



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας
ΠΜΣ Διαχείριση Ενέργειας και Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία

Τίτλος:

«Τεχνοοικονομική ανάλυση υβριδικών συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής Ενέργειας»



Φοιτητές :

Αντωνάκη Βασιλική & Κόκκαλης Αλέξανδρος

Επιβλέπων Καθηγητής: Φλάμος Αλέξανδρος

Επιστημονικός συνεργάτης: Δρ. Μαρίνα Τσίλη

ΠΕΙΡΑΙΑΣ

2015

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η δυνατότητα χρήσης υβριδικών συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) και συμβατικές πηγές διασυνδεδεμένων στο δίκτυο. Ειδικότερα μελετάται η χρήση ανεμογεννητριών (Α/Γ), φωτοβολταϊκών (Φ/Β) συστημάτων, ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους (Η/Ζ) (ζεύγος βενζινοκινητήρα-ηλεκτρικής γεννήτριας) και όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί τους. Επιλέγονται τα κατάλληλα μεγέθη εξοπλισμού για την κάλυψη της ενεργειακής κατανάλωσης με βάση την αιχμή του φορτίου και τη ζήτηση ενέργειας και επιλέγεται το τεchnο-οικονομικά βέλτιστο. Η τεchnοοικονομική αξιολόγηση της επένδυσης γίνεται με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού (HOMER), εξετάζοντας όλες τις σχετικές τεχνικο-οικονομικές παραμέτρους. Βασικός σκοπός είναι να διερευνηθεί το κατά πόσο και κάτω από ποιες προϋποθέσεις είναι βιώσιμη και συμφέρουσα μια τέτοια επένδυση. Επιπλέον, γίνεται σύγκριση με την αυτόνομη λειτουργία των συστημάτων αυτών και εξάγονται συμπεράσματα για το βέλτιστο τρόπο λειτουργίας τους.

Στόχος της εργασίας είναι να συμβάλλει στην εξαγωγή συμπερασμάτων και κατευθύνσεων που θα είναι χρήσιμα τόσο σε οικιακούς καταναλωτές που ενδιαφέρονται για επένδυση σε ΑΠΕ όσο και σε μηχανικούς μελετών οι οποίοι δραστηριοποιούνται στη σχεδίαση και εγκατάσταση μονάδων ΑΠΕ.

Βασική συμβολή της εργασίας σε σχέση με παρεμφερείς εργασίες και την υφιστάμενη βιβλιογραφία στο σχετικό αντικείμενο είναι η συνολική αξιολόγηση όλων των δυνατών συνδυασμών συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και συμβατικές πηγές. Επιπλέον, πραγματοποιείται ανάλυση ευαισθησίας των αποτελεσμάτων σε διακυμάνσεις της τιμής πώλησης και αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες επηρεάζουν σημαντικά τη βιωσιμότητα και την οικονομική απόδοση της επένδυσης. Ο έλεγχος γίνεται με κριτήριο τόσο την οικονομική απόδοση της επένδυσης όσο και την αξιοπιστία τροφοδότησης και διερευνάται κατά πόσο μεταβάλλονται τα συμπεράσματα.

ABSTRACT

The present thesis investigates the possibility to use renewable or conventional energy systems connected to the electrical grid . It focuses on the use of wind generators, photovoltaic systems, gasoline generators and all their possible combinations. The techno-economic evaluation of the considered investment is implemented with the use of suitable software (HOMER), taking into account all the relevant techno-economic parameters. The main objective is to define the optimal configuration that ensures its feasibility and economic viability. Moreover, a comparison is made with the autonomous function of these systems which draws further conclusions for their optimal operation mode.

The scope of the thesis is to export crucial conclusions and useful directives for customers that are interested in investing in renewable energy systems or power system engineers that are engaged in the design and installation of renewable energy systems.

The main contribution of the thesis compared to the relevant literature is the complete evaluation of all possible combinations of hybrid energy systems. Also, sensitivity analysis of the results to variations in the selling price and purchase of electricity is performed, which significantly affects the viability and economic return on investment. The verification is done on the basis of both the economic efficiency of the investment and the supply reliability and it is investigated whether the results change or not.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	1
1.1 ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ-ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	1
1.2 ΔΟΜΗ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	3
1.3 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	7
2.1. Γενικά Στοιχεία.....	7
2.2. Πλεονεκτήματα Υβριδικών Συστημάτων	8
2.3. Τρόποι Λειτουργίας Υβριδικών Συστημάτων.....	9
2.3.1. Συστήματα Διασυνδεδεμένα στο Δίκτυο Ηλεκτρικής Ενέργειας	9
2.3.2. Αυτόνομη λειτουργία υβριδικών συστημάτων	10
2.4. Τεχνολογίες ΑΠΕ που χρησιμοποιούνται σε υβριδικά συστήματα.....	10
2.4.1. Φωτοβολταϊκά συστήματα.....	10
2.4.1.1. Χαρακτηριστικά Φ/Β συστημάτων.....	10
2.4.1.2. Σύνδεση στο ηλεκτρικό δίκτυο.....	11
2.4.1.3. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Φωτοβολταϊκών Συστημάτων	12
2.4.2. Αιολικά συστήματα.....	13
2.4.2.1. Χαρακτηριστικά Ανεμογεννητριών.....	13
2.4.2.2. Σύνδεση με ηλεκτρικό δίκτυο.....	15
2.4.2.3. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Ανεμογεννητριών	16
2.4.2.4. Λόγοι ανάπτυξης αιολικών συστημάτων στα Ελληνικά νησιά	19
2.4.3. Πρότυπα για τη σύνδεση μονάδων ΑΠΕ στο δίκτυο.....	19
2.5 Είδη υβριδικών συστημάτων	20
2.5.1. Υβριδικό σύστημα Φ/Β- Ντιζελογεννήτριας.....	20
2.5.1.1. Εισαγωγή	20
2.5.1.2. Περιγραφή συστήματος.....	22
2.5.2. Υβριδικό σύστημα Φ/Β- Ανεμογεννήτριας.....	23
2.5.2.1. Εισαγωγή	23
2.5.2.2. Περιγραφή συστήματος.....	24
2.5.3. Υβριδικό σύστημα Α/Γ-Ντιζελογεννήτριας	25
2.5.3.1. Εισαγωγή	25
2.5.3.2 Περιγραφή συστήματος.....	28
2.6 Εμπειρία εφαρμογής Υβριδικών Συστημάτων (κόσμος)	29
2.6.1. Νησί Utsira.....	29
2.6.2. Νησί King	31
2.6.3. Κοινότητα Wales στην Αλάσκα.....	33

2.6.4	Νησί Samsø.....	34
2.6.5.	Νησί St. Paul στην Αλάσκα	35
2.6.6.	Χωριό Lime στην Αλάσκα.....	36
2.7	Η Ελληνική Εμπειρία.....	36
2.7.1	Κύθνος	37
2.7.2.	Γαύδος.....	38
2.7.3.	Ικαρία.....	39
2.7.4.	Κρήτη.....	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	41
3.1	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ	41
3.1.1	Καμπύλη φορτίου.....	41
3.1.1.1	Σενάριο χαμηλού φορτίου	42
3.1.1.2	Σενάριο μέσου φορτίου	47
3.1.1.3	Σενάριο υψηλού φορτίου.....	48
3.1.2	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση και Μέση Ημερήσια Κατανάλωση.....	50
3.2	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΥΤΟΝΟΜΗ ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ	52
ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ		
3.2.1	Φ/Β σύστημα.....	53
3.2.2	Α/Γ	54
3.2.3	Η/Ζ	57
3.2.4	Μπαταρίες.....	59
3.2.5	Μετατροπέας.....	60
3.3	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ	62
3.3.1	Ετήσια μεταβολή της ταχύτητας ανέμου	62
3.3.2	Ετήσια μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας	63
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	64
4.1	Εισαγωγή.....	64
4.2	Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο.....	67
4.2.1	Υβριδικό σύστημα με Φ/Β.....	67
4.2.1.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου .	67
4.2.1.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου	67
4.2.1.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου ..	67
4.2.1.4	Σύγκριση για τα διάφορα είδη φορτίου	67
4.2.1.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	68
4.2.2	Υβριδικό σύστημα με Α/Γ	69
	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	69
4.2.2.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου	69
4.2.2.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου ..	69

4.2.2.4	Σύγκριση για τα διάφορα είδη φορτίου	69
4.2.2.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	69
4.2.3	Υβριδικό σύστημα με H/Z	70
4.2.3.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	70
4.2.3.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου	71
4.2.3.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου ..	71
4.2.3.4	Σύγκριση για τα διάφορα είδη φορτίου	71
4.2.3.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	71
4.2.4	Υβριδικό σύστημα με Φ/B, H/Z	72
4.2.4.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου .	72
4.2.4.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου	73
4.2.4.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου ..	73
4.2.4.4	Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου.....	73
4.2.4.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	73
4.2.5	Υβριδικό σύστημα με A/Γ, H/Z.....	74
4.2.5.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου .	74
4.2.5.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου	75
4.2.5.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου ..	75
4.2.5.4	Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου.....	75
4.2.5.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	75
4.2.6	Υβριδικό σύστημα με A/Γ, Φ/B.....	76
4.2.6.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	76
4.2.6.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου	76
4.2.6.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου.....	76
4.2.6.4	Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου.....	77
4.2.6.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	77
4.2.7	Υβριδικό σύστημα με A/Γ, Φ/B, H/Z	78
4.2.7.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	78
4.2.7.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου	78
4.2.7.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου ..	79
4.2.7.4	Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου.....	79
4.2.7.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	79
4.2.8	Επιλογή συνολικά βέλτιστου συστήματος.....	80
	ΣΕΝΑΡΙΟ ΑΥΤΟΝΟΜΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	85
	Επιλογή συνολικά βέλτιστου συστήματος.....	85
4.3	Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με κόστος ενέργειας μειωμένο κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο.....	90
	Επιλογή συνολικά βέλτιστου συστήματος.....	90

4.5	Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με κόστος ενέργειας αυξημένο κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο	95
4.5.1	Επιλογή συνολικά βέλτιστου συστήματος.....	95
4.6	Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας	101
4.6.1	Επιλογή συνολικά βέλτιστου συστήματος.....	101
4.7	Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας αυξημένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο	106
4.7.1	Επιλογή συνολικά βέλτιστου συστήματος.....	106
4.8	Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας μειωμένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο	112
4.8.1	Επιλογή συνολικά βέλτιστου συστήματος.....	112
4.9	Επιλογή βέλτιστου συστήματος.....	117
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5		120
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....		120
5.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....		120
5.3 ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....		121
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....		128
Π.Α.1	ΣΕΝΑΡΙΟ διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με κόστος ενέργειας μειωμένο κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο	128
Π.Α.1.1	Υβριδικό σύστημα με Φ/Β.....	128
Π.Α.1.1.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	128
Π.Α.1.1.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου...	128
Π.Α.1.1.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	128
Π.Α.1.1.4	Σύγκριση για τα διάφορα είδη φορτίου	129
Π.Α.1.1.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	129
Π.Α.1.2	Υβριδικό σύστημα με Α/Γ	130
4.1.1	130	
Π.Α.1.2.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	130
Π.Α.1.2.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου...	130
Π.Α.1.2.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	130
Π.Α.1.2.4	Σύγκριση για τα διάφορα είδη φορτίου	130
Π.Α.1.2.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	130
Π.Α.1.3	Υβριδικό σύστημα με Η/Ζ.....	131
Π.Α.1.3.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	131
Π.Α.1.3.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου...	131
Π.Α.1.3.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	132

Π.Α.1.3.4	Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου.....	132
Π.Α.1.3.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	132
Π.Α.1.4	Υβριδικό σύστημα με Φ/Β, Η/Ζ.....	133
Π.Α.1.4.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	133
Π.Α.1.4.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου ...	133
Π.Α.1.4.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	133
Π.Α.1.4.4	Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου.....	134
Π.Α.1.4.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	134
Π.Α.1.5	Υβριδικό σύστημα με Α/Γ, Η/Ζ.....	135
Π.Α.1.5.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	135
Π.Α.1.5.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου ...	135
Π.Α.1.5.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	135
Π.Α.1.5.4	Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου.....	135
Π.Α.1.5.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	135
Π.Α.1.6	Υβριδικό σύστημα με Α/Γ, Φ/Β.....	136
Π.Α.1.6.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	136
Π.Α.1.6.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου ...	136
Π.Α.1.6.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	137
Π.Α.1.6.4	Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου.....	137
Π.Α.1.6.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	137
Π.Α.1.7	Υβριδικό σύστημα με Α/Γ, Φ/Β, Η/Ζ	138
Π.Α.1.7.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	138
Π.Α.1.7.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου ...	138
Π.Α.1.7.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	138
Π.Α.1.7.4	Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου.....	139
Π.Α.1.7.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	139
Π.Α.2	ΣΕΝΑΡΙΟ διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με κόστος ενέργειας αυξημένο κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο.....	140
Π.Α.2.1.....		140
Υβριδικό σύστημα με Φ/Β.....		140
Π.Α.2.1.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	140
Π.Α.2.1.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου ...	140
Π.Α.2.1.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	140
Π.Α.2.1.4	Σύγκριση για τα διάφορα είδη φορτίου	141
Π.Α.2.1.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	141
Π.Α.2.2	Υβριδικό σύστημα με Α/Γ	142
Π.Α.2.2.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	142
Π.Α.2.2.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου ...	142

Π.Α.2.2.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	142
Π.Α.2.2.4	Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου και ενεργειακή απόδοση	142
Π.Α.2.3	Υβριδικό σύστημα με H/Z	142
Π.Α.2.3.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	142
Π.Α.2.3.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου ...	143
Π.Α.2.3.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	143
Π.Α.2.3.4	Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου.....	143
Π.Α.2.3.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	143
Π.Α.2.4	Υβριδικό σύστημα με Φ/B, H/Z.....	144
Π.Α.2.4.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	144
Π.Α.2.4.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου ...	144
Π.Α.2.4.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	144
Π.Α.2.4.4	Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου.....	145
Π.Α.2.4.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	145
Π.Α.2.5	Υβριδικό σύστημα με A/Γ, H/Z.....	146
Π.Α.2.5.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	146
Π.Α.2.5.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου ...	146
Π.Α.2.5.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	146
Π.Α.2.5.4	Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου.....	146
Π.Α.2.5.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	146
Π.Α.2.6	Υβριδικό σύστημα με A/Γ, Φ/B.....	147
Π.Α.2.6.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	147
Π.Α.2.6.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου ...	147
Π.Α.2.6.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	148
Π.Α.2.6.4	Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου.....	148
Π.Α.2.6.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	148
Π.Α.2.7	Υβριδικό σύστημα με A/Γ, Φ/B, H/Z	149
Π.Α.2.7.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	149
Π.Α.2.7.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου ...	149
Π.Α.2.7.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	149
Π.Α.2.7.4	Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου.....	150
Π.Α.2.7.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	150
Π.Α.3	ΣΕΝΑΡΙΟ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΕ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕ ΩΡΙΑΙΟ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	151
Π.Α.3.1	Υβριδικό σύστημα με Φ/B.....	151
Π.Α.3.1.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	151

Π.Α.3.1.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου ...	151
Π.Α.3.1.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	152
Π.Α.3.1.4	Σύγκριση για τα διάφορα είδη φορτίου	152
Π.Α.3.1.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	152
Π.Α.3.2	Υβριδικό σύστημα με Α/Γ	153
Π.Α.3.2.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	153
Π.Α.3.2.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου ...	153
Π.Α.3.2.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	153
Π.Α.3.2.4	Σύγκριση για τα διάφορα είδη φορτίου	154
Π.Α.3.2.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	154
Π.Α.3.3	Υβριδικό σύστημα με Η/Ζ	154
Π.Α.3.3.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	154
Π.Α.3.3.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου ...	154
Π.Α.3.3.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	155
Π.Α.3.3.4	Σύγκριση για τα διάφορα είδη φορτίου	155
Π.Α.3.3.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	155
Π.Α.3.4	Υβριδικό σύστημα με Φ/Β, Η/Ζ.....	156
Π.Α.3.4.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	156
Π.Α.3.4.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου ...	156
Π.Α.3.4.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	156
Π.Α.3.4.4	Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου.....	157
Π.Α.3.4.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	157
Π.Α.3.5	Υβριδικό σύστημα με Α/Γ, Η/Ζ.....	158
Π.Α.3.5.1.....		158
Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου		158
Π.Α.3.5.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου ...	158
Π.Α.3.5.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	158
Π.Α.3.5.4	Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου.....	159
Π.Α.3.5.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	159
Π.Α.3.6	Υβριδικό σύστημα με Α/Γ, Φ/Β με σύνδεση στο δίκτυο	160
Π.Α.3.6.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	160
Π.Α.3.6.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου ...	160
Π.Α.3.6.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	160
Π.Α.3.6.4	Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου.....	160
Π.Α.3.6.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	161
Π.Α.3.7	Υβριδικό σύστημα με Α/Γ, Φ/Β, Η/Ζ	162
Π.Α. 3.7.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	

Π.Α. 3.7.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου..	162
Π.Α. 3.7.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	162
Π.Α. 3.7.4	Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου.....	163
Π.Α. 3.7.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	163
Π.Α.4	ΣΕΝΑΡΙΟ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΕ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕ ΩΡΙΑΙΟ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΥΞΗΜΕΝΗ ΚΑΤΑ 50% ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΒΑΣΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ.....	164
Π.Α.4.1	Υβριδικό σύστημα με Φ/Β.....	164
Π.Α.4.1.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	164
Π.Α.4.1.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου ...	164
Π.Α.4.1.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	165
Π.Α.4.1.4	Σύγκριση για τα διάφορα είδη φορτίου	165
Π.Α.4.1.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	165
Π.Α.4.2	Υβριδικό σύστημα με Α/Γ	166
Π.Α.4.2.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	166
Π.Α.4.2.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου ...	166
Π.Α.4.2.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	166
Π.Α.4.2.4	Σύγκριση για τα διάφορα είδη φορτίου	167
Π.Α.4.2.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	167
Π.Α.4.3	Υβριδικό σύστημα με Η/Ζ	167
Π.Α.4.3.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	167
Π.Α.4.3.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου ...	167
Π.Α.4.3.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	168
Π.Α.4.3.4	Σύγκριση για τα διάφορα είδη φορτίου	168
Π.Α.4.3.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	168
Π.Α.4.4	Υβριδικό σύστημα με Φ/Β, Η/Ζ.....	169
Π.Α.4.4.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	169
Π.Α.4.4.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου ...	169
Π.Α.4.4.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	169
Π.Α.4.4.4	Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου.....	170
Π.Α.4.4.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	170
Π.Α.4.5	Υβριδικό σύστημα με Α/Γ, Η/Ζ.....	171
Π.Α. 4.5.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	171
Π.Α. 4.5.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου ...	171
Π.Α. 4.5.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	171
Π.Α. 4.5.4	Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου.....	172
Π.Α. 3.5.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	172
Π.Α.4.6	Υβριδικό σύστημα με Α/Γ, Φ/Β με σύνδεση στο δίκτυο	173

Π.Α. 4.6.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	173
Π.Α. 4.6.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου ..	173
Π.Α. 4.6.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	173
Π.Α. 4.6.4	Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου.....	174
Π.Α. 4.6.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	174
Π.Α.4.7	Υβριδικό σύστημα με A/Γ, Φ/B, H/Z	175
Π.Α. 4.7.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	175
Π.Α. 4.7.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου ...	175
Π.Α. 4.7.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	175
Π.Α. 4.7.4	Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου.....	176
Π.Α. 4.7.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	176
Π.Α.5.1.1.....		177
Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου		177
Π.Α.5.1.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου ...	177
Π.Α.5.1.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	178
Π.Α.5.1.4	Σύγκριση για τα διάφορα είδη φορτίου	178
Π.Α.5.1.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	178
Π.Α.5.2	Υβριδικό σύστημα με A/Γ	179
Π.Α.5.2.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	179
Π.Α.5.2.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου ...	179
Π.Α.5.2.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	179
Π.Α.5.2.4	Σύγκριση για τα διάφορα είδη φορτίου	180
Π.Α.5.2.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	180
Π.Α.5.3	Υβριδικό σύστημα με H/Z	180
Π.Α.5.3.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	180
Π.Α.5.3.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου ...	180
Π.Α.5.3.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	181
Π.Α.5.3.4	Σύγκριση για τα διάφορα είδη φορτίου	181
Π.Α.5.3.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	181
Π.Α.5.4	Υβριδικό σύστημα με Φ/B, H/Z.....	182
Π.Α.5.4.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	182
Π.Α.5.4.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου ...	182
Π.Α.5.4.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	182
Π.Α.5.4.4	Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου.....	183
Π.Α.5.4.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	183
Π.Α.5.5	Υβριδικό σύστημα με A/Γ, H/Z	184
Π.Α. 5.5.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου	184

Π.Α. 5.5.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου ..	184
Π.Α. 5.5.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	184
Π.Α. 5.5.4	Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου.....	185
Π.Α. 5.5.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	185
Π.Α.5.6	Υβριδικό σύστημα με Α/Γ, Φ/Β με σύνδεση στο δίκτυο	186
Π.Α. 5.6.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου 186	
Π.Α. 5.6.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου ...	186
Π.Α. 5.6.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	186
Π.Α. 5.6.4	Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου.....	187
Π.Α. 5.6.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	187
Π.Α.5.7	Υβριδικό σύστημα με Α/Γ, Φ/Β, Η/Ζ	188
Π.Α. 5.7.1	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου 188	
Π.Α. 5.7.2	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου ...	188
Π.Α. 5.7.3	Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου	188
Π.Α. 5.7.4	Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου.....	189
Π.Α. 5.7.5	Ενεργειακή απόδοση συστήματος.....	189

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό δίνεται η περιγραφή του αντικειμένου της εργασίας και της περιοχής έρευνας στην οποία επικεντρώνεται, όπως και η συμβολή της σε σχέση με παρεμφερείς εργασίες στην υφιστάμενη βιβλιογραφία. Περιγράφεται η δομή της εργασίας και το περιεχόμενο των κεφαλαίων της. Επιπλέον δίνεται μια περιεκτική περιγραφή των σχετικών εργασιών της διεθνούς βιβλιογραφίας στο θέμα, ώστε να προκύψει μία σφαιρική εικόνα της σχετικής έρευνας που έχει εκπονηθεί όσο και της συνεισφοράς της εργασίας στο αντικείμενο.

1.1 ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ-ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η δυνατότητα χρήσης υβριδικών συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) και συμβατικές πηγές διασυνδεδεμένων στο δίκτυο. Ειδικότερα μελετάται η χρήση ανεμογεννητριών (Α/Γ), φωτοβολταϊκών (Φ/Β) συστημάτων, ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους (Η/Ζ) (ζεύγος βενζινοκινητήρα-ηλεκτρικής γεννήτριας) και όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί τους. Επιλέγονται τα κατάλληλα μεγέθη εξοπλισμού για την κάλυψη της ενεργειακής κατανάλωσης με βάση την αιχμή του φορτίου και τη ζήτηση ενέργειας και επιλέγεται το τεchnο-οικονομικά βέλτιστο. Η τεchnοοικονομική αξιολόγηση της επένδυσης γίνεται με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού, εξετάζοντας όλες τις σχετικές τεχνικο-οικονομικές παραμέτρους. Βασικός σκοπός είναι να διερευνηθεί το κατά πόσο και κάτω από ποιες προϋποθέσεις είναι βιώσιμη και συμφέρουσα μια τέτοια επένδυση. Επιπλέον, γίνεται σύγκριση με την αυτόνομη λειτουργία των συστημάτων αυτών και εξάγονται συμπεράσματα για το βέλτιστο τρόπο λειτουργίας τους.

Στόχος της εργασίας είναι να συμβάλει στην εξαγωγή συμπερασμάτων και κατευθύνσεων που θα είναι χρήσιμα τόσο σε οικιακούς καταναλωτές που

ενδιαφέρονται για επένδυση σε ΑΠΕ όσο και σε μηχανικούς μελετών οι οποίοι δραστηριοποιούνται στη σχεδίαση και εγκατάσταση μονάδων ΑΠΕ.

Βασική συμβολή της εργασίας σε σχέση με παρεμφερείς εργασίες και την υφιστάμενη βιβλιογραφία στο σχετικό αντικείμενο είναι η συνολική αξιολόγηση όλων των δυνατών συνδυασμών συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και συμβατικές πηγές.

Επιπλέον, πραγματοποιείται ανάλυση ευαισθησίας των αποτελεσμάτων σε διακυμάνσεις της τιμής πώλησης και αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες επηρεάζουν σημαντικά τη βιωσιμότητα και την οικονομική απόδοση της επένδυσης. Ο έλεγχος γίνεται με κριτήριο τόσο την οικονομική απόδοση της επένδυσης όσο και την αξιοπιστία τροφοδότησης και διερευνάται κατά πόσο μεταβάλλονται τα συμπεράσματα.

1.2 ΔΟΜΗ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η μεταπτυχιακή εργασία διαρθρώνεται σε 5 κεφάλαια, όπως περιγράφεται στη συνέχεια. Στο πρώτο Κεφάλαιο πραγματοποιείται η περιγραφή των κινήτρων που οδήγησαν στη διεξαγωγή της έρευνας στο αντικείμενο της ΜΔΕ και οι στόχοι τους οποίους καλείται να καλύψει. Επιπλέον, γίνεται εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση γύρω από τα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες και συμβατικές πηγές. Τέλος, παρουσιάζεται αναλυτικά η δομή της ΜΔΕ.

Στο Κεφάλαιο 2 περιγράφονται οι συνιστώσες και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των υβριδικών συστημάτων παραγωγής που περιλαμβάνουν μονάδες ΑΠΕ (Α/Γ και Φ/Β) όσο και των υβριδικών συστημάτων που περιλαμβάνουν μονάδες ΑΠΕ και συμβατικές μονάδες (Α/Γ, Φ/Β και Η/Ζ καθώς και τους διάφορους συνδυασμούς τους). Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στις εφαρμογές των υβριδικών συστημάτων σε εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο και στα αποτελέσματα που εμφάνισαν.

Στο Κεφάλαιο 3 περιγράφονται τα χαρακτηριστικά του καταναλωτή που θα τροφοδοτηθεί από τα υπό εξέταση υβριδικά συστήματα. Ειδικότερα, παρουσιάζονται αναλυτικά οι ενεργειακές ανάγκες (χαρακτηριστικά καμπύλης φορτίου, αιχμή ζήτησης, ζήτηση ενέργειας) και η θέση εγκατάστασής του (τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά της οποίας επηρεάζουν σημαντικά την απόδοση των μονάδων ΑΠΕ που χρησιμοποιούνται στα υβριδικά συστήματα). Επιπλέον, περιγράφονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά και το κόστος εγκατάστασης των συνιστωσών των υβριδικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται στη συνέχεια της εργασίας.

Στο Κεφάλαιο 4 γίνεται τεχνο-οικονομική αξιολόγηση και ανάλυση του βασικού σεναρίου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω διασύνδεσης στο δίκτυο. Εξετάζονται οι

διάφοροι συνδυασμοί συστημάτων (7) παραγωγής και επιλέγεται το τεχνο-οικονομικά βέλτιστο σύστημα. Τα αποτελέσματα συγκρίνονται με αυτά της αυτόνομης λειτουργίας του συστήματος (δηλαδή χωρίς διασύνδεση στο ηλεκτρικό δίκτυο). Παράλληλα, εξετάζονται εναλλακτικά σενάρια που σχετίζονται με το κόστος ενέργειας και τη τιμή πώλησής της. Πιο συγκεκριμένα αναλύονται πέντε σενάρια: κόστος ενέργειας αυξημένο κατά 50% (σταθερό κατά τη διάρκεια της ημέρας), κόστος ενέργειας μειωμένο κατά 50% (σταθερό κατά τη διάρκεια της ημέρας), ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος, ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος με τιμή πώλησης αυξημένη κατά 50% και ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος με τιμή πώλησης μειωμένη κατά 50%. Στη συνέχεια, γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων και επιλέγεται, πάλι, το τεχνο-οικονομικά βέλτιστο αποτέλεσμα.

Το Κεφάλαιο 5 παρουσιάζει τα βασικά συμπεράσματα που προκύπτουν από τη σύγκριση των διαφόρων αυτόνομων συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες και συμβατικές πηγές. Προτείνεται το βέλτιστο σύστημα μέσω της τεχνο-οικονομικής αξιολόγησης που πραγματοποιήθηκε, λαμβάνοντας υπόψη τόσο την οικονομικότητα της επένδυσης όσο και τη μεγιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης. Επιπλέον, δίνονται γενικές κατευθύνσεις για οικιακούς καταναλωτές που θέλουν να επενδύσουν σε αυτόνομες μονάδες ΑΠΕ, τόσο ως προς την επιλογή των τεχνολογιών όσο και στον τρόπο εγκατάστασής τους, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η μέγιστη οικονομική απόδοση της επένδυσης.

1.3 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Η ανάλυση των συνιστωσών αλλά και της βέλτιστης λειτουργίας υβριδικών συστημάτων είναι ένα θέμα το οποίο έχει απασχολήσει πολλούς ερευνητές στον τομέα των ενεργειακών συστημάτων. Στη συνέχεια παρατίθεται μία περιεκτική βιβλιογραφική επισκόπηση των σχετικών εργασιών της διεθνούς βιβλιογραφίας, κατηγοριοποιώντας τις ανάλογα με τις τεχνικές βελτιστοποίησης, τα κριτήρια βελτιστοποίησης, τις περιοχές που εξετάζονται, τον τρόπο μοντελοποίησης των συνιστωσών του συστήματος και τα είδη των λογισμικών που χρησιμοποιούνται. Παρουσιάζονται εργασίες σχετικές με τα συστήματα που μελετώνται στη συνέχεια της εργασίας, δηλαδή συστήματα που περιλαμβάνουν Α/Γ, Φ/Β, συμβατικές γεννήτριες, μπαταρίες ή με σύνδεση στο δίκτυο και οποιοδήποτε συνδυασμό τους.

Λόγω της φύσης του προβλήματος βέλτιστης διαμόρφωσης υβριδικού συστήματος, διάφορες μέθοδοι βελτιστοποίησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επίλυσή του. Στο άρθρο των Zhou *et al.* (2010) γίνεται μία επισκόπηση των μεθόδων βελτιστοποίησης

υβριδικών συστημάτων που έχουν χρησιμοποιηθεί στη διεθνή βιβλιογραφία. Οι μέθοδοι αυτές περιλαμβάνουν πιθανοτικές, επαναληπτικές, γραφικές ή πολυκριτηριακές τεχνικές, όπως επίσης και μεθόδους τεχνητής νοημοσύνης. Οι έρευνες των Borowy *et al.* (1995) και Markvart (1998)

εφαρμόζουν γραφικές τεχνικές για το βέλτιστο συνδυασμό Φ/Β-μπαταριών και Φ/Β-Α/Γ-μπαταριών, αντίστοιχα. Στα άρθρα των Chedid *et al.* (1996) και Rahman *et al.* (1996) χρησιμοποιείται γραμμικός προγραμματισμός για τη βελτιστοποίηση υβριδικού συστήματος με Φ/Β-Α/Γ-γεννήτριες Diesel-μπαταρίες και Φ/Β-Α/Γ- μπαταρίες, αντίστοιχα. Στο άρθρο του Seeling-Hochmuth (1997) χρησιμοποιούνται Γενετικοί Αλγόριθμοι για τη βελτιστοποίηση υβριδικού συστήματος Φ/Β-Α/Γ-Γεννήτριας Diesel-Μπαταριών. Γενετικοί αλγόριθμοι χρησιμοποιούνται και στις έρευνες των Koutroulis *et al.* (2006), Yang *et al.* (2009) και Shahirinial *et al.* (2006) για τη βελτιστοποίηση υβριδικού συστήματος Φ/Β-Α/Γ-μπαταριών. Στην αναφορά των Katti *et al.* (2007) η βελτιστοποίηση συστήματος Φ/Β-Α/Γ-γεννήτριας Diesel πραγματοποιείται με επαναληπτικό αλγόριθμο, δοκιμάζοντας δηλαδή διάφορους συνδυασμούς λύσεων και επιλέγοντας τον πλέον οικονομικό. Επίσης, οι Batic *et al.* (2010) αξιοποιούν την εξέλιξη της τεχνολογίας μαθηματικών μοντέλων των τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (RETs) καθώς επίσης χρησιμοποιεί αλγόριθμο για τη διαχείριση των ροών ενέργειας μέσα σε ένα κτιριακό τομέα. Μαθηματικά μοντέλα βελτιστοποίησης χρησιμοποιούνται και στην έρευνα των Binayak *et al.* (2015). Στο άρθρο του Καρταλίδη (2011) παρουσιάζεται μία νέα μεθοδολογική προσέγγιση για τον προκαταρκτικό σχεδιασμό μιας μονάδας παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (Φ/Β και Α/Γ) με κύριο σκοπό την κάλυψη αναγκών μιας μονάδας αφαλάτωσης αντίστροφης όσμωσης. Για τον υπολογισμό της εγκατεστημένης ισχύος χρησιμοποιούνται απλοποιημένα μαθηματικά μοντέλα της ημερήσιας διακύμανσης της ταχύτητας του ανέμου και της ηλιακής ακτινοβολίας.

Μία ακόμη κατηγοριοποίηση των σχετικών εργασιών στο θέμα αφορά στην αντικειμενική συνάρτηση που χρησιμοποιείται για τη βελτιστοποίηση του συστήματος. Οι βασικές κατηγορίες κριτηρίων είναι η αξιοπιστία του συστήματος και το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας του, όπως αναφέρουν οι Bernal-Agustín *et al.* (2009) στη μελέτη τους. Ένας από τους δείκτες αξιοπιστίας ενός τέτοιου συστήματος είναι η πιθανότητα απώλειας τροφοδοσίας ισχύος (Loss of Power Supply Probability- LPSP) ο οποίος χρησιμοποιείται ως κριτήριο στα άρθρα των Yang *et al.* (2009), Diaf *et al.* (2008) και Deshmukh *et al.* (2008). Ακριβώς τα ίδια κριτήρια χρησιμοποιούνται και στην έρευνα των Swati *et al.* (2014), ενώ παρουσιάζονται άλλοι τρεις δείκτες αξιοπιστίας του συστήματος (Loss of load Probability (LOLP), System Performance Level (SPL), Loss Of Load Hours (LOLH)). Τεχνικά, περιβαλλοντικά και οικονομικά κριτήρια βελτιστοποίησης χρησιμοποιούν οι Martínez-Díaz *et al.* (2013) για ένα υβριδικό (Φ/Β-ΑΓ-Η/Ζ-μπαταρίες) σύστημα στην Καταλονία.

Ιδιαίτερη μελέτη αυτόνομων υβριδικών συστημάτων σε νησιά και διάφορες περιοχές της Ελλάδας συναντάται επίσης στη σχετική βιβλιογραφία όπως στο άρθρο του Kardellis (2007) όπου γίνεται οικονομική ανάλυση ενός αυτόνομου υβριδικού συστήματος Α/Γ-

γεννητριών Diesel-μπαταριών, για την αυτόνομη τροφοδότηση ενός τυπικού καταναλωτή στην περιοχή της Δωδεκανήσου. Το άρθρο των Kardellis *et al.* (2006) περιλαμβάνει αναλυτική μελέτη του αιολικού και ηλιακού δυναμικού σε πολλές περιοχές της Ελλάδας, καταλήγοντας σε συμπεράσματα σχετικά με τη δυνατότητα ενεργειακής αυτονομίας τέτοιων συστημάτων. Επίσης, στην έρευνα των Βρεττός *et al.* (2009) μελετήθηκε υβριδικό σύστημα που περιλαμβάνει ανεμογεννήτριες και φωτοβολταϊκά ως πρωτογενείς πηγές ενέργειας και συσσωρευτές ως διατάξεις αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας στον Άγιο Ευστράτιο.

Μία σημαντική παράμετρος που επηρεάζει την ακρίβεια προσομοίωσης λειτουργίας των υβριδικών συστημάτων είναι η αξιοπιστία των διαθέσιμων μετεωρολογικών δεδομένων ή η έλλειψη επαρκών μετρήσεων για τη λεπτομερή αναπαράσταση της λειτουργίας των μονάδων ΑΠΕ. Στην έρευνα του Celik (2002) το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με τη χρήση μετεωρολογικών δεδομένων από προγράμματα προσομοίωσης καιρικών συνθηκών για την προσομοίωση συστήματος Φ/Β-Α/Γ-μπαταριών. Παρόμοια μέθοδος χρησιμοποιείται και στην έρευνα του Γιακουμή (n.a.), όπου πραγματοποιήθηκαν μια σειρά από μετεωρολογικές μετρήσεις, όπως επίσης και μετρήσεις της παραγόμενης ισχύος για το κάθε υποσύστημα ξεχωριστά.

Η ακριβής μοντελοποίηση των συνιστωσών ενός υβριδικού συστήματος είναι ζωτικής σημασίας για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων του. Σε αυτήν την κατεύθυνση, στην μελέτη των Ding *et al.* (2000) παρουσιάζεται αναλυτική περιγραφή της μοντελοποίησης συστήματος Φ/Β-Α/Γ-μπαταριών.

Ορισμένες εργασίες επικεντρώνονται στη βέλτιστη διαστασιολόγηση συγκεκριμένων συνιστωσών του υβριδικού συστήματος και όχι τη συνολική βελτιστοποίησή του. Σε αυτό το πλαίσιο, τα άρθρα των Elhadidy *et al.* (1999) και Elhadidy *et al.* (2004) παρουσιάζουν τον υπολογισμό της βέλτιστης χωρητικότητας των μπαταριών σε υβριδικό σύστημα Α/Γ-γεννήτριας Diesel με ανάλυση ευαισθησίας της μεταβολής της μπαταρίας στην παραγωγή ενέργειας. Επίσης στην εργασία των Yang *et al.* (2007) επιλέγεται το μέγεθος ενός υβριδικού συστήματος Φ/Β -Α/Γ-μπαταριών βάσει της απαιτούμενης χωρητικότητας των μπαταριών του.

Υπάρχει μία μεγάλη συλλογή λογισμικών τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση υβριδικών συστημάτων όπως το EnergyPLAN, το energyPRO, το H2RES, το TRNSYS16, το RETScreen και το HOMER Στην παρούσα εργασία επιλέγεται το λογισμικό HOMER, όπως και στην εργασία των Lambert *et al.* (2005) καθώς είναι ένα από τα πληρέστερα εργαλεία για την προσομοίωση σχετικών συστημάτων και έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλές σχετικές εργασίες. Κάποιες από τις βασικότερες αναφορές είναι αυτή των Khan *et al.* (2005), όπου γίνεται βελτιστοποίηση συστήματος Α/Γ-γεννήτριας Diesel-μπαταριών, αυτή των Rehman *et al.* (2007), όπου γίνεται μελέτη της δυνατότητας διείσδυσης Α/Γ στην ηλεκτροπαραγωγή ενός χωριού που τροφοδοτείται από γεννήτριες Diesel, αυτή των Shaahid

et al. (2004), όπου γίνεται μελέτη αυτόνομης τροφοδότησης μιας περιοχής με υβριδικό σύστημα Α/Γ-γεννητριών Diesel και αυτές των Givler *et al.* (2005) και Zoubeidi *et al.* (2014) όπου γίνεται η μελέτη αυτόνομων συστημάτων Φ/Β-γεννητριών. Το πρόγραμμα HOMER χρησιμοποιήθηκε και στο άρθρο των Essam *et al.* (2011) για να αναλύσει και να προσομοιώσει τις πιθανές εναλλακτικές έτσι ώστε να παρθεί η βέλτιστη απόφαση (όσον αφορά την εφαρμογή υβριδικού συστήματος) στη Σαουδική Αραβία. Για την μοντελοποίηση, την προσομοίωση καθώς και τον βέλτιστο σχεδιασμό των υβριδικών συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας μικρής κλίμακας του Ηλιόπουλου (2014) χρησιμοποιείται επίσης το πρόγραμμα HOMER καθώς και το RETScreen. Τέλος, το πρόγραμμα MATLAB/SIMULINK χρησιμοποιήθηκε στο άρθρο των Lakshmi *et al.* (2014) για να σχεδιαστεί υβριδικό σύστημα που αποτελείται από Φ/Β-Α/Γ-υδροηλεκτρικά.

ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

2.1. Γενικά Στοιχεία

Ο στοχαστικός χαρακτήρας πολλών μορφών ΑΠΕ θέτει ορισμένους τεχνικοοικονομικούς και λειτουργικούς περιορισμούς κατά τη χρήση τους για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών. Για παράδειγμα η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας προϋποθέτει τη χρήση αποθηκευτικών μέσων εξαιτίας των διακυμάνσεων στη διάθεσή της. Το ίδιο ισχύει και για την αιολική ενέργεια. Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν άλλες μορφές ΑΠΕ που παρουσιάζουν μεγαλύτερη σταθερότητα και υπάρχει καλύτερη προβλεψιμότητα τους, όπως η γεωθερμία και η βιομάζα. Τα παραπάνω έχουν οδηγήσει στην έρευνα και ανάπτυξη των υβριδικών συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Μάλτας, 2007).

Ο όρος «Υβριδικά Συστήματα Ενέργειας», ή πιο απλά «Υβριδικά Συστήματα», αναφέρεται σε συστήματα όπου χρησιμοποιούνται πολλαπλές διατάξεις ενεργειακής μετατροπής, ή περισσότερα του ενός καύσιμα για την ίδια διάταξη, με σκοπό την παραγωγή ενέργειας. Ένα υβριδικό σύστημα μπορεί να περιλαμβάνει μία συμβατική μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε συνδυασμό με μία τουλάχιστον μορφή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας, διατάξεις αποθήκευσης, συστήματα εποπτείας και ελέγχου, καθώς και σύστημα διαχείρισης φορτίου. Με αυτήν την έννοια, τα υβριδικά συστήματα αποτελούν μία εναλλακτική επιλογή αντί των συμβατικών συστημάτων, τα οποία τυπικά βασίζονται στην παραγωγή ενέργειας από ορυκτά καύσιμα (Βρεττός, 2010).

Σύμφωνα με το νόμο 3468/2006, ως υβριδικό σύστημα ή αλλιώς υβριδικός σταθμός ορίζεται κάθε σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που:

- α. Χρησιμοποιεί μία, τουλάχιστον, μορφή ΑΠΕ.
- β. Η συνολική ενέργεια που απορροφά από το δίκτυο, σε ετήσια βάση, δεν υπερβαίνει το 30% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται για την πλήρωση του συστήματος αποθήκευσης του σταθμού αυτού. Ως ενέργεια που απορροφά ο υβριδικός σταθμός από το

δίκτυο ορίζεται η διαφορά μεταξύ της ενέργειας που μετράται κατά την είσοδό της στο σταθμό και της ενέργειας που αποδίδεται απευθείας στο δίκτυο από τις μονάδες ΑΠΕ του υβριδικού σταθμού. Η διαφορά αυτή υπολογίζεται, για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά, σε ωριαία βάση. Αν για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας εφαρμόζεται τεχνολογία διαφορετική από αυτή των φωτοβολταϊκών, μπορεί να χρησιμοποιείται και συμβατική ενέργεια που δεν απορροφάται στο δίκτυο, εφόσον η χρήση της ενέργειας αυτής κρίνεται αναγκαία για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Η χρησιμοποιούμενη συμβατική ενέργεια δεν μπορεί να υπερβαίνει το 10% της συνολικής ενέργειας που παράγεται, σε ετήσια βάση, από τις μονάδες αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας.

γ. Η μέγιστη ισχύς παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ του σταθμού δε μπορεί να υπερβαίνει την εγκατεστημένη ισχύ των μονάδων αποθήκευσης του σταθμού αυτού, προσαυξημένη κατά ποσοστό μέχρι 20%.

2.2. Πλεονεκτήματα Υβριδικών Συστημάτων

Τα υβριδικά συστήματα εκμεταλλεύονται τα καλύτερα χαρακτηριστικά της κάθε τεχνολογίας και παρέχουν ενέργεια ποιότητας εφάμιλλης με αυτή του δικτύου, σε εύρος από 1 kW μέχρι πολλές εκατοντάδες kW. Έτσι μπορούν να αναπτυχθούν σαν αυτόνομα καινούρια και ανεξάρτητα συστήματα μέσα σε μικρά συστήματα διανομής ενέργειας (minigrids) και να ενταχθούν σε υπάρχουσες θερμικές μονάδες βασιζόμενες στο πετρέλαιο μετά από τις απαραίτητες επεμβάσεις στο υπάρχον σύστημα.

Παράλληλα, τα υβριδικά συστήματα βρίσκουν εφαρμογή σε περιοχές όπου η σύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο αλλά και η μεταφορά του καυσίμου θεωρούνται αντιοικονομικές επιλογές (αγροτικές περιοχές, μη διασυνδεδεμένα νησιά). Παρέχουν επίσης την δυνατότητα μελλοντικής σύνδεσης με το δίκτυο στις περιοχές που γίνεται η εγκατάστασή τους. Επιπλέον, λόγω της υψηλής αποδοτικότητάς τους και της αξιοπιστίας τους, τέτοιου τύπου συστήματα μπορούν να φανούν χρήσιμα σαν μία αποτελεσματική λύση παροχής ισχύος σε περιπτώσεις διακοπών παροχής ή ακόμη και σε εξειδικευμένους καταναλωτές, όπως οι τηλεπικοινωνιακοί σταθμοί και οι νοσοκομειακές μονάδες. (Μάλτας 2007)

Τα υβριδικά συστήματα που περιέχουν τεχνολογία με καύσιμο (ντιζελογεννήτριες, κυψέλες καυσίμου, μονάδες παραγωγής ενέργειας από βιομάζα) λειτουργούν με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση, επειδή προβλέπεται παραγωγή ενέργειας από αυτό μόνο σε περιόδους υψηλής ζήτησης φορτίου ή χαμηλού δυναμικού ΑΠΕ. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται τη μειωμένη κατανάλωση καυσίμου σε σχέση με μία αυτόνομη μονάδα συμβατικής τεχνολογίας μόνη της. (Shaahid 2008)

Εάν στα προηγούμενα χαρακτηριστικά προστεθούν τα κλασικά πλεονεκτήματα των ΑΠΕ, όπως η ανυπαρξία κινδύνου ενεργειακού εφοδιασμού από τα ορυκτά καύσιμα, η προβλεψιμότητα του κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, η γρήγορη εγκατάσταση των τεχνολογιών, η ασφαλής λειτουργία των εγκαταστάσεων και η ανταγωνιστικότητα τους, σε οικονομικό, περιβαλλοντικό, κοινωνικό και πολιτικό επίπεδο, σε σχέση με τις συμβατικές μορφές ενέργειας (κυρίως της πυρηνικής και του πετρελαίου), τα υβριδικά συστήματα παραγωγής ενέργειας μπορούν να αποτελέσουν την καλύτερη αποκεντρωμένη λύση.(Παναπακίδης 2009)

2.3. Τρόποι Λειτουργίας Υβριδικών Συστημάτων

Τα υβριδικά συστήματα μπορούν να βρουν εφαρμογή σε διάφορες περιπτώσεις οι πιο σημαντικές από τις οποίες αναφέρονται παρακάτω:

2.3.1. Συστήματα Διασυνδεδεμένα στο Δίκτυο Ηλεκτρικής Ενέργειας

Τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούνται από τα συστήματα παραγωγής και μεταφοράς και τα δίκτυα διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας. Χαρακτηριστικό των συστημάτων αυτών είναι ότι διαρρέονται από εναλλασσόμενο ρεύμα και ότι η τάση και η συχνότητα δεν επηρεάζονται από την παρουσία επιπρόσθετων γεννητριών ή φορτίων, είναι δηλαδή δίκτυα με χαρακτηριστικά «άπειρου ζυγού». Αν ένας υβριδικός σταθμός συνδεθεί σε ένα τέτοιο δίκτυο, τότε γίνεται λόγος για διεσπαρμένη παραγωγή. Δεδομένου ότι το δίκτυο έχει την ευθύνη για τον έλεγχο της τάσης και της συχνότητας, αλλά και για την παραγωγή αέργου ισχύος, ο σχεδιασμός του υβριδικού συστήματος απλοποιείται καθώς δεν απαιτούνται συστήματα ελέγχου. Τα διασυνδεδεμένα με το δίκτυο υβριδικά συστήματα ηλεκτροπαραγωγής μπορεί να εγκαθίστανται είτε αποκλειστικά για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, είτε ως συστήματα υποστήριξης σε περιπτώσεις διακοπής του ηλεκτρικού δικτύου, είτε μπαίνουν σε λειτουργία τις ώρες αιχμής όταν η τιμή της kWh είναι υψηλή (Μάλτας, 2007). Τα συστήματα αυτά περιλαμβάνουν μονάδες ΑΠΕ οι οποίες είτε διασυνδέονται απευθείας στο δίκτυο, είτε αποθηκεύουν την ενέργειά τους σε μέσα αποθήκευσης ώστε αυτή να χρησιμοποιηθεί όταν αυτό κριθεί απαραίτητο. Συνήθως οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή αυτή είναι η τιμή της παραγόμενης kWh από την κάθε μορφή ΑΠΕ και το φορτίο που πρέπει να καλυφθεί όταν αυτό κριθεί απαραίτητο. Σε μερικές περιπτώσεις η παρουσία του υβριδικού σταθμού επηρεάζει την ικανότητα του δικτύου να διατηρεί σταθερή τάση και συχνότητα, οπότε γίνεται λόγος για ασθενές δίκτυο και συνήθως απαιτείται επιπλέον εξοπλισμός και διατάξεις ελέγχου.

2.3.2. Αυτόνομη λειτουργία υβριδικών συστημάτων

Τα υβριδικά συστήματα μπορεί να λειτουργούν αυτόνομα, δηλαδή να μη συνδέονται στο ηλεκτρικό δίκτυο. Η σημαντική διαφορά ανάμεσα στους δύο τρόπους λειτουργίας είναι ότι η εγκατάσταση παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας είναι πολύ μεγαλύτερη, διότι διαστασιολογείται ώστε να καλύπτει τις δυσμενέστερες συνθήκες ενεργειακής παραγωγής και ζήτησης. Λαμβάνεται δηλαδή υπόψη κατά το σχεδιασμό ότι δεν υπάρχει δυνατότητα εφεδρικής τροφοδότησης από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας και γίνεται κατάλληλη διαστασιολόγηση για να επιτευχθεί η αυτονομία του συστήματος.

Η τεχνικοοικονομική μελέτη με βάση τον διατιθέμενο προϋπολογισμό, τα χαρακτηριστικά του εξυπηρετούμενου φορτίου και τον τρόπο λειτουργίας του και η άριστη εγκατάσταση-λειτουργίας των συστημάτων αυτοπαραγωγής / αποθήκευσης, εξασφαλίζουν την ενεργειακή εξοικονόμηση ή/και αυτονομία ενός υβριδικού συστήματος. Η λειτουργία των συστημάτων μπορεί να συνοδευτεί από μετρήσεις που θα πιστοποιούν το βαθμό αποδοτικότητας τους, διασφαλίζοντας τη γρήγορη απόσβεση του κεφαλαίου επένδυσης.

2.4. Τεχνολογίες ΑΠΕ που χρησιμοποιούνται σε υβριδικά συστήματα

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά και τα τεχνικά ζητήματα που προκύπτουν για τη σύνδεση στο δίκτυο δύο ειδών ΑΠΕ που χρησιμοποιούνται στα υβριδικά συστήματα που θα εξεταστούν στην παρούσα εργασία: τα φωτοβολταϊκά και τα αιολικά συστήματα, τα οποία αποτελούν και τις πλέον διαδεδομένες μορφές ΑΠΕ στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας.

2.4.1. Φωτοβολταϊκά συστήματα

2.4.1.1. Χαρακτηριστικά Φ/Β συστημάτων

Η βασική μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την ηλιακή ακτινοβολία είναι τα φωτοβολταϊκά στοιχεία, τα οποία συνδυάζονται μεταξύ τους ώστε να συνθέσουν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που είναι ικανά να παρέχουν τα επιθυμητά επίπεδα τάσης και ρεύματος. Το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από αυτά εξαρτάται από το προσανατολισμό τους, τη γωνία κλίσης τους ως προς το οριζόντιο επίπεδο, τα τεχνικά

χαρακτηριστικά τους καθώς και από την καθαρότητα της επιφάνειάς τους. Σίγουρα όμως, ο τρόπος τοποθέτησης είναι κρίσιμος. Μπορούν να τοποθετηθούν σε σταθερές βάσεις, πακτωμένες στο έδαφος και συνδεδεμένες άρρηκτα με τα Φ/Β πλαίσια σε συγκεκριμένη γωνία και προσανατολισμό καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Μπορούν όμως, να συνδέονται και μέσω κινητών μερών που παρακολουθούν την πορεία του ηλίου και τα μετακινούν έτσι ώστε να είναι πάντα κάθετα σε αυτόν. Τότε εξασφαλίζεται η μέγιστη δυνατή προσπίπτουσα ακτινοβολία. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι η βέλτιστη παραγωγή μιας Φ/Β γεννήτριας ισχύος 50 Watt (με εμβαδόν επιφάνειας 0.5 m²) ανέρχεται στις 50 έως 60 kWh το χρόνο, αναλόγως με τη γεωγραφική θέση της περιοχής όπου είναι εγκατεστημένη.

2.4.1.2. Σύνδεση στο ηλεκτρικό δίκτυο

Όπως έχει αποδειχθεί από μελέτη της IEA (Report IEA PVPS T5-10:2002) υπάρχει μεγάλη δυνατότητα διείσδυσης των Φ/Β συστημάτων και άλλων μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής στο ηλεκτρικό σύστημα, καθώς κατ'ελάχιστον είναι δυνατόν να συνεισφέρουν το 25% του ελάχιστου φορτίου τις ώρες λειτουργίας τους, χωρίς να προκύπτει κάποιο πρόβλημα. Για διεισδύσεις μεγαλύτερες του 25%, για αποφυγή υπερτάσεων στη γραμμή που είναι συνδεδεμένα τα Φ/Β θα μπορούσε να εφαρμοστεί περιορισμός στη παραγωγή ισχύος από αυτά. Ένα τέτοιο μέτρο δεν εκτιμάται ότι προσθέτει σημαντικό κόστος στα ηλεκτρονικά ισχύος αλλά ίσως δημιουργήσει προβλήματα στη λειτουργία των μετατροπέων όταν παρουσιάζονται διαταραχές στη τάση του δικτύου. Η ιδέα αυτή ήδη εφαρμόζεται σε αυτόνομα Φ/Β συστήματα με 100% διείσδυση, αλλά με βάση την απόκλιση της συχνότητας λειτουργίας του δικτύου από τα 50Hz. Μια εναλλακτική λύση είναι η αλλαγή του λόγου υπό-πολλαπλασιασμού (ρύθμιση τάσης στις επαφές του μετασχηματιστή τάσης) στην είσοδο των μετασχηματιστών μέσης προς χαμηλή τάση, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα μεγαλύτερης διείσδυσης Φ/Β σε περιόδους όπου συστηματικά εμφανίζεται χαμηλή ζήτηση όταν υπάρχει μεγάλη παραγωγή ενέργειας από Φ/Β. Αυτό στην Ελλάδα θα μπορούσε να συμβεί τον Αύγουστο στις αστικές περιοχές εκτός τουριστικής περιόδου. Οι δαπάνες για την υλοποίηση αυτού του μέτρου είναι μάλλον χαμηλές.

Τα εμπόδια στη διαδεδομένη χρήση των Φ/Β στη διανεμημένη παραγωγή είναι κοινά σε μεγάλο βαθμό με άλλες τεχνολογίες που συνδέονται στο δίκτυο μέσω μετατροπέων ισχύος, όπως (Παπαδόπουλος, 1997) :

1. Συγκεκριμένα τεχνικά προβλήματα σχετικά με τα παρελκόμενα (αντιστροφείς ισχύος) και την σύνθεση ολοκληρωμένων συστημάτων.
2. Έλλειψη τυποποιημένων προσεγγίσεων για τη διασύνδεση στο δίκτυο.

3. Έλλειψη συνειδητοποίησης και εμπειρίας με τη τεχνολογία από τους δυνητικούς χρήστες.
4. Ιστορικές αντιλήψεις για την τεχνολογία που μπορεί να είναι αρνητικές και υποκειμενικές.
5. Έλλειψη αξιόπιστων στοιχείων σχετικά με την απόδοση σε πραγματικές συνθήκες και τις πραγματικές δαπάνες στον χρόνο ζωής του συστήματος.
6. Έλλειψη της ποιοτικά εγγυημένης εγκατάστασης και διαχείρισης του συστήματος.
7. Κατανόηση των κινήτρων για την εγκατάσταση των Φ/Β που έχουν υψηλότερη αξιοπιστία.

Η ενσωμάτωση πολλών μικρών μονάδων διασπαρμένης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στις υπάρχουσες δομές εφοδιασμού επιτάσσει την χρήση νέων τεχνολογικών λύσεων. Οι βελτιωμένες διαδικασίες διαχείρισης της ενέργειας και οι προηγμένες τεχνολογίες επικοινωνιών είναι απαραίτητες για να υποστηρίξουν μια αξιόπιστη, οικονομική και ασφαλή λειτουργία όλων των εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας. Προσοχή εστιάζεται στις νέες προσεγγίσεις στην τεχνολογία συστημάτων σχετικά με την διασπαρμένη παραγωγή, τη σταθερότητα και τη ποιότητα ηλεκτρισμού, την αξιοπιστία παροχής ηλεκτρισμού, το προγραμματισμό ανάπτυξης του δικτύου, θέματα ασφάλειας και επικοινωνίας δεδομένων και μεθόδους πρόγνωσης της ζήτησης και της παραγωγής ισχύος (Τσελέπης, 2005).

2.4.1.3. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Φωτοβολταϊκών Συστημάτων

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την εφαρμογή τέτοιου είδους συστημάτων είναι περιορισμένες. Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους δεν προκαλούν θόρυβο, δεν απελευθερώνουν αέρια ή υγρά απόβλητα, στερεά κατάλοιπα, ή θερμότητα προς το περιβάλλον. Είναι μία από τις πλέον φιλικές προς το περιβάλλον τεχνολογίες και έχει γίνει γενικώς αποδεκτή από το κοινωνικό σύνολο αφού εκτός από το ότι είναι μια καθαρή τεχνολογία δεν παρουσιάζει πλέον προβλήματα λειτουργίας (Φραγκιαδάκης, 2004).

Τα πλεονεκτήματα τους συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Δεν έχουν κινούμενα μέρη και παράγουν ισχύ αθόρυβα.
- Δεν ρυπαίνουν το περιβάλλον με αέρια ή με άλλα κατάλοιπα, αφού δεν λαμβάνει χώρα κάποια χημική αντίδραση.
- Λόγω του σπονδυλωτού τρόπου κατασκευής τους τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να προσαρμοστούν σε όλες τις απαιτήσεις μεγέθους και ζήτησης ισχύος.

- Μπορούν εύκολα να λειτουργήσουν παράλληλα με άλλα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνοντας την αξιοπιστία των συστημάτων.
- Είναι επεκτάσιμα ανάλογα με τις ανάγκες σε φορτίο χωρίς την απαίτηση ειδικής εγκατάστασης.
- Μπορούν να λειτουργήσουν αυτόνομα και αξιόπιστα χωρίς την παρουσία κάποιου χειριστή.
- Επειδή δεν χρειάζονται διαρκή παρακολούθηση, έχουν πολύ μικρό κόστος λειτουργίας.
- Μπορούν να εγκατασταθούν σε απομονωμένες περιοχές.
- Δεν καταναλώνουν καύσιμο.
- Λειτουργούν χωρίς προβλήματα σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών και κάτω από όλες τις καιρικές συνθήκες.
- Το ηλιακό κύτταρο δεν αλλοιώνεται κατά την διάρκεια της λειτουργίας του και έχει επίσης μεγάλη διάρκεια ζωής (περισσότερο από 25 χρόνια).

Το κυριότερο *μειονέκτημα* των Φ/Β συστημάτων είναι το υψηλό τους κόστος, το οποίο έχει αποτρέψει μέχρι στιγμής την ευρεία εξάπλωσή τους. Ωστόσο η εξέλιξη της τεχνολογίας οδηγεί στη σταδιακή μείωση του κόστους αυτών και τα καθιστά ολοένα και πιο ανταγωνιστικά των άλλων αυτόνομων συστημάτων (Φραγκιαδάκης, 2004).

Γενικά τα μειονεκτήματα των Φ/Β συνοψίζονται στα ακόλουθα:

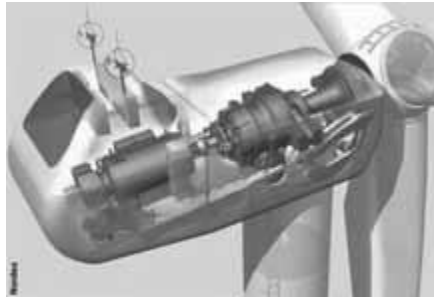
- Υψηλό κόστος.
- Απαίτηση χρήσης συσσωρευτών για την αποθήκευση ενέργειας, ειδικά σε αυτόνομα συστήματα. Έτσι αυξάνεται και το συνολικό κόστος του συστήματος.
- Απαίτηση χρήσης σχετικά μεγάλων επιφανειών για την εγκατάστασή τους λόγω της μικρής απόδοσης (μετατρέπουν περίπου το 11% της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική).
- Η απόδοσή τους μειώνεται σε συνθήκες συννεφιάς, ομίχλης και κακοκαιρίας.
- Ο χρόνος πλήρους λειτουργίας σε ονομαστικά μεγέθη ισχύος, είναι περίπου 1300 ώρες το έτος, δηλαδή παράγουν ενέργεια το 14,84% του ετήσιου χρόνου κατανάλωσης.

2.4.2. Αιολικά συστήματα

2.4.2.1. Χαρακτηριστικά Ανεμογεννητριών

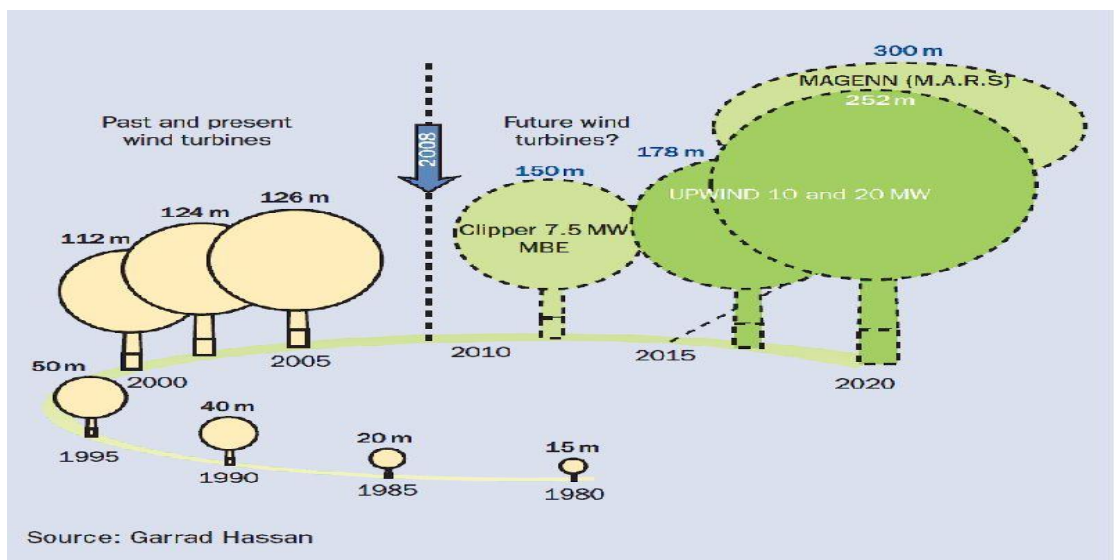
Πολλές εξελίξεις και βελτιώσεις έχουν λάβει χώρα από την εμπορευματοποίηση της τεχνολογίας της αιολικής ενέργειας από τις αρχές του 1980, αλλά η βασική αρχιτεκτονική τους έχει αλλάξει πολύ λίγο. Στις περισσότερες ανεμογεννήτριες η θέση του ρότορα είναι προσήνεμη ως προς την κατεύθυνση του ανέμου. Ο τριών λεπίδων ρότορας πολλαπλασιάζεται και τυπικά έχει ένα ξεχωριστό μπροστινό έδρανο, με άξονα χαμηλής

ταχύτητας που συνδέεται με ένα κιβώτιο που παρέχει ταχύτητα εξόδου κατάλληλη για την πιο δημοφιλή τεσσάρων πόλων (ή δύο πόλων) γεννήτρια. Αυτή η γενική αρχιτεκτονική φαίνεται στο Σχήμα 2.1. Συνήθως, στις μεγαλύτερες ανεμογεννήτριες, το βήμα της λεπίδας θα μεταβάλλεται συνεχώς υπό συνεχή έλεγχο για τη ρύθμιση της ισχύος σε υψηλότερες λειτουργικές ταχύτητες ανέμου.



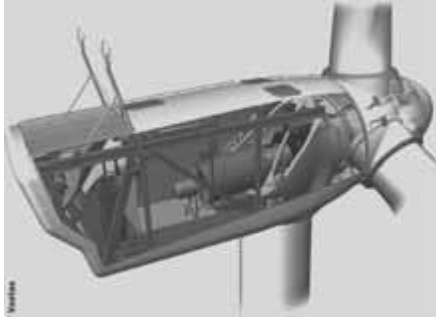
Σχήμα 2.1 Τυπική διάταξη απράκτου μιας σύγχρονης ανεμογεννήτριας

Όσον αφορά το μέγεθος των ανεμογεννητριών, παρατηρείται μια σημαντική αύξηση του ανά τα χρόνια (όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2.2). Οι μικρές ανεμογεννήτριες παραμένουν πολύ ακριβότερες ανά εγκατεστημένο kW από τις μεγάλες. Αυτό συμβαίνει επειδή οι πύργοι πρέπει να είναι υψηλότεροι αναλογικά με τη διάμετρο ώστε να αποφευχθούν εμπόδια στη ροή του ανέμου και τυχόν αναταραχών κοντά στο έδαφος. Ο κύριος βέβαια λόγος αυτής της διαφοράς κόστους είναι επειδή οι έλεγχοι, η ηλεκτρική σύνδεση στο δίκτυο και η συντήρηση είναι πολύ υψηλότερο ποσοστό της αξίας του κεφαλαίου του συστήματος.



Σχήμα 2.2 Αύξηση του μεγέθους των ανεμογεννητριών με την πάροδο των χρόνων

Ένα παράδειγμα σύγχρονων ανεμογεννητριών αποτελούν οι Vestas , που ηγούνται στον χώρο αυτό της αιολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι λεπίδες γίνονται με τη χρήση σύνθετων υλικών υψηλής αντοχής, και η καινοτομία στην άτρακτο σχεδιασμού συστημάτων, συνέβαλε σε αυτό το χαρακτηριστικό. Σύμφωνα με πηγές του κλάδου, η Vestas αναπτύσσει ένα νέο υπεράκτιο μοντέλο ανεμογεννήτριας (Gardner, 2009).



Σχήμα 2.3 Μοντέλο Vestas V90 διάταξη άτρακτου

Ενδιαφέρον, για την εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού των ανεμογεννητριών, έχουν οι περιοχές με ικανοποιητικές μέσες ταχύτητες ανέμου. Ένα πάρκο ανεμογεννητριών, το οποίο σε ταχύτητα 8m/sec αποδίδει 1600KW, σε ταχύτητα 4m/sec αποδίδει μόνο 200 KW. Σημαντικό ρόλο παίζει ο τόπος εγκατάστασης των ανεμογεννητριών. Η ύπαρξη ανωμαλιών του εδάφους, κτιρίων, δέντρων ή εμποδίων γενικά μπορεί να δημιουργήσει στροβιλισμούς και να μειώσει την αποδοτικότητα. Πριν την επιλογή της περιοχής απαιτείται μελέτη στατιστικών μετεωρολογικών δεδομένων για τις κατευθύνσεις των κυρίαρχων ανέμων για περίοδο ενός χρόνου.

Στα νησιά του Αιγαίου, στην Κρήτη και στην Αν. Στερεά Ελλάδα οι μέσες ταχύτητες ανέμου είναι 6 - 7 m/sec, με αποτέλεσμα το κόστος της παραγόμενης ενέργειας να είναι ιδιαίτερα ικανοποιητικό, γι' αυτό παρατηρείται πληθώρα έργων εκμετάλλευσης στις περιοχές αυτές. Συγκεκριμένα, σε όλη την Ελλάδα, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς αιολικών πάρκων που βρίσκονται σε λειτουργία είναι περίπου 1466 MW (έως το τέλος του 2012), ενώ επιπλέον 13 αιολικά πάρκα ισχύος 275 MW είχαν συνάψει συμβάσεις σύνδεσης με το διαχειριστή του συστήματος (ΔΕΣΜΗΕ και ΑΔΜΗΕ) για το ίδιο διάστημα. (ΑΔΜΗΕ, 2013)

2.4.2.2. Σύνδεση με ηλεκτρικό δίκτυο

Οι διαταραχές που προκαλούν οι Α/Γ στο δίκτυο είναι ανάλογες εκείνων που προκαλούνται από τα συνήθη φορτία και αναφέρονται στο σημείο σύνδεσης του στο δίκτυο διανομής (ΧΤ ή ΜΤ).

Διακρίνουμε τις εξής περιπτώσεις (Παπαδόπουλος, 1997):

- Σύνδεση Α/Γ στο δίκτυο ΧΤ απ' το οποίο τροφοδοτούνται και άλλοι καταναλωτές ΧΤ.
- Σύνδεση στο δίκτυο ΜΤ μέσω ιδιαίτερου ΜΣ ανυψώσεως.
- Σύνδεση αιολικών πάρκων, δλδ πολλών Α/Γ εγκατεστημένων σε μικρές αποστάσεις μεταξύ τους, οι οποίες μπορούν να συνδέονται προς το δίκτυο μέσω ΜΣ ανυψώσεως ανά μία ή ανά μονάδες Α/Γ.

Ανεξάρτητα του σημείου συνδέσεως οι διαταραχές που προκαλούν μπορούν να διακριθούν ως εξής (Παπαδόπουλος, 1997):

1. Διαταραχές κατά την κανονική λειτουργία. Αυτές οι διαταραχές έχουν επίπτωση στη σταθερότητα της τάσεως του δικτύου και χωρίζονται στις:
 - Αργές μεταβολές.
 - Ταχείες μεταβολές.
 - Διακυμάνσεις.
2. Επιπτώσεις κατά τη διάρκεια μη ομαλής λειτουργίας του δικτύου:
 - Ανωμαλίες στη λειτουργία των προστασιών του δικτύου
 - Απαράδεκτες καταπονήσεις των στοιχείων του δικτύου
 - Επικίνδυνες συνθήκες λόγω απομονωμένης λειτουργίας τμήματος δικτύου

2.4.2.3. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Ανεμογεννητριών

Πλεονεκτήματα

Κατά αρχήν πρόκειται για "καθαρή" ενέργεια. Η χρήση μιας Α/Γ 600KW, σε κανονικές συνθήκες, αποτρέπει την αποβολή 1200 τόνων CO₂ ετησίως, που θα αποβάλλονταν στο περιβάλλον αν χρησιμοποιούσαμε άλλη πηγή για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, όπως π.χ. άνθρακας. Δεν έχει καμιά επιβάρυνση για το περιβάλλον και ο τρόπος παραγωγής έχει αδιαμφισβήτητη ασφάλεια. Η αιολική ενέργεια είναι σήμερα η πιο φτηνή απ' όλες τις υπάρχουσες ήπιες μορφές και είναι ανεξάντλητη. Η παραγωγή ενέργειας από μια Α/Γ κατά τα 20 χρόνια λειτουργίας της ισοδυναμεί με την 80πλάσια ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για την κατασκευή, λειτουργία και καταστροφή της όταν αυτή κριθεί ανενεργή.

Το 1999 η αιολική ενέργεια κάλυψε το 10% των αναγκών για ηλεκτρισμό στη Δανία ενώ παρατηρηθεί ότι το ετήσιο μέσο μέγεθος αυξήθηκε σημαντικά τα τελευταία 10-15 έτη, από 200 kW το 1990 σε 2 MW το 2007 στο Ηνωμένο Βασίλειο, ενώ η Γερμανία, η Ισπανία

και η ΗΠΑ δεν είναι πολύ πίσω. Όπως φαίνεται, υπάρχει μια σημαντική διαφορά μεταξύ ορισμένων χωρών: στην Ινδία, το μέσο μέγεθος της εγκατεστημένης ισχύς το 2007 ήταν περίπου 1 MW, σημαντικά χαμηλότερα από τα επίπεδα στο Ηνωμένο Βασίλειο και τη Γερμανία (2.049 kW και 1879 kW, αντίστοιχα). Το 2007, Α/Γ επιπέδου MW (με χωρητικότητα άνω του 1 MW) είχαν μερίδιο αγοράς άνω του 95%, ενώ οι μικρότερες Α/Γ μόλις 5%. Α/Γ που έχουν ισχύ 2,5MW και πάνω γίνονται όλο και πιο σημαντικές, ακόμη και για εγκαταστάσεις στη ξηρά.

Το συνολικό εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό της Ελλάδας μπορεί να καλύψει ένα μεγάλο μέρος των ηλεκτρικών αναγκών της. Η συνεισφορά των ΑΠΕ σε επίπεδο εγχώριας πρωτογενούς παραγωγής ενέργειας, φθάνει στο 17%. Το ποσοστό που καλύπτεται από την εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού στο ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας, είναι της τάξεως του 10,7%(193ktoe). Η αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού παρατηρείται και από την αύξηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από τις Α/Γ. Ειδικότερα, από 1 μόλις MW ισχύος των αιολικών πάρκων το 1990, στο τέλος του 2008, λειτουργούσαν αιολικά πάρκα συνολικής ισχύος 1022 MW. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ έφτασε τις 6,6TWh το 2008, εκ του οποίου το 34% προήλθε από αιολικά πάρκα (2242GWh). (ετήσια έκθεση ΚΑΠΕ, 2009)

Οι προηγμένες τεχνολογίες, εν προκειμένω, στην αεροδυναμική, στην αντοχή των υλικών και στη μετεωρολογία, έχουν συνεισφέρει σε ετήσια αύξηση 5% στην απόδοση ανά τετραγωνικό μέτρο έλικα (στατιστικά στοιχεία καταγεγραμμένα στη Δανία μεταξύ 1980 - 1995). Σήμερα, ο σχετικός τομέας στη βιομηχανία προσφέρει 40.000 θέσεις εργασίας παγκοσμίως. Οι δημοσκοπήσεις σε ευρωπαϊκές χώρες, όπως Δανία, Γερμανία, Ολλανδία, Μ. Βρετανία έδειξαν ότι το 70% του πληθυσμού προτιμά την παραγωγή και χρήση αιολικής ενέργειας. Η Δανία κατέχει την πρώτη θέση στην παγκόσμια παραγωγή. Το παραγόμενο αιολικό δυναμικό στη Δανία το 1998 ήταν 1200 MW και το ίδιο έτος οι Δανοί κατασκευαστές κατείχαν το 50% της παγκόσμιας αγοράς σε ανεμογεννήτριες. Επίσης, μπορεί να παρατηρηθεί ότι το ετήσιο μέσο μέγεθος αυξήθηκε σημαντικά τα τελευταία 10-15 έτη, από 200 kW το 1990 σε 2 MW το 2007 στο Ηνωμένο Βασίλειο, ενώ η Γερμανία, η Ισπανία και η ΗΠΑ δεν είναι πολύ πίσω. Όπως φαίνεται, υπάρχει μια σημαντική διαφορά μεταξύ ορισμένων χωρών: στην Ινδία, το μέσο μέγεθος της εγκατεστημένης ισχύος, το 2007, ήταν περίπου 1 MW, σημαντικά χαμηλότερη από τα επίπεδα στο Ηνωμένο Βασίλειο και τη Γερμανία (2.049 kW και 1879 kW, αντίστοιχα). Το 2007, Α/Γ της τάξης των MW (με χωρητικότητα άνω του 1 MW) κάλυπταν το 95% της αγοράς, ενώ οι υπόλοιπες μόλις το 5%. Οι Α/Γ με χωρητικότητες 2,5 MW και άνω, αποκτούν όλο και μεγαλύτερη ζήτηση, ακόμη και

για εγκατάσταση σε χερσαίες ζώνες. Το 2007, το μερίδιο αγοράς αυτών των μεγάλων Α/Γ ήταν 6%, σε σύγκριση με μόλις 0,3% στα τέλη του 2003 (Gardner, 2009).

Μειονεκτήματα

Η κύρια αιτία δημιουργίας των ανέμων, είναι η άνιση θερμοκρασιακή κατανομή στις διάφορες περιοχές του πλανήτη μας, οφειλόμενη στη δράση της ηλιακής ακτινοβολίας. Έτσι το 2% της συνολικής ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει στον πλανήτη μας, μετατρέπεται σε αιολική. Η ισχύς του ανέμου σε ολόκληρη τη γη υπολογίζεται ετησίως, σε $3,6 \cdot 10^9$ MW. Η ισχύς ρεύματος αέρα γενικά είναι ανάλογη της πυκνότητάς του και του κύβου της ταχύτητάς του. Έτσι για την ίδια ταχύτητα και διατομή, ένα ρεύμα αέρα θα έχει περίπου 800 φορές μικρότερη ενέργεια από μία αντίστοιχη δέσμη νερού.

Η αιολική ενέργεια συνεπώς είναι μια «αραιή» ή «ήπια» μορφή ενέργειας, δηλαδή είναι μικρή η ποσότητα ενέργειας, η οποία δεσμεύεται ανά μονάδα χρόνου, σε κάθε τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας που προσβάλλεται από τον άνεμο. Ένας ανεμοκινητήρας (Α/Κ) έχει τη δυνατότητα να δεσμεύσει περίπου μόνο το 48% της ισχύς του ανέμου που προσβάλλει την επιφάνειά του. Αυτό έχει σαν συνέπεια την ανάγκη κατασκευής μονάδων μεγάλων διαστάσεων, μειονέκτημα όμως το οποίο με τη σημερινή τεχνολογία αντιμετωπίζεται ικανοποιητικά.

Παράλληλα η αιολική ενέργεια χαρακτηρίζεται από το πλεονέκτημα, ότι δίνει απ' ευθείας μηχανική ενέργεια, μια «αναβαθμισμένη» κατά την τεχνική ορολογία μορφή ενέργειας, που με πολύ υψηλό βαθμό απόδοσης και απλά μέσα, μετατρέπεται σε οποιαδήποτε άλλη μορφή ενέργειας και φυσικά την πιο εύχρηστη αυτών, την ηλεκτρική.

Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα της αιολικής ενέργειας είναι η στοχαστικότητα της, αλλά και η αδυναμία της να αποθηκευτεί και να χρησιμοποιηθεί μεταγενέστερα. Όπως είναι γνωστό, ο άνεμος είναι μια στοχαστική πηγή ενέργειας, γεγονός που σημαίνει ότι μπορεί να υπάρχει μεγάλη παραγωγή ενέργειας σε ώρες χαμηλής ζήτησης, ή αντίθετα σε ώρες αιχμής να μην υπάρχει παραγωγή. Από την άλλη η στοχαστικότητα αυτή της αιολικής ενέργειας αποτελεί τροχοπέδη στην εξολοκλήρου διεύθυνσή της στο σύστημα, για λόγους ευστάθειας αυτού.

Λύση στο πρόβλημα αυτό δίνει η αντλησιοταμίευση, με την οποία η αιολική ενέργεια αποθηκεύεται με τη μορφή δυναμικής ενέργειας στη ποσότητα του νερού το οποίο βρίσκεται σε συγκεκριμένο υψόμετρο. Δύνεται έτσι η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί μεταγενέστερα και μάλιστα σαν μια ποιοτική ηλεκτρική πηγή ενέργειας η οποία δεν προκαλεί κανένα πρόβλημα στο σύστημα.

Ένα σημαντικό μειονέκτημα της αιολικής ενέργειας είναι ότι εξαρτάται άμεσα από την ύπαρξη ικανοποιητικών ταχυτήτων ανέμου. Τι γίνεται όμως όταν δεν φυσάει άνεμος; Επειδή δεν υπάρχουν δυνατότητες για οικονομική αποθήκευση μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας, επιβάλλεται να υπάρχει εφεδρεία συμβατικών σταθμών για το σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος των ανεμογεννητριών. Για ηλεκτρικά συστήματα, όπως το σύστημα της Κρήτης, όπου οι αιχμές φορτίου καλύπτονται με αεροστρόβιλους ντίζελ και με υψηλό κόστος παραγωγής, θα μπορούσε να εξεταστεί η περίπτωση συνδυασμού ανεμογεννητριών με αντλητικά υδροηλεκτρικά έργα (Γερανάκη, 2009).

2.4.2.4. Λόγοι ανάπτυξης αιολικών συστημάτων στα Ελληνικά νησιά

Είναι γνωστό ότι το αιολικό δυναμικό των ελληνικών νησιών είναι μεγάλο και θα πρέπει να το εκμεταλλευτούμε όσο το δυνατό περισσότερο. Πολλοί ερευνητές εργάζονται για να βρουν περισσότερους αποτελεσματικούς τρόπους για αυτή την εκμετάλλευση. Η εγκατάσταση και λειτουργία των αιολικών πάρκων και των υβριδικών συστημάτων σε μικρότερα και μεγαλύτερα νησιά αποκάλυψε τα εμπόδια και τις δυνατότητες εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ). Η στοχαστική συμπεριφορά του αιολικού δυναμικού, σε συνδυασμό με τις διακυμάνσεις της ζήτησης ενέργειας από τις καταναλώσεις σε καθημερινή βάση αλλά και ανάλογα την εποχή, περιορίζουν τη δυνατότητα των ΑΠΕ να ικανοποιήσουν από μόνες τους τις ενεργειακές ανάγκες των νησιών χωρίς αποθήκευση ενέργειας (Bakos, 2002).

2.4.3. Πρότυπα για τη σύνδεση μονάδων ΑΠΕ στο δίκτυο

Για την διασύνδεση των διάφορων μονάδων παραγωγής από ανανεώσιμες πηγές σημαντική είναι η ανάπτυξη προτύπων για αποτελεσματική και ασφαλή ενσωμάτωση των μονάδων στο δίκτυο. Τα πρότυπα που υπάρχουν (εγκεκριμένα και μη) και διέπουν τις προδιαγραφές σχετικά με την λειτουργία, δοκιμή, ασφαλιστικά μέτρα και συντήρηση στο σημείο σύνδεσης είναι:

- IEEE 929-2000: Recommended practice for utility interface of PV systems.
- IEEE 1547. Standard for interconnecting distributed resources with electric power systems.
- IEEE P1547.3: Guide for monitoring, information exchange and control of distributed resources interconnected with EPS.
- IEC 61400-25 Wind turbine generator systems. Part 25: Communication for monitoring and control of wind power plants.
- IEC 61850. Communication networks and systems in substations.

Όσον αφορά την διασύνδεση μικρών Φ/Β μονάδων μέχρι 10kW το πρότυπο IEEE 929-2000 περιέχει συμβουλές για τον παραλληλισμό τους στο δίκτυο και αφορά μόνο τον

μετατροπέα ισχύος καθώς είναι η συσκευή που πρέπει να διαθέτει τις απαραίτητες λειτουργίες και προστασίες. Συνεπώς, το πρότυπο είναι ανεξάρτητο από την πηγή ενέργειας η οποία θα μπορούσε να είναι Φ/Β, μπαταρίες, ενεργειακές κυψέλες κλπ. Το πρότυπο καλύπτει κυρίως θέματα ποιότητας ισχύος, ασφάλειας και προστασίας. Οι οδηγίες ποιότητας ισχύος είναι σημαντικές για τον διαχειριστή του δικτύου ώστε να έχει την διαβεβαίωση ότι η εξάπλωση των Φ/Β συστημάτων δεν θα έχει αρνητικές συνέπειες στους πελάτες του. Οι καταστάσεις λειτουργίας εκτός των προσδιορισμένων ορίων προκαλούν την διακοπή μεταφοράς ενέργειας στο δίκτυο από το σύστημα μέχρι αυτές να επανέλθουν στα κανονικά όρια. Ένα από τα προβλήματα που μπορεί να αντιμετωπίσουν οι εταιρίες ηλεκτρισμού είναι η πιθανότητα δημιουργίας ενεργοποιημένης νησίδας (islanding) μετά από κάποιο σφάλμα και διακοπή στο δίκτυο. Αυτό σημαίνει ότι κάποια γραμμή είναι ηλεκτροφόρος ενώ δεν θα έπρεπε να είναι. Οι νησίδες αποτελούν κίνδυνο για τους τεχνικούς που θεωρούν ότι η γραμμή δεν είναι ηλεκτροφόρος μετά από κάποια διακοπή. Μελέτες έχουν αποδείξει ότι η πιθανότητα δημιουργίας είναι εξαιρετικά μικρή και όταν συμβαίνει δεν διαρκεί πάνω από 60 δευτερόλεπτα, ένα χρονικό διάστημα κατά τη διάρκεια του οποίου κάθε αντιμετώπιση είναι ανέφικτη.

2.5 Είδη υβριδικών συστημάτων

Τα υβριδικά συστήματα με μονάδες ΑΠΕ μπορεί να περιλαμβάνουν συνδυασμούς μόνο μονάδων ΑΠΕ, χωρίς συμμετοχή συμβατικής μονάδας. Στην πράξη συναντώνται συνδυασμοί μονάδων Φ/Β, Α/Γ και συμβατικών μονάδων (ανά δύο ή τρία είδη), ενώ γενικά δε χρησιμοποιούνται άλλα είδη ΑΠΕ. Στη συνέχεια δίνεται συνοπτική περιγραφή των διαφόρων δυνατών συνδυασμών.

2.5.1. Υβριδικό σύστημα Φ/Β- Ντιζελογεννήτριας

2.5.1.1. Εισαγωγή

Η χρήση ντιζελογεννήτριας σε ένα υβριδικό σύστημα επηρεάζει σημαντικά το κόστος του. Βασικός παράγοντας που επηρεάζει το κόστος λειτουργίας μιας ντιζελογεννήτριας είναι το γεγονός ότι η τιμή του αργού πετρελαίου αυξάνεται. Είναι χαρακτηριστικό ότι η τιμή σε εθνικό επίπεδο του πετρελαίου έχει αυξηθεί κατά 400% τα τελευταία 10 χρόνια.

Επιπλέον η χρήση μιας ντιζελογεννήτριας για την παραγωγή ενέργειας όλο το 24ωρο σημαίνει ότι αυτή θα πρέπει να αντικαθίσταται κάθε έτος ή να απαιτεί γενική επισκευή. Επιπλέον τα τρέχοντα έξοδα της επένδυσης αυτής αυξάνουν το συνολικό κόστος λειτουργίας της. Ακόμη σημαντική οικονομική επιβάρυνση αποτελούν και τα λειτουργικά έξοδα της ντιζελογεννήτριας τα οποία είναι η μηνιαία συντήρηση, τα ανταλλακτικά, το κόστος καυσίμων αλλά και η μεταφορά τους και τέλος ο καθαρισμός και το λάδι της μηχανής.

Μια γεννήτρια ντίζελ, αν και έχει μικρό κόστος αγοράς, έχει γενικά υψηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης, ενώ είναι επιβαρυντική για το περιβάλλον λόγω των αερίων που παράγονται από τη καύση του πετρελαίου. Χαρακτηριστικό είναι ότι σε χαμηλό, σχεδόν μηδενικό φορτίο, η γεννήτρια χρησιμοποιεί το 30% του καυσίμου που θα χρησιμοποιούσε σε πλήρες φορτίο. Αυτά τα προβλήματα αντιμετωπίζονται σε μεγάλο βαθμό με τη συνεργασία Φ/Β στοιχείων με ντιζελογεννήτρια και μπαταρίες έτσι ώστε να ομαλοποιείται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και να μειώνεται το κόστος της.

Η βέλτιστη επιλογή της ισχύος των Φ/Β λαμβάνει πρωτίστως υπόψη την αξιολόγηση του ποσού της προσπίπτουσας ολικής ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο, με μονάδα μέτρησης τα W/m^2 . Συνήθως ενδιαφέρει η ολική ηλιακή ακτινοβολία στη διάρκεια μιας ώρας, η οποία οδηγεί στην εκτίμηση της ωριαίας ολική ηλιακή ακτινοβολίας, ενώ επίσης σημαντικές πληροφορίες είναι η ημερήσια ολική ηλιακή ακτινοβολία και η μηνιαία ολική ακτινοβολία.

Στη συνέχεια πρέπει να επιλεγθεί ο τύπος και η ισχύς της ντιζελογεννήτριας που θα ενσωματωθεί στον υβριδικό σταθμό. Μια γεννήτρια βενζίνης είναι πιο οικονομική από μια ντιζελογεννήτρια, αλλά έχει μικρότερη διάρκεια ζωής και μεγαλύτερο κόστος λειτουργίας. Συνήθως γεννήτριες βενζίνης χρησιμοποιούνται όταν το σύστημα έχει διαστασιολογηθεί έτσι ώστε οι ΑΠΕ να καλύπτουν εξ'ολοκλήρου το φορτίο και το χρόνο που δεν μπορούν να ανταποκριθούν, οι γεννήτριες βενζίνης τροφοδοτούν με ισχύ τα φορτία και αποθηκεύουν ενέργεια στα μέσα αποθήκευσης, τα οποία είναι κατά κύριο λόγο μπαταρίες. Αν υπάρχουν όμως μεγάλες διακυμάνσεις στην καμπύλη του φορτίου τότε καταλληλότερη είναι η ντιζελογεννήτρια, έτσι ώστε να καλύπτει με μικρό κόστος τις αιχμές του ημερήσιου φορτίου, ή γενικά όταν η διαστασιολόγηση είναι τέτοια ώστε οι ΑΠΕ να καλύπτουν μερικώς το φορτίο.

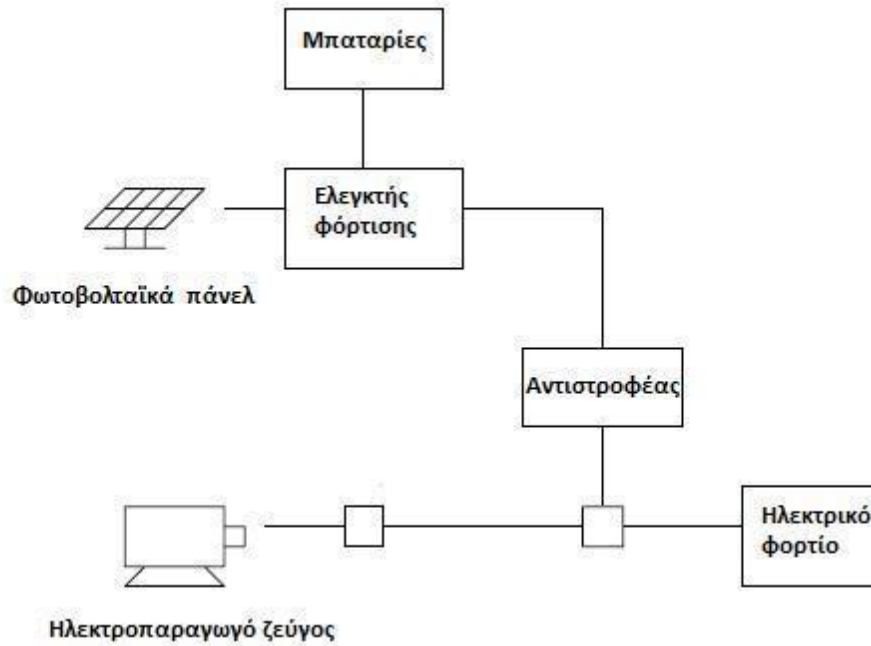
Εφόσον επιλεγεί το είδος της γεννήτριας που θα χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να γίνει η διαστασιολόγησή του, η οποία εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Ο κυριότερος από αυτούς είναι η αιχμή του φορτίου. Δηλαδή θα πρέπει η γεννήτρια να έχει την ικανότητα να καλύπτει το φορτίο αιχμής. Επόμενος παράγοντας είναι το είδος του φορτίου που πρέπει να

καλυφθεί. Έτσι, αν το φορτίο είναι ωμικό τότε δεν υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις από τη γεννήτρια για σταθερή συχνότητα του δικτύου, του οποίου αποτελεί πηγή.

Στην περίπτωση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τεχνική σχεδιασμού του υβριδικού συστήματος όπου ο αντιστροφέας συνήθως δεν λειτουργεί ταυτόχρονα με τη ντιζελογεννήτρια και η διαστασιολόγηση του ανορθωτή συνήθως καθορίζεται από τη χωρητικότητα των μπαταριών. Μια άλλη λύση είναι οι δύο μετατροπείς ισχύος να αποτελούν έναν μετατροπέα διπλής κατεύθυνσης που χρησιμοποιούνται ευρέως σε ένα τέτοιο σύστημα. Για λόγους οικονομίας και εάν η χωρητικότητα των μπαταριών είναι τέτοια που είναι αδύνατον να καλυφθεί το φορτίο αιχμής μέσω του αντιστροφέα, τότε ο αντιστροφέας μπορεί να είναι χαμηλότερης ισχύος και το φορτίο αιχμής να καλύπτεται απευθείας από τη ντιζελογεννήτρια. Στην περίπτωση που οι απαιτήσεις του φορτίου είναι τέτοιες που να απαιτείται όσο το δυνατόν σταθερή συχνότητα, τότε θα πρέπει η συχνότητα του φορτίου να καθορίζεται από την έξοδο του αντιστροφέα. Η τελευταία περίπτωση είναι και η πιο δαπανηρή (Μάλτας, 2007).

2.5.1.2. Περιγραφή συστήματος

Η λειτουργία του υβριδικού συστήματος στην κανονική του λειτουργία είναι η εξής: Τα Φ/Β παρέχουν την απαιτούμενη ισχύ στο φορτίο μέσω του μετατροπέα ισχύος. Η πρόσθετη ενέργεια από τα Φ/Β φορτίζει τις μπαταρίες μέσω του ρυθμιστή φόρτισης μέχρι οι μπαταρίες να φθάσουν στο μέγιστο επιτρεπτό επίπεδο φόρτισης τους. Ο κύριος σκοπός της χρήσης μπαταριών σαν αποθηκευτικό μέσο ενέργειας είναι για να παρέχει ή να αποθηκεύει ενέργεια ανάλογα με τη ζήτηση. Η ντιζελογεννήτρια μπαίνει σε λειτουργία εάν τη ζήτηση του φορτίου δεν μπορούν να τη καλύψουν τα Φ/Β αλλά ούτε και οι μπαταρίες (Shaahid, 2008).



Σχήμα 2.4 Τοπολογία υβριδικού συστήματος Φ/Β-ντίζελ

2.5.2. Υβριδικό σύστημα Φ/Β- Ανεμογεννήτριας

2.5.2.1. Εισαγωγή

Η μελέτη για ένα πιο αξιόπιστο και οικονομικότερο ενεργειακό σύστημα με χρήση ΑΠΕ οδήγησε στη δημιουργία ενός υβριδικού συστήματος παραγωγής ενέργειας με τη χρήση Φ/Β και Α/Γ. Σε ένα τέτοιο σύστημα η αποδοτικότητά του εξαρτάται, κατά κύριο λόγο, από το ηλιακό και αιολικό δυναμικό, τα οποία ποικίλουν τοπικά και χρονικά. Η χρήση τέτοιων πηγών ενέργειας προκαλεί προβλήματα τα οποία μπορούν να ξεπεραστούν σταδιακά από τη χρήση αυτών σε ένα βέλτιστο συνδυασμό τους. Η δυναμική της μιας πηγής μπορεί να υπερκαλύψει την αδυναμία της άλλης σε μια ορισμένη χρονική περίοδο. Αυτό είναι εμφανές αν λάβουμε υπόψη το γεγονός ότι σε πολλές περιοχές περισσότερη ηλιακή ενέργεια και λιγότερη αιολική είναι διαθέσιμη κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, κατ'αντιστοιχία με τους χειμερινούς μήνες όπου έχουμε περισσότερη αιολική ενέργεια.

Μεμονωμένες ΑΠΕ ή ενσωματωμένες σε υβριδικά συστήματα είναι ένας από τους τρόπους παραγωγής ηλεκτρισμού σε κάποιες περιοχές αναπτυσσόμενων χωρών. Από την άλλη πλευρά, αποτελούν μια εναλλακτική μορφή παραγωγής και τροφοδοσίας ηλεκτρισμού σε απομονωμένες περιοχές του αναπτυσσόμενου κόσμου. Παρ'όλα αυτά, ανακύπτουν προβλήματα που περιορίζουν την ανάπτυξη υβριδικών συστημάτων σε σχέση με τη χρήση μεμονωμένων τεχνολογιών, που κατά κύριο λόγο είναι η αυξημένη πολυπλοκότητα τέτοιων συστημάτων. Αυτή η πολυπλοκότητα έχει να κάνει με τη χρήση δύο διαφορετικών

τεχνολογιών-πηγών σε συνδυασμό κάνοντας το υβριδικό σύστημα δύσκολο στην ανάλυση. Έτσι απαιτείται επισταμένη μελέτη στα αιολικά και ηλιακά δεδομένα, τα οποία σχετίζονται άμεσα με τη τοποθεσία του συστήματος. Ο σχεδιαστής πρέπει να είναι σε θέση να κάνει τη βέλτιστη επιλογή Φ/Β πάνελ και της εγκατεστημένης ισχύος της Α/Γ (Celik, 2002).

Η χρήση της έννοιας αιολικό δυναμικό υποδηλώνει τα εξής μεγέθη:

- Το φυσικό διαθέσιμο αιολικό δυναμικό. Την κινητική ενέργεια των αέριων μαζών, οι οποίες κινούνται κάθε χρόνο πάνω στην εξεταζόμενη περιοχή.
- Το τεχνικώς αξιοποιήσιμο αιολικό δυναμικό. Το μέρος του φυσικού δυναμικού που είναι τεχνικώς εφικτό να δεσμευτεί για τη παραγωγή ενέργειας, χωρίς οικονομικό περιορισμό. Το δυναμικό αυτό μεταβάλλεται συνεχώς με το χρόνο γιατί εξαρτάται από την εκάστοτε διαθέσιμη τεχνολογία.
- Το οικονομικώς αξιοποιήσιμο αιολικό δυναμικό. Το μέρος του αιολικού δυναμικού του οποίου το κόστος αξιοποίησης είναι οικονομικά συμφέρον. Εξαρτάται και από τη διαθέσιμη τεχνολογία και τις οικονομικές συνθήκες

Η αξιολόγηση του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής είναι περισσότερο περίπλοκη από την αντίστοιχη του ηλιακού δυναμικού διότι ο άνεμος επηρεάζεται σημαντικά από πολλούς παράγοντες, όπως τοποθεσία, μορφολογία εδάφους, πιθανά εμπόδια πχ δέντρα και από τοπικές παραμέτρους (θαλάσσια αύρα, απόγειως αύρα). Η απουσία μετεωρολογικών δεδομένων ακριβώς ή πολύ κοντά στη θεωρούμενη θέση εγκατάστασης της Α/Γ μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένη διαστασιολόγηση και επιλογή για την Α/Γ και ίσως σε ολοκληρωτική οικονομική αποτυχία. Επομένως για τον προσδιορισμό του αιολικού δυναμικού δεν αρκεί μόνο η γνώση της μέσης ταχύτητας του ανέμου. Θα πρέπει να υπάρχει προσδιορισμός των στιγμιαίων τιμών με δειγματοληψία η οποία θα έχει όσο το δυνατόν μικρότερη περίοδο (Μάλτας, 2007) .

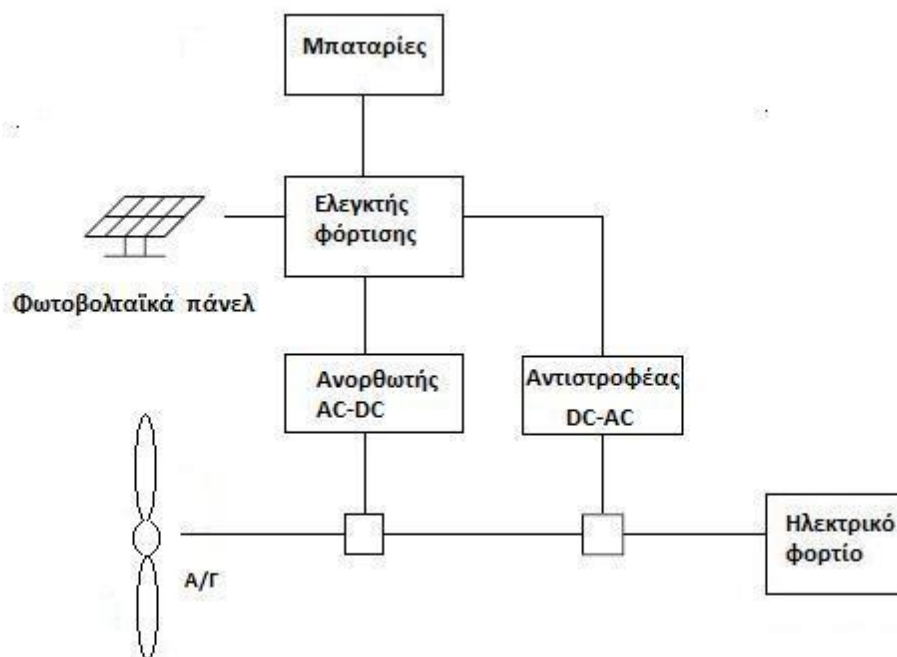
2.5.2.2. Περιγραφή συστήματος

Το σχηματικό διάγραμμα ενός υβριδικού συστήματος Α/Γ-Φ/Β δίνεται στο Σχήμα 2.5. Κατά της διάρκεια λειτουργίας ενός τέτοιου συστήματος μπορούμε να έχουμε τις εξής καταστάσεις:

Αν η ζήτηση είναι μικρότερη από τη παραγόμενη ενέργεια από την Α/Γ, το πλεόνασμα ενέργειας που παράγει μαζί με την ενέργεια που παράγεται από τα Φ/Β αποθηκεύεται μέσω των μετατροπέων (ανορθωτή, αντιστροφέα) ισχύος και του ρυθμιστή φόρτισης στις μπαταρίες που διαθέτει το σύστημα.

Αν η ζήτηση είναι μεγαλύτερη τότε το πλεόνασμα ενέργειας καλύπτεται από τα Φ/Β μέσω του μετατροπέα ισχύος. Αν παρ'όλα αυτά το φορτίο δεν καλύπτεται ούτε από τα Φ/Β, τότε εισέρχεται στο σύστημα και η ενέργεια των μπαταριών, εάν και εφόσον είναι φορτισμένες περισσότερο από το κατώτερο επιτρεπτό επίπεδο φόρτισης, πάλι μέσω μετατροπέα ισχύος.

Τέλος, σημειώνεται ότι και στις δύο περιπτώσεις όταν η χωρητικότητα των μπαταριών φτάσει στο ανώτερο ή κατώτερο επίπεδο φόρτισης, το σύστημα ελέγχου σταματάει τη φόρτιση ή την αποφόρτιση των μπαταριών αντίστοιχα (Diaf, 2008).



Σχήμα 2.5 Τοπολογία συστήματος Α/Γ-Φ/Β

2.5.3. Υβριδικό σύστημα Α/Γ-Ντιζελογεννήτριας

2.5.3.1. Εισαγωγή

Το επόμενο υβριδικό σύστημα που παρουσιάζεται είναι ο συνδυασμός Α/Γ-ντιζελογεννήτριας. Λόγω της έντονης μεταβλητότητας του ανέμου και της δυσκολίας κάλυψης της αιχμής του εξυπηρετούμενου φορτίου, υπάρχει μεγάλος κίνδυνος υπερδιαστασιολόγησης και υποδιαστασιολόγησης. Τα μικρά συστήματα είναι πιθανόν να έχουν ανισοκατανομημένο φορτίο με διάφορες αιχμές, πχ μια αιχμή 5 φορές μεγαλύτερη από το μέσο φορτίο. Συνήθως επιλέγεται από το σχεδιαστή μια ντιζελογεννήτρια, τάξης μεγέθους διπλάσιας της μέγιστης τιμής ισχύος του φορτίου ώστε να υπάρχει επαρκές περιθώριο για

μελλοντική αύξηση του φορτίου. Επίσης δε συνηθίζεται να λειτουργεί η ντιζελογεννήτρια σε φορτία μικρότερα του 30%.

Όσον αφορά την Α/Γ λαμβάνονται υπόψη οι εξής σχεδιαστικές επιλογές:

- Μέγεθος σχετικό με τη ντιζελογεννήτρια και το φορτίο. Για υψηλό βαθμό διείσδυσης πχ 50% επιλέγεται Α/Γ διπλάσια της ντιζελογεννήτριας.
- Υπάρχει διχογνωμία στους σχεδιαστές αν είναι προτιμότερη η χρήση πολλών μικρών Α/Γ ή μιας μεγάλης. Σε δοκιμές υβριδικού συστήματος με Α/Γ 6MW στη Σαουδική Αραβία, 40 Α/Γ των 150MW παράγουν 39% περισσότερη ενέργεια απ'ότι 25 των 250 και 48% περισσότερη ενέργεια από 10 των 600.
- Μία σημαντική απόφαση που πρέπει να ληφθεί κατά το σχεδιασμό έχει να κάνει με το αν πρέπει να χρησιμοποιηθεί σύγχρονη γεννήτρια ή γεννήτρια επαγωγής στην Α/Γ. Η επαγωγική γεννήτρια έχει το μειονέκτημα ότι απαιτεί μια εξωτερική πηγή ισχύος. Απ'την άλλη πλευρά, ο συγχρονισμός με τη ντιζελογεννήτρια είναι απλούστερος και οι δυναμικές αλληλεπιδράσεις στο δίκτυο μικρότερες. Η σύγχρονη γεννήτρια έχει το πλεονέκτημα ότι είναι ενεργειακά αυτόνομη, όμως είναι μια λιγότερο ευέλικτη πηγή ισχύος AC και εμφανίζει προβλήματα συγχρονισμού και σταθερότητας. Η πλειοψηφία των μοντέλων χρησιμοποιεί επαγωγική γεννήτρια σε συνδυασμό με μια συνεχώς περιστρεφόμενη σύγχρονη γεννήτρια στη γραμμή AC για να παράγει ισχύ.
- Σε περίπτωση που λειτουργεί η Α/Γ και οι μπαταρίες είναι υπό πλήρη φόρτιση, η πλεονάζουσα ενέργεια αντιμετωπίζεται με τους εξής τρόπους:
 - I. Γίνεται χρήση της για διαφορετικό σκοπό.
 - II. Επιτρέπεται στην Α/Γ να επιταχύνει ενεργοποιώντας έναν παθητικό μηχανισμό ελέγχου της έντασης του ρεύματος.
 - III. Επιτρέπεται στην Α/Γ να επιταχύνει ενεργοποιώντας ένα γρήγορο ενεργητικό μηχανισμό ελέγχου
 - IV. Σε περίπτωση διασυνδεδεμένης λειτουργίας, η ενέργεια αυτή διοχετεύεται στο δίκτυο (Elhadidy, 2005).

Ένα αυτόνομο σύστημα Α/Γ-ντιζελογεννήτριας θεωρείται οποιοσδήποτε συνδυασμός ισχύος Α/Γ και ντιζελογεννήτριας σε αυτόνομη ή διασυνδεδεμένη λειτουργία. Τα προβλήματα στις δύο αυτές λειτουργίες είναι πολύ διαφορετικά. Ωστόσο, τα μεγάλα σε ισχύ συστήματα (της τάξης των MW, έναντι των μικρών συστημάτων κάποιων KW) εμφανίζουν κάποια πλεονεκτήματα όπως παρακάτω:

- Ένα μεγάλο σύστημα έχει πολλές διαφορετικές ντιζελογεννήτριες, γεγονός που επιτρέπει στο διαχειριστή του συστήματος να επιλέγει τη γεννήτρια που θα λειτουργήσει κι έτσι να ελαχιστοποιείται η κατανάλωση καυσίμου και να μεγιστοποιούνται τα οφέλη απ'τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α/Γ.
- Τα μεγάλα φορτία που αντιπροσωπεύουν 100 και πλέον οικίες είναι πολύ πιο ομαλά απ'ότι σε μία μόνο οικία.
- Όταν υπάρχουν Α/Γ που βρίσκονται σε διαφορετικές τοπολογίες (στο ίδιο σύστημα), κι έχουν φυσικά διαφορετικό αιολικό δυναμικό, είναι πιο ομαλή η παραγωγή ηλ. ενέργειας όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των Α/Γ.
- Όταν υπάρχουν πολλές Α/Γ και ντιζελογεννήτριες μπορεί να γίνει πιο εύκολα η αντικατάσταση μερικών καθώς και η τοποθέτηση νέων χωρίς να διακοπεί η τροφοδοσία των φορτίων.

Η πρώτη προσέγγιση σ'ένα αυτόνομο υβριδικό σύστημα Α/Γ-ντιζελογεννήτριας έγινε από τον Murray Sommerville. Δημιούργησε τρία συστήματα σε νησιά της Αγγλίας και της Ιρλανδίας. Τα τρία συστήματα έχουν μικρές διαφορές αλλά στηρίζονται σε κάποιες βασικές αρχές (Lipman, 1994):

- Βασική προτεραιότητα, το φορτίο να είναι υψηλής ποιότητας για οικιακή χρήση (φωτισμός, ηλ.εξοπλισμός) (φορτίο 1)
- Φορτίο 2 χαμηλότερης ποιότητας (θέρμανση νερού)
- Φορτίο 3 το οποίο είναι συνήθως περισσευούμενη ενέργεια (dump load) και χρησιμοποιείται για θέρμανση νερού πισίνας κλπ.

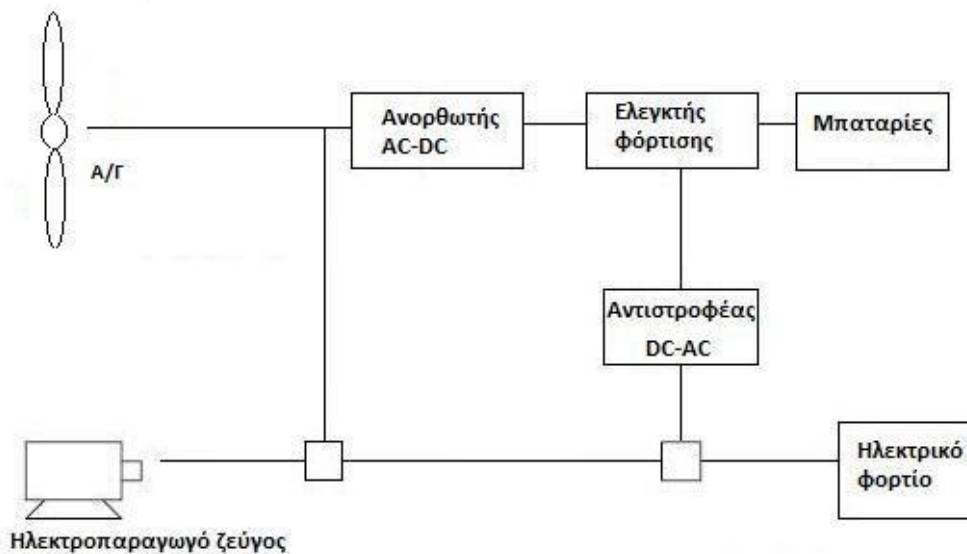
Τα φορτία 2 και 3 τροφοδοτούνται σπάνια, μέσω ενός διακόπτη ευαισθησίας συχνότητας. Αυτοί οι διακόπτες εγκαθίστανται σε κάθε σπίτι και λειτουργούν σε διαφορετικό κατώφλι (όταν δηλαδή υπάρχει συγκεκριμένη απόκλιση από τη συχνότητα ενεργοποιείται η τροφοδότησή τους ή διακόπτεται, ανάλογα με τις ανάγκες ρύθμισης). Η Α/Γ είναι ισχύος επαρκούς ώστε να καλύπτει το φορτίο της πρώτης προτεραιότητας. Τα φορτία 2 και 3 λαμβάνουν το πλεόνασμα της ενέργειας, ενώ οι ντιζελογεννήτριες τίθενται εκτός λειτουργίας. Η Α/Γ επιταχύνει ή επιβραδύνει αναλόγως με τη ταχύτητα του ανέμου ενώ οι διακόπτες συχνότητας κατανέμουν την ισχύ στα φορτία. Εάν η ισχύς του ανέμου είναι σε αρκετά χαμηλά επίπεδα, εκκινεί η ντιζελογεννήτρια ώστε να καλύψει το φορτίο 1. Η τιμολογιακή δομή, που έχει υιοθετηθεί, ευνοεί τη παραγωγή ηλ. ενέργειας απ'την Α/Γ. Το τιμολόγιο για το σύστημα του Lundy ήταν 7 λεπτά,3 και 2, για ντίζελ, Α/Γ προτεραιότητας 1 και Α/Γ προτεραιότητας 2 αντίστοιχα. Τα τρία συστήματα λειτούργησαν άριστα ενώ η Α/Γ παρήγαγε περισσότερο απ'το 75% του φορτίου.

Συστήματα που χρησιμοποίησαν μπαταρίες κατασκευάστηκαν το 1987 στο πανεπιστήμιο Chalmers (Σουηδία) και στο σταθμό δοκιμών Riso. Ο Gunther Gamer έδωσε ένα σχηματικό διάγραμμα από ένα τέτοιο μοντέλο. Αυτό περιείχε μια ντιζελογεννήτρια 72 kW, δύο A/Γ 30kW, μπαταρίες και inverter 120 kW. Οι μπαταρίες είχαν δύο σκοπούς:

- Να προσφέρουν κάλυψη στις A/Γ όταν οι ντιζελογεννήτριες ήταν εκτός λειτουργίας.
- Να προσφέρουν κάλυψη στις A/Γ όταν οι ντιζελογεννήτριες λειτουργούν στην ονομαστική τους ισχύ αλλά κάποια κορυφή στο φορτίο ξεπερνά αυτήν την ισχύ.

2.5.3.2 Περιγραφή συστήματος

Το σχηματικό διάγραμμα ενός υβριδικού συστήματος A/Γ-ντιζελογεννητριών δίνεται στο Σχήμα 2.6. Αποτελείται από A/Γ, ντιζελογεννήτρια, converter και μπαταρίες. Η λειτουργία του συστήματος είναι η εξής: Σε φυσιολογικές συνθήκες η A/Γ καλύπτει το φορτίο. Η πλεονάζουσα ενέργεια, (πάνω απ'τη μέση ωριαία-ημερήσια ζήτηση), αν υπάρχει, φορτίζει τις μπαταρίες μέχρι να φορτιστούν πλήρως. Ο σκοπός της εισαγωγής των μπαταριών είναι να δίνουν ή να αποθηκεύουν ενέργεια ανάλογα με τη κατάσταση. Σε περίπτωση αυτόνομης λειτουργίας κατά την οποία οι μπαταρίες φορτιστούν πλήρως και η A/Γ συνεχίζει να λειτουργεί, η ενέργεια που παράγεται, χάνεται (excess electricity). Αν αντίθετα το σύστημα είναι διασυνδεδεμένο με το δίκτυο, η επιπλέον ενέργεια διοχετεύεται σε αυτό. Η ντιζελογεννήτρια (diesel backup system) εκκινεί σε περιπτώσεις που οι μπαταρίες είναι άδειες και το αιολικό δυναμικό εκείνη τη στιγμή αδυνατεί να καλύψει το φορτίο (Elhadidy, 2004).



2.6. Σχήμα τοπολογίας συστήματος A/Γ-H/Z

2.6 Εμπειρία εφαρμογής Υβριδικών Συστημάτων (κόσμος)

2.6.1. Νησί Utsira

Το νησί Utsira βρίσκεται 20 km από τις δυτικές ακτές της Νορβηγίας, έχει έκταση 6.2 km² και, με βάση την απογραφή του 2008, πληθυσμό 235 κατοίκους. Η περιοχή έχει εξαιρετικό αιολικό δυναμικό και το φορτίο του νησιού είναι μικρό αλλά εμφανίζει σημαντική διακύμανση. Κατά τη διάρκεια του έτους 2006 η αιχμή του φορτίου ήταν 900 kW και η συνολική ζήτηση ενέργειας 3,5 GWh.

Κατά τη διάρκεια των ετών 2003 και 2004 κατασκευάστηκε στο συγκεκριμένο νησί το πρώτο παγκοσμίως υβριδικό σύστημα αιολικής ισχύος και υδρογόνου πλήρους κλίμακας, σύστημα το οποίο αποτέλεσε αρχικώς ένα έργο έρευνας και ανάπτυξης. Ο βασικός στόχος του είναι να εξετάσει εάν η αιολική ισχύς σε συνδυασμό με το υδρογόνο μπορούν να αποτελέσουν μία αξιόπιστη ενεργειακή λύση για απομακρυσμένες περιοχές. Η επιλογή του νησιού έγινε λόγω του υψηλού αιολικού του δυναμικού (η μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου υπερβαίνει τα 10 m/s) και της διασύνδεσης με την ενδοχώρα μέσω ενός υποθαλάσσιου καλωδίου 1 MW, στοιχείο που εξασφαλίζει εφεδρεία.

Για τη διασφάλιση της αυτονομίας απαιτείται ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας, το οποίο στο συγκεκριμένο σύστημα στηρίζεται στη χρήση του υδρογόνου. Η περίσσεια αιολικής ισχύος χρησιμοποιείται για την παραγωγή υδρογόνου με τη βοήθεια ηλεκτρολύτη το

οποίο και αποθηκεύεται. Όταν η αιολική παραγωγή δε μπορεί να καλύψει τη ζήτηση το υδρογόνο χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση μίας γεννήτριας καύσης υδρογόνου καθώς και μίας κυψέλης καυσίμου. Επίσης, χρησιμοποιούνται μπαταρίες και ένας σφόνδυλος ως επιπλέον μέσα αποθήκευσης. Τα στοιχεία του υβριδικού συστήματος του νησιού φαίνονται στον Πίνακα 2.1.

Πίνακας 2.1 Τα στοιχεία του υβριδικού συστήματος του νησιού Utsira. (Πηγή: Βρεττός, 2010)

Στοιχεία Συστήματος	Χαρακτηριστικά Μεγέθη
2 Ανεμογεννήτριες	600 kW
Συστοιχία μπαταριών	35 kWh
1 Σφόνδυλος	5 kWh, 200 kW _{max}
1 Σύγχρονη Μηχανή	100 kVA
1 Ηλεκτρολύτης	10 Nm ³ /h 48 kW
1 Συμπιεστής	11 Nm ³ /h 5,5 kW
1 Μονάδα Αποθήκευσης Υδρογόνου	12 m ³ υπό πίεση 200 bar → 2400 Nm ³
1 Μηχανή Εσωτερικής Καύσης Υδρογόνου	55 kW
1 Κυψέλη Καυσίμου	10kW

Μέχρι το έτος 2008 στο έργο επίδειξης του νησιού συμμετείχαν δέκα κατοικίες με συνολική αιχμή περίπου 50 kW και ετήσια κατανάλωση ενέργειας περίπου 200 MWh/έτος. Το υβριδικό σύστημα σχεδιάστηκε για να μπορεί να καλύπτει πλήρως τις ανάγκες αυτών των κατοικιών, ενώ περίσσεια ενέργειας που δεν μπορεί να αξιοποιηθεί ούτε από το σύστημα αποθήκευσης πωλείται στην αγορά. Μάλιστα, η παραγόμενη ισχύς από τη μία εκ των δύο ανεμογεννητριών προορίζεται μόνο για πώληση και όχι για χρήση από το υβριδικό σύστημα.

Τα πιο σημαντικά επιτεύγματα κατά το πρώτο έτος της λειτουργίας ήταν:

- Πάνω από έξι μήνες σε αυτόνομη λειτουργία.
- Διαθεσιμότητα κοντά στο 100% .
- Πολύ καλή λειτουργικότητα.

- Πολύ καλή ποιότητα ισχύος, ευχαριστημένοι οι κάτοικοι της κοινότητας.
- Κανένα ατύχημα.
- Συνεισφορά στις τοπικές δραστηριότητες και στον τουρισμό.

Η μεγαλύτερη καινοτομία αυτού του έργου είναι ο τρόπος που όλα τα επιμέρους στοιχεία του συνεργάζονται μεταξύ τους εξασφαλίζοντας εύρυθμη λειτουργία. Οι μεγαλύτερες προκλήσεις ήταν ο μεγάλος αριθμός διατάξεων του συστήματος, ο έλεγχος του μικροδικτύου όταν η μεγάλη αιολική παραγωγή συμπίπτει με χαμηλή ζήτηση και η παράλληλη λειτουργία της κυψέλης καυσίμου και της μηχανής εσωτερικής καύσης υδρογόνου. Οι αποκλίσεις τάσης και συχνότητας ήταν αναπόφευκτες τουλάχιστον στην αρχή της λειτουργίας του συστήματος. Το έργο στο Utsira έδειξε ότι σε ανάλογα εγχειρήματα πρέπει να ληφθούν υπόψη προβλήματα αρμονικών και συντονισμού που μπορεί να οφείλονται στην παροχή ισχύος από την κυψέλη καυσίμου (Βρεττός, 2010).

2.6.2. Νησί King

Το νησί King είναι ένα από τα κατοικημένα νησιά που βρίσκονται στον πορθμό Bass μεταξύ Αυστραλίας και Τασμανίας. Έχει έκταση 1098 km² και πληθυσμό 1.723 κατοίκους, σύμφωνα με την απογραφή του Ιουνίου του 2007. Το φορτίο του νησιού είναι σχετικά μεγάλο με ελάχιστη τιμή 1,2 MW και τιμή αιχμής 3,3 MW, η οποία παρατηρείται κατά τους κρύους χειμερινούς μήνες.

Το νησί δεν είναι διασυνδεδεμένο ούτε με την Αυστραλία ούτε με την Τασμανία και μέχρι πρόσφατα η ηλεκτρική ισχύς παραγόταν στο νησί αποκλειστικά από ντιζελογεννήτριες. Ωστόσο, σήμερα η αιολική ισχύς συνεισφέρει ένα σημαντικό ποσοστό της ετήσιας ζήτησης ενέργειας. Η αιολική ισχύς εμφανίζεται ανταγωνιστική οικονομικά και αναδεικνύεται σε σημαντική πηγή ενέργειας του νησιού λόγω του εξαιρετικού αιολικού δυναμικού (μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου στο ύψος της πλήμνης 9,2 m/s). Ο υβριδικός σταθμός παραγωγής ενέργειας στο ξεκίνησε να κατασκευάζεται το 1998 με σκοπό τη συνέργεια ανεμογεννητριών, φωτοβολταϊκών συστημάτων, γεννητριών και συσσωρευτών. Σήμερα ο σταθμός διαθέτει τα στοιχεία, όπως φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2.2 Τα στοιχεία του υβριδικού συστήματος του νησιού King. (Πηγή: Βρεττός, 2010)

Στοιχεία Συστήματος	Χαρακτηριστικά Μεγέθη
5 Ανεμογεννήτριες	3x250 kW, 2x850 kW
6 Φ/Β συστήματα	100 kW σύνολο
4 Ντιζελογεννήτριες	3x1.600 kW, 1x1.200 kW
Συστοιχία μπαταριών VRB	800 kWh
Σύστημα ελέγχου συχνότητας με ωμικό φορτίο	Τρεις αντιστάτες ονομαστικής ισχύος 500 kW ο καθένας

Η διείσδυση αιολικής ενέργειας μετά το 1998 (μέχρι τότε ήταν εγκατεστημένες 3 ανεμογεννήτριες ονομαστικής ισχύος 250 kW έκαστη) και πριν το 2003, όπου και προστέθηκαν άλλες 2 ανεμογεννήτριες ονομαστικής ισχύος 850 kW έκαστη, έφτασε το 13% και αυτό είχε ως αποτέλεσμα 16% λιγότερη ετήσια κατανάλωση καυσίμου, κάτι που μεταφράζεται σε μείωση της κατανάλωσης καυσίμου κατά 590 λίτρα ετησίως. Επιπλέον, κατά το έτος 1999 μετρήθηκε ότι οι ολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ελαττώθηκαν κατά 2.000 τόνους ετησίως.

Μετά το 2003, με την επέκταση του αιολικού πάρκου και την ενσωμάτωση του συστήματος αποθήκευσης ενέργειας VRB (Vanadium Redox Battery), παρατηρήθηκε αύξηση της μέσης διείσδυσης ΑΠΕ, η οποία το 2005 έφτασε το 33%. Επιπλέον, το σύστημα αποθήκευσης εξομάλυνε την τάση εξόδου του αιολικού πάρκου αποθηκεύοντας την περίσσεια ενέργειας και παρέχοντας την στο σύστημα όταν αυτή χρειαζόταν. Κατ' αυτόν τον τρόπο, παρέχεται εγγυημένη ισχύς που προέρχεται από αιολική παραγωγή δηλαδή όταν παρατηρηθεί μείωση της αιολικής ισχύος, αντί να ξεκινήσει η δεύτερη ντιζελογεννήτρια δίνεται σήμα στη μονάδα αποθήκευσης να παρέχει στο σύστημα την υπολειπόμενη ενέργεια. Ο αντιστροφείας του συστήματος αποθήκευσης έχει δυνατότητα ρύθμισης τάσης και συχνότητας και επιτρέπει τη βέλτιστη λειτουργία του υβριδικού συστήματος.

Το σύστημα ελέγχου που εγκαταστάθηκε το 2008 περιλαμβάνει ένα ωμικό φορτίο μεγάλης τιμής το οποίο μπορεί να μεταβάλλεται γρήγορα ώστε να απορροφά την περίσσεια αιολικής ισχύος, η οποία σε διαφορετική περίπτωση θα απορριπτόταν επιβραδύνοντας τις ανεμογεννήτριες. Έτσι, δε μειώνεται η παραγωγή των ανεμογεννητριών και η περίσσεια ισχύος μετατρέπεται στην ουσία σε στρεφόμενη εφεδρεία, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί συμπληρωματικά προς την συμβατική παραγωγή. Με αυτόν τον τρόπο, το ωμικό φορτίο διατηρεί ισορροπία μεταξύ παραγωγής και ζήτησης και συμβάλει στη διατήρηση σταθερής

συχνότητας στο μικροδίκτυο. Ακόμα, το σύστημα ελέγχου θα επιτρέπει τη φόρτιση των ντιζελογεννητριών στο τεχνικό τους ελάχιστο όποτε το φορτίο του νησιού είναι μικρότερο από το συνδυασμό αιολικής και ηλιακής παραγωγής, συμβάλλοντας στην περαιτέρω μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Εκτιμάται ότι η λειτουργία του συστήματος ελέγχου θα αυξήσει τη διείσδυση ΑΠΕ σε ποσοστό 45% (Βρεττός, 2010).

2.6.3. Κοινότητα Wales στην Αλάσκα

Η κοινότητα Wales των 160 κατοίκων περίπου βρίσκεται στο δυτικότερο άκρο της χερσονήσου Seward στην Αλάσκα, περίπου 180 μίλια νοτιοδυτικά από το Kotzebue, και βρέχεται από το Βερίγγειο Πορθμό. Το μέσο ηλεκτρικό φορτίο της κοινότητας είναι περίπου 70 kW, το φορτίο αιχμής περίπου 140 kW, ενώ επιπλέον υπάρχουν σημαντικά θερμικά φορτία για θέρμανση κτιρίων και νερού.

Το 1995 η Αρχή Ενέργειας της Αλάσκα, ο ηλεκτρικός οργανισμός του Kotzebue, ο ηλεκτρικός συνεταιρισμός των κοινοτήτων της Αλάσκα και το Εθνικό Εργαστήριο ΑΠΕ (NREL) συνεργάστηκαν με σκοπό τη δημιουργία ενός υβριδικού συστήματος που συνδυάζει ντιζελογεννήτριες και ανεμογεννήτριες στην κοινότητα. Διάφορα εμπόδια αντιμετωπίστηκαν κατά τα έτη 1996-1999 καθυστερώντας την εγκατάσταση του συστήματος αρκετά χρόνια. Η δοκιμαστική λειτουργία του συστήματος ελέγχου ολοκληρώθηκε την άνοιξη του 2000 στο Εθνικό Κέντρο Αιολικής Τεχνολογίας (NWTC) του NREL. Οι ανεμογεννήτριες, οι πίνακες ελέγχου και ο βοηθητικός εξοπλισμός εγκαταστάθηκαν το καλοκαίρι του 2000. Το υβριδικό σύστημα ξεκίνησε τη μερική λειτουργία του τον Οκτώβριο του 2000, ωστόσο η επιτυχής επίδειξη όλων των καταστάσεων λειτουργίας πραγματοποιήθηκε το φθινόπωρο του 2001.

Το υβριδικό σύστημα, που ξεκίνησε πλήρως την λειτουργία του το Μάρτιο του 2002, συνδυάζει συμβατική παραγωγή, ανεμογεννήτριες, αποθήκευση ενέργειας, μετατροπείς ισχύος καθώς και διάφορες διατάξεις ελέγχου. Τα στοιχεία του συστήματος στον πίνακα 2.3. Ο βασικός στόχος του συστήματος ήταν η ικανοποίηση της ζήτησης της κοινότητας διατηρώντας υψηλή ποιότητα ισχύος και παράλληλα η ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης καυσίμου και του χρόνου λειτουργίας των μονάδων diesel. Επιπλέον, το σύστημα διοχετεύει την περίσσεια αιολικής ισχύος σε διάφορα θερμικά φορτία της κοινότητας εξοικονομώντας με αυτόν τον τρόπο καύσιμα θέρμανσης.

Πίνακας 2.3 Τα στοιχεία του υβριδικού συστήματος της κοινότητας Wales. (Πηγή: Βρεττός, 2010)

Στοιχεία Συστήματος

Χαρακτηριστικά Μεγέθη

2	Ανεμογεννήτριες	65 kW
3	Ντιζελογεννήτριες	2x168 kW, 1x75 kW
1	Ελεγκτής Τοπικού	89 kW
	Ελεγχόμενου Φορτίου	
1	Ελεγκτής Απομακρυσμένου	144 kW
	Ελεγχόμενου Φορτίου	
1	Περιστροφικός Μετατροπέας	156 kVA
	Συστοιχία μπαταριών	1.2 VDC
		130 Ah
		31.2 kWh
1	Βοηθητικός Φορτιστής	30 A
	Μπαταριών	300 VDC

Δυστυχώς, υπάρχουν περιορισμένα δεδομένα από τη συμπεριφορά του συστήματος σε όλες τις δυνατές καταστάσεις λειτουργίας. Ωστόσο, τον Αύγουστο του 2002 πραγματοποιήθηκε μία περίοδος δοκιμών διάρκειας 18 ημερών σύμφωνα με την οποία το σύστημα λειτούργησε με σβηστές τις ντιζελογεννήτριες για το 20% του χρόνου. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό αν αναλογιστεί κανείς ότι ο Αύγουστος είναι ένας από τους μήνες με την μικρότερη μέση ταχύτητα ανέμου στο Wales. Κατά τη διάρκεια της περιόδου δοκιμών οι ανεμογεννήτριες κάλυψαν το 41% της ζήτησης, ενώ το υπόλοιπο φορτίο καλύφθηκε από τη συμβατική παραγωγή. Παράλληλα, οι ανεμογεννήτριες παρείχαν 10.000 kWh ηλεκτρικής ενέργειας στα θερμικά φορτία του συστήματος εξοικονομώντας κατ' εκτίμηση 450 λίτρα καυσίμου θέρμανσης. Τα αποτελέσματα από την περίοδο δοκιμών διαφέρουν αρκετά από τα αποτελέσματα των αρχικών προσομοιώσεων. Σύμφωνα με τα τελευταία, η μέση διείσδυση της αιολικής ισχύος θα ήταν περίπου 70%, η μείωση της κατανάλωσης καυσίμου θα ήταν 45% και ο χρόνος λειτουργίας των μονάδων diesel θα μειωνόταν κατά 25%. Επιπλέον, στο διάστημα δοκιμών, ο συντελεστής χρησιμοποίησης των δύο ανεμογεννητριών ήταν 0,382 και 0,377 (Βρεττός, 2010).

2.6.4 Νησί Samsø

Το νησί Samsø βρίσκεται στον κόλπο Kattegat στη Βόρεια Θάλασσα, δεκαπέντε χιλιόμετρα από τη χερσόνησο της Γιουτλάνδης και ανήκει στη Δανία. Ο πληθυσμός του νησιού το έτος 2009 ανέρχεται σε 4.300 κατοίκους περίπου, η έκτασή του είναι 114 km², ενώ ετήσια κατανάλωση ενέργειας το 1997 ανερχόταν σε 29.000 MWh.

Το 1997 το Samsø κέρδισε το διαγωνισμό του υπουργείου ενέργειας της Δανίας για τη δημιουργία ενός ενεργειακά αυτόνομου και «πράσινου» νησιού. Ο στόχος του προγράμματος ήταν να επιτευχθεί κάλυψη του 100% των ενεργειακών αναγκών του νησιού από ΑΠΕ μέσα σε μία δεκαετία, γεγονός που αποτελεί παγκόσμια καινοτομία καθώς δεν έχει προηγηθεί ανάλογο έργο στο παρελθόν. Για την επίτευξη αυτού του φιλόδοξου στόχου οι ενέργειες που έπρεπε να γίνουν δεν αφορούσαν μόνο τον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά γενικότερα το ενεργειακό προφίλ του νησιού. Εξοικονόμηση ενέργειας και αύξηση του βαθμού απόδοσης στο ηλεκτρικό σύστημα, το σύστημα θέρμανσης και τον τομέα των μεταφορών, επέκταση του δικτύου τηλεθέρμανσης (district heating) σε συνδυασμό με τη χρησιμοποίηση των τοπικών αποθεμάτων βιομάζας, επέκταση των αυτόνομων συστημάτων θέρμανσης με χρήση αντλιών θερμότητας, ηλιακών συλλεκτών, εγκαταστάσεων βιομάζας και κατασκευή onshore και offshore αιολικών πάρκων ήταν κάποιες από τις ενέργειες που έπρεπε να γίνουν.

Το Samsø είναι διασυνδεδεμένο με τη χερσόνησο της Γιουτλάνδης μέσω υποθαλάσσιου καλωδίου. Για να εξασφαλίζεται η ενεργειακή αυτονομία του νησιού ήταν απαραίτητη εγκατεστημένη ισχύς αιολικών μεγέθους 11 MW. Οι έντεκα Α/Γ ισχύος 1 MW έκαστη τοποθετήθηκαν σε τρεις ομάδες και το ύψος της πλήμνης τους είναι 77 μέτρα. Ο μόνος κατασκευαστής που παρήγαγε ανεμογεννήτριες αυτής της ισχύος και με τέτοιο ύψος πλήμνης ήταν η εταιρία Bonus. Η πρώτη ανεμογεννήτρια εγκαταστάθηκε το 2000, ενώ το συνολικό κόστος επένδυσης ανήλθε σε 8.8 εκατ. ευρώ. Επιπλέον, για την αποζημίωση των εκπομπών CO₂ του τομέα των μεταφορών εγκαταστάθηκαν δέκα offshore Α/Γ ισχύος 2,3 MW έκαστη στα νότια του νησιού με συνολικό κόστος επένδυσης 33.3 εκατ. ευρώ.. Συνολικά, το πρόγραμμα μετατροπής του Samsø σε πράσινο νησί πρέπει να θεωρηθεί σχεδόν απόλυτα επιτυχές, καθώς ικανοποίησε τους περισσότερους από τους στόχους που είχαν τεθεί. Ο πρωταρχικός στόχος της 100% ενεργειακής αυτονομίας με τη χρήση ΑΠΕ επιτεύχθηκε σε οχτώ χρόνια, δηλαδή δύο χρόνια νωρίτερα από το προγραμματισμένο. Επίτευγμα επίσης αποτελεί η κατασκευή τριών νέων εγκαταστάσεων district heating καθώς και δέκα offshore και έντεκα onshore ανεμογεννητριών. Αντίθετα, στον τομέα των μεταφορών και στο στόχο για αλλαγές στις καταναλωτική συμπεριφορά της τοπικής κοινωνίας, το πρόγραμμα σημείωσε λιγότερη επιτυχία (Βρεττός, 2010).

2.6.5. Νησί St. Paul στην Αλάσκα

Το νησί αυτό βρίσκεται στη μέση της Βερίγγειου θάλασσας, όπου χρησιμοποιούνται ανεμογεννήτριες για να καλύψουν τις ανάγκες του υπό κατασκευή αεροδρομίου καθώς και διαφόρων βιομηχανικών εγκαταστάσεων. Συγκεκριμένα, μία Vestas 225 kW εγκαταστάθηκε εκεί το 1997, ενώ δύο ακόμα εγκαταστάθηκαν εκεί το 2007 για δημοτική επέκταση. Το

τρέχον μέσο φορτίο είναι 65 kW (ηλεκτρικό) και 35 kW (θερμικό), ενώ το φορτίο αιχμής είναι περίπου 200 kW. Η απορριπτόμενη ενέργεια χρησιμοποιείται για θέρμανση. Ανήκει και λειτουργεί από την Tanadgusix Corporation (TDX) Power. Έτσι, από το 2003 και μετά το 54,8% της ηλεκτρικής και της θερμικής ενέργειας προέρχεται από την αιολική ενέργεια. (National Renewable Energy Laboratory)

2.6.6. Χωριό Lime στην Αλάσκα

Το χωριό αυτό αποτελεί μία μικρή κοινότητα στην κεντρική Αλάσκα και χρησιμοποιεί το υβριδικό σύστημα Φ/Β-ντιζελογεννήτριας για ένα project στο εθνικό εργαστήριο Φ/Β Sandia. Το μέσο μέγιστο καθημερινό φορτίο είναι 15 kW και βρίσκεται υπό παρακολούθηση για την αξιολόγηση των οικονομικών και λειτουργικών του χαρακτηριστικών. (National Renewable Energy Laboratory)

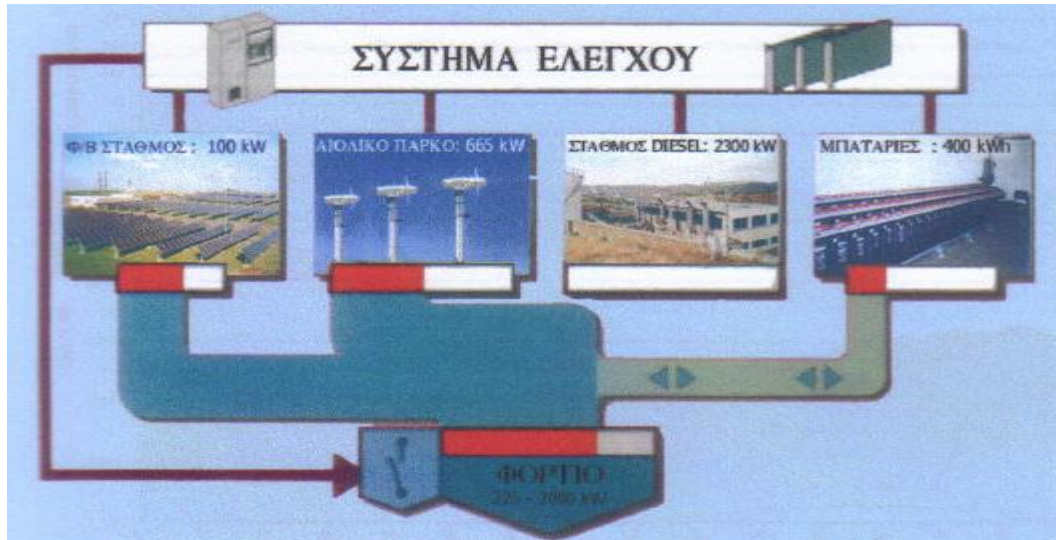
2.7 Η Ελληνική Εμπειρία

Οι προσπάθειες ευρύτερης αξιοποίησης των ΑΠΕ και ιδιαίτερα της αιολικής ενέργειας, στα αυτόνομα δίκτυα των νησιών, παρά το γεγονός του θαυμάσιου αιολικού δυναμικού που επικρατεί στην περιοχή του Αιγαίου, δεν είχαν μέχρι σήμερα τα επιθυμητά αποτελέσματα, διότι από την αρχή της εγκατάστασης τους έγινε προσπάθεια προσαρμογής της λειτουργίας των Α/Γ στις ιδιαιτερότητες των πετρελαϊκών μονάδων. Έτσι, οι Α/Γ έπαιζαν βοηθητικό ρόλο με συνέπεια η οικονομικά αποδοτική διείσδυση των παραδοσιακών Α/Γ στα νησιά, οι οποίες χρησιμοποιούν ασύγχρονες γεννήτριες σταθερών στροφών, μέχρι σήμερα να μένει σε ποσοστά κάτω του 10%.

Αυτό συμβαίνει διότι οι Α/Γ αυτές είναι ανελαστικές στη λειτουργία τους και λόγω των στιγμιαίων διακυμάνσεων της ισχύος τους δυσχεραίνουν σε μεγάλο βαθμό την συνεργασία τους με τα αυτόνομα δίκτυα ιδιαίτερα τις περιόδους μειωμένης ζήτησης. Επιπλέον, η εγκατάσταση παραδοσιακών Α/Γ μεγάλου σχετικά μεγέθους από ιδιώτες επενδυτές στα νησιά επιδεινώνει ακόμη περισσότερο την συνεργασία τους με τα αυτόνομα δίκτυα λόγω των σχετικά αυξημένων στιγμιαίων διακυμάνσεων της ισχύος τους, και έχει σαν συνέπεια να κάνει τη λειτουργία των πετρελαϊκών μονάδων ακόμη πιο αντιοικονομική. Από τεχνικής πλευράς όλα δείχνουν ότι οι πετρελαϊκές μονάδες έχουν εξαντλήσει τα περιθώρια και τις δυνατότητες οικονομικότερης παροχής Η/Ε στα αυτόνομα δίκτυα.

Η εξήγηση είναι απλή και βρίσκεται στο γεγονός του χαμηλού βαθμού απόδοσης της μεθόδου μετατροπής της χημικής ενέργειας του καυσίμου σε Η/Ε και των άλλων δυσχερειών που προαναφέρθηκαν. Αυτός είναι εξάλλου και ο λόγος που οι πετρελαϊκοί σταθμοί με τα σημερινά δεδομένα δεν αποσβένονται ποτέ. Κατά συνέπεια κάθε προσπάθεια βελτίωσης της συνεργασίας των Α/Γ με τις πετρελαϊκές μονάδες ή προσαρμογής της λειτουργίας τους σε

αυτές με διατήρηση του κυρίαρχου ρόλου των πετρελαϊκών μονάδων στα αυτόνομα συστήματα των νησιών δεν θα είχε επιτυχία. Έπρεπε λοιπόν να αναζητηθούν άλλες μεθόδους ριζικής αντιμετώπισης της ανορθόδοξης και ενεργοβόρου αυτής εξέλιξης (Μπέτζιος, 2001).

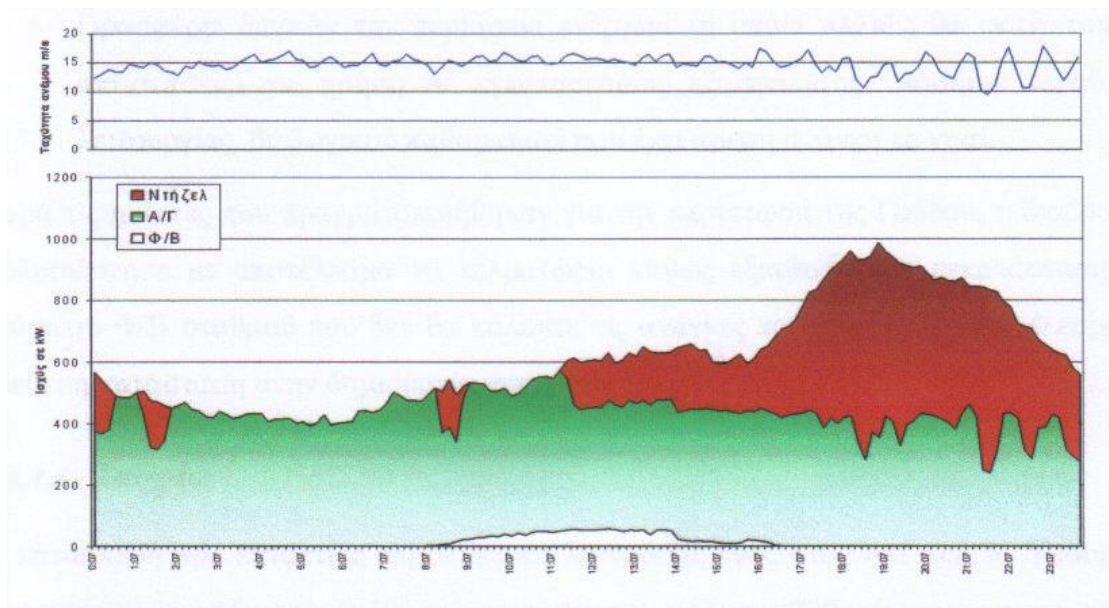


Σχήμα 2.7. Σχηματική παράσταση λειτουργίας του υβριδικού συστήματος της Κύθνου με κάλυψη των αναγκών του νησιού 100 % από ΑΠΕ. (Πετρελαϊκές μονάδες εκτός λειτουργίας)

2.7.1 Κύθνος

Σαν κατάλληλο νησί για την εγκατάσταση του πρώτου πρωτοποριακού υβριδικού συστήματος στην Ελλάδα επιλέχθηκε το 1992 η Κύθνος, που ήταν και το πρώτο νησί εφαρμογής των συστημάτων ΑΠΕ στη χώρα μας. Η ενέργεια αυτή ήταν η δεύτερη κατά σειρά ύστερα από μια ανεπιτυχή προσπάθεια το 1989 για εγκατάσταση ενός υβριδικού συστήματος στα Αντικύθηρα. Στην Κύθνο λειτουργούσαν μέχρι τον Νοέμβριο του 1999 ο πετρελαϊκός σταθμός με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 2.120 kW, ο Φ/Β σταθμός ισχύος 100 kWp και το Α/Π ισχύος 165 kW. Η μέση ετήσια διείσδυση των ΑΠΕ ήταν μέχρι τότε κάτω από 10% και το φορτίο του νησιού κυμαινόταν μεταξύ 250 kW και 450 kW περίπου τη χειμερινή περίοδο ενώ το μέγιστο έφτανε τα 1.850 kW τη θερινή περίοδο. Για λόγους ευστάθειας του δικτύου όταν το φορτίο ήταν χαμηλό οι χειριστές του σταθμού ήταν αναγκασμένοι να διακόπτουν την λειτουργία μερικών και πολλές φορές όλων των Α/Γ. Για την αντιμετώπιση λοιπόν της κατάστασης αυτής και την αύξηση της οικονομικά αποδοτικής διείσδυσης των ΑΠΕ σχεδιάστηκε, εγκαταστάθηκε και τέθηκε σε πλήρη λειτουργία τον Ιούνιο του 2000 στην Κύθνο το πρώτο υβριδικό σύστημα βέλτιστης συνεργασίας Α/Γ - Φ/Β - μπαταριών - πετρελαϊκού σταθμού.

Υπήρξε μια μεγάλη μεταβατική περίοδος μέχρι να καταφέρουν να συνεργαστούν αρμονικά οι ΑΠΕ και ο πετρελαϊκός σταθμός με αποτέλεσμα μόλις τον Σεπτέμβριο του 2000 το υβριδικό σύστημα να τεθεί σε πλήρη λειτουργία. Ιδιαίτερα όταν τα φορτία του νησιού είναι για μεγάλα χρονικά διαστήματα μικρότερα ή ίσα με τις δυνατότητες παροχής ενέργειας των ΑΠΕ και οι συνθήκες ανέμου και ηλιοφάνειας είναι ευνοϊκές, διακόπτεται η λειτουργία όλων των πετρελαϊκών μονάδων του σταθμού. Συνεπώς οι ΑΠΕ και συγκεκριμένα η αιολική ενέργεια μετατράπηκε σε ενέργεια βάσης, ενώ οι πετρελαϊκές μονάδες μετατράπηκαν σε ενέργεια αιχμής. Η διαδικασία αυτή αποκάλυψε την αξιοπιστία και τις πραγματικές δυνατότητες των υβριδικών συστημάτων σε αυτόνομα δίκτυα, ανοίγοντας τον δρόμο εφαρμογής τους και σε άλλα αυτόνομα δίκτυα νησιών (Μπέτζιος, 2001).



Σχήμα 2.8. Σύνθεση φορτίου υβριδικού συστήματος Κύθνου 7.12.2000

2.7.2. Γαύδος

Η Γαύδος μαζί με τα Αντικύθηρα ήταν τα πρώτα νησιά που κατά τη διάρκεια εγκατάστασης των αυτόνομων Φ/Β σταθμών το 1896 γεννήθηκε η ιδέα συνεργασίας Α/Γ και Φ/Β μονάδος σε ένα συνδυασμένο σύστημα που σε αντίθεση με τους αυτόνομους Φ/Β σταθμούς θα έπρεπε να έχει χαμηλές δαπάνες εγκατάστασης, να καλύπτει σε συνεχή βάση τη ζήτηση και να έχει χαμηλό κόστος παροχής. Τόσο τα Αντικύθηρα, όσο και περισσότερο η Γαύδος έχουν προταθεί επανειλημμένα από το τέλος της δεκαετίας του 1980 για την εγκατάσταση υβριδικών συστημάτων χωρίς δυστυχώς αποτέλεσμα μέχρι σήμερα. Η τελευταία πρόταση για εγκατάσταση στη Γαύδο ενός έξυπνου υβριδικού συστήματος έγινε

τον Αύγουστο του 2000. Σύμφωνα με οικονομοτεχνική προμελέτη η εγκατάσταση ενός υβριδικού συστήματος για την Γαύδο είναι η πλέον ενδεδειγμένη λύση διότι:

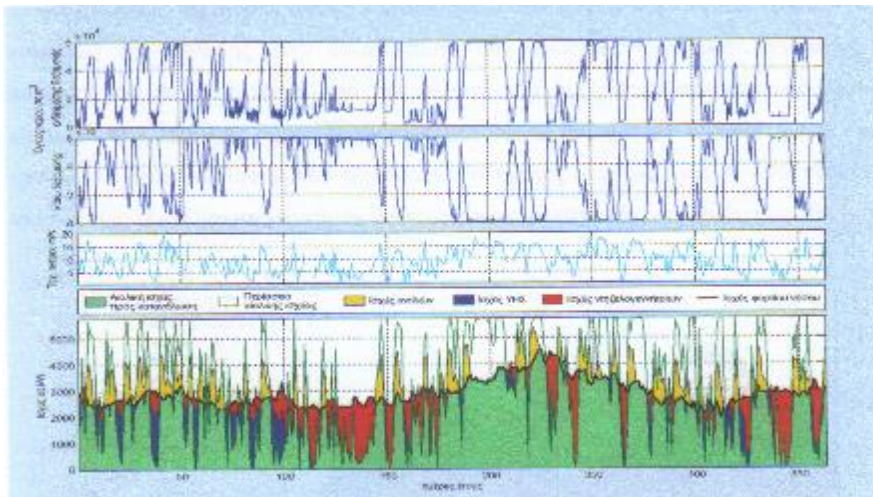
- Είναι οικονομικότερο από οποιαδήποτε άλλη λύση τόσο από πλευράς επένδυσης όσο και κυρίως από πλευράς λειτουργικού κόστους.
- Καλύπτει σε συνεχή βάση τις ανάγκες του νησιού.
- Προσφέρει δωρεάν την περίσσεια ενέργεια για χρήση σε εγκαταστάσεις εξασφάλισης πόσιμου νερού και λειτουργίας βιολογικού καθαρισμού που έχει άμεση ανάγκη το νησί.

Παρά τις μελέτες που πραγματοποιήθηκαν για την περίπτωση της Γαύδου, η διαδικασία κωλυσιέργησε με αποτέλεσμα να τελεματώσει καθώς εξετάστηκε η εγκατάσταση και δεύτερου Φ/Β σταθμού που δεν θα κάλυπτε τις ανάγκες του νησιού με αποτέλεσμα να οδεύει η κατάσταση στην δημιουργία πετρελαϊκής μονάδος (Μπέτζιος, 2001).

2.7.3. Ικαρία

Η κατασκευή προ επταετίας περίπου μιας λιμνοδεξαμενής στο νησί από το Υπουργείο Γεωργίας χωρητικότητας 1×10^6 m³ σε υψόμετρο μάλιστα 720 μέτρων και το υψηλό κόστος της παρεχόμενης από συμβατικά καύσιμα Η/Ε σε συνδυασμό με την συνολική κατανάλωση του νησιού ήταν οι βασικοί παράγοντες που συντέλεσαν στην επιλογή της Ικαρίας για μελέτη και εγκατάσταση του πρώτου υβριδικού συστήματος με κύριο χαρακτηριστικό τη μεσοπρόθεσμη αποθήκευση Η/Ε υπό μορφή δυναμικής ενέργειας του νερού. Οι ανάγκες Η/Ε του νησιού καλύπτονται σήμερα από πετρελαϊκό σταθμό συνολικής ισχύος 6.160 kW και από το Α/Π συνολικής ισχύος 385 kW. Αν και το συνολικό ποσοστό εγκατεστημένης ισχύος από Α/Γ είναι μικρό, παρατηρήθηκε ότι τις νυχτερινές ώρες της χειμερινής περιόδου η απορρόφηση της συνολικής ισχύος των Α/Γ δημιουργεί προβλήματα στις πετρελαϊκές μονάδες με αποτέλεσμα μέρος των Α/Γ να τίθεται εκτός λειτουργίας. Έτσι η διείσδυση της αιολικής ενέργειας στο σημερινό σύστημα της Ικαρίας δεν ξεπερνά το 8%.

Ωστόσο από μελέτες που πραγματοποιήθηκαν από το 1994 και από οικονομική ανάλυση ενός συστήματος που θα έχει ως βάση την παραγωγή ενέργειας από Α/Γ και την μετατροπή της σε δυναμική με την χρήση λιμνοδεξαμενών ενδιάμεσης αποθήκευσης ενέργειας, προσφέρει εγγυημένη ισχύ. Αυτό σημαίνει ότι είναι δυνατό να καταστεί περιττή η εγκατάσταση μιας εκ των δύο πετρελαϊκών μονάδων ισχύος 4 - 5,5 MW και προϋπολογιζόμενης δαπάνης 3,6 εκατομμύρια ευρώ η κάθε μια. Στην περίπτωση αυτή εξοικονομούνται σημαντικές δαπάνες επένδυσης και μειώνεται το κόστος παραγωγής της Η/Ε αποφέροντας μελλοντικά σημαντικό ετήσιο όφελος καθώς μειώνεται η τιμή της παραγόμενης kWh (Μπέτζιος, 2001).



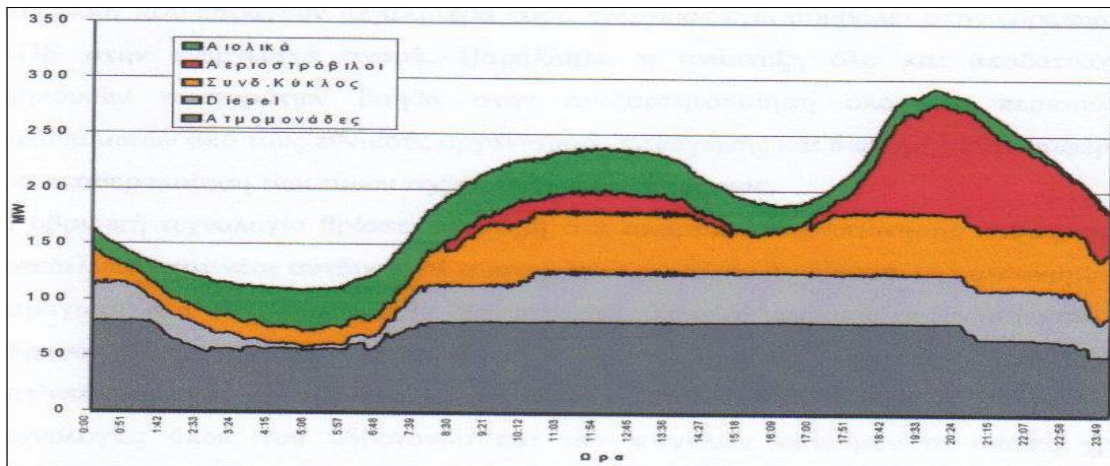
Σχήμα 2.9. Κατανομή φορτίου και ανακύκλωση του νερού στις δύο λιμνοδεξαμενές 60.000 m³ (2002)

2.7.4. Κρήτη

Πολλές μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί τα τελευταία χρόνια με σκοπό την λύση του ενεργειακού προβλήματος της Κρήτης. Το πρόβλημα είναι σύνθετο με οικονομικές, τεχνικές αλλά και πολιτικές διαστάσεις πιέζοντας κάθε μια από την πλευρά της για λύση. Αποτέλεσμα αυτών είναι να αυξάνεται δυστυχώς η ανάπτυξη νέων πετρελαϊκών σταθμών που μόνο προσωρινά δίνουν λύση στο πρόβλημα ενώ μακροχρόνια θα αποδειχθούν ασύμφορη επένδυση. Το 2000 η εγκατεστημένη από Α/Γ ισχύς έφτασε τα 67 MW στο νησί με όχι και τόσο ενθαρρυντικές προοπτικές. Ωστόσο η κατάσταση βελτιώθηκε και έτσι δόθηκε το περιθώριο στην μελέτη υβριδικών συστημάτων που θα περιλαμβάνουν την παραγόμενη από τις Α/Γ ενέργεια σε συνδυασμό με την αποθήκευση της σε λιμνοδεξαμενές με την χρήση αντλιών και την απόδοση της μέσω της κίνησης υδροστροβίλων. Η μελέτη εγκατάστασης συστημάτων αντλησιοταμιευτήρων στην Κρήτη δεν προχώρησε μέχρι τώρα κυρίως λόγω προτεραιότητας εγκατάστασης στο νησί του τρίτου πετρελαϊκού σταθμού στον Αθερινόλακο, η εγκατάσταση του οποίου κινδύνευε να ματαιωθεί αν αποδεικνύονταν ότι συστήματα αντλησιοταμιευτήρων ήταν οικονομικότερα της λύσης αυτής.

Ωστόσο μετά την αντίδραση τοπικών φορέων και κατοίκων της περιοχής στην εγκατάσταση των νέων αμοστροβίλων, αγνοείται η πολιτική που θα ακολουθηθεί για την κάλυψη των αυξημένων αναγκών του νησιού ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες. Η χρησιμότητα και τα βασικότερα πλεονεκτήματα ενός κατάλληλα διαστασιοποιημένου υβριδικού συστήματος συνδυάζοντας αιολική ενέργεια και λειτουργία αντλησιοταμιευτήρων φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.

Στην περίπτωση αυτή η χρήση ατμομονάδων, μηχανών Diesel και συνδυασμένου κύκλου παραμένουν τεχνολογία βάσης καθώς υποστηρίζουν τον μεγαλύτερο όγκο της ζήτησης, ενώ οι Α/Γ μετατρέπονται σε τεχνολογία αιχμής παράγοντας φθηνότερη ενέργεια από ότι αν χρησιμοποιούνταν τεχνολογίες συμβατικών καυσίμων. Αν τα παραγόμενα από αιολική ενέργεια MW αυξηθούν και συνδυαστούν με την χρήση αντλιοσταμειυτήρων, τότε τα ποσοστά χρήσης συμβατικών καυσίμων θα μειωθούν ενώ η αιολική ενέργεια θα καλύψει ακόμα μεγαλύτερο ποσοστό της αιχμής με εμφανές οικονομικό και περιβαλλοντικό όφελος (Μπέτζιος, 2001).



Σχήμα 2.10. Κατανομή φορτίου στο ενεργειακό σύστημα της Κρήτης την 18.01.99

ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΟΙΚΙΑΚΟΥ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται ανάλυση των ενεργειακών αναγκών της εξεταζόμενης κατοικίας και επιλέγονται κατάλληλα συστήματα παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας για την κάλυψή τους. Παράλληλα, εξετάζονται τα χαρακτηριστικά της γεωγραφικής θέσης της κατοικίας, τα οποία επηρεάζουν σημαντικά την απόδοση της παραγωγής των εξεταζόμενων μονάδων ΑΠΕ.

3.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ

Στην παρούσα παράγραφο παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά της καμπύλης φορτίου του εξεταζόμενου καταναλωτή και υπολογίζονται η συνολική ετήσια και μέση ημερήσια ζήτηση ενέργειας που πρέπει να καλυφθεί. Τα δεδομένα έχουν ληφθεί από την εργασία του Ευαγγελόπουλου (2012).

3.1.1 Καμπύλη φορτίου

Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση, οι τροφοδοτούμενες καταναλώσεις δεν λειτουργούν ποτέ όλες μαζί ή διαφορετικά είναι σπάνιο έως απίθανο οι καταναλώσεις αυτές να απορροφούν συγχρόνως την ονομαστική τους ισχύ. Για παράδειγμα, είναι σπάνιο σε μια ηλεκτρική κουζίνα να λειτουργούν ταυτόχρονα όλες οι εστίες στη μέγιστη ισχύ τους, ενώ παράλληλα να είναι σε λειτουργία και ο φούρνος, ο ανεμιστήρας κτλ (Αμοιραλής, 2010 και Ματωνάκη, 2009). Ο ετεροχρονισμός της λειτουργίας των ηλεκτρικών συσκευών λαμβάνεται υπόψη με την εφαρμογή κατάλληλων συντελεστών ετεροχρονισμού, με βάση τους οποίους μπορεί να υπολογιστεί η συνολική κατανάλωσή τους σε κάθε ώρα της ημέρας.

Για τον υπολογισμό της καμπύλης φορτίου, ακολουθείται η διαδικασία,

1. Συγκεντρώνονται και καταγράφονται τα ηλεκτρικά φορτία της οικίας.
2. Καταγράφεται η ονομαστική ισχύς του κάθε φορτίου (σε όσες περιπτώσεις είναι γνωστή από τον κατασκευαστή) ή υπολογίζεται βάσει του είδους του φορτίου.

3. Καταγράφονται οι ώρες της ημέρας κατά τις οποίες αναμένεται να λειτουργεί το φορτίο και το ποσοστό της ονομαστικής ισχύος στο οποίο θα λειτουργεί τη συγκεκριμένη ώρα. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για τυπική εργάσιμη και μη εργάσιμη μέρα χειμώνα και καλοκαιριού, έτσι ώστε να ληφθεί υπόψη η επίδραση των κλιματικών συνθηκών και των καθημερινών συνηθειών στη διακύμανση της ενεργειακής κατανάλωσης της οικίας.
4. Υπολογίζεται η ωριαία ισχύς όλων των συσκευών για τις εξεταζόμενες μέρες και εποχές του έτους, λαμβάνοντας υπόψη το ποσοστό της ονομαστικής ισχύος στην οποία λειτουργούν.
5. Αθροίζονται οι ωριαίες καταναλώσεις (ισχείς) όλων των συσκευών ώστε να προκύψει η συνολική καμπύλη φορτίου της οικίας.

3.1.1.1 Σενάριο χαμηλού φορτίου

Ο Πίνακας 3.1 περιλαμβάνει τη λίστα των συσκευών που αναμένεται να λειτουργούν στην υπό εξέταση οικία, καθώς και την ονομαστική ισχύ τους. Οι συγκεκριμένες καταναλώσεις των οικιακών συσκευών έχουν προέλθει από την επίσημη ιστοσελίδα της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού. Στο σενάριο χαμηλού φορτίου, η επιλογή των φορτίων της κατοικίας έγινε με γνώμονα τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης. Έτσι, επιλέγεται να μη χρησιμοποιηθούν οι δύο βασικές ενεργοβόρες οικιακές συσκευές όπως η ηλεκτρική κουζίνα και ο ηλεκτρικός θερμοσίφοντας. Επιπλέον, αποφεύχθηκε η χρήση ηλεκτρικής θερμάστρας, ηλεκτρικού καλοριφέρ και λαμπτήρων πυρακτώσεως. Για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης, μαγειρέματος και φωτισμού επιλέχθηκε η χρήση λιγότερο ενεργοβόρων συσκευών, όπως κουζίνα υγραερίου, ηλιακός θερμοσίφοντας, σόμπα υγραερίου (σε συνδυασμό με κατάλληλη αρχιτεκτονική του κτηρίου για άμεση εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση της οικίας) καθώς και λαμπτήρες χαμηλής κατανάλωσης.

Η διάκριση σε δύο εποχές γίνεται με βασικό κριτήριο τη σημαντική μεταβολή στην κατανάλωση λόγω της χρήσης κλιματιστικού τις μεσημβρινές κυρίως ώρες. Έτσι, θεωρείται ότι για τους 6 μήνες του έτους (από Νοέμβριο έως Απρίλιο) τα φορτία ακολουθούν τη μεταβολή των εργάσιμων και μη εργάσιμων ημερών του χειμώνα, ενώ τους υπόλοιπους μήνες (Μάιο έως Οκτώβριο) ακολουθείται η μεταβολή των εργάσιμων και μη εργάσιμων ημερών του καλοκαιριού. Περαιτέρω διάκριση σε ενδιάμεσες εποχές δεν κρίθηκε σκόπιμη, καθώς οι διαφοροποιήσεις δεν είναι σημαντικές, λόγω και των γενικότερων κλιματολογικών συνθηκών που επικρατούν στην Ελλάδα.

Η διάκριση σε εργάσιμες και μη εργάσιμες ημέρες έγινε με κριτήριο τις διαφορές στη συμπεριφορά των καταναλωτών της οικίας, η οποία αντικατοπτρίζεται στη λειτουργία διαφορετικών συσκευών σε διαφορετικές ώρες της ημέρας (π.χ. τις μη εργάσιμες ημέρες

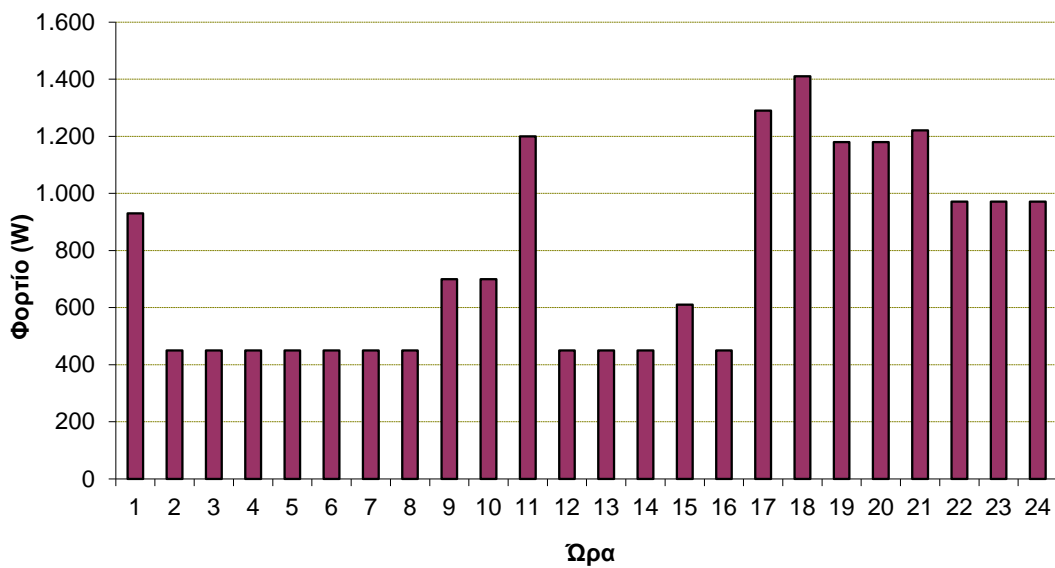
αυξάνεται η χρήση συσκευών, μετατοπίζοντας την ώρα και το επίπεδο μέγιστης κατανάλωσης ισχύος).

Πίνακας 3.1 Φορτία οικίας.

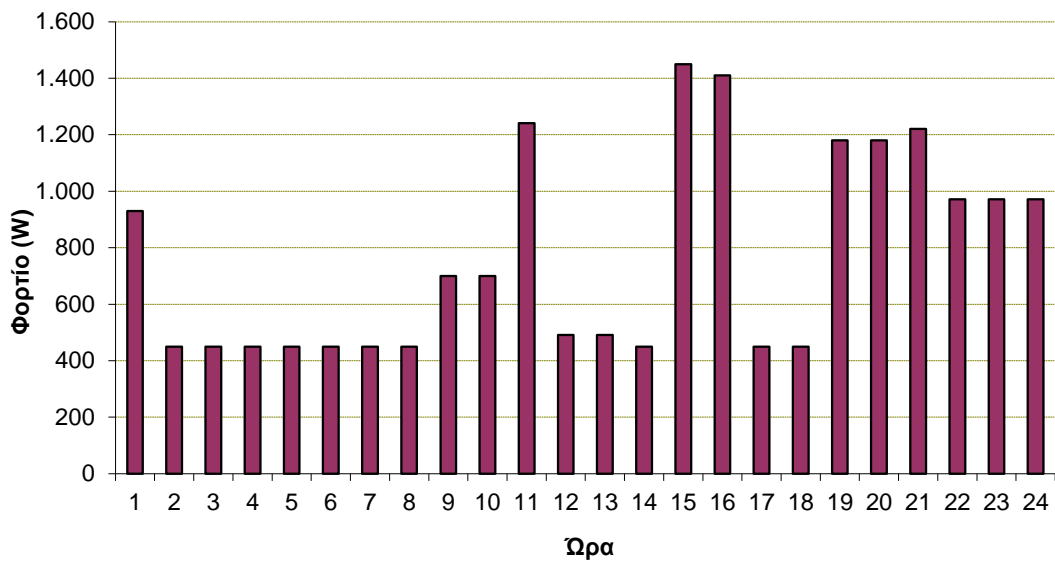
<i>Συσκευή</i>	<i>Ονομαστική Ισχύς (W)</i>
Ηλεκτρική κουζίνα	4.000
Πλυντήριο ρούχων	2.800
Πλυντήριο πιάτων	3.200
Επιτραπέζιος υπολογιστής & οθόνη	250
Ψυγείο	90
Φούρνος μικροκυμάτων	800
Φωτισμός	1.200
Τηλεόραση	41
Ηλεκτρική σκούπα	1.000
Κλιματιστικό	1.000
Σύνολο	10.381

Ο Πίνακας 3.2 καταγράφει το ποσοστό της ονομαστικής ισχύος και τις ώρες κατά τις οποίες αναμένεται να λειτουργήσουν οι διάφορες συσκευές της οικίας μια τυπική εργάσιμη ημέρα χειμώνα. Όπως φαίνεται στον πίνακα αυτό, συσκευές όπως το ψυγείο και οι λάμπες φωτισμού αναμένεται να λειτουργούν όλη τη διάρκεια της μέρας. Το ποσοστό χρήσης του ψυγείου είναι μόνιμα ίσο με 100%, ενώ για τις λάμπες φωτισμού μεταβάλλεται (από 70% τις ώρες 6μμ με 12μμ σε 30% τις υπόλοιπες ώρες) και δεν είναι ποτέ ίσο με 100% λόγω του ετεροχρονισμού στη χρήση των διαφόρων δωματίων της οικίας. Για συσκευές που λειτουργούν πολύ λιγότερο από μία ώρα (π.χ. φούρνος μικροκυμάτων, η χρήση του οποίου σπάνια ξεπερνά τα 10 min) λαμβάνεται πολύ χαμηλός συντελεστής, ώστε να αναχθεί η λειτουργία σε διάστημα μίας ώρας. Για συσκευές που δε χρησιμοποιούνται καθημερινά, αλλά 2-3 φορές εβδομαδιαία (π.χ. ηλεκτρική σκούπα, πλυντήριο ρούχων και πιάτων) χρησιμοποιούνται επίσης συντελεστές μικρότεροι του 100%, ώστε να είναι ρεαλιστική η απεικόνιση της χρήσης στην τυπική ημερήσια καμπύλη. Δεδομένου ότι ο Πίνακας 3.2 περιγράφει τη λειτουργία των οικιακών συσκευών κατά τη διάρκεια μιας χειμερινής ημέρας, δε συμπεριλαμβάνει χρήση κλιματιστικού.

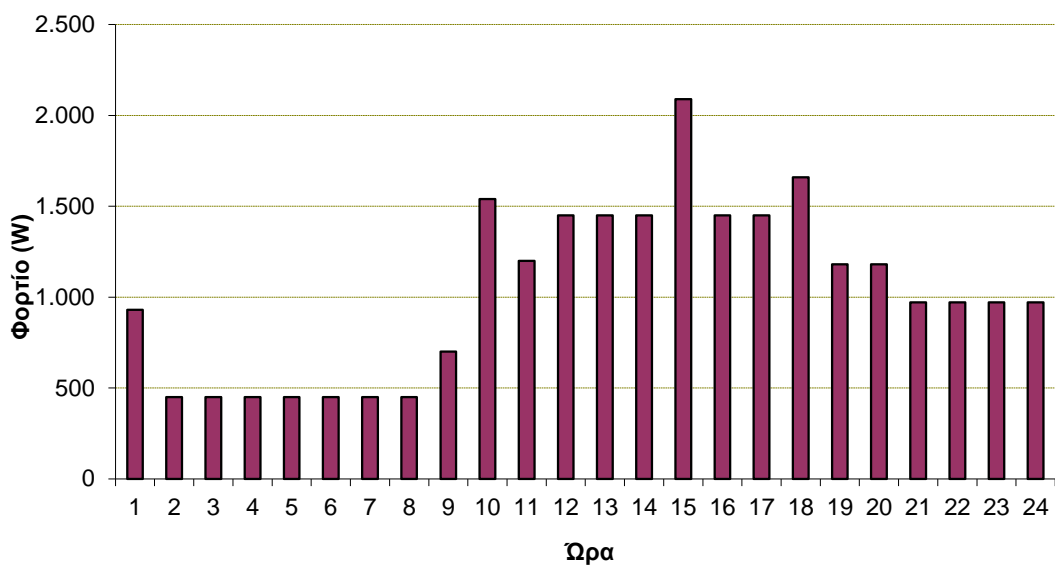
Χρησιμοποιώντας δεδομένα αντίστοιχα με αυτά που περιγράφει ο Πίνακας 3.2 για εργάσιμη και μη εργάσιμη ημέρα χειμώνα και καλοκαιριού, προκύπτουν οι καμπύλες φορτίου που φαίνονται στο 0 - 0.



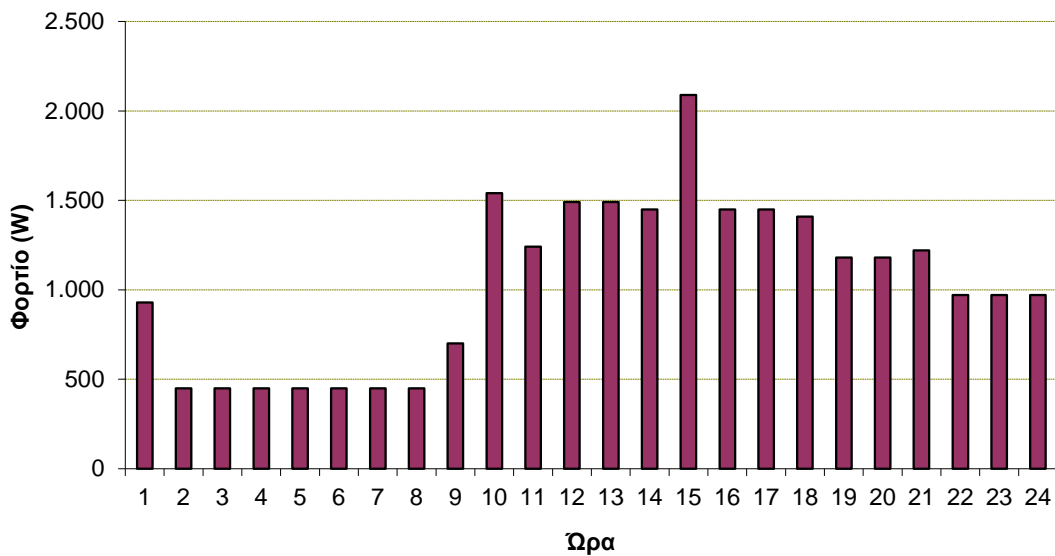
Σχήμα 3.1 Καμπύλη φορτίου οικίας εργάσιμης ημέρας χειμώνα (σενάριο χαμηλού φορτίου)



Σχήμα 3.2 Καμπύλη φορτίου οικίας μη εργάσιμης ημέρας χειμώνα (σενάριο χαμηλού φορτίου)



Σχήμα 3.3 Καμπύλη φορτίου οικίας εργάσιμης ημέρας καλοκαιριού (σενάριο χαμηλού φορτίου)



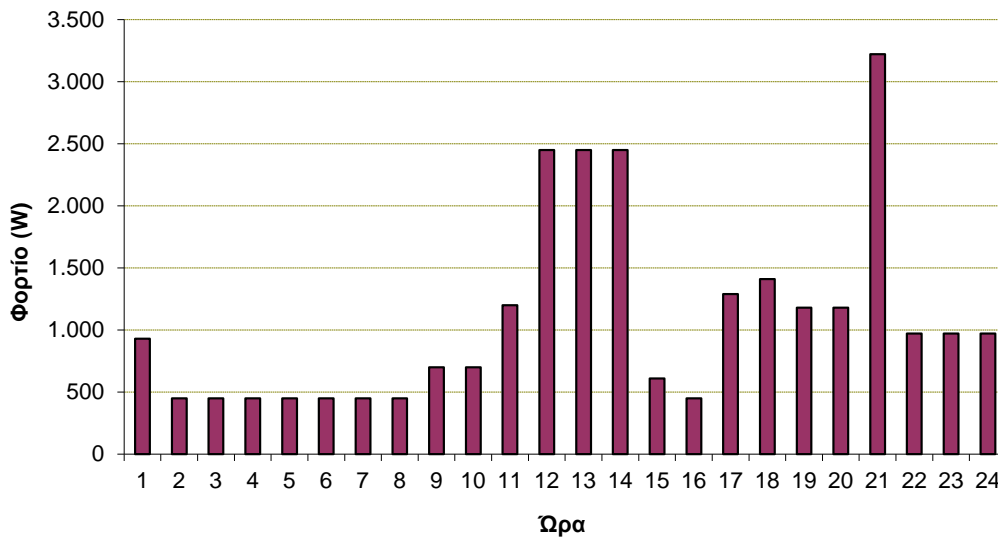
Σχήμα 3.4 Καμπύλη φορτίου οικίας μη εργάσιμης ημέρας καλοκαιριού (σενάριο χαμηλού φορτίου)

Πίνακας 3.2 Ώρες και ποσοστό ονομαστικής ισχύος κατά το οποίο αναμένεται να λειτουργούν οι διάφορες συσκευές της οικίας μία τυπική εργάσιμη ημέρα χειμώνα (σενάριο χαμηλού φορτίου).

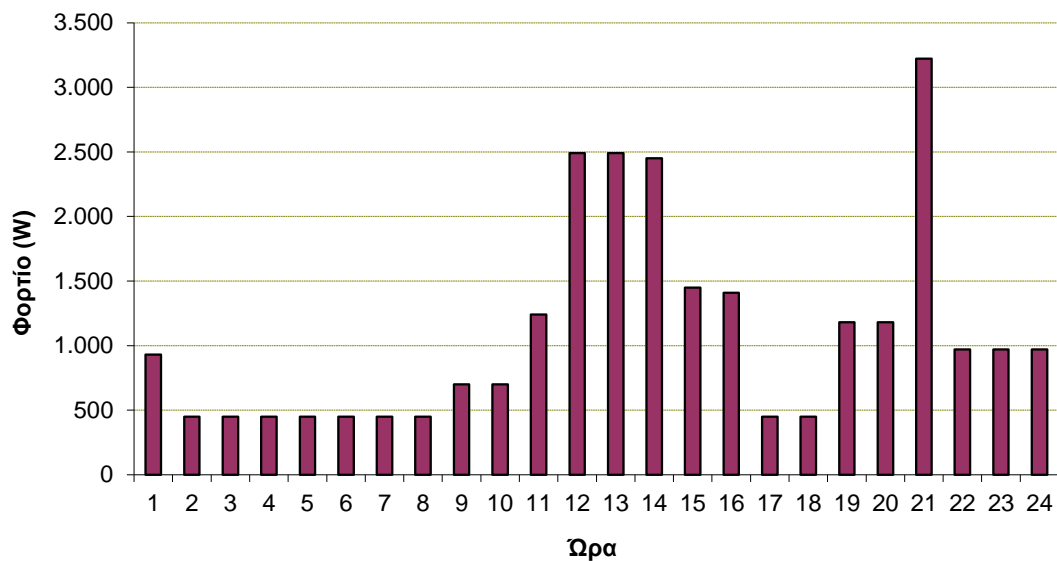
Συσκευή	Ποσοστό της ονομαστικής ισχύος στην οποία αναμένεται να λειτουργεί η συσκευή την εξεταζόμενη ώρα της ημέρας (%)																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Πλυντήριο ρούχων	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0
Πλυντήριο πιάτων	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0
Επιτραπέζιος Υπολογιστής & οθόνη	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	0	0	0
Ψυγείο	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Φούρνος μικροκυμάτων	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Φωτισμός	70	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	70	70	70	70	70	70
Τηλεόραση	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ηλεκτρική σκούπα	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Κλιματιστικό	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.1.1.2 Σενάριο μέσου φορτίου

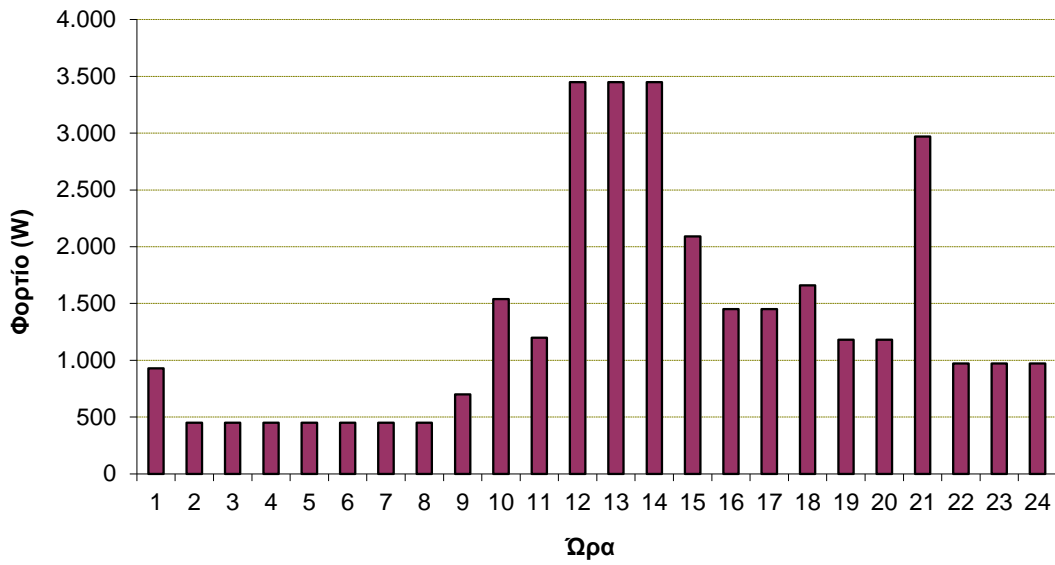
Η βασική διαφορά μεταξύ του σεναρίου χαμηλού φορτίου και μέσου φορτίου είναι η χρήση μίας από τις πλέον ενεργοβόρες συσκευές όπως η ηλεκτρική κουζίνα. Σε αυτήν την περίπτωση, οι καμπύλες φορτίου για εργάσιμη και μη εργάσιμη ημέρα χειμώνα και καλοκαιριού, φαίνονται στο 0-0.



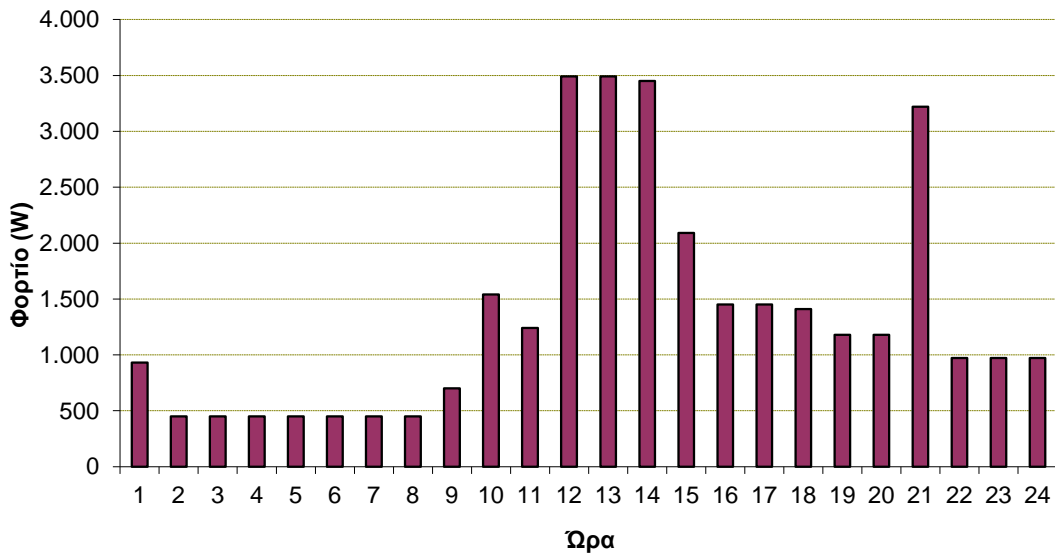
Σχήμα 3.5 Καμπύλη φορτίου οικίας εργάσιμης ημέρας χειμώνα (σενάριο μέσου φορτίου)



Σχήμα 3.6 Καμπύλη φορτίου οικίας μη εργάσιμης ημέρας χειμώνα (σενάριο μέσου φορτίου)



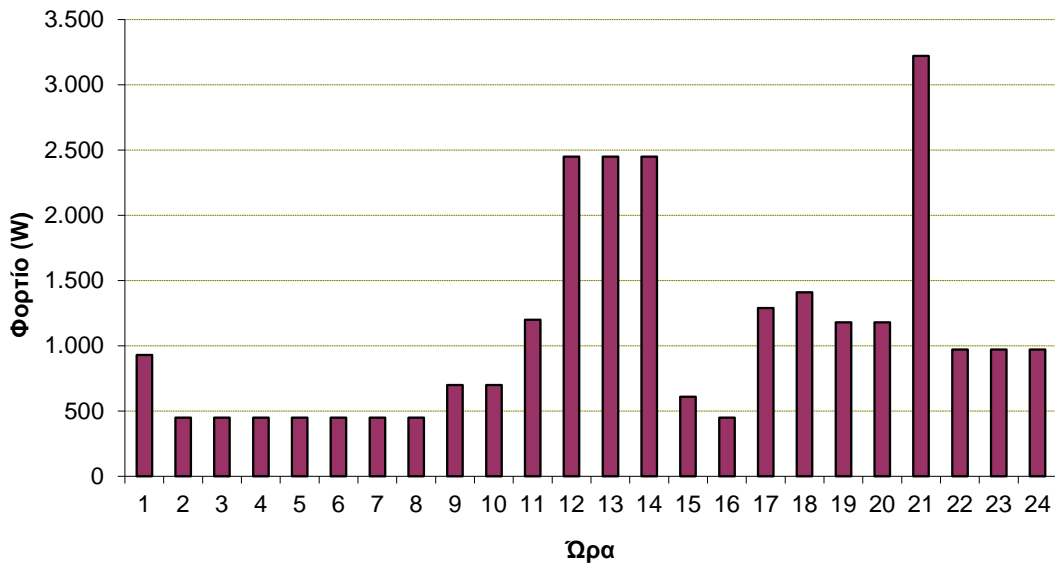
Σχήμα 3.7 Καμπύλη φορτίου οικίας εργάσιμης ημέρας καλοκαιριού (σενάριο μέσου φορτίου)



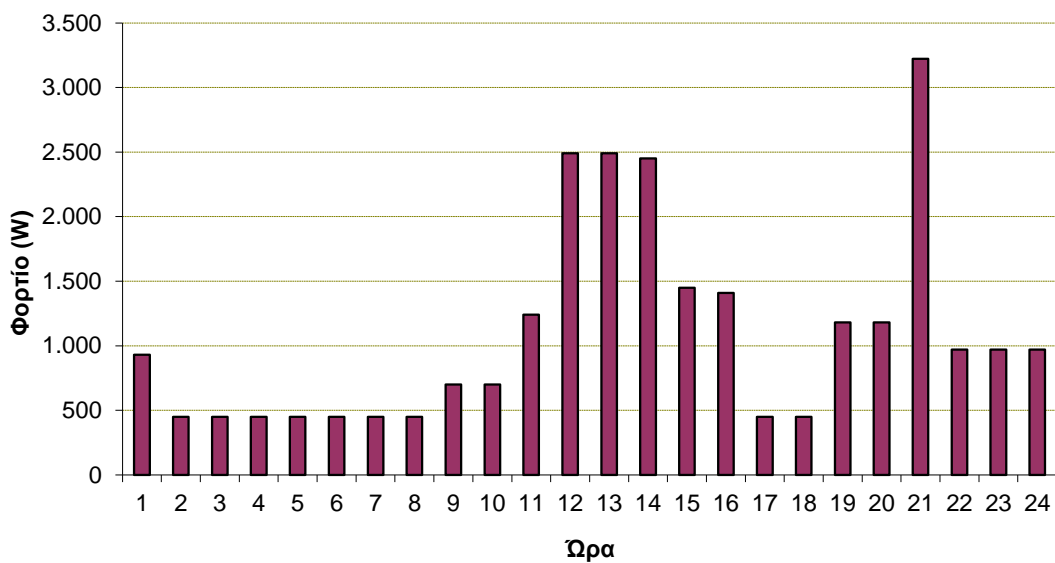
Σχήμα 3.8 Καμπύλη φορτίου οικίας μη εργάσιμης ημέρας καλοκαιριού (σενάριο μέσου φορτίου)

3.1.1.3 Σενάριο υψηλού φορτίου

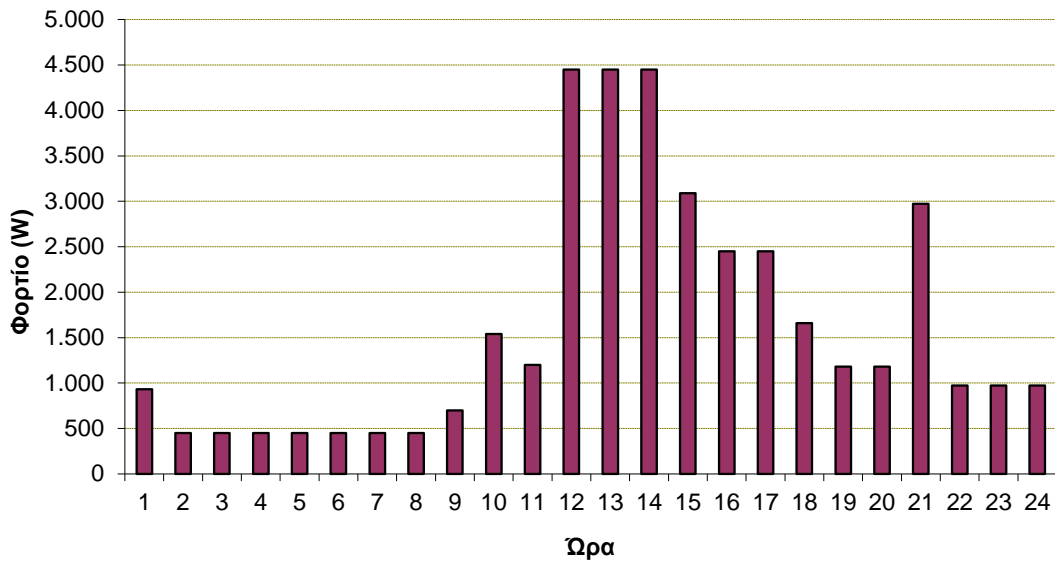
Η βασική διαφορά μεταξύ του σεναρίου μέσου φορτίου και υψηλού φορτίου είναι η χρήση δύο αντί ενός κλιματιστικών. Σε αυτήν την περίπτωση, οι καμπύλες φορτίου για εργάσιμη και μη εργάσιμη ημέρα χειμώνα και καλοκαιριού, φαίνονται στο 0-0.



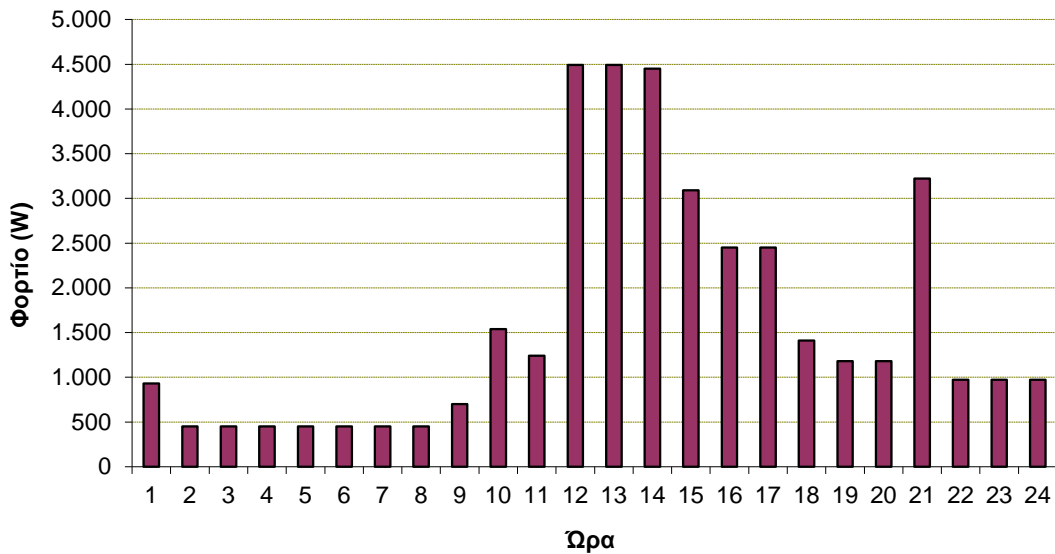
Σχήμα 3.9 Καμπύλη φορτίου οικίας εργάσιμης ημέρας χειμώνα (σενάριο υψηλού φορτίου)



Σχήμα 3.10 Καμπύλη φορτίου οικίας μη εργάσιμης ημέρας χειμώνα (σενάριο υψηλού φορτίου)



Σχήμα 3.11 Καμπύλη φορτίου οικίας εργάσιμης ημέρας καλοκαιριού (σενάριο υψηλού φορτίου)



Σχήμα 3.12 Καμπύλη φορτίου οικίας μη εργάσιμης ημέρας καλοκαιριού (σενάριο υψηλού φορτίου)

3.1.2 Συνολική Ετήσια Κατανάλωση και Μέση Ημερήσια Κατανάλωση

Η συνολική ημερήσια κατανάλωση των συσκευών για μία εργάσιμη μέρα χειμώνα

$E_{weekday}^{winter}$ (Wh) προκύπτει από τη σχέση (3.1):

$$E_{\text{weekday}}^{\text{winter}} = \sum_{i=0}^{23} \sum_{j=1}^N P_i^j \quad (3.1)$$

Όπου P_i^j είναι η ωριαία ισχύς της συσκευής j την ώρα i της καθημερινής μέρας του χειμώνα και N είναι ο συνολικός αριθμός των συσκευών της οικίας.

Αντίστοιχα προκύπτουν και η συνολική ημερήσια κατανάλωση των συσκευών για μία εργάσιμη μέρα καλοκαιριού $E_{\text{weekday}}^{\text{summer}}$ (Wh), η συνολική ημερήσια κατανάλωση των συσκευών για μία μη εργάσιμη μέρα χειμώνα $E_{\text{weekend}}^{\text{winter}}$ (Wh) και η συνολική ημερήσια κατανάλωση των συσκευών για μία μη εργάσιμη μέρα καλοκαιριού $E_{\text{weekend}}^{\text{summer}}$ (Wh).

Η συνολική μηνιαία ενέργεια για τους μήνες του καλοκαιριού (υπενθυμίζεται ότι θεωρείται ότι η περίοδος αυτή καλύπτει τους 6 μήνες του χρόνου και όχι μόνο τη χρονική περίοδο του καλοκαιριού, όπως εξηγήθηκε παραπάνω) προκύπτει πολλαπλασιάζοντας τη συνολική ημερήσια κατανάλωση των συσκευών για μία εργάσιμη μέρα καλοκαιριού $E_{\text{weekday}}^{\text{summer}}$ με 22 (όσες κατά μέσο όρο είναι οι εργάσιμες μέρες των 6 μηνών που αντιστοιχούν σε αυτήν την περίοδο) και τη συνολική ημερήσια κατανάλωση των συσκευών για μία μη εργάσιμη μέρα καλοκαιριού $E_{\text{weekend}}^{\text{summer}}$ με 8 (όσες είναι κατά μέσο όρο οι μη εργάσιμες μέρες των 6 μηνών αυτής της περιόδου). Αντίστοιχα, η συνολική μηνιαία ενέργεια για τους μήνες του χειμώνα προκύπτει πολλαπλασιάζοντας τη συνολική ημερήσια κατανάλωση των συσκευών για μία εργάσιμη μέρα χειμώνα $E_{\text{weekday}}^{\text{winter}}$ με 22 (όσες κατά μέσο όρο είναι οι εργάσιμες μέρες των 6 μηνών που αντιστοιχούν σε αυτήν την περίοδο) και τη συνολική ημερήσια κατανάλωση των συσκευών για μία μη εργάσιμη μέρα χειμώνα $E_{\text{weekend}}^{\text{winter}}$ με 8 (όσες είναι κατά μέσο όρο οι μη εργάσιμες μέρες των 6 μηνών αυτής της περιόδου). Έτσι, η ετήσια κατανάλωση ενέργειας E_{year} (Wh) προκύπτει από τη σχέση (3.2):

$$E_{\text{year}} = 6 \times 22 \times E_{\text{weekday}}^{\text{winter}} + 8 \times E_{\text{weekend}}^{\text{winter}} + 6 \times 22 \times E_{\text{weekday}}^{\text{summer}} + 8 \times E_{\text{weekend}}^{\text{summer}} \quad (3.2)$$

Η μέση ημερήσια κατανάλωση ενέργειας E_{day} (Wh) προκύπτει διαιρώντας την ετήσια κατανάλωση ενέργειας E_{year} με τις μέρες του έτους. Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η θεώρηση ότι κάθε μήνας έχει 22 μη εργάσιμες και 8 εργάσιμες μέρες οδηγεί σε συνολικό αριθμό ημερών του έτους ίσο με 360.

Ο Πίνακας 3.3 παραθέτει τη μέση ημερήσια κατανάλωση ενέργειας, την ετήσια κατανάλωση ενέργειας και την αιχμή φορτίου για τα 3 σενάρια φορτίου που εξετάζονται.

Πίνακας 3.3 Μέση ημερήσια κατανάλωση ενέργειας, ετήσια κατανάλωση ενέργειας και αιχμή φορτίου για τα διάφορα σενάρια φορτίου που εξετάζονται.

<i>Μέγεθος</i>	<i>Σενάριο χαμηλού φορτίου</i>	<i>Σενάριο μέσου φορτίου</i>	<i>Σενάριο υψηλού φορτίου</i>
Μέση ημερήσια κατανάλωση ενέργειας (Wh)	21.556,8	29.556,8	32.556,8
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (Wh)	7.760.448	10.640.448	11.720.448
Αιχμή φορτίου (W)	2.090	3.491	4.491

3.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΥΤΟΝΟΜΗ ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ

Στην παράγραφο αυτή περιγράφονται τα υβριδικά συστήματα τα οποία εξετάζονται για την αυτόνομη τροφοδότηση της εξεταζόμενης κατοικίας. Λαμβάνονται υπόψη τρεις πηγές παραγωγής ενέργειας, εκ των οποίων μία συμβατική (ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος με βενζινοκινητήρα) και δύο ανανεώσιμες (ανεμογεννήτρια και φωτοβολταϊκή συστοιχία) και όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί τους. Έτσι, προκύπτουν οι ακόλουθες επιλογές αυτόνομης τροφοδότησης, οι οποίες παρουσιάζονται αναλυτικά στη συνέχεια:

- Μόνο από Φ/Β σύστημα
- Μόνο από Α/Γ
- Μόνο από Η/Ζ
- Από Φ/Β σύστημα και Α/Γ
- Από Φ/Β και Η/Ζ
- Από Α/Γ και Η/Ζ
- Από Φ/Β, Α/Γ και Η/Ζ

Σε κάθε μία από τις παραπάνω περιπτώσεις θεωρείται και η χρήση κατάλληλου μεγέθους μπαταριών ώστε να εξασφαλίζεται η απρόσκοπτη τροφοδότηση της οικίας σε περίπτωση αστοχίας του συστήματος παραγωγής ή σε περίπτωση συνθηκών χαμηλού ανέμου ή ηλιακής ακτινοβολίας (για τα συστήματα που τροφοδοτούνται μόνο από ΑΠΕ).

Στη συνέχεια περιγράφονται οι τύποι Α/Γ, Φ/Β, Η/Ζ και μπαταριών που χρησιμοποιήθηκαν για τη σχεδίαση των παραπάνω υβριδικών συστημάτων. Τα δεδομένα έχουν ληφθεί από την εργασία του Ευαγγελόπουλου (2012).

Η επιλογή των τύπων έγινε με κριτήριο τη βέλτιστη απόδοση του συστήματος, διατηρώντας ταυτόχρονα το κόστος του εξοπλισμού σε όσο το δυνατόν πιο λογικά επίπεδα. Επιπλέον, επιλέχθηκε εξοπλισμός ο οποίος είναι διαθέσιμος στην ελληνική αγορά και για τον οποίο υπήρχαν ρεαλιστικά διαθέσιμα στοιχεία κόστους, ενώ από την εμπειρία χρήσης του σε διάφορα συστήματα μπορούσαν να προκύψουν αξιόπιστα συμπεράσματα για την απόδοση και τα τεχνικά χαρακτηριστικά (έτσι ώστε να έχουν επιβεβαιωθεί τα χαρακτηριστικά που αναφέρονται στις προδιαγραφές τους). Η χρήση διαφορετικών εξοπλισμών στα συστήματα δεν κρίθηκε σκόπιμη, δεδομένου ότι για να εξαχθεί ασφαλές συμπέρασμα για το πλέον οικονομικό, η βάση σύγκρισης ως προς τον εξοπλισμό εγκατάστασης έπρεπε να είναι κοινή. Λαμβάνεται ωστόσο μεγάλη ποικιλία ονομαστικών μεγεθών του εκάστοτε εξοπλισμού, ώστε να ληφθεί ασφαλές συμπέρασμα ως προς το ποιο είναι εκείνο το μέγεθος το οποίο θα οδηγήσει στο μικρότερο συνολικό κόστος της επένδυσης (εάν δηλαδή μπορεί να χρησιμοποιηθεί εξοπλισμός που καλύπτει ακριβώς τις ανάγκες της αιχμής του εξυπηρετούμενου φορτίου ή είναι πιο αποδοτικό να γίνει υπερδιαστασιολόγηση του εξοπλισμού η οποία θα εξασφαλίσει μακροπρόθεσμα μεγαλύτερη οικονομική απόδοση στην επένδυση).

3.2.1 Φ/Β σύστημα

Για το Φ/Β σύστημα επιλέγονται φωτοβολταϊκά πάνελ τύπου Centrosolar S235P60 και μετατροπέας Powerstocc 5.5. Ο Πίνακας 3.4 περιλαμβάνει τα κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά των Φ/Β πάνελ (Αλούκος, 2011).

Πίνακας 3.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά Φ/Β πάνελ που χρησιμοποιούνται στα υβριδικά συστήματα αυτόνομης τροφοδότησης της κατοικίας.

Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά	
Ονομαστική Ισχύς (Wp)	235
Τάση σε ονομαστική ισχύ (V)	28,70
Ρεύμα σε ονομαστική ισχύ (A)	8,19
Τάση ανοιχτοκύκλωσης (V)	36,46
Ρεύμα βραχυκύκλωσης (A)	8,59
Επίπεδο απόδοσης στοιχείου (%)	14,3
Δεδομένα σε κανονική θερμοκρασία λειτουργίας στοιχείου	
Ονομαστική ισχύς (Wp)	169
Ρεύμα σε ονομαστική ισχύ (A)	25,37
Τάση ανοιχτοκύκλωσης (V)	33,05
Ρεύμα βραχυκύκλωσης (A)	6,89
Συντελεστές θερμοκρασίας	
Συντελεστής μεταβολής ισχύος (%/K)	-0,43
Συντελεστής μεταβολής τάσης ανοιχτοκύκλωσης (%/K)	-0,35
Συντελεστής μεταβολής ρεύματος	0,03

**ΚΕΦ.3 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ
ΑΝΑΓΚΩΝ ΟΙΚΙΑΚΟΥ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ**

βραχυκύκλωσης (%/K)	
Γενικά Χαρακτηριστικά	
Κυψέλες ανά στοιχείο	60
Τύπος κυψέλης	Πολυκρυσταλλική (156mmx156mm)
Βαθμός προστασίας	IP65
Υλικό πρόσοψης	Επισκληρυμένο ηλιακό τζάμι (hardened solar glass)
Υλικό πλαισίου	Πλαίσιο με κοίλο θάλαμο από ανοδιωμένο αλουμίνιο
Διαστάσεις και Βάρος	
Διαστάσεις (mm)	1.660x990x40
Βάρος (kg)	20
Όρια	
Τάση συστήματος (V)	1.000
Μέγιστο ρεύμα ανάστροφης πόλωσης (A)	12
Μέγιστο μηχανικό φορτίο (Pa)	5.400
Πιστοποιήσεις	
ISO 9001:2008; 14001:2009; 9227-NSS	

Το κόστος αγοράς εγκατάστασης των Φ/Β (συμπεριλαμβανομένων των καλωδιώσεων και του μετατροπέα) είναι ίσο με 2.800 €/kW. Το κόστος συντήρησής τους είναι πρακτικά αμελητέο.

Η διάρκεια ζωής της επένδυσης καθορίζεται από τη διάρκεια ζωής του βασικού εξοπλισμού (Α/Γ και Φ/Β) οπότε μπορεί να είναι κατά μέγιστο ίση με 25 έτη (τόση είναι η μέση διάρκεια ζωής των παραπάνω εξαρτημάτων). Επισημαίνεται ότι για τα Η/Ζ και τις μπαταρίες η διάρκεια ζωής εξαρτάται από το πόσο θα λειτουργήσουν, ενώ για τον αντιστροφέα (που αποτελεί μικρό ποσοστό του συνολικού κόστους εγκατάστασης) η διάρκεια ζωής είναι μικρή, οπότε αναγκαστικά λαμβάνεται υπόψη η ανάγκη αντικατάστασής τους κατά τη διάρκεια των 25 ετών. Η μείωση της απόδοσης των Φ/Β κατά τη διάρκεια ζωής τους λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς της παραγόμενης ισχύος μέσω κατάλληλου συντελεστή μείωσης της απόδοσης (derating factor).

3.2.2 Α/Γ

Επιλέγονται οι ανεμογεννήτριες Inclin της εταιρείας Bornay (Bornay, 2012), επειδή είναι σχεδιασμένες για να λειτουργούν παράλληλα με φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις (διαθέτουν κατάλληλες διατάξεις ελέγχου της παραγόμενης ισχύος και ρύθμισης της τάσης εξόδου έτσι ώστε η λειτουργία τους να είναι αρκετά ευέλικτη και να μπορεί να συνδυαστεί με την παραγωγή μονάδων Φ/Β). Επιπλέον, καλύπτουν εύρος ισχύος από 600 έως 6000 W, μεγέθη τα οποία μπορούν να καλύψουν τις ενεργειακές ανάγκες της εξεταζόμενης κατοικίας. Μπορούν να εγκατασταθούν εύκολα σε πύργο ο οποίος είναι σωστά διαστασιολογημένος ώστε να αντέχει τις αναπτυσσόμενες ροπές. Η συντήρησή τους είναι αρκετά απλή, και

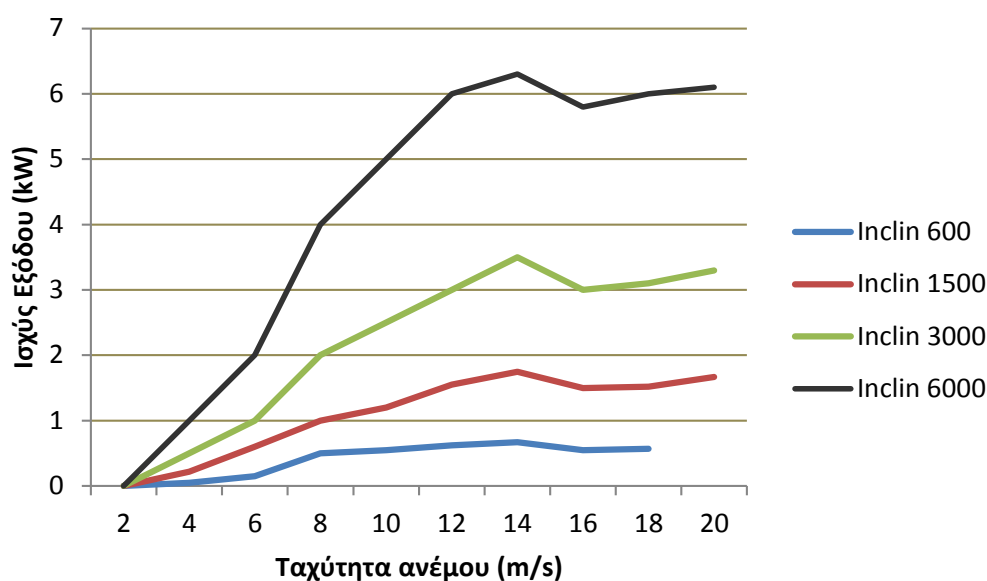
**ΚΕΦ.3 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ
ΑΝΑΓΚΩΝ ΟΙΚΙΑΚΟΥ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ**

συνίσταται σε δύο ετήσιους οπτικούς ελέγχους των κινούμενων μερών και την αναπροσαρμογή της πίεσης στα μπουλόνια τους. Τα περύγιά τους είναι κατασκευασμένα από ανθρακονήματα και φάιμπεργκλας, υλικά τα οποία εγγυώνται πολύ καλή λειτουργικότητα και αντοχή.

Ο Πίνακας 3.5 περιλαμβάνει την ισχύ εξόδου συναρτήσει της ταχύτητας ανέμου και τα κόστη (αγοράς και εγκατάστασης) ενώ ο Πίνακας 3.6 παρουσιάζει τα τεχνικά χαρακτηριστικά των τεσσάρων τύπων Α/Γ που χρησιμοποιούνται (Bornay, 2012). Στο 0 φαίνονται οι καμπύλες ισχύος των τριών Α/Γ.

Πίνακας 3.5 Καμπύλες ισχύος και κόστος Α/Γ που χρησιμοποιούνται στα υβριδικά συστήματα αυτόνομης τροφοδότησης της κατοικίας.

<i>A/Γ</i>	<i>Inclin600</i>		<i>Inclin1500</i>		<i>Inclin3000</i>		<i>Inclin6000</i>	
	Ταχύτητα α ανέμου (m/s)	Ισχύς Εξόδο υ (kW)	Ταχύτητα ανέμου (m/s)	Ισχύς Εξόδο υ (kW)	Ταχύτητα ανέμου (m/s)	Ισχύς Εξόδο υ (kW)	Ταχύτητα α ανέμου (m/s)	Ισχύς Εξόδο (kW)
Δεδομέν α	2	0	2	0	2	0	2	0
	4	0,05	4	0,22	4	0,5	4	1
	6	0,15	6	0,6	6	1	6	2
	8	0,5	8	1	8	2	8	4
	10	0,55	10	1,2	10	2,5	10	5
	12	0,62	12	1,55	12	3	12	6
	14	0,67	14	1,75	14	3,5	14	6,3
	16	0,55	16	1,5	16	3	16	5,8
	18	0,57	18	1,52	18	3,1	18	6
			20	1,67	20	3,3	20	6,1
Κόστος (€)	3.861		4.996		7.567		12.994	



Σχήμα 3.13 Καμπύλες ισχύος Α/Γ

Πίνακας 3.6 Τεχνικά χαρακτηριστικά Α/Γ που χρησιμοποιούνται στα υβριδικά συστήματα αυτόνομης τροφοδότησης της κατοικίας.

	<i>Inclin600</i>	<i>Inclin1500</i>	<i>Inclin3000</i>	<i>Inclin6000</i>
Γενικά Χαρακτηριστικά				
Αριθμός πτερυγίων	2	2	2	3
Διάμετρος (m)	2	2,7	3,7	3,7
Υλικό	Φάιμπεργκλας και ανθρακονήματα			
Ηλεκτρικό Σύστημα				
Τύπος	Τριφασική σύγχρονη γεννήτρια μονίμων μαγνητών			
Μαγνήτες	Φερρίτη	Νεοδημίου	Νεοδημίου	Νεοδημίου
Ονομαστική Ισχύς (W)	600	1.500	3.000	6.000
Τάση (V)	12, 24, 48	24, 48, 120, 300	24, 48, 120, 300	48, 120, 300
Ρυθμιστής	Ψηφιακός			
Λειτουργία				
Ταχύτητα έναρξης (m/s)	3,5	3,5	3,5	3,5
Ταχύτητα ονομαστικής ισχύος εξόδου (m/s)	11	12	12	12
Ταχύτητα αποκοπής (m/s)	13	14	14	15
Βάρος και Διαστάσεις				
Καθαρό Βάρος (kg)	38	42	125	150
Μεικτό Βάρος (kg)	46	50	150	200
Διαστάσεις πακέτου (cm)	28x42x102	153x27x70	218x54x74	260x69x69

Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες είναι σχεδιασμένες να λειτουργούν περί τις 120.000 ώρες σε όλη τη διάρκεια ζωής τους (περίπου 20-25 έτη). Κάτι τέτοιο σημαίνει ότι η Α/Γ λειτουργεί κατά προσέγγιση το 66% του χρόνου για δύο δεκαετίες. Το κόστος συντήρησης μίας νέας

A/Γ είναι πολύ χαμηλό, ενώ, όπως αναμένεται, αυξάνεται με την αύξηση του χρόνου λειτουργίας της. Για τις μοντέρνες A/Γ, το κόστος αυτό εκτιμάται σε ένα εύρος 1,5%-2% του αρχικού κόστους επένδυσης ανά έτος. Στην περίπτωση μας, λαμβάνεται ετήσιο κόστος συντήρησης ίσο με 2%, το οποίο αντιστοιχεί σε $2\% \cdot 3.861 = 77,22$ €/έτος για την A/Γ InclIn600, $2\% \cdot 4.996 = 99,92$ €/έτος για την A/Γ InclIn1500, $2\% \cdot 7.567 = 151,34$ €/έτος για την A/Γ InclIn3000 και $2\% \cdot 12.994 = 259,88$ €/έτος για την A/Γ InclIn6000.

Η διάρκεια ζωής των A/Γ λαμβάνεται ίση με τη διάρκεια ζωής της επένδυσης, οπότε και δε χρειάζεται να ληφθεί υπόψη κόστος αντικατάστασής τους.

3.2.3 Η/Ζ

Τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη (H/Z) ή ηλεκτρογεννήτριες χρησιμοποιούνται ως εφεδρική πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε περίπτωση διακοπής ηλεκτροδότησης του δικτύου παροχής ηλεκτρισμού ή ακόμα και ως κύρια πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε περίπτωση μη ύπαρξης δικτύου ή ανεπάρκειας αυτού.

Η χρήση τους είναι αναγκαία όταν θέλουμε να εξασφαλίσουμε την απρόσκοπτη και συνεχή λειτουργία κρίσιμων εγκαταστάσεων σε 24ωρη βάση (π.χ. ψυκτικών θαλάμων, χειρουργείων, παραγωγικών διαδικασιών, αντλιοστασίων κλπ) έναντι διακοπών ηλεκτροδότησης από την κύρια πηγή ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΗ). Στην περίπτωση μας, εξετάζουμε τη λύση των Η/Ζ προκειμένου να εξυπηρετήσουν αυτόνομα τα φορτία της εξεταζόμενης κατοικίας.

Η ισχύς τους ξεκινάει από τα 900 VA και φτάνει έως και τα 3.000 KVA. Αξίζει να αναφερθεί ότι το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος στην περίπτωση μας αποτελείται κυρίως από κινητήρα, γεννήτρια, σύστημα ψύξης, σύστημα εκκίνησης (μίζα) με συσσωρευτή (μπαταρία) και διάταξη φόρτισης.

Τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη (H/Z) διακρίνονται ανάλογα με:

- την τάση εξόδου: σε μονοφασικά και τριφασικά.
- το σύστημα ψύξης: σε αερόψυκτα και υδρόψυκτα.
- το είδος κινητήρα: σε πετρελαιοκίνητα και βενζινοκίνητα.
- το κέλυφος σε: ανοιχτού τύπου (τοποθετούνται μόνο σε εσωτερικό χώρο) και με ηχομονωτικό κάλυμμα (τοποθετούνται σε εσωτερικό χώρο ή και στην ύπαιθρο).
- τον αυτοματισμό εκκίνησης: σε χειροκίνητης λειτουργίας και αυτόματης λειτουργίας.
- την βάση έδρασης σε: σταθερά και τροχήλατα.

Όταν σε μία ηλεκτρική εγκατάσταση θέλουμε να εξασφαλίσουμε την αδιάλειπτη λειτουργία ενός μέρους των φορτίων αυτής, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη μέριμνα στην μελέτη και κατασκευή αυτής, έτσι ώστε να υπάρχει ηλεκτρικός διαχωρισμός στην τροφοδότηση των φορτίων σε αυτά: α) που τροφοδοτούνται από τη ΔΕΗ ή άλλη πηγή ενέργειας όπως Α/Γ και β) που τροφοδοτούνται από την ΔΕΗ ή άλλη πηγή ενέργειας όπως Α/Γ και το Η/Ζ σε περίπτωση διακοπής της πρώτης πηγής ενέργειας. Στην περίπτωση του αυτόνομου συστήματος όπου δεν υπάρχει δυνατότητα τροφοδότησης από ΔΕΗ, όλα τα φορτία τροφοδοτούνται είτε από τη μονάδα ΑΠΕ (Α/Γ ή Φ/Β) όταν αυτή περιλαμβάνεται στο σύστημα και μπορεί να παράξει ενέργεια ή εναλλακτικά από το Η/Ζ και τις μπαταρίες

Στην περίπτωση τοποθέτησης του Η/Ζ εντός εσωτερικού χώρου θα πρέπει να μεριμνήσουμε: α) για τον σωστό αερισμό του χώρου, β) για την απομάκρυνση των καυσαερίων του κινητήρα και γ) για τη μη μετάδοση θορύβου στους γειτονικούς χώρους του κτιρίου και στο περιβάλλον.

Στην περίπτωση της εξεταζόμενης οικίας εξετάστηκαν 3 Η/Ζ, ισχύος 1.000 VA, 2.000 VA και 3.000 VA (Πίνακας 3.7), με κόστος 830 €, 1.270 € και 2.100 €, αντίστοιχα. Το κόστος λειτουργίας τους συνίσταται στο κόστος του καυσίμου (βενζίνη) που χρησιμοποιείται, το οποίο λαμβάνεται ίσο με 1,8€/lt. Η συντήρησή τους συνίσταται σε αλλαγή λαδιών και φίλτρου (με κόστος που ανέρχεται στα 10€) μετά από 40 ώρες λειτουργίας, ισοδυναμώντας με κόστος 0,25€/h.

Πίνακας 3.7 Τεχνικά χαρακτηριστικά Η/Ζ Honda EU10i, EU20i και EU30i ισχύος 1000, 2000 και 3000 VA που χρησιμοποιούνται στα υβριδικά συστήματα αυτόνομης τροφοδότησης της κατοικίας.

	EU10i	EU20i	EU30i
Γεννήτρια			
Συχνότητα (Hz)	50		
Τάση εξόδου (V)	230		
Ισχύς συνεχούς λειτουργίας (VA)	900	1.600	2.600
Ένταση εξόδου (A)	3,9	7	12,2
Μέγιστη ισχύς λειτουργίας (VA)	1.000	2.000	3.000
Έξοδος συνεχούς (τάση (V)/ρεύμα (A))	12/8	12/8	12/12
Σύστημα σταθεροποίησης τάσης	INVERTER		
Κινητήρας			
Μοντέλο	GXH 50	GXH 100	GXH 100
Τύπος	Αερόψυκτος, 4χρονος, μονοκύλινδρος, OHV		
Κυβικά	50cc	98cc	98cc
Μέγιστη ισχύς	1,8PS (1,32 KW) 6.000rpm	3,5PS (2,6 KW) 6.000rpm	6,5PS (4,8 KW) 3.600rpm
Ανάφλεξη	Ηλεκτρονική		
Αέρας (choke)	Χειροκίνητο		

**ΚΕΦ.3 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ
ΑΝΑΓΚΩΝ ΟΙΚΙΑΚΟΥ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ**

Εκκίνηση	Χειροκίνητη	Ηλεκτρική (μίζα) και χειροκίνητη	
Σύστημα ψύξης	Εξαναγκασμένη κυκλοφορία αέρα		
Χωρητικότητα λαδιού κινητήρα (lt)	0,25	0,40	0,55
Χωρητικότητα καυσίμου (lt)	2,3	4,1	13
Καύσιμο	Αμόλυβδη		
Ώρες συνεχούς λειτουργίας	8,7 (Με χρήση 1/4 του φορτίου) - 4ώρες	10,5 (Με χρήση 1/4 του φορτίου) - 4ώρες	20 (Με χρήση 1/4 του φορτίου) - 7ώρες
Κατανάλωση (lt/h)	0,26 (Με χρήση 1/4 του φορτίου) - 2,2	0,39 (Με χρήση 1/4 του φορτίου) - 1	1,5 (Με χρήση 1/4 του φορτίου) - 3,25
Στάθμη θορύβου (Sound pressure level L _{pa}) (dB) - Πιστοποιημένο κατά ISO 8528-10	72	Δε διατίθεται	Δε διατίθεται
Στάθμη θορύβου (Sound pressure level L _{WA}) (dB) - Πιστοποιημένο κατά 2000/14/EC	87	89	90
Στάθμη θορύβου στα 7 μέτρα (dB)	52 (Με χρήση 1/4 του φορτίου) - 57	54 (Με χρήση 1/4 του φορτίου) - 59	51 (Με χρήση 1/4 του φορτίου) - 58
Διαστάσεις			
Μήκος (mm)	450	510	655
Πλάτος (mm)	240	290	455
Ύψος (mm)	380	425	555
Βάρος (kg)	13	21	3.3.1

3.2.4 Μπαταρίες

Χρησιμοποιούνται μπαταρίες τύπου OPzS της εταιρείας Horrecke (Πίνακας 3.8 και Πίνακας 3.9), χωρητικότητας 620 Ah με κόστος αγοράς 600€ (λαμβάνεται ίσο με το κόστος αντικατάστασης). Η διάρκεια ζωής τους καθορίζεται με βάση τους κύκλους εκφόρτισης που χρειάζεται να πραγματοποιήσουν κατά τη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος (0). Το κόστος συντήρησής τους λαμβάνεται μηδενικό.

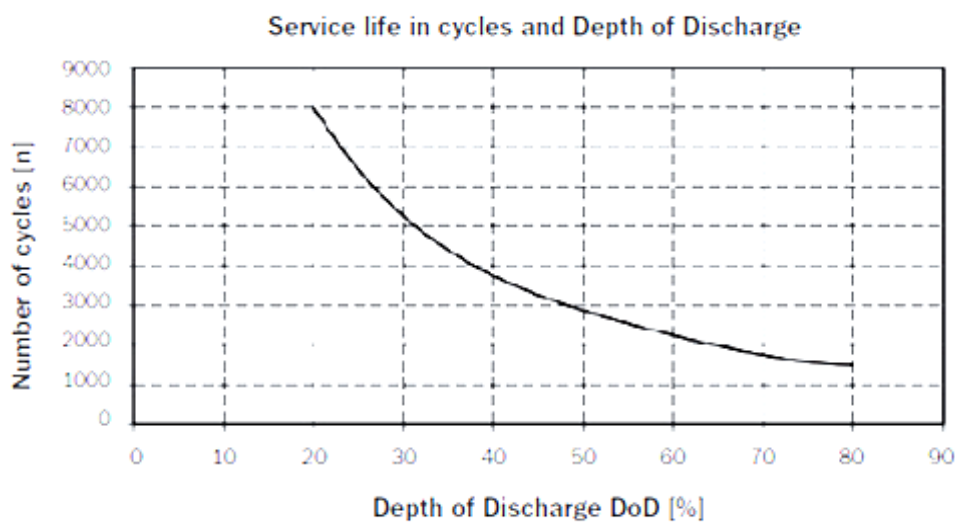
Πίνακας 3.8 Βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά μπαταριών OPzS 620 0 που χρησιμοποιούνται στα υβριδικά συστήματα αυτόνομης τροφοδότησης της κατοικίας.

Ονομαστική Χωρητικότητα (Ah)	620
Ονομαστική Τάση (V)	2 ανά στοιχείο
Ελάχιστη φόρτιση (%)	30
Μέγιστο ρεύμα φόρτισης (A)	122

Απόδοση (%)	86
Βάρος ηλεκτρολύτη (kg)	10,1
Μέγιστο μήκος (mm)	147
Μέγιστο ύψος (mm)	535
Μέγιστο πλάτος (mm)	208

Πίνακας 3.9 Ικανότητα μπαταριών OPzS 620 0 για διάφορους χρόνους εκφόρτισης και τάση στοιχείων (ο δείκτης υποδηλώνει τον αριθμό των ωρών εκφόρτισης).

Ικανότητα (Ah)	
C ₁₀₀ /1.85V	620,0
C ₅₀ /1.85V	585,0
C ₂₄ /1.83V	542,4
C ₁₀ /1.80V	468,0
C ₅ /1.77V	414,0



Σχήμα 3.14 Διάρκεια ζωής (σε κύκλους) συναρτήσεως του βάθους εκφόρτισης για τις μπαταρίες Horpecke OPzS 620 0.

3.2.5 Μετατροπέας

Στην περίπτωση που εξετάζεται, υπάρχουν ηλεκτρονικές διατάξεις οι οποίες έχουν την ικανότητα να μετατρέπουν την συνεχή τάση σε εναλλασσόμενη αλλά και το αντίστροφο.

Συνεπώς, υπάρχουν συσκευές που ονομάζονται αντιστροφείς (DC-AC converters), που αποτελούν ένα είδος μετατροπέων και είναι στατές ηλεκτρονικές διατάξεις, οι οποίες έχουν την ιδιότητα να μετατρέπουν μια πηγή συνεχούς τάσης ή ρεύματος σε εναλλασσόμενη, με μεταβλητή συχνότητα και πλάτος. Για παράδειγμα, αν έχουμε ένα συσσωρευτή των 12 Volts και επιθυμούμε να παράγουμε εναλλασσόμενη τάση, τότε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε έναν αντιστροφέα ισχύος, ο οποίος να μας δώσει στην έξοδο του 220 Volts, συχνότητας 50Hz. Στην πραγματικότητα, ο αντιστροφέας αποτελεί έναν μετατροπέα μέσω του οποίου είναι δυνατή η αμφίπλευρη ροή ισχύος. Στις περισσότερες, όμως, περιπτώσεις η ροή ισχύος έχει κατεύθυνση από τη dc πλευρά προς την ac πλευρά, δηλαδή το προς εξυπηρέτηση φορτίο. Ως εκ τούτου, είναι σύνηθες το γεγονός ο αμφίπλευρος μετατροπέας να αναφέρεται ως αντιστροφέας.

Χρησιμοποιείται αντιστροφέας τύπου TOP CLASS 35/48 της εταιρείας ASP και ο ψηφιακός ρυθμιστής φόρτισης PHOCOS PL60 Ampere. Το κόστος αγοράς του είναι 4.175€ (λαμβάνεται ίδιο κόστος αντικατάστασης). Η διάρκεια ζωής του είναι 8 έτη και θεωρείται ότι έχει μηδενικό κόστος συντήρησης.

Πίνακας 3.10 Τεχνικά χαρακτηριστικά αντιστροφέα που χρησιμοποιείται στα υβριδικά συστήματα αυτόνομης τροφοδότησης της κατοικίας.

Είσοδος	
Τάση λειτουργίας (V)	48
Εύρος τάσης λειτουργίας (V)	42-64
Ένταση (A)	80
Ισχύς σε συνεχή λειτουργία (kW)	3,5
Έξοδος	
Συχνότητα (Hz)	50
Ένταση (A)	15,6
Απόδοση (%)	93
Γενικά δεδομένα	
Εύρος θερμοκρασίας περιβάλλοντος (°C)	-25...+50
Διαστάσεις (mm)	456x320x211

Προστασία IP	IP20
Βάρος (kg)	3

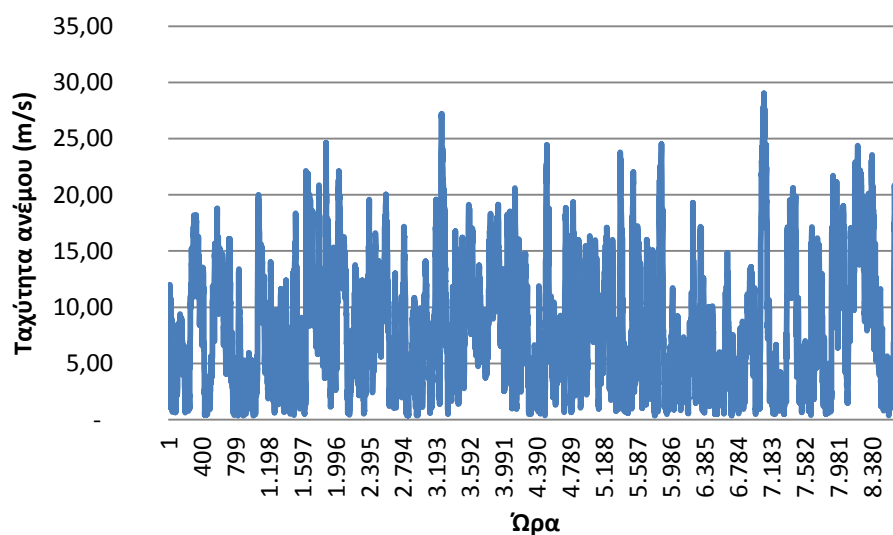
3.3 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ

Η θέση εγκατάστασης του καταναλωτή χαρακτηρίζεται από υψηλό αιολικό δυναμικό και μέσο ηλιακό δυναμικό σε νησί των Κυκλάδων και ειδικότερα την Τήνο.

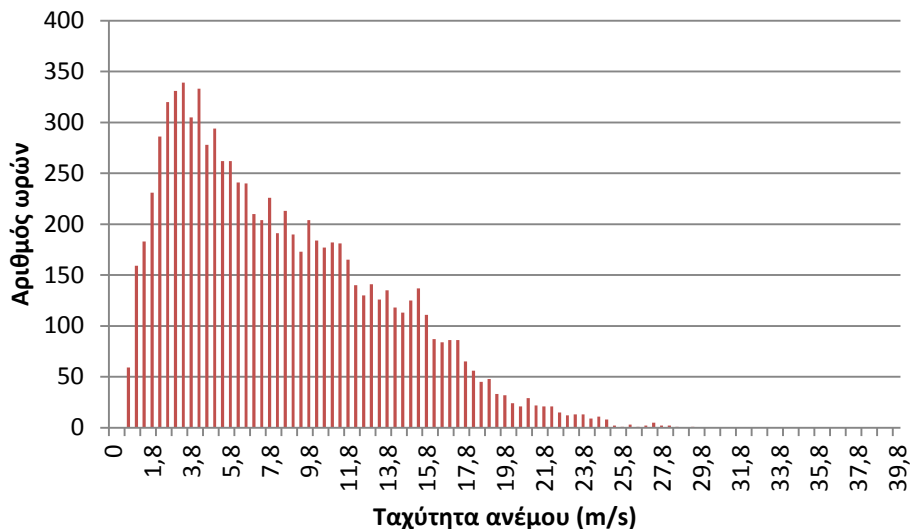
Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται τα κλιματολογικά δεδομένα για τη γεωγραφική θέση της οικίας και ειδικότερα τα στοιχεία ταχύτητας ανέμου και ηλιακής ακτινοβολίας τα οποία είναι καθοριστικής σημασίας για την απόδοση των Φ/Β και των Α/Γ (Ευαγγελόπουλος, 2012).

3.3.1 Ετήσια μεταβολή της ταχύτητας ανέμου

Το θ παρουσιάζει τη μετρημένη ωριαία τιμή της ταχύτητας ανέμου στη θέση εγκατάστασης (στο ύψος που προβλέπεται να τοποθετηθεί η Α/Γ) για 8760 ώρες ενός έτους. Το θ παρουσιάζει την κατανομή συχνοτήτων εμφάνισης (κατανομή Weibull) των διαφόρων τιμών της ταχύτητας ανέμου (αριθμός ωρών του έτους που αντιστοιχούν στις διάφορες ταχύτητες), η οποία δίνει μια εικόνα για τις επικρατέστερες τιμές της στην εξεταζόμενη περιοχή. Η μέση ταχύτητα του ανέμου είναι ίση με 8,15 m/s.



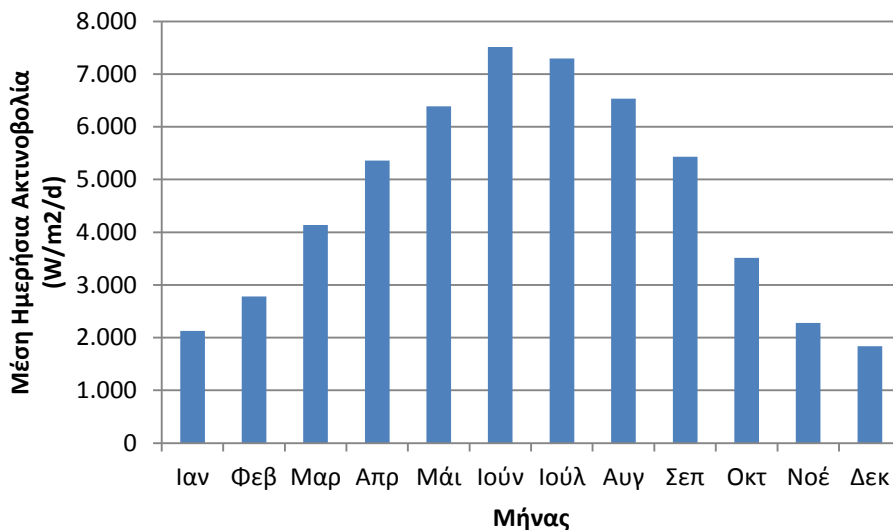
Σχήμα 3.15 Μετρημένη μέση ωριαία τιμή ταχύτητας ανέμου στη θέση εγκατάστασης (πηγή: ΔΕΣΜΗΕ).



Σχήμα 3.16 Κατανομή Weibull της ταχύτητας ανέμου στη θέση εγκατάστασης.

3.3.2 Ετήσια μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας

Το 0 παρουσιάζει τη μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία για τους 12 μήνες του έτους στην περιοχή εγκατάστασης. Τα συγκεκριμένα ηλιακά δεδομένα έχουν προέλθει από το λογισμικό HOMER, το οποίο ανάλογα με το γεωγραφικό μήκος και πλάτος της εγκατάστασης λαμβάνει τη μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία ανά μήνα σύμφωνα με NREL's Climatological Solar Radiation ή NASA's Surface meteorology and Solar Energy.



Σχήμα 3.17 Μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία ανά μήνα στη θέση εγκατάστασης.

ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται η τεχνο-οικονομική ανάλυση των διάφορων συστημάτων παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του εξεταζόμενου καταναλωτή, τόσο σε αυτόνομη λειτουργία όσο και σε διασυνδεδεμένη με το δίκτυο λειτουργία και επιλέγεται το τεχνο-οικονομικά βέλτιστο σύστημα ανάλογα τις ενεργειακές του ανάγκες. Επιπλέον, πραγματοποιείται ανάλυση ευαισθησίας σε μεταβολές της τιμής πώλησης και αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

4.1 Εισαγωγή

Αρχικά παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της τεχνοοικονομικής αξιολόγησης θεωρώντας διασυνδεδεμένη λειτουργία με το δίκτυο (λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι το νησί Τήνος που εξετάζεται ως θέση εγκατάστασης είναι διασυνδεδεμένο με το ηπειρωτικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, επομένως υπάρχει δυνατότητα διασύνδεσης του υβριδικού συστήματος στο δίκτυο). Γίνεται αναλυτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων για κάθε έναν από τους επτά τύπους υβριδικών συστημάτων και για τα τρία σενάρια φορτίου (χαμηλό, μέσο και υψηλό) ενώ στη συνέχεια προτείνεται το συνολικά βέλτιστο σύστημα. Ακολουθεί η παρουσίαση των αντίστοιχων (συνολικών) αποτελεσμάτων σε περίπτωση αυτόνομης λειτουργίας του συστήματος, έτσι ώστε να προκύψουν τα αντίστοιχα συμπεράσματα από τη σύγκρισή τους. Τα αποτελέσματα για την αυτόνομη λειτουργία έχουν ληφθεί από την εργασία [1]. Τέλος, παρουσιάζονται τέσσερα σενάρια στα οποία πραγματοποιείται ανάλυση ευαισθησίας των αποτελεσμάτων στην περίπτωση διασυνδεδεμένης λειτουργίας για διάφορες τιμές αγοράς και πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας. Ειδικότερα, εξετάζονται:

- Σενάριο με κόστος ενέργειας αυξημένο κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο (σταθερό κατά τη διάρκεια της ημέρας)
- Σενάριο με κόστος ενέργειας μειωμένο κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο (σταθερό κατά τη διάρκεια της ημέρας),

- Σενάριο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας αυξημένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο και
- Σενάριο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης μειωμένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο.

Η προσομοίωση των υβριδικών συστημάτων γίνεται με τη χρήση του λογισμικού Hybrid Optimization Model for Electric Renewables (HOMER), του National Renewable Energy Laboratory των Η.Π.Α..

Ο Πίνακας 4.1 περιλαμβάνει τα βασικά δεδομένα αξιολόγησης τα οποία είναι κοινά για όλα τα είδη των συστημάτων που εξετάζονται. Τα δεδομένα αυτά χωρίζονται σε οικονομικές παραμέτρους και τεχνικούς περιορισμούς που λαμβάνονται υπόψη κατά την προσομοίωση [1].

Οι γενικές οικονομικές παράμετροι είναι το επιτόκιο αναγωγής, το κόστος εκπομπών ρύπων και η τιμή του καυσίμου των Η/Ζ (δηλαδή της βενζίνης). Δεδομένου ότι και οι τρεις αυτές παράμετροι διέπονται από αβεβαιότητα, η επιλογή τους αποτελεί τη βασική παραδοχή που λαμβάνεται υπόψη κατά την προσομοίωση. Ως επιτόκιο αναγωγής λαμβάνεται το μέσο σταθμισμένο κόστος του συνολικού επενδύμενου κεφαλαίου, που συντίθεται από το κόστος των ιδίων και των δανειακών κεφαλαίων του επενδυτή. Στη μελέτη της παρούσας εργασίας λαμβάνεται επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία ίσο με 6% το οποίο αποτελεί μια αντιπροσωπευτική επιλογή για ποσοστά ιδίων κεφαλαίων και δανεισμού μιας μεικτής χρηματοδότησης της επένδυσης. Θα πρέπει ωστόσο να τονιστεί ότι δεδομένου ότι το επιτόκιο είναι κοινό για όλα τα συστήματα που εξετάζονται, η μεταβολή του δεν ενδέχεται να επηρεάσει τα συνολικά αποτελέσματα ως προς το βέλτιστο σύστημα. Η τιμή της βενζίνης λαμβάνεται ίση με 1,8€/lt. Υπάρχουν σημαντικές αβεβαιότητες ως προς την τιμή αυτή και η πιθανότητα αύξησής της είναι μεγάλη, ωστόσο η τιμή αυτή επηρεάζει αρνητικά μόνο τα συστήματα που περιλαμβάνουν Η/Ζ, τα οποία, όπως θα φανεί στη συνέχεια του κεφαλαίου είναι ούτως ή άλλως τα λιγότερο οικονομικά. Έτσι, περαιτέρω αύξηση της τιμής της βενζίνης δεν ενδέχεται να αλλάξει τη σύνθεση των αποτελεσμάτων αλλά να ενισχύσει τη διαφορά κόστους ανάμεσα στο βέλτιστο και τα λιγότερο οικονομικά συστήματα.

Οι τεχνικοί περιορισμοί είναι: μέγιστο ποσοστό μη εξυπηρετούμενου φορτίου, ελάχιστο ποσοστό διείσδυσης ΑΠΕ, εφεδρεία παραγωγής (εκφραζόμενη ως ποσοστό του φορτίου, των Α/Γ και των Φ/Β) και ο μέγιστος αριθμός φόρτισης των μπαταριών. Ως μέγιστο ποσοστό μη εξυπηρετούμενου φορτίου επιλέγεται το 3%, το οποίο είναι αρκετά μικρή τιμή ώστε να είναι αποδεκτή η ποιότητα εξυπηρέτησης του φορτίου και να μην ανεβαίνει σημαντικά το κόστος του συστήματος λόγω υπερδιαστασιολόγησης του εξοπλισμού. Η τιμή αυτή είναι πρακτικά συγκρίσιμη με τα ποσοστά εξυπηρέτησης σε έναν καταναλωτή που συνδέεται στο δίκτυο

(λόγω πιθανών μη προγραμματισμένων διακοπών από βλάβες κατά τη διάρκεια του έτους). Το ελάχιστο ποσοστό διείσδυσης ΑΠΕ λαμβάνεται ίσο με 0%, έτσι ώστε να μην επιβάλλεται περιορισμός για το πόσο θα πρέπει να συνεισφέρουν τα ΑΠΕ σε ένα υβριδικό σύστημα: αυτό σημαίνει ότι σε ένα σύστημα που περιλαμβάνει και μονάδες ΑΠΕ (όπως Α/Γ και Φ/Β) σε συνδυασμό με Η/Ζ και μπαταρίες, ο τελικός συνδυασμός μπορεί να περιλαμβάνει πολύ μικρό ή και καθόλου ποσοστό ΑΠΕ, εφόσον αυτό κριθεί οικονομικότερο. Η επιλογή αυτή έγινε ώστε να υπάρχει όσο το δυνατόν μεγαλύτερος εύρος χώρου εφικτών λύσεων κατά τη βελτιστοποίηση. Η εφεδρεία επιλέγεται ίση με 10% του φορτίου (σε κάθε ώρα της προσομοίωσης πρέπει δηλαδή να είναι σε θέση να λειτουργήσουν εφεδρικά μονάδες με ισχύ ίση με το 10% του φορτίου σε περίπτωση βλάβης κάποιων άλλων μονάδων), ποσοστό αρκετά υψηλό ώστε να καλύψει πιθανές τεχνικές βλάβες χωρίς να αυξήσει σημαντικά το κόστος του συστήματος. Εφόσον υπάρχουν μονάδες ΑΠΕ στο σύστημα, η εφεδρεία παραγωγής επιλέγεται ίση με 50% της παραγωγής τους εάν είναι Α/Γ και 25% της παραγωγής τους, εάν είναι Φ/Β. Τα ποσοστά αυτά έχουν επιλεγεί με κριτήριο την υψηλή μεταβλητότητα του ανέμου και της παραγωγής Α/Γ και τη σχετικά μικρότερη μεταβλητότητα παραγωγής των Φ/Β.

Πίνακας 4.1 Δεδομένα αξιολόγησης.

Οικονομικά Δεδομένα	
Επιτόκιο αναγωγής (%)	6
Κόστος εκπομπών ρύπων (€ / t_{CO_2}) (όταν λαμβάνονται υπόψη οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις)	100
Τιμή καυσίμου (βενζίνη) Η/Ζ (€/lt)	1,8
Τεχνικοί περιορισμοί	
Μέγιστο ποσοστό μη εξυπηρετούμενου φορτίου (%)	3
Ελάχιστο ποσοστό διείσδυσης ΑΠΕ (%)	0
Εφεδρεία παραγωγής (%του φορτίου)	10
Εφεδρεία παραγωγής (%της παραγωγής Α/Γ)	50
Εφεδρεία παραγωγής (%της παραγωγής Φ/Β)	25
Μέγιστος βαθμός φόρτισης μπαταριών (%)	80

4.2 Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα βέλτιστα συστήματα ανά κατηγορία για την εξεταζόμενη θέση εγκατάστασης. Σε κάθε περίπτωση «βέλτιστο» θεωρείται το σύστημα με το χαμηλότερο κόστος. Αυτό ισχύει για όλα τα συστήματα που εξετάζονται στη συνέχεια.

4.2.1 Υβριδικό σύστημα με Φ/Β

4.2.1.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 6.975€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 15.159€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,150€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 640€/έτος.

4.2.1.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 9.774€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 20.771€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,161€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 860€/έτος.

4.2.1.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 11.772€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 24.576€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,167€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 1002€/έτος.

4.2.1.4 Σύγκριση για τα διάφορα είδη φορτίου

Στο Σχήμα 4.1 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Φ/Β και μετατροπέας) για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται. Και στις τρεις περιπτώσεις, το κόστος των Φ/Β παραμένει το ίδιο και ίσο με 2.800€, ενώ σημαντική διαφορά σημειώνεται στο κόστος του μετατροπέα. Πιο συγκεκριμένα, το υψηλότερο κόστος αυτού καταγράφεται στο υψηλό φορτίο (με κόστος 8.972€) ενώ το χαμηλότερο κόστος αυτού καταγράφεται στο χαμηλό φορτίο (με κόστος 4.175€). Το μεγαλύτερο κόστος μετατροπέα στα μεγαλύτερα φορτία δικαιολογείται από το γεγονός ότι σε αυτά λαμβάνεται υπόψη χρήση

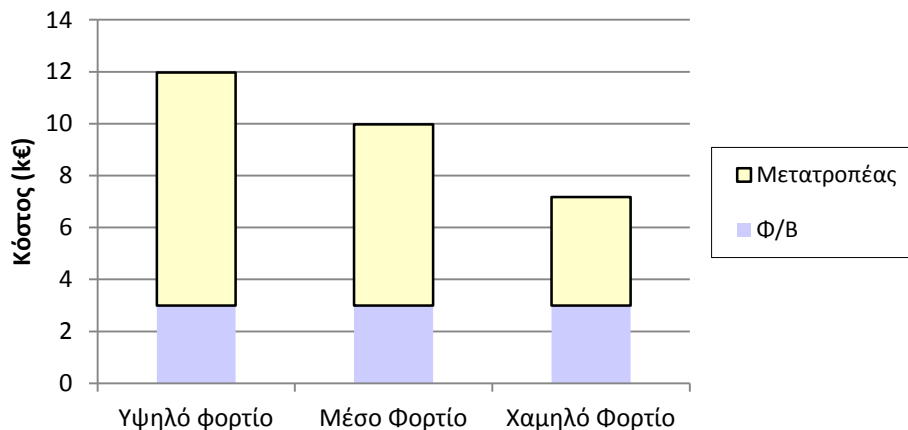
μεγαλύτερου μεγέθους μετατροπέα ώστε να καλύπτεται η αιχμή του εξυπηρετούμενου φορτίου.

4.2.1.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο Πίνακας 4.2 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Φ/Β για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται. Τα ποσοστά μη εξυπηρετούμενου φορτίου είναι μηδενικά, δεδομένου ότι σε περίπτωση που η παραγόμενη από το Φ/Β ενέργεια δεν επαρκεί για τις ανάγκες του φορτίου αυτό εξυπηρετείται από το δίκτυο. Αντίστοιχα, το ποσοστό περίσσειας ενέργειας είναι μηδενικό, αφού όταν το Φ/Β παράγει περισσότερη ενέργεια από τη ζήτηση του φορτίου, τότε αυτή διοχετεύεται στο δίκτυο.

Πίνακας 4.2 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Φ/Β για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται (σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με δίκτυο).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από δίκτυο	6.439	81	8.613	85	10.019	87
Παραγωγή ενέργειας από Φ/Β	1.519	19	1.519	15	1.519	13
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	0	0	0	0



Σχήμα 4.1: Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος Φ/Β για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται (σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με δίκτυο).

4.2.2 Υβριδικό σύστημα με Α/Γ

Σε αυτήν την περίπτωση παρατηρείται ότι για κάθε τύπο φορτίου είναι πιο οικονομικό να μην εγκατασταθούν Α/Γ και προτιμάται η εξολοκλήρου τροφοδότηση του εξεταζόμενου καταναλωτή από το δίκτυο. Κάτι τέτοιο εξηγείται από το μεγάλο κόστος εγκατάστασης των Α/Γ σε συνδυασμό με το μικρό ποσοστό ενέργειας που είναι σε θέση να τροφοδοτήσουν (κάτι που απαιτεί την οικονομικά ασύμφορη εγκατάσταση μεγάλου μεγέθους Α/Γ για την κάλυψη του φορτίου).

4.2.2.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα δεν περιλαμβάνει Α/Γ. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 0€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 10.078€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,100€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 788€/έτος.

4.2.2.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα δεν περιλαμβάνει Α/Γ. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 0€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 12.924€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,100€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 1.011€/έτος.

4.2.2.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα δεν περιλαμβάνει Α/Γ. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 0€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 14.743€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,100€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 1.153€/έτος.

4.2.2.4 Σύγκριση για τα διάφορα είδη φορτίου

Στο Σχήμα 4.2 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Α/Γ, μετατροπέας) για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται. Και στις τρεις περιπτώσεις, παρατηρείται ότι το κόστος είναι μηδενικό, διότι η απαιτούμενη ισχύς καλύπτεται εξ' ολοκλήρου από το δίκτυο.

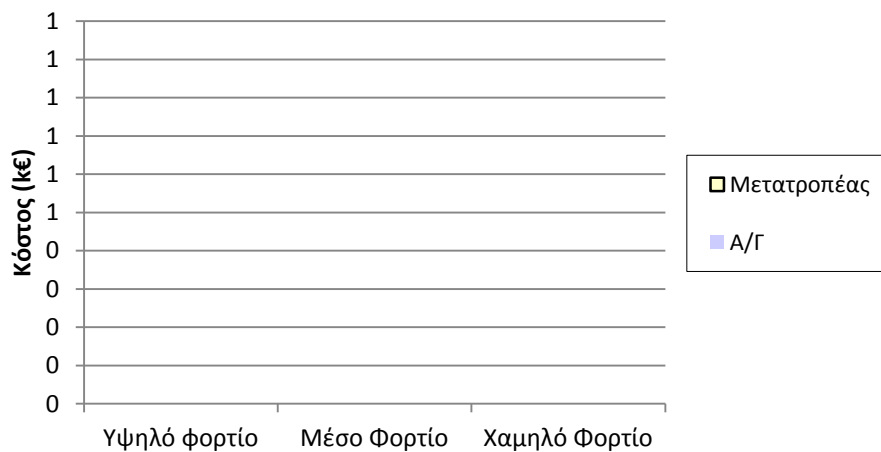
4.2.2.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο Πίνακας 4.3 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Α/Γ. Τα ποσοστά μη εξυπηρετούμενου φορτίου και περίσσειας ενέργειας είναι

και στις τρεις περιπτώσεις μηδενικά. Επιπλέον, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η παραγωγή ενέργειας από Α/Γ είναι μηδενική, διότι η παραγωγή καλύπτεται εξ' ολοκλήρου από το δίκτυο.

Πίνακας 4.3 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Α/Γ για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται (σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με δίκτυο).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από το δίκτυο	7.883	100	10.110	100	11.533	100
Παραγωγή ενέργειας από Α/Γ	0	0	0	0	0	0
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	0	0	0	0



Σχήμα 4.2: Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος Α/Γ για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται (σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με δίκτυο).

4.2.3 Υβριδικό σύστημα με Η/Ζ

4.2.3.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από δύο Η/Ζ ισχύος 1kW και 2kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 2.100€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 11.701€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος

ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,116€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 751€/έτος.

4.2.3.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από δύο Η/Ζ ισχύος 1kW και 2kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 2.100€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 14.547€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,113€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 974€/έτος.

4.2.3.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα δεν αποτελείται Η/. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 0€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 14.744€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,100€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 1.153€/έτος.

4.2.3.4 Σύγκριση για τα διάφορα είδη φορτίου

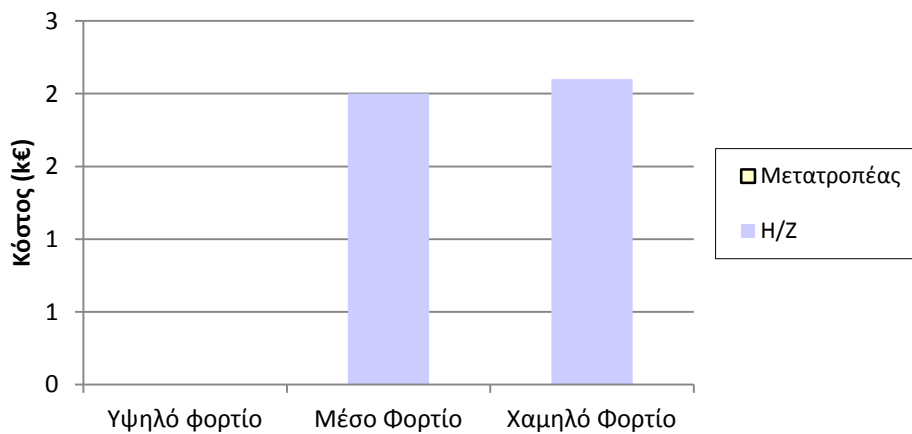
Στο Σχήμα 4.3 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Η/Ζ και μετατροπέας) για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Στην περίπτωση χαμηλού και μέσου φορτίου, παρατηρείται ότι το κόστος αφορά εξ' ολοκλήρου τα Η/Ζ, διότι το κόστος του μετατροπέα είναι και στις 3 περιπτώσεις μηδενικό (δε χρειάζεται μετατροπέας σε συστήματα που δεν περιλαμβάνουν Φ/Β). Επίσης, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, το κόστος εγκατάστασης στο υψηλό φορτίο είναι 0.

4.2.3.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο Πίνακας 4.4 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Η/Ζ. Και στις 3 περιπτώσεις φορτίων, παρατηρείται ότι η παραγωγή ενέργειας από Η/Ζ, το μη εξυπηρετούμενο φορτίο, καθώς και η περίσσεια ενέργειας είναι 0. Η παραγωγή ενέργειας γίνεται αποκλειστικά μέσω του δικτύου. Από τον πίνακα αυτό παρατηρείται ότι παρά το γεγονός ότι για το χαμηλό και μέσο φορτίο κρίθηκε σκόπιμη η εγκατάσταση Η/Ζ, τελικά δε χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας επειδή είναι πλέον οικονομική η αγορά της από το δίκτυο.

Πίνακας 4.4 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με δίκτυο).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από δίκτυο	7.883	100	10.110	100	11.534	100
Παραγωγή ενέργειας από Η/Ζ	0	0	0	0	0	0
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	0	0	0	0



Σχήμα 4.3: Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με δίκτυο).

4.2.4 Υβριδικό σύστημα με Φ/Β, Η/Ζ

4.2.4.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW και ένα Η/Ζ ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 7.805€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 15.800€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,157€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 625€/έτος.

4.2.4.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW, ένα Η/Ζ ισχύος 1 kW και ένα Η/Ζ ισχύος 2 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 11.874€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 22.394€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,173€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 823€/έτος.

4.2.4.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW, ένα Η/Ζ ισχύος 1 kW και ένα Η/Ζ ισχύος 2 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 13.872€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 26.199€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,178€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 964€/έτος.

4.2.4.4 Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου

Στο Σχήμα 4.4 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Φ/Β, Η/Ζ και μετατροπέας) για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Και στις τρεις περιπτώσεις, τα Φ/Β και ο μετατροπέας αποτελούν τα πιο ακριβά μέρη του συστήματος. Το κόστος των Η/Ζ στο υψηλό και στο μεσαίο φορτίο είναι ίδιο και ίσο με 2.100€, ενώ στο χαμηλό φορτίο ίσο με 830€.

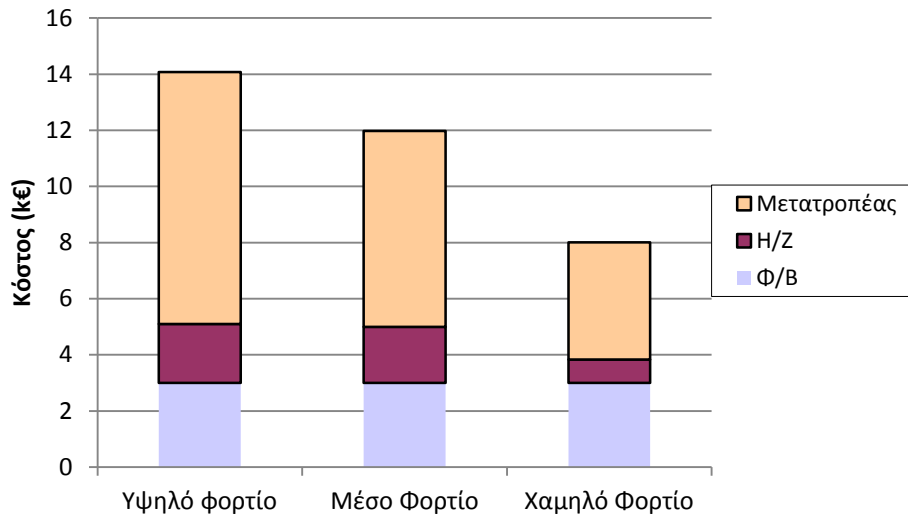
4.2.4.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο Πίνακας 4.5 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Φ/Β-Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Παρατηρείται ότι και στα 3 φορτία η παραγωγή ενέργειας γίνεται αποκλειστικά από το δίκτυο και από τα Φ/Β, και καθόλου από Η/Ζ, και ιδιαίτερα τα μεγαλύτερα ποσοστά παραγωγής ενέργειας που παράγονται, είναι μέσω του δικτύου. Κατόπιν, και στις τρεις περιπτώσεις φορτίου το μη εξυπηρετούμενο φορτίο και η περίσσεια ενέργειας είναι 0.

Πίνακας 4.5 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Φ/Β-Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με δίκτυο).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από δίκτυο	6.439	81	8.613	85	10.019	87

Παραγωγή ενέργειας από Η/Ζ	0	0	0	0	0	0
Παραγωγή ενέργειας από Φ/Β	1.519	19	1.519	15	1.519	13
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	0	0	0	0



Σχήμα 4.4: Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος Φ/Β-Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με δίκτυο).

4.2.5 Υβριδικό σύστημα με Α/Γ, Η/Ζ

Όπως στην περίπτωση των συστημάτων μόνο με Α/Γ, έτσι και σε αυτήν την περίπτωση παρατηρείται ότι δεν περιλαμβάνονται Α/Γ στα συνολικά βέλτιστα συστήματα, λόγω του υψηλού κόστους τους.

4.2.5.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Λόγω της σύνδεσης με το δίκτυο, το οποίο μπορεί να καλύψει το ημερήσιο φορτίο, το σύστημά μας απαιτεί μόνο τη χρήση 1 Η/Ζ ισχύος 1 kVA. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 830€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 10.719€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,106€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 774€/έτος.

4.2.5.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται, όπως και στην προηγούμενη περίπτωση από 1 Η/Ζ ισχύος 1. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 830€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 13.565€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,105€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 996€/έτος.

4.2.5.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 1 Η/Ζ ισχύος 1 kVA (ίδια διαμόρφωση με τις προηγούμενες περιπτώσεις). Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 830€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 15.385€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,104€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 1.139€/έτος.

4.2.5.4 Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου

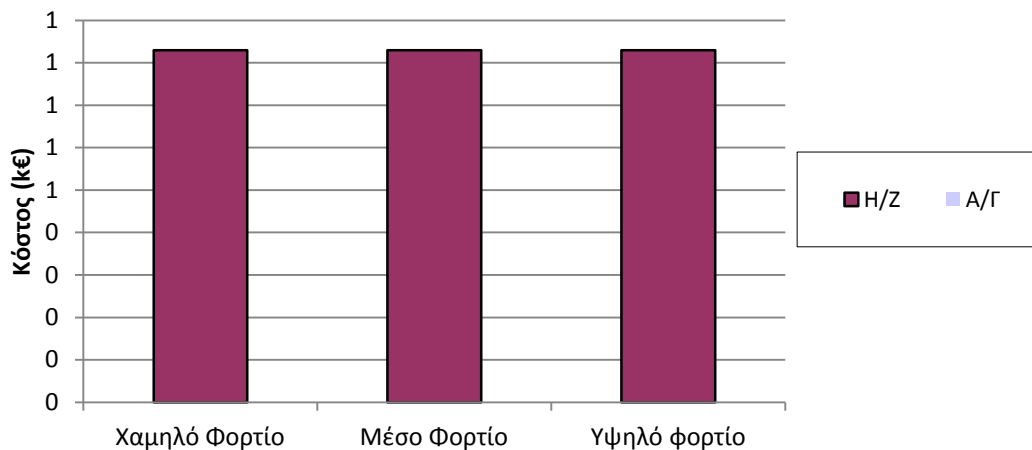
Στο Σχήμα 4.5 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Α/Γ, Η/Ζ) για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Και στις τρεις περιπτώσεις, το Η/Ζ αποτελεί τη μοναδική συνιστώσα του συστήματος.

4.2.5.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο Πίνακας 4.6 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Α/Γ-Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Τα ποσοστά μη εξυπηρετούμενου φορτίου, περίσσειας ενέργειας καθώς και η παραγωγή ενέργειας από Η/Ζ είναι μηδέν. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το δίκτυο καλύπτει εξ ολοκλήρου το ημερήσιο φορτίο.

Πίνακας 4.6 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Α/Γ-Η/Ζ-Δίκτυο για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (σενάρια διασυνδεδεμένης λειτουργίας με δίκτυο).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από Η/Ζ	0	0	0	0	0	0
Παραγωγή ενέργειας από Α/Γ	0	0	0	0	0	0
Συναλλαγές δικτύου	7.883	100	10.110	100	11.533	100
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	0	0	0	0



Σχήμα 4.5: Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος Α/Γ-Η/Ζ-Δίκτυο για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με δίκτυο).

4.2.6 Υβριδικό σύστημα με Α/Γ, Φ/Β

4.2.6.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 1 Α/Γ ισχύος 3 kW, Φ/Β ισχύος 1 kW και μετατροπέα 6,74kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 14.542€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 13.606€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,135€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με -73€/έτος.

4.2.6.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 1 Α/Γ ισχύος 6 kW, Φ/Β ισχύος 1 kW και μετατροπέα 6,74kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 22.768€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 17.408€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,135€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με -419€/έτος¹.

4.2.6.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 1 Α/Γ ισχύος 6 kW, Φ/Β ισχύος 1 kW και μετατροπέα 6,74kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 24.766€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με

¹ Το κόστος λειτουργίας εμφανίζεται αρνητικό λόγω της πώλησης της ενέργειας που παράγεται από τα Φ/Β και τις Α/Γ στο δίκτυο (το ίδιο ισχύει και για τις υπόλοιπες περιπτώσεις συστημάτων που εμφανίζουν αρνητικό κόστος λειτουργίας).

20.174€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,137€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με -359€/έτος.

4.2.6.4 Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου

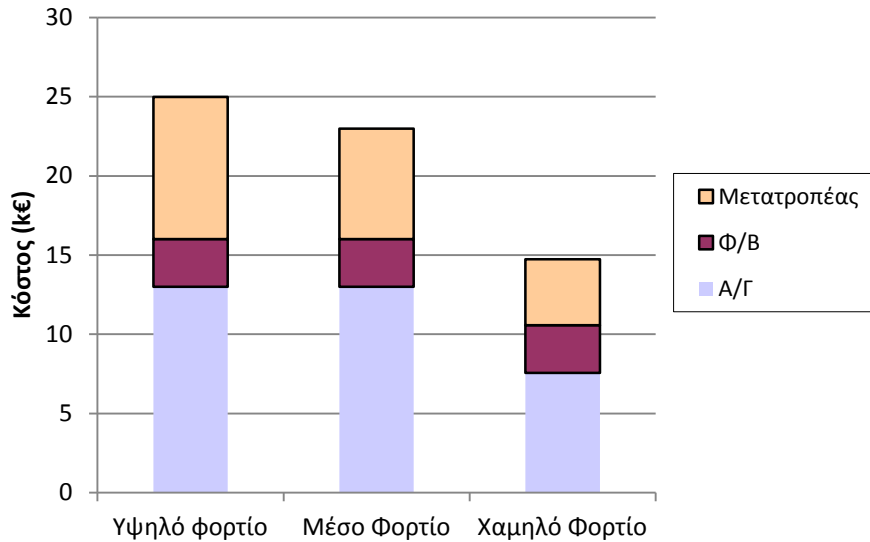
Στο Σχήμα 4.6 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Α/Γ, Φ/Β, και μετατροπέας) για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Οι Α/Γ αποτελούν και στις τρεις περιπτώσεις την πιο ακριβή συνιστώσα του συστήματος, ενώ ακολουθούν ο μετατροπέας και τα Φ/Β.

4.2.6.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο Πίνακας 4.7 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Α/Γ-Φ/Β-δίκτυο για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Το υψηλό φορτίο καλύπτεται κατά 5% από Φ/Β, 86% από Α/Γ και 9% από το δίκτυο, το μέσο καλύπτεται κατά 5% από Φ/Β, 88% από Α/Γ και 7% από το δίκτυο ενώ το χαμηλό καλύπτεται κατά 9% από Φ/Β, 80% από Α/Γ και 11% από το δίκτυο. Τα ποσοστά περίσσειας ενέργειας είναι αρκετά μικρά (0% υψηλό- 2,89% μέσο- 0,12% χαμηλό) ενώ τα μη εξυπηρετούμενα φορτία είναι μηδενικά.

Πίνακας 4.7 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Α/Γ-Φ/Β-Δίκτυο για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με δίκτυο)

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από Φ/Β	1.519	9	1.519	5	1.519	5
Παραγωγή ενέργειας από Α/Γ	13.681	80	27.061	88	27.061	86
Συναλλαγές δικτύου	1.876	11	2.162	7	2.769	9
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	19,9	0,12	889	2,89	0,0006	0



Σχήμα 4.6 Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος A/Γ-Φ/Β-Δίκτυο για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με δίκτυο).

4.2.7 Υβριδικό σύστημα με A/Γ, Φ/Β, H/Z

4.2.7.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 1 A/Γ ισχύος 3 kW, Φ/Β ισχύος 1 kW, 1 H/Z ισχύος 1kVA, 1 μετατροπέας 3,13kW και 1.000kW δίκτυο. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 15.372€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 14.260€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,142€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με -87€/έτος.

4.2.7.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 1 A/Γ ισχύος 6 kW, Φ/Β ισχύος 1 kW, 1 H/Z ισχύος 1kVA και μετατροπέας 5,24 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 23.598€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 18.049€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,140€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με -434€/έτος.

4.2.7.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 1 Α/Γ ισχύος 6 kW, Φ/Β ισχύος 1 kW, 1 Η/Ζ ισχύος 1kVA και μετατροπέα 6,74 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 25.596€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 20.816€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,141€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με -374€/έτος.

4.2.7.4 Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου

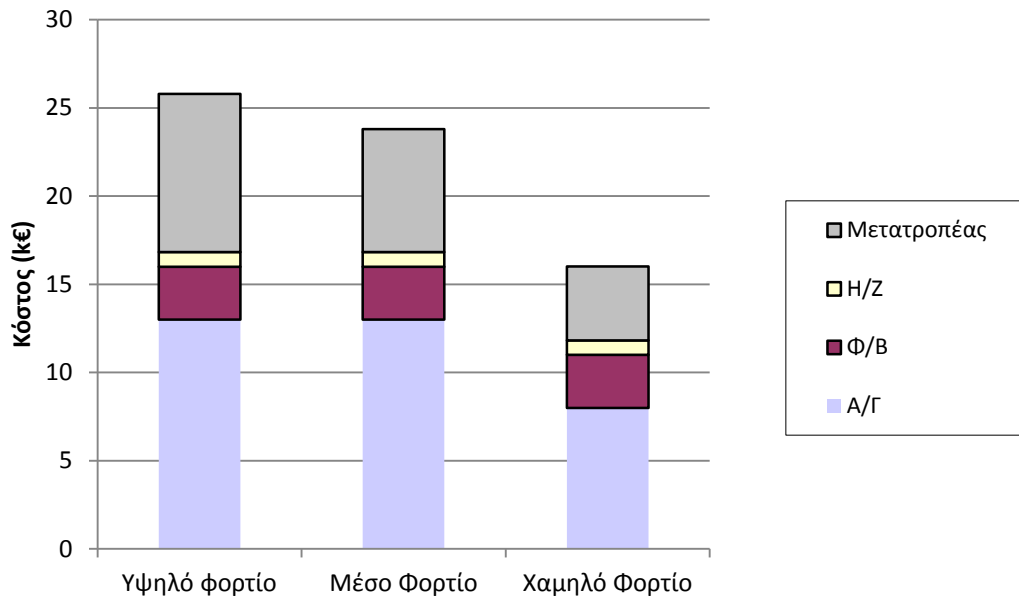
Στο Σχήμα 4.7 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Α/Γ, Φ/Β, Η/Ζ, και μετατροπέας) για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Και στις τρεις περιπτώσεις, το Η/Ζ αποτελεί το πιο φτηνό κομμάτι του συστήματος, ενώ ακολουθούν τα Φ/Β, ο μετατροπέας και οι Α/Γ.

4.2.7.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο Πίνακας 4.8 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Α/Γ-Φ/Β-Η/Ζ-δίκτυο για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Παρατηρείται ότι τα ποσοστά και τα νούμερα παραγωγής ενέργειας παραμένουν ίδια με τη προηγούμενη περίπτωση (Α/Γ-Φ/Β-δίκτυο) παρόλο που προστίθεται στο σύστημα το Η/Ζ (όπου δε καλύπτει καθόλου από το φορτίο). Το ίδιο ισχύει και για το μη εξυπηρετούμενο φορτίο και για τη περίσσεια ενέργειας.

Πίνακας 4.8 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Α/Γ-Φ/Β-Η/Ζ-Δίκτυο για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με δίκτυο).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από Φ/Β	1.519	9	1.519	5	1.519	5
Παραγωγή ενέργειας από Α/Γ	13.681	80	27.061	88	27.061	86
Παραγωγή ενέργειας από Η/Ζ	0	0	0	0	0	0
Συναλλαγές δικτύου	1.876	11	2.162	7	2.769	9
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	19,9	0,12	889	2,89	0,0006	0



Σχήμα 4.7 Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος A/Γ-Φ/B-H/Z-μετατροπέα για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με δίκτυο).

4.2.8 Επιλογή συνολικά βέλτιστου συστήματος

Στην παράγραφο αυτή συγκρίνονται τα βέλτιστα από κάθε είδος υβριδικού συστήματος και επιλέγεται το είδος που αντιστοιχεί στο συνολικά χαμηλότερο κόστος. Ο Πίνακας 4.9, ο Πίνακας 4.10 και ο Πίνακας 4.11 συνοψίζουν τα αποτελέσματα κόστους και ενεργειακής απόδοσης για τα 7 σενάρια υβριδικών συστημάτων που εξετάστηκαν στην περίπτωση χαμηλού, μέσου και υψηλού φορτίου, αντίστοιχα. Η σύγκριση του συνολικού κόστους, της ποσοστιαίας διαφοράς συνολικού κόστους σε σχέση με το οικονομικότερο σύστημα, του μέσου ανηγμένου κόστους ενέργειας και του μέσου ετήσιου κόστους λειτουργίας φαίνεται στο Σχήμα 4.8, Σχήμα 4.9, Σχήμα 4.10, Σχήμα 4.11 και Σχήμα 4.12.

Πίνακας 4.9 Σύγκριση κόστους και ενεργειακής απόδοσης των 7 υβριδικών συστημάτων στην περίπτωση χαμηλού φορτίου (σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με δίκτυο)

	Συνολικό κόστος (€)	Κόστος εγκατάστασης (€)	Μέσο ανηγμένο κόστος λειτουργίας (€/έτος)	Μέσο ανηγμένο κόστος ενέργειας (€/kWh)	Μη εξυπηρετούμενο φορτίο (%)	Περίσσεια ενέργειας (%)
Φ/Β-Α/Γ-Δίκτυο	13606	14542	-73	0,135	0	0,12
Α/Γ-Δίκτυο	10078	0	788	0,1	0	0
Φ/Β-Α/Γ-Η/Ζ-Δίκτυο	14260	15372	-87	0,142	0	0,12
Α/Γ-Η/Ζ-Δίκτυο	10719	830	774	0,106	0	0
Φ/Β-Δίκτυο	15159	6975	640	0,15	0	0
Φ/Β-Η/Ζ-Δίκτυο	15800	7805	625	0,157	0	0
Η/Ζ-Δίκτυο	11701	2100	751	0,116	0	0

Πίνακας 4.10 Σύγκριση κόστους και ενεργειακής απόδοσης των 7 υβριδικών συστημάτων στην περίπτωση μέσου φορτίου (σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με δίκτυο).

	Συνολικό κόστος (€)	Κόστος εγκατάστασης (€)	Μέσο ανηγμένο κόστος λειτουργίας (€/έτος)	Μέσο ανηγμένο κόστος ενέργειας (€/kWh)	Μη εξυπηρετούμενο φορτίο (%)	Περίσσεια ενέργειας (%)
Φ/Β-Α/Γ-Δίκτυο	17408	22768	-419	0,135	0	2,89
Α/Γ-Δίκτυο	12924	0	1011	0,1	0	0
Φ/Β-Α/Γ-Η/Ζ-Δίκτυο	18049	23598	-434	0,14	0	2,89
Α/Γ-Η/Ζ-Δίκτυο	13565	830	996	0,105	0	0
Φ/Β-Δίκτυο	20771	9774	860	0,161	0	0
Φ/Β-Η/Ζ-Δίκτυο	22394	11874	833	0,173	0	0

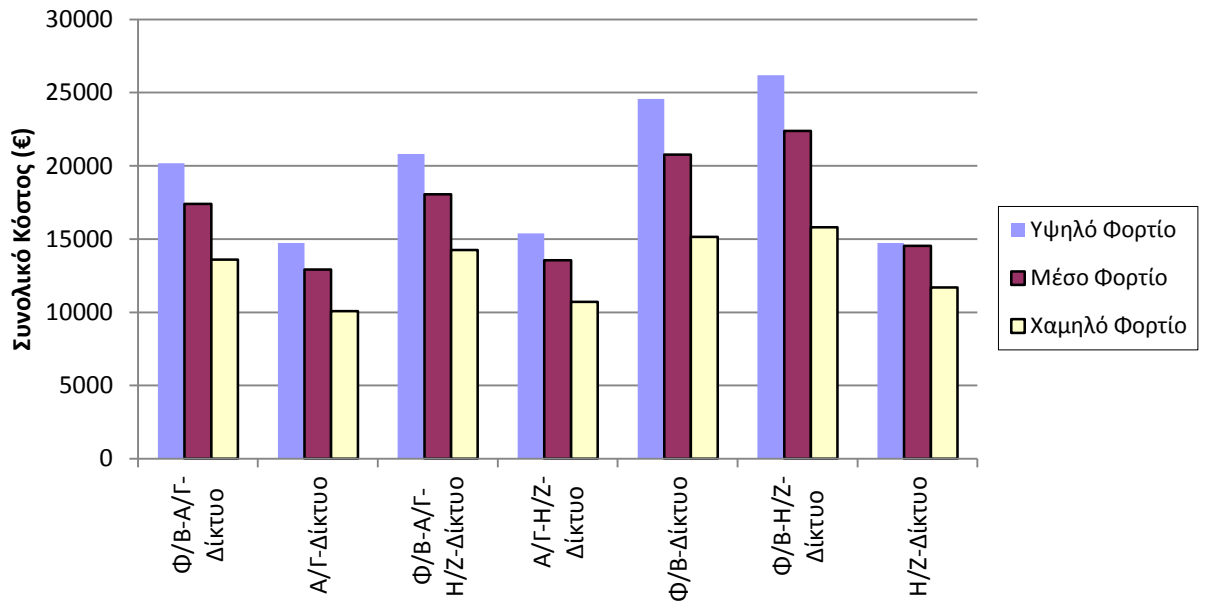
H/Z- Δίκτυο	14547	2100	974	0,113	0	0
------------------------	-------	------	-----	-------	---	---

Πίνακας 4.11 Σύγκριση κόστους και ενεργειακής απόδοσης των 7 υβριδικών συστημάτων στην περίπτωση υψηλού φορτίου (σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με δίκτυο)

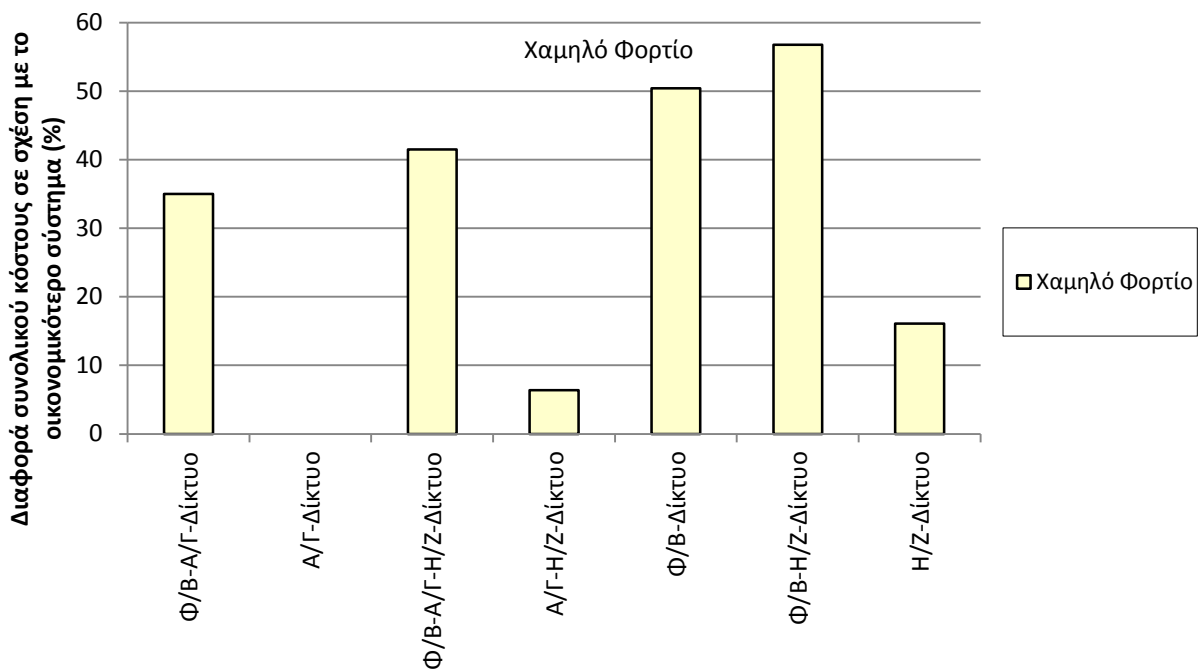
	Συνολικό κόστος (€)	Κόστος εγκατάστασης (€)	Μέσο ανηγμένο κόστος λειτουργίας (€/έτος)	Μέσο ανηγμένο κόστος ενέργειας (€/kWh)	Μη εξυπηρε τούμενο φορτίο (%)	Περίσ σεια ενέργει ας (%)
Φ/Β-Α/Γ- Δίκτυο	20174	24766	-359	0,137	0	0
Α/Γ- Δίκτυο	14743	0	1153	0,1	0	0
Φ/Β-Α/Γ- H/Z- Δίκτυο	20816	25596	-374	0,141	0	0
Α/Γ-H/Z- Δίκτυο	15385	830	1139	0,104	0	0
Φ/Β- Δίκτυο	24576	11772	1002	0,167	0	0
Φ/Β-H/Z- Δίκτυο	26199	13872	964	0,178	0	0
H/Z- Δίκτυο	14744	0	1153	0,1	0	0

Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων που παρουσιάζουν οι παραπάνω πίνακες προκύπτει το συμπέρασμα ότι και στις τρεις περιπτώσεις το οικονομικότερο σύστημα είναι αυτό που περιλαμβάνει συνδυασμό Α/Γ-Δίκτυο (δηλαδή πρακτικά μόνο τροφοδότηση από δίκτυο, αφού σε αυτήν την περίπτωση επιλέγεται να μην τοποθετηθούν Α/Γ). Ακολουθούν τα συστήματα των Η/Ζ-Δίκτυο και Α/Γ-Η/Ζ-Δίκτυο με μικρή διαφορά από το οικονομικότερο, ενώ τα υπόλοιπα συστήματα είναι πιο ακριβά με διαφορά κόστους που κυμαίνεται από 35-75%.

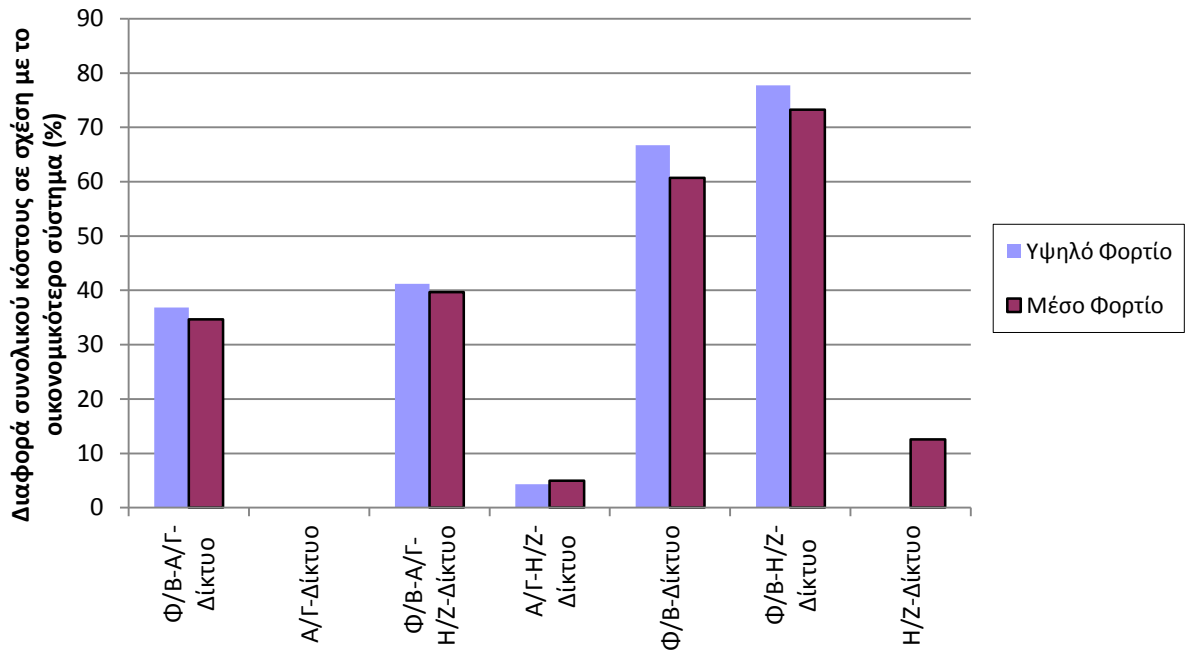
Επίσης, όπως φαίνεται στους πίνακες, τα αρχικά κόστη είναι πολύ χαμηλά, εκτός από κάποιες περιπτώσεις, ενώ, γενικώς, όλα τα συστήματα είναι πολύ οικονομικά. Αυτό οφείλεται κυρίως στη διασύνδεση των συστημάτων με το δίκτυο καθώς και στη πώληση της περίσσειας ενέργειας μέσω αυτού. Γι'αυτό και τα ποσοστά περίσσειας ενέργειας στα συστήματα είναι ανύπαρκτα, εκτός από δύο συστήματα στο χαμηλό φορτίο και δύο στο μέσο (Φ/Β-Α/Γ-Δίκτυο, Φ/Β-Α/Γ-Η/Ζ-Δίκτυο), όπου τα ποσοστά είναι μηδαμινά.



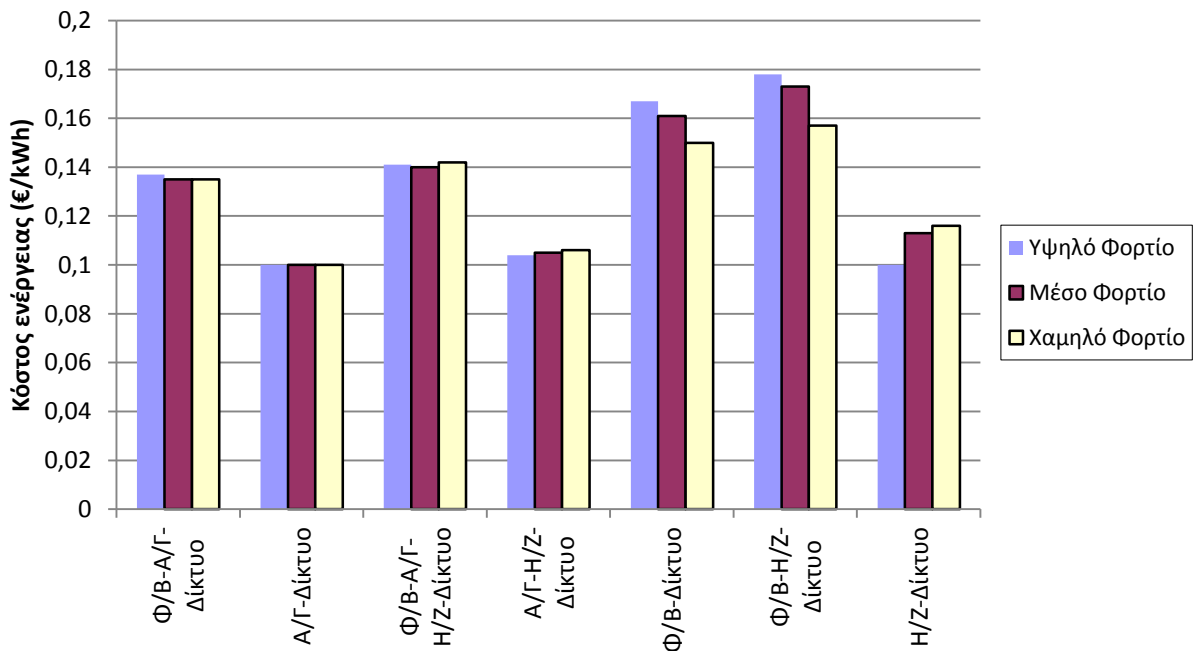
Σχήμα 4.8 Σύγκριση συνολικού κόστους υβριδικών συστημάτων (σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με δίκτυο).



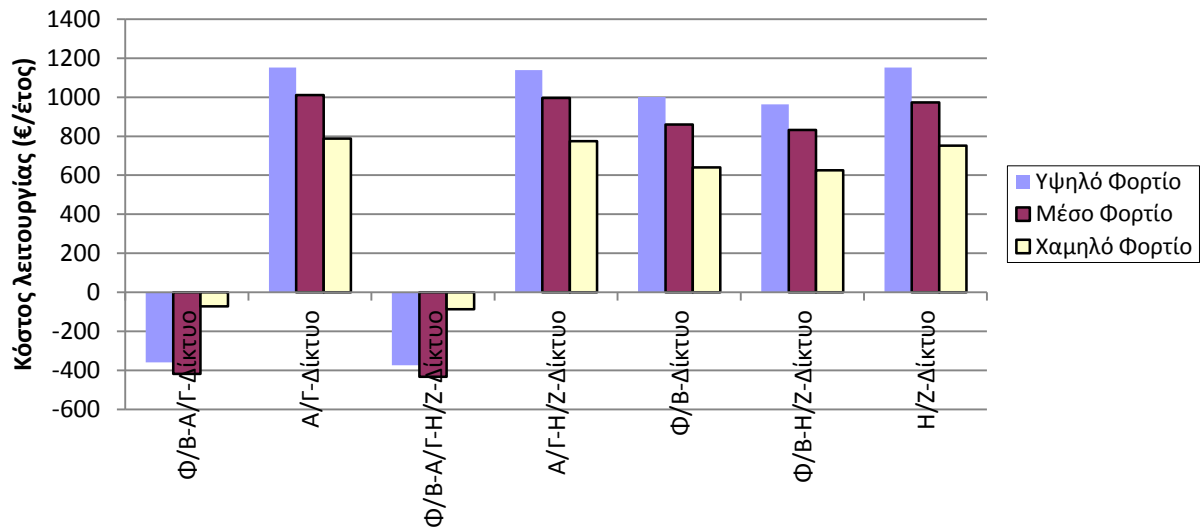
Σχήμα 4.9 Ποσοστιαία διαφορά συνολικού κόστους υβριδικών συστημάτων σε σχέση με το οικονομικότερο (σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με δίκτυο): (α) χαμηλό φορτίο



Σχήμα 4.10 Ποσοστιαία διαφορά συνολικού κόστους υβριδικών συστημάτων σε σχέση με το οικονομικότερο (σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με δίκτυο): (β) υψηλό φορτίο (γ) μέσο φορτίο



Σχήμα 4.11 Σύγκριση μέσου ανηγμένου κόστους ενέργειας υβριδικών συστημάτων (σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με δίκτυο).



Σχήμα 4.12 Σύγκριση μέσου ετήσιου ανηγμένου κόστους λειτουργίας υβριδικών συστημάτων (σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με δίκτυο).

ΣΕΝΑΡΙΟ ΑΥΤΟΝΟΜΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα με αυτά της προηγούμενης παραγράφου, θεωρώντας αυτόνομη λειτουργία του υβριδικού συστήματος (χωρίς δυνατότητα διασύνδεσης στο δίκτυο). Παρουσιάζονται τα συνολικά συγκριτικά αποτελέσματα, τα οποία έχουν ληφθεί από την εργασία του Ευαγγελόπουλου (2012).

Επιλογή συνολικά βέλτιστου συστήματος

Στην παράγραφο αυτή συγκρίνονται τα βέλτιστα από κάθε είδος υβριδικού συστήματος και επιλέγεται το είδος που αντιστοιχεί στο συνολικά χαμηλότερο κόστος. Ο Πίνακας 4.12, ο Πίνακας 4.13 και ο Πίνακας 4.14 συνοψίζουν τα αποτελέσματα κόστους και ενεργειακής απόδοσης για τα 7 σενάρια υβριδικών συστημάτων που εξετάστηκαν στην περίπτωση χαμηλού, μέσου και υψηλού φορτίου, αντίστοιχα. Η σύγκριση του συνολικού κόστους, της ποσοστιαίας διαφοράς συνολικού κόστους σε σχέση με το οικονομικότερο σύστημα, του μέσου ανηγμένου κόστους ενέργειας και του μέσου ετήσιου κόστους λειτουργίας φαίνεται στο Σχήμα 4.13, το Σχήμα 4.14 (επειδή ο οικονομικότερος συνδυασμός είναι διαφορετικός για το χαμηλό φορτίο, η σύγκριση της ποσοστιαίας διαφοράς γίνεται στο (α) για το χαμηλό φορτίο και στο (β) για μέσο και υψηλό φορτίο), το Σχήμα 4.15 και το Σχήμα 4.16, αντίστοιχα.

Πίνακας 4.12 Σύγκριση κόστους και ενεργειακής απόδοσης των 7 υβριδικών συστημάτων στην περίπτωση χαμηλού φορτίου (σενάριο 1 γεωγραφικής θέσης).

	Συνολικό κόστος (€)	Κόστος εγκατάστασης (€)	Μέσο ανηγμένο κόστος λειτουργίας (€/έτος)	Μέσο ανηγμένο κόστος ενέργειας (€/kWh)	Μη εξυπηρετούμενο φορτίο (%)	Περίσσεια ενέργειας (%)
Φ/Β-Α/Γ-μπαταρίες	44.291	35.399	696	0,44	0,1	72,8
Α/Γ-μπαταρίες	47.046	39.736	572	0,477	2,1	79,1
Φ/Β-Α/Γ-Η/Ζ-μπαταρίες	37.893	34.742	246	0,383	1,8	60,0
Α/Γ-Η/Ζ-μπαταρίες	54.561	37.566	1.329	0,543	0,3	78,9
Φ/Β-μπαταρίες	60.076	56.375	289	0,61	2,2	34,8
Φ/Β-Η/Ζ-μπαταρίες	68.896	54.205	1.149	0,685	0,1	34,7
Η/Ζ-μπαταρίες	140.215	12.275	10.008	1,391	0,0	0,0

Πίνακας 4.13 Σύγκριση κόστους και ενεργειακής απόδοσης των 7 υβριδικών συστημάτων στην περίπτωση μέσου φορτίου (σενάριο 1 γεωγραφικής θέσης).

	Συνολικό κόστος (€)	Κόστος εγκατάστασης (€)	Μέσο ανηγμένο κόστος λειτουργίας (€/έτος)	Μέσο ανηγμένο κόστος ενέργειας (€/kWh)	Μη εξυπηρετούμενο φορτίο (%)	Περίσσεια ενέργειας (%)
Φ/Β-Α/Γ-μπαταρίες	46.903	43.341	279	0,371	2,1	52,1
Α/Γ-μπαταρίες	59.821	50.962	693	0,473	2,1	79,8
Φ/Β-Α/Γ-Η/Ζ-μπαταρίες	54.133	43.998	793	0,42	0,3	66,8
Α/Γ-Η/Ζ-μπαταρίες	67.316	46.365	1.639	0,527	1,1	73
Φ/Β-μπαταρίες	71.886	67.774	322	0,571	2,5	32,2
Φ/Β-Η/Ζ-μπαταρίες	76.083	56.104	1.563	0,589	0	19,6
Η/Ζ-μπαταρίες	187.325	21.000	13.011	1,449	0	0

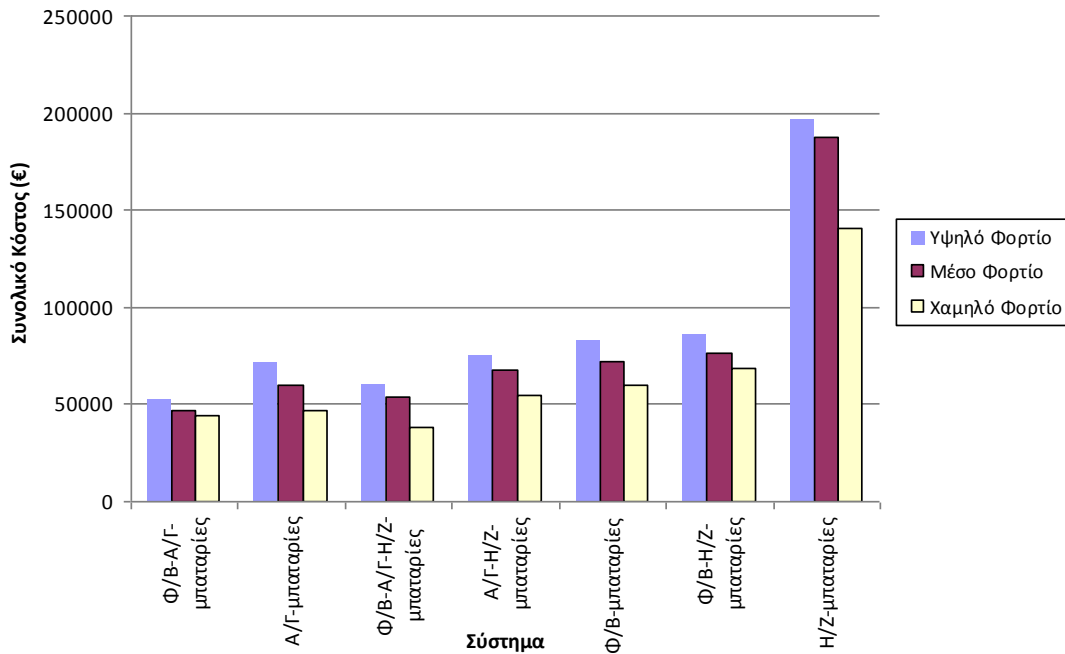
Πίνακας 4.14 Σύγκριση κόστους και ενεργειακής απόδοσης των 7 υβριδικών συστημάτων στην περίπτωση υψηλού φορτίου (σενάριο 1 γεωγραφικής θέσης).

	Συνολικό κόστος (€)	Κόστος εγκατάστασης (€)	Μέσο ανηγγμένο κόστος λειτουργίας (€/έτος)	Μέσο ανηγγμένο κόστος ενέργειας (€/kWh)	Μη εξυπηρετούμενο φορτίο (%)	Περίσσεια ενέργειας (%)
Φ/Β-Α/Γ-μπαταρίες	51.701	48.139	279	0,358	2	48,8
Α/Γ-μπαταρίες	71.559	60.537	863	0,496	2,1	81,6
Φ/Β-Α/Γ-Η/Ζ-μπαταρίες	59.887	48.796	868	0,408	0,3	63,8
Α/Γ-Η/Ζ-μπαταρίες	74.417	53.790	1.614	0,511	1,2	76,8
Φ/Β-μπαταρίες	82.478	78.172	337	0,573	2,3	39,5
Φ/Β-Η/Ζ-μπαταρίες	85.623	66.072	1.529	0,581	0,1	17,6
Η/Ζ-μπαταρίες	196.076	19.242	13.833	1,339	0	0

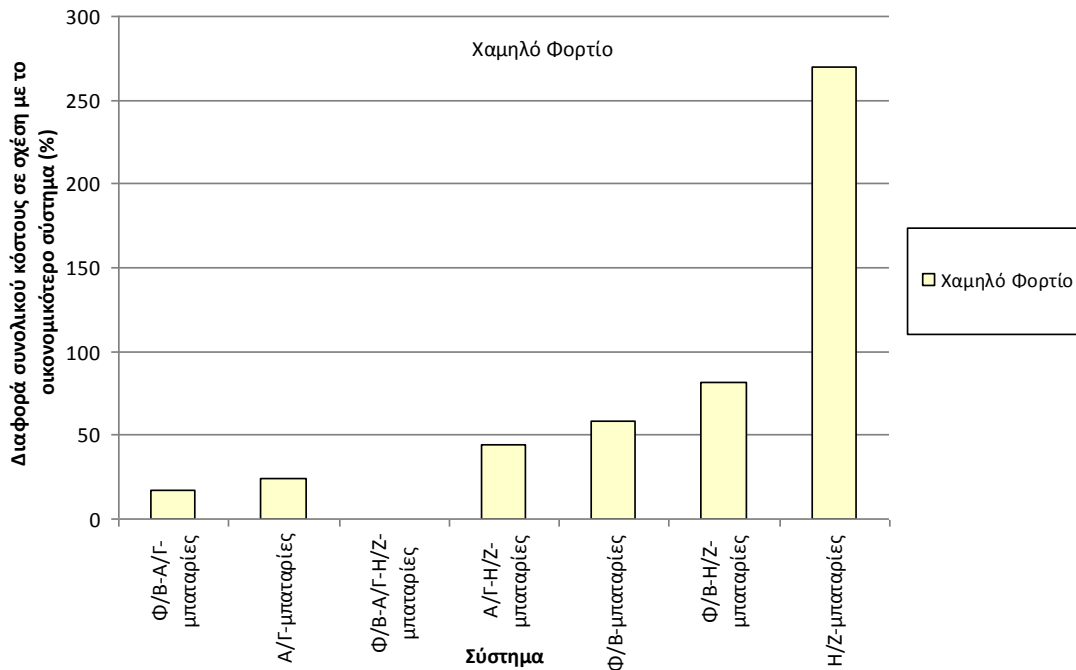
Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων που παρουσιάζουν οι παραπάνω πίνακες προκύπτει το συμπέρασμα ότι στην περίπτωση χαμηλού φορτίου το οικονομικότερο σύστημα είναι αυτό που περιλαμβάνει συνδυασμό Φ/Β-Α/Γ-Η/Ζ και μπαταριών. Αντίθετα, στην περίπτωση μέσου και υψηλού φορτίου το οικονομικότερο σύστημα είναι αυτό που περιλαμβάνει συνδυασμό Φ/Β-Α/Γ και μπαταριών. Σε κάθε περίπτωση, το σύστημα που περιλαμβάνει μόνο Η/Ζ και μπαταρίες είναι το ακριβότερο, με διαφορά κόστους έως και 300% σε σχέση με το φθηνότερο σύστημα. Αυτό οφείλεται στο υψηλό λειτουργικό κόστος του Η/Ζ (κόστος καυσίμου και συντήρησης), που καθιστά τη λύση αυτή ασύμφορη παρά το μικρό αρχικό κόστος επένδυσης.

Τα συστήματα με Α/Γ εμφανίζουν σημαντική περίσσεια ενέργειας, η οποία ωστόσο, δεδομένου ότι ο άνεμος ως πηγή ενέργειας έχει μηδενικό κόστος, δεν έχει αρνητική επίπτωση στην οικονομικότητα του συστήματος. Ωστόσο, η δυνατότητα διασύνδεσης με το δίκτυο και πώλησης της περίσσειας ενέργειας θα μπορούσε να αυξήσει σημαντικά την οικονομικότητα του συστήματος. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στο σύστημα με τη μεγαλύτερη περίσσεια ενέργειας, δηλαδή το σύστημα Α/Γ-μπαταρίες στην περίπτωση υψηλού φορτίου, το ποσοστό περίσσειας του 81,6% αντιστοιχεί σε 55.325kWh/έτος. Λαμβάνοντας τιμή πώλησης στο δίκτυο ίση με 0.25€/kWh, η πώληση της ετήσιας περίσσειας ενέργειας οδηγεί σε ετήσιο κέρδος ίσο με 13831,25€. Αθροίζοντας για τα 25 έτη και λαμβάνοντας υπόψη το επιτόκιο

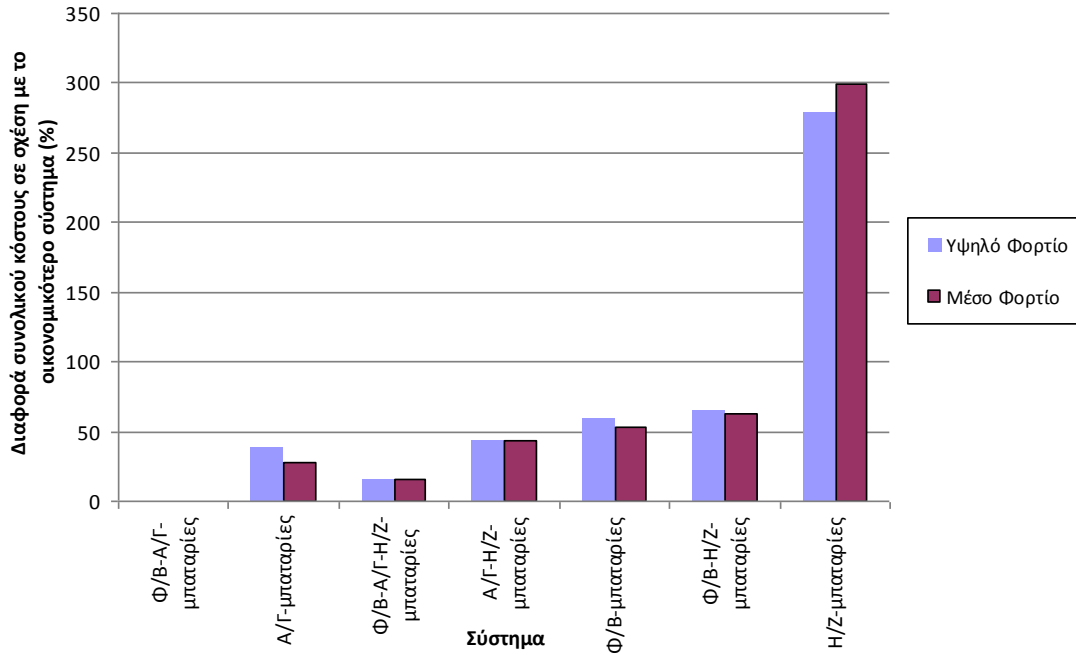
αναγωγής, το συνολικό κέρδος από την πώληση ενέργειας είναι ίσο με 66007€, κατεβάζοντας έτσι το συνολικό κόστος διάρκειας ζωής από 71.559€ σε $71.559-66007=5552€$. Ωστόσο η ανάλυση αυτή ξεφεύγει από το αντικείμενο της παρούσας εργασίας, στην οποία μελετώνται απομονωμένα συστήματα.



Σχήμα 4.13 Σύγκριση συνολικού κόστους υβριδικών συστημάτων (σενάριο απομονωμένης λειτουργίας).

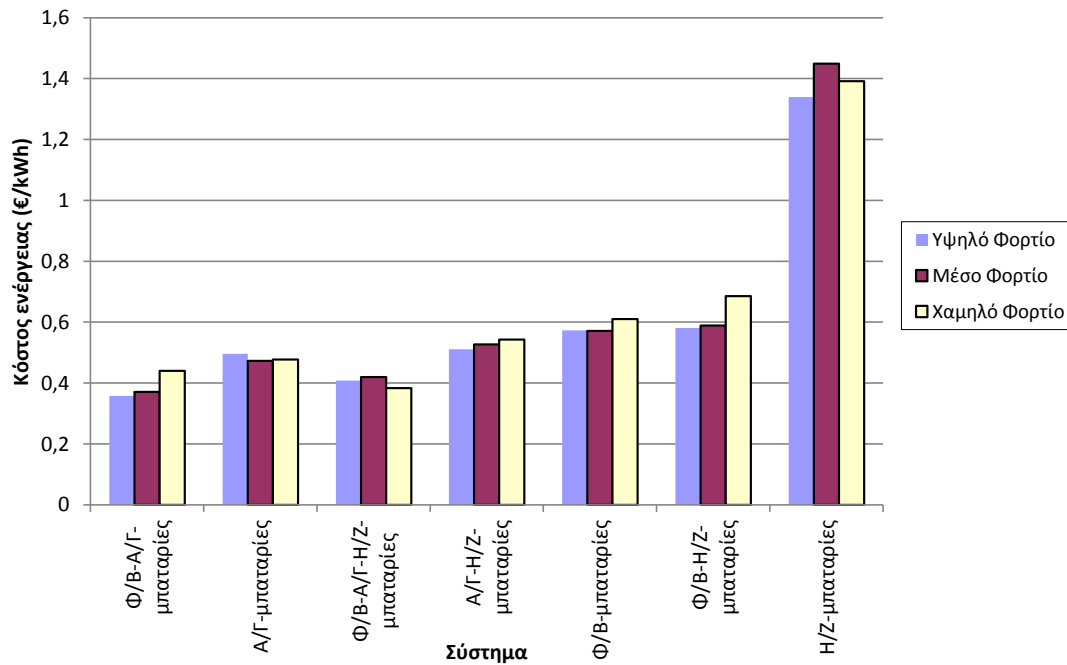


(α)

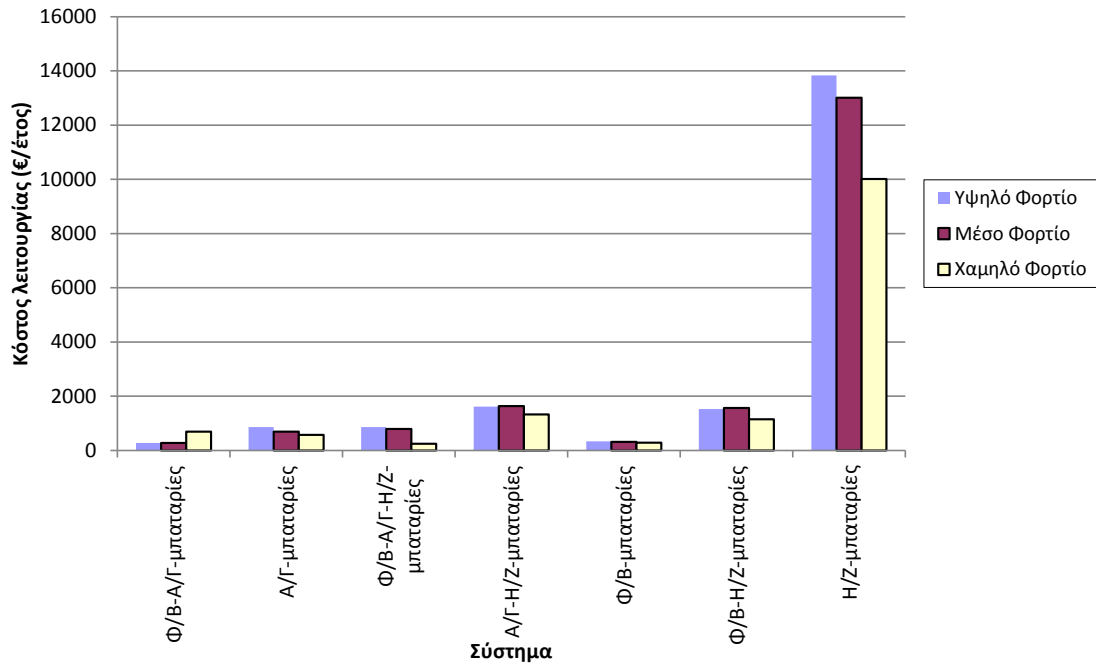


(β)

Σχήμα 4.14 Ποσοστιαία διαφορά συνολικού κόστους υβριδικών συστημάτων σε σχέση με το οικονομικότερο (σενάριο απομονωμένης λειτουργίας): (α) χαμηλό φορτίο (β) μέσο και υψηλό φορτίο



Σχήμα 4.15 Σύγκριση μέσου ανηγμένου κόστους ενέργειας υβριδικών συστημάτων (σενάριο απομονωμένης λειτουργίας).



Σχήμα 4.16 Σύγκριση μέσου ετήσιου ανηγμένου κόστους λειτουργίας υβριδικών συστημάτων (σενάριο απομονωμένης λειτουργίας).

4.3 Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με κόστος ενέργειας μειωμένο κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο

Επιλογή συνολικά βέλτιστου συστήματος²

Ο 0, ο 0 και ο 0 συνοψίζουν τα αποτελέσματα κόστους και ενεργειακής απόδοσης για τα 7 σενάρια υβριδικών συστημάτων που εξετάστηκαν στην περίπτωση χαμηλού, μέσου και υψηλού φορτίου, αντίστοιχα, για το Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με κόστος ενέργειας μειωμένο κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο. Η σύγκριση του συνολικού κόστους, της ποσοστιαίας διαφοράς συνολικού κόστους σε σχέση με το οικονομικότερο σύστημα, του μέσου ανηγμένου κόστους ενέργειας και του μέσου ετήσιου κόστους λειτουργίας φαίνεται στο 0, 0, 0 και 0.

² Στην περίπτωση των σεναρίων που παρουσιάζονται στις Παραγράφους 4.3-4.8 παρατίθενται μόνο τα συγκριτικά αποτελέσματα όλων των συστημάτων και η επιλογή βέλτιστου συστήματος ανά σενάριο, για λόγους καλύτερης παρουσίασης του κεφαλαίου. Τα αναλυτικά αποτελέσματα ανά περίπτωση παρατίθενται στο Παράρτημα.

Πίνακας 4.15 Σύγκριση κόστους και ενεργειακής απόδοσης των 7 υβριδικών συστημάτων στην περίπτωση χαμηλού φορτίου (σενάριο κόστους ενέργειας μειωμένο κατά 50%).

	Συνολικό κόστος (€)	Κόστος εγκατάστασης (€)	Μέσο ανηγμένο κόστος λειτουργίας (€/έτος)	Μέσο ανηγμένο κόστος ενέργειας (€/kWh)	Μη εξυπηρετούμενο φορτίο (%)	Περίσσεια ενέργειας (%)
Φ/Β-Α/Γ- δίκτυο	11043	6975	318	0,11	0	0
Α/Γ- δίκτυο	5039	0	394	0,05	0	0
Φ/Β-Α/Γ-Η/Ζ- δίκτυο	11684	7805	303	0,116	0	0
Α/Γ-Η/Ζ- δίκτυο	5680	830	379	0,056	0	0
Φ/Β- δίκτυο	11043	6975	318	0,11	0	0
Φ/Β-Η/Ζ- δίκτυο	11684	7805	303	0,116	0	0
Η/Ζ- δίκτυο	6662	2100	357	0,066	0	0

Πίνακας 4.16 Σύγκριση κόστους και ενεργειακής απόδοσης των 7 υβριδικών συστημάτων στην περίπτωση μέσου φορτίου (σενάριο κόστους ενέργειας μειωμένο κατά 50%).

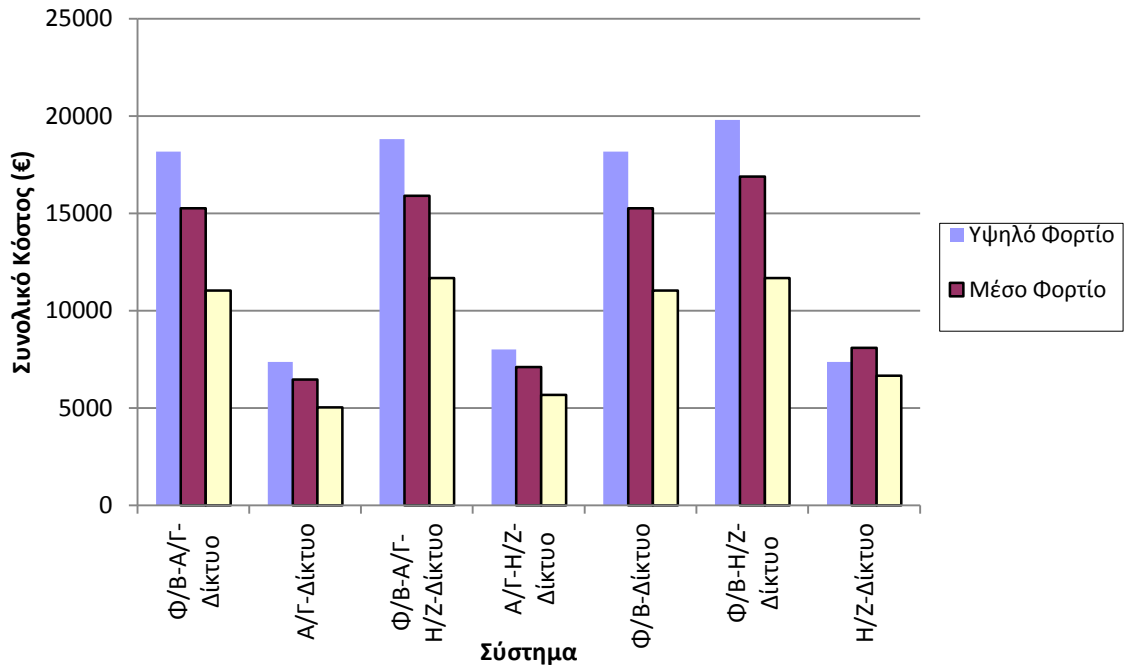
	Συνολικό κόστος (€)	Κόστος εγκατάστασης (€)	Μέσο ανηγμένο κόστος λειτουργίας (€/έτος)	Μέσο ανηγμένο κόστος ενέργειας (€/kWh)	Μη εξυπηρετούμενο φορτίο (%)	Περίσσεια ενέργειας (%)
Φ/Β-Α/Γ- δίκτυο	15265	9774	430	0,118	0	0
Α/Γ- δίκτυο	6462	0	506	0,05	0	0
Φ/Β-Α/Γ-Η/Ζ- δίκτυο	15907	10604	415	0,123	0	0
Α/Γ-Η/Ζ- δίκτυο	7103	830	491	0,055	0	0
Φ/Β- δίκτυο	15265	9774	430	0,118	0	0
Φ/Β-Η/Ζ- δίκτυο	16888	11874	392	0,131	0	0
Η/Ζ- δίκτυο	8085	2100	468	0,063	0	0

Πίνακας 4.17 Σύγκριση κόστους και ενεργειακής απόδοσης των 7 υβριδικών συστημάτων στην περίπτωση υψηλού φορτίου (σενάριο κόστους ενέργειας μειωμένο κατά 50%).

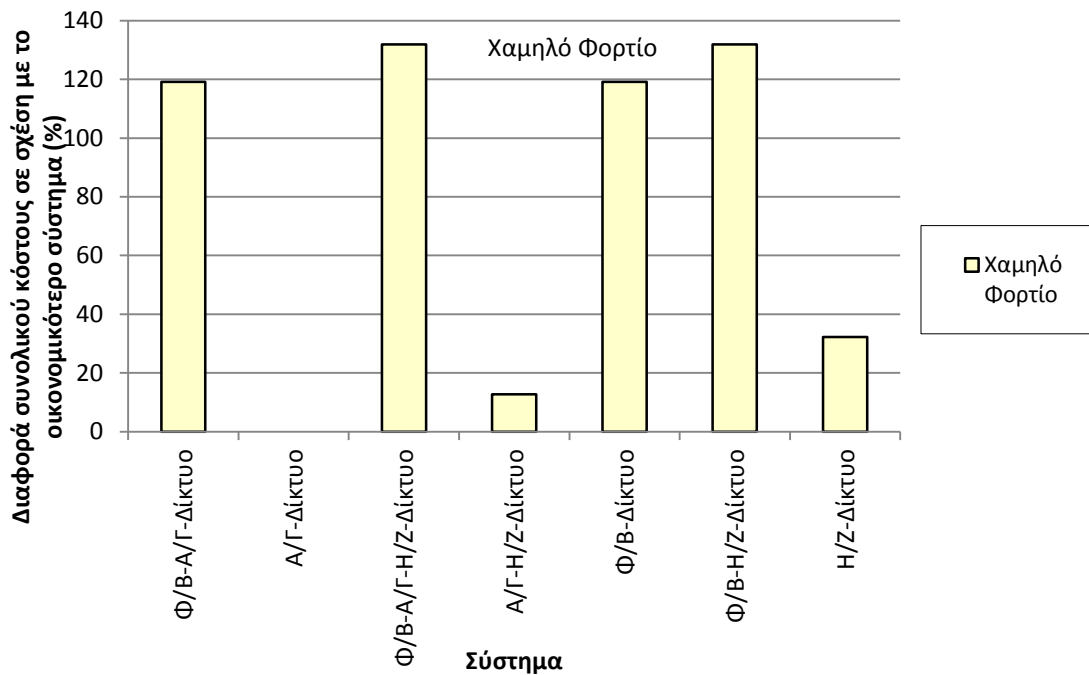
	Συνολικό κόστος (€)	Κόστος εγκατάσταση ς (€)	Μέσο ανηγμένο κόστος λειτουργί ας (€/έτος)	Μέσο ανηγμένο κόστος ενέργειας (€/kWh)	Μη εξυπηρετούμεν ο φορτίο (%)	Περίσσεια ενέργειας (%)
Φ/Β-Α/Γ- 18173 δίκτυο		11772	501	0,123	0	0
Α/Γ- δίκτυο	7372	0	577	0,05	0	0
Φ/Β-Α/Γ- 18814 H/Z- δίκτυο		12602	486	0,128	0	0
Α/Γ-H/Z- 8013 δίκτυο		830	562	0,054	0	0
Φ/Β- δίκτυο	18173	11772	501	0,123	0	0
Φ/Β-H/Z- 19795 δίκτυο		13872	463	0,134	0	0
H/Z- δίκτυο	7372	0	577	0,05	0	0

Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων που παρουσιάζουν οι παραπάνω πίνακες προκύπτει το συμπέρασμα ότι στην περίπτωση όλων των τύπων φορτίου το οικονομικότερο σύστημα είναι αυτό που περιλαμβάνει τη σύνδεση Α/Γ με το δίκτυο, όπως και στην περίπτωση του προηγούμενου σεναρίου, με τη μόνη διαφορά ότι στο υψηλό φορτίο, πέραν του συστήματος Α/Γ-δίκτυο, οικονομική λύση αποτελεί και το σύστημα Η/Ζ-δίκτυο καθώς έχουν το ίδιο συνολικό κόστος. Ωστόσο, σε αυτήν την περίπτωση, η διαφορά κόστους από το ακριβότερο σύστημα, δηλαδή το σύστημα που περιλαμβάνει Φ/Β-Η/Ζ-δίκτυο, είναι σχεδόν διπλάσια από το προηγούμενο σενάριο (φτάνει το 170%, είναι δηλαδή κατά 110% μεγαλύτερη σε σχέση με το σενάριο απλής διασύνδεσης στο δίκτυο). Αυτό οφείλεται στη μείωση του κόστους ενέργειας στο μισό της αρχικής τιμής.

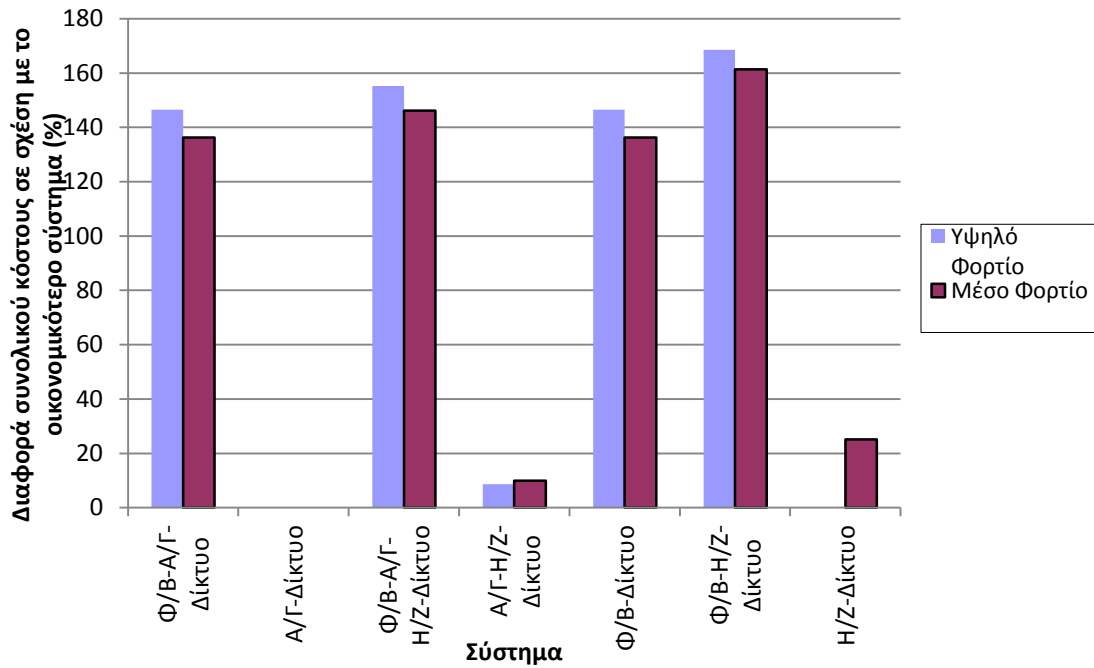
Επίσης, το μη εξυπηρετούμενο φορτίο και η περίσσεια ενέργειας έχουν μηδενικά ποσοστά, λόγω της μείωσης του κόστους ενέργειας και της πώλησης αυτής μέσω του δικτύου. Ενώ τα αρχικά κόστη είναι αρκετά χαμηλότερα σε σχέση με τις τιμές του προηγούμενου σεναρίου.



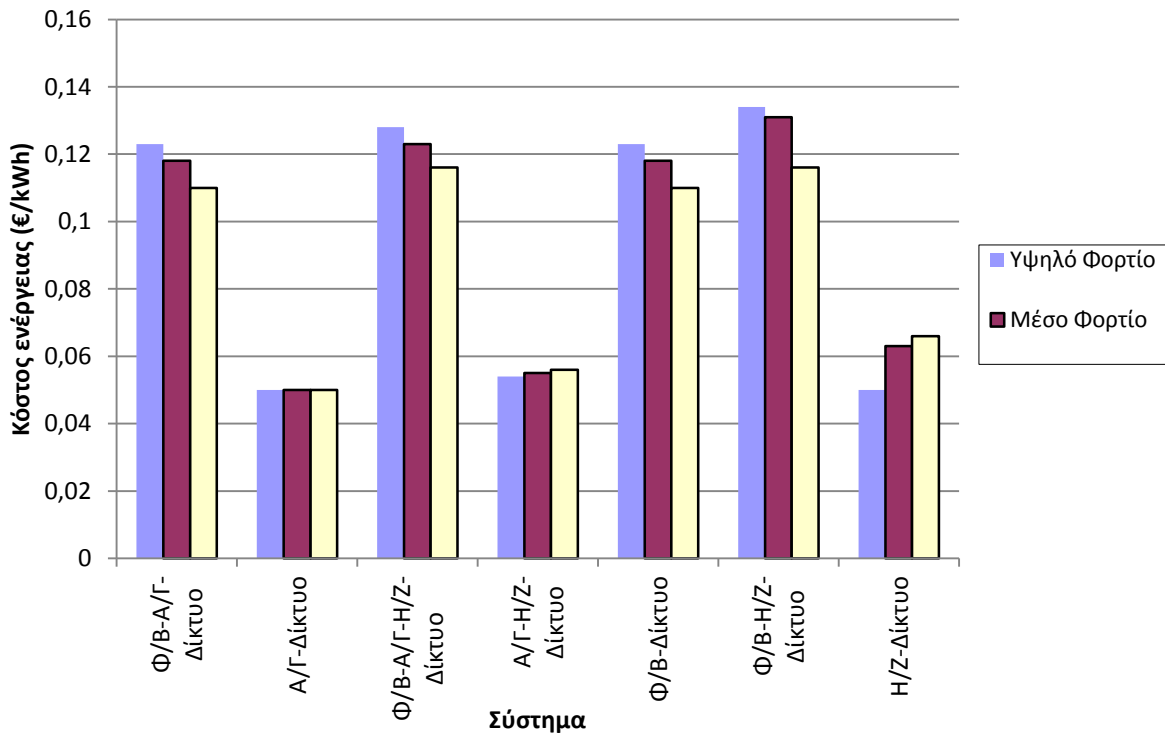
Σχήμα 4.17 Σύγκριση συνολικού κόστους υβριδικών συστημάτων (σενάριο κόστους ενέργειας μειωμένο κατά 50%).



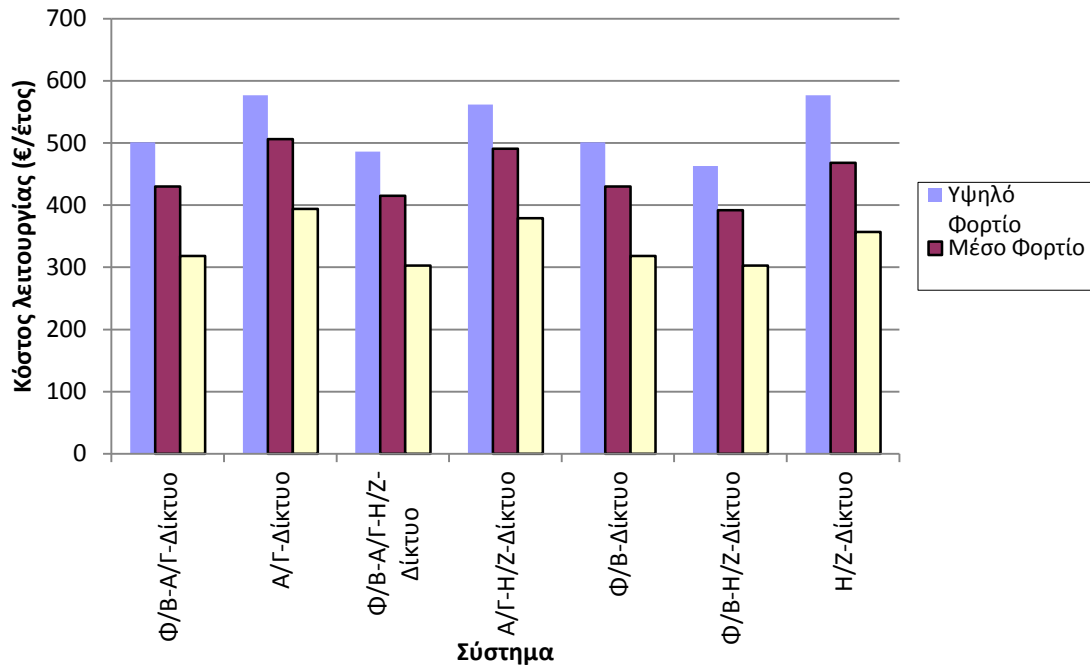
Σχήμα 4.18 Ποσοστιαία διαφορά συνολικού κόστους υβριδικών συστημάτων σε σχέση με το οικονομικότερο (σενάριο κόστους ενέργειας μειωμένο κατά 50%) για χαμηλό φορτίο.



Σχήμα 4.19 Ποσοστιαία διαφορά συνολικού κόστους υβριδικών συστημάτων σε σχέση με το οικονομικότερο (σενάριο κόστους ενέργειας μειωμένο κατά 50%) για μέσο και υψηλό φορτίο.



Σχήμα 4.20 Σύγκριση μέσου ανηγμένου κόστους ενέργειας υβριδικών συστημάτων (σενάριο κόστους ενέργειας μειωμένο κατά 50%).



Σχήμα 4.21 Σύγκριση μέσου ετήσιου ανηγμένου κόστους λειτουργίας υβριδικών συστημάτων (σενάριο κόστους ενέργειας μειωμένο κατά 50%).

4.5 Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με κόστος ενέργειας αυξημένο κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο

4.5.1 Επιλογή συνολικά βέλτιστου συστήματος

Ο 0, ο 0 και ο 0 συνοψίζουν τα αποτελέσματα κόστους και ενεργειακής απόδοσης για τα 7 σενάρια υβριδικών συστημάτων που εξετάστηκαν στην περίπτωση χαμηλού, μέσου και υψηλού φορτίου, αντίστοιχα, για το Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με κόστος ενέργειας αυξημένο κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο. Η σύγκριση του συνολικού κόστους, της ποσοστιαίας διαφοράς συνολικού κόστους σε σχέση με το οικονομικότερο σύστημα, του μέσου ανηγμένου κόστους ενέργειας και του μέσου ετήσιου κόστους λειτουργίας φαίνεται στο 0, 0, 0, 0 και 0 αντίστοιχα.

Πίνακας 4.18 Σύγκριση κόστους και ενεργειακής απόδοσης των 7 υβριδικών συστημάτων στην περίπτωση χαμηλού φορτίου (σενάριο κόστους ενέργειας αυξημένο κατά 50%).

	Συνολικό κόστος (€)	Κόστος εγκατάστα- σης (€)	Μέσο ανηγμένο κόστος λειτουργίας (€/έτος)	Μέσο ανηγμένο κόστος ενέργειας (€/kWh)	Μη εξυπηρετούμενο φορτίο (%)	Περίσσεια ενέργειας (%)
Φ/Β-Α/Γ- δίκτυο	14804	14542	21	0,147	0	0,12
Α/Γ- δίκτυο	15116	0	1183	0,15	0	0
Φ/Β-Α/Γ-Η/Ζ-15459 δίκτυο	15459	15372	7	0,153	0	0,12
Α/Γ-Η/Ζ- δίκτυο	15758	830	1168	0,156	0	0
Φ/Β- δίκτυο	19274	6975	962	0,191	0	0
Φ/Β-Η/Ζ- δίκτυο	19916	7805	947	0,198	0	0
Η/Ζ- δίκτυο	16739	2100	1145	0,116	0	0

Πίνακας 4.19 Σύγκριση κόστους και ενεργειακής απόδοσης των 7 υβριδικών συστημάτων στην περίπτωση μέσου φορτίου (σενάριο κόστους ενέργειας αυξημένο κατά 50%).

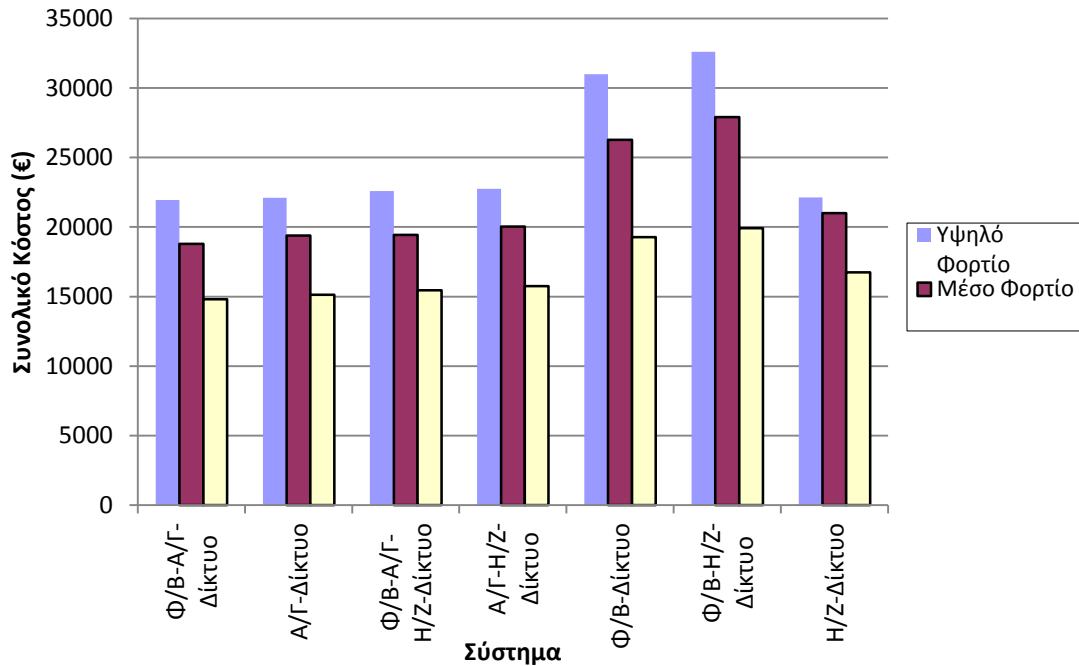
	Συνολικό κόστος (€)	Κόστος εγκατάστασης (€)	Μέσο ανηγμένο κόστος λειτουργίας (€/έτος)	Μέσο ανηγμένο κόστος ενέργειας (€/kWh)	Μη εξυπηρετούμενο φορτίο (%)	Περίσσεια ενέργειας (%)
Φ/Β-Α/Γ- δίκτυο	18789	22768	-311	0,145	0	2,89
Α/Γ- δίκτυο	19386	0	1517	0,15	0	0
Φ/Β-Α/Γ- Η/Ζ- δίκτυο	19431	23598	-326	0,15	0	2,89
Α/Γ-Η/Ζ- δίκτυο	20027	830	1502	0,155	0	0
Φ/Β- δίκτυο	26276	9774	1291	0,203	0	0
Φ/Β-Η/Ζ- δίκτυο	27899	11874	1254	0,216	0	0
Η/Ζ- δίκτυο	21009	2100	1479	0,163	0	0

Πίνακας 4.20 Σύγκριση κόστους και ενεργειακής απόδοσης των 7 υβριδικών συστημάτων στην περίπτωση υψηλού φορτίου (σενάριο κόστους ενέργειας αυξημένο κατά 50%).

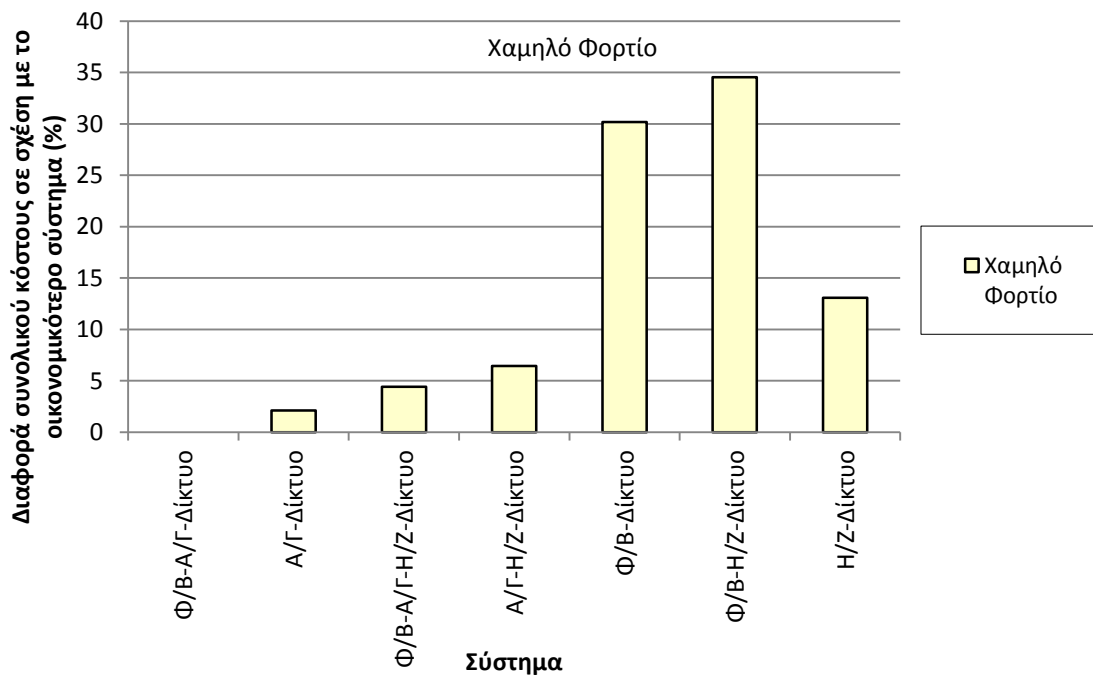
	Συνολικό κόστος (€)	Κόστος εγκατάστασης (€)	Μέσο ανηγμένο κόστος λειτουργίας (€/έτος)	Μέσο ανηγμένο κόστος ενέργειας (€/kWh)	Μη εξυπηρετούμεν ο φορτίο (%)	Περίσσεια ενέργειας (%)
Φ/Β- Α/Γ- δίκτυο ο	21944	24766	-221	0,149	0	0
Α/Γ- δίκτυο ο	22115	0	1730	0,15	0	0
Φ/Β- Α/Γ- Η/Ζ- δίκτυο ο	22586	25596	-235	0,153	0	0
Α/Γ- Η/Ζ- δίκτυο ο	22757	830	1715	0,154	0	0
Φ/Β- δίκτυο ο	30980	11772	1503	0,21	0	0
Φ/Β- Η/Ζ- δίκτυο ο	32603	13872	1465	0,221	0	0
Η/Ζ- δίκτυο ο	22116	0	1730	0,15	0	0

Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων που παρουσιάζουν οι παραπάνω πίνακες προκύπτει το συμπέρασμα ότι στην περίπτωση όλων των τύπων φορτίου το οικονομικότερο σύστημα είναι αυτό που περιλαμβάνει συνδυασμό Φ/Β-Α/Γ με σύνδεση στο δίκτυο, εν αντιθέσει με το δύο προηγούμενα σενάρια, όπου το οικονομικότερο σύστημα περιλάμβανε μόνο Α/Γ. Σημειώνεται ωστόσο ότι και στις τρεις περιπτώσεις, η διαφορά με το παραπάνω σύστημα είναι πολύ μικρή. Ωστόσο, σε αυτήν την περίπτωση, η διαφορά κόστους από το ακριβότερο σύστημα, δηλαδή το σύστημα που περιλαμβάνει Φ/Β-Η/Ζ-δίκτυο, είναι μικρότερη από τα δύο προηγούμενα σενάρια (φτάνει το 48%, είναι δηλαδή κατά 25% μικρότερη σε σχέση με το σενάριο απλής διασύνδεσης στο δίκτυο και κατά 130% από το σενάριο μείωσης κατά 50% του κόστους ενέργειας).

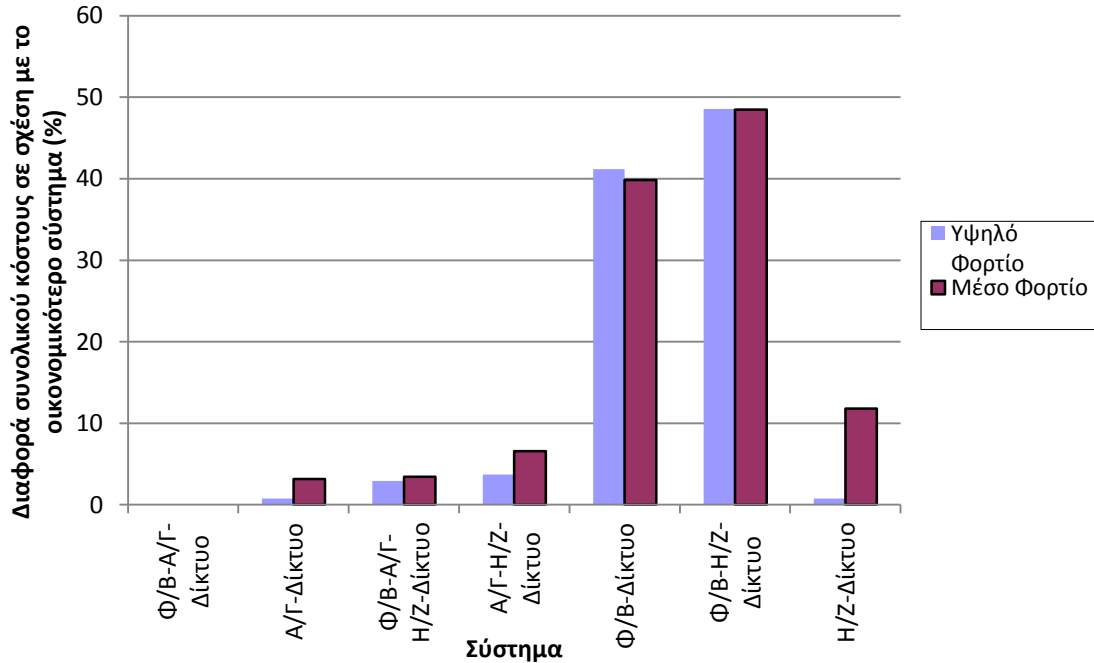
Επίσης, το μη εξυπηρετούμενο φορτίο είναι μηδέν ενώ η περίσσεια ενέργειας λαμβάνει μικρά ποσοστά της τάξεως του 2,89 και 0,12% για μέσο και χαμηλό φορτίο αντίστοιχα. Τα αρχικά κόστη είναι αρκετά υψηλότερα σε σχέση με τις τιμές του προηγούμενου σεναρίου.



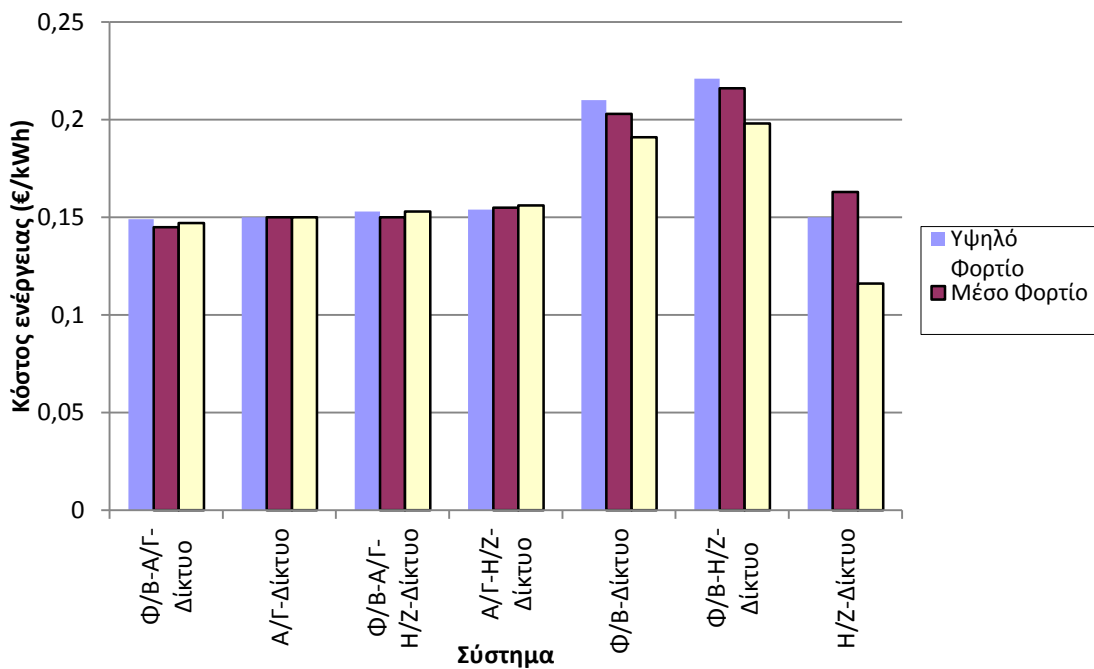
Σχήμα 4.21 Σύγκριση συνολικού κόστους υβριδικών συστημάτων (σενάριο κόστους ενέργειας αυξημένο κατά 50%).



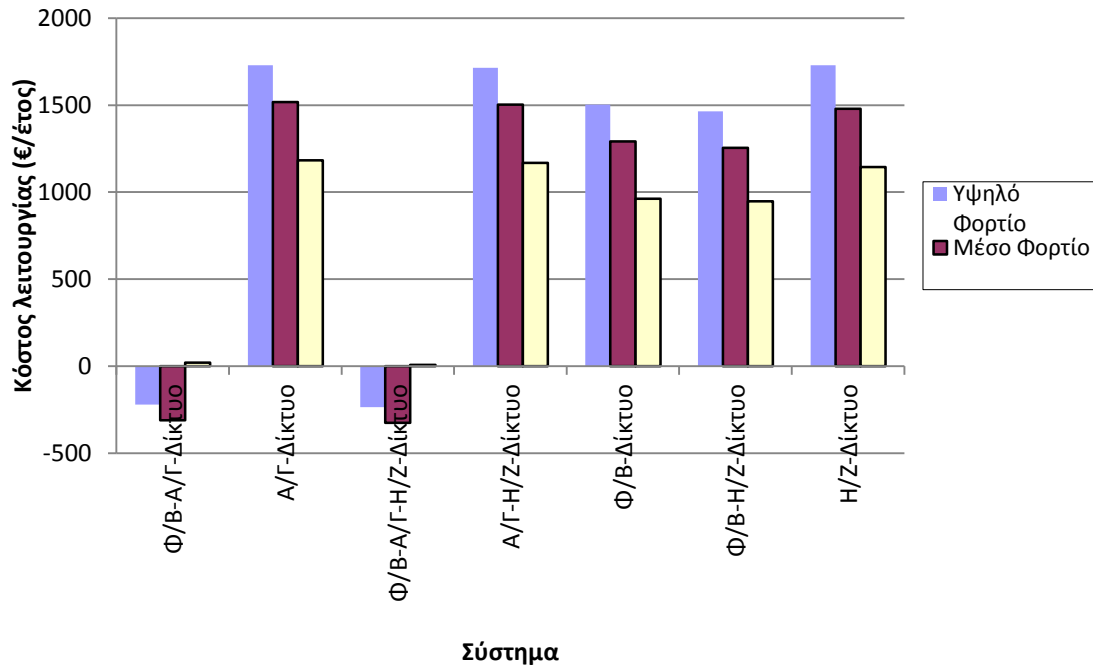
Σχήμα 4.22 Ποσοστιαία διαφορά συνολικού κόστους υβριδικών συστημάτων σε σχέση με το οικονομικότερο (σενάριο κόστους ενέργειας αυξημένο κατά 50%) για χαμηλό φορτίο.



Σχήμα 4.23 Ποσοστιαία διαφορά συνολικού κόστους υβριδικών συστημάτων σε σχέση με το οικονομικότερο (σενάριο κόστους ενέργειας αυξημένο κατά 50%) για μέσο και υψηλό φορτίο.



Σχήμα 4.24 Σύγκριση μέσου ανηγμένου κόστους ενέργειας υβριδικών συστημάτων (σενάριο κόστους ενέργειας αυξημένο κατά 50%).



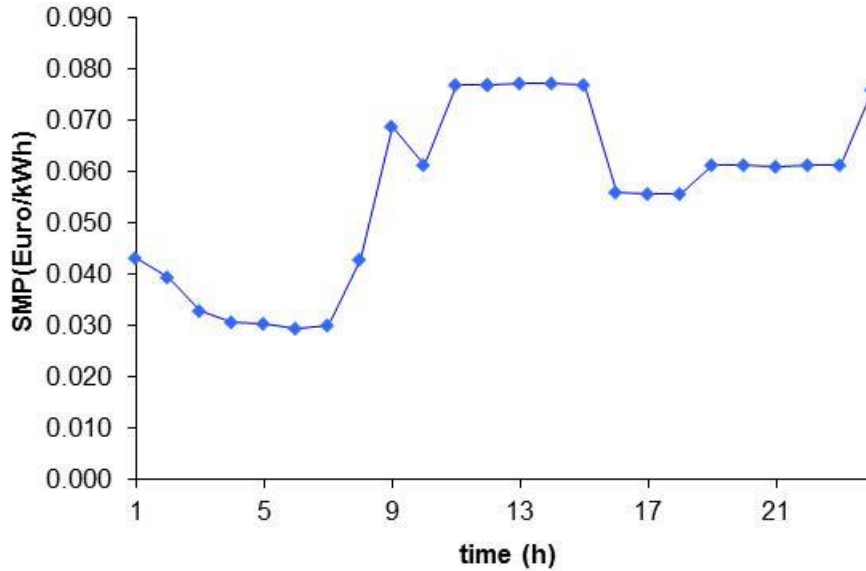
Σχήμα 4.25 Σύγκριση μέσου ετήσιου ανηγμένου κόστους λειτουργίας υβριδικών συστημάτων (σενάριο κόστους ενέργειας αυξημένο κατά 50%).

4.6 Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας

Στο σενάριο αυτό θεωρείται ότι η τιμή αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας δεν είναι σταθερή, αλλά μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια του 24ωρου σύμφωνα με την καμπύλη που απεικονίζεται στο 0.

4.6.1 Επιλογή συνολικά βέλτιστου συστήματος

Ο 0, ο 0 και ο 0 συνοψίζουν τα αποτελέσματα κόστους και ενεργειακής απόδοσης για τα 7 σενάρια υβριδικών συστημάτων που εξετάστηκαν στην περίπτωση χαμηλού, μέσου και υψηλού φορτίου, αντίστοιχα, για το Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας. Η σύγκριση του συνολικού κόστους, της ποσοστιαίας διαφοράς συνολικού κόστους σε σχέση με το οικονομικότερο σύστημα, του μέσου ανηγμένου κόστους ενέργειας και του μέσου ετήσιου κόστους λειτουργίας φαίνεται στο 0, 0, 0, 0 και 0 αντίστοιχα.



Σχήμα 4.26 Μεταβολή της τιμής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια του 24ώρου

Πίνακας 4.21 Σύγκριση κόστους και ενεργειακής απόδοσης των 7 υβριδικών συστημάτων στην περίπτωση χαμηλού φορτίου (σενάριο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας).

	Συνολικό κόστος (€)	Κόστος εγκατάστασης (€)	Μέσο ανηγμένο κόστος λειτουργίας (€/έτος)	Μέσο ανηγμένο κόστος ενέργειας (€/kWh)	Μη εξυπηρετούμενο φορτίο (%)	Περίσσεια ενέργειας (%)
Φ/Β-Α/Γ-δίκτυο	12576	6975	438	0,125	0	0
Α/Γ- δίκτυο	7208	0	564	0,072	0	0
Φ/Β-Α/Γ-Η/Ζ-13218 δίκτυο	13218	7805	423	0,131	0	0
Α/Γ-Η/Ζ-δίκτυο	7850	830	549	0,078	0	0
Φ/Β- δίκτυο	12576	6975	438	0,125	0	0
Φ/Β-Η/Ζ-δίκτυο	13218	7805	423	0,131	0	0

Η/Ζ- δίκτυο	8831	2100	527	0,088	0	0
-------------	------	------	-----	-------	---	---

Πίνακας 4.22 Σύγκριση κόστους και ενεργειακής απόδοσης των 7 υβριδικών συστημάτων στην περίπτωση μέσου φορτίου (σενάριο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας).

	Συνολικό κόστος (€)	Κόστος εγκατάστασης (€)	Μέσο ανηγμένο κόστος λειτουργίας (€/έτος)	Μέσο ανηγμένο κόστος ενέργειας (€/kWh)	Μη εξυπηρετούμενο φορτίο (%)	Περίσσεια ενέργειας (%)
Φ/Β-Α/Γ- δίκτυο	16744	22768	-471	0,13	0	2,89
Α/Γ- δίκτυο	9665	0	756	0,075	0	0
Φ/Β-Α/Γ- Η/Ζ- δίκτυο	17386	23598	-486	0,135	0	2,89
Α/Γ-Η/Ζ- δίκτυο	10306	830	741	0,08	0	0
Φ/Β- δίκτυο	17805	9774	628	0,138	0	0
Φ/Β-Η/Ζ- δίκτυο	19428	11874	591	0,15	0	0
Η/Ζ- δίκτυο	11288	2100	719	0,087	0	0

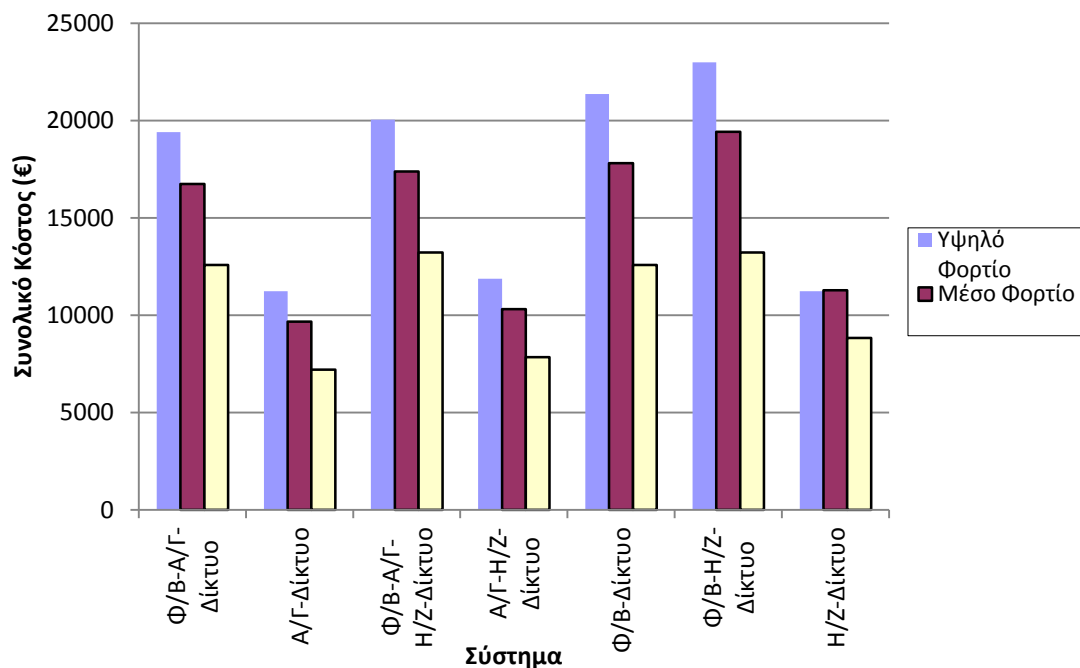
Πίνακας 4.23 Σύγκριση κόστους και ενεργειακής απόδοσης των 7 υβριδικών συστημάτων στην περίπτωση υψηλού φορτίου (σενάριο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας).

	Συνολικό κόστος (€)	Κόστος εγκατάστασης (€)	Μέσο ανηγμένο κόστος λειτουργίας (€/έτος)	Μέσο ανηγμένο κόστος ενέργειας (€/kWh)	Μη εξυπηρετούμενο φορτίο (%)	Περίσσεια ενέργειας (%)
Φ/Β-Α/Γ- δίκτυο	19407	24766	-419	0,132	0	0
Α/Γ- δίκτυο	11239	0	879	0,076	0	0
Φ/Β-Α/Γ-Η/Ζ- δίκτυο	20049	25596	-434	0,136	0	0

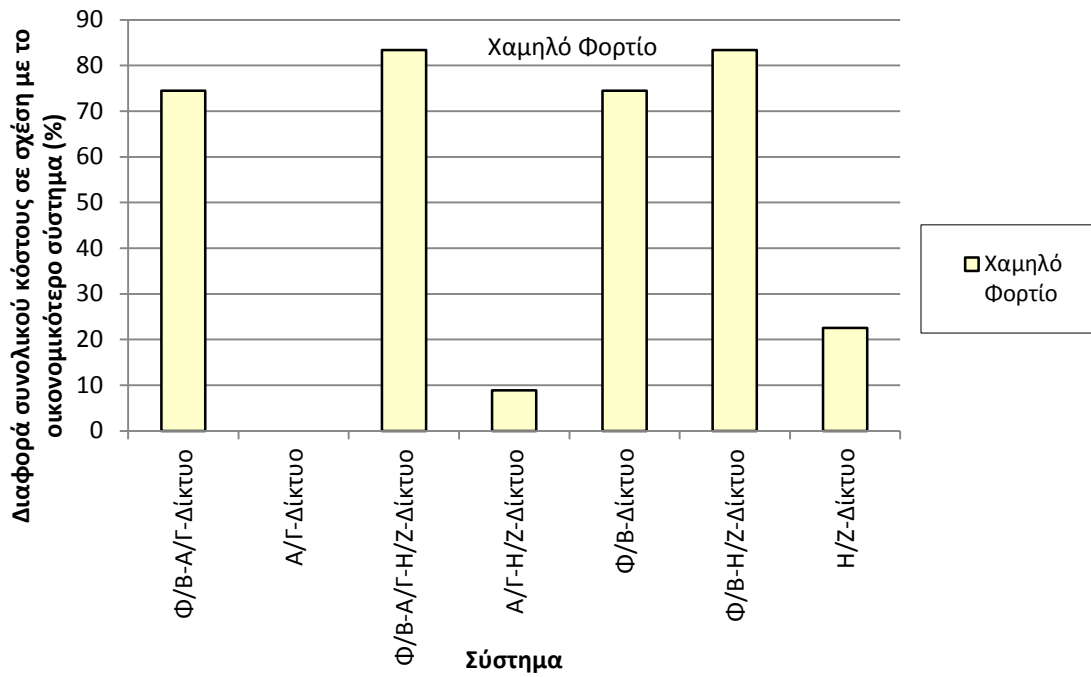
Α/Γ- H/Z- δίκτυο	11880		864	0,081	0	0
ο	830					
Φ/Β- δίκτυο	21367		751	0,145	0	0
ο	11772					
Φ/Β- H/Z- δίκτυο	22990	13872	713	0,156	0	0
ο						
H/Z- δίκτυο	11238	0	879	0,076	0	0
ο						

Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων που παρουσιάζουν οι παραπάνω πίνακες προκύπτει το συμπέρασμα ότι στην περίπτωση του μέσου και χαμηλού φορτίου το οικονομικότερο σύστημα είναι αυτό που περιλαμβάνει μόνο Α/Γ με σύνδεση στο δίκτυο, ενώ για το υψηλό φορτίο είναι πολύ οριακά οικονομικότερο το σύστημα που περιλαμβάνει μόνο Η/Ζ. Σε αυτήν την περίπτωση, η διαφορά κόστους από το ακριβότερο σύστημα, δηλαδή το σύστημα που περιλαμβάνει Φ/Β-Η/Ζ-δίκτυο, είναι 105%, δηλαδή μεγαλύτερη κατά 30% περίπου του βασικού σεναρίου.

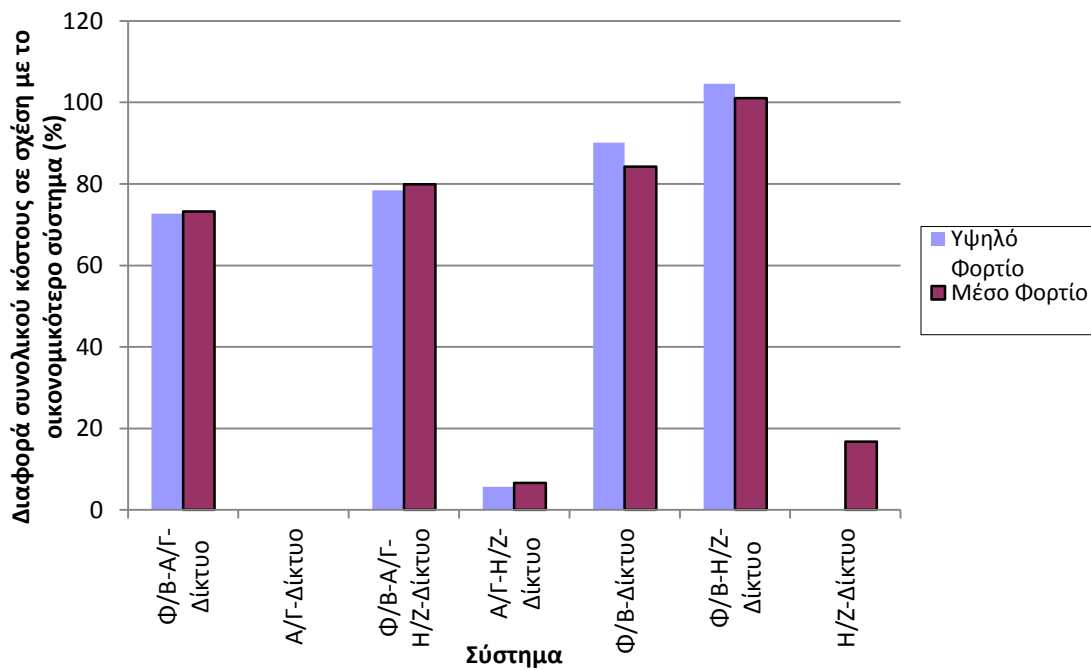
Επίσης, το μη εξυπηρετούμενο φορτίο είναι μηδέν ενώ η περίσσεια ενέργειας λαμβάνει μικρά ποσοστά της τάξεως του 2,89% για μέσο φορτίο αντίστοιχα. Τα αρχικά κόστη είναι λίγο χαμηλότερα σε σχέση με τις τιμές του βασικού σεναρίου.



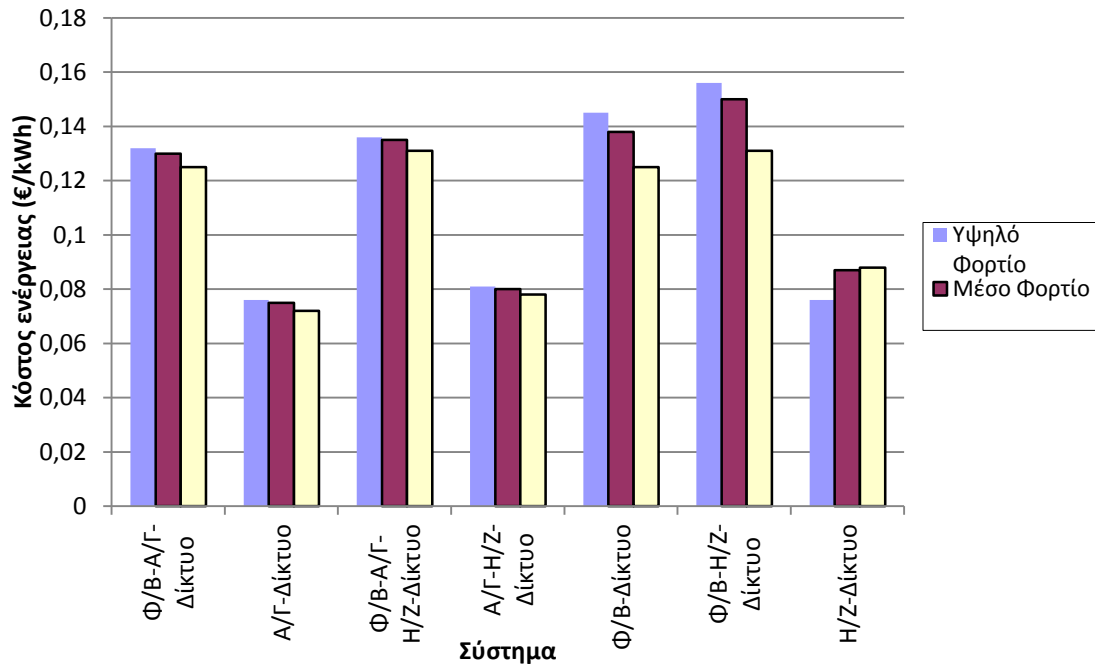
Σχήμα 4.27 Σύγκριση συνολικού κόστους υβριδικών συστημάτων (σενάριο με ζριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας).



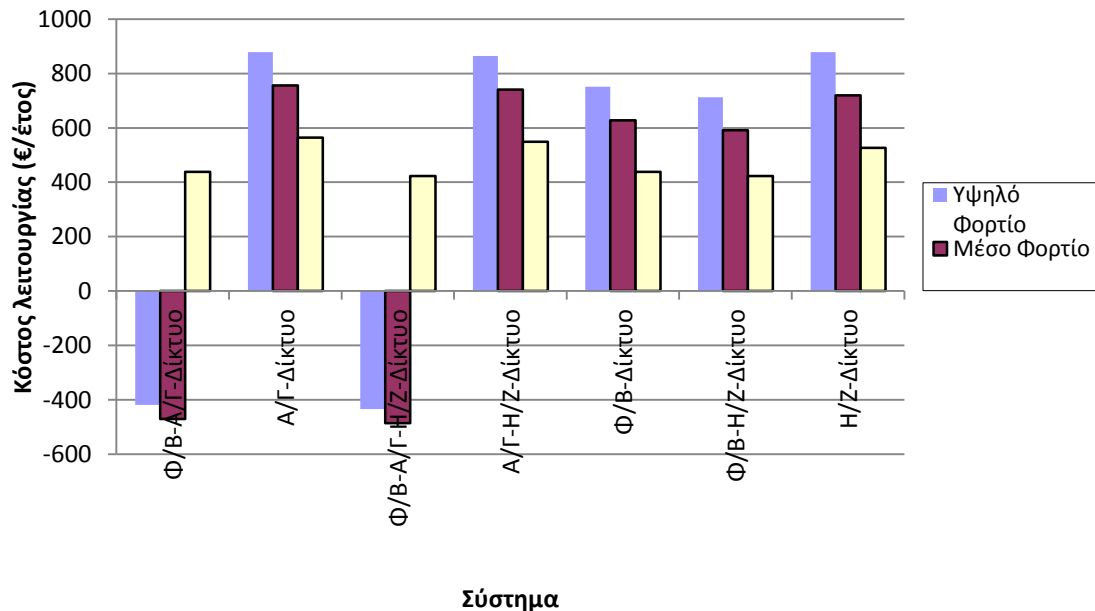
Σχήμα 4.28 Ποσοστιαία διαφορά συνολικού κόστους υβριδικών συστημάτων σε σχέση με το οικονομικότερο (σενάριο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας) για χαμηλό φορτίο.



Σχήμα 4.29 Ποσοστιαία διαφορά συνολικού κόστους υβριδικών συστημάτων σε σχέση με το οικονομικότερο (σενάριο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας) για μέσο και υψηλό φορτίο.



Σχήμα 4.30 Σύγκριση μέσου ανηγμένου κόστους ενέργειας υβριδικών συστημάτων (σενάριο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας).



Σχήμα 4.31 Σύγκριση μέσου ετήσιου ανηγμένου κόστους λειτουργίας υβριδικών συστημάτων (σενάριο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας).

4.7 Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας αυξημένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο

4.7.1 Επιλογή συνολικά βέλτιστου συστήματος

Ο 0, ο 0 και ο 0 συνοψίζουν τα αποτελέσματα κόστους και ενεργειακής απόδοσης για τα 7 σενάρια υβριδικών συστημάτων που εξετάστηκαν στην περίπτωση χαμηλού, μέσου και υψηλού φορτίου, αντίστοιχα, για το Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας αυξημένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο. Η σύγκριση του συνολικού κόστους, της ποσοστιαίας διαφοράς συνολικού κόστους σε σχέση με το οικονομικότερο σύστημα, του μέσου ανηγμένου κόστους ενέργειας και του μέσου ετήσιου κόστους λειτουργίας φαίνεται στο 0, 0, 0, 0 και 0 αντίστοιχα.

Πίνακας 4.24 Σύγκριση κόστους και ενεργειακής απόδοσης των 7 υβριδικών συστημάτων στην περίπτωση χαμηλού φορτίου (σενάριο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης αυξημένη κατά 50%).

	Συνολικό κόστος (€)	Κόστος εγκατάστασης (€)	Μέσο ανηγμένο κόστος λειτουργίας (€/έτος)	Μέσο ανηγμένο κόστος ενέργειας (€/kWh)	Μη εξυπηρετούμενο φορτίο (%)	Περίσσεια ενέργειας (%)
Φ/Β-Α/Γ-δίκτυο	10269	14542	-334	0,102	0	0,12
Α/Γ- δίκτυο	7208	0	564	0,072	0	0
Φ/Β-Α/Γ-Η/Ζ-10923 δίκτυο	10923	15372	-348	0,108	0	0,12
Α/Γ-Η/Ζ-δίκτυο	7850	830	549	0,078	0	0
Φ/Β- δίκτυο	12552	6975	436	0,125	0	0
Φ/Β-Η/Ζ-δίκτυο	13194	7805	422	0,131	0	0
Η/Ζ- δίκτυο	8831	2100	527	0,088	0	0

Πίνακας 4.25 Σύγκριση κόστους και ενεργειακής απόδοσης των 7 υβριδικών συστημάτων στην περίπτωση μέσου φορτίου (σενάριο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης αυξημένη κατά 50%).

	Συνολικό κόστος (€)	Κόστος εγκατάστασης (€)	Μέσο ανηγμένο κόστος λειτουργίας (€/έτος)	Μέσο ανηγμένο κόστος ενέργειας (€/kWh)	Μη εξυπηρετούμενο φορτίο (%)	Περίσσεια ενέργειας (%)
Φ/Β-Α/Γ-δίκτυο	11020	22768	-919	0,085	0	2,89
Α/Γ-δίκτυο	9665	0	756	0,075	0	0
Φ/Β-Α/Γ-Η/Ζ-δίκτυο	11662	23598	-934	0,09	0	2,89
Α/Γ-Η/Ζ-δίκτυο	10306	830	741	0,08	0	0
Φ/Β-δίκτυο	17797	9774	628	0,138	0	0
Φ/Β-Η/Ζ-δίκτυο	19420	11874	590	0,15	0	0
Η/Ζ-δίκτυο	11288	2100	719	0,087	0	0

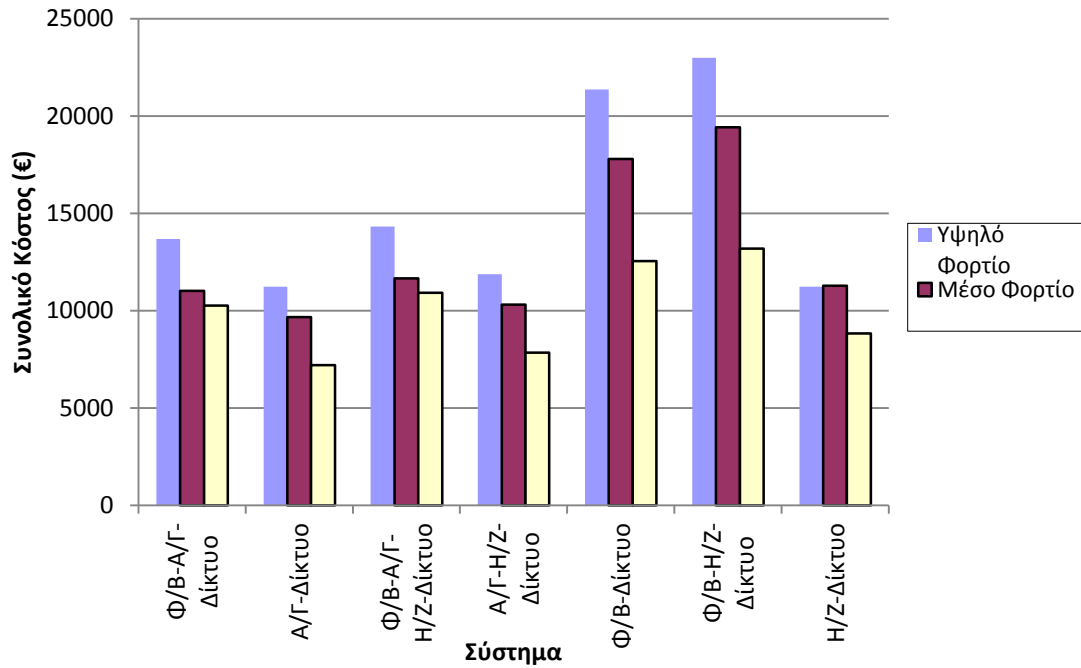
Πίνακας 4.26 Σύγκριση κόστους και ενεργειακής απόδοσης των 7 υβριδικών συστημάτων στην περίπτωση υψηλού φορτίου (σενάριο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης αυξημένη κατά 50%).

	Συνολικό κόστος (€)	Κόστος εγκατάστασης (€)	Μέσο ανηγμένο κόστος λειτουργίας (€/έτος)	Μέσο ανηγμένο κόστος ενέργειας (€/kWh)	Μη εξυπηρετούμενο φορτίο (%)	Περίσσεια ενέργειας (%)
Φ/Β-Α/Γ-δίκτυο	13680	24766	-867	0,093	0	0
Α/Γ-δίκτυο	11239	0	879	0,076	0	0
Φ/Β-Α/Γ-Η/Ζ-δίκτυο	14321	25596	-832	0,097	0	0
Α/Γ-Η/Ζ-δίκτυο	11880	830	864	0,081	0	0

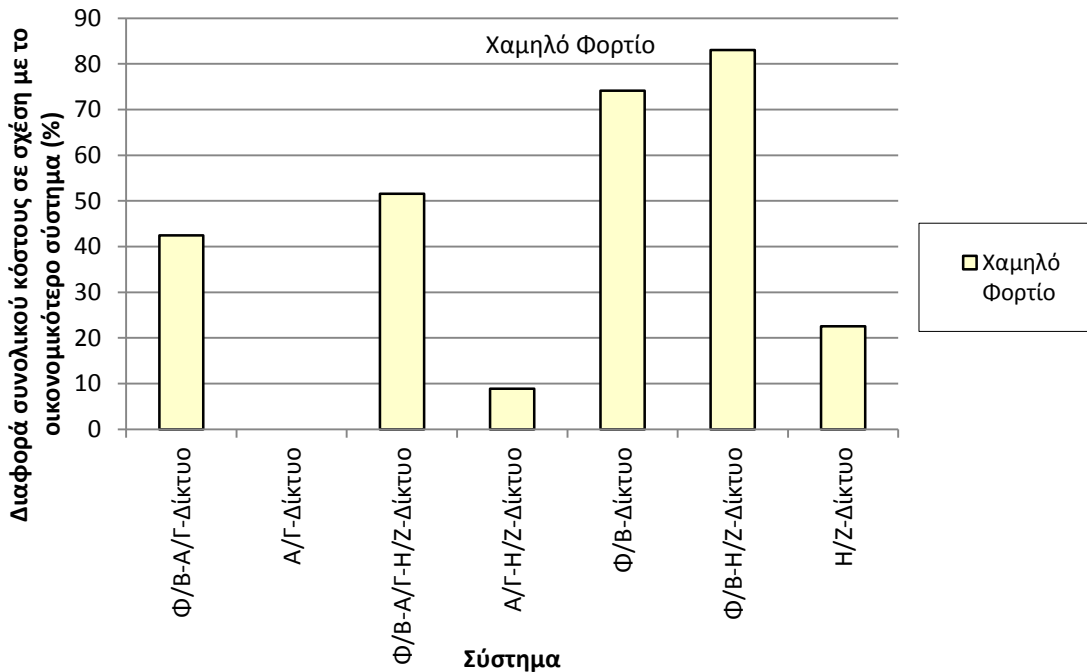
ο						
Φ/Β- δίκτυο	21365	11772	750	0,145	0	0
ο						
Φ/Β- Η/Ζ- δίκτυο	22988	13872	713	0,156	0	0
ο						
Η/Ζ- δίκτυο	11239	0	879	0,076	0	0
ο						

Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων που παρουσιάζουν οι παραπάνω πίνακες προκύπτει το συμπέρασμα ότι στην περίπτωση του μέσου και χαμηλού φορτίου το οικονομικότερο σύστημα είναι αυτό που περιλαμβάνει μόνο Α/Γ με σύνδεση στο δίκτυο, ενώ για το υψηλό φορτίο το σύστημα που περιλαμβάνει μόνο Α/Γ έχει το ίδιο συνολικό κόστος με το σύστημα που περιλαμβάνει μόνο Η/Ζ. Σε αυτήν την περίπτωση, η διαφορά κόστους από το ακριβότερο σύστημα, δηλαδή το σύστημα που περιλαμβάνει Φ/Β-Η/Ζ-δίκτυο, είναι 105%, δηλαδή μεγαλύτερη κατά 30% περίπου του βασικού σεναρίου ενώ σε σχέση με το προηγούμενο σενάριο, όπου δεν μεταβάλλεται η τιμή πώλησης, η διαφορά είναι περίπου ίδια.

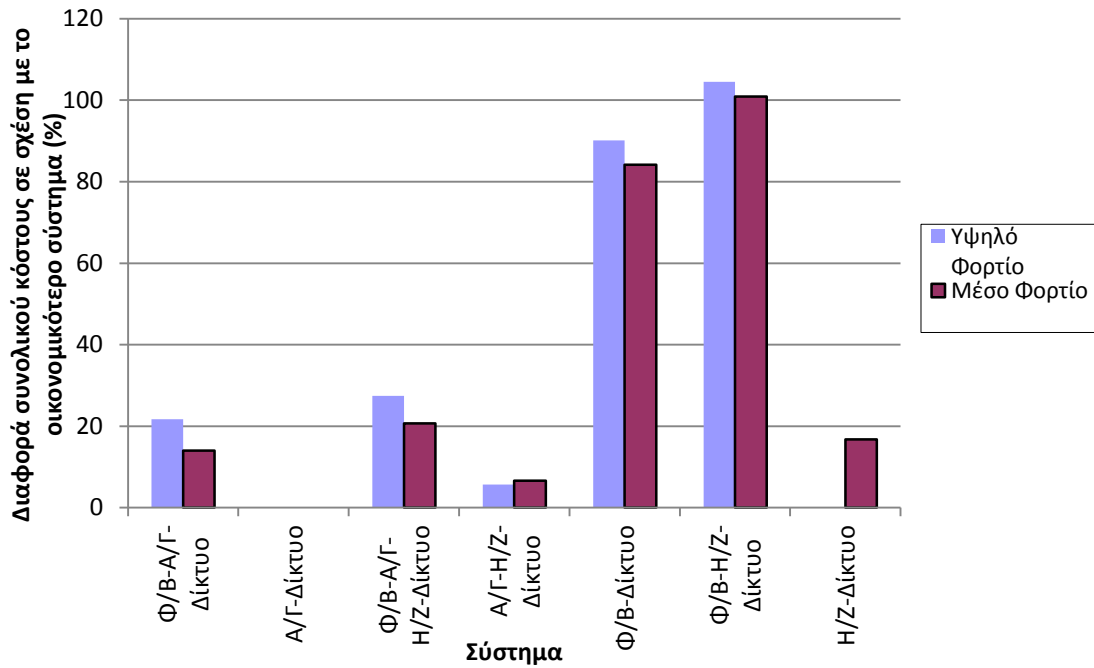
Επίσης, το μη εξυπηρετούμενο φορτίο είναι μηδέν ενώ η περίσσεια ενέργειας λαμβάνει μικρά ποσοστά της τάξεως του 2,89% για μέσο και 0,12% για το χαμηλό φορτίο αντίστοιχα. Τα αρχικά κόστη είναι λίγο χαμηλότερα σε σχέση με τις τιμές του βασικού σεναρίου.



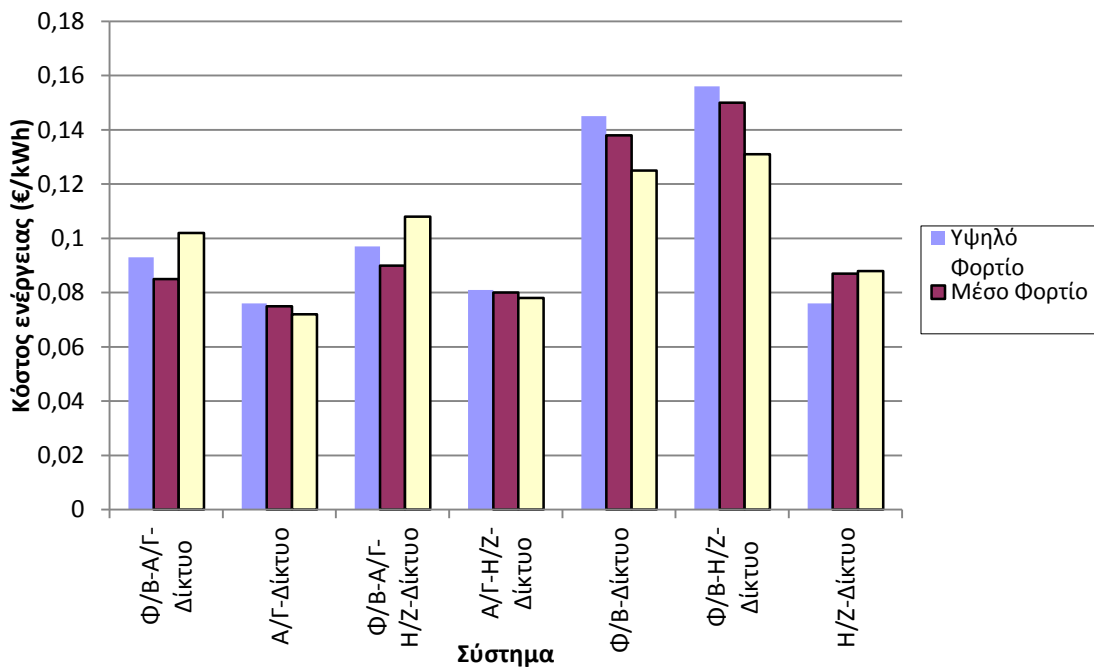
Σχήμα 4.32 Σύγκριση συνολικού κόστους υβριδικών συστημάτων (σενάριο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης αυξημένη κατά 50%).



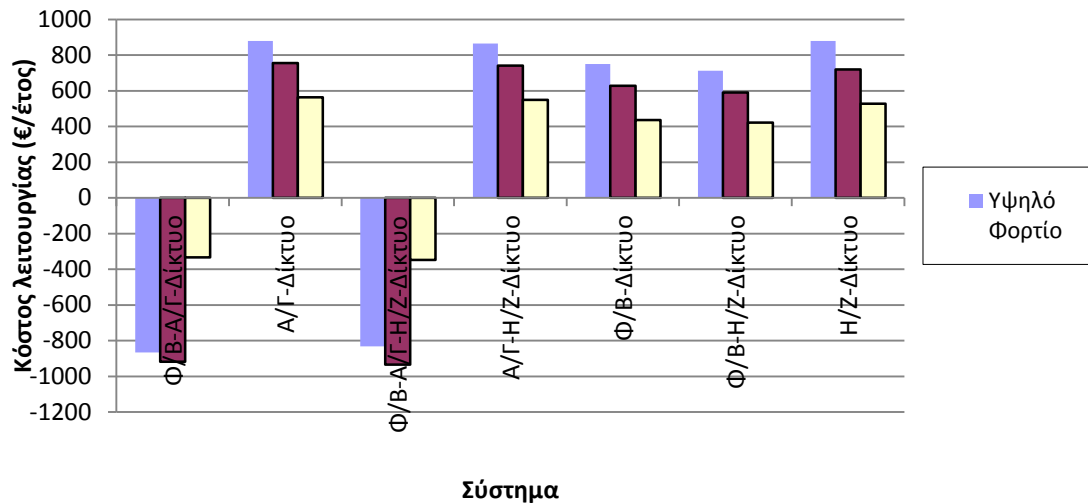
Σχήμα 4.33 Ποσοστιαία διαφορά συνολικού κόστους υβριδικών συστημάτων σε σχέση με το οικονομικότερο (σενάριο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης αυξημένη κατά 50%) για χαμηλό φορτίο.



Σχήμα 4.34 Ποσοστιαία διαφορά συνολικού κόστους υβριδικών συστημάτων σε σχέση με το οικονομικότερο (σενάριο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης αυξημένη κατά 50%) για μέσο και υψηλό φορτίο.



Σχήμα 4.35 Σύγκριση μέσου ανηγμένου κόστους ενέργειας υβριδικών συστημάτων (σενάριο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης αυξημένη κατά 50%).



Σχήμα 4.36 Σύγκριση μέσου ετήσιου ανηγμένου κόστους λειτουργίας υβριδικών συστημάτων (σενάριο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης αυξημένη κατά 50%).

4.8 Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας μειωμένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο

4.8.1 Επιλογή συνολικά βέλτιστου συστήματος

Ο 0, ο 0 και ο 0 συνοψίζουν τα αποτελέσματα κόστους και ενεργειακής απόδοσης για τα 7 σενάρια υβριδικών συστημάτων που εξετάστηκαν στην περίπτωση χαμηλού, μέσου και υψηλού φορτίου, αντίστοιχα, για το Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας μειωμένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο. Η σύγκριση του συνολικού κόστους, της ποσοστιαίας διαφοράς συνολικού κόστους σε σχέση με το οικονομικότερο σύστημα, του μέσου ανηγμένου κόστους ενέργειας και του μέσου ετήσιου κόστους λειτουργίας φαίνεται στο 0, 0, 0 και 0 αντίστοιχα.

Πίνακας 4.27 Σύγκριση κόστους και ενεργειακής απόδοσης των 7 υβριδικών συστημάτων στην περίπτωση χαμηλού φορτίου (σενάριο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης μειωμένη κατά 50%).

	Συνολικό κόστος (€)	Κόστος εγκατάστα- σης (€)	Μέσο ανηγμένο κόστος λειτουργίας (€/έτος)	Μέσο ανηγμένο κόστος ενέργειας (€/kWh)	Μη εξυπηρετούμεν ο φορτίο (%)	Περίσσεια ενέργειας (%)
Φ/Β-Α/Γ- δίκτυο	12600	6975	440	0,125	0	0
Α/Γ- δίκτυο	7208	0	564	0,072	0	0
Φ/Β-Α/Γ-Η/Ζ-13242 δίκτυο	7805	7805	425	0,131	0	0
Α/Γ-Η/Ζ- δίκτυο	7850	830	549	0,078	0	0
Φ/Β- δίκτυο	12600	6975	440	0,125	0	0
Φ/Β-Η/Ζ- δίκτυο	13242	7805	425	0,131	0	0
Η/Ζ- δίκτυο	8831	2100	527	0,088	0	0

Πίνακας 4.28 Σύγκριση κόστους και ενεργειακής απόδοσης των 7 υβριδικών συστημάτων στην περίπτωση μέσου φορτίου (σενάριο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης μειωμένη κατά 50%).

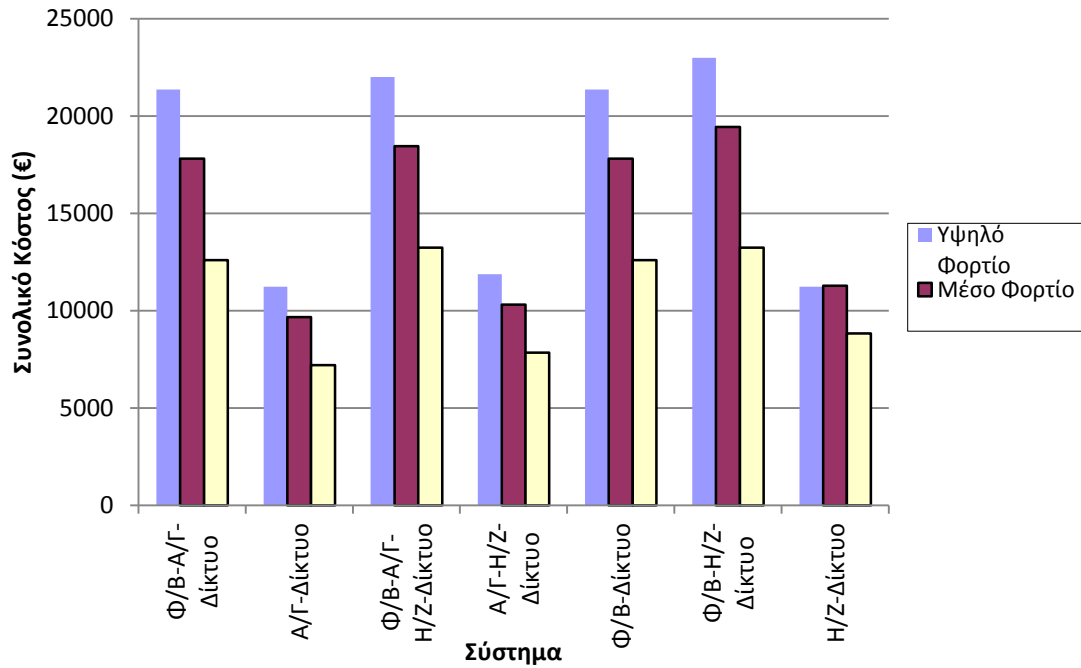
	Συνολικό κόστος (€)	Κόστος εγκατάστα- σης (€)	Μέσο ανηγμένο κόστος λειτουργίας (€/έτος)	Μέσο ανηγμένο κόστος ενέργειας (€/kWh)	Μη εξυπηρετούμεν ο φορτίο (%)	Περίσσεια ενέργειας (%)
Φ/Β-Α/Γ- δίκτυο	17812	9774	629	0,138	0	0
Α/Γ- δίκτυο	9665	0	756	0,075	0	0
Φ/Β-Α/Γ- Η/Ζ- δίκτυο	18453	10604	614	0,143	0	0
Α/Γ-Η/Ζ- δίκτυο	10306	830	741	0,08	0	0
Φ/Β- δίκτυο	17812	9774	629	0,138	0	0
Φ/Β-Η/Ζ- δίκτυο	19435	11874	591	0,15	0	0
Η/Ζ- δίκτυο	11288	2100	719	0,087	0	0

Πίνακας 4.29 Σύγκριση κόστους και ενεργειακής απόδοσης των 7 υβριδικών συστημάτων στην περίπτωση υψηλού φορτίου (σενάριο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης μειωμένη κατά 50%).

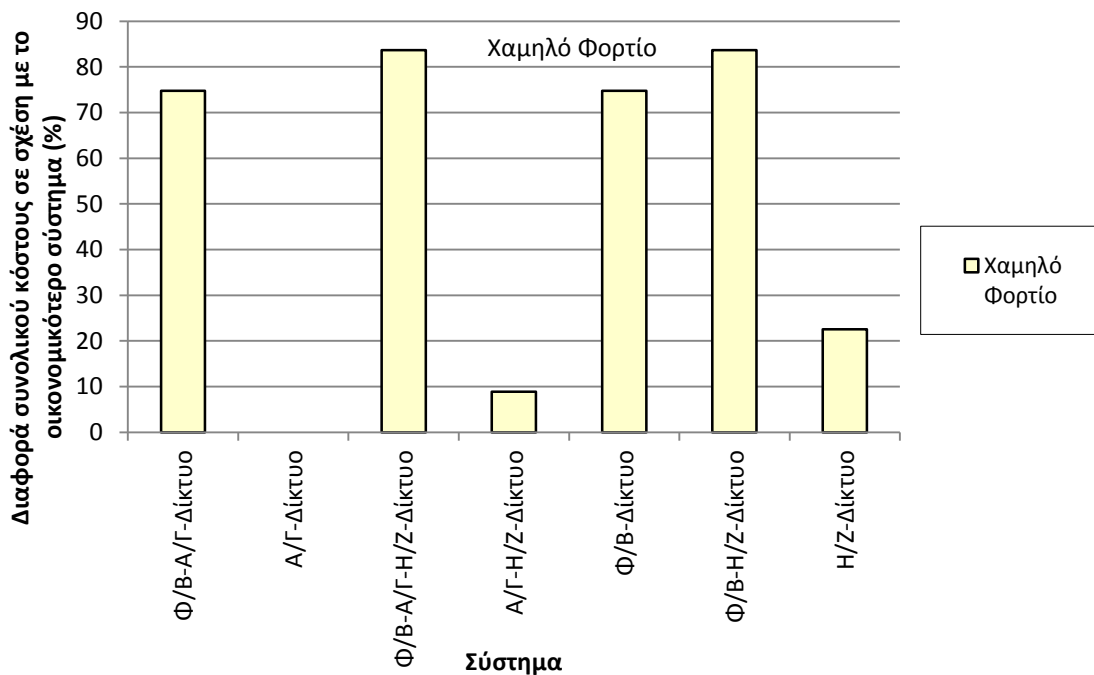
	Συνολικό κόστος (€)	Κόστος εγκατάστασης (€)	Μέσο ανηγμένο κόστος λειτουργίας (€/έτος)	Μέσο ανηγμένο κόστος ενέργειας (€/kWh)	Μη εξυπηρετούμενο φορτίο (%)	Περίσσεια ενέργειας (%)
Φ/Β-Α/Γ-δίκτυο	13680	24766	-867	0,093	0	0
Α/Γ-δίκτυο	11239	0	879	0,076	0	0
Φ/Β-Α/Γ-Η/Ζ-δίκτυο	14321	25596	-832	0,097	0	0
Α/Γ-Η/Ζ-δίκτυο	11880	830	864	0,081	0	0
Φ/Β-δίκτυο	21365	11772	750	0,145	0	0
Φ/Β-Η/Ζ-δίκτυο	22988	13872	713	0,156	0	0
Η/Ζ-δίκτυο	11239	0	879	0,076	0	0

Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων που παρουσιάζουν οι παραπάνω πίνακες προκύπτει το συμπέρασμα ότι στην περίπτωση του μέσου και χαμηλού φορτίου το οικονομικότερο σύστημα είναι αυτό που περιλαμβάνει μόνο Α/Γ με σύνδεση στο δίκτυο, ενώ για το υψηλό φορτίο το σύστημα που περιλαμβάνει μόνο Α/Γ έχει το ίδιο συνολικό κόστος με το σύστημα που περιλαμβάνει μόνο Η/Ζ. Σε αυτήν την περίπτωση, η διαφορά κόστους από το ακριβότερο σύστημα, δηλαδή το σύστημα που περιλαμβάνει Φ/Β-Η/Ζ-δίκτυο, είναι 105%, δηλαδή μεγαλύτερη κατά 30% περίπου του βασικού σεναρίου ενώ σε σχέση με το προηγούμενο σενάριο, όπου δεν μεταβάλλεται η τιμή πώλησης, η διαφορά είναι περίπου ίδια.

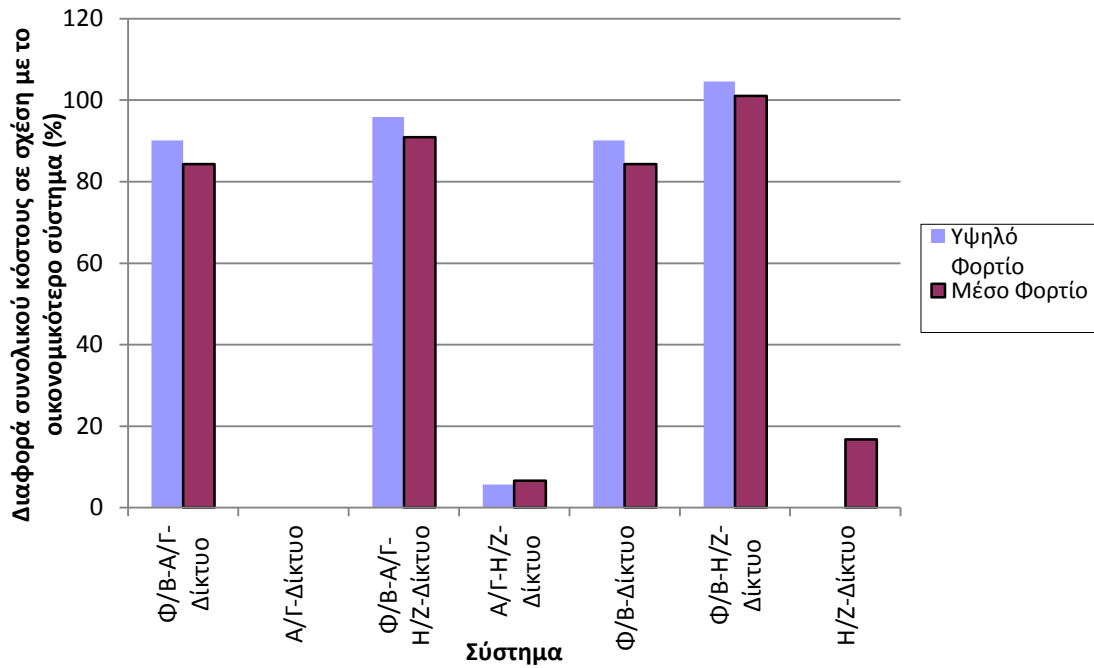
Επίσης, το μη εξυπηρετούμενο φορτίο και η περίσσεια ενέργειας είναι μηδέν. Τα αρχικά κόστη είναι λίγο χαμηλότερα σε σχέση με τις τιμές του βασικού σεναρίου, στα συστήματα που περιλαμβάνουν Φ/Β



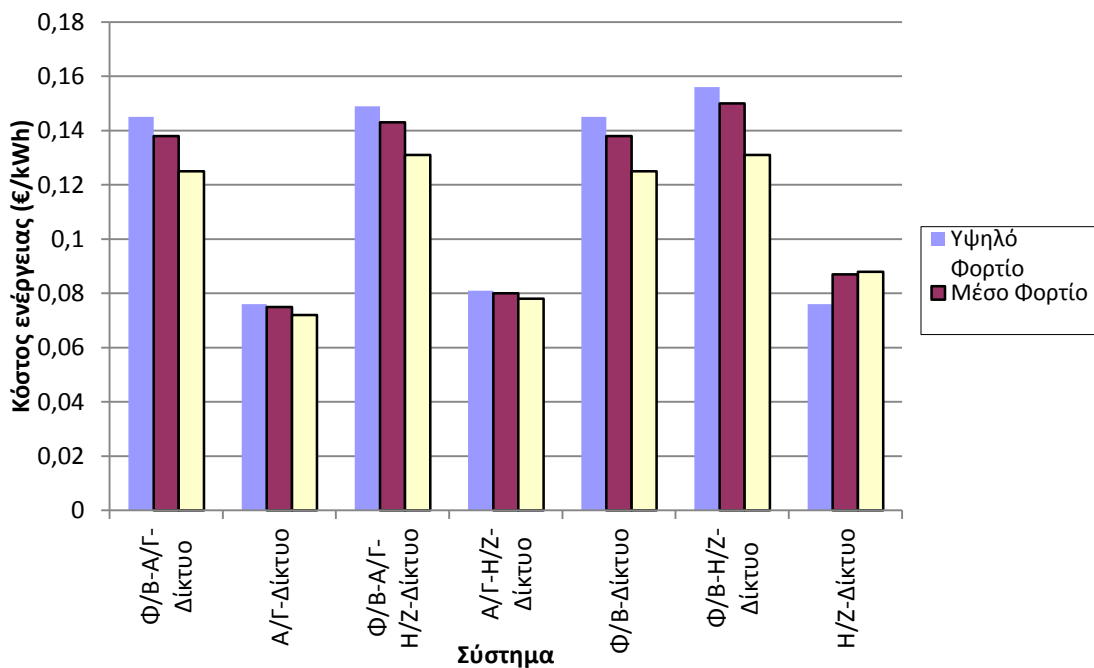
Σχήμα 4.37 Σύγκριση συνολικού κόστους υβριδικών συστημάτων (σενάριο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης μειωμένη κατά 50%).



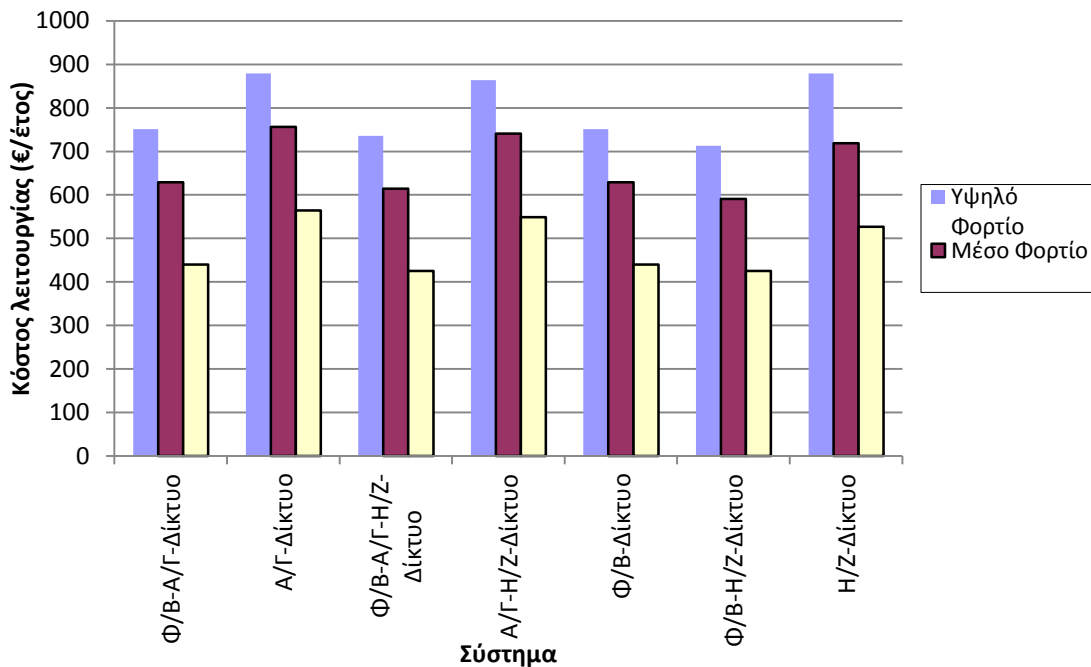
Σχήμα 4.38 Ποσοστιαία διαφορά συνολικού κόστους υβριδικών συστημάτων σε σχέση με το οικονομικότερο (σενάριο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης μειωμένη κατά 50%) για χαμηλό φορτίο.



Σχήμα 4.39 Ποσοστιαία διαφορά συνολικού κόστους υβριδικών συστημάτων σε σχέση με το οικονομικότερο (σενάριο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης μειωμένη κατά 50%) για μέσο και υψηλό φορτίο.



Σχήμα 4.40 Σύγκριση μέσου ανηγμένου κόστους ενέργειας υβριδικών συστημάτων (σενάριο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης μειωμένη κατά 50%).



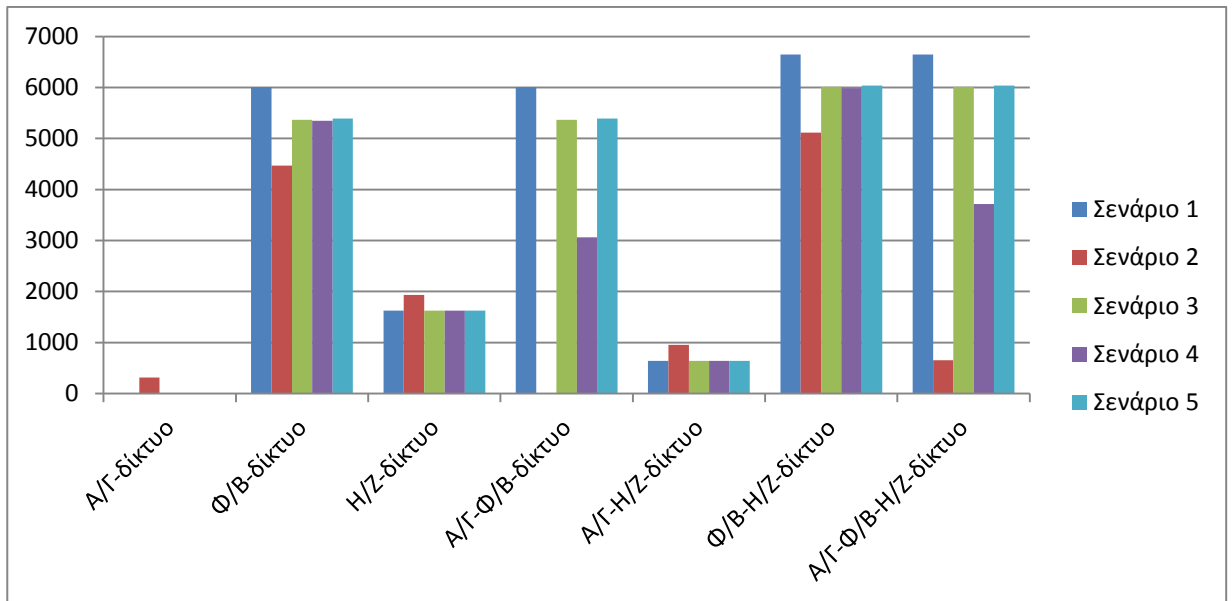
Σχήμα 4.41 Σύγκριση μέσου ετήσιου ανηγμένου κόστους λειτουργίας υβριδικών συστημάτων (σενάριο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης μειωμένη κατά 50%).

4.9 Επιλογή βέλτιστου συστήματος

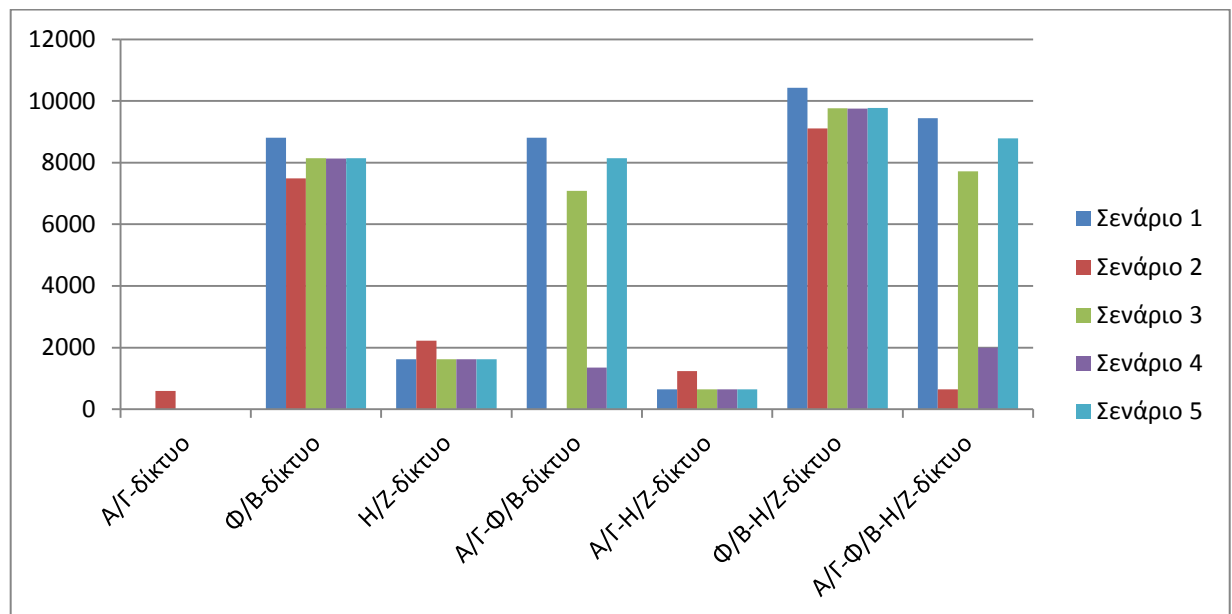
Στην παράγραφο αυτή επαναλαμβάνονται οι αναλύσεις των προηγούμενων σεναρίων λαμβάνοντας υπόψη τη διαφορά συνολικού κόστους των υβριδικών συστημάτων. Συγκρίνονται μόνο τα αποτελέσματα των συστημάτων σε διασυνδεδεμένη λειτουργία, δεδομένου ότι αυτά είναι σαφώς οικονομικότερα από τα αντίστοιχα της αυτόνομης λειτουργίας.

Το 0, το 0 και το 0 συγκρίνουν τις διαφορές συνολικού των υβριδικών συστημάτων όλων των σεναρίων που μελετήθηκαν, για την περίπτωση χαμηλού, μέσου και υψηλού φορτίου, αντίστοιχα. Σε κάθε περίπτωση, μπορούμε να δούμε ότι η βέλτιστη επιλογή ανάλογα με το συνολικό κόστος, είναι το σύστημα Α/Γ-Δίκτυο. Σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις αποτελεί το πλέον οικονομικότερο σύστημα ενώ μόνο στη περίπτωση υψηλού φορτίου το σύστημα Η/Ζ-Δίκτυο παρουσιάζει παρόμοια αποτελέσματα. Επίσης, παρατηρούμε ότι τα συστήματα που περιλαμβάνουν Φ/Β είναι πολύ πιο ακριβά από τα υπόλοιπα και για τα τρία φορτία, συνεπώς η επένδυση σ' αυτά τα συστήματα είναι ασύμφορη. Πιο συγκεκριμένα, στα σεναρία 1,3,4,5 το βέλτιστο σύστημα είναι Α/Γ-Δίκτυο, με μόνη εξαίρεση το υψηλό φορτίο όπου το σύστημα

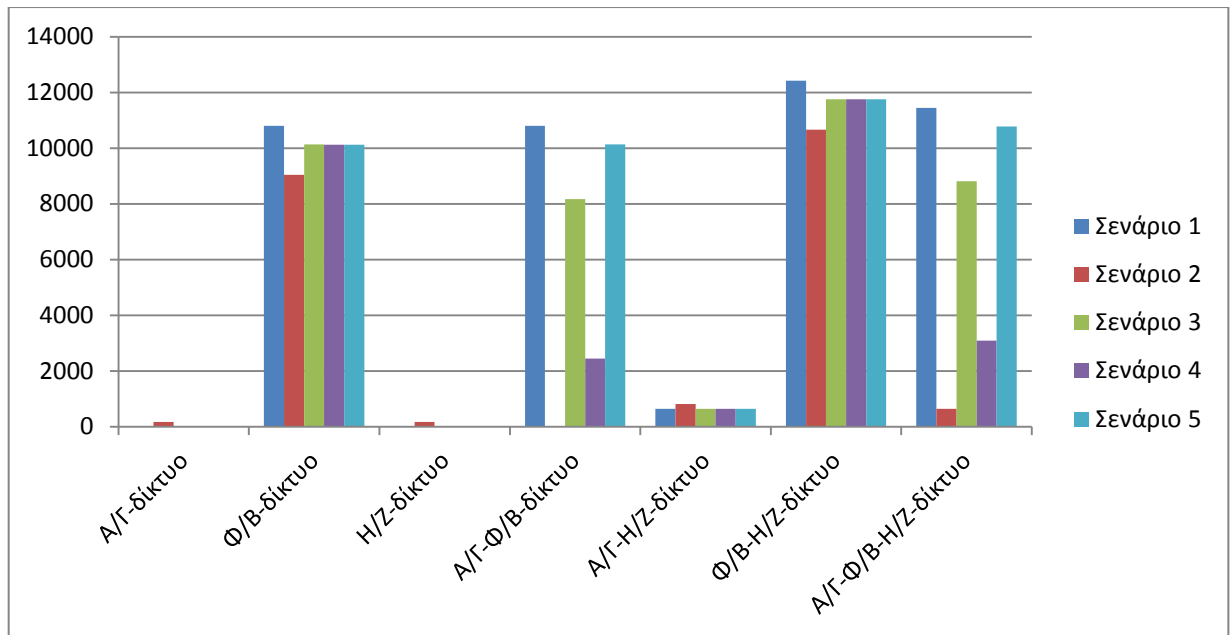
H/Z-Δίκτυο είναι εξίσου οικονομικό, ενώ στο σενάριο 2, και για τα τρία φορτία, πιο οικονομικό παρουσιάζεται το σύστημα A/Γ-Φ/B-Δίκτυο.



Σχήμα 4.42 Σύγκριση διαφοράς συνολικού κόστους υβριδικών συστημάτων (σενάριο χαμηλού φορτίου).



Σχήμα 4.43 Σύγκριση διαφοράς συνολικού κόστους υβριδικών συστημάτων (σενάριο μέσου φορτίου).



Σχήμα 4.44 Σύγκριση διαφοράς συνολικού κόστους υβριδικών συστημάτων (σενάριο υψηλού φορτίου).

4.10 Συμπεράσματα

Στις προηγούμενες παραγράφους εξετάστηκαν ενδελεχώς διάφορα σενάρια όσον αφορά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από 7 υβριδικά συστήματα. Στόχος της μελέτης αυτής ήταν να βρεθεί το βέλτιστο σύστημα για κάθε σενάριο και κάθε είδος φορτίου ξεχωριστά. Ως βέλτιστο σύστημα, λοιπόν, επιλέγεται αυτό που εν τέλει έχει το μικρότερο συνολικό κόστος. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης έδειξαν πως το επικρατέστερο υβριδικό σύστημα για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι αυτό της Α/Γ, πλην κάποιων εξαιρέσεων ανά είδος φορτίου. Ο 0 παρουσιάζει συνοπτικά τα αποτελέσματα.

Αναλυτικότερα, όσον αφορά το «Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο» και στα 3 είδη φορτίου επιλέγεται ως βέλτιστο σύστημα αυτό της Α/Γ. Επίσης στο «Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με κόστος ενέργειας μειωμένο κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο», στο υψηλό φορτίο τα βέλτιστα συστήματα είναι δύο, αυτό της Α/Γ και αυτό του Η/Ζ, ενώ για το μεσαίο και χαμηλό φορτίο παραμένει η Α/Γ.

Για το «Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με κόστος ενέργειας αυξημένο κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο», υπάρχει μια μικρή εναλλαγή, δηλαδή, ενώ στο υψηλό και μέσο φορτίο επιλέγεται η Α/Γ, στο χαμηλό φορτίο το βέλτιστο σύστημα αποτελεί ο συνδιασμός Φ/Β-Α/Γ. Κατόπιν, για το «Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με

το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας» για το υψηλό φορτίο επιλέγεται το Η/Ζ, ενώ για το μέσο και χαμηλό φορτίο η Α/Γ.

Επιπρόσθετα, αξίζει να σημειωθεί, πως στα σενάρια «Διασυνδεδεμένη λειτουργία με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας αυξημένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο» και «Διασυνδεδεμένη λειτουργία με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας μειωμένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο» επιλέγονται και στα 3 είδη φορτίου το ίδιο βέλτιστο σύστημα. Συγκεκριμένα, στο υψηλό φορτίο η Α/Γ και το Η/Ζ έχουν ακριβώς το ίδιο συνολικό κόστος, ενώ για τα άλλα δύο φορτία ως βέλτιστο σύστημα επιλέγεται και πάλι η Α/Γ.

Πίνακας 4.30 Είδος και κόστος βέλτιστου συστήματος για όλα τα σενάρια λειτουργίας και φορτίου που εξετάστηκαν.

	Βασικό σενάριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5
<i>Υψηλό φορτίο</i>	<u>Α/Γ</u> 14.743€	<u>Α/Γ & Η/Ζ</u> 7.372€	<u>Α/Γ</u> 22.115€	<u>Η/Ζ</u> 11.238€	<u>Α/Γ & Η/Ζ</u> 11.239€	<u>Α/Γ & Η/Ζ</u> 11.239€
<i>Μέσο φορτίο</i>	<u>Α/Γ</u> 12.924€	<u>Α/Γ</u> 6.462€	<u>Α/Γ</u> 19.386€	<u>Α/Γ</u> 9.665€	<u>Α/Γ</u> 9.665€	<u>Α/Γ</u> 9.665€
<i>Χαμηλό φορτίο</i>	<u>Α/Γ</u> 10.078€	<u>Α/Γ</u> 5.039€	<u>Φ/Β-Α/Γ</u> 14.804€	<u>Α/Γ</u> 7.208€	<u>Α/Γ</u> 7.208€	<u>Α/Γ</u> 7.208€

Τονίζεται ότι οι παράμετροι με τη μεγαλύτερη αβεβαιότητα είναι οι γενικές οικονομικές παράμετροι όπως το επιτόκιο αναγωγής, το κόστος εκπομπών ρύπων και η τιμή του καυσίμου των Η/Ζ (δηλαδή της βενζίνης). Δεδομένου ότι και οι τρεις αυτές παράμετροι διέπονται από αβεβαιότητα, η επιλογή τους αποτελεί τη βασική παραδοχή που λαμβάνεται υπόψη κατά την προσομοίωση. Ως επιτόκιο αναγωγής λαμβάνεται το μέσο σταθμισμένο κόστος του συνολικού επενδύμενου κεφαλαίου, που συντίθεται από το κόστος των ιδίων και των δανειακών κεφαλαίων του επενδυτή.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα βασικά συμπεράσματα που προκύπτουν από τη σύγκριση των διαφόρων συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες και συμβατικές πηγές διασυνδεδεμένων στο δίκτυο. Προτείνεται το βέλτιστο σύστημα ανάλογα τις ενεργειακές ανάγκες του καταναλωτή, λαμβάνοντας υπόψη τόσο την οικονομικότητα της επένδυσης όσο και τη μεγιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης.

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα εργασία εξετάστηκε η δυνατότητα χρήσης συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ή συμβατικές πηγές διασυνδεδεμένων στο δίκτυο. Ειδικότερα μελετήθηκε η χρήση ανεμογεννητριών, φωτοβολταϊκών συστημάτων, ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους (ζεύγος βενζινοκινητήρα-ηλεκτρικής γεννήτριας) και όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί τους. Επιλέχθηκαν τα κατάλληλα μεγέθη εξοπλισμού για την κάλυψη της ενεργειακής κατανάλωσης με βάση την αιχμή του φορτίου και τη ζήτηση ενέργειας και επιλέχθηκε το τεχνο-οικονομικά βέλτιστο.

Εξετάστηκαν τρία σενάρια φορτίου (χαμηλό-μέσο-υψηλό) και τέσσερα επιπλέον σενάρια με βάση το κόστος ενέργειας και τη τιμή πώλησης. Η τεχνοοικονομική αξιολόγηση της επένδυσης έγινε με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού, εξετάζοντας όλες τις σχετικές τεχνικο-οικονομικές παραμέτρους. Βασικός σκοπός ήταν να διερευνηθεί - σύμφωνα με τα τεχνικο-οικονομικά που θα προκύψουν - το κατά πόσο και κάτω από ποιες προϋποθέσεις είναι βιώσιμη και συμφέρουσα μια τέτοια επένδυση.

5.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Από τη σύγκριση των συμπερασμάτων προκύπτει ότι στο μεγαλύτερο μέρος των σεναρίων το είδος του υβριδικού συστήματος που επιλέγεται ως βέλτιστο είναι Α/Γ- δίκτυο. Οι διαφορές μεταξύ του συνολικού κόστους, του κόστους εγκατάστασης, του κόστους

ενέργειας αλλά και λειτουργίας των συστημάτων δε διαφοροποιούνται σημαντικά ανάλογα με το είδος του φορτίου ενώ το επιτόκιο αναγωγής και η τιμή καυσίμου είναι ίδια σ' όλα τα σενάρια.. Αντίθετα, καθοριστικός παράγοντας είναι η διασύνδεση με το δίκτυο, δεδομένου ότι στις περισσότερες περιπτώσεις καλύπτει σε αρκετά μεγάλο βαθμό τα φορτία.

Η πιο οικονομική λύση από όλα τα σενάρια που εξετάστηκαν (7 είδη συστημάτων x 3 σενάρια φορτίου x 5 σενάρια κόστους ενέργειας και τιμής πώλησης=105 σενάρια) αντιστοιχεί στο σύστημα Α/Γ-δίκτυο σε σενάριο χαμηλού φορτίου και σενάριο 1. Πρόκειται για το σενάριο όπου το κόστος ενέργειας είναι μειωμένο κατά 50%, δηλαδή από 1ευρώ σε 50 λεπτά. Όσον αφορά την ενεργειακή απόδοση, στα συστήματα που περιλαμβάνουν ΑΠΕ, είναι μεγαλύτερη απ' αυτά που έχουν και Η/Ζ ή συνδυασμό ενός είδους ΑΠΕ και Η/Ζ.

Ο συνδυασμός Α/Γ-δίκτυο είναι ο καλύτερος στις περιπτώσεις μέσου και χαμηλού φορτίου, με μοναδική εξαίρεση το χαμηλό φορτίο του Σεναρίου 2, όπου το σύστημα Φ/Β-Α/Γ-δίκτυο είναι το οικονομικότερο. Στο υψηλό φορτίο υπερισχύει το σύστημα Α/Γ-Η/Ζ-δίκτυο στα σενάρια 1, 4 και 5, ενώ στο σενάριο 3 το σύστημα Η/Ζ-δίκτυο. Σε κάθε περίπτωση φορτίου, το οικονομικότερο σύστημα αντιστοιχεί στο Α/Γ-δίκτυο του Σεναρίου 1, όπου το κόστος ενέργειας είναι μειωμένο κατά 50%. Τα ακριβότερα συστήματα αντιστοιχούν στο Σενάριο 2, όπου το κόστος ενέργειας είναι αυξημένο κατά 50%. Το κόστος των βέλτιστων σεναρίων αυξάνεται, όπως αναμένεται, με την αύξηση του φορτίου, λόγω του μεγαλύτερου μεγέθους των στοιχείων του εξοπλισμού που πρέπει να επιλεγεί για να μπορέσει το δίκτυο να πετύχει την κάλυψή του.

5.3 ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Με βάση τα συμπεράσματα της ανάλυσης που παρουσιάστηκαν στην παρούσα εργασία προτείνονται οι ακόλουθες κατευθύνσεις για περαιτέρω ανάλυση της απόδοσης διαφόρων συστημάτων ΑΠΕ διασυνδεδεμένων στο δίκτυο, τα οποία μπορεί να συμβάλλουν σημαντικά στην εξαγωγή περαιτέρω συμπερασμάτων:

- Διερεύνηση διαφορετικών τύπων καταναλωτών (τουριστικών ή αγροτικών) οι οποίοι παρουσιάζουν πρακτικό ενδιαφέρον για συστήματα αυτόνομης τροφοδότησης.
- Εξέταση περισσότερων σεναρίων γεωγραφικής θέσης, έτσι ώστε να προκύψουν περισσότερα και πιο λεπτομερή συμπεράσματα για το βέλτιστο σύστημα ανά γεωγραφική θέση στην Ελλάδα.
- Εξέταση και άλλων τύπων μονάδων ΑΠΕ με μικρότερη εμβέλεια χρήσης στην Ελλάδα (π.χ. βιομάζα ή κυματική ενέργεια) ώστε να προκύψουν κίνητρα για τη χρήση και αυτών των τύπων ΑΠΕ σε καταναλωτές χαμηλής τάσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Zhou, W., Lou, C., Li, Z., Lu, L., Yang, H., 2010. Current Status of Research on Optimum Sizing of Stand-alone Hybrid Solar–Wind Power Generation Systems. *Applied Energy*, 87 (2010): 380-389.
- 2) Borowy, B., Salameh, Z., 1995. Methodology for Optimally Sizing the Combination of a Battery Bank and PV Array in a Wind/PV Hybrid system. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 11(2): 367-75.
- 3) Markvart, T., 1998. Sizing of hybrid photovoltaic–wind energy systems: solar energy. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 57:277–81.
- 4) Chedid, R., Saliba, Y., 1996. Optimization and Control of Autonomous Renewable Energy Systems. *International Journal of Energy Research*, 20(7): 609-624.
- 5) Rahman, S., Chedid, R., 1996. Unit sizing and control of hybrid wind–solar power systems. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 12(1):79–85.
- 6) Seeling-Hochmuth, G.C., 1997. A Combined Optimisation Concept for the Design and Operation Strategy of Hybrid-PV Energy Systems. *Solar energy*, 61(2): 77- 87.
- 7) Koutroulis, E., Kolokotsa, D., Potirakis, A., Kalaitzakis, K., 2006. Methodology for optimal sizing of stand-alone photovoltaic/wind-generator systems using genetic algorithms. *Solar Energy*, 80(3):1072–88.
- 8) Yang, H., Zhou, W., Lou, C., 2009. Optimal Design and Techno-economic Analysis of a Hybrid Solar-Wind Power Generation System. *Applied Energy*, 86(2): 163-9.
- 9) Shahirinial, A.H., Tafreshi, S.M.M., Hajizadeh, A., Gastaj Moghaddamj, A.R., 2006, Optimal sizing of hybrid power system using genetic algorithm. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 11:212–8.
- 10) Katti, K., Khedkar, M.K., 2007. Alternative energy facilities based on site matching and generation unit sizing for remote area power supply. *Renewable Energy*, 32(2):1346–66.
- 11) Bernal-Agustín, L.J., Dufo-López, R., 2009. Simulation and Optimization of Stand-alone Hybrid Renewable Energy Systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(2009): 2111-2118.
- 12) Yang, H., Zhou, W., Lou, C., 2009. Optimal Design and Techno-economic Analysis of a Hybrid Solar-Wind Power Generation System. *Applied Energy*, 86(2): 163-9.

- 13) Diaf, S., Notton, G., Belhamel, M., Haddadi, M., Louche, A., 2008. Design and Technoeconomical Optimization for Hybrid PV/Wind System under Various Meteorological Conditions. *Applied Energy*, 85(10): 968-87.
- 14) Kaldellis, K.J., Kavadias, A.K., 2006. Cost-benefit Analysis of Remote Hybrid Wind-Diesel Power Stations: Case study Aegean Sea islands. *Energy Policy*, 35 (2007): 1525–1538.
- 15) Kaldellis, K. J., 2007. An Integrated Model for Performance Simulation of Hybrid Wind–Diesel Systems. *Renewable Energy*, 32 (2007): 1544-1564.
- 16) Celik, A.N., 2002. The system performance of autonomous photovoltaic–wind hybrid energy systems using synthetically generated weather data. *Renewable Energy*, 27:107.
- 17) Ding, J.J., Buckeridge, J.J., 2000. Design considerations for a sustainable hybrid energy system. *UNITECH Institute of Technology-IPENZ Transactions*, 27(1).
- 18) Elhadidy, M.A., Shaahid, S.M., 1999. Optimal sizing of battery storage for hybrid (wind + diesel) power systems. *International Journal of Renewable Energy*, 18(1):77–86.
- 19) Elhadidy, M.A., Shaahid, S.M., 2004. Role of hybrid (wind + diesel) power systems in meeting commercial loads. *Renewable Energy*, 29(12):109–18.
- 20) Yang, H., Lu, L., Zhou, W., 2007. A novel optimization sizing model for hybrid solar–wind power generation system. *Solar Energy Journal*, 81:76–84.
- 21) Lambert, T., Gilman, P., Lilienthal, P., 2005. *Micropower system modeling with HOMER*. Integration of Alternative Sources of Energy, Farret FA, Simões MG, John Wiley & Sons.
- 22) Khan, M.J., Iqbal, M.T., 2005. Pre-feasibility study of stand-alone hybrid energy systems for applications in Newfoundland. *Renewable Energy*, 30(6):835–54.
- 23) Rehman, S., El-Amin, I.L., Ahmad, F., Shaahid, S.M., Al-Shehri, A.M., Bakhshwain, J.M., Shash, A., 2007. Feasibility study of hybrid retrofits to an isolated off-grid diesel power plant. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 11: 635-653.
- 24) Shaahid, S.M., El-Amin, I., Rehman, S., Al-Shehri, A., Bakashwain, J., Ahmad, F., 2004. Potential of autonomous/off-grid hybrid wind-diesel power system for electrification of a remote settlement in Saudi Arabia, *Wind Engineering*, 28(5): 621-628.
- 25) Givler, T., Lilienthal, P., 2005. *Using HOMER Software, NREL's Micropower Optimization Model, to Explore the Role of Gen-sets in Small Solar Power Systems; Case study: Sri Lanka*. National Renewable Energy Laboratory, Technical Report NREL/TP-710-36774. (www.nrel.gov/docs/fy05osti/36774.pdf, accessed on May 2012).
- 26) Γιακουμή Ι., π.α.. Σχεδιασμός και κατασκευή υβριδικού ενεργειακού συστήματος μικρής ισχύος αποτελούμενο από Ανεμογεννήτρια και Φωτοβολταϊκή πηγή για πειραματικούς σκοπούς, *Εργαστήριο Ηλεκτρομηχανικής Μετατροπής ενέργειας Πανεπιστημίου Πατρών*.
- 27) Essam A., Nazar H., Mohammad U., 2011. Application of Using Hybrid Renewable Energy in Saudi Arabia, *ETASR - Engineering, Technology & Applied Science Research*, 1(4) : 84-89.

- 28) Martínez-Díaz M., Villafáfila-Robles R., Montesinos-Miracle D., Sudrià-Andreu A., 2013, Study of optimization design criteria for stand-alone hybrid renewable power systems, *Renewable Energy and Power Quality Journal*, No. 11.
- 29) Batic M., Philimis P., Sakkas N., 2010. Simulation of Hybrid Renewable Energy System, *Advances in Environment, Biotechnology and Biomedicine*.
- 30) Binayak B., Kyung-Tae L., Gil-Yong L., Young-Man C., Sung-Hoon A., 2015. Optimization of Hybrid Renewable Energy Power Systems: A Review, *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 2(1): 99-112 .
- 31) Swati N., Lini M., 2014. Hybrid Renewable Energy System: A Review, *International Journal of Electronic and Electrical Engineering*, 7(5): 535-542.
- 32) Ηλιόπουλος Α., 2014. Προσομοίωση και Αξιολόγηση Υβριδικών Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας μικρής κλίμακας που εμπεριέχουν τεχνολογίες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, *Πολυτεχνείο Κρήτης*.
- 33) Καρταλίδης Α., 2011. Σχεδιασμός Υβριδικού συστήματος παραγωγής Ενέργειας από ΑΠΕ για την κάλυψη αναγκών Ηλεκτρικής Ενέργειας και Νερού με Αφαλάτωση, *Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο- Πανεπιστήμιο Πειραιά*.
- 34) Deshmukh M., Deshmukh S., 2008. Modeling of Hybrid Renewable Energy systems, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12: 235–249.
- 35) Zoubeidi O., Fardoun A., Noura H., Nayar C., 2012. Hybrid Renewable Energy System Solution for Remote Areas in UAE, *Global Journal Of Technology and Optimization*, Vol. 3.
- 36) Βρεττός Ε., Τσικαλάκης Α., Παπαθανασίου Σ., 2009. Υβριδικά Συστήματα Πολύ Υψηλής Διείσδυσης ΑΠΕ σε Μικρά Νησιωτικά Δίκτυα, *Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο*.
- 37) Lakshmi G., Rama Rao P., Palleswari Y., 2014. Hybrid solar-wind-hydro renewable energy system, *World Journal of Modelling and Simulation*, 10 (4): 243-251
- 38) Ευαγγελόπουλος, Ι., 2012. Τεχνοοικονομική ανάλυση επένδυσης σε αυτόνομα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες και συμβατικές πηγές για εφαρμογές σε καταναλωτές Χαμηλής Τάσης. Διπλωματική Εργασία, ΕΑΠ.
- 39) Αμοιραλής, Ε., 2010. Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις για Μηχανολόγους. Σημειώσεις Μαθήματος Θεωρίας, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τμήμα Μηχανολογίας, ΤΕΙ Χαλκίδας.
- 40) Ματωνάκη, Α., Καλυμνιός, Κ., 2009. Μεθοδολογία Δημιουργίας Τυπικών Διαγραμμάτων Φορτίου για Οικιακούς Καταναλωτές. Διπλωματική Εργασία, ΑΠΘ.
- 41) <http://www.dei.gr/Default.aspx?id=1214&nt=19&lang=1> (accessed on March 2012).

- 42) Αλούκος, Ε., Γιαννακόπουλος, Θ., Αμοιραλής, Ε., 2011. Αποτίμηση Ενεργειακής Απόδοσης Οικιακής Φωτοβολταϊκής Εγκατάστασης. 16ο Εθνικό Συνέδριο Ενέργειας, «Ενέργεια & Ανάπτυξη 2011».
- 43) http://www.pv-installer.net/eu_store/index.php/eu_gb/s235p60-professional.html (accessed on March 2012).
- 44) J. Bornay Aerogeneradores, <http://www.bornay.com/> (accessed on March 2012).
- 45) <http://www.windmeasurementinternational.com/wind-turbines/om-turbines.php> (accessed on March 2012).
- 46) <http://www.drivastools.gr> (accessed on March 2012).
- 47) <http://www.hoppecke.com/content/view/full/1210> (accessed on March 2012).
- 48) http://homerenergy.com/email/homer_news_June232011.html (accessed on March 2012).
- 49) <http://www.alexakisenergy.com/> (accessed on March 2012).
- 50) Μιχαήλ Π. Παπαδόπουλος, «Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές», Έκδοση Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Αθήνα 1997.
- 51) Στάθης Τσελέπης ΚΑΠΕ, 2005, «Η τρέχουσα κατάσταση στην αγορά και οι τεχνολογίες Φωτοβολταϊκών και διεσπαρμένη παραγωγή μέσω εγκαταστάσεων σε κτίρια», 3^ο Εθνικό Συνέδριο, Η εφαρμογή των Ανανεώσιμων πηγών Ενέργειας, Προοπτικές και Προτεραιότητες προς το στόχο του 2010.
- 52) Renewable Energy Policy Network for the 21th Century, «RENEWABLES 2005, Global Status Report», <http://www.ren21.net>
- 53) Ελευθέριος Μάλτας, 2007, «Σχεδιασμός και έλεγχος αυτόνομου υβριδικού συστήματος ηλεκτροπαραγωγής τύπου Φ/Β, Α/Γ και Η/Ζ για την οικονομικότερη λειτουργία του», Μεταπτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Δ.Π.Θ.
- 54) S.M. Shaahid, M.A.Elhadidy, 2008, «Economic analysis of hybrid photovoltaic-diesel-battery power systems for residential loads in hot regions. A step to clean future», Renewable and Sustainable Energy Reviews, 12: 488-50.
- 55) N.H. Lipman , 1994, «Overview Of Wind/Diesel Systems», Renewable Energy, 5: 595-617

- 56) Alliance for rural electrification: <http://www.ruralelec.org>, PV-Diesel Solar 02 ARE paper publication, «Economic analysis comparison»
- 57) A.N.Celik, 2002, «Optimisation and techno-economic analysis of autonomous photovoltaic-wind hybrid energy system in comparison to single photovoltaic and wind systems», Energy Conversion and Management, 43:2453-2468.
- 58) S. Diaf, M. Belhamel, M. Haddadi, A. Louche, 2008, «Technical and economic assessment of hybrid photovoltaic-wind system with battery in Corsica island» Energy Policy, 36: 743-754.
- 59) M.A. Elhadidy, S.M. Shaahid, 2005,«Decentralized/stand-alone hybrid Wind–Diesel power systems to meet residential loads of hot coastal regions» Energy Conversion and Management, 46: 2501-2513.
- 60) M.A. Elhadidy, S.M. Shaahid, 2004, « Role of hybrid (wind+diesel) power systems in meeting commercial loads», Renewable Energy, 29: 109-118.
- 61) George C. Bakos, 2002 , « Feasibility study of a hybrid wind/hydro power-system for low-cost electricity production ».

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΤΙΜΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΚΑΙ ΠΩΛΗΣΗΣ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στο Παράρτημα αυτό παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των 5 σεναρίων που περιγράφηκαν συνοπτικά στο Κεφάλαιο 4 (Παράγραφοι 4.5-4.9).

Π.Α.1 ΣΕΝΑΡΙΟ διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με κόστος ενέργειας μειωμένο κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο

Π.Α.1.1 Υβριδικό σύστημα με Φ/Β

Π.Α.1.1.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 6.975€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 11.043€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,110€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 318€/έτος.

Π.Α.1.1.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 9.774€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 15.265€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,118€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 430€/έτος.

Π.Α.1.1.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 11.772€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 18.173€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,123€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 501€/έτος.

Π.Α.1.1.4 Σύγκριση για τα διάφορα είδη φορτίου

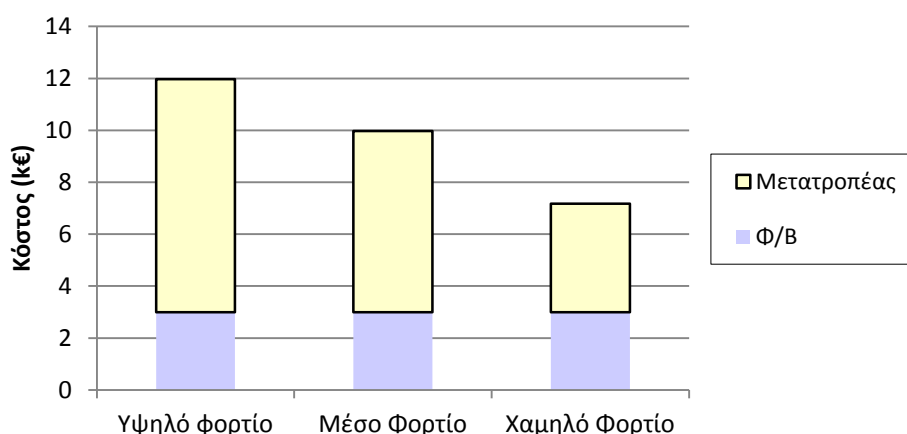
Στο 0 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Φ/Β και μετατροπέας) για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται. Τα κόστη είναι παρόμοια με αυτά του αντίστοιχου συστήματος στο βασικό σενάριο διασύνδεσης με το δίκτυο. Το κόστος των Φ/Β παραμένει το ίδιο για τα τρία φορτία ενώ το κόστος του μετατροπέα αυξάνεται αναλόγως του φορτίου που εξυπηρετείται.

Π.Α.1.1.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο 0 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Φ/Β για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται. Τα ποσοστά μη εξυπηρετούμενου φορτίου είναι μηδενικά όπως και στο βασικό σενάριο ενώ τα ποσοστά περίσσειας ενέργειας είναι και αυτά μηδενικά σε σχέση μ' αυτά του βασικού σεναρίου που κυμαίνονταν στο 0,12 και 2,89% για χαμηλό και μέσο φορτίο αντίστοιχα.

Πίνακας Π.Α.1 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Φ/Β για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται (σενάριο κόστους ενέργειας μειωμένο κατά 50%).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από Φ/Β	1.519	19	1.519	15	1.519	13
Δίκτυο	6.439	81	8.613	85	10.019	87
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	0	0	0	0



Σχήμα Π.Α.1 Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος Φ/Β για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται (σενάριο κόστους ενέργειας μειωμένο κατά 50%).

Π.Α.1.2 Υβριδικό σύστημα με Α/Γ**Π.Α.1.2.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου**

Το βέλτιστο σύστημα δεν περιλαμβάνει Α/Γ ενώ όλη η ισχύς παρέχεται από το δίκτυο. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 0€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 5.039€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,050€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 394€/έτος.

Π.Α.1.2.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα δεν περιλαμβάνει Α/Γ ενώ όλη η ισχύς παρέχεται από το δίκτυο. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 0€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 6.462€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,050€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 506€/έτος.

Π.Α.1.2.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα δεν περιλαμβάνει Α/Γ ενώ όλη η ισχύς παρέχεται από το δίκτυο. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 0€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 7.372€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,050€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 577€/έτος.

Π.Α.1.2.4 Σύγκριση για τα διάφορα είδη φορτίου

Στο 0 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Α/Γ και μετατροπέας) για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται. Στην περίπτωση αυτή, όπως και στο βασικό σενάριο, το αρχικό κόστος είναι μηδέν. Αυτό οφείλεται στο ότι και στις δύο περιπτώσεις τα φορτία μπορούν να καλυφθούν εξ ολοκλήρου από το δίκτυο και επομένως δε χρειάζεται η εγκατάσταση Α/Γ. Όσον αφορά τα λειτουργικά κόστη, σ' αυτό το σενάριο είναι μικρότερα σχεδόν στο μισό σε σχέση με του βασικού σεναρίου, λόγω της μείωσης του κόστους ενέργειας κατά 50%.

Π.Α.1.2.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο 0 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Α/Γ. Τα ποσοστά μη εξυπηρετούμενου φορτίου και περίσσειας ενέργειας είναι και στις τρεις περιπτώσεις μηδενικά.

Πίνακας Π.Α.2 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Α/Γ-μπαταριών για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται (σενάριο κόστους ενέργειας μειωμένο κατά 50%).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από Α/Γ	0	0	0	0	0	0
Παραγωγή ενέργειας από δίκτυο	7.883	100	10.110	100	11.533	100
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	0	0	0	0



Σχήμα Π.Α.2 Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος Α/Γ-μπαταριών για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται (σενάριο κόστους ενέργειας μειωμένο κατά 50%).

Π.Α.1.3 Υβριδικό σύστημα με Η/Ζ

Π.Α.1.3.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Η/Ζ ισχύος 1 kW και Η/Ζ ισχύος 2 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 2.100€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 6.662€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,066€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 357€/έτος.

Π.Α.1.3.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Η/Ζ ισχύος 1 kW και Η/Ζ ισχύος 2 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 2.100€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και

λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 8.085€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,063€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 468€/έτος.

Π.Α.1.3.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα δεν περιλαμβάνει Η/Ζ ενώ 1000kW παρέχονται από το δίκτυο. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 0€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 7.372€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,050€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 577€/έτος.

Π.Α.1.3.4 Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου

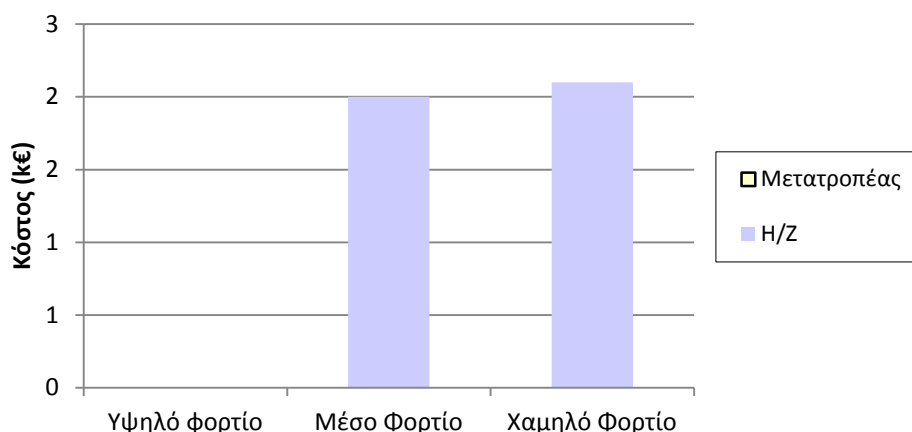
Στο 0 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Η/Ζ και μετατροπέας) για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Τα κόστη είναι παρόμοια με αυτά του βασικού σεναρίου, ενώ τα λειτουργικά κόστη είναι μειωμένα στο μισό σε σχέση με τα κόστη του βασικού σεναρίου.

Π.Α.1.3.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο 0 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Η/Ζ. Τα ποσοστά μη εξυπηρετούμενου φορτίου και περίσσειας ενέργειας είναι και στις τρεις περιπτώσεις μηδενικά, ενώ η παραγωγή ενέργειας γίνεται από το δίκτυο.

Πίνακας Π.Α.3 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Η/Ζ για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται (σενάριο κόστους ενέργειας μειωμένο κατά 50%).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από Η/Ζ	0	0	0	0	0	0
Παραγωγή ενέργειας από δίκτυο	7.883	100	10.110	100	11.534	100
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	0	0	0	0



Σχήμα Π.Α.3 Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος Φ/Β-H/Z-μπαταριών για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (σενάριο κόστους ενέργειας μειωμένο κατά 50%).

Π.Α.1.4 Υβριδικό σύστημα με Φ/Β, H/Z

Π.Α.1.4.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW και 1 H/Z ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 7.805€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 11.684€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,116€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 303€/έτος.

Π.Α.1.4.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW και 2 H/Z ισχύος 1 kW και 2 kW αντίστοιχα. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 11.874€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 16.888€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,131€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 392€/έτος.

Π.Α.1.4.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW, 2 H/Z ισχύος 1 kW και 2 kW αντίστοιχα. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 13.872€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 19.795€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,134€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 463€/έτος.

Π.Α.1.4.4 Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου

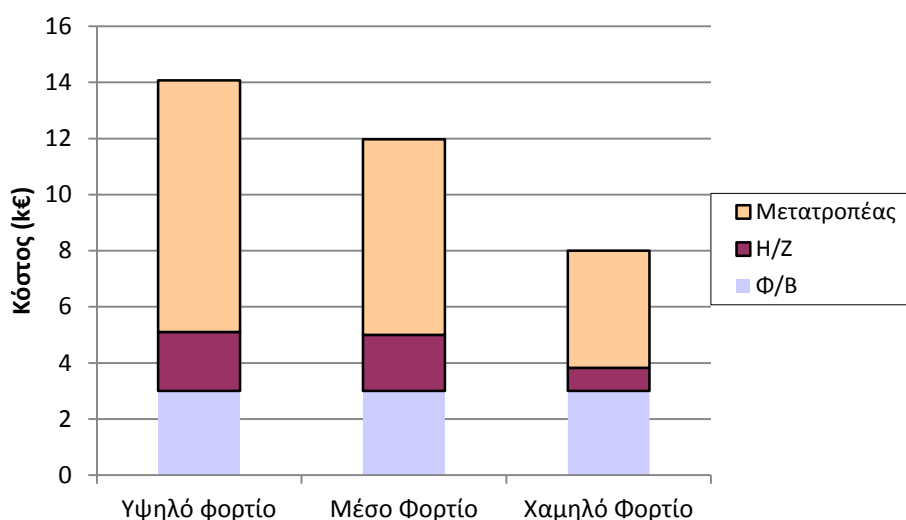
Στο 0 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Φ/Β, Η/Ζ και μετατροπέας) για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Τα κόστη είναι παρόμοια με αυτά του βασικού σεναρίου, δεδομένου ότι επιλέγονται παρόμοια μεγέθη Φ/Β και Η/Ζ.

Π.Α.1.4.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο 0 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Φ/Β-Η/Ζ-μπαταριών για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Τα ποσοστά μη εξυπηρετούμενου φορτίου και περίσσειας ενέργειας είναι και στις τρεις περιπτώσεις μηδενικά, ενώ η παραγωγή ενέργειας από το δίκτυο ξεπερνάει το 80% και στις τρεις περιπτώσεις φορτίου.

Πίνακας Π.Α.4 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Φ/Β-Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (σενάριο κόστους ενέργειας μειωμένο κατά 50%).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από Η/Ζ	0	0	0	0	0	0
Παραγωγή ενέργειας από Φ/Β	1.519	19	1.519	15	1.519	13
Δίκτυο	6.439	81	8.613	85	10.019	87
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	0	0	0	0



Σχήμα Π.Α.4 Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος Φ/Β-Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (σενάριο κόστους ενέργειας μειωμένο κατά 50%).

Π.Α.1.5 Υβριδικό σύστημα με Α/Γ, Η/Ζ**Π.Α.1.5.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου**

Το βέλτιστο σύστημα δεν περιλαμβάνει Α/Γ και αποτελείται από 1 Η/Ζ ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 830€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 5.680€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,056€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 379€/έτος.

Π.Α.1.5.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα δεν περιλαμβάνει Α/Γ και αποτελείται από 1 Η/Ζ ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 830€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 7.103€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,055€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 491€/έτος.

Π.Α.1.5.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα δεν περιλαμβάνει Α/Γ και αποτελείται από 1 Η/Ζ ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 830€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 8.013€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,054€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 562€/έτος.

Π.Α.1.5.4 Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου

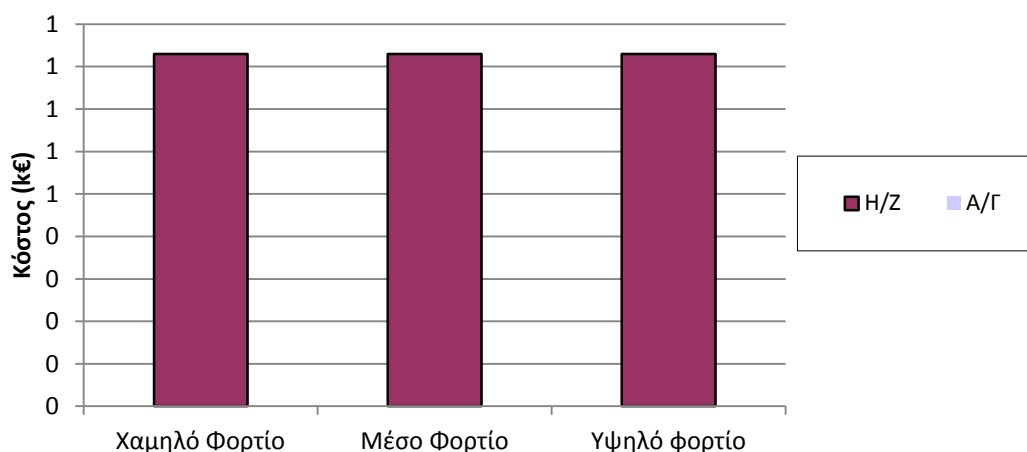
Στο 0 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Α/Γ, Η/Ζ και μετατροπέας) για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Παρατηρείται ότι, σε σχέση με το βασικό σενάριο, τα κόστη εγκατάστασης δεν αλλάζουν. Δεν χρησιμοποιείται Α/Γ ενώ το μοναδικό κόστος και για τα τρία φορτία προέρχεται από την Η/Ζ. Τα λειτουργικά κόστη είναι πάλι στο μισό του βασικού σεναρίου, το συνολικό κόστος είναι κατά 45% μικρότερο.

Π.Α.1.5.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο 0 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Α/Γ-Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Τα ποσοστά μη εξυπηρετούμενου φορτίου και περίσσειας ενέργειας είναι μηδενικά, όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις.

Πίνακας Π.Α.5 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Α/Γ-Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (σενάριο κόστους ενέργειας μειωμένο κατά 50%).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από Η/Ζ	0	0	0	0	0	0
Παραγωγή ενέργειας από δίκτυο	7.883	100	10.110	100	11.533	100
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	0	0	0	0



Σχήμα Π.Α.5 Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος Α/Γ-Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (σενάριο κόστους ενέργειας μειωμένο κατά 50%).

Π.Α.1.6 Υβριδικό σύστημα με Α/Γ, Φ/Β

Π.Α.1.6.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα δεν περιλαμβάνει Α/Γ και αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 6.975€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 11.043€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,110€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 318€/έτος.

Π.Α.1.6.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα δεν περιλαμβάνει Α/Γ και αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 9.774€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 15.265€. Το ετήσιο

ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,118€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 430€/έτος.

Π.Α.1.6.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα δεν περιλαμβάνει Α/Γ και αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 11.772€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 18.173€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,123€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 501€/έτος.

Π.Α.1.6.4 Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου

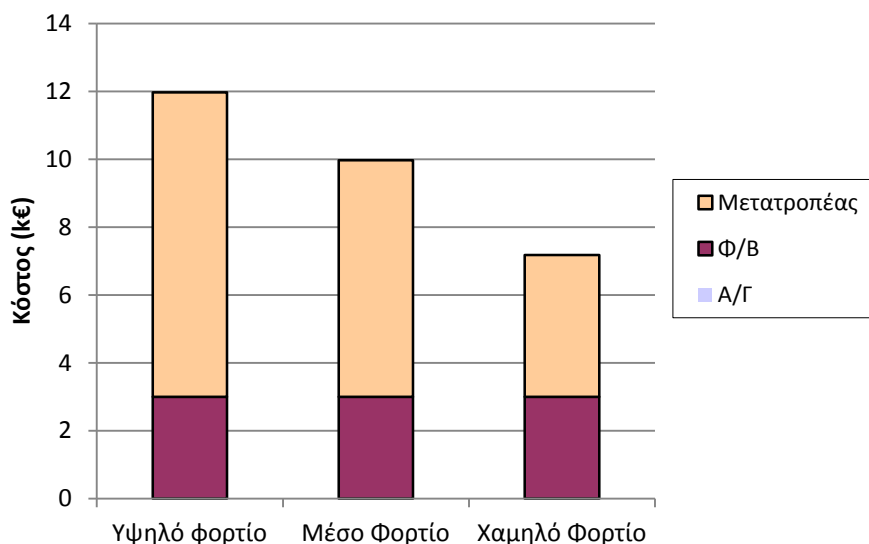
Στο 0 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Α/Γ, Φ/Β και μετατροπέας) για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Λόγω της μη χρήσης Α/Γ, το κόστος οφείλεται στα Φ/Β, τα οποία είναι σταθερά για κάθε φορτίο, ενώ αυτό που αλλάζει στο κόστος εγκατάστασης είναι το κόστος του μετατροπέα. Όσο μεγαλύτερη η ισχύς του μετατροπέα τόσο πιο ακριβός είναι, αυξάνοντας έτσι το συνολικό κόστος εγκατάστασης.

Π.Α.1.6.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο 0 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Α/Γ-Φ/Β για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Το φορτίο καλύπτεται περίπου κατά 15% από Φ/Β και 85% από το δίκτυο ενώ τα ποσοστά μη εξυπηρετούμενου φορτίου και περίσσειας ενέργειας είναι μηδέν.

Πίνακας Π.Α.6 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Α/Γ-Φ/Β για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (σενάριο κόστους ενέργειας μειωμένο κατά 50%).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από Φ/Β	1.519	19	1.519	15	1.519	13
Παραγωγή ενέργειας από δίκτυο	6.439	81	8.613	85	10.019	87
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	0	0	0	0



Σχήμα Π.Α.6 Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος A/Γ-Φ/Β για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (σενάριο κόστους ενέργειας μειωμένο κατά 50%).

Π.Α.1.7 Υβριδικό σύστημα με A/Γ, Φ/Β, H/Z

Π.Α.1.7.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 1 Φ/Β ισχύος 1 kW και H/Z ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 7.805€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 11.684€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,116€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 303€/έτος.

Π.Α.1.7.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 1 Φ/Β ισχύος 1 kW, και 1 H/Z ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 10.604€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 15.907€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,123€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 415€/έτος.

Π.Α.1.7.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 1 Φ/Β ισχύος 1 kW και 1 H/Z ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 12.602€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 18.814€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,128€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 486€/έτος.

Π.Α.1.7.4 Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου

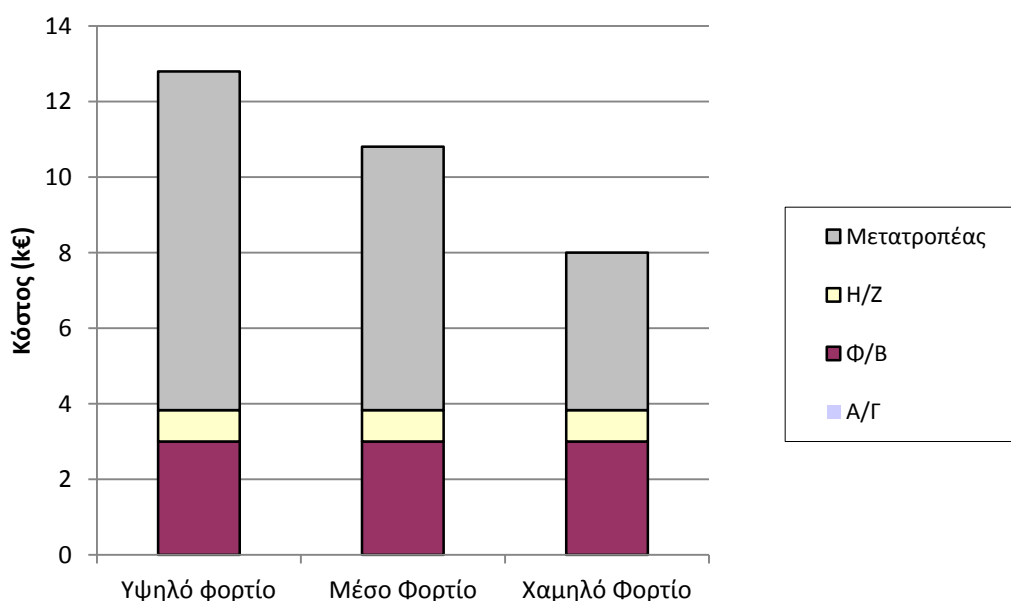
Στο 0 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Α/Γ, Φ/Β, Η/Ζ, και μετατροπέας) για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Όπως και στην περίπτωση του προηγούμενου συστήματος (Α/Γ-Φ/Β-μπαταρίες), δεν χρησιμοποιείται Α/Γ, τα Φ/Β και Η/Ζ έχουν σταθερό κόστος ενώ αλλάζει μόνο το κόστος του μετατροπέα, το οποίο επηρεάζει και το συνολικό κόστος εγκατάστασης.

Π.Α.1.7.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο 0 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Α/Γ-Φ/Β-Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Σε αυτή την περίπτωση, τα ποσοστά μη εξυπηρετούμενου φορτίου και της περίσσειας ενέργειας είναι μηδέν.

Πίνακας Π.Α.7 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Α/Γ-Φ/Β-Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (σενάριο κόστους ενέργειας μειωμένο κατά 50%).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από Φ/Β	1.519	19	1.519	15	1.519	13
Παραγωγή ενέργειας από δίκτυο	6.439	81	8.613	85	10.019	87
Παραγωγή ενέργειας από Η/Ζ	0	0	0	0	0	0
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	0	0	0	0



Σχήμα Π.Α.7 Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος Α/Γ-Φ/Β-Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (σενάριο κόστους ενέργειας μειωμένο κατά 50%).

Π.Α.2 ΣΕΝΑΡΙΟ διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με κόστος ενέργειας αυξημένο κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο

Π.Α.2.1 Υβριδικό σύστημα με Φ/Β

Π.Α.2.1.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 6.975€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 19.274€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,191€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 962€/έτος.

Π.Α.2.1.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW, ενώ 1000kW παρέχονται από το δίκτυο. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 9.774€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 26.276€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,203€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 1.291€/έτος.

Π.Α.2.1.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 11.772€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 30.980€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,210€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 1.503€/έτος.

Π.Α.2.1.4 Σύγκριση για τα διάφορα είδη φορτίου

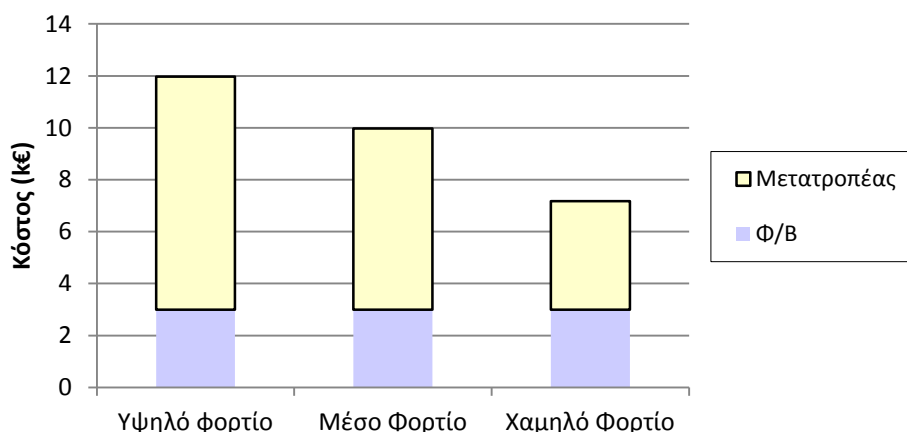
Στο 0 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Φ/Β και μετατροπέας) για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται. Τα κόστη είναι παρόμοια με με αυτά του πρώτου και του βασικού σεναρίου, ενώ τα λειτουργικά κόστη είναι μεγαλύτερα κατά 200% σε σχέση με το 1^ο σενάριο και κατά 50% από το βασικό. Αυτό οφείλεται στην αύξηση του κόστους ενέργειας κατά 50%.

Π.Α.2.1.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο 0 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Φ/Β για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται. Τα ποσοστά μη εξυπηρετούμενου φορτίου και περίσσειας ενέργειας είναι μηδέν, όπως και στα 2 προηγούμενα σενάρια.

Πίνακας Π.Α.8 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Φ/Β για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται (σενάριο κόστους ενέργειας αυξημένο κατά 50%).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από Φ/Β	1.519	19	1.519	15	1.519	13
Δίκτυο	6.439	81	8.613	85	10.019	87
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	0	0	0	0



Σχήμα Π.Α.8 Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος Φ/Β για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται (σενάριο κόστους ενέργειας αυξημένο κατά 50%).

Π.Α.2.2 Υβριδικό σύστημα με Α/Γ

Π.Α.2.2.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα δεν περιλαμβάνει Α/Γ. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 0€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 15.116€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,150€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 1.183€/έτος.

Π.Α.2.2.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα δεν περιλαμβάνει Α/Γ. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 0€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 19.386€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,150€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 1.517€/έτος.

Π.Α.2.2.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα δεν περιλαμβάνει Α/Γ. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 0€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 22.115€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,150€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 1.730€/έτος.

Π.Α.2.2.4 Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου και ενεργειακή απόδοση

Δεν δίνεται το κόστος εγκατάστασης διαγραμματικά γιατί δεν περιλαμβάνεται στο σύστημα Α/Γ και ως κόστος λαμβάνεται υπόψη το λειτουργικό κόστος και το κόστος συντήρησης του δικτύου, το οποίο διαφέρει αναλόγως του φορτίου που εξυπηρετείται.

Όσον αφορά την ενεργειακή απόδοση, τα φορτία καλύπτονται από το δίκτυο εξ ολοκλήρου και δεν υπάρχει μη εξυπηρετούμενο φορτίο και περίσσεια ενέργειας.

Π.Α.2.3 Υβριδικό σύστημα με Η/Ζ**Π.Α.2.3.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου**

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 2 Η/Ζ του 1kW και 2kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 2.100€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 16.739€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,166€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 1.145€/έτος.

Π.Α.2.3.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 2 Η/Ζ του 1kW και 2kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 2.100€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 21.009€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,163€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 1.479€/έτος.

Π.Α.2.3.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα δεν περιλαμβάνει Η/Ζ ενώ 1000kW παρέχονται από το δίκτυο. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 0€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 22.116€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,150€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 1.730€/έτος.

Π.Α.2.3.4 Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου

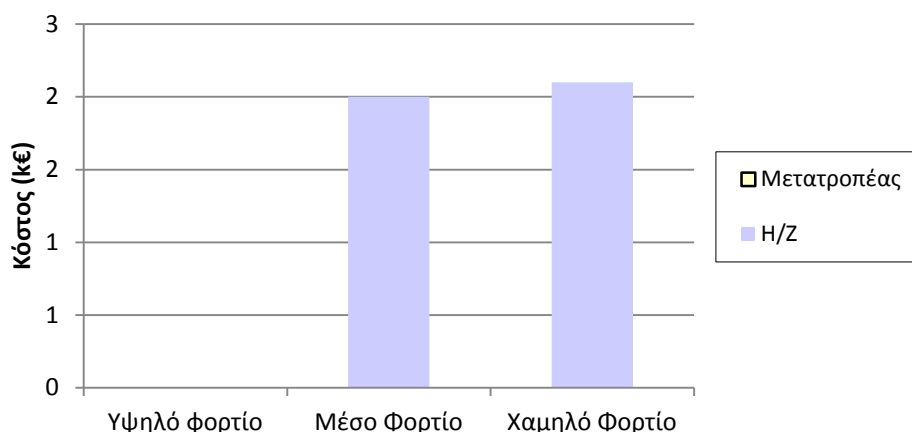
Στο 0 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Η/Ζ και μετατροπέας) για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Στην περίπτωση υψηλού φορτίου, το κόστος είναι μηδέν ενώ στα άλλα δύο είναι το ίδιο σε σχέση με δύο προηγούμενα σενάρια. Τα λειτουργικά κόστη είναι σαφώς μεγαλύτερα σε σχέση με τα προηγούμενα σενάρια, και σ' αυτή τη περίπτωση.

Π.Α.2.3.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο 0 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Τα αποτελέσματα είναι παρόμοια με αυτά των δύο προηγούμενων σεναρίων, καθώς το φορτίο καλύπτεται από το δίκτυο. Επίσης, δεν έχουμε περίσσεια ενέργειας και μη εξυπηρετούμενοι φορτίο.

Πίνακας Π.Α.9 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (σενάριο κόστους ενέργειας αυξημένο κατά 50%).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από Η/Ζ	0	0	0	0	0	0
Παραγωγή ενέργειας από δίκτυο	7.883	100	10.100	100	11.534	100
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	0	0	0	0



Σχήμα Π.Α.9 Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος H/Z για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (σενάριο κόστους ενέργειας αυξημένο κατά 50%).

Π.Α.2.4 Υβριδικό σύστημα με Φ/Β, H/Z

Π.Α.2.4.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW και 1 H/Z ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 7.805€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 19.916€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,198€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 947€/έτος.

Π.Α.2.4.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW και 2 H/Z ισχύος 1 kW και 2kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 11.874€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 27.899€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,216€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 1.254€/έτος.

Π.Α.2.4.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW και 2 H/Z ισχύος 1 kW και 2kW, αντίστοιχα. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 13.872€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 32.603€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,221€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 1.465€/έτος.

Π.Α.2.4.4 Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου

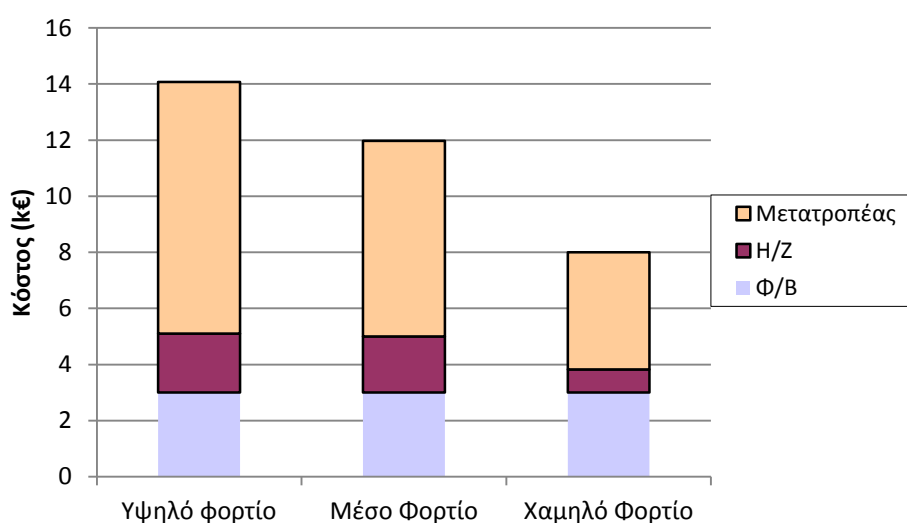
Στο 0 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Φ/Β, Η/Ζ και μετατροπέας) για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Στην περίπτωση αυτή, το κόστος εγκατάστασης είναι το ίδιο με τα προηγούμενα σενάρια. Το μόνο που αλλάζει είναι το συνολικό κόστος, το οποίο είναι μεγαλύτερο σε σχέση με τα 2 προηγούμενα σενάρια λόγω της αύξησης του κόστους ενέργειας. Το λειτουργικό κόστος είναι εξίσου μεγαλύτερο.

Π.Α.2.4.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο 0 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Φ/Β-Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Τα αποτελέσματα είναι παρόμοια με αυτά του 1^ο σεναρίου και του βασικού.

Πίνακας Π.Α.10 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Φ/Β-Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (σενάριο κόστους ενέργειας αυξημένο κατά 50%).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από Η/Ζ	0	0	0	0	0	0
Παραγωγή ενέργειας από Φ/Β	1.519	19	1.519	15	1.519	13
Δίκτυο	6.439	81	8.613	85	10.019	87
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	0	0	0	0



Σχήμα Π.Α.10 Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος Φ/Β-Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (σενάριο κόστους ενέργειας αυξημένο κατά 50%).

Π.Α.2.5 Υβριδικό σύστημα με Α/Γ, Η/Ζ**Π.Α.2.5.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου**

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 1 Η/Ζ ισχύος 1 kW και δεν περιλαμβάνει Α/Γ. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 830€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 15.758€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,156€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 1.168€/έτος.

Π.Α.2.5.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 1 Η/Ζ ισχύος 1 kW και δεν περιλαμβάνει Α/Γ. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 830€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 20.027€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,155€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 1.502€/έτος.

Π.Α.2.5.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 1 Η/Ζ ισχύος 1 kW και δεν περιλαμβάνει Α/Γ. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 830€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 22.757€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,154€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 1.715€/έτος.

Π.Α.2.5.4 Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου

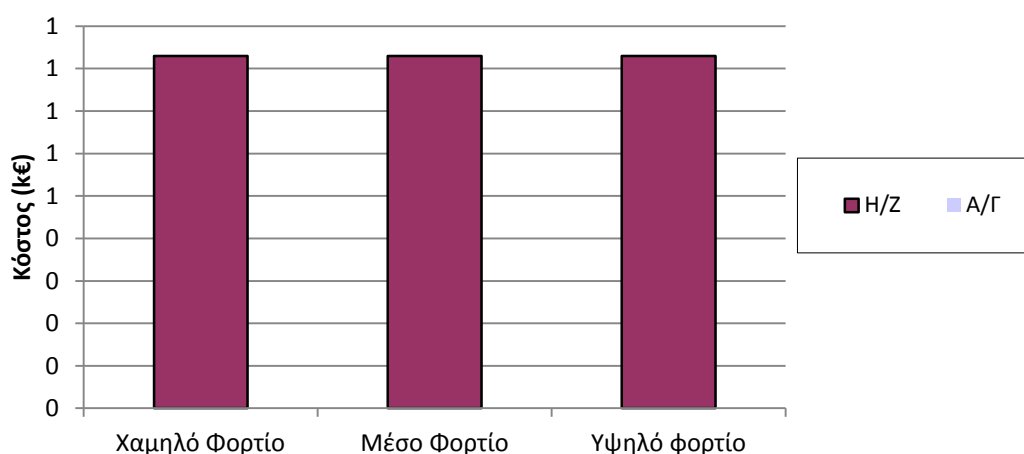
Στο 0 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Α/Γ, Η/Ζ και μετατροπέας) για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Και στις τρεις περιπτώσεις φορτίου, το κόστος αφορά το κόστος της Η/Ζ και της λειτουργίας του δικτύου (αγορά ενέργειας). Επίσης, τα λειτουργικά και τα συνολικά κόστη είναι μεγαλύτερα σε σχέση με τα δύο προηγούμενα σενάρια.

Π.Α.2.5.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο 0 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Α/Γ-Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Παρατηρείται το μηδενικό ποσοστό συμμετοχής των Η/Ζ και 100% κάλυψη μέσω του δικτύου, ενώ μη εξυπηρετούμενο φορτίο και περίσσεια ενέργειας είναι μηδέν.

Πίνακας Π.Α.11 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Α/Γ-Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (σενάριο κόστους ενέργειας αυξημένο κατά 50%).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από Η/Ζ	0	0	0	0	0	0
Παραγωγή ενέργειας από δίκτυο	7.883	100	10.110	100	11.533	100
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	0	0	0	0



Σχήμα Π.Α.11 Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος Α/Γ-Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (σενάριο κόστους ενέργειας αυξημένο κατά 50%).

Π.Α.2.6 Υβριδικό σύστημα με Α/Γ, Φ/Β

Π.Α.2.6.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 1 Α/Γ ισχύος 3 kW και Φ/Β ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 14.542€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 14.804€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,147€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 21€/έτος.

Π.Α.2.6.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 1 Α/Γ ισχύος 6 kW και Φ/Β ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 22.768€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 18.789€. Το ετήσιο

ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,145€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με -311€/έτος³.

Π.Α.2.6.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 1 Α/Γ ισχύος 6 kW και Φ/Β ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 24.766€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 21.944€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,149€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με -221€/έτος.

Π.Α.2.6.4 Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου

Στο 0 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Α/Γ, Φ/Β και μετατροπέας) για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Όσον αφορά τα κόστη εγκατάστασης είναι μεγαλύτερα σε σχέση με το προηγούμενο σενάριο, το οποίο οφείλεται στη χρήση της Α/Γ, και παρόμοια με το βασικό. Επίσης, τα λειτουργικά κόστη είναι μικρότερα από το 1^ο σενάριο, πράγμα που οφείλεται στη πώληση ενέργειας από το δίκτυο αντισταθμίζοντας το συνολικό κόστος του συστήματος. Τέλος, το συνολικό κόστος είναι λίγο μεγαλύτερο σε σχέση με τα άλλα δύο σενάρια.

Π.Α.2.6.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

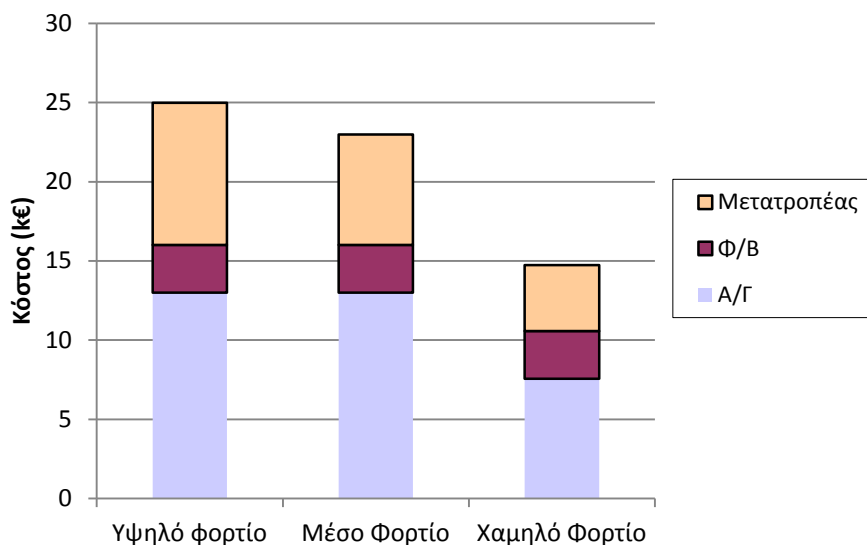
Ο 0 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Α/Γ-Φ/Β για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Για πρώτη φορά το φορτίο καλύπτεται κατά μεγάλο ποσοστό από την Α/Γ ενώ τα Φ/Β και το δίκτυο καλύπτουν μαζί κοντά στο 15%. Το μη εξυπηρετούμενο φορτίο είναι μηδέν, ενώ υπάρχει ένα μικρό ποσοστό περίσσειας κοντά στο 0,12 και 2,89% για χαμηλό και μέσο φορτίο αντίστοιχα.

Πίνακας Π.Α.12 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Α/Γ-Φ/Β για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (σενάριο κόστους ενέργειας αυξημένο κατά 50%).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από Φ/Β	1.519	9	1.519	5	1.519	5
Παραγωγή ενέργειας από Α/Γ	13.681	80	27.061	88	27.061	86
Δίκτυο	1.876	11	2.162	7	2.769	9

³ Το κόστος λειτουργίας εμφανίζεται αρνητικό λόγω της πώλησης της ενέργειας που παράγεται από τα Φ/Β και τις Α/Γ στο δίκτυο (το ίδιο ισχύει και για τις υπόλοιπες περιπτώσεις συστημάτων που εμφανίζουν αρνητικό κόστος λειτουργίας). Αυτό συμβαίνει σε συστήματα που έχουν συνδυασμό δύο μονάδων ΑΠΕ (Α/Γ και Φ/Β) οπότε και εμφανίζεται μεγαλύτερη περίσσεια ενέργειας η οποία πωλείται προς το δίκτυο, καθιστώντας το κόστος λειτουργίας αρνητικό (δηλαδή η λειτουργία του συστήματος δεν έχει κόστος, αλλά αποφέρει έσοδα).

Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	19.9	0,12	889	2,89	0	0



Σχήμα Π.Α.12 Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος A/Γ-Φ/B για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (σενάριο κόστους ενέργειας αυξημένο κατά 50%).

Π.Α.2.7 Υβριδικό σύστημα με A/Γ, Φ/B, H/Z

Π.Α.2.7.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 1 A/Γ ισχύος 3 kW, Φ/B ισχύος 1 kW και 1 H/Z ισχύος 1kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 15.372€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 15.459€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,153€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 7€/έτος.

Π.Α.2.7.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 1 A/Γ ισχύος 6 kW, Φ/B ισχύος 1 kW και 1 H/Z ισχύος 1kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 23.598€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 19.431€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,150€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με -326€/έτος.

Π.Α.2.7.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 1 A/Γ ισχύος 6 kW, Φ/B ισχύος 1 kW και 1 H/Z ισχύος 1kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 25.596€ ενώ το συνολικό κόστος

(εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 22.586€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,153€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με -235€/έτος.

Π.Α.2.7.4 Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου

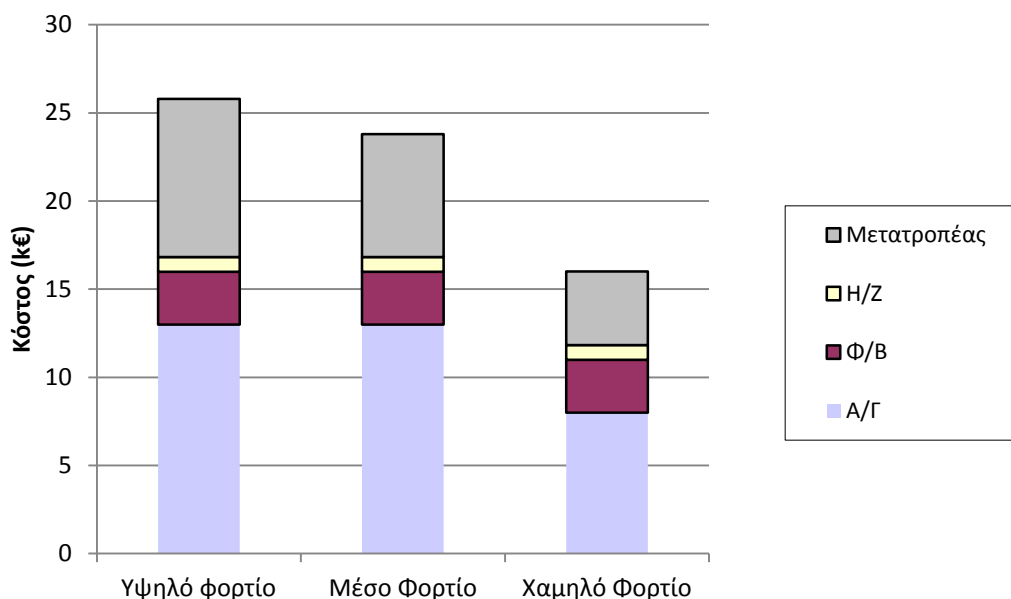
Στο 0 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Α/Γ, Φ/Β, Η/Ζ και μετατροπéας) για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Όπως και στην περίπτωση του συστήματος Α/Γ-Φ/Β, τα αρχικά κόστη είναι μεγαλύτερα, λόγω της ύπαρξης της Α/Γ στην περιοχή, ενώ τα λειτουργικά κόστη είναι μικρότερα από το 1^ο σενάριο και λίγο μεγαλύτερα από το βασικό, γεγονός που οφείλεται στη πώληση ενέργειας από το δίκτυο. Τα συνολικά κόστη είναι λίγο μεγαλύτερα σε σχέση με τα δύο προηγούμενα σενάρια.

Π.Α.2.7.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο 0 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Α/Γ-Φ/Β-Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Σε αυτή την περίπτωση, όπως και στο προηγούμενο σύστημα Α/Γ,Φ/Β, παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό κάλυψης καταλαμβάνει η Α/Γ και μετά ακολουθούν το δίκτυο και τα Φ/Β ενώ η Η/Ζ δεν καλύπτει καθόλου φορτίο. Όπως και σε όλες τις προηγούμενες περιπτώσεις, μη εξυπηρετούμενο φορτίο δεν υπάρχει ενώ η περίσσεια ενέργειας έχει τα ίδια ποσοστά με το προηγούμενο σύστημα (Α/Γ-Φ/Β).

Πίνακας Π.Α.13 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Α/Γ-Φ/Β-Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (σενάριο κόστους ενέργειας αυξημένο κατά 50%).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από Φ/Β	1.519	9	1.519	5	1.519	5
Παραγωγή ενέργειας από Α/Γ	13.681	80	27.061	88	27.061	86
Παραγωγή ενέργειας από Η/Ζ	0	0	0	0	0	0
Δίκτυο	1.876	11	2.162	7	2.769	9
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	19.9	0,12	889	2,89	0	0



Σχήμα Π.Α.13 Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος Α/Γ-Φ/Β-Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (σενάριο κόστους ενέργειας αυξημένο κατά 50%).

Π.Α.3 ΣΕΝΑΡΙΟ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΕ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕ ΩΡΙΑΙΟ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Π.Α.3.1 Υβριδικό σύστημα με Φ/Β

Π.Α.3.1.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 6.975.€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 12.576€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,125€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 438€/έτος.

Π.Α.3.1.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 9.774€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 17.805€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,138€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 628€/έτος.

Π.Α.3.1.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 11.772€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 21.367€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,145€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 751€/έτος.

Π.Α.3.1.4 Σύγκριση για τα διάφορα είδη φορτίου

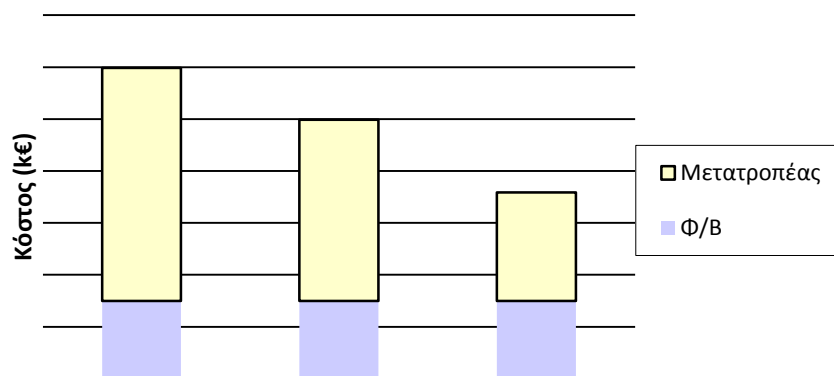
Στο 0 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Φ/Β και μετατροπέας) για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται. Τα κόστη είναι παρόμοια με αυτά του αντίστοιχου συστήματος στο βασικό σενάριο.

Π.Α.3.1.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο 0 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Φ/Β για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται. Τα ποσοστά μη εξυπηρετούμενου φορτίου και περίσσειας ενέργειας είναι 0 όπως και στην περίπτωση του βασικού σεναρίου.

Πίνακας Π.Α.14 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Φ/Β για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από δίκτυο	6.439	81	8.613	85	10.019	87
Παραγωγή ενέργειας από Φ/Β	1.519	19	1.519	15	1.519	13
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	0	0	0	0



Σχήμα Π.Α.14 Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος Φ/Β-μπαταριών για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας).

Π.Α.3.2 Υβριδικό σύστημα με Α/Γ

Π.Α.3.2.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Στο βέλτιστο σύστημα όλη η ισχύς παρέχεται αποκλειστικά από το δίκτυο. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 0€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 7.208€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,072€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 564€/έτος.

Π.Α.3.2.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Στο βέλτιστο σύστημα όλη η ισχύς παρέχεται αποκλειστικά από το δίκτυο. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 0€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 9.665€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,075€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 756€/έτος.

Π.Α.3.2.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Στο βέλτιστο σύστημα όλη η ισχύς παρέχεται αποκλειστικά από το δίκτυο. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 0€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 11.239€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,076€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 879€/έτος.

Π.Α.3.2.4 Σύγκριση για τα διάφορα είδη φορτίου

Δεν δίνεται το κόστος εγκατάστασης διαγραμματικά γιατί δεν περιλαμβάνεται στο σύστημα Α/Γ και ως εκ τούτου το κόστος εγκατάστασης είναι μηδενικό (υπάρχει μόνο το λειτουργικό κόστος και το κόστος συντήρησης του δικτύου, το οποίο διαφέρει αναλόγως του φορτίου που εξυπηρετείται).

Π.Α.3.2.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο 0 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Α/Γ. Τα ποσοστά μη εξυπηρετούμενου φορτίου και περίσσειας ενέργειας είναι και στις τρεις περιπτώσεις μηδενικά, όπως ακριβώς και στην περίπτωση του βασικού σεναρίου.

Πίνακας Π.Α.15 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Α/Γ-μπαταριών για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από δίκτυο	7.883	100	10.110	100	11.533	100
Παραγωγή ενέργειας από Α/Γ	0	0	0	0	0	0
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	0	0	0	0

Π.Α.3.3 Υβριδικό σύστημα με Η/Ζ**Π.Α.3.3.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου**

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από δύο Η/Ζ ισχύος 1kW και 2kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 2.100€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 8.831€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,088€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 527€/έτος.

Π.Α.3.3.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από δύο Η/Ζ ισχύος 1kW και 2kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 2.100€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 11.288€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,087€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 719€/έτος.

Π.Α.3.3.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα δεν αποτελείται Η/Ζ και τροφοδοτείται εξ ολοκλήρου από το δίκτυο. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 0€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 11.239€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,076€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 879€/έτος.

Π.Α.3.3.4 Σύγκριση για τα διάφορα είδη φορτίου

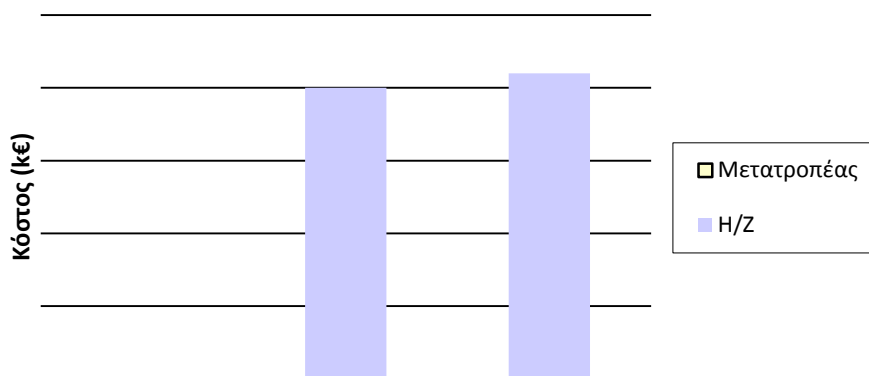
Στο Σχήμα Π.Α.15 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Η/Ζ και μετατροπέας) για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Στην περίπτωση χαμηλού και μέσου φορτίου, παρατηρείται ότι το κόστος αφορά εξ' ολοκλήρου τα Η/Ζ ,διότι το κόστος του μετατροπέα είναι και στις 3 περιπτώσεις μηδενικό. Επίσης, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, το κόστος εγκατάστασης στο υψηλό φορτίο είναι 0.

Π.Α.3.3.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο Πίνακας Π.Α.16 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Η/Ζ. Και στις 3 περιπτώσεις φορτίων, παρατηρείται ότι η παραγωγή ενέργειας από Η/Ζ, το μη εξυπηρετούμενο φορτίο, καθώς και η περίσσεια ενέργειας είναι 0. Η παραγωγή ενέργειας γίνεται αποκλειστικά μέσω του δικτύου.

Πίνακας Π.Α.16 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από δίκτυο	7.883	100	10.110	100	11.534	100
Παραγωγή ενέργειας από Η/Ζ	0	0	0	0	0	0
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	0	0	0	0



Σχήμα Π.Α.15 Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος H/Z για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας).

Π.Α.3.4 Υβριδικό σύστημα με Φ/Β, H/Z

Π.Α.3.4.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW και 1 H/Z ισχύος 1 kVA. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 7.805€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 13.218€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,131€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 423€/έτος.

Π.Α.3.4.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW, ένα H/Z ισχύος 1 kW και άλλο ένα H/Z ισχύος 2 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 11.874€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 19.428€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,150€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 591€/έτος.

Π.Α.3.4.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW, ένα H/Z ισχύος 1 kW και άλλο ένα H/Z ισχύος 2 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 13.872€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 22.990€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,156€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 713€/έτος.

Π.Α.3.4.4 Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου

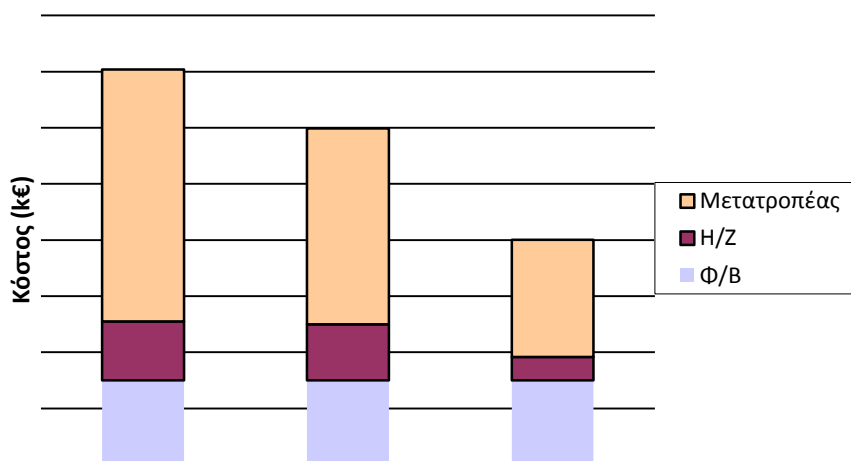
Στο Σχήμα Π.Α.16 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Φ/Β, Η/Ζ και μετατροπέας) για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Τα κόστη είναι ακριβώς ίδια με αυτά του σεναρίου διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο.

Π.Α.3.4.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο Πίνακας Π.Α.17 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Φ/Β-Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Παρατηρούνται, επίσης, μηδενικά ποσοστά στην περίσσεια ενέργειας αλλά και στο μη εξυπηρετούμενο φορτίο. Επιπρόσθετα, το μεγαλύτερο ποσοστό παραγωγής ενέργειας είναι από το δίκτυο, όπως ακριβώς συμβαίνει και στο βασικό σενάριο.

Πίνακας Π.Α.17 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Φ/Β-Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από δίκτυο	6.439	81	8.613	85	10.019	87
Παραγωγή ενέργειας από Η/Ζ	0	0	0	0	0	0
Παραγωγή ενέργειας από Φ/Β	1.519	81	1.519	15	1.519	13
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	0	0	0	0



Σχήμα Π.Α.16 Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος Φ/B-H/Z για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας).

Π.Α.3.5 Υβριδικό σύστημα με Α/Γ, Η/Ζ

Π.Α.3.5.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Λόγω της σύνδεσης με το δίκτυο, το οποίο μπορεί να καλύψει το ημερήσιο φορτίο, το σύστημά μας απαιτεί μόνο τη χρήση 1 Η/Ζ ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 830€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 7.850€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,078€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 549€/έτος.

Π.Α.3.5.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 1 Η/Ζ ισχύος 1. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 830€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 10.306€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,080€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 741€/έτος.

Π.Α.3.5.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 1 Η/Ζ ισχύος 1 kVA. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 830€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 11.880€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,081€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 864€/έτος.

Π.Α.3.5.4 Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου

Στο Σχήμα Π.Α.17 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Α/Γ, Η/Ζ) για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Και στις τρεις περιπτώσεις, το Η/Ζ αποτελεί την ακριβότερη συνιστώσα του συστήματος.

Π.Α.3.5.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο Πίνακας Π.Α.18 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Α/Γ-Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Τα ποσοστά μη εξυπηρετούμενου φορτίου, περίσσειας ενέργειας καθώς και η παραγωγή ενέργειας από Η/Ζ είναι μηδέν. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το δίκτυο καλύπτει εξ ολοκλήρου το ημερήσιο φορτίο.

Πίνακας Π.Α. 18 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Α/Γ-Η/Ζ-Δίκτυο για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από Η/Ζ	0	0	0	0	0	0
Παραγωγή ενέργειας από Α/Γ	0	0	0	0	0	0
Συναλλαγές δικτύου	7.883	100	10.110	100	11.533	100
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	0	0	0	0



Σχήμα Π.Α. 17 Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος Α/Γ-Η/Ζ-Δίκτυο για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας).

Π.Α.3.6Υβριδικό σύστημα με Α/Γ, Φ/Β με σύνδεση στο δίκτυο

Π.Α.3.6.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 6.975€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 12.576€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,125€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 438€/έτος.

Π.Α.3.6.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 1 Α/Γ ισχύος 6 kW και Φ/Β ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 22.768€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 16.744€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,130€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με -471€/έτος.

Π.Α.3.6.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 1 Α/Γ ισχύος 6 kW και Φ/Β ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 24.766€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 19.407€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,132€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με -419€/έτος.

Π.Α.3.6.4 Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου

Στο Σχήμα Π.Α. 18 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Α/Γ, Φ/Β, και μετατροπέας) για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που

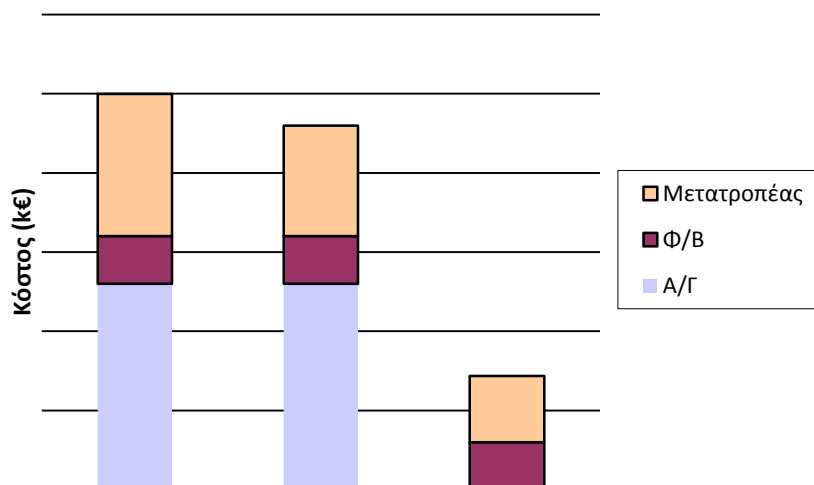
εξετάζονται. Η πιο βασική παρατήρηση είναι ότι στο χαμηλό φορτίο δεν χρησιμοποιείται καθόλου Α/Γ, με σαφή μείωση στο κόστος εγκατάστασης σε σύγκριση με το βασικό σενάριο.

Π.Α.3.6.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο Πίνακας Π.Α.19 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Α/Γ-Φ/Β-δίκτυο για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Το υψηλό φορτίο καλύπτεται κατά 5% από Φ/Β, 86% από Α/Γ και 9% από το δίκτυο, το μέσο καλύπτεται κατά 5% από Φ/Β, 88% από Α/Γ και 7% από το δίκτυο ενώ το χαμηλό καλύπτεται κατά 19% από Φ/Β και 81% από το δίκτυο. Τα ποσοστά περίσσειας ενέργειας είναι αρκετά μικρά (0% υψηλό- 2,89% μέσο- 0% χαμηλό) ενώ τα μη εξυπηρετούμενα φορτία είναι μηδενικά.

Πίνακας Π.Α. 19 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Α/Γ-Φ/Β-Δίκτυο για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας)

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από Φ/Β	1.519	19	1.519	5	1.519	5
Παραγωγή ενέργειας από Α/Γ	0	0	27.061	88	27.061	86
Συναλλαγές δικτύου	6.439	81	2.162	7	2.769	9
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	889	2,89	0,0006	0



Σχήμα Π.Α 18 Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος Α/Γ-Φ/Β-Δίκτυο για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας).

Π.Α.3.7Υβριδικό σύστημα με Α/Γ, Φ/Β, Η/Ζ

Π.Α. 3.7.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW και 1 Η/Ζ ισχύος 1kVA. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 7.805€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 13.218€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,131€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 423€/έτος.

Π.Α. 3.7.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 1 Α/Γ ισχύος 6 kW, Φ/Β ισχύος 1 kW, 1 Η/Ζ ισχύος 1kVA και μετατροπέα 5,24 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 23.598€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 17.386€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,135€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με -486€/έτος.

Π.Α. 3.7.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 1 Α/Γ ισχύος 6 kW, Φ/Β ισχύος 1 kW, 1 Η/Ζ ισχύος 1kVA και 1 μετατροπέα 6,74 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 25.596€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 20.049€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την

περίπτωση είναι ίσο με 0,136€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με -434€/έτος.

Π.Α. 3.7.4 Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου

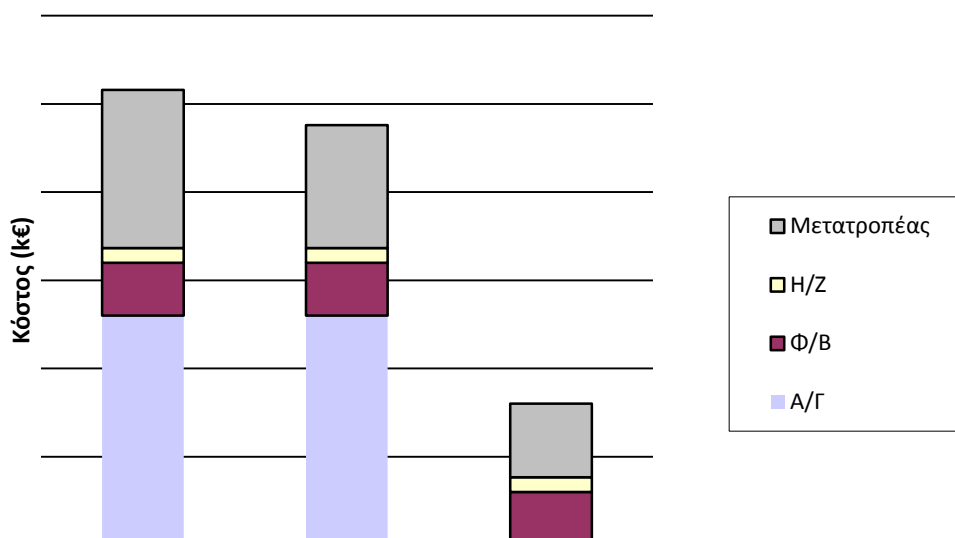
Στο Σχήμα Π.Α 19 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Α/Γ, Φ/Β, Η/Ζ, και μετατροπέας) για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Και στις τρεις περιπτώσεις, το Η/Ζ αποτελεί το πιο φτηνό κομμάτι του συστήματος, ενώ ακολουθούν τα Φ/Β, ο μετατροπέας και οι Α/Γ, με τη διαφορά (σε σχέση με το βασικό σενάριο) ότι στο χαμηλό φορτίο δεν χρησιμοποιείται καθόλου Α/Γ.

Π.Α. 3.7.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο Πίνακας Π.Α 20 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Α/Γ-Φ/Β-Η/Ζ-δίκτυο για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Παρατηρείται ότι τα ποσοστά περίσσειας ενέργειας και μη εξυπηρετούμενου φορτίου παραμένουν ίδια με αυτά του βασικού σεναρίου.

Πίνακας Π.Α.20 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Α/Γ-Φ/Β-Η/Ζ-Δίκτυο για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από Φ/Β	1.519	19	1.519	5	1.519	5
Παραγωγή ενέργειας από Α/Γ	0	0	27.061	88	27.061	86
Παραγωγή ενέργειας από Η/Ζ	0	0	0	0	0	0
Συναλλαγές δικτύου	6.439	81	2.162	7	2.769	9
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	889	2,89	0,0006	0



Σχήμα Π.Α. 19 Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος Α/Γ-Φ/Β-Η/Ζ-μετατροπέα για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας).

Π.Α.4 ΣΕΝΑΡΙΟ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΕ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕ ΩΡΙΑΙΟ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΥΞΗΜΕΝΗ ΚΑΤΑ 50% ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΒΑΣΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ

Π.Α.4.1 Υβριδικό σύστημα με Φ/Β

Π.Α.4.1.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 6.975.€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 12.552€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,125€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 436€/έτος.

Π.Α.4.1.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 9.774€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 17.797€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,138€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 628€/έτος.

Π.Α.4.1.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 11.772€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 21.365€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,145€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 750€/έτος.

Π.Α.4.1.4 Σύγκριση για τα διάφορα είδη φορτίου

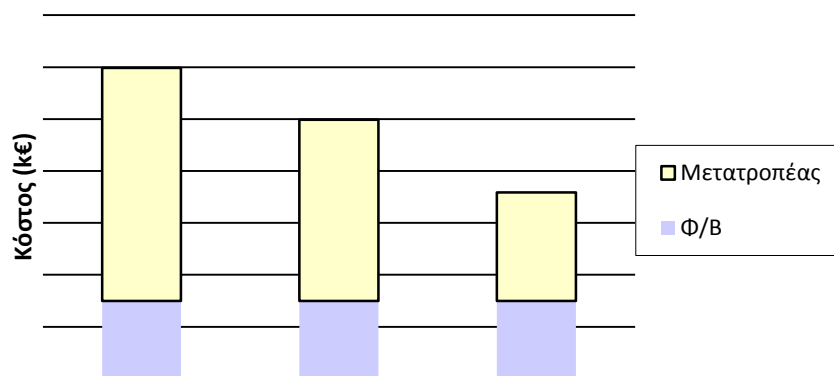
Στο Σχήμα Π.Α.20 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Φ/Β και μετατροπέας) για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται. Τα κόστη είναι παρόμοια με αυτά του αντίστοιχου συστήματος στο βασικό σενάριο.

Π.Α.4.1.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο Πίνακας Π.Α 21 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Φ/Β για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται. Τα ποσοστά μη εξυπηρετούμενου φορτίου και περίσσειας ενέργειας είναι 0 όπως και στην περίπτωση του βασικού σεναρίου.

Πίνακας Π.Α 21 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Φ/Β για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας αυξημένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από δίκτυο	6.439	81	8.613	85	10.019	87
Παραγωγή ενέργειας από Φ/Β	1.519	19	1.519	15	1.519	13
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	0	0	0	0



Σχήμα Π.Α.20 Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος Φ/Β-μπαταριών για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας αυξημένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο).

Π.Α.4.2 Υβριδικό σύστημα με Α/Γ

Π.Α.4.2.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Στο βέλτιστο σύστημα όλη η ισχύς τροφοδοτείται αποκλειστικά από το δίκτυο. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 0€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 7.208€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,072€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 564€/έτος.

Π.Α.4.2.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Στο βέλτιστο σύστημα όλη η ισχύς τροφοδοτείται αποκλειστικά από το δίκτυο. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 0€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 9.665€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,075€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 756€/έτος.

Π.Α.4.2.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Στο βέλτιστο σύστημα όλη η ισχύς τροφοδοτείται αποκλειστικά από το δίκτυο. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 0€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 11.239€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,076€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 879€/έτος.

Π.Α.4.2.4 Σύγκριση για τα διάφορα είδη φορτίου

Δεν δίνεται το κόστος εγκατάστασης διαγραμματικά γιατί δεν περιλαμβάνεται στο σύστημα Α/Γ και ως εκ τούτου το κόστος εγκατάστασης είναι μηδενικό (υπάρχει μόνο το λειτουργικό κόστος και το κόστος συντήρησης του δικτύου, το οποίο διαφέρει αναλόγως του φορτίου που εξυπηρετείται).

Π.Α.4.2.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο Πίνακας Π.Α. 22 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Α/Γ. Τα ποσοστά μη εξυπηρετούμενου φορτίου και περίσσειας ενέργειας είναι και στις τρεις περιπτώσεις μηδενικά, όπως ακριβώς και στην περίπτωση του βασικού σεναρίου.

Πίνακας Π.Α.22 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Α/Γ-μπαταριών για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας αυξημένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από δίκτυο	7.883	100	10.110	100	11.533	100
Παραγωγή ενέργειας από Α/Γ	0	0	0	0	0	0
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	0	0	0	0

Π.Α.4.3 Υβριδικό σύστημα με Η/Ζ**Π.Α.4.3.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου**

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από ένα Η/Ζ ισχύος 1kW και ένα ακόμα ισχύος 2kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 2.100€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 8.831€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,088€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 527€/έτος.

Π.Α.4.3.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από ένα Η/Ζ ισχύος 1kW και ένα ακόμα ισχύος 2kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 2.100€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 11.288€. Το ετήσιο

ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,087€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 719€/έτος.

Π.Α.4.3.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα δεν αποτελείται Η/Ζ και όλη η ισχύς παρέχεται από το δίκτυο. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 0€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 11.239€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,076€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 879€/έτος.

Π.Α.4.3.4 Σύγκριση για τα διάφορα είδη φορτίου

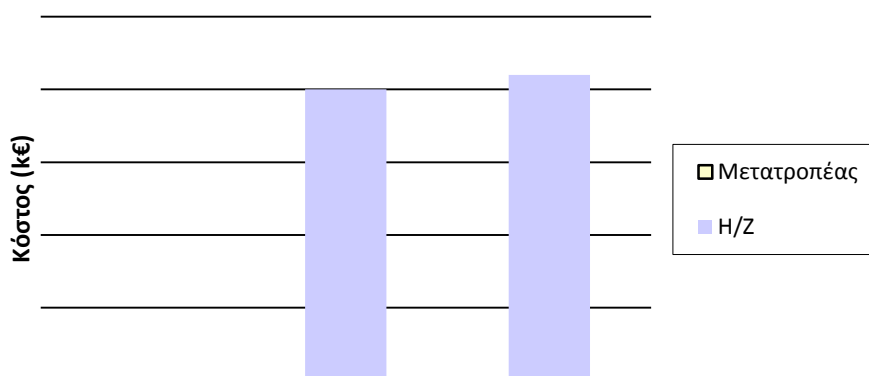
Στο Σχήμα Π.Α. 22 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Η/Ζ και μετατροπέας) για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Στην περίπτωση χαμηλού και μέσου φορτίου, παρατηρείται ότι το κόστος αφορά εξ' ολοκλήρου τα Η/Ζ ,διότι το κόστος του μετατροπέα είναι και στις 3 περιπτώσεις μηδενικό. Επίσης, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, το κόστος εγκατάστασης στο υψηλό φορτίο είναι 0.

Π.Α.4.3.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο Πίνακας Π.Α. 23 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Η/Ζ. Και στις 3 περιπτώσεις φορτίων, παρατηρείται ότι η παραγωγή ενέργειας από Η/Ζ, το μη εξυπηρετούμενο φορτίο, καθώς και η περίσσεια ενέργειας είναι 0. Η παραγωγή ενέργειας γίνεται αποκλειστικά μέσω του δικτύου.

Πίνακας Π.Α 23 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας αυξημένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από δίκτυο	7.883	100	10.110	100	11.534	100
Παραγωγή ενέργειας από Η/Ζ	0	0	0	0	0	0
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	0	0	0	0



Σχήμα Π.Α.22 Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος H/Z για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας αυξημένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο).

Π.Α.4.4 Υβριδικό σύστημα με Φ/Β, H/Z

Π.Α.4.4.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW και 1 H/Z ισχύος 1 kVA. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 7.805€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 13.194€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,131€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 422€/έτος.

Π.Α.4.4.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW και ένα H/Z ισχύος 1 kW, άλλο ένα H/Z ισχύος 2 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 11.874€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 19.420€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,150€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 590€/έτος.

Π.Α.4.4.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW, ένα H/Z ισχύος 1 kW και άλλο ένα H/Z ισχύος 2 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 13.872€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 22.988€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,156€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 713€/έτος.

Π.Α.4.4.4 Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου

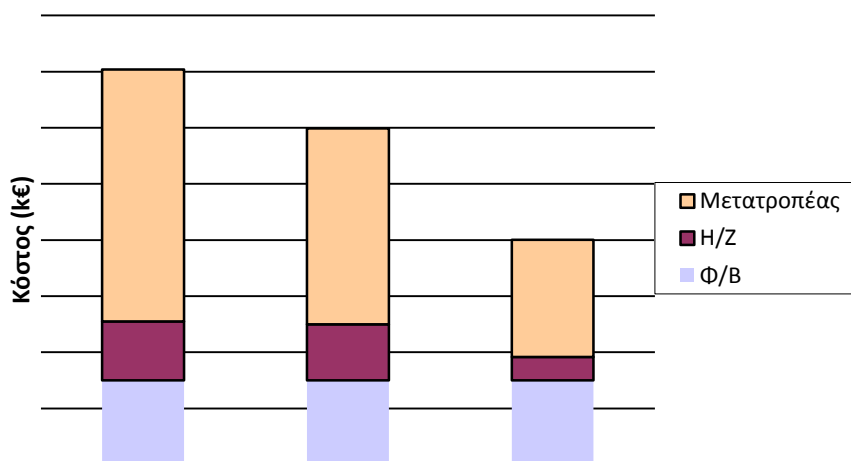
Στο Σχήμα Π.Α. 23 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Φ/Β, Η/Ζ και μετατροπέας) για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Τα κόστη είναι ακριβώς ίδια με αυτά του σεναρίου διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο.

Π.Α.4.4.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο Πίνακας Π.Α.24 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Φ/Β-Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Παρατηρούνται, επίσης, μηδενικά ποσοστά στην περίσσεια ενέργειας αλλά και στο μη εξυπηρετούμενο φορτίο. Επιπρόσθετα, το μεγαλύτερο ποσοστό παραγωγής ενέργειας είναι από το δίκτυο, όπως ακριβώς συμβαίνει και στο βασικό σενάριο.

Πίνακας Π.Α 24 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Φ/Β-Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας αυξημένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από δίκτυο	6.439	81	8.613	85	10.019	87
Παραγωγή ενέργειας από Η/Ζ	0	0	0	0	0	0
Παραγωγή ενέργειας από Φ/Β	1.519	81	1.519	15	1.519	13
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	0	0	0	0



Σχήμα Π.Α 23 Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος Φ/Β-Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας αυξημένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο).

Π.Α.4.5 Υβριδικό σύστημα με Α/Γ, Η/Ζ

Π.Α. 4.5.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Λόγω της σύνδεσης με το δίκτυο, το οποίο μπορεί να καλύψει το ημερήσιο φορτίο, το σύστημά μας απαιτεί μόνο τη χρήση 1 Η/Ζ ισχύος 1 KW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 830€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 7.850€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,078€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 549€/έτος.

Π.Α. 4.5.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 1 Η/Ζ ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 830€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 10.306€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,080€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 741€/έτος.

Π.Α. 4.5.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 1 Η/Ζ ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 830€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 11.880€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,081€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 864€/έτος.

Π.Α. 4.5.4 Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου

Στο Σχήμα Π.Α.24 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Α/Γ, Η/Ζ) για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Και στις τρεις περιπτώσεις, το Η/Ζ αποτελεί την ακριβότερη συνιστώσα του συστήματος.

Π.Α 3.5.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο Πίνακας Π.Α.25 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Α/Γ-Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Τα ποσοστά μη εξυπηρετούμενου φορτίου, περίσσειας ενέργειας καθώς και η παραγωγή ενέργειας από Η/Ζ είναι μηδέν. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το δίκτυο καλύπτει εξ ολοκλήρου το ημερήσιο φορτίο.

Πίνακας Π.Α. 25 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Α/Γ-Η/Ζ-Δίκτυο για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας αυξημένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από Η/Ζ	0	0	0	0	0	0
Παραγωγή ενέργειας από Α/Γ	0	0	0	0	0	0
Συναλλαγές δικτύου	7.883	100	10.110	100	11.533	100
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	0	0	0	0



Σχήμα Π.Α. 24 Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος Α/Γ-Η/Ζ-Δίκτυο για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας αυξημένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο).

Π.Α.4.6 Υβριδικό σύστημα με Α/Γ, Φ/Β με σύνδεση στο δίκτυο

Π.Α. 4.6.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW και Α/Γ ισχύος 3kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 14.542€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 10.269€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,102€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με -334€/έτος.

Π.Α. 4.6.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 1 Α/Γ ισχύος 6 kW και Φ/Β ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 22.768€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 11.020€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,085€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με -919€/έτος.

Π.Α. 4.6.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 1 Α/Γ ισχύος 6 kW και Φ/Β ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 24.766€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 13.680€. Το ετήσιο

ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,093€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με -867€/έτος.

Π.Α. 4.6.4 Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου

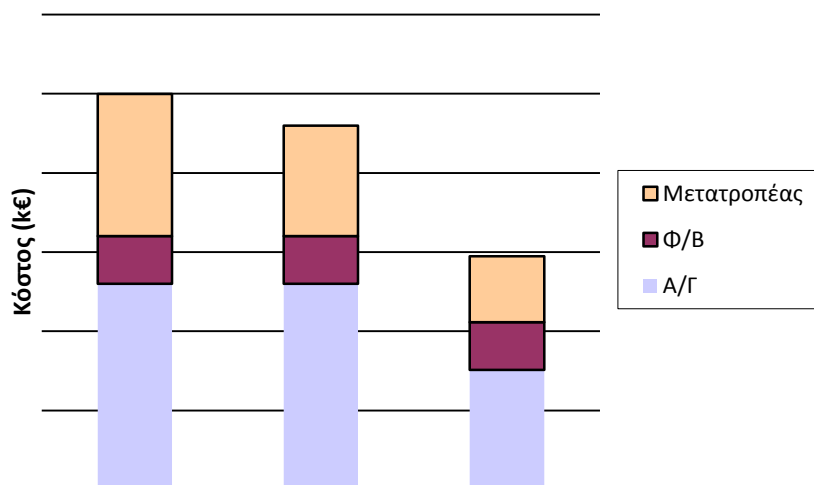
Στο Σχήμα Π.Α. 25 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Α/Γ, Φ/Β, και μετατροπέας) για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Το μεγαλύτερο κόστος είναι λόγω της Α/Γ, ενώ σε αντίθεση με το προηγούμενο σενάριο, δηλαδή το «Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας», η Α/Γ χρησιμοποιείται και από το χαμηλό φορτίο.

Π.Α. 4.6.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο Πίνακας Π.Α.26 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Α/Γ-Φ/Β-δίκτυο για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Το υψηλό φορτίο καλύπτεται κατά 5% από Φ/Β , 86% από Α/Γ και 9% από το δίκτυο, το μέσο καλύπτεται κατά 5% από Φ/Β, 88% από Α/Γ και 7% από το δίκτυο ενώ το χαμηλό καλύπτεται κατά 9% από Φ/Β , 80% από την Α/Γ και 11% από το δίκτυο. Τα ποσοστά περίσσειας ενέργειας είναι αρκετά μικρά (0% υψηλό- 2,89% μέσο- 0% χαμηλό) ενώ τα μη εξυπηρετούμενα φορτία είναι μηδενικά.

Πίνακας Π.Α. 26 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Α/Γ-Φ/Β-Δίκτυο για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας αυξημένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο)

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από Φ/Β	1.519	9	1.519	5	1.519	5
Παραγωγή ενέργειας από Α/Γ	13.681	80	27.061	88	27.061	86
Συναλλαγές δικτύου	1.876	11	2.162	7	2.769	9
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	19.9	0,12	889	2,89	0,0006	0



Σχήμα Π.Α 25 Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος Α/Γ-Φ/Β-Δίκτυο για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας αυξημένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο).

Π.Α.4.7 Υβριδικό σύστημα με Α/Γ, Φ/Β, Η/Ζ

Π.Α. 4.7.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW, 1 Η/Ζ ισχύος 1kW και Α/Γ ισχύος 3kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 15.372€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 10.923€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,108€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με -348€/έτος.

Π.Α. 4.7.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 1 Α/Γ ισχύος 6 kW, Φ/Β ισχύος 1 kW, 1 Η/Ζ ισχύος 1kW και μετατροπέα 5,24 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 23.598€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 17.386€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,135€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με -486€/έτος.

Π.Α. 4.7.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 1 Α/Γ ισχύος 6 kW, Φ/Β ισχύος 1 kW και 1 Η/Ζ ισχύος 1kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 25.596€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με

14.321€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,097€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με -882€/έτος.

Π.Α. 4.7.4 Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου

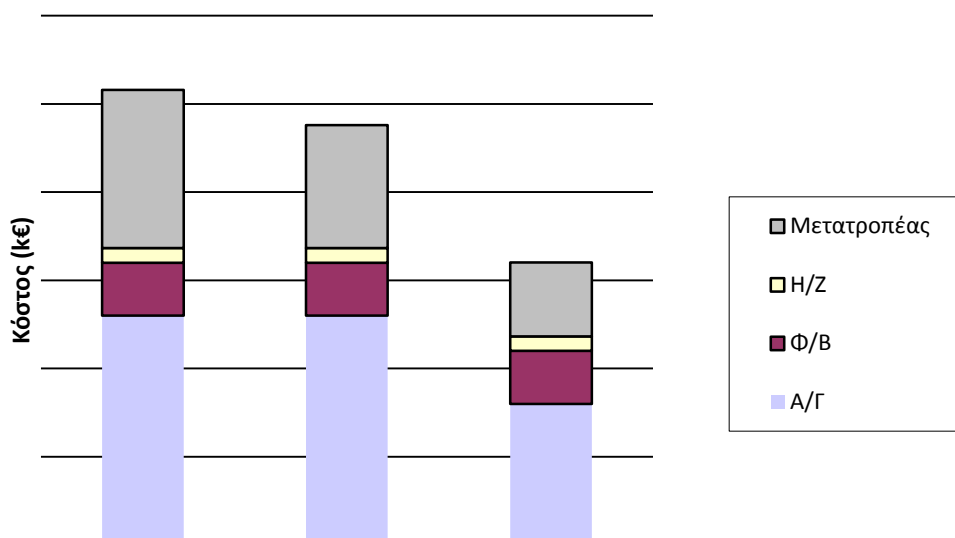
Στο Σχήμα Π.Α 26 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Α/Γ, Φ/Β, Η/Ζ, και μετατροπέας) για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Και στις τρεις περιπτώσεις, το Η/Ζ αποτελεί το πιο φτηνό κομμάτι του συστήματος, ενώ ακολουθούν τα Φ/Β, ο μετατροπέας και οι Α/Γ. Παρατηρείται ακόμη, πως σε αντίθεση με το προηγούμενο σενάριο που εξετάστηκε, σε αυτό το σενάριο χρησιμοποιείται και στα 3 είδη φορτίου η Α/Γ για παραγωγή ενέργειας.

Π.Α. 4.7.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο Πίνακας Π.Α 27 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Α/Γ-Φ/Β-Η/Ζ-δίκτυο για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Παρατηρείται ότι τα ποσοστά περισσεύσεως ενέργειας και μη εξυπηρετούμενου φορτίου παραμένουν ίδια με αυτά του βασικού σεναρίου.

Πίνακας Π.Α.27 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Α/Γ-Φ/Β-Η/Ζ-Δίκτυο για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας αυξημένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από Φ/Β	1.519	9	1.519	5	1.519	5
Παραγωγή ενέργειας από Α/Γ	13.681	80	27.061	88	27.061	86
Παραγωγή ενέργειας από Η/Ζ	0	0	0	0	0	0
Συναλλαγές δικτύου	1.876	11	2.162	7	2.769	9
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	19.9	0.12	889	2,89	0,0006	0



Σχήμα Π.Α. 26 Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος Α/Γ-Φ/Β-Η/Ζ-μετατροπέα για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας αυξημένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο).

Π.Α.5 ΣΕΝΑΡΙΟ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΕ ΩΡΙΑΙΟ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΚΑΤΑ 50% ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΒΑΣΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ

Π.Α.5.1 Υβριδικό σύστημα με Φ/Β

Π.Α.5.1.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 6.975.€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 12.600€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,125€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 440€/έτος.

Π.Α.5.1.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 9.774€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 17.812€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,138€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 629€/έτος.

Π.Α.5.1.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 11.772€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 21.369€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,145€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 751€/έτος.

Π.Α.5.1.4 Σύγκριση για τα διάφορα είδη φορτίου

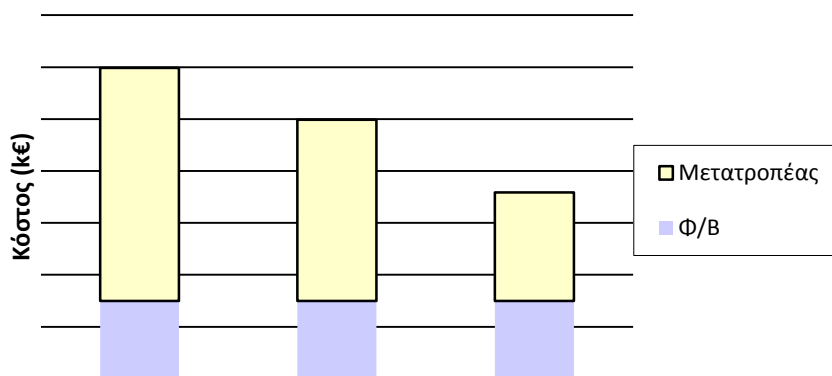
Στο Σχήμα Π.Α.27 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Φ/Β και μετατροπέας) για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται. Τα κόστη είναι παρόμοια με αυτά του αντίστοιχου συστήματος στο βασικό σενάριο.

Π.Α.5.1.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο Πίνακας Π.Α 28 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Φ/Β για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται. Τα ποσοστά μη εξυπηρετούμενου φορτίου και περίσσειας ενέργειας είναι 0 όπως και στην περίπτωση του βασικού σεναρίου.

Πίνακας Π.Α 28 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Φ/Β για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας μειωμένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από δίκτυο	6.439	81	8.613	85	10.019	87
Παραγωγή ενέργειας από Φ/Β	1.519	19	1.519	15	1.519	13
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	0	0	0	0



Σχήμα Π.Α.27 Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος Φ/Β για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας μειωμένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο).

Π.Α.5.2 Υβριδικό σύστημα με Α/Γ

Π.Α.5.2.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Στο βέλτιστο σύστημα όλη η ισχύς παρέχεται αποκλειστικά από το δίκτυο. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 0€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 7.208€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,072€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 564€/έτος.

Π.Α.5.2.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Στο βέλτιστο σύστημα όλη η ισχύς παρέχεται αποκλειστικά από το δίκτυο. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 0€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 9.665€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,075€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 756€/έτος.

Π.Α.5.2.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Στο βέλτιστο σύστημα όλη η ισχύς παρέχεται αποκλειστικά από το δίκτυο. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 0€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 11.239€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,076€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 879€/έτος.

Π.Α.5.2.4 Σύγκριση για τα διάφορα είδη φορτίου

Δεν δίνεται το κόστος εγκατάστασης διαγραμματικά γιατί δεν περιλαμβάνεται στο σύστημα Α/Γ και ως εκ τούτου το κόστος εγκατάστασης είναι μηδενικό (υπάρχει μόνο το λειτουργικό κόστος και το κόστος συντήρησης του δικτύου, το οποίο διαφέρει αναλόγως του φορτίου που εξυπηρετείται).

Π.Α.5.2.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο Πίνακας Π.Α. 29 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Α/Γ. Τα ποσοστά μη εξυπηρετούμενου φορτίου και περίσσειας ενέργειας είναι και στις τρεις περιπτώσεις μηδενικά, όπως ακριβώς και στην περίπτωση του βασικού σεναρίου.

Πίνακας Π.Α.29 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Α/Γ-μπαταριών για τα τρία είδη φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας μειωμένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από δίκτυο	7.883	100	10.110	100	11.533	100
Παραγωγή ενέργειας από Α/Γ	0	0	0	0	0	0
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	0	0	0	0

Π.Α.5.3 Υβριδικό σύστημα με Η/Ζ**Π.Α.5.3.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου**

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από ένα Η/Ζ ισχύος 1kW και ένα ακόμα ισχύος 2kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 2.100€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 8.831€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,088€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 527€/έτος.

Π.Α.5.3.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από ένα Η/Ζ ισχύος 1kW και ένα ακόμα ισχύος 2kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 2.100€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 11.288€. Το ετήσιο

ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,087€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 719€/έτος.

Π.Α.5.3.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα δεν αποτελείται Η/Ζ και όλη η ισχύς παρέχεται αποκλειστικά από το δίκτυο. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 0€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 11.239€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,076€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 879€/έτος.

Π.Α.5.3.4 Σύγκριση για τα διάφορα είδη φορτίου

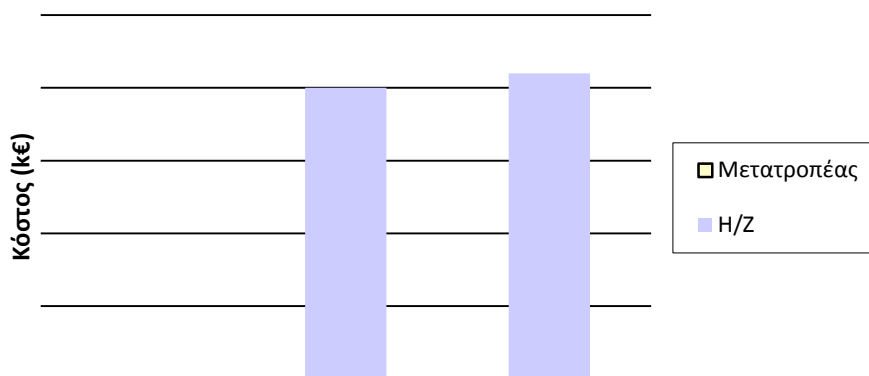
Στο Σχήμα Π.Α. 29 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Η/Ζ και μετατροπέας) για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Στην περίπτωση χαμηλού και μέσου φορτίου, παρατηρείται ότι το κόστος αφορά εξ' ολοκλήρου τα Η/Ζ ,διότι το κόστος του μετατροπέα είναι και στις 3 περιπτώσεις μηδενικό. Επίσης, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, το κόστος εγκατάστασης στο υψηλό φορτίο είναι 0.

Π.Α.5.3.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο Πίνακας Π.Α. 30 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Η/Ζ. Και στις 3 περιπτώσεις φορτίων, παρατηρείται ότι η παραγωγή ενέργειας από Η/Ζ, το μη εξυπηρετούμενο φορτίο, καθώς και η περίσσεια ενέργειας είναι 0. Η παραγωγή ενέργειας γίνεται αποκλειστικά μέσω του δικτύου.

Πίνακας Π.Α 30 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας μειωμένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από δίκτυο	7.883	100	10.110	100	11.534	100
Παραγωγή ενέργειας από Η/Ζ	0	0	0	0	0	0
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	0	0	0	0



Σχήμα Π.Α.29 Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος H/Z για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας μειωμένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο).

Π.Α.5.4 Υβριδικό σύστημα με Φ/Β, H/Z

Π.Α.5.4.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW και 1 H/Z ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 7.805€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 13.242€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,131€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 425€/έτος.

Π.Α.5.4.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW και ένα H/Z ισχύος 1 kW και άλλο ένα H/Z ισχύος 2 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 11.874€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 19.435€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,150€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 591€/έτος.

Π.Α.5.4.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW, ένα H/Z ισχύος 1 kW και άλλο ένα H/Z ισχύος 2 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 13.872€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 22.992€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,156€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 713€/έτος.

Π.Α.5.4.4 Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου

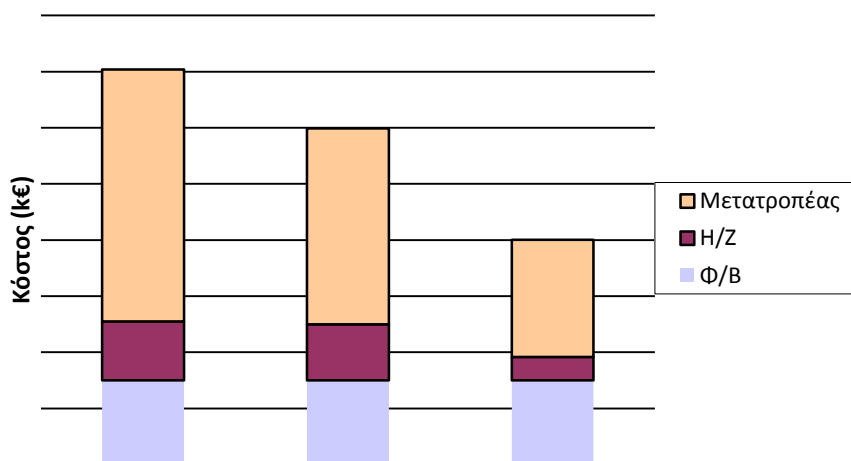
Στο Σχήμα Π.Α. 30 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Φ/Β, Η/Ζ και μετατροπέας) για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Τα κόστη είναι ακριβώς ίδια με αυτά του σεναρίου διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο.

Π.Α.5.4.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο Πίνακας Π.Α.31 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Φ/Β-Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Παρατηρούνται, επίσης, μηδενικά ποσοστά στην περίσσεια ενέργειας αλλά και στο μη εξυπηρετούμενο φορτίο. Επιπρόσθετα, το μεγαλύτερο ποσοστό παραγωγής ενέργειας είναι από το δίκτυο, όπως ακριβώς συμβαίνει και στο βασικό σενάριο.

Πίνακας Π.Α 31 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Φ/Β-Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας μειωμένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από δίκτυο	6.439	81	8.613	85	10.019	87
Παραγωγή ενέργειας από Η/Ζ	0	0	0	0	0	0
Παραγωγή ενέργειας από Φ/Β	1.519	81	1.519	15	1.519	13
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	0	0	0	0



Σχήμα Π.Α 30 Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος Φ/Β-Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας μειωμένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο).

Π.Α.5.5 Υβριδικό σύστημα με Α/Γ, Η/Ζ

Π.Α. 5.5.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Λόγω της σύνδεσης με το δίκτυο, το οποίο μπορεί να καλύψει το ημερήσιο φορτίο, το σύστημά μας απαιτεί μόνο τη χρήση 1 Η/Ζ ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 830€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 7.850€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,078€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 549€/έτος.

Π.Α. 5.5.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 1 Η/Ζ ισχύος 1. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 830€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 10.306€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,080€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 741€/έτος.

Π.Α. 5.5.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από 1 Η/Ζ ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 830€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 11.880€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,081€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 864€/έτος.

Π.Α. 5.5.4 Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου

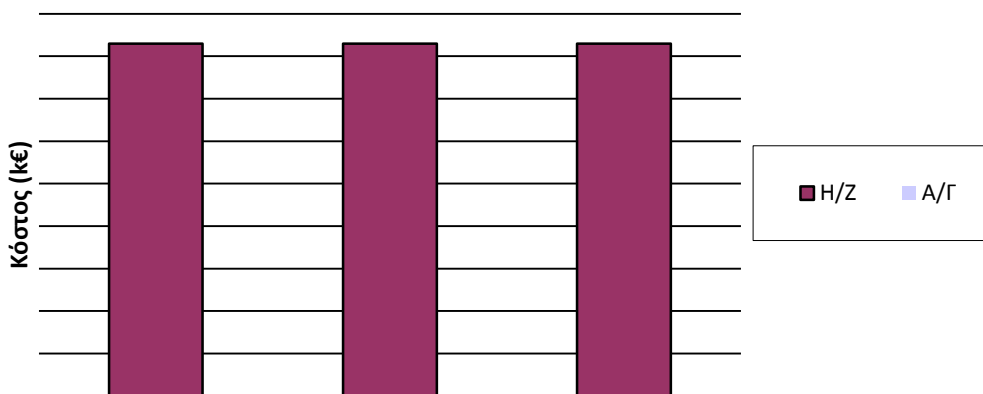
Στο Σχήμα Π.Α.31 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Α/Γ, Η/Ζ) για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Και στις τρεις περιπτώσεις, το Η/Ζ αποτελεί την ακριβότερη συνιστώσα του συστήματος.

Π.Α 5.5.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο Πίνακας Π.Α.32 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Α/Γ-Η/Ζ για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Τα ποσοστά μη εξυπηρετούμενου φορτίου, περίσσειας ενέργειας καθώς και η παραγωγή ενέργειας από Η/Ζ είναι μηδέν. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το δίκτυο καλύπτει εξ ολοκλήρου το ημερήσιο φορτίο.

Πίνακας Π.Α. 32 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Α/Γ-Η/Ζ-Δίκτυο για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας μειωμένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από Η/Ζ	0	0	0	0	0	0
Παραγωγή ενέργειας από Α/Γ	0	0	0	0	0	0
Συναλλαγές δικτύου	7.883	100	10.110	100	11.533	100
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	0	0	0	0



Σχήμα Π.Α. 31 Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος Α/Γ-Η/Ζ-Δίκτυο για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας μειωμένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο).

Π.Α.5.6 Υβριδικό σύστημα με Α/Γ, Φ/Β με σύνδεση στο δίκτυο

Π.Α. 5.6.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 6.975€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 12.600€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,125€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με -440€/έτος.

Π.Α. 5.6.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 9.774€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 17.812€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,138€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 629€/έτος.

Π.Α. 5.6.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 11.772€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 21.369€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,145€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 751€/έτος.

Π.Α. 5.6.4 Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου

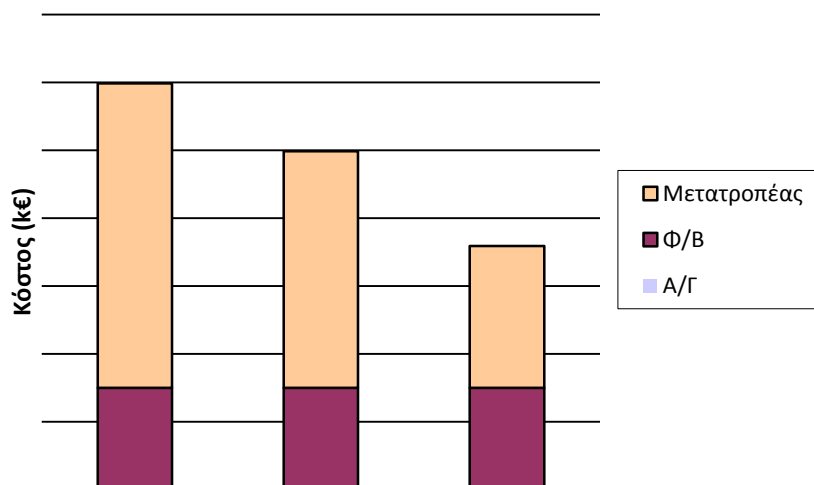
Στο Σχήμα Π.Α. 32 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Α/Γ, Φ/Β, και μετατροπέας) για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Όπως φαίνεται και από το σχήμα, το κόστος της Α/Γ είναι 0, διότι κανένα είδος φορτίου δεν τη χρησιμοποιεί για παραγωγή ενέργειας. Συνεπώς, το μεγαλύτερο κόστος προέρχεται από τον μετατροπέα και ακολουθεί το Φ/Β. Πιο αναλυτικά, το κόστος από Φ/Β είναι και στα 3 είδη φορτίου το ίδιο, ενώ το κόστος του μετατροπέα στο υψηλό φορτίο είναι το μεγαλύτερο όλων.

Π.Α. 5.6.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο Πίνακας Π.Α.33 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Α/Γ-Φ/Β-δίκτυο για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Σε αντίθεση με το προηγούμενο σενάριο, δηλαδή το «Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας αυξημένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο», βλέπουμε πως κανένα είδος φορτίου δεν χρησιμοποιεί την Α/Γ για παραγωγή ενέργειας. Όπως γίνεται φανερό από τον παρακάτω πίνακα, τα μεγαλύτερα ποσοστά παραγωγής ενέργειας καλύπτονται από το δίκτυο. Τέλος, τα ποσοστά περίσσειας ενέργειας και μη εξυπηρετούμενου φορτίου είναι 0.

Πίνακας Π.Α. 33 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Α/Γ-Φ/Β-Δίκτυο για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας μειωμένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο)

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από Φ/Β	1.519	19	1.519	15	1.519	13
Παραγωγή ενέργειας από Α/Γ	0	0	0	0	0	0
Συναλλαγές δικτύου	6.439	81	8.613	85	10.019	87
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	0	0	0	0



Σχήμα Π.Α 32 Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος Α/Γ-Φ/Β-Δίκτυο για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας μειωμένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο).

Π.Α.5.7 Υβριδικό σύστημα με Α/Γ, Φ/Β, Η/Ζ

Π.Α. 5.7.1 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση χαμηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW και 1 Η/Ζ ισχύος 1kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 7.805€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 13.242€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,131€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 425€/έτος.

Π.Α. 5.7.2 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση μέσου φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από, Φ/Β ισχύος 1 kW, 1 Η/Ζ ισχύος 1kW και 1 μετατροπέα 5,24 kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 10.604€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 18.453€. Το ετήσιο ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,143€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 614€/έτος.

Π.Α. 5.7.3 Βέλτιστη διαμόρφωση συστήματος στην περίπτωση υψηλού φορτίου

Το βέλτιστο σύστημα αποτελείται από Φ/Β ισχύος 1 kW και 1 Η/Ζ ισχύος 1kW. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι ίσο με 12.602€ ενώ το συνολικό κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) στα 25 έτη λειτουργίας του συστήματος είναι ίσο με 22.010€. Το ετήσιο

ανηγμένο κόστος ενέργειας σε αυτήν την περίπτωση είναι ίσο με 0,149€/kWh ενώ το μέσο ετήσιο ανηγμένο κόστος λειτουργίας είναι ίσο με 736€/έτος.

Π.Α. 5.7.4 Σύγκριση για τις διάφορες περιπτώσεις φορτίου

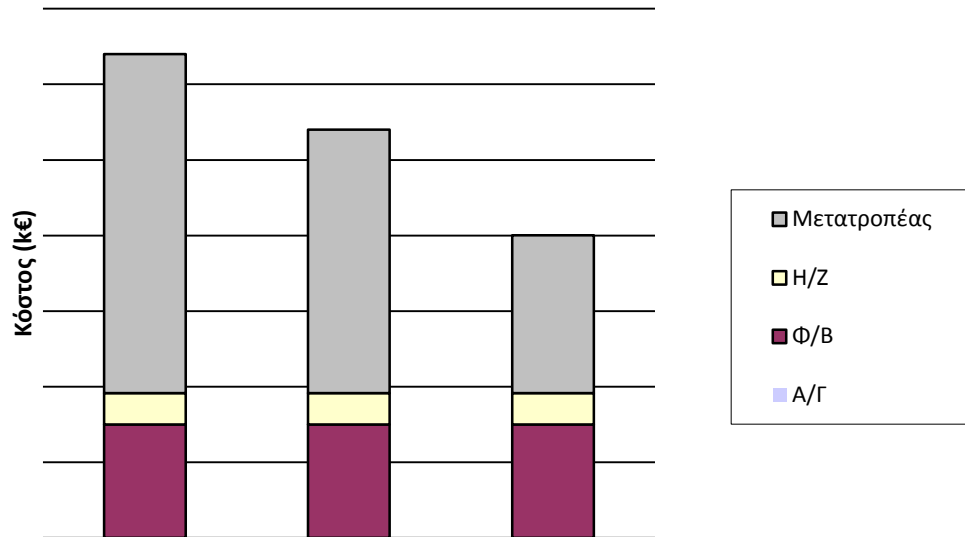
Στο Σχήμα Π.Α 33 φαίνεται η κατανομή του κόστους εγκατάστασης, στα επιμέρους κόστη του εξοπλισμού (Α/Γ, Φ/Β, Η/Ζ, και μετατροπέας) για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Και στις τρεις περιπτώσεις, το Η/Ζ αποτελεί το πιο φτηνό κομμάτι του συστήματος, ενώ ακολουθούν τα Φ/Β και ο μετατροπέας (του οποίου το κόστος λαμβάνει την υψηλότερη τιμή στο υψηλό φορτίο). Επιπλέον, το κόστος της Α/Γ είναι παντού 0.

Π.Α. 5.7.5 Ενεργειακή απόδοση συστήματος

Ο Πίνακας Π.Α 34 συνοψίζει τα βασικά στοιχεία ενεργειακής απόδοσης του υβριδικού συστήματος Α/Γ-Φ/Β-Η/Ζ-δίκτυο για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται. Παρατηρείται ότι τα ποσοστά περίσσειας ενέργειας και μη εξυπηρετούμενου φορτίου είναι 0 και στα τρία είδη φορτίου. Η παραγωγή ενέργειας γίνεται αποκλειστικά από τα Φ/Β και το δίκτυο, καθώς κανένα φορτίο δεν χρησιμοποιεί Α/Γ.

Πίνακας Π.Α.34 Ενεργειακή απόδοση υβριδικού συστήματος Α/Γ-Φ/Β-Η/Ζ-Δίκτυο για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας μειωμένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο).

	Χαμηλό Φορτίο		Μέσο Φορτίο		Υψηλό Φορτίο	
	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%	kWh/έτος	%
Παραγωγή ενέργειας από Φ/Β	1.519	19	1.519	15	1.519	5
Παραγωγή ενέργειας από Α/Γ	0	0	0	0	27.061	86
Παραγωγή ενέργειας από Η/Ζ	0	0	0	0	0	0
Συναλλαγές δικτύου	6.439	81	8.613	85	2.769	9
Μη εξυπηρετούμενο φορτίο	0	0	0	0	0	0
Περίσσεια ενέργειας	0	0	0	0	0,0006	0



Σχήμα Π.Α. 33 Κόστη εγκατάστασης υβριδικού συστήματος Α/Γ-Φ/Β-Η/Ζ-μετατροπέα για τις τρεις περιπτώσεις φορτίου που εξετάζονται (Σενάριο διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο με ωριαίο μεταβαλλόμενο κόστος ενέργειας και τιμή πώλησης ενέργειας μειωμένη κατά 50% σε σχέση με το βασικό σενάριο).