρέψει μια υψηλότερη τάση εισόδου DC στην είσοδό του και να τη μετατρέψει σε σταθεροποιημένη, αλλά χαμηλότερη, τάση DC στην έξοδό του. Ένα παράδειγμα τέτοιου ρυθμιστή δίνεται παρακάτω, στο Σχήμα 5-2



$$V_{OUT} = V_{IN} \frac{t_{ON}}{T} = \delta V_{IN}, \text{ valid when } V_{IN} > V_{OUT}$$

**Σχήμα 5-2 Ένα παράδειγμα απλού ρυθμιστή τάσης μετατροπέα DC/DC Buck**  
 (<https://recom-power.com/en/acdc-dcdc-converters.html?0>)

Στα πλεονεκτήματά τους συγκαταλέγεται ότι οι απώλειές τους είναι αρκετά χαμηλές και μπορούν να φτάσουν την απόδοση υψηλότερη από 97%. Οι συχνότητες μεταγωγής τους είναι πολλές εκατοντάδες kHz. Αυτό οδηγεί σε μια πολύ καλή αρχιτεκτονική πυκνότητας ισχύος μέσω της χρήσης μικρότερων πηνίων μαζί με μια ικανότητα γρήγορης μεταβατικής απόκρισης. Επίσης κατά τη διάρκεια του κύκλου μεταγωγής του, το επίπεδο εξόδου πέφτει στο μηδέν. Αυτό επιτρέπει στην κατανάλωση ρεύματος χωρίς φορτίο να φτάσει σε πολύ χαμηλό επίπεδο.

Γενικά, οι κύριες απαιτήσεις για τα τροφοδοτικά DC/DC που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές αυτοματισμού είναι η σημασία της απομόνωσης. Αυτό θα διασφάλιζε ότι ο σχεδιασμός ισχύος θα αποφύγει οποιαδήποτε παρεμβολή με άλλο εξοπλισμό. Το DC/DC θα πρέπει επίσης να είναι σχεδιασμένο σε σύστημα, φροντίζοντας να αποφεύγονται τυχόν βρόχοι γείωσης ή διαφορές δυναμικού που μπορεί να διαταράξουν τη λειτουργία του συστήματος αυτόματου ελέγχου.

## **5.2.1 Εφαρμογές μετατροπέα DC/DC**

### **5.2.1.1 Βιομηχανικοί μετατροπείς DC/DC υψηλής ισχύος**

Σε βιομηχανικές εφαρμογές, με περνοφόρα ανυψωτικά οχήματα και άλλο εξοπλισμό χειρισμού υλικών, αυτές οι εφαρμογές χρησιμοποιούν μπαταρίες έλξης με ονομαστική τάση από 320V έως 600V. Υπάρχει μια σειρά ενσωματωμένων τροφοδοτικών που μπορούν προαιρετικά να παράγουν 24 V ή 48 V από την μπαταρία υψηλής τάσης με ονομαστική απόδοση 4 kW με υψηλή απόδοση.

#### **5.2.1.2 Ηλεκτρικά Οχήματα (EV) -Σταθμοί φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων**

Τα ηλεκτρικά οχήματα αυξάνονται δραματικά στους δρόμους μας. Αυτά τα οχήματα (αυτοκίνητα, λεωφορεία, φορτηγά κ.λπ.) θα χρειαστούν περισσότερους σταθμούς φόρτισης, οι οποίοι αναπτύσσονται γρήγορα κατά μήκος των κύριων δρόμων και αυτοκινητοδρόμων καθώς και σε τοπικές περιοχές.

Στους σταθμούς φόρτισης EV τα επίπεδα ισχύος φτάνουν γρήγορα αρκετά kW ισχύος. Οι μετατροπείς DC/DC με αυξημένη απομόνωση, με υψηλή αντοχή μόνωσης, αποτελούν κρίσιμο μέρος των σταθμών φόρτισης EV.

Τα σχέδια φόρτισης EV συνήθως χρησιμοποιούν απομονωμένους μετατροπείς DC/DC με μόνωση ισχύος. Υπάρχουν μετατροπείς χαμηλού κόστους και μπορούν να είναι σε πακέτο SIP με απομόνωση 1kVDC. Η απομόνωση θα βοηθήσει στη μείωση των ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών.

Αυτός ο τύπος DC/DC μπορεί να συγκολληθεί σε μια κάρτα υπολογιστή με τον ίδιο τρόπο όπως οποιοδήποτε ολοκληρωμένο κύκλωμα. Αυτοί οι μετατροπείς έχουν είσοδο 5VDC και ρυθμιζόμενη τάση εξόδου 5VDC που είναι ανθεκτική σε βραχυκύκλωμα. Η ισχύς τους είναι στο 1W. Αυτές οι συσκευές έχουν εύρος θερμοκρασίας από -40°C έως +85°C. Η εφαρμογή για αυτόν τον μετατροπέα DC/DC στη φόρτιση EV είναι για ρυθμιζόμενη ισχύ στην περιοχή διασύνδεσης δικτύου του φορτιστή EV. Αυτό το τμήμα επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ των συσκευών EV και του Διαδικτύου.

#### **5.2.1.3 Σιδηροδρομικές γραμμές**

Οι μετατροπείς DC/DC χρησιμοποιούνται συνήθως σε σιδηροδρομικά περιβάλλοντα για τη μετατροπή των τάσεων της μπαταρίας DC σε χαμηλότερη τάση για χρήση σε μια πληθώρα κυκλωμάτων ελέγχου και ενέργειας. Τα σχέδια σιδηροδρομικού τροχαίου υλικού διαθέτουν σύστημα διανομής ισχύος συνεχούς ρεύματος που χρησιμοποιεί μπαταρίες που θα χρησιμοποιηθούν για τη διατήρηση της ηλεκτρικής ισχύος σε περίπτωση βλάβης της γεννήτριας.

Οι μετατροπείς DC/DC, για σιδηροδρομική χρήση, πρέπει να κατασκευάζονται σύμφωνα με το EN 50155, ώστε να διασφαλίζεται ότι οι σκληρές περιβαλλοντικές συνθήκες δεν επηρεάζουν τη σωστή λειτουργία τους. Πιθανές σκληρές συνθήκες θερμότητας, παγετού, κραδασμών και μηχανικών κραδασμών μπορεί να προκαλέσουν σοβαρή ζημιά στα ηλεκτρονικά μέρη. Οι μετατροπείς DC/DC που χρησιμοποιούνται στην τεχνολογία των σιδηροδρόμων εκτίθενται σε εξαιρετικά δύσκολες συνθήκες και πρέπει να λειτουργούν σωστά και αξιόπιστα για όλη τη διάρκεια ζωής τους.

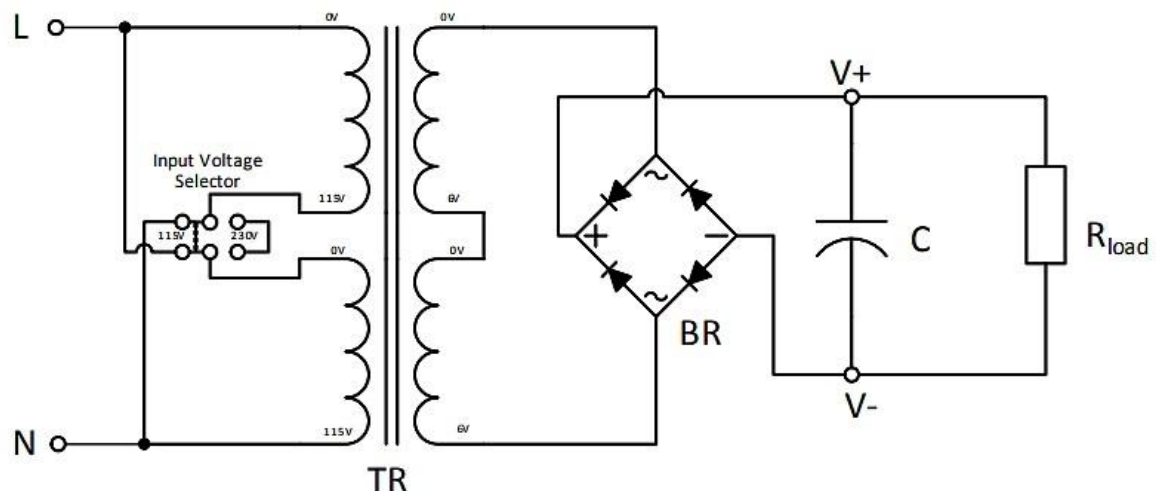
#### **5.2.1.4 Ιατρικός τομέας**

Οι μετατροπείς DC/DC ιατρικής ποιότητας χρειάζονται ενισχυμένη απομόνωση με δύο μέσα προστασίας του ασθενούς (2 x MOPP), χαμηλή διαρροή και απόσταση ερπυσμού/εκκένωσης μεγαλύτερη από 8 mm. Η

ενισχυμένη απομόνωση μπορεί να προσφέρει ένα πρόσθετο επίπεδο ασφάλειας πέρα από την τυπική απομόνωση, προκειμένου να είναι σε θέση να πληροί το πρότυπο ιατρικής ασφάλειας ES/IEC/EN 60601-1 3rd Ed.

Ουσιαστικά, η υψηλή απομόνωση και ο χαμηλός θόρυβος είναι κρίσιμα για τους μετατροπείς DC/DC ιατρικής ποιότητας. Υπάρχει πάντα ένας άνθρωπος, ασθενής ή χειριστής που εμπλέκεται με εξοπλισμό που περιέχει τέτοιες συσκευές και χρειάζεται προστασία σε περίπτωση που παρουσιαστεί σφάλμα.

### 5.3 Μετατροπέας AC/DC



**Σχήμα 5-3** Παράδειγμα μη ρυθμισμένου βασικού τροφοδοτικού μετατροπέα AC/DC (<https://recom-power.com/en/acdc-dcdc-converters.html?0>)

Ο μετασχηματιστής στο Σχήμα 5-3 έχει δύο πρωτεύουσες περιελίξεις των 115 V που φαίνονται συνδεδεμένες παράλληλα ή σε σειρά μέσω του διακόπτη επιλογής τάσης εισόδου. Οι δύο δευτερεύουσες περιελίξεις 6V με καλώδιο σειράς οδηγούν σε μια ονομαστική έξοδο 12 VAC η οποία διορθώνεται από τον ανορθωτή γέφυρας BR και στη συνέχεια εξομαλύνεται με συνεχές ρεύμα από τον πυκνωτή εξόδου, C. Αυτό δίνει μια τυπική τάση εξόδου περίπου 14 VDC. Ο ανορθωτής πλήρους γέφυρας χρησιμοποιεί μια τυπική διαμόρφωση τεσσάρων διόδων.

#### 5.3.1 Εφαρμογές AC/DC Converter

Υπάρχουν πολλές βασικές εφαρμογές για μετατροπείς AC/DC και σε αυτή την ενότητα θα συζητηθούν οι κύριες περιοχές εφαρμογής για μετατροπείς AC/DC.

##### 5.3.1.1 Ιατρικός τομέας

Όταν οι ηλεκτρονικές συσκευές δεν έρχονται σε άμεση επαφή με τον ασθενή και χρησιμοποιούνται μόνο από εκπαιδευμένους χειριστές, ταξινομούνται στην κατηγορία Μέσα Προστασίας Χειριστή (MOOP), πράγμα που σημαίνει ότι συνήθως χρειάζεται μόνο να πληρούν τα πρότυπα 60950-1 και 62368-1 ITE για Συμμόρφωση με το Εργαστηριακό Περιβάλλον.

Το υψηλότερο επίπεδο προστασίας προέρχεται από τη χρήση 2 x MOPP. Ορισμένοι κατασκευαστές τροφοδοτικών συνήθως επισημαίνουν τα τροφοδοτικά να πληρούν τις ιατρικές εγκρίσεις είτε η μονάδα διαθέτει 1 MOPP είτε 2 MOPP. Αυτά τα συμπαγή τροφοδοτικά ιατρικού βαθμού έχουν ένα γενικό εύρος τάσης εισόδου εναλλασσόμενου ρεύματος, απομόνωση 4 kVAC, χαμηλή κατανάλωση ενέργειας σε κατάσταση αναμονής, ενεργό PFC ( $> 0,95$ ) και δεν απαιτούν ελάχιστο φορτίο.

#### **5.3.1.2 Αυτοματοποίηση**

Ο αυτοματισμός είναι τεχνολογία που χρησιμοποιεί αισθητήρες, ενεργοποιητές και τεχνικές ανάδρασης που μπορούν να λειτουργήσουν χωρίς συνεχή έλεγχο. Ένα απομονωμένο τοπικό τροφοδοτικό είναι μέρος της αρχιτεκτονικής ισχύος που θα παρέχει το σύστημα ελέγχου αισθητήρα/ανάδρασης/ενεργοποιητή.

Τα τροφοδοτικά τεχνολογίας αυτοματισμού είναι εκείνες οι συσκευές και οι μονάδες που απαιτούνται για την παροχή ρεύματος AC/DC σε αισθητήρες, μονάδες αξιολόγησης και ενεργοποιητές με ηλεκτρική ισχύ. Η τάση που παρέχεται, από κανονικά ενεργειακά δίκτυα, μετατρέπεται στην κατάλληλη τάση και ισχύ που πρέπει να εφαρμοστεί σε συσκευές αισθητήρων και ενεργοποιητών προκειμένου να διασφαλιστεί η σημαντική λειτουργία τους σε ένα σύστημα.

Αυτά τα τροφοδοτικά είναι συνήθως απομονωμένα έτσι ώστε οι παρεμβολές από διασταυρούμενες παρεμβολές, βρόχους γείωσης και διαφορές δυναμικού να μην επηρεάζουν το σύστημα αυτόματου ελέγχου.

#### **5.3.1.3 Βιομηχανικός τομέας**

Οι σύγχρονες εξελίξεις στους ελεγκτές μεταγωγής, τις τοπολογίες και τα εξαρτήματα επιτρέπουν στα τροφοδοτικά AC/DC να έχουν 2 φορές την πυκνότητα ισχύος από ό,τι σε προηγούμενως σχεδιασμένους μετατροπείς. Τα νέα σχέδια πρέπει να βελτιώσουν την ασφάλεια, την αξιοπιστία, την αποτελεσματικότητα και την απόδοση προκειμένου να είναι ανταγωνιστικά.

Είναι κρίσιμο ο μετατροπέας AC/DC να λειτουργεί αποτελεσματικά σε όλο το εύρος φορτίου από πλήρες φορτίο έως ελαφρύ φορτίο, ακόμη και σε συνθήκες χωρίς φορτίο. Οι περισσότεροι μετατροπείς AC/DC διαθέτουν διεθνή πιστοποίηση ασφάλειας σύμφωνα με τα πρότυπα UL/IEC/EN, με αναφορές Φορέα Πιστοποίησης (CB). Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι ζωτικής σημασίας για τους πελάτες και πολλές εφαρμογές μεταβαίνουν αυτόματα σε κατάσταση αναμονής προκειμένου να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας.

#### **5.3.1.4 Ηλεκτροκίνηση**

Υπάρχει μια τρέχουσα προσπάθεια να κατασκευαστούν πολύ πιο γρήγοροι φορτιστές για να μειωθούν οι υπάρχοντες χρόνοι φόρτισης σε λιγότερο από 20 λεπτά.

Σε πιο σύνθετα προϊόντα υπάρχει η ανάγκη να προστεθούν χαρακτηριστικά όπως ρύθμιση μπαταρίας και μετατροπείς αμφίδρομης κατεύθυνσης για

εξισορρόπηση ενέργειας. Για αυτού του είδους τις εφαρμογές απαιτείται ένα σταθερό εύρος απόδοσης κατάλληλων μετατροπών AC/DC.

Τα βασικά χαρακτηριστικά των μετατροπών AC/DC σε αυτόν τον τομέα είναι η ανθεκτικότητα, η μεγάλη διάρκεια ζωής, η υψηλή αξιοπιστία, οι αρκετά ακραίες περιβαλλοντικές απαιτήσεις, η στεγανοποίηση και η σφράγιση των λύσεων ισχύος AC/DC, η διόρθωση συντελεστή ισχύος (PFC) και οι ονομασίες ισχύος έως και άνω των 20 kW . (Standard Power Solutions and Applications for AC/DC and DC/DC power converters)

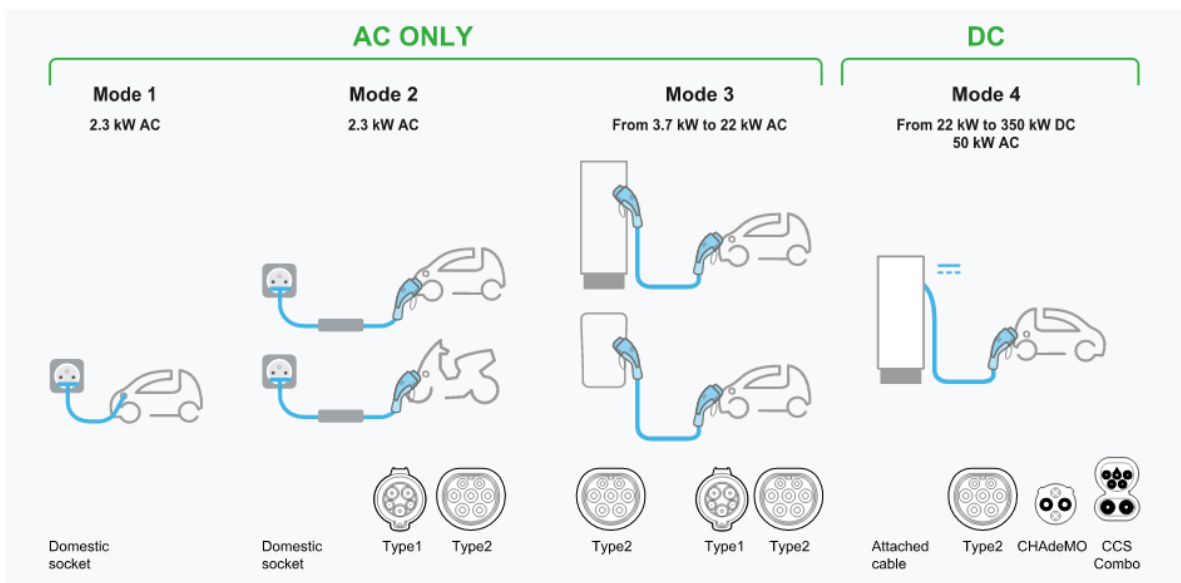


## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΜΕΘΟΔΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

### 6.1 Τρόποι φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος

Το διεθνές πρότυπο IEC 61851-1 «Σύστημα αγωγίμης φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος» ορίζει τέσσερις τρόπους φόρτισης (Σχήμα 6-1)

- **Λειτουργία 1**– Τυπική πρίζα - οικιακή εγκατάσταση
- **Λειτουργία 2**- Τυπική πρίζα με εξοπλισμό τροφοδοσίας AC EV – οικιακό
- **Λειτουργία 3**- Εξοπλισμός AC EV μόνιμα συνδεδεμένος σε δίκτυο παροχής AC
- **Λειτουργία 4**- Εξοπλισμός τροφοδοσίας DC EV



**Σχήμα 6-1** Τέσσερις τρόποι φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, όπως ορίζονται από το IEC 61851-1 ([https://blog.csdn.net/weixin\\_48135624/article/details/121491752](https://blog.csdn.net/weixin_48135624/article/details/121491752))

#### 6.1.1 Λειτουργία 1 – Τυπική πρίζα - οικιακή εγκατάσταση

Η λειτουργία 1 (Σχήμα 6-2) είναι μια μέθοδος για τη σύνδεση ενός ηλεκτρικού οχήματος σε μια τυπική πρίζα σε ένα δίκτυο τροφοδοσίας AC, χρησιμοποιώντας ένα τυπικό καλώδιο και βύσμα, χωρίς πρόσθετο εξοπλισμό.



**Σχήμα 6-2** Λειτουργία φόρτισης EV 1: Τυπική πρίζα και καλώδιο για οικιακή εγκατάσταση ([https://blog.csdn.net/weixin\\_48135624/article/details/121491752](https://blog.csdn.net/weixin_48135624/article/details/121491752))

Οι ονομαστικές τιμές για το ρεύμα και την τάση δεν πρέπει να υπερβαίνουν:

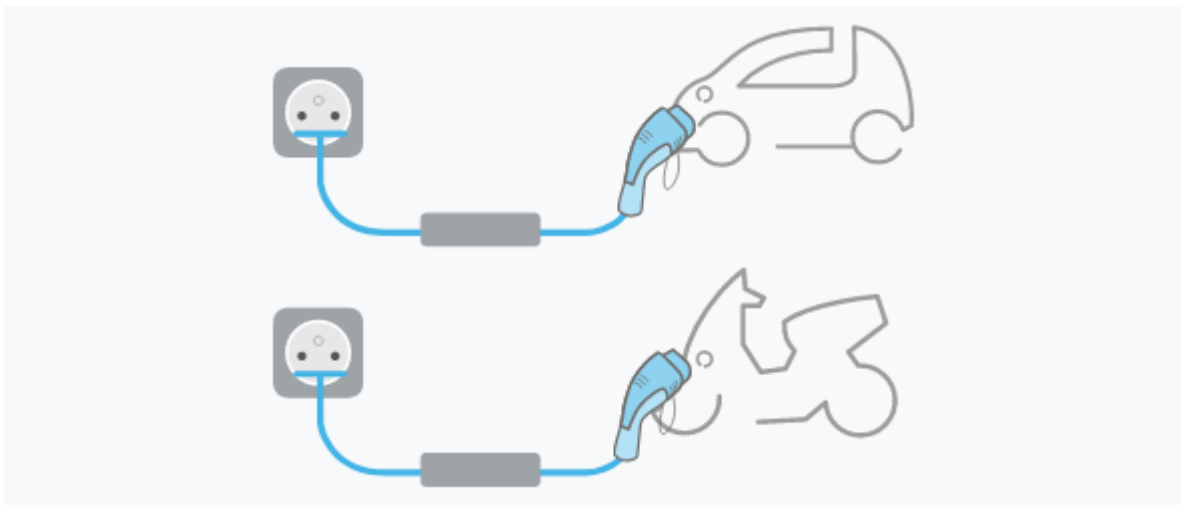
- 16 A και 250 V AC για μονοφασικό,
- 16 A και 480 V AC για τριφασική εγκατάσταση σύμφωνα με το IEC 61851-1,

Τα πρότυπα κάθε χώρας μπορεί να διαφέρουν κάπως όσον αφορά τις παραπάνω προδιαγραφές. Σε κάθε περίπτωση, η παρεχόμενη ισχύς είναι περιορισμένη και ο χρόνος φόρτισης πολύ μεγάλος (αρκετές ώρες). Δεδομένου ότι αποτελεί μια οικιακή παροχή, η ισχύς διαμοιράζεται και στα υπόλοιπα φορτία της εγκατάστασης και ως εκ τούτου υπάρχουν οι ακόλουθοι κίνδυνοι:

- Εάν κατά τη διάρκεια της φόρτισης το συνολικό ρεύμα υπερβεί τη μέγιστη τιμή του, το μέσο προστασίας της γραμμής θα ενεργοποιηθεί διακόπτοντας την τροφοδοσία, άρα και τη φόρτιση.
- Κίνδυνος πυρκαγιάς ή ηλεκτροπληξίας σε περίπτωση παλαιάς ή μη συμμόρφωσης με τους κανόνες της ηλεκτρικής εγκατάστασης

Για αυτούς τους κινδύνους και τους περιορισμούς, η χρήση αυτής της λειτουργίας είναι περιορισμένη και ακόμη και απαγορευμένη σε ορισμένες χώρες (π.χ. ΗΠΑ). (Electrical installation Wiki, *Electric Vehicle and EV charging fundamentals*)

#### 6.1.2 Λειτουργία 2 - Τυπική πρίζα με εξοπλισμό τροφοδοσίας AC EV



**Σχήμα 6-3** Λειτουργία φόρτισης EV 2: Τυπική πρίζα με ειδικό καλώδιο, που ενσωματώνει σύστημα ελέγχου και προστασίας ισχύος, για οικιακές εγκαταστάσεις ([https://blog.csdn.net/weixin\\_48135624/article/details/121491752](https://blog.csdn.net/weixin_48135624/article/details/121491752))

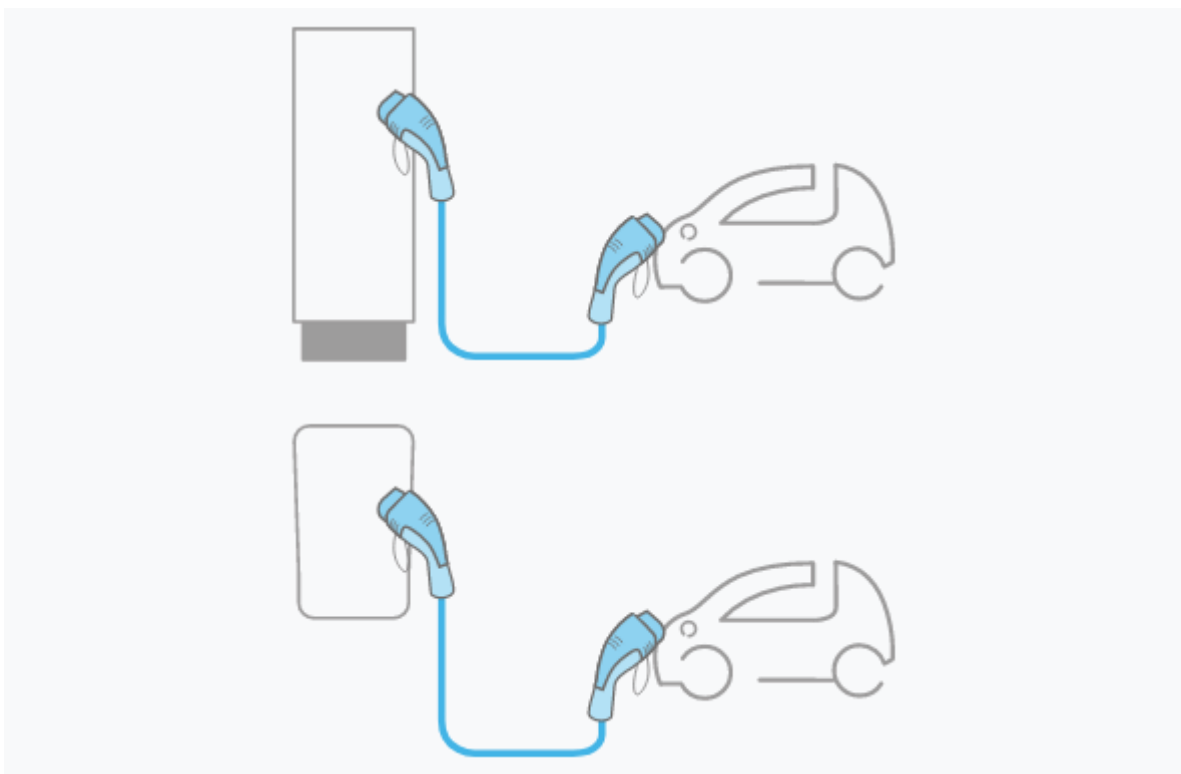
Η λειτουργία φόρτισης 2 (Σχήμα 6-3) είναι μια μέθοδος για τη σύνδεση ενός EV σε μια τυπική πρίζα, με λειτουργία πιλότου ελέγχου και σύστημα προσωπικής προστασίας από ηλεκτροπληξία, ενσωματωμένο στο καλώδιο σύνδεσης, μεταξύ του τυπικού βύσματος και του EV.

Για το ρεύμα και την τάση, οι ονομαστικές τιμές πρέπει να είναι 32 A και 250 V AC για μονοφασική εγκατάσταση και 32 A και 480 V AC για τριφασική εγκατάσταση, σύμφωνα με το IEC 61851-1.

Και σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιείται μια τυπική πρίζα αλλά η φόρτιση γίνεται με υψηλότερα ρεύματα φόρτισης έως 32A και μπορεί να δημιουργήσει πρόβλημα υπερφόρτισης σε μια τυπική οικιακή κατανάλωση (Electrical installation Wiki, *Electric Vehicle and EV charging fundamentals*).

### 6.1.3 Λειτουργία 3 - Εξοπλισμός AC EV μόνιμα συνδεδεμένος σε δίκτυο παροχής AC

Στη λειτουργία 3 (Σχήμα 6-4), η φόρτιση πραγματοποιείται από σταθμό φόρτισης EV (ή φορτιστής EV), μόνιμα συνδεδεμένο σε ένα δίκτυο τροφοδοσίας AC με ενσωματωμένες λειτουργίες προστασίας και ελέγχου.



**Σχήμα 6-4 Τρόπος φόρτισης EV 3: Αποκλειστικό κύκλωμα και ειδικό σύστημα φόρτισης (φορτιστής EV), που ενσωματώνει λειτουργίες προστασίας και ελέγχου. Καλώδιο που ενσωματώνει ένα πιλοτικό καλώδιο.**  
([https://blog.csdn.net/weixin\\_48135624/article/details/121491752](https://blog.csdn.net/weixin_48135624/article/details/121491752))

Λόγω της χρήσης φορτιστή EV (και όχι τυπικής πρίζας), η παρεχόμενη ισχύς κυμαίνεται από 3,7 kW έως 22 kW AC. Η υψηλότερη αυτή ισχύς έχει σαν αποτέλεσμα γρηγορότερη φόρτιση σε σύγκριση με τις λειτουργίες 1 και 2.

Μέσα στο καλώδιο φόρτισης ενσωματώνεται και ένα καλώδιο επικοινωνίας το οποίο επιτρέπει την υλοποίηση λειτουργιών ελέγχου, όπως (Electrical installation Wiki, *Electric Vehicle and EV charging fundamentals*):

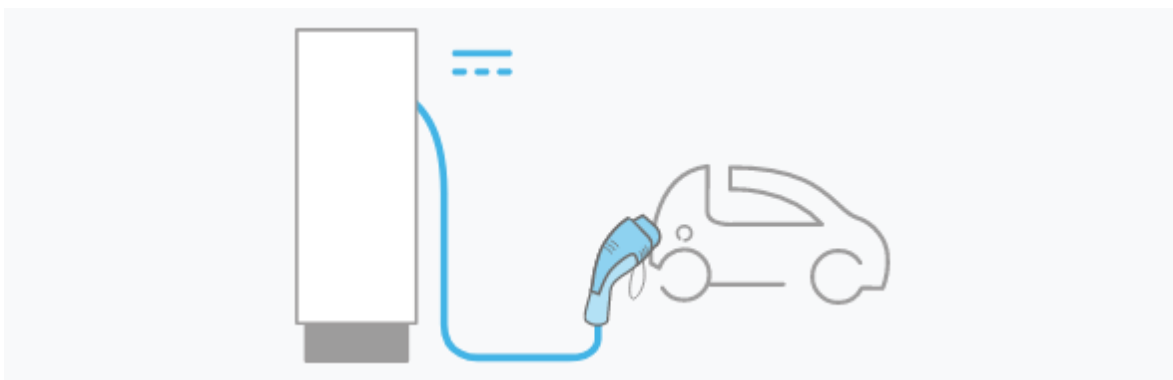
- Επαλήθευση σωστής σύνδεσης του οχήματος με τον εξοπλισμό τροφοδοσίας,

- Συνεχής επαλήθευση της ακεραιότητας του εξοπλισμού,
- Ενεργοποίηση και απενεργοποίηση του τροφοδοτικού
- Πληροφορίες σχετικά με το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα

Η λειτουργία 3 είναι σχεδιασμένη αποκλειστικά για τη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων και παρουσιάζει συγκριτικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις δύο προηγούμενες λειτουργίες (Electrical installation Wiki, *Electric Vehicle and EV charging fundamentals*):

- Ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος σφάλματος από το δίκτυο
- Βελτιστοποιεί το χρόνο και την ποιότητα φόρτισης του οχήματος και των συσσωρευτών, συμβάλλοντας έτσι στη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής τους.

#### 6.1.4 Λειτουργία 4 - Εξοπλισμός τροφοδοσίας DC EV



**Σχήμα 6-5 Λειτουργία φόρτισης EV 4: Εξοπλισμός τροφοδοσίας DC EV αποκλειστικός, για γρήγορη φόρτιση EV.**  
([https://blog.csdn.net/weixin\\_48135624/article/details/121491752](https://blog.csdn.net/weixin_48135624/article/details/121491752))

Στη λειτουργία 4 (Σχήμα 6-5), η φόρτιση πραγματοποιείται μέσω εξοπλισμού τροφοδοσίας DC EV, που ονομάζεται σταθμός φόρτισης EV (ή φορτιστής EV), συνδεδεμένος σε δίκτυο τροφοδοσίας AC ή DC. Ο σταθμός φόρτισης παρέχει συνεχές ρεύμα απευθείας στην μπαταρία. Η παρεχόμενη ισχύς είναι μεγαλύτερη από 24kW και ως εκ τούτου επιταχύνεται ο ρυθμός φόρτισης.

Στη λειτουργία 4, η ψηφιακή επικοινωνία μεταξύ του ηλεκτρικού οχήματος και του εξοπλισμού τροφοδοσίας EV είναι υποχρεωτική και θα πρέπει να συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις που περιγράφονται στο IEC 61851-24 (Electrical installation Wiki, *Electric Vehicle and EV charging fundamentals*).

#### 6.2 Χρόνος φόρτισης ηλεκτρικού αυτοκινήτου

Ο χρόνος φόρτισης εξαρτάται από την χωρητικότητα του συσσωρευτή και την ισχύ φόρτισης. Η ισχύς φόρτισης διαχωρίζεται στην ισχύ που μπορεί να προσφέρει ο σταθμός φόρτισης και σε αυτήν που μπορεί να δεχθεί το Ηλεκτρικό Όχημα.

Χρόνος φόρτισης (h)=EV Χωρητικότητα μπαταρίας (kWh)/Ισχύς φόρτισης (kW)

Ισχύς φόρτισης (kW)=min( ισχύς ενσωματωμένου φορτιστή EV ; Ποσοστό παράδοσης σταθμού φόρτισης)

Για παράδειγμα, για ένα ηλεκτρικό όχημα με: (Electrical installation Wiki, *Electric Vehicle and EV charging fundamentals*)

- Συσσωρευτή 40 kWh
- Ενσωματωμένο φορτιστή 6,6 kW για φόρτιση AC

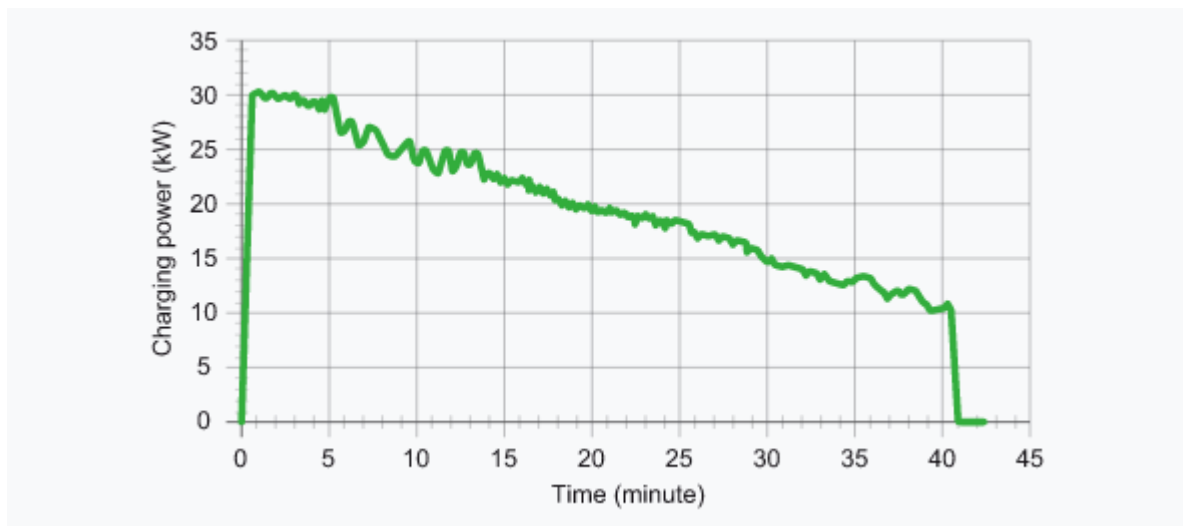
Ο εκτιμώμενος χρόνος πλήρους φόρτισης είναι:

- **11 ώρες** για οικιακό σταθμό φόρτισης **3,7kW** (40 kWh / 3,7 kW)
- **6 ώρες** για σταθμό φόρτισης AC των **11 kW** (40 kWh / 6,6 kW, 6,6 kW λόγω του περιορισμού του ενσωματωμένου φορτιστή)
- **50 λεπτά** για σταθμό γρήγορης φόρτισης DC των **50 kW** (40 kWh / 50 kW)
- **10 λεπτά** για σταθμό DC εξαιρετικά γρήγορης φόρτισης **250 kW** (40 kWh / 250 kW)

Αυτός ο τύπος παρέχει μια κατά προσέγγιση εκτίμηση. Ο πραγματικός χρόνος φόρτισης είναι συνήθως μεγαλύτερος για τους ακόλουθους λόγους: (Electrical installation Wiki, *Electric Vehicle and EV charging fundamentals*)

- Το προφίλ ταχύτητας φόρτισης δεν είναι γραμμικό (Διάγραμμα 6-1). Τα ηλεκτρικά οχήματα δεν φορτίζονται συνεχώς με τη μέγιστη ισχύ. Συγκεκριμένα, η φόρτιση DC (λειτουργία 4) φορτίζει πολύ γρήγορα έως ότου η μπαταρία φτάσει στο 80% - 90% της χωρητικότητάς της και επιβραδύνεται σημαντικά για το υπόλοιπο 10-20%.
- Η ταχύτητα φόρτισης εξαρτάται από τη θερμοκρασία της μπαταρίας. Η βέλτιστη θερμοκρασία για φόρτιση είναι μεταξύ 20°C και 30°C. Εάν η θερμοκρασία της μπαταρίας είναι εκτός αυτού του εύρους, η φόρτιση μπορεί να είναι πιο αργή.
- Η ταχύτητα φόρτισης εξαρτάται επίσης από το μοντέλο του ηλεκτρικού οχήματος και από τη στρατηγική/αλγόριθμο φόρτισης του σταθμού φόρτισης

Στο Διάγραμμα 6-1 φαίνεται ένα παράδειγμα φόρτισης EV σε σχέση με το χρόνο φόρτισης. Η ισχύς φόρτισης μειώνεται με την πάροδο του χρόνου



**Διάγραμμα 6-1** Παράδειγμα ισχύος φόρτισης EV DC σε σχέση με το χρόνο  
([https://www.electrical-installation.org/enwiki/Electric\\_Vehicle\\_and\\_EV\\_charging\\_fundamentals](https://www.electrical-installation.org/enwiki/Electric_Vehicle_and_EV_charging_fundamentals))

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 – ΠΡΟΤΥΠΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ

### 6.3 Κανονισμοί και Πιστοποίηση για Ηλεκτρικά Οχήματα

Η αναγνώριση ότι η κλιματική αλλαγή αποτελεί πραγματική απειλή για τη βιώσιμη συνέχιση του τρόπου ζωής μας, έχει οδηγήσει σε έκρηξη στις εναλλακτικές λύσεις για τις μεταφορές που βασίζονται στα ορυκτά καύσιμα. Από τις αρχές της δεκαετίας του 2000, η εμφάνιση υβριδικών και πλήρως ηλεκτρικών οχημάτων (EV) ηλεκτρικού αερίου έχει επιταχυνθεί δραματικά.

Η πρόοδος στις τεχνολογίες μπαταριών και στη μηχανική εκμάθηση έχουν ενεργοποιήσει εκ νέου το ενδιαφέρον για τα ηλεκτρικά οχήματα και οι περισσότεροι παραδοσιακοί κατασκευαστές αυτοκινήτων διαθέτουν ηλεκτρικά οχήματα στην αγορά. Εκτός από τους στόχους βιωσιμότητας, τα υψηλότερα πρότυπα εκπομπών, η πτώση των τιμών της τεχνολογίας EV, οι αυξήσεις στην πυκνότητα ενέργειας των μπαταριών και η πιο διαδεδομένη υποδομή φόρτισης καθιστούν τα ηλεκτρικά οχήματα το μέλλον των μεταφορών (ARROW (2021), *Regulations and Certification for Electric Vehicles*).

#### 6.3.1 Ανάγκη για Πιστοποιήσεις και Πρότυπα

Είναι σημαντικό να θεσπιστούν πρότυπα για να διασφαλιστεί ότι οι τεχνολογίες EV είναι αξιόπιστες. Η ασφαλής λειτουργία και η αξιοπιστία των μπαταριών, των χειριστηρίων, των βυσμάτων σύνδεσης, των διακοπών και των καλωδίων πρέπει να διασφαλίζονται για την ηρεμία των επιβαινόντων και την αποφυγή ατυχημάτων. Τα ρυθμιστικά πλαίσια που καθορίζουν σημεία αναφοράς για διάφορες τεχνολογίες εξαρτημάτων EV και προσφέρουν μια διαδικασία πιστοποίησης για τους παρόχους θα αυξήσουν την εμπιστοσύνη των καταναλωτών, την ασφάλεια και τη συμμόρφωση των προμηθευτών. Τα βασικά οφέλη από την καθιέρωση παγκόσμιων προτύπων και πιστοποιήσεων περιλαμβάνουν (ARROW (2021), *Regulations and Certification for Electric Vehicles*):

- Ασφάλεια προσωπικού, προϊόντων και υποδομής φόρτισης
- Διαλειτουργικότητα ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια κοινή υποδομή
- Μείωση κόστους για να εξασφαλιστεί η μαζική παραγωγή και η προσβασιμότητα της τεχνολογίας EV
- Αυξημένη υιοθέτηση νέων τεχνολογιών που στηρίζουν την επανάσταση των EV

Πολλά πρότυπα δημοσιεύονται σε παγκόσμιο επίπεδο από τη Διεθνή Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (IEC) και τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (ISO) και μεταφέρονται σε υπερεθνικές και εθνικές εκδόσεις.

### 6.3.2 Επισκόπηση των Κύριων Διεθνών Προτύπων που σχετίζονται με την Ηλεκτροκίνηση

Επί του παρόντος, δεν υπάρχει ενιαίο παγκόσμιο πρότυπο EV. Πολλά από τα μεγάλα κέντρα παραγωγής EV – συμπεριλαμβανομένης της Ιαπωνίας, της Ευρώπης, της Βόρειας Αμερικής και της Κίνας – προωθούν διαφορετικές ιδέες σε διάφορους τομείς, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 7-1

Παράδειγμα σταθμού φόρτισης με μηχανισμό ελέγχου ταυτότητας ([https://www.electrical-installation.org/en/wiki/EV\\_charging\\_station\\_design](https://www.electrical-installation.org/en/wiki/EV_charging_station_design)). Αν και οι ρυθμιστικές πιστοποιήσεις συνήθως ακολουθούν την τεχνολογική καινοτομία, χρησιμεύουν ως μια σημαντική ιεροτελεστία για την πρόσβαση στην αγορά των ηλεκτρικών οχημάτων. Ορίζοντας βασικές κατευθυντήριες γραμμές για την ασφάλεια και τη συμμόρφωση με το περιβάλλον, τα ρυθμιστικά πρότυπα επηρεάζουν την εξέλιξη της τεχνολογίας. Για τις τεχνολογίες οχημάτων EV, τέσσερις κύριοι τομείς αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος των προσπαθειών ρύθμισης και καθορισμού προτύπων (ARROW (2021), *Regulations and Certification for Electric Vehicles*):

- Ασφάλεια και προστασία
- Υποδοχές φόρτισης
- Τοπολογία φόρτισης
- Επικοινωνίες σχετικές με τη φόρτιση EV



**Εικόνα 6-1 Επισκόπηση βασικών προτύπων EV**  
(<https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/regulations-and-certification-for-electric-vehicles>)



### 6.3.3 Ασφάλεια και προστασία

Τα EV απαιτούν αυστηρές δοκιμές ασφαλείας. Τα ίδια πρότυπα ασφαλείας που απαιτούνται για τα συμβατικά οχήματα ισχύουν και για τα EV. Το πρότυπο ασφαλείας καλύπτει ένα ευρύ φάσμα συγκεκριμένων λεπτομερειών που σχετίζονται με τη διαχείριση πληροφοριών, το απόρρητο, την εγκατάσταση, την πρόληψη τραυματισμών από τους επιβάτες και τη μόνωση έναντι ηλεκτροπληξίας. Τα θέματα ασφαλείας των EV καλύπτονται σε μεγάλο βαθμό από το διεθνές πρότυπο ISO 6469. Αυτό το πρότυπο αποτελείται από τρία μέρη (ARROW (2021), *Regulations and Certification for Electric Vehicles*:

- Ενσωματωμένη αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή η μπαταρία
- Λειτουργική ασφάλεια σημαίνει προστασία από βλάβες
- Προστασία προσώπων από ηλεκτρικούς κινδύνους

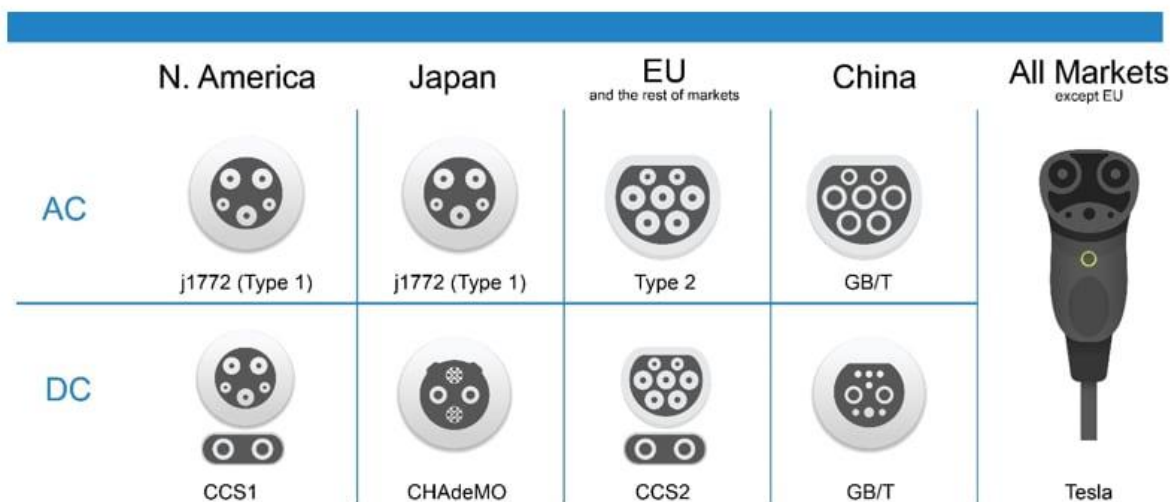
Ο Πίνακας 6-1 περιγράφει τα πρότυπα ασφαλείας εκτός του ISO 6469.

**Πίνακας 6-1 Πρότυπα ασφαλείας εκτός του ISO 6469.**

Τυπικό όνομα	Περιγραφή
ISO/IEC 27000	Παρέχει συστάσεις βέλτιστων πρακτικών σχετικά με τη διαχείριση της ασφάλειας των πληροφοριών, συμπεριλαμβανομένου του απορρήτου, της εμπιστευτικότητας και ζητημάτων πληροφορικής/τεχνικής/κυβερνοασφάλειας
IEC 60364-7-722	Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης - Μέρος 7-722: Απαιτήσεις για ειδικές εγκαταστάσεις ή τοποθεσίες - Προμήθειες για ηλεκτρικά οχήματα
SAE J1766	Εξασφαλίζει επαρκή εμπόδια μεταξύ των επιβατών και των συστημάτων μπαταριών για προστασία από δυνητικά επιβλαβείς παράγοντες και υλικά μέσα στο σύστημα μπαταριών που μπορούν να τραυματίσουν τους επιβάτες του οχήματος κατά τη διάρκεια μιας σύγκρουσης
ISO 17409	Απαιτήσεις ασφαλείας για αγωγή σύνδεση EV με εξωτερικά ηλεκτρικά κυκλώματα
IEC 61140	Προστασία από ηλεκτροπληξία. Κοινές πτυχές για την εγκατάσταση και τον εξοπλισμό
IEC 62040	Συστήματα αδιάλειπτης ισχύος (UPS)
IEC 60529	Βαθμοί προστασίας που παρέχονται από περιβλήματα (Κωδικός IP)










## 6.4 Βύσματα φόρτισης

Το πρότυπο τύπου βύσματος φόρτισης EV ή βύσματος διαφέρει ανάλογα με τη γεωγραφία και τα μοντέλα. Αν και δεν υπάρχει συναίνεση για μια καθολική τεχνολογία βύσματος, όπως φαίνεται στην



Εικόνα 6-2, υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός παγκόσμιων αυτοκινητοβιομηχανιών που υποστηρίζουν το Σύστημα Συνδυασμένης Φόρτισης (CCS - Combined Charging System) στη Βόρεια Αμερική και την Ευρώπη. Οι ιαπωνικές αυτοκινητοβιομηχανίες χρησιμοποιούν το CHarge de MOve (CHAdemo) και η Κίνα – η μεγαλύτερη αγορά ηλεκτρικών οχημάτων στον κόσμο χρησιμοποιεί GB/T. Όλα τα πρότυπα σκοπεύουν να ορίσουν μια κοινή αρχιτεκτονική συστήματος φόρτισης αγωγίμου ηλεκτρικού οχήματος, συμπεριλαμβανομένων των λειτουργικών απαιτήσεων και των λειτουργικών και διαστάσεων απαιτήσεων για την είσοδο και τη σύνδεση του οχήματος.

Στη Βόρεια Αμερική, το SAE J1772 (IEC 62196 Type 1), γνωστό και ως βύσμα J, είναι το πρότυπο για ηλεκτρικές συνδέσεις για ηλεκτρικά οχήματα. Διατηρείται από το SAE International και με επίσημο τίτλο "SAE Surface Vehicle Recommended Practice J1772, SAE Electric Vehicle Conductive Charge Coupler", καλύπτει τις γενικές φυσικές, ηλεκτρικές, πρωτόκολλο επικοινωνίας και απαιτήσεις απόδοσης για το αγωγίμο σύστημα φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος και τον ζεύκτη. (ARROW (2021), *Regulations and Certification for Electric Vehicles*)

	N. America	Japan	EU and the rest of markets	China	All Markets except EU
AC	 j1772 (Type 1)	 j1772 (Type 1)	 Type 2	 GB/T	 Tesla
DC	 CCS1	 CHAdeMO	 CCS2	 GB/T	

**Εικόνα 6-2 Τύποι συνδετήρων EV** (<https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/regulations-and-certification-for-electric-vehicles>)

#### 6.4.1 Βύσματα φόρτισης (υποδοχές) αναλυτικά

Υπάρχουν διάφοροι τύποι βυσμάτων για τη σύνδεση του καλωδίου φόρτισης στην είσοδο του οχήματος. Οι υποδοχές AC ορίζονται από το IEC 62196-2, οι υποδοχές DC ορίζονται από το IEC 62196-3. (ARROW (2021), *Regulations and Certification for Electric Vehicles*)

##### 6.4.1.1 Υποδοχή τύπου 1 (SAE J1772)

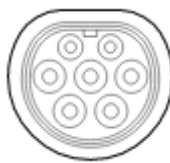


**Εικόνα 6-3 Η υποδοχή τύπου 1 χρησιμοποιείται με σταθμό φόρτισης AC** .(<https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/regulations-and-certification-for-electric-vehicles>)

Η υποδοχή J1772 είναι εύκολα αναγνωρίσιμη από τρεις μεγάλες ακίδες – παρόμοιες με τη διάταξη της πρίζας στο σπίτι – και δύο μικρότερες ακίδες για τη σύνδεση του αυτοκινήτου. Τα τρία μεγάλα βύσματα είναι για ηλεκτρικό δίκτυο ( Φάση, Ουδέτερο και Γείωση) ενώ τα δύο μικρά βύσματα χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία μεταξύ του φορτιστή και του ηλεκτρικού αυτοκινήτου (Pilot Interface).

Μπορεί να αποδώσει ισχύ μεταξύ 3 και 7,4 kW και υποστηρίζει μόνο μονοφασική παροχή με μέγιστο ρεύμα 32 A. Περιλαμβάνει επιπλέον προστασία για το κλείδωμα του βύσματος κατά τη φόρτιση, προκειμένου να αποφευχθεί η αποσύνδεση από τρίτους. Χρησιμοποιείται κυρίως στις ΗΠΑ και την Ιαπωνία, αλλά είναι επίσης αποδεκτό στην Ευρώπη. (ARROW (2021), *Regulations and Certification for Electric Vehicles*)

#### 6.4.1.2 Υποδοχή τύπου 2 (IEC 62196-2)



**Εικόνα 6-4** Η υποδοχή τύπου 2 χρησιμοποιείται με σταθμό φόρτισης AC. (<https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/regulations-and-certification-for-electric-vehicles>)

Αυτός ο τύπος βύσματος είναι εγκεκριμένος από το ευρωπαϊκό πρότυπο. Η πρίζα είναι στρογγυλή αλλά με επίπεδη άκρη στο επάνω μέρος. Η κατανομή των βυσμάτων είναι: τρεις φάσεις (L1, L2, L3), ουδέτερος, γείωση και δύο βύσματα για την επικοινωνία

Επιτρέπει επαναφόρτιση μεταξύ 3 και 43 kW και μπορεί να υποστηρίξει μονοφασική παροχή έως 16 A και τριφασική έως 63 A. Μια εξέλιξη αυτού του βύσματος είναι το T2-S που περιλαμβάνει πρόσθετο κλείδωμα στο βύσμα. Στη Γαλλία, η έκδοση σύνδεσης T2-S είναι υποχρεωτική. (ARROW (2021), *Regulations and Certification for Electric Vehicles*)

#### 6.4.1.3 Υποδοχή τύπου 3

Αυτός ο τύπος υποδοχής αντικαθίσταται από την υποδοχή τύπου 2.

#### 6.4.1.4 Υποδοχή CHAdeMO

Η υποδοχή CHAdeMO χρησιμοποιείται με σταθμό φόρτισης DC. Το CHAdeMO είναι σύνοψη του "Charge Move". Αλλά το ακρωνύμιο υπάρχει και στην ιαπωνική πρόταση: "O cha demo ikaga desuka" που μεταφράζεται ως "Θα πιεις τσάι ενώ φορτίζει το αυτοκίνητο". Αυτός ο τρόπος φόρτισης προτάθηκε από τον συνασπισμό Toyota, Mitsubishi και Nissan και προτείνει γρήγορη φόρτιση με συνεχές ρεύμα. Μπορεί να αποδώσει έως και 62,5 kW και μπορεί να φτάσει τα 125 A, ωστόσο η αναθεωρημένη προδιαγραφή CHAdeMO 2.0 επιτρέπει έως και 400 kW. (ARROW (2021), *Regulations and Certification for Electric Vehicles*)

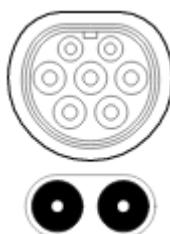
#### 6.4.1.5 Σύστημα συνδυασμένης φόρτισης (CCS) Combo 1



**Εικόνα 6-5** Το CCS Combo 1 (<https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/regulations-and-certification-for-electric-vehicles>)

Το CCS Combo 1 είναι στην ουσία η υποδοχή J1772 Type 1 στην οποία έχουν προστεθεί δύο επιπλέον ακίδες. Το σύστημα συνδυασμένης φόρτισης είναι κατασκευασμένο για γρήγορη φόρτιση DC. Η υποδοχή μπορεί να κάνει φόρτιση AC και DC έως 350 kW. (ARROW (2021), *Regulations and Certification for Electric Vehicles*)

#### **6.4.1.6 Σύστημα συνδυασμένης φόρτισης (CCS) Combo 2 (IEC 62196-3)**



**Εικόνα 6-6 Το CCS Combo 2 (<https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/regulations-and-certification-for-electric-vehicles>)**

Το CCS Combo 2 βασίζεται στην υποδοχή Τύπου 2 στην οποία προστίθενται δύο επιπλέον ακίδες. Το σύστημα συνδυασμένης φόρτισης είναι κατασκευασμένο για γρήγορη φόρτιση DC. Η υποδοχή μπορεί να κάνει φόρτιση AC και DC έως 350 kW.

### **6.5 Επικοινωνία**

Σήμερα, πολύ λίγοι σταθμοί φόρτισης (τόσο στο σπίτι όσο και στο κοινό) διαθέτουν έξυπνο δίκτυο και ακόμη λιγότερα αυτοκίνητα επιτρέπουν τη σύνδεση V2G (από όχημα σε δίκτυο). Ωστόσο, η αυξανόμενη διείσδυση των EV είναι πιθανό να αυξήσει την ανάγκη για κοινά πρότυπα για την υποδομή φόρτισης και τη διαλειτουργικότητα μεταξύ των σταθμών φόρτισης, των δικτύων διανομής και των ίδιων των ηλεκτρικών οχημάτων. Η διαλειτουργικότητα είναι το κλειδί όχι μόνο για την προστασία από το κλείδωμα του προμηθευτή υποδομής φόρτισης, αλλά και για να επιτραπεί η οικονομικά αποδοτική συνδεσιμότητα των EV με ποικίλη υποδομή φόρτισης και μέτρησης.

Το ISO15118 – διεθνές πρότυπο για αμφίδρομες ψηφιακές επικοινωνίες μεταξύ ηλεκτρικών οχημάτων και σταθμού φόρτισης – ορίζει μια διεπαφή επικοινωνίας V2G για αμφίδρομη φόρτιση/εκφόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων. Το ISO15118 είναι ένας βασικός παράγοντας ενεργοποίησης της δυνατότητας "plug & charge", που επιτρέπει στους οδηγούς EV να εισάγουν το βύσμα του φορτιστή στο αυτοκίνητο, να φορτίσουν και να απομακρυνθούν όταν είναι έτοιμοι. Αυτή η διαδικασία ενεργοποιείται από ένα ψηφιακό πιστοποιητικό στο όχημα, που του επιτρέπει να επικοινωνεί με το σύστημα διαχείρισης σημείου φόρτισης (CPMS). Αυτό επιτρέπει μια απρόσκοπτη διαδικασία φόρτισης από άκρο σε άκρο, η οποία περιλαμβάνει αυτόματο έλεγχο ταυτότητας και χρέωση, και αποφεύγει την ανάγκη χρήσης κάρτας RFID, εφαρμογής ή απομνημόνευσης PIN. Ακολουθεί η λίστα των κοινών

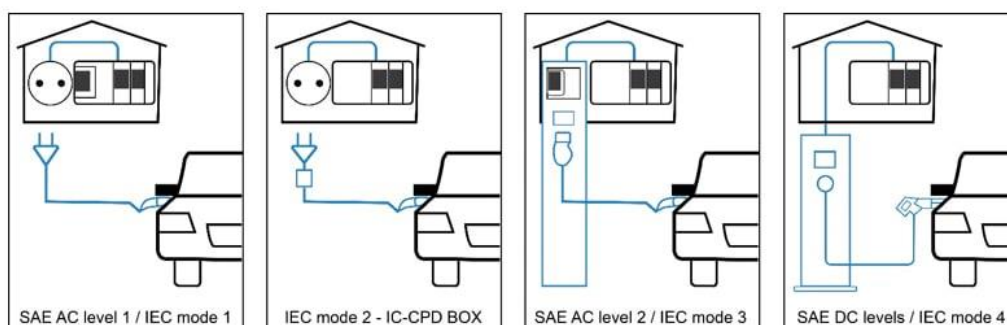
προτύπων για την επικοινωνία EV (ARROW (2021), *Regulations and Certification for Electric Vehicles*)

**Πίνακας 6-2 Κοινά πρότυπα για την επικοινωνία EV**

Τυπικό όνομα	Περιγραφή
ISO/IEC 15118	Διεπαφή επικοινωνίας για αμφίδρομη φόρτιση/εκφόρτιση ηλεκτρικού οχήματος
SAE J2847	Επικοινωνία μεταξύ βυσμάτων οχημάτων και φορτιστών συνεχούς ρεύματος εκτός οχήματος
IEC 61851-24	Σύστημα φόρτισης αγωγίμου ηλεκτρικού οχήματος - Μέρος 24: Ψηφιακή επικοινωνία μεταξύ ενός σταθμού φόρτισης DC EV και ενός ηλεκτρικού οχήματος για τον έλεγχο της φόρτισης DC
SAE J2931	Απαιτήσεις ασφαλείας για την ψηφιακή επικοινωνία μεταξύ του Εξοπλισμού Προμήθειας Ηλεκτρικών Οχημάτων (EVSE) και του βοηθητικού προγράμματος, ESI, Advanced Metering Infrastructure (AMI) και/ή Home Area Network (HAN)
IEC 61850	Δίκτυα και συστήματα επικοινωνίας για αυτοματισμούς ηλεκτρικής ενέργειας - ΟΛΑ ΤΑ ΑΝΤΑΛΛΑΚΤΙΚΑ

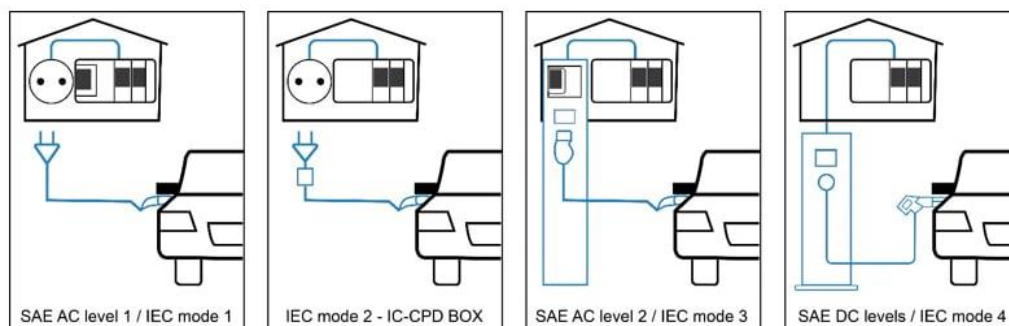
## 6.6 Φόρτιση EV

Το πρότυπο IEC 61851 αφορά συστήματα φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Το πρότυπο περιγράφει τέσσερις τρόπους φόρτισης



Εικόνα 6-7). Οι τρεις πρώτες λειτουργίες παρέχουν ρεύμα AC στον ενσωματωμένο φορτιστή EV. Ωστόσο, η λειτουργία 4 παρέχει συνεχές ρεύμα απευθείας στην μπαταρία και παρακάμπτει τον ενσωματωμένο φορτιστή. Η λειτουργία 3 χρησιμοποιεί διάφορες λειτουργίες ελέγχου και προστασίας με

στόχο τη δημόσια ασφάλεια. (Regulations and Certification for Electric Vehicles) (ARROW (2021), *Regulations and Certification for Electric Vehicles*)



**Εικόνα 6-7 Τοπολογίες φόρτισης EV** (<https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/regulations-and-certification-for-electric-vehicles>)

**Πίνακας 6-3 Τρόποι φόρτισης**

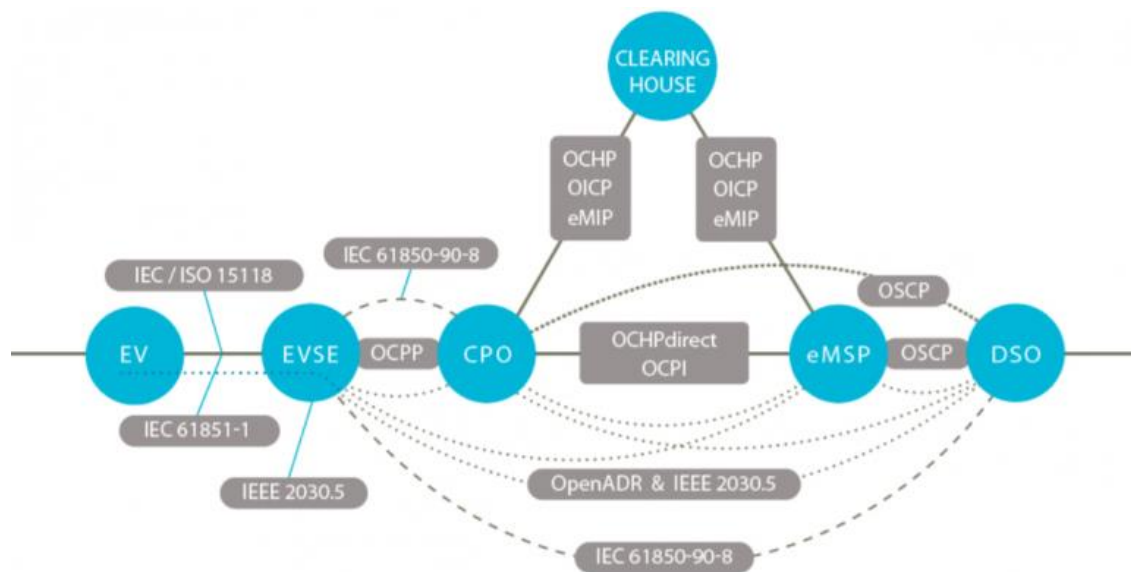
Φόρτιση EV	Περιγραφή
Λειτουργία 1	Φόρτιση με AC σε μια τυπική οικιακή πρίζα τοίχου, είτε 1 είτε 3 φάσης, με ρεύματα έως 16A. Σε αυτή τη λειτουργία, δεν υπάρχει επικοινωνία μεταξύ της πηγής/δικτύου ενέργειας και του οχήματος. Θα πρέπει να εγκατασταθεί διακόπτης σφάλματος γείωσης (GFI)/ανιχνευτής υπολειπόμενου ρεύματος (RCD) στην πλευρά της υποδομής
Λειτουργία 2	Όπως η λειτουργία 1, με υψηλότερα ρεύματα και εξοπλισμό ελέγχου και προστασίας ενσωματωμένο στη συσκευή ελέγχου και προστασίας εντός καλωδίου (IC-CPD). Το IC-CPD προστατεύει από ηλεκτρικούς κινδύνους σε περίπτωση αστοχιών απομόνωσης
Λειτουργία 3	Η φόρτιση με AC πραγματοποιείται μέσω μιας αποκλειστικής πρίζας φόρτισης που είναι συνδεδεμένη σε σταθερό φορτιστή (ή wallbox). Η φόρτιση ελέγχεται μέσω επικοινωνίας μεταξύ της μονάδας φόρτισης και του οχήματος
Λειτουργία 4	Η φόρτιση με συνεχές ρεύμα είναι χρήσιμη όταν πραγματοποιείται φόρτιση με μεγάλη ποσότητα ισχύος.

	Στη λειτουργία IEC 4 υπάρχει μια ειδική θήκη τοίχου με σταθερό καλώδιο φόρτισης και ένα ειδικό βύσμα φόρτισης DC
--	--

## 6.7 Πρωτόκολλα και πρότυπα βιομηχανίας φόρτισης EV

Η τεχνολογία που τροφοδοτεί τη βιομηχανία φόρτισης EV έχει εξελιχθεί τόσο πολύ τα τελευταία χρόνια. Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα εδραιώνονται, οπότε γίνεται επιτακτική η ανάγκη της τυποποίησης των φορτιστών και της εισαγωγής νέων βιομηχανικών πρωτοκόλλων για διαλειτουργικότητα. Είναι ιδιαίτερα δύσκολο να συμβαδίζει κανείς με τις νέες εξελίξεις και να διασφαλίζει ότι οι τεχνολογίες συμμορφώνονται με τους πιο πρόσφατους κανονισμούς και πρότυπα, τα οποία φαίνονται στην Εικόνα 6-8.

Παρακάτω παρατίθεται μια λίστα με τα πρότυπα και τα πρωτόκολλα του κλάδου φόρτισης EV που παρέχουν την ευελιξία που απαιτείται για ολόκληρη την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων και θα αποτελέσουν βασικό παράγοντα για τις μελλοντικές εξελίξεις της υποδομής φόρτισης EV. (Driivz Team (2022), *EV Charging Industry Protocols and Standards*



**Εικόνα 6-8 Πρότυπα και πρωτόκολλα του κλάδου φόρτισης EV**  
(<https://driivz.com/blog/ev-charging-standards-and-protocols/>)

### 6.7.1 OCPP – Open Charge Point Protocol

Το Open Charge Point Protocol (OCPP) είναι ένα πρωτόκολλο εφαρμογής για την επικοινωνία μεταξύ σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων και ενός κεντρικού συστήματος διαχείρισης. Είναι ένα διεθνές πρότυπο ανοιχτού κώδικα, ανεξάρτητο από τον προμηθευτή, το οποίο διατίθεται δωρεάν.

Το πρωτόκολλο αναπτύχθηκε από την Open Charge Alliance (OCA) για την αγορά υποδομής EV και θεωρείται το de-facto πρότυπο για τη διαλειτουργικότητα της υποδομής μεταξύ κατασκευαστών εξοπλισμού φόρτισης, παρόχων λογισμικού και συστημάτων, χειριστών δικτύων χρέωσης



και ερευνητικών οργανισμών. Το πρωτόκολλο είναι ένας αποδεδειγμένος τρόπος βελτιστοποίησης του κόστους και ελαχιστοποίησης του κινδύνου επενδύσεων σε δικτυωμένη υποδομή. Παρέχει εύκολη πρόσβαση στους οδηγούς EV.

Πολλοί βασικοί παράγοντες στη βιομηχανία EV (κατασκευαστές σταθμών φόρτισης, επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας, φορείς εκμετάλλευσης σημείων φόρτισης και πάροχοι λογισμικού back-office) συνέβαλαν στην ανάπτυξη του πρωτοκόλλου.

Η τελευταία έκδοση, το OCPP 2.0.1, διαθέτει πολλές νέες και βελτιωμένες δυνατότητες για τη διαχείριση συσκευών, τη διαχείριση συναλλαγών, την ασφάλεια, τις λειτουργίες έξυπνης φόρτισης, την υποστήριξη για προβολή και ανταλλαγή μηνυμάτων και την επεκτασιμότητα του OCPP.

Το OCPP 2.0.1 προσφέρει επίσης την επιλογή υποστήριξης βύσματος και φόρτισης για ηλεκτρικά οχήματα που υποστηρίζουν το πρωτόκολλο ISO 15118. (Driivz Team (2022), *EV Charging Industry Protocols and Standards*)

### **6.7.2 OCPI – Open Charge Point Interface**

Η διεπαφή ανοικτού σημείου φόρτισης (OCPI) έχει σχεδιαστεί για την ανταλλαγή πληροφοριών σχετικά με τα σημεία φόρτισης μεταξύ φορέων εκμετάλλευσης σημείων φόρτισης και παρόχων υπηρεσιών ηλεκτρονικής κινητικότητας, ώστε να ενεργοποιείται η κλιμακούμενη και αυτοματοποιημένη περιαγωγή EV.

**Υποστηριζόμενες περιπτώσεις χρήσης** (Driivz Team (2022), *EV Charging Industry Protocols and Standards*)

- Πληροφορίες για το σημείο φόρτισης
- Εξουσιοδότηση περιόδων σύνδεσης χρέωσης
- τιμολόγια
- Κράτηση
- Περιαγωγή
- Χειρισμός εγγραφών
- Έξυπνη φόρτιση

**Πιο αναλυτικά περιλαμβάνει:** (Driivz Team (2022), *EV Charging Industry Protocols and Standards*)

- Παροχή πληροφοριών συνεδρίας συμπεριλαμβανομένων πληροφοριών τοποθεσίας
- Αποστολή απομακρυσμένων εντολών, όπως εντολές κράτησης
- Παροχή εγγραφών λεπτομερειών χρέωσης (CDR) για σκοπούς χρέωσης

- Εξουσιοδότηση περιόδων σύνδεσης χρέωσης με ανταλλαγή διακριτικών

### **6.7.3 OpenADR – Open Automated Demand Response**

Το OpenADR είναι ένα ανοιχτό και ασφαλές θεμέλιο για διαλειτουργική ανταλλαγή πληροφοριών για τη διευκόλυνση της αυτοματοποιημένης ανταπόκρισης της ζήτησης.

Συνήθως χρησιμοποιείται για την αποστολή πληροφοριών και σημάτων μεταξύ διαχειριστών συστημάτων διανομής (DSOs), υπηρεσιών κοινής ωφέλειας και συστημάτων διαχείρισης και ελέγχου ενέργειας για την εξισορρόπηση της ζήτησης ενέργειας κατά τις ώρες αιχμής.

Το OpenADR 2.0 επιτρέπει την τυποποίηση των επικοινωνιών απόκρισης ζήτησης (DR) και κατανεμημένων ενεργειακών πόρων (DER) και αυτοματοποιημένων διαδικασιών DR/DER. Απλοποιεί επίσης τη διαχείριση ενέργειας των πελατών και εξαλείφει τα λανθάνοντα περιουσιακά στοιχεία. (Driivz Team (2022), *EV Charging Industry Protocols and Standards*)

### **6.7.4 OSCP – Open Smart Charging Protocol 1.0**

Το OSCP είναι ένα ανοιχτό πρωτόκολλο για επικοινωνίες μεταξύ ενός συστήματος διαχείρισης σημείου φόρτισης και ενός συστήματος διαχείρισης ενέργειας ενός ιδιοκτήτη τοποθεσίας ή ενός συστήματος DSO.

Το πρωτόκολλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να κοινοποιήσει μια πρόβλεψη σε πραγματικό χρόνο της χωρητικότητας του τοπικού δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας στον χειριστή του σημείου φόρτισης. Το OSCP διευκολύνει την έξυπνη φόρτιση των EV βάσει χωρητικότητας. (Driivz Team (2022), *EV Charging Industry Protocols and Standards*)

### **6.7.5 OCHP – Open Clearing House Protocol(e-clearing.net)**

Το Πρωτόκολλο Open Clearing House (OCHP) είναι ένα πρωτόκολλο ανοιχτού κώδικα που επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ ενός συστήματος διαχείρισης χρέωσης και ενός συστήματος συμψηφισμού, με απλό και ομοιόμορφο τρόπο.

Το OCHP επιτρέπει την απεριόριστη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων σε δίκτυα σταθμών φόρτισης (e-Roaming). Χρησιμοποιώντας το OCHP, οι πάροχοι υπηρεσιών eMobility μπορούν να συνδεθούν με φορείς και παρόχους φόρτισης EV για να παρέχουν πρόσβαση στο δίκτυό τους. (Driivz Team (2022), *EV Charging Industry Protocols and Standards*)

### **6.7.6 OICP – Open InterCharge Protocol**

Το OICP αναπτύχθηκε από τη Hubject και είναι ένα εφαρμοσμένο πρότυπο επικοινωνίας μεταξύ του παρόχου υπηρεσιών ηλεκτρονικής κινητικότητας (EMSP - e-mobility service provider) και των συστημάτων χειριστή σημείου χρέωσης (CPO -charge point operator (CPO)) μέσω της πλατφόρμας Hubject.

Το πρωτόκολλο επιτρέπει την ανταλλαγή πληροφοριών, η οποία βασίζεται σε συμβατικές σχέσεις μεταξύ EMSP και CPO με το Hubject, επιτρέποντάς τους να προσφέρουν αξιόπιστη περιαγωγή στους οδηγούς ηλεκτρικών αυτοκινήτων (Driivz Team (2022), *EV Charging Industry Protocols and Standards*).

#### **6.7.7 eMIP – eMobility Interoperation Protocol**

Το eMIP, που παρέχεται από την GIREVE, επιτρέπει την περιαγωγή υπηρεσιών χρέωσης παρέχοντας εξουσιοδότηση χρέωσης και API εκκαθάρισης δεδομένων και πρόσβαση σε μια ολοκληρωμένη βάση δεδομένων σημείων χρέωσης (Driivz Team (2022), *EV Charging Industry Protocols and Standards*).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 - ΥΠΟΔΟΜΗ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΤΑΧΕΙΑΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

### 7.1 Σχεδιασμός σταθμού φόρτισης EV

Ο όρος «σταθμός φόρτισης EV», όπως ορίζεται από το IEC 61851-1, είναι το σταθερό μέρος του εξοπλισμού τροφοδοσίας EV που είναι συνδεδεμένο στο δίκτυο τροφοδοσίας. Μπορεί να είναι είτε επιτοίχιος είτε επιδαπέδιος, AC ή DC. Είναι ειδικός εξοπλισμός για τη φόρτιση EV μέσω της λειτουργίας 3 (AC) και της λειτουργίας 4 (DC).

Λεπτομέρειες σχετικά με το σχεδιασμό και τα χαρακτηριστικά των σταθμών φόρτισης EV στη λειτουργία 3 και στη λειτουργία 4 παρέχονται στη συνέχεια. (Electrical installation Wiki, *EV charging station design*)

### 7.2 Σχεδιασμός σταθμού φόρτισης – πρότυπα IEC

Ο σταθμός φόρτισης στη λειτουργία 3 και στη λειτουργία 4 πρέπει να συμμορφώνεται με το πρότυπο **IEC 61851**. Αυτό το πρότυπο καλύπτει τις μηχανικές και ηλεκτρικές προδιαγραφές, πρότυπα επικοινωνίας και ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα.

**Τα συστήματα φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων κατηγορίας A** είναι εξοπλισμός που είναι κατάλληλος για χρήση σε όλες τις τοποθεσίες εκτός από κατοικίες.

**Τα συστήματα φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων κατηγορίας B** είναι εξοπλισμός που είναι κατάλληλος για χρήση σε οικιστικές εγκαταστάσεις.

Γενικά, τα κύρια χαρακτηριστικά του σταθμού φόρτισης εξαρτώνται από τη χρήση και από την τοποθεσία στην οποία είναι εγκατεστημένη. (Electrical installation Wiki, *EV charging station design*)

### 7.3 Σχεδιασμός σταθμού φόρτισης - Λειτουργία 3 και Λειτουργία 4 κοινά χαρακτηριστικά

#### 7.3.1 Περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά

Ο σταθμός φόρτισης μπορεί να εγκατασταθεί σε εσωτερικούς ή εξωτερικούς χώρους. Για το λόγο αυτό, η προστασία IP είναι τουλάχιστον IP54, ακόμη κι αν συνίσταται IP44 από το IEC 61851-1. Η προστασία IK είναι γενικά IK10. Επίσης ο φορτιστής πρέπει να μπορεί να λειτουργεί έως και 2000 μέτρα υψόμετρο και σε ελάχιστη θερμοκρασία τουλάχιστον -25°C σε εξωτερικό περιβάλλον και -5°C για εσωτερικούς χώρους. Στην πράξη, ο σταθμός φόρτισης μπορεί συνήθως να λειτουργήσει από -30°C έως +50°C και από 5% έως 95% σχετικής υγρασίας. (Electrical installation Wiki, *EV charging station design*)

#### 7.3.2 Έξοδος σταθμού φόρτισης

Ο σταθμός φόρτισης μπορεί να διαθέτει μονή ή πολλαπλή έξοδο. Η μονή έξοδος χρησιμοποιείται συνήθως για μεμονωμένα σπίτια. Η πολλαπλή έξοδος χρησιμοποιείται συνήθως για φορτιστές που είναι εγκατεστημένοι σε

δημόσιους χώρους στάθμευσης. Οι έξοδοι μπορεί να είναι του ίδιου τύπου ή διαφορετικού τύπου.

Στην περίπτωση πολλαπλών εξόδων, ο σταθμός φόρτισης είτε μοιράζει τη συνολική του ισχύ σε όλες τις εξόδους είτε παρέχει πλήρη ισχύ για κάθε έξοδο, ανεξάρτητα από τις άλλες εξόδους. (Electrical installation Wiki, *EV charging station design*)

### 7.3.3 Αυθεντικοποίηση

Όταν ο σταθμός φόρτισης βρίσκεται σε δημόσιο χώρο, μπορεί να διαθέτει μηχανισμό ελέγχου ταυτότητας, για παράδειγμα συσκευή ανάγνωσης RFID (Εικόνα 7-1). Ένας τέτοιος μηχανισμός επιτρέπει την αναγνώριση του χρήστη του σταθμού φόρτισης, ο οποίος θα καθορίσει εάν θα τον εξουσιοδοτήσει ή όχι να χρησιμοποιεί τον σταθμό φόρτισης ή εάν θα τον χρεώσει ή όχι για τη χρήση του.

Είναι επίσης δυνατό να εκχωρηθούν διαφορετικά προνόμια σε διαφορετικούς χρήστες. Για παράδειγμα, δίνοντας προτεραιότητα στους VIP χρήστες, ώστε να μπορούν να φορτίζουν το ηλεκτρικό τους όχημα, όπου υπάρχει σταθμός φόρτισης πολλαπλών εξόδων. (Electrical installation Wiki, *EV charging station design*)



**Εικόνα 7-1** Παράδειγμα σταθμού φόρτισης με μηχανισμό ελέγχου ταυτότητας ([https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV\\_charging\\_station\\_design](https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV_charging_station_design))

### 7.3.4 Επικοινωνία σταθμού φόρτισης

Οι τρόποι επικοινωνίας που είναι δυνατόν να χρησιμοποιούν οι σταθμοί φόρτισης συμβαδίζουν με την υπάρχουσα τεχνολογία. Μπορεί να επιτευχθεί επικοινωνία μέσω Ethernet, Wi-Fi, 3G/4G, Bluetooth, NFC και ακόμη και ενσύρματης επαφής.

Η εξωτερική επικοινωνία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορα σενάρια: (Electrical installation Wiki, *EV charging station design*)

- Έλεγχος χρηστών (εξουσιοδότηση, RFID, παράμετροι, κ.λπ....)

- Συντήρηση (Διάγνωση/επίλυση προβλημάτων)
- Εντολή για περιορισμό ισχύος (λήψη σήματος ώρας αιχμής / εκτός αιχμής)

#### 7.4 Λειτουργία 3 Σχεδιασμός σταθμού φόρτισης

##### 7.4.1 Σταθμός φόρτισης AC - παροχή ρεύματος και ρεύματος

Η ισχύς που παρέχεται από το σταθμό φόρτισης AC είναι 3,7 kW, 7,4 kW, 11 kW ή 22 kW. Το τυπικό μέγιστο ρεύμα που παρέχεται είναι 32 A. (Electrical installation Wiki, *EV charging station design*)

##### 7.4.2 Σταθμός φόρτισης AC - τύπος εγκατάστασης



Επιτοιχίος



Δαπέδου

**Εικόνα 7-2 Παραδείγματα σταθμών φόρτισης ([https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV\\_charging\\_station\\_design](https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV_charging_station_design))**

Δύο κύριοι τύποι εγκατάστασης σταθμού φόρτισης AC είναι δυνατοί - στον τοίχο ή στο πάτωμα (Εικόνα 7-2)

**Η λύση τοίχου** είναι βολική για εγκατάσταση σε σενάρια όπως μεμονωμένα σπίτια μιας οικογένειας.

**Η τοποθέτηση στο δάπεδο** γίνεται πάνω σε βάθρο και χρησιμοποιείται για παράδειγμα σε χώρους στάθμευσης αυτοκινήτων. (Electrical installation Wiki, *EV charging station design*)

##### 7.4.3 Σταθμός φόρτισης AC - με ή χωρίς συνδεδεμένο καλώδιο

Οι σταθμοί φόρτισης AC είτε διαθέτουν συνδεδεμένο καλώδιο είτε απαιτούν τη χρήση ξεχωριστού καλωδίου. Είναι θέμα νομοθεσίας, για παράδειγμα στη χώρα της Σιγκαπούρης είναι υποχρεωτικό το συνδεδεμένο καλώδιο.

Σε ένα σταθμό φόρτισης AC με συνδεδεμένο καλώδιο θα χρησιμοποιείται πάντα ο ίδιος τύπος σύνδεσης. Άρα θα είναι δυνατόν να φορτίζονται συγκεκριμένα μόνο οχήματα.

Σε έναν σταθμό φόρτισης AC χωρίς συνδεδεμένο καλώδιο, είναι δυνατόν να φορτίζεται κάθε αυτοκίνητο καθώς περιλαμβάνει βύσμα κάθε τύπου. Κάθε οδηγός χρησιμοποιεί το δικό του καλώδιο για να συνδεθεί ο σταθμός με το όχημά τους. Περιορισμός στον τύπο του βύσματος μπορεί να υπάρχουν από τους κανονισμούς κάθε χώρας. Για παράδειγμα στη Γαλλία απαγορεύεται η υποδοχή τύπου 2 και πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένας τύπος 2-S. (Electrical installation Wiki, *EV charging station design*)

## **7.5 Λειτουργία 4 Σχεδιασμός σταθμού γρήγορης φόρτισης**

### **7.5.1 Σταθμός γρήγορης φόρτισης - παροχή ρεύματος**

Η ισχύς που παρέχεται από τους σταθμούς γρήγορης φόρτισης DC κυμαίνεται από 24 kW έως περισσότερα από 900 kW με υποδοχή Combo CCS και έως 400 kW με υποδοχή CHAdeMO. (Electrical installation Wiki, *EV charging station design*)

### **7.5.2 Σταθμός γρήγορης φόρτισης - τύπος εγκατάστασης**

Το εύρος ισχύος ενός σταθμού γρήγορης φόρτισης DC μπορεί να κυμαίνεται από 24 kW έως περισσότερα από 900 kW. Αυτό το εύρος προσφέρει ευελιξία όσον αφορά τον σχεδιασμό αυτών των σταθμών

Ο σταθμός που είναι τοποθετημένος σε τοίχο χρησιμοποιείται για φορτιστές περίπου 24 kW. Για υψηλότερες τιμές ισχύος, το βάρος του φορτιστή αυξάνεται, επομένως η εγκατάσταση πρέπει να τοποθετηθεί στο πάτωμα.

Ο δεύτερος τύπος σχεδίασης είναι οι κεντρικοί αυτόνομοι φορτιστές, οι οποίοι είναι επιδαπέδιοι.

Η τελευταία κατηγορία φορτιστή αποτελείται από θάλαμο φόρτισης και ένα έως πολλά περιμετρικά σημεία φόρτισης. Μέσα στο θάλαμο υπάρχουν μονάδες ισχύος. Με αυτόν τον τρόπο, η ισχύς φόρτισης μπορεί να κατανεμηθεί δυναμικά σε κάθε περιμετρικό στοιχείο. Αυτός ο τύπος λύσης χρησιμοποιείται γενικά για σταθμούς φόρτισης DC που παρέχουν ισχύ άνω των 500 kW. (Electrical installation Wiki, *EV charging station design*)

### **7.5.3 Σταθμός γρήγορης φόρτισης - συνδεδεμένο καλώδιο**

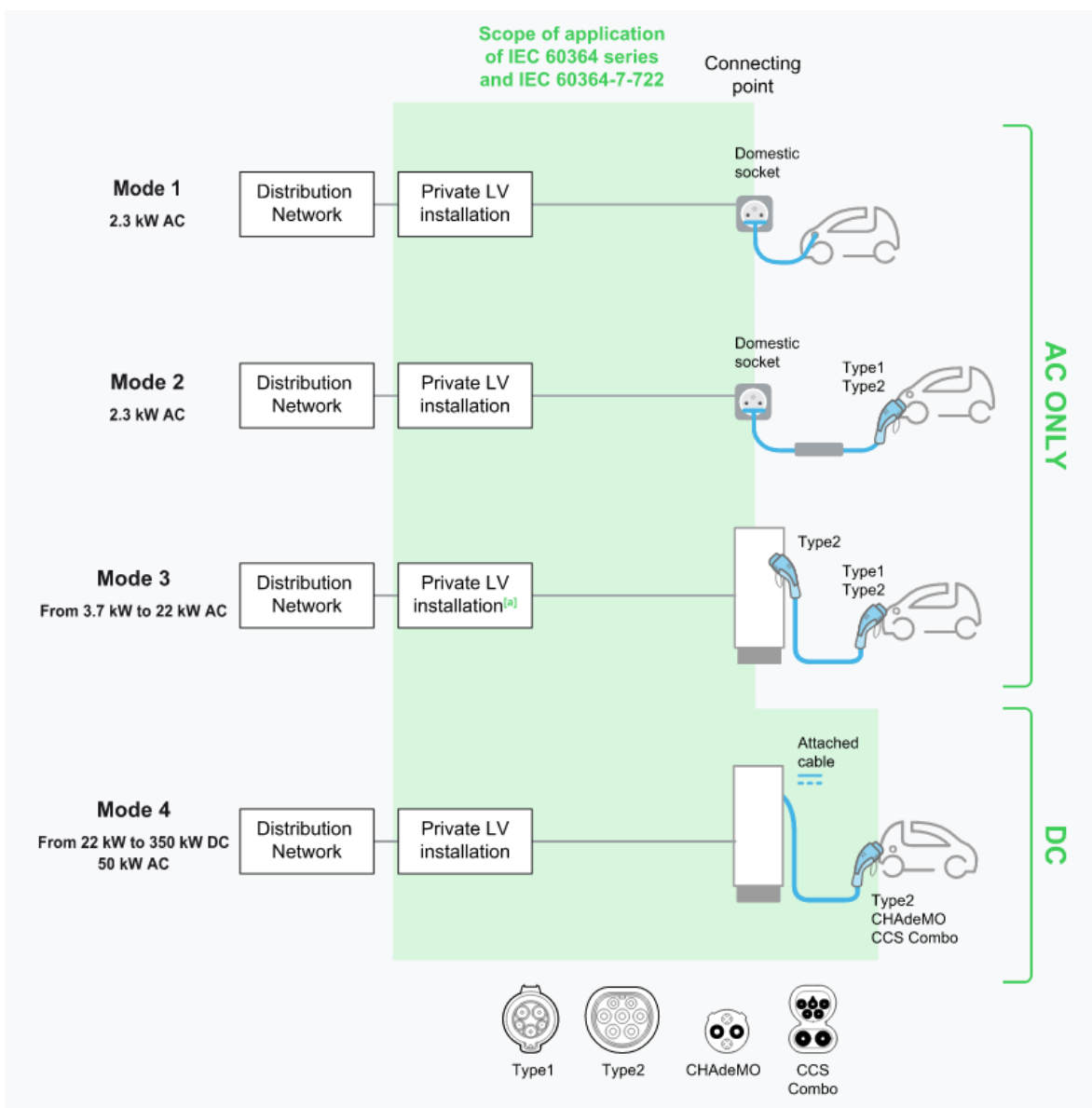
Ένας γρήγορος σταθμός φόρτισης DC απαιτεί συνδεδεμένα καλώδια.

## **7.6 Φόρτιση EV - σχεδιασμός ηλεκτρικής εγκατάστασης**

Η φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων προστίθεται στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης και τις επιβαρύνει. Ειδικές απαιτήσεις για ασφάλεια και σχεδιασμό παρέχονται στο *IEC 60364 Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης – Μέρος 7-722: Απαιτήσεις για ειδικές εγκαταστάσεις ή τοποθεσίες – Προμήθειες για ηλεκτρικά οχήματα*.



Η Εικόνα 7-3 παρακάτω παρέχει μια επισκόπηση του πεδίου εφαρμογής του IEC 60364 για τις διάφορες λειτουργίες φόρτισης EV.



**Εικόνα 7-3** Πεδίο εφαρμογής του προτύπου IEC 60364-7-722, το οποίο καθορίζει τις ειδικές απαιτήσεις κατά την ενσωμάτωση μιας υποδομής φόρτισης EV σε νέες ή υπάρχουσες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις XT. ([https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV\\_charging\\_station\\_design](https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV_charging_station_design))

Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι η συμμόρφωση με το IEC 60364-7-722 καθιστά υποχρεωτική την πλήρη συμμόρφωση των διαφορετικών εξαρτημάτων της εγκατάστασης φόρτισης EV με τα σχετικά πρότυπα προϊόντων IEC. Για παράδειγμα: (Electrical installation Wiki, *EV charging station design*)

- Για τους σταθμούς φόρτισης EV (λειτουργία 3 και 4) πρέπει να υπάρχει συμμόρφωση με το πρότυπο IEC 61851.
- Για τις συσκευές υπολειπόμενου ρεύματος (RCD) πρέπει να υπάρχει συμμόρφωση με ένα από τα ακόλουθα πρότυπα: IEC 61008-1, IEC



61009-1, IEC 60947-2 ή IEC 62423. Το **RDC-DD** θα συμμορφώνεται με το IEC 62955

- Για την προστατευτική συσκευή υπερέντασης πρέπει υπάρχει συμμόρφωση με τα πρότυπα IEC 60947-2, IEC 60947-6-2 ή IEC 61009-1 ή με τα σχετικά μέρη της σειράς IEC 60898 ή της σειράς IEC 60269.
- Όταν το σημείο σύνδεσης είναι μια πρίζα ή ένας σύνδεσμος οχήματος, θα πρέπει να υπάρχει συμμόρφωση με το IEC 60309-1 ή το IEC 62196-1 (όπου δεν απαιτείται εναλλαξιμότητα) ή το IEC 60309-2, IEC 62196-2, IEC 62196-3 ή IEC TS 62196-4 (όπου απαιτείται εναλλαξιμότητα), ή το εθνικό πρότυπο για τις πρίζες, με την προϋπόθεση ότι το ονομαστικό ρεύμα δεν υπερβαίνει τα 16 A.

## 7.7 Επίδραση της φόρτισης EV στη μέγιστη ζήτηση ισχύος και στο μέγεθος του εξοπλισμού

Όπως αναφέρεται στο IEC 60364-7-722.311, "Θεωρείται ότι σε κανονική χρήση, κάθε μεμονωμένο σημείο σύνδεσης χρησιμοποιείται στο ονομαστικό του ρεύμα ή στο διαμορφωμένο μέγιστο ρεύμα φόρτισης του σταθμού φόρτισης. Τα μέσα για τη διαμόρφωση της μέγιστης φόρτισης ρεύμα θα γίνεται μόνο με τη χρήση κλειδιού ή εργαλείου και είναι προσβάσιμο μόνο σε ειδικευμένα ή καταρτισμένα άτομα."

Το μέγεθος του κυκλώματος που τροφοδοτεί ένα σημείο σύνδεσης (λειτουργία 1 και 2) ή έναν σταθμό φόρτισης EV (λειτουργία 3 και 4) θα πρέπει να υλοποιείται σύμφωνα με το μέγιστο ρεύμα φόρτισης (ή μια χαμηλότερη τιμή).

**Πίνακας 7-1 Παραδείγματα κοινών ρευμάτων μεγέθους για τις λειτουργίες 1, 2 και 3**

Χαρακτηριστικά	Λειτουργία φόρτισης				
	Λειτουργία 1 & 2	Λειτουργία 3			
<b>Εξοπλισμός για το μέγεθος του κυκλώματος</b>	Τυπική πρίζα	Μονοφασική ισχύος 3,7 kW	7kW μονοφασική	11 kW τριφασικές	22 kW τριφασικές
<b>Μέγιστο ρεύμα προς εξέταση 230 / 400Vac</b>	16A P+N	16A P+N	32A Π+N	16A 3P+N	32A 3P+N

Το IEC 60364-7-722.311 αναφέρει επίσης ότι "Δεδομένου ότι όλα τα σημεία σύνδεσης της εγκατάστασης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα, ο συντελεστής διαφοροποίησης του κυκλώματος διανομής πρέπει να λαμβάνεται ως ίσος με 1 εκτός εάν περιλαμβάνεται έλεγχος φορτίου στον εξοπλισμό τροφοδοσίας EV ή εγκατασταθεί ανάντη, ή συνδυασμός και των δύο».

Πρέπει να γίνει σχεδιασμός με βάση ότι θα πρέπει να υπάρχει διαθεσιμότητα όλων των τύπων φόρτισης, εκτός εάν χρησιμοποιείται σύστημα διαχείρισης φορτίου (LMS - Load Management System) για τον έλεγχο αυτών των φορτιστών EV. Η εγκατάσταση ενός LMS για τον έλεγχο του EVSE συνιστάται ιδιαίτερα: αποτρέπει την υπερμεγέθυνση, βελτιστοποιεί το κόστος της ηλεκτρικής υποδομής και μειώνει το λειτουργικό κόστος αποφεύγοντας τις αιχμές ζήτησης ενέργειας (Electrical installation Wiki, *EV charging station design*)

## **7.8 Διάταξη αγωγών και συστήματα γείωσης**

Όπως αναφέρεται στο IEC 60364-7-722 (Ρήτρες 314.01 και 312.2.1): (Electrical installation Wiki, *EV charging station design*)

- Πρέπει να παρέχεται ειδικό κύκλωμα για τη μεταφορά ενέργειας από/προς το ηλεκτρικό όχημα.
- Σε ένα σύστημα γείωσης TN, ένα κύκλωμα που τροφοδοτεί ένα σημείο σύνδεσης δεν πρέπει να περιλαμβάνει αγωγό PEN

Θα πρέπει επίσης να επαληθευτεί εάν τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν τους σταθμούς φόρτισης έχουν περιορισμούς που σχετίζονται με συγκεκριμένα συστήματα γείωσης: για παράδειγμα, ορισμένα αυτοκίνητα δεν μπορούν να συνδεθούν στη λειτουργία 1, 2 και 3 στο σύστημα γείωσης IT.

Οι κανονισμοί σε ορισμένες χώρες ενδέχεται να περιλαμβάνουν πρόσθετες απαιτήσεις σχετικά με τα συστήματα γείωσης και την παρακολούθηση της συνέχειας PEN. Παράδειγμα αποτελεί η περίπτωση δικτύου TNC-TN-S (PME) στο ΗΒ. Για να είναι συμβατό με το BS 7671, σε περίπτωση διακοπής PEN, πρέπει να εγκατασταθεί μια συμπληρωματική προστασία που βασίζεται στην παρακολούθηση της τάσης, εάν δεν υπάρχει τοπικό ηλεκτρόδιο γείωσης.

## **7.9 Προστασία από ηλεκτροπληξία**

Οι εφαρμογές φόρτισης EV αυξάνουν τον κίνδυνο ηλεκτροπληξίας, για διάφορους λόγους: (Electrical installation Wiki, *EV charging station design*)

- Υπάρχει κίνδυνος ασυνέχειας του προστατευτικού αγωγού γείωσης (PE) στα βύσματα
- Υπάρχει κίνδυνος μηχανικής βλάβης στη μόνωση του καλωδίου (σύνθλιψη από τα ελαστικά οχημάτων, επαναλαμβανόμενες λειτουργίες...)
- Καταστροφή προστατευτικών καλυμμάτων του φορτιστή και επομένως κίνδυνος επαφής του χρήστη με ενεργά ηλεκτρικά κυκλώματα

- Υγρασία στον ρευματοδότη (χιόνι, βροχή, θαλασσινό νερό...)

Λαμβάνοντας υπόψη αυτούς τους αυξημένους κινδύνους, το IEC 60364-7-722 έχει θέσει ορισμένους κανόνες-περιορισμούς:

- Η πρόσθετη προστασία με Διακόπτη Διαφυγής Έντασης (ΔΔΕ) 30mA είναι υποχρεωτική
- Δεν επιτρέπεται το προστατευτικό μέτρο "τοποθέτηση μακριά", σύμφωνα με το IEC 60364-4-41 Παράρτημα B2
- Δεν επιτρέπονται ειδικά μέτρα προστασίας σύμφωνα με το IEC 60364-4-41 Παράρτημα Γ
- Ο ηλεκτρικός διαχωρισμός για την τροφοδοσία ενός στοιχείου εξοπλισμού που χρησιμοποιεί ρεύμα γίνεται αποδεκτός ως μέτρο προστασίας με μετασχηματιστή απομόνωσης που συμμορφώνεται με το πρότυπο IEC 61558-2-4 και η τάση του διαχωρισμένου κυκλώματος δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 500 V. Αυτό είναι το συνηθισμένο λύση για τη λειτουργία 4.

### **7.9.1 Προστασία από ηλεκτροπληξία με αυτόματη αποσύνδεση της παροχής**

Οι παρακάτω παράγραφοι παρέχουν τις λεπτομερείς απαιτήσεις του προτύπου IEC 60364-7-722:2018 (με βάση τις ρήτρες 411.3.3, 531.2.101 και 531.2.1.1 κ.λπ.).

Κάθε σημείο σύνδεσης εναλλασσόμενου ρεύματος θα προστατεύεται ξεχωριστά από Διακόπτη Διαφυγής Έντασης (ΔΔΕ) με ονομαστική τιμή υπολειπόμενου ρεύματος λειτουργίας που δεν υπερβαίνει τα 30 mA.

Οι RCD που προστατεύουν κάθε σημείο σύνδεσης σύμφωνα με το 722.411.3.3 πρέπει να συμμορφώνονται τουλάχιστον με τις απαιτήσεις ενός RCD τύπου A και να έχουν ονομαστικό υπολειπόμενο ρεύμα λειτουργίας που δεν υπερβαίνει τα 30 mA.

Όπου ο σταθμός φόρτισης EV είναι εξοπλισμένος με πρίζα ή βύσμα οχήματος που συμμορφώνεται με το IEC 62196 (όλα τα μέρη - "Βύσματα, πρίζες, υποδοχές οχήματος και είσοδοι οχήματος - Αγώγιμη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων"), προστατευτικά μέτρα έναντι σφάλματος DC θα λαμβάνεται ρεύμα, εκτός εάν παρέχεται από τον σταθμό φόρτισης EV.

Τα κατάλληλα μέτρα, για κάθε σημείο σύνδεσης, θα είναι τα ακόλουθα: (Electrical installation Wiki, *EV charging station design*)

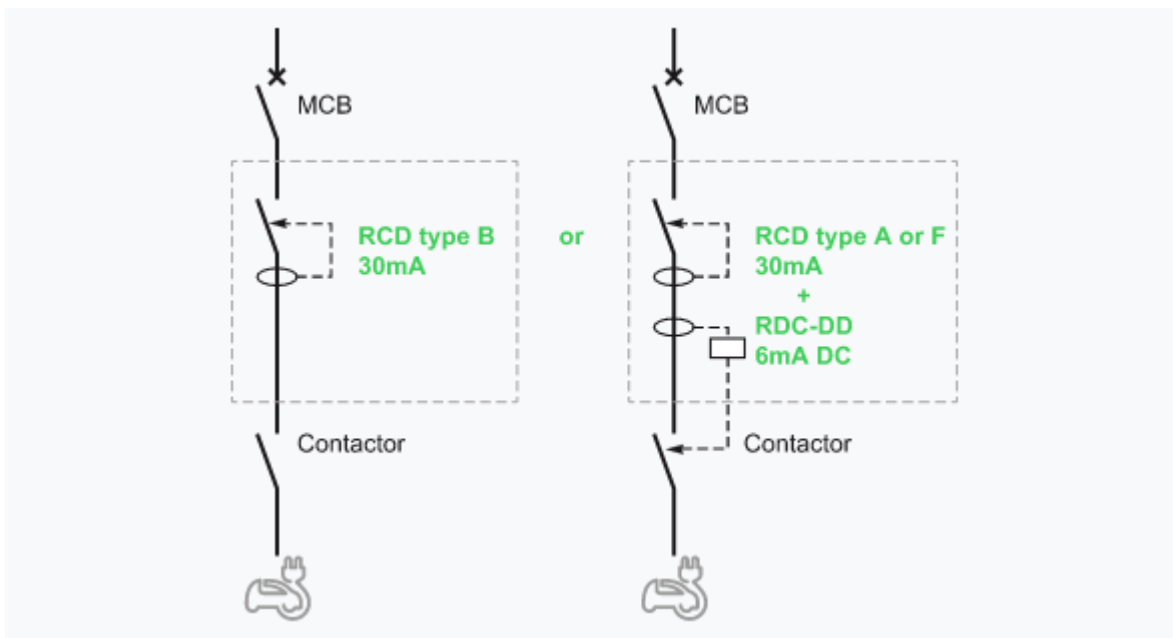
- Η χρήση ενός Διακόπτη Διαφυγής Έντασης (ΔΔΕ) τύπου B, ή
- Η χρήση ενός Διακόπτη Διαφυγής Έντασης (ΔΔΕ) τύπου A (ή F) σε συνδυασμό με μια συσκευή ανίχνευσης υπολειπόμενου συνεχούς ρεύματος (Διακόπτη Διαφυγής Έντασης (ΔΔΕ) -DD) που συμμορφώνεται με το IEC 62955

Οι Διακόπτες Διαφυγής Έντασης (ΔΔΕ) πρέπει να συμμορφώνονται με ένα από τα ακόλουθα πρότυπα: IEC 61008-1, IEC 61009-1, IEC 60947-2 ή IEC 62423.

Οι Διακόπτες Διαφυγής Έντασης (ΔΔΕ) θα αποσυνδέουν όλους τους αγωγούς υπό τάση.

Το Σχήμα 7-1 και ο

Πίνακας 7-2 παρακάτω συνοψίζουν αυτές τις απαιτήσεις.



**Σχήμα 7-1** Οι δύο λύσεις για προστασία από ηλεκτροπληξία (σταθμοί φόρτισης EV, λειτουργία 3) ([https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV\\_charging\\_station\\_design](https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV_charging_station_design))

**Πίνακας 7-2** Σύνθεση της απαίτησης IEC 60364-7-722 για πρόσθετη προστασία από ηλεκτροπληξία με αυτόματη αποσύνδεση της παροχής με RCD 30mA

Λειτουργία 1 & 2	Λειτουργία 3	Λειτουργία 4
RCD 30mA τύπου A	RCD 30mA τύπου B, ή RCD 30mA τύπου A + 6mA RDC-DD, ή RCD 30mA τύπου F + 6mA RDC-DD	Δεν εφαρμόζεται (χωρίς σημείο σύνδεσης AC & ηλεκτρικός διαχωρισμός)

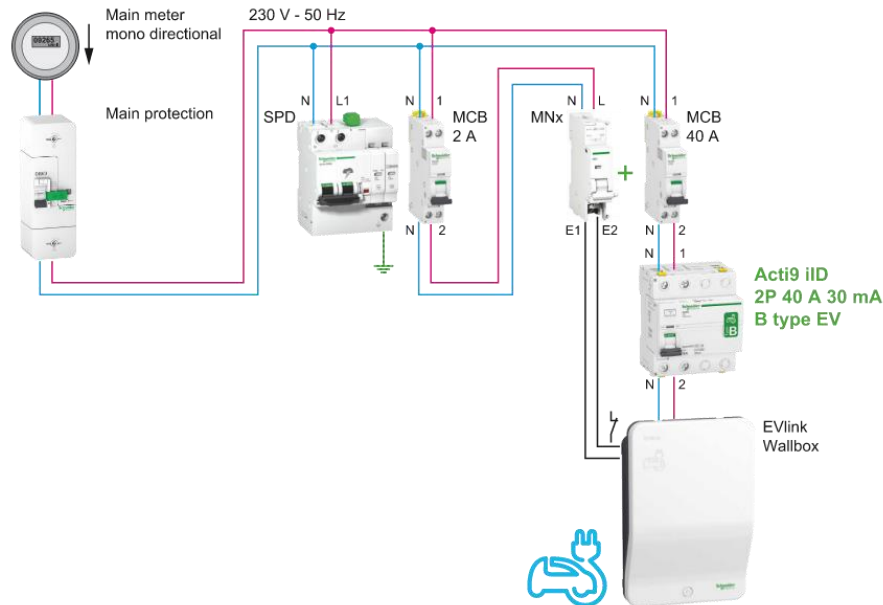
Σημειώσεις:

- Ο Διακόπτης Διαφυγής Έντασης (ΔΔΕ) ή ο κατάλληλος εξοπλισμός που διασφαλίζει την αποσύνδεση της τροφοδοσίας σε περίπτωση σφάλματος DC μπορεί να εγκατασταθεί μέσα στο σταθμό φόρτισης EV, στον πίνακα διανομής ή και στις δύο θέσεις.
- Απαιτούνται συγκεκριμένοι τύποι Διακόπτη Διαφυγής Έντασης (ΔΔΕ), όπως απεικονίζονται παραπάνω, επειδή ο μετατροπέας AC/DC που

περιλαμβάνεται στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα και χρησιμοποιείται για τη φόρτιση της μπαταρίας, μπορεί να δημιουργήσει ρεύμα διαρροής DC.

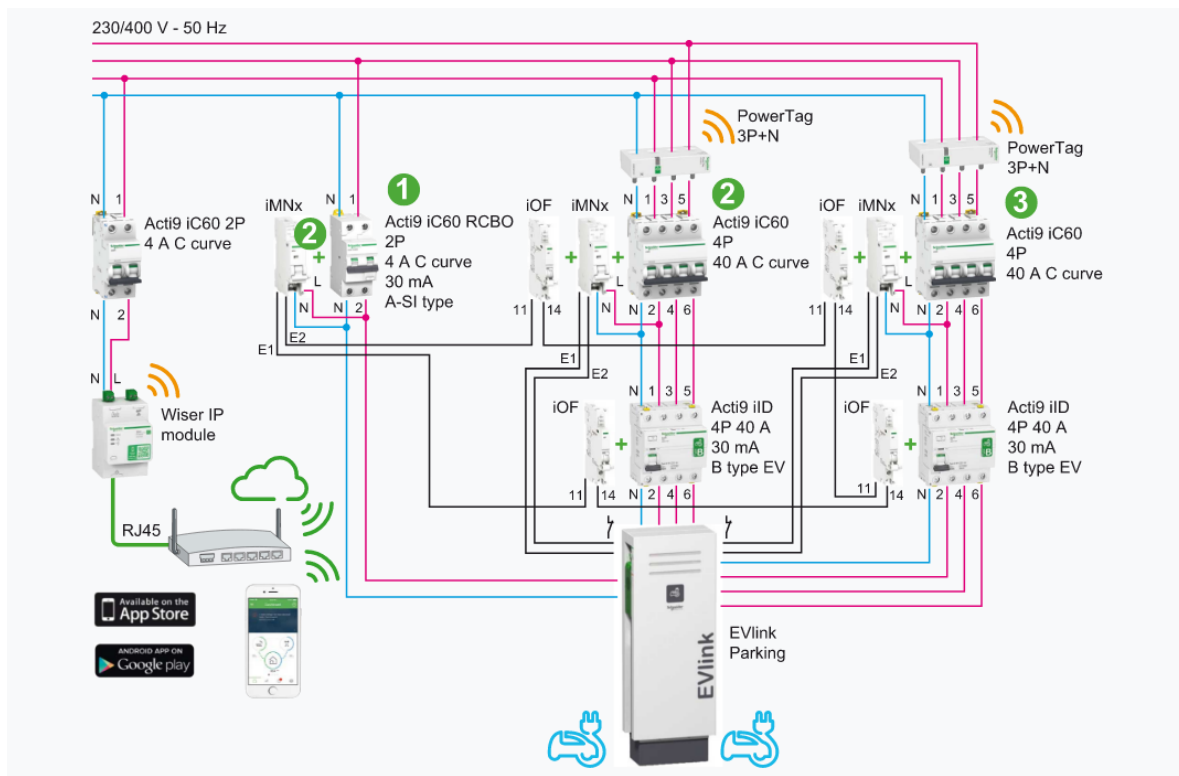
### 7.10 Παραδείγματα ηλεκτρικών διαγραμμάτων φόρτισης EV

Ακολουθούν δύο παραδείγματα ηλεκτρικών διαγραμμάτων για κυκλώματα φόρτισης EV στη λειτουργία 3, τα οποία είναι συμβατά με το IEC 60364-7-722. (Electrical installation Wiki, *EV charging station design*)



**Διάγραμμα 7-1** Παράδειγμα ηλεκτρικού διαγράμματος για έναν σταθμό φόρτισης στη λειτουργία 3 (@home - οικιακή εφαρμογή) ([https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV\\_charging\\_station\\_design](https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV_charging_station_design))

- Ένα αποκλειστικό κύκλωμα για φόρτιση EV, με προστασία υπερφόρτωσης 40A MCB
- Προστασία από ηλεκτροπληξία με Διακόπτη Διαφυγής Έντασης (ΔΔΕ) 30mA τύπου B (μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ΔΔΕ 30mA τύπου A/F + RDC-DD 6mA)
- Ενσωματώνει επίσης συσκευή προστασίας από υπερτάσεις (συνιστάται)



**Διάγραμμα 7-2 Παράδειγμα ηλεκτρικού διαγράμματος για έναν σταθμό φόρτισης (λειτουργία 3) με 2 σημεία σύνδεσης (εμπορική εφαρμογή, στάθμευση )**  
[https://www.electrical-installation.org/en/wiki/EV\\_charging\\_station\\_design](https://www.electrical-installation.org/en/wiki/EV_charging_station_design)

- Κάθε σημείο σύνδεσης έχει το δικό του αποκλειστικό κύκλωμα
- Προστασία από ηλεκτροπληξία κατά 30mA ΔΔΕ τύπου B, ένα για κάθε σημείο σύνδεσης (μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ΔΔΕ τύπου 30mA A/F + ΔΔΕ-DD 6mA)
- Στο σταθμό φόρτισης ενδέχεται να εγκατασταθούν για προστασία από υπέρταση και ΔΔΕ τύπου B. Σε αυτήν την περίπτωση, ο σταθμός φόρτισης θα μπορούσε να τροφοδοτηθεί από τον πίνακα διανομής με ένα μόνο κύκλωμα 63A
- Μπορεί να προστεθεί στο σταθμό φόρτισης ή στον ηλεκτρικό πίνακα (ανάλογα με την απόσταση μεταξύ του πίνακα και του σταθμού φόρτισης) σήμανση για υπερτάσεις

## 7.11 Φόρτιση EV - ηλεκτρικές αρχιτεκτονικές

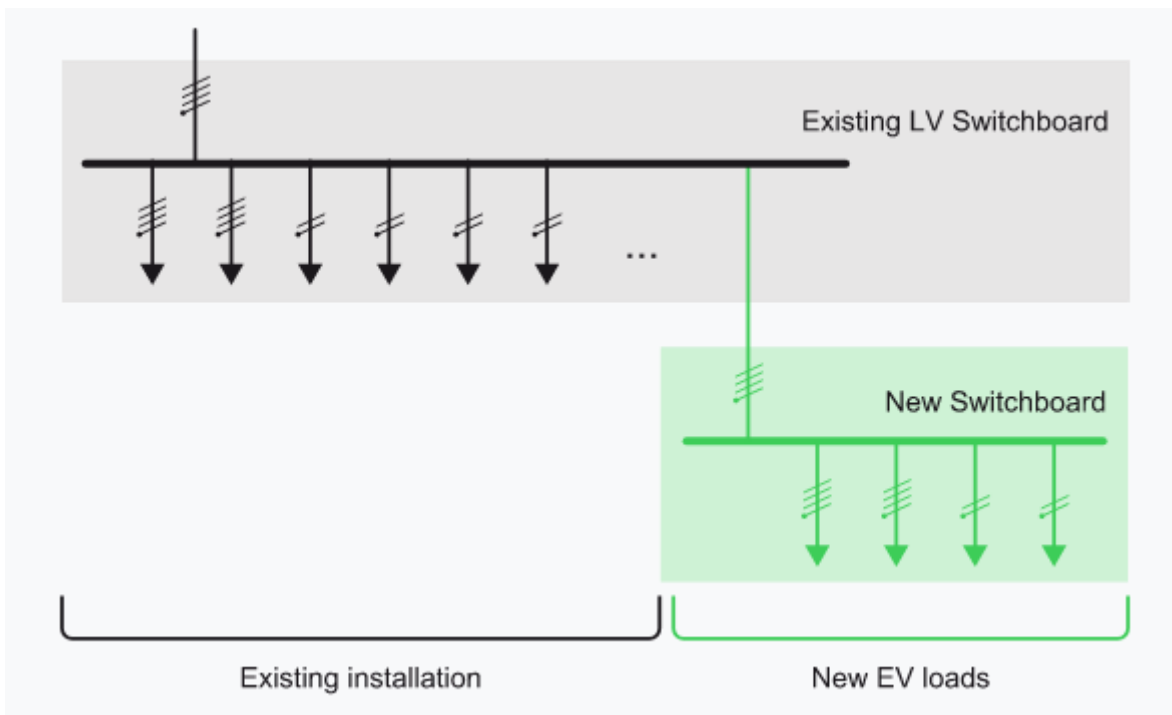
### 7.11.1 Ενσωμάτωση εξοπλισμού τροφοδοσίας EV σε υπάρχουσα εγκατάσταση

Η ενσωμάτωση του εξοπλισμού τροφοδοσίας φόρτισης EV απαιτεί ενσωμάτωση πολλών φορτίων υψηλής ισχύος και προσαρμογή στην υπάρχουσα ηλεκτρική υποδομή.

Αυτή η ενότητα παρουσιάζει βασικές αρχές για το σχεδιασμό της υποδομής φόρτισης EV και την ενσωμάτωσή της στην υπάρχουσα ηλεκτρική εγκατάσταση. (Electrical installation Wiki, *EV charging station design*)

### 7.11.2 Απαίτηση ισχύος φόρτισης EV χαμηλότερη από την εγκατεστημένη ζήτηση ισχύος

Εάν η ποσότητα των σημείων φόρτισης και η χωρητικότητά τους είναι σημαντικά χαμηλότερη από την εγκατεστημένη ισχύ, μια επιλογή προς διερεύνηση θα μπορούσε να είναι η ενσωμάτωση των φορτιστών EV στην υπάρχουσα ηλεκτρική εγκατάσταση, όπως φαίνεται στο Σχήμα 7-2



**Σχήμα 7-2 Φορτία EV ενσωματωμένα στην υπάρχουσα ηλεκτρική υποδομή**  
([https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV\\_charging\\_station\\_design](https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV_charging_station_design))

Η ενσωμάτωση φορτιστών EV στην υπάρχουσα ηλεκτρική υποδομή είναι μια ενδιαφέρουσα επιλογή εάν δεν απαιτεί σημαντικές αλλαγές ή αντικατάσταση εξοπλισμού.

Θα πρέπει να υπάρχει πληροφόρηση από τον πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας για το περιθώριο φορτίου ισχύος που μπορεί να προστεθεί χωρίς αλλαγή της υπάρχουσας ηλεκτρικής υποδομής. Θα πρέπει επίσης να ληφθούν μέτρα

ενεργειακής απόδοσης για τη μείωση της υπάρχουσας κατανάλωσης των φορτίων.

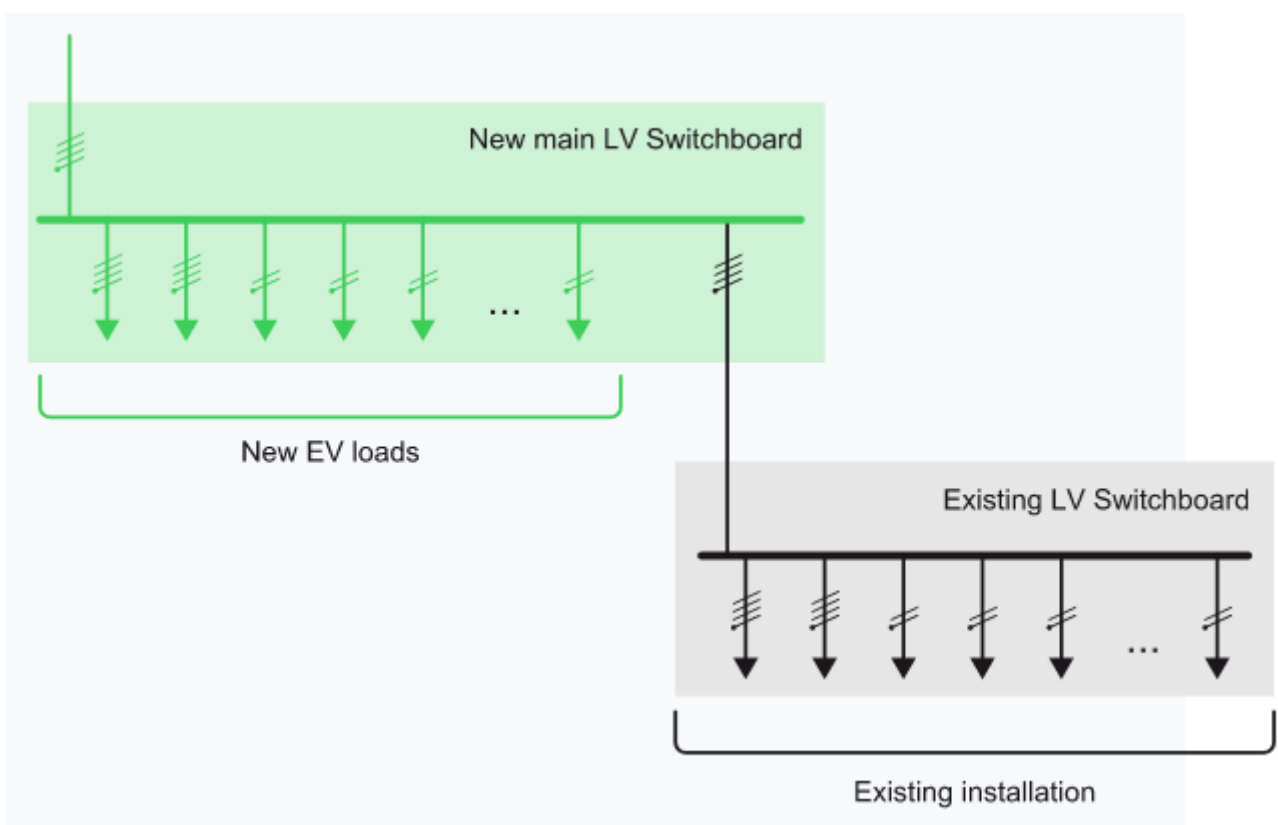
Εάν ο υπάρχων πίνακας διανομής χαμηλής τάσης δεν μπορεί να φιλοξενήσει την πρόσθετη ισχύ ή/και συσκευές που απαιτούνται, συνιστάται η επιλογή που περιγράφεται στην επόμενη παράγραφο. (Electrical installation Wiki, *EV charging station design*)

### 7.11.3 Απαίτηση ισχύος φόρτισης EV ισοδύναμη ή μεγαλύτερη από την υπάρχουσα ζήτηση ισχύος

Εάν η ζήτηση ισχύος των νέων φορτίων EV ισούται ή υπερβαίνει την εγκατεστημένη ισχύς, προτείνεται η εγκατάσταση νέας παροχής για να ενσωματωθούν όλα τα φορτία EV (Σχήμα 7-3)

Η υπάρχουσα ηλεκτρική εγκατάσταση θα συνδεθεί στον πίνακα της νέας παροχής με υποπίνακα. Η νέα εγκατάσταση της φόρτισης και τα υπάρχοντα φορτία μπορούν να προστατευτούν με διαφορετικά ασφαλιστικά μέσα..

Εάν υπάρχουν αρκετοί φορτιστές EV που βρίσκονται στην ίδια περιοχή, θα μπορούσαν να εγκατασταθούν δευτερεύοντες πίνακες διανομής χαμηλής τάσης κοντά στην περιοχή φόρτισης EV προκειμένου να μειωθεί το μήκος του καλωδίου, άρα και η πτώση τάσης.



**Σχήμα 7-3 Φορτία EV ενσωματωμένα σε νέο κεντρικό πίνακα διανομής χαμηλής τάσης ([https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV\\_charging\\_station\\_design](https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV_charging_station_design))**

Η δημιουργία ενός νέου κύριου πίνακα διανομής χαμηλής τάσης παρουσιάζει το πλεονέκτημα της ελαχιστοποίησης των αλλαγών στην υπάρχουσα

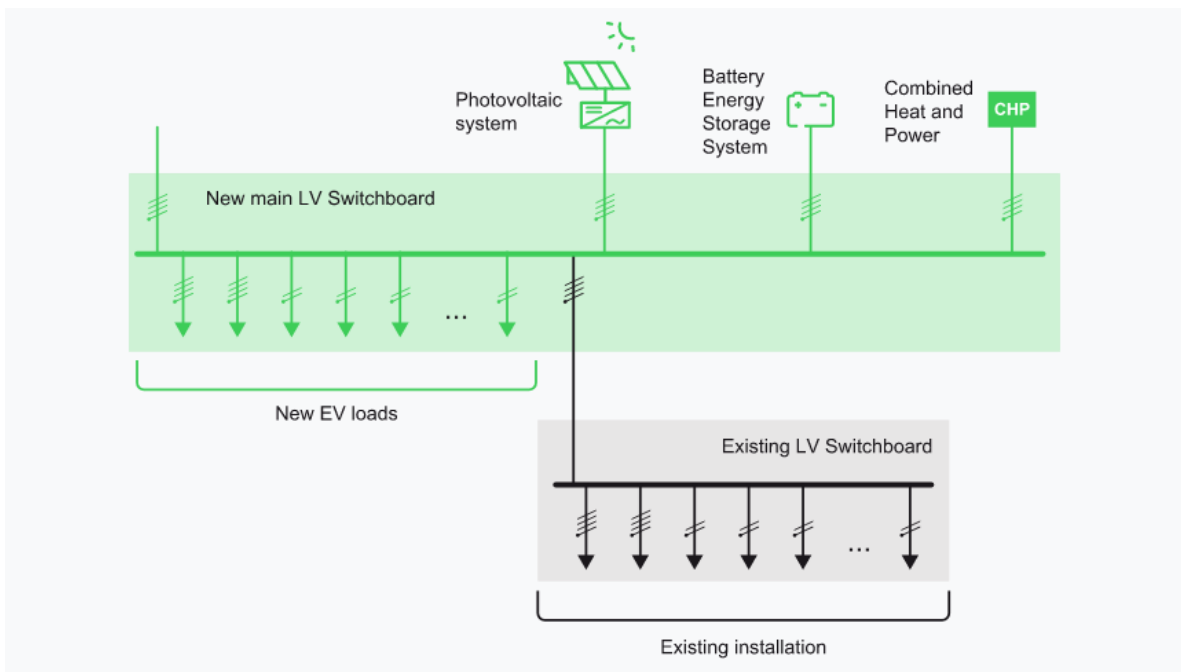


ηλεκτρική εγκατάσταση. Επιπλέον, προσφέρει τη δυνατότητα συνεργασίας των συσκευών προστασίας και, κατά συνέπεια, βελτιστοποίησης της διαθεσιμότητας ισχύος. (Electrical installation Wiki, *EV charging station design*)

#### 7.11.4 Χρήση τοπικών πηγών ενέργειας για την αντιστάθμιση της ζήτησης ισχύος φόρτισης EV

Η ενσωμάτωση φορτίων EV αυξάνει σημαντικά τη ζήτηση ισχύος της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Συχνά απαιτείται επέκταση της τοπικής ενεργειακής υποδομής. Σε ορισμένες περιπτώσεις, θα μπορούσε να είναι απαραίτητη η μετάβαση από σύνδεση δικτύου χαμηλής τάσης σε σύνδεση δικτύου MV (Σχήμα 7-4)

Εκτός από την ηλεκτρική υποδομή, πρέπει να αναθεωρηθεί και η σύμβαση ηλεκτρικής ενέργειας με τον πάροχο ενέργειας. Για τον περιορισμό ή την αποφυγή αυτών των τύπων σημαντικών τροποποιήσεων στην υπάρχουσα τοπική εγκατάσταση, μπορούν να προστεθούν τοπικά τροφοδοτικά ενέργειας. Η ένταξή τους σε υφιστάμενη ηλεκτρική υποδομή απαιτεί προκαταρκτικό έλεγχο. (Electrical installation Wiki, *EV charging station design*)



**Σχήμα 7-4** Φορτία EV και τοπικά τροφοδοτικά ενσωματωμένα σε νέο κεντρικό πίνακα διανομής χαμηλής τάσης([https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV\\_charging\\_station\\_design](https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV_charging_station_design))

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9- ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

### 8.1 Η έννοια της τεχνοοικονομικής μελέτης επένδυσης.

Πριν την περιγραφή μιας τεχνοοικονομικής μελέτης θα πρέπει να οριστεί ο όρος «επένδυση». Επένδυση είναι κάθε υλικό, διαρκές, παραγωγικό αγαθό που δεν καταναλώνεται με τη χρήση του, αλλά συμβάλλει στην αύξηση της παραγωγικής υποδομής μιας χώρας/επιχείρησης (Τρικάλιώτης Δημήτριος (2020)). Συμβάλλει δηλαδή στη δημιουργία νέου κεφαλαιουχικού εξοπλισμού (νέα κτίρια, νέες εγκαταστάσεις, νέος μηχανολογικός εξοπλισμός, επεκτάσεις του προϋπάρχοντάς κεφαλαιουχικού εξοπλισμού).

Γενικά, μπορεί να ειπωθεί ότι ένα επενδυτικό σχέδιο είναι μία σειρά από χρηματικές εισροές και εκροές, οι οποίες συνήθως ξεκινούν με μία χρηματική εκροή (το αρχικό έξοδο δαπάνης) η οποία ακολουθείται από χρηματικές εισροές και/ ή χρηματικές εκροές σε μεταγενέστερες περιόδους (έτη). Σε αυτό το σημείο είναι πολύ σημαντικό να αναφερθεί ότι τα επενδυτικά σχέδια συχνά έχουν σημαντικές επισφάλειες αφού κάποιες μπορεί να είναι εύκολα μετρήσιμες στις χρηματικές μονάδες και άλλες όμως όχι τόσο.

Ένα επενδυτικό σχέδιο απαιτεί μακροχρόνια θεώρηση και προοπτική και μακροχρόνια κεφαλαιακή δέσμευση. Οι μέθοδοι εκτίμησης επένδυσης διαφέρουν κυρίως ως προς τον τρόπο που μετασχηματίζουν τις χρηματικές ροές διαφορετικών ετών, τα μέτρα- στόχους που χρησιμοποιούν ως κριτήριο απόφασης, και ως προς τις υποθέσεις που κάνουν.

Η οικονομική αξιολόγηση μιας επένδυσης υλοποιείται στην τεχνοοικονομική μελέτη όπου διερευνάται η σκοπιμότητα και η βιωσιμότητα ενός προτεινόμενου έργου ή ενός επιχειρηματικού εγχειρήματος και καθορίζουν τις δυνατότητες επιτυχίας του. Οι μελέτες αυτές αναπτύσσουν μια ολοκληρωμένη πρόταση η οποία περιλαμβάνει όλη την περιγραφή για τη δημιουργία ενός προϊόντος και μετέπειτα την οικονομική ανάλυση των στοιχείων του.

Η οικονομική αξιολόγηση είναι συνυφασμένη με το σύγχρονο καθημερινό αντικείμενο δουλειάς του Μηχανικού. Σημαίνει ότι κάθε τεχνική μελέτη πρέπει πάντα να συνοδεύεται από την αντίστοιχη μελέτη του οικονομικού της περιεχομένου που τελικά θα κρίνει εάν μπορεί να υλοποιηθεί και με ποια αποτελέσματα (Παπαδάκης Ε. Γ. (2006)). Η σχεδίαση ή η δημιουργία μια νέας παραγωγικής μονάδας, η απόκτηση ή η αναβάθμιση του υπάρχοντος εξοπλισμού και των τεχνολογιών στις οποίες βασίζονται, η αγορά και εγκατάσταση νέων μηχανημάτων, και η ανάπτυξη νέων προϊόντων ή διεργασιών αποτελούν μερικά από τα πιθανά εγχειρήματα που απαιτούν την διεξαγωγή μιας τεχνικοοικονομικής μελέτης. Γενικά η τεχνοοικονομική μελέτη θεωρείται αναπόσπαστο κομμάτι του τομέα λήψης αποφάσεων και της επιχειρηματικής στρατηγικής.

Η οικονομική αξιολόγηση που προσεγγίζεται από τη μελέτη σκοπιμότητας - βιωσιμότητας συνιστά μια δομημένη προσέγγιση για τον υπολογισμό της βιωσιμότητας της προτεινόμενης ιδέας, ενώ ταυτόχρονα λειτουργούν ως μια

πρώτη ένδειξη ως προς την αποφυγή σπατάλης πόρων και χρόνου. Η δομή μιας μελέτης σκοπιμότητας στηρίζεται σε τρεις βασικούς πυλώνες.

Τα μέρη του πυλώνα που αναφέρεται ως τεχνικό τμήμα αποτελούν στοιχεία που σχετίζονται με την παράγωγή και την παραγωγική διαδικασία (πρώτες ύλες, μέθοδος παραγωγής, εξοπλισμός, προστασία περιβάλλοντος, ασφάλεια κλπ.). Το οικονομικό – εμπορικό τμήμα αυτών των μελετών αφορά την συγκέντρωση πληροφοριών που θα χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση των οικονομικών μεγεθών, τα οποία τελικά θα κρίνουν την κερδοφορία της προτεινόμενης ιδέας(τάσεις της αγοράς, κόστος επένδυσης, εμπορική διαθεσιμότητα του προϊόντος, κόστος λειτουργίας, τιμή προϊόντος, marketing, κέρδος ανά μονάδα προϊόντος κλπ.). Τέλος, ο οργανωτικός τομέας των μελετών σκοπιμότητας περιλαμβάνει όλες τις διαδικασίες που κρίνονται απαραίτητες για την διεκπεραίωση του προτεινόμενου σχεδίου όπως οι νομικοί περιορισμοί, ο τόπος εγκατάστασης, η οργανωτική δομή, τα χρονοδιαγράμματα, οι χρηματοδοτήσεις κλπ. Η απόφαση για την πραγματοποίηση επιπλέον μελετών μεγαλύτερης ακρίβειας μπορεί να ληφθεί υπό την προϋπόθεση ότι τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την τεχνοοικονομική μελέτη (TOM) αυτού του επιπέδου βρίσκονται στα επιθυμητά όρια.

**Πίνακας 8-1 Κατηγορίες τεχνοοικονομικών μελετών [Κυριαζής 2009].**

	Τύπος μελέτης	Περιθώρια αστοχίας	Κόστος μελέτης (% συν. επένδυσης)
1	Εκτίμηση τάξης μεγέθους. Βασίζεται σε παρόμοια προηγούμενα έργα.	$> \pm 40\%$	$< 0.5$
2	Μελέτη σκοπιμότητας. Βασίζεται στην γνώση βασικών στοιχείων προς σχεδίαση αντικειμένου.	$< \pm 25\%$	0.5 - 1.5
3	Προμελέτη. Επαρκή δεδομένα που επιτρέπουν ακριβέστερο προϋπολογισμό.	$< \pm 12\%$	1 - 3
4	Αναλυτική TOM. Περιέχει όλα τα δεδομένα για πλήρη μελέτη όλων των στοιχείων του διαγράμματος ροής.	$< \pm 6\%$	2 - 6
5	Τελική TOM. Περιλαμβάνει αναλυτικά μηχανικά σχέδια και προδιαγραφές για κατασκευή.	$< \pm 3\%$	7 - 15

Μια μελέτη σκοπιμότητας στοχεύει στο να αποκαλύψει αντικειμενικά και λογικά τα δυνατά σημεία και τις αδυναμίες ενός υπάρχοντος επιχειρηματικού ή προτεινόμενου εγχειρήματος, τους πόρους που χρειάζονται για να ολοκληρωθεί και, τελικά, τις πιθανότητες επιτυχίας του (Μουστάκης, 2016; Justis, R., T., & B.Kreigsmann, B.(1979). Βασισμένη σε όλους τους σχετικούς παράγοντες όπως το περιβάλλον, τον ανταγωνισμό, τους νομικούς περιορισμούς και τις οικονομικές πηγές πρέπει να προσφέρει την απάντηση στο θεμελιώδες ερώτημα «Θα πετύχει η προτεινόμενη ιδέα και εάν ναι, αξίζει;».

Συγκεκριμένα μία ολοκληρωμένη μελέτη σκοπιμότητας παρέχει πολύτιμες πληροφορίες για το κομμάτι της αγοράς που στοχεύει, αξιόπιστες ενδείξεις που βοηθούν στην λήψη αποφάσεων και στην αντιμετώπιση προκλήσεων και σημαντικό πλεονέκτημα στην εύρεση χρηματοδότησης. Σύμφωνα με αυτό το πλαίσιο των απαιτήσεων μια μελέτη σκοπιμότητας περιέχει:

Εκτιμήσεις για θέματα που σχετίζονται με ένα πλήθος παραμέτρων όπως την προμήθεια και το κόστος των πρώτων υλών, του εξοπλισμού και της όλης εγκατάστασης, τη μέθοδο και τις διαδικασίες παραγωγής, τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, το κόστος του προσωπικού που θα απασχοληθεί καθώς και το κόστος λειτουργίας. Όλες οι παραπάνω παράμετροι θα δώσουν μια εικόνα για το συνολικό κόστος της επένδυσης.

Επίσης θα πρέπει να γίνουν εκτιμήσεις αναφορικά με την τρέχουσα κατάσταση της αγοράς ως προς τον ανταγωνισμό (μάρκετινγκ), τη σχέση προσφοράς και ζήτησης, την τιμή πώλησης και κέρδος ανά μονάδα προϊόντος καθώς και τη δυνατότητα εύρεσης του απαραίτητου επενδυτικού κεφαλαίου.

Στα συμπεράσματα, αφού προηγηθεί η εκτίμηση, η ανάλυση και ο υπολογισμός όλων των οικονομικών και μη παραγόντων που επηρεάζουν άμεσα την βιωσιμότητα του επιχειρηματικού σχεδίου, γίνεται η αξιολόγηση του αναμενόμενου κέρδους ώστε η οικονομική ανάλυση στο πλαίσιο μια μελέτης βιωσιμότητας να δώσει μια τελική απάντηση στο αν θα πρέπει να προχωρήσει η όχι η προτεινόμενη ιδέα.

Εφόσον τα αποτελέσματα είναι ικανοποιητικά μια ολοκληρωμένη οικονομική ανάλυση στο κομμάτι της μελέτης σκοπιμότητας θα πρέπει να συνοδεύεται από προτάσεις για την αντιμετώπιση των τεχνολογικών αναγκών, την απόκτηση πρώτων υλών και εξοπλισμού, το ανθρώπινο δυναμικό και την ποιότητά του, τη δυναμικότητα της παραγωγικής μονάδας, τη βέλτιστη τοποθεσία εγκατάστασης, την εύρεση του απαραίτητου επενδυτικού κεφαλαίου, τα χρονοδιαγράμματα υλοποίησης και εκτέλεσης του έργου. Στη συνέχεια, για την έγκυρη και ακριβέστερη ανάλυση αγοράς, στην οποία στοχεύει μια επένδυση θα πρέπει να μελετώνται παράγοντες όπως προϊόντα, πελάτες, ανταγωνιστές, προμηθευτές – συνεργάτες και τέλος το δίκτυο διανομής.

## **8.2 Οικονομικές επενδυτικές έννοιες .**

Παρακάτω γίνεται παρουσίαση ορισμένων οικονομικών εννοιών που χρησιμοποιούνται συνήθως στην αξιολόγηση μιας επένδυσης (Τρικαλιώτης, 2020):

- **Τόκος και επιτόκιο (d):** Επιτόκιο είναι ο τόκος ανά μονάδα χρόνου και κεφαλαίου. Συνήθως εκφράζεται επί τοις εκατό ανά έτος. Υπάρχουν δύο όψεις του επιτοκίου: το επιτόκιο δανεισμού, που ο δανειζόμενος καταβάλλει για χρήματα που δανείσθηκε και επομένως αποτελεί δαπάνη, και το επιτόκιο αγοράς (market interest rate) που κερδίζει κάποιος όταν δανείζει ή επενδύει χρήματα. Το επιτόκιο

αγοράς μπορεί να είναι επίσης ο επιθυμητός ή αναμενόμενος βαθμός απόδοσης μιας επένδυσης.

- **Οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης (N):** Ως οικονομικός κύκλος ζωής μιας επένδυσης θεωρείται η χρονική περίοδος κατά τη διάρκεια της οποίας ανακτάται το αρχικό επενδυτικό κεφάλαιο καθώς και η επιθυμητή απόδοση αυτού. Ο οικονομικός κύκλος ζωής πρέπει να είναι ίσος ή μικρότερος της πραγματικής ζωής του βασικού εξοπλισμού της επένδυσης.
- **Πληθωρισμός (i):** Πληθωρισμός είναι η αύξηση του κόστους των αγαθών και υπηρεσιών ανά μονάδα χρόνου. Ο πληθωρισμός των επιμέρους συνιστωσών κόστους μιας επένδυσης μπορεί να διαφέρει από συνιστώσα σε συνιστώσα και από έτος σε έτος. Για λόγους ευκολίας, συνηθίζεται ο πληθωρισμός να αναφέρεται σε ένα έτος και σε συγκεκριμένη ομάδα δαπανών, π.χ., μισθοδοσία, καύσιμα, ανταλλακτικά κ.λ.π.
- **Παρούσα αξία (PW):** Η μέθοδος της παρούσας αξίας μετατρέπει το σύνολο των χρηματοροών που αναμένεται να εμφανιστούν σε ένα χρονικό ορίζοντα σε μια μοναδική παρούσα αξία σε σταθερό χρόνο μηδέν. Αυτό το ποσό αναφέρεται ως παρούσα αξία, παρούσα τιμή, ή καθαρή παρούσα αξία. Φυσικά, αυτό μπορεί να γίνει μόνο βάσει κάποιας υπόθεσης εργασίας για το προεξοφλητικό επιτόκιο. Δηλαδή, ο αναλυτής της επένδυσης πρέπει να χρησιμοποιήσει ως προεξοφλητικό επιτόκιο αυτό που είναι θεωρείται ευρύτερα αποδεκτό για τη δεδομένη οικονομική κατάσταση και τη συγκεκριμένη κατηγορία επένδυσης.
- **Σταθερές και τρέχουσες τιμές:** Σε μια οικονομική ανάλυση, οι χρηματοροές μπορούν να εκφραστούν είτε σε τρέχουσες τιμές είτε σε σταθερές τιμές. Έκφραση σε τρέχουσες τιμές είναι το πραγματικό ποσό χρημάτων που καταβάλλεται ή εισπράττεται σε κάποια χρονική στιγμή. Έκφραση σε σταθερές τιμές είναι το ποσό των χρημάτων σε δεδομένη χρονική στιγμή, που είναι ισοδύναμο ( από πλευράς αγοραστικής αξίας) με το πραγματικό. Η στιγμή αυτή (χρόνος αναφοράς) μπορεί να επιλεγεί αυθαίρετα. Συχνά ως χρόνος αναφοράς ορίζεται η αρχή του πρώτου έτους του οικονομικού κύκλου ζωής. Η εκπόνηση της οικονομικής ανάλυσης σε τρέχουσες τιμές απαιτεί τη γνώση ( ή την πρόβλεψη, εάν πρόκειται για μελλοντικά ποσά) του ετήσιου δείκτη πληθωρισμού των επιμέρους συνιστωσών κόστους και οφέλους, που σχετίζονται με την επένδυση.

Προκειμένου να αποφευχθεί η πρόβλεψη της τιμής μιας αρκετά αόριστης παραμέτρου, όπως ο πληθωρισμός, αλλά και για απλούστευση των υπολογισμών, κατά τις οικονομικές αναλύσεις συχνά θεωρείται ότι ο γενικός δείκτης πληθωρισμού είναι ίσος με το μηδέν, ενώ για συγκεκριμένες δαπάνες ( π.χ. καύσιμα, ανταλλακτικά, μισθοδοσία, κ.λ.π.) χρησιμοποιείται ο διαφορικός δείκτης πληθωρισμού, δηλ. η διαφορά του πραγματικού από το γενικό δείκτη. Επίσης στις περιπτώσεις αυτές, αντί του πραγματικού επιτοκίου της αγοράς χρησιμοποιείται το αποπληθωρισμένο επιτόκιο αγοράς.

➤ **Καθαρή παρούσα αξία επένδυσης (Net present value, NPV)**

Καθαρή παρούσα αξία είναι το συνολικό καθαρό όφελος μιας επένδυσης και η οποία προκύπτει ως διαφορά μεταξύ του λειτουργικού οφέλους και του συνόλου των δαπανών κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της επένδυσης. Όλα τα ποσά εκφράζονται σε παρούσα αξία, ανοιγμένη συνήθως στην αρχή του πρώτου έτους λειτουργίας του συστήματος. Η καθαρή παρούσα αξία προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$NPV = -C_{in} + \sum_{t=1}^N \frac{F_t}{(1+d)^t} + \frac{SV_N}{(1+d)^N}$$

Όπου

$C_{in}$  : αρχική επένδυση,

$F_t$ : ετήσιο καθαρό όφελος,

$N$ : οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης,

$d$ : επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία (επιθυμητή απόδοση κεφαλαίου),

$SV_N$  : αξία εκποίησης (απομένουσα αξία) της επένδυσης στο τέλος του οικονομικού

κύκλου ζωής  $N$ .

Διακρίνονται οι ακόλουθες περιπτώσεις:

$NPV > 0$ : Η επένδυση είναι βιώσιμη κάτω από τις δεδομένες συνθήκες (οικονομικό κύκλο ζωής,  $N$ , και επιθυμητό βαθμό απόδοσης της επένδυσης,  $d$ ).

$NPV = 0$ : Η επένδυση είναι βιώσιμη με μέσο ετήσιο βαθμό απόδοσης ίσο με  $d$ .

$NPV < 0$ : Η επένδυση είναι αντισυμβατική.

- **Απόδοση κεφαλαίου (internal rate of return, IRR):** Το IRR ορίζεται ως ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (EBA) και αποτελεί το δεύτερο εργαλείο για την αξιολόγηση παγίων επενδύσεων μετά την Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ/NPV). Είναι το ποσοστό απόδοσης % (rate of return), δεν είναι χρήμα και για τον υπολογισμό του αρκεί όλη η πληροφορία που είναι ενσωματωμένη στην επένδυση και όχι στην αγορά επενδύσεων. Το IRR είναι το επιτόκιο  $d$  αν τεθεί  $NPV = 0$ .

### 8.3 Νομοθεσία για τις υποδομές φόρτισης.

Στη χώρα μας έχουν προβλεφθεί από το 2019 (ΦΕΚ 2040/Β/2019) οι όροι, οι προϋποθέσεις και οι τεχνικές προδιαγραφές για την εγκατάσταση συσκευών φόρτισης συσσωρευτών ηλεκτροκίνητων οχημάτων (δηλ. σημεία επαναφόρτισης), σε χώρους εξυπηρέτησης οχημάτων, σε δημόσια προσβάσιμα σημεία επαναφόρτισης κατά μήκος του οδικού δικτύου, είτε

αυτό είναι αστικό, υπεραστικό ή και εθνικό που είναι και το πιο απαιτητικό στην περίπτωση μετακινήσεων μεταξύ νομών. Η κίνηση των ηλεκτρικών οχημάτων (Η/Ο) σε επίπεδο εθνικών οδών προφανώς απαιτεί μεγαλύτερη προετοιμασία λόγω των μεγαλύτερων αποστάσεων που πρέπει να διανυθούν επομένως θα πρέπει να υπάρχουν αρκετοί σταθμοί επαναφόρτισης σε μικρές χιλιομετρικές αποστάσεις ώστε μια μετακίνηση να είναι ασφαλής.

Στη νομοθετική ρύθμιση του 2019 προβλέπονται ακόμα οι αποδεκτές μέθοδοι φόρτισης για τις συσκευές φόρτισης στις προβλεπόμενες εγκαταστάσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω όπως επίσης και τα αποδεκτά στοιχεία διασύνδεσης. Ειδικότερα οι αποδεκτές μέθοδοι φόρτισης και τα στοιχεία διασύνδεσης για δημόσια προσβάσιμα σημεία επαναφόρτισης προβλέπονται να είναι οι μέθοδοι

Μέθοδος -3 (Mode 3 AC Charging) με αποδεκτό τύπο σύνδεσμο Type 2 κατά το πρότυπο IEC 62196-2 ή

Μέθοδος -4 (Mode 4 DC Charging) με αποδεκτό σύνδεσμο DC Combo 2 κατά το πρότυπο IEC 62196-3

ενώ είναι δυνατή και η παράλληλη διάθεση ακροδέκτη κατά το πρωτόκολλο CHAdeMO ή και κάποιο διαφορετικό που καλύπτεται όμως από τα διεθνή ή ευρωπαϊκά πρότυπα.

Η όσο το δυνατόν καλύτερη εξυπηρέτηση των οδηγών Η/Ο τα δημόσια προσβάσιμα σημεία φόρτισης θα πρέπει να έχουν τη δυνατότητα επικοινωνίας σε πραγματικό χρόνο ώστε να υπάρχει άμεση ενημέρωση στους οδηγούς για το πλήθος σταθμών επαναφόρτισης, τη διαθεσιμότητα, το χρόνο αναμονής. Αυτά τα δεδομένα θα πρέπει να συμπληρώνονται προφανώς από το γεωγραφικό στίγμα του σταθμού (γεωγραφικές συντεταγμένες), τον τύπο και τον αριθμό των ρευματοδοτών, τη μέθοδο φόρτισης, την υποστηριζόμενη ισχύ, την τιμολογιακή πολιτική και τη χρέωση, το ωράριο λειτουργίας του σταθμού καθώς και τα στοιχεία επικοινωνίας του διαχειριστή για οποιοδήποτε άλλο ερώτημα ανακύπτει.

Μια άλλη επίσης σημαντική παράμετρος πέρα από την τιμολόγηση είναι και ο τρόπος πληρωμής του «ανεφοδιασμού». Η πληρωμή μπορεί να βασίζεται σε συμβόλαιο συγκεκριμένης χρονικής διάρκειας με σταθερή τιμή ή μπορεί να προσφέρεται ως τρόπος πληρωμής ad hoc χρέωση χωρίς την υποχρέωση σύναψης συμβολαίου με το διαχειριστή του σταθμού επαναφόρτισης ή με τον προμηθευτή ενέργειας. Οι δυνατότητες του τρόπου πληρωμής προβλέπονται στην οδηγία 2014/94/ΕΕ.

#### **8.4 Ανάπτυξη δικτύου φόρτισης.**

Όσο πιο εκτεταμένο είναι ένα δίκτυο φόρτισης τόσο μεγαλύτερη ασφάλεια θα έχουν οι οδηγοί ηλεκτροκινούμενων οχημάτων Η/Ο αφού θα δίνεται η δυνατότητα μεγαλύτερης αυτονομίας. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι η διεύθυνση της ηλεκτροκίνησης αναμένεται να βαίνει αυξανόμενη όσο το δίκτυο επεκτείνεται.

Η γρήγορη φόρτιση (απαιτεί υψηλή ισχύ) είναι το ζητούμενο αφού με τον τρόπο αυτό θα διασφαλίζεται ο μικρός χρόνος παραμονής του οχήματος στο σταθμό επαναφόρτισης. Επομένως οι εγκαταστάσεις σε εθνικές οδούς ή σε αυτοκινητοδρόμους θα πρέπει να αποτελούνται από αρκετούς σταθμούς επαναφόρτισης γρήγορης φόρτισης ώστε να μπορούν να εξυπηρετούνται πολλά οχήματα σε σύντομο χρονικό διάστημα χωρίς να επιβαρύνεται ιδιαίτερα ο χρόνος της συνολικής μετακίνησης.

Ειδικότερα στη βιβλιογραφία (Bakker, S., Maat, K., & Van Wee, B. (2014) αναγνωρίζουν ότι οι ενδιαφερόμενοι επενδυτές στην αγορά ηλεκτροκίνησης στην Ολλανδία βλέπουν θετικά τη δημιουργία εθνικού δικτύου ταχείας φόρτισης κατά μήκος των αυτοκινητοδρόμων που θα προκύψει και ως αναγκαιότητα στο άμεσο μέλλον. Αυτή η άποψη ενισχύεται και από μια άλλη έρευνα (Serradilla J., Wardle, J., Blyth, P., Gibbon, J. (2017) στην οποία το 93% των ερωτηθέντων οδηγών Η/Ο ανέφεραν ότι λόγω της ύπαρξης δικτύων ταχείας φόρτισης μετακινήθηκαν σε μεγαλύτερες αποστάσεις ενώ το 61% των οδηγών Η/Ο ταξίδεψαν περισσότερο για τον ίδιο λόγο. Σε ακόμα μία εργασία (Burnham et al. 2017) αναγνωρίστηκε ότι με τις εγκαταστάσεις σταθμών φόρτισης DC παρατηρήθηκε αύξηση των μετακινήσεων οχημάτων σε μεγαλύτερες αποστάσεις.

Αναφορικά με τις εγκαταστάσεις δικτύων φόρτισης σε αστικά κέντρα είναι προφανές ότι δεν υπάρχει ανάγκη για μεγάλη αυτονομία λόγω των μικρότερων διανυόμενων αποστάσεων, ενώ υπάρχει μεγαλύτερη άνεση χρόνου κατά την παραμονή σε σταθμούς φόρτισης εντός των πόλεων.

Εδώ θα πρέπει να επισημανθεί ότι η οικιακή φόρτιση αποτελεί έναν σημαντικό ανταγωνιστή με σημαντικό βαθμό επικινδυνότητας μιας επένδυσης τουλάχιστον σε υποδομές ταχείας φόρτισης οι οποίες αναμένεται να συνδυάζονται και με υψηλότερες χρεώσεις. Στην εργασία των Schroeder, A., Traber, T. (2012) οι ερευνητές συγκλίνουν στην άποψη ότι οι οδηγοί Η/Ο μπορούν να στραφούν στην οικιακή φόρτιση αν αυτή καταστεί οικονομικότερη λύση. Αυτή η στροφή θα έχει ως συνέπεια την ανάγκη για λιγότερη χρήση των δημοσίων εγκαταστάσεων.

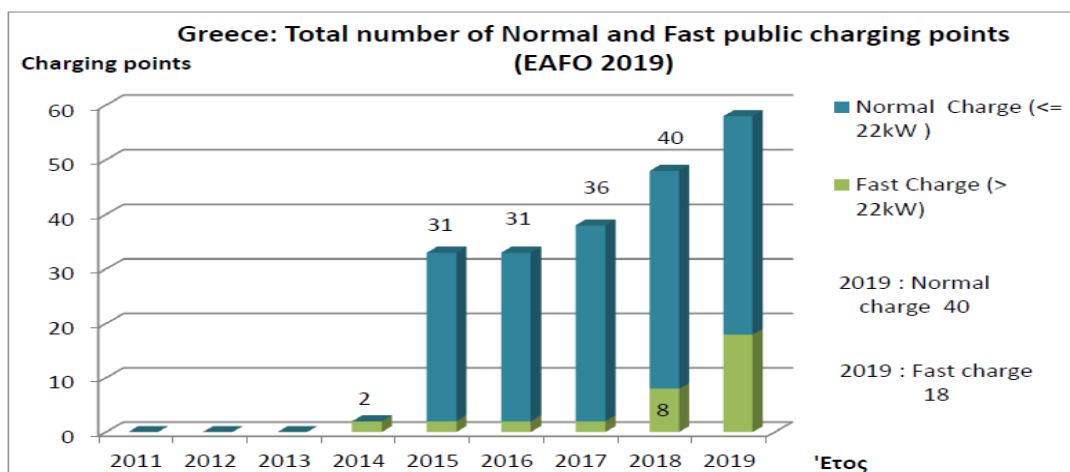
Μάλιστα κατά τους Figenbaum, E., & Kolbenstvedt, M. (2016) αναγνωρίζεται προτίμηση της οικιακής φόρτισης από τους οδηγούς Η/Ο. Αυτή η συμπεριφορά σχετίζεται με τη λογική ότι με την οικιακή φόρτιση περιορίζονται οι διαδρομές από και μέχρι το σταθμό – εγκατάσταση άρα και ο χαμένος χρόνος. Η φόρτιση έτσι μπορεί να γίνεται στο χρόνο παραμονής στο σπίτι – διαμέρισμα πολυκατοικίας (π.χ μετά την εργασία ή τις νυχτερινές ώρες), όπου πιθανά το κόστος μοιράζεται ανάλογα με τη χρήση (κοινόχρηστα). Οι συγκεκριμένοι ερευνητές σε μελέτη περίπτωσης στη Νορβηγία κατέγραψαν ένα ποσοστό 94% οδηγών Η/Ο που χρησιμοποιούν διατάξεις φόρτισης οικιακού τύπου ή πιο αργή φόρτιση στο χώρο εργασίας τους. Οι ερευνητές καταγράφουν και ένα ποσοστό 60% οδηγών Η/Ο που αναφέρουν ότι χρησιμοποιούν μια φορά το μήνα κάποιο σημείο δημόσιας πρόσβασης για την επαναφόρτιση ενώ ένα πολύ μικρότερο ποσοστό 10% αναφέρουν ότι χρησιμοποιούν δημόσιο σημείο πρόσβασης σε εβδομαδιαία βάση.



Συμπληρωματικά εδώ θα πρέπει να αναφερθεί ότι και οι Serradilla J., Wardle, J., Blyth, P., Gibbon, J. (2017) αναφέρουν ότι στην Βρετανία το 71% της καταναλισκόμενης ενέργειας για φόρτιση έγινε με οικιακού τύπου φόρτιση.

## 8.5 Σενάρια Οικονομικής Ανάλυσης.

Σύμφωνα με τα παραπάνω φαίνεται ότι η οικονομική αξιολόγηση και ανάλυση και τα οικονομικά δεδομένα μιας επένδυσης σε ένα σταθμό φόρτισης Η/Ο εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και είναι ένα αρκετά δύσκολο εγχείρημα. Καταρχήν η εγκατάσταση – υποδομές του σταθμού φόρτισης μπορεί να διαχωριστεί ως προς το χρόνο δηλ. αν θα είναι αργής ή ταχείας φόρτισης. Στο Διάγραμμα 8-1 που ακολουθεί φαίνεται η κατανομή σημείων επαναφόρτισης κανονικής και γρήγορης φόρτισης μέχρι και το 2019. Φαίνεται η καθαρή υστέρηση των σταθμών ταχείας φόρτισης ως προς το πλήθος σταθμών κανονικής, συνολικά πάντως το πλήθος σταθμών είναι μάλλον μικρό.



**Διάγραμμα 8-1** Πλήθος δημοσίων προσβάσιμων σημείων επαναφόρτισης κανονικής και υψηλής ισχύος στην Ελλάδα κατά ΕΑΦΟ (European Alternative Fuels Observatory, 2019 ((Κολοβού Πολυτίμη (2020)).

**Πίνακας 8-2** Συγκεντρωτικά χαρακτηριστικά μεθόδων φόρτισης σύμφωνα με IEC 61851 -1:2011 (Κολοβού Πολυτίμη (2020))

Παράμετροι	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4
Ενσωματωμένη διάταξη προστασίας & έλεγχος φόρτισης	Όχι	Ναι	Ναι	Ναι
Τύπος ρεύματος	AC	AC	AC	DC
Μέγιστο ρεύμα (A)	16A	32A	63A	--
Ισχύς εξόδου (kW)	3,7 kW - 11kW	3,7 kW - 22kW	μέγιστο 43kW (εξαρτάται από σύνδεσμο)	(εξαρτάται από τον σταθμό)

Στον Πίνακα 8-2 δίνονται οι 4 τρόποι επαναφόρτισης. Λόγω του μεγαλύτερου απαιτούμενου χρόνου των πρώτων 2 τρόπων (6 – 8 ώρες Mode-1), (3 – 4 ώρες Mode-2) αυτοί αποφεύγονται και επομένως

οποιοδήποτε επιχειρηματικό σχέδιο θα αφορά τους επόμενους τρόπους (Mode 3 και Mode 4). Οι τρόποι επαναφόρτισης καταγράφονται αναλυτικά νωρίτερα στο πέμπτο κεφάλαιο.

Στην εργασία της Κολοβού Πολυτίμη (2020) γίνεται μια πολυκριτηριακή μελέτη για την εγκατάσταση και λειτουργία σταθμών φόρτισης κανονικής και υψηλής ισχύος για ηλεκτρικά οχήματα στην Ελλάδα. Επιλέχθηκαν 2 σενάρια για τη μελέτη ως εξής:

**Σενάριο Α** Εγκατάσταση και λειτουργία σταθμού φόρτισης υψηλής ισχύος σε αυτοκινητοδρόμους και εθνικό οδικό δίκτυο.

Ο σταθμός παρέχει φόρτιση Mode 4 DC (1x50kW CHAdeMO + 1x50kW CCSCombo) για να επιτυγχάνεται μεγαλύτερος βαθμός διαλειτουργικότητας και εύρος εξυπηρέτησης οχημάτων. Σύμφωνα με την συγγραφέα το σενάριο αυτό είναι εφαρμόσιμο ως εγκατάσταση σε Σταθμούς Εξυπηρέτησης Αυτοκινητιστών (Σ.Ε.Α) ή σε πρατήρια καυσίμων κατά μήκος αυτοκινητοδρόμων.

**Σενάριο Β** Εγκατάσταση και λειτουργία συσκευής φόρτισης κανονικής ισχύος σε δημόσια προσβάσιμους χώρους εντός αστικού ιστού.

Στο σενάριο αυτό η συσκευή είναι εξοπλισμένη με δύο ρευματοδότες καθένας παρέχει φόρτιση Mode 3 AC 22kW με σύνδεσμο Type 2. Το σημείο επαναφόρτισης είναι δημόσιας πρόσβασης σε δημόσιο ή ιδιωτικό χώρο όπου προσφέρεται δυνατότητα στάθμευσης του οχήματος για όσο χρόνο απαιτείται. Σύμφωνα με τη συγγραφέα στο σενάριο αυτό μπορούν να εμπίπτουν χώροι στάθμευσης (επαγγελματικά πάρκινγκ) χώροι στάθμευσης καταστημάτων (υπεραγορές) ή ακόμα και δημοτικοί χώροι στάθμευσης επί του οδικού δικτύου πόλεων. Ακόμα στην περίπτωση αυτή η φόρτιση μπορεί να είναι κανονική ισχύος <22kW που αποτελεί κατάλληλη επιλογή για το περιγραφόμενο σενάριο.

Στα σενάρια αυτά υπάρχει διαφοροποίηση τόσο ως προς την εγκατάσταση (εθνικό δίκτυο – αστικό δίκτυο) όσο και ως προς το χρόνο φόρτισης (ταχεία – κανονική). Έτσι όπως επισημαίνει και η συγγραφέας στην εργασία της (Κολοβού Πολυτίμη (2020) τα σενάρια αυτά παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές σε οικονομικό και τεχνικό επίπεδο. Στην παραπάνω εργασία το ενδιαφέρον εστιάζει σε δημόσιες υποδομές επαναφόρτισης Η/Ο με σκοπό όπως αναφέρει τη διαμόρφωση ενός πλαισίου απόφασης για την επιλογή κατάλληλης τεχνολογίας φόρτισης σε συνδυασμό με την κατάλληλη τοπολογία ώστε το επιχειρηματικό μοντέλο να είναι βιώσιμο και αποδοτικό.

### **8.5.1 Κόστος υποδομής φόρτισης επένδυσης και λειτουργίας.**

Το κόστος των υποδομών κατά τους Markkula et al. (2013) διαχωρίζεται σε τρεις βασικούς τομείς όπως είναι α) το αρχικό κόστος επένδυσης, β) το πάγιο κόστος εκμετάλλευσης και γ) το μεταβλητό κόστος εκμετάλλευσης.

Στο κόστος επένδυσης περιλαμβάνεται το κόστος εξοπλισμού καθώς και το κόστος εγκατάστασης του εξοπλισμού, το κόστος διασύνδεσης στο ηλεκτρικό

δίκτυο ή ακόμα και το κόστος ενίσχυσης του δικτύου για τη σύνδεση του σταθμού και τέλος το κόστος αδειοδότησης.

Στο πάγιο κόστος εκμετάλλευσης περιλαμβάνεται το κόστος συντήρησης και λειτουργίας καθώς και πιθανά κόστη ενοικίασης χώρων. Στο μεταβλητό κόστος περιλαμβάνεται το κόστος κατανάλωσης ενέργειας.

Το κόστος επένδυσης και λειτουργίας δίνονται στον Πίνακα 8-3 και αναφέρονται σε στοιχεία της έκθεσης προόδου της Γερμανικής Εθνικής Πλατφόρμας για την Ηλεκτροκίνηση «Charging Infrastructure for Electric Vehicles in Germany – Progress Report and Recommendations 2015» (Κολοβού Πολυτίμη (2020)).

Αν και όπως αναφέρει η Κολοβού Πολυτίμη (2020) οι τιμές του πίνακα δεν είναι επακριβείς εντούτοις αναγνωρίζονται οι διαφορές μεταξύ των 2 τεχνολογικών επιλογών. Ειδικότερα τα στοιχεία αναφέρονται σε συσκευή AC 2x22kW και σε συσκευή DC 50kW (ένας ρευματοδότης) με την παραδοχή ότι η διάρκεια ζωής και για τις δύο επιλέγεται η ίδια (10 έτη). Η υπόθεση αυτή επιβεβαιώνεται από τις τιμές της βιβλιογραφίας αφού σύμφωνα με τους Schroeder et al. (2012) η διάρκεια ζωής κυμαίνεται στα 10 – 15 έτη τόσο για τις συσκευές ταχείας όσο και κανονικής φόρτισης. Κατά τους Serradilla J., Wardle, J., Blyth, P., Gibbon, J. (2017) εκτιμάται ότι οι συσκευές ταχείας φόρτισης έχουν διάρκεια ζωής τα 10 έτη.

Σύμφωνα με τα στοιχεία του Πίνακα 8-3 προκύπτει ότι το κόστος επένδυσης διαφέρει σημαντικά ανάμεσα στα 2 σενάρια μελέτης. Φαίνεται ότι το κόστος μιας DC 50kW φόρτισης είναι 3,5 φορές υψηλότερο του κόστους μιας AC 2x22kW φόρτισης.

Αυτή η διαφοροποίηση σύμφωνα με τη μελέτη (Κολοβού Πολυτίμη (2020)) μπορεί να αντισταθμίζεται σε ένα βαθμό από την ικανότητα των παρεχόμενων κύκλων φόρτισης των δύο συσκευών αφού ο DC τρόπος μπορεί να δίνει έως και 60 κύκλους φόρτισης ανά ημέρα ενώ ο AC τρόπος μπορεί να δώσει μέχρι 26 κύκλους ανά ημέρα. Ένα άλλο σημαντικό κόστος όπως αναφέρθηκε και παραπάνω είναι η διασύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο όπως σημειώνουν και οι Serradilla J., Wardle, J., Blyth, P., Gibbon, J. (2017) και εξαρτάται σημαντικά από την τοποθεσία, ενώ μπορεί να μεταβάλλεται ως προς την εγκατεστημένη ισχύ του φορτιστή και πιθανή απαίτηση μετασχηματιστή (προκειμένου υποδομών υψηλής ισχύος). Οι ερευνητές συμπληρώνουν ότι στο κόστος λειτουργίας θα πρέπει να προστεθεί και το κόστος προγραμματισμένης συντήρησης που μπορεί να φθάσει στο 4% του κόστους απόκτησης του εξοπλισμού.

Πέρα από την παραπάνω κοστολόγηση της επένδυσης γενικότερα θα πρέπει να λαμβάνεται και το κόστος για την προμελέτη που μπορεί να φθάνει (0,25 – 1,5)% του συνολικού κόστους της επένδυσης και το κόστος της μελέτης σκοπιμότητας που μπορεί να κυμαίνεται σε (1,5 – 3,0)%.

**Πίνακας 8-3** Τεχνικά στοιχεία και οικονομικά μεγέθη επενδυτικού και λειτουργικού κόστους σταθμών φόρτισης κανονικής και υψηλής ισχύος – German National Platform for Electric Mobility 2015 (Κολοβού Πολυτίμη (2020))

Χαρακτηριστικά και κόστι		Σταθμός φόρτισης AC 2x22kW	Σταθμός φόρτισης DC 1 x 50kW
Τεχνικά στοιχεία	Διάρκεια ζωής (έτη)	10	10
	Μέγιστη ισχύς (kW)	22	50
	Διάρκεια κύκλου φόρτισης 20 kWh (min)	54 έως 160 (εξαρτάται από το H/O)	24
	Μέγιστος αριθμός κύκλων φόρτισης ανά ημέρα	26	60
	Κόστος εξοπλισμού συμπερ. ευφυούς μετρητή (€)	5.000	25.000
* Οικονομικά μεγέθη	Κόστος σύνδεσης με δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας (€)	2.000	5.000
	Κόστος σχεδιασμού και αδειοδότησης (€)	1.000	1.500
	Κόστος εγκατάστασης, οικοδομικών εργασιών και σήμανσης (€)	2.000	3.500
	Συνολικό επενδυτικό κόστος (€)	10.000	35.000
	Λειτουργικό κόστος (€/έτος)	1.500	3.000

### 8.5.2 Τιμολόγηση και χρέωση υπηρεσιών φόρτισης.

Η τιμολόγηση για τις υπηρεσίες φόρτισης είναι κρίσιμη για τη βιωσιμότητα της επένδυσης αφού ο επενδυτής θα πρέπει παράλληλα να αποσβένει τα κόστη αρχικής επένδυσης, λειτουργίας και κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας προσφέροντας ταυτόχρονα οικονομικά ανταγωνιστική τιμή στην παρεχόμενη υπηρεσία της φόρτισης. Σύμφωνα με τους Kley, F., Lerch, C., Dallinger, D. (2011) υπάρχει σοβαρή δυσκολία στην εξασφάλιση επαρκών εσόδων ικανών να καλύψουν τις δαπάνες που αναφέρθηκαν παραπάνω από την πώληση ενέργειας.

Από υφιστάμενους φορείς που εκμεταλλεύονται υποδομές φόρτισης μέχρι σήμερα ακολουθούνται διάφοροι τρόποι υπηρεσιών φόρτισης όπως η χρέωση ανά συνεδρία φόρτισης, χρέωση με βάση το χρόνο φόρτισης, σταθερή χρέωση τύπου συνδρομής (π.χ μηνιαίας) και άλλοι μεικτοί τρόποι. Οι Schroeder, A., Traber, T. (2012) διερευνώντας τον δείκτη απόδοσης επένδυσης σε σταθμούς ταχείας φόρτισης κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η χρέωση με βάση το χρόνο φόρτισης είναι αποδοτικότερη ως προς τη σταθερή χρέωση που οδηγεί σε μια αύξηση των εσόδων κατά 3-5%.

Στην εργασία τους οι Lorentzen, E., Haugneland, P., Bu, c., & Hauge E.(2017) αναφορικά με την επένδυση υποδομών φόρτισης στη Νορβηγία σημειώνουν ότι οι δύο μεγαλύτερες εταιρείες διαχείρισης σταθμών επαναφόρτισης ακολουθούν το μοντέλο χρέωσης με βάση το χρόνο φόρτισης. Αυτή η πολιτική βέβαια μπορεί να ευνοεί τους επενδυτές έχει οδηγήσει όμως σε μια δημόσια συζήτηση για το μοντέλο χρέωσης αφού οι οδηγοί Η/Ο προτιμούν από την πλευρά τους ως πιο δίκαιο τρόπο χρέωσης, τη χρέωση με βάση την παρεχόμενη ενέργεια φόρτισης. Οι πολίτες θεωρούν έτσι ότι αυτός ο τρόπος αποδίδει την πραγματική κατάσταση επαναφόρτισης η οποία εξαρτάται από την τεχνολογία του οχήματος και από τη θερμοκρασία της μπαταρίας. Στο σημείο αυτό οι επενδυτές – διαχειριστές σταθμών επαναφόρτισης θεωρούν ότι τιμολογώντας με βάση το χρόνο βοηθούν στην αποσυμφόρτηση και την πολύωρη στάθμευση αποφεύγοντας φαινόμενα ουρών αναμονής στους σταθμούς. Συμπερασματικά επιδιώκεται ένα μεικτό σύστημα χρέωσης τόσο με βάση το χρόνο όσο και με βάση την προσφερόμενη ενέργεια.

Από μια διαφορετική οπτική και σε σχέση με την ανταγωνιστικότητα της τιμής χρέωσης υπηρεσιών φόρτισης οι Markkula, J., Rautiainen, A. & Jarventausta, P. (2013) θεωρούν ότι οδηγός για τον προσδιορισμό του μέγιστου ορίου χρέωσης της φόρτισης θα πρέπει να είναι η σύγκριση με το κόστος του συμβατικού καυσίμου (βενζίνης ή πετρελαίου) το οποίο και θα πρέπει να είναι το άνω όριο χρέωσης κατά τη φόρτιση.

## **8.6 Οικονομικά μεγέθη της επένδυσης.**

Για το αν είναι συμφέρουσα ή όχι η πραγματοποίηση μιας επένδυσης είναι απαραίτητη η οικονομική της αξιολόγηση. Στη συνέχεια αναλύονται τα βασικά οικονομικά μεγέθη της επένδυσης για την αξιολόγηση αυτής ως συμφέρουσας ή μη. Η οικονομική αξιολόγηση πραγματοποιείται αφού πρώτα προσδιορίσουμε τα οικονομικά μεγέθη της επένδυσης (κόστος επένδυσης, έσοδα, έξοδα, κλπ) και ορίσουμε τα κριτήρια για την αξιολόγησή της. Η συγκεκριμένη οικονομική αξιολόγηση θα γίνει με τη μέθοδο της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ).

### **8.6.1 Χρηματοοικονομική Ανάλυση και Αξιολόγηση της Επένδυσης.**

Η ανάλυση που ακολουθεί αναφέρεται στην εγκατάσταση και λειτουργία σταθμού φόρτισης υψηλής ισχύος σε αυτοκινητοδρόμους και εθνικό οδικό δίκτυο. Ο σταθμός παρέχει φόρτιση Mode 4 DC (2x50kW CHAdeMO + 2x50kW CCSCombo) για να επιτυγχάνεται μεγαλύτερος βαθμός διαλειτουργικότητας και εύρος εξυπηρέτησης οχημάτων. Το σενάριο αυτό είναι εφαρμόσιμο ως εγκατάσταση, σε Σταθμούς Εξυπηρέτησης Αυτοκινητιστών (Σ.Ε.Α) ή σε πρατήρια καυσίμων κατά μήκος αυτοκινητοδρόμων. Τα βασικά οικονομικά δεδομένα της επένδυσης δίνονται στον ακόλουθο Πίνακας 8-4. Προβλέπονται 2 πανομοιότυπα συστήματα για να εξασφαλιστεί η μελλοντική αύξηση κίνησης λόγω και της αναμενόμενης αύξησης του στόλου των Η/Ο με τη βοήθεια και των ευεργετημάτων – εκπνώσεων ως προς την αγορά τους χωρίς καθυστέρηση για τους οδηγούς,

δεδομένου ότι ο προτεινόμενος τρόπος φόρτισης διαρκεί μέχρι σήμερα 25-30 λεπτά της ώρας.

**Πίνακας 8-4**

**Βασικά οικονομικά μεγέθη της επένδυσης.**

Κόστος Επένδυσης	75.000€
Ίδια κεφάλαια	15.000€
Ποσό Δανείου	60.000
Επιτόκιο Δανεισμού	4%
Έτη Αποπληρωμής Δανείου	5
Ετήσια Λειτουργικά Έξοδα	5.000
Τιμή Πώλησης KWh	0,60€
Συντελεστής Φόρου	22%
Πληθωρισμός	5%

### 8.6.2 Συνολικό Κόστος Επένδυσης

Στο παρόν κεφάλαιο καταγράφονται τα αρχικά κόστη της επένδυσης. Η επένδυση θα πραγματοποιηθεί σε ιδιόκτητο χώρο και ο εξοπλισμός που θα αγοραστεί προβλέπεται να χρησιμοποιηθεί για 10 έτη. Τα τεχνικά στοιχεία και οικονομικά μεγέθη επενδυτικού και λειτουργικού κόστους σταθμών φόρτισης και υψηλής ισχύος έχουν αντληθεί από την πηγή German National Platform for Electric Mobility 2015 (Κολοβού Πολυτίμη (2020).

**Πίνακας 8-5**

**Συνολικό κόστος επένδυσης.**

<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ</b>		
A/A	Περιγραφή	Σταθμός φόρτισης DC 2x50kW
1	Κόστος Εξοπλισμού ευφυούς μετρητή (€)	50.000
2	Κόστος σύνδεσης με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας (€)	10.000
3	Κόστος σχεδιασμού και αδειοδότησης (€)	3.000
4	Εξοπλισμός Σύζευξης - συστήματα δομημένης καλωδιώσεις, συνδεσιμότητας (€)	3.000
5	Σύστημα τηλεπαρακολούθησης	3.000
6	Κόστος κατασκευής γείωσης (€)	2.000
7	Κόστος αντικεραυνικής προστασίας (€)	2.000
8	Οικοδομικές εργασίες / Συστήματα Σήμανσης Τηλεπαρακολούθησης (€)	2.000
	Συνολικό επενδυτικό κόστος (€)	75.000

Ο εξοπλισμός σύνδεσης είναι πολύ σημαντική παράμετρος γιατί καθορίζει τη διαλειτουργικότητα μεταξύ σημείου φόρτισης και Η/Ο.

Στο κόστος περιλαμβάνεται

- βύσματα και ρευματοδότης Type-2 που χρησιμοποιείται στην Ευρώπη (εταιρείας Mennekes). Ο τύπος αυτός υποστηρίζει μονοφασική και τριφασική παροχή και αποσπώμενο καλώδιο, μπορεί να μεταφέρει ισχύ έως 22kW (για ρεύμα 32A και τριφασική παροχή 400V ή έως 43kW με ρεύμα 63A
- CCS Combo 2 βελτιωμένη έκδοση του συνδέσμου Type-2 το οποίο συνδυάζει δυνατότητα φόρτισης AC DC με ενσωματωμένο ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου φόρτισης του οχήματος,
- CHAdeMO για φόρτιση τύπου DC με μέγιστη ισχύ εξόδου 50kW που χρησιμοποιείται διεθνώς και αποτελεί την πιο διαδεδομένη λύση για ταχεία φόρτιση ως προς τους υπόλοιπους τύπους συνδέσμων (Falvo, M.et al. 2014).

### 8.6.3 Αποσβέσεις

Απόσβεση ενός πάγιου περιουσιακού στοιχείου είναι ο προσδιορισμός της μείωσης της αξίας του που οφείλεται στη λειτουργία του, στη χρονική του φθορά και στην οικονομική του απαξίωση, καθώς και η λογιστική αποτύπωση αυτής της μείωσης. Η επιχείρηση υπολογίζει κάθε χρόνο τη μείωση της αξίας που έχουν υποστεί τα πάγια περιουσιακά στοιχεία από τη συμμετοχή τους στην παραγωγική διαδικασία και την ενσωματώνει στο κόστος των αγαθών ή υπηρεσιών που παράγει, δηλαδή την ενσωματώνει στο λειτουργικό κόστος.

Έτσι, η επιχείρηση με την πώληση των αγαθών ή των υπηρεσιών της εισπράττει και τη μείωση της αξίας των πάγιων περιουσιακών στοιχείων, ώστε να είναι δυνατή η αντικατάστασή τους, όταν αυτά αποσβεσθούν πλήρως. Τα πάγια περιουσιακά στοιχεία που έχουν απεριόριστη ωφέλιμη διάρκεια ζωής, όπως είναι η γη, δεν αποσβένονται.

Οι αποσβέσεις αντιπροσωπεύουν τη σταδιακή μείωση της αξίας των παγίων περιουσιακών στοιχείων της επιχείρησης (κτίρια, αυτοκίνητα, εξοπλισμός, κλπ.). Η αξία των παγίων μειώνεται:

- λόγω αναμενόμενης φθοράς.
- λόγω τεχνολογικής απαξίωσης.

Η απόσβεση δεν αποτελεί πραγματική ταμειακή ροή. Η εκροή πραγματοποιήθηκε κατά την αγορά του παγίου στοιχείου. Όμως ο υπολογισμός της επιτρέπει την ανάκτηση των χρημάτων που κοστίζει το πάγιο στοιχείο ώστε να αντικατασταθεί μετά το τέλος της ζωής του. Οι αποσβέσεις κατανέμουν το αρχικό κόστος αγοράς σε όλο το χρόνο της ζωής του στοιχείου σαν μια επιβάρυνση στο λειτουργικό του κόστος. Η γη δεν χάνει την αξία της και έτσι ένα οικόπεδο δεν αποσβένεται.

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι απόσβεσης. Όταν η απόσβεση υπολογίζεται ως ένα σταθερό ετήσιο ποσό υπό μορφή «δόσης», τότε εφαρμόζεται η μέθοδος της ευθείας γραμμής. Δηλ. το ετήσιο ποσό απόσβεσης προκύπτει από κόστος του στοιχείου επί τον συντελεστή απόσβεσης. Ο συντελεστής

απόσβεσης διαφέρει ανάλογα με το είδος του παγίου στοιχείου και είναι αντίστροφος του χρόνου ζωής του. Για παράδειγμα απόσβεση σε 5 χρόνια θα είναι 0.20, ενώ για απόσβεση σε 25 χρόνια θα είναι 0.04. Οι άλλες μέθοδοι (Αποκλίνοντος Υπολοίπου, Εξοφλητικού Αποθέματος, κλπ.) δεν δίνουν σταθερά ετήσια ποσά αλλά είτε μειούμενα ή αυξανόμενα.

Για τον υπολογισμό των αποσβέσεων στην παρούσα επένδυση ύψους 60.000€ ακολουθείται η μέθοδος ευθείας γραμμής (σταθερή μέθοδος) με συντελεστή απόσβεσης 10% για 5 έτη. Λαμβάνοντας υπόψη αυτό το δεδομένο οι αποσβέσεις προσδιορίζονται σε 12.500 € ανά έτος.

#### **8.6.4 Τοκοχρεωλυτικές Υποχρεώσεις.**

Το τοκοχρεολύσιο αποτελεί σύνθετη αθροιστική ποσότητα στην οποία περιλαμβάνεται η ισόποση δόση του δανείου και ο τόκος που αναλογεί χρονικά σ' αυτή. Υφίστανται δύο είδη τοκοχρεολυσίων: τα λεγόμενα «σταθερά τοκοχρεολύσια» και τα «μεταβλητά τοκοχρεολύσια». Το μεταβλητό τοκοχρεολύσιο είναι εκείνο που μεταβάλλεται διαχρονικά μέχρι την αποπληρωμή του δανείου. Αυτό χρησιμοποιείται ιδιαίτερα σε «βραχυχρόνιο δανεισμό» ή «μεσοβραχυχρόνιο δανεισμό». Η δε μορφή που εμφανίζει το μεταβλητό τοκοχρεολύσιο είναι φθίνουσα (διαχρονικά), δηλαδή όσο συνεχίζεται η αποπληρωμή του δανείου, η τοκοχρεωλυτική δόση μειώνεται. Το σταθερό τοκοχρεολύσιο είναι εκείνο που η δόση του παραμένει σταθερή.

Για την προκειμένη επένδυση θα θεωρηθεί σταθερή τοκοχρεωλυτική δόση. Επίσης σύμφωνα με τα ισχύοντα στην τραπεζική αγορά η χρηματοδότηση θα καλύψει το 80% της επένδυσης και η αποπληρωμή θα γίνει σε πέντε (5) έτη. Ειδικότερα από τα 75,000€ που προβλέπεται να κοστίσει συνολικά η επένδυση τα 60,000 θα προέλθουν από δάνειο τραπεζικού ιδρύματος. Στον Πίνακα 8-6 δίνονται τα βασικά στοιχεία χρηματοδότησης.

**Πίνακας 8-6**

**Στοιχεία χρηματοδότησης.**

Ύψος Δανείου	60.000€
Διάρκεια Αποπληρωμής (έτη)	5
Επιτόκιο	4%
Τοκοχρεολύσιο	13.478 €



**Πίνακας 8-7 Τοκοχρεωλυτικές υποχρεώσεις.**

ΕΤΟΣ	ΑΝΕΞΟΦΛΗΤΟ ΔΑΝΕΙΟ	ΤΟΚΟ-ΧΡΕΩΛΥΣΙΟ	ΤΟΚΟΣ 4%	ΧΡΕΩΛΥΣΙΟ	ΑΝΕΞΟΦΛΗΤΟ ΥΠΟΛΟΙΠΟ
1	2	3	4	5	6
				3 – 4	2 - 5
1	60.000	13.478	2.400	11.078	48.922
2	48.922	13.478	1.957	11.521	37.401
3	37.401	13.478	1.496	11.982	25.419
4	25.419	13.478	1.017	12.461	12.958
5	12.958	13.478	518	12.960	

Το τοκοχρεολύσιο υπολογίζεται από τη σχέση

$$\frac{0.04}{1-(1+0.04)^{-5}} \cdot 60,000\text{€} = 13,478\text{€}$$

Εδώ θα πρέπει να επισημανθεί ότι οι συσκευές φόρτισης DC σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Schroeder, A., Traber, T. (2012) έχουν διάρκεια ζωής που κυμαίνεται στα 10 – 15 έτη τόσο για τις συσκευές ταχείας όσο και κανονικής φόρτισης. Κατά τους Serradilla J., Wardle, J., Blyth, P., Gibbon, J. (2017) εκτιμάται ότι οι συσκευές ταχείας φόρτισης έχουν διάρκεια ζωής τα 10 έτη. Έτσι για το δάνειο που θα εκταμιευθεί προβλέπεται να είναι διάρκειας 5 ετών σύμφωνα με τον Πίνακα 8-7.

#### **8.6.5 Λειτουργικά έξοδα**

Για τα λειτουργικά έξοδα προβλέπεται αύξηση που δεν μπορεί όμως να ληφθεί στο ύψος του πληθωρισμού μια που στη συγκεκριμένη περίοδο (2022) η ενεργειακή κρίση έχει εκτινάξει τον πληθωρισμό σε δυσθεώρητα ύψη της τάξης του 10% και πλέον καθόλη τη διάρκεια του έτους μεσοσταθμικά. Δεδομένων και των ευνοϊκών ρυθμίσεων για την επέκταση της ηλεκτροκίνησης στην Ελλάδα προβλέπεται μια ετήσια αύξηση του κόστους των λειτουργικών εξόδων σε ποσοστό 5% ώστε να αντισταθμίζεται κατά αυτό τον τρόπο ο αυξημένος πληθωρισμός.

**Πίνακας 8-8**

**Εκτιμώμενα λειτουργικά έξοδα επιχείρησης.**

Περιγραφή	Κόστος (€)
Ασφάλεια εξοπλισμού	2.000
Διοικητικά έξοδα επιχείρησης	1.500
Λογιστικά έξοδα επιχείρησης	1.000
Έκτακτα έξοδα	500
Σύνολο	5.000

### 8.6.6 Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) – Net Present Value (NPV).

Ως Καθαρή Παρούσα Αξία μιας επένδυσης ορίζεται η παρούσα αξία του καθαρού οικονομικού αποτελέσματος της επένδυσης. Δηλαδή μεταφέρουμε στο σήμερα όλα τα οφέλη και τα κόστη και υπολογίζουμε την Παρούσα Αξία

Για την λήψη μιας απόφασης για την επένδυση βάσει του κριτηρίου της Καθαράς Παρούσας Αξίας ισχύουν τα παρακάτω:

**Καθαρή Παρούσα Αξία = Παρούσα Αξία – Κόστος επένδυσης**

- **Μηδενική** καθαρή παρούσα αξία ( $KPA = 0$ ) σημαίνει ότι τα έσοδα από το έργο αποπληρώνουν την αρχική επένδυση, χωρίς όφελος ή ζημιά για τον επενδυτή,
- **Θετική** καθαρή παρούσα αξία ( $KPA > 0$ ) σημαίνει ότι η επένδυση είναι κερδοφόρα,
- **Αρνητική** καθαρή παρούσα αξία ( $KPA < 0$ ) σημαίνει ότι η επένδυση καταλήγει σε ζημία.

Ως Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) θεωρείται το άθροισμα της παρούσας αξίας των εισερχόμενων και εξερχόμενων ταμειακών ροών κατά τη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου. Μετράει το πλεόνασμα ή την έλλειψη ταμειακών ροών, σε όρους παρούσας αξίας, σε σχέση με το κόστος των κεφαλαίων (cost of funds) που χρησιμοποιήθηκαν για την επένδυση. Για να καθοριστεί αν μια επένδυση είναι συμφέρουσα για χρηματοδότηση υπολογίζεται η ΚΠΑ. Η παρούσα αξία των αναμενόμενων ταμειακών ροών υπολογίζεται με την προεξόφληση τους χρησιμοποιώντας το κατάλληλο προεξοφλητικό επιτόκιο (discount rate).

Η ΚΠΑ είναι μία από τις δύο τεχνικές προεξόφλησης ταμειακών ροών (η άλλη είναι ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης) που χρησιμοποιούνται στη συγκριτική αξιολόγηση επενδυτικών προτάσεων, όπου η ροή του εισοδήματος διαφέρει στην πάροδο του χρόνου. Αποτελεί μια τυποποιημένη μέθοδο που χρησιμοποιεί την έννοια της χρονικής αξίας του χρήματος για την εκτίμηση μακροπρόθεσμων επενδύσεων. Η χρονική αξία του χρήματος στα χρηματοοικονομικά, υπαγορεύει ότι ο χρόνος έχει επιπτώσεις στην αξία των ταμειακών ροών. Αν, για παράδειγμα, υπάρχει μία χρονική περίοδος πανομοιότυπων ταμειακών ροών ίσης ονομαστικής αξίας, οι ταμειακές ροές στο παρόν έχουν μεγαλύτερη πραγματική αξία από ταμειακές ροές ίσης ονομαστικής στο μέλλον, με κάθε μελλοντική ταμειακή ροή να γίνεται όλο και λιγότερο πολύτιμη από τις προηγούμενες.

Συνεπώς, μεταξύ δυο όμοιων επενδύσεων, υψηλότερο κίνδυνο έχει αυτή με την μεγαλύτερη διάρκεια. Για κάθε επιπλέον χρονική περίοδο, η παρούσα αξία των μεταγενέστερων μελλοντικών ταμειακών ροών μειώνεται, καθώς ο κίνδυνος αυτής της επένδυσης αυξάνεται, ως αποτέλεσμα της μεγαλύτερης αβεβαιότητας και του κινδύνου που υπάρχει για την τελική ολοκλήρωση του έργου/επένδυσης.

Ο προσδιορισμός της αξίας ενός επενδυτικού σχεδίου είναι δύσκολη, επειδή υπάρχουν διάφοροι τρόποι για τη μέτρηση της αξίας των μελλοντικών ταμειακών ροών. Λόγω της χρονικής αξίας του χρήματος, ένα ευρώ στο

μέλλον αξίζει λιγότερο από όσο ένα ευρώ σήμερα. Το προεξοφλητικό επιτόκιο στον τύπο ΚΠΑ είναι ένας τρόπος για να μετρηθεί ακριβώς αυτό.

Ο τύπος υπολογισμού της Καθαρής Παρούσας Αξίας μιας σειράς ταμειακών ροών, δέχεται ως μεταβλητές τις ταμειακές ροές και ένα προεξοφλητικό επιτόκιο και έχει ως αποτέλεσμα μια τιμή. Η αντίστροφη διαδικασία, που δέχεται ως μεταβλητές μια σειρά ταμειακών ροών και την ΚΠΑ και βγάζει ως αποτέλεσμα το προεξοφλητικό επιτόκιο, ονομάζεται απόδοση και χρησιμοποιείται ευρέως στις συναλλαγές ομολόγων. Τα βήματα για τον υπολογισμό της ΚΠΑ είναι:

- Καθορισμός όλων των ταμειακών ροών που συνδέονται με ένα έργο ή μια επένδυση καθώς και το χρονικό διάστημα κατά το οποίο αυτές θα προκύψουν. Οι ταμειακές ροές μπορεί να είναι είτε θετικές (εισροή χρημάτων), είτε αρνητικές (εκροές χρημάτων/δαπάνες).
- Καθορισμός του κατάλληλου προεξοφλητικού επιτοκίου, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της Παρούσας Αξίας των μελλοντικών ταμειακών ροών.

Άθροισμα της Παρούσας Αξίας όλων των ταμειακών ροών, τόσο θετικών όσο και αρνητικών για τον υπολογισμό της ΚΠΑ και κατ' επέκταση της κερδοφορίας της επένδυσης.

$$ΚΠΑ = \sum_{t=1}^N \frac{\text{Ταμειακές Ροές}}{(1+r)^t} - \text{Αρχική Επένδυση}$$

όπου

t είναι η χρονική περίοδος,

N είναι η χρονική διάρκεια της επένδυσης

r είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο

Η Καθαρή Παρούσα Αξία σαν εργαλείο ανάλυσης επενδύσεων έχει τα εξής μειονεκτήματα:

- Οι εκτιμώμενες ταμειακές ροές σπανίως συμπίπτουν με τα πραγματικά αποτελέσματα, καθώς εξαρτώνται από πάρα πολλές μεταβλητές κι από τις υποκειμενικές εκτιμήσεις των αναλυτών κατά τη διάρκεια του οικονομικού προϋπολογισμού.
- Το προεξοφλητικό επιτόκιο (discount rate) που θα πρέπει χρησιμοποιηθεί δεν είναι πάντοτε σαφές, ενώ θεωρείται σταθερό κατά τη διάρκεια ζωής της επένδυσης, πράγμα μη ρεαλιστικό για μακροχρόνιες και υψηλού ρίσκου επενδύσεις.

Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ανθεκτικότητα της επένδυσης εξαρτάται από κρίσιμους εξωτερικούς παράγοντες που σχετίζονται με την κοστολόγηση της παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας κατά την φόρτιση των οχημάτων. Ειδικότερα σήμερα σε ένα πολύ ρευστό οικονομικό περιβάλλον όπου οι τιμές ενέργειας είναι ευμετάβλητες και καθορίζονται πλέον σε μηνιαία βάση, το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας είναι πολύ δύσκολο να εκτιμηθεί και τέτοιου

είδους επενδύσεις γενικότερα έχουν πολύ σημαντικό βαθμό επικινδυνότητας.

#### **8.6.7 Έσοδα της επιχείρησης.**

Για να είναι εφικτή μια εκτίμηση των εσόδων που μπορεί να αποφέρει μια τέτοια επένδυση θα πρέπει να αναζητηθούν οι κυριότερες παράμετροι που είναι

1. Ο στόλος των αμιγώς ηλεκτροκίνητων οχημάτων (Η/Ο) αλλά και των υβριδικών που είναι ήδη σε κυκλοφορία, με προβολή (projection) στα επόμενα χρόνια δοθέντος ότι οι πολιτικές σε όλη την Ευρώπη αλλά και στη χώρα μας θα είναι ευνοϊκές προς το στόχο της αύξησης του στόλου των Η/Ο.

Το πλήθος (ο στόλος) των Η/Ο είναι μια σημαντική παράμετρος γιατί σηματοδοτεί το εν δυνάμει πελατολόγιο της επιχείρησης. Μέχρι σήμερα κυκλοφορούν ήδη 8.790 αμιγώς ηλεκτρικά αυτοκίνητα στην Ελλάδα, ενώ το 2019 είχαν ταξινομηθεί μόλις 404 οχήματα. Στα επόμενα χρόνια ταξινομήθηκαν 3.594 το 2021, ενώ και το 2022, έως και τις πρώτες ημέρες του Σεπτεμβρίου 2022 καταγράφηκαν 2.992 νέες ταξινομήσεις. Σε αυτό τον αριθμό προστίθεται κι ένας υπάρχων στόλος περισσότερων από 100.000 υβριδικών κάθε είδους.

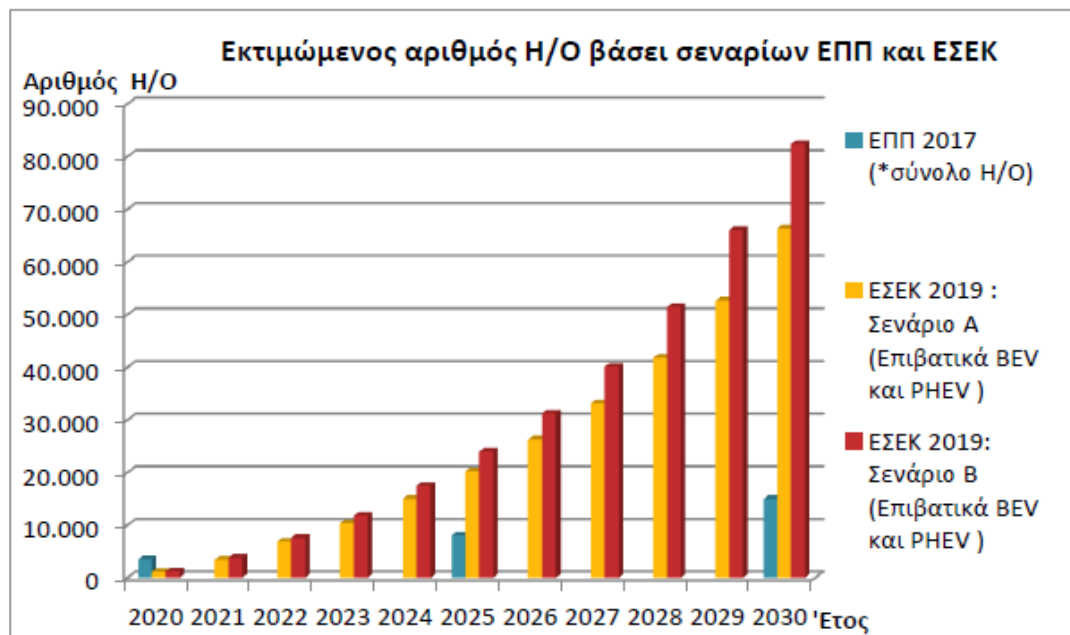
Αντίστοιχα το 2019, υπήρχαν μόνο 58 σημεία ταχείας φόρτισης σε όλη την Ελλάδα. Στις σημερινές μέρες (2022), υπάρχουν περίπου 1.200 σημεία φόρτισης κατά μήκος του εθνικού οδικού δικτύου, αλλά και μέσα στις πόλεις και καθημερινά ο αριθμός τους αυξάνεται. Ο προγραμματισμός για τα επόμενα χρόνια προβλέπει 12.000 σημεία φόρτισης το 2025 και 25.000 το 2030. Ειδικότερα στην αγορά των αμιγώς Η/Ο, το δίκτυο φόρτισης αναβαθμίζεται με ταχυφορτιστές ώστε να επιτρέπει την φόρτιση ενός 5 λεπτών ενώ και η αυτονομία των μπαταριών βελτιώνεται αφού πλέον υπάρχουν οχήματα που η διάρκεια της μπαταρίας από τα 180 χιλιόμετρα έχει φτάσει τα 300 ή και 400 χιλιόμετρα.

Ο εκτιμώμενος αριθμός Η/Ο στην Ελλάδα προβλέπεται κατά 2 σενάρια που εκπονήθηκαν το 2017 σύμφωνα με τους στόχους του ΕΠΠ - Εθνικού Πλαισίου Πολιτικής (2017) και το 2019 κατά το ΕΣΕΚ - Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (2019) που είναι πολύ πιο φιλόδοξο τόσο για επιβατικά οχήματα τύπου BEV (Battery Electric Vehicle) όσο και για τύπου PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) μέχρι και το έτος 2030.

Τα σενάρια στην παρούσα οικονομική και ενεργειακή συγκυρία κρίνονται πολύ φιλόδοξα αφού ακόμα η τιμή των Η/Ο είναι πολύ υψηλή παρά την κρατική επιδότηση που προβλέπεται και αυξάνεται σε ετήσια βάση.

Τα σενάρια σχετίζονται με την πρόοδο της τεχνολογίας των Η/Ο ως προς τη δυνατότητα αυτονομίας των μπαταριών αλλά και ως προς τη διαθεσιμότητα σταθμών φόρτισης. Και τα δύο σενάρια σήμερα φαίνεται να υπερεκτιμούν το πλήθος των Η/Ο δεδομένων των σημερινών δύσκολων οικονομικών και ενεργειακών συνθηκών. Επίσης στον Πίνακα 8-9 δεν φαίνεται διαχωρισμός μεταξύ επιβατικών οχημάτων τύπου BEV (Battery Electric

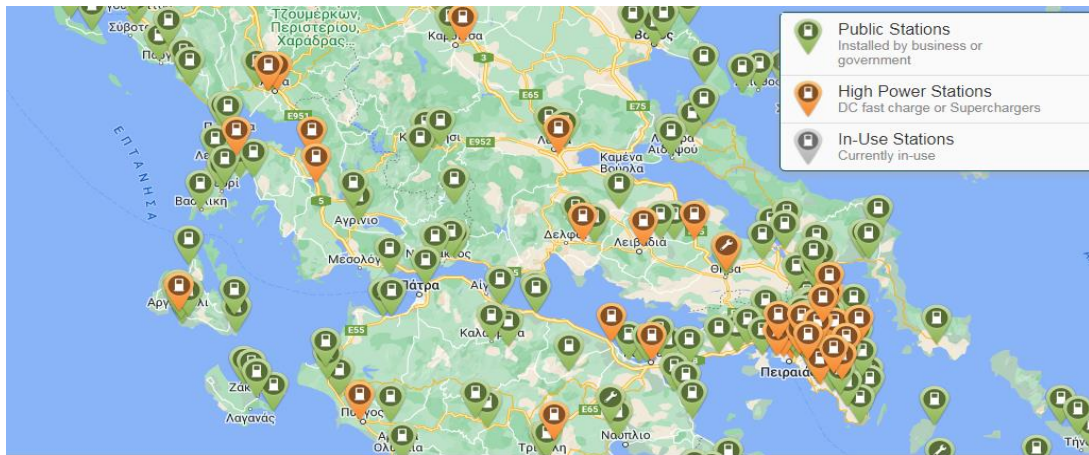
Vehicle – H/O) και τύπου PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle), ώστε να φαίνεται πιο αναλυτικά τι προβλέπεται ως προς την εισχώρηση στην κυκλοφορία των BEV (αμιγώς H/O) που είναι και η πιο εξελιγμένη τεχνολογία και που σχετίζεται περισσότερο με τους σταθμούς ταχείας φόρτισης.



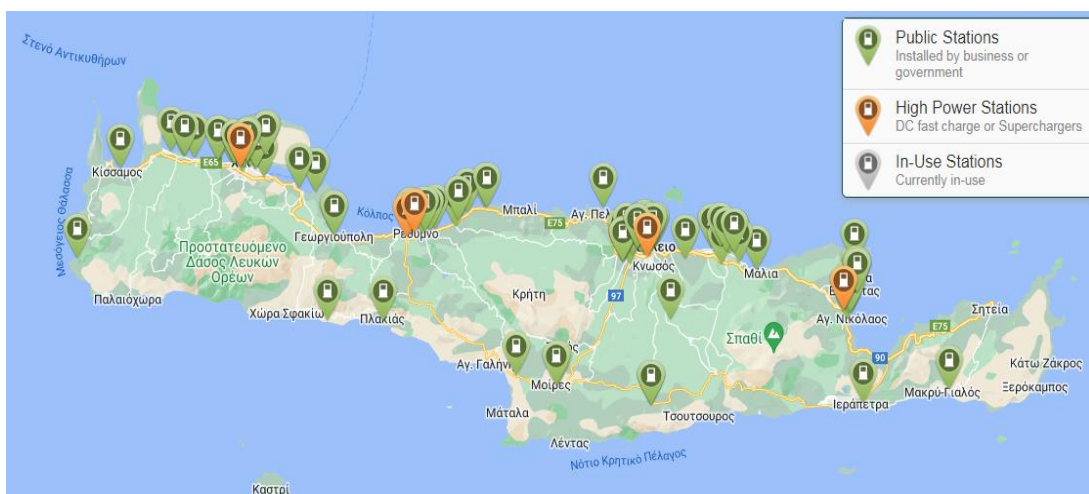
**Πίνακας 8-9 Εκτιμώμενος στόλος Η/Ο έως το έτος 2030 (Κολοβού 2020).**

2. Ο τρόπος τιμολόγησης – χρέωσης του ανεφοδιασμού των Η/Ο. Νωρίτερα (στην παρ. 9.5.2) συζητήθηκαν οι πιο προτιμητέοι τρόποι τιμολόγησης κατά τη βιβλιογραφία που αρχικά ήταν η χρέωση ανά συνεδρία φόρτισης, η χρέωση με βάση το χρόνο φόρτισης, η σταθερή χρέωση τύπου συνδρομής (π.χ μηνιαίας) και μεικτοί τρόποι μεταξύ των παραπάνω (Schroeder, A., Traber, T. (2012); Lorentzen, E., Haugneland, P., Bu, c., & Hauge E., 2017; Markkula, J., Rautiainen, A. & Jarventausta, P. (2013).

Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα τα ηλεκτρικά οχήματα φορτίζουν με 2 διαφορετικούς τρόπους. Με την απλή, αργή, AC φόρτιση και με τη γρήγορη DC στους ταχυφορτιστές. Οι φορτιστές AC είναι αυτοί που βρίσκονται σε οικίες, στα ξενοδοχεία καθώς και – συνήθως – σε εμπορικά κέντρα καθώς και σταθμούς εντός πόλεων όπως σουπερμάρκετ, κτλ.



**Εικόνα 8-1 Σταθμοί φόρτισης στη Δυτική- Κεντρική Ελλάδα ([www.heliev.gr](http://www.heliev.gr))**



**Εικόνα 8-2 Σταθμοί φόρτισης στην Κρήτη ([www.heliev.gr](http://www.heliev.gr))**

Από την Εικόνα 8-1 και Εικόνα 8-2 φαίνεται η σημερινή κατάσταση σε σταθμούς φόρτισης AC, DC. Προκύπτει ότι οι σταθμοί υψηλής ισχύος που προβλέπεται να είναι και ταχείας φόρτισης (DC) τη δεδομένη στιγμή είναι πολύ λιγότεροι από τους δημόσιους σταθμούς που αναμένεται να είναι αργής φόρτισης (AC).

Στην αργή φόρτιση AC συνήθως θα φορτίζουμε από 2KW (με απλή οικιακή πρίζα σούκο σε ασφάλεια 10A) μέχρι 22KW σε τριφασική παροχή (είτε στο σπίτι με τον κατάλληλο φορτιστή wallbox, είτε σε κάποιον φορτιστή σε εξωτερικό χώρο). Για να φορτίσουμε με 22KW σε AC θα χρειαστεί και το αυτοκίνητο να έχει την αντίστοιχη υποδομή, καθώς τα περισσότερα μοντέλα υποστηρίζουν AC φόρτιση έως 11KW. Η νοοτροπία της AC φόρτισης είναι ότι το αυτοκίνητο το αφήνετε και φορτίζει όσο ο οδηγός κάνει κάποια άλλη δραστηριότητα δεν επείγει δηλαδή η φόρτιση. Αξίζει στο σημείο αυτό να σημειωθεί ότι η διατήρηση της μπαταρίας σε καλή κατάσταση δηλ. σε κατάσταση που να διατηρεί τη μέγιστη δυνατή αυτονομία, θα πρέπει η φόρτιση να γίνεται σε AC σταθμούς αργής φόρτισης (όπως στο σπίτι) και να χρησιμοποιούνται ταχυφορτιστές μόνο σε ειδικές συνθήκες ή ταξίδια. Η γρήγορη φόρτιση μειώνει τις αντοχές της μπαταρίας με αποτέλεσμα τη

μείωση της μέγιστης αυτονομίας μετά από λίγο καιρό. Μια φθορά 7-10% της μπαταρίας σε 3-4 χρόνια είναι απολύτως φυσιολογική.

Στη γρήγορη DC φόρτιση (απαιτούμενος χρόνος 20 - 30 λεπτά), που συναντάμε συνήθως στους ΣΕΑ των αυτοκινητόδρομων και σε δημοφιλή σημεία όπως τα αεροδρόμια, η φόρτιση γίνεται πολύ γρήγορα καθώς ο σκοπός εδώ είναι να περιμένει ο οδηγός να φορτίσει η μπαταρία μέχρι το 70-80% της αυτονομίας της ώστε να αναχωρήσει για τον προορισμό του. Οι πιο δημοφιλείς DC φορτιστές στα ΣΕΑ έχουν ισχύ 50kW ενώ πλέον υπάρχουν και ταχυφορτιστές με ισχύ 150KW (Golden Hall) ή και 250KW στον Ψαθόπυργο..

Η ισχύς που μπορεί κανείς να λάβει από αυτούς τους ταχυφορτιστές εξαρτάται από την υποδομή του αυτοκινήτου, τη θερμοκρασία της μπαταρίας καθώς και με τι επίπεδο μπαταρίας θα φτάσει το όχημα στο φορτιστή – όσο χαμηλότερο το επίπεδο, τόσο πιο γρήγορα θα φορτίσει. Η ισχύς και η ταχύτητα φόρτισης μετά το 80% περίπου μειώνεται αισθητά οι εταιρείες προτείνουν ότι για ένα ταξίδι θα πρέπει να γίνεται φόρτιση μέχρι το 80% και στη συνέχεια το όχημα αναχωρεί.

Το κόστος φόρτισης στο σπίτι εξαρτάται από τη διαθέσιμη χωρητικότητα της μπαταρίας που έχει το αυτοκίνητο καθώς και από την τιμή ρεύματος. (<https://www.asfaleies24.gr/kostos-fortisis-ilektrikou-autokinitou/>) Σε τιμές του 2020 το κόστος φόρτισης π.χ ενός Tesla Model 3 LR με μπαταρία 82KWh, από το 0% μέχρι το 100% ήταν περίπου 16€ στην ημερήσια χρέωση και 12€ στη νυχτερινή αποδίδοντας εντός πόλης παραπάνω από 500 χιλιόμετρα δηλ. προέκυπτε ένα κόστος ανά 100 χιλιόμετρα λιγότερο από 2,5€.

Το κόστος φόρτισης σε ταχυφορτιστές που θα χρησιμοποιηθούν σε ένα ταξίδι είναι αρκετά μεγαλύτερο από ότι το κόστος φόρτισης ενός ηλεκτρικού οχήματος στο σπίτι. Αυτή τη στιγμή το κόστος για φόρτιση DC 50kW είναι 0.60€/KW στα πρατήρια BP & ΕΚΟ με τις τιμές να διαμορφώνονται σε μηνιαία βάση. Αυτό σημαίνει πως για τη φόρτιση ενός π.χ Tesla Model 3 LR συνολικής χωρητικότητας 82KWh, για το διάστημα 20%-80% (περίπου 50kWh) τότε το κόστος είναι 30€. Αντίστοιχα στα πρατήρια Avin & Shell με ταχυφορτιστές NRG, το κόστος είναι 0,62€ / kWh για γρήγορη DC φόρτιση στα 50KW.

Γενικά αναμένεται ότι με την ολοένα αυξανόμενη ανάπτυξη των υποδομών και την αύξηση του ανταγωνισμού το κόστος ανά kWh θα μειώνεται.

Από τις αρχές του 2020 η κοινοπραξία Ionity που έχει συσταθεί από το 2018 μετέβαλε την τιμολογιακή πολιτική της όσον αφορά το κόστος φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων που δεν ανήκουν στο δίκτυο της. Στην κοινοπραξία ανήκουν μεγάλες αυτοκινητοβιομηχανίες όπως το BMW Group, η Daimler AG, το VW Group, με μέλη τις Porsche, VW και Audi, καθώς και η Ford Motor Company. Η κοινοπραξία προσφέρει στους πελάτες των παραπάνω εταιριών αλλά και σε συμβατά οχήματα άλλων αυτοκινητοβιομηχανιών, υπηρεσίες ταχείας φόρτισης σε όλη την Ευρώπη.



Μέχρι σήμερα, η Ionity τιμολογούσε κάθε πελάτη που χρησιμοποιούσε τους φορτιστές της με το ποσό των 8€ ανά φόρτιση, ανεξάρτητα από την «ποσότητα» της ηλεκτρικής ενέργειας που κατέληγε στον συσσωρευτή του αυτοκινήτου. Εντούτοις, από την 31η Ιανουαρίου 2020 και μετά, οι ιδύνοντες της κοινοπραξίας αποφάσισαν να μεταβάλλουν την τιμολογιακή πολιτική για όσους χρησιμοποιούν τους φορτιστές της και δεν διαθέτουν ηλεκτρικό αυτοκίνητο των συνεργαζόμενων αυτοκινητοβιομηχανιών τιμολογώντας τους με €0,79 (με ΦΠΑ) ανά kWh.

Στα τέλη του 2021 το κόστος φόρτισης ειδικότερα για την Ελλάδα διαμορφώθηκε στα 0,60€/kWh. **Επομένως για μια φόρτιση σε ένα σταθμό ταχείας φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων για το διάστημα 20%-80% της μπαταρίας που αντιστοιχεί σε 50kWh το κόστος θα ανέρχεται σε περίπου 30€.**

*Πίνακας 8-10 Εκτίμηση καθαρών εσόδων του σταθμού φόρτισης.*

Έτη επένδυσης	Πλήθος ΗΟ/Ετος	Φόρτιση (kWh)	Καθαρό κέρδος (€/kWh)	Καθαρά έσοδα (€)
	A	B	C	D
1	1500.00	50.00	0.45	33750
2	1650.00	50.00	0.43	35357
3	1815.00	50.00	0.41	37041
4	1996.50	50.00	0.39	38805
5	2196.15	50.00	0.37	40653
6	2415.77	50.00	0.35	42588
7	2657.34	50.00	0.34	44616
8	2923.08	50.00	0.32	46741
9	3215.38	50.00	0.30	48967
10	3536.92	50.00	0.29	51298

Στον Πίνακα 8-10 γίνεται μια αρχική εκτίμηση του πλήθους Η/Ο που θα επισκεφθούν ένα σταθμό ανεφοδιασμού, θεωρώντας ότι σήμερα το πλήθος των αμιγώς Η/Ο δεν υπερβαίνει τις

10,000. Σε σχέση με τη γεωγραφική διασπορά κίνησης των Η/Ο αλλά και το πλήθος των σταθμών φόρτισης, μια φειδωλή πρόβλεψη θα μπορούσε να είναι ότι από έναν τέτοιο σταθμό ταχείας φόρτισης σήμερα, μπορούν να ανεφοδιάζονται περί τα 1500 Η/Ο σε ετήσια βάση.

Στον Πίνακα 8-10 προβλέπεται μια αύξηση των ανεφοδιαζόμενων Η/Ο κατά 10% από ένα σταθμό ταχείας φόρτισης σε ετήσια βάση όπως φαίνεται στη στήλη Α του πίνακα. Αυτή είναι μια πρόβλεψη που γίνεται λόγω του μεγαλύτερου μεριδίου αγοράς που αναμένεται για τα Η/Ο στα επόμενα χρόνια. Σε σχέση με τη φόρτιση αυτή προβλέπεται να καλύπτει το διάστημα 20%-80% της μπαταρίας που αντιστοιχεί σε 50kWh (όπως φαίνεται στη στήλη Β του πίνακα).

Επίσης προβλέπεται η τιμολόγηση να γίνεται με βάση την τιμή πώλησης της kWh (στήλη C). Πιο συγκεκριμένα σύμφωνα με τη βιβλιογραφία η τάση κοστολόγησης που προκρίνεται τα τελευταία χρόνια είναι η τιμολόγηση του



ανεφοδιασμού να γίνεται με βάση τις kWh φόρτισης. Αυτός θεωρείται και ο πιο δίκαιος τρόπος κοστολόγησης. Πιο εξελιγμένα θα μπορούσε να προστεθεί και κάποια μικρή πάγια χρέωση ως προς τη χρήση του δευτερεύοντος εξοπλισμού και τις πιθανές φθορές που μπορεί αυτή η χρήση να συνεπάγεται. Στα σημερινά οικονομικά – ενεργειακά δεδομένα, θεωρείται η τιμή πώλησης της kWh να κυμαίνεται στα 0.60€/kWh. Αυτή είναι η τιμή πώλησης προς τον καταναλωτή – οδηγό. Θεωρώντας μια ενδεικτική τιμή κόστους kWh προς τους παρόχους ηλεκτρικής ενέργειας στα 0,15€/kWh το καθαρό κέρδος ανά kWh που μένει στην επιχείρηση είναι η διαφορά που σημειώνεται στην στήλη C του πίνακα. Στην ίδια στήλη C στα κατοπινά χρόνια της επένδυσης έχει προβλεφθεί επίσης μια μείωση του καθαρού εσόδου ανά kWh της τάξης του 5% σε ετήσια βάση.

Αυτή η εκτίμηση γίνεται θεωρώντας ότι η ακόμα μεγαλύτερη διείσδυση των ΑΠΕ στη χώρα μας θα δίνει τη δυνατότητα για πιο φθηνή τιμή ενέργειας. Αξίζει να σημειωθεί ότι σήμερα ενδεικτικά το ποσοστό των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα της χώρας φθάνει ή ξεπερνάει το 50%. Σε συνδυασμό με την εξέλιξη των αιολικών (πλωτά) και φωτοβολταϊκών στα αμέσως επόμενα χρόνια, μπορεί να θεωρηθεί ότι η αύξηση της παραγόμενης ενέργειας θα οδηγήσει σε μια τέτοια πρόβλεψη μείωσης της τιμής της kWh.

Τέλος στην τελευταία στήλη του πίνακα (στήλη D) καταγράφονται τα καθαρά έσοδα της επένδυσης σε ετήσια βάση.

**Πίνακας 8-11 Συγκεντρωτικά Οικονομικά μεγέθη και παρούσα αξία της επένδυσης.  
Του σταθμού ταχείας φόρτισης.**

Έτη	ΕΣΟΔΑ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΕΣΟΔΑ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΚΕΡΔΗ	ΑΠΟΣΒΕΣΕΙΣ	ΧΡΕΩΛΥΣΙΟ	ΥΠΟΛΟΙΠΟ ΔΑΝΕΙΟΥ	ΤΟΚΟΣ	ΤΟΚΟ ΧΡΕΩΛΥΣΙΟ	ΚΕΡΔΗ ΠΡΟ ΦΟΡΩΝ	ΦΟΡΟΣ 22%	ΚΑΘΑΡΕΣ ΧΡΗΜ/ΡΟΕΣ	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΕΣ ΧΡΗΜ/ΡΟΕΣ
A	B	C	D=B-C	E	F	G	H	I=F+H	J=D-E-H	K=J*0.22	L=D-I-K	N
		1.05								0.22		
1						60000					-15000	-15000
2	33750	5000	28750	12000	11078	48922	2400	13478	14350	3157	12115	-2885
3	35357	5250	30107	12000	11521	37401	1957	13478	16150	3553	13076	10191
4	37041	5513	31528	12000	11982	25419	1496	13478	18032	3967	14083	24274
5	38805	5788	33017	12000	12461	12958	1017	13478	20000	4400	15139	39413
6	40653	6078	34575	12000	12960	-2	518	13478	22057	4852	16245	55657
7	42588	6381	36207	0	0	0	0	0	36207	7966	28241	83899
8	44616	6700	37916	0	0	0	0	0	37916	8341	29574	113473
9	46741	7036	39705	0	0	0	0	0	39705	8735	30970	144443
10	48967	7387	41579	0	0	0	0	0	41579	9147	32432	176875
11	51298	7757	43542	0	0	0	0	0	43542	9579	33963	210838

Στον Πίνακα 8-11 στη στήλη Β καταγράφονται τα καθαρά έσοδα από την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh) με το σκεπτικό που αυτά προέκυψαν από τον Πίνακα 8-10 με τις θεωρήσεις που έγιναν εκεί. Στη στήλη D δίνονται τα λειτουργικά έξοδα με τιμή εκκίνησης όπως αυτά καταγράφηκαν στον Πίνακα 8-8 ενώ για τα επόμενα έτη έχει γίνει η πρόβλεψη αύξησης αυτών των εξόδων κατά 5% σε ετήσια βάση θεωρώντας και τον πληθωρισμό σε αυτή την τιμή. Στη στήλη E δίνονται οι αποσβέσεις που έχει προβλεφθεί ότι θα καλυφθούν στα πρώτα 5 έτη της επένδυσης. Στη στήλη F καταγράφεται το χρεωλύσιο που αθροιζόμενο με τον τόκο (στήλη H) δίνει το τοκοχρεωλύσιο (στήλη I).

Η εξέλιξη του υπολοίπου του δανείου δίνεται στη στήλη G στην οποία προοδευτικά αφαιρείται το τοκοχρεωλύσιο μέχρι μηδενισμού του στο τέλος του πέμπτου έτους της επένδυσης.

Στις ακόλουθες στήλες δίνονται τα κέρδη προ φόρων (στήλη J), το ποσό του φόρου με συντελεστή φορολόγησης 22%, (στήλη K), οι καθαρές ετήσιες χρηματοροές (στήλη L) και τέλος οι αθροιστικές χρηματοροές σε βάθος δεκαετίας, χρονικό διάστημα που έχει οριστεί ως το τέλος της επένδυσης.

Υπενθυμίζεται ότι σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (German National Platform for Electric Mobility, 2015) μια τέτοια επένδυση σταθμού ταχείας φόρτισης έχει διάρκεια ζωής κατ'ελάχιστο τα 10 έτη τα οποία επιλέχθηκαν και στην παραπάνω ανάλυση για μια όσο το δυνατόν πιο ασφαλή εκτίμηση των οικονομικών όρων της επένδυσης.

Αξίζει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με την NPV συνάρτηση του EXCEL προκύπτει για την τιμή του ΚΠΑ **ΚΠΑ = 154.523,46** η οποία είναι προφανώς μεγαλύτερη του μηδενός και συνεπώς η επένδυση **είναι οικονομικά συμφέρουσα**.

Πρόσθετα από την τελευταία στήλη του πίνακα όπου φαίνονται οι Αθροιστικές Καθαρές χρηματοροές διαπιστώνουμε ότι, τα ίδια Κεφάλαια έχουν επανεισπραχθεί κατά το 4ο έτος της επένδυσης.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η επιτυχημένη ανάπτυξη και διασπορά των Η/Ο (ηλεκτρικών οχημάτων) στα επόμενα χρόνια θα κριθεί από ένα πλήθος παραμέτρων κατά τους Micardi et al. (2017). Έτσι η ανάπτυξη των υποδομών χρέωσης και των αντίστοιχων σταθμών φόρτισης αναμένεται να είναι από τους πιο σημαντικούς παράγοντες. Στους σταθμούς φόρτισης θα πρέπει να συμπεριληφθούν όλες οι επιμέρους διατάξεις – συσκευές που συνιστούν το σταθμό φόρτισης και θα είναι εγκατεστημένες για την παροχή ενέργειας με ασφαλή τρόπο. Η αξιοπιστία και η ασφάλεια των τρόπων φόρτισης θα οδηγήσουν τους καταναλωτές στην αποδοχή των Η/Ο και έτσι σε συνδυασμό με ένα μειωμένο αρχικό κόστος θα μπορούσαν να αποτελέσουν μια ελκυστική λύση στο μέλλον. Κατά αυτό τον τρόπο θα μπορούσε να διασφαλιστεί η βιωσιμότητα μια επένδυσης σταθμού φόρτισης.

Ειδικότερα σήμερα που επικρατεί μεγάλη ανασφάλεια στο περιβάλλον ενέργειας με την τιμή πώλησης της ενέργειας να είναι ευμετάβλητη και να καθορίζεται πλέον σε μηνιαία βάση είναι πολύ επίφοβη μια τέτοιου είδους επένδυση. Δηλαδή πέρα από τις βελτιώσεις στην τεχνολογία των Η/Ο και των σταθμών φόρτισης η σύγκριση των τιμών μεταξύ του συμβατικού καυσίμου (βενζίνη ή πετρέλαιο) και της πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας θα είναι κρίσιμος παράγοντας για την διεύρυνση των Η/Ο στο καταναλωτικό κοινό και βρίσκεται σε άμεση σύνδεση με την επένδυση σταθμών φόρτισης. Θα πρέπει οι κυβερνητικές πολιτικές να γίνουν πιο ευέλικτες και να προσφέρουν φορολογικά κίνητρα ώστε να γίνει πιο ελκυστική η αγορά Η/Ο.

Σε κάθε περίπτωση, πέρα από τις όποιες βελτιώσεις στην τεχνολογία των ηλεκτρικών οχημάτων και σταθμών φόρτισης, σημαντικό ρόλο θα παίξουν και οι τιμές αγοράς μεταξύ των συμβατικών καυσίμων και της ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και οι πολιτικές που πιθανά θα αποφασιστούν από τις κυβερνήσεις για την διευκόλυνση της διείσδυσης των EVs στη αγορά αυτοκινήτου (φορολογικά ή άλλα κίνητρα).

Κατά τους άνω ερευνητές (Micardi S., Polimeni A., Napoli, G., Andaloro L., et al. (2017) τα ερευνητικά ιδρύματα, οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας και η βιομηχανία αυτοκινήτων θα πρέπει να συνεργαστούν για την καθιέρωση κατάλληλων προτύπων προγραμμάτων φόρτισης που θα επιτρέψουν στους χρήστες ηλεκτρικής ενέργειας να επωφεληθούν από την τιμολογιακή πολιτική των ηλεκτρικών δικτύων. Κατά αυτή την έννοια απαιτούνται επίσης κανονιστικές διαδικασίες και πολιτικές για τις εμπορικές εταιρείες που δραστηριοποιούνται στην αγορά διανομής.

Σε ένα σταθμό ανεφοδιασμού η ευκολία χρήσης του φορτιστή και του συνδέσμου φόρτισης που θα κάνει την τεχνολογία φιλική στον καταναλωτή θα συμβάλλει στην αποδοχή της τεχνολογίας και στη διεύρυνση της αγοράς των Η/Ο. Με τον τρόπο αυτό θα μπορούσε να μειωθεί η αβεβαιότητα στην επένδυση σταθμών φόρτισης και να καταστεί βιώσιμη.

Επίσης κατά τον Κολιός Κωνσταντίνος (2019) η διείσδυση των ηλεκτρικών οχημάτων αναμένεται σε 2 δεκαετίες να φτάσει το 50% της αγοράς νέων επιβατικών οχημάτων και επομένως θα δημιουργηθεί η ανάγκη για την

κατασκευή υποδομών φόρτισης ενώ θα υπάρχουν ποικίλες συνέπειες στο ηλεκτρικό δίκτυο. Σε μια επένδυση αυτού του είδους θα πρέπει να εξεταστεί και η ενσωμάτωση των ΑΠΕ στην παραγωγή ενέργειας (φωτοβολταϊκά και ανεμογεννήτριες) για πιο φθηνό κόστος στον επενδυτή. Παράλληλα η ανάπτυξη συστημάτων αποθήκευσης θα μπορούσε να συνεισφέρει προς αυτή την κατεύθυνση. Με τους τρόπους αυτούς το μεταφερόμενο κυλιόμενο κόστος στον καταναλωτή θα μπορούσε να είναι χαμηλότερο, διασφαλίζοντας έτσι μεγαλύτερο κύκλο εργασιών (τζίρο) στο σταθμό φόρτισης και επομένως και τη βιωσιμότητά του.

Σε μια αντίστοιχη εργασία των Γερογιάννης Ε., Λάσκαρης Θ. (2013) σε σχέση με τη μελέτη κατασκευής σταθμού φόρτισης ηλεκτροκίνητων οχημάτων είχε συζητηθεί και προταθεί η χρήση των ΑΠΕ ως εφεδρικός τρόπος παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω πιθανά της πρώιμης τεχνολογίας.



**Εικόνα 9-1 Τελική όψη προσομοίωσης σταθμού φόρτισης**  
(<http://oceanis.lib2.uniwa.gr/xmlui/handle/123456789/1186>)

Γενικότερο συμπέρασμα σε συμφωνία με τις κατευθυντήριες οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) είναι ότι ο ηλεκτρισμός βρίσκεται στην πρώτη γραμμή των εναλλακτικών καυσίμων στον τομέα των οδικών μεταφορών όπως καταγράφεται στην ιστοσελίδα

<https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/electrical-recharging-5-2021/el/>

Ειδικότερα με την εξαγγελία της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας το Δεκέμβριο του 2019, η ΕΕ έχει πλέον θέσει ως στόχο τη μείωση, μέχρι το 2050, των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου που προκαλούνται από τις μεταφορές κατά 90% σε σύγκριση με το 1990, στο πλαίσιο μιας ευρύτερης προσπάθειας να καταστεί μια κλιματικά ουδέτερη οικονομία. Οι μεταφορές

ευθύνονται σχεδόν για το ένα τέταρτο των συνολικών εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στην ΕΕ, εξαιτίας κυρίως (72%) των οδικών μεταφορών.

Ένας καθοριστικός τρόπος για τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου που προκαλούνται από τις οδικές μεταφορές είναι η στροφή σε εναλλακτικά καύσιμα, όπως ο ηλεκτρισμός, το υδρογόνο, τα βιοκαύσιμα ή το βιοαέριο, τα οποία παράγουν χαμηλότερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Εντούτοις, οι οδικές μεταφορές εξακολουθούν να εξαρτώνται σχεδόν αποκλειστικά από τα ορυκτά καύσιμα, καθώς περί το 95% των οδικών οχημάτων κινείται ακόμη με συμβατικά καύσιμα. Πέραν του υψηλότερου κόστους αγοράς των αντίστοιχων οχημάτων, η έλλειψη σταθμών φόρτισης και ανεφοδιασμού αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα για την ανάπτυξη της αγοράς εναλλακτικών καυσίμων.

Η ΕΕ τηρεί τεχνολογική ουδετερότητα, υπό την έννοια ότι δεν ευνοεί ένα μόνο είδος εναλλακτικού καυσίμου, αλλά θεωρεί ότι πρέπει να υπάρχουν κοινές τεχνικές προδιαγραφές για όλα τα καύσιμα, καθώς και διαθεσιμότητά τους σε ολόκληρη την ΕΕ (π.χ. υποδομές). Πρακτικά, ωστόσο, ο ηλεκτρισμός βρίσκεται στην πρώτη γραμμή της ανάπτυξης εναλλακτικών καυσίμων στον τομέα των οδικών μεταφορών, ιδίως για τα επιβατικά αυτοκίνητα και τα ελαφρά επαγγελματικά οχήματα.

Αν και το 2019 τα υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα αντιστοιχούσαν μόλις στο 6% και τα ηλεκτρικώς φορτιζόμενα στο 3% το 2020, η κατηγορία των ηλεκτρικώς φορτιζόμενων οχημάτων (με μπαταρία ή υβριδικά με ρευματολήπτη) αύξησε σημαντικά το μερίδιο που κατείχε στην αγορά, παρά την τάση γενικής μείωσης των ταξινομήσεων νέων επιβατικών αυτοκινήτων λόγω της πανδημίας COVID-19. Το 2020, το 10,5% των νέων ταξινομήσεων αφορούσε ηλεκτρικά οχήματα. Δηλ. ένα στα δέκα επιβατικά αυτοκίνητα που πωλήθηκαν στην ΕΕ το 2020 ήταν ηλεκτρικώς φορτιζόμενο. Οι κατασκευαστές αυτοκινήτων προβλέπουν ότι η παραγωγή ηλεκτρικών οχημάτων στην Ευρώπη θα εξαπλασιαστεί μεταξύ 2019 και 2025, υπερβαίνοντας τα 4 εκατομμύρια αυτοκίνητα και ημιφορτηγά ετησίως ή το ένα πέμπτο του όγκου των οχημάτων που παράγονται στην ΕΕ.

Η Πράσινη Συμφωνία προβλέπει την κυκλοφορία 13 εκατομμυρίων οχημάτων χαμηλών και μηδενικών εκπομπών στους ευρωπαϊκούς δρόμους μέχρι το 2025. Στη Στρατηγική για Βιώσιμη και Έξυπνη Κινητικότητα που παρουσίασε η Επιτροπή το 2020, τίθεται ως ορόσημο ο αριθμός των τουλάχιστον 30 εκατομμυρίων οχημάτων μηδενικών εκπομπών μέχρι το 2030 και ένας στόλος οχημάτων σχεδόν μηδενικών εκπομπών μέχρι το 2050, προοπτική που αντιπροσωπεύει σημαντική αύξηση έναντι των περίπου 2 εκατομμυρίων ηλεκτρικών οχημάτων που είναι ταξινομημένα αυτή τη στιγμή στην ΕΕ. Επιπλέον, όλο και περισσότερα κράτη μέλη (μεταξύ των οποίων η Δανία, η Ιρλανδία, οι Κάτω Χώρες, η Σλοβενία και η Σουηδία) ανακοινώνουν σχέδια για απαγόρευση των πωλήσεων αυτοκινήτων που κινούνται με ορυκτά καύσιμα από το 2030 και μετά. Εκτός ΕΕ, στη Νορβηγία, την πρώτη αγορά ηλεκτροκίνησης παγκοσμίως, τα ηλεκτρικά οχήματα αντιστοιχούν στο 15% του συνόλου των επιβατικών αυτοκινήτων.

Σύμφωνα με την ευρωπαϊκή στρατηγική για την κινητικότητα χαμηλών εκπομπών του 2016, ο απώτερος στόχος πολιτικής είναι η φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων να καταστεί εξίσου εύκολη με τον ανεφοδιασμό ενός συμβατικού οχήματος από πρατήριο βενζίνης, έτσι ώστε τα ηλεκτρικά οχήματα να μπορούν να κινούνται απρόσκοπτα σε ολόκληρη την ΕΕ. Σε αντίθεση με τα συμβατικά οχήματα, η φόρτιση των περισσότερων ηλεκτρικών γίνεται στο σπίτι ή στον επαγγελματικό χώρο, γεγονός που σημαίνει ότι χρειάζονται περισσότερα κοινόχρηστα σημεία φόρτισης προς εξυπηρέτηση των οδηγών που δεν έχουν πρόσβαση σε ιδιωτική φόρτιση, καθώς και όσων διανύουν μεγαλύτερες αποστάσεις. Επιπλέον, βάσει πρόσφατης ανάλυσης, η φόρτιση προβλέπεται να στραφεί πιθανότατα από το σπίτι (η πρακτική αυτή αντιστοιχούσε στο 75% το 2020) προς τις κοινόχρηστες λύσεις, καθώς αυξάνεται ο αριθμός των αγοραστών ηλεκτρικών οχημάτων που δεν έχουν δυνατότητα οικιακής φόρτισης.

Η περιορισμένη αυτονομία των ηλεκτρικών οχημάτων και η αβεβαιότητα των χρηστών ως προς τη διαθεσιμότητα σταθμών φόρτισης κατά μήκος της διαδρομής που προτίθενται να διανύσουν μπορούν να προκαλέσουν ανησυχία σχετικά με την αυτονομία και τον χρόνο αναμονής, δηλ. ότι η αυτονομία του οχήματός τους δεν θα είναι αρκετή για να φθάσουν στον προορισμό τους και ότι η φόρτιση μπορεί να σημαίνει μεγάλη αναμονή σε περίπτωση που ένας σταθμός είναι ήδη κατειλημμένος.

Όλα τα παραπάνω συνηγορούν ότι νομοτελειακά η αυτοκινητοβιομηχανία στο άμεσο μέλλον θα στρέφεται όλο και περισσότερο στην κατασκευή ηλεκτρικών οχημάτων για τον περιορισμό των εκπομπών ρύπων που συμβάλλει σημαντικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Έτσι συνακόλουθα προκύπτει ότι η ανάγκη για περισσότερα σημεία «ανεφοδιασμού» ηλεκτρικής ενέργειας του όλο και αυξανόμενου στόλου των Η/Ο θα ωθήσει και σε περισσότερα επενδυτικά σχέδια σταθμών ανεφοδιασμού. Προς το σκοπό αυτό αναμένεται ότι η επένδυση στην κατασκευή σταθμών φόρτισης θα πρέπει να ακολουθήσει, με κίνητρα για τη βιώσιμη λειτουργία τους με βοήθεια τόσο από την ΕΕ όσο και από τις εθνικές κυβερνήσεις με φορολογικές ελαφρύνσεις. Ειδικά τα επενδυτικά σχέδια θα πρέπει να ενισχυθούν περισσότερο στα πρώτα στάδια ανάπτυξης, που θα πρέπει να στηθεί ένα σημαντικό δίκτυο σταθμών φόρτισης για την απρόσκοπτη κίνηση των Η/Ο στο αστικό αλλά πιο σημαντικά στο εθνικό αλλά και πανευρωπαϊκό οδικό δίκτυο.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Γερογιάννης Ε., Λάσκαρης Θ. (2013)

«Μελέτη κατασκευής σταθμού φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων»  
Πτυχιακή Εργασία ΤΕΙ Πειραιά Τμήμα Ηλεκτρολογίας.

Εμμανουηλίδης Γιώργος (2011), *ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΓΡΑΦΕΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ  
ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ*

<https://docplayer.gr/1434894-Energeiako-grafeio-aigaiou-ilektrika-aytokinita-giorgos-emmanoyilidis.html> (last access, 23/05/2022)

Κυριαζής Κ. Χ. και Παπαδάκης Ε. Γ. (2009)

“Τεχνοοικονομική Μελέτη”, Τζιόλα, 2009

Κολιός Κωνσταντίνος (2019)

«Σχεδιασμός σταθμού ταχείας φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων με ενσωμάτωση ΑΠΕ και συστημάτων αποθήκευσης» Διπλωματική Εργασία ΑΠΘ Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών Τομέας Ηλεκτρικής Ενέργειας

Κολοβού Πολυτίμη (2020)

«Πολυκριτηριακή λήψη απόφασης για την εγκατάσταση και λειτουργία σταθμών φόρτισης κανονικής και υψηλής ισχύος για ηλεκτρικά οχήματα στην Ελλάδα» Διπλωματική Μεταπτυχιακή Εργασία ΕΑΠ 2020

Μουστάκης Βασίλης Σ. (2016)

Πρακτικός Οδηγός Οικονομικής Ανάλυσης, Εκδόσεις Τζιόλα

Παπαδάκης Ε. Γ. (2006)

“Τεχνοοικονομική Μελέτη”, Τμήμα Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Αγρίνιο, 2006

Τρικαλιώτης Δημήτριος (2020)

«Οικονομοτεχνική Μελέτη Μονάδας Ενεργειακής Αξιοποίησης Βιοαερίου στο ΧΥΤΑ Μαυροράχης» Διπλωματική Εργασία ΑΠΘ Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Η/Υ Τομέας Ηλεκτρικής Ενέργειας 2020

ARROW (2021), *Regulations and Certification for Electric Vehicles*  
<https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/regulations-and-certification-for-electric-vehicles>

Bakker, S., Maat, K., & Van Wee, B. (2014)

Stakeholders interests, expectations and strategies regarding the development and implementation of electric vehicles: The case of Netherlands. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 66, 52-64

Burnham, A., Dufek, E.J., Stephens, T., Francfort, J., Michelbacher, C., et al (2017)

Enabling fast charging – Infrastructure and economic considerations. *Journal of Power Sources*, 367, 237-249

Driivz Team (2022), *EV Charging Industry Protocols and Standards*

<https://driivz.com/blog/ev-charging-standards-and-protocols/>

Electrical installation Wiki, *Electric Vehicle and EV charging fundamentals*

[https://www.electrical-installation.org/enwiki/Electric\\_Vehicle\\_and\\_EV\\_charging\\_fundamentals](https://www.electrical-installation.org/enwiki/Electric_Vehicle_and_EV_charging_fundamentals)

Electrical installation Wiki, *EV charging station design*

[https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV\\_charging\\_station\\_design](https://www.electrical-installation.org/enwiki/EV_charging_station_design)

EVEXPERT, *Electric vehicles and their batteries*

<https://www.evexpert.eu/eshop1/knowledge-center/electric-vehicles-and-their-batteries> (last access, 03/07/2022)

Falvo, M. C., Sbordone, D., Bayram, I. S., & Devetsikiotis, M. (2014, June).

EV charging stations and modes: International standards. In *2014 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion* (pp. 1134-1139). IEEE.  
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6872107>

Figenbaum, E., & Kolbenstvedt, M. (2016)



Learning from Norwegian Battery Electric and Plug-in Hybrid Vehicle users: Results from a survey of vehicle owners. TOI report (1492/2016)  
<https://trid.trb.org/view/1420780>

Justis, R., T., & B.Kreigsmann, B.(1979)

The feasibility study as a tool for venture analysis. Business Journal of Small Business Management, 1979

Kley,F., Lerch,C., Dallinger, D. (2011)

New business models for electric cars – A holistic approach, Energy policy 39(6) 3392-3403

Lorentzen, E., Haugneland, P., Bu, c., & Hauge E. (2017)

Charging infrastructure experiences in Norway – the worlds most advanced EV market, In EVS30 Symposium pp9-11

Markkula, J., Rautiainen,A. & Jarventausta, P. (2013)

The business case of e;ectric vehicle quick charging – No more chicken or egg problem In 2013 World Electric Vehicle Symposium and Exhibition (EVS27 pp1-7) IEEE

Micardi S., Polimeni A., Napoli, G., Andaloro L.,et al. (2017)

Electric vehicle charging infrastructure planning in a road network  
*Renewable and Sustainable Energy Reviews 80 (2017) 98-108*

Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, *Batteries for Electric Vehicles*

[https://afdc.energy.gov/vehicles/electric\\_batteries.html](https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_batteries.html)

Owais Ali (2022), *The All-Solid-State Battery and its Future in Electric Vehicles*

Schroeder, A., Traber, T. (2012)

The economics of fast charging infrastructure for electric vehicles, Energy Policy 43, 136-144

Scott Lang (2010), *Electric Vehicles and the Smart Grid: Charging Forward! Special Electric Vehicle Section*

<https://electricenergyonline.com/energy/magazine/542/article/Electric-Vehicles-and-the-Smart-Grid-Charging-Forward-.htm> (last access, 17/06/2022)

Serradilla J., Wardle, J., Blyth, P., Gibbon, J. (2017)

An evidence – based approach for investment in rapid – charging infrastructure. *Energy Policy* 106, 514-524

*Smart grids (n.d): electricity networks and the grid in evolution*

<https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/smart-grids-electrical-grid/> (last access, 14/06/2022)

Standard Power Solutions and Applications for AC/DC and DC/DC power converters

<https://recom-power.com/en/acdc-dcdc-converters.html?0>

Wikipedia, the free encyclopedia (2023), *Thomas Davenport (inventor)*

[https://en.wikipedia.org/wiki/Thomas\\_Davenport\\_\(inventor\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Thomas_Davenport_(inventor)) (last access, 23/05/2022)

Wikipedia, the free encyclopedia (2023), *Electric vehicle battery*

[https://en.wikipedia.org/wiki/Electric\\_vehicle\\_battery](https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_vehicle_battery)

<https://www.azocleantech.com/article.aspx?ArticleID=1598>