



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

**ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ
ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αγγελική Λυδία Αντωνία Ι. Συρρή

Επιβλέπων :Νικόλαος Χατζηαργυρίου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2012

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ



ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

**ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ
ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αγγελική Λυδία Αντωνία Ι. Συρρή

Επιβλέπων : Νικόλαος Χατζηαργυρίου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την ... Ιουλίου 2012

.....
Χατζηαργυρίου Νικόλαος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Παπαθανασίου Σταύρος
Επικ.Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Γεωργιάκης Παύλος
Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2012

.....
Αγγελική Λυδία Αντωνία Ι. Συρρή

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Αγγελική Λυδία Αντωνία Ι. Συρρή, 2012

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα ηλεκτρικά οχήματα αποτελούν στις μέρες μας έναν διαρκώς αναπτυσσόμενο κλάδο της τεχνολογίας. Η αναμενόμενη μαζική διείσδυση τους στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας δημιουργεί την ανάγκη μελέτης της επίδρασης τους στο σύστημα παραγωγής, λόγω του επιπρόσθετου φορτίου που απαιτεί η εξυπηρέτηση των ενεργειακών αναγκών τους για τις καθημερινές μετακινήσεις τους.

Ο σκοπός της διπλωματικής αυτής εργασίας αρχικά είναι η ανάπτυξη αλγορίθμων οι οποίοι υπολογίζουν τις ενεργειακές ανάγκες ενός στόλου ηλεκτρικών οχημάτων. Αναπτύσσονται τρεις αλγόριθμοι για την φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων των οποίων η διαφορά έγκειται στο προφίλ φόρτισης που ακολουθεί ο κάθε οδηγός: μη ελεγχόμενη φόρτιση, η οποία ξεκινά με την επιστροφή του οχήματος στο σπίτι μετά την τελευταία μετακίνηση, φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο, στην οποία το φορτίο των οχημάτων μεταφέρεται σε ώρες με χαμηλή ζήτηση και τέλος φόρτιση με μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ, λαμβάνοντας υπόψη τις ώρες υψηλής ζήτησης του δικτύου. Στο επόμενο στάδιο, οι αλγόριθμοι αυτοί εφαρμόζονται, προκειμένου να βρεθεί η επίδραση που έχει η εισαγωγή των οχημάτων σε ένα πραγματικό δίκτυο. Υποθέτονται τρία σενάρια διείσδυσης ηλεκτρικών οχημάτων και υπολογίζεται η επίδραση τους, στο συνολικό κόστος τους συστήματος, στον προγραμματισμό των μονάδων, στους εκπεμπόμενους ρύπους από τις μονάδες παραγωγής. Η ανάπτυξη των αλγορίθμων γίνεται στο προγραμματιστικό περιβάλλον του Matlab.

Στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται μία ανασκόπηση της τεχνολογίας των ηλεκτρικών οχημάτων, των υποδομών φόρτισης τους και των προτύπων που έχουν δημιουργηθεί για την σύνδεση τους στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα εργαλεία προσδιορισμού ενεργειακών αναγκών των ηλεκτρικών οχημάτων και το εργαλείο μελέτης του ενεργειακού συστήματος. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων στην λειτουργία του δικτύου, ανάλογα με την στρατηγική φόρτισης που έχει ακολουθηθεί. Στο τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο συγκρίνονται οι τρεις στρατηγικές φόρτισης και συνοψίζονται τα τελικά συμπεράσματα τα οποία αφορούν την μελέτη της επίδρασης των ηλεκτρικών οχημάτων στο δίκτυο, όπως αυτά προέκυψαν από τα αποτελέσματα του προηγούμενου κεφαλαίου.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

ηλεκτρικά οχήματα, διαχείριση φορτίου, οικονομική κατανομή

ABSTRACT

Electric vehicles nowadays constitute a constantly developing field of technology. Their expected mass penetration into the power grid leads to their analysis as long as this additional load added in order to serve the energy requirements for their daily trips, affects the operation of the network they belong. The purpose of this diploma thesis is at first to develop a model which calculates the energy requirements of a fleet of electric vehicles, by controlling their charging. Three algorithms concerning EV charging are presented. Their difference lies in the charging profiles followed by each driver: uncontrolled charging, which begins after the last trip of the day, controlled dual tariff charging, in which the vehicle load is transported on low demand hours and finally res maximization penetration charging, which takes into account the daily peak, aiming to maximize the penetration of RES. Then, these algorithms are applied on a real urban distribution network in order to study the EV contribution in an electric power system. Three penetration levels are assumed to calculate the ev impact on the total system cost, the unit commitment and the pollutants emitted from the plants. The algorithms are developed in Matlab programming environment.

The first chapter is an overview of the existing electric vehicles and their charging infrastructure technologies, as well as standards that have been created for the ev connection to the electric power system. The second chapter presents the tools which determine the energy requirements of electric vehicles along with the tool analyzing the electric power system. In chapter three one can find the simulation results in the network operation, depending on the charging strategy. The final chapter compares the three strategies and summarizes the final conclusions concerning the effect of electric vehicles on the network, as obtained from the results of the previous chapter.

KEY WORDS

electric vehicle ,load management ,economic dispatch

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή κ. Χατζηαργυρίου Νικόλαο για την δυνατότητα που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Ευάγγελο Καρφόπουλο, υποψήφιο διδάκτορα ΕΜΠ, για την άψογη συνεργασία που είχαμε καθ' όλη την διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Η αμέριστη και συνεχής βοήθεια του καθώς και οι καίριες υποδείξεις και η υπομονετική καθοδήγηση του με βοήθησαν να ολοκληρώσω την εργασία αυτή.

Τέλος, θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου και στους φίλους μου, οι οποίοι με στήριξαν και με ενθάρρυναν καθ' όλη την διάρκεια της φοίτησης μου στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	3
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	3
1.1 Εισαγωγή	3
1.2 Τύποι ηλεκτρικών οχημάτων	10
1.2.1 Τεχνολογίες ηλεκτρικών οχημάτων	10
1.2.2 Κλάσεις ηλεκτρικών οχημάτων	12
1.3 Κατηγορίες συσσωρευτών	13
1.3.1 Συσσωρευτές Μολύβδου-Οξέος (lead-acid)	14
1.3.2 Συσσωρευτές Νικελίου –καδμίου(Ni-Cd)	15
1.3.3 Συσσωρευτές Νικελίου –μετάλλου υδριδίου (Nickel-metal-hydride)	16
1.3.4 Συσσωρευτές Ιόντων λιθίου(lithium-ion)	16
1.3.5 Υπερπυκνωτές	18
1.4 Τεχνολογίες σταθμών φόρτισης	19
1.4.1 Φόρτιση με επαφή	19
1.4.2.Φόρτιση με επαγωγή	21
1.5 Κατηγορίες φόρτισης.....	22
1.6 Διεθνή πρότυπα σταθμών φόρτισης	23
1.6.1 Πρότυπο SAE-J 772	24
1.6.2 Το πρότυπο IEC-61851.....	25
1.6.3 Το πρότυπο IEC 62156	27
1.6.4 DC φόρτιση με προδιαγραφές CHAdeMO	28
1.7 Υποδοχείς φόρτισης εμπορίου	32
1.7.1 Βύσμα Mennekes	32
1.7.2 Βύσμα Walther	33
1.7.3. Βύσμα EDF	33
1.7.4 Βύσμα EV plug	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	35
Εργαλεία προσομοίωσης	35
2.1Εργαλεία προσδιορισμού ενεργειακών αναγκών ηλεκτρικών οχημάτων	35

2.1.1 Αλγόριθμος 1: Μη ελεγχόμενη φόρτιση (dumb charging).....	39
2.1.2 Αλγόριθμος 2: Ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο (dual tariff charging).....	41
2.1.3 Αλγόριθμος 3: Έξυπνη φόρτιση –μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ (smart charging-res max penetration)	42
2.2 Υλοποίηση των τριών αλγορίθμων προσδιορισμού των ενεργειακών αναγκών των οχημάτων	48
2.2.1 Υλοποίηση αλγορίθμου 1 (dumb charging).....	51
2.2.2 Υλοποίηση αλγορίθμου 2 (dual tariff charging).....	52
2.2.3 Υλοποίηση αλγορίθμου 3 (smart charging-res max penetration).....	54
2.3. Εργαλείο για την μελέτη του συστήματος παραγωγής	58
2.3.1 Περιγραφή του συστήματος ηλεκτροπαραγωγής	59
2.3.2 Καθορισμός ορίων απορρόφησης αιολικής ενέργειας	60
2.3.3 Ένταξη - φόρτιση συμβατικών μονάδων και στρεφόμενη εφεδρεία συστήματος	60
2.3.4 Οικονομική αποτίμηση της λειτουργίας του συστήματος.....	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	63
ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΡΗΤΗΣ.....	63
3.1 Παρουσίαση και μελέτη του ενεργειακού συστήματος της Κρήτης.....	63
3.1.1 Περιγραφή του συστήματος ηλεκτροπαραγωγής της νήσου Κρήτης.....	63
3.1.2 Παρουσίαση του ενεργειακού συστήματος της Κρήτης.....	67
3.2 Σενάρια μελέτης για την διείσδυση των ηλεκτρικών οχημάτων.	83
3.2.1 Χαρακτηριστικά του στόλου των ηλεκτρικών οχημάτων.....	83
3.2.2 Μη ελεγχόμενη φόρτιση	83
3.2.3 Ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο	104
3.2.4 Ελεγχόμενη φόρτιση με μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ (smart charging-res max penetration)	124
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	149
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	149
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	164

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

1.1 Εισαγωγή

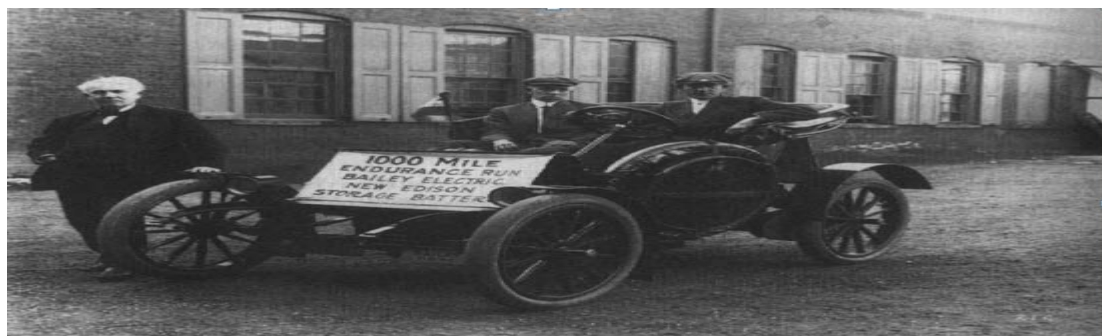
Τα ηλεκτροκίνητα οχήματα έχουν μια μακρόχρονη ιστορία που ξεκινά περίπου 170 χρόνια πιο πίσω, στα μέσα του 19ου αιώνα. Μέσα σε αυτά τα χρόνια πέρασαν από πολλά στάδια ακμής και αφάνειας μέχρι να φτάσουμε στη σημερινή εποχή που το ενδιαφέρον γι' αυτά αναζωπυρώθηκε.

Κάνοντας μια ιστορική αναδρομή στο παρελθόν παρατηρούμε ότι η εμφάνισή τους τοποθετείται αρκετά πίσω στο χρόνο¹:

1834: Ο Thomas Davenport ανακάλυψε το ηλεκτρικό αυτοκίνητο χρησιμοποιώντας μη-επαναφορτιζόμενες μπαταρίες.

1859: Ο Gaston Plante ανακαλύπτει τις επαναφορτιζόμενες μπαταρίες οξέος-μολύβδου.

1889: Ο Thomas Edison κατασκευάζει ένα ηλεκτρικό όχημα χρησιμοποιώντας μπαταρίες αλκαλικές.



Εικόνα 1: το ηλεκτρικό όχημα του Thomas Edison

1890: Ο William Morrison κατασκευάζει ένα ηλεκτρικό όχημα στο Des Moines που μπορεί να ταξιδεύει για 13 ώρες με μία ταχύτητα 14mph(22,53 km/h).

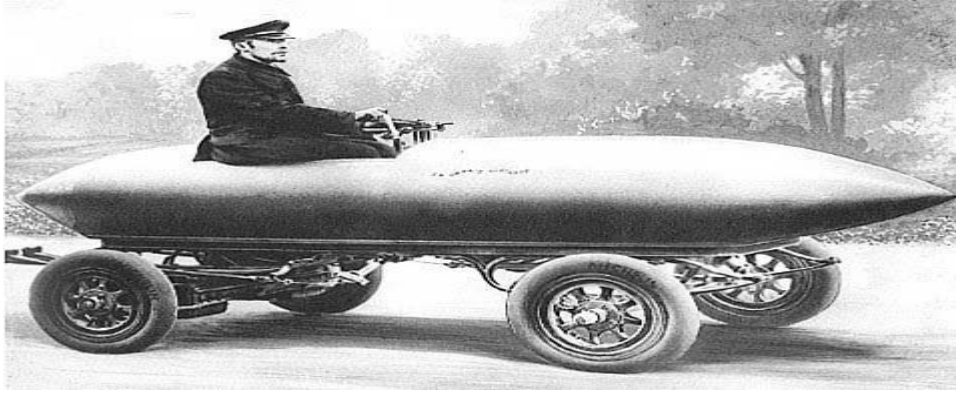
1895: Ο πρώτος αγώνας αυτοκινήτων στην Αμερική, νικητή βρήκε το Electrobat II, ένα ηλεκτρικό όχημα.

1896: Η εταιρεία του Andrew Riker αρχίζει την κατασκευή των ηλεκτρικών οχημάτων.

1887: Το πρώτο όχημα με υδραυλικό τιμόνι εμφανίζεται. Είναι ηλεκτρικό όχημα.

1899: Το όχημα του Camille Jenatzy's "Jamais Contente" (ποτέ ικανοποιημένος) θέτει το πρώτο ρεκόρ των 66mph(106χλμ/ώρα) σε ένα αεροδυναμικό όχημα που είχε δύο μοτέρ των 12 volt.

1:<http://stardust30.wordpress.com/2008/10/28>, <http://www.sonyclassics.com/whokilledtheelectriccar/electric.html>



Εικόνα 2: το όχημα Jamais Contente

1900: Το πρώτο ρεκόρ απόστασης μπαίνει από το όχημα της εταιρείας BGS. Οδηγείται για 180 μίλια (289,68χλμ) με μία φόρτιση. Από όλα τα οχήματα που φτιάχνονται αυτή τη χρονιά το 33% ήταν με ατμό, 33% με ηλεκτρισμό, και 33% με βενζίνη.

1903: Το πρώτο πρόστιμο για υψηλή ταχύτητα δίδεται σε οδηγό ηλεκτρικού οχήματος.

1903: Ο Krieger κατασκευάζει το πρώτο υβριδικό. Ένα εμπροσθοκίνητο όχημα με ηλεκτρισμό και βενζίνη που είχε υδραυλικό τιμόνι.



Εικόνα 3: το ηλεκτρικό όχημα του Krieger

1930: Η τεχνολογική πρόοδος των ηλεκτρικών οχημάτων έρχεται σε ξαφνικό τερματισμό. Η εισαγωγή του κινητήρα με βενζίνη της Ford, εσωτερικής καύσης, Model T ουσιαστικά εξάλειψε τις εταιρείες ηλεκτρικών οχημάτων.



Εικόνα 4: το Model T

Κατά τη δεκαετία του 1920, χιλιάδες ήταν τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα τα οποία κυκλοφορούσαν στην Καλιφόρνια, αλλά και την Ευρώπη. Η εξέλιξή τους είχε εξαιρετικές προοπτικές όμως κατατροπώθηκαν από την βιομηχανία του πετρελαίου. Οι εταιρείες πετρελαιοειδών πολέμησαν σκληρά για να σταματήσει η χρηματοδότηση των δημόσιων σταθμών φόρτισης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα η Mobil, η οποία πλήρωσε για ολοσέλιδες διαφημιστικές καταχωρήσεις σε εθνικές εφημερίδες κριτικάροντας τα γνωρίσματα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα μπορεί να μην ήταν μια βραχυπρόθεσμη απειλή, όμως αν συνέχιζαν, τότε σίγουρα θα γίνονταν. Σύμφωνα με την Επιτροπή Περιβαλλοντικής Προστασίας, οι καθημερινοί ταξιδιώτες μόνο ξόδεψαν πάνω από \$60 δις σε βενζίνη το 2004. Παρατείνεται ενδεικτικά ο παρακάτω πίνακας².

Συνδυασμένα κέρδη της Exxon-Mobil, Chevron-Texaco, Conoco-Philips για το έτος 2012:

Exxon-Mobil	41,1 δις δολάρια
Chevron-Texaco	26,9 δις δολάρια
Conoco-Philips	12,4 δις δολάρια

Πολλές αυτοκινητοβιομηχανίες όπως οι GM, Ford, Honda, Chrysler, Nissan, Toyota ανέπτυξαν προγράμματα ηλεκτρικών αυτοκινήτων σε ανταπόκριση της εντολής της πολιτείας της Καλιφόρνια για “μηδέν εκπομπές ρύπων”. Ακόμη κι αν ξεκίνησαν το πρόγραμμα τους όμως, αυτές υπονόμισαν την επιτυχία των προγραμμάτων σε κάθε βήμα της διαδικασίας. Αυτό συνέβη καθώς τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα είναι απειλή για την κερδοφορία της συμβατικής βενζινοκίνητης αυτοκινητοβιομηχανίας. Η GM δήλωσε πως ξόδεψε πάνω από \$1 δις για την αγορά και την ανάπτυξη του EV1 (μοντέλο της εταιρίας). Ένα επιτυχημένο πρόγραμμα ηλεκτρικού αυτοκινήτου όχι μόνο θα είχε αρνητικές επιπτώσεις στις πωλήσεις των συμβατικών οχημάτων, αλλά κοστίζει στην αυτοκινητοβιομηχανία και με άλλους τρόπους: ελλείψη κινητήρα, γλυτώνει τον οδηγό από το κόστος των αναλώσιμων, λιπαντικά, φίλτρα και μπουζί. Το αναγεννητικό σύστημα φρεναρίσματος του EV1, στο οποίο πολλά ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχουν πόση ισχύς χρειάζεται για να σταματήσει το αυτοκίνητο, εξοικονομεί το μηχανικό σύστημα φρεναρίσματος από την φθορά. Τα συστήματα φρένων και επισκευής τους είναι μια βιομηχανία αξίας δις από μόνη της. Η αποδοτικότητα του EV1 ήταν νίκη για τους πελάτες και ήττα για τις αυτοκινητοβιομηχανίες. Όταν η GM εισήγαγε το EV1, ήταν χρόνια μπροστά από τον αμερικάνικο και γιαπωνέζικο ανταγωνισμό. Στα ερχόμενα έτη θα μπορούσε να κεφαλαιοποιήσει αυτή την πρωτιά με την ανάπτυξη αυτών των οχημάτων και εξελιγμένων υβριδικών. Σε αντίθεση, η GM και άλλες εταιρείες αυτοκινήτων εστίασαν στη μάχη με την Πολιτεία της Καλιφόρνιας για να διώξουν από το προσκήνιο τα ηλεκτρικά οχήματα.

²: http://dexiextrem.blogspot.com/2012/01/exxon-mobil_31.html



Εικόνα 5: το ηλεκτρικό όχημα EV1



Εικόνα 6: μαζική απόσυρση EV1

Η παγκόσμια οικονομική κρίση, η ρύπανση της ατμόσφαιρας οι τιμές των υγρών καυσίμων, και ως εκ τούτου η ανάγκη να μειώσουμε την εξάρτησή μας από ορυκτά καύσιμα επαναφέρουν στο προσκήνιο το ηλεκτρικό αυτοκίνητο, καθιστώντας το ιδιαίτερα δημοφιλές καθώς είναι πολύ πιο φιλικό προς το περιβάλλον, σε σχέση με τα συμβατικά αυτοκίνητα.

Γνωρίζοντας επίσης ότι ο γιγάντιος αριθμός οχημάτων που κυκλοφορούν και γενικότερα ότι όλα τα μέσα μεταφοράς λειτουργούν με θερμικούς κινητήρες μπορούμε να αναλογιστούμε τι μερίδιο ευθύνης έχουν οι μεταφορές στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Αυτή η συνεχής μόλυνση του περιβάλλοντος δεν αφήνει κανέναν αδιάφορο στις μέρες μας και σε διεθνές επίπεδο θέτονται και εφαρμόζονται στόχοι για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και την οικολογική προστασία. Στο πλαίσιο αυτό, η ΕΕ έχει θέσει συγκεκριμένους στόχους και έχει ανακοινώσει πολιτικές στην κατεύθυνση αύξησης της ασφάλειας εφοδιασμού και μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.

Οι ηγέτες της ΕΕ συμφώνησαν σε μία σειρά στόχων που θα πρέπει να επιτευχθούν μέχρι το 2020, που είναι γνωστοί και ως "στόχοι 20-20-20". Πρόκειται για τα εξής:

- μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην ΕΕ κατά 20% τουλάχιστον σε σχέση με τα επίπεδα του 1990
- αύξηση στο 20% της αναλογίας της ενεργειακής κατανάλωσης της ΕΕ που προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές

- μείωση, μέσω της αύξησης της ενεργειακής απόδοσης, της ποσότητας της πρωτογενούς ενέργειας που καταναλώνεται κατά 20% σε σύγκριση με τα προβλεπόμενα επίπεδα.

Η ΕΕ δήλωσε επίσης έτοιμη να μειώσει τις εκπομπές της κατά 30% αν και άλλες μεγάλες οικονομίες δεσμευτούν για συγκρίσιμες μειώσεις εκπομπών ή ανάλογα μέτρα. Στον "Χάρτη πορείας για τη μετάβαση σε μια ανταγωνιστική οικονομία χαμηλών επιπέδων ανθρακούχων εκπομπών το 2050", η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εξέτασε επίσης νέους τρόπους μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 80 έως 95% μέχρι τα μέσα του αιώνα.[1.1]

Επιπλέον, σε μακροπρόθεσμα σχέδια στον οδικό χάρτη της ενέργειας για το 2050 η ΕΕ θέτει ως κεντρικό στόχο να μειώσει έως το 2050 τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά 80%-95% σε σχέση με τα επίπεδα εκπομπών του 1990, μέσω της απανθρακοποίησης του ενεργειακού τομέα, με ταυτόχρονη εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και της ανταγωνιστικότητας της Ευρωπαϊκής Οικονομίας.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι 273 εκατομμύρια επιβατικά αυτοκίνητα θα κυκλοφορούν στην Ευρώπη και 2,5 δισεκατομμύρια σε ολόκληρο τον κόσμο κατά το έτος 2050, θα είναι ανέφικτη η επίτευξη του επιδιωκόμενου στόχου εάν δεν μειωθούν οι εκπομπές του τομέα των οδικών μεταφορών σε ποσοστό ίσο με 95%. Πρακτικά, απαιτείται η σχεδόν πλήρης αποσύνδεση των οδικών μεταφορών από την οικονομία των ορυκτών καυσίμων. Εκτιμάται ότι οποιαδήποτε βελτίωση και αν επιτευχθεί στην τεχνολογία των συμβατικών επιβατικών οχημάτων, η μέγιστη δυνατή μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που μπορεί να επιτευχθεί δεν θα υπερβαίνει το 30% έως 35%. Επομένως, είναι απαραίτητη η άμεση και ριζική αλλαγή της τεχνολογίας με στόχο την όσο το δυνατό ευρύτερη διάδοση της ηλεκτροκίνησης και την εκμετάλλευση των δυνατοτήτων των ηλεκτροκινητήρων οι οποίοι μπορεί να θεωρηθούν ότι είναι από τις πλέον ενεργειακά αποδοτικές μηχανές που διατίθενται σήμερα με συντελεστές απόδοσης που είναι μεγαλύτεροι από 90%.[1.2]

Συμπερασματικά, έχοντας ως σκοπό την αντιμετώπιση του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής, η χρησιμοποίηση των Ηλεκτροκίνητων Οχημάτων παρέχει την ευκαιρία μείωσης σε σημαντική έκταση των εκπομπών CO₂ που επιβαρύνουν τον τομέα οδικών μεταφορών, τόσο σε βραχυπρόθεσμο όσο και σε μακροπρόθεσμο διάστημα. Όλα τα παραπάνω επαληθεύονται από μια παγκόσμια τάση αύξησης της διείσδυσης των ηλεκτρικών οχημάτων και σε παγκόσμιο επίπεδο και μετέπειτα στην Ελλάδα, η οποία φαίνεται στους παρακάτω πίνακες:

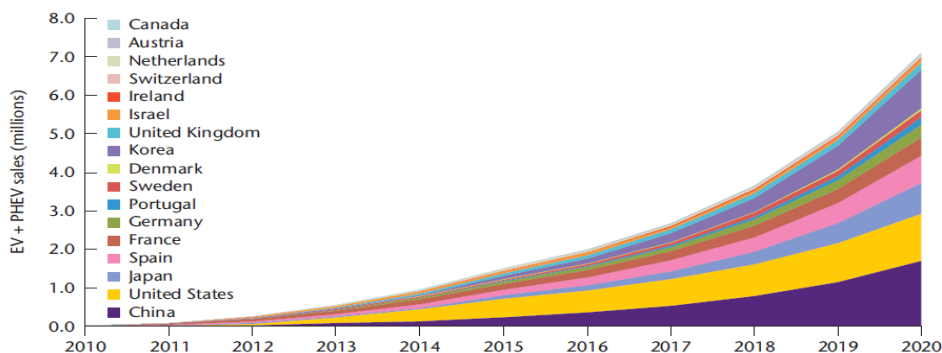
Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι διεθνείς στόχοι για την διείσδυση των ηλεκτρικών οχημάτων στο δίκτυο, πότε ανακοινώθηκαν και από που δημοσιεύθηκε η ανακοίνωση αυτή:

Country	Target	Announcement / Report Date	Source
Australia	2012: first cars on road 2018: mass adoption 2050: up to 65% stock	04 Jun 2009	Project Better Place Energy White Paper (referencing Garnault Report)
Australia	2020: 20% production	10 Jun 2009	Mitsubishi Australia
Canada	2018: 500 000 2020: 18 000 (EV sales in Ontario)	Jun 2008 15 Jul 2009	Government of Canada's Canadian Electric Vehicle Technology Roadmap.
China	5 000 000 stock	March 2011	Electric Vehicle Initiative (EVI)
China	540 000 by 2015	8 Jul 2009	Pike Research
China	2008: 21 000 000 electric bike stock	27 Apr 2009	<i>The Economist</i>
China	2030: 20% to 30% market share	Oct 2008	McKinsey & Co.
Denmark	2020: 200 000 2020: 50 000		ENS Denmark EVI
France	2020: 2 000 000	March 2011	EVI
Germany	2020: 1 000 000	March 2011	EVI
Ireland	2020: 350 000	28 Apr 2009	Houses of the Oireachtas
Ireland	2020: 230 000 2030: 40% market share	1 Oct 2009	Electricity Supply Board (ESB)
Israel	2011: 40 000 EVs 2012: 40 000 to 100 000 EVs annually	9 Sep 2008	Project Better Place
Japan	2020: 20% market share (800 000 based on IEA estimate of 4 million)	March 2011	EVI
Netherlands	2015: 20 000 stock 2020: 200 000 stock	May 2011	Dutch Energy Agency
New Zealand	2020: 5% market share 2040: 60% market share	11 Oct 2007	Prime Minister Helen Clark
Spain	2020: 2 500 000	March 2011	EVI

Country	Target	Announcement / Report Date	Source
Sweden	2020: 600 000	March 2011	EVI
Switzerland	2020: 145 000	Jul 2009	Alpiq Consulting
United Kingdom	2020: 1 200 000 stock EVs + 350 000 stock PHEVs 2030: 3 300 000 stock EVs + 7 900 000 stock PHEVs	Oct 2008	Department for Transport, "High Range" scenario
United States	2015: 1 000 000 PHEV stock	Jan 2009	President Barack Obama
Worldwide	2015: 1 700 000	8 Jul 2009	Pike Research
Worldwide	2030: 5% to 10% market share	Oct 2008	McKinsey & Co.
Worldwide	2020: 10% market share	26 Jun 2009	Carlos Ghosn, President, Renault
Europe	2015: 250 000 EVs	4 Jul 2008	Frost & Sullivan
Europe	2015: 480 000 EVs	8 May 2009	Frost & Sullivan
Nordic countries	2020: 1 300 000	May 2009	Nordic Energy Perspectives

Εικόνα 7:διεθνείς στόχοι πωλήσεων ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων [1.3]

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται οι διεθνείς στόχοι πωλήσεων υβριδικών και ηλεκτρικών οχημάτων έως το 2020:



Εικόνα 8:διεθνείς στόχοι εως το 2020 [1.3]

Το υπουργείο Περιβάλλοντος,ενέργειας και κλιματικής αλλαγής προσπάθησε να εκτιμήσει τον αριθμό των Η/Ο στο έτος 2020 στην Ελλάδα λαμβάνοντας υπόψη τα υπάρχοντα δεδομένα και υιοθετώντας κατάλληλες υποθέσεις. Εάν υποτεθεί ότι θα επικρατήσει ένα συντηρητικό σενάριο εργασίας της μικρής διείσδυσης των Η/Ο στις παραπάνω αναφερόμενες Ευρωπαϊκές χώρες και τα οχήματα αυτά στην Ελλάδα θα έχουν ίδια μέσα ποιοτικά χαρακτηριστικά με τα αντίστοιχα των Ευρωπαϊκών χωρών, τα ακόλουθα μεγέθη Η/Ο θα πρέπει να έχουν εισέλθει στην Ελληνική αγορά έως το

έτος 2020:
 - 6.473.000 * 0,5% = 32.365 οχήματα τεχνολογίας BEV
 - 6.473.000 * 1,5% = 97.095 οχήματα τεχνολογίας PHEV και E-REV.

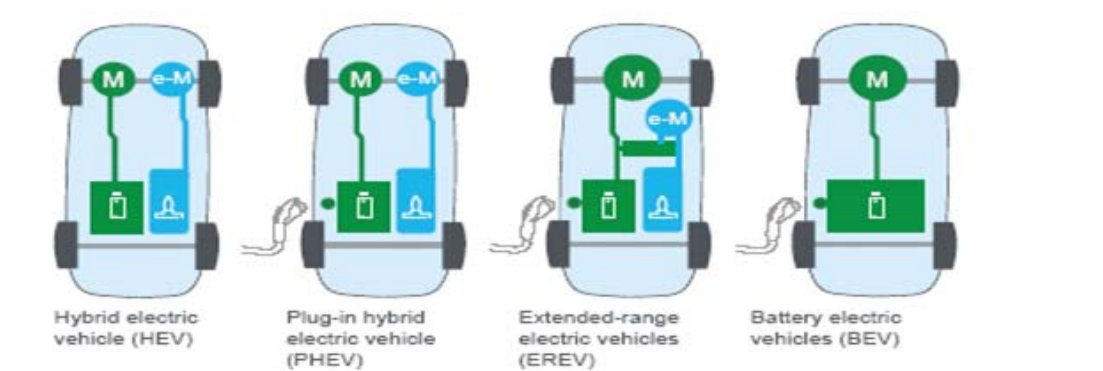
Συνολικός στόλος οχημάτων Ελλάδα	Εκ των οποίων συμβατικά οχήματα	Τεχνολογίας BEV	Τεχνολογίας PHEV και E-REV
6.473.000	6.343.540	32.365	97.095

1.2 Τύποι ηλεκτρικών οχημάτων

1.2.1 Τεχνολογίες ηλεκτρικών οχημάτων

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

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



Εικόνα 9: τεχνολογίες ηλεκτρικών οχημάτων

1.2.1.1 Ηλεκτρικά οχήματα με συσσωρευτές

Η κίνησή τους παρέχεται αποκλειστικά από ηλεκτρική ενέργεια που αποθηκεύεται στους συσσωρευτές τους επιτυγχάνοντας μετακινήσεις με τοπικά μηδενικές εκπομπές αερίων ρύπων CO₂. Ιστορικά, αυτά τα οχήματα προϋπήρξαν των συμβατικών οχημάτων αλλά δεν μπόρεσαν να επικρατήσουν λόγω των γνωστών μειονεκτημάτων της τεχνολογίας αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας. Τα μειονεκτήματα αυτά έχουν τώρα σε μεγάλο βαθμό αρθεί αλλά δεν έχουν ακόμα πλήρως εκλείψει. Οι συσσωρευτές είναι ακριβοί, έχουν σημαντικό βάρος και όγκο ενώ χρειάζονται μεγάλο χρόνο επαναφόρτισης. Συγκρινόμενοι με τη δεξαμενή καυσίμου των συμβατικών οχημάτων αντιστοιχούν σε ένα μικρό μέρος της ενεργειακής χωρητικότητάς της. Επιπρόσθετα, τα BEV σε μοντέλα μικρού οχήματος πόλης έχουν τεράστια πλεονεκτήματα διότι είναι οικονομικά, αθόρυβα, δεν ρυπαίνουν τοπικά, είναι απλά στην κατασκευή τους, δεν απαιτούν συντήρηση και

προσφέρουν ανεξάρτηση από τα εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα στις μεταφορές. Οι σημερινές τεχνολογικές εξελίξεις επιτρέπουν την κατασκευή και διάθεση στην αγορά σύγχρονων BEV με απόσταση αυτονομίας 120 έως 200 χιλιομέτρων. Οι ανάγκες της καθημερινής μετακίνησης καλύπτονται πλήρως με εξαίρεση μόνο των ταξιδιών μεγάλης απόστασης.

1.2.1.2 Ηλεκτρικά οχήματα με συσσωρευτές και ηλεκτροπαραγωγική μονάδα

Τα E-REV αποτελούν μία περαιτέρω εξέλιξη της τεχνολογίας και αντιπροσωπεύουν ουσιαστικά τη μετάβαση από τις υβριδικές λύσεις στην πλήρη ηλεκτροκίνηση ακόμα και για μεγάλα οχήματα τα οποία μπορούν να καλύψουν όλες τις ανάγκες των ιδιοκτητών τους για μετακινήσεις σε μεγάλες αποστάσεις χωρίς το γνωστό “άγχος της απόστασης αυτονομίας” που καταλαμβάνει μερικές φορές τους χρήστες των ηλεκτρικών αυτοκινήτων με συσσωρευτές. Η διαφορά τους από τα επαναφορτιζόμενα υβριδικά οχήματα έγκειται στο ότι η μονάδα του θερμικού κινητήρα που διαθέτουν δεν συνδέεται με τους κινητήριους τροχούς του οχήματος και, επομένως, δεν σχετίζεται καθόλου με την πρόωσή του. Το όχημα κινείται αποκλειστικά από τον ηλεκτροκινητήρα (ή τους ηλεκτροκινητήρες) που σημαίνει ότι η κίνησή του είναι πάντοτε ηλεκτρική όπως ακριβώς συμβαίνει και με τα ηλεκτρικά οχήματα. Η θερμική μονάδα αξιοποιείται αποκλειστικά για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την κίνηση μίας συνεζευγμένης ηλεκτρικής γεννήτριας. Η μοναδική σύνδεση που υπάρχει μεταξύ αυτής της αυτόνομης ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας (“range extender”) και των άλλων συστημάτων του οχήματος αποτελείται από ηλεκτρικούς αγωγούς έτσι ώστε να υπάρχει μεγάλη ελευθερία χωροθέτησης και δυνατότητα χρησιμοποίησης μικρών πολύτροφων θερμικών κινητήρων οι οποίοι λειτουργούν σε σταθερό αριθμό στροφών και στη μέγιστη τιμή της απόδοσής τους. Στο άμεσο μέλλον, σχεδιάζεται να εμφανιστούν στην αγορά πρωτοποριακές σε σχεδίαση και μικρές σε όγκο και βάρος τέτοιες ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες που θα κινούνται από μικρούς στροβίλους ή μηχανές περιστροφικές τύπου Wankel, κ.λπ.. Η λειτουργία τους είναι απλή διότι λειτουργούν όπως και τα οχήματα με συσσωρευτές. Όταν η αποθηκευμένη ηλεκτρική ενέργεια των συσσωρευτών γίνει μικρότερη από μία οριακή τιμή, τίθεται αυτόματα σε λειτουργία η ηλεκτροπαραγωγική μονάδα, που χρησιμοποιεί συμβατικό ή εναλλακτικό καύσιμο (υγρό, αέριο) και η οποία τροφοδοτεί τον ηλεκτροκινητήρα ή/και φορτίζει το συσσωρευτή έτσι ώστε το όχημα να συνεχίζει απρόσκοπτα την κίνησή του. Η κατανομή της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται αυτόματα και η ηλεκτροπαραγωγική μονάδα σταματά τη λειτουργία της όταν η στάθμη της αποθηκευμένης ενέργειας των συσσωρευτών γίνει μεγαλύτερη από μία αντίστοιχη οριακή τιμή. Σημειώνεται ότι η απόσταση αυτονομίας αυτών των οχημάτων είναι τουλάχιστον ίση με αυτή των συμβατικών οχημάτων.

1.2.1.3 Επαναφορτιζόμενα υβριδικά οχήματα με ηλεκτρική ενέργεια από εξωτερική πηγή

Τα PHEV αποτελούν εξέλιξη της υβριδικής τεχνολογίας στα οποία ένα μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται για την κίνησή τους παρέχεται από το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας για τη φόρτιση των συσσωρευτών τους. Ένα σημαντικό μέρος ή ακόμα και το σύνολο της συνήθους καθημερινής κίνησης αυτών των οχημάτων μπορεί να επιτευχθεί τοπικά με μηδενικές εκπομπές ρύπων CO₂ διότι

μπορούν να κινούνται σε σημαντικές αποστάσεις (από 20 έως 60 χιλιόμετρα) ως αμιγώς Η/Ο με συσσωρευτές. Η λύση αυτή συνδυάζει με τον καλύτερο τρόπο τα οφέλη της ηλεκτροκίνησης για τις αστικές μετακινήσεις χωρίς την υπάρχουσα περιορισμένη απόσταση αυτονομίας των Η/Ο με συσσωρευτές και χωρίς να απαιτούνται εκτεταμένες εγκαταστάσεις κοινόχρηστων δικτύων φόρτισης διότι οι χρήστες μπορούν να χρησιμοποιούν τα συμβατικά πρατήρια καυσίμων για ανεφοδιασμό τους όταν απαιτείται. Από τεχνολογικής πλευράς, τα οχήματα αυτά είναι όμοια με τα πλήρως υβριδικά οχήματα έτσι ώστε ο ηλεκτροκινητήρας τους να διαθέτει την απαιτούμενη ισχύ για τις αστικές μετακινήσεις. Επιπρόσθετα, πρέπει να είναι εφοδιασμένα με συσσωρευτές μεγάλης χωρητικότητας στους οποίους θα αποθηκεύεται η ηλεκτρική ενέργεια που εγχέεται από το δίκτυο διανομής και αυτή που παράγεται από το υβριδικό σύστημα λειτουργίας τους. Για το σκοπό αυτό θα πρέπει να διαθέτουν ένα ειδικό ακροδέκτη για τη σύνδεσή τους στο δίκτυο ηλεκτρικής παροχής και μία κατάλληλη συσκευή φόρτισης των συσσωρευτών τους (φορτιστής). Τα PHEV συνήθως διακρίνονται σε κατηγορίες ανάλογα με την απόσταση αυτονομίας τους ως αμιγώς Η/Ο (π.χ. 20, 40, 60 χιλιόμετρα, κλπ) και με τη χωρητικότητα των συσσωρευτών τους.

1.2.2 Κλάσεις ηλεκτρικών οχημάτων

Τα ηλεκτρικά οχήματα κατηγοριοποιούνται περαιτέρω ανάλογα με την χρήση τους και τον αριθμό των τροχών τους. Με αυτόν τον τρόπο χωρίζονται στις παρακάτω κλάσεις [1.4]:

- **L7e**: όχημα με 4 τροχούς, με μέγιστο καθαρό βάρος τα 400kg η τα 500kg στην περίπτωση οχημάτων που μεταφέρουν εμπορεύματα (μη συμπεριλαμβανομένου το βάρος των συσσωρευτών) και με μέγιστη ισχύ τα 15kW ανεξαρτήτως τύπου κινητήρα.



Εικόνα 10: όχημα κλάσης L7e της εταιρίας [Shandong Lujun Electric Vehicle Co., Ltd.](#)

- **M1:** όχημα με 4 τροχούς , που περιλαμβάνει μέχρι 8 θέσεις επιβατών πέραν της θέσης του οδηγού.



Εικόνα 9: όχημα κλάσης M1

- **N1:** όχημα που μεταφέρει εμπορεύματα, με μέγιστο βάρος φορτίου τα 3.500kg.



Εικόνα 10: όχημα κλάσης N1

- **N2:** όχημα που μεταφέρει εμπορεύματα, με μέγιστο βάρος φορτίου από 3.500kg έως 12.000kg.



Εικόνα 11: όχημα κλάσης N2

1.3 Κατηγορίες συσσωρευτών

Οι ηλεκτροχημικοί συσσωρευτές (ή απλούστερα μπαταρίες) είναι μία συσκευή η οποία μετατρέπει χημική ενέργεια σε ηλεκτρική [1.5]. Αυτό επιτυγχάνεται με την ύπαρξη δύο διαφορετικών στοιχείων που αντιδρούν μέσα σε έναν ηλεκτρολύτη. Τα στοιχεία αυτά, η άνοδος και η κάθοδος ανταλλάσσουν ηλεκτρόνια, τα οποία κινούμενα δίνουν το απαιτούμενο ηλεκτρικό ρεύμα. Κάθε συσσωρευτής έχει κάποια χαρακτηριστικά με τα οποία μπορεί να περιγραφεί ο τρόπος λειτουργίας του. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι η ενεργειακή του πυκνότητα ανά μονάδα βάρους (Wh/kg) ή ανά μονάδα όγκου, η πυκνότητα ισχύος (W/kg), ο αριθμός των κύκλων φόρτισης

και εκφόρτισης που μπορεί να κάνει μέχρι να αχρηστευτεί, ο ρυθμός φόρτισης και εκφόρτισης, η μέγιστη επιτρεπόμενη εκφόρτιση και άλλα.

Περιγραφή κύριων μεγεθών ενός συσσωρευτή

- **Πυκνότητα ισχύος (W/kg)** : η ροή της ισχύος ανά μονάδα μάζας ή του βάρους της μπαταρίας. Υποδηλώνει και την μέγιστη ισχύ που μπορεί να προσφέρει ένας συσσωρευτής και βάση αυτού εξαρτώνται οι επιδόσεις ενός οχήματος (επιτάχυνση, τελική ταχύτητα)
- **Ενεργειακή πυκνότητα ανά μονάδα βάρους (Wh/kg)** : εκφράζει την ποσότητα ενέργειας που μπορεί να αποθηκευτεί ανά μονάδα μάζας (ή βάρους της μπαταρίας).
- **Ενεργειακή πυκνότητα όγκου (Wh/m³)** : το συνολικό φορτίο που μπορεί να αποθηκεύσει μία μπαταρία ανά μονάδα του όγκου της. Ισχύει για συγκεκριμένη περίοδο φόρτισης/εκφόρτισης και καθορίζει το μέγεθος (όσο μεγαλύτερη ενεργειακή πυκνότητα τόσο μικρότερος ο όγκος της μπαταρίας).
- **Ποσότητα ενέργειας** : όπως και στα κινητά τηλέφωνα μετριέται σε αμπερώρες (Ah). Μια μπαταρία 10 Ah υποδηλώνει πως παρέχει 1 Amp συνεχούς ρεύματος
- **Βαθμός απόδοσης** : η μετατροπή ενέργειας από ηλεκτρική σε χημική έχει απόδοση της τάξης του 80%. Η μετατροπή της χημικής ενέργειας του πετρελαίου σε μηχανική δεν ξεπερνά το 20%.

Η χρήση συσσωρευτών είναι πολύ διαδεδομένη σε πολλών ειδών εφαρμογές και στα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα, χωρίς ιδιαίτερη εξέλιξη εδώ και πολλά χρόνια των χαρακτηριστικών τους. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια η αυξανόμενη ζήτηση αποθήκευσης ενέργειας έχει ωθήσει στην εξέλιξη τους και στη δημιουργία νέων ειδών. Μια συστοιχία συσσωρευτών που προορίζεται για ένα ηλεκτρικό όχημα θα πρέπει να έχει υψηλή πυκνότητα ενέργειας, μεγάλο κύκλο ζωής, απουσία φαινομένων «μνήμης» (επίδρασης των προηγούμενων φορτίσεων/εκφορτίσεων στην απόδοση της μπαταρίας), γρήγορη φόρτιση, υψηλό βαθμό απόδοσης, μεγάλη αξιοπιστία, χαμηλό κόστος, υψηλή απόδοση φόρτισης/εκφόρτισης, μεγάλο εύρος λειτουργίας μεταξύ χαμηλών και υψηλών θερμοκρασιών, πολύ χαμηλό ρυθμό αυτό-εκφόρτισης, καλό βαθμό θερμοκρασίας αποθήκευσης, χαμηλή εσωτερική αντίσταση, δυνατότητα ανακύκλωσης κ.α. Ακολουθεί μία συνοπτική παρουσίαση μόνο των διαφόρων τύπων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα, καθώς και ένας συγκεντρωτικός πίνακας με τα βασικά χαρακτηριστικά κάθε τύπου.

1.3.1 Συσσωρευτές Μολύβδου-Οξέος (lead-acid)

Οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος είναι οι φθηνότερες και πιο ευρέως διαθέσιμες μπαταρίες[1.6]. Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι των συσσωρευτών μολύβδου-οξέος: μπαταρίες εκκίνησης και μπαταρίες βαθιάς εκφόρτισης. Οι μπαταρίες βαθιάς εκφόρτισης χρησιμοποιούνται από τα ηλεκτρικά οχήματα. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό για τις μπαταρίες μολύβδου οξέος είναι ότι δεν πρέπει να αποφορτιστούν κάτω από

το 50% της χωρητικότητάς του, καθώς μειώνεται η ζωή της μπαταρίας. Επίσης απαιτείται επιθεώρηση του επιπέδου ηλεκτρολυτών και περιστασιακή αντικατάσταση του νερού το οποίο εξατμίζεται κατά τη διάρκεια του φυσιολογικού κύκλου φόρτισης. Παραδοσιακά, τα περισσότερα ηλεκτρικά οχήματα χρησιμοποιούν μπαταρίες μολύβδου-οξέος και αυτό οφείλεται στην ώριμη τεχνολογία, την υψηλή διαθεσιμότητα, και το χαμηλό τους κόστος. Οι μπαταρίες βαθείας εκφόρτισης μολύβδου είναι ακριβές και έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής από το ίδιο το όχημα και συνήθως χρειάζονται αντικατάσταση κάθε 3 χρόνια. Όταν χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρικά οχήματα καταλήγουν να είναι το 25-50% της τελικής μάζας του οχήματος. Ακόμη, έχουν σημαντικά χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα 30-40 Wh / kg. Η απόδοση (70-75%) και η ικανότητα αποθήκευσης της τρέχουσας γενιάς των μπαταριών μολύβδου οξέος κύκλο μειώνονται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Σε ακραίες θερμοκρασίες είναι απαραίτητο να εκτραπεί ενέργεια από τις μπαταρίες για την λειτουργία του συστήματος θέρμανσης τους με αποτέλεσμα να μειώνεται η απόδοση τους έως και 40%. Πρόσφατα επιτεύγματα στην απόδοση, στην χωρητικότητα, στο υλικό κατασκευής, την ασφάλεια, την τοξικότητα και την αντοχή είναι πιθανό να επιτρέψει σε αυτά τα μοναδικά χαρακτηριστικά να εφαρμοστούν ηλεκτρικά οχήματα κανονικού μεγέθους.

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



Εικόνα 12 :συσσωρευτής μολύβδου-οξέος

1.3.2 Συσσωρευτές Νικελίου -καδμίου(Ni-Cd)

Αυτοί οι συσσωρευτές ανακαλύφθηκαν μετά τους συσσωρευτές μολύβδου και προσέφεραν πολύ καλύτερα χαρακτηριστικά. Η ενεργειακή τους πυκνότητα κυμαίνεται από 45 έως 80 WH/kg. Είναι πολύ ανθεκτικοί συσσωρευτές ως προς την

αποφόρτιση, τη θερμοκρασία λειτουργίας τους και τους κύκλους ζωής. Τα βασικά τους μειονεκτήματα είναι η τοξικότητα του καδμίου και το αυξημένο κόστος κατασκευής τους. Νεότερα είδη υπερτερούν σε κάποιους τομείς όμως η ανθεκτικότητά τους, τους καθιστά ακόμα χρησιμοποιήσιμους σε διάφορες εφαρμογές.



Εικόνα 13: συσσωρευτές νικελίου καδμίου ,σφραγισμένοι κυλινδρικοί

1.3.3 Συσσωρευτές Νικελίου –μετάλλου υδριδίου (Nickel-metal-hydride)

Οι συσσωρευτές νικελίου-μετάλλου υδριδίου πλέον θεωρούνται μια σχετικά ώριμη τεχνολογία[1.6]. Είναι λιγότερο αποδοτικές (60-70%) σε φόρτιση και την αποφόρτιση από τις μπαταρίες μολύβδου-οξέος, διαθέτουν μια ενεργειακή πυκνότητα 30-80 Wh /kg, πολύ υψηλότερο από ό, τι οι μολύβδου-οξέος. Όταν χρησιμοποιούνται σωστά, οι συσσωρευτές νικελίου-υδριδίου μετάλλου μπορούν να έχουν εξαιρετικά μεγάλη διάρκεια ζωής, όπως έχει αποδειχθεί κατά τη χρήση τους σε υβριδικά αυτοκίνητα και τα NiMH RAV4EVs τα οποία εξακολουθούν να λειτουργούν και μετά από 100.000 μίλια (160.000 χλμ) και πάνω από μια δεκαετία λειτουργίας. Τα μειονεκτήματα περιλαμβάνουν την κακή απόδοση, υψηλή αυτο-εκφόρτιση, πολύ απαιτητικοί κύκλοι φόρτισης, και η κακή απόδοση σε χαμηλές θερμοκρασίες. Τα υλικά κατασκευής των συσσωρευτών αυτών δεν είναι τοξικά για το περιβάλλον.



Εικόνα 14: συσσωρευτής νικελίου -μετάλλου υδριδίου από το υβριδικό αυτοκίνητο Toyota Prius

1.3.4 Συσσωρευτές Ιόντων λιθίου(lithium-ion)

Οι συσσωρευτές ιόντων λιθίου, ευρέως γνωστοί εξαιτίας της χρήσης τους σε φορητούς υπολογιστές και ηλεκτρονικά είδη ευρείας κατανάλωσης, κυριαρχούν στην πιο πρόσφατη εκδοχή των ηλεκτρικών οχημάτων[1.6]. Έχουν πολύ υψηλές αποδόσεις με μια εντυπωσιακή ενεργειακή πυκνότητα που κυμαίνεται στις 200 Wh / kg ,πολύ καλή πυκνότητα ισχύος, και απόδοση φόρτισης και εκφόρτισης της τάξης του 80 έως 90% . Τα μειονεκτήματα των παραδοσιακών συσσωρευτών ιόντων λιθίου είναι ο σύντομος κύκλος ζωής (εκατοντάδες μέχρι μερικές χιλιάδες κύκλους φόρτισης),επίσης η παλαίωση τους η οποία εξαρτάται από την ημερομηνία

κατασκευής τους και όχι από τους κύκλους λειτουργίας τους. Επιπλέον το υλικό της καθόδου τους είναι τοξικό και έχουν την τάση να εκρύνονται όταν βρίσκονται σε υψηλές θερμοκρασίες ή φορτιστούν μη φυσιολογικά.

Τα περισσότερα ηλεκτρικά οχήματα (με εξαίρεση το Tesla Roadster το οποίο χρησιμοποιεί μια όχι και τόσο ώριμη τεχνολογία συσσωρευτών ιόντων λιθίου με κυψέλες) αξιοποιούν τις νέες παραλλαγές στη χημεία ιόντων λιθίου οι οποίες θυσιάζουν τις υψηλές αποδόσεις τους σε ενεργειακή πυκνότητα και πυκνότητα ισχύος προκειμένου να παρέχουν πυραντίσταση, φιλικότητα προς το περιβάλλον, πολύ γρήγορες φορτίσεις και πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής.



Εικόνα 15: συσσωρευτής ιόντων λιθίου

Ακολουθεί ένας συγκεντρωτικός πίνακας με τα χαρακτηριστικά των παραπάνω συσσωρευτών:

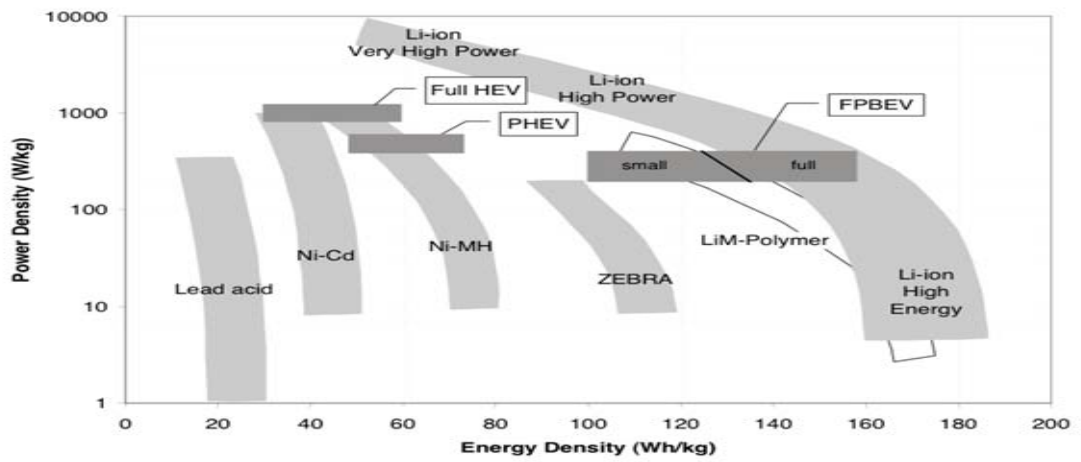
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΙΔΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΣΗΣ

Σύστημα	Θεωρητική SE (Wh/kg)	Πρακτική SE (Wh/kg)	Κύκλοι ζωής	Αυτό-εκφόρτιση (% ανά 48h)	Κόστος (US\$/KWh)
Μολύβδου-οξέος	170	35-50	500-1000	0.6	120-150
Νικελίου-καδμίου	217	50-60	800	1	250-350
Νικελίου-μετάλλου υβριδίου	387	70-95	750-1200	6	200-350
Ιόντων λιθίου	320	80-130	1000+	0.7	200

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΙΔΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΣΗΣ

Σύστημα	Μέγιστη ισχύς (W/kg)	Πρακτική SP (Wh/kg)	Απόδοση ενέργειας
Μολύβδου-οξέος	150-400	35-50	> 80
Νικελίου-καδμίου	80-150	50-60	75
Νικελίου-μετάλλου υβριδίου	200-300	70-95	70
Ιόντων λιθίου	200-300	80-130	> 95

Εικόνα 16: χαρακτηριστικά διαφόρων τύπων συσσωρευτών [1.5]



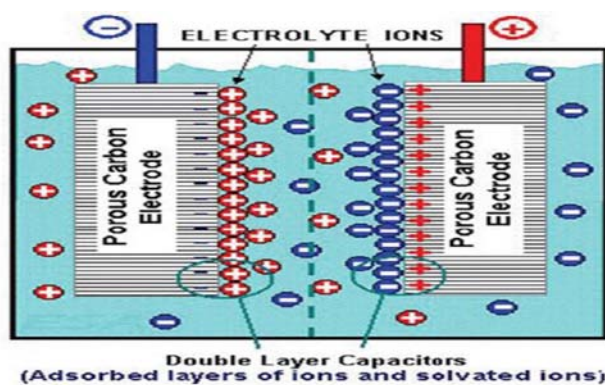
Εικόνα 19: χαρακτηριστικά απόδοσης διαφόρων τύπων συσσωρευτών που είναι διαθέσιμοι στην αγορά (έτος 2012) [1.2]

Συμπερασματικά, ο επικρατέστερος τύπος συσσωρευτή είναι ο ιόντων -λιθίου. Λόγω της ενεργειακής πυκνότητας, της καλής μνήμης, του κύκλου ζωής και άλλων πλεονεκτημάτων οι συσσωρευτές λιθίου-ιόντων χωρούν περισσότερη ενέργεια με τον ίδιο όγκο συγκρινόμενοι με τους άλλους τύπους. Για αυτό το λόγο είναι η πρώτη επιλογή στον τομέα των ηλεκτρικών οχημάτων. Στα μειονεκτήματά τους συγκαταλέγεται το υψηλό κόστος, η πτώση της απόδοσης στις υψηλές θερμοκρασίες και η μεταβολή τους στις απότομες αλλαγές τάσης. Επίσης, η υπερφόρτιση και η υπερεκφόρτιση μειώνει την διάρκεια ζωής τους. Εναλλακτικά υπάρχουν και άλλοι συνδυασμοί συσσωρευτών λιθίου (πολυμερών, φωσφορικού σιδήρου, οξειδίου μαγνησίου κ.α.) δίχως όμως να υπερτερούν σε απόδοση του ιόντων λιθίου.

1.3.5 Υπερπυκνωτές

Οι υπερπυκνωτές χρησιμοποιούνται σε πολλά ηλεκτρικά οχήματα. Οι πυκνωτές γενικά είναι ηλεκτρικές συσκευές οι οποίες χρησιμοποιούνται για να αποθηκεύουν και να ελευθερώνουν ηλεκτρική ενέργεια [1.7]. Την αποθηκεύουν μέσα σε ένα ηλεκτροστατικό πεδίο ανάμεσα σε ένα ζευγάρι ηλεκτρόδια. Ο πυκνωτής έχει το πλεονέκτημα να ελευθερώνει όλη του την ενέργεια σε μια στιγμή, σε αντίθεση με την μπαταρία που ελευθερώνει σιγά σιγά την ενέργεια της. Επίσης έχει την ικανότητα να φορτίζεται και να αποφορτίζεται πολύ γρήγορα. Οι πυκνωτές δεν αντιμετωπίζουν πρόβλημα πτώσης της απόδοσης τους ανάλογα με τον αριθμό κύκλων φόρτισης – εκφόρτισης τους, ακόμα και αν οι κύκλοι πλήρους φόρτισης, πλήρους εκφόρτισης ξεπεράσουν τους 100.000. Είναι ικανοί να αποδώσουν ρεύματα μεγέθους σημαντικά πολλαπλάσιου από εκείνου που θα έκανε μια μπαταρία να εκραγεί. Σε αυτά προστίθεται και ο ελάχιστος χρόνος που απαιτείται για την φόρτιση τους, άρα και η αυξημένη δυνατότητα τους να αποθηκεύσουν μεγάλα ποσά ενέργειας καθώς και η σημαντική μειωμένη εσωτερική τους αντίσταση. Έτσι δημιουργείται η αίσθηση ότι οι πυκνωτές αποτελούν μια πλήρως αξιόπιστη λύση για τα ηλεκτρικά οχήματα. Ωστόσο αυτό δεν συμβαίνει καθώς υπάρχουν και σοβαρά μειονεκτήματα. Κυριότερα είναι η μεγάλη μεταβολή της τάσης κατά την εκφόρτιση και ο μεγάλος όγκος που απαιτείται να έχουν. Η λύση έχει βρεθεί με τους υπερπυκνωτές, μια τεχνολογία ελάχιστων δεκαετιών, η οποία βασίζεται μεταξύ άλλων, στην ανάπτυξη ενεργού επιφάνειας, σε

ολόκληρη την μάζα των ηλεκτροδίων και όχι μόνο στην εξωτερική τους επιφάνεια. Με αυτόν τον τρόπο έγινε εφικτή η μείωση του συνολικού τους όγκου, σε ένα μόνο κλάσμα αυτού, των συμβατικών πυκνωτών και ο εντυπωσιακός πολλαπλασιασμός της ενέργειας που μπορεί να αποθηκευθεί ανά μονάδα βάρους. Αυτή τη στιγμή, η πιο εξελιγμένη αυτοκινητική γενιά υπερπυκνωτών έχει σχεδόν διπλάσιο λόγο ισχύος εξόδου προς βάρος, από αυτόν των συσσωρευτών νικελίου-μετάλλου υδριδίου, ενώ διατηρεί τα πλεονεκτήματα των πυκνωτών, όσον αφορά την διάρκεια ζωής (αριθμός κύκλων ολικής φόρτισης/εκφόρτισης) και προπαντός την σημαντικά υψηλότερη ταχύτητα φόρτισης σε σύγκριση με τις συμβατικές μπαταρίες ιόντων ή υδριδίων.



Εικόνα 20: υπερπυκνωτής

1.4 Τεχνολογίες σταθμών φόρτισης

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

1.4.1 Φόρτιση με επαφή

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



Εικόνα 21: φόρτιση με επαφή



Εικόνα 17: σταθμός ενσύρματης φόρτισης στο Παρίσι



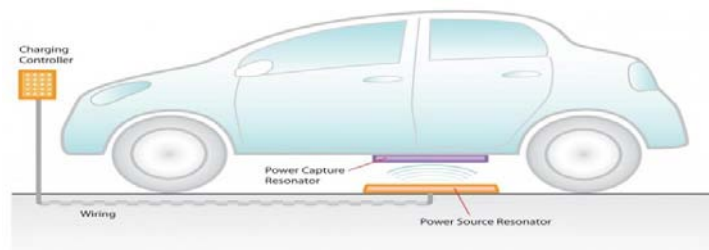
Εικόνα 18:σταθμός ενσύρματης φόρτισης στο Παρίσι



Εικόνα 19:σταθμός ενσύρματης φόρτισης στο Παρίσι

1.4.2.Φόρτιση με επαγωγή

Στην φόρτιση με επαγωγή η μεταφορά ενέργειας από τον σταθμό προς το όχημα γίνεται χωρίς αγωγική ζεύξη, μέσω ηλεκτρομαγνητικών πεδίων[1.8].Πιο αναλυτικά,τα συστήματα επαγωγικής φόρτισης μεταφέρουν εναλλασσόμενη ισχύ δημιουργώντας ένα μαγνητικό κύκλωμα μεταξύ ενός πρωτεύοντος τυλίγματος στην μεριά της τροφοδοσίας και ενός δευτερεύοντος τυλίγματος στην μεριά του οχήματος. Έτσι η ισχύς ρέει από το πρωτεύον στο δευτερεύον όπως ακριβώς και σε ένα μετασχηματιστή 2 τυλιγμάτων. Ακόμη, αφού ο συσσωρευτής έχει DC τάση και μπορεί να φορτιστεί μόνο με DC ρεύμα, το AC ρεύμα εξόδου του δευτερεύοντος τυλίγματος ανορθώνεται με την κατάλληλη διάταξη πριν φτάσει σε αυτόν. Οι επαγωγικοί φορτιστές έχουν τα περισσότερα κυκλώματα φόρτισης και ελέγχου εκτός του οχήματος, και επικοινωνούν με αυτό μέσω υπέρυθρων ή ραδιοσυχνοτήτων. Η επαγωγική φόρτιση προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με την συμβατική φόρτιση καθώς η φόρτιση μπορεί να γίνει απλά και μόνο σταθμεύοντας το όχημα πάνω στο σημείο φόρτισης. Εξελίξεις στην τεχνολογία των υλικών, στα ηλεκτρονικά ισχύος και στους μικροελεγκτές έχουν προσφέρει σημαντική βοήθεια στην ανάπτυξη αυτού του τρόπου φόρτισης.



Εικόνα 20: φόρτιση με επαγωγή

Ακολουθεί ένας συγκριτικός πίνακας των δύο μεθόδων φόρτισης [1.9]:

	Φόρτιση με επαφή	Φόρτιση με επαγωγή
κόστος	Πιο οικονομική	Πιο ακριβή
περιπλοκότητα	απλούστερη	Αρκετά σύνθετη
ασφάλεια	Αρκετά καλή λόγω των τεχνικών σφάλματος που εφαρμόζονται	Καλύτερη από την φόρτιση με επαφή λόγω της ηλεκτρικής απομόνωσης του οχήματος με την τροφοδοσία

Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1990 και τα δύο είδη φορτιστών ήταν διαδεδομένα, σταδιακά όμως η απλότητα και το χαμηλό κόστος βοήθησαν τους συμβατικούς φορτιστές να επικρατήσουν και υιοθετήθηκαν από τους περισσότερους κατασκευαστές. Έκτοτε η τεχνολογία των συμβατικών φορτιστών συνέχισε να εξελίσσεται και να ωριμάζει κάνοντας απίθανο για τους επαγωγικούς φορτιστές να μπορέσουν να τους συναγωνιστούν. Σήμερα η πλειοψηφία των φορτιστών που χρησιμοποιούνται και έχουν ελπίδες επιβίωσης και εξέλιξης είναι συμβατικοί.

1.5 Κατηγορίες φόρτισης

Βασικό στοιχείο της προδιαγραφής των σταθμών φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων είναι η κατηγορία (mode) φόρτισης που παρέχουν, η επιλογή της οποίας βασίζεται σε οικονομοτεχνικές παραμέτρους, όπως το κόστος εγκατάστασης, οι απαιτούμενες υποδομές σύνδεσης στο δίκτυο και η παρεχόμενη λειτουργική ευελιξία (π.χ. ο προκύπτων χρόνος φόρτισης για κάθε τεχνολογία). Επιπλέον η φόρτιση των συσσωρευτών μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με AC είτε με DC ρεύμα οδηγούμενο στο ηλεκτρικό όχημα. Τα επίπεδα ισχύος φόρτισης είναι 3 και παρουσιάζονται παρακάτω [1.9]:

- **Επίπεδο 1:** το πρώτο επίπεδο περιλαμβάνει την μονοφασική φόρτιση AC η οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί με την χρήση των συνηθισμένων οικιακών συσκευών και παρέχει ισχύ η οποία είναι σχετικά χαμηλή σε σύγκριση με την χωρητικότητα της μπαταρίας.
- **Επίπεδο 2:** το επίπεδο αυτό περιλαμβάνει την μονοφασική φόρτιση AC η οποία όμως πραγματοποιείται μέσω ειδικών εγκαταστάσεων, τα ρεύματα των οποίων είναι κατά πολύ υψηλότερα σε σχέση με τα οικιακά. Επιπλέον στο επίπεδο αυτό συγκαταλέγεται η τριφασική φόρτιση AC, η οποία απαιτεί πρόσβαση σε μία τριφασική παροχή και μπορεί να παρέχει υψηλότερα επίπεδα φόρτισης από ότι η μονοφασική. Αυτό συμβαίνει καθώς η χρήση τριών φάσεων αντί μίας επιτρέπει την μεταφορά περισσότερης ισχύος χωρίς την αύξηση της τάσης ή του ρεύματος.
- **Επίπεδο 3:** το επίπεδο αυτό περιλαμβάνει οποιαδήποτε φόρτιση μέσω της οποίας μπορεί να επιτευχθεί γρήγορη φόρτιση, υψηλής ισχύος. Αυτό γίνεται με δύο τρόπους. Ή είτε με φόρτιση DC είτε με τριφασική φόρτιση AC. Στην περίπτωση της DC φόρτισης απαιτείται ένας εξωτερικός φορτιστής ο οποίος δύναται να παρέχει συνεχές ρεύμα DC στο ηλεκτρικό αυτοκίνητο (υψηλά επίπεδα φόρτισης σε δημόσιους σταθμούς φόρτισης). Στην περίπτωση της AC φόρτισης παρέχεται τριφασικό ρεύμα, που υψηλότερο από ότι στο επίπεδο 2.

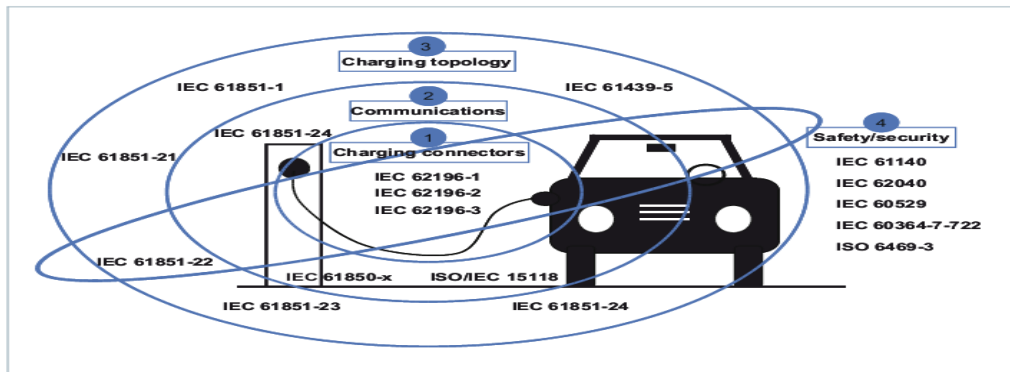
Στον παρακάτω πίνακα ακολουθεί η συνοπτική παρουσίαση των παραπάνω [1.9]:

Επίπεδο φόρτισης	Μέθοδος	Τυπική ισχύς φόρτισης	Διάρκεια φόρτισης για μία μπαταρία
------------------	---------	-----------------------	------------------------------------

			χωρητικότητα 35kWh
1	Μέσω οικιακής παροχής	3 kW	12 ώρες
2	Μέσω ιδιαίτερης εγκατάστασης φόρτισης και καλωδίωσης	10-20kW	2-4 ώρες
3	Μέσω ιδιαίτερης εγκατάστασης φόρτισης και καλωδίωσης και στην περίπτωση DC φόρτισης μέσω ιδιαίτερης εγκατάστασης και εξωτερικού φορτιστή	40 kW και άνω	45 λεπτά ή και λιγότερο

1.6 Διεθνή πρότυπα σταθμών φόρτισης

Καθώς η τεχνολογία των ηλεκτρικών οχημάτων εξελίσσεται σε παγκόσμιο επίπεδο , κρίνεται απαραίτητο να υπάρξει μία ομοιομορφία και τυποποίηση στα συστήματα φόρτισης και στα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται κατά την φόρτιση. Η ομοιομορφία αυτή θα βοηθήσει στην διευκόλυνση των ιδιοκτητών ηλεκτρικών οχημάτων και μετέπειτα θα προωθήσει την μαζική παραγωγή των ηλεκτρικών οχημάτων. Για τον λόγο αυτό, στις μέρες μας έχουν δημιουργηθεί κάποια διεθνή πρότυπα τα οποία πλέον υιοθετούνται. Επομένως, οι υποδομές των σταθμών φόρτισης πρέπει να είναι συμβατές με τα διεθνή αυτά πρότυπα ώστε να διασφαλίζεται η συμβατότητα μεταξύ τεχνολογιών σταθμού φόρτισης και ηλεκτρικών οχημάτων με στόχο την καλύτερη λειτουργικότητα, μεγαλύτερη ασφάλεια και μείωση του κόστους παραγωγής. Στις ΗΠΑ ακολουθούνται τα πρότυπα SAE-J , στην Ιαπωνία τα πρότυπα JEVS , ενώ στην Ευρώπη υιοθετούνται κυρίως τα πρότυπα IEC 61851-1 και IEC 62196-1/IEC 62196-2.



Εικόνα 21: πρότυπα για την αγώγιμη φόρτιση

1.6.1 Πρότυπο SAE-J 772

Το συνιστώμενο πρότυπο SAE-J1772 της εταιρίας Society of American Engineering-‘Σύνδεσμος για την φόρτιση ηλεκτρικών και επαναφορτιζόμενων υβριδικών αυτοκινήτων’,όπως αυτό αναθεωρήθηκε , δημοσιοποιήθηκε τον Ιανουάριο του 2010.Περιλαμβάνει προδιαγραφές για τις επί των οχημάτων υποδοχές αλλά και για τα αντίστοιχα βύσματα αγώγιμης επαφής για την φόρτιση των ηλεκτρικών και επαναφορτιζόμενων υβριδικών οχημάτων με εναλλασσόμενο ρεύμα[1.10].Προδιαγραφές για την αντίστοιχη λειτουργία, αλλά με την χρήση συνεχούς ρεύματος , βρίσκονται ακόμα σε επεξεργασία από την αντίστοιχη ομάδα έργου της SAE.Οι προδιαγραφές υποδοχής και βύσματος που περιλαμβάνει το πρότυπο SAE-J1772 είναι κατάλληλες για δύο επίπεδα φόρτισης με αγώγιμη επαφή τα οποία προσδιορίζονται παρακάτω:

- **Εναλλασσόμενου ρεύματος-επίπεδο 1-** Μονοφασική σύνδεση 120 V AC 12 A/16 A
- **Εναλλασσόμενου ρεύματος-επίπεδο 1-** Μονοφασική σύνδεση 208-240 V AC έως 80A

Η σχεδίαση της υποδοχής και του βύσματος είναι 5 ακροδεκτών με σύστημα ασφάλισης προς αποφυγή αθέλητης απομάκρυνσης του βύσματος και διακοπής της φόρτισης.

Οι λειτουργίες των 5 ακροδεκτών προσδιορίζονται ως εξής :

- Επαφή-1 : Γραμμή τροφοδοσίας L1
- Επαφή-2 : Γραμμή τροφοδοσίας L2, ή ο ουδέτερος N
- Επαφή-3 : Γείωση (Ground)
- Επαφή-4: Επαφή Ελέγχου/Επικοινωνίας (Control Pilot). Επιβεβαιώνει την ορθή λειτουργία όλων των συστημάτων στην αρχή, κατά την διάρκεια, και στο πέρας της φόρτισης.
- Επαφή-5: Έλεγχος Διασύνδεσης (Proximity Detection). Επιβεβαίωση παρουσίας του βύσματος φόρτισης ώστε να ακινητοποιηθεί το όχημα για όση ώρα φορτίζει.



Εικόνα 22: το βύσμα SAE-J1772 2009 της εταιρίας Yazaki

1.6.2 Το πρότυπο IEC-61851

Το πρότυπο IEC 61851 της οργάνωσης IEC (International Electrotechnical Commission κυκλοφορεί σε «Μέρη» υπό τον γενικό τίτλο «Σύστημα Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων Δια Αγωγής Επαφής»[1.10]. Καλύπτει το σύνολο του συστήματος φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων με αγωγή επαφή. Περιλαμβάνει προδιαγραφές εξαρτημάτων για τυποποιημένες τάσεις εναλλασσόμενου ρεύματος μέχρι και 690Volts, και για τάσεις συνεχούς ρεύματος μέχρι 1000 Volts.

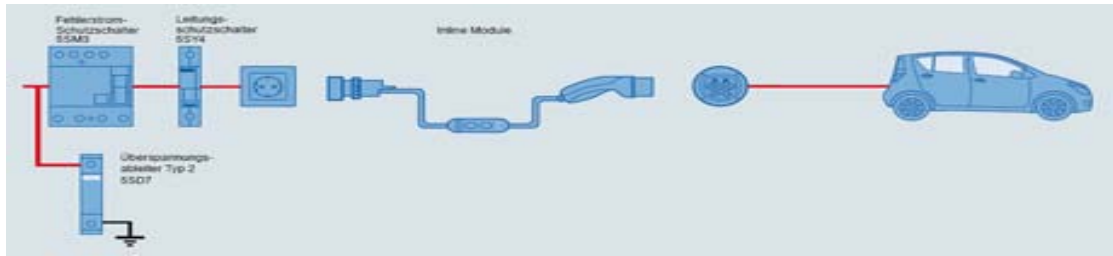
Το Μέρος 1 περιλαμβάνει ορολογία και προδιαγραφές των διαφόρων τρόπων φόρτισης όπως και των εφαρμογών αγωγικής σύνδεσης. Τα επίπεδα φόρτισης που ορίζονται εδώ είναι τα παρακάτω:

- **mode 1** – Αγωγή σύνδεση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου σε παροχή AC με χρήση κοινού οικιακού τύπου ρευματοδότη προς την πλευρά της ηλεκτρικής παροχής για ένταση ρεύματος μέχρι 16A, μονοφασικής ή τριφασικής σύνδεσης και με αξιοποίηση των αγωγών των φάσεων, του ουδέτερου και της γείωσης. Ο τρόπος αυτός απαιτεί την παρουσία μιας προστατευτικής διάταξης ισοζυγισμού RCD (Residual Current Device) προς την πλευρά της παροχής. Όταν η παρουσία μιας τέτοιας διάταξης δεν εξασφαλίζεται από την ισχύουσα σε κάθε χώρα νομοθεσία, αυτός ο τρόπος δεν συνιστάται.



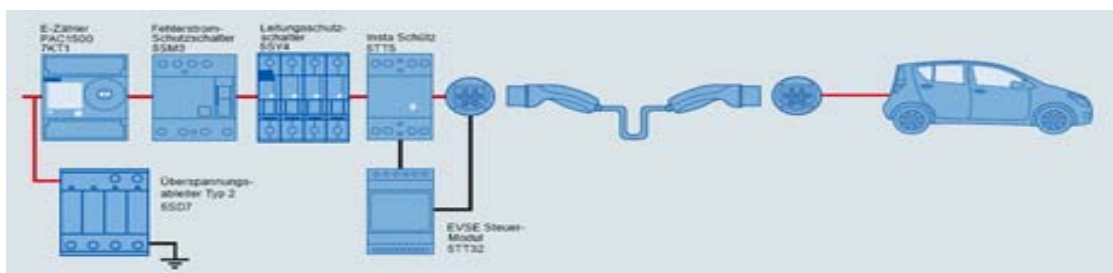
Εικόνα 23 :πρότυπο IEC 61851 mode1³

- **mode 2** : Αγωγή σύνδεση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου σε παροχή AC με χρήση κοινού οικιακού τύπου ρευματοδότη προς την πλευρά της ηλεκτρικής παροχής, μονοφασικής ή τριφασικής σύνδεσης και με αξιοποίηση των αγωγών των φάσεων, του ουδέτερου και της γείωσης, μαζί όμως με αγωγή μεταβίβασης σημάτων επικοινωνίας από το ηλεκτρικό αυτοκίνητο προς την συσκευή ελέγχου της φόρτισης, η οποία βρίσκεται σε κάποιο ενδιάμεσο σημείο του καλωδίου φόρτισης.



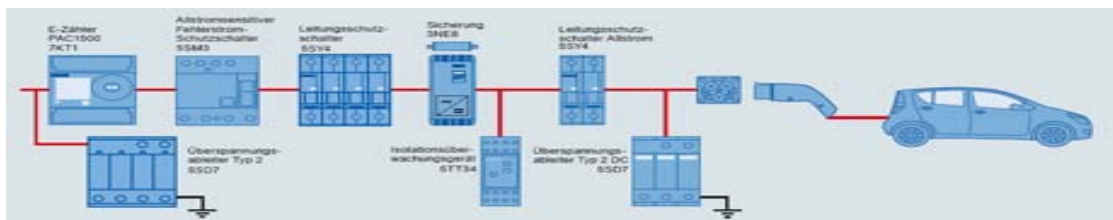
Εικόνα 29: πρότυπο IEC 61851 mode 2³

- **mode 3** : Απευθείας αγωγή σύνδεση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου σε παροχή εναλλασσόμενου ρεύματος, με αξιοποίηση ειδικής μόνιμης ηλεκτρικής παροχής εφοδιασμένης με μονάδα εποπτείας και διαχείρισης της φόρτισης, επί της οποίας και συνδέεται ο αγωγός σημάτων επικοινωνίας.



Εικόνα 24 :πρότυπο IEC 61851 mode 3⁴

- **mode 4** : Έμμεση αγωγή σύνδεση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου με το δίκτυο ηλεκτρικής παροχής δια μέσου συσκευής φόρτισης η οποία δεν είναι τοποθετημένη επί του οχήματος, αλλά βρίσκεται εκτός αυτού και είναι μόνιμα συνδεδεμένη με το δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας εναλλασσόμενου ρεύματος.



Εικόνα 31 :πρότυπο IEC 61851 mode 4⁴

Επιπλέον υπάρχουν οι παρακάτω τύποι καλωδίων φόρτισης:

- Καλώδιο σύνδεσης με την παροχή εναλλασσόμενου ρεύματος το οποίο στην μια του άκρη είναι εφοδιασμένο με κατάλληλο βύσμα για την διασύνδεσή του με την ηλεκτρική παροχή, ενώ η άλλη του άκρη είναι μόνιμα συνδεδεμένη με το ηλεκτρικό αυτοκίνητο.
- Καλώδιο σύνδεσης με την παροχή εναλλασσόμενου ρεύματος το οποίο στην μια του άκρη είναι εφοδιασμένο με κατάλληλο βύσμα για την διασύνδεσή του με την ηλεκτρική παροχή, ενώ η άλλη του άκρη με βύσμα κατάλληλο για την υποδοχή του ηλεκτρικού αυτοκινήτου.

3:<http://www.buildingtechnologies.siemens.com/bt/low-voltage/en/green-applications/electromobility/charging-modes/pages/default.aspx#content>

- Διασύνδεση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου με την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας εναλλασσόμενου ρεύματος με την χρήση καλωδίου το οποίο στην μια του άκρη φέρει βύσμα κατάλληλο για την υποδοχή του οχήματος, ενώ η άλλη του άκρη είναι μόνιμα συνδεδεμένη και αποτελεί προέκταση της συσκευής φόρτισης.

1.6.3 Το πρότυπο IEC 62156

Ειδικές απαιτήσεις για τα φισ, τους ρευματοδότες, τις υποδοχές των αυτοκινήτων και τα αντίστοιχα βύσματά τους για τις αγωγίμες συνδέσεις φόρτισης του προτύπου IEC 61851 οδήγησαν στην δημιουργία ενός ιδιαίτερου προτύπου, το IEC 62196 [1.10]. Το πρότυπο αυτό δημοσιεύεται επίσης σε «Μέρη», με τον γενικό τίτλο «Φισ, Ρευματοδότες, Βύσματα και Υποδοχές των ηλεκτρικών οχημάτων για αγωγήμη διασύνδεση».

Παρακάτω παρουσιάζονται οι τρεις τύποι βυσμάτων και υποδοχών επί των ηλεκτρικών οχημάτων:

- **Τύπος 1:** αντίστοιχα με το πρότυπο SAE J1772, διαθέτει 5 ακροδέκτες και χρησιμοποιείται προς την πλευρά του αυτοκινήτου για αγωγήμη φόρτιση εναλλασσόμενου ρεύματος 1-Φ μέχρι 250 Volts και 32A.

Οι λειτουργίες των 5 ακροδεκτών προσδιορίζονται ως εξής :

- Επαφή-1 : Γραμμή τροφοδοσίας L1
- Επαφή-2 : Γραμμή τροφοδοσίας L2, ή ο ουδέτερος N
- Επαφή-3 : Γείωση (Ground)
- Επαφή-4 : Επαφή Ελέγχου/Επικοινωνίας (Control Pilot). Επιβεβαιώνει την ορθή λειτουργία όλων των συστημάτων στην αρχή, κατά την διάρκεια, και στο πέρας της φόρτισης.
- Επαφή-5 : Έλεγχος Διασύνδεσης (Proximity Detection). Επιβεβαίωση παρουσίας του βύσματος φόρτισης ώστε να ακινητοποιηθεί το όχημα για όση ώρα φορτίζει.

- **Τύπος 2:** διαθέτει 7 ακροδέκτες και χρησιμοποιείται τόσο προς την πλευρά του αυτοκινήτου, όσο και προς την πλευρά της ηλεκτρικής παροχής για αγωγήμη φόρτιση AC 1-Φ μέχρι 250 Volts με εντάσεις ρεύματος 20, 32, 63 ή 70A , όπως και για 3-Φ 380-480 Volts με εντάσεις ρεύματος 20, 32 ή 63A.

Οι λειτουργίες των 7 ακροδεκτών προσδιορίζονται ως εξής :

- Επαφή-1 : Γραμμή τροφοδοσίας L1
- Επαφή-2 : Γραμμή τροφοδοσίας L2
- Επαφή-3 : Γραμμή τροφοδοσίας L3
- Επαφή-4 : Ο ουδέτερος N
- Επαφή-5 : Γείωση (Ground)

4: <http://www.buildingtechnologies.siemens.com/bt/low-voltage/en/green-applications/electromobility/charging-modes/pages/default.aspx#content>

- Επαφή-6 :Επαφή Ελέγχου/Επικοινωνίας (Control Pilot). Επιβεβαιώνει την ορθή λειτουργία όλων των συστημάτων στην αρχή, κατά την διάρκεια, και στο πέρας της φόρτισης.
- Επαφή-7:Έλεγχος Διασύνδεσης (Proximity Detection). Επιβεβαίωση παρουσίας του βύσματος φόρτισης ώστε να ακινητοποιηθεί το όχημα για όση ώρα φορτίζει.

➤ **Τύπος 3:** διαθέτει 4 ή 5 ή 7 ακροδέκτες εφοδιασμένους με σύστημα κλείστρου προστασίας για την αποφυγή επαφής με υπό τάση μέρη και χρησιμοποιείται τόσο προς την πλευρά του αυτοκινήτου όσο και προς την πλευρά της ηλεκτρικής παροχής για αγωγή φόρτιση AC 1-Φ μέχρι 250 Volts με εντάσεις ρεύματος 20, 32A , όπως και για 3-Φ 380-480 Volts με εντάσεις ρεύματος μέχρι 32A. Οι λειτουργίες των ακροδεκτών είναι ακριβώς όμοιες με αυτές του Τύπου 2.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, ο Τύπος 1 είναι ισοδύναμος με το πρότυπο SAE J1772, και εφαρμόζεται στο βύσμα Yazaki.

Ο Τύπος 2 αναπτύχθηκε από μια συνεργασία Γερμανικών κατασκευαστών αυτοκινήτων (Daimler, BMW), ηλεκτρικής ενέργειας (RWE, Vattenfall) και κατασκευαστών ηλεκτρονικών εξαρτημάτων (Mennekes). Βρήκε σημαντική ανταπόκριση στα προγράμματα εξέλιξης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στη Γερμανία, και έγινε επίσης αποδεκτός από πολλούς άλλους Ευρωπαίους κατασκευαστές ηλεκτρικών αυτοκινήτων.

Ο κύριος λόγος που δεν κατέστη ακόμα γενικώς αποδεκτό πρότυπο για όλη την Ευρώπη είναι ότι σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες η νομοθεσία επιβάλλει την χρήση προστατευτικών κλειστρών στους ρευματοδότες. Η IEC βρίσκεται ακόμα στο στάδιο της διαπίστωσης του αριθμού των χωρών αυτών για να εκτιμηθεί το μέγεθος του προβλήματος.

Ο Τύπος 3 αναπτύχθηκε ειδικώς για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της υποχρεωτικής ύπαρξης προστατευτικών κλειστρών στα εξαρτήματα τόσο προς την πλευρά του οχήματος όσο και προς την πλευρά της ηλεκτρικής παροχής.

1.6.4 DC φόρτιση με προδιαγραφές CHAdeMO

Από όσα ειπώθηκαν παραπάνω γίνεται κατανοητή η ανάγκη ύπαρξης κοινόχρηστων σημείων ανεφοδιασμού με ηλεκτρική ενέργεια, στα οποία μπορεί να γίνει φόρτιση των συσσωρευτών των ηλεκτρικών οχημάτων σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα [1.10] [1.11]. Παρόλο που στα σενάρια διεύθυνσης ηλεκτρικών οχημάτων η πλειοψηφία των οδηγών αναμένεται να φορτίζουν το όχημά τους στο σπίτι, κατά την διάρκεια της νύχτας, ώστε την επόμενη ημέρα να κινούνται, στην περίπτωση υπέρβασης του πλαισίου αυτονομίας, είναι απαραίτητο το ηλεκτρικό όχημα να δύναται να ανεφοδιαστεί ώστε να μην υπάρχει ο κίνδυνος ακινητοποίησης του. Αυτό που πρέπει όμως να επιτευχθεί τελικά, είναι ένας γρήγορος ανεφοδιασμός, αντίστοιχος, αυτού των συμβατικών αυτοκινήτων. Ύστερα από πολλές προσπάθειες, όπως πχ η αντικατάσταση των εκφορτισμένων συσσωρευτών, από άλλους φορτισμένους, σε ειδικές ρομποτικές εγκαταστάσεις, η πλέον προσιτή οικονομικά λύση, η οποία δεν δημιουργεί τεχνολογικά μονοπώλια είναι η ταχεία φόρτιση των συσσωρευτών των ηλεκτρικών οχημάτων, από εξωτερικούς φορτιστές, οι οποίοι παρέχουν συνεχές ρεύμα φόρτισης, υψηλής εντάσεως, με τρόπο συνεχώς

ελεγχόμενο ,προκειμένου να προσαρμόζεται ο ρυθμός φόρτισης στα χαρακτηριστικά του συσσωρευτή, ώστε να αποφεύγονται διάφορες ζημιές από καταπονήσεις (υπό την μορφή υπερθερμάνσεων ή διαφοροποιήσεων μεταξύ των στοιχείων).

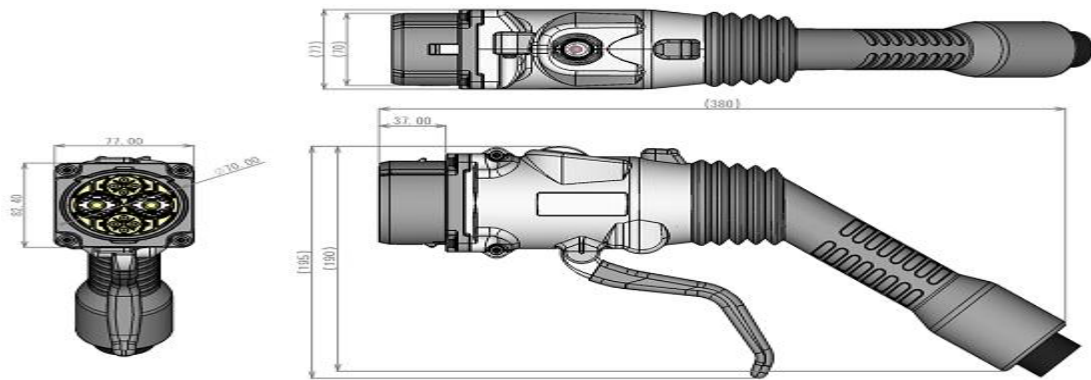
Στην βάση αυτής της αρχής , οι σημαντικότεροι κατασκευαστές ηλεκτρικών αυτοκινήτων (Nissan, Mitsubishi, Fuji Heavy Industries (κατασκευαστής Subaru), Toyota) αλλά και άλλοι επιχειρηματίες του χώρου , συνεργάστηκαν , με στόχο να κατασκευάσουν και να διαδώσουν , ένα σύστημα ταχείας φόρτισης , το οποίο ονόμασαν CHAdeMO (Charge and move).Το πρότυπο, το οποίο αναπτύχθηκε από κοινού , από όλα τα μέλη του οργανισμού CHAdeMO Associations, εγκαινιάστηκε τον Μάρτιο του 2010.

Ο οργανισμός έχει αναπτύξει μια πατενταρισμένη τεχνολογία, καθώς και τις προδιαγραφές ταχείας φόρτισης με τάση έως 500V DC και ένταση έως 125A. Με μια τυπική ισχύ 50kW, ο φορτιστής τύπου CHAdeMO μπορεί να φορτίσει κατά 80% τους συσσωρευτές ενός μεσαίου μεγέθους ηλεκτρικού αυτοκινήτου σε 30 λεπτά. Μπορεί επίσης με μια φόρτιση 5 λεπτών, σχεδόν ίδια με την στάση ανεφοδιασμού ενός συμβατικού αυτοκινήτου να προσδώσει στους συσσωρευτές ηλεκτρική ενέργεια επαρκή για τα επόμενα 30 – 40 km προκειμένου να καταστεί δυνατή η μετάβαση στο μόνιμο σημείο ανεφοδιασμού, για την κανονική φόρτιση. Το πρόβλημα της αυτονομίας έτσι σχεδόν εξαλείφεται, καθώς τώρα ο κίνδυνος της ακινησίας από πιθανή εξάντληση της αποθηκευμένης στους συσσωρευτές ενέργεια γίνεται ελάχιστος.

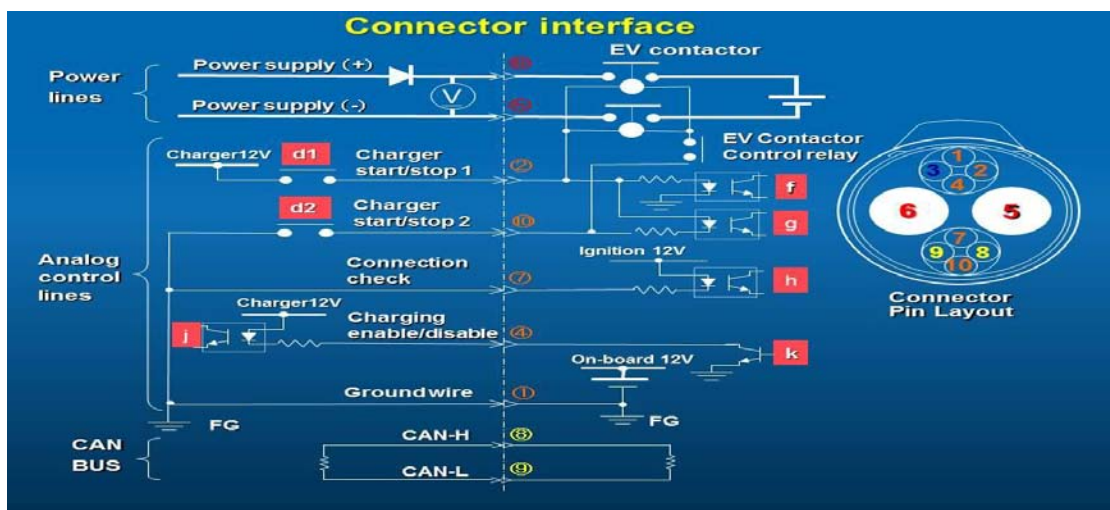
Πολλοί Ευρωπαίοι κατασκευαστές ηλεκτρικών συστημάτων, παράγουν ήδη συστήματα ταχείας φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, τα οποία παρέχουν AC ρεύμα μεγάλης ισχύος για την εξυπηρέτηση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων που διαθέτουν ενσωματωμένο φορτιστή ταχείας φόρτισης , και παράλληλα σχεδιάζουν εξωτερικό φορτιστή προδιαγραφών CHAdeMO , ο οποίος παρέχει συνεχές ρεύμα, για την εξυπηρέτηση των αυτοκινήτων , που είναι εξοπλισμένα με υποδοχή και σύστημα ελέγχου φόρτισης αυτών των προδιαγραφών.

Το σύστημα φόρτισης CHAdeMO καθώς κατασκευάστηκε στην Ιαπωνία είναι ιδιαίτερα διαδεδομένο εκεί, αριθμώντας 801 σταθμούς φόρτισης , ενώ στην Ευρώπη έχουν αρχίσει ήδη να εγκαθίστανται σε εθνικό επίπεδο , στην Πορτογαλία , στην Ιρλανδία, και σε επίπεδο πόλης ή περιοχής , στο Βέλγιο, στην Ολλανδία,στην βορειοανατολική Αγγλία ,αριθμώντας 157 σταθμούς φόρτισης.

Κατωτέρω εικονίζεται το τυποποιημένο βύσμα CHAdeMO και η συνδεσμολογία του:



Εικόνα 32 : το βύσμα CHAdeMO



Εικόνα 33 : συνδεσμολογία του βύσματος CHAdeMO [1.10]

Κατωτέρω εικονίζονται μερικά από τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα , τα οποία διαθέτουν υποδοχή για το βύσμα ταχείας φόρτισης, προδιαγραφών CHAdeMO:

SUBARU plug-in Stella



Mitsubishi i-MiEV



Peugeot Ion



Κατωτέρω εικονίζονται μερικοί από τους ταχυφορτιστές CHAdeMO οι οποίοι κυκλοφορούν σήμερα στο εμπόριο:

**SGTE
EV QUICK CHARGER DC(50KW)**



**ABB
PCS100 DCFC FAST CHARGER
(50KW)**



**EVTRONIC
E000100A001(50KW)**





AERO-VIRONMENT
EV-50 A5F(50KW)



EPYON
Terra base station(50.x/100.x)
Terra 51(50kw)



AKER WADE
EVMAX501(50KW)
EVMAX502(50KW)

1.7 Υποδοχείς φόρτισης εμπορίου

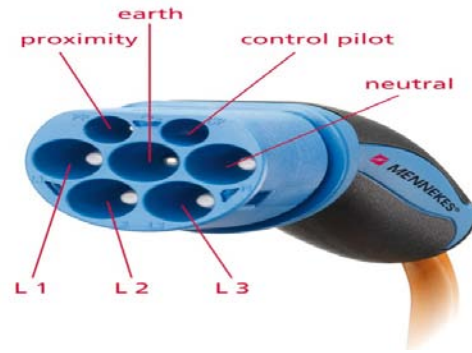
Οι ιδιοκτήτες των ηλεκτρικών οχημάτων επιθυμούν το καλώδιο φόρτισης και η υποδοχή να είναι συμβατή με όλους τους σταθμούς φόρτισης ανεξάρτητα από την τεχνολογία αυτών ή τον κατασκευαστή τους. Έτσι θα μπορούν να φορτίζουν σε διαφορετικά σημεία, όπως επίσης ένα καλώδιο θα μπορεί να συνδεθεί σε διαφορετικά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

1.7.1 Βύσμα Mennekes

Το βύσμα αυτό συμμορφώνεται πλήρως με τις προδιαγραφές των προτύπων IEC 61851 και 62196 και χαρακτηρίζεται ως Τύπου 2, δηλαδή με 7 ακροδέκτες, αλλά χωρίς προστατευτικά κλείστρα [1.12].



Εικόνα 25 : το βύσμα Mennekes



Εικόνα 26: οι ακροδέκτες του βύσματος Mennekes

1.7.2 Βύσμα Walther

Η γερμανική εταιρία Walther παράγει βύσματα ηλεκτρικών οχημάτων με προδιαγραφές παρόμοιες με αυτές της εταιρίας Mennekes.[1.9] Τα βύσματα Walther υποστηρίζουν μονοφασική φόρτιση , τάσεως 230V και τριφασική φόρτιση τάσεως 400V. Η διαφορά τους με τα βύσματα Mennekes είναι ότι έχουν το πλεονέκτημα να υποστηρίζουν και την οικιακή φόρτιση. Υπάρχουν δύο διαθέσιμα είδη υποδοχέων Walther: ένα καλώδιο σχεδιασμένο για οικιακή χρήση , όπου στο τέλος του καλωδίου το βύσμα είναι έτσι σχεδιασμένο ώστε να ταιριάζει σε έναν κοινό μονοφασικό ρευματοδότη και ένα καλώδιο με δύο πανομοιότυπα βύσματα στα δύο άκρα του (όπως το βύσμα Mennekes), το οποίο υποστηρίζει την απευθείας σύνδεση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου με το σημείο φόρτισης.



Εικόνα 27: βύσμα Walther για οικιακή φόρτιση



Εικόνα 28: καλώδιο Walther με δύο πανομοιότυπα βύσματα

1.7.3. Βύσμα EDF

Η εταιρία παροχής ηλεκτρισμού EDF, υποστηρίζει ένα βιομηχανικό βύσμα 3 ακροδεκτών, για μονοφασική AC παροχή σε ισχείς 3,6kW (240V/16A) και 15kW (240V/63A) [1.9]. Δεν υποστηρίζεται ο έλεγχος του οχήματος, ούτε και η επικοινωνία με αυτό. Το βύσμα κατασκευάζεται από την Elektromotive Company.



Εικόνα 29: φόρτιση Toyota Prius με βύσμα της EDF

1.7.4 Βύσμα EV plug

Το βύσμα EV plug και η υποδοχή του, προέκυψε από την σύμπραξη των εταιριών Shame, Schneider και Legrand, και συμμορφώνεται πλήρως με τις προδιαγραφές ασφαλείας του Τύπου 3 της IEC περί προστατευτικών κλειστρών [1.9]. Επιτρέπει διάφορα επίπεδα ισχύος φόρτισης, με μέγιστο τα 27,7kW σε τριφασική φόρτιση. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό αυτού του βύσματος είναι η παρουσία ενός αυτόματου προστατευτικού κλειστρου ,ως προληπτικό μέτρο για οποιαδήποτε τυχαία επαφή μεταξύ του χρήστη και των ηλεκτροφόρων καλωδίων στα βύσματα ή τις εισόδους και υποδοχές



Εικόνα 39 :το βύσμα και η υποδοχή EV plug με τα προστατευτικά τους κλείστρα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Εργαλεία προσομοίωσης

Στο κεφάλαιο αυτό θα περιγραφούν οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιήθηκαν για τη ολοκλήρωση της εργασίας και την εξαγωγή των αποτελεσμάτων. Το κεφάλαιο είναι χωρισμένο σε δύο ενότητες. Στην πρώτη περιγράφονται οι αλγόριθμοι που αναπτύσσονται για τον υπολογισμό της καμπύλης ζήτησης των ηλεκτρικών οχημάτων, μελετώντας τρεις διαφορετικές στρατηγικές φόρτισης. Στην δεύτερη ενότητα περιγράφονται οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιήθηκαν για την μελέτη του συστήματος παραγωγής, υπολογίζοντας την συνεισφορά της κάθε συμβατικής και ανανεώσιμης μονάδας στην εξυπηρέτηση του τελικού φορτίου, το οποίο συμπεριλαμβάνει και το φορτίο των ηλεκτρικών οχημάτων, καθώς και την οικονομική αποτίμηση του συστήματος αυτού.

2.1 Εργαλεία προσδιορισμού ενεργειακών αναγκών ηλεκτρικών οχημάτων

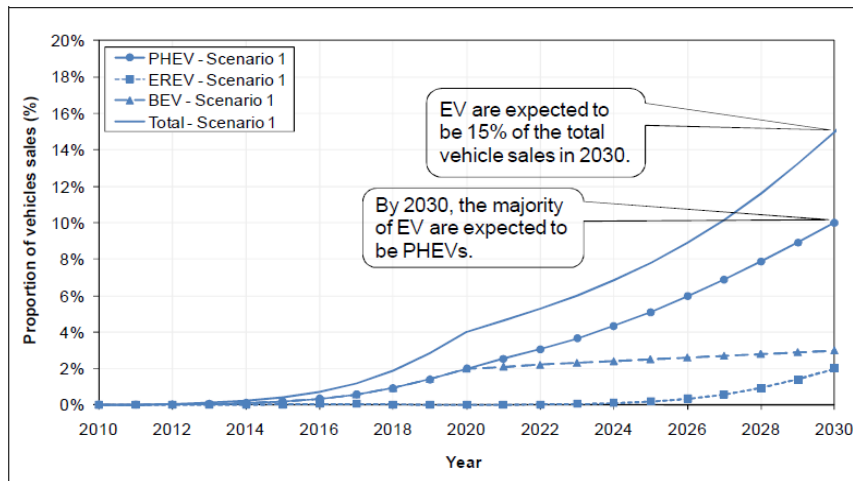
Οι ενεργειακές ανάγκες ενός ηλεκτρικού οχήματος εξαρτώνται από πάρα πολλές παράμετρος. Όταν μιλάμε γενικά για ενεργειακές ανάγκες εννοούμε την ισχύ που χρειάζεται καθημερινά ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο προκειμένου να καλύψει τις ημερήσιες του ανάγκες και σε διανυόμενη απόσταση αλλά και ώστε στο τέλος της μέρας να επαναφορτίσει τον συσσωρευτή του, ώστε να είναι έτοιμος να χρησιμοποιηθεί την επόμενη. Οι ενεργειακές ανάγκες χρειάζονται μια εκτεταμένη μελέτη, καθώς είναι ένα μέγεθος που μπορεί να εξαρτάται από την κλάση του οχήματος, από την τεχνολογία του οχήματος (χωρητικότητα συσσωρευτή και κατανάλωση οχήματος) καθώς και από τις ημερήσιες διαδρομές που κάνει κάθε οδηγός.

Όσον αφορά τώρα το τελικό φορτίο των ηλεκτρικών οχημάτων που θέλει να εξυπηρετηθεί από το δίκτυο, αυτό εξαρτάται κυρίως από τον αριθμό των ηλεκτρικών οχημάτων που κυκλοφορούν, από το επίπεδο φόρτισης που θα επιλέξει για το όχημα του κάθε οδηγός αλλά και σε βαθύτερη ανάλυση από την στρατηγική φόρτισης που θα επιλέξει να πραγματοποιήσει ο κάθε οδηγός (ελεγχόμενη φόρτιση, η οποία γίνεται σε συγκεκριμένη ώρα μέσα στην μέρα, ή μη ελεγχόμενη φόρτιση, στην οποία ο κάθε οδηγός φορτίζει όποτε θέλει αυτός).

Όλα τα παραπάνω περιγράφονται αναλυτικά στην συνέχεια:

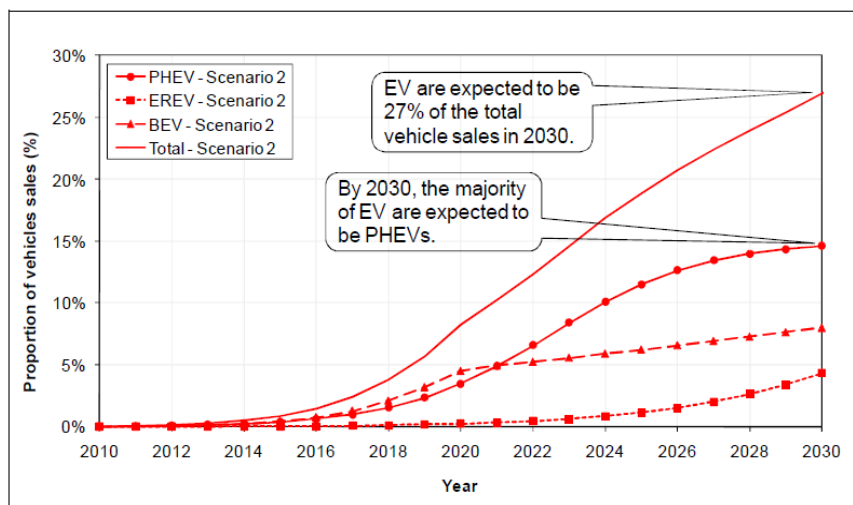
- Στόλος ηλεκτρικών οχημάτων
Θεωρήθηκαν τρία σενάρια διείσδυσης ηλεκτρικών οχημάτων :

- Σενάριο 1: Ένα συντηρητικό σενάριο μικρής διείσδυσης ηλεκτρικών οχημάτων, που είναι πιο πιθανόν να συμβεί στην πραγματικότητα



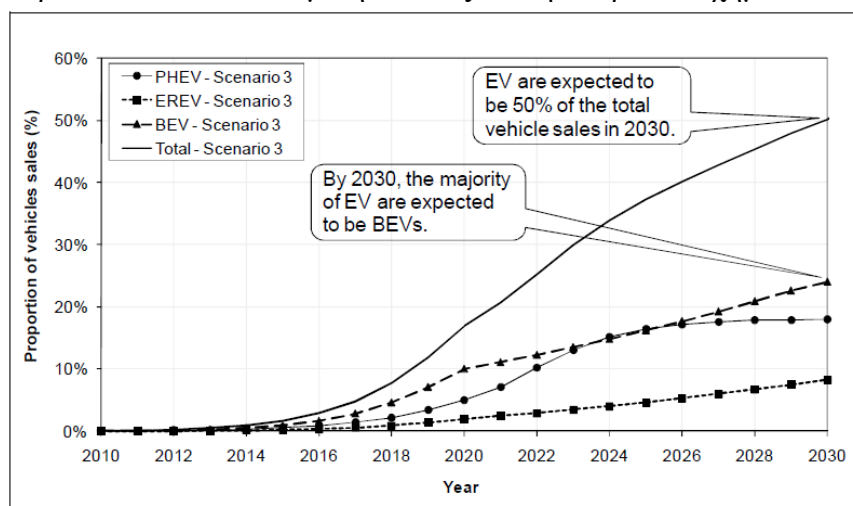
Εικόνα 40: διείσδυση ηλεκτρικών οχημάτων για το σενάριο 1 από το 2010 έως το 2030.[1.13]

- Σενάριο 2: Ένα περισσότερο αισιόδοξο σενάριο διείσδυσης



Εικόνα 41: διείσδυση ηλεκτρικών οχημάτων για το σενάριο 2 από το 2010 έως το 2030[1.13]

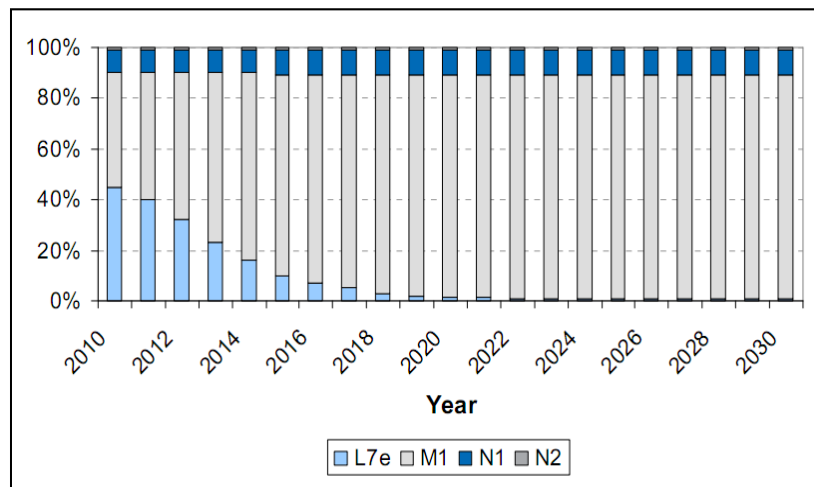
- Σενάριο 3: Μία πολύ δυναμική είσοδος των ηλεκτρικών οχημάτων



Εικόνα 42: διείσδυση ηλεκτρικών οχημάτων για το σενάριο 3 από το 2010 έως το 2030[1.13]

➤ Κλάση ηλεκτρικών οχημάτων

Όπως ορίστηκε στο πρώτο κεφάλαιο, τα ηλεκτρικά οχήματα χωρίζονται σε 4 κλάσεις L7e, M1, N1, N2. Η εξέλιξη των ηλεκτρικών οχημάτων, καθώς και η κατανομή τους στις παραπάνω κλάσεις έχουν μελετηθεί εκτενώς από το RICARDO. Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται μια πρόβλεψη, στο βάθος 20 ετίας [1.13]:



Εικόνα 43: η πρόβλεψη του RICARDO για τα έτη 2010 έως 2030

➤ Κατηγορία φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων

Όπως αναφέρθηκε στο πρώτο κεφάλαιο, τα ηλεκτρικά οχήματα μπορούν να φορτίσουν σε τρία επίπεδα (1,2,3). Ακολουθούμε τα πρότυπα του γερμανικού βύσματος Walther για μονοφασική και τριφασική φόρτιση:

		Charging Voltage	
		Single-phase (230 V)	Three-phase (400 V)
Charging Current	16 A	3.7 kW	11.0 kW
	32 A	7.4 kW	22.0 kW
	63 A	14.5 kW	43 kW

Εικόνα 30: επίπεδα ισχύος φόρτισης του υποδοχέα Walther

➤ Ημερήσια διανυόμενη απόσταση

Όσον αφορά τις διανυόμενες αποστάσεις των ηλεκτρικών οχημάτων και σε μέρα καθημερινή, αλλά και σαββατοκύριακου θεωρήθηκε ότι η ημερήσια διανυόμενη απόσταση κάθε οχήματος ακολουθεί κανονική κατανομή.

➤ Απώλειες φόρτισης

Οι απώλειες φόρτισης αφορούν τις απώλειες λόγω μετατροπής του εναλλασσόμενου ρεύματος σε συνεχές προκειμένου να πραγματοποιηθεί η φόρτιση του αυτοκινήτου ή

το αντίστροφο, ανάλογα με τα ηλεκτρονικά ισχύος που χρησιμοποιούνται κάθε φορά. Έχει θεωρηθεί ότι αποτελούν το 15% της συνολικής ζήτησης.

➤ **Στρατηγική φόρτισης**

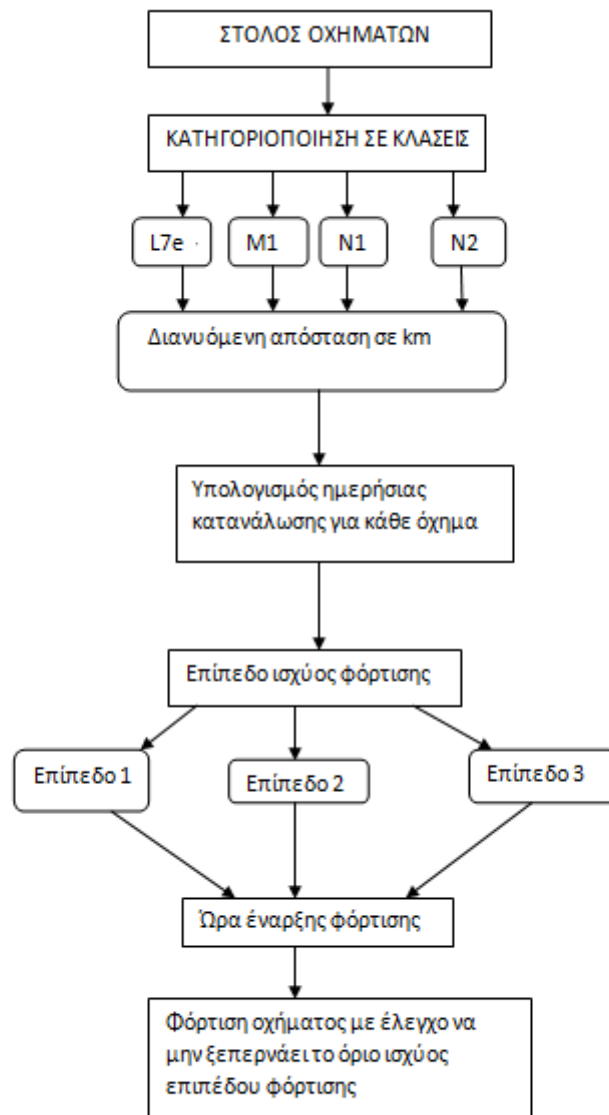
Η στρατηγική φόρτισης είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας στον υπολογισμό της τελικής καμπύλης ζήτησης των ηλεκτρικών οχημάτων. Για τον λόγο αυτό, έχουν δημιουργηθεί τρεις διαφορετικοί αλγόριθμοι ανάλογα με την στρατηγική φόρτισης που μπορεί να ακολουθήσει ο κάθε οδηγός. Για την κάθε μια στρατηγική φόρτισης από αυτές έχουμε μια χαρακτηριστική ώρα έναρξης και ολοκλήρωσης της φόρτισης.

- **Αλγόριθμος 1:** μη ελεγχόμενη φόρτιση (dumb charging)
- **Αλγόριθμος 2:** ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο (dual tariff charging)
- **Αλγόριθμος 3:** ελεγχόμενη φόρτιση για μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ (smart charging-res max penetration)

Παρατηρήσεις:

1. Όλες οι παράμετροι που έχουν αναφερθεί έως τώρα εφαρμόζονται και στους τρεις αλγόριθμους καθώς αφορούν τις ενεργειακές ανάγκες ενός ηλεκτρικού οχήματος οι οποίες είναι ανεξάρτητες από τον τρόπο με τον οποίο ο ιδιοκτήτης του ηλεκτρικού οχήματος θα αποφασίσει να φορτίσει το όχημα του.
2. Και στις 3 διαφορετικές στρατηγικές φόρτισης, για λόγους μεγαλύτερης ακρίβειας έχει ορισθεί μια νέα μονάδα χρόνου, το timeslot, το οποίο διαρκεί ένα δεκάλεπτο. Το time slot είναι το μικρότερο χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο το εξωτερικό περιβάλλον θεωρείται αμετάβλητο. Έτσι μια ενδεχόμενη σύνδεση ή αποσύνδεση ενός οχήματος από την συσκευή φόρτισης, είτε η έναρξη ή ολοκλήρωση της φόρτισής του θα γίνουν αντιληπτές μόνο σε ακέραια πολλαπλάσια αυτού του χρονικού διαστήματος ακόμα και αν έχουν συμβεί νωρίτερα. Μέσα στο διάστημα αυτό η φόρτιση είναι αδιάλειπτη και σε σταθερό επίπεδο ισχύος.

2.1.1 Αλγόριθμος 1: Μη ελεγχόμενη φόρτιση (dumb charging)



διάγραμμα 1:διάγραμμα μπλοκ αλγορίθμου 1,dumb charging

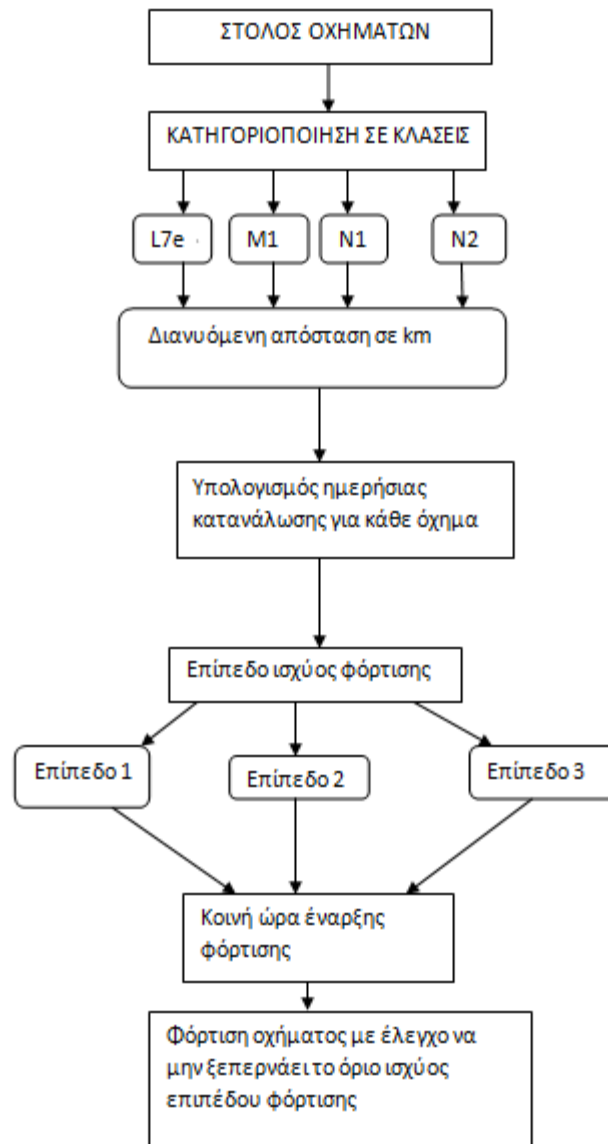
Είναι η φόρτιση κατά την οποία , ο κάθε οδηγός φορτίζει το όχημα του , όποτε αποφασίζει αυτός. Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων έχουμε θεωρήσει ότι οι οδηγοί των ηλεκτρικών οχημάτων φορτίζουν τα αυτοκίνητα τους γυρνώντας στο σπίτι ύστερα από την τελευταία διαδρομή της ημέρας, ξεκινώντας να τα φορτίζουν μετά τις 4 το απόγευμα, έχοντας ολοκληρώσει την φόρτιση έως τις 6 το πρωί. Η ώρα έναρξης φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων ακολουθεί κανονική κατανομή με κεντρική τιμή τις 8 το βράδυ και θεωρώντας ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των ηλεκτρικών οχημάτων ξεκινούν να φορτίζουν στο διάστημα από τις 7 το απόγευμα έως τις 9 το βράδυ.

Για κάθε κατηγορία οχήματος και επίπεδο φόρτισης παρουσιάζονται οι παρακάτω μεταβλητές στον αλγόριθμο:

- **final_consumption:** Η συνολική κατανάλωση του κάθε οχήματος υπολογίζεται αν πολλαπλασιάσουμε την συνολική απόσταση που έχει διανύσει το όχημα μέσα στην μέρα επί την μέση κατανάλωση του οχήματος και ταυτόχρονα διαιρέσουμε με τις συνολικές απώλειες φόρτισης $(\text{trip_length} * \text{vehicle_energy_requirement}_{\text{κλάσης}}) / \text{eff}$ η οποία αντιστοιχεί στην ημερήσια κατανάλωση ενέργειας ανά όχημα και μετράται σε kWh
- άλλη παράμετρος είναι η ώρα έναρξης φόρτισης των οχημάτων , η οποία είναι διαφορετική για κάθε όχημα και ακολουθεί κανονική κατανομή , με μέση τιμή την ώρα που η πλειοψηφία των οδηγών επιστρέφει στο σπίτι από την δουλειά.
- Επίσης σημαντική παράμετρος είναι η διάρκεια φόρτισης του κάθε οχήματος , η οποία προκύπτει , αν διαιρέσουμε την τελική κατανάλωση του οχήματος δια την ισχύ του επιπέδου φόρτισης στο οποίο φορτίζει το κάθε όχημα.
- Ο πίνακας **EV_demand:**

Όποτε τώρα , γνωρίζοντας τον συνολικό αριθμό των οχημάτων , τον αριθμό των οχημάτων που ανήκουν στην κάθε κατηγορία, καθώς και την ώρα σύνδεσης και αποσύνδεσης των οχημάτων , μπορούμε να φτιάξουμε τον πίνακα EV_demand ο οποίος μας δίνει την ημερήσια συνολική ζήτηση των ηλεκτρικών οχημάτων. Ο πίνακας EV_demand έχει 144 θέσεις , όσα είναι τα δεκάλεπτα σε ένα 24ωρο, με μηδενικές τιμές εκτός του διαστήματος 16:00- 06:00, όπου δεν υπάρχουν ηλεκτρικά οχήματα συνδεδεμένα στο δίκτυο. Ο πίνακας EV_demand διατρέχεται διαδοχικά από κάθε ένα ηλεκτρικό όχημα, ώστε τελικά να βρεθεί η συνολική ενεργειακή ζήτηση.

2.1.2 Αλγόριθμος 2: Ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο (dual tariff charging)

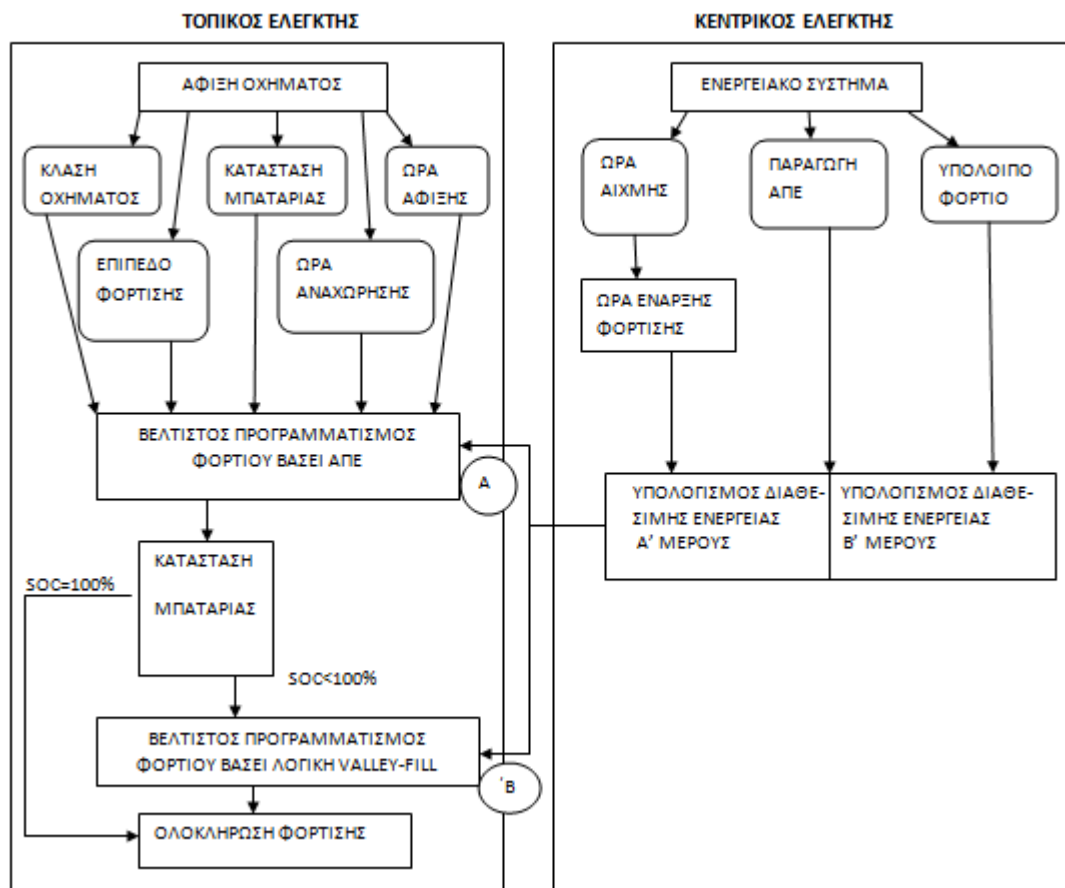


διάγραμμα 2:διάγραμμα μπλοκ αλγορίθμου 2, dual tariff charging

Είναι η φόρτιση κατά την οποία όλοι οι οδηγοί των ηλεκτρικών οχημάτων, φορτίζουν τα ηλεκτρικά τους οχήματα, κατά την διάρκεια της νύχτας ,που η χρέωση είναι μικρότερη και δεν επιβαρύνουν το υπόλοιπο δίκτυο.

Οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται στον αλγόριθμο 2 είναι πανομοιότυπες με αυτές του αλγορίθμου 1, με την μόνη διαφορά ότι στον αλγόριθμο 2 η παράμετρος που δίνει την ώρα έναρξης φόρτισης για τα οχήματα $st_t_of_ch$ είναι σταθερή και ίδια για όλον τον στόλο, ανεξαρτήτως κλάσης οχήματος και κατηγορίας φόρτισης.

2.1.3 Αλγόριθμος 3: Έξυπνη φόρτιση –μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ (smart charging-res max penetration)



διάγραμμα 3:διάγραμμα μπλοκ αλγορίθμου έξυπνης φόρτισης

Στην φόρτιση αυτή λαμβάνονται υπ' όψην πολλές παράμετροι, προκειμένου να επιτευχθεί η πιο ήπια φόρτιση, η οποία επηρεάζει όσο το δυνατόν λιγότερο την λειτουργία του ηλεκτρικού δικτύου καθιστώντας την πιο οικονομική και οικολογική. Προκειμένου να λειτουργήσει ο αλγόριθμος της μέγιστης διείσδυσης των ΑΠΕ είναι απαραίτητο να εισαχθεί το αρχικό ετήσιο φορτίο του συστήματος, πριν σε αυτό προστεθεί το φορτίο των ηλεκτρικών οχημάτων. Επίσης χρειάζεται να εισαχθεί και η ετήσια παραγωγή των αιολικών πάρκων του συστήματος. Σκοπός του αλγορίθμου αυτού είναι η φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων να πραγματοποιηθεί κατά προτεραιότητα από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και για την εναπομείνουσα ζήτηση, την οποία οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν δύνανται να εξυπηρετήσουν, να καλύπτεται από συμβατικές μονάδες του συστήματος, έχοντας ως στόχο την ομοιόμορφη κατανομή της στις ώρες με χαμηλή ζήτηση. Λαμβάνονται υπ' όψην σε καθημερινή βάση το υπόλοιπο φορτίο και η ημερήσια μέγιστη ζήτηση.

Για τον λόγο αυτό σε αντίθεση με τις στρατηγικές dumb και dual tariff, η ώρα έναρξης φόρτισης δεν συμπίπτει με την ώρα άφιξης του κάθε οχήματος, αλλά εξαρτάται από την ημερήσια αιχμή του συστήματος.

Αρχικά για κάθε ημέρα του έτους έχει εντοπιστεί η ώρα με την μέγιστη ζήτηση. Οπότε η ώρα έναρξης φόρτισης του κάθε τύπου οχήματος υπολογίζεται με τον ακόλουθο τρόπο:

Για κάθε όχημα υπάρχει μία περίοδος φόρτισης, η οποία ξεκινάει την ώρα έναρξης φόρτισης και ολοκληρώνεται έως την ώρα αναχώρησης , μέσα σε αυτό το διάστημα.

- Αν η αιχμή της ημέρας είναι εκτός του διαστήματος φόρτισης του οχήματος , τότε η ώρα έναρξης φόρτισης είναι η ώρα άφιξης του οχήματος.
- Αν η αιχμή της ημέρας είναι εντός του διαστήματος φόρτισης του οχήματος, τότε η ώρα έναρξης φόρτισης είναι η επόμενη από την ώρα αιχμής της ημέρας.
- Αν η ώρα άφιξης του αυτοκινήτου συμπίπτει με την ώρα ημερήσιας αιχμής τότε η ώρα έναρξης φόρτισης του οχήματος είναι η επόμενη από την ώρα αιχμής της ημέρας.

Παρατήρηση:

1. Για τον υπολογισμό των ενεργειακών αναγκών των ηλεκτρικών οχημάτων και τελικά της καμπύλης ζήτησης του φορτίου των ηλεκτρικών οχημάτων, όλες οι διαδικασίες γίνονται , κατηγοριοποιώντας τα οχήματα ανά κλάση και ανά επίπεδο φόρτισης ,δημιουργώντας έτσι ομάδες ηλεκτρικών οχημάτων:(L7e_slow,L7e_fast,M1_slow,M1_fast,M1_max,N1_slow,N1_fast, N1_max,N2_fast,N2_max).

Ονόματα παραμέτρων:

- **arrival_hour_ομάδας:** η ώρα άφιξης της κάθε ομάδας, η οποία είναι σταθερή για κάθε ημέρα του έτος
- **departure_hour_ομάδας:**η ώρα αναχώρησης της κάθε ομάδας, η οποία είναι σταθερή για όλο το έτος
- **charging_start_ομάδας(day):**η ώρα έναρξης φόρτισης της κάθε ομάδας η οποία υπολογίζεται με τον τρόπο που εξηγήθηκε παραπάνω και είναι διαφορετική για κάθε ημέρα του έτους.
- **charging_potential_ομάδας(day):**η διάρκεια φόρτισης, η οποία προκύπτει από την διαφορά της ώρας έναρξης φόρτισης από την ώρα αναχώρησης.
- **max_hour(day):** πίνακας που δείχνει ανά ημέρα την ώρα αιχμής.

Όσον αφορά τώρα την ποσότητα της ισχύος που μπορούν να απορροφήσουν τα ηλεκτρικά οχήματα ανά ημέρα,αυτή είναι συγκεκριμένη λαμβάνοντας υπόψη ότι διαθέσιμη ισχύ υπάρχει μόνο μετά την ώρα αιχμής του συστήματος.Επομένως η συνολική διαθέσιμη ισχύ ορίζεται ανά ώρα ως η ελάχιστη τιμή ανάμεσα στην ωριαία παραγωγή των ανανεώσιμων μονάδων και της διαφοράς του φορτίου του συστήματος από το ημερήσιο peak.

Η παρακάτω εξίσωση δίνει την συνολική διαθέσιμη ισχύ:

$$\mathbf{all_available_grid(h)} = \min(P_{wind_new}(h), peak(day) - initial_load_new(h)) \quad [τύπος 1]$$

όπου φορτίο είναι το φορτίο του συστήματος πριν την προσθήκη του φορτίου των οχημάτων.

Ονόματα παραμέτρων:

- **Pwind_new(hour)**:πίνακας που δείχνει την ετήσια παραγωγή αιολικών πάρκων ,θεωρώντας πρώτη ώρα της κάθε ημέρας , την 6 το απόγευμα, όπου ηλεκτρικά οχήματα αρχίσουν να φορτίζουν.
- **initial_load_new(hour)**:πίνακας που δείχνει το ετήσιο αρχικό φορτίο ,χωρίς τα αυτοκίνητα, θεωρώντας πρώτη ώρα της ημέρας την 6 το απόγευμα.
- **peak(day)**:πίνακας που δείχνει ανά ημέρα την τιμή της ημερήσιας αιχμής .
- **all_available_grid(hour)**:πίνακας που δείνει την συνολική διαθέσιμη ισχύ για κάθε ώρα σε ένα έτος.

Αυτή η συνολική διαθέσιμη ισχύς που βρέθηκε,πρέπει με κάποιο τρόπο να κατανομηθεί στον στόλο των ηλεκτρικών οχημάτων.Η κατανομή γίνεται τελείως αξιοκρατικά ,λαμβάνοντας υπ'όψην πόσα οχήματα υπάρχουν ανά κλάση και σε τι επίπεδο ισχύος φόρτισης υπόκεινται το κάθε ένα,ώστε να γνωρίζουμε ποια είναι η μέγιστη ισχύ που θα μπορούσε να ζητήσει ένα όχημα ανά ώρα και πόση ισχύ θα μπορούσαν να ζητήσουν όλα τα οχήματα συνολικά.Δείχνουμε την διαθέσιμη ισχύ της κάθε ομάδας για μία ώρα του έτους,όπου το ποσοστό της συνολικής διαθέσιμης ισχύος που της αναλογεί είναι:

$$\mathbf{Available_total_ομάδας(h)} = \frac{EVs_{ομάδας} * P_{plug_ομάδας}}{\text{maximum EVdemand}} * \mathbf{all_available_grid(h)} \quad [τύπος 2]$$

Όπου

$$\text{maximum EVdemand} = \sum_{i=1}^N P_{plug}, \text{ όπου } N \text{ ο συνολικός αριθμός των οχημάτων}$$

Παραμέτροι:

- **maximum EVdemand(hour)**=η μέγιστη συνολική ισχύ που μπορεί να ζητήσει ο στόλος των ηλεκτρικών οχημάτων κάθε ώρα του έτους.
- **Available_total_ομάδας(hour)**:η διαθέσιμη ισχύς που παρέχεται από το δίκτυο κάθε ώρα του έτους για την φόρτιση όλων των οχημάτων κλάσης κ που φορτίζουν στο επίπεδο ε.

Έχοντας υπολογίσει την συνολική διαθέσιμη ισχύ κάθε ομάδας και γνωρίζοντας πόσα οχήματα υπάρχουν ανά ομάδα μπορούμε να υπολογίσουμε την διαθέσιμη ισχύ ανά όχημα η οποία εξαρτάται από την κατάσταση της μπαταρίας του κάθε οχήματος. Επομένως έχουμε την παρακάτω σχέση:

$$\mathbf{Available_total_ομάδας_EV(h)} = \frac{\text{battery_capacity_κλάσης} * (SOC_{out} - SOC_{in})}{eff * \text{forecasted_demand_ομάδας}(h)} * \mathbf{available_total_ομάδας}(h)$$

[τύπος 3]

Όπου *forecasted_demand_ομάδας(h)* είναι μία παράμετρος, η οποία υπολογίζεται ανά ώρα από τον κεντρικό ελεγκτή και πρόκειται για το φορτίο που προβλέπεται ότι θα ζητηθεί από το σύνολο των ηλεκτρικών οχημάτων μίας ομάδας και βασίζεται σε προηγούμενες μετρήσεις. Η παράμετρος αυτή είναι απαραίτητη ώστε να υπολογιστεί το ποσοστό της διαθέσιμης ισχύος της ομάδας που αντιστοιχεί σε κάθε όχημα.

Επίσης εκτιμώντας το διάστημα φόρτισης κάθε ομάδας οχημάτων βάσει την ώρα που κάθε ομάδα οχημάτων συνδέεται για φόρτιση και της ώρας που πραγματοποιείται η αποσύνδεση μπορούμε να ορίσουμε μια ακόμη παράμετρο η οποία δείχνει την συνολική διαθέσιμη ισχύ που μπορεί να απορροφήσει ένα όχημα σε μία ημέρα και είναι το άθροισμα της διαθέσιμης ισχύος ανά ώρα φόρτισης για όλο το διάστημα φόρτισης :

$$P_{available_{ομάδας_EV}}(day) = \sum_{\text{ώρα έναρξης φόρτισης}}^{\text{ώρα αναχώρησης}} Available_total_ομάδας_EV(h)$$

[τύπος 4]

Τώρα που γνωρίζουμε ποιά είναι η διαθέσιμη ισχύς του δικτύου για κάθε όχημα, λαμβάνουμε υπ' όψην το προφίλ οδήγησης κάθε οδηγού (ημερήσια διανυόμενη απόσταση) και την τεχνολογία του οχήματος (χωρητικότητα συσσωρευτή) για να υπολογίσουμε τελικά πόση ισχύ χρειάζεται τελικά να καταναλώσει ο κάθε οδηγός από αυτήν που του παρέχει το δίκτυο προκειμένου να φορτίσει πλήρως το όχημα του.

Ορίζονται οι παρακάτω μεταβλητές:

- $SOC_{in} = \frac{battery_capacity_{κλάσης} - trip_length * vehicle_energy_requirement_{κλάσης}}{battery_capacity_{κλάσης}}$

[τύπος 5]

Όπου *battery_capacity* είναι η χωρητικότητα της μπαταρίας κάθε τύπου οχήματος και *vehicle_energy_requirement* είναι η μέση κατανάλωση ανά τύπο οχήματος (kWh/km).

Μας δείχνει την κατάσταση του συσσωρευτή (state of charge) ως προς την πλήρη φόρτιση. Δίνεται ως είσοδος στον αλγόριθμο έξυπνης φόρτισης ώστε με την άφιξη του κάθε οχήματος να υπολογιστούν οι ενεργειακές του ανάγκες.

- **SOC_{out}**=100% εφόσον πρωταρχικός σκοπός του αλγορίθμου είναι να φορτίσουν πλήρως όλα τα οχήματα.

Καθώς μέχρι στιγμής ,όλες οι διαδικασίες στον αλγόριθμο μεγιστοποίησης της διείσδυσης των ΑΠΕ , γίνονται χωρίζοντας το οχήματα σε ομάδες, ομοίως , για να υπολογίσουμε την τελική ενεργειακή ζήτηση των ηλεκτρικών οχημάτων , υπολογίζουμε την ενεργειακή ζήτηση κάθε ομάδας χωριστά και ύστερα προσθέτοντας την ζήτηση κάθε ομάδας βρίσκουμε και την συνολική ενεργειακή ζήτηση , που είναι και η έξοδος του αλγορίθμου.

Η ενεργειακή ζήτηση ενός οχήματος υπολογίζεται σε ωριαία βάση για όλο το έτος ως ακολούθως, προσέχοντας η ισχύς που παίρνει τελικά το όχημα , να μην ξεπερνάει το όριο ισχύος που του επιτρέπει το επίπεδο φόρτισης που έχει επιλέξει:

- **EV_Res_{ομάδας_EV(h)}**=

$$\frac{\text{battery_capacity_κλάσης} * \text{available_total_ομάδας_EV}(h) * (\text{SOCout} - \text{SOCin})}{\text{eff} * P_{\text{available_ομάδας_EV}(h)}} \quad [\text{τύπος 6}]$$

Τελικά η έξοδος του αλγόριθμου είναι ένας πίνακας που λέγεται EV_demand και δίνει για κάθε ώρα του έτους την συνολική ζήτηση των ηλεκτρικών οχημάτων. Ο πίνακας αυτός προκύπτει αν αθροίσουμε τις επιμέρους ζητήσεις για κάθε ομάδα.

Παρ'όλο που ο αλγόριθμος φαίνεται να έχει ολοκληρωθεί υπάρχουν κάποιες μέρες στην διάρκεια του έτους, που οι ενεργειακές ανάγκες του στόλου των ηλεκτρικών οχημάτων δεν μπορούν να καλυφθούν από την ισχύ που τους παρέχεται για μια 'έξυπνη' φόρτιση. Αυτό συμβαίνει τις μέρες που η παραγωγή των αιολικών πάρκων είναι πολύ μικρή. Για τους λόγους αυτούς ο αλγόριθμος μεγιστοποίησης της διείσδυσης των ΑΠΕ έπρεπε να επεκταθεί ώστε να μπορούν όλα τα οχήματα, όλες τις ημέρες του έτους να φορτίζουν πλήρως και η κατάσταση του συσσωρευτή τους να είναι στο 100% (SOC=100%). Παρακάτω περιγράφεται το δεύτερο μέρος του αλγόριθμου.

Δεύτερο μέρος Αλγορίθμου 3: Ελεγχόμενη φόρτιση με ομοιόμορφη κατανομή (valley-filling)

Για την πλήρη φόρτιση των οχημάτων παρέχεται η δυνατότητα επιπρόσθετης φόρτισης των μπαταριών των οχημάτων τις ώρες χαμηλής ζήτησης, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η παραγωγή ΑΠΕ. Η φόρτιση των οχημάτων θα πρέπει να επιβαρύνει το δίκτυο (απώλειες δικτύου, διακύμανση τάσης, φόρτιση δικτύου) όσο το δυνατόν λιγότερο αποφεύγοντας τη δημιουργία αιχμών ζήτησης τις ώρες με χαμηλή ζήτηση. Η επιπρόσθετη διαθέσιμη ισχύς εξαρτάται από την ώρα αιχμής της συμβατικής ζήτησης και της ζήτησης που έχει προγραμματιστεί από το πρώτο μέρος του αλγορίθμου, όπως φαίνεται στην παρακάτω σχέση:

$$\text{all_available_grid}_\beta(h) = (\text{peak}(\text{day}) - \text{initial_load_new}(h)) - \text{all_available_grid}_\alpha(h) \quad [\text{τύπος 7}]$$

Εντελώς αντίστοιχα με το πρώτο μέρος του αλγορίθμου συνεχίζονται οι διαδικασίες υπολογισμού της καμπύλης ζήτησης των οχημάτων.

Η διαθέσιμη ισχύς του δικτύου ανά ομάδα είναι:

$$\text{available_total_ομάδας}_\beta(h) = \frac{\text{EV}_{\text{ομάδας}} * P_{\text{plug_ομάδας}}}{\text{maximum EVdemand}} * \text{all_available_grid}_\beta(h) \quad [\text{τύπος 8}]$$

Ενώ για ένα όχημα:

$$\text{available_total_ομάδας_EV}_\beta(h) =$$

$$\frac{\text{battery_capacity_κλάσης} * (\text{SOCout} - \text{SOCin}_{\text{ομάδας}_\beta}) * \text{available_total_ομάδας}_\beta(h)}{\text{eff} * \text{forecasted_demand}_{\text{ομάδας}(h)}} \quad [\text{τύπος 9}]$$

Η συνολική διαθέσιμη ισχύς για ένα όχημα σε μία ημέρα είναι:

$$P_{available_ομάδας_EV\beta}(day) = \sum_{\substack{\text{ώρα αναχώρησης} \\ \text{ώρα έναρξης φόρτισης}}} available_total_ομάδας_EV_β (h) \quad [τύπος 10]$$

Τα οχήματα συνεχίζουν την φόρτιση τους έχοντας αφήσει την κατάσταση της μπαταρίας τους στο σημείο που την ολοκλήρωσαν στον πρώτο γύρο. Οπότε:

- $SOC_{in_ομάδας\beta} = SOC_{out_ομάδας\alpha}$

Επιπλέον θα πρέπει πάλι να προσέξουμε η ισχύς που λαμβάνει το κάθε όχημα από το δίκτυο να μην ξεπερνάει την ισχύ του επιπέδου φόρτισης της κάθε ομάδας, για κάθε ώρα του έτους.

Δηλαδή:

- $EV_Res_ομάδας\alpha(h) + EV_Res_ομάδας\beta(h) \leq P_{plug_ομάδας}$

Οπότε

$$EV_Res_ομάδας_EV\beta(h) =$$

$$\frac{battery_capacity_κλάσης * available_total_ομάδας_{EV\beta}(h) * (SOC_{out} - SOC_{in_ομάδας\beta})}{eff * P_{available_ομάδας_{EV\beta}}(day)} \quad [τύπος 11]$$

Μετά και την ολοκλήρωση του δεύτερου μέρους, ο αλγόριθμος έχει ολοκληρωθεί επιτυχώς και όλος ο στόλος των ηλεκτρικών οχημάτων έχει φορτίσει πλήρως. Έχοντας φτάσει στο τελικό στάδιο του αλγορίθμου μπορούμε να πάρουμε την τελική έξοδο η οποία είναι η καμπύλη ζήτησης των οχημάτων και προκύπτει ως εξής:

- $EV_Res_ομάδας(h) = EV_Res_ομάδας\alpha(h) + EV_Res_ομάδας\beta(h)$

η ζήτηση ενός οχήματος για όλες τις ώρες του έτους

- $EV_demand_ομάδας(h) = EV_demand_ομάδας\alpha(h) + EV_demand_ομάδας\beta(h)$

η ζήτηση μίας ομάδας οχημάτων για όλες τις ώρες του έτους

- $EV_demand(h) = EV_demand\alpha(h) + EV_demand\beta(h)$

η τελική καμπύλη φορτίου όλων των οχημάτων.

2.2 Υλοποίηση των τριών αλγορίθμων προσδιορισμού των ενεργειακών αναγκών των οχημάτων

Ακολουθεί μία απλή υλοποίηση των τριών αλγορίθμων προκειμένου να γίνουν πιο κατανοητές οι ιδιότητες και οι δυνατότητες του κάθε ενός.

Θεωρούμε έναν στόλο 1000 ηλεκτρικών οχημάτων. Αρχικά θα παρουσιαστούν οι παράμετροι που αναφέρθηκαν στην περιγραφή των αλγορίθμων, στις οποίες έχουν δοθεί τιμές βασισμένες σε θεωρήσεις που ειπώθηκαν ανωτέρω.

➤ Κατανομή στις κλάσεις:

Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας έχουμε θεωρήσει ότι η κατανομή των οχημάτων είναι σύμφωνη με τις προβλέψεις του RICARDO για το έτος 2020 οπότε τα οχήματα χωρίζονται στις κλάσεις με την παρακάτω κατανομή:

Τύπος οχήματος	2020	Απόλυτες τιμές
L7e	1%	10
M1	88%	880
N1	10%	100
N2	1%	10

➤ Κατηγορίες φόρτισης:

Θεωρώντας μονοφασική φόρτιση (230V) και ακολουθώντας τα πρότυπα του γερμανικού βύσματος Walther [1.9], έχουμε τα παρακάτω επίπεδα φόρτισης :

Επίπεδο φόρτισης	Ισχύς φόρτισης (P _{plug})	Ρεύμα φόρτισης
Επίπεδο 1	3,7kW	16A
Επίπεδο 2	7,4kW	32A
Επίπεδο 3	14,5kW	63A

Απαραίτητο είναι τώρα να ορίσουμε σε τι επίπεδο φόρτισης φορτίζεται το κάθε όχημα ανάλογα με την κλάση στην οποία ανήκει. Σύμφωνα με τις προβλέψεις του RICARDO προκύπτουν τα παρακάτω [1.13]:

- Στα ηλεκτρικά οχήματα τύπου L7e το 90% φορτίζει σε επίπεδο 1 ενώ το υπόλοιπο 10% φορτίζει σε επίπεδο 2.
- Στα ηλεκτρικά οχήματα τύπου M1 το 85% φορτίζει σε επίπεδο 1, το 10% σε επίπεδο 2, ενώ το υπόλοιπο 5% φορτίζει σε επίπεδο 3.
- Στα ηλεκτρικά οχήματα τύπου N1 το 85% φορτίζει σε επίπεδο 1, το 10% σε επίπεδο 2, ενώ το υπόλοιπο 5% φορτίζει σε επίπεδο 3.
- Στα ηλεκτρικά οχήματα τύπου N2 το 80% φορτίζει σε επίπεδο 2 ενώ το υπόλοιπο 20% φορτίζει σε επίπεδο 3.

Τα προαναφερθέντα παρουσιάζονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα:

	L7e	M1	N1	N2
Επίπεδο 1	90%	85%	85%	-
Επίπεδο 2	10%	10%	10%	80%
Επίπεδο 3	-	5%	5%	20%

Και σε απόλυτες τιμές:

	L7e	M1	N1	N2
Επίπεδο 1 (3,7kW)	1 9	748	85	-
Επίπεδο 2 (7,4 kW)	1	88	10	8
Επίπεδο 3 (14,5 kW)	-	44	5%	2

- Καταναλώσεις οχημάτων :

Στο σημείο αυτό μπορούμε να αναφέρουμε τις καταναλώσεις των ηλεκτρικών οχημάτων ,οι οποίες εξαρτώνται από την κλάση στην οποία ανήκει το κάθε όχημα και έχουν προκύψει ως μέσος όρος της ενδεικτικής κατανάλωσης των ηλεκτρικών οχημάτων που κυκλοφορούν στην αγορά ,ανά κλάση:

Τύπος οχήματος	Κατανάλωση (kWh/km)
L7e	0,13
M1	0,16
N1	0,24
N2	0,80

- Τεχνολογία συσσωρευτών:

Όσον αφορά την τεχνολογία των ηλεκτρικών οχημάτων θεωρήθηκε ότι η χωρητικότητα των συσσωρευτών τους είναι η ακόλουθη:

Τύπος οχήματος	Χωρητικότητα συσσωρευτή(kWh)
L7e	16
M1	16
N1	16
N2	40

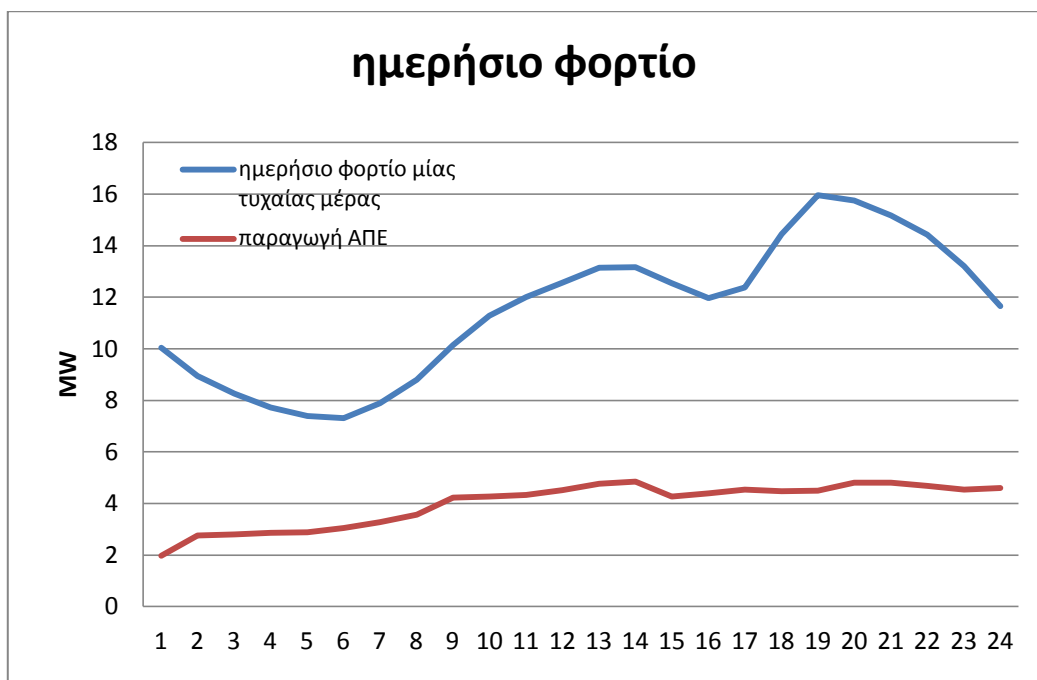
- Ημερήσια διανυόμενη απόσταση

Θεωρήθηκε ότι η διανυόμενη απόσταση του κάθε οχήματος υπολογίζεται από μία κανονική κατανομή με μέση τιμή τα 35km τις καθημερινές , και μέση τιμή τα 45km τα σαββατοκύριακα.

- Ημερήσια καμπύλη φορτίου και ημερήσια καμπύλη παραγωγής ΑΠΕ

Προκειμένου να δούμε πως η κάθε στρατηγική φόρτισης επηρεάζει την λειτουργία του υπόλοιπου δικτύου δίνεται μία τυχαία ημερήσια καμπύλη φορτίου :

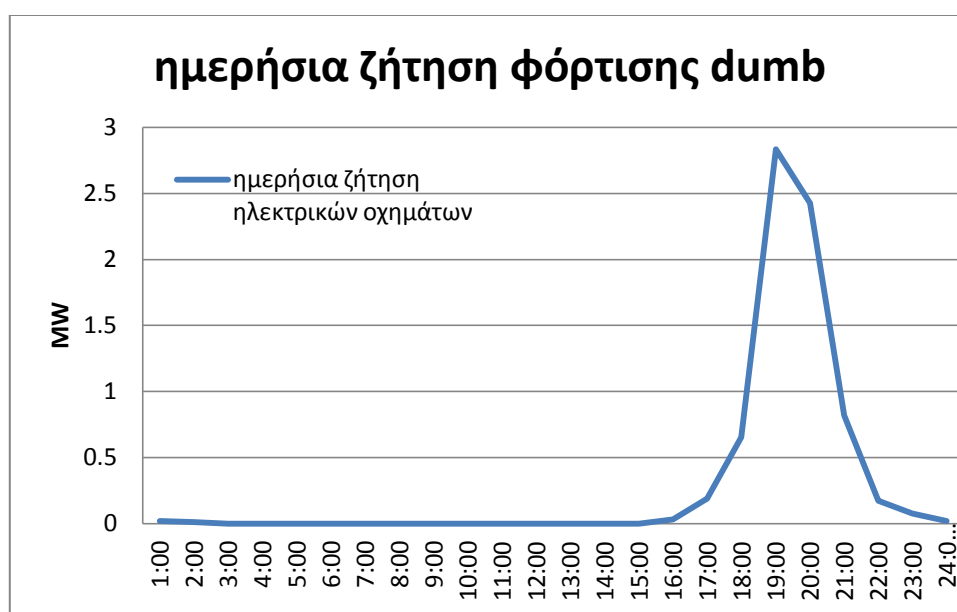
ώρες	Φορτίο (MW)	Παραγωγή ΑΠΕ(MW)
01:00	10,0492475	1,9788
02:00	8,9512775	2,75825
03:00	8,255755	2,805
04:00	7,73041	2,8679
05:00	7,40223	2,87725
06:00	7,3184975	3,04449496
07:00	7,8884075	3,28157752
08:00	8,806775	3,56755
09:00	10,14649	4,22093984
10:00	11,2903775	4,2616
11:00	12,008921	4,34185
12:00	12,5760925	4,51525
13:00	13,1392525	4,77585
14:00	13,1635675	4,8506
15:00	12,5517625	4,26605
16:00	11,9629027	4,4023
17:00	12,3723952	4,53135
18:00	14,4404391	4,4744
19:00	15,9530822	4,5084
20:00	15,7541326	4,8076
21:00	15,1768766	4,8127
22:00	14,4234352	4,6835
23:00	13,211721	4,54495
24:00	11,6489939	4,607



2.2.1 Υλοποίηση αλγορίθμου 1 (dumb charging)

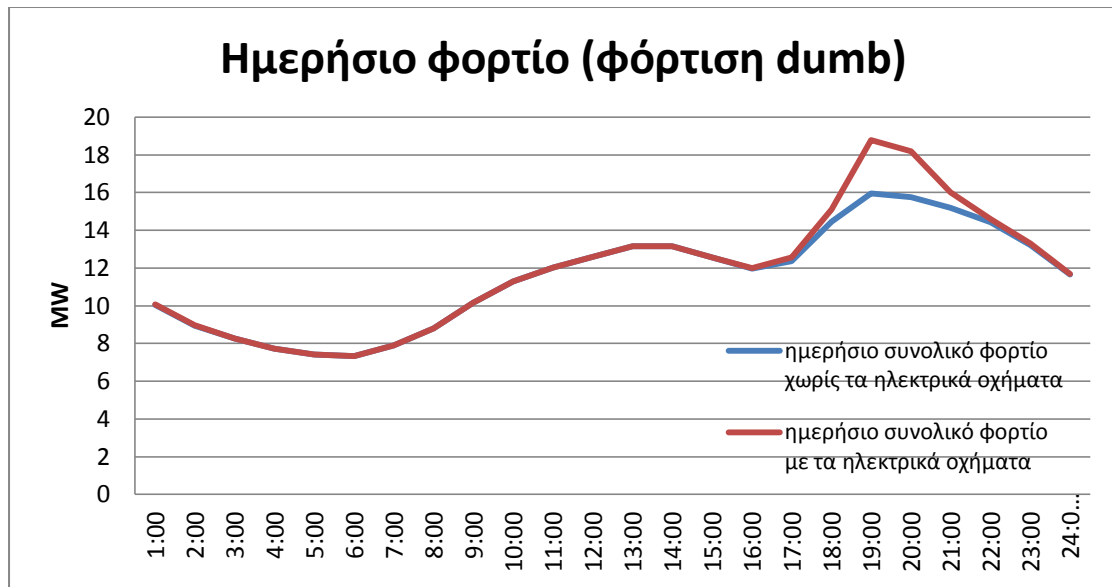
Στην μη ελεγχόμενη φόρτιση οι οδηγοί των οχημάτων έχουν την ευχέρεια να φορτίζουν τα οχήματα τους την στιγμή που θέλουν αυτοί. Στην υλοποίηση του αλγορίθμου έχουμε θεωρήσει ότι η ώρα έναρξης φόρτισης των οχημάτων ακολουθεί κανονική κατανομή με κεντρική τιμή τις 8 το βράδυ και τυπική απόκλιση μίας ώρας.

Επομένως για 1000 οχήματα, έχουμε την παρακάτω καμπύλη ζήτησης των ηλεκτρικών οχημάτων η οποία προκύπτει με τον τρόπο που εξηγήσαμε στην περιγραφή του αλγορίθμου.



Παρατηρούμε ότι η αιχμή του φορτίου παρουσιάζεται στις 8 το βράδυ όπως αναμενόταν αφού η πλειοψηφία των οδηγών τα βάζουν για φόρτιση εκείνη την ώρα, με τον συνολικό στόλο των οχημάτων, να έχει ολοκληρώσει την φόρτιση του έως τις 2 τα ξημερώματα.

Επομένως η καμπύλη φορτίου του συστήματος με την εισαγωγή 1.000 οχημάτων και την φόρτιση τους με μη ελεγχόμενο τρόπο είναι η παρακάτω:

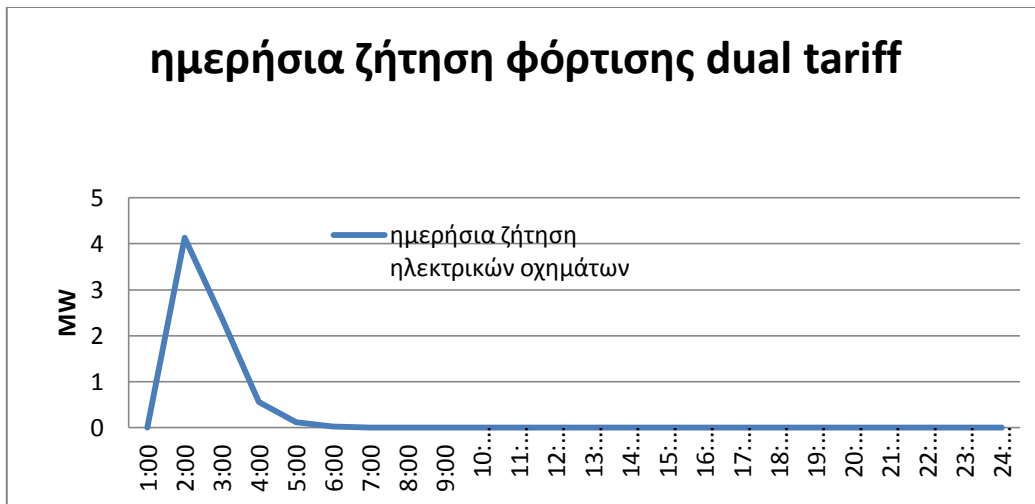


2.2.2 Υλοποίηση αλγορίθμου 2 (dual tariff charging)

Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων έχουμε θεωρήσει ότι όλα τα οχήματα, ανεξαρτήτως του επιπέδου φόρτισης που θα φορτίσουν ξεκινούν να φορτίζουν μία συγκεκριμένη ώρα κατά την διάρκεια της νύχτας, έχοντας ολοκληρώσει την φόρτιση τους έως το πρωί, που οι οδηγοί θα τα χρειαστούν. Η ώρα αυτή έχει οριστεί ως ακολούθως:

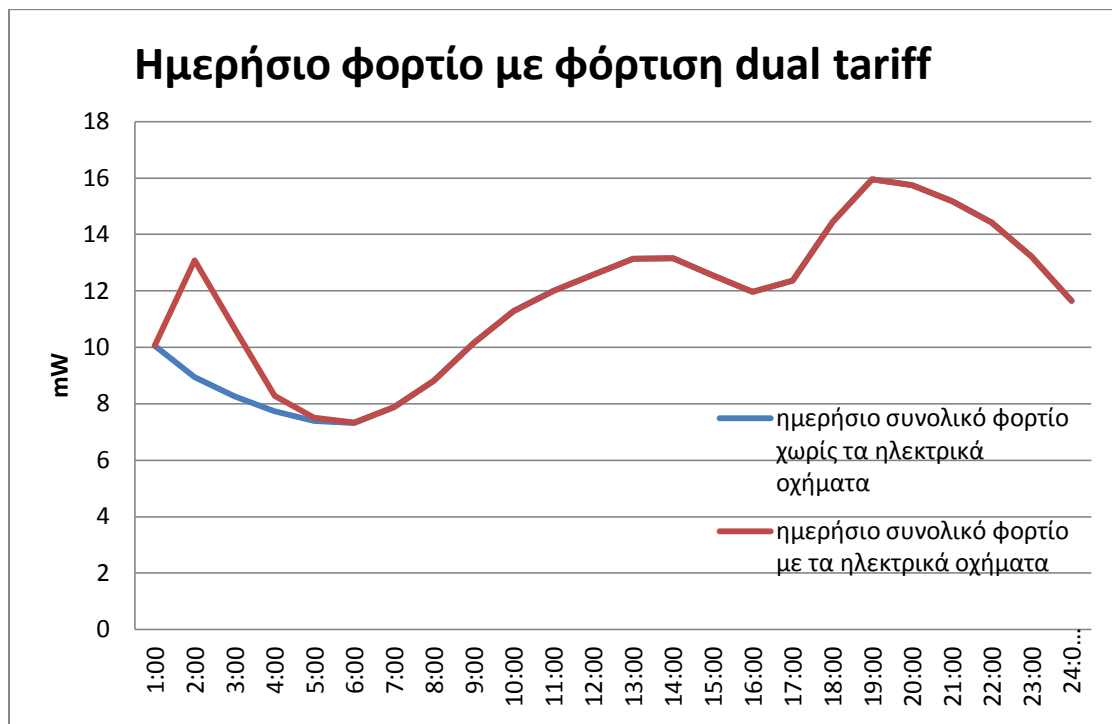
- Κατά την διάρκεια των χειμερινών μηνών (από 1/11 έως 30/4) τα ηλεκτρικά οχήματα ξεκινούν να φορτίζουν στις 23:00 το βράδυ, έχοντας ολοκληρώσει την φόρτιση τους έως τις 07:00 το πρωί.
- Κατά την διάρκεια των θερινών μηνών (από 1/5 έως 31/10) τα ηλεκτρικά οχήματα ξεκινούν να φορτίζουν στις 02:00 τα ξημερώματα, έχοντας ολοκληρώσει την φόρτιση τους έως τις 08:00 το πρωί.

Η καμπύλη ζήτησης των 1000 ηλεκτρικών οχημάτων είναι η ακόλουθη:



Παρατηρούμε ότι η αιχμή του φορτίου των ηλεκτρικών οχημάτων παρουσιάζεται στις 2 τα ξημερώματα, έχοντας επιλέξει μια καλοκαιρινή μέρα του έτους. Ακόμη τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν ολοκληρώσει την φόρτιση τους έως τις 7 το πρωί.

Αντιστοίχως με την περίπτωση dumb η καμπύλη του φορτίου του συστήματος μετατρέπεται ως εξής:



2.2.3 Υλοποίηση αλγορίθμου 3 (smart charging-res max penetration)

Αρχικά θα εξηγηθούν περισσότερο αναλυτικά οι σχέσεις που δόθηκαν στην περιγραφή του αλγορίθμου για την διαθέσιμη ισχύ που παρέχει το δίκτυο του συστήματος στο πρώτο μέρος του αλγορίθμου και ύστερα στο δεύτερο μέρος του αλγορίθμου.

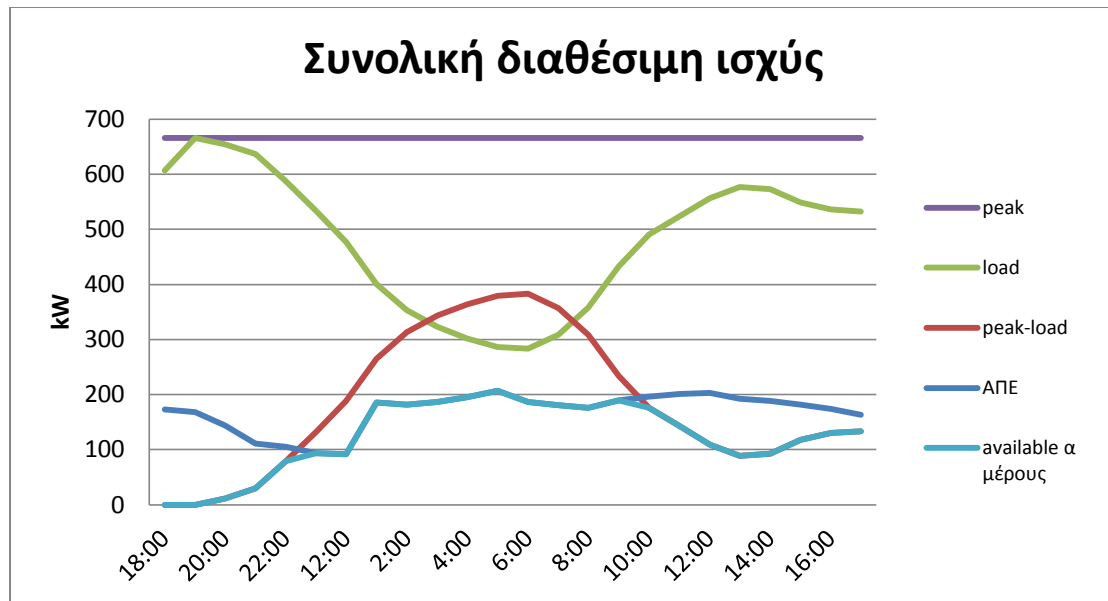
1^ο μέρος του αλγορίθμου (res max penetration)

Η διαθέσιμη ισχύς του πρώτου μέρους ορίζεται ως εξής:

- $all_available_grid_a = \min(P_{wind_new}, peak_initial_load_new)$

Η παραπάνω σχέση γίνεται πιο κατανοητή σχηματικά , παίρνοντας μια τυχαία μέρα του έτους:

hour	load	peak-load	ΑΠΕ	available
18:00	458,9600076	0	72,046	0
19:00	501,0049144	0	79,832	0
20:00	508,4082844	0	78,812	0
21:00	510,0494691	0	71,502	0
22:00	511,228312	0	67,592	0
23:00	507,480903	3,747407048	84,524	3,747409054
12:00	463,0073909	48,22091908	82,076	48,22092109
1:00	455,0728	56,15551	156,162	56,15551201
2:00	418,5005	92,72781	147,764	92,72781201
3:00	377,4984	133,72991	118,15	118,15
4:00	342,439	168,78931	103,768	103,768
5:00	321,5326	189,69571	85,034	85,034
6:00	308,5142	202,71411	63,07	63,07
7:00	308,1899	203,03841	60,01	60,01
8:00	309,2702	201,95811	54,74	54,74
9:00	326,8811	184,34721	47,328	47,328
10:00	361,5629	149,66541	50,49	50,49
11:00	412,1802	99,04811	53,278	53,278
12:00	462,3113	48,91701	67,286	48,91701201
13:00	466,3134131	44,91489686	57,834	44,91489887
14:00	429,7760241	81,45228588	63,036	63,036
15:00	381,5501	129,67821	70,006	70,006
16:00	358,6120701	152,6162399	69,088	69,088
17:00	386,149603	125,078707	68,476	68,476



2^ο μέρος αλγορίθμου 3 (valley-filling)

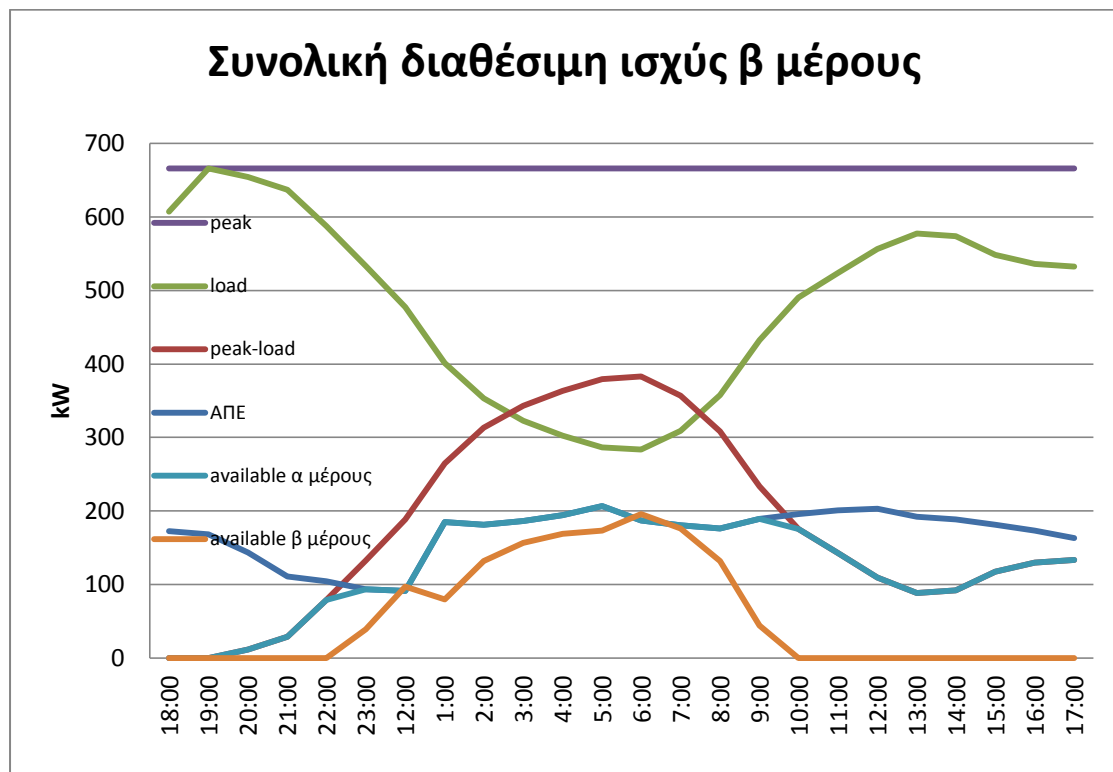
Η διαθέσιμη ισχύς του δεύτερου μέρους ορίζεται ως εξής:

- $all_available_grid_{\beta} = (peak - initial_load_new) - all_available_grid_{\alpha}$

Για να γίνει κατανοητή η ποιότητα αυτής της ισχύος δίνεται ένα παράδειγμα για μία μέρα του έτους, σχηματικά:

hour	load	peak-load	ΑΠΕ	Available α	available β
18:00	606,7940813	0	172,822	0	0
19:00	665,9969797	0	168,13	0	0
20:00	654,5481646	11,44881506	143,786	11,44881509	0
21:00	636,8038761	29,19310361	110,84	29,19310365	0
22:00	587,2040025	78,7929772	104,788	78,79297724	0
23:00	533,3983639	132,5986158	93,296	93,296	39,3026158
12:00	477,4410659	188,5559138	91,46	91,46	97,0959138
1:00	400,8897	265,1072797	185,13	185,13	79,9772797
2:00	352,9192	313,0777797	181,288	181,288	131,78978
3:00	322,8294	343,1675797	186,762	186,762	156,40558
4:00	302,2477	363,7492797	194,786	194,786	168,96328
5:00	286,4192	379,5777797	206,482	206,482	173,09578
6:00	283,2861	382,7108797	186,898	186,898	195,81288
7:00	309,0002	356,9967797	180,37	180,37	176,62678
8:00	357,7813	308,2156797	176,222	176,222	131,99368
9:00	432,276	233,7209797	189,142	189,142	44,5789797
10:00	490,2404	175,7565797	195,704	175,7565797	0
11:00	523,3555	142,6414797	201,144	142,6414797	0
12:00	556,5244	109,4725797	202,98	109,4725797	0
13:00	577,2687	88,7282797	192,406	88,72827974	0

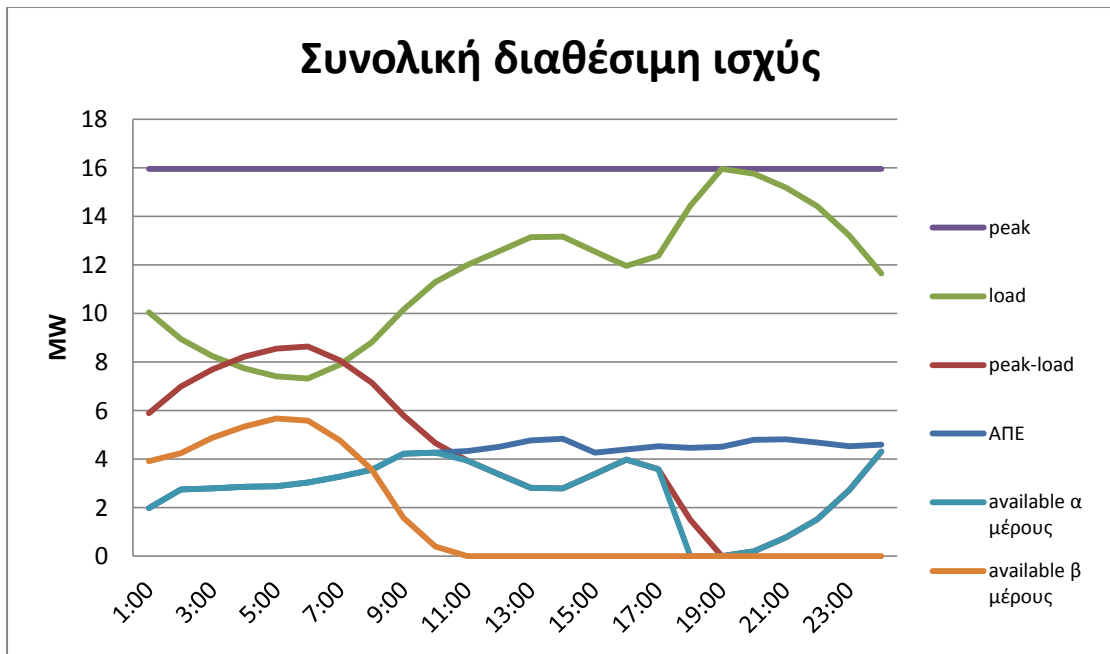
14:00	573,4718241	92,52515558	188,904	92,52515562	0
15:00	548,3158407	117,681139	181,322	117,6811391	0
16:00	535,951766	130,0452137	173,57	130,0452138	0
17:00	532,6420639	133,3549158	162,962	133,3549158	0



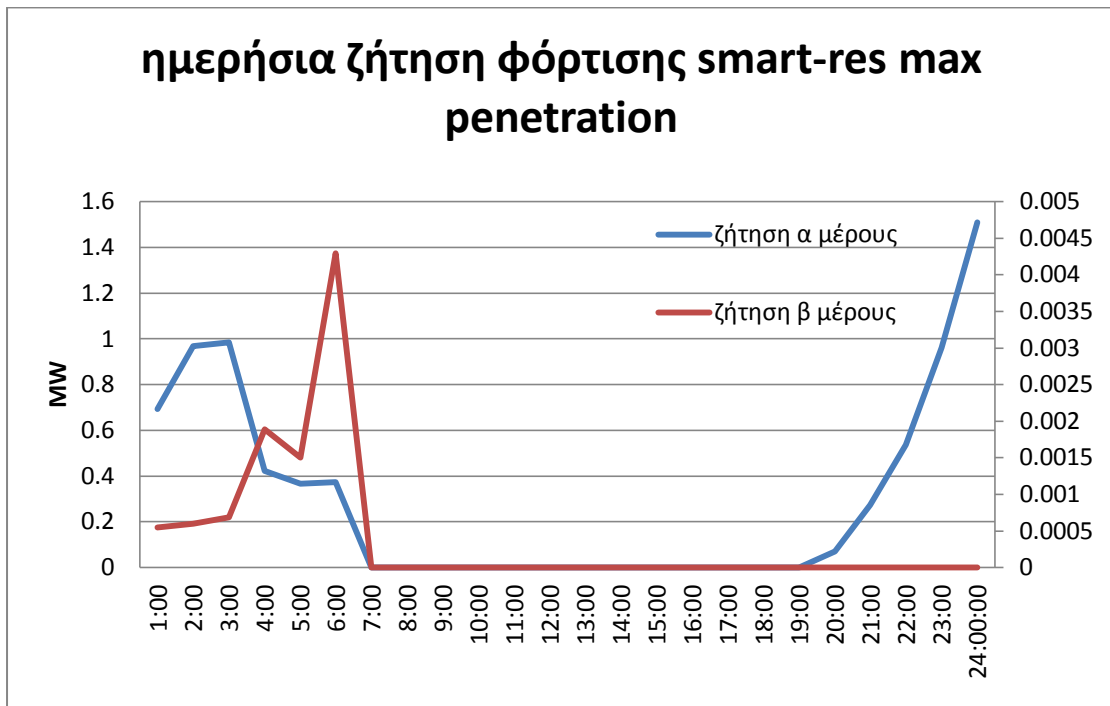
Στην στρατηγική φόρτισης smart charging-res max penetration τα οχήματα έρχονται για φόρτιση κάποια ώρα η οποία ακολουθεί κανονική κατανομή με κεντρική τιμή τις 8 το βράδυ. Παρ'όλα αυτά , η φόρτιση τους ίσως ξεκινήσει μία άλλη στιγμή όπως εξηγήθηκε στην περιγραφή του αλγορίθμου ,καθώς η ώρα έναρξης φόρτισης εξαρτάται από την ώρα αιχμής της ημέρας.

Για την ημέρα που μελετάται στο παράδειγμα μας, βλέπουμε ότι η αιχμή του φορτίου είναι στις 7 το απόγευμα και είναι **15,95MW**. Υπενθυμίζεται ότι δεν υπάρχει δυνατότητα φόρτισης την ώρα αιχμής του φορτίου. Επιπλέον όλα τα οχήματα μπορούν να ξεκινήσουν την φόρτιση τους μετά τις 7 το απόγευμα, ώρα αιχμής του φορτίου , ανεξαρτήτως την ώρα άφιξης τους.

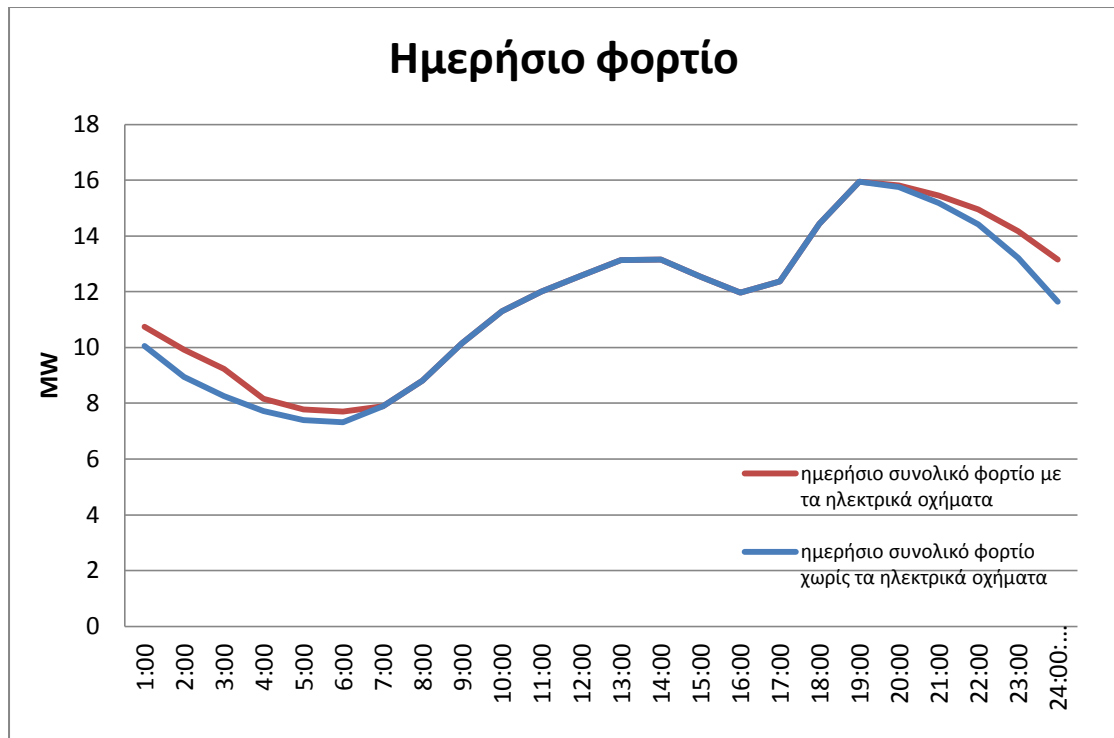
Η διαθέσιμη ισχύς του πρώτου και του δεύτερου μέρους είναι η ακόλουθη:



Μελετώντας τώρα τον στόλο των 1000 οχημάτων η καμπύλη φορτίου των οχημάτων που προκύπτει για αυτήν την στρατηγική φόρτισης είναι:



Και η καμπύλη του φορτίου του συστήματος για οχήματα τα οποία φορτίζουν με την στρατηγική smart –res max penetration είναι η ακόλουθη:



Παρατηρούμε ότι αυτή η καινούρια καμπύλη φορτίου είναι αυτή με τις μικρότερες και πιο ήπιες μεταβολές σε σχέση με την αρχική καμπύλη του φορτίου του συστήματος πριν την εισαγωγή των ηλεκτρικών οχημάτων.

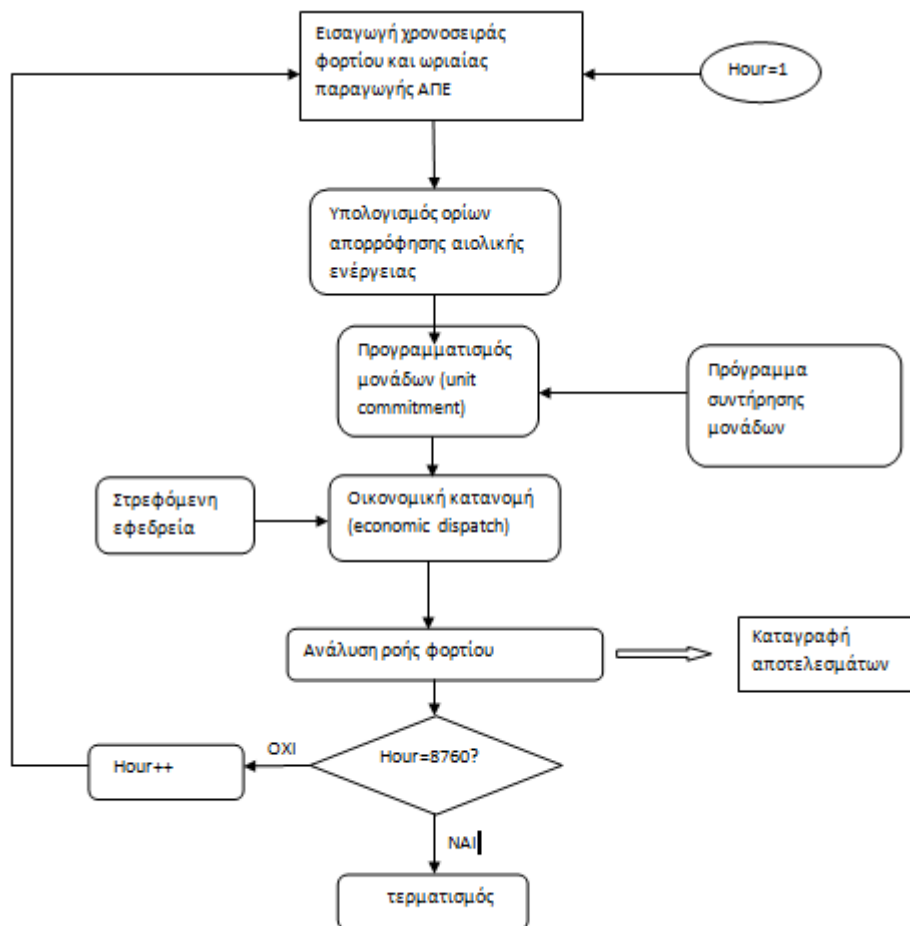
Τελικά ,είναι πολύ σημαντικό να διευκρινιστεί το εξής:

Τα αποτελέσματα των υλοποιήσεων των αλγορίθμων 1 ,2 και 3 θα μπορούσαν να είναι αυτά που λάβαμε ανωτέρω.Δεν συμβαίνει όμως αυτό καθώς αυτα τα αποτελέσματα δεν είναι καθόλου αντιπροσωπευτικά, αφού και για την ημερήσια διανύσιμη απόσταση και για την ώρα έναρξης φόρτισης των οχημάτων ,υποτέθηκαν τυχαίες μεταβλητές και ως εκ τούτου η εξαγόμενη κατανομή της ζήτησης στηρίζεται σε ένα σύνολο τυχαίων επιλογών για τις στοχαστικές μεταβλητές. Η απόζευξη της κατανομής αυτής από την τυχαιότητα των στοχαστικών μεταβλητών πραγματοποιείται με τη χρήση της μεθόδου Monte Carlo. Με τη μέθοδο Monte Carlo προσομοιώνονται διαφορετικά σενάρια δεδομένων αναθέτοντας τυχαίες τιμές κάθε φορά στις στοχαστικές μεταβλητές. Η τελική κατανομή προκύπτει από το μέσο όρο των επιμέρους κατανομών κάθε σεναρίου.

2.3. Εργαλείο για την μελέτη του συστήματος παραγωγής

Για να γίνει κατανοητός ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί ο αλγόριθμος για την μελέτη του συστήματος παραγωγής, δίνεται το παρακάτω διάγραμμα μπλοκ το οποίο περιγράφει την ωριαία προσομοίωση που διεξάγεται για ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας.Για κάθε ώρα του έτους εισάγονται δεδομένα όπως η χρονοσειρά του φορτίου και η παραγωγή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.Οι δύο αυτές ομάδες δεδομένων συνδυάζονται σε μία επαναληπτική διαδικασία η οποία λαμβάνει υπόψη

της το τεχνικό ελάχιστο των δεσμευμένων μονάδων. Για τον λόγο αυτό η μέγιστη επιτρεπόμενη ενέργεια που δέχεται το σύστημα από τα ΑΠΕ πρέπει να υπολογιστεί. Επιπλέον επιτελείται ο προγραμματισμός των συμβατικών μονάδων με οικονομική κατανομή (unit commitment and economic dispatch) ο οποίος λαμβάνει υπόψη την υποψήφια συντήρηση μονάδων και την απαραίτητη στρεφόμενη εφεδρεία. Όλες οι παράμετροι που αναφέρθηκαν φαίνονται στο ακόλουθο διάγραμμα προκειμένου να επιτευχθεί η ανάλυση ροής φορτίου.



διάγραμμα 4:διάγραμμα μπλοκ του αλγορίθμου για την μελέτη του συστήματος παραγωγής

Στις παρακάτω παραγράφους περιγράφονται αναλυτικά τα στοιχεία που αποτελούν το διάγραμμα μπλοκ του αλγορίθμου.

2.3.1 Περιγραφή του συστήματος ηλεκτροπαραγωγής

- Υφιστάμενες συμβατικές μονάδες και μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Σε ένα αυτόνομο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας λειτουργούν σταθμοί παραγωγής οι οποίοι αποτελούνται από διάφορες μονάδες παραγωγής.

Ακόμη σε ένα αυτόνομο σύστημα βρίσκονται σε λειτουργία αιολικά πάρκα και φωτοβολταϊκοί σταθμοί. Τα Αιολικά Πάρκα λειτουργούν παράλληλα με τις συμβατικές μονάδες και λαμβάνουν φορτίο ως την εκάστοτε ισχύουσα μέγιστη επιτρεπόμενη διείσδυση μη ελεγχόμενων σταθμών ΑΠΕ στο Αυτόνομο Σύστημα.

2.3.2 Καθορισμός ορίων απορρόφησης αιολικής ενέργειας

Στην περίπτωση αυτόνομου συστήματος, θεωρείται ένας συντελεστής μέγιστης απορρόφησης αιολικής ενέργειας που συνήθως λαμβάνει τιμές από 25% έως 40% του φορτίου.

2.3.3 Ένταξη - φόρτιση συμβατικών μονάδων και στρεφόμενη εφεδρεία συστήματος

➤ Ένταξη συμβατικών μονάδων

Γενικά τα κριτήρια φόρτισης μιας μονάδας σχετίζονται με την ειδική κατανάλωση καυσίμου, την τρέχουσα κατάσταση της μονάδας και τις καιρικές και φορτιακές συνθήκες. Πιο συγκεκριμένα η λειτουργία των συμβατικών μονάδων ενός αυτόνομου νησιωτικού Συστήματος βασίζεται στους ακόλουθους κανόνες [1.14]:

- Οι μονάδες που λειτουργούν με μαζούτ προηγούνται αυτών που χρησιμοποιούν ντήζελ λόγω κόστους καυσίμου.
- Σύμφωνα με την ειδική κατανάλωση καυσίμου προηγούνται οι πλέον αποδοτικές μονάδες και έπονται οι λιγότερο αποδοτικές.
- Εν γένει οι μεγάλες μονάδες εντάσσονται πριν από τις μικρές. Αυτό δεν είναι απόλυτο καθώς πολλές φορές η ημερήσια διακύμανση φορτίου επιβάλλει τη λειτουργία μικρότερων μονάδων όταν πρόκειται να αντιμετωπισθούν μικρής διάρκειας αιχμές.
- Η σειρά ένταξης μεταβάλλεται ανάλογα με τη διαθεσιμότητα των μονάδων (μονάδες σε συντήρηση ή σε βλάβη).
- Οι μονάδες βάσης δε σβήνουν παρά μόνο όταν αυτό επιβάλλεται από το μακροπρόθεσμο προγραμματισμό (εβδομαδιαίο ή μηνιαίο). Ομοίως μονάδες που χρησιμοποιούνται για ατμοπαραγωγή δεν είναι δυνατό να σβήσουν.

- Ιδιαίτερη φροντίδα δίνεται στην όσο το δυνατό περιορισμένη λειτουργία των Αεριοστροβίλων που καταναλώνουν ντήζελ.
- Μονάδες παλαιές με προβλήματα εντάσσονται τελευταίες.

Όταν υπάρχουν περισσότεροι του ενός σταθμοί στο ίδιο σύστημα θα πρέπει να υπάρχει σε λειτουργία τουλάχιστον μία μονάδα σε κάθε σταθμό.

Παρατηρήσεις:

1. Αντίστοιχα οι μελλοντικές μονάδες θα ακολουθούν την παραπάνω σειρά και θα λαμβάνουν φορτίο ακριβώς πριν τις υφιστάμενες μονάδες του ίδιου τύπου.
2. Σημειώνεται επίσης ότι οι μονάδες που έχουν τεθεί σε ψυχρή εφεδρεία δε λαμβάνονται υπόψη.
3. Στα σενάρια όπου λαμβάνεται υπόψη η παρουσία μονάδων ΑΠΕ οι μονάδες αυτές εντάσσονται κατά προτεραιότητα εφόσον ικανοποιούνται οι τιθέμενες προϋποθέσεις οι οποίες συνεισφέρουν μέχρι ενός ορίου μέγιστης αποδιδόμενης αιολικής ισχύος.
4. Για τα σενάρια εισαγωγής φυσικού αερίου στο ενεργειακό ισοζύγιο του συστήματος η παραπάνω σειρά τροποποιείται ως προς το σημείο ότι μετά τους ατμοστροβίλους αναλαμβάνουν φορτίο οι συνδυασμένοι κύκλοι.

Σχετικά με τις δυνατές εναύσεις και σβέσεις των μονάδων λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθοι κανόνες:

- Οι ατμοστροβλικές μονάδες δεν σβήνουν παρά μόνο για λόγους συντήρησης
- Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου είναι δυνατό να σβήνουν έως και μία φορά την εβδομάδα και συγκεκριμένα εντός του Σαββατοκύριακου οπότε και εμφανίζονται χαμηλά φορτία. Στην περίπτωση αυτή δεν επιτρέπεται να ενταχθούν σε λειτουργία πριν από το πρωί της Δευτέρας. Επίσης σχετικά με την ένταξη των μονάδων συνδυασμένου κύκλου λαμβάνεται υπόψη η δυνατότητα λειτουργία τους με περιορισμένο αριθμό αεριοστροβίλων και η ένταξή τους πραγματοποιείται σε στάδια.
- Για τις μονάδες Diesel δεχόμαστε έως και 3 σβέσεις ανά εβδομάδα. Επίσης η ένταξη των μονάδων Diesel πραγματοποιείται στο βαθμό όπου υπάρχει πρόβλεψη για την αναγκαιότητα παραγωγής από αυτές για περισσότερο από 6 ώρες μέσα στο επόμενο 24ωρο. Εναλλακτικά όταν οι ανάγκες περιορίζονται σε λιγότερες ώρες προτιμάται η ένταξη αεριοστροβίλων.

- Για τους αεριοστρόβιλους δεν τίθεται κανένας περιορισμός και οι εναύσεις/σβέσεις τους εξαρτώνται από τις ανάγκες του συστήματος για την κάλυψη των ημερήσιων αιχμών.

Κατά τη φόρτιση των μονάδων σε ωριαία βάση λαμβάνονται επίσης υπόψη οι ρυθμοί ανόδου και καθόδου της ισχύος που μπορούν να αναλάβουν οι μονάδες παραγωγής.

Παρατήρηση:

1. Για τη συντήρηση των μονάδων θεωρείται προκαθορισμένο πρόγραμμα συντήρησής τους ανά έτος.

- Στρεφόμενη εφεδρεία συστήματος

Η στρεφόμενη εφεδρεία που τηρείται στο σύστημα εξαρτάται από την λειτουργία ή όχι των Αιολικών Πάρκων. Επομένως ισχύουν τα ακόλουθα:

1. Όταν δεν λαμβάνονται υπόψη τα Αιολικά Πάρκα ή όταν βρίσκονται εκτός λειτουργίας (π.χ. όταν δεν υπάρχει άνεμος και συνεπώς δεν παράγουν) η στρεφόμενη εφεδρεία που τηρείται για λόγους ευστάθειας του συστήματος είναι μεγαλύτερη ή ίση από το 15% του εκάστοτε φορτίου της ζήτησης.
2. Όταν λειτουργούν τα Αιολικά Πάρκα η στρεφόμενη εφεδρεία είναι τουλάχιστον ίση με την εκάστοτε Αιολική Παραγωγή. Στην περίπτωση όμως όπου η Αιολική Παραγωγή είναι μικρότερη από το 15% του εκάστοτε φορτίου της ζήτησης, η στρεφόμενη εφεδρεία διατηρείται σε αυτό το ποσοστό.

Σε κάθε περίπτωση η στρεφόμενη εφεδρεία που διατηρείται επιμερίζεται στις εν λειτουργία τοπικές μονάδες παραγωγής .

2.3.4 Οικονομική αποτίμηση της λειτουργίας του συστήματος.

Για το σύστημα παραγωγής που μελετάται οι ειδικές καταναλώσεις όλων των συμβατικών μονάδων στα επίπεδα 50%, 75% και 100% της ονομαστικής ισχύος τους προέρχονται από απολογιστικά στοιχεία της παραγωγής και της κατανάλωσης των μονάδων από τις αντίστοιχες τεχνικές εκθέσεις. Για όσες μονάδες δεν υπάρχουν στοιχεία χρησιμοποιούνται στοιχεία από σχετικές συμβάσεις.

Με βάση τις ειδικές καταναλώσεις των μονάδων και τα κόστη του καυσίμου που χρησιμοποιούν προκύπτει το μεταβλητό κόστος καυσίμου για κάθε μονάδα (σε €/MWh) στα τρία επίπεδα φόρτισης. Για τα ενδιάμεσα σημεία φόρτισης της μονάδας το αντίστοιχο μεταβλητό κόστος λειτουργίας της προκύπτει με τη μέθοδο της γραμμικής παρεμβολής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΡΗΤΗΣ

Έχοντας παρουσιάσει στο προηγούμενο κεφάλαιο τους αλγόριθμους που χρησιμοποιήθηκαν για την φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων, καθώς επίσης και τον αλγόριθμο που χρησιμοποιήθηκε για την μελέτη ενός ενεργειακού συστήματος μπορούμε να τους εφαρμόσουμε σε ένα πραγματικό δίκτυο. Στο κεφάλαιο αυτό θα μελετήσουμε την επίδραση της εισαγωγής ενός στόλου ηλεκτρικών οχημάτων στο ήδη υπάρχον ενεργειακό σύστημα της νήσου Κρήτης. Στην πρώτη ενότητα του κεφαλαίου θα παρουσιαστεί και θα μελετηθεί το σύστημα της Κρήτης, σχολιάζοντας τον προγραμματισμό των μονάδων που χρησιμοποιούνται, το κόστος λειτουργίας τους, τους ρύπους που εκπέμπονται από το σύστημα παραγωγής και άλλες παράμετρος οι οποίες θα παρουσιαστούν στην συνέχεια. Στην δεύτερη ενότητα θα παρουσιαστούν και θα αναλυθούν όλα τα σενάρια διείσδυσης ηλεκτρικών οχημάτων που μελετήθηκαν σχολιάζοντας την επίδραση της διείσδυσης των ηλεκτρικών οχημάτων στο σύστημα της Κρήτης που ήδη παρουσιάστηκε, για κάθε σενάριο που θεωρήθηκε.

3.1 Παρουσίαση και μελέτη του ενεργειακού συστήματος της Κρήτης

3.1.1 Περιγραφή του συστήματος ηλεκτροπαραγωγής της νήσου Κρήτης

- Συμβατικές και ανανεώσιμες μονάδες παραγωγής

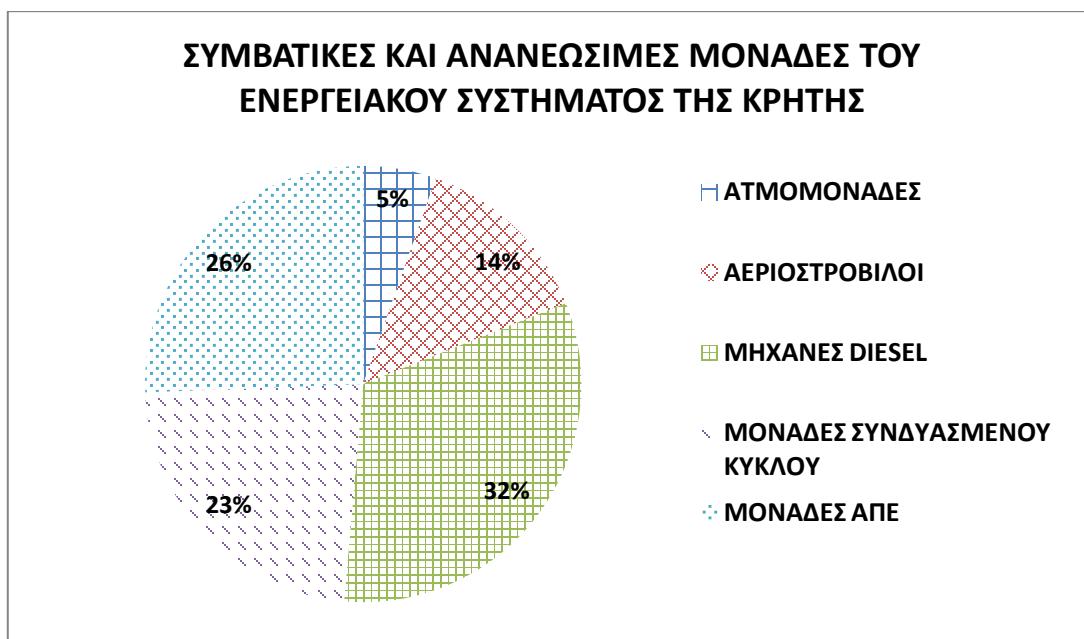
Στο αυτόνομο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας της Κρήτης λειτουργούν σήμερα 3 θερμοκοί Σταθμοί Παραγωγής:

- ΑΗΣ Χανίων στη θέση Ξυλοκαμάρα
- ΑΗΣ Λινοπεραμάτων στο Ηράκλειο

- ΑΗΣ Αθρινόλακκου στο Λασιθί

Στους σταθμούς αυτούς λειτουργούν συνολικά 24 συμβατικές μονάδες παραγωγής εκ των οποίων οι δύο είναι ατμομονάδες συνολικής ισχύος 93MW, οι δέκα είναι μηχανές ντήζελ συνολικής ισχύος 557,4MW, οι έξι είναι αεριοστρόβιλοι συνολικής ισχύος 232,74MW και οι υπόλοιπες έξι είναι μονάδες συνδυασμένου κύκλου συνολικής ισχύος 395MW.

Στο σύστημα της Κρήτης βρίσκονται επίσης σε λειτουργία αιολικά πάρκα και φωτοβολταϊκοί σταθμοί με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 440 MW. Τα παραπάνω φαίνονται συνοπτικά σε ένα διάγραμμα, όπου οι μονάδες ΑΠΕ, συμπεριλαμβάνουν και τα αιολικά πάρκα και τους φωτοβολταϊκούς σταθμούς:



Διάγραμμα 5: συμβατικές και ανανεώσιμες μονάδες του ενεργειακού συστήματος της Κρήτης

- όρια απορρόφησης αιολικής ισχύος

Στο αυτόνομο σύστημα της Κρήτης η μέγιστη επιτρεπόμενη ωριαία διείσδυση σταθμών ΑΠΕ είναι ίση με το 40% του φορτίου. Η τιμή αυτή ισχύει ως μέγιστη επιτρεπόμενη εφόσον επικρατούν ομαλές καιρικές συνθήκες και με ταυτόχρονη απουσία λειτουργικών προβλημάτων στο δίκτυο. Σε περίπτωση ανώμαλων συνθηκών το ποσοστό αυτό διείσδυσης περιορίζεται, ανάλογα με τη σοβαρότητα της κατάστασης.

➤ ένταξη και φόρτιση συμβατικών μονάδων

Με βάση τους κανόνες που δόθηκαν στο κεφάλαιο 2 η κανονική σειρά ένταξης των υφιστάμενων συμβατικών μονάδων για το σύστημα της Κρήτης είναι [1.15]:

- Πρώτα φορτίζονται οι δύο νέοι ατμοστρόβιλοι του ΑΗΣ Αθρινόλακκου και οι ατμοστρόβιλοι του ΑΗΣ Λινοπεραμάτων οι οποίοι χρησιμοποιούνται ως μονάδες βάσης, δεδομένου ότι, λόγω της χρήσης ατμού, δεν είναι εφικτή η διακεκομμένη λειτουργία τους.
- Στη συνέχεια λαμβάνουν φορτίο οι μονάδες diesel του ΑΗΣ Αθρινόλακκου και του ΑΗΣ Λινοπεραμάτων.
- Αμέσως μετά φορτίζεται ο Συνδυασμένος Κύκλος του ΑΗΣ Χανίων.
- Τέλος, λαμβάνουν φορτίο οι Αεριοστρόβιλοι σύμφωνα με την οικονομική (τυπική) σειρά ένταξης και τους περιορισμούς του συστήματος Μεταφοράς.

➤ υπολογισμός των εκπεμπόμενων ρύπων από το σύστημα παραγωγής

Οι εκπεμπόμενοι ρύποι από το σύστημα παραγωγής υπολογίζονται ξεχωριστά για κάθε τύπο μονάδας. Εφόσον έχει γίνει ο προγραμματισμός των μονάδων με την βοήθεια του αλγορίθμου και έχει βρεθεί η παραγωγή της κάθε μονάδας, για τον υπολογισμό των εκπεμπόμενων ρύπων πολλαπλασιάζουμε την παραγωγή με έναν συντελεστή ο οποίος είναι χαρακτηριστικός του κάθε τύπου μονάδας. Οι συντελεστές για κάθε τύπο δίνονται κατωτέρω:

Τύπος μονάδας	Συντελεστής(tn/MWh)
ΑΤΜΟΜΟΝΑΔΕΣ	0,9
ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ	0,91
ΜΗΧΑΝΕΣ DIESEL	0,61
ΜΟΝΑΔΕΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΟΥ ΚΥΚΛΟΥ	0,75

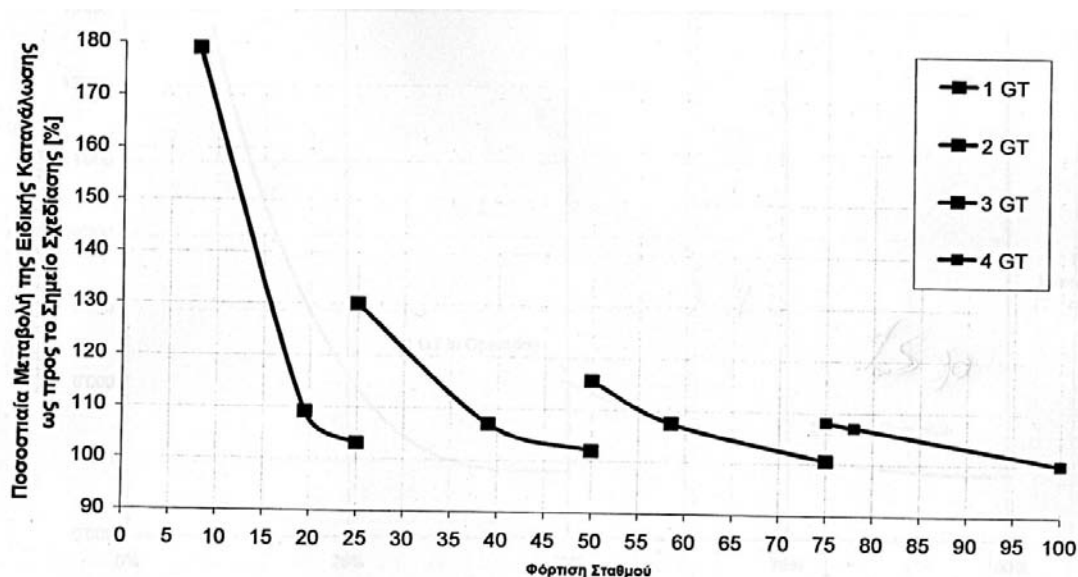
➤ Οικονομική αποτίμηση του συστήματος της Κρήτης

Κόστος συμβατικών μονάδων

Για τον υπολογισμό του κόστους της λειτουργίας του ενεργειακού συστήματος της Κρήτης είναι απαραίτητο να εισαχθούν τα δεδομένα των ειδικών καταναλώσεων των τριών ΑΗΣ στα επίπεδα 50%,75% και 100% της ονομαστικής τους ισχύος. Τα στοιχεία αυτά προέρχονται από απολογιστικά στοιχεία της παραγωγής - κατανάλωσης των μονάδων από την τεχνική έκθεση [1.15]. Ειδικά για τις ατμοστροβιλικές μονάδες του ΑΗΣ Αθρινόλακκου που εγκαταστάθηκαν πρόσφατα

δεν υπάρχουν απολογιστικά στοιχεία και χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από τη σχετική σύμβαση. Σημειώνεται επίσης ότι για τις μονάδες οποίες όπου υπάρχει έλλειψη έχει θεωρηθεί ότι παρουσιάζουν αντίστοιχα χαρακτηριστικά με τις με μονάδες ίδιου τύπου των οποίων τα δεδομένα είναι γνωστά.

Σχετικά με τις μονάδες Συνδυασμένου κύκλου ελήφθη ως παραδοχή ότι θα έχουν διάταξη 4+4+1 (4 αεριοστρόβιλοι + 4 λέβητες ανάκτησης θερμότητας + 1 ατμοστρόβιλος). Στην περίπτωση αυτή ο βαθμός απόδοσης στο μέγιστο ελήφθη ίσος με 52%. Σχετικά με την μεταβολή της ειδικής κατανάλωσης ως προς τη φόρτιση της μονάδας θεωρήθηκαν οι αναλυτικές καμπύλες ποσοστιαίας μεταβολής της ειδικής κατανάλωσης για σταθμό Συνδυασμένου Κύκλου διάταξης (4+4+1) που δίνονται στο παρακάτω διάγραμμα, που προέρχονται από μελέτη που εκπονήθηκε για λογαριασμό της ΔΕΗ από το ΕΜΠ [1.16].



διάγραμμα 6: καμπύλες ποσοστιαίας μεταβολής της ειδικής κατανάλωσης για σταθμό συνδυασμένου κύκλου διάταξης (4+4+1)

Κόστος ανανεώσιμων μονάδων

Το κόστος των ανανεώσιμων μονάδων είναι βασισμένο σε σημερινά δεδομένα πώλησης της παραγόμενης ενέργειας από ΑΠΕ και δεν συμπεριλαμβάνει τα έξοδα εγκατάστασης των ανανεώσιμων μονάδων. Επομένως το κόστος της παραγόμενης ενέργειας θεωρείται ίσο με 91,74€ ανά μεγαβατώρα και αφορά το κόστος πώλησης της ενέργειας σε μη διασυνδεδεμένα νησιά, όπως είναι η Κρήτη. [1.17]

Το άθροισμα του κόστους των συμβατικών και ανανεώσιμων μονάδων παραγωγής καλείται κόστος λειτουργίας και συντήρησης (operational and maintenance cost) και πλέον θα συμβολίζεται O&M cost.

Κόστος εκπεμπόμενων ρύπων

Το κόστος των εκπεμπόμενων ρύπων αφορά την οικονομική αποτίμηση των ρύπων οι οποίοι εκπέμπονται αποκλειστικά από τις μονάδες παραγωγής. Είναι και αυτό βασισμένο σε πρόσφατες μελέτες της ΕΕ και η τιμή του ανέρχεται στα 20€ ανα tCO₂.

Το άθροισμα του κόστους των συμβατικών μονάδων, των ανανεώσιμων μονάδων και του κόστους των εκπεμπόμενων ρύπων δίνουν το συνολικό κόστος του ενεργειακού συστήματος

➤ Υπολογισμός υπερχείλισης παραγόμενης αιολικής ενέργειας (wind spillage)

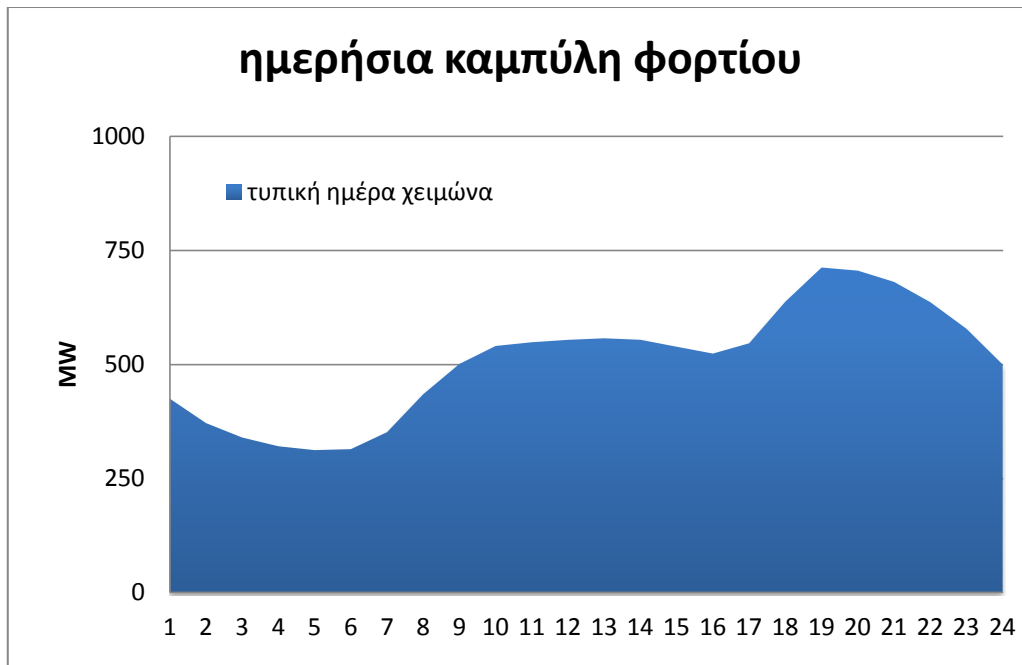
Για τον υπολογισμό της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας η οποία τελικά δεν χρησιμοποιείται λαμβάνουμε υπόψη την παραγωγή των μονάδων ΑΠΕ και τους περιορισμούς απορρόφησης αιολικής ισχύος.

3.1.2 Παρουσίαση του ενεργειακού συστήματος της Κρήτης.

Παρακάτω θα παρουσιαστεί η μελέτη που έγινε στο ενεργειακό σύστημα της Κρήτης δείχνοντας τα αποτελέσματα για μία τυπική μέρα χειμώνα και μία τυπική μέρα καλοκαιριού.

Μελέτη μιας τυπικής ημέρας χειμώνα

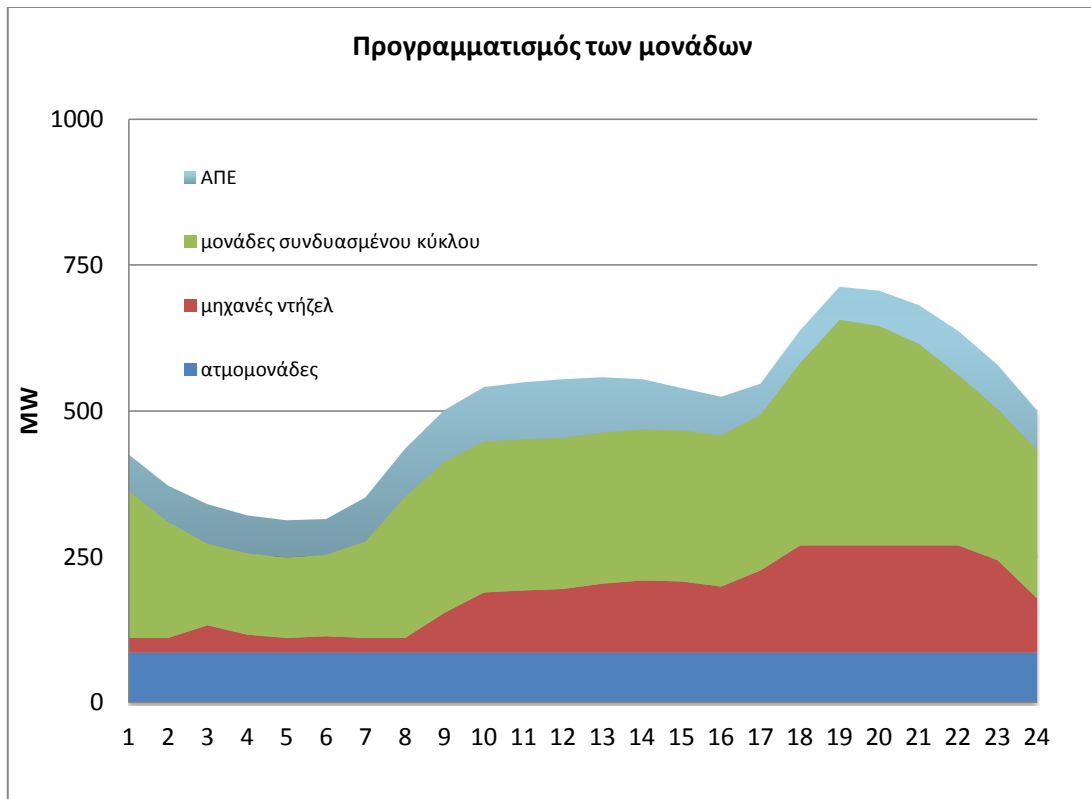
Η καμπύλη φορτίου της ημέρας που μελετάται είναι η ακόλουθη. Παρατηρούμε ότι σε μία τυπική χειμωνιάτικη μέρα η μέγιστη ζήτηση του φορτίου παρουσιάζεται τις απογευματινές ώρες με ώρα αιχμής τις 7 το απόγευμα και τιμή αιχμής 712MW περίπου. Ενώ η ώρα ελάχιστης ζήτησης είναι στις 5 το πρωί και η ζήτηση είναι περίπου 310 MW.



διάγραμμα 7: ημερήσια χειμερινή καμπύλη φορτίου

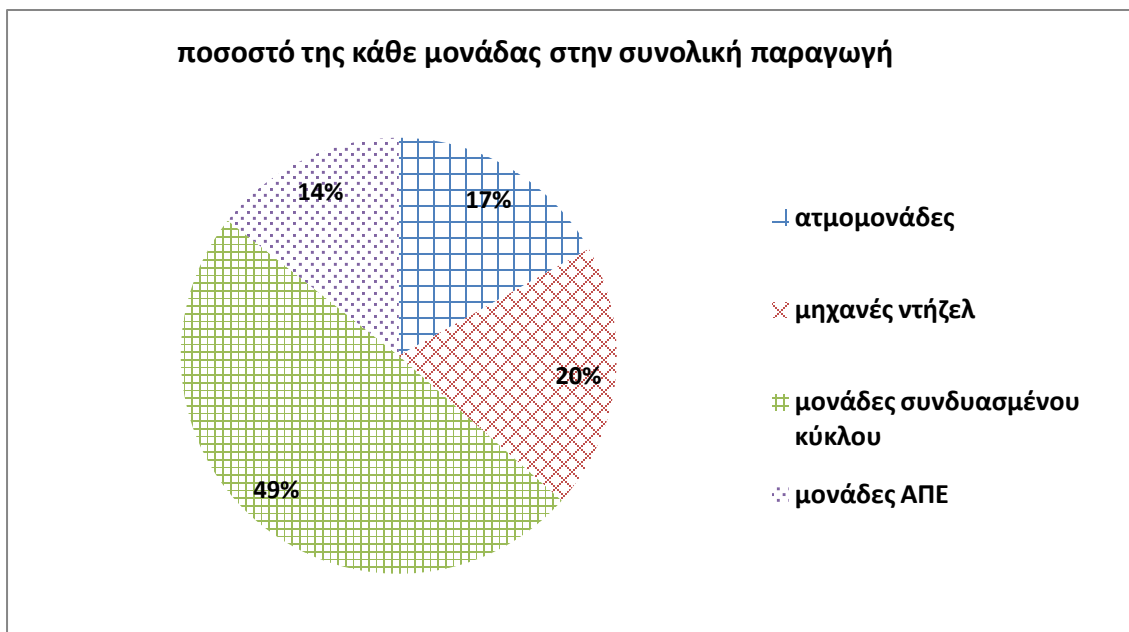
➤ Προγραμματισμός των μονάδων

Στο επόμενο διάγραμμα παρουσιάζεται η ημερήσιος προγραμματισμός των μονάδων για μία τυπική χειμωνιάτικη μέρα. Παρατηρούμε ότι σε μία τυπική ημέρα χειμώνα οι μονάδες συνδυσασμένου κύκλου αναλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής για την εξυπηρέτηση του φορτίου. Επιλέον παρατηρούμε ότι σε μία τυπική χειμωνιάτικη ημέρα του έτους οι αεριοστρόβιλοι δεν χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των αναγκών του συστήματος. Όσον αφορά την εκμετάλλευση των ΑΠΕ αυτή μεγιστοποιείται έως τις 7 το πρωί, καλύπτοντας περίπου το 22% του φορτίου. Οι υπόλοιπες μονάδες του συστήματος παραγωγής δίνουν την υψηλότερη παραγωγή τις ώρες αιχμής του φορτίου, με εξαίρεση τις ατμομονάδες, οι οποίες αποτελούν μονάδες βάσης και καθ'όλη την διάρκεια της ημέρας έχουν σταθερή παραγωγή. Τέλος παρατηρούμε ότι στις ώρες της ημέρας με την μικρότερη ζήτηση φορτίου οι μηχανές ντήζελ έχουν πολύ χαμηλή παραγωγή, η οποία αυξάνεται σταδιακά με την αύξηση της ζήτησης του φορτίου.



διάγραμμα 8: ημερήσια συνολική παραγωγή μίας χειμωνιάτικης μέρας

Ακολουθεί το ποσοστό της κάθε μονάδας στην ημερήσια συνολική παραγωγή:

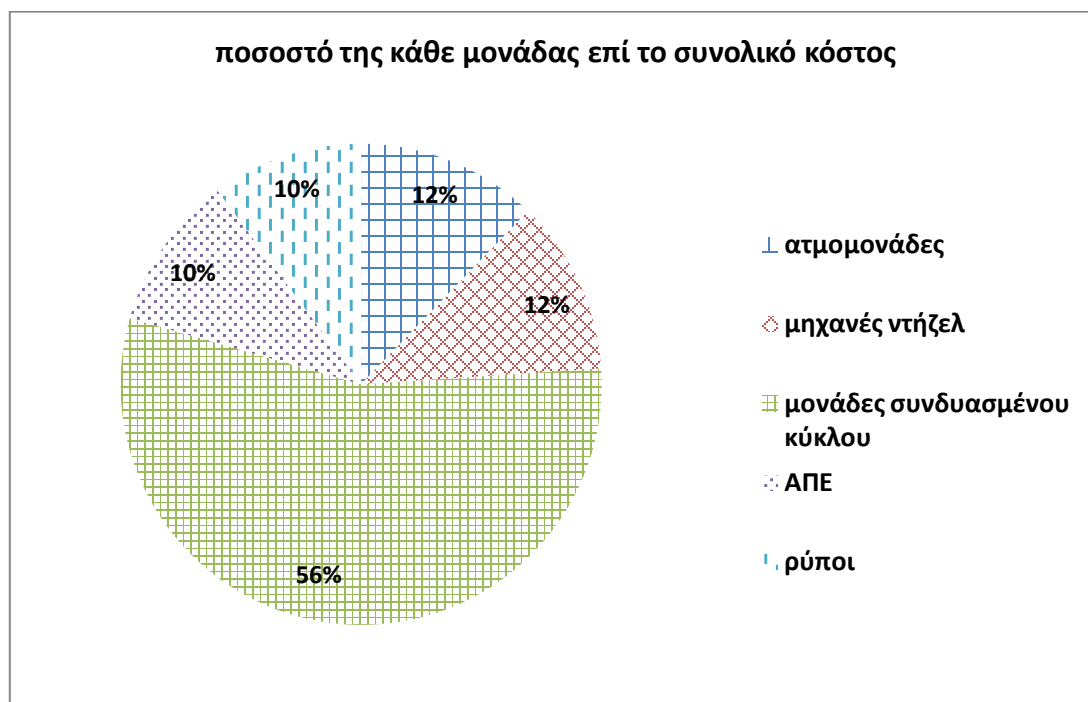


διάγραμμα 9: ημερήσια παραγωγή ανά τύπο μονάδας

➤ Οικονομική αποτίμηση

Το ποσοστό της κάθε παραμέτρου επί το συνολικό κόστος του συστήματος φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα, στο οποίο παρατηρούμε ότι οι μονάδες συνδυασμένου

κύκλου αποτελούν το 56% του συνολικού ημερήσιου κόστους και ότι το κόστος των εκπεμπόμενων ρύπων αποτελεί το ίδιο ποσοστό στο συνολικό κόστος, όσο και οι μονάδες ΑΠΕ.

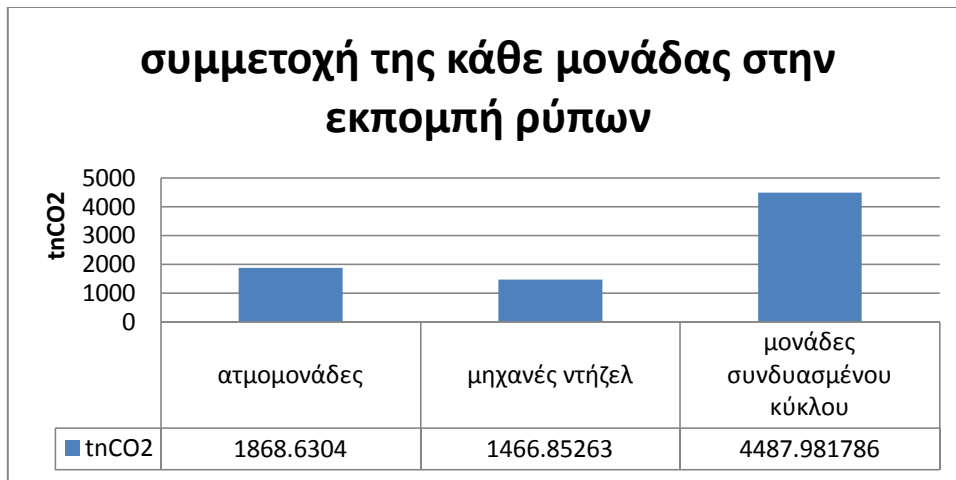


Διάγραμμα 10 :συμμετοχή της κάθε παραμέτρου στο συνολικό κόστος για μία τυπική μέρα χειμώνα

Όπως είναι αναμενόμενο ,οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου ,οι οποίες έχουν αναλάβει την εξυπηρέτηση του 50% του φορτίου ,παράγουν περίπου 6GW ημερησίως , οπότε είναι λογικό να αποτελούν το 56% του συνολικού κόστους του συστήματος.Ακόμη παρατηρούμε ότι παρ'όλο που οι μηχανές diesel έχουν μία ημερήσια παραγωγή κατά 3% μεγαλύτερη από τις ατμομονάδες είναι τελικά λίγο πιο οικονομικές.

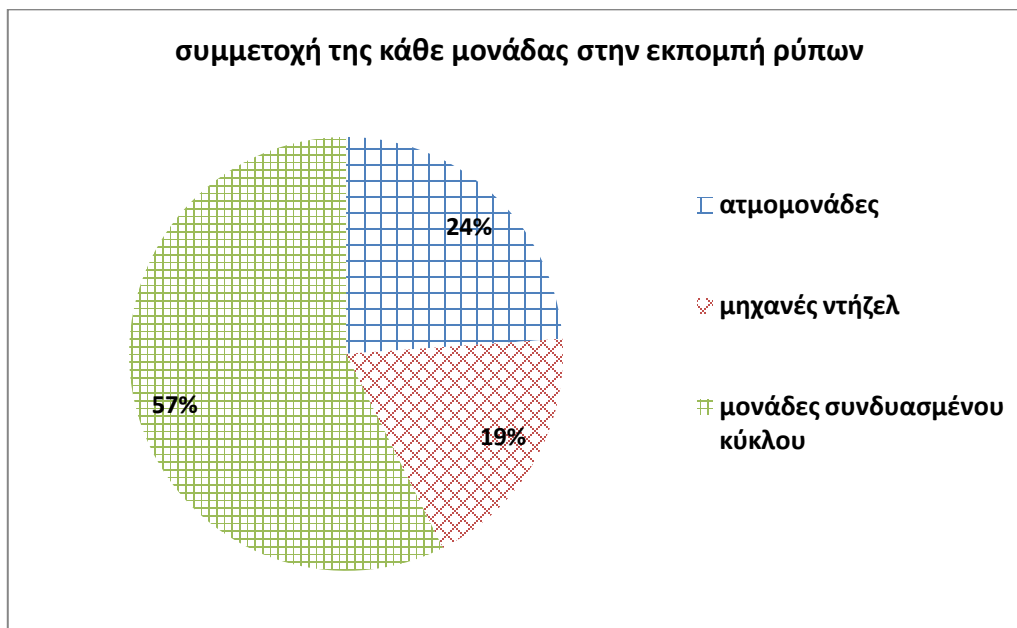
➤ εκπεμπόμενοι ρύποι

Στο ακόλουθο διάγραμμα, στο οποίο δίνονται οι ημερήσιοι εκπεμπόμενοι ρύποι παρατηρούμε ότι οι εκπεμπόμενοι ρύποι των ατμομονάδων είναι περισσότεροι από τους ρύπους που εκπέμπονται από τις μηχανές diesel παρ'όλο που έχουν μικρότερη συμμετοχή στην παραγωγή καθώς ο συντελεστής εκπεμπόμενων ρύπων των ατμομονάδων είναι 0,9 αντί τον 0,61 των μηχανών diesel.



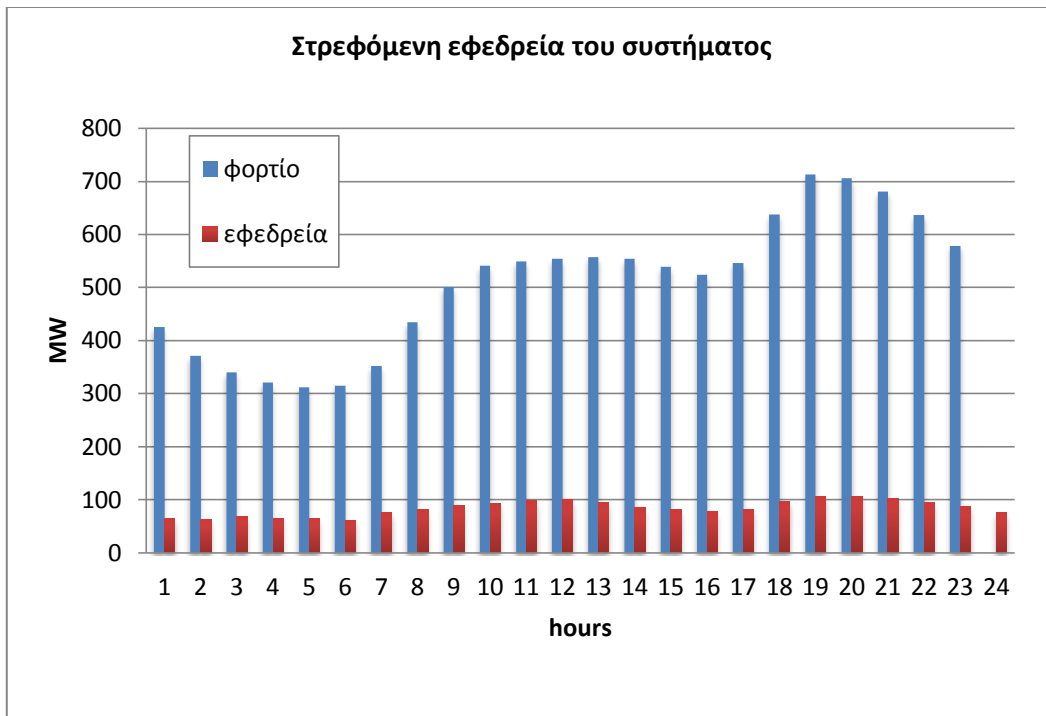
διάγραμμα 11: οι εκπεμπόμενοι ρύποι των συμβατικών μονάδων παραγωγής για μία τυπική μέρα χειμώνα

και η συμμετοχή της κάθε μονάδας στις εκπομπές ρύπων και ταυτόχρονα στο συνολικό κόστος τους:



διάγραμμα 10: ποσοστό της κάθε μονάδας επί τους συνολικούς ρύπους

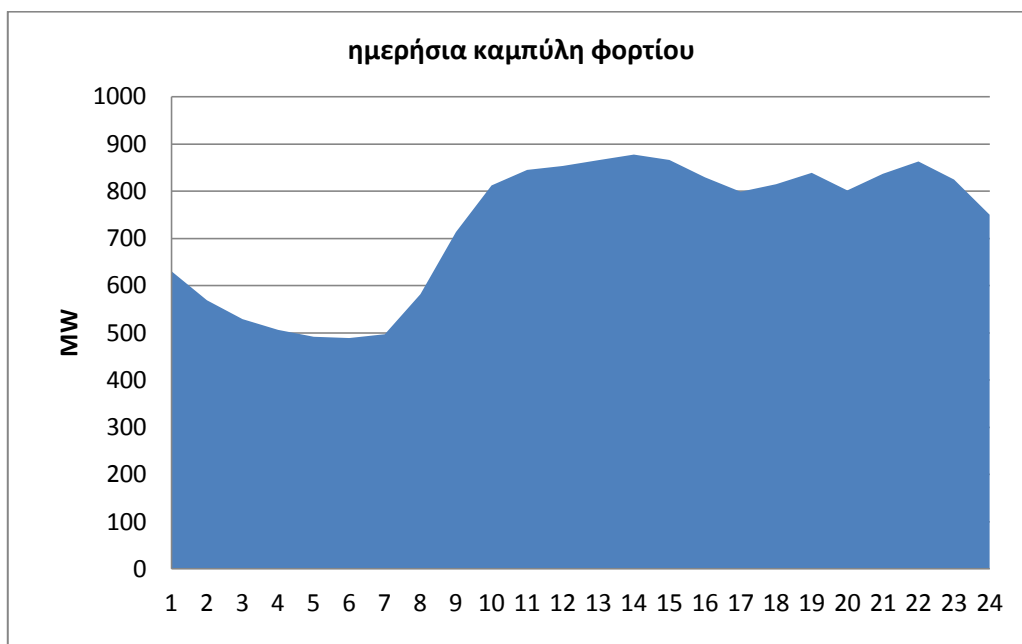
- Στρεφόμενη εφεδρεία
Ακολουθεί η στρεφόμενη εφεδρεία του συστήματος για μία τυπική ημέρα:



διάγραμμα 13: η στρεφόμενη εφεδρεία μιας τυπικής μέρας χειμώνα

Μελέτη μιας τυπικής μέρας καλοκαιριού

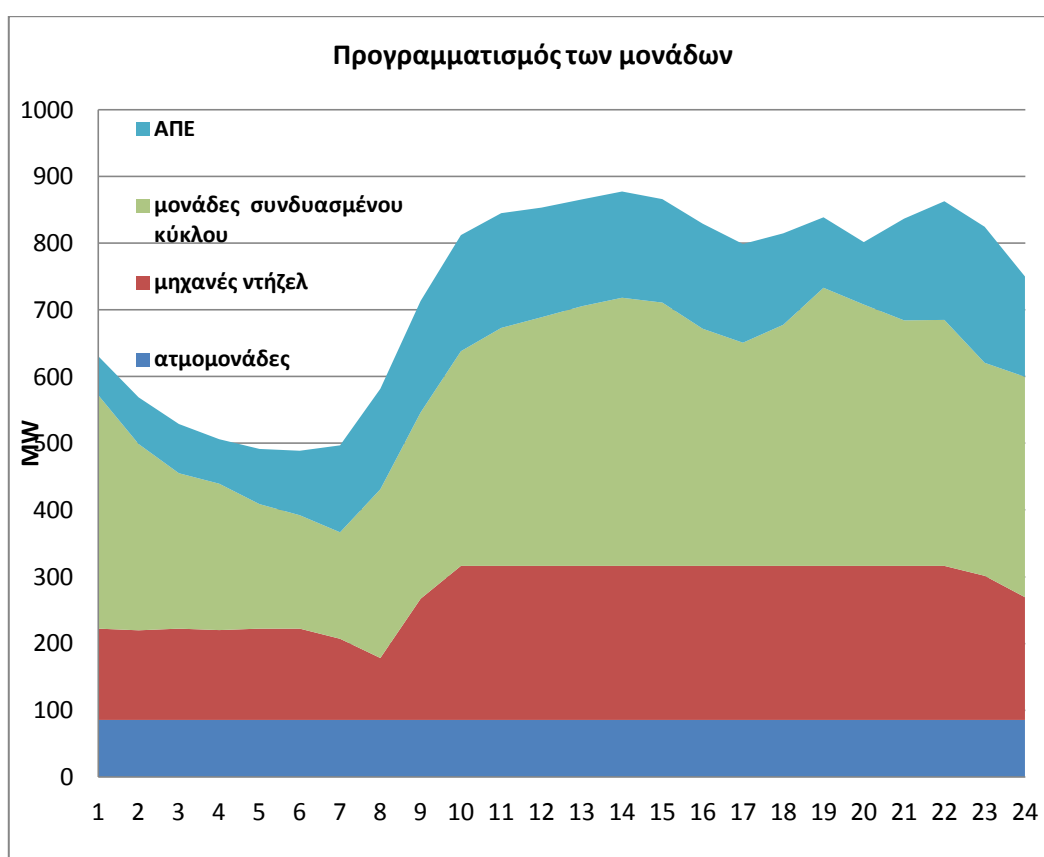
Η ημερήσια καμπύλη της ημέρας που μελετάται είναι η ακόλουθη. Παρατηρούμε ότι η αιχμή μίας καλοκαιρινής ημέρας είναι υψηλότερη σε σχέση με μία ημέρα χειμώνα και παρουσιάζεται στις 2 το μεσημέρι. Γενικότερα η ενεργειακή ζήτηση είναι αυξημένη τους καλοκαιρινούς μήνες.



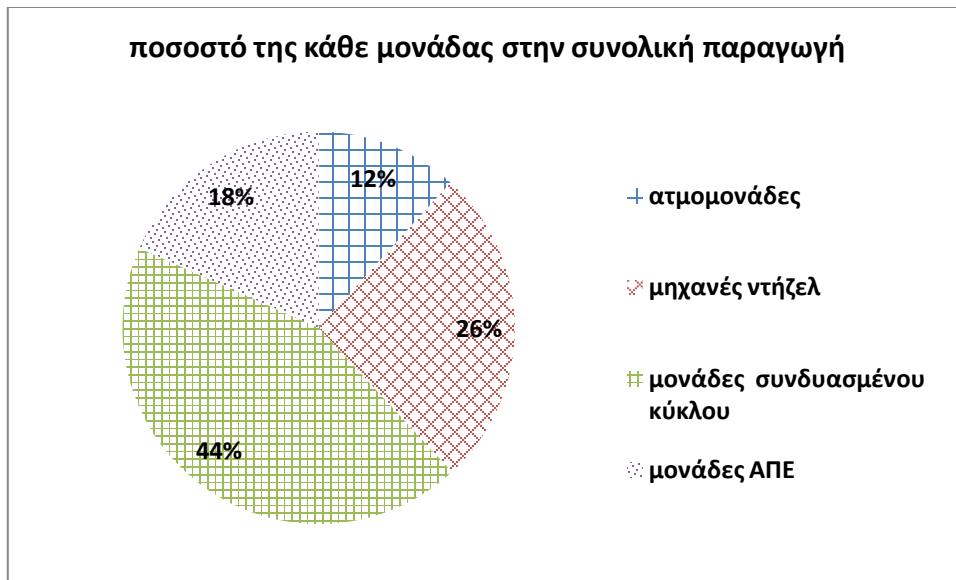
διάγραμμα 11:θερινή ημερήσια καμπύλη φορτίου

➤ Προγραμματισμός μονάδων:

Από τον ακόλουθο προγραμματισμό των μονάδων παρατηρούμε ότι και σε μια τυπική μέρα καλοκαιριού οι αεριοστρόβιλοι δεν τείθονται σε λειτουργία, εκτός από ορισμένες περιπτώσεις όπου η ζήτηση του φορτίου είναι πολύ υψηλή. Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου επιτελούν την μεγαλύτερη παραγωγή για την κάλυψη του φορτίου με μεγιστοποίηση της παραγωγής τις ώρες αιχμής του φορτίου. Ακόμη οι ανανεώσιμες μονάδες παράγουν μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας σε σχέση με τις ατμομονάδες, καλύπτοντας το 19% του συνολικού φορτίου έναντι το 12% του φορτίου που καλύπτουν οι ατμομονάδες. Πιο αναλυτικά οι ανανεώσιμες μονάδες έχουν την μέγιστη παραγωγή τους στις 7 το πρωί καλύπτοντας εκείνη την ώρα το 26% του φορτίου.



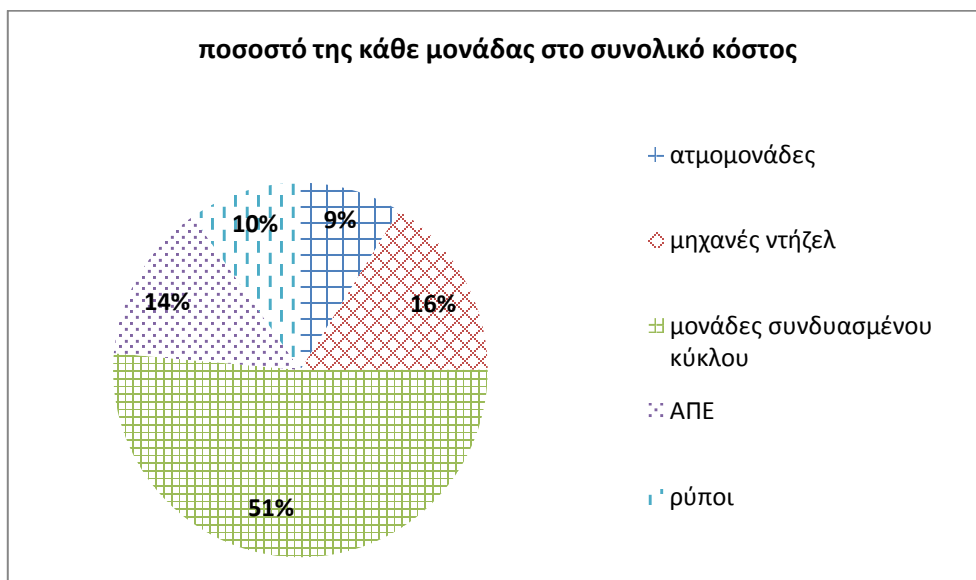
διάγραμμα 15: ημερήσια παραγωγή συμβατικών μονάδων και ΑΠΕ για μια τυπική μέρα καλοκαιριού



διάγραμμα 16: συμμετοχή ανά μονάδα στη συνολική παραγωγή μίας θερινής μέρας

➤ Ημερήσια οικονομική αποτίμηση

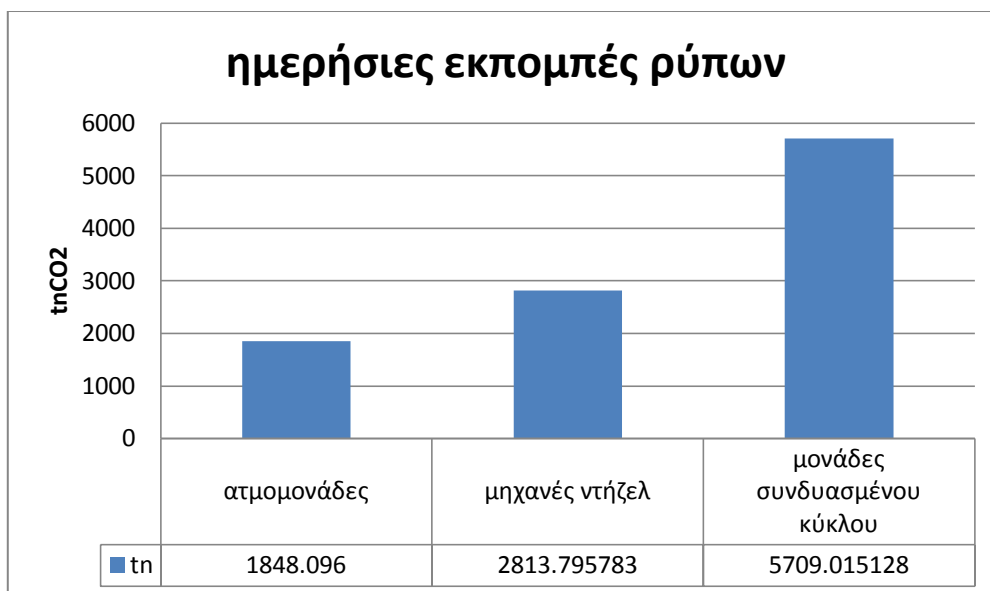
και το ποσοστό της κάθε παραμέτρου στο συνολικό κόστος του συστήματος, στο οποίο βλέπουμε ότι η ακριβότερη μονάδα μέσα στην μέρα είναι οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου αποτελώντας το 51% του συνολικού ημερήσιου κόστους.



διάγραμμα 17: συμμετοχή της κάθε παραμέτρου στο συνολικό κόστος

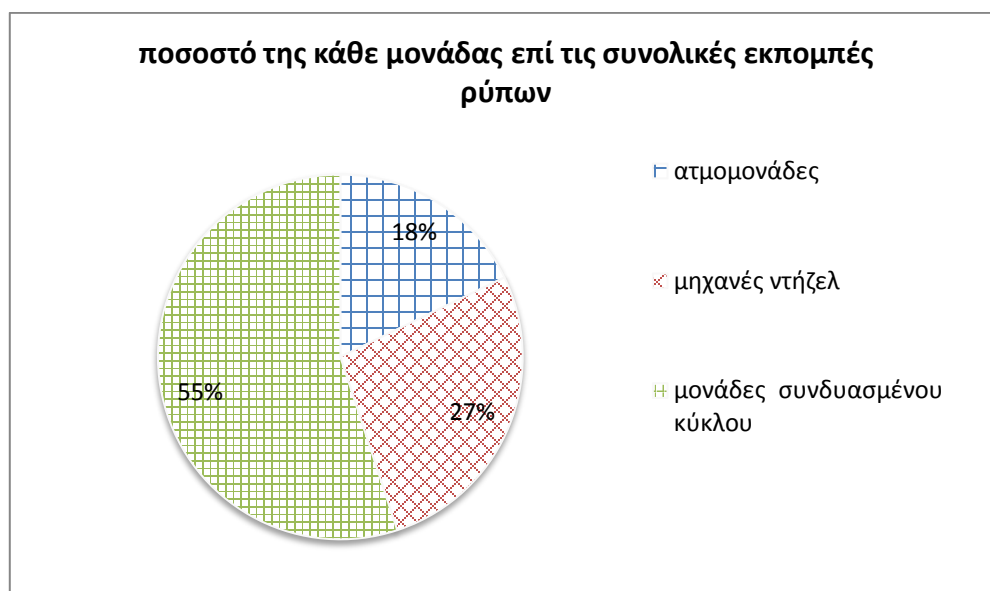
➤ Εκπεμπόμενοι ρύποι

Όπως ήταν αναμενόμενο η ημερήσια εκπομπή ρύπων είναι ανάλογη της παραγωγής της κάθε ομάδας. Οι ατμομονάδες οι οποίες κάνουν την μικρότερη παραγωγή ενέργειας ,εκπέμπουν τους λιγότερους ρύπους ,παρ'όλα αυτά,εξαιτίας του υψηλού συντελεστή ρύπων (0,91tn/MWh) οι ρύποι που εκπέμπουν είναι αρκετοί για την παραγωγή που επιτελούν.



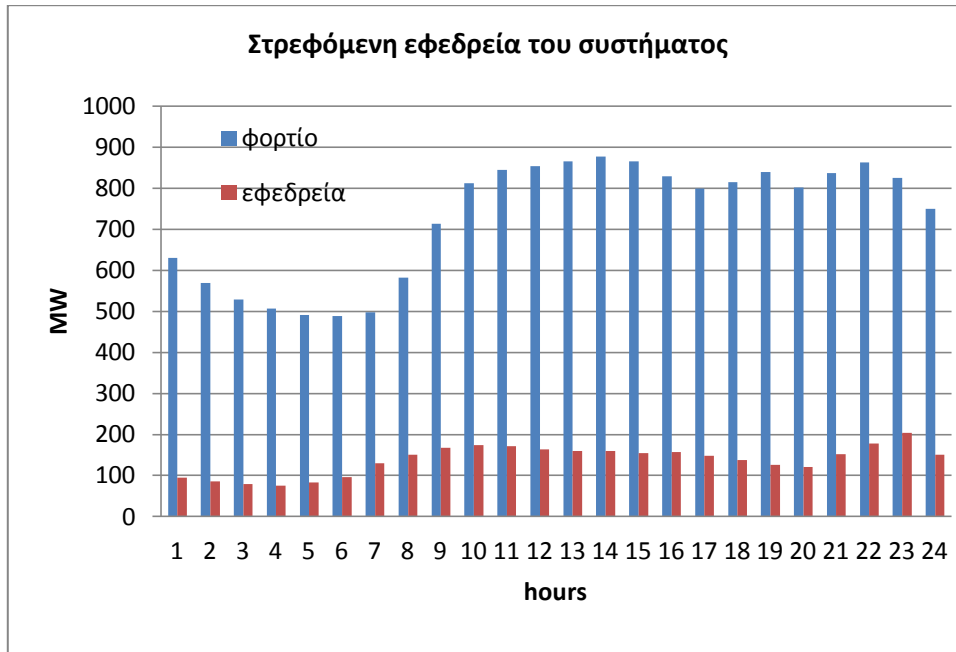
διάγραμμα 18: εκπομπές ρύπων συμβατικών μονάδων παραγωγής

Και η συμμετοχή του κάθε τύπου συμβατικής μονάδας στο συνολικό ημερήσιο κόστος των ρύπων και στην συνολική ημερήσια εκπομπή είναι:



διάγραμμα 19: ημερήσια κατανομή των ρύπων και του κόστους τους ανα τύπο μονάδας

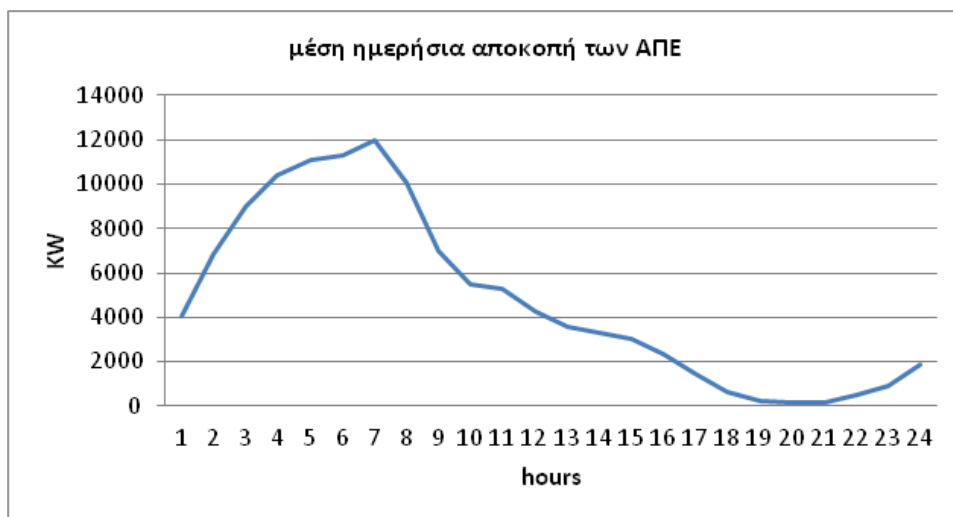
➤ στρεφόμενη εφεδρεία



διάγραμμα 20: η στρεφόμενη εφεδρεία μίας τυπικής καλοκαιρινής μέρας

➤ μέση ημερήσια αποκοπή των ΑΠΕ

Τις περισσότερες ημέρες του έτους όλη η παραγωγή των ΑΠΕ απορροφάται. Επομένως σε μία τυπική μέρα χειμώνα και καλοκαιριού η ημερήσια αποκοπή των ΑΠΕ είναι μηδενική. Για το λόγο αυτό έχει υπολογιστεί η μέση ημερήσια αποκοπή των ΑΠΕ για όλο το έτος. Στο διάγραμμα που παρουσιάζεται παρατηρούμε ότι για τις περισσότερες μέρες του έτους η μέγιστη αποκοπή των ΑΠΕ είναι ίση περίπου με 12MW και λαμβάνει την μέγιστη τιμή της στις 8 το πρωί.

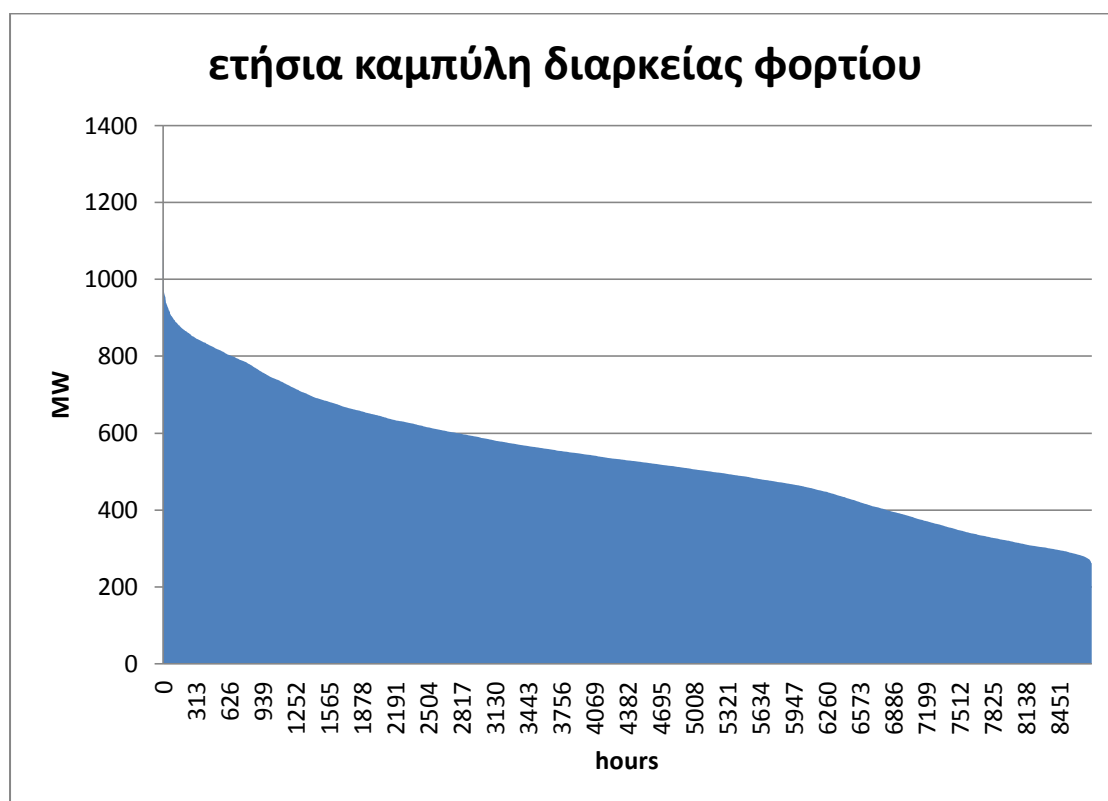


διάγραμμα 21: μέση ημερήσια αποκοπή της παραγωγής των ΑΠΕ

Ετήσια αποτελέσματα

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για ένα ολόκληρο έτος:

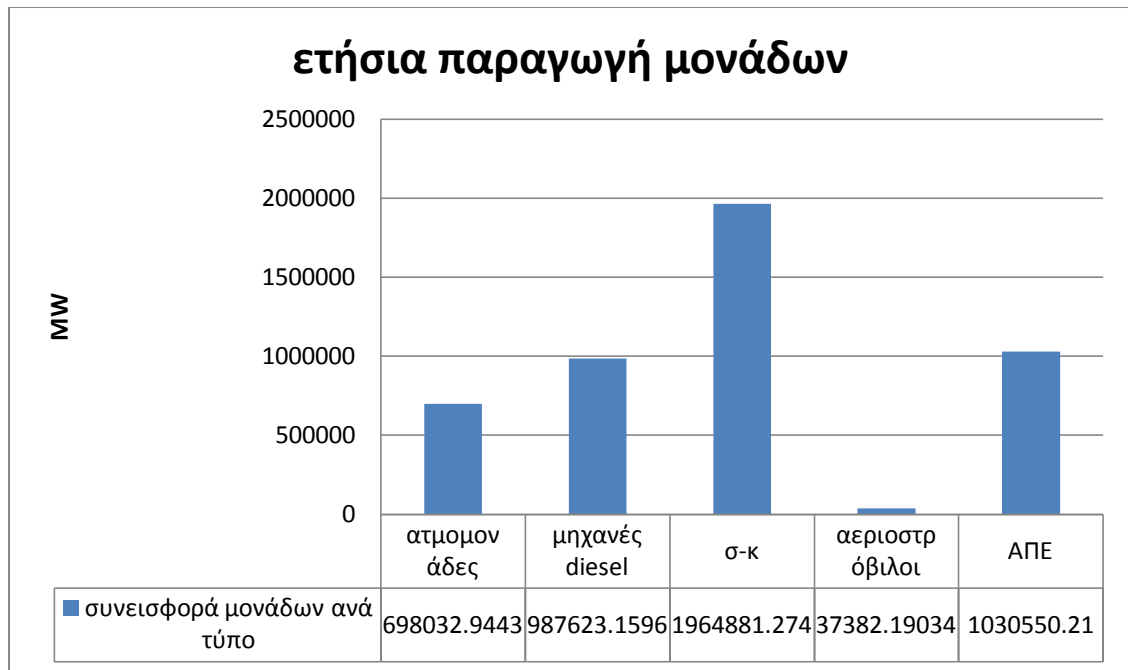
Η καμπύλη διαρκείας φορτίου είναι η ακόλουθη, στην οποία παρατηρούμε ότι για τρεις το πολύ ημέρες το μέγιστο φορτίο που μπορεί να ζητηθεί είναι περίπου 1100MW, ενώ για τις υπόλοιπες ημέρες του έτους το ημερήσιο peak του φορτίου ποικίλει από περίπου 500 MW έως 850MW ανάλογα με την εποχή. Την διακύμανση του φορτίου σε μία τυπική ημέρα χειμώνα και καλοκαίρι την είδαμε στις προηγούμενες αναλύσεις με την ζήτηση του φορτίου να κυμαίνεται από 350 MW έως 700MW τον χειμώνα και από 500 έως 850MW το καλοκαίρι.



διάγραμμα 22: ετήσια καμπύλη διαρκείας φορτίου

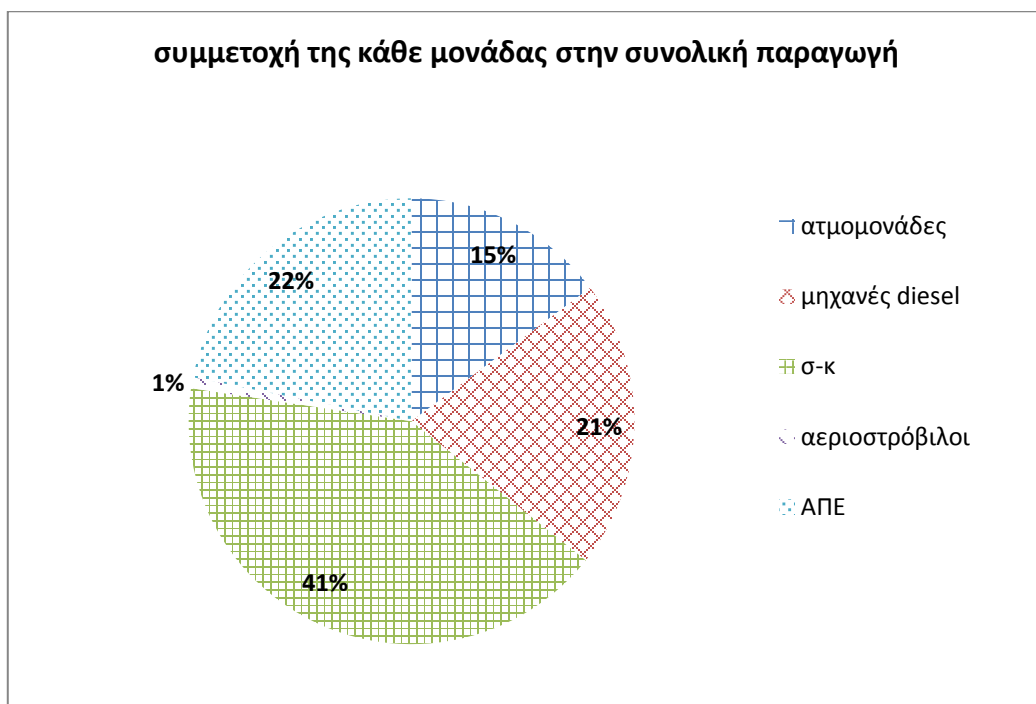
➤ Προγραμματισμός των μονάδων

Από το επόμενο σχήμα παρατηρούμε ότι και σε ετήσια βάση οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου παράγουν την μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας. Ακόμη ενδιαφέρουσα είναι η συνεισφορά των ανανεώσιμων μονάδων, οι οποίες σε ετήσια βάση έχουν την δεύτερη μεγαλύτερη ετήσια παραγωγή.



διάγραμμα 23:ετήσια παραγωγή συμβατικών και ανανεώσιμων μονάδων του συστήματος

Η συμμετοχή της κάθε μονάδας στην συνολική παραγωγή όλου του έτους φαίνεται στο ακόλουθο διάγραμμα. Η ελάχιστη συνεισφορά των αεριοστρόβιλων, η οποία αγγίζει το 1% της παραγωγής ετησίως, ανέρχεται περίπου στα 37GW ετήσιας παραγωγής.



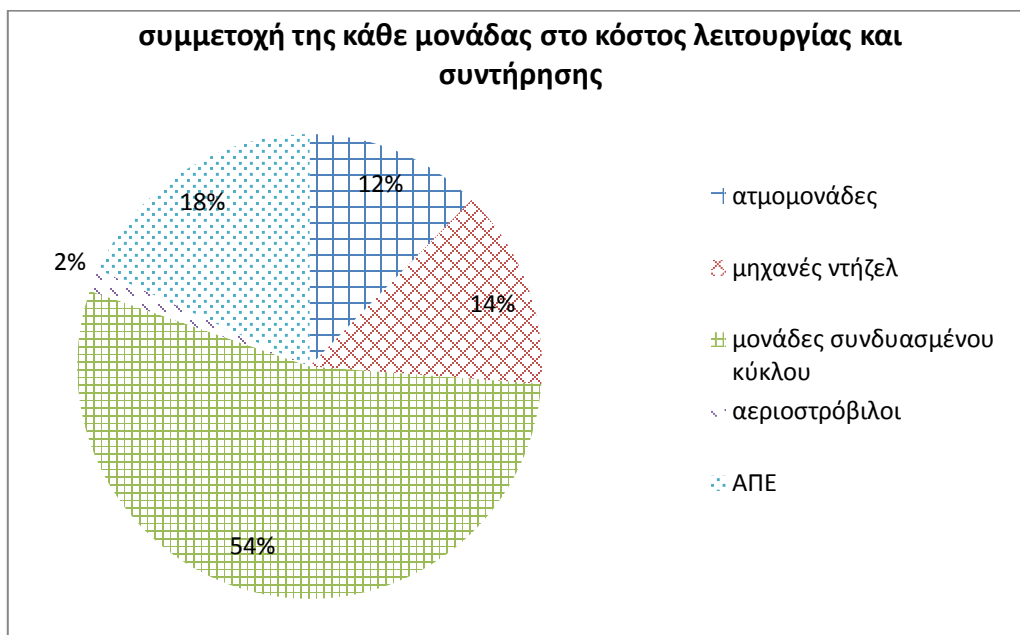
διάγραμμα 24:ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στην ετήσια παραγωγή

➤ Οικονομική αποτίμηση

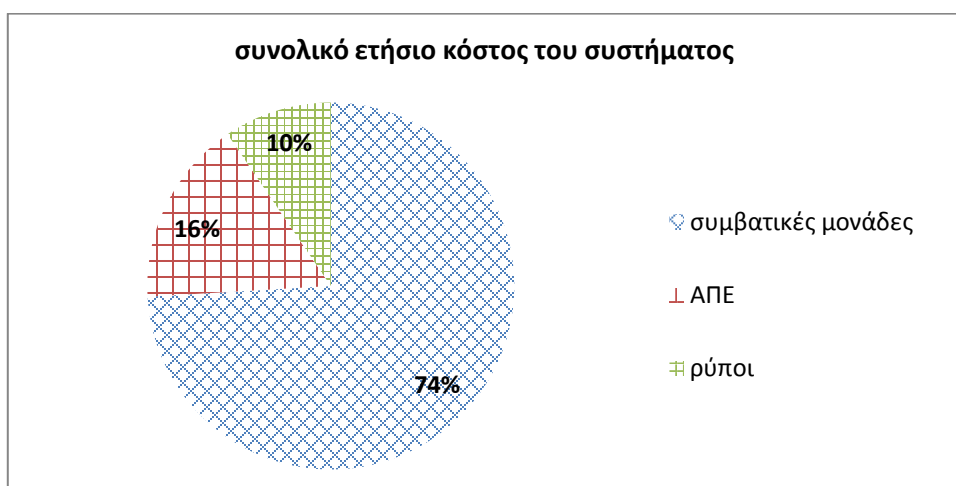
Όπως ήταν αναμενόμενο ,οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου οι οποίες επιτελούν και την μεγαλύτερη παραγωγή,κοστίζουν πολύ περισσότερο σε σχέση με τις υπόλοιπες.Επιλέον παρ'όλο που οι μονάδες ΑΠΕ και οι νηζελογεννήτριες έχουν περίπου την ίδια παραγωγή το κόστος των ανανεώσιμων μονάδων είναι αισθητά μεγαλύτερο.Κατά τα άλλα το κόστος λειτουργίας και συντήρησης της κάθε μονάδας είναι αντίστοιχο με την παραγωγή της.



διάγραμμα 25:ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης

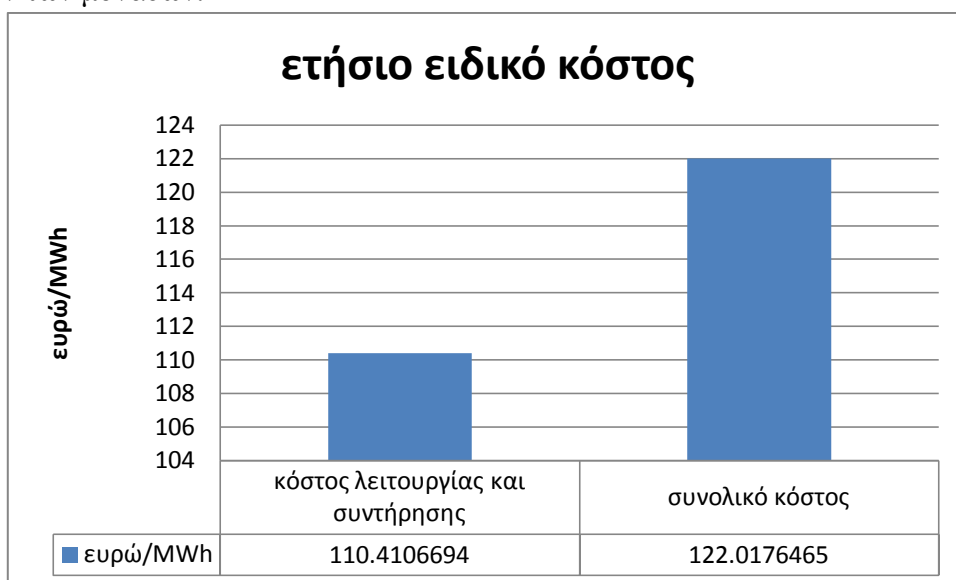


διάγραμμα 26: συμμετοχή της κάθε μονάδας παραγωγής στο ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης



διάγραμμα 27: συνολικό ετήσιο κόστος του συστήματος παραγωγής

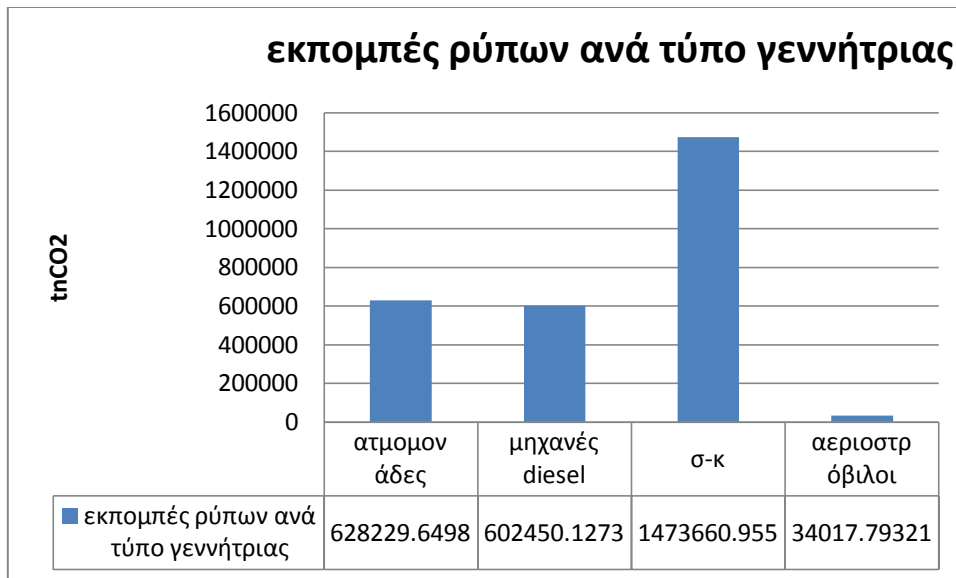
Για να υπολογίσουμε το κόστος ανά μεγαβατώρα παραγωγής διαιρούμε την συνολικό ετήσιο κόστος παραγωγής δια το συνολικό ετήσιο φορτίο. Στο συνολικό κόστος, προστίθεται στο κόστος λειτουργίας και συντήρησης το χρέωση των εκπεμπόμενων ρύπων των μονάδων.



διάγραμμα 28: ειδικά ετήσια κόστη ανα MWh

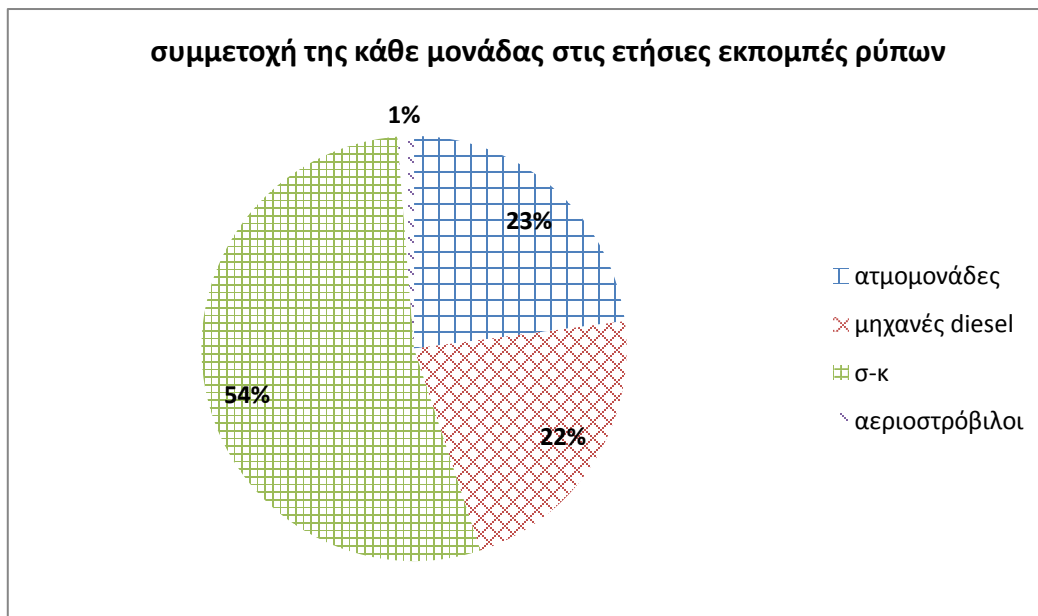
➤ Εκπεμπόμενοι ρύποι

Παρατηρούμε ότι σε ετήσια βάση οι ατμομονάδες, εκπέμπουν περισσότερους ρύπους από τις μηχανές diesel παρ'όλο που έχουν 2% μικρότερη παραγωγή.



διάγραμμα 29: ετήσιες εκπομπές ρύπων ανά μονάδα παραγωγής

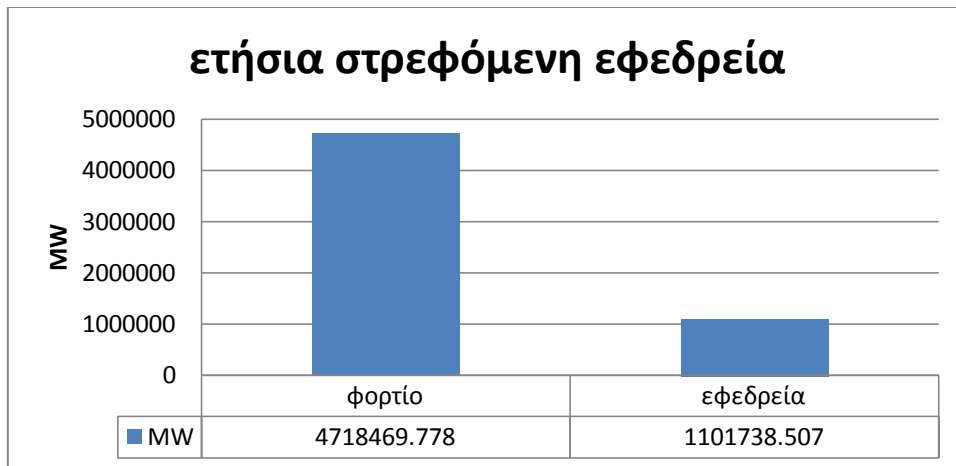
Καθώς η χρέωση εκπομπής ρύπων είναι ανεξάρτητη από τον τύπο της μονάδας που τους εκπέμπει το ποσοστό εκπομπής ρύπων και το ποσοστό κόστους ρύπων είναι όμοια. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η ετήσια ποσοστιαία συμμετοχή στους ρύπους ανά μονάδα.



διάγραμμα 30: ποσοστιαία συμμετοχή ανά μονάδα στην εκπομπή και στο κόστος ρύπων

➤ **Στρεφόμενη εφεδρεία**

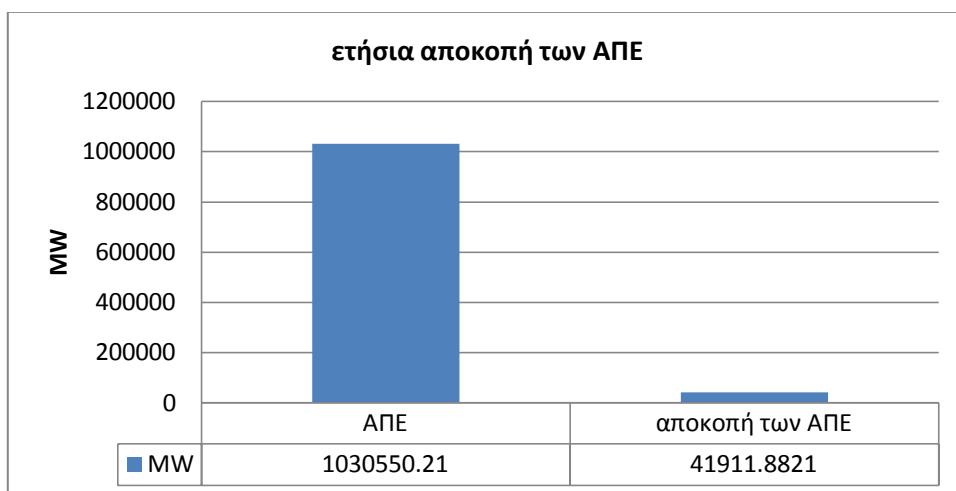
Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται στρεφόμενη εφεδρεία όλου του έτους σε σχέση με το ετήσιο φορτίο.



διάγραμμα 31 :ετήσια στρεφόμενη εφεδρεία

➤ Αποκοπή των ΑΠΕ

Στο επόμενο διάγραμμα παρουσιάζονται οι ώρες του έτους κατά τις οποίες τα διαθέσιμα ΑΠΕ αποκόπτονται λόγω περιορισμών διείσδυσης. Παρατηρούμε για τις περισσότερες ώρες του έτους όλα τα ΑΠΕ απορροφώνται, και αυτό κυρίως συμβαίνει μέρες κατά τις οποίες η παραγωγή των ΑΠΕ είναι πολύ υψηλή. Σε ετήσια βάση αποκόπτονται περίπου 42GW από τα 1030 παραγόμενα GW, όπως φαίνεται σε παρακάτω διάγραμμα. Ετησίως αποκόπτεται το 4,1% παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ. Επίσης σε ετήσια μελέτη έχουν βρεθεί οι ώρες κατά τις οποίες υπάρχει πλήρης απορρόφηση των ΑΠΕ και ως εκ τούτου, οι ώρες μέσα στο έτος κατά τις οποίες υπάρχει περίσσεια ανεκμετάλλευτη ενέργεια από ΑΠΕ. Οι συνολικές ώρες αποκοπής των ΑΠΕ μέσα στο έτος είναι **1123 ώρες**.



διάγραμμα 32: ετήσια αποκοπή των ΑΠΕ

3.2 Σενάρια μελέτης για την διείσδυση των ηλεκτρικών οχημάτων.

Για όλα τα σενάρια που μελετήθηκαν υιοθετούνται οι μέθοδοι και οι παράμετροι που αναπτύχθηκαν στο κεφάλαιο 2.

3.2.1 Χαρακτηριστικά του στόλου των ηλεκτρικών οχημάτων

Στόλος των ηλεκτρικών οχημάτων

Μελετήθηκαν τρία σενάρια διείσδυσης των ηλεκτρικών οχημάτων στο δίκτυο της Κρήτης:

- Στο πρώτο σενάριο, της διακριτικής εμφάνισης των ηλεκτρικών οχημάτων στο δίκτυο, θεωρήθηκαν 10.000 οχήματα.
- Στο περισσότερο αισιόδοξο δεύτερο σενάριο, θεωρήθηκε στόλος 30.000 ηλεκτρικών οχημάτων.
- Στο τρίτο σενάριο, στο οποίο υποτέθηκε μία πολύ δυναμική διείσδυση ηλεκτρικών οχημάτων, ο στόλος θεωρείται ότι αποτελείται από 50.000 οχήματα.

Σενάρια Φόρτισης

Για κάθε σενάριο από αυτά τα τρία θα μελετηθούν οι τρεις στρατηγικές φόρτισης που αναπτύχθηκαν στο κεφάλαιο 2:

- Dumb charging: μη ελεγχόμενη φόρτιση
- Dual tariff charging: ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο
- Smart charging-res max penetration: ελεγχόμενη φόρτιση με μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ

3.2.2 Μη ελεγχόμενη φόρτιση

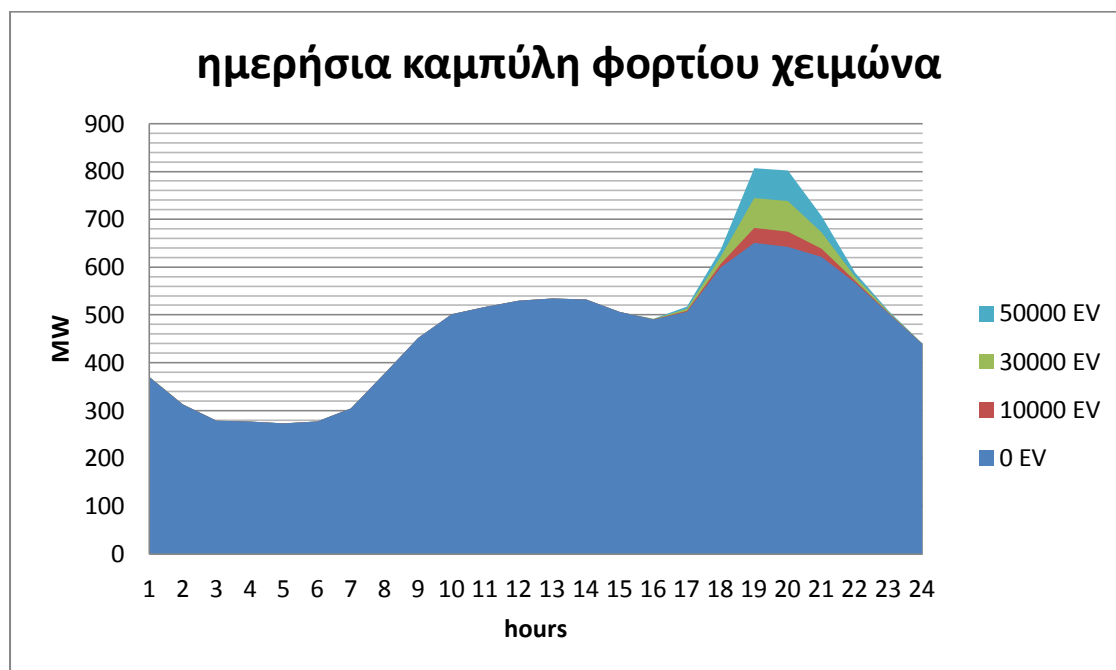
Θα παρουσιάσουμε και θα μελετήσουμε την συμπεριφορά του ενεργειακού συστήματος της Κρήτης το οποίο περιγράφηκε στην προηγούμενη ενότητα, στην περίπτωση της εισαγωγής ηλεκτρικών οχημάτων, τα οποία πραγματοποιούν μη ελεγχόμενη φόρτιση. Η εισαγωγή των ηλεκτρικών οχημάτων ακολουθεί τα τρία σενάρια διείσδυσης που περιγράφηκαν στην εισαγωγή της ενότητας.

Αρχικά θα μελετήσουμε μία τυπική χειμωνιάτικη και μία τυπική καλοκαιρινή ημέρα και στην συνέχεια θα γενικεύσουμε τα αποτελέσματα για όλο το έτος παρουσιάζοντας τα ετήσια δεδομένα.

Τυπική χειμερινή ημέρα

Η ημερήσια καμπύλη φορτίου ακολουθεί παρακάτω. Παρατηρούμε ότι όταν τα οχήματα ακολουθούν μη ελεγχόμενη φόρτιση, όσο αυξάνεται ο στόλος των ηλεκτρικών οχημάτων, τόσο περισσότερο αυξάνεται η ημερήσια αιχμή της ημέρας, ξεκινώντας σε ημερήσια αιχμή περίπου 600MW χωρίς ηλεκτρικά οχήματα

και καταλήγοντας σε περίπου 800 MW με την είσοδο 50.000 οχημάτων.Εφόσον μάλιστα η φόρτιση των οχημάτων γίνεται συνήθως με την επιστροφή των οδηγών στο σπίτι η μέγιστη ζήτηση φορτίου συμβαίνει περίπου στις 8 το βράδυ.

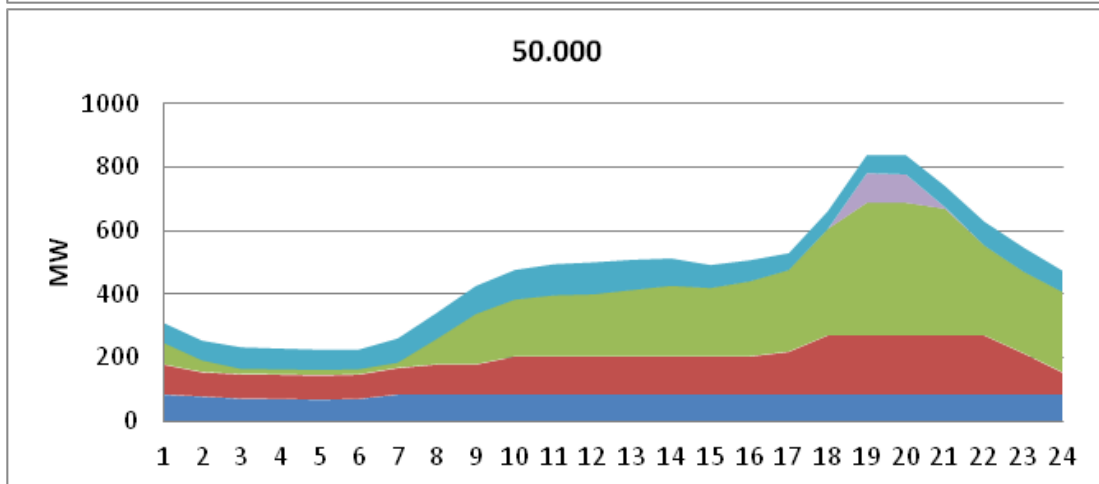
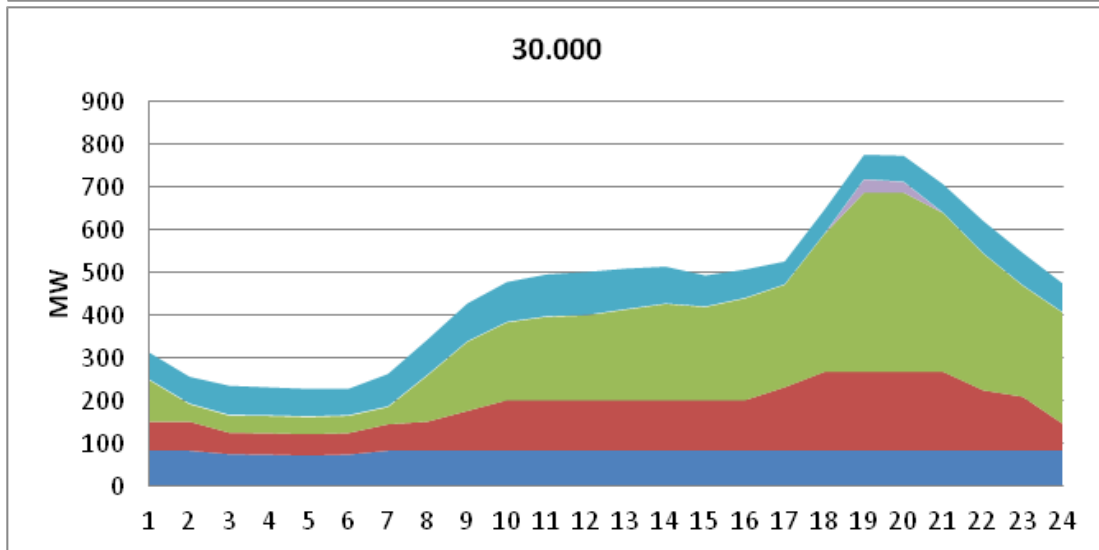
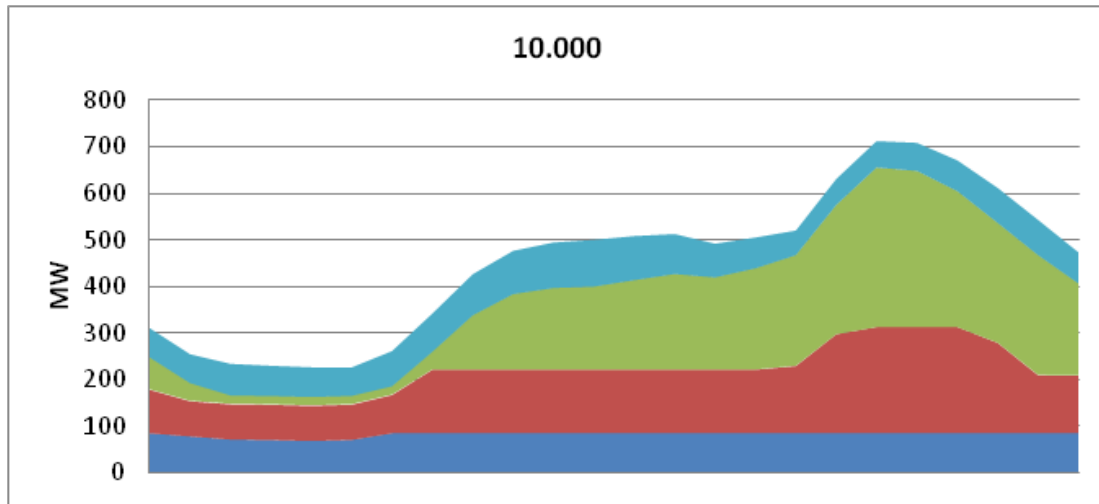


διάγραμμα 33: ημερήσια χειμερινή καμπύλη φορτίου για μη ελεγχόμενη φόρτιση

➤ Προγραμματισμός μονάδων

Στον ημερήσιο προγραμματισμό των μονάδων παρατηρούμε ότι η εισαγωγή 10.000 οχημάτων στο δίκτυο του συστήματος δεν αναγκάζει τους αεριοστρόβιλους να τεθούν σε λειτουργία. Με την αύξηση των ηλεκτρικών οχημάτων όλες οι συμβατικές μονάδες τείθονται σε λειτουργία, με τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου να καλύπτουν την μεγαλύτερη ζήτηση φορτίου μέσα στην μέρα. Τις ώρες χαμηλής ζήτησης δε, έχουν ελάχιστη παραγωγή η οποία αυξάνεται ανάλογα με τις ανάγκες της μέρας. Τέλος σε αντίθεση με τις άλλες μονάδες η παραγωγή των ατμομονάδων είναι περίπου σταθερή μέσα στην μέρα.

Ημερήσιος προγραμματισμός των μονάδων

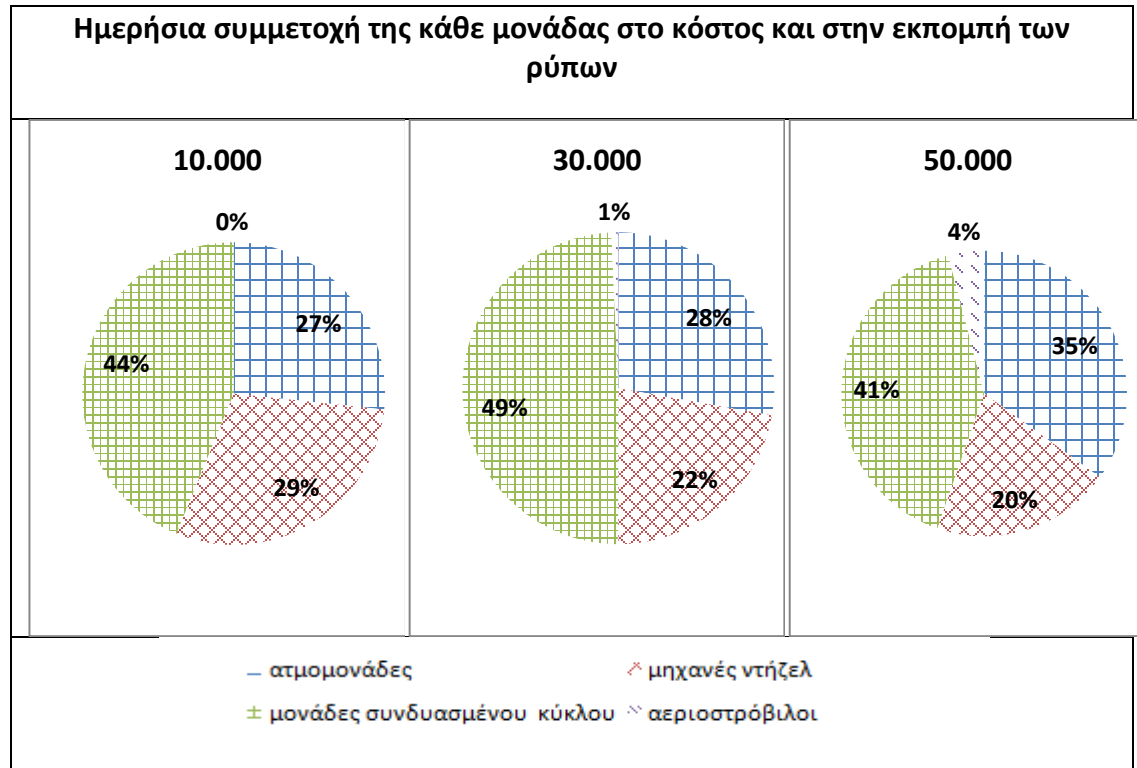


- ατμομονάδες
- μηχανές diesel
- μονάδες συνδυασμένου κύκλου
- αεριοστρόβιλοι
- ΑΠΕ

Πίνακας 1: ημερήσιος προγραμματισμός των μονάδων για μη ελεγχόμενη φόρτιση

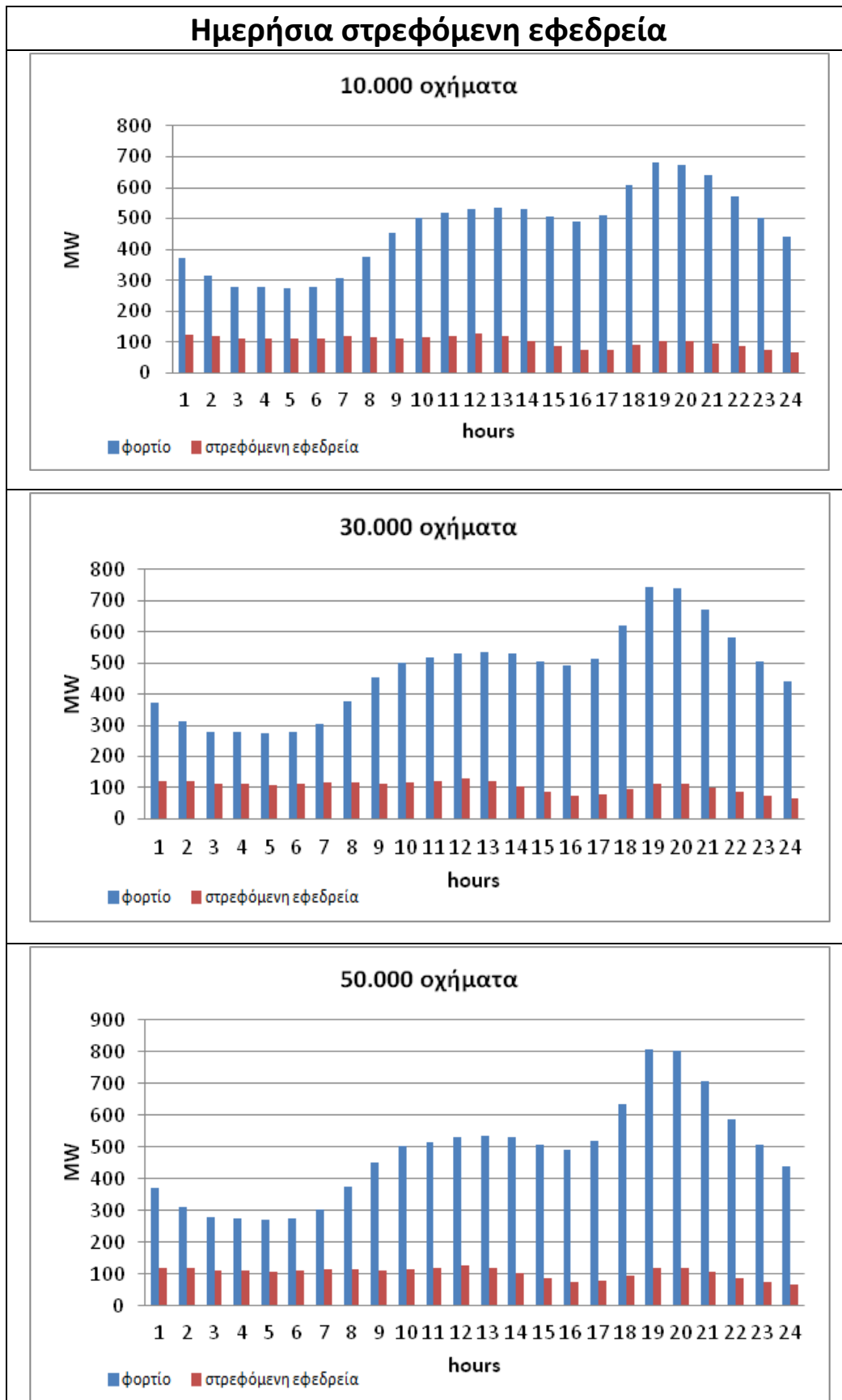
➤ Εκπεμπόμενοι ρύποι

Η συμμετοχή της κάθε μονάδας στην ημερήσια εκπομπή ρύπων εξαρτάται από την παραγωγή της κάθε μονάδας, λαμβάνοντας υπ' όψη ότι οι ατμομονάδες μαζί με τους αεριοστρόβιλους εκπέμπουν τους περισσότερους ρύπους ανά μεγαβατώρα, ενώ οι μηχανές diesel τους λιγότερους. Η συμμετοχή της κάθε μονάδας στο κόστος και στην εκπομπή των ρύπων φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα:



Πίνακας 4: χειμερινή ημερήσια συμμετοχή ανά μονάδα στην εκπομπή και στο κόστος των ρύπων για μη ελεγχόμενη φόρτιση

➤ Στρεφόμενη εφεδρεία

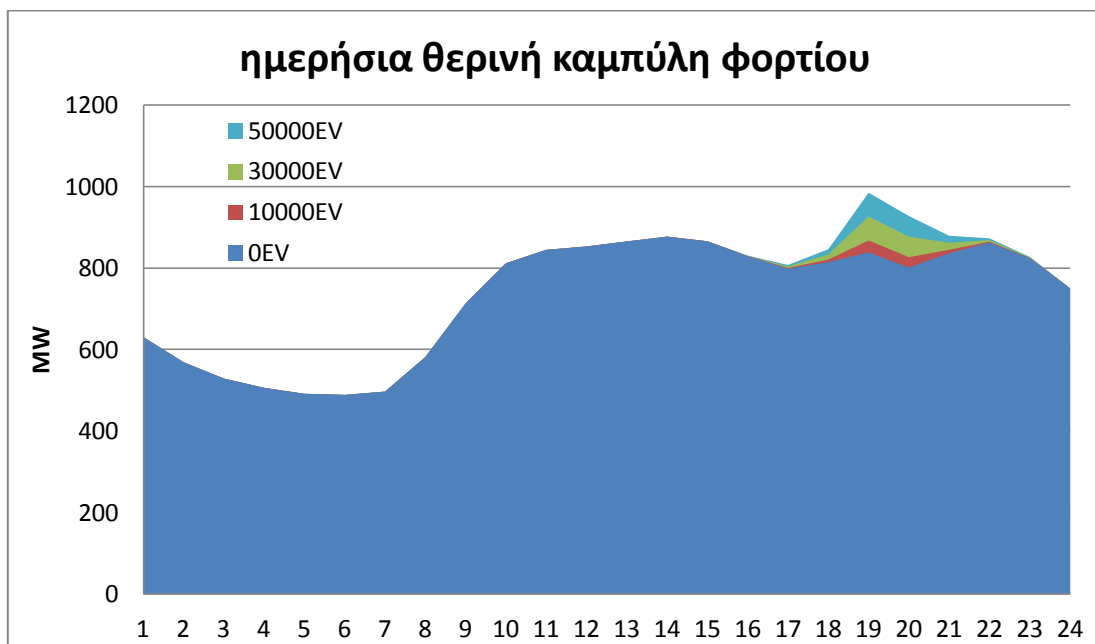




Πίνακας 5: χειμερινή ημερήσια στρεφόμενη εφεδρεία για μη ελεγχόμενη φόρτιση

Τυπική καλοκαιρινή ημέρα

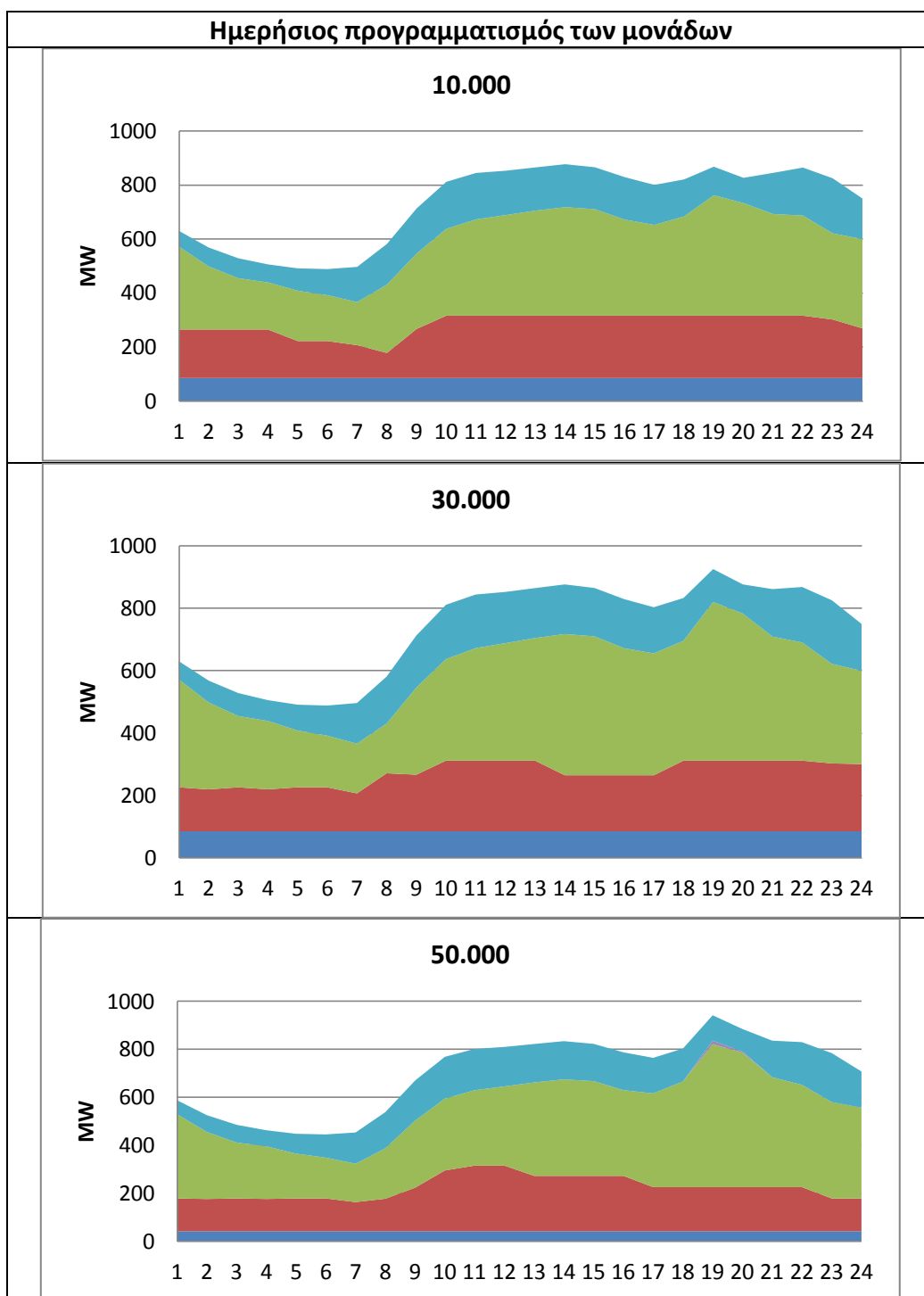
Η καμπύλη ζήτησης μιας καλοκαιρινής ημέρας είναι η ακόλουθη. Κατά την διάρκεια του καλοκαιριού η ζήτηση του φορτίου είναι αυξημένη σε σχέση με τους χειμερινούς μήνες. Η ημερήσια μέγιστη ζήτηση χωρίς την διείσδυση των ηλεκτρικών οχημάτων είναι περίπου 800MW. Με την εισαγωγή 10.000 οχημάτων στο δίκτυο η καμπύλη φορτίου δεν επηρεάζεται ιδιαίτερα. Όσο αυξάνονται όμως τα ηλεκτρικά οχήματα, εφόσον αυτά πραγματοποιούν μη ελεγχόμενη φόρτιση, έχουμε αισθητά αυξημένη ζήτηση φορτίου τις ώρες που αυτά ξεκινούν την φόρτιση τους, η οποία αγγίζει και τα 1000MW όταν θεωρούμε την διείσδυση 50.000 οχημάτων.

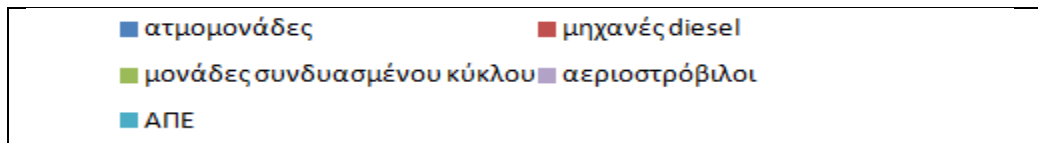


διάγραμμα 35: ημερήσια θερινή καμπύλη φορτίου για μη ελεγχόμενη φόρτιση

➤ Προγραμματισμός των μονάδων

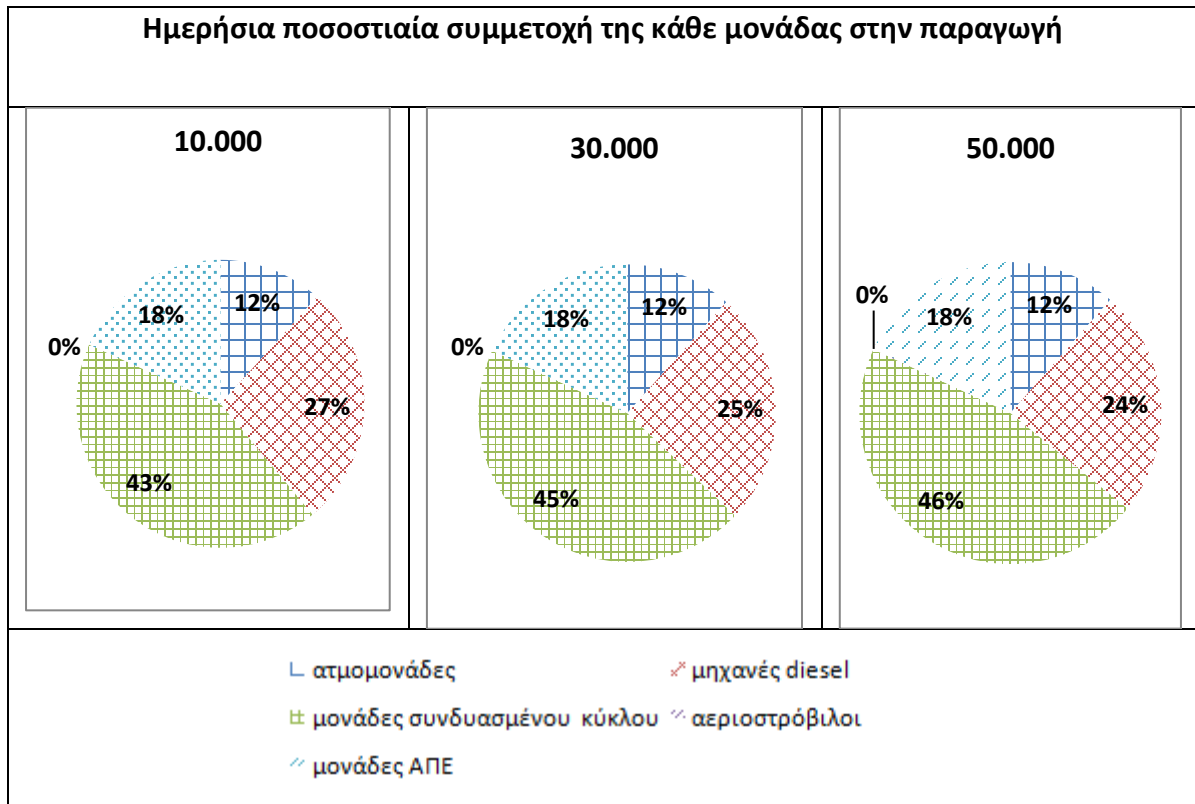
Σε μία τυπική καλοκαιρινή ημέρα , παρατηρούμε ότι οι αεριοστρόβιλοι δεν χρησιμοποιούνται. Μόνο με την εισαγωγή 50.000 οχημάτων στο δίκτυο η συμμετοχή τους είναι περίπου στο 1% της συνολικής παραγωγής .Ακόμη με την αύξηση της διείσδυσης των οχημάτων αυξάνεται η συμμετοχή των μονάδων συνδυασμένων κύκλων, μειώνεται η συμμετοχή των μονάδων ντήζελ, ενώ η συμμετοχή των ατμομονάδων στην παραγωγή παραμένει σταθερή.





Πίνακας 6: θερινός ημερήσιος προγραμματισμός των μονάδων για μη ελεγχόμενη φόρτιση

Παρακάτω φαίνεται η ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στην ημερήσια παραγωγή:



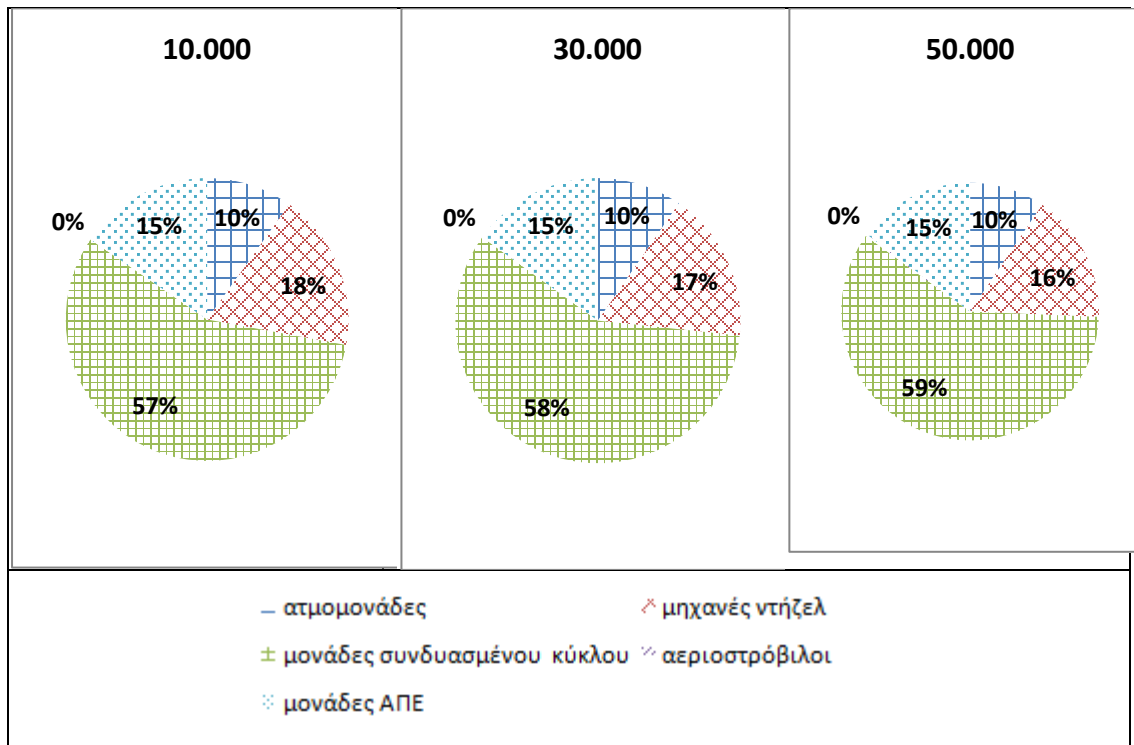
Πίνακας 7: ποσοστιαία συμμετοχή των μονάδων στην θερινή ημερήσια παραγωγή για μη ελεγχόμενη φόρτιση

➤ Οικονομική αποτίμηση

Ακολουθεί τα διαγράμματα οικονομικής αποτίμησης του συστήματος για μια τυπική καλοκαιρινή ημέρα, στα τρία σενάρια διεύθυνσης. Σε αυτά παρατηρούμε ότι οι ατμομονάδες και οι ανανεώσιμες μονάδες έχουν σταθερή χρέωση, για όλα τα σενάρια εισαγωγής ηλεκτρικών οχημάτων. Αντίθετα η χρέωση των μηχανών diesel μειώνεται με την αύξηση των οχημάτων, καθώς μειώνεται η ποσοστιαία παραγωγής τους και αντίστοιχα η χρέωση των μονάδων συνδυασμένου κύκλου αυξάνεται.

Η ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στο συνολικό ημερήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης φαίνεται στο κατωτέρω διάγραμμα:

Ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στο ημερήσιο κόστος



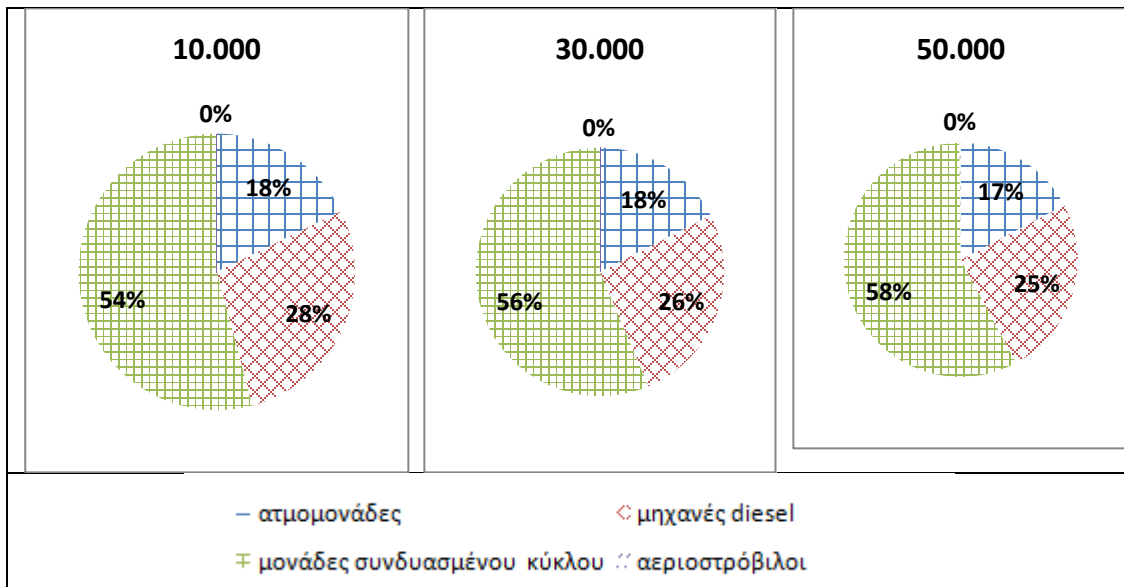
Πίνακας 8:ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στο ημερήσιο θερινό κόστος για μη ελεγχόμενη φόρτιση

Στην συγκεκριμένη ημέρα οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου είναι οι πιο ακριβές για όλες τις ώρες της ημέρας και για τα τρία σενάρια εισαγωγής οχημάτων.Εξαιρέση αποτελεί το διάστημα κατά το οποίο χρησιμοποιούνται από το σύστημα παραγωγής μονάδες αεριοστροβίλων (μονο στο σενάριο των 50.000 οχημάτων).

➤ Εκπεμπόμενοι ρύποι

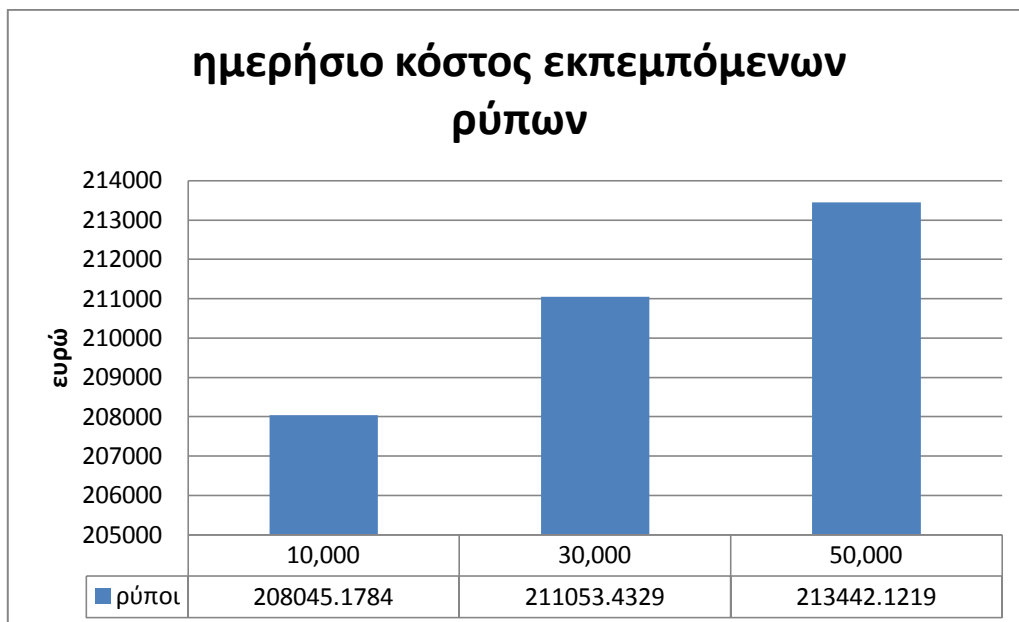
Τα διαγράμματα των εκπεμπόμενων ρύπων ,όπως είναι αναμενόμενο έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά με το ημερήσιο διάγραμμα παραγωγής.Οι εκπομπές των μονάδων παραγωγής εξαρτώνται απο την ποσότητα της ενέργειας που παράγει κάθε μονάδα.Η ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στους ρύπους που εκπέμπονται από τις μονάδες παραγωγής και στο κόστος τους μία καλοκαιρινή ημέρα, για τα τρία σενάρια διεύθυνσης η/ο:

Ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στην ημερήσια εκπομπή και κόστος των ρύπων



Πίνακας 9: ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στην θερινή ημερήσια εκπομπή και στο κόστος των ρύπων (μη ελεγχόμενη φόρτιση)

Ακολουθεί το κόστος των εκπεμπόμενων ρύπων για τα τρία σενάρια δειξιδυσης. Εφόσον οι εκπεμπόμενοι ρύποι ανά μονάδα παραγωγής αυξάνονται με την αύξηση του φορτίου του συστήματος είναι λογικό, με την αύξηση των ηλεκτρικών οχημάτων, να αυξάνονται οι εκπεμπόμενοι ρύποι.

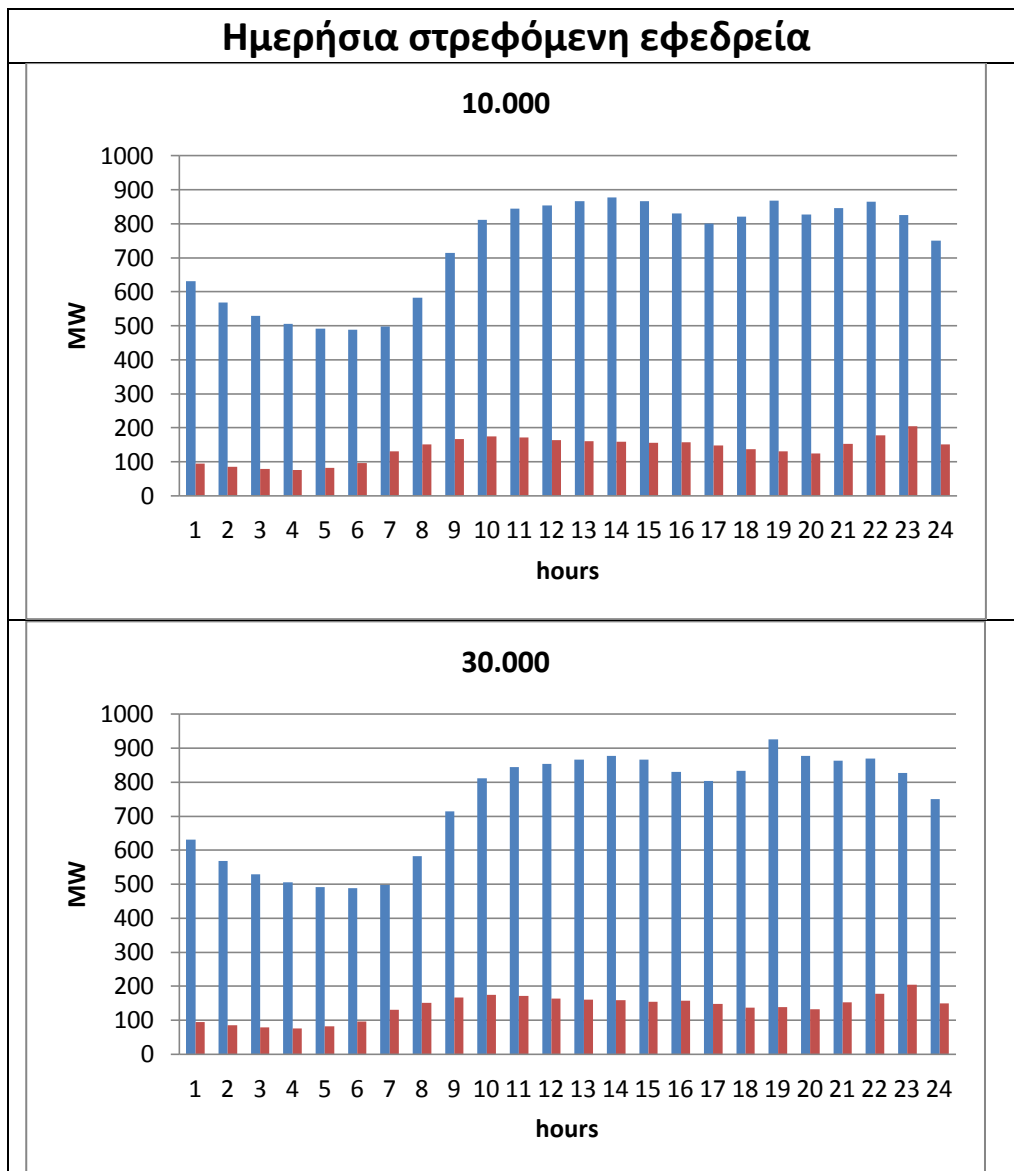


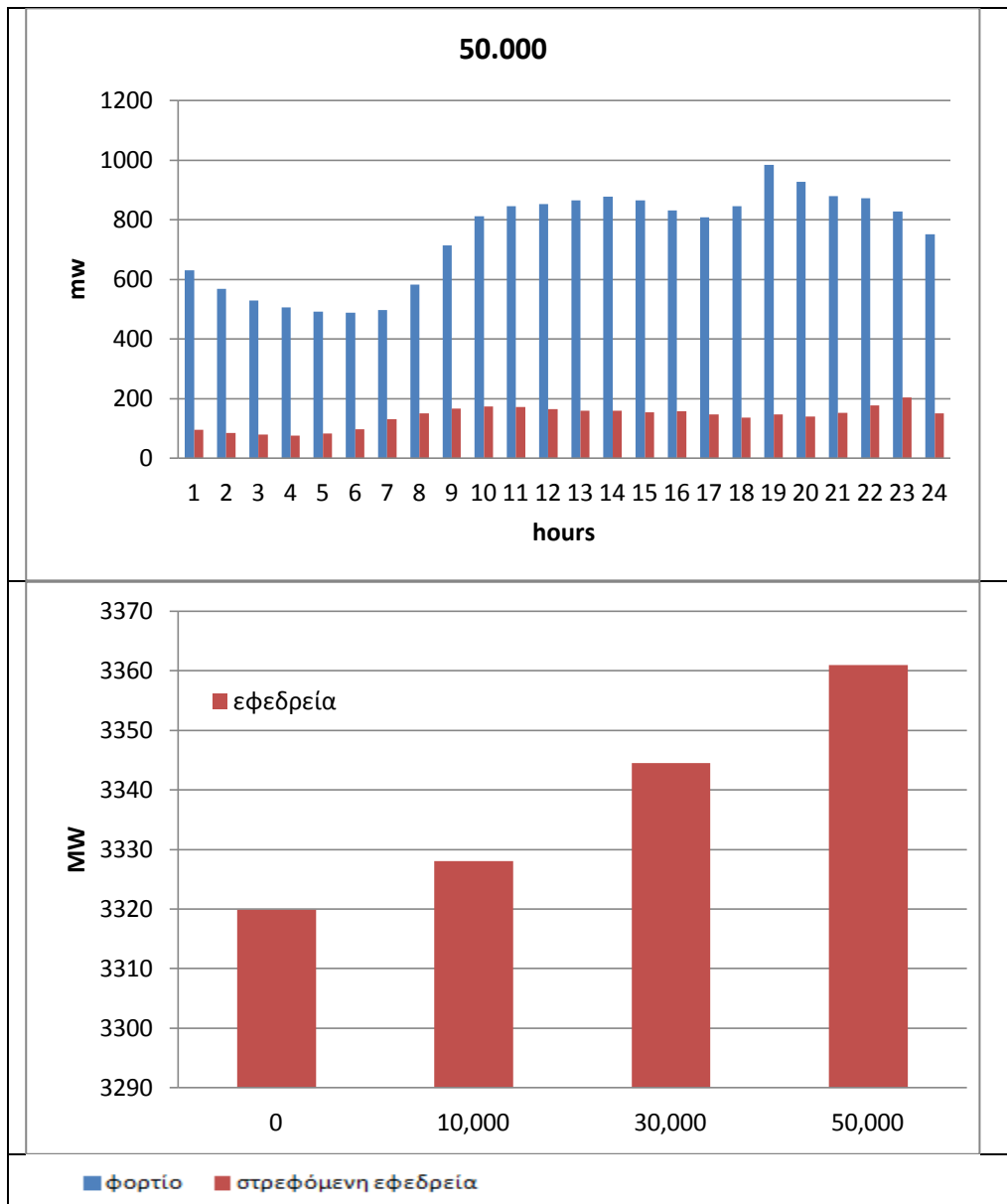
διάγραμμα 36: θερινό ημερήσιο κόστος εκπεμπόμενων ρύπων για μη ελεγχόμενη φόρτιση

➤ Στρεφόμενη εφεδρεία

Παρακάτω φαίνεται η ημερήσια στρεφόμενη εφεδρεία για τα τρία σενάρια δειξιδυσης. Με την εισαγωγή περισσότερων οχημάτων στο δίκτυο, αυξάνεται η

ζήτηση του φορτίου και συνεπώς αυξάνεται και η στρεφόμενη εφεδρεία του συστήματος.

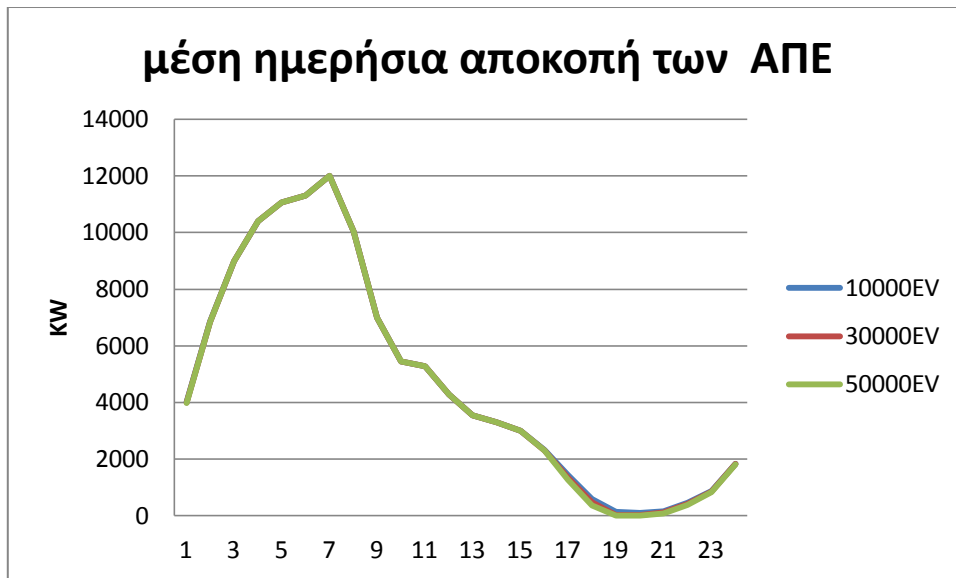




Πίνακας 10:θερινή ημερήσια στρεφόμενη εφεδρεία για φόρτιση dumb

➤ Αποκοπή των ΑΠΕ

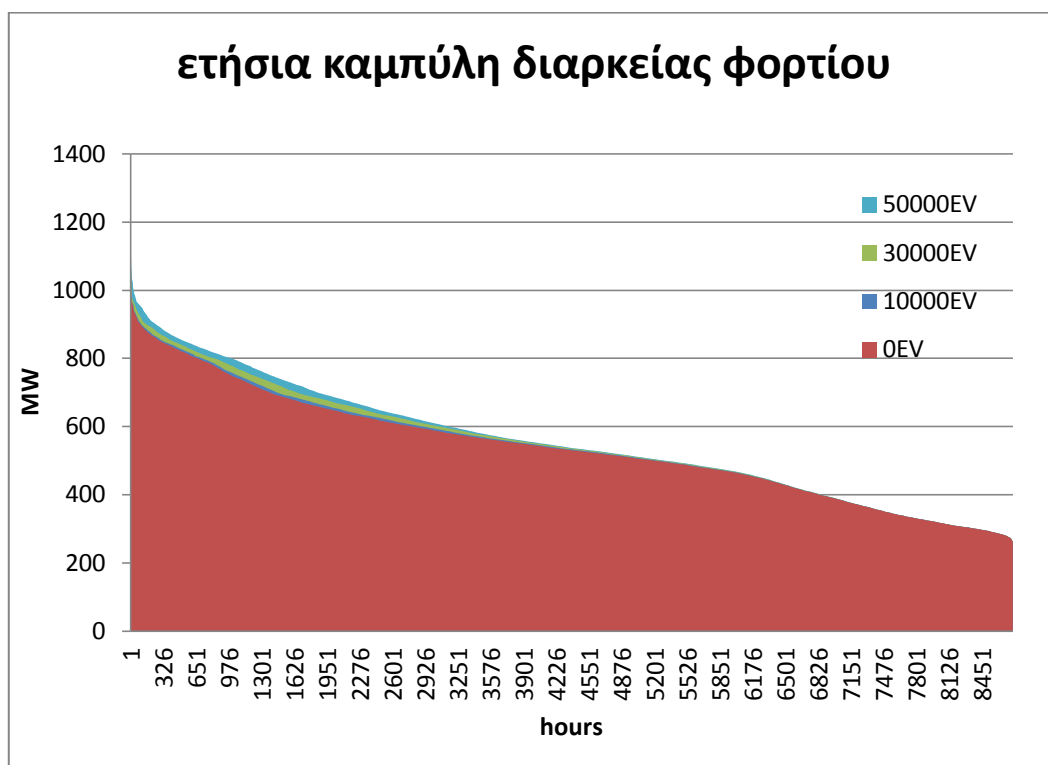
Παρακάτω παρουσιάζεται η μέση ημερήσια αποκοπή των ΑΠΕ για τα τρία σενάρια διείσδυσης ηλεκτρικών οχημάτων, η οποία έχει προκύψει ως μέσος όρος της ετήσιας αποκοπής των ΑΠΕ. Παρατηρούμε ότι καθημερινά αποκόπτεται ένα πολύ μικρό ποσό της ενέργειας αυτής, το οποίο αγγίζει τα 12MW σε μέγιστη αποκοπή, ενώ υπάρχουν ώρες μέσα στη μέρα που η αποκοπή είναι μηδενική.



διάγραμμα 37: μέση ημερήσια αποκοπή των ΑΠΕ για μη ελεγχόμενη φόρτιση

Ετήσια αποτελέσματα

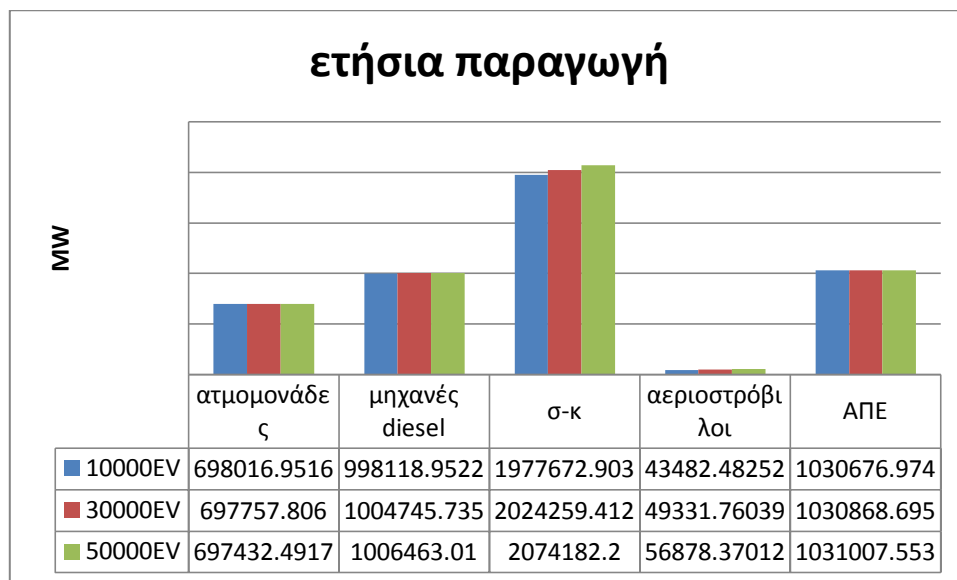
Ακολουθούν οι ετήσιες καμπύλες διάρκειας για τα τρία σενάρια διεύθυνσης ηλεκτρικών οχημάτων με μη ελεγχόμενη φόρτιση. Παρατηρούμε ότι σε περίπτωση μη ελεγχόμενης φόρτισης, το επιπλέον φορτίο λόγω των ηλεκτρικών οχημάτων προστίθεται έτσι ώστε να αυξάνονται οι ώρες αιχμής του συστήματος.



διάγραμμα 38: ετήσια καμπύλη διάρκειας φορτίου (μη ελεγχόμενη φόρτιση)

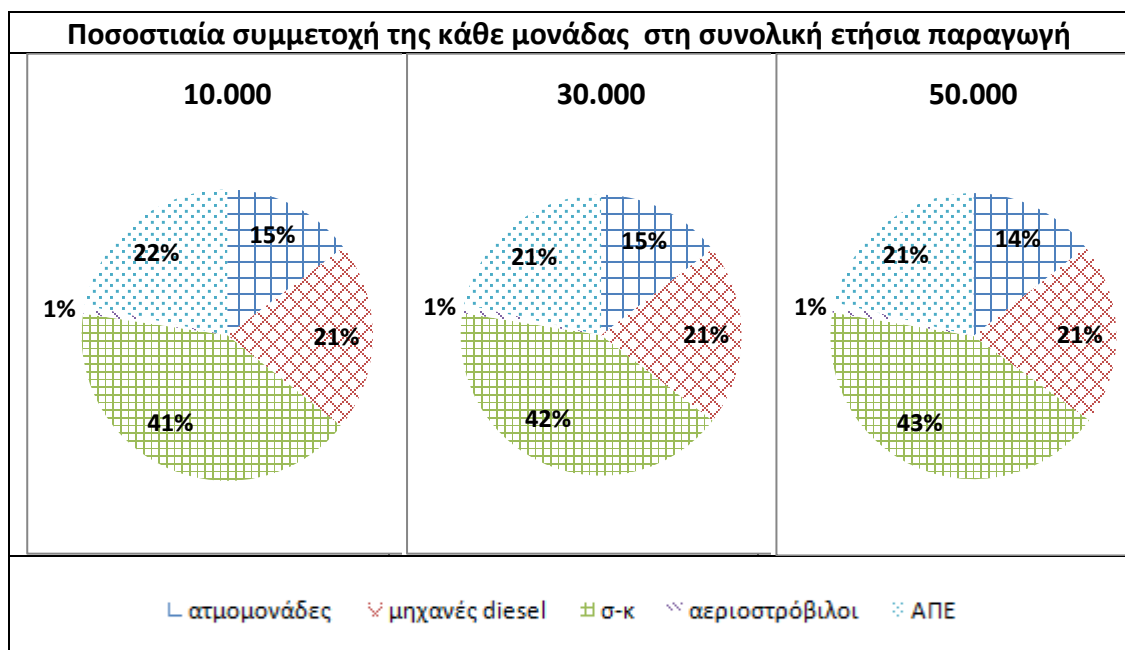
➤ Προγραμματισμός των μονάδων

Σε ετήσια βάση παρατηρούμε οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής, ενώ στην συνέχεια ακολουθούν οι μονάδες ΑΠΕ και οι μηχανές diesel. Με την αύξηση των ηλεκτρικών οχημάτων στο δίκτυο η παραγωγή των ατμομονάδων και των μονάδων ΑΠΕ παραμένει σταθερή ενώ αυξάνεται η παραγωγή των υπολοίπων μονάδων του συστήματος.



διάγραμμα 39: ετήσιος προγραμματισμός των μονάδων για μη ελεγχόμενη φόρτιση

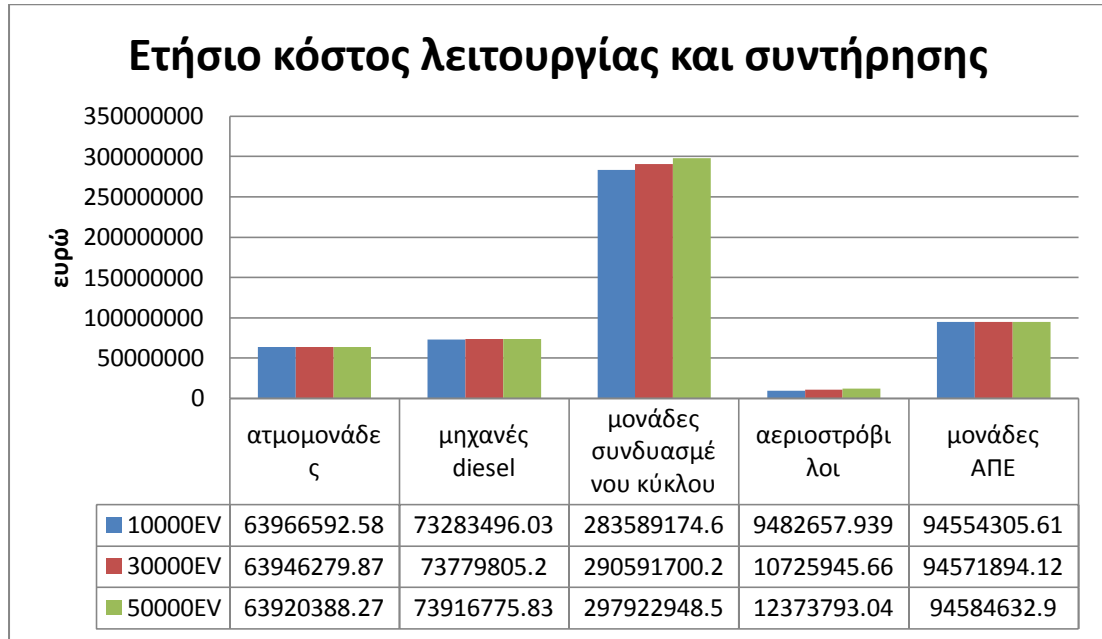
Ακολουθεί η ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στη συνολική παραγωγή:



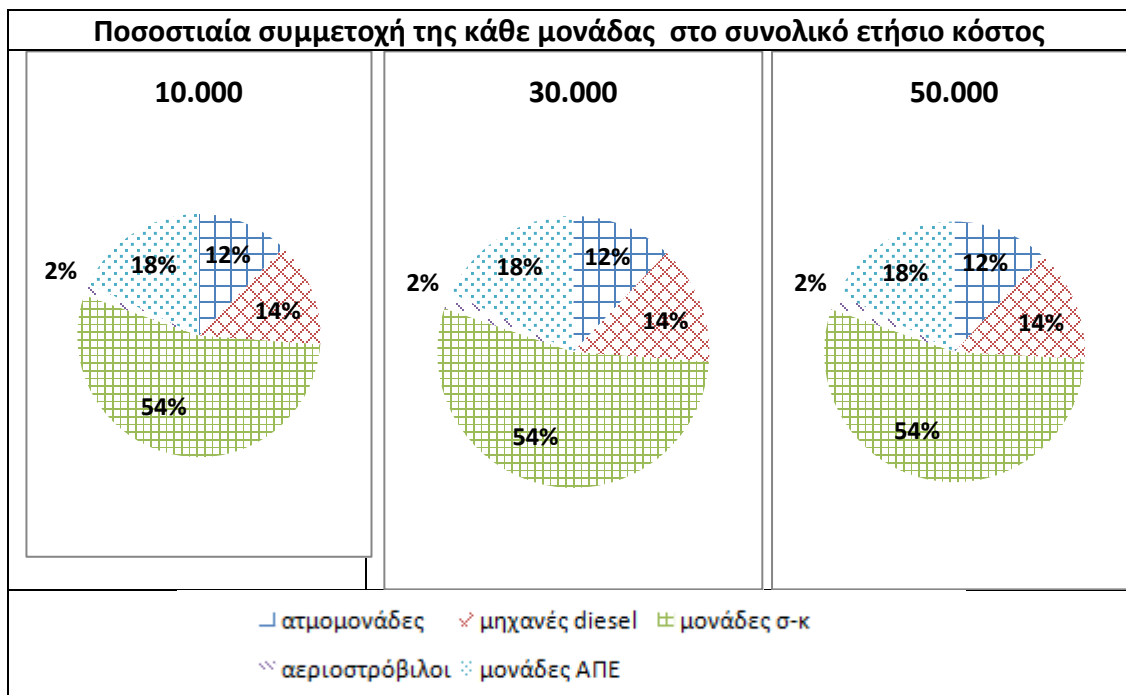
Πίνακας 11: ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στην ετήσια παραγωγή για μη ελεγχόμενη φόρτιση

➤ Οικονομική αποτίμηση

Στο διάγραμμα αυτό παρατηρούμε ότι παρ'όλο που οι μονάδες ΑΠΕ και οι μηχανές diesel καλύπτουν αντίστοιχα ποσοστά παραγωγής για τα τρία σενάρια διείσδυσης, εντούτοις οι μονάδες ΑΠΕ είναι ακριβότερες κατά 4% περίπου από τις μηχανές diesel.

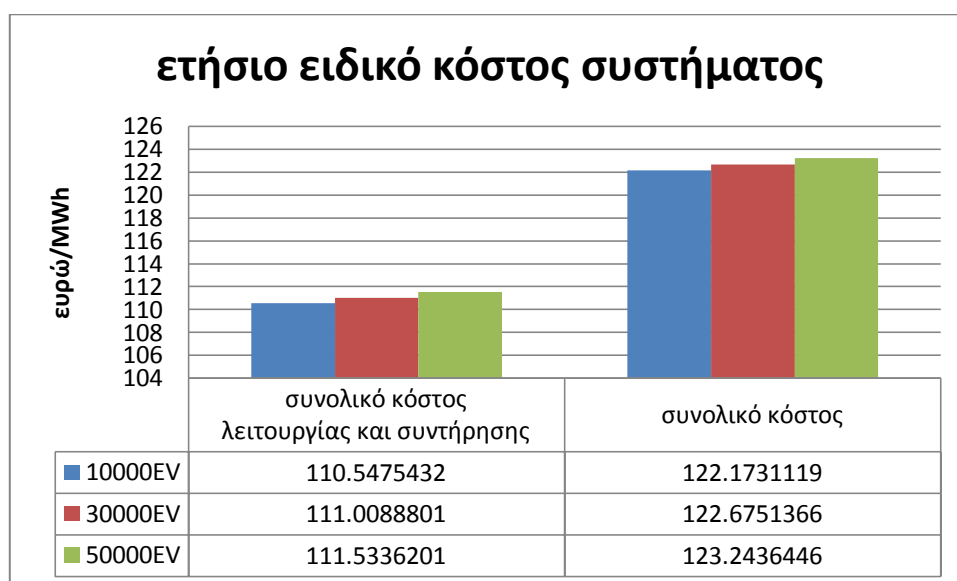


διάγραμμα 40: ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης για μη ελεγχόμενη φόρτιση



Πίνακας 12: ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στο ετήσιο κόστος για μη ελεγχόμενη φόρτιση

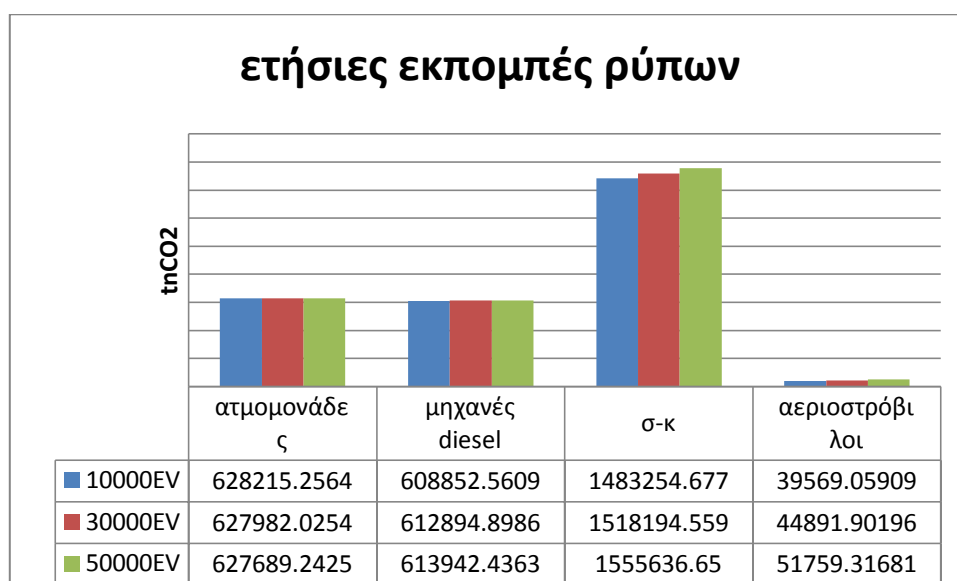
Με το παρακάτω απλουστευμένο διάγραμμα φαίνεται η χρέωση της παραγωγής ανά μεγαβατώρα. Στο συνολικό κόστος συμπεριλαμβάνεται η χρέωση των εκπεμπόμενων ρύπων των μονάδων παραγωγής.



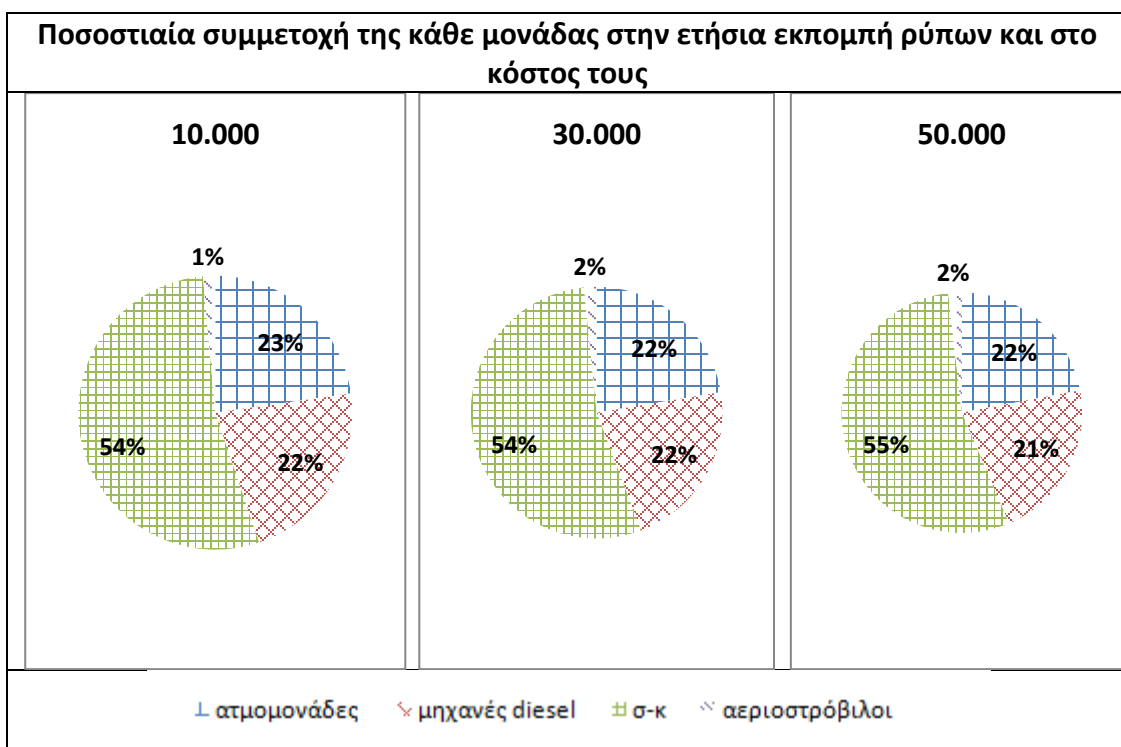
διάγραμμα 41: ετήσιο ειδικό κόστος συστήματος για φόρτιση dumb

➤ Εκπεμπόμενοι ρύποι

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται οι ετήσιες εκπομπές ρύπων ανά μονάδα. Παρατηρούμε ότι οι ατμομονάδες εκπέμπουν περίπου 1% περισσότερους ρύπους από τις μηχανές diesel παρ'όλο που συνεισφέρουν κατά 6% λιγότερο στην συνολική παραγωγή.

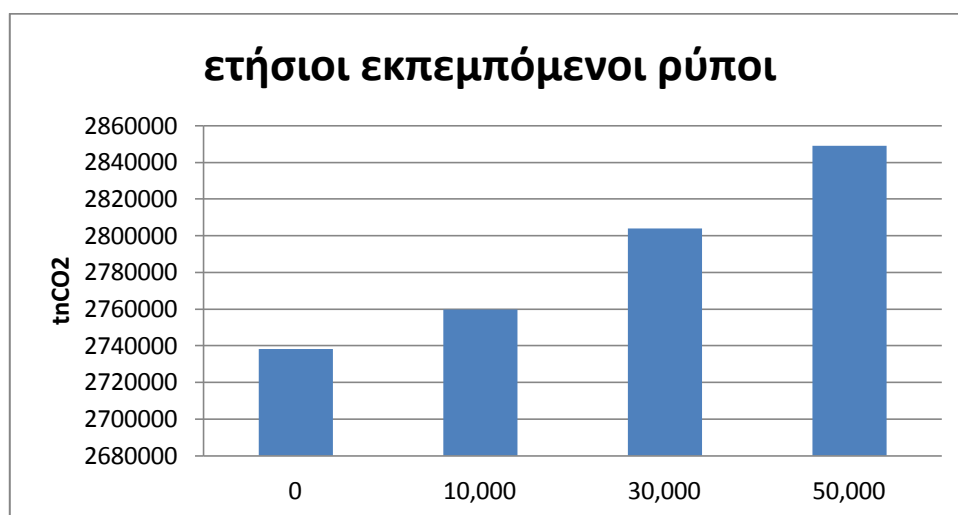


διάγραμμα 42 :ετήσιοι εκπεμπόμενοι ρύποι ανά μονάδα για φόρτιση dumb



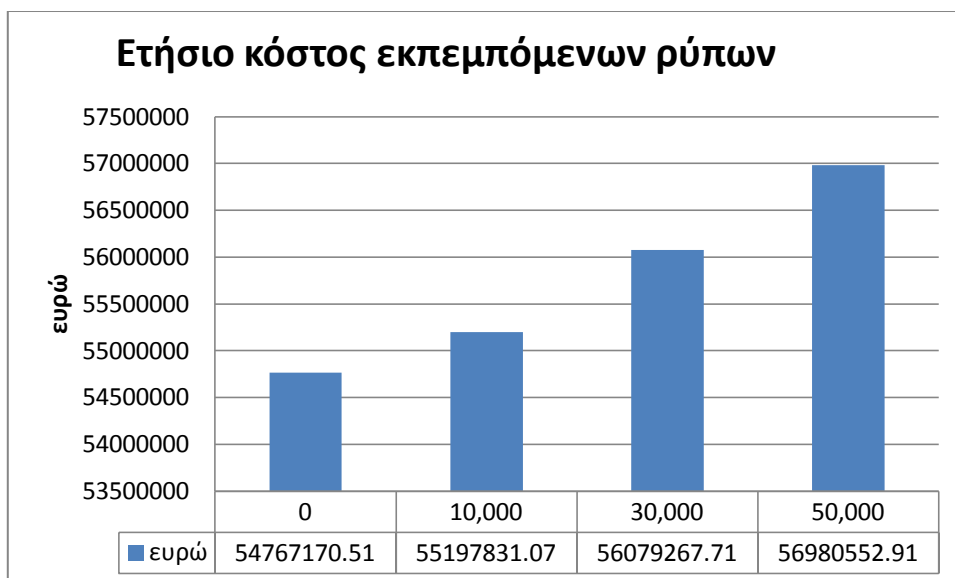
Πίνακας 13: ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στην ετήσια εκπομπή ρύπων και στο κόστος τους για μη ελεγχόμενη φόρτιση

Στα παρακάτω διαγράμματα φαίνονται οι εκπομπές ρύπων και η χρέωση τους για τα διαφορετικά σενάρια διείσδυσης οχημάτων:



διάγραμμα 43 :ετήσιες εκπομπές ρύπων για τα τρία σενάρια διείσδυσης η/ο μη ελεγχόμενης φόρτισης

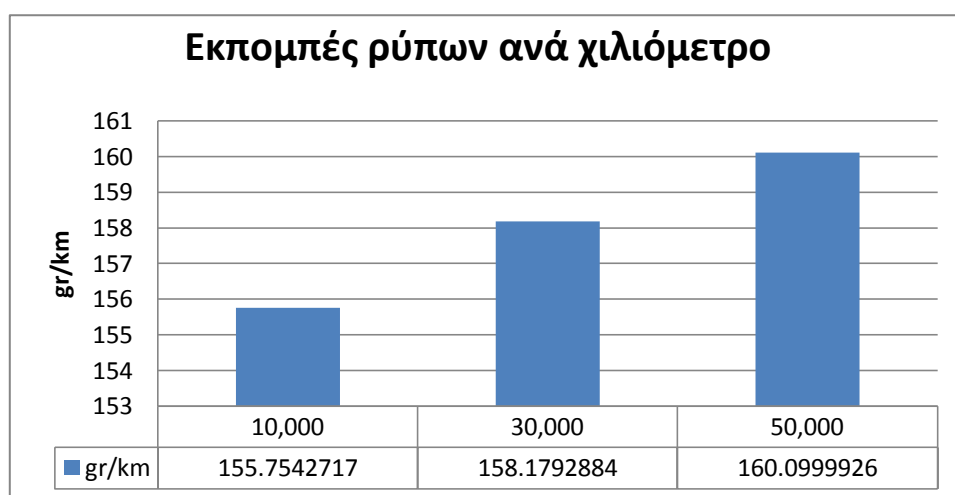
Παρατηρούμε ότι με την αύξηση των ηλεκτρικών οχημάτων οι εκπομπές των ρύπων αυξάνονται ανάλογα και το ίδιο και το κόστος τους.



διάγραμμα 44: ετήσιο κόστος εκπεμπόμενων ρύπων για μη ελεγχόμενη φόρτιση

Γνωρίζοντας τώρα τις εκπομπές των ρύπων των μονάδων παραγωγής και στις τρεις περιπτώσεις διείσδυσης οχημάτων ,αλλά και τις εκπομπές ρύπων του συστήματος πριν την εισαγωγή αυτών , έχει ενδιαφέρον να μελετήσουμε αν η εισαγωγή των ηλεκτρικών οχημάτων στο δίκτυο ,τα οποία κινούμενα δεν εκπέμπουν καθόλου ρύπους , τελικά είναι πιο οικολογικά σε σχέση με αυτοκίνητα εσωτερικής καύσης ,τα οποία κινούμενα εκπέμπουν ρύπους.

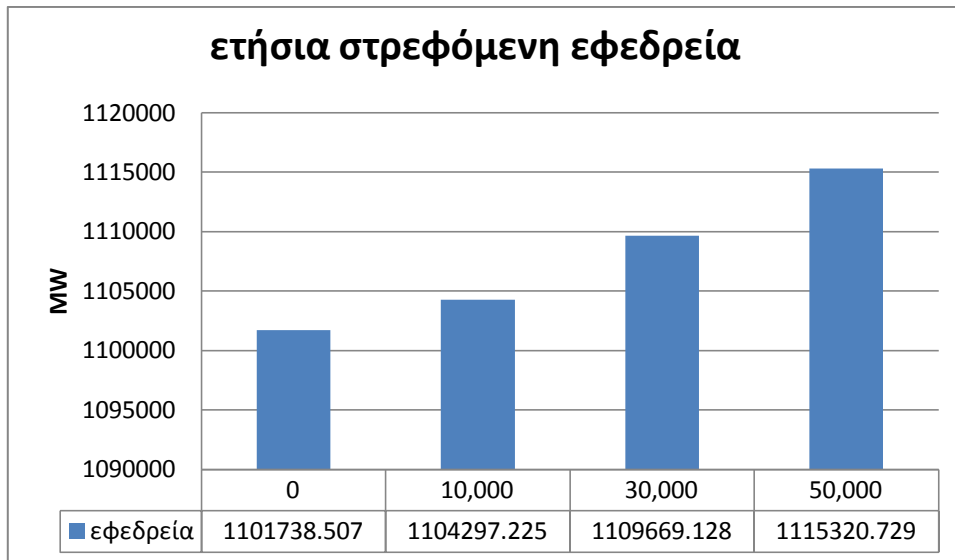
Επομένως γνωρίζοντας την ποσότητα των επιπρόσθετων ρύπων που εκπέμπονται από το σύστημα παραγωγής προκειμένου να ικανοποιηθεί το επιπλέον φορτίο που εξυπηρετεί τις ενεργειακές ανάγκες των οχημάτων, καθώς επίσης και το σύνολο των ηλεκτρικών οχημάτων και της ημερήσιας διαδρομής που αυτά διανύουν μπορούμε να υπολογίσουμε την ποσότητα των ρύπων που αντιστοιχεί σε κάθε διανυόμενο χιλιόμετρο. Όλα αυτά φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα:



διάγραμμα 45:εκπομπές ρύπων ανά χιλιόμετρο (περίπτωση μη ελεγχόμενης φόρτισης)

➤ Στρεφόμενη εφεδρεία

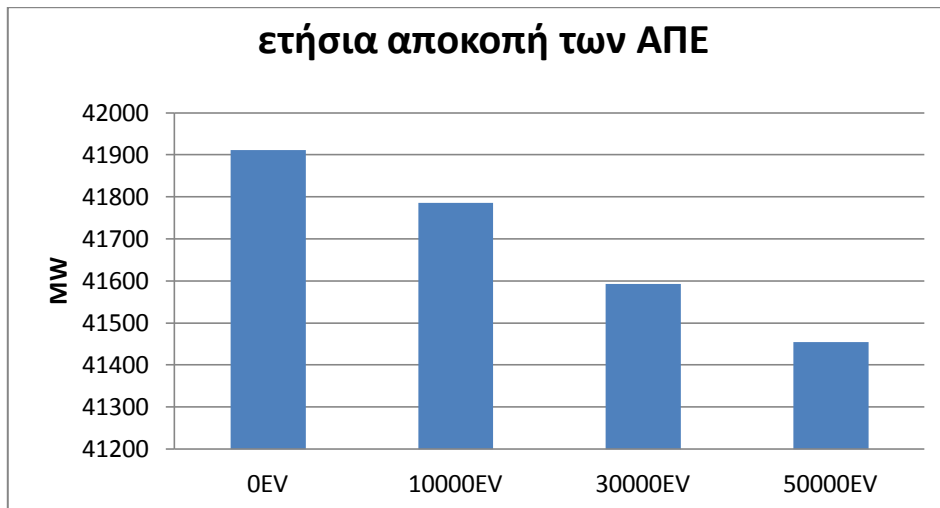
Σε ετήσια βάση επαληθεύονται οι παρατηρήσεις των ημερήσιων διαγραμμάτων. Με την αύξηση των ηλεκτρικών οχημάτων αυξάνεται το φορτίο του συστήματος και ως εκ τούτου η ετήσια στρεφόμενη εφεδρεία.



διάγραμμα 46: ετήσια στρεφόμενη εφεδρεία για φόρτιση dumb

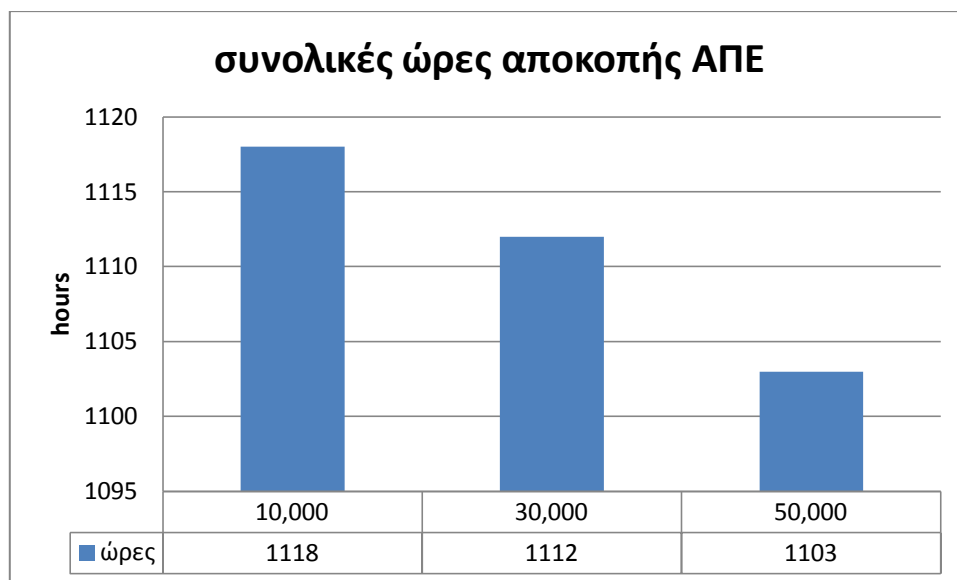
➤ Αποκοπή των ΑΠΕ

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η ετήσια αποκοπή των ΑΠΕ σε σχέση με την ετήσια παραγωγή. Και για τα τρία διαφορετικά σενάρια διείσδυσης η αποκοπή των ΑΠΕ είναι περίπου στο 4% της συνολικής παραγωγής. Στο διάγραμμα φαίνεται καθαρά ότι με την αύξηση των ηλεκτρικών οχημάτων η ποσότητα των ΑΠΕ που αποκόπτεται μειώνεται. Με την είσοδο 50.000 οχημάτων απορροφώνται επιπλέον περίπου 460MW σε σύγκριση με το σενάριο όπου δεν υπάρχουν καθόλου ηλεκτρικά οχήματα στο δίκτυο.



διάγραμμα 47: ετήσια αποκοπή των ΑΠΕ για μη ελεγχόμενη φόρτιση

Σε ετήσια μελέτη έχουν βρεθεί οι ώρες κατά τις οποίες υπάρχει πλήρης απορρόφηση των ΑΠΕ και ως εκ τούτου, οι ώρες μέσα στο έτος κατά τις οποίες υπάρχει περίσσεια ανεκμετάλλευτη ενέργεια από ΑΠΕ, στην περίπτωση κατά την οποία τα ηλεκτρικά οχήματα που υπάρχουν στο δίκτυο ακολουθούν μη ελεγχόμενη φόρτιση. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον επόμενο πίνακα:



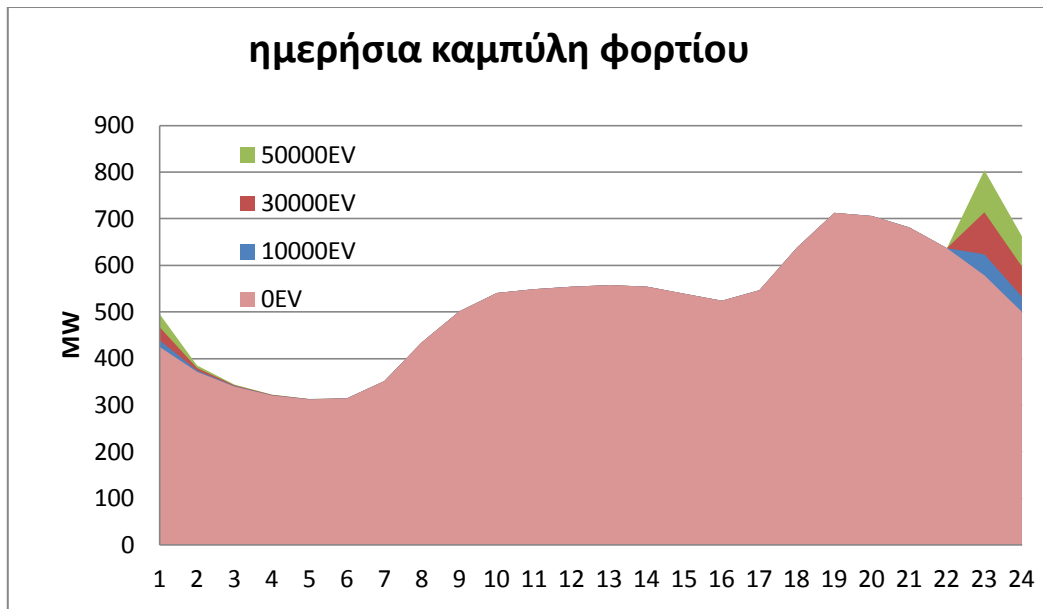
διάγραμμα 48:συνολικές ώρες αποκοπής των ΑΠΕ για τα τρία σενάρια διείσδυσης, περίπτωση μη ελεγχόμενης φόρτισης

3.2.3 Ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιάσουμε τα τρία σενάρια διείσδυσης ηλεκτρικών οχημάτων, όταν αυτά πραγματοποιούν ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο. Αρχικά θα παρουσιαστούν δύο τυπικές ημέρες μέσα στο έτος, μία χειμερινή και μία θερινή. Έπειτα, θα γενικευτούν τα αποτελέσματα για ένα ολόκληρο έτος.

Τυπική ημέρα χειμώνα

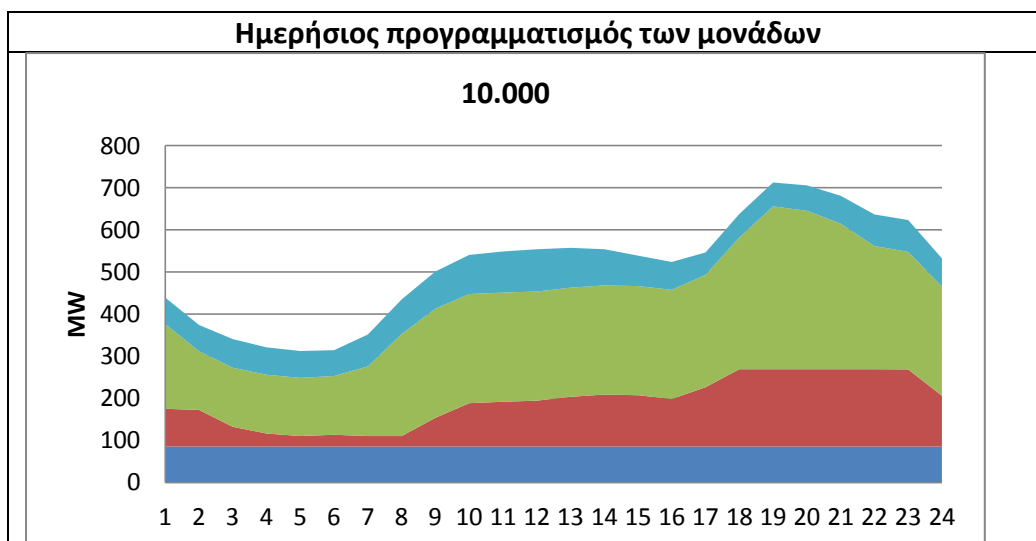
Ακολουθεί η ημερήσια καμπύλη ζήτησης μιας τυπικής χειμερινής ημέρας, στην οποία τα ηλεκτρικά οχήματα φορτίζουν με ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο. Κατά την διάρκεια του χειμώνα, όλα τα ηλεκτρικά οχήματα ξεκινούν την φόρτιση στις 11 το βράδυ. Για τον λόγο αυτό, σε σχέση με την περίπτωση μηδενικών οχημάτων στο δίκτυο και στα τρία διαφορετικά σενάρια διείσδυσης έχουμε μία αυξανόμενη αιχμή την ώρα έναρξης φόρτισης.

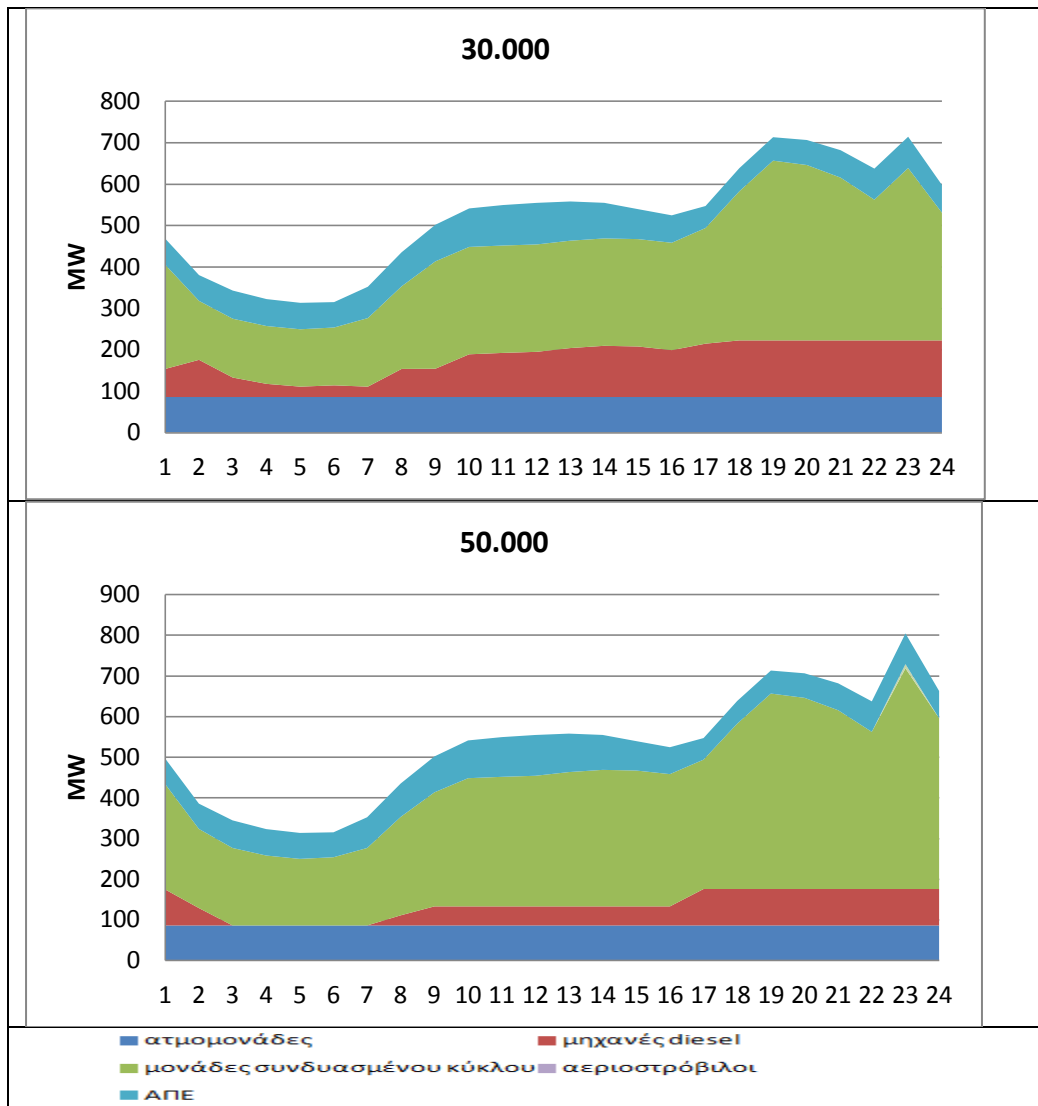


διάγραμμα 49:ημερήσια χειμερινή καμπύλη φορτίου για φόρτιση dual tariff

➤ Προγραμματισμός των μονάδων

Ακολουθεί ο ημερήσιος προγραμματισμός των μονάδων για μία τυπική χειμερινή μέρα, ελεγχόμενης φόρτισης με διζωνικό τιμολόγιο. Από τον παρακάτω πίνακα του ημερήσιου προγραμματισμού παρατηρούμε ότι με την αύξηση των ηλεκτρικών οχημάτων υπάρχει μία ολοένα αυξανόμενη χρήση των μονάδων συνδυασμένου κύκλου, η οποία κορυφώνεται τις ώρες μέγιστης ζήτησης φορτίου.Επίσης με την αύξηση του αριθμού των ηλεκτρικών οχημάτων, οι μηχανές diesel συνεισφέρουν όλο και λιγότερο στην ημερήσια εξυπηρέτηση του φορτίου,καταλήγοντας στην τρίτη περίπτωση ,εισαγωγής 50.000 οχημάτων να μην λειτουργούν καθόλου τις ώρες ελάχιστης ζήτησης.

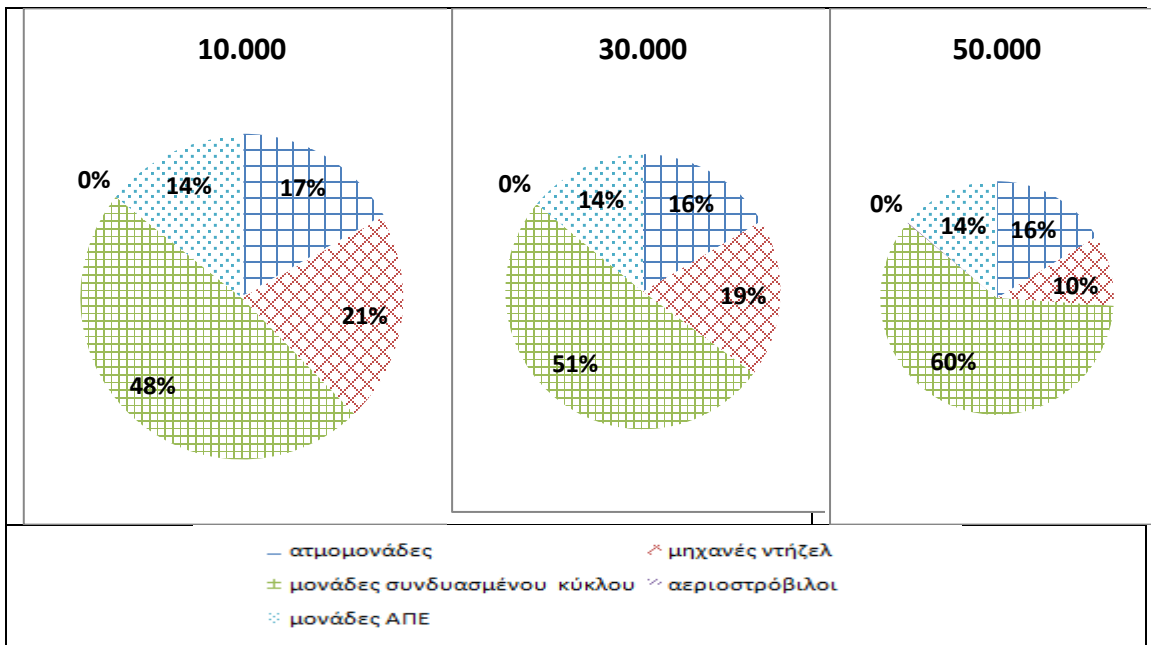




Πίνακας 16: ημερήσιος προγραμματισμός των μονάδων για μία χειμερινή ημέρα για ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο

Παρακάτω παρουσιάζεται η ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στην ημερήσια παραγωγή από την οποία φαίνεται ότι μόνο στο σενάριο εισαγωγής 50.000 οχημάτων χρησιμοποιούνται οι αεριοστρόβιλοι, σε ένα ποσοστό ,που δεν αγγίζει ούτε το 1% της συνολικής παραγωγής.

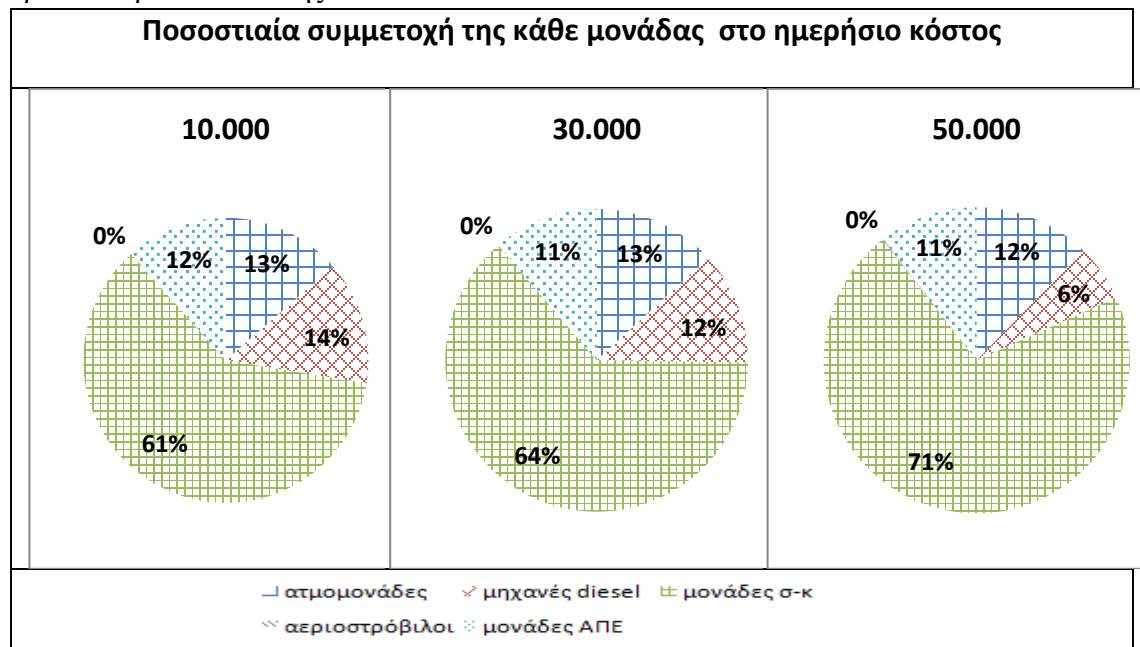
Ημερήσια ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στην παραγωγή



Πίνακας 17: ποσοστιαία συμμετοχή των μονάδων στην χειμερινή ημερήσια παραγωγή για ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο

➤ Οικονομική αποτίμηση

Ακολουθεί η ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στο ημερήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης του συστήματος για μια τυπική χειμερινή ημέρα, στα τρία σενάρια διεύθυνσης.

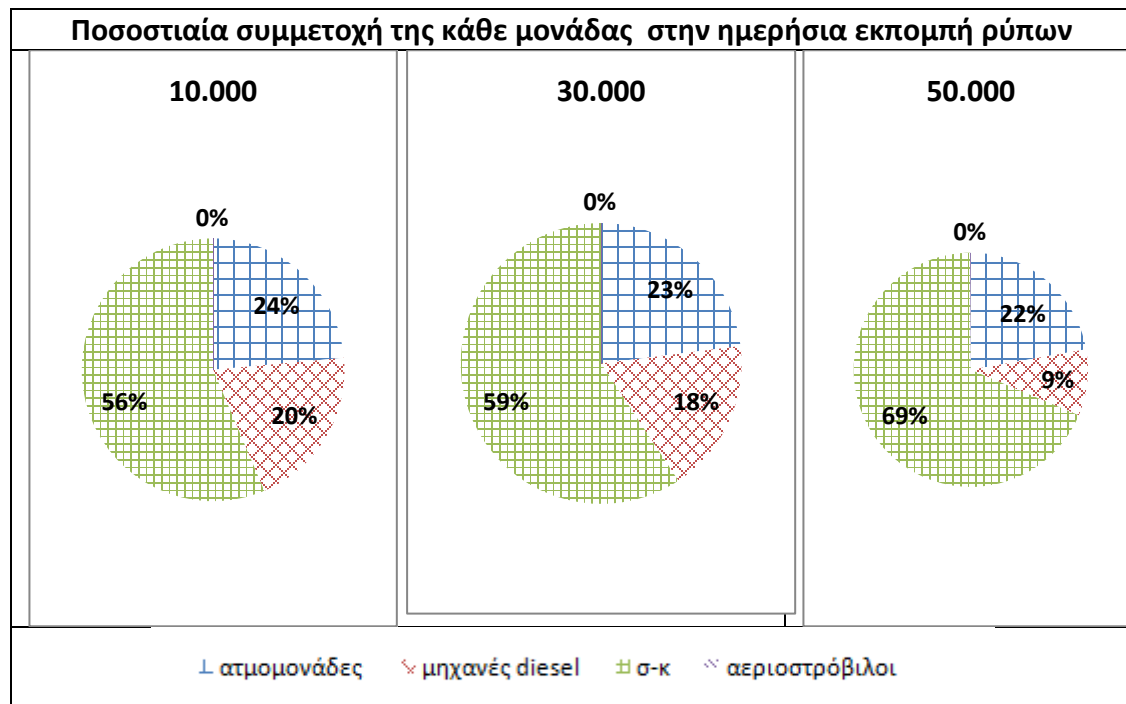


Πίνακας 18: ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στο ημερήσιο χειμερινό κόστος για ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο

➤ Εκπεμπόμενοι ρύποι

Οι εκπομπές των ρύπων των μονάδων παραγωγής είναι ανάλογες με την παραγωγή της κάθε μονάδας αλλά και από το είδος της μονάδας. Για τον λόγο αυτό, παρ'όλο που οι ατμομονάδες στα δύο πρώτα σενάρια διείσδυσης συνεισφέρουν κατά 4% λιγότερο από τις μηχανές diesel, εκπέμπουν περίπου 5% περισσότερους ρύπους ημερησίως. Τελικά εφόσον οι εκπεμπόμενοι ρύποι ανά μονάδα παραγωγής αυξάνονται με την αύξηση του φορτίου του συστήματος είναι λογικό, με την αύξηση των ηλεκτρικών οχημάτων, να αυξάνονται οι εκπεμπόμενοι ρύποι. Ενδιαφέρον προκαλεί η μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων των μηχανών diesel, οι οποίες για 10.000 οχήματα αποτελούν το 20% των συνολικών ρύπων, ενώ για 50.000 οχήματα η συμμετοχή τους είναι 9%.

Τα παραπάνω φαίνονται στο διάγραμμα ποσοστιαίας συμμετοχής της κάθε μονάδας στην ημερήσια εκπομπή και στο κόστος των ρύπων:



Πίνακας 19: ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στην ημερήσια εκπομπή και στο κόστος των ρύπων για μία χειμερινή μέρα ελεγχόμενης φόρτισης με διζωνικό τιμολόγιο

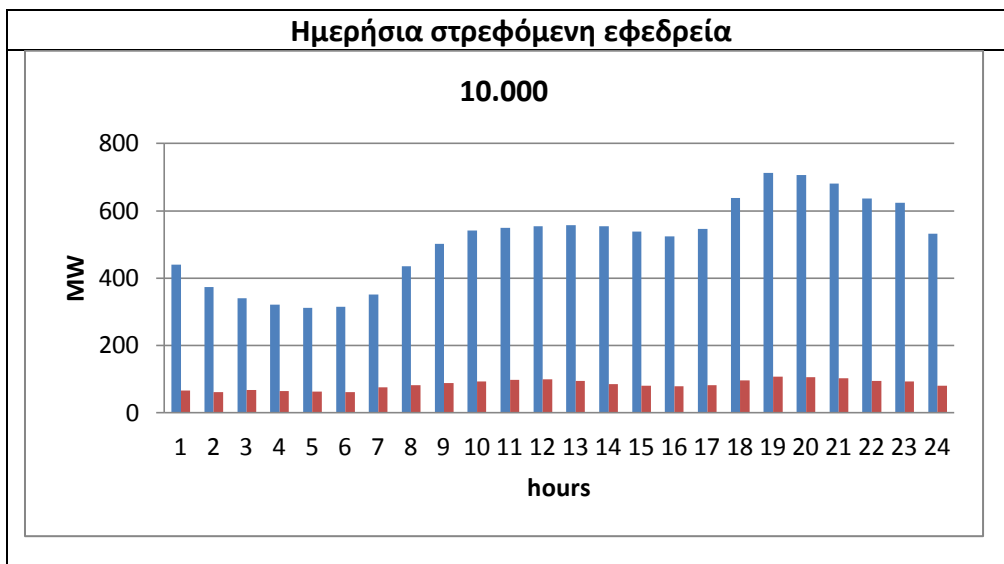
Εφόσον οι εκπεμπόμενοι ρύποι ανά μονάδα παραγωγής αυξάνονται με την αύξηση του φορτίου του συστήματος είναι λογικό, με την αύξηση των ηλεκτρικών οχημάτων, να αυξάνονται οι εκπεμπόμενοι ρύποι και το κόστος τους. Ακολουθεί το κόστος των εκπεμπόμενων ρύπων για τα τρία σενάρια διείσδυσης.

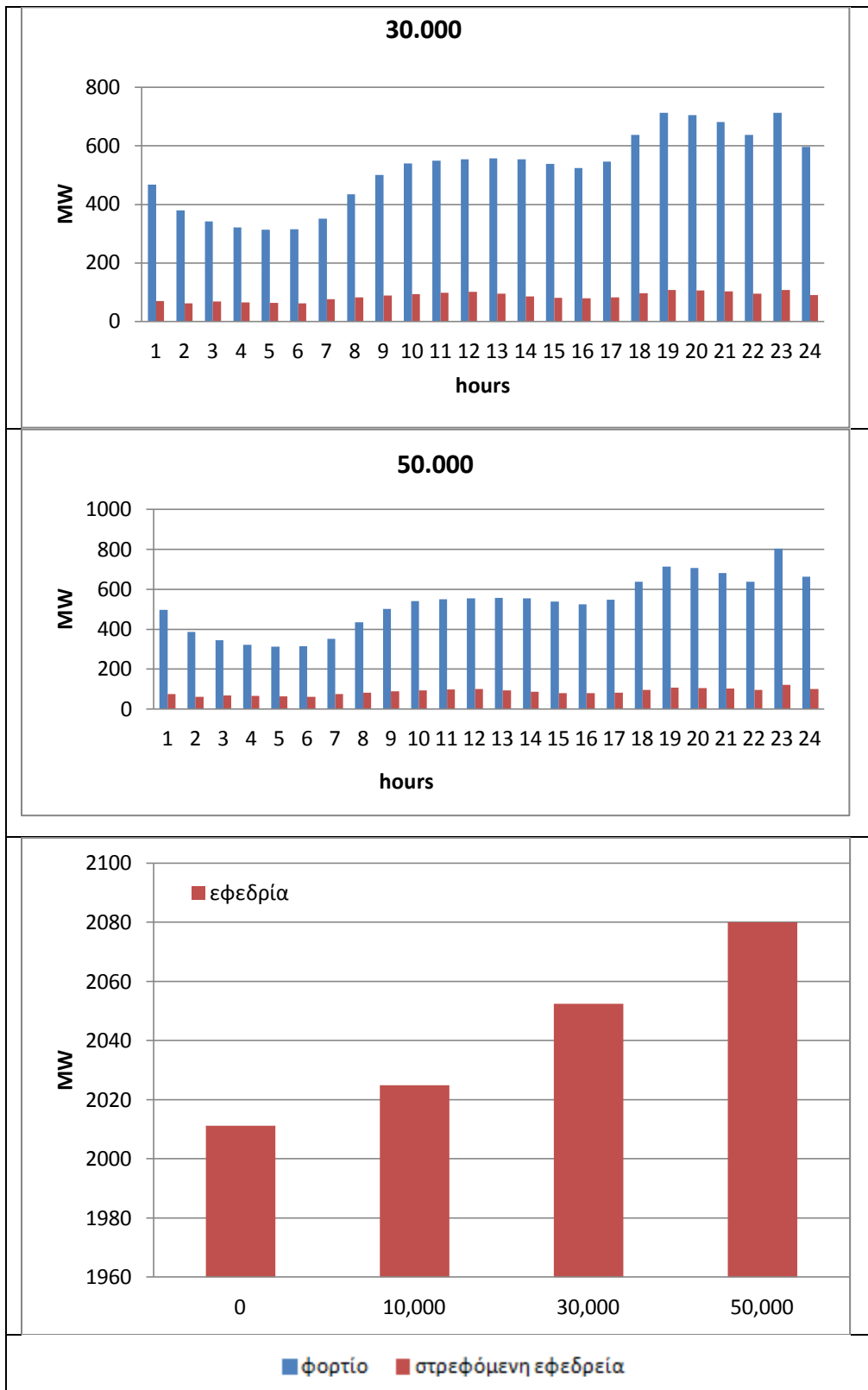


διάγραμμα 50: ημερήσιο χειμερινό κόστος εκπεμπόμενων ρύπων για ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο

➤ Στρεφόμενη εφεδρεία

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η στρεφόμενη εφεδρεία του συστήματος , μίας χειμερινής μέρας ελεγχόμενης φόρτισης με διζωνικό τιμολόγιο:

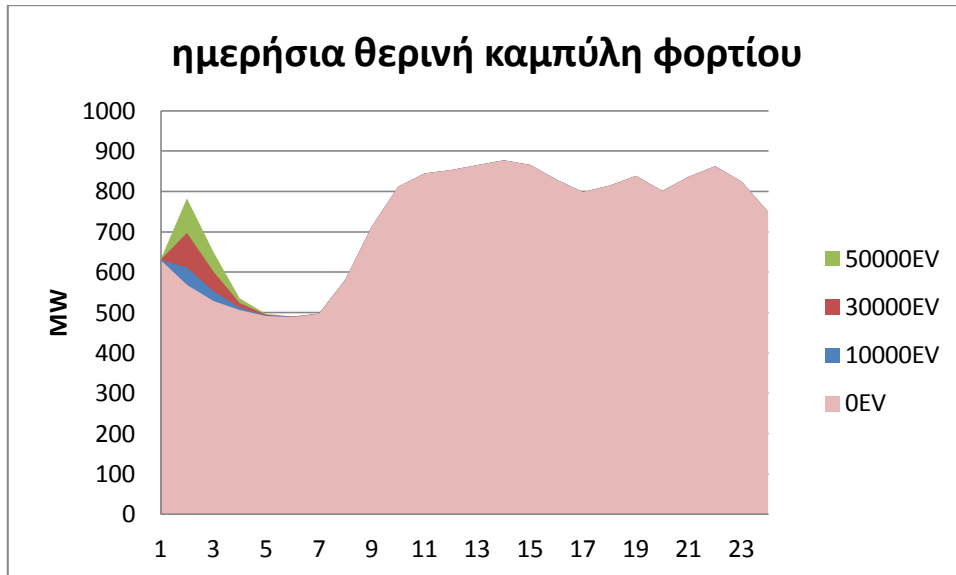




Πίνακας 20: χειμερινή ημερήσια στροφόμενη εφεδρεία για ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο

Τυπική καλοκαιρινή ημέρα

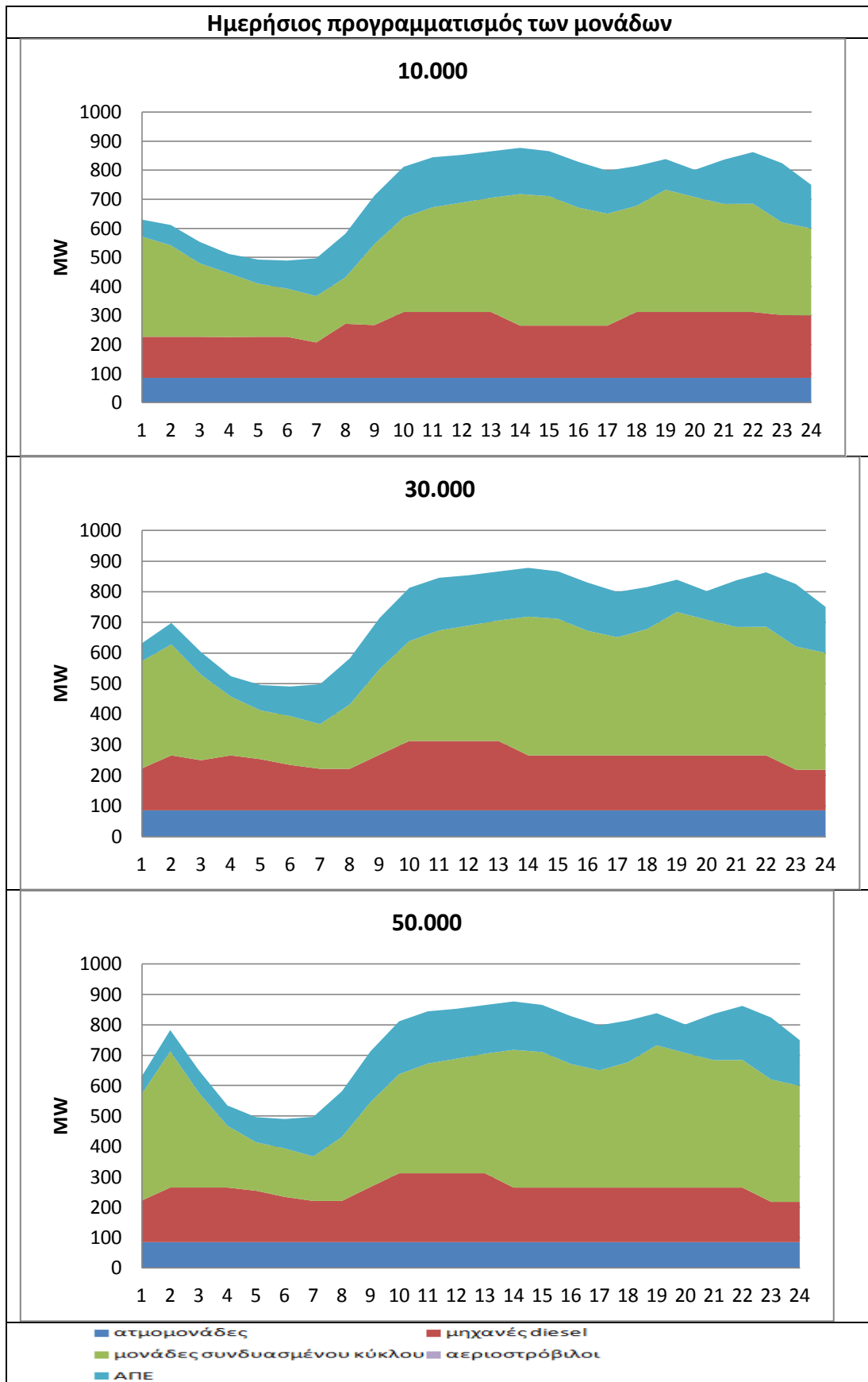
Η καμπύλη ζήτησης μιας καλοκαιρινής ημέρας είναι η ακόλουθη. Κατά την διάρκεια του καλοκαιριού η ώρα έναρξης φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων, μεταφέρεται στις 2 το πρωί και για τον λόγο αυτό παρατηρούμε μία σημαντική αύξηση του φορτίου την ώρα εκείνη. Κατά τ'άλλα η είσοδος των ηλεκτρικών οχημάτων δεν επηρεάζει την ημερήσια αιχμή, ούτε την υπόλοιπη καμπύλη του φορτίου μετά τις 6 το πρωί όπου η φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων έχει ολοκληρωθεί.



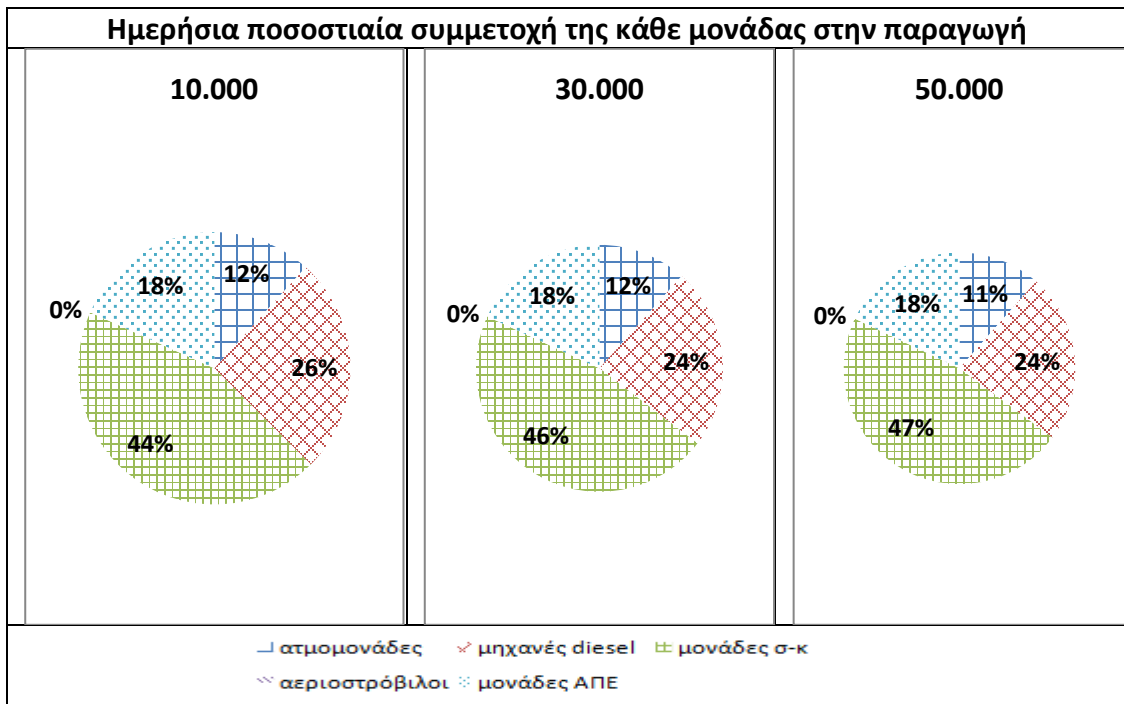
διάγραμμα 51: ημερήσια θερινή καμπύλη φορτίου για ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο

➤ Προγραμματισμός των μονάδων

Από τον επόμενο πίνακα βλέπουμε ότι η αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας λόγω της εισαγωγής των ηλεκτρικών οχημάτων την ώρα έναρξης φόρτισης εξυπηρετείται κυρίως από τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου. Οι υπόλοιπες μονάδες παραγωγής και για τα τρία σενάρια διείσδυσης δεν επηρεάζονται από την εισαγωγή των ηλεκτρικών οχημάτων με εξαίρεση τις μηχανές diesel οι οποίες εμφανίζουν μια μικρή μείωση της τάξης του 1% στην παραγωγή από την αύξηση των ηλεκτρικών οχημάτων από 10.000 σε 30.000.



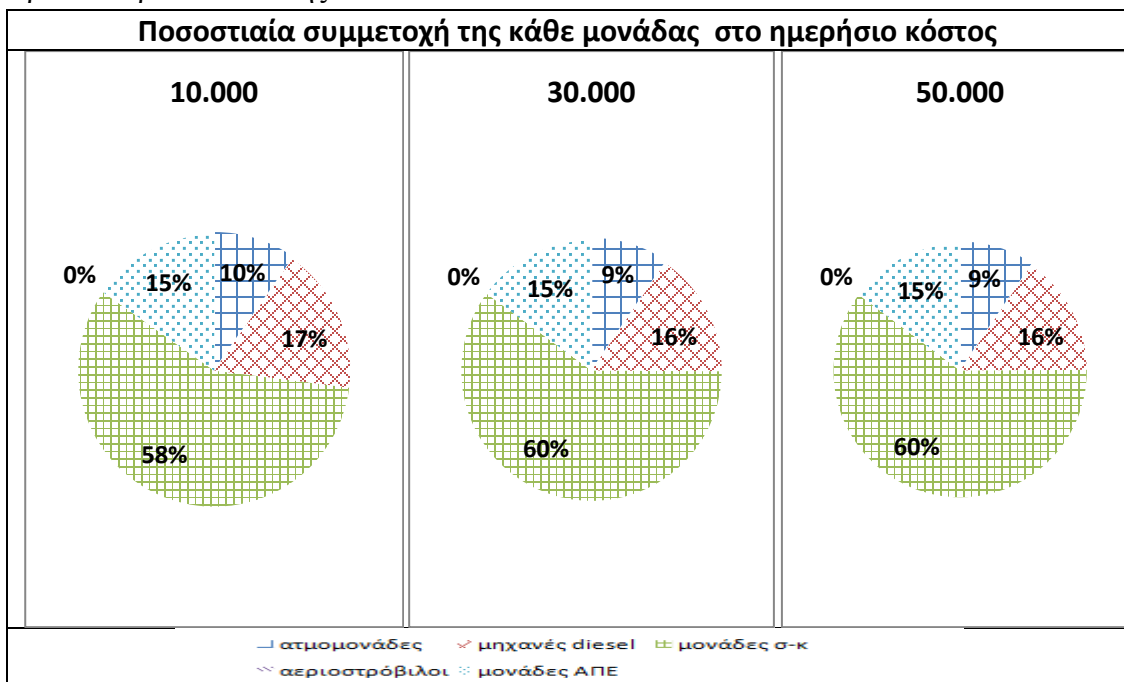
Πίνακας 21: ημερήσιος προγραμματισμός των μονάδων για μία καλοκαιρινή μέρα φόρτισης dual tariff



Πίνακας 22: ποσοστιαία συμμετοχή των μονάδων στην θερινή ημερήσια παραγωγή για ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο

➤ Οικονομική αποτίμηση

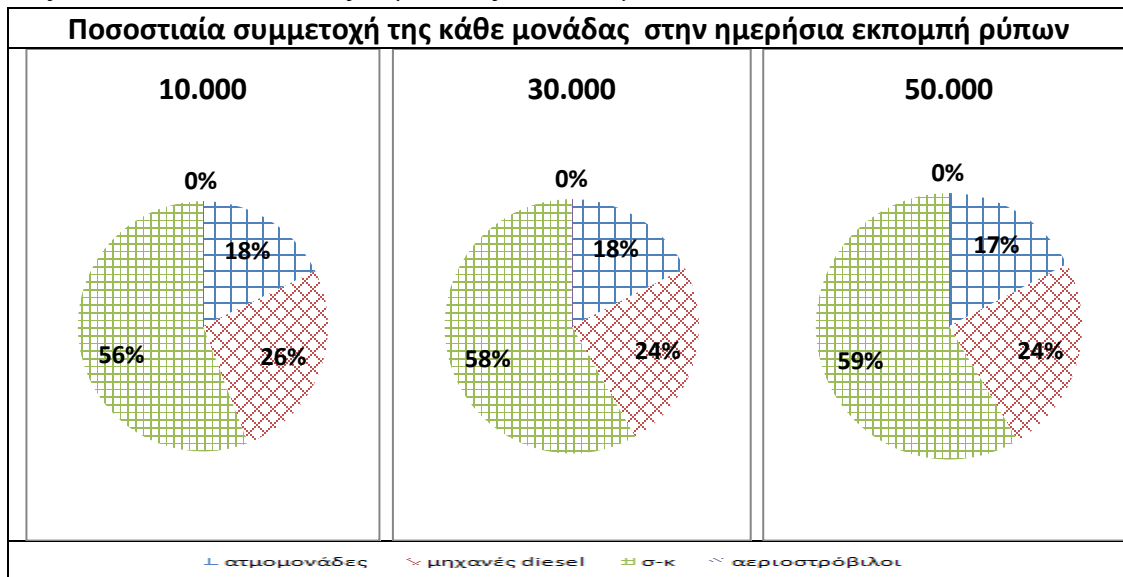
Ακολουθεί η ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στο ημερήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης του συστήματος για μια τυπική καλοκαιρινή ημέρα, στα τρία σενάρια διεξόδου.



Πίνακας 23: ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στο ημερήσιο θερινό κόστος για ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο

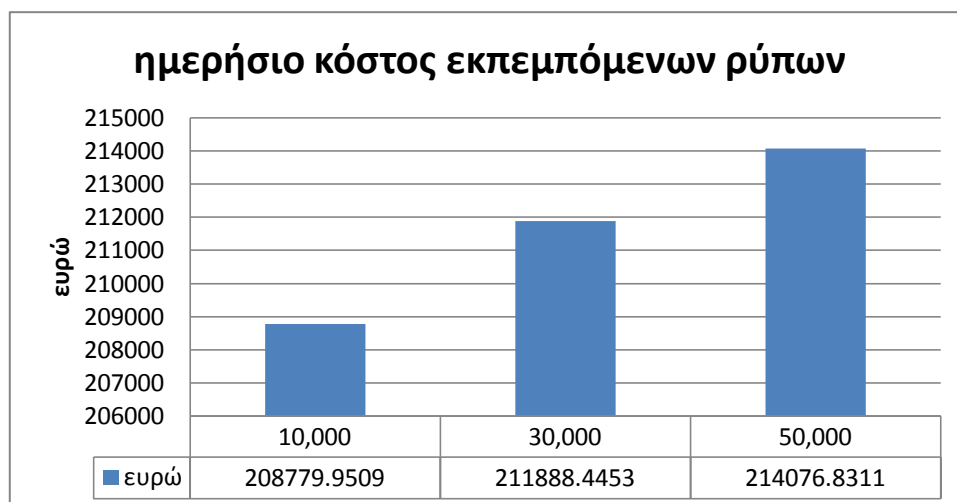
➤ Εκπεμπόμενοι ρύποι

Στο παρακάτω διάγραμμα ακολουθεί η ποσοστιαία συμμετοχή των συμβατικών μονάδων στο κόστος και στην εκπομπή των ρύπων ανά μονάδα παραγωγής για τα τρία σενάρια διεύθυνσης. Παρατηρούμε ότι οι ρύποι αυξάνονται με την αύξηση των οχημάτων και ότι οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου έχουν την μεγαλύτερη συμβολή στους εκπεμπόμενους ρύπους. Επίσης και για τα τρία σενάρια διεύθυνσης η συμμετοχή της κάθε μονάδας στην ημερήσια εκπομπή των ρύπων εμφανίζει πολύ μικρές μεταβολές : οι μηχανές diesel μειώνουν το ποσοστό τους κατά 2% και ανάλογα αυξάνουν το ποσοστό τους οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου.



Πίνακας 24: ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στην θερινή ημερήσια εκπομπή και στο κόστος των ρύπων (ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο)

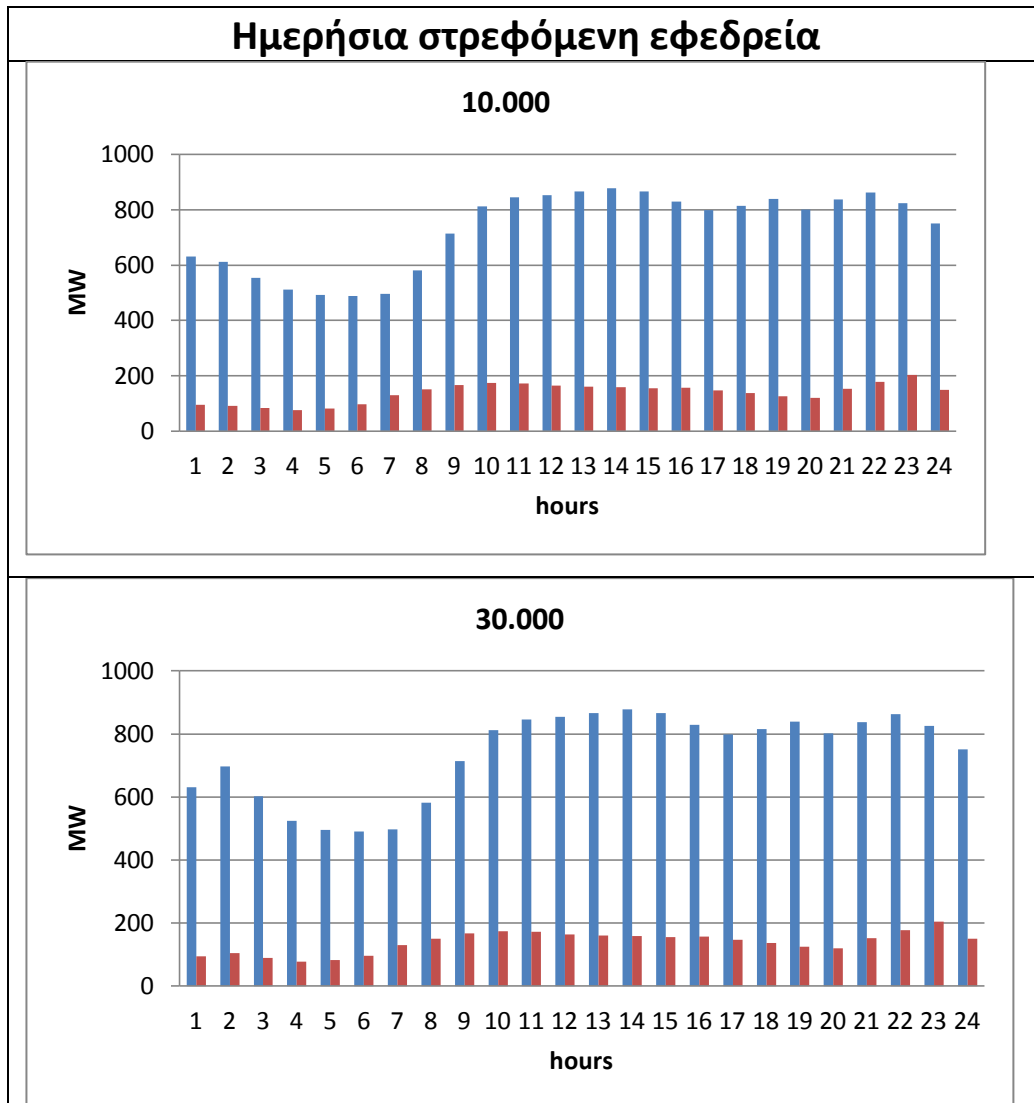
Αντίστοιχα με την εκπομπή των ρύπων το κόστος τους ακολουθεί την ίδια άνοδο για τα τρία διαφορετικά σενάρια διεύθυνσης.

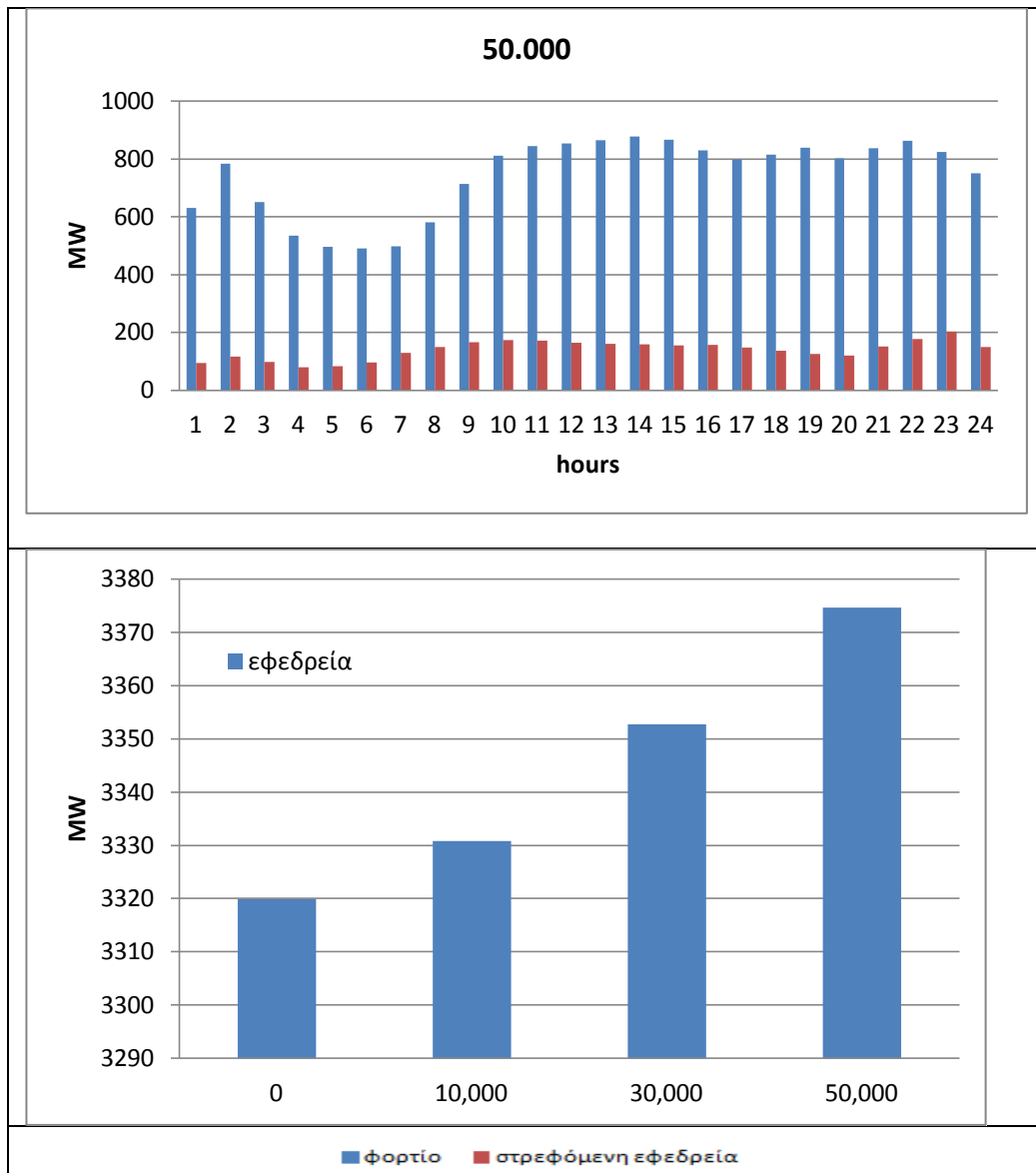


διάγραμμα 52: ημερήσιο κόστος εκπεμπόμενων ρύπων για μία θερινή μέρα ελεγχόμενης φόρτισης με διζωνικό τιμολόγιο

➤ Στρεφόμενη εφεδρεία

Για την συγκεκριμένη καλοκαιρινή ημέρα η εφεδρεία του συστήματος , ανάλογα με το σενάριο διείσδυσης ηλεκτρικών οχημάτων φαίνεται στα ακόλουθα διαγράμματα:

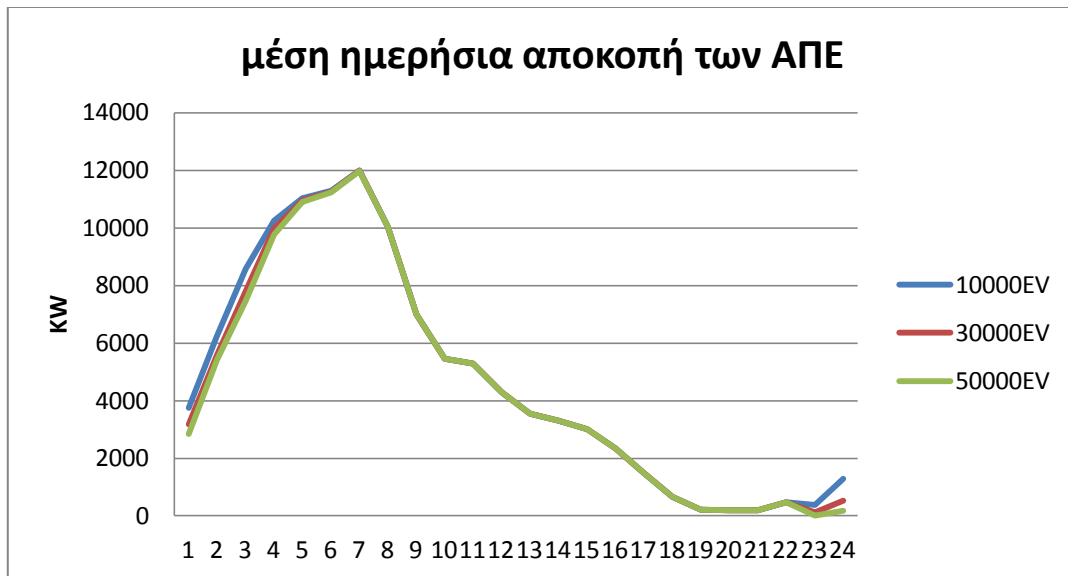




Πίνακας 25:ημερήσια στρεφόμενη εφεδρεία για μία θερινή ημέρα ελεγχόμενης φόρτισης με διζωνικό τιμολόγιο

➤ Αποκοπή των ΑΠΕ

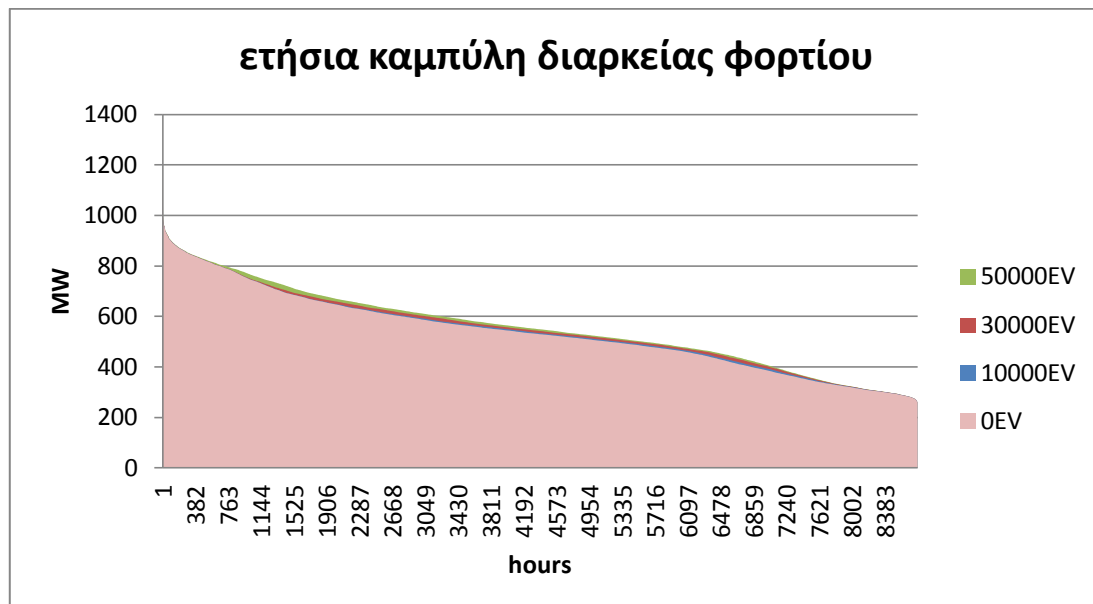
Αντίστοιχα με τα προγενέστερα ημερήσια αποτελέσματα, η αποκοπή των ΑΠΕ σε μια τυπική ημέρα είναι σχεδόν μηδενική, δηλαδή γίνεται η μέγιστη απορρόφηση. Για τον λόγο αυτό έχει βρεθεί η μέση ημερήσια αποκοπή των ΑΠΕ, για ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο. Με την βοήθεια του διαγράμματος βλέπουμε ότι καθώς αυξάνονται τα ηλεκτρικά οχήματα έχουμε μεγαλύτερη απορρόφηση ΑΠΕ τις ώρες φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων. Επιπλέον στο διάστημα 7 έως 10 το βράδυ η απορρόφηση των ΑΠΕ είναι μέγιστη. Το διάγραμμα για τα τρία σενάρια διεύθυνσης φαίνεται παρακάτω:



διάγραμμα 53: μέση ημερήσια αποκοπή των ΑΠΕ για ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο

Ετήσια αποτελέσματα

Ακολουθούν οι ετήσιες καμπύλες διάρκειας για τα τρία σενάρια διεύθυνσης ηλεκτρικών οχημάτων για ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο:

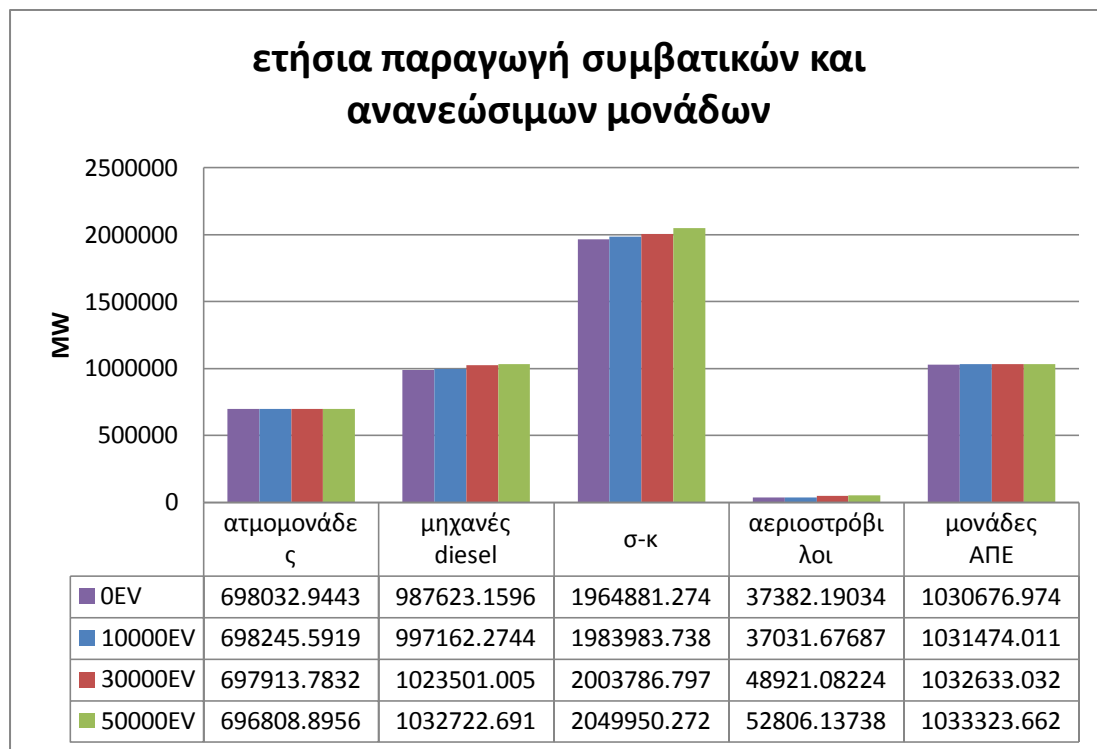


διάγραμμα 54: ετήσια καμπύλη διάρκειας φορτίου για ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο

➤ Προγραμματισμός των μονάδων

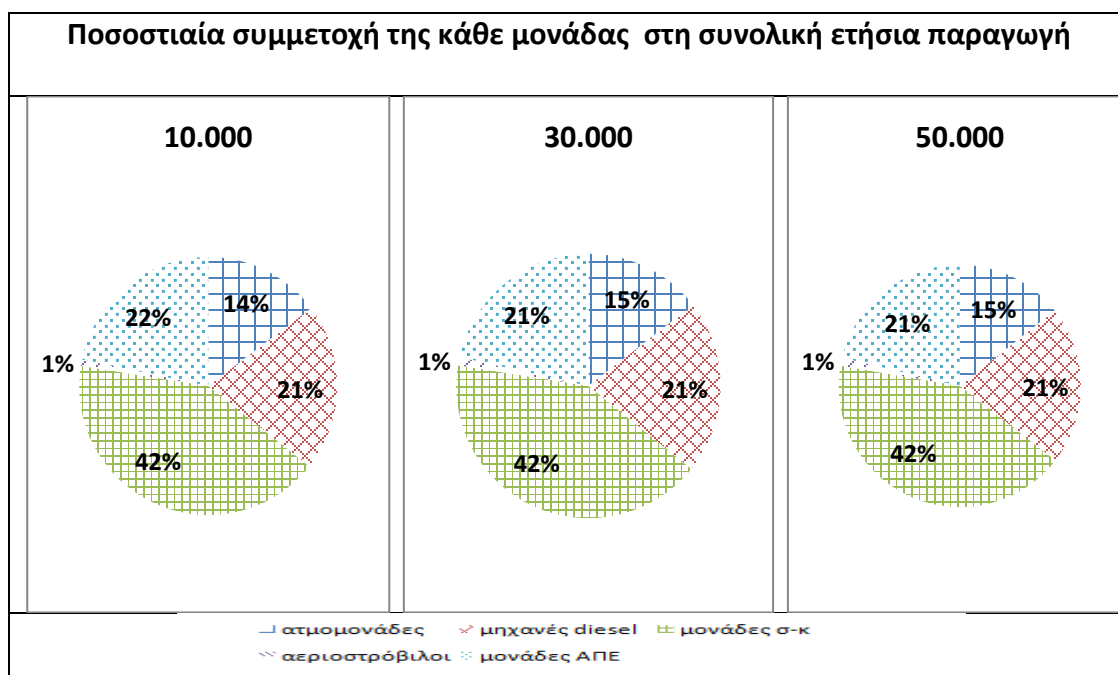
Σε ετήσια βάση η αύξηση της ζήτησης του φορτίου, εξαιτίας της αύξησης των ηλεκτρικών οχημάτων, οδηγεί σε αύξηση της παραγωγής όλων των συμβατικών μονάδων παραγωγής, διατηρώντας στις ίδιες τιμές την ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στην συνολική ετήσια παραγωγή. Μικρή εξαίρεση αποτελούν οι

ατμομονάδες οι οποίες στο σενάριο εισαγωγής 30.000 οχημάτων παράγουν κατά ένα ποσοστό 0,05% λιγότερο σε σχέση με το σενάριο εισαγωγής 10.000 οχημάτων στο δίκτυο.



διάγραμμα 55: ετήσια παραγωγή του συστήματος για ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο

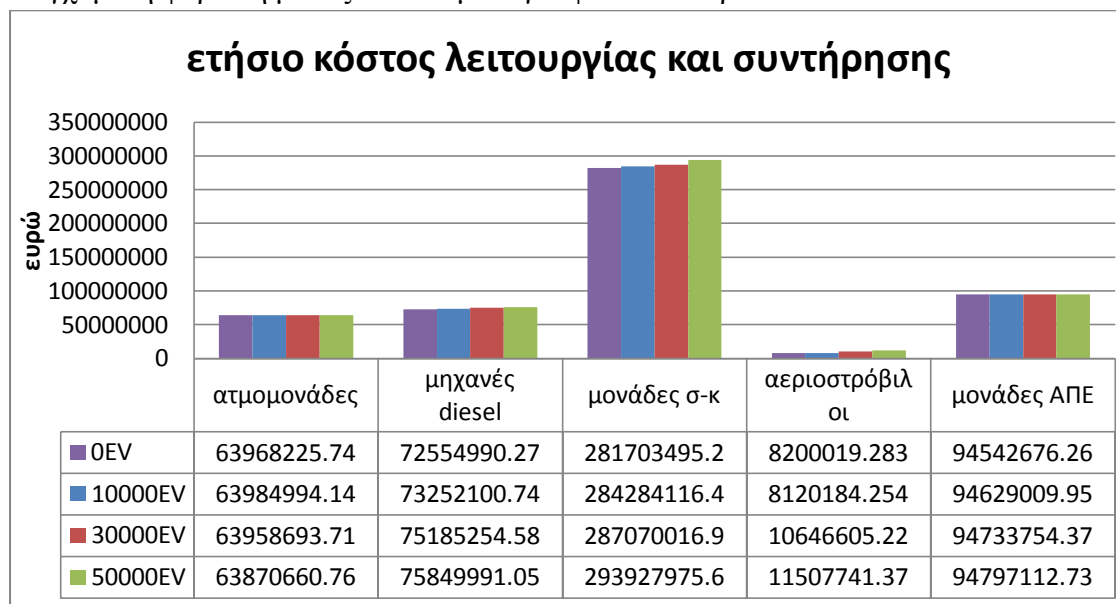
Ακολουθεί η ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στη συνολική παραγωγή:



Πίνακας 26: ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στην ετήσια παραγωγή για ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο

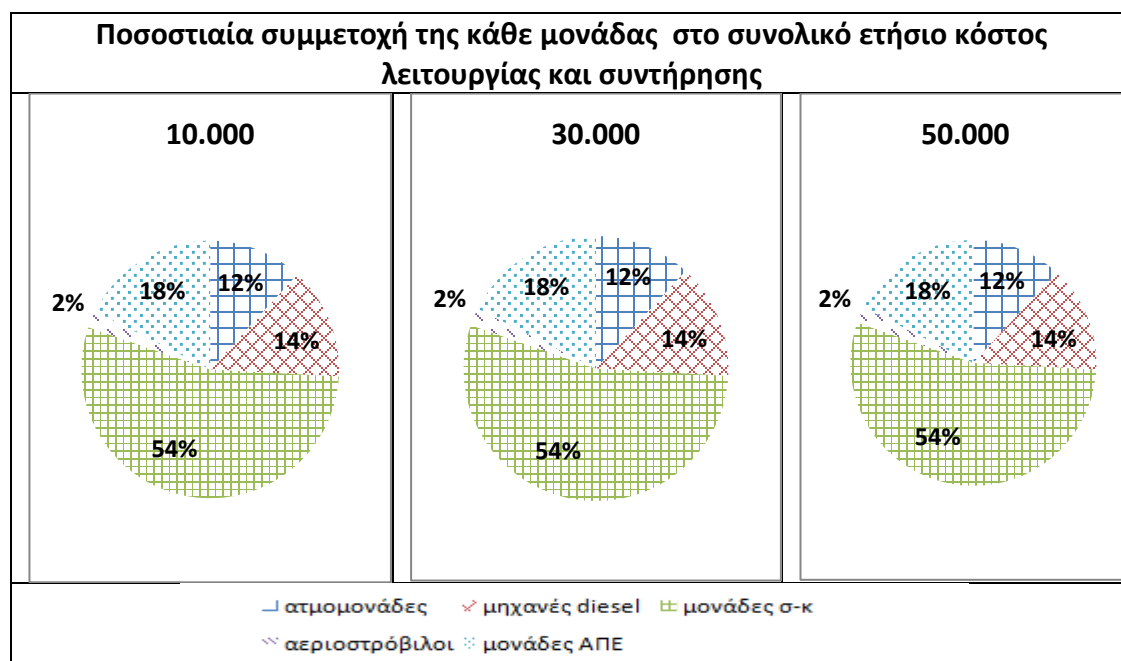
➤ Οικονομική αποτίμηση

Το ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης των συμβατικών και ανανεώσιμων μονάδων στην περίπτωση εισαγωγής οχημάτων στο δίκτυο, τα οποία ακολουθούν ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο φαίνεται παρακάτω:



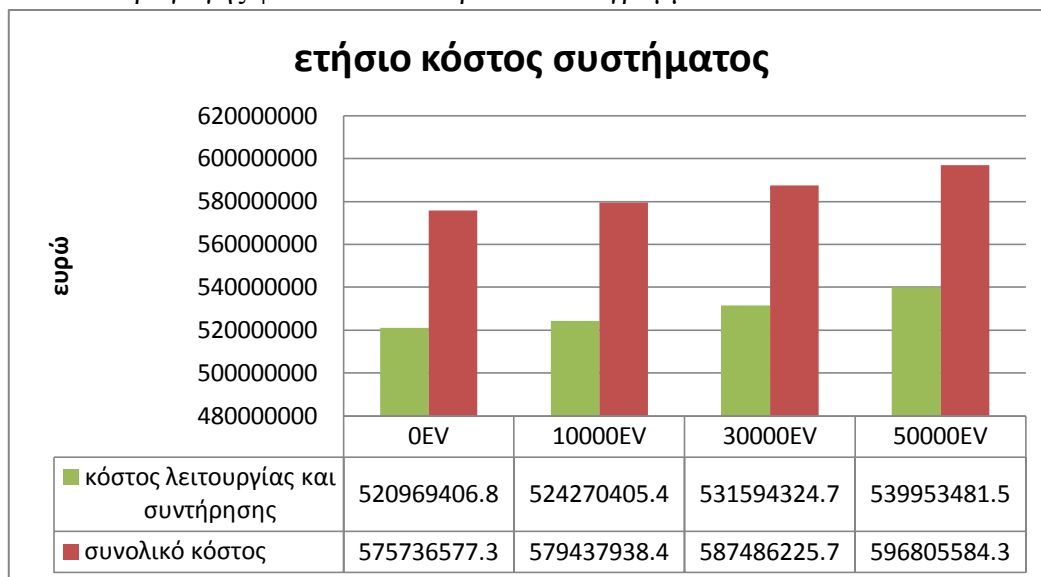
διάγραμμα 56: ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης για ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο

Η ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στη ετήσια παραγωγή για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του συστήματος με τη εισαγωγή ηλεκτρικών οχημάτων τα οποία ακολουθούν φόρτιση dual tariff φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα:



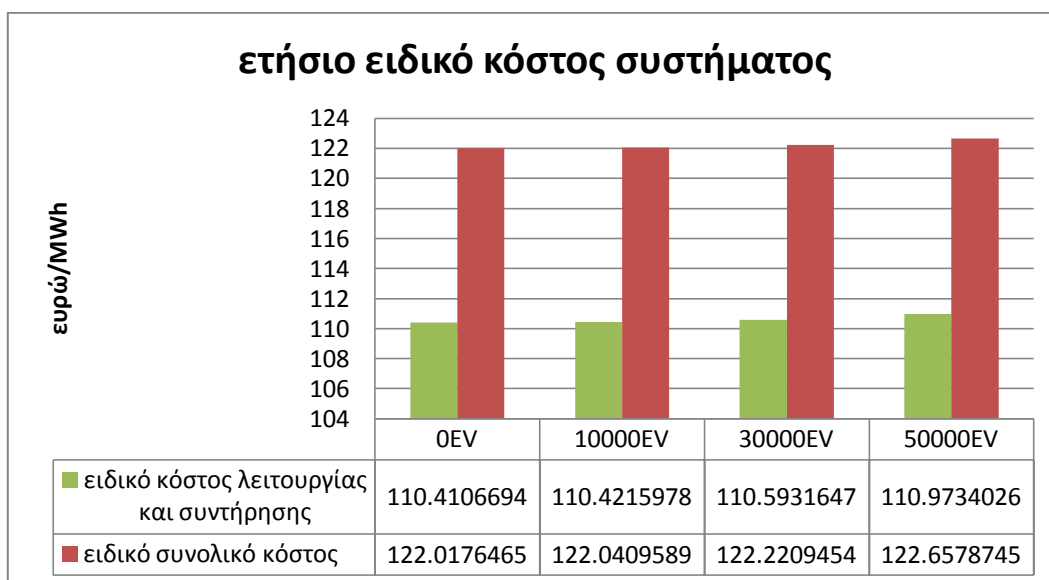
Πίνακας 27: ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στο ετήσιο κόστος για ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο

Το ετήσιο κόστος του συστήματος, το οποίο συμπεριλαμβάνει και το κόστος λειτουργίας και συντήρησης αλλά και το κόστος των εκπεμπόμενων ρύπων των μονάδων παραγωγής φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα:



διάγραμμα 57:ετήσιο κόστος του συστήματος για ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο

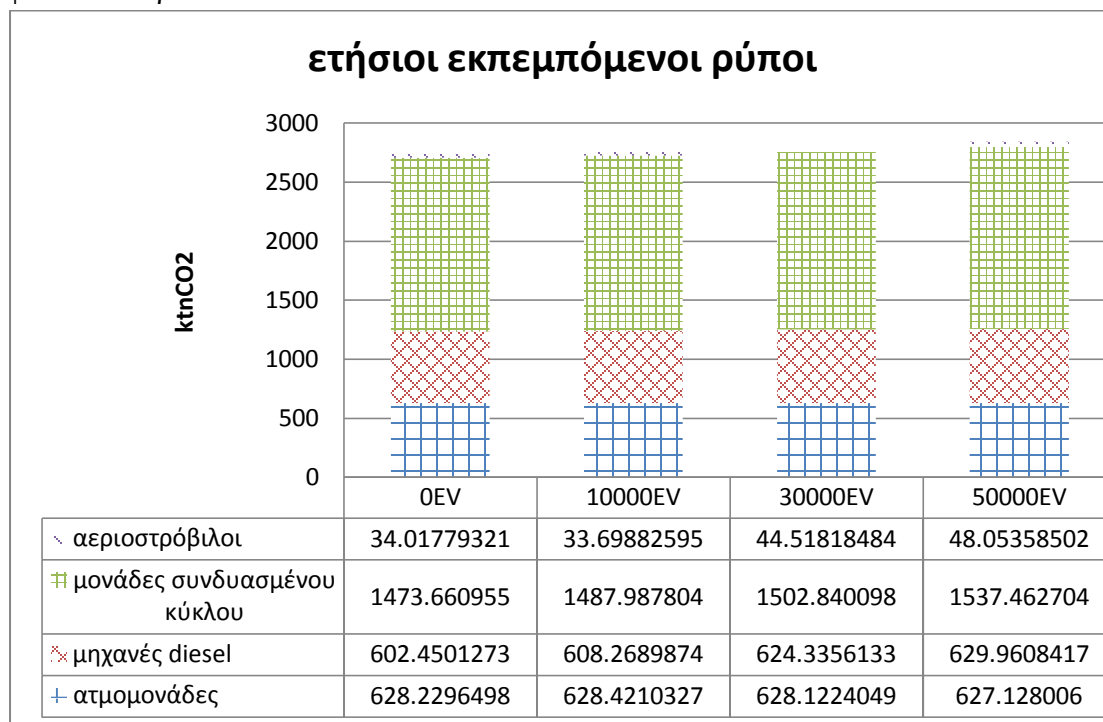
Παρατηρούμε ότι με την αύξηση των ηλεκτρικών οχημάτων το ετήσιο κόστος του συστήματος αυξάνεται. Το ίδιο βλέπουμε κοιτώντας και το επόμενο διάγραμμα του ετήσιου ειδικού κόστους του ενεργειακού συστήματος:



διάγραμμα 58: ετήσιο ειδικό κόστος του συστήματος για ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο

➤ Εκπεμπόμενοι ρύποι

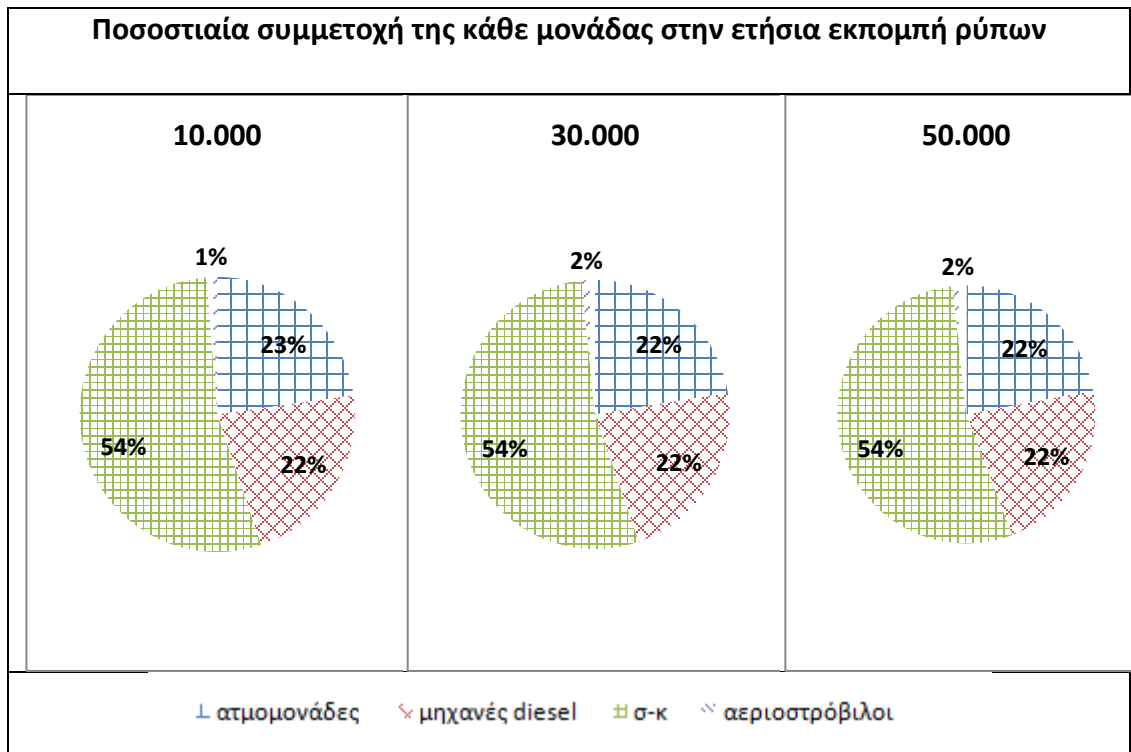
Οι εκπεμπόμενοι ρύποι του έτους για τα τρία σενάρια διείσδυσης ηλεκτρικών οχημάτων τα οποία πραγματοποιούν ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο φαίνεται παρακάτω:



διάγραμμα 59:ετήσιοι εκπεμπόμενοι ρύποι μονάδων παραγωγής για τα τρία σενάρια διείσδυσης οχημάτων ελεγχόμενης φόρτισης με διζωνικό τιμολόγιο

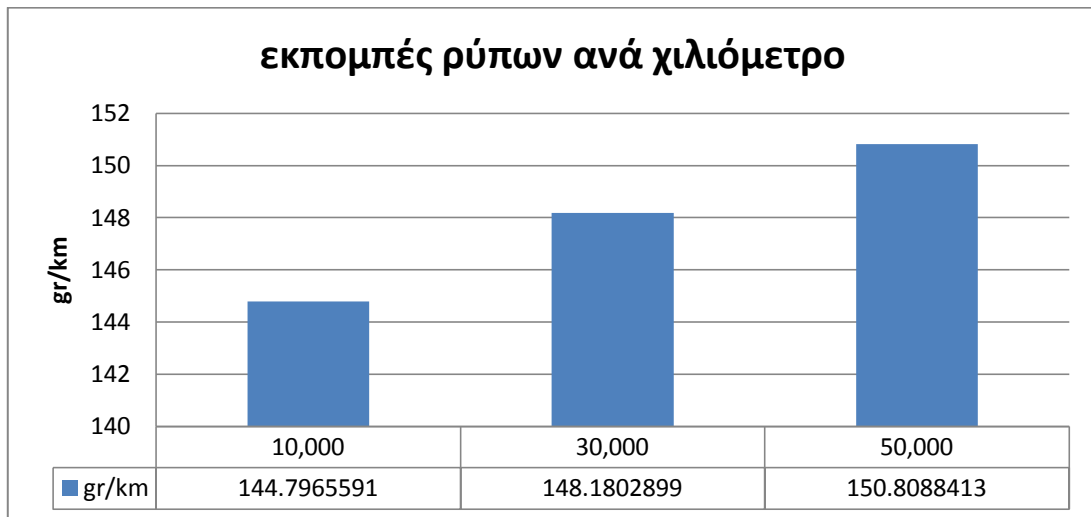
Όπως ήταν αναμενόμενο η αύξηση του αριθμού των οχημάτων, οδηγεί σε αύξηση των εκπεμπόμενων ρύπων.

Η ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας παραγωγής στους συνολικούς εκπεμπόμενους ρύπους και έπειτα στο κόστος τους, το οποίο έχει σταθερή τιμή ανά tnCO₂, φαίνεται παρακάτω:



Πίνακας 28: ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στην ετήσια εκπομπή ρύπων και στο κόστος τους για ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο

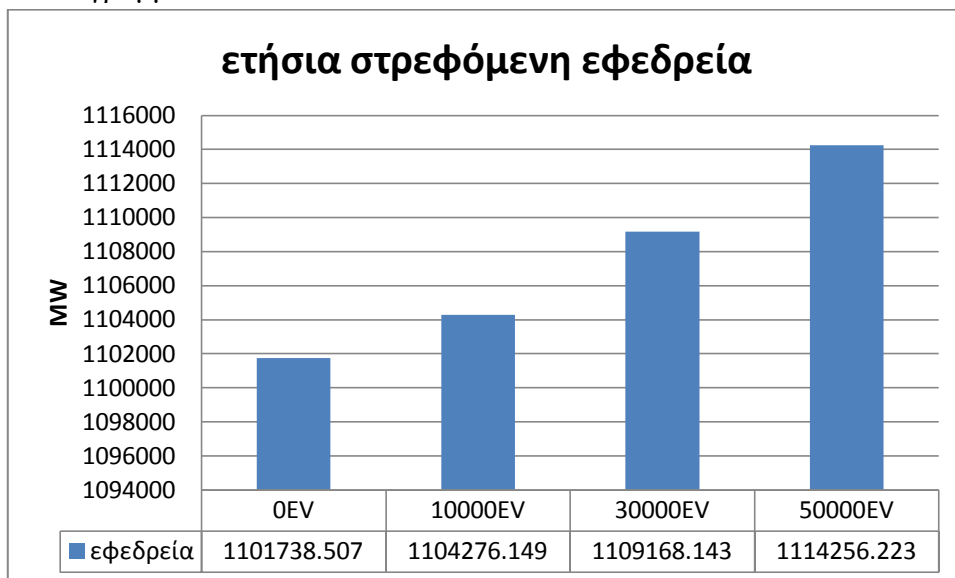
Όπως και στην μη ελεγχόμενη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων, γνωρίζοντας τους συνολικούς εκπεμπόμενους ρύπους για τα τρία σενάρια διείσδυσης μπορούμε να συγκρίνουμε τους ρύπους που εκπέμπουν οι μονάδες παραγωγής προκειμένου να καλύψουν τις ενεργειακές ανάγκες των οχημάτων με τους ρύπους που θα εξέπεμπαν τα οχήματα αν ήταν οχήματα εσωτερικής καύσης:



διάγραμμα 60: εκπομπές ρύπων ανά όχημα (ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο)

➤ Στρεφόμενη εφεδρεία

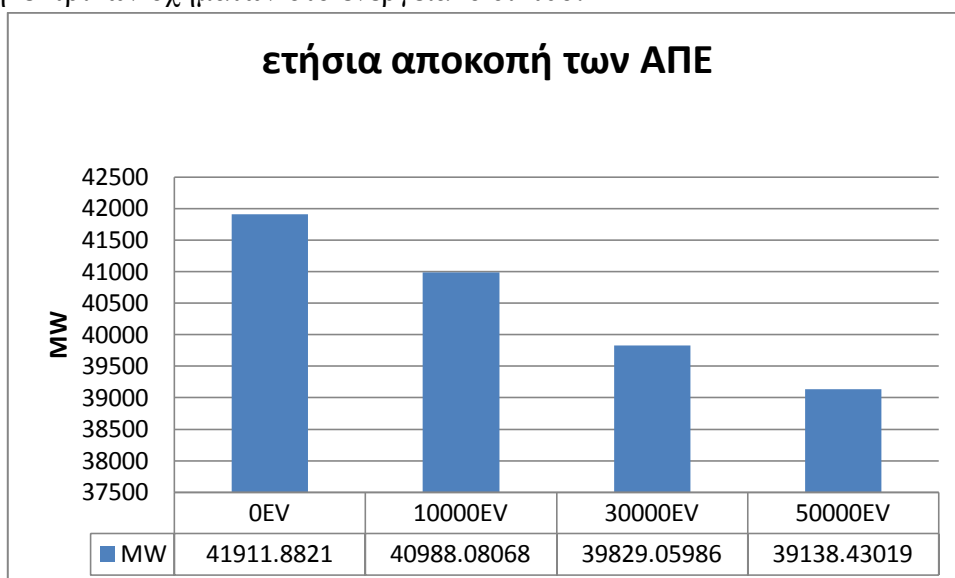
Η ετήσια στρεφόμενη εφεδρεία του συστήματος για τα τρία σενάρια διείσδυσης ηλεκτρικών οχημάτων τα οποία φορτίζουν με την στρατηγική dual tariff φαίνεται στο επόμενο διάγραμμα:



διάγραμμα 61: ετήσια στρεφόμενη εφεδρεία για τα τρία σενάρια διείσδυσης φόρτισης dual tariff

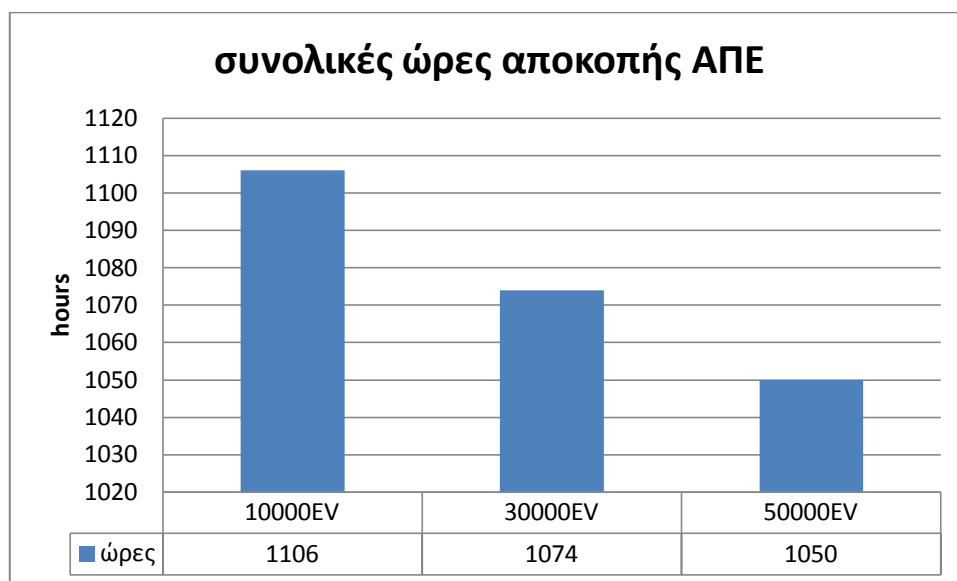
➤ Αποκοπή των ΑΠΕ

Στο επόμενο διάγραμμα φαίνεται η μείωση της αποκοπής των ΑΠΕ με την αύξηση των ηλεκτρικών οχημάτων στο ενεργειακό δίκτυο:



διάγραμμα 62: ετήσια αποκοπή των ΑΠΕ για τα τρία σενάρια διείσδυσης η/ο με ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο

Σε ετήσια μελέτη έχουν βρεθεί οι ώρες κατά τις οποίες υπάρχει πλήρης απορρόφηση των ΑΠΕ και ως εκ τούτου, οι ώρες μέσα στο έτος κατά τις οποίες υπάρχει περίσσεια ανεκμετάλλευτη ενέργεια από ΑΠΕ, στην περίπτωση κατά την οποία τα ηλεκτρικά οχήματα που υπάρχουν στο δίκτυο ακολουθούν ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον επόμενο πίνακα:



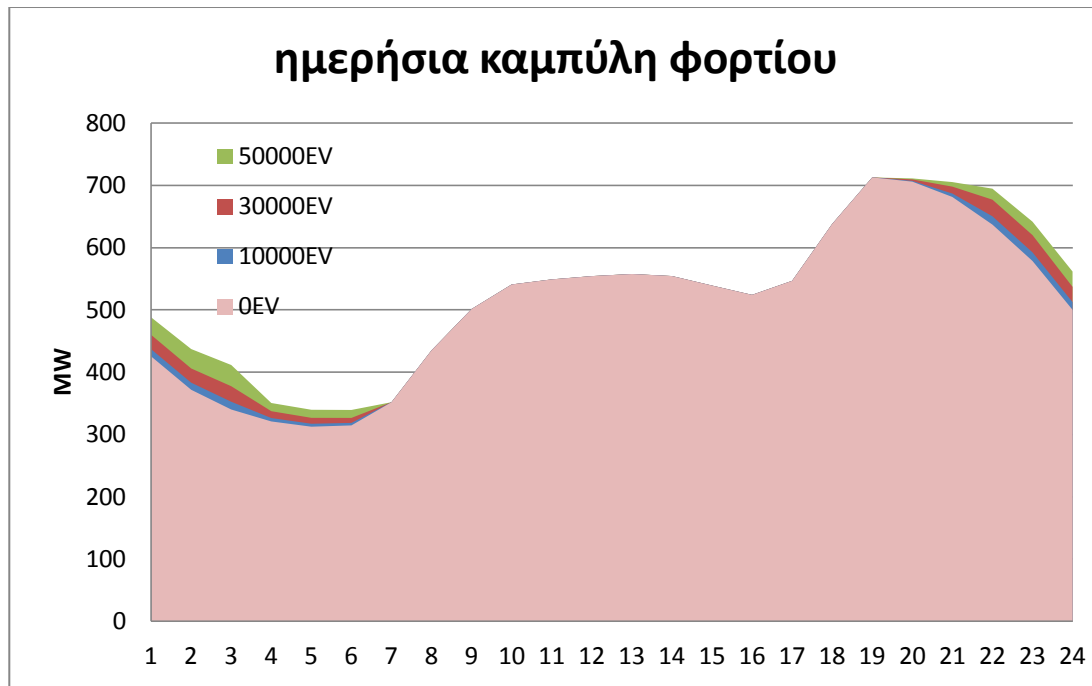
διάγραμμα 63:συνολικές ώρες αποκοπής ΑΠΕ ετησίως για τα τρία σενάρια διείσδυσης , ελεγχόμενης φόρτισης με διζωνικό τιμολόγιο

3.2.4 Ελεγχόμενη φόρτιση με μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ (smart charging-res max penetration)

3.2.4.1 Μελέτη του συστήματος παραγωγής σε περίπτωση φόρτισης με μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ

Τυπική ημέρα χειμώνα

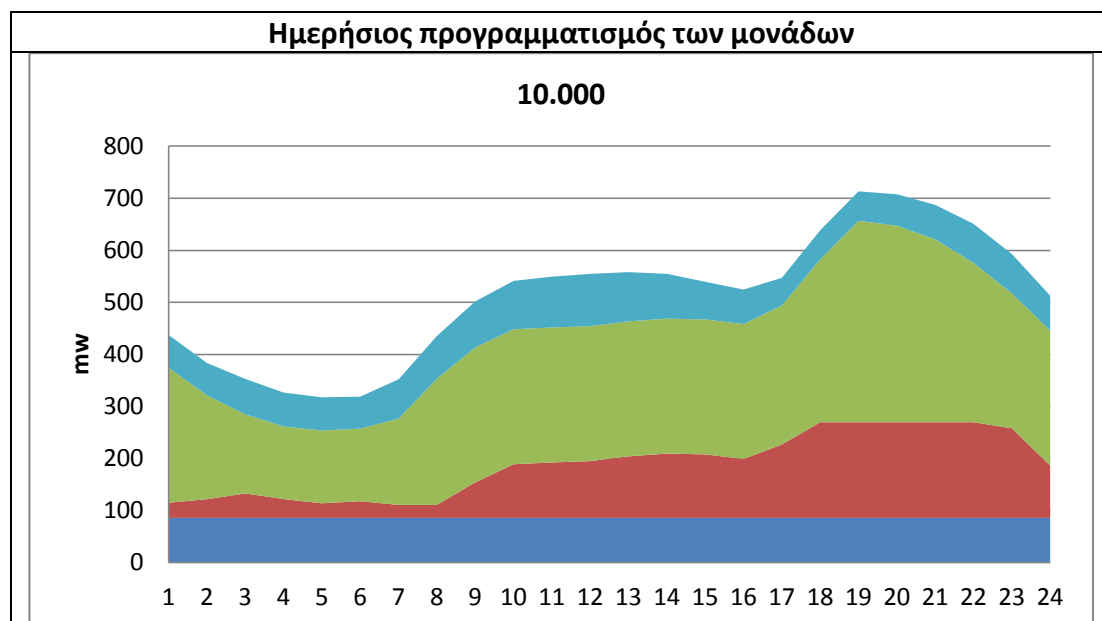
Ακολουθεί η ημερήσια καμπύλη ζήτησης μιας τυπικής χειμερινής ημέρας. Εφόσον τα ηλεκτρικά οχήματα ακολουθούν ελεγχόμενη φόρτιση με μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ , βλέποντας την ημερήσια καμπύλη φορτίου παρατηρούμε ότι τα ηλεκτρικά οχήματα ξεκινούν την φόρτιση μετά την ημερήσια αιχμή και την ολοκληρώνουν τις ώρες ελάχιστης ζήτησης, χωρίς να δημιουργούν νέα αιχμή μέσα στην ημέρα.

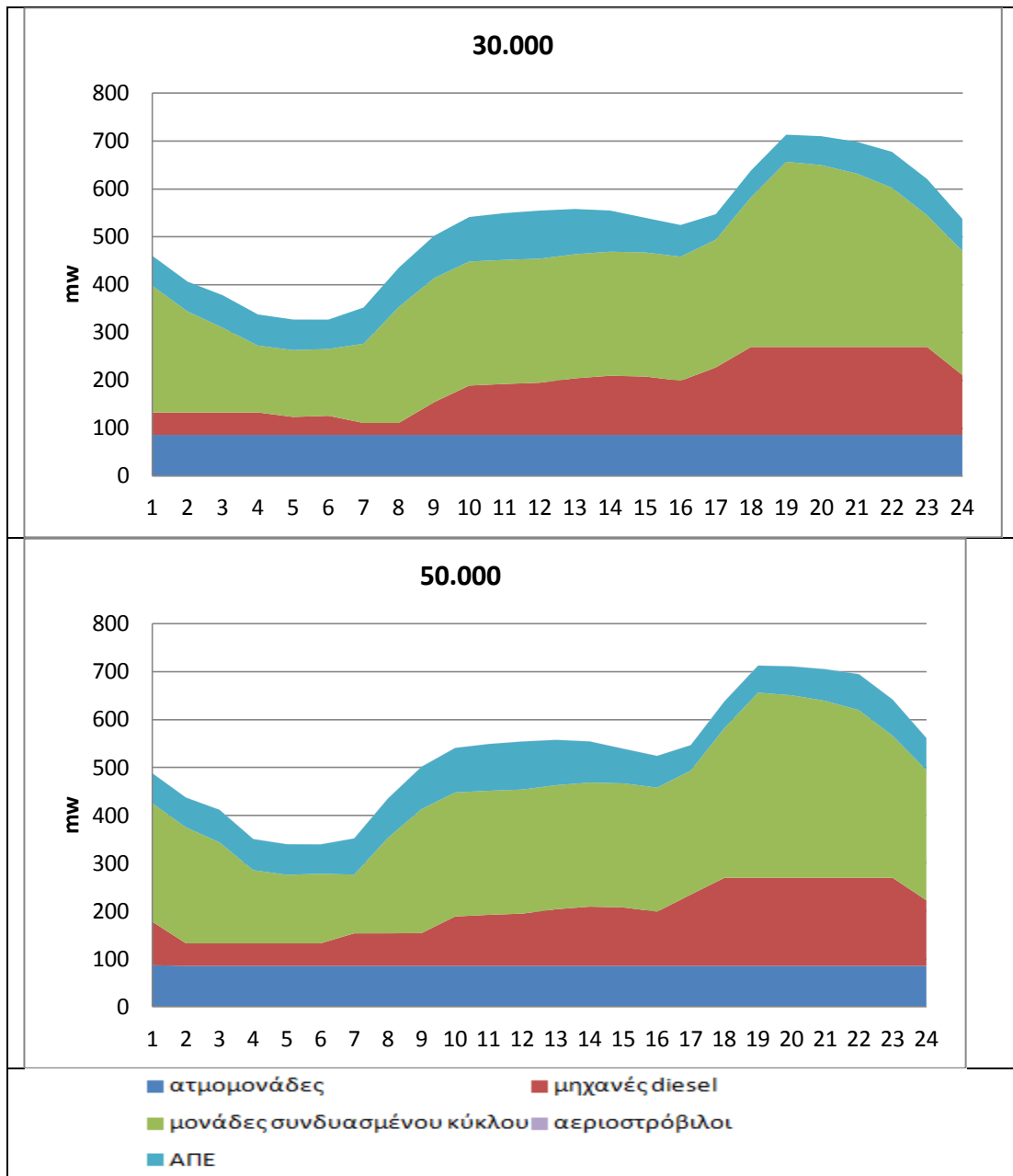


διάγραμμα 64: ημερήσια χειμερινή καμπύλη φορτίου για τα τρία σενάρια διείσδυσης ηλεκτρικών οχημάτων (έξυπνη φόρτιση)

➤ Προγραμματισμός των μονάδων

Στον ημερήσιο προγραμματισμό των μονάδων παρατηρούμε ότι οι αεριοστρόβιλοι δεν χρησιμοποιούνται καθόλου. Επίσης τις ώρες ελάχιστης ζήτησης οι μηχανές diesel έχουν ελάχιστη συμμετοχή στην παραγωγή για 10.000 και 30.000 οχήματα, ενώ για 50.000 οχήματα τελικά παράγουν ένα μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής ενέργειας. Τις ώρες αιχμής του φορτίου η παραγωγή των μηχανών diesel αυξάνεται. Ακόμη παρατηρούμε ότι στο διάστημα φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων η παραγωγή των μονάδων συνδυασμένου κύκλου είναι αυξημένη.

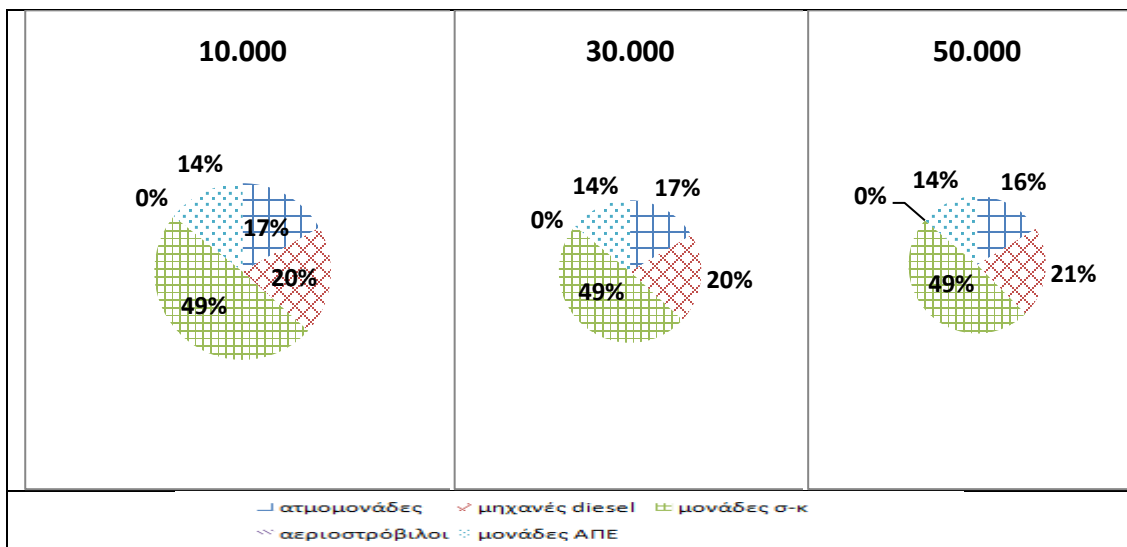




Πίνακας 29: προγραμματισμός των μονάδων μία χειμερινής ημέρας (έξυπνη φόρτιση)

Από τον παρακάτω πίνακα παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της παραγωγής καλύπτεται από μονάδες συνδυασμένου κύκλου, ενώ έπειτα ακολουθούν οι μηχανές diesel.

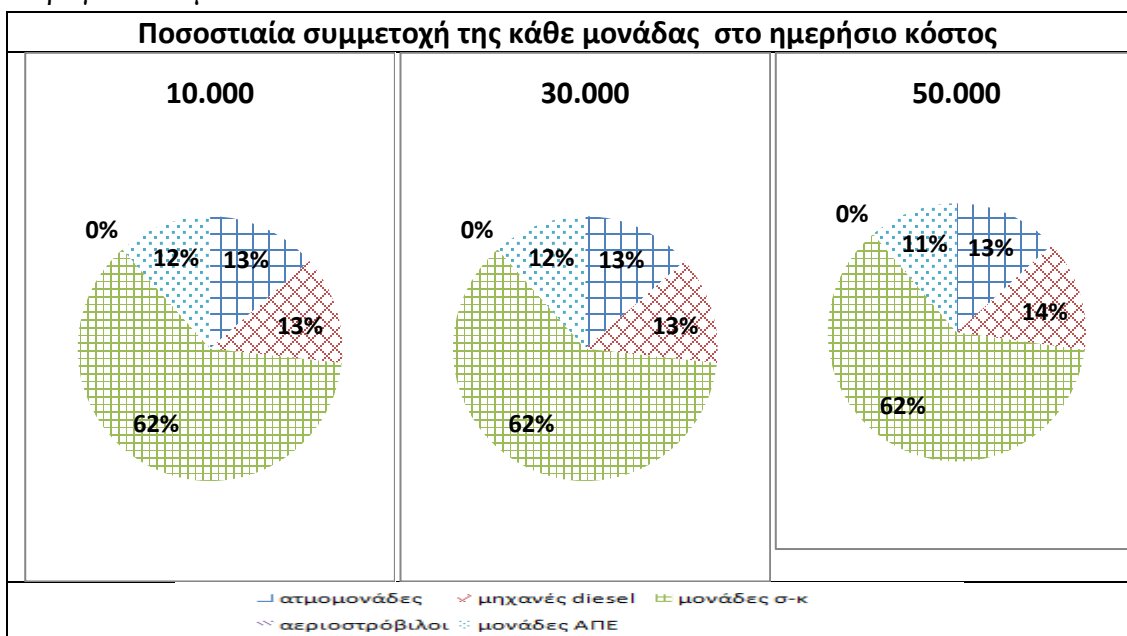
Ημερήσια ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στην παραγωγή



Πίνακας 30: ποσοστιαία συμμετοχή των μονάδων στην χειμερινή ημερήσια παραγωγή (έξυπνη φόρτιση)

➤ Οικονομική αποτίμηση

Ακολουθεί το διάγραμμα της ποσοστιαίας συμμετοχής της κάθε μονάδας στο ημερήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης του συστήματος για μια τυπική χειμερινή ημέρα, στα τρία σενάρια διείσδυσης. Στο διάγραμμα αυτό παρατηρούμε ότι τα κόστη των μονάδων παραγωγής εξαρτώνται από την ποσότητα ενέργειας που παράγει κάθε μονάδα.



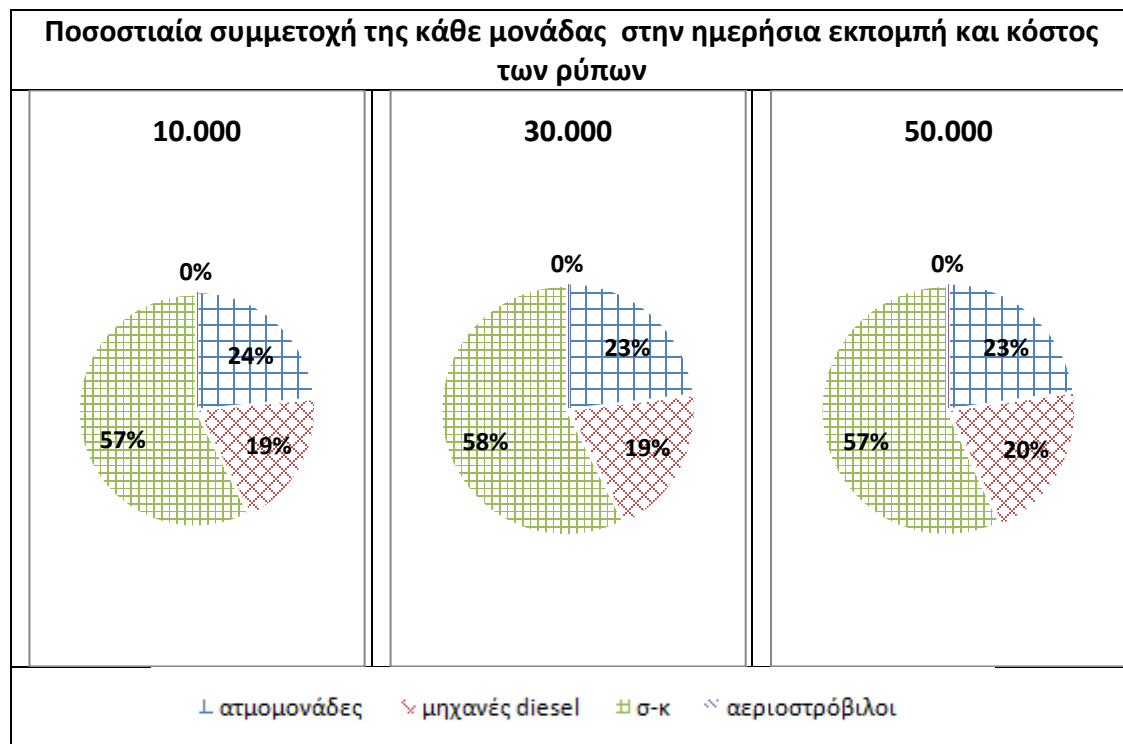
Πίνακας 31: ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στο ημερήσιο χειμερινό κόστος (έξυπνη φόρτιση)

➤ Εκπεμπόμενοι ρύποι

Στο επόμενο διάγραμμα φαίνονται οι ημερήσιες εκπομπές ρύπων ανά μονάδα για τα τρία σενάρια διείσδυσης. Όπως ήταν αναμενόμενο, με την αύξηση των ηλεκτρικών

οχημάτων οι εκπεμπόμενοι ρύποι των μονάδων παραγωγής αυξάνονται, με ανάλογο ρυθμό όμως της παραγωγής της κάθε μονάδας .

Η συμμετοχή της κάθε μονάδας στην ημερήσια εκπομπή των ρύπων και της χρέωσης αυτής:



Πίνακας 32: ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στην χειμερινή ημερήσια εκπομπή και στο κόστος των ρύπων (έξυπνη φόρτιση)

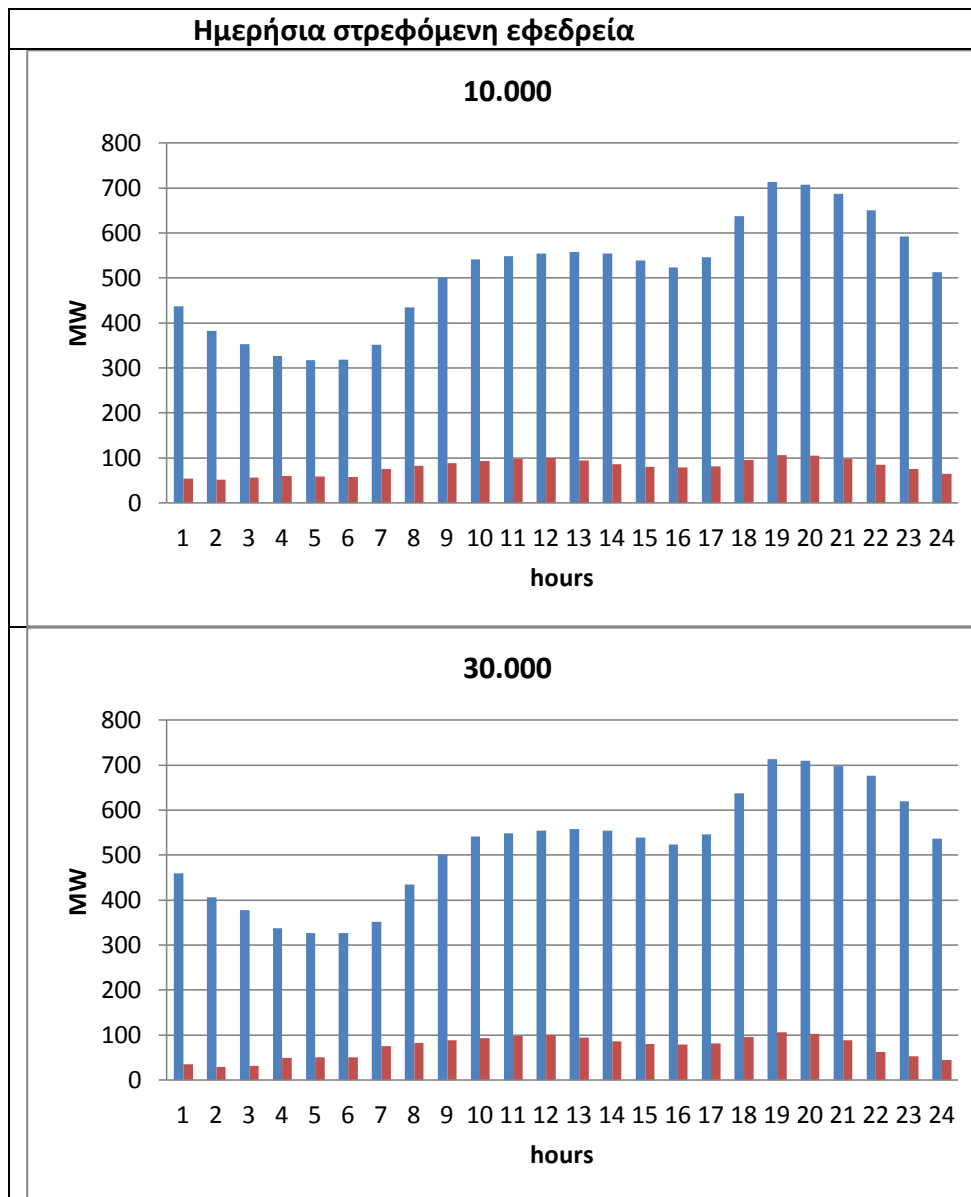
Ακολουθεί το κόστος των εκπεμπόμενων ρύπων για τα τρία σενάρια διείσδυσης. Εφόσον οι εκπεμπόμενοι ρύποι των μονάδων παραγωγής αυξάνονται με την αύξηση του φορτίου του συστήματος είναι λογικό να αυξάνεται και το κόστος των εκπεμπόμενων ρύπων.

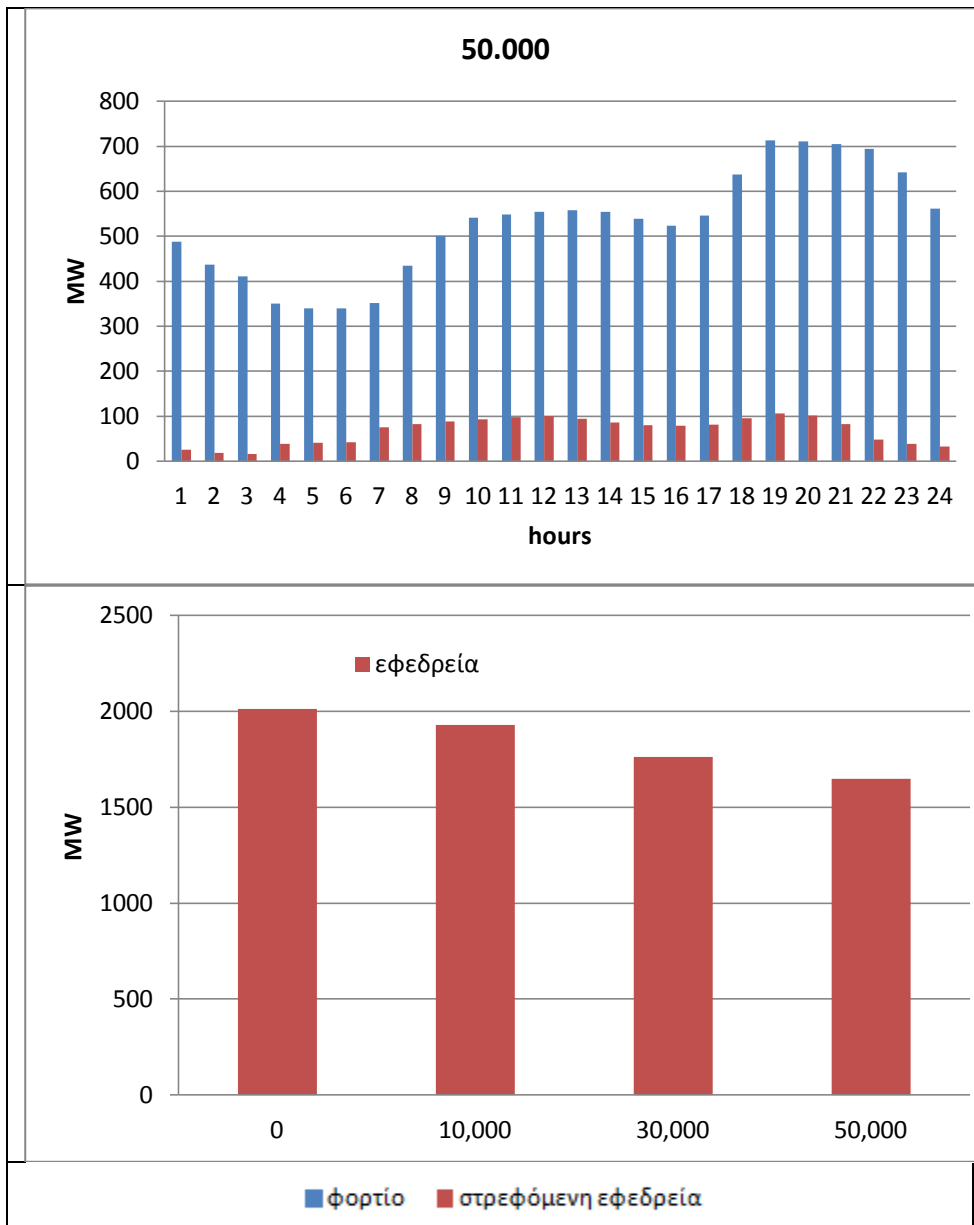


διάγραμμα 65: κόστος εκπεμπόμενων ρύπων μίας χειμωνιάτικης ημέρας (έξυπνη φόρτιση)

➤ Στρεφόμενη εφεδρεία

Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η ημερήσια στρεφόμενη εφεδρεία για τις τρεις περιπτώσεις διείσδυσης ηλεκτρικών οχημάτων στο δίκτυο με φόρτιση smart-res max penetration. Καθώς αυξάνεται ο στόλος των ηλεκτρικών οχημάτων, αυξάνεται το φορτίο του συστήματος ενώ η ημερήσια στρεφόμενη εφεδρεία μειώνεται, σε αντίθεση με τις άλλες στρατηγικές φόρτισης:

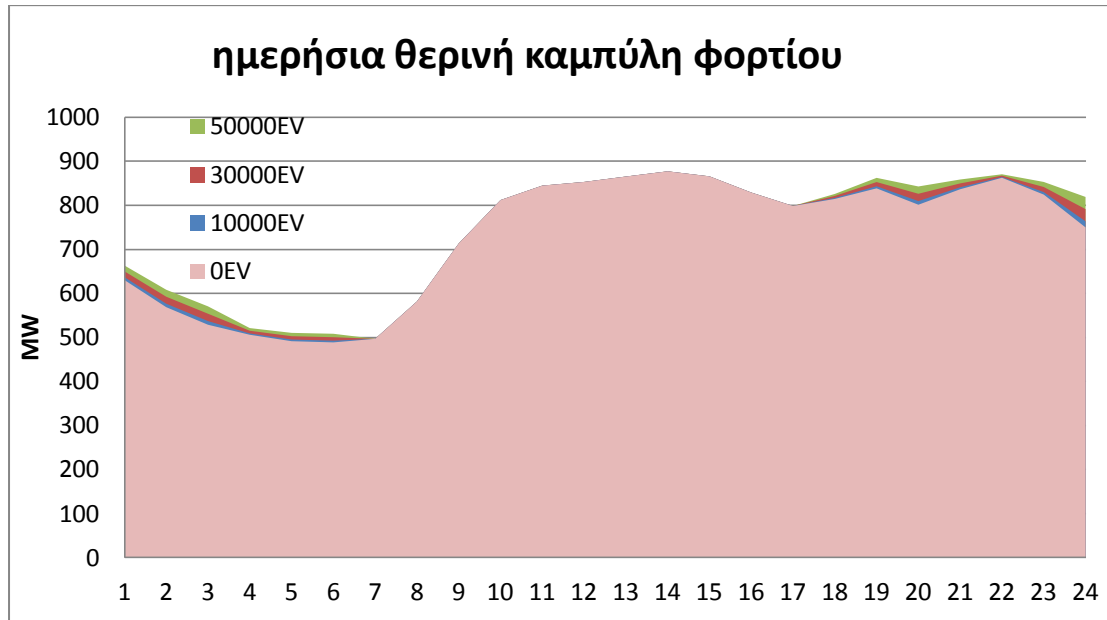




Πίνακας 33: ημερήσια στρεφόμενη εφεδρεία μίας χειμερινής ημέρας (έξυπνη φόρτιση)

Τυπική καλοκαιρινή ημέρα

Η καμπύλη ζήτησης μιας καλοκαιρινής ημέρας είναι η ακόλουθη. Βλέποντας την ημερήσια καμπύλη φορτίου παρατηρούμε ότι το ημερήσιο peak είναι στις 14:00 μ.μ ,οπότε η ώρα έναρξης φόρτισης των οχημάτων δεν επηρεάζεται από αυτό.Η πλειοψηφία των ηλεκτρικών οχημάτων ξεκινούν την φόρτιση τους, κατά την επιστροφή των οδηγών στο σπίτι , περίπου στις 6 το απόγευμα και την ολοκληρώνουν έως τις 7 το πρωί.



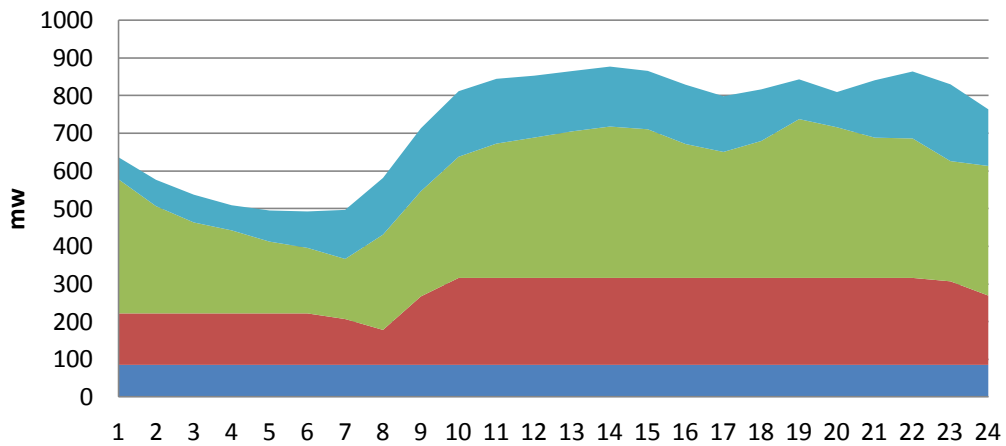
διάγραμμα 66: ημερήσια θερινή καμπύλη φορτίου για τα τρία σενάρια δεισδυσης η/ο (έξυπνη φόρτιση)

➤ Προγραμματισμός των μονάδων

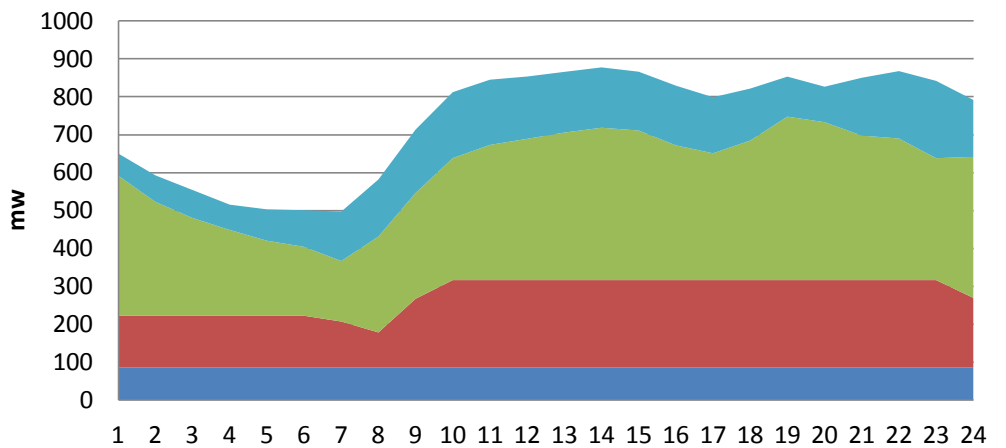
Στον ημερήσιο προγραμματισμό των μονάδων βλέπουμε ότι οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου αυξάνουν την παραγωγή τους μετά τις 8 το απόγευμα, όπου η ζήτηση του φορτίου αυξάνεται, με κορύφωση παραγωγής την ώρα μέγιστης αιχμής. Μία αυξητική τάση στην παραγωγή των μονάδων συνδυασμένου κύκλου παρατηρούμε και με την εισαγωγή των ηλεκτρικών οχημάτων και σε όλο το διάστημα φόρτισης τους. Όσον αφορά τις μηχανές diesel, στο σενάριο εισαγωγής 10.000 οχημάτων η παραγωγή τους έχει μία αύξηση τις ώρες μέγιστης ζήτησης. Στο σενάριο εισαγωγής 30.000 οχημάτων μετά τις 9 μ.μ, οι μονάδες diesel έχουν μία σταθερή υψηλή παραγωγή της τάξης των 230 MW ανά ώρα, ενώ στο σενάριο 50.000 οχημάτων η ημερήσια παραγωγή τους μειώνεται κατά 0,8%. Η μείωση της ημερήσιας παραγωγής των μηχανών diesel αντισταθμίζεται με μία αύξηση 0,87% των μονάδων συνδυασμένου κύκλου. Όλα τα παραπάνω φαίνονται στον επόμενο πίνακα, για τα τρία σενάρια διείσδυσης ηλεκτρικών οχημάτων:

Ημερήσιος προγραμματισμός των μονάδων

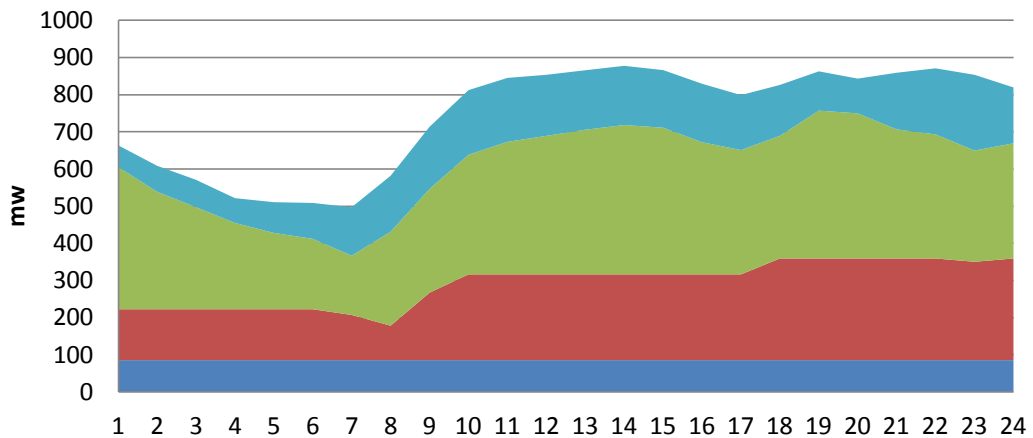
10.000



30.000



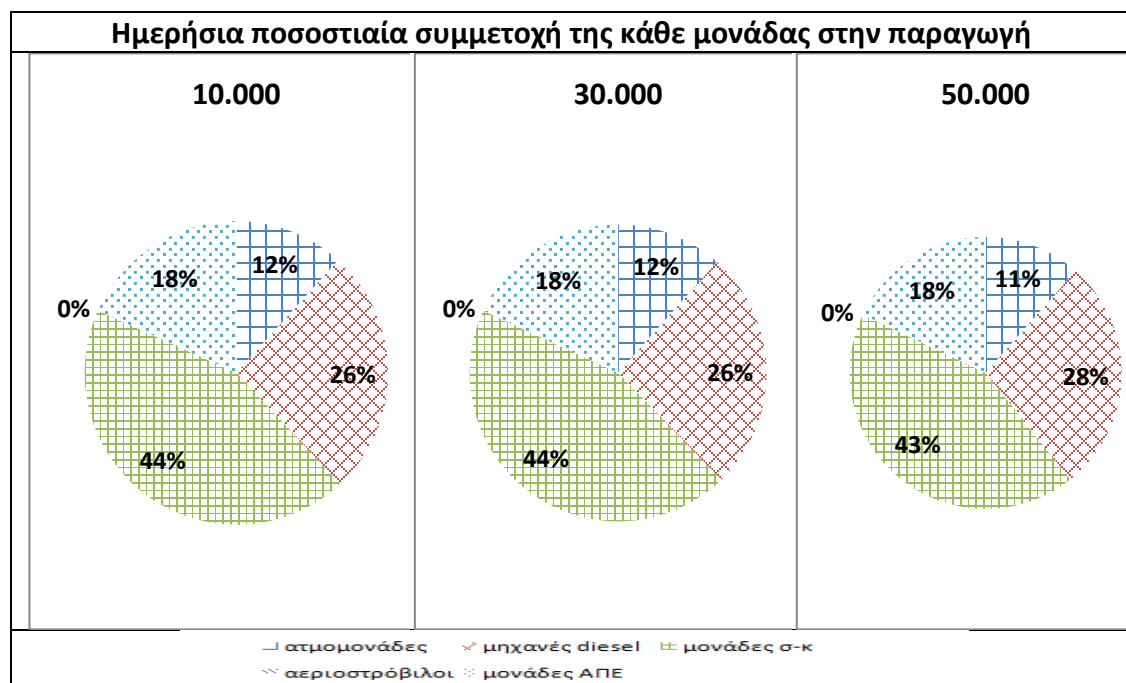
50.000



- ατμομονάδες
- μηχανές diesel
- μονάδες συνδυασμένου κύκλου
- αεριοστρόβιλοι
- ΑΠΕ

Πίνακας 34: χειμερινός ημερήσιος προγραμματισμός των μονάδων (έξυπνη φόρτιση)

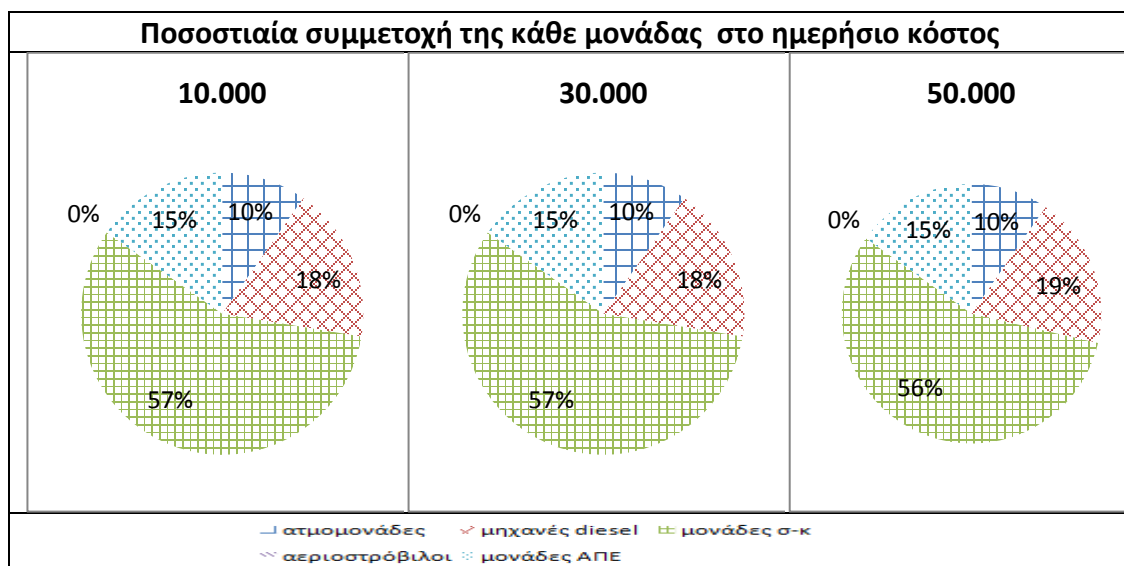
Στον ακόλουθο πίνακα φαίνεται η ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στην ημερήσια θερινή παραγωγή. Στην περίπτωση των 30.000 και 50.000 οχημάτων παρατηρούμε μία αύξηση της συμμετοχής των μηχανών diesel και μία μειωμένη συμμετοχή των μονάδων συνδυασμένου κύκλου η οποία περιγράφηκε ανωτέρω.



Πίνακας 35: ποσοστιαία συμμετοχή των μονάδων στην ημερήσια παραγωγή (έξυπνη φόρτιση)

➤ Οικονομική αποτίμηση

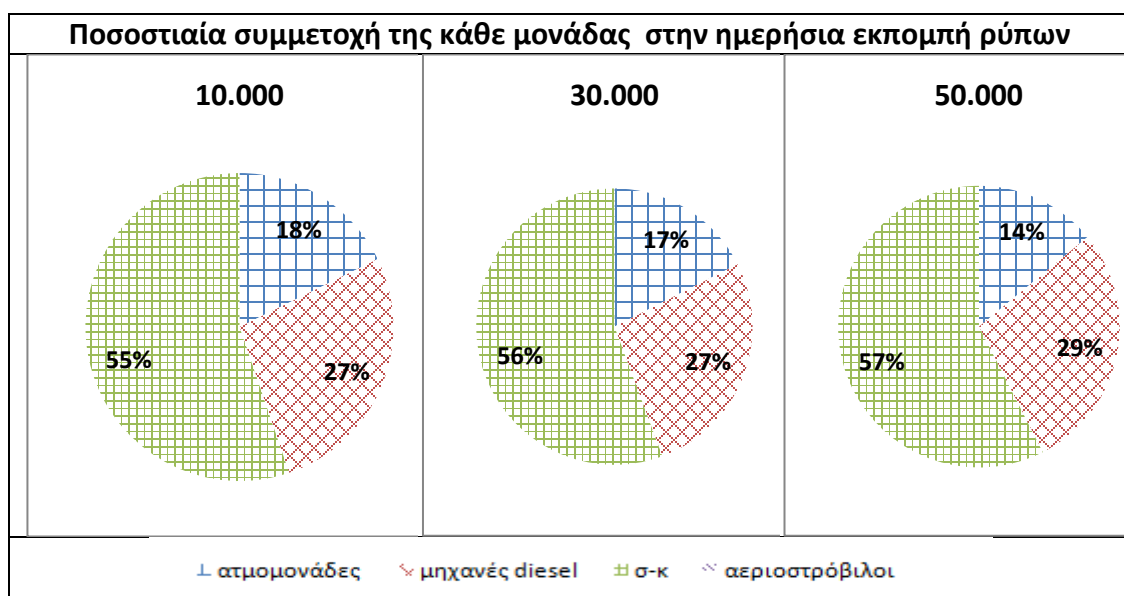
Ακολουθεί η ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στο ημερήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης του συστήματος για μια τυπική καλοκαιρινή ημέρα, στα τρία σενάρια διείσδυσης. Στην περίπτωση εισαγωγής 50.000 οχημάτων, η αύξηση της παραγωγής των μηχανών diesel οδηγεί σε μία αύξηση στην ποσοστιαία συμμετοχή τους στο κόστος λειτουργίας και συντήρησης, ενώ η μείωση της παραγωγής των μονάδων συνδυασμένου κύκλου οδηγεί σε μία μειωμένη συμμετοχή τους στα ποσοστά του κόστους.



Πίνακας 36: ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στο ημερήσιο θερινό κόστος (έξυπνη φόρτιση)

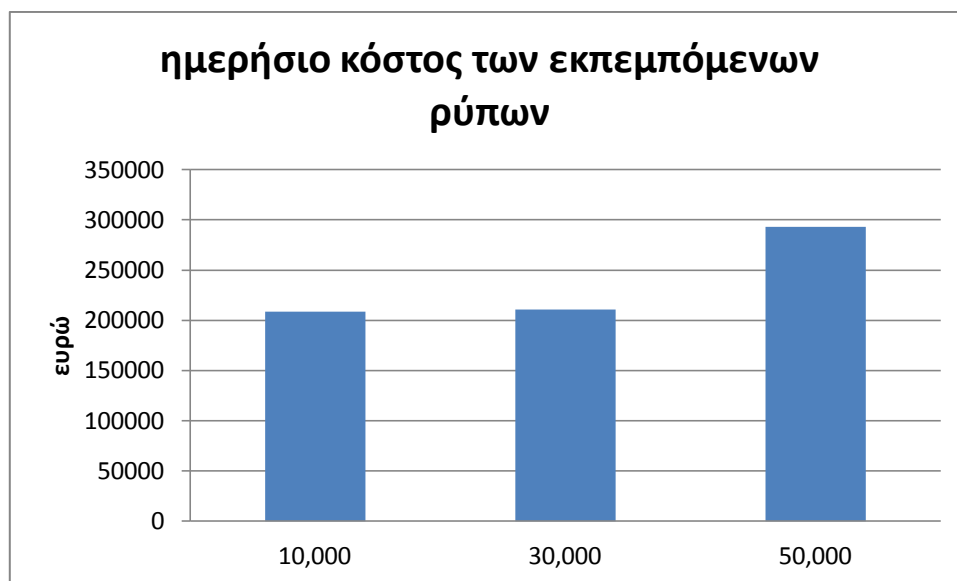
➤ Εκπεμπόμενοι ρύποι

Παρακάτω φαίνονται οι ημερήσιοι εκπεμπόμενοι ρύποι των μονάδων παραγωγής. Με την αύξηση του στόλου των ηλεκτρικών οχημάτων αυξάνονται οι συνολικοί εκπεμπόμενοι ρύποι. Η υψηλή χρησιμοποίηση των μονάδων συνδυασμένου κύκλου στην περίπτωση των 50.000 οχημάτων, οδηγεί σε αυτήν την αυξημένη εκπομπή ρύπων σε σχέση με τα δύο προηγούμενα σενάρια. Στο διάγραμμα ακολουθεί η ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στους ημερήσιους εκπεμπόμενους ρύπους. Καθώς το κόστος των ρύπων είναι σταθερός συντελεστής και εξαρτάται μόνο από την ποσότητα των ρύπων οι οποίοι εκπέμπονται ο επόμενος πίνακας αντιστοιχεί και στην ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στο ημερήσιο κόστος των ρύπων.



Πίνακας 37: ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στην θερινή ημερήσια εκπομπή και στο κόστος των ρύπων (έξυπνη φόρτιση)

Ακολουθεί το κόστος των εκπεμπόμενων ρύπων για τα τρία σενάρια διείσδυσης. Εφόσον οι εκπεμπόμενοι ρύποι ανά μονάδα παραγωγής αυξάνονται με την αύξηση του φορτίου του συστήματος είναι λογικό, με την αύξηση των ηλεκτρικών οχημάτων, να αυξάνονται οι εκπεμπόμενοι ρύποι, όπως ειπώθηκε πριν και συνεπώς η χρέωση τους..



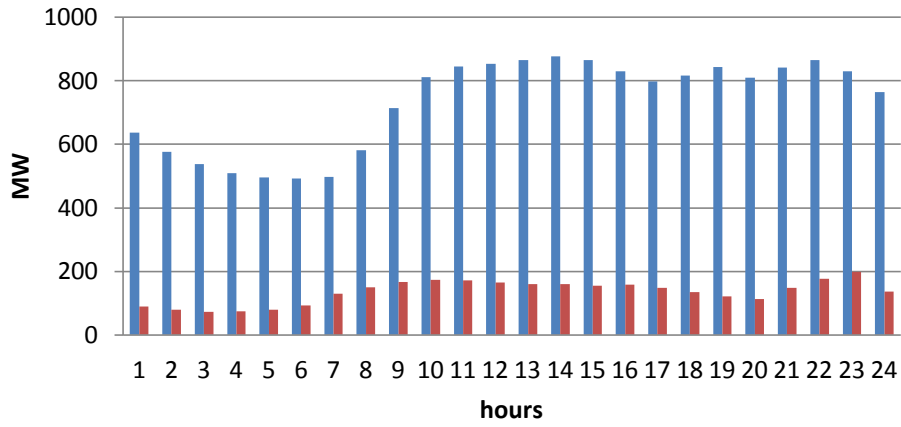
διάγραμμα 67:Θερινό κόστος εκπεμπόμενων ρύπων συμβατικών μονάδων(έξυπνη φόρτιση)

➤ Στρεφόμενη εφεδρεία

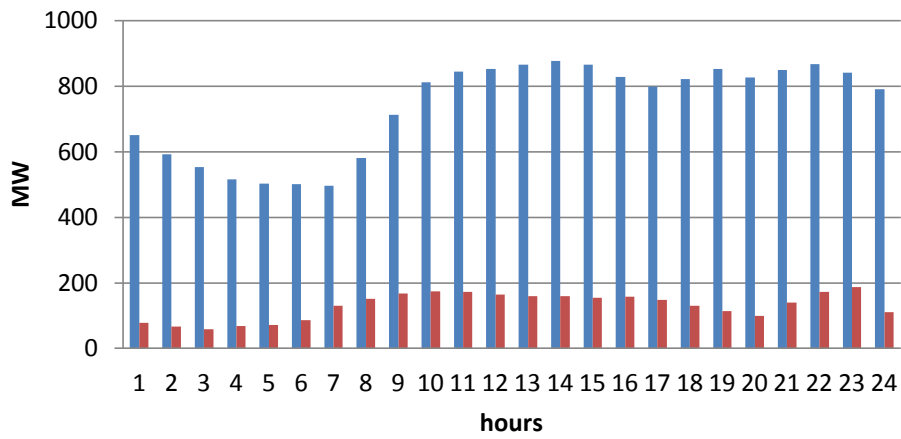
Στο ακόλουθο διάγραμμα φαίνεται η στρεφόμενη εφεδρεία του συστήματος και για τα τρία σενάρια διείσδυσης ηλεκτρικών οχημάτων. Με την αύξηση του στόλου, αυξάνεται το ημερήσιο φορτίο ενώ η ημερήσια στρεφόμενη εφεδρεία μειώνεται, γεγονός που συμβαίνει μόνο στην περίπτωση φόρτισης με μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ:

Ημερήσια στρεφόμενη εφεδρεία

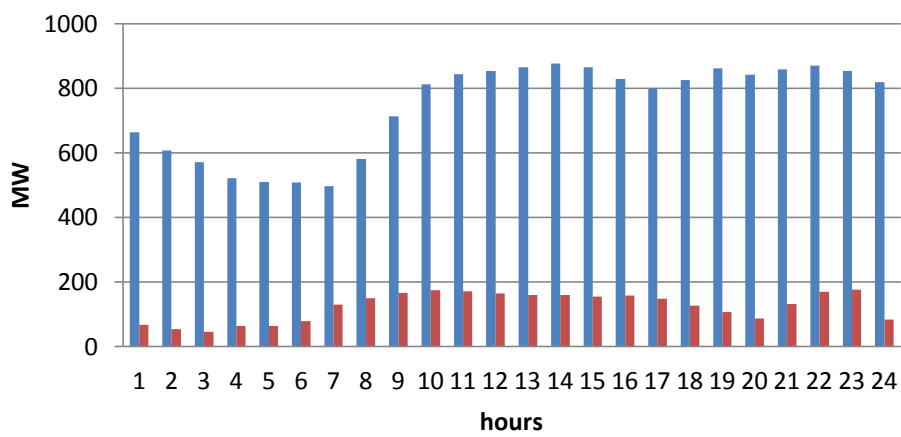
10.000

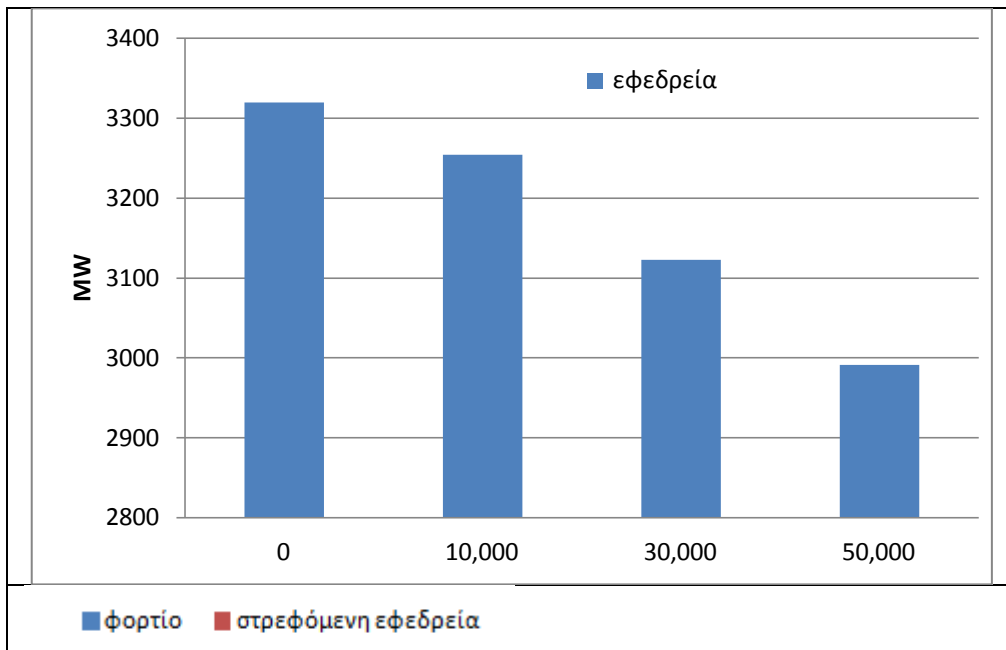


30.000



50.000

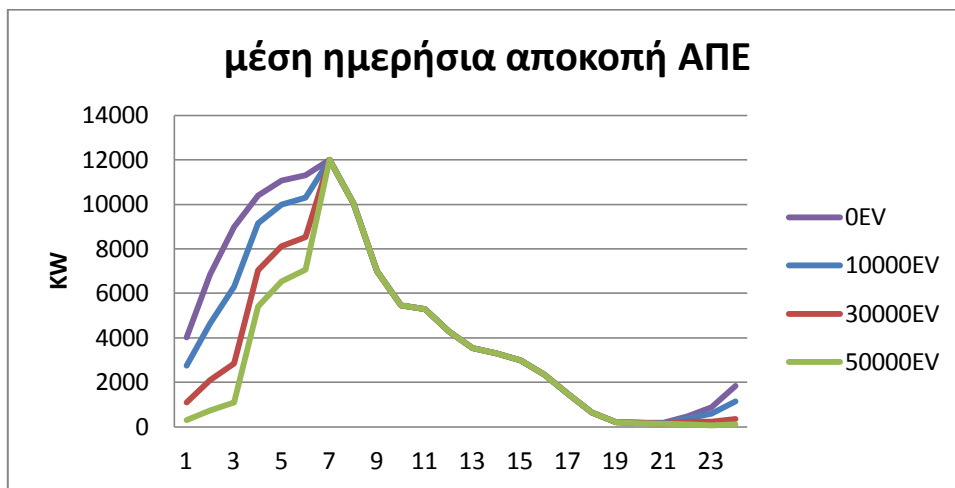




Πίνακας 38:Μερίνη ημερήσια στρεφόμενη εφεδρεία(έξυπνη φόρτιση)

➤ Αποκοπή των ΑΠΕ

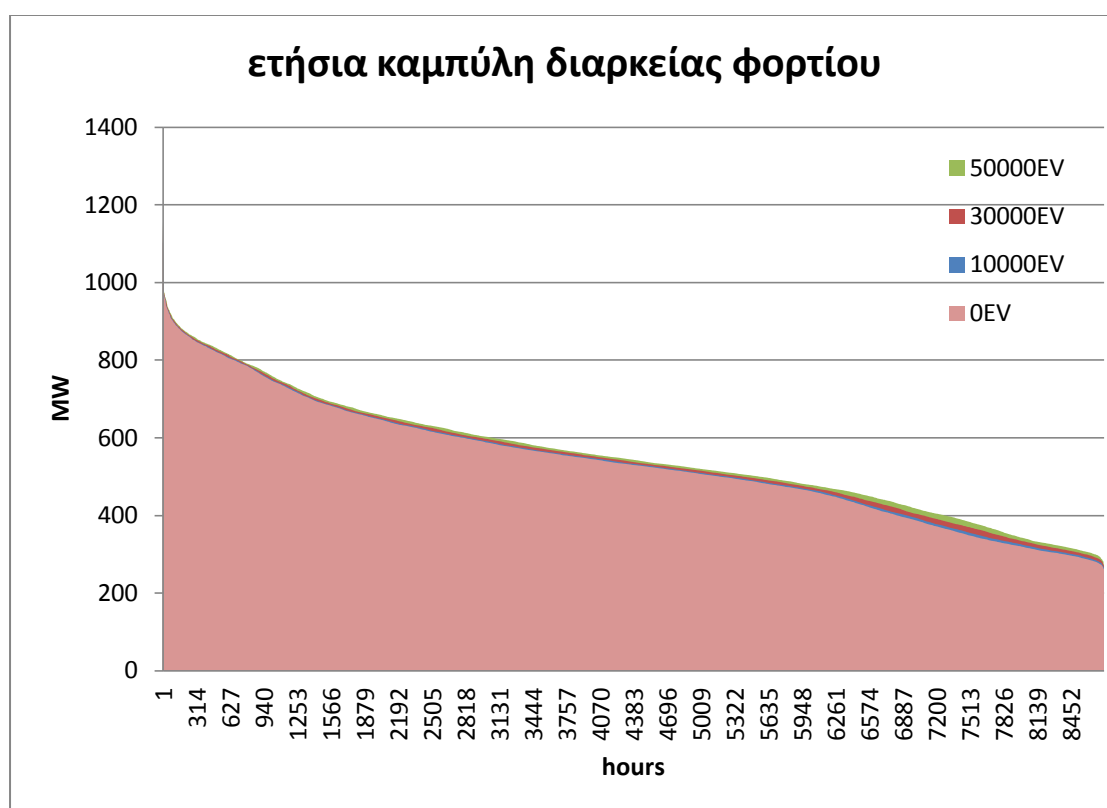
Για τους λόγους που έχουμε ήδη αναφέρει στις προηγούμενες στρατηγικές φόρτισης έχει υπολογιστεί μία μέση ημερήσια καμπύλη αποκοπής των ΑΠΕ. Παρατηρούμε ότι με την αύξηση των ηλεκτρικών οχημάτων, τις ώρες που αυτά φορτίζουν απορροφάται μεγαλύτερη ποσότητα ανανεώσιμης ενέργειας.



Διάγραμμα 68: μέση ημερήσια αποκοπή των ΑΠΕ (έξυπνη φόρτιση)

Ετήσια αποτελέσματα

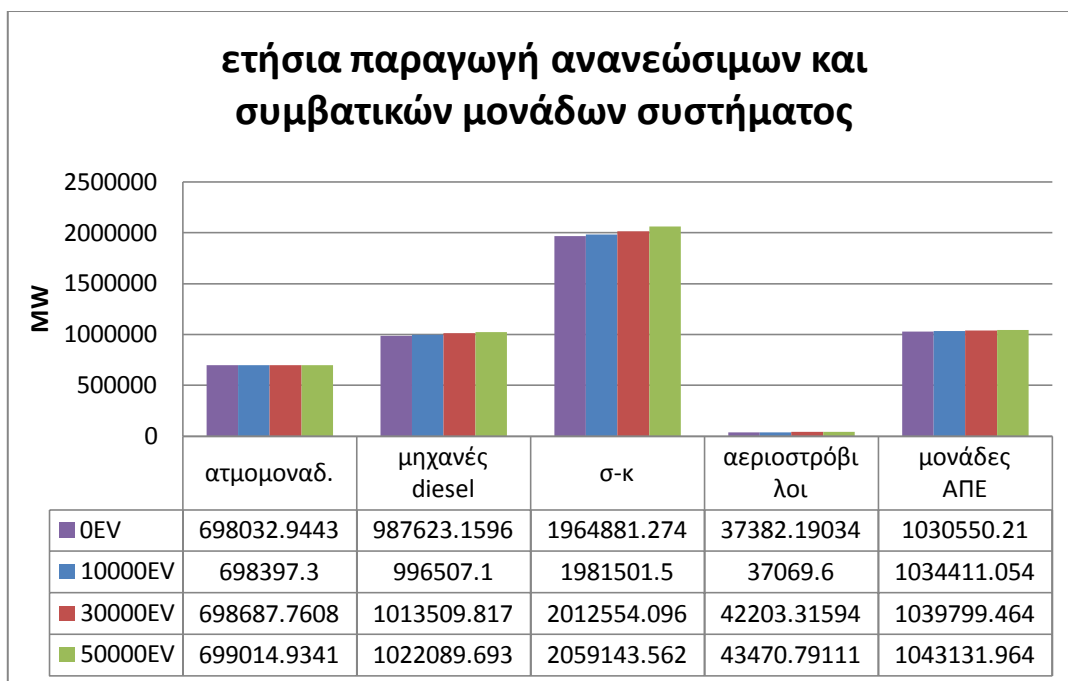
Ακολουθούν οι ετήσιες καμπύλες διαρκείας για τα τρία σενάρια διείσδυσης ηλεκτρικών οχημάτων για ελεγχόμενη φόρτιση με μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ. Στις καμπύλες αυτές παρατηρούμε ότι σε αντίθεση με τις δύο προηγούμενες στρατηγικές φόρτισης το επιπρόσθετο φορτίο εξαιτίας της εισόδου των ηλεκτρικών οχημάτων προστίθεται σε ώρες μικρότερης ζήτησης και όχι σε ώρες αυξημένης ζήτησης φορτίου.



Διάγραμμα 69:ετήσια καμπύλη διαρκείας φορτίου (έξυπνη φόρτιση)

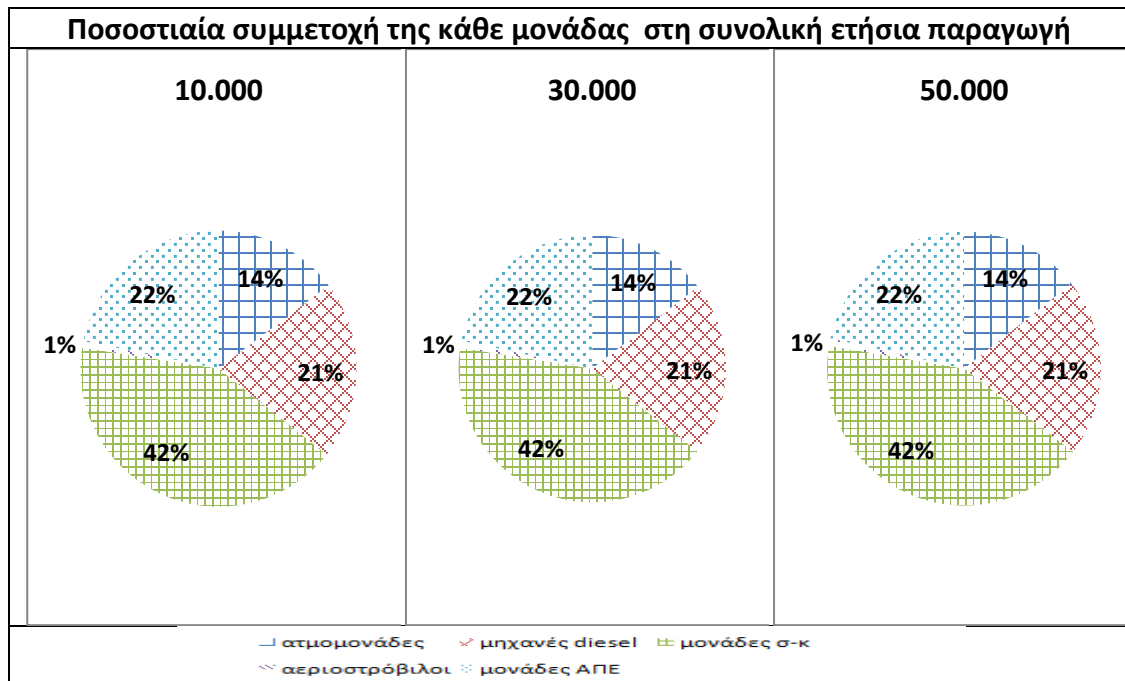
➤ Προγραμματισμός των μονάδων

Παρατηρούμε ότι όσο αυξάνεται ο αριθμός των ηλεκτρικών οχημάτων που υπάρχουν στο δίκτυο, τόσο αυξάνεται η ετήσια παραγωγή της κάθε μονάδας. Οι μονάδες που καλύπτουν την μεγαλύτερη παραγωγή είναι οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου. Στην συνέχεια ακολουθούν οι μονάδες ΑΠΕ και οι μηχανές diesel, ενώ όπως είναι πλέον φανερό, οι μονάδες οι οποίες χρησιμοποιούνται ελάχιστα σε σχέση με τις υπόλοιπες μέσα στο έτος είναι οι μονάδες αεριοστρόβιλων. Επιπλέον, όσον αφορά πάλι τους αεριοστρόβιλους παρατηρούμε μία ενδιαφέρουσα μείωση κατά 0,95% κατά την εισαγωγή των πρώτων 10.000 οχημάτων, ενώ στην συνέχεια, με την επιπρόσθετη αύξηση του στόλου των ηλεκτρικών οχημάτων η παραγωγή τους αυξάνεται ξανά.



διάγραμμα 70: ετήσια παραγωγή μονάδων συστήματος (έξυπνη φόρτιση)

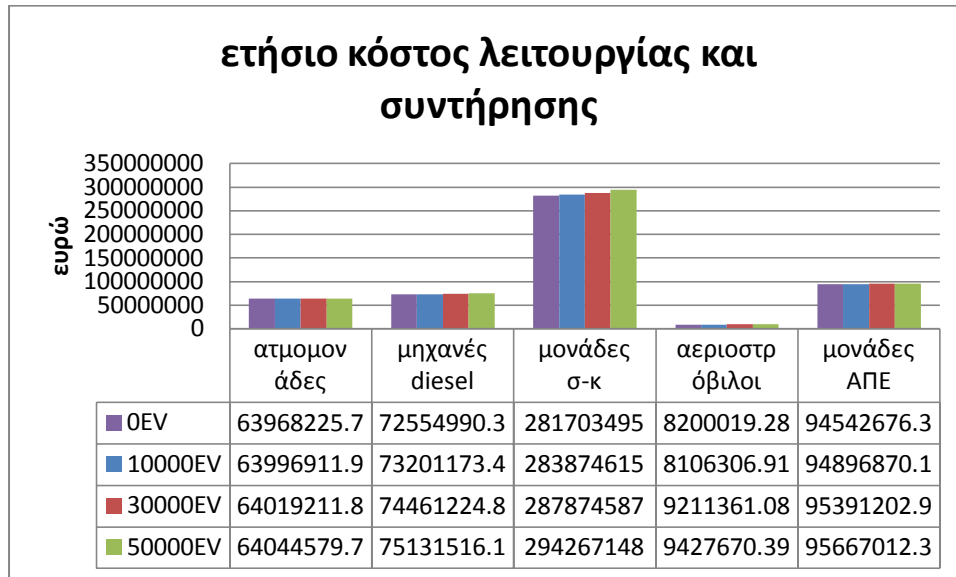
Ακολουθεί η ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στη συνολική παραγωγή: Παρατηρούμε ότι σε ετήσια βάση η συνεισφορά του κάθε τύπου μονάδας στην συνολική παραγωγή είναι σταθερή.



Πίνακας 39: ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στην ετήσια παραγωγή (έξυπνη φόρτιση)

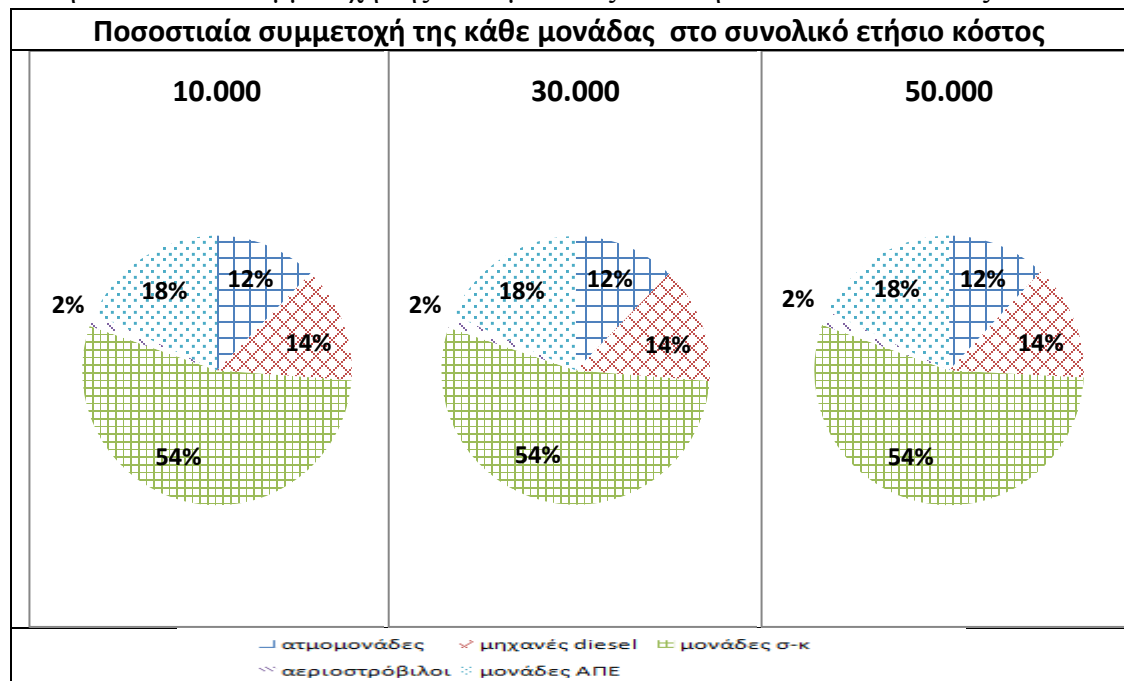
➤ Οικονομική αποτίμηση

Η ετήσια οικονομική αποτίμηση των μονάδων παραγωγής του συστήματος φαίνεται παρακάτω. Το διάγραμμα ακολουθεί τις ίδιες μεταβολές με το διάγραμμα της ετήσιας παραγωγής.



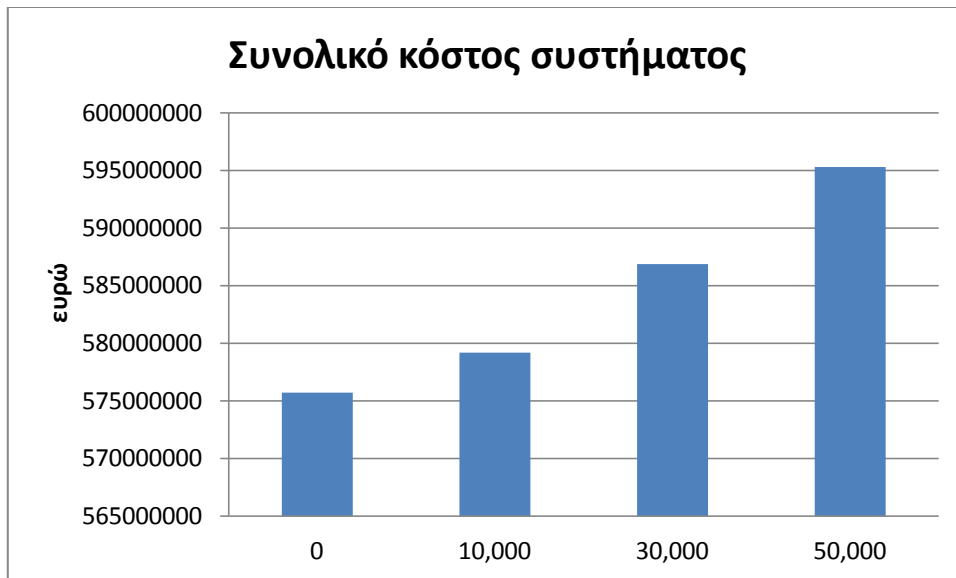
διάγραμμα 71:ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης συστήματος (έξυπνη φόρτιση)

και η ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στο ετήσιο συνολικό κόστος:



Πίνακας 40: ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στο ετήσιο κόστος (έξυπνη φόρτιση)

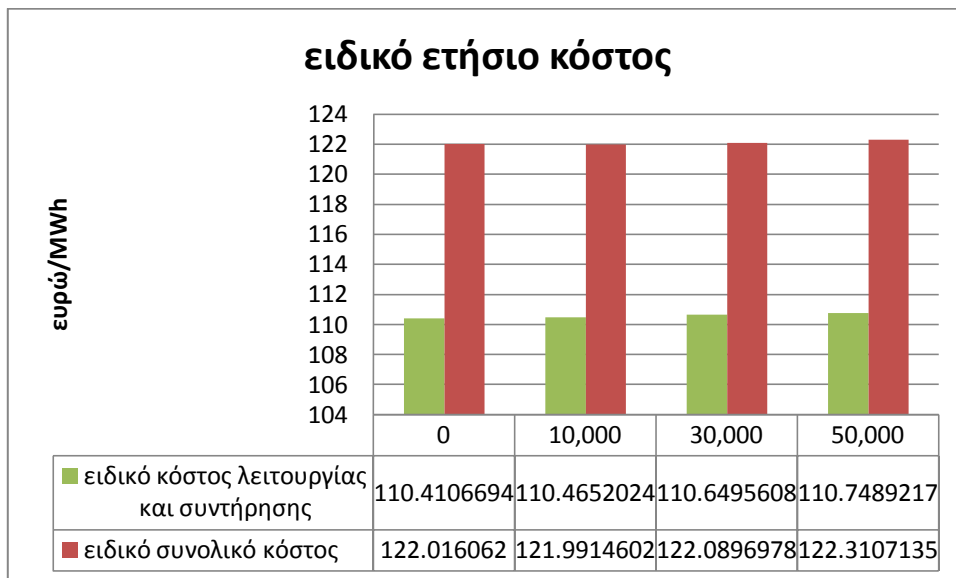
Ακολουθεί το ετήσιο συνολικό κόστος του συστήματος, το οποίο συμπεριλαμβάνει και την χρέωση των εκπεμπόμενων ρύπων των μονάδων παραγωγής:



διάγραμμα 72: συνολικό ετήσιο κόστος συστήματος (έξυπνη φόρτιση)

Όπως ήταν αναμενόμενο η αύξηση του στόλου των ηλεκτρικών οχημάτων οδηγεί σε αύξηση του συνολικού κόστους του συστήματος παραγωγής.

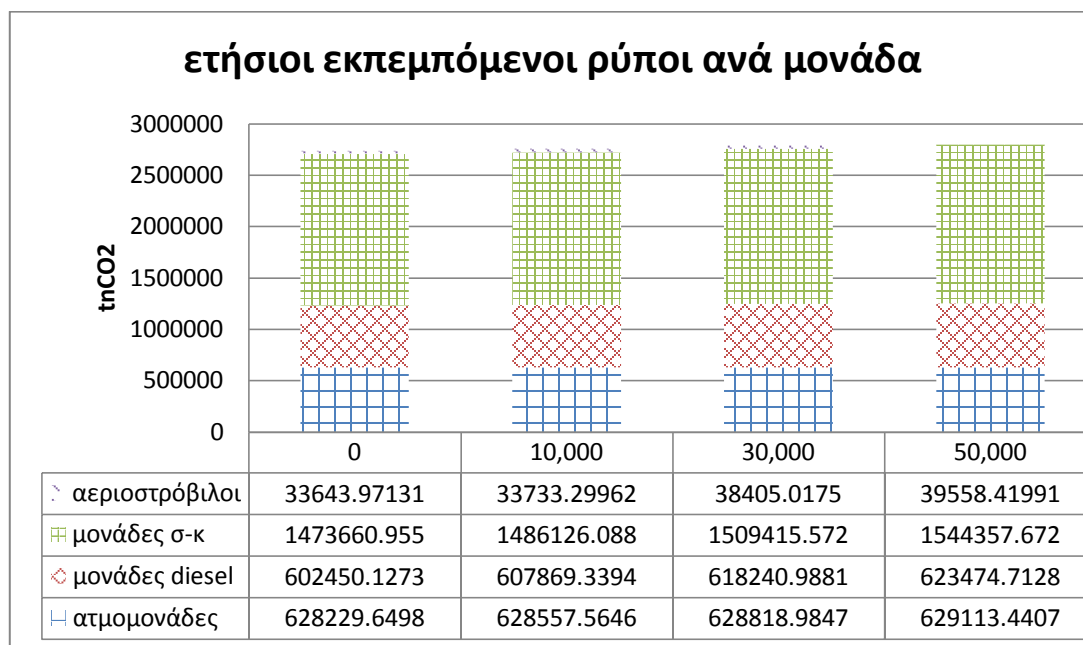
Παρακάτω φαίνεται το ετήσιο ειδικό κόστος του συστήματος, το οποίο λαμβάνει τις μεγαλύτερες τιμές στην περίπτωση εισαγωγής 50.000 οχημάτων:



διάγραμμα 73:ετήσιο ειδικό κόστος συστήματος (έξυπνη φόρτιση)

➤ Εκπεμπόμενοι ρύποι

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται οι ετήσιοι εκπεμπόμενοι ρύποι ανά μονάδα παραγωγής για τα τρία σενάρια διεύθυνσης ηλεκτρικών οχημάτων:



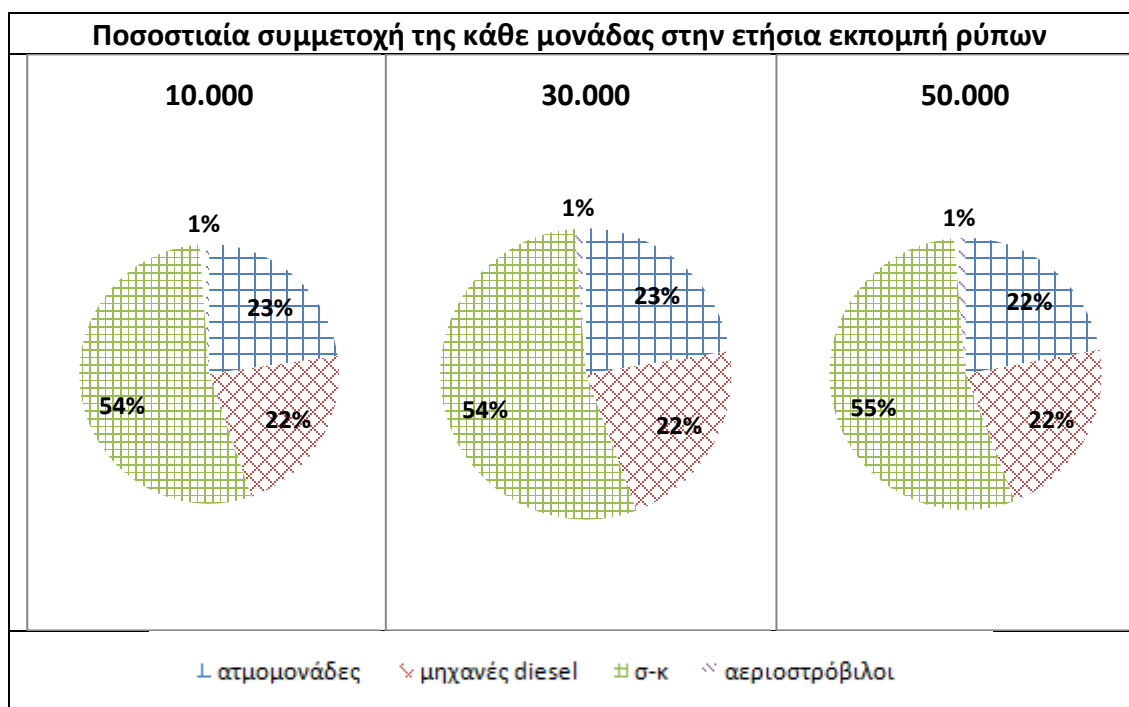
διάγραμμα 74:ετήσιες εκπομπές ρύπων (έξυπνη φόρτιση)

και το κόστος των εκπεμπόμενων ρύπων, το οποίο δείχνει ότι όπως είναι επόμενο με την αύξηση της παραγωγής, αυξάνονται οι εκπεμπόμενοι και συνεπώς το κόστος τους.



διάγραμμα 75: ετήσιο κόστος εκπεμπόμενων ρύπων των μονάδων παραγωγής για φόρτιση(έξυπνη φόρτιση)

Ακολουθεί η ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στην ετήσια εκπομπή των ρύπων. Τα διαγράμματα αυτά αντιστοιχούν και στην συμμετοχή της κάθε μονάδας στο κόστος των ρύπων:



Πίνακας 41: ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στην ετήσια εκπομπή ρύπων και στο κόστος τους (έξυπνη φόρτιση)

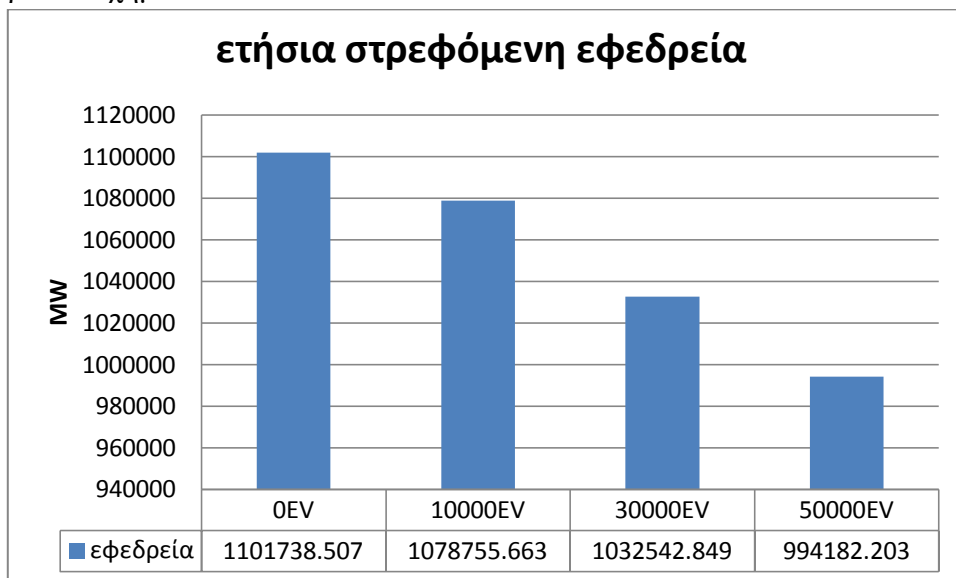
Όπως και στις προηγούμενες στρατηγικές φόρτισης, στο σημείο αυτό, γνωρίζοντας τους επιπλέον ρύπους που εκπέμπονται από το σύστημα παραγωγής εξαιτίας του στόλου των ηλεκτρικών οχημάτων αλλά και τους ρύπους οι οποίοι εκπέμπονται από το σύστημα πριν την εισαγωγή των ηλεκτρικών οχημάτων μπορούμε να υπολογίσουμε τις εκπομπές ρύπων ανά χιλιόμετρο. Μέσω του διαγράμματος αυτού μπορούμε να δούμε τελικά αν η εισαγωγή των ηλεκτρικών οχημάτων στο δίκτυο είναι πιο οικολογική σε σύγκριση με την εισαγωγή ίσου αριθμού συμβατικών οχημάτων.



διάγραμμα 76:εκπομπές ρύπων ανά χιλιόμετρο(έξυπνη φόρτιση)

➤ Στρεφόμενη εφεδρεία

Η ετήσια στρεφόμενη εφεδρεία του συστήματος μειώνεται με την αύξηση των ηλεκτρικών οχημάτων.

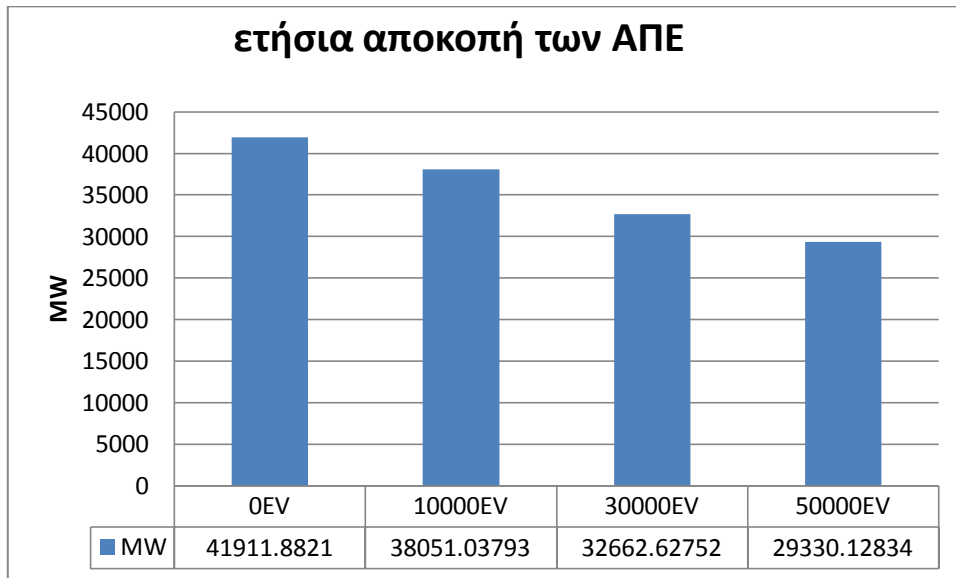


διάγραμμα 77: ετήσια στρεφόμενη εφεδρεία συστήματος (έξυπνη φόρτιση)

➤ Αποκοπή των ΑΠΕ

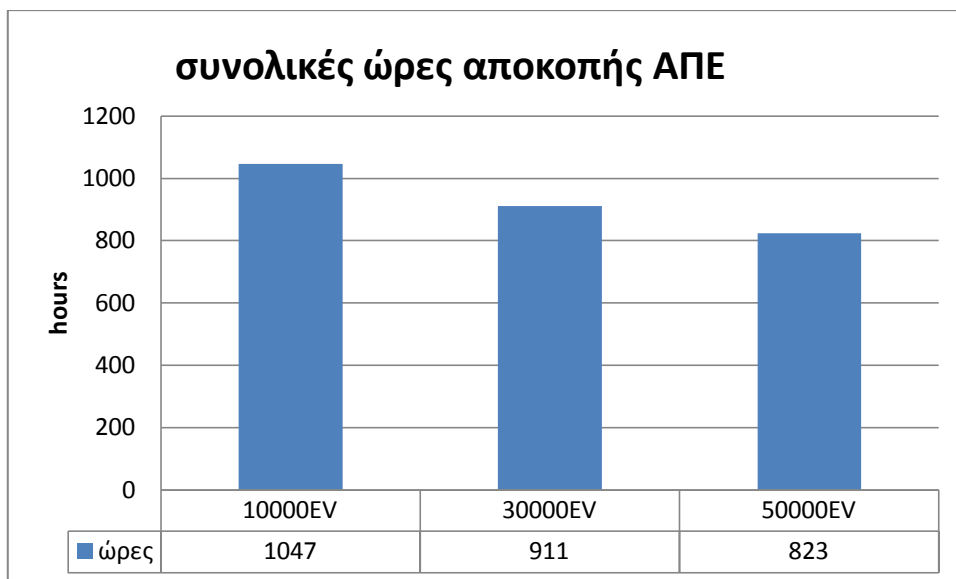
Η ελεγχόμενη φόρτιση με την μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ επιτυγχάνει την μεγαλύτερη απορρόφηση ΑΠΕ σε σχέση με τις προηγούμενες στρατηγικές φόρτισης. Η απορρόφηση αυξάνεται όσο αυξάνεται ο αριθμός των ηλεκτρικών οχημάτων που υπάρχουν στο δίκτυο.

Τα παραπάνω φαίνονται στα επόμενα διαγράμματα:



διάγραμμα 78: ετήσια αποκοπή ΑΠΕ (έξυπνη φόρτιση)

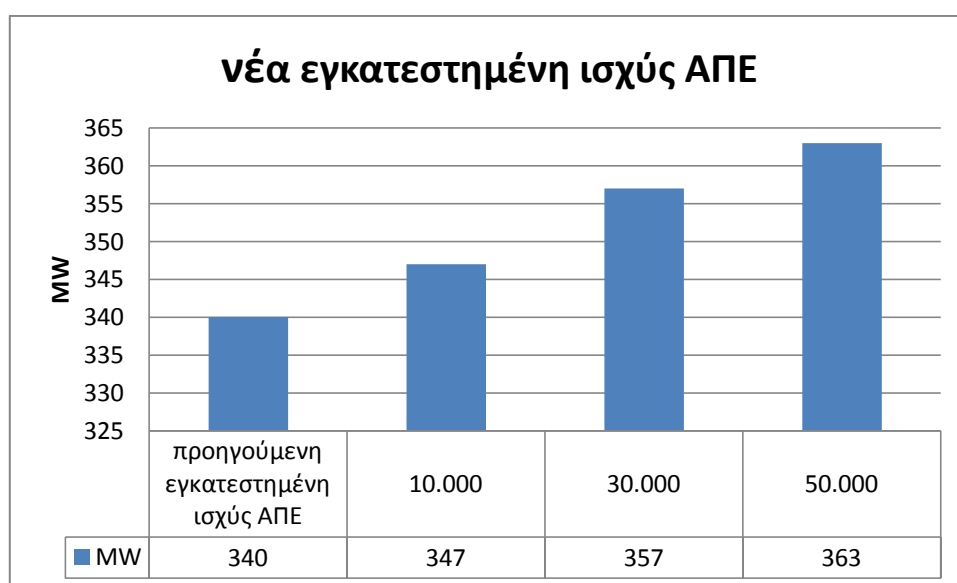
Σε ετήσια μελέτη έχουν βρεθεί οι ώρες κατά τις οποίες υπάρχει πλήρης απορρόφηση των ΑΠΕ και ως εκ τούτου, οι ώρες μέσα στο έτος κατά τις οποίες υπάρχει περίσσεια ανεκμετάλλευτη ενέργεια από ΑΠΕ, στην περίπτωση κατά την οποία τα ηλεκτρικά οχήματα που υπάρχουν στο δίκτυο ακολουθούν ελεγχόμενη φόρτιση με μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον επόμενο πίνακα:



διάγραμμα 79: συνολικές ώρες αποκοπής των ΑΠΕ μέσα στο έτος για τα τρία σενάρια διείσδυσης για έξυπνη φόρτιση

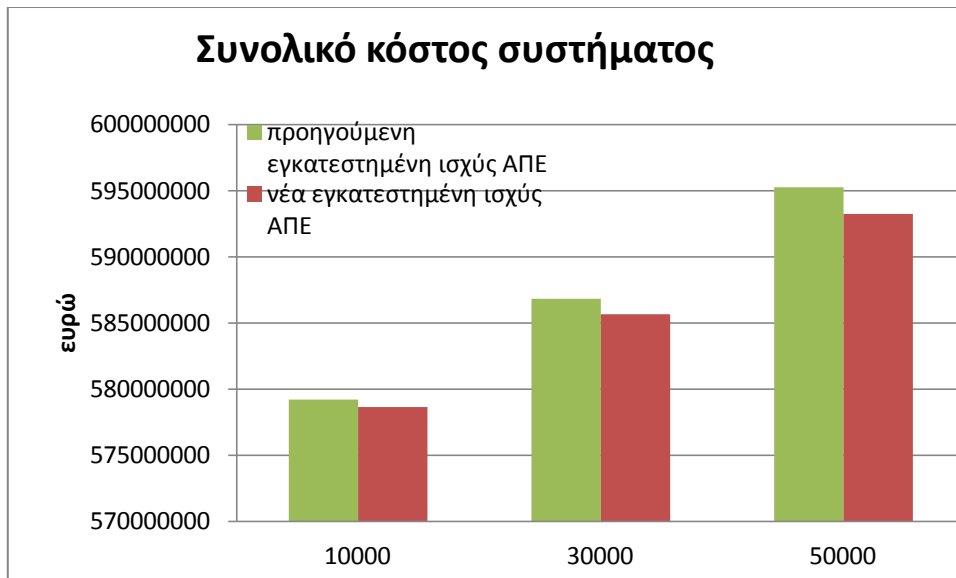
3.2.4.2. Διερεύνηση της μεγιστοποίησης της εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα, η μείωση της ετήσιας αποκοπής των ΑΠΕ στην στρατηγική φόρτισης με μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ και για τα τρία σενάρια διείσδυσης, γεννά το ερώτημα της δυνατότητας αύξησης της εγκατεστημένης ισχύος ανανεώσιμων μονάδων. Στην ενότητα αυτή θεωρούμε ότι η εγκατεστημένη ισχύς των αιολικών πάρκων αυξάνει τόσο ώστε η ετήσια αποκοπή ενέργειας των μονάδων ΑΠΕ για περίπτωση φόρτισης smart-res max penetration να γίνει ίση με την ετήσια αποκοπή ενέργειας στην περίπτωση όπου δεν υπάρχουν ηλεκτρικά οχήματα. Η νέα εγκατεστημένη ισχύς των ΑΠΕ για τα τρία σενάρια διείσδυσης ηλεκτρικών οχημάτων φαίνεται παρακάτω. Παρατηρούμε ότι για 10.000 οχήματα αυξάνεται κατά 1,02%, για 30.000 οχήματα έχουμε αύξηση 1,05% και τέλος στην περίπτωση εισαγωγής 50.000 οχημάτων έχουμε αύξηση εγκατεστημένης ισχύος κατά 1,07%.

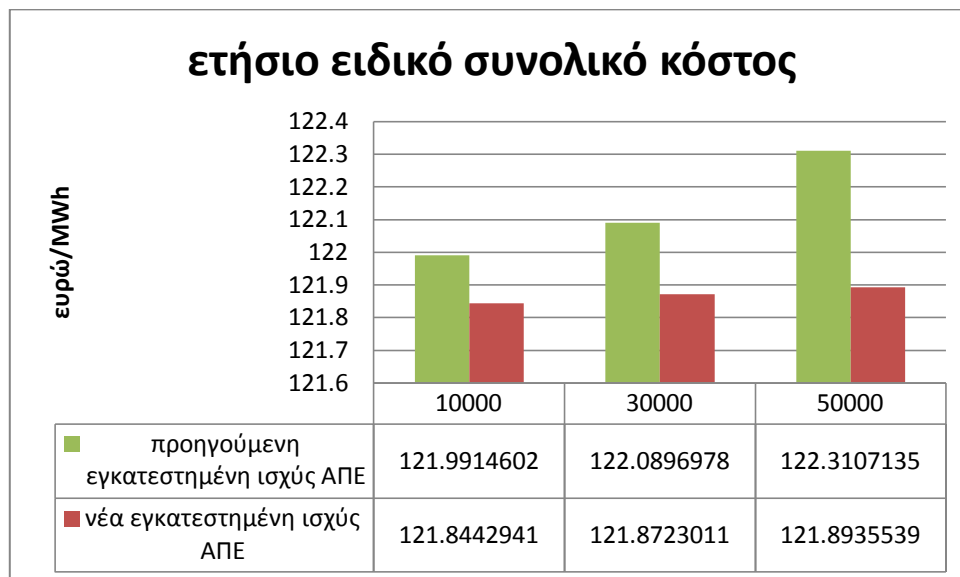


Διάγραμμα 80 :νέα εγκατεστημένη ισχύς ΑΠΕ για τα τρία σενάρια διείσδυσης ηλεκτρικών οχημάτων

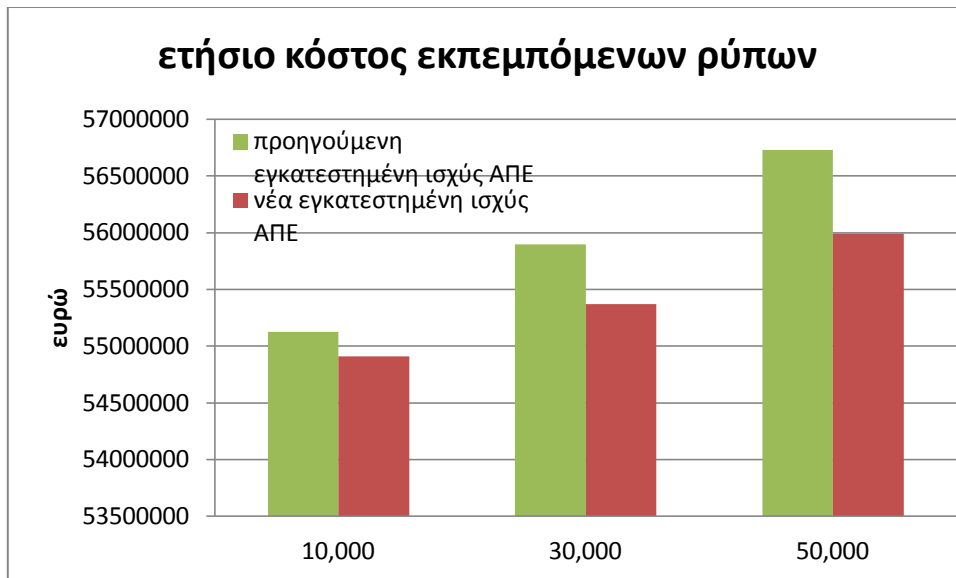
Για την νέα εγκατεστημένη ισχύ, θα παρουσιάσουμε τα βασικά ετήσια διαγράμματα για τις τρεις περιπτώσεις διείσδυσης οχημάτων τα οποία ακολουθούν φόρτιση με μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ. Στα διαγράμματα αυτά παρατηρούμε ότι για την νέα εγκατεστημένη ισχύ, η οικονομική αποτίμηση δείχνει ότι υπάρχει μείωση του συνολικού κόστους του συστήματος. Επίσης οι συνολικοί ετήσιοι εκπεμπόμενοι ρύποι μειώνονται, επομένως έχουμε μικρότερο κόστος εκπεμπόμενων ρύπων, καθώς επίσης και μικρότερες εκπομπές ρύπων ανά χιλιόμετρο. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται συγκριτικά με τα αποτελέσματα που είχαν προκύψει στην περίπτωση φόρτισης με μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ με την προηγούμενη εγκατεστημένη ισχύ.



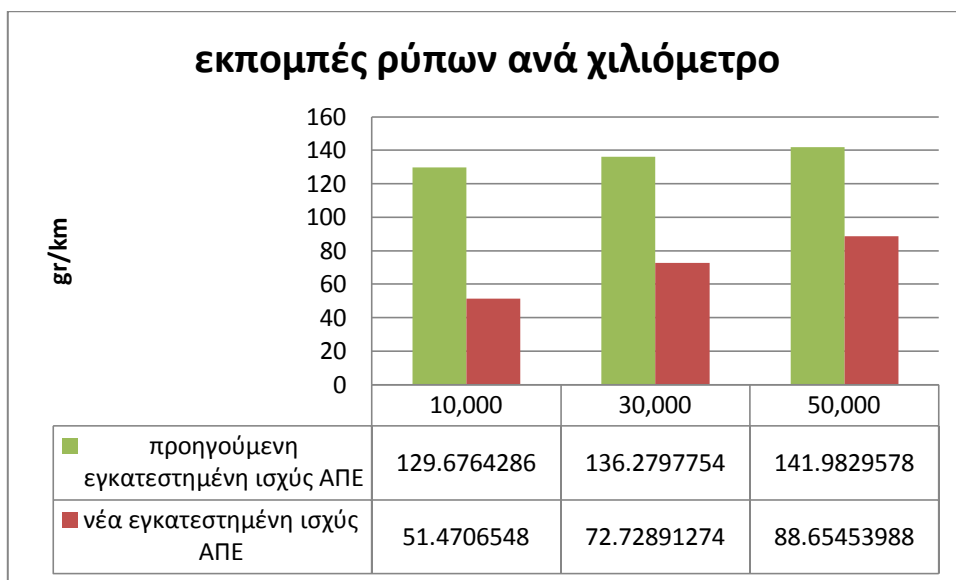
διάγραμμα 81: συνολικό κόστος συστήματος ,στρατηγικής φόρτισης smart-res max penetration,για τις περιπτώσεις διαφορετικής εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ



διάγραμμα 82: ετήσιο ειδικό συνολικό κόστος συστήματος ,στρατηγικής φόρτισης smart-res max penetration,για τις περιπτώσεις διαφορετικής εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ



διάγραμμα 83: : ετήσιο κόστος εκπεμπόμενων ρύπων ,στρατηγικής φόρτισης smart-res max penetration,για τις περιπτώσεις διαφορετικής εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ



διάγραμμα 84: εκπομπές ρύπων ανά χιλιόμετρο ,στρατηγικής φόρτισης smart-res max penetration,για τις περιπτώσεις διαφορετικής εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

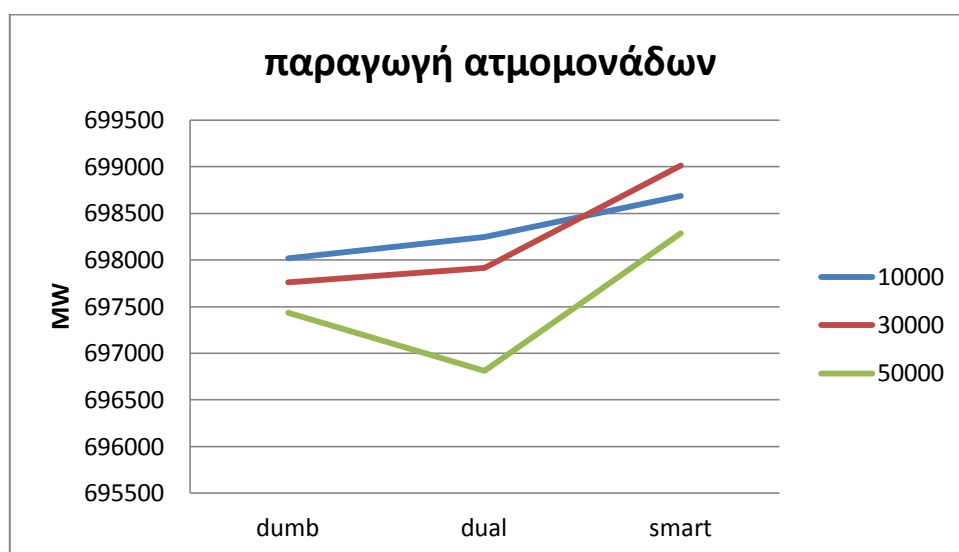
Στην διπλωματική αυτή αναπτύχθηκαν τρεις διαφορετικοί αλγόριθμοι φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Έχοντας ήδη μελετήσει τις διαφορετικές στρατηγικές φόρτισης τους σε ένα υπαρκτό δίκτυο, είδαμε την επίδραση που έχει η εισαγωγή ενός στόλου ηλεκτρικών οχημάτων στην λειτουργία ενός ενεργειακού συστήματος.

Επομένως μπορούμε πλέον να συγκρίνουμε τις στρατηγικές αυτές ως προς την επίδραση που έχουν η κάθε μία, στην συνολική παραγωγή και στο κόστος του ενεργειακού συστήματος, στους εκπεμπόμενους ρύπους από τις μονάδες παραγωγής, στην αποκοπή των ΑΠΕ και στην στρεφόμενη εφεδρεία, συνοψίζοντας τα συμπεράσματα ακολούθως:

➤ Προγραμματισμός των μονάδων

Στα παρακάτω διαγράμματα φαίνεται η παραγωγή των μονάδων του ενεργειακού συστήματος για κάθε στρατηγική φόρτισης στα τρία σενάρια διείσδυσης ηλεκτρικών οχημάτων:

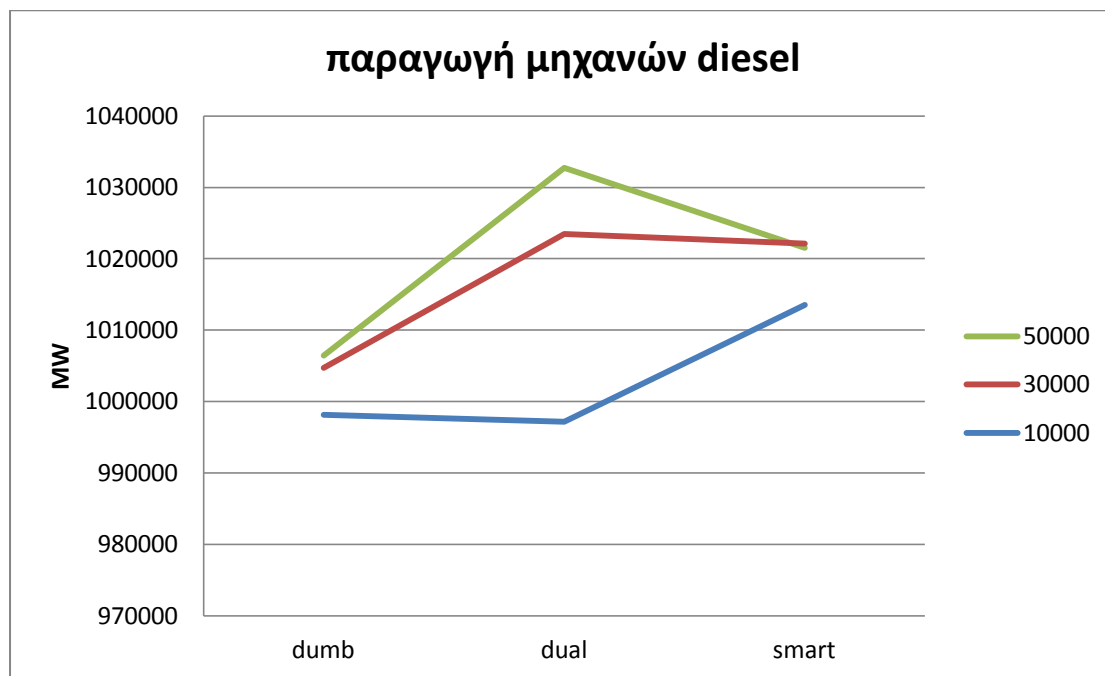
Όσον αφορά την ετήσια παραγωγή ατμομονάδων παρατηρούμε ότι στις στρατηγικές μη ελεγχόμενης φόρτισης και ελεγχόμενης φόρτισης με διζωνικό τιμολόγιο, η αύξηση του στόλου των οχημάτων οδηγεί σε μείωση της παραγωγής τους. Αυτό δεν συμβαίνει στην περίπτωση έξυπνης φόρτισης, όπου η παραγωγή των ατμομονάδων και ο αριθμός των ηλεκτρικών οχημάτων δεν εμφανίζουν κάποια αναλογία. Γενικά σε έξυπνη φόρτιση με μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ, οι ατμομονάδες παράγουν μεγαλύτερα ποσά ενέργειας σε σχέση με τις δύο άλλες στρατηγικές φόρτισης, ανεξαρτήτως στόλου ηλεκτρικών οχημάτων.



διάγραμμα 85: διαφορές στην ετήσια παραγωγή ατμομονάδων για τις τρεις διαφορετικές στρατηγικές φόρτισης

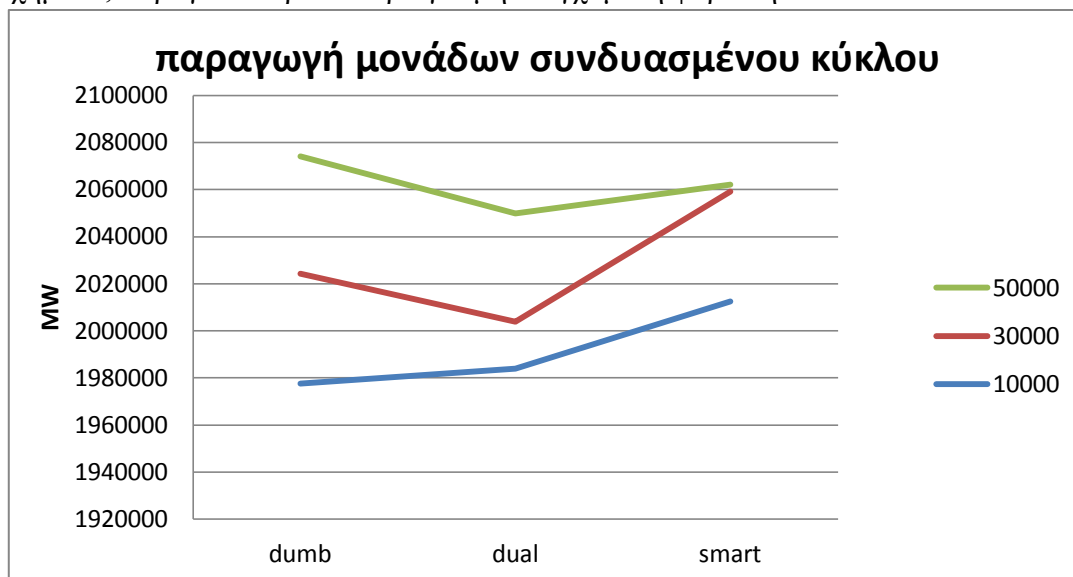
Σε όλους τους άλλους τύπους μονάδων, η αύξηση των ηλεκτρικών οχημάτων οδηγεί σε αύξηση της παραγωγής ανεξαρτήτως στρατηγικής φόρτισης.

Κατά την διάρκεια ελεγχόμενης φόρτισης με διζωνικό τιμολόγιο οι μηχανές diesel παράγουν περισσότερο σε σχέση με τις άλλες στρατηγικές φόρτισης για διείσδυση 30.000 και 50.000 οχημάτων στο δίκτυο. Σε περίπτωση διείσδυσης 10.000 οχημάτων η στρατηγική έξυπνης φόρτισης έχει μεγαλύτερη παραγωγή ατμονάδων.



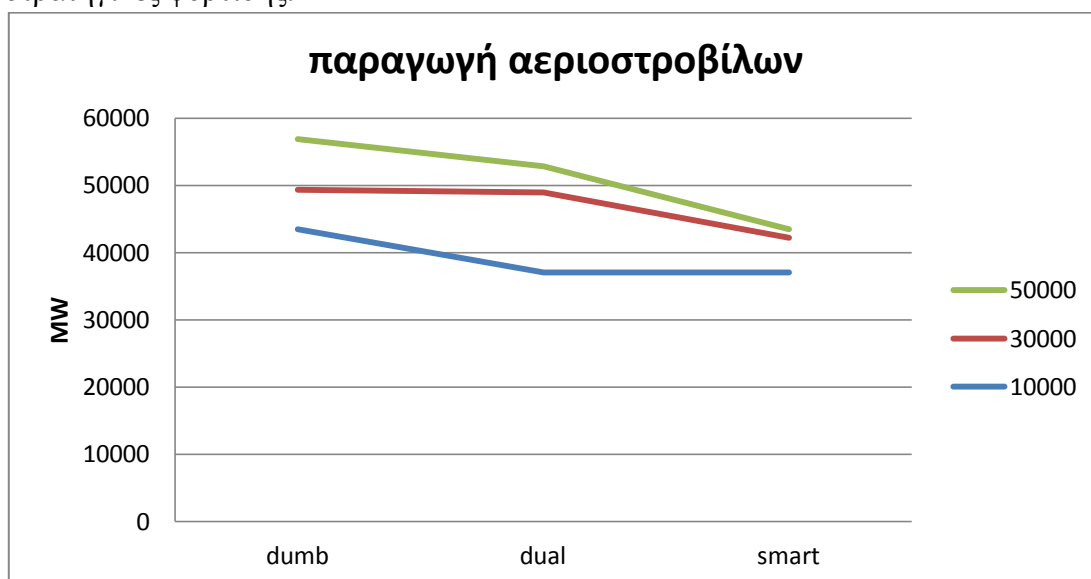
διάγραμμα 86 : διαφορές στην ετήσια παραγωγή μηχανών diesel για τις τρεις διαφορετικές στρατηγικές φόρτισης

Όσον αφορά τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου, για 10.000 οχήματα παράγουν περισσότερο σε φόρτιση smart-res max penetration, ενώ για 30.000 και 50.000 οχήματα, παράγουν περισσότερο για μη ελεγχόμενη φόρτιση.



διάγραμμα 87 :διαφορές στην ετήσια παραγωγή μονάδων συνδυασμένου κύκλου για τις τρεις διαφορετικές στρατηγικές φόρτισης

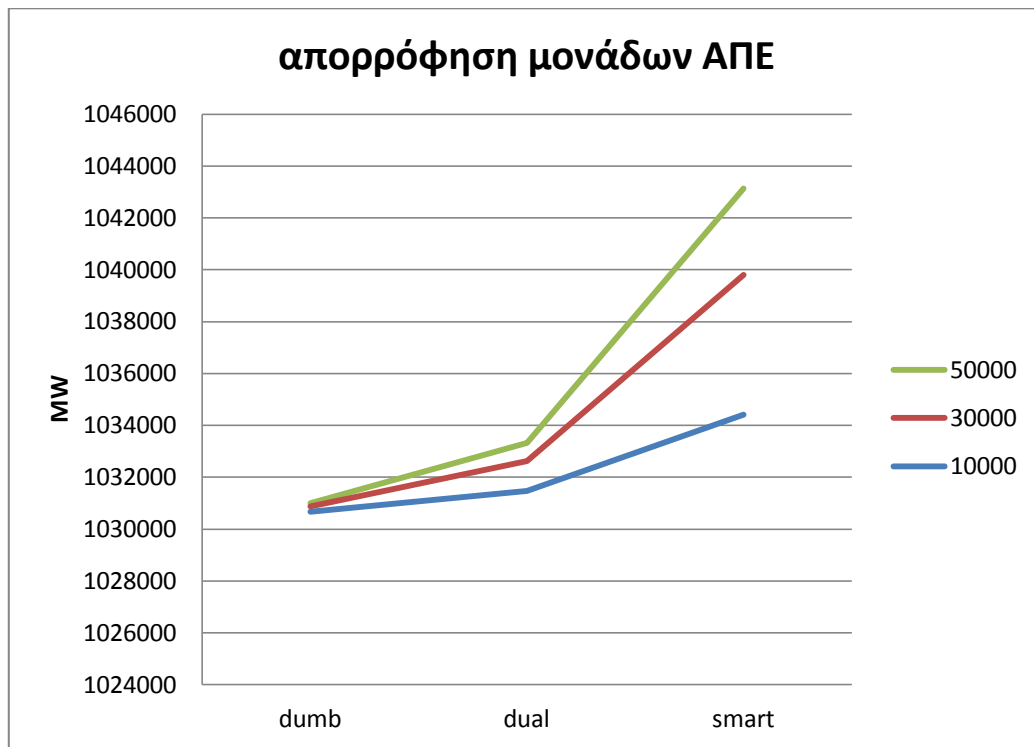
Στο παρακάτω διάγραμμα παρατηρούμε ότι για στρατηγική φόρτισης dumb οι μονάδες αεριοστροβίλων παράγουν περισσότερο σε σχέση με τις δύο άλλες στρατηγικές φόρτισης.



διάγραμμα 88 :διαφορές στην ετήσια παραγωγή αεριοστροβίλων για τις τρεις διαφορετικές στρατηγικές φόρτισης

Στο τελευταίο αυτό διάγραμμα ,της παραγωγής των ΑΠΕ παρατηρούμε ότι για ελεγχόμενη φόρτιση με μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ, οι μονάδες ΑΠΕ,

απορροφώνται αρκετά περισσότερο, σε σύγκριση με την απορρόφηση τους για τις δύο άλλες στρατηγικές φόρτισης.

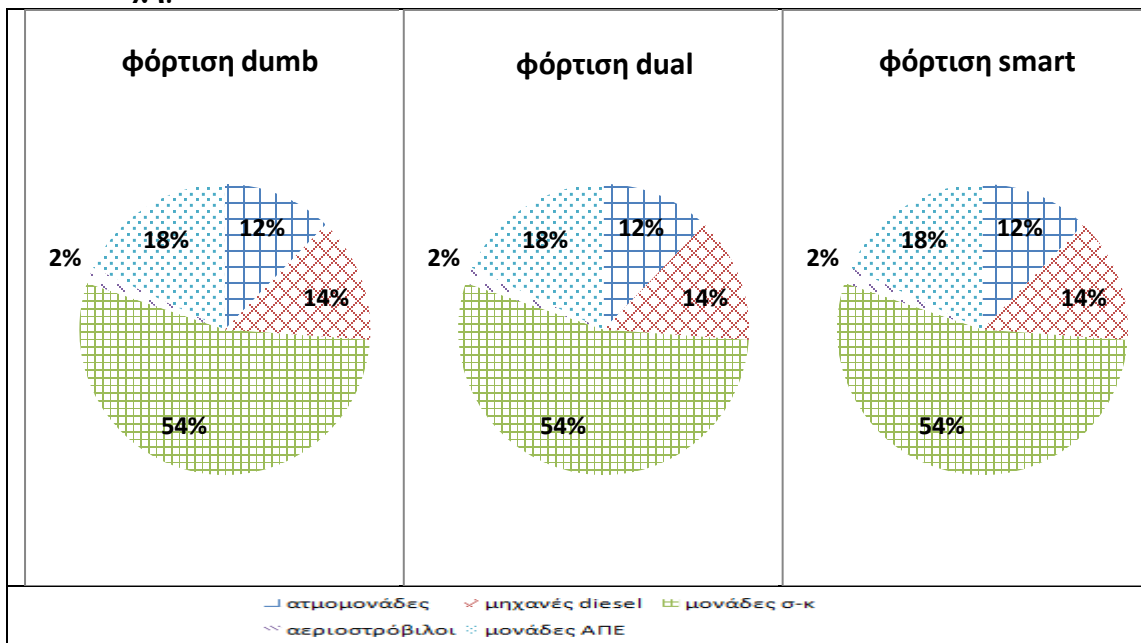


διάγραμμα 89: διαφορές στην ετήσια παραγωγή μονάδων ΑΠΕ για τις τρεις διαφορετικές στρατηγικές φόρτισης

➤ Οικονομική αποτίμηση

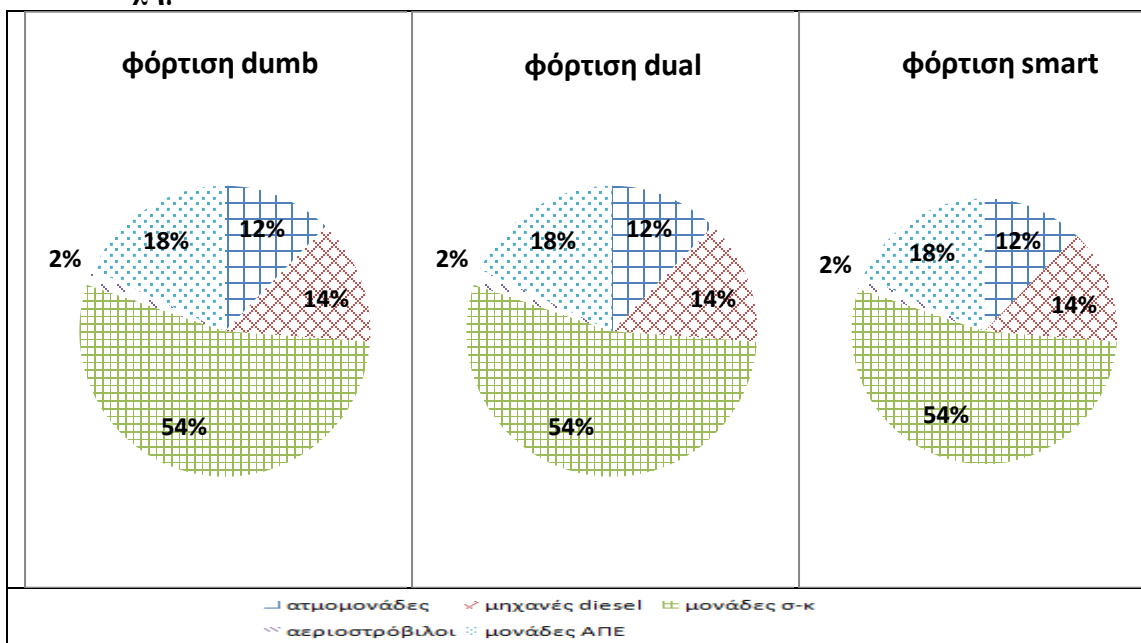
Στους επόμενους πίνακες φαίνεται η ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στο συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης του συστήματος για κάθε στρατηγική φόρτισης.

- 10.000 οχήματα:



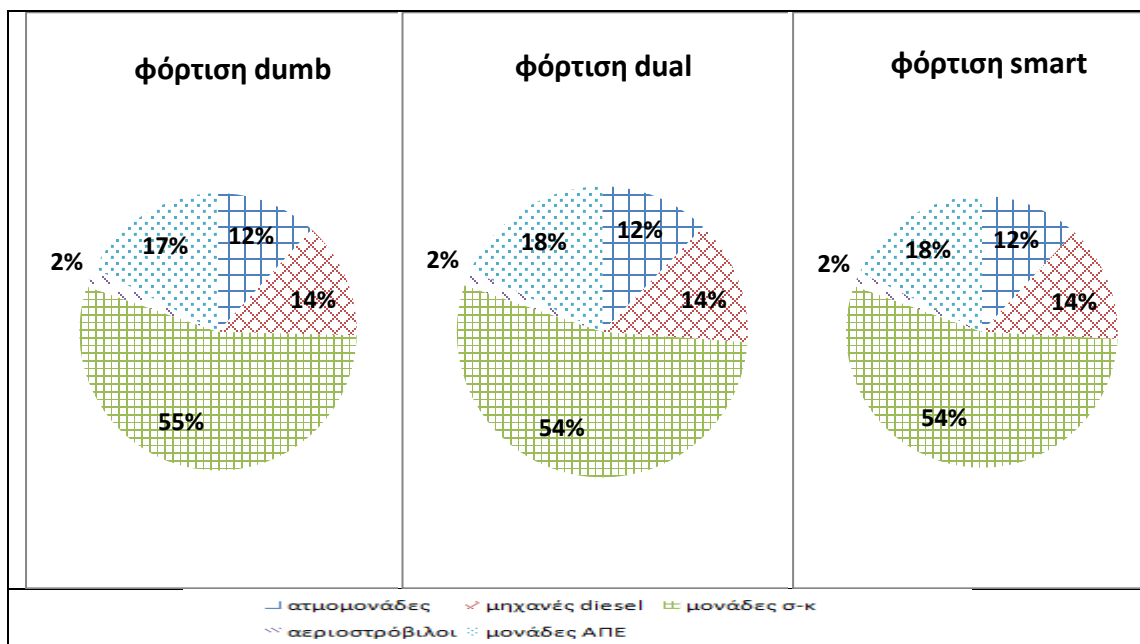
Πίνακας 42: ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στο ετήσιο κόστος για τις τρεις στρατηγικές φόρτισης για διείσδυση 10.000 οχημάτων

- 30.000 οχήματα:



Πίνακας 43: ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στο ετήσιο κόστος για τις τρεις στρατηγικές φόρτισης για διείσδυση 30.000 οχημάτων

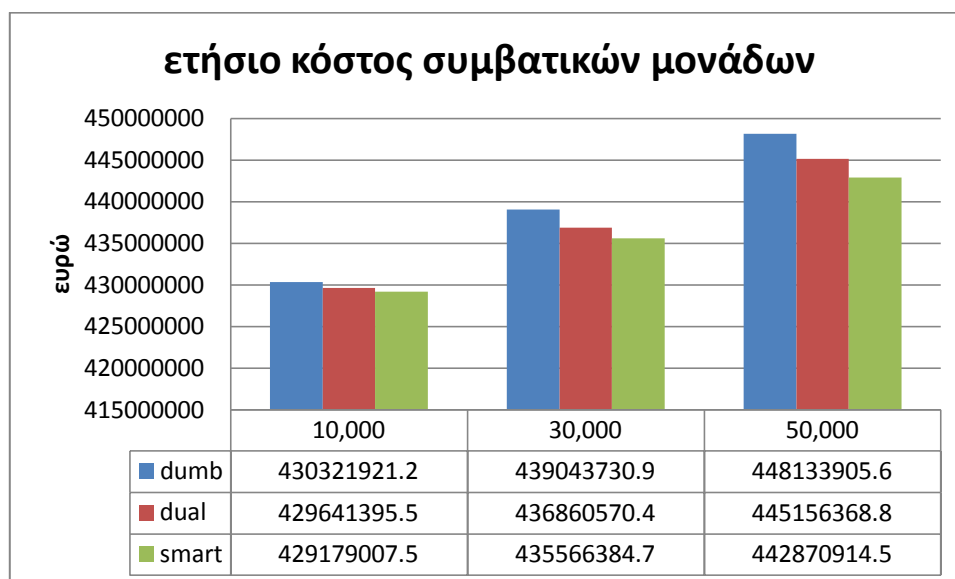
- 50.000 οχήματα:



Πίνακας 44: ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στο ετήσιο κόστος για τις τρεις στρατηγικές φόρτισης για διείσδυση 50.000 οχημάτων

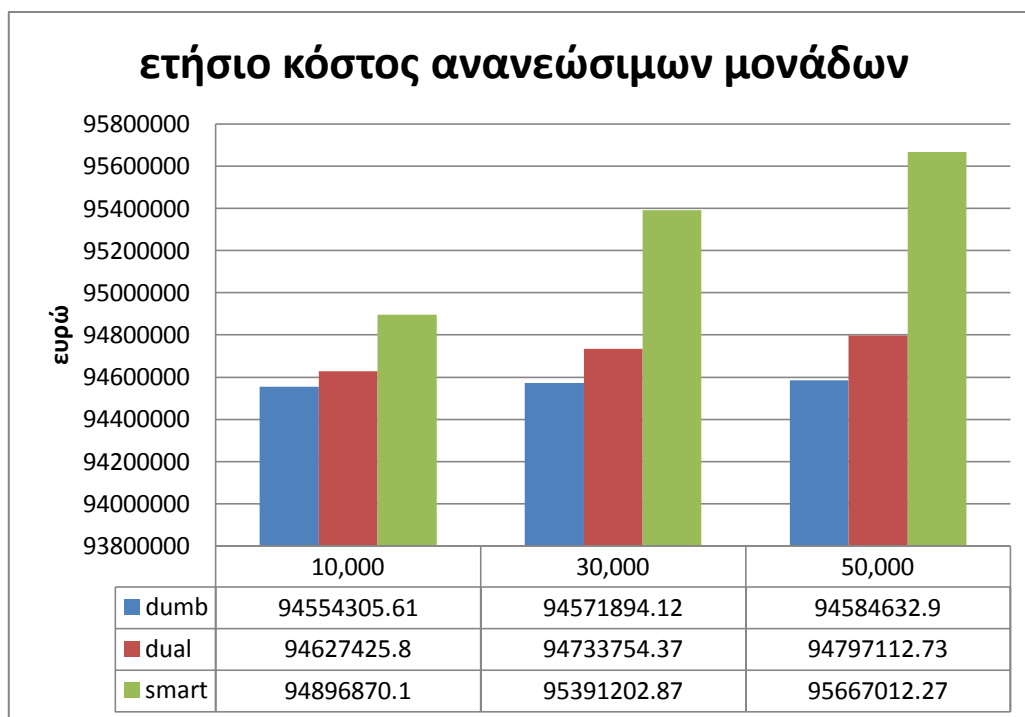
Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται το ετήσιο κόστος των συμβατικών μονάδων για τις τρεις στρατηγικές φόρτισης:

Από το διάγραμμα αυτό παρατηρούμε ότι στην μη ελεγχόμενη φόρτιση το κόστος λειτουργίας και συντήρησης των συμβατικών μονάδων είναι το υψηλότερο σε σχέση με τις δύο άλλες περιπτώσεις, ενώ η πιο οικονομική φόρτιση, συμπεριλαμβάνοντας μόνο το κόστος των συμβατικών μονάδων είναι η έξυπνη φόρτιση με την μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ.



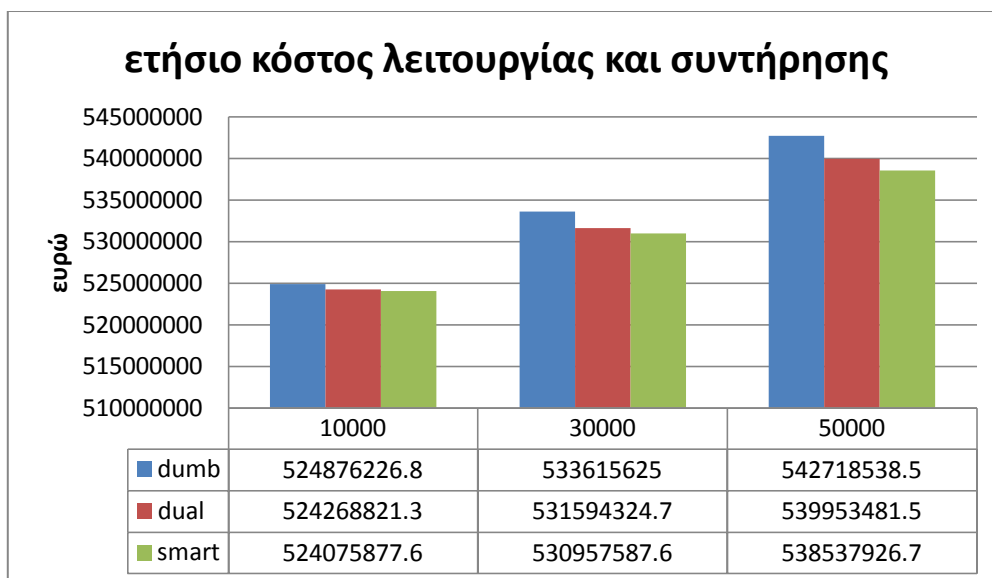
Διάγραμμα 90 :ετήσιο κόστος συμβατικών μονάδων για τις τρεις στρατηγικές φόρτισης στα τρία επίπεδα διείσδυσης.

Στο επόμενο διάγραμμα φαίνεται το κόστος των ανανεώσιμων μονάδων για τις τρεις περιπτώσεις φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων.Εφόσον στην περίπτωση smart-res max penetration, η παραγωγή των ΑΠΕ είναι πιο υψηλή, είναι λογικό στη φόρτιση αυτή το κόστος των μονάδων ΑΠΕ να είναι υψηλότερο.



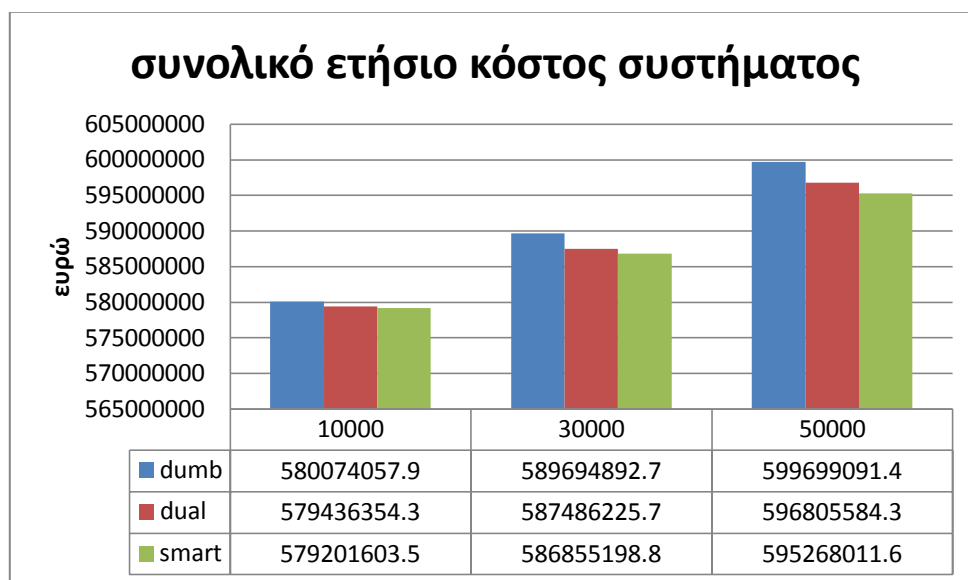
διάγραμμα 91 :ετήσιο κόστος ανανεώσιμων μονάδων για τις τρεις στρατηγικές φόρτισης στα τρία επίπεδα διείσδυσης

Στο επόμενο διάγραμμα φαίνεται το ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης του συστήματος για τις τρεις διαφορετικές στρατηγικές φόρτισης για τα τρία σενάρια διείσδυσης ηλεκτρικών οχημάτων,το οποίο συμπεριλαμβάνει και τις ανανεώσιμες μονάδες.Παρατηρούμε ότι σε περίπτωση φόρτισης με μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ έχουμε την περισσότερο οικονομική παραγωγή.



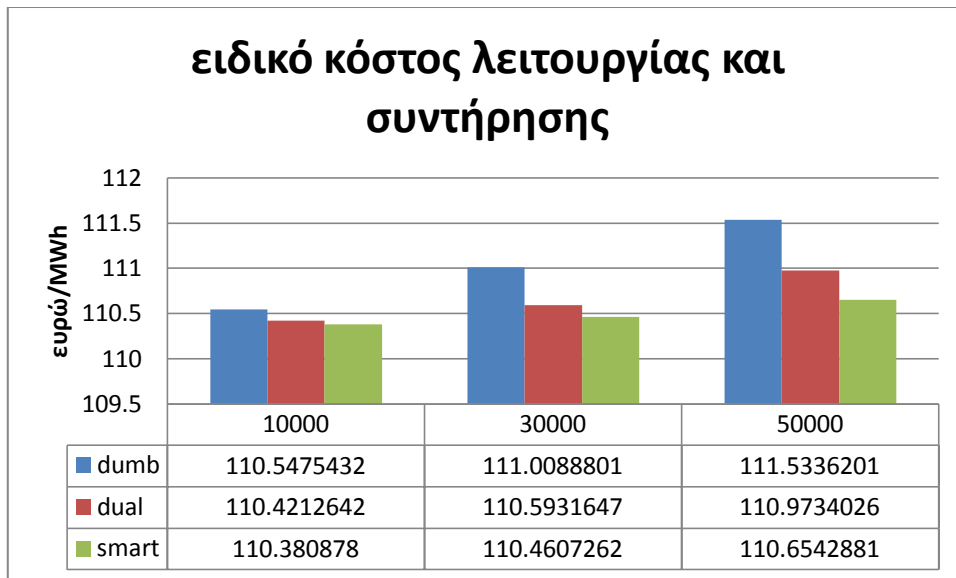
διάγραμμα 92 :ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης για τις τρεις στρατηγικές φόρτισης στα τρία σενάρια διείσδυσης

Συμπεριλαμβάνοντας την χρέωση των εκπεμπόμενων ρύπων των μονάδων παραγωγής έχουμε το συνολικό ετήσιο κόστος του συστήματος για κάθε περίπτωση:

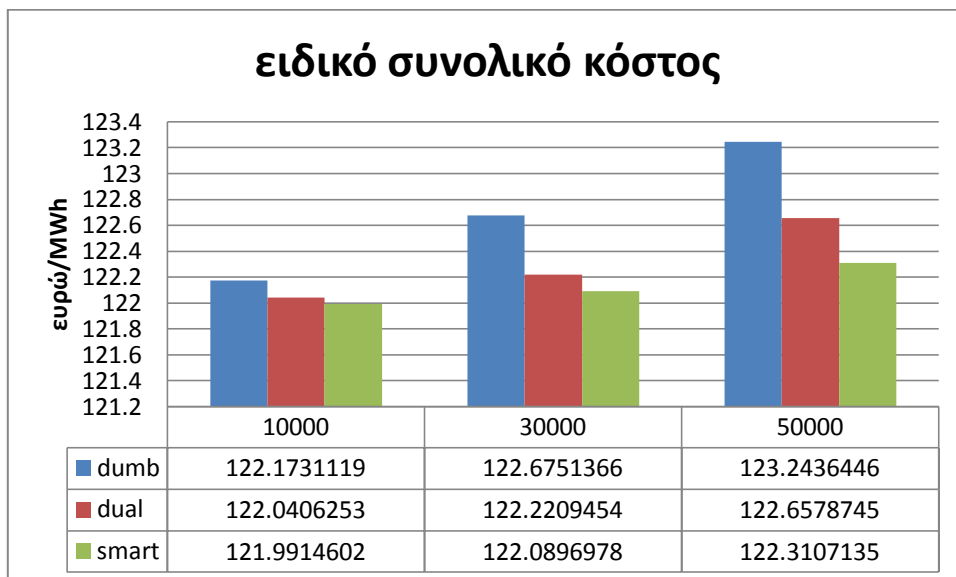


διάγραμμα 93ετήσιο συνολικό κόστος συστήματος για τις τρεις στρατηγικές φόρτισης στα τρία σενάρια διείσδυσης

Στα δύο επόμενα διαγράμματα φαίνεται το ετήσιο ειδικό κόστος λειτουργίας και συντήρησης και το ετήσιο ειδικό συνολικό κόστος του συστήματος:



διάγραμμα 94 :ετήσιο ειδικό κόστος λειτουργίας και συντήρησης για τις τρεις στρατηγικές φόρτισης στα τρία επίπεδα διείσδυσης

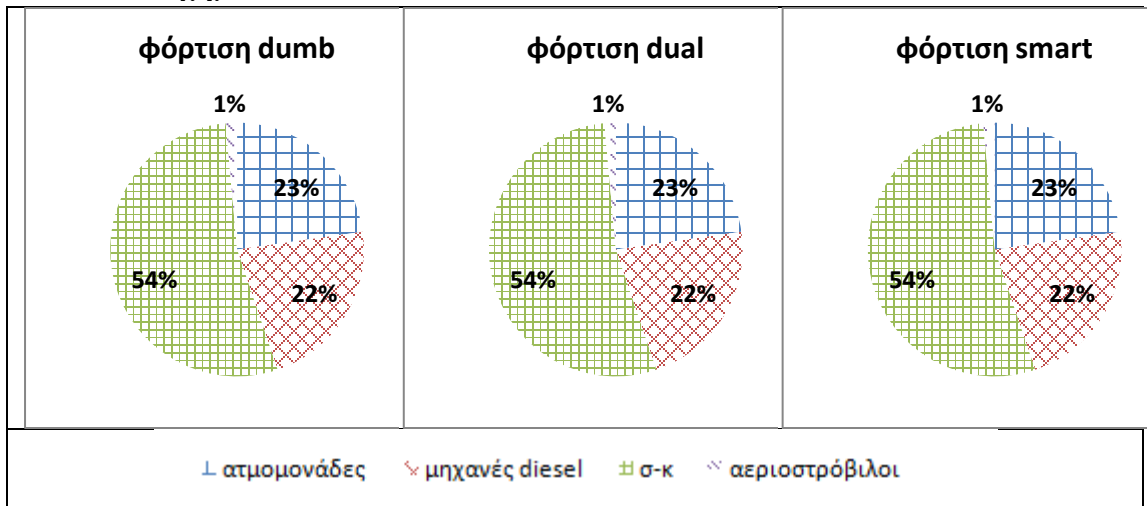


διάγραμμα 95: ετήσιο ειδικό συνολικό κόστος για τις τρεις στρατηγικές φόρτισης στα τρία επίπεδα διείσδυσης

➤ Εκπεμπόμενοι ρύποι

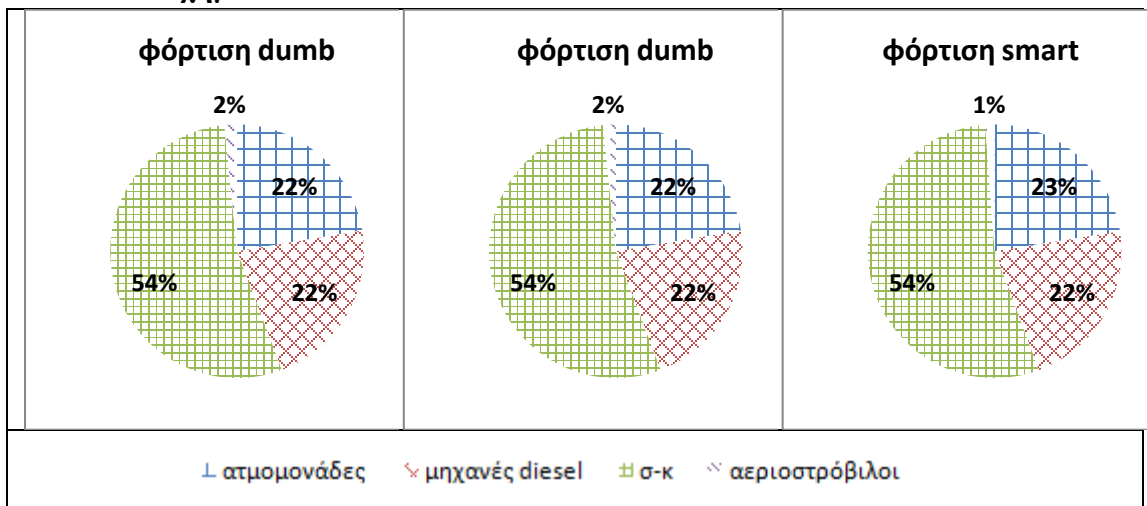
Στους επόμενους πίνακες φαίνεται η ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στους ετήσιους εκπεμπόμενους ρύπους του συστήματος για κάθε στρατηγική φόρτισης , στα τρία σενάρια διείσδυσης:

• 10.000 οχήματα:



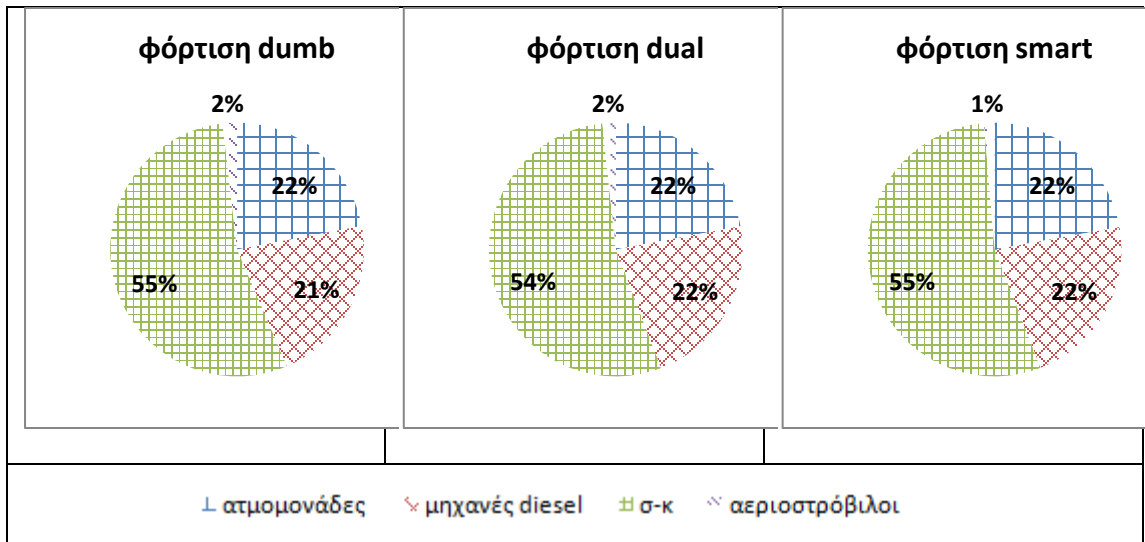
Πίνακας 45: :ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στους ετήσιους εκπεμπόμενους ρύπους για τις τρεις στρατηγικές φόρτισης για διείσδυση 10.000 οχημάτων

• 30.000 οχήματα:



Πίνακας 46: :ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στους ετήσιους εκπεμπόμενους ρύπους για τις τρεις στρατηγικές φόρτισης για διείσδυση 30.000 οχημάτων

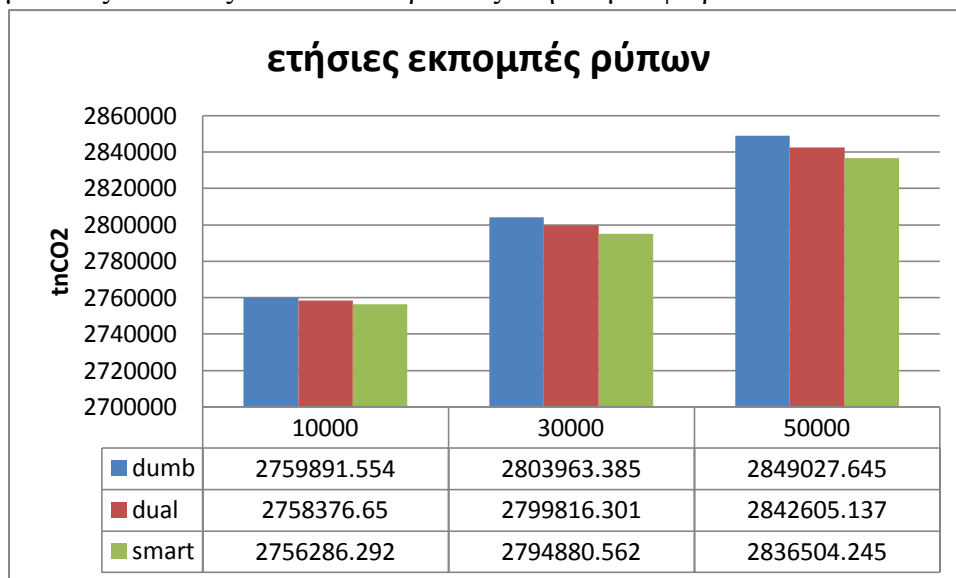
- **50.000 οχήματα:**



Πίνακας 47: :ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε μονάδας στους ετήσιους εκπεμπόμενους ρύπους για τις τρεις στρατηγικές φόρτισης για διείσδυση 30.000 οχημάτων

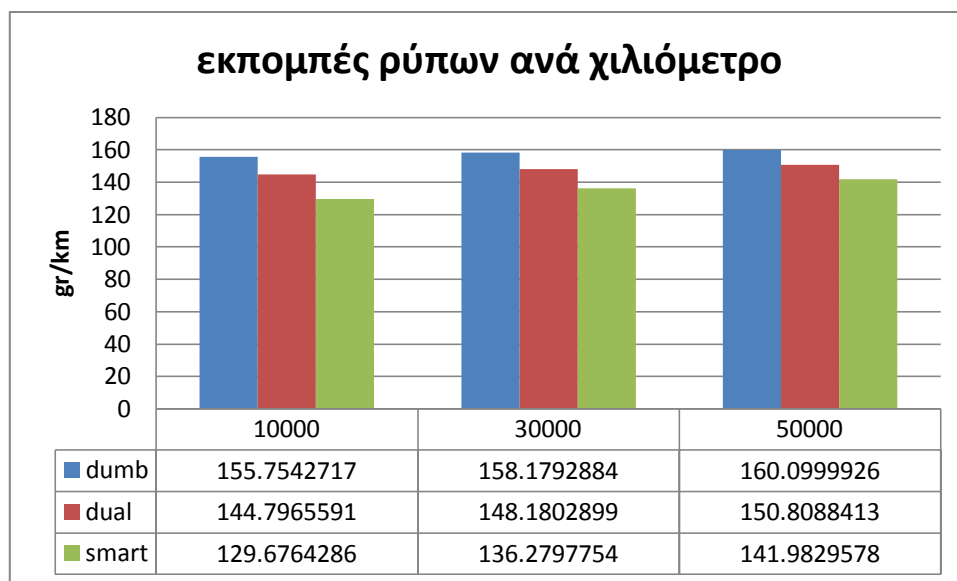
Και συνολικά για κάθε στρατηγική φόρτισης ,οι ετήσιοι εκπεμπόμενοι ρύποι στα τρία επίπεδα εισαγωγής ηλεκτρικών οχημάτων στο δίκτυο:

Παρατηρούμε ότι η ελεγχόμενη φόρτιση με μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ είναι η πιο οικολογική σε σχέση με τις δύο άλλες στρατηγικές φόρτισης. Αυτό συμβαίνει καθώς στην φόρτιση smart η παραγωγή των συμβατικών μονάδων είναι μειωμένη σε σχέση με τις άλλες στρατηγικές φόρτισης. Η μείωση αυτή αντισταθμίζεται με μία αύξηση της εξυπηρέτησης του φορτίου από τις ανανεώσιμες μονάδες οι οποίες δεν εκλύουν ρύπους στην ατμόσφαιρα.



διάγραμμα 96 :ετήσιες εκπομπές ρύπων για τις τρεις στρατηγικές φόρτισης στα τρία σενάρια διείσδυσης

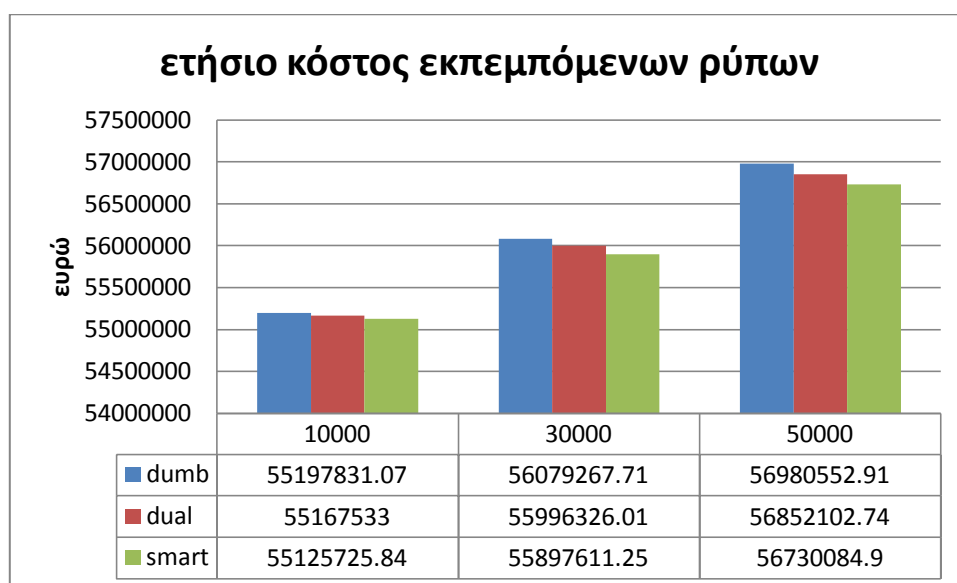
Στο ακόλουθο διάγραμμα παρουσιάζονται οι εκπομπές ρύπων ανά χιλιόμετρο οι οποίες αντιστοιχούν στους επιπλέον ρύπους οι οποίοι εκπέμπονται από το σύστημα παραγωγής προκειμένου να παραχθεί η επιπλέον ενέργεια που ζητείται λόγω της εισαγωγής ηλεκτρικών οχημάτων στο δίκτυο:



διάγραμμα 97: εκπομπές ρύπων ανά χιλιόμετρο για τις διαφορετικές στρατηγικές φόρτισης στα τρία σενάρια διείσδυσης

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε ότι οι λιγότερες εκπομπές ανά χιλιόμετρο αντιστοιχούν στην ελεγχόμενη φόρτιση με μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ.

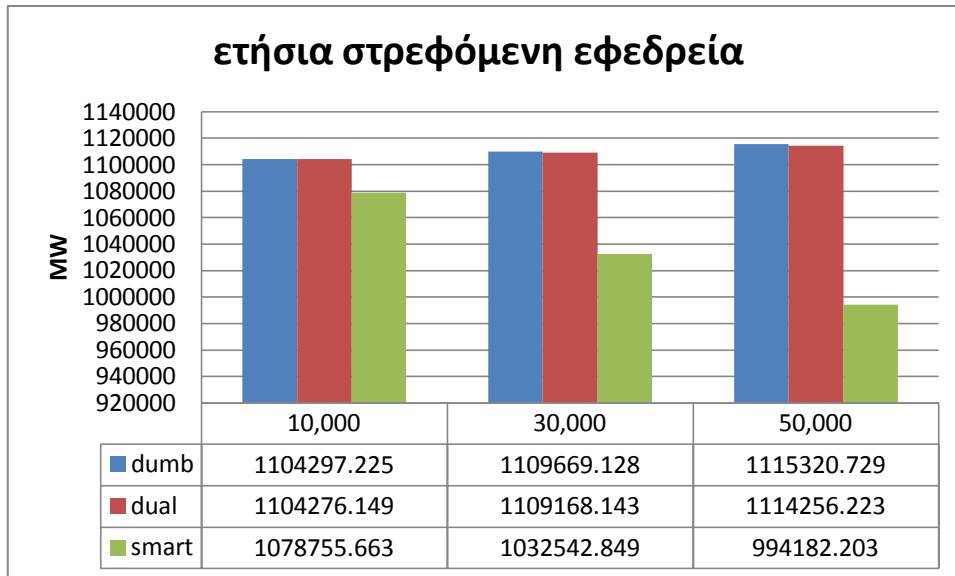
Και το κόστος των εκπεμπόμενων ρύπων μέσα στο έτος για όλες τις στρατηγικές φόρτισης στα τρία επίπεδα διείσδυσης:



διάγραμμα 98 :ετήσιο κόστος εκπεμπόμενων ρύπων για τις διαφορετικές στρατηγικές φόρτισης στα τρία σενάρια διείσδυσης

➤ Στρεφόμενη εφεδρεία

Η ετήσια στρεφόμενη εφεδρεία του συστήματος:

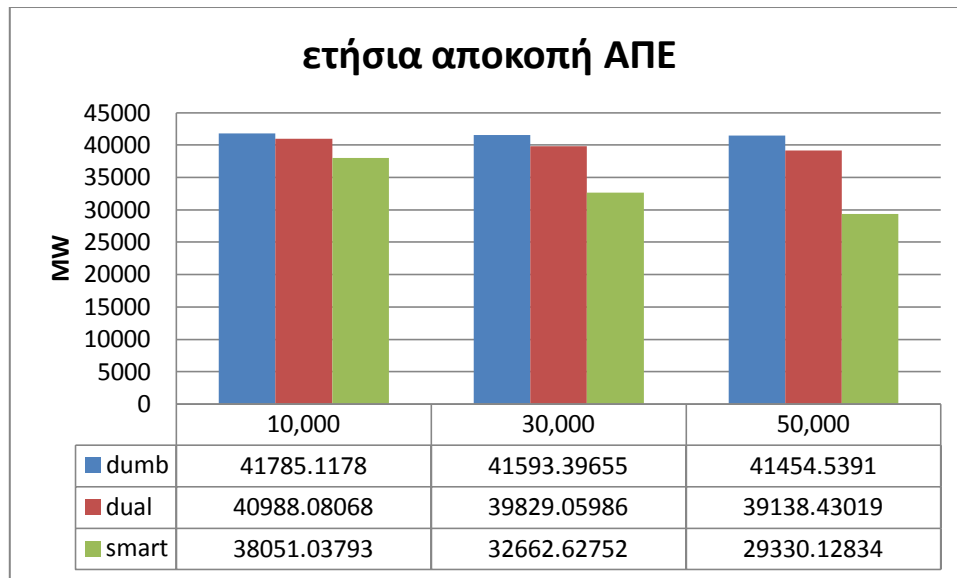


διάγραμμα 99 :ετήσια στρεφόμενη εφεδρεία του συστήματος για τις διαφορετικές στρατηγικές φόρτισης στα τρία σενάρια διείσδυσης

Παρατηρούμε ότι στην φόρτιση με μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ έχουμε την μικρότερη ετήσια στρεφόμενη εφεδρεία, γιατί το φορτίο των ηλεκτρικών οχημάτων δύναται να αποκοπεί και ως εκ τούτου δεν συνυπολογίζεται πλέον στην απαιτούμενη εφεδρεία.

➤ Αποκοπή ΑΠΕ

Τέλος παρουσιάζεται η ετήσια αποκοπή των ΑΠΕ για τις τρεις διαφορετικές στρατηγικές φόρτισης. Παρατηρούμε ότι στην ελεγχόμενη φόρτιση με μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ η απορρόφηση των ΑΠΕ είναι αισθητά μεγαλύτερη από τις δύο άλλες στρατηγικές φόρτισης.



διάγραμμα 100:ετήσια αποκοπή των ΑΠΕ για τις διαφορετικές στρατηγικές φόρτισης στα τρία σενάρια διείσδυσης

Από όλα τα παραπάνω συγκεντρωτικά διαγράμματα μπορούμε να καταλήξουμε στα εξής συμπεράσματα:

Η **μη ελεγχόμενη φόρτιση** είναι αυτή η οποία δημιουργεί τις πιο έντονες μεταβολές στην ημερήσια καμπύλη φορτίου, αυξάνοντας την ημερήσια αιχμή της ημέρας. Προκειμένου να ικανοποιηθεί η ξαφνική αυτή αύξηση της ζήτησης, αυξάνεται η παραγωγή του ενεργειακού συστήματος τις ώρες φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων, αναγκάζοντας με μεγαλύτερες πιθανότητες την εισαγωγή ακριβών μονάδων στο σύστημα παραγωγής. Συμπερασματικά, σε σύγκριση με τις δύο άλλες στρατηγικές φόρτισης, η μη ελεγχόμενη φόρτιση είναι η πιο ακριβή και αυτή με την μεγαλύτερη επιβάρυνση στο σύστημα, καθώς κατά την φόρτιση αυτή οι ετήσιοι εκπεμπόμενοι ρύποι λαμβάνουν τις πιο υψηλές τιμές. Εκτός από αυτό η ετήσια αποκοπή των ΑΠΕ στην φόρτιση αυτή λαμβάνει τις μεγαλύτερες τιμές, αποκόπτοντας 1,4% περισσότερη ανανεώσιμη ενέργεια, συγκριτικά με την περίπτωση smart για 50.000 οχήματα.

Η **ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο** δημιουργεί μία καινούρια αιχμή κατά την διάρκεια της νύχτας, η οποία ακόμη και για διείσδυση 50.000 οχημάτων στο δίκτυο δεν ξεπερνά την ημερήσια αιχμή. Οι ενεργειακές ανάγκες των ηλεκτρικών οχημάτων τις ώρες αυτές εξυπηρετούνται συνήθως από μονάδες συνδυασμένου κύκλου. Όσον αφορά το ετήσιο συνολικό κόστος για φόρτιση dual tariff, αυτό είναι σίγουρα χαμηλότερο από το κόστος για μη ελεγχόμενη φόρτιση και υψηλότερο από το κόστος για περίπτωση φόρτισης με μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ. Όσον αφορά τώρα τους εκπεμπόμενους ρύπους και την απορρόφηση των ΑΠΕ, η στρατηγική αυτή εμφανίζει θετικότερες επιδράσεις στο ενεργειακό σύστημα σε σχέση με την μη ελεγχόμενη φόρτιση. Οι εκπεμπόμενοι ρύποι από τις μονάδες παραγωγής

είναι λιγότεροι από αυτούς που εκπέμπονται στην περίπτωση dumb και τα επίπεδα απορρόφησης ανανεώσιμης ενέργειας είναι αυξημένα σε σχέση πάλι με την περίπτωση dumb.

Τέλος η **ελεγχόμενη φόρτιση με μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ** είναι η φόρτιση αυτή η οποία μεταβάλλει όσο το δυνατόν πιο ήπια την ημερήσια καμπύλη φορτίου. Η φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων ξεκινάει μετά το ημερήσιο peak χωρίς να το ξεπερνάει σε καμία περίπτωση και ολοκληρώνεται στις ώρες valley. Όσον αφορά το κόστος της στρατηγικής αυτής, το συνολικό ετήσιο κόστος του συστήματος είναι αρκετά χαμηλότερο σε σύγκριση με τις δύο άλλες στρατηγικές φόρτισης. Επαληθεύοντας τώρα και τον λειτουργικό σκοπό του αλγορίθμου της φόρτισης αυτής η απορρόφηση των ΑΠΕ στην στρατηγική αυτή είναι η υψηλότερη από όλες τις περιπτώσεις, έχοντας στην περίπτωση εισαγωγής 50.000 οχημάτων στο δίκτυο 0,28% αποκοπή της ετήσιας παραγωγής. Ο οικολογικός χαρακτήρας της φόρτισης αυτής φαίνεται και από τα διαγράμματα των εκπεμπόμενων ρύπων του συστήματος, από τα οποία φαίνεται ότι στην φόρτιση αυτή οι εκπεμπόμενοι ρύποι είναι λιγότεροι συγκρινόμενοι με τους εκπομπόμενους ρύπους των δύο άλλων μεθόδων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1.1] Ευρωπαϊκή Ένωση, Δράση για το κλίμα, http://europa.eu/pol/clim/index_el.htm, τελευταία ενημέρωση: 16/5/2011
- [1.2] Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Δημόσια διαβούλευση επί της τεχνικής εκθέσεως που αφορά στην διερεύνηση των Τρόπων Ανάπτυξης και Διείσδυσης των Ηλεκτροκίνητων Οχημάτων στην Ελλάδα, <http://www.opengov.gr/minenv/?p=3518>
- [1.3] Technology Roadmap, Electric and plug-in hybrid electric vehicles available online at: http://www.iea.org/papers/2011/EV_PHEV_Roadmap.pdf
- [1.4] Projeto-MERGE-Electric-Penetration-Scenarios-in-Germany-UK-Spain-Portugal-and-Greece available online at : <http://paginas.fe.up.pt/~ee07155/wp-content/uploads/2012/03/Projeto-MERGE-Electric-Penetration-Scenarios-in-Germany-UK-Spain-Portugal-and-Greece.pdf>
- [1.5] Πηγές Ενέργειας available online at: http://www.vt.teithe.gr/ttkosmanis/files/EVs/CHAPTER_3_energy_sources.pdf
- [1.6] http://en.wikipedia.org/wiki/Electric_vehicle_battery#Lead-acid
- [1.7] <http://www.batteryuniversity.com/>
- [1.8] Hunter Hanzhuo Wu, Aaron Gilchrist, Ky Sealy, Paul Israelsen, Jeff Muhs, “A Review on Inductive Charging for Electric Vehicles”, IEEE International Electric Machines & Drives Conference (IEMDC), pp 143-147, 2011.
- [1.9] S.Bending, M.Ferdowsi, S.Channon, K.Strunz, Project “MERGE”, Deliverable 1.1 “Specification for an Enabling Smart Technology”, 3/8/2010,
- [1.10] Διονύσιος Νέγκας, ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ- ‘Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα και ο ανεφοδιασμός τους με ηλεκτρική ενέργεια ,available online at http://www.heliev.gr/filesd/refuel_ev.pdf
- [1.11] “CHAdeMO Annual Report 2010”, available online at <http://www.chademo.com/>, 17/5/2011
- [1.12] <http://www.mennekes.com/>
- [1.13] Ben Hassett, Ed Bower, Marcus Alexander, Project “MERGE”, Deliverable 3.2 “EV Penetration Scenarios”, Part 1, 21/2/2011, Available online at :http://www.ev-merge.eu/images/stories/uploads/MERGE_D32_EV_penetration_scenarios.pdf.
- [1.14] Στοιχεία Λειτουργίας Αυτόνομων Νησιωτικών Συστημάτων, ΔΕΗ Α.Ε., Οκτώβριος 2005.

[1.15] Τεχνικά και Οικονομικά Στοιχεία του Αυτόνομου Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας της Νήσου Κρήτης, Διεύθυνση Διαχείρισης Νησιών, Αθήνα 2007.

[1.16] Υπολογισμός των καμπυλών ποσοστιαίας μεταβολής της ειδικής κατανάλωσης ως προς το σημείο σχεδίασης σταθμού συνδυασμένου κύκλου 4 αεριοστροβίλων - 1 ατμοστροβίλου, Εργ. Θερμικών Στροβιλομηχανών/ΕΜΠ, Αθήνα, Ιανουάριος 2008.

[1.17] Vienna University of technology, Financing Renewable Energy in the European Energy Market, available online at:
http://ec.europa.eu/energy/renewables/studies/doc/renewables/2011_financing_renewable.pdf