



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης

Τομέας Συστημάτων Παραγωγής

Εργαστήριο Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων και Ηλεκτρονικής

ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ

ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΣΑΞΩΝΗ ΚΩΝ/ΝΟΥ

ΕΠΙΒΛΕΨΗ

ΓΕΩΡΓΙΑΚΗΣ ΠΑΥΛΟΣ, Επ. Καθηγητής

ΚΑΤΣΙΓΙΑΝΝΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, Υπ. Διδάκτορας

ΧΑΝΙΑ

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2006

Αφιερώνεται στους φίλους μου

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία αποτελεί τη διπλωματική μου Εργασία στα πλαίσια των σπουδών μου στο τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης. Η εκπόνησή της ξεκίνησε το Μάρτιο του 2005 και ολοκληρώθηκε το Δεκέμβριο του 2005, υπό την επίβλεψη του Επίκουρου Καθηγητή κ. Γεωργιλάκη Παύλου και του Υποψήφιου Διδάκτορα κ. Κατσίγιαννη Ιωάννη.

Με την ευκαιρία της παρουσίασης της εργασίας μου αυτής θεωρώ χρέος μου να ευχαριστήσω όσους συνέβαλαν στην επιτυχή ολοκλήρωσή της. Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Καθηγητή μου κ. Γεωργιλάκη Παύλο, χωρίς την αμέριστη συμπαράσταση του οποίου δεν θα ήταν δυνατή η αποπεράτωση της εργασίας αυτής. Επίσης, ευχαριστώ τον κ. Κατσίγιαννη Ιωάννη για τη βοήθειά του και το ενδιαφέρον του.

Ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ επίσης στην οικογένεια μου, που κατά το διάστημα της πενταετούς φοίτησής μου στο Πολυτεχνείο Κρήτης, απέδειξε για μια ακόμη φορά ότι είναι δίπλα μου και με στηρίζει σε κάθε μου βήμα.

Τέλος δε θα μπορούσα να μην αναφερθώ στους φίλους μου και να τους πω ένα μεγάλο ευχαριστώ για τις στιγμές που ζήσαμε μαζί στη Κρήτη, αυτά τα πέντε χρόνια.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ένα υβριδικό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι ένα σύστημα το οποίο περιλαμβάνει συνδυασμό συμβατικών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Επιπλέον, το σύστημα αυτό μπορεί να περιλαμβάνει σύστημα αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας. Το υβριδικό σύστημα παράγει ηλεκτρική ενέργεια και ενδεχομένως θερμότητα, για να εξυπηρετήσει τα φορτία. Μερικά παραδείγματα υβριδικών συστημάτων είναι τα ακόλουθα: ένα σύστημα από φωτοβολταϊκά και μπαταρίες που εξυπηρετούν ένα απομακρυσμένο φορτίο, ένα σύστημα ανεμογεννητριών και νηξελογεννητριών που εξυπηρετούν ένα απομονωμένο χωριό, ή ένα σύστημα βιομάζας που παρέχει ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα σε ένα εργοστάσιο.

Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας είναι η βέλτιστη σχεδίαση υβριδικών συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το υπό μελέτη υβριδικό σύστημα μπορεί να περιλαμβάνει όλους τους διαφορετικούς συνδυασμούς μονάδων και στοιχείων όπως για παράδειγμα νηξελογεννήτριες, ανεμογεννήτριες, φωτοβολταϊκά και μπαταρίες. Αποτελεί πρόκληση η προσπάθεια διαμόρφωσης των διαφορετικών συνδυασμών, εξαιτίας του μεγάλου αριθμού μεταβλητών. Επιπλέον, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας προσθέτουν περαιτέρω πολυπλοκότητα, επειδή η παραγωγή ενέργειας μπορεί να είναι διακοπτόμενη, εποχιακή και η διαθεσιμότητα των ανανεώσιμων πόρων μπορεί να είναι αβέβαιη.

Στα πλαίσια της διπλωματικής αυτής μελετώνται πέντε πραγματικά υβριδικά συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, το ένα εκ των οποίων είναι το υβριδικό σύστημα της Κύθνου, στο οποίο εγκαταστάθηκε το πρώτο αιολικό πάρκο της Ευρώπης. Ο βέλτιστος σχεδιασμός όλων των υβριδικών συστημάτων γίνεται με τη βοήθεια του προγράμματος HOMER.

Το HOMER εκτελεί τρεις κύριες λειτουργίες: προσομοίωση, βελτιστοποίηση και ανάλυση ευαισθησίας. Στη διαδικασία προσομοίωσης, αναλύεται η απόδοση ενός συγκεκριμένου υβριδικού συστήματος για κάθε ώρα του έτους και υπολογίζεται ο βαθμός εξυπηρέτησης του φορτίου καθώς και το καθαρό παρόν κόστος. Στη διαδικασία βελτιστοποίησης, αναλύονται πολλές διαφορετικές διαμορφώσεις υβριδικών συστημάτων και προσδιορίζεται εκείνο που ικανοποιεί τους τεχνικούς περιορισμούς και έχει το χαμηλότερο καθαρό παρόν κόστος. Στη διαδικασία ανάλυσης ευαισθησίας, εκτελούνται πολλαπλές βελτιστοποιήσεις κάτω από μια σειρά υποθέσεων που εκφράζονται με την εισαγωγή των μεταβλητών ανάλυσης ευαισθησίας, για παράδειγμα, κόστος καυσίμου, ταχύτητα ανέμου, κτλ.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ

Υβριδικό σύστημα, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, προσομοίωση, βελτιστοποίηση, ανάλυση ευαισθησίας.

ABSTRACT

A hybrid electric power system is a system that consists of conventional and renewable energy sources. In addition, this system can employ storage technologies. A hybrid system generates electricity, and possibly heat, to serve the loads. Some examples of hybrid systems are: a solar-battery system serving a remote load, a wind-diesel system serving an isolated village, and a grid-connected biomass unit providing electricity and heat to a factory.

This Thesis is dedicated to the optimal design of hybrid electric power systems. The hybrid system under study can employ any of the different combinations of units and components such as diesel generators, wind generators, photovoltaic stations, and batteries. The analysis and design of hybrid systems can be challenging due to the large number of design options and the uncertainty in key parameters, such as load size and the future fuel price. Renewable power sources add further complexity because their power output may be intermittent, seasonal, and non-dispatchable, and the availability of renewable resources may be uncertain.

In the context of this Thesis, five real-world hybrid systems are analyzed and designed; one of them is the hybrid system of Kythos, where the first wind park of Europe was installed. The optimal design of all the above systems is implemented with the help of HOMER software.

HOMER performs three principal tasks: simulation, optimization, and sensitivity analysis. In the simulation process, HOMER models the performance of a particular hybrid system configuration each hour of the year to determine its technical feasibility and life-cycle cost. In the optimization process, HOMER simulates many different system configurations in search of the one that satisfies the technical constraints at the lowest life-cycle cost. In the sensitivity analysis process, HOMER performs multiple optimizations under a range of input assumptions to gauge the effects of uncertainty or changes in the model inputs. Optimization determines the optimal value of the variables over which the system designer has control, such as the mix of components that make up the system and the size or quantity of each. Sensitivity analysis helps assess the effects of uncertainty or changes in the variables over which the designer has no control, such as the average speed or the future fuel price.

KEYWORDS

Hybrid system, renewable energy sources, simulation, optimization, sensitivity analysis.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 :	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1	Εισαγωγή	1
1.2	Σκοπός και δομή της εργασίας	1
1.3	Ήπιες μορφές ενέργειας	2
1.4	Το πρόγραμμα HOMER	4
1.4.1	Προσομοίωση	5
1.4.2	Βελτιστοποίηση	7
1.4.3	Ανάλυση ευαισθησίας	8
1.5	Βιβλιογραφία	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 :	ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΕΙΣΟΔΟΥ ΚΑΙ ΕΞΟΔΟΥ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ HOMER	9
2.1	Φορτία	9
2.2	Στοιχεία υβριδικού συστήματος	9
2.3	Πρόσθετα δεδομένα των στοιχείων του υβριδικού συστήματος	11
2.3.1	Δεδομένα νηζελογεννήτριας	11
2.3.1.1	Καυσάερια νηζελογεννήτριας	13
2.3.1.1	Χρονοδιάγραμμα νηζελογεννητριών	14
2.3.2	Δεδομένα φωτοβολταϊκών	16
2.3.3	Δεδομένα μπαταρίας	17
2.3.4	Δεδομένα ανεμογεννήτριας	19
2.3.5	Δεδομένα υδροηλεκτρικού συστήματος	19
2.3.6	Δεδομένα ηλεκτρικού δικτύου	21
2.3.7	Δεδομένα μετατροπέα	22
2.3.8	Δεδομένα ανορθωτή	22
2.3.9	Δεδομένα ηλεκτρολύτη	22
2.3.10	Δεδομένα δεξαμενής υδρογόνου	23
2.4	Στρατηγική λειτουργίας νηζελογεννήτριας	24
2.5	Δεδομένα ελέγχου νηζελογεννήτριας	24
2.6	Οικονομικά δεδομένα	26
2.6.1	Οικονομικά δεδομένα	26

4.6	Έλεγχος νηζελογεννήτριας	83
4.7	Περιορισμοί	84
4.8	Αποτελέσματα βελτιστοποίησης	84
4.9	Αποτελέσματα ανάλυσης ευαισθησίας	89
4.10	Συμπεράσματα	94
4.11	Βιβλιογραφία	94

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 3 : ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ, ΚΥΨΕΛΕΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ, ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΗΣ, ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ

5.1	Εισαγωγή – Παρουσίαση του προβλήματος	95
5.2	Φορτία	95
5.3	Συστατικά μέρη του συστήματος ενέργειας	96
5.3.1	Νηζελογεννήτρια	97
5.3.1.1	Καυσάερια	97
5.3.2	Φωτοβολταϊκά	99
5.3.3	Ηλεκτρολύτης	101
5.3.4	Δεξαμενή υδρογόνου	103
5.4	Πόροι	104
5.4.1	Ηλιακό δυναμικό	104
5.5	Οικονομικά	105
5.6	Έλεγχος νηζελογεννήτριας	105
5.7	Περιορισμοί	106
5.8	Αποτελέσματα βελτιστοποίησης	106
5.9	Αποτελέσματα ανάλυσης ευαισθησίας	112
5.10	Συμπεράσματα	114
5.11	Βιβλιογραφία	114

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 :	ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 4 : ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ, ΝΤΗΖΕΛΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ	115
6.1	Εισαγωγή – Παρουσίαση του προβλήματος	115
6.2	Φορτία	115
6.3	Συστατικά μέρη του συστήματος ενέργειας	116
6.3.1	Ντηζελογεννήτρια	117
6.3.1.1	Καυσάερια	117
6.3.2	Γεννήτρια βιομάζας	120
6.3.2.1	Καυσάερια	120
6.4	Πόροι	122
6.4.1	Χαρακτηριστικά πόρου καυσίμου	122
6.4.2	Χαρακτηριστικά πόρου βιομάζας	122
6.4.3	Δυναμικό βιομάζας	122
6.5	Αποτελέσματα βελτιστοποίησης	123
6.6	Αποτελέσματα ανάλυσης ευαισθησίας	126
6.7	Συμπεράσματα	131
6.8	Βιβλιογραφία	132

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 :	ΤΟ ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΚΥΘΝΟΥ: ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ, ΝΤΗΖΕΛΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ, ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ, ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ, ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ	133
7.1	Εισαγωγή – Παρουσίαση του προβλήματος	133
7.2	Συστατικά μέρη του συστήματος ενέργειας	138
7.2.1	Ντηζελογεννήτρια	138
7.2.1.1	Καυσάερια	138
7.2.2	Φωτοβολταϊκά	140
7.2.3	Ανεμογεννήτριες	142
7.2.3.1	VECTAS	142
7.2.3.2	AEROMAN	143
7.2.4	Μπαταρία	145
7.3	Πόροι	147
7.3.1	Ηλιακό δυναμικό	147
7.3.2	Αιολικό δυναμικό	148

7.3.3	Χαρακτηριστικά πόρου καυσίμου	149
7.4	Οικονομικά	149
7.5	Έλεγχος ντηζελογεννήτριας	150
7.6	Περιορισμοί	151
7.7	Αποτελέσματα βελτιστοποίησης	151
7.8	Αποτελέσματα ανάλυσης ευαισθησίας	162
7.9	Συμπεράσματα	167
7.10	Βιβλιογραφία	170

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 :	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	171
---------------------	---------------------	------------

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) είναι η πρώτη μορφή ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος και η σχεδόν αποκλειστική πηγή ενέργειας, μέχρι πρακτικά τις αρχές του προηγούμενου αιώνα, πριν στραφεί έντονα στη χρήση του άνθρακα και των υδρογονανθράκων. Ακόμη και σήμερα ένα μεγάλο μέρος του πληθυσμού της γης στις αναπτυσσόμενες χώρες εξαρτάται από τη βιομάζα για θέρμανση και μαγείρεμα, ενώ μερικές τεχνολογίες για την αξιοποίηση των ΑΠΕ όπως οι μεγάλοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί σε πολλές περιπτώσεις έχουν αποδείξει την οικονομική τους βιωσιμότητα και γνωρίζουν εμπορικές εφαρμογές εδώ και πολλές δεκαετίες.

Το ενδιαφέρον όμως στη σύγχρονη εποχή για την ανάπτυξη των τεχνολογιών και την ευρύτερη αξιοποίηση των ΑΠΕ παρουσιάστηκε μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση του 1974 και ενισχύθηκε περισσότερο μετά τη δεύτερη κρίση του 1979. Πολλές φορές θεώρησαν τις ΑΠΕ σαν μια νέα εγχώρια πηγή ενέργειας με ευνοϊκές προοπτικές συνεισφοράς στο ενεργειακό τους ισοζύγιο, σύμφωνα με τις τότε επικρατούσες ενεργειακές τιμές, που θα συνέβαλαν στην μείωση της εξάρτησης από το ακριβό εισαγόμενο πετρέλαιο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού καθώς και στη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος.

Δεν πρέπει όμως να αγνοούνται και οι οικονομικοί λόγοι που ώθησαν στην προσπάθεια ανεύρεσης εναλλακτικών πηγών ενέργειας. Η απεξάρτηση των χωρών από το πετρέλαιο διεθνώς αποτελεί σημαντικό παράγοντα εξοικονόμησης οικονομικών πόρων για επένδυση και σε άλλους τομείς. Η παρατήρηση της εξέλιξης του κόστους του πετρελαίου τις τελευταίες δεκαετίες οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι απολαβές των διεθνών εταιρειών που διακινούν πετρέλαιο πολλαπλασιάζονται, ειδικά στη σύγχρονη εποχή κατά την οποία οι χώρες του Τρίτου κόσμου μπήκαν σε αναπτυξιακή τροχιά. Κάτι τέτοιο σημαίνει τη διεύρυνση της αγοράς πετρελαίου και την αύξηση των χωρών που ενεργειακά θα εξαρτώνται από αυτό. Με την αύξηση της τιμής του πετρελαίου όμως αυξάνεται ταυτόχρονα και το κόστος παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας, κάτι που είναι οικονομικά ασύμφορο. Η ανάγκη για φθηνή ηλεκτρική ενέργεια ειδικά στις μέρες μας κατά τις οποίες η ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια αυξάνει παγκοσμίως με υψηλούς ρυθμούς, οδήγησε σε προσανατολισμούς αναζήτησης που μέχρι σήμερα τα ισχυρά οικονομικά συμφέροντα δεν επέτρεπαν να εκδηλωθούν. Τέλος οι ΑΠΕ είναι φιλικές προς το περιβάλλον, κάτι πολύ σημαντικό ιδιαίτερα στην εποχή μας που η μόλυνση του περιβάλλοντος έχει λάβει επικίνδυνες διαστάσεις.

1.2 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Θεωρώντας ως δεδομένη την αύξηση της χρήσης των ήπιων μορφών ενέργειας για την παραγωγή ενέργειας, το ερώτημα που τίθεται όλο και πιο επιτακτικά είναι εάν

τελικά κάτι τέτοιο είναι αποδοτικό από οικονομικής άποψης. Στην εργασία αυτή θα γίνει προσπάθεια να απαντηθεί αυτό το ερώτημα στην περίπτωση παραγωγής ενέργειας από υβριδικά συστήματα. Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να παρουσιαστεί μία ολοκληρωμένη μεθοδολογία για τη βελτιστοποίηση της σχεδίασης των υβριδικών συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα HOMER.

Η δομή της εργασίας έχει ως εξής:

Το **κεφάλαιο 1** περιγράφει την εξέλιξη των ΑΠΕ αλλά και τη δομή του προγράμματος HOMER στο οποίο βασίζεται η ανάλυση και σχεδίαση των υβριδικών συστημάτων.

Το **κεφάλαιο 2** περιγράφει αναλυτικά όλες τις μεταβλητές εισόδου και εξόδου του προγράμματος HOMER.

Στα **κεφάλαια 3, 4, 5 και 6** γίνεται η βελτιστοποίηση εναλλακτικών υβριδικών συστημάτων με τη βοήθεια του HOMER. Πιό συγκεκριμένα, το υβριδικό σύστημα στο κεφάλαιο 3 περιλαμβάνει ανεμογεννήτρια, φωτοβολταϊκά και νηξελογεννήτρια. Στο κεφάλαιο 4 μελετάται ένα σύστημα που περιλαμβάνει υδροηλεκτρικό σύστημα, ανεμογεννήτρια και νηξελογεννήτρια. Το κεφάλαιο 5 αναλύει ένα σύστημα που συνδυάζει φωτοβολταϊκά με σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από καύση υδρογόνου. Τέλος, το κεφάλαιο 6 ασχολείται με τη παραγωγή ενέργειας από γεννήτρια βιομάζας και νηξελογεννήτρια.

Το **κεφάλαιο 7** αναφέρεται στη μοντελοποίηση με τη χρήση του HOMER του υβριδικού συστήματος που είναι εγκατεστημένο στην Κύθνο.

Τέλος, το **κεφάλαιο 8** περιέχει τα γενικά συμπεράσματα της εργασίας

1.3 ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότερο γινόμαστε μάρτυρες όχι και τόσο θετικών εξελίξεων που αφορούν τις ισορροπίες του διαταραγμένου ήδη κλιματικού τοπίου στον πλανήτη μας. Οι εξελίξεις αυτές συντείνουν στο να ιδρυθούν διάφορες διεθνείς οργανώσεις οι οποίες με τη συμβολή ειδικών επιστημόνων διατρανώνουν προς όλες τις κατευθύνσεις τις συνέπειες που θα έχουν αυτές οι κλιματικές αλλαγές από την ανθρώπινη παρέμβαση στη φύση. Ήδη η Ευρωπαϊκή επιτροπή αρμόδια για θέματα προστασίας περιβάλλοντος προσανατολίζεται σε επιβολή κυρώσεων σε όποια Ευρωπαϊκή χώρα δε συμβάλλει με ενεργό τρόπο στη προσπάθεια προστασίας του περιβάλλοντος.

Η κοινή απάντηση στον παγκόσμιο αυτό προβληματισμό αρχίζει να γεμίζει με ελπίδα από τα πρώτα αποτελέσματα εφαρμογής της, τους υποστηρικτές που την προωθούν και δεν είναι άλλη από τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας. Χαρακτηρίζονται έτσι διότι δε βλάπτουν το περιβάλλον με επικίνδυνα κατάλοιπα ενώ προέρχονται απευθείας

από φυσικές πηγές. Με την έννοια «Ηπιες Μορφές Ενέργειας» εννοούμε τις ακόλουθες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας [1.1]:

- Αιολική ενέργεια
- Βιομάζα
- Γεωθερμική ενέργεια
- Ηλιακή ενέργεια
- Κυματική ενέργεια
- Υδροηλεκτρικά συστήματα

Η αιολική ενέργεια αφορά την παραγωγή ενέργειας από την εκμετάλλευση του ανέμου. Η ενέργεια από βιομάζα αφορά την εκμετάλλευση των γεωργικών, ζωικών και δασικών υπολλειμάτων, ενώ η γεωθερμική ενέργεια την εκμετάλλευση των ατμών που αναβλύζουν από τα εσωτερικά στρώματα της γης. Επίσης, η ηλιακή ενέργεια αφορά την άμεση ή έμμεση εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας, η κυματική ενέργεια την εκμετάλλευση της κίνησης των κυμάτων της θάλασσας (όχι με ιδιαίτερα καλά αποτελέσματα μέχρι στιγμής) και τέλος η υδροηλεκτρική ενέργεια αφορά την εκμετάλλευση των υδάτινων πόρων. Οι τεχνολογίες αυτές επιπλέον ονομάζονται και «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας» και αυτό διότι βασικό χαρακτηριστικό τους είναι η διαχρονική τους ανανέωση και διαθεσιμότητα, αφού έχουν την ικανότητα να αναπληρώνουν την στάθμη των αποθεμάτων τους (ουσιαστικά δεν υφίστανται όρια αποθεμάτων εδώ), βασιζόμενες σε φυσικά φαινόμενα, συνδεδεμένα με την ύπαρξη ζωής στον πλανήτη. Τέλος, μια άλλη ονομασία για τις τεχνολογίες αυτές είναι «Εναλλακτικές Μορφές Ενέργειας», αφού θεωρείται ότι αποτελούν εναλλακτικές λύσεις παραγωγής ενέργειας έναντι των συμβατικών τρόπων παραγωγής.

Γενικά υπάρχουν αρκετά και σημαντικά **πλεονεκτήματα** για να γίνουν προσπάθειες αντικατάστασης των συμβατικών τρόπων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τους λεγόμενους εναλλακτικούς.

Τα πλεονεκτήματα αυτά είναι:

- Συμβάλλουν στην επίλυση του ενεργειακού προβλήματος
- Δεν βλάπτουν το ήδη επιβαρυνμένο περιβάλλον
- Προσφέρουν περιθώρια αυτονομίας στις χώρες που τις υιοθετούν
- Εξοικονομείται συνάλλαγμα από τη μείωση εισαγωγής πετρελαίου

- Έχουν πρακτικά απεριόριστη διάρκεια ζωής
- Δεν απαιτούν διαρκή παρακολούθηση, ενώ η συντηρησή τους απαιτεί πολύ λίγο χρόνο και απλές διαδικασίες
- Είναι ανανεώσιμες και ελεύθερα διαθέσιμες πηγές ενέργειας.

Ωστόσο υπάρχει και ο αντίλογος έναντι στα πλεονεκτήματα με βάση τα **μειονεκτήματα** εφαρμογής των ήπιων μορφών ενέργειας. Τα κυριότερα επιχειρήματα αυτού του αντιλόγου είναι:

- Το υψηλό κόστος εγκατάστασης
- Εξαρτώνται από τα φυσικά φαινόμενα. Για παράδειγμα, εφαρμογές που εκμεταλλεύονται την ηλιακή ή αιολική ενέργεια δεν είναι δυνατό να λειτουργούν πάντα αποδοτικά και συνεχώς διότι εξαρτώνται από μια περιοδικότητα των καιρικών φαινομένων που δεν μπορεί να ελεγχθεί.
- Οι μικρές αποδόσεις που επιτυγχάνουν μέχρι στιγμής τα συστήματα αυτά.

Προφανώς και με βάση τα παραπάνω ο ρυθμός εγκατάστασης και αποδοχής των εφαρμογών ήπιων μορφών ενέργειας θα εξαρτηθεί από το πόσο ανταγωνιστικά σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους, είναι αυτές. Γεγονός είναι ότι τη δεκαετία του 1980 παρατηρήθηκε μείωση του ενδιαφέροντος για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας κυρίως λόγω των μειονεκτημάτων που αναφέρθηκαν πριν. Ωστόσο καθώς το πρόβλημα της ρύπανσης του περιβάλλοντος γίνεται εντονότερο το ενδιαφέρον για αυτές αναζωπυρώνεται.

1.4 ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ HOMER

Το πρόγραμμα HOMER είναι ένα εργαλείο για τη βελτιστοποίηση της σχεδίασης υβριδικών συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Όταν σχεδιάζεται ένα υβριδικό σύστημα ενέργειας, πρέπει να λάμβανονται υπόψη πολλές αποφάσεις που είναι απαραίτητες για τη διαμόρφωση του συστήματος όπως:

1. Ποιά στοιχεία πρέπει να συμπεριληφθούν στο υβριδικό σύστημα (π.χ ανεμογεννήτρια, φωτοβολταϊκά, νηζελογεννήτρια, κτλ)
2. Πόσα στοιχεία και τί μέγεθος πρέπει να έχει κάθε στοιχείο που θα χρησιμοποιηθεί στο σύστημα (π.χ 3 ανεμογεννητριες των 10 kW η καθεμία κτλ)
3. Ποιά σχεδίαση υβριδικού συστήματος έχει το μικρότερο κόστος

Το HOMER βελτιστοποιεί υβριδικά συστήματα ενιαίων ή πολλαπλών πηγών ενέργειας όπως:

- Φωτοβολταϊκά
- Ανεμογεννήτριες
- Βιομάζα
- Ντηζελογεννήτριες
- Υδροηλεκτρικά συστήματα
- Μπαταρίες
- Ηλεκτρικό δίκτυο
- Κυψέλες καυσίμου
- Ηλεκτρολύτες

Ο μεγάλος αριθμός τόσο των επιλογών τεχνολογίας όσο και των παραλλαγών στις οικονομικές και τεχνολογικές δαπάνες αλλά και η διαθεσιμότητα των ενεργειακών πόρων, καθιστούν τις αποφάσεις επιλογής του υβριδικού συστήματος ενέργειας δύσκολες. Οι αλγόριθμοι βελτιστοποίησης και ανάλυσης ευαισθησίας του HOMER το καθιστούν ένα εύχρηστο εργαλείο στην αξιολόγηση εναλλακτικών διαμορφώσεων των συστημάτων ενέργειας.

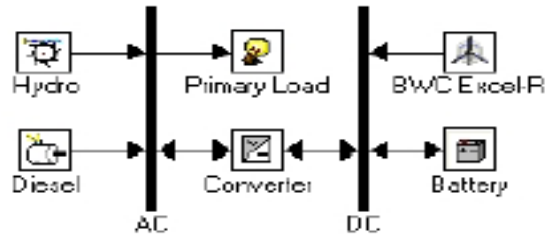
Για να χρησιμοποιηθεί το HOMER, απαιτείται η εισαγωγή των δεδομένων εισόδου (τα οποία περιγράφουν τις επιλογές της τεχνολογίας), τα κόστη των στοιχείων που συνθέτουν το σύστημα ενέργειας και η διαθεσιμότητα των πόρων. Το HOMER χρησιμοποιεί αυτά τα δεδομένα εισόδου για να προσομοιώσει τις διαφορετικές σχεδιάσεις των υβριδικών συστημάτων ή τους συνδυασμούς των στοιχείων του συστήματος και παράγει τα αποτελέσματα που φαίνονται στο κατάλογο των εφικτών σχεδιάσεων και τα οποία ταξινομούνται σύμφωνα με το κόστος.

Το HOMER παρουσιάζει τα αποτελέσματα προσομοίωσης σε μεγάλη ποικιλία πινάκων και γραφικών παραστάσεων που βοηθούν στη σύγκριση των διαμορφώσεων και στην αξιολόγησή τους ανάλογα με το κόστος και τα τεχνικά χαρακτηριστικά. Όταν κάποιος θέλει να ερευνήσει την επίδραση που έχουν αλλαγές σε παραμέτρους όπως η διαθεσιμότητα των ΑΠΕ και οι οικονομικοί παράγοντες, μπορεί να χρησιμοποιήσει το πρόγραμμα για να εκτελέσει αναλύσεις ευαισθησίας. Για να εκτελεστεί μια ανάλυση ευαισθησίας, απαιτούνται οι τιμές ευαισθησίας που περιγράφουν ένα εύρος δαπανών καθώς και τα στοιχεία των ΑΠΕ του συστήματος ενέργειας. Το HOMER αναλύει κάθε σχέδιο των υβριδικών συστημάτων και τα αποτελέσματα μιας ανάλυσης ευαισθησίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προσδιοριστούν οι παράγοντες που ασκούν μέγιστη επίδραση τόσο στη σχεδίαση όσο και στη λειτουργία ενός συστήματος ενέργειας.

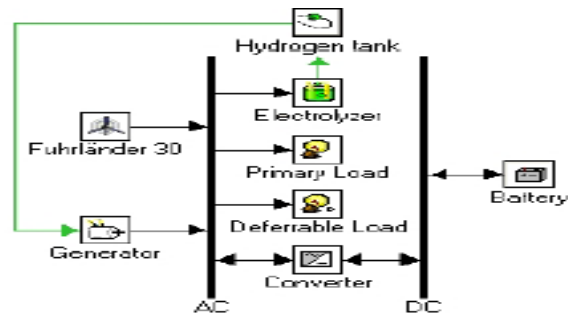
1.4.1 Προσομοίωση

Το HOMER προσομοιώνει τη λειτουργία ενός συστήματος ενέργειας χρησιμοποιώντας όλους τους ενεργειακούς υπολογισμούς που έχουν γίνει για κάθε μια από τις 8.760 ώρες ενός έτους [1.2]. Για κάθε ώρα, το HOMER συγκρίνει την ωριαία ζήτηση ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας με την αντίστοιχη ωριαία παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας. Για τα συστήματα που περιλαμβάνουν μπαταρίες ή γεννήτριες καυσίμου (ντηζελογεννήτριες, γεννήτριες βιομάζας, κτλ) το HOMER αποφασίζει επίσης για κάθε ώρα του έτους πώς θα ενεργοποιηθούν οι γεννήτριες ή πως

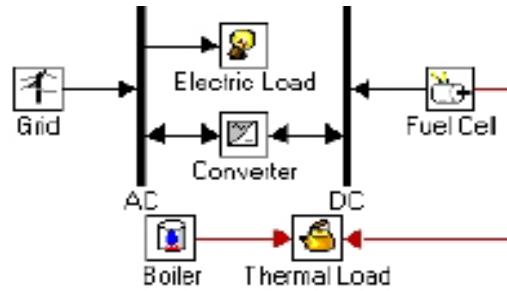
θα φορτίσουν και θα εκφορτίσουν οι μπαταρίες. Το HOMER εκτελεί αυτούς τους υπολογισμούς ενεργειακής ισορροπίας για κάθε συνδυασμό συστημάτων. Έπειτα καθορίζει εάν ένας συνδυασμός είναι εφικτός, δηλαδή εάν μπορεί να ικανοποιήσει τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και εφόσον μπορεί, τότε υπολογίζει το κόστος του υβριδικού αυτού συστήματος. Οι υπολογισμοί του κόστους των συστημάτων αναφέρονται σε δαπάνες όπως το κόστος κεφαλαίου, το κόστος αντικατάστασης και λειτουργίας καθώς και το κόστος συντήρησης. Στα Σχήματα 1.1 έως 1.3 παρατίθενται ορισμένα χαρακτηριστικά παραδείγματα συστημάτων ενέργειας που μπορούν να προσομοιωθούν με το HOMER.



Σχήμα 1.1: Υβριδικό σύστημα με ανεμογεννήτρια, νηζελογεννήτρια, μπαταρία και υδροηλεκτρικό σύστημα.



Σχήμα 1.2: Υβριδικό σύστημα αποτελούμενο από νηζελογεννήτρια, ανεμογεννήτρια, δεξαμενή υδρογόνου, μπαταρία, ηλεκτρολύτη και μετατροπέα.



Σχήμα 1.3: Υβριδικό σύστημα αποτελούμενο από κυψέλες καυσίμου, μετατροπέα, θερμοσίφωνα και ηλεκτρικό δίκτυο.

1.4.2 Βελτιστοποίηση

Μετά από τη διαδικασία προσομοίωσης όλων των πιθανών συνδυασμών των συστημάτων ενέργειας, το HOMER επιδεικνύει έναν κατάλογο συνδυασμών, που ταξινομούνται σύμφωνα με το κόστος (μερικές φορές αποκαλούμενο κόστος κύκλου ζωής), το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να γίνει σύγκριση των επιλογών που έχουν γίνει προκειμένου να υιοθετηθεί το κατάλληλο σύστημα ενέργειας. Στο Πίνακα 1.1 φαίνονται τα αποτελέσματα της βελτιστοποίησης καθώς και όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί ενός υβριδικού συστήματος ενέργειας ταξινομημένου σύμφωνα με το καθαρό παρόν κόστος. Πρέπει επίσης να αναφέρουμε ότι η ταξινόμηση των συστημάτων ενέργειας του Πίνακα 1.1 είναι ολική, δηλαδή έχουν αποτυπωθεί όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί των συστημάτων.

Πίνακας 1.1: Παράδειγμα ολικών αποτελεσμάτων βελτιστοποίησης του HOMER, όπου το πιο οικονομικό υβριδικό σύστημα έχει καθαρό παρόν κόστος \$849.905 και αποτελείται από μία Α/Γ των 135 kW, μία μπαταρία 64 στοιχείων και ένα μετατροπέα 30 kW.

	FL30	Gen (kW)	Batt. (kWh)	Conv. (kW)	Initial Capital	Total NPC	COE (\$/kWh)	Diesel (L)	Gen (hrs)
	1	135	64	30	\$ 216,500	\$ 849,905	0.273	75,107	4,528
	2	135	64	30	\$ 346,500	\$ 854,660	0.274	54,434	3,350
	1	135	48	30	\$ 200,500	\$ 855,733	0.275	78,061	4,910
	2	135	48	30	\$ 330,500	\$ 856,335	0.275	57,654	3,685
	2	135	32	30	\$ 314,500	\$ 873,322	0.280	62,394	4,139
	2	135	96	60	\$ 401,000	\$ 878,370	0.282	48,139	2,603
	2	135	64	60	\$ 369,000	\$ 880,421	0.282	52,999	3,195
		135	64	30	\$ 86,500	\$ 885,175	0.284	101,290	5,528
	1	135	96	30	\$ 248,500	\$ 887,379	0.285	74,193	4,346
		135	48	30	\$ 70,500	\$ 888,528	0.285	104,009	6,067
	1	135	32	30	\$ 184,500	\$ 889,698	0.285	85,310	5,615
	2	135	96	30	\$ 378,500	\$ 890,504	0.286	52,442	3,136
	2	135	48	60	\$ 353,000	\$ 891,896	0.286	57,316	3,615
	2	135	32	60	\$ 337,000	\$ 905,959	0.291	62,312	4,080
	2	135	128	60	\$ 433,000	\$ 907,508	0.291	45,596	2,226
	1	135	64	60	\$ 239,000	\$ 911,667	0.292	77,753	4,613
		135	96	30	\$ 118,500	\$ 912,410	0.293	101,003	5,330

Αντίθετα, ο Πίνακας 1.2 περιέχει τα κατηγοριοποιημένα αποτελέσματα της βελτιστοποίησης του HOMER. Δηλαδή ο Πίνακας 1.2 περιέχει τον φθηνότερο οικονομικά συνδυασμό από κάθε ομάδα συνδυασμών συστημάτων ενέργειας. Για παράδειγμα στον Πίνακα 1.1 έχουμε 7 συστήματα αποτελούμενα από τα ίδια στοιχεία, δηλαδή 1 Α/Γ, 1 νηζελογεννήτρια, 1 ανορθωτή και 1 μπαταρία. Το ακριβότερο από αυτά τα συστήματα κοστίζει \$ 880.421 ενώ το φθηνότερο \$ 849.905. Τελικά στο Πίνακα 1.2 εμφανίζεται μόνο το φθηνότερο.

Πίνακας 1.2: Παράδειγμα κατηγοριοποιημένων αποτελεσμάτων βελτιστοποίησης του HOMER, που είναι υποσύνολο των αποτελεσμάτων του Πίνακα 1.1.

	FL30	Gen (kW)	Batt	Conv. (kW)	Initial Capital	Total NPC	COE (\$/kWh)	Diesel (L)	Gen (hrs)
	1	135	64	30	\$ 216,500	\$ 849,905	0.273	75,107	4,528
		135	64	30	\$ 86,500	\$ 885,175	0.284	101,290	5,528
		135			\$ 0	\$ 996,273	0.320	132,357	8,760
	1	135			\$ 130,000	\$ 1,130,637	0.363	127,679	8,740

1.4.3 Ανάλυση ευαισθησίας

Όταν καθοριστούν οι μεταβλητές ευαισθησίας ως δεδομένα εισόδου, το HOMER επαναλαμβάνει τη διαδικασία βελτιστοποίησης για κάθε μεταβλητή ευαισθησίας που εισάγεται. Για παράδειγμα, εάν καθοριστεί η ταχύτητα αέρα ως μεταβλητή ευαισθησίας, το HOMER θα αναλύσει όλους τους συνδυασμούς των συστημάτων ενέργειας χρησιμοποιώντας τις τιμές της ταχύτητας αέρα που δόθηκαν.

1.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1.1] NREL, *HOMER: the optimization model for distributed power*. National renewable energy laboratory. It can be downloaded from <http://www.nrel.gov/homer>
- [1.2] Φ.Ροδόπουλος, “Μεθοδολογία Τεχνο-οικονομικής αξιολόγησης μικρών υδροηλεκτρικών έργων,” Διπλωματική εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2005.

ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΕΙΣΟΔΟΥ ΚΑΙ ΕΞΟΔΟΥ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ HOMER

2.1 ΦΟΡΤΙΑ

Στο Πίνακα 2.1 φαίνονται οι κατηγορίες των φορτίων του HOMER.

Πίνακας 2.1: Κατηγορίες φορτίων.

A/A	Περιγραφή	Description	Μονάδα
1	Κύριο φορτίο (1)	Primary load (1)	KW
2	Κύριο φορτίο (2)	Primary load (2)	kW
3	Θερμικό φορτίο	Thermal load	kW
4	Διακοπτόμενο φορτίο	Defferable load	kW

Οι τιμές των φορτίων που θα εισάγουμε στο πρόγραμμα σε kW δίδονται σε ωριαία βάση (24τιμές/ημέρα, 720τιμές/μήνα, κτλ). Το πρόγραμμα παρουσιάζει επίσης και σχεδιάγραμμα φορτίων στο οποίο απεικονίζεται η ωριαία ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας.

2.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Στο Πίνακα 2.2 φαίνονται τα στοιχεία των υβριδικών συστημάτων του HOMER.

Πίνακας 2.2: Στοιχεία υβριδικών συστημάτων.

A/A	Περιγραφή	Description	Αριθμός στοιχείων (ανάλογα με τις ανάγκες)
1	Φωτοβολταϊκό	PV	
2	Ανεμογεννήτρια	Wind turbine	
3	Ντίζελογεννήτρια	Diesel generator	
4	Ηλεκτρικό δίκτυο	Grid	
5	Μπαταρία	Battery	
6	Μετατροπέας	Converter	
7	Ηλεκτρολύτης	Electrolyzer	
8	Υδροηλεκτρικό σύστημα	Hydro	
9	Βιομάζα	Biomass generator	

Όσον αφορά τα στοιχεία του συστήματος, σημαντικό ρόλο παίζει και ο Πίνακας 2.3 με το κόστος. Ο πίνακας αυτός συμπληρώνεται για κάθε στοιχείο του υβριδικού συστήματος. Το κόστος αρχικής επένδυσης είναι το αρχικό ποσό που πρέπει να δαπανηθεί προκειμένου να εγκατασταθεί ένα από τα προαναφερθέντα στοιχεία του συστήματος ενέργειας. Το μέγεθος προσδιορίζει την ενεργειακή ισχύ του εκάστοτε συστατικού, ενώ το κόστος αντικατάστασης προσδιορίζει το κόστος αντικατάστασης ενός στοιχείου. Τέλος στη στήλη ‘Λειτουργία & συντήρηση’ δίνεται το κόστος λειτουργίας και συντήρησης σε \$/hr.

Πίνακας 2.3: Κόστη στοιχείων υβριδικού συστήματος.

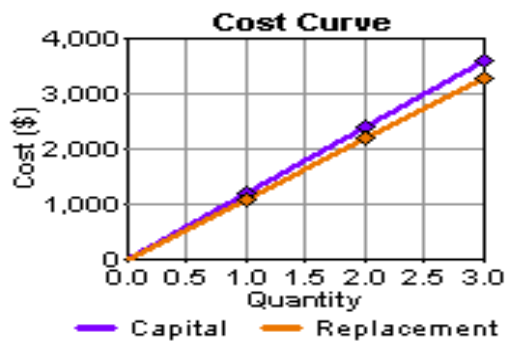
Ονομαστική ισχύς (kW)	Κόστος αρχικής επένδυσης (\$)	Κόστος αντικατάστασης (\$)	Κόστος λειτουργίας και συντήρησης (\$/hr)
-----------------------	-------------------------------	----------------------------	---

Πίνακας 2.4: Προεπιλεγμένα μεγέθη στοιχείων συστήματος

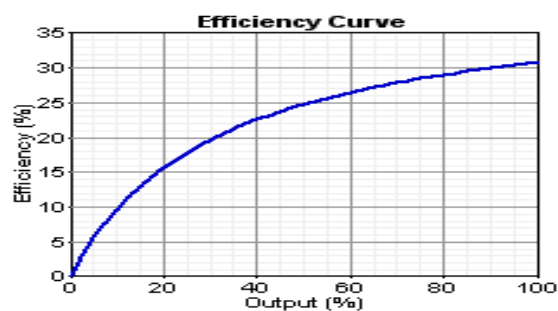
Σημαντικά μεγέθη

Στο παραπάνω Πίνακα 2.4 τοποθετείται, ανάλογα με το στοιχείο αλλά και με το τί επιθυμούμε να εξετάσουμε, η ονομαστική ισχύς, η οποία σε σχέση με το κόστος θα μας βοηθήσει στην καλύτερη μοντελοποίηση του προβλήματος. Το HOMER παρουσιάζει μάλιστα και την αντίστοιχη γραφική παράσταση του εκάστοτε μεγέθους σε σχέση με το κόστος. Για παράδειγμα, στο Σχήμα 2.1 φαίνεται η καμπύλη κόστους αρχικής επένδυσης και κόστους αντικατάστασης μιας ανεμογεννήτριας των 3 kW. Στο Σχήμα 2.1, ο οριζόντιος άξονας συμβολίζει την ποσότητα η οποία μπορεί να είναι είτε η ποσότητα των κομματιών που χρειαζόμαστε από κάθε συστατικό (π.χ 10 μπαταρίες, 10 ανεμογεννήτριες κτλ) είτε η ισχύς ενός συστατικού ή όλων μαζί, σε kW. Το HOMER μπορεί επίσης να δημιουργήσει και τη γραφική παράσταση της αποδοτικότητας της ανεμογεννήτριας, τοποθετώντας στον οριζόντιο άξονα την ενέργεια που παρέχει η ανεμογεννήτρια σε kW και στον κάθετο άξονα το ποσοστό της απόδοσης. Για παράδειγμα, στο Σχήμα 2.2 φαίνεται η καμπύλη απόδοσης.

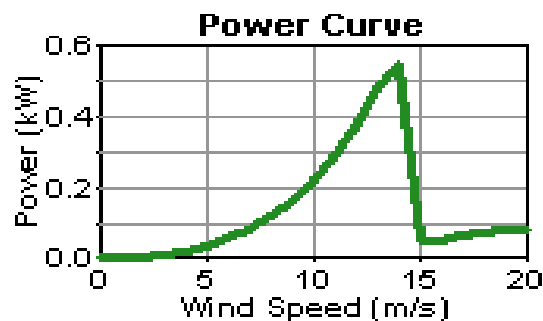
Το HOMER μπορεί επίσης να παρουσιάσει τη καμπύλη ισχύος στην περίπτωση που έχουμε ανεμογεννήτριες. Για τη δημιουργία του γραφήματος εισάγουμε τις τιμές της ισχύος σε kW, σε σχέση με τη ταχύτητα του αέρα εκφρασμένη σε m/s. Μια τέτοια καμπύλη φαίνεται στο Σχήμα 2.3.



Σχήμα 2.1: Καμπύλη κόστους αρχικής επένδυσης και κόστους αντικατάστασης Α/Γ 3 kW.



Σχήμα 2.2: Καμπύλη απόδοσης Α/Γ 3 kW.



Σχήμα 2.3: Καμπύλη ισχύος Α/Γ 3 kW.

2.3 ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΟΥ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

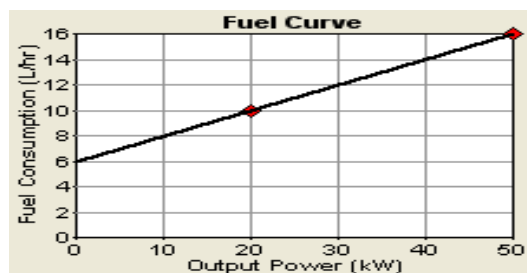
2.3.1 Δεδομένα νηξελογενηήτριας

Στον Πίνακα 2.5 παρουσιάζονται πρόσθετα δεδομένα της νηξελογενηήτριας.

Πίνακας 2.5: Πρόσθετα δεδομένα της νηζελογεννήτριας.

A/A	Περιγραφή	Description	Πλήθος τιμών δεδομένου	Μονάδα μέτρησης
1	Χρόνος ζωής	Lifetime (operating hours)	1	hours
2	Η ελάχιστη ποσότητα ισχύος που μπορεί να παρέχει η νηζελογεννήτρια στο σύστημα. Εκφράζεται ως ποσοστό της συνολικής ισχύος της γεννήτριας.	Minimum load ratio(%)		%
3	Η κατανάλωση καυσίμου προς την ονομαστική ισχύ της γεννήτριας	intercept	1	L/hr/ kW rated
4	Η πρόσθετη κατανάλωση καυσίμου	slope	1	L/hr/ kW output
5	Το ποσοστό της θερμότητας των αποβλήτων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξυπηρετήσει το θερμικό φορτίο.	Generator Heat Recovery Ratio	1	%
6	Η ενέργεια που απελευθερώνεται ανά κιλό καυσίμων που καταναλώνεται	Lower heating value	1	MJ/kg
7	Πυκνότητα	Density	1	Kg/m ³
8	Η περιεκτικότητα σε άνθρακα των καυσίμων	Fuel carbon content	1	%
9	Το ποσό άνθρακα που εκπέμπεται ετησίως από τη γεννήτρια	Carbon emission	1	t/yr

Το HOMER χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του Πίνακα 2.5 μπορεί να κατασκευάσει την καμπύλη κατανάλωσης καυσίμου. Μια τέτοια καμπύλη φαίνεται στο Σχήμα 2.4. Η καμπύλη κατανάλωσης καυσίμου εκφράζει την ποσότητα καυσίμου που καταναλώνεται σε σχέση με την ισχύ εξόδου.



Σχήμα 2.4: Καμπύλη κατανάλωσης καυσίμου.

Το **HOMER** υπολογίζει την ποσότητα καυσίμου που καταναλώνεται ανά πάσα στιγμή χρησιμοποιώντας τη παρακάτω εξίσωση:

$$F = F_0 * Y_{\text{gen}} + F_1 * P_{\text{gen}} \quad (2.1)$$

όπου F_0 : intercept, Y_{gen} : ονομαστική ισχύς γεννήτριας, F_1 : slope, P_{gen} : παραγόμενη ισχύς της γεννήτριας.

2.3.1.1 Καυσαέρια ντηζελογεννήτριας

Στον Πίνακα 2.6 παρουσιάζονται δεδομένα καυσαερίων της ντηζελογεννήτριας.

Πίνακας 2.6: Καυσαέρια ντηζελογεννήτριας.

A/A	Περιγραφή	Description	Πλήθος τιμών	Μονάδα μέτρησης
1	Ποσό άνθρακα που εκπέμπεται ανά μονάδα καυσίμου	Carbon monoxide emissions factor	1	g/L
2	Ποσό υδρογονανθράκων που εκπέμπεται ανά μονάδα καυσίμου	Unburned hydrocarbon emissions factor	1	g/L
3	Ποσό καυσαερίων (αιθάλη, σταγονίδια) που εκπέμπεται ανά μονάδα καυσίμου	Particulate matter emissions factor	1	g/L
4	Ποσό θείου που εκπέμπεται ανά μονάδα καυσίμου	Sulfur emissions factor	1	g/L
5	Ποσό οξειδίων του αζώτου που εκπέμπεται ανά μονάδα καυσίμου	Nitrogen oxides factor	1	g/L

Στο HOMER, οι εκπομπές άνθρακα προκύπτουν από την κατανάλωση καυσίμων (συμπεριλαμβανομένης της βιομάζας). Η ετήσια εκπομπή άνθρακα μιας γεννήτριας ή ενός λέβητα είναι ίση με την ετήσια κατανάλωση καυσίμων της επί την περιεκτικότητα σε άνθρακα των καυσίμων.

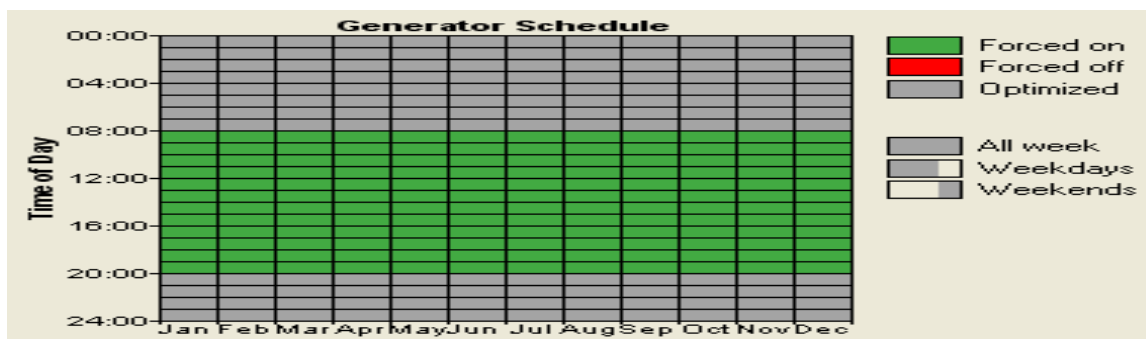
Στο Πίνακα 2.7 παρουσιάζονται όλα τα είδη καύσιμου υλικού που περιέχονται στη βιβλιοθήκη του HOMER.

Πίνακας 2.7: Είδη καυσίμου.

Βιοαέριο
Αιθανόλη
Προπάνιο
Ντήζελ
Γκαζολίνη
Υγραέριο
Υδρογονάνθρακες

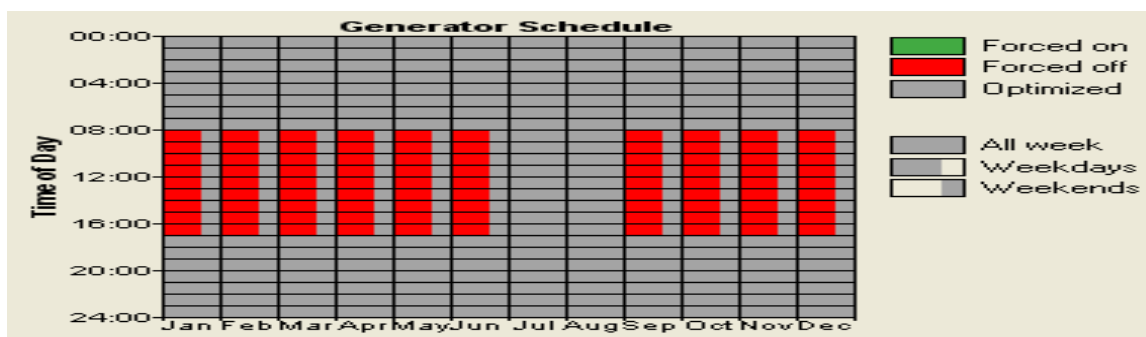
2.3.1.2 Χρονοδιάγραμμα νηζελογεννητριών

Εξ ορισμού, το HOMER αποφασίζει κάθε ώρα εάν πρέπει να ενεργοποιηθεί η νηζελογεννήτρια που εξυπηρετεί το ηλεκτρικό φορτίο, αλλά παίρνει απόφαση και για τα οικονομικά της νηζελογεννήτριας σε σύγκριση με άλλες πηγές ενέργειας. Μπορούμε, εντούτοις, να χρησιμοποιήσουμε τις εισαγωγές του προγράμματος νηζελογεννητριών για να αποτρέψουμε το HOMER από τη χρησιμοποίηση της νηζελογεννήτριας κατά τη διάρκεια συγκεκριμένων χρονικών περιόδων ή να το αναγκάσουμε να χρησιμοποιήσει τη νηζελογεννήτρια κατά τη διάρκεια ορισμένων χρονικών περιόδων. Στο παράδειγμα του Σχήματος 2.5, η γεννήτρια πρέπει να λειτουργήσει μεταξύ 8 π.μ και 8 μ.μ κάθε ημέρα. Σε όλες τις άλλες χρονικές περιόδους, το HOMER μπορεί να αποφασίσει εάν θα χρησιμοποιήσει τη γεννήτρια ή όχι.



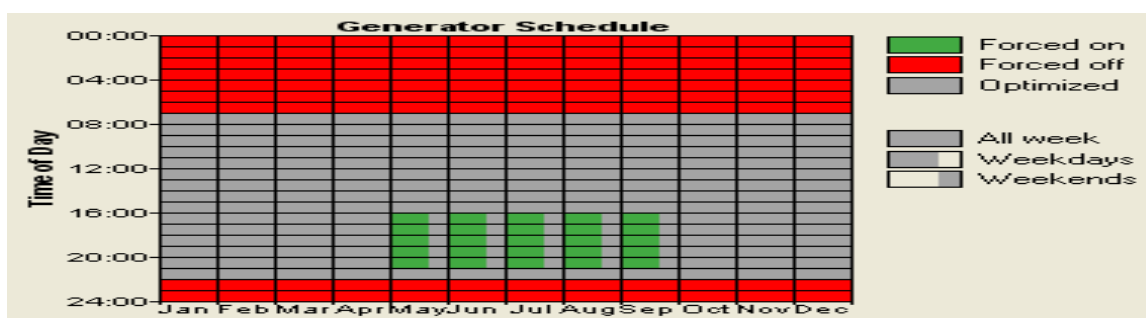
Σχήμα 2.5: Λειτουργία της νηζελογεννήτριας μεταξύ 8 π.μ και 8μ.μ για όλους τους μήνες του χρόνου.

Είναι επίσης δυνατόν να αντιμετωπιστούν οι εργάσιμες μέρες και τα Σαββατοκύριακα διαφορετικά. Στο Σχήμα 2.6, η γεννήτρια μπορεί να μη λειτουργήσει κατά τη διάρκεια των σχολικών ωρών, οι οποίες είναι από 8 π.μ έως 5 μ.μ στις εργάσιμες μέρες, εκτός από τον Ιούλιο και τον Αύγουστο (τέτοιιο περιορισμοί είναι μερικές φορές απαραίτητοι στα μικρά συστήματα ενέργειας λόγω του θορύβου των νηζελογεννητριών). Σε όλους τους άλλους χρόνους, το HOMER μπορεί να αποφασίσει εάν θα χρησιμοποιήσει τη νηζελογεννήτρια ή όχι.



Σχήμα 2.6: Μη λειτουργία της νηζελόγεννητριας από 8 π.μ έως 5 μ.μ, για όλους τους μήνες εκτός Ιουλίου και Αυγούστου.

Στο Σχήμα 2.7, η γεννήτρια πρέπει να λειτουργήσει κατά τη διάρκεια των απογευμάτων από το Μάιο έως το Σεπτέμβριο και δεν πρέπει να λειτουργήσει πριν από τις 7 π.μ ή μετά από τις 10 μ.μ καθόλη τη διάρκεια του έτους. Σε όλες τις άλλες χρονικές περιόδους, το HOMER μπορεί να αποφασίσει εάν θα χρησιμοποιήσει τη γεννήτρια ή όχι.



Σχήμα 2.7: Λειτουργία της νηζελογενήτριας τα απογεύματα από το Μάιο έως το Σεπτέμβριο.

2.3.2 Δεδομένα φωτοβολταϊκών

Στον Πίνακα 2.8 παρουσιάζονται τα δεδομένα των φωτοβολταϊκών.

Πίνακας 2.8: Δεδομένα φωτοβολταϊκών.

A/A	Περιγραφή	Description	Πλήθος τιμών δεδομένου	Μονάδα μέτρησης
1	Ένας παράγοντας κλιμάκωσης που ισχύει για την παραγωγή ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια και καταγράφει τις απώλειες.	Derating factor	1	%
2	Ο τύπος συστήματος που χρησιμοποιείται για να κατευθύνει τις κλίσεις των PV προς τον ήλιο	Tracking system	1	
3	Η γωνία στην οποία τοποθετούνται τα PV σχετικά με τον οριζόντα.	slope	1	degrees
4	Η κατεύθυνση ως προς την οποία τα φωτοβολταϊκά πλαίσια είναι γυρμένα	azimuth	1	Degrees W of s
5	Το ποσοστό της επιφάνειας εδάφους στο οποίο αντανακλάται η ακτινοβολία	Ground reflectance	1	%
6	Χρόνος ζωής	Lifetime	1	hours

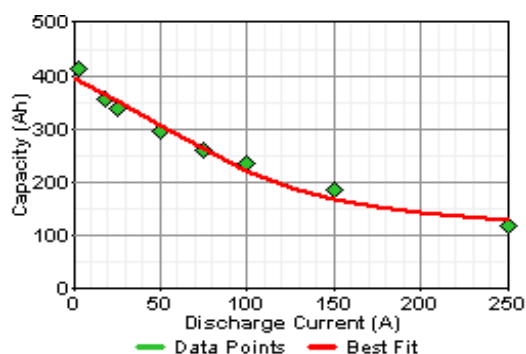
2.3.3 Δεδομένα μπαταρίας

Στον Πίνακα 2.9 παρουσιάζονται τα δεδομένα των μπαταριών.

Πίνακας 2.9: Δεδομένα μπαταρίας.

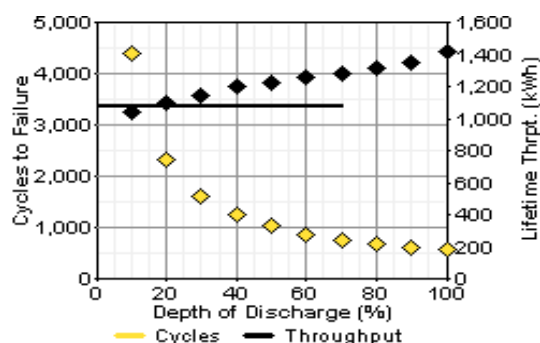
A/A	Περιγραφή	Description	Πλήθος τιμών	Μονάδα μέτρησης
1	Ονομαστική χωρητικότητα	Nominal capacity	1	Ah
2	Ονομαστική τάση	Nominal voltage	1	V
3	Το ποσοστό ενέργειας που αποθηκεύεται στη μπαταρία και μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί	Battery Roundtrip Efficiency	1	%
4	Η ελάχιστη στάθμη φόρτισης της μπαταρίας	Battery Minimum State Of Charge	1	%
5	Η μέγιστη διάρκεια ζωής της μπαταρίας, ανεξάρτητα από τη χρήση.	Battery Float Life	1	yrs
6	Μέγιστος ρυθμός φόρτισης της μπαταρίας	Battery Maximum Charge Rate	1	Σε A/Ah της ασυμπλήρωτης χωρητικότητας
7	Μέγιστο ρεύμα	Maximum charge current	1	Amp
8	Το συνολικό ποσό ενέργειας που μπορεί να ανακυκλωθεί μέσω της μπαταρίας προτού να χρειαστεί αντικατάσταση.	Lifetime throughput	1	kWh
9	Προτεινόμενος χρόνος χρησιμοποίησης της μπαταρίας	Suggested lifetime throughput	1	%
10	Η μέγιστη χωρητικότητα	Maximum capacity	1	Ah
11	Η αναλογία της χωρητικότητας της διαθέσιμης δεξαμενής σε συνδυασμό με τη χωρητικότητα και των δύο δεξαμενών (η μπαταρία μπορεί να αποτελείται από μία ή και περισσότερες δεξαμενές ενέργειας).	Capacity ratio	1	
12	Ένα μέτρο για το πόσο γρήγορα η ενέργεια μπορεί να κινηθεί μεταξύ των διαθέσιμων και συνδεδεμένων δεξαμενών.	Rate constant	1	hr

Η χωρητικότητα μιας μπαταρίας ορίζεται ως το ποσό ενέργειας που μπορεί να αντληθεί από αυτή ξεκινώντας από μια πλήρως φορτισμένη κατάσταση. Αλλά η ικανότητα μιας μπαταρίας εξαρτάται από το ρυθμό εκφόρτισης. Όσο πιο γρήγορη η εκφόρτιση, τόσο μικρότερη η ικανότητα. Μια καμπύλη χωρητικότητας δημιουργείται με τη μέτρηση της χωρητικότητας μιας μπαταρίας σε διαφορετικά σταθερά ρεύματα εκφόρτισης. Μια τέτοια καμπύλη φαίνεται στο Σχήμα 2.8.



Σχήμα 2.8: Καμπύλη χωρητικότητας.

Σε μια δοκιμή διάρκειας ζωής, μια μπαταρία υποβάλλεται στους επαναλαμβανόμενους κανονικούς κύκλους κατά τη διάρκεια των οποίων η μπαταρία φορτίζεται και εκφορτίζεται. Σε κάθε κύκλο, η μπαταρία εκφορτίζεται κάτω από ένα ορισμένο βάθος του ποσοστού εκφόρτισης και κατόπιν φορτίζεται πάλι πλήρως. Η δοκιμή διάρκειας ζωής καθορίζει σε πόσους τέτοιους κύκλους η μπαταρία μπορεί να χρησιμοποιηθεί προτού να χρειαστεί αντικατάσταση. Οι κατασκευαστές εκτελούν μια σειρά τέτοιων δοκιμών στα διαφορετικά βάθη εκφόρτισης για να δημιουργήσουν την καμπύλη διάρκειας ζωής της μπαταρίας όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.9.



Σχήμα 2.9: Καμπύλη διάρκειας ζωής.

Σαν δεδομένο εισόδου στα συστατικά μέρη, όταν το σύστημα περικλείει μπαταρία, είναι και ο τύπος της μπαταρίας. Η επιλογή γίνεται από έναν κατάλογο που περικλείει το HOMER.

2.3.4 Δεδομένα ανεμογεννήτριας

Πίνακας 2.10: Δεδομένα ανεμογεννήτριας.

A/A	Περιγραφή	Description	Πλήθος τιμών δεδομένου	Μονάδα μέτρησης
1	Χρόνος ζωής	Lifetime	1	years
2	Ένας παράγοντας κλιμάκωσης που χρησιμοποιείται για να ρυθμίσει την καμπύλη ισχύος των ανεμογεννητριών	Power Curve Scaling Factor	1	
3	Ένας παράγοντας κλιμάκωσης που χρησιμοποιείται για να ρυθμίσει τα στοιχεία της ταχύτητας του αέρα, ρυθμίζοντας τη διαφορά στο ύψος των ανεμόμετρων και στο ύψος των πλημνών της ανεμογεννήτριας	Wind speed scaling factor	1	

Σαν δεδομένο εισόδου στα στοιχεία, όταν το σύστημα περικλείει ανεμογεννήτρια, είναι και ο τύπος της ανεμογεννήτριας. Η επιλογή γίνεται από έναν κατάλογο που περιλαμβάνει το HOMER.

2.3.5 Δεδομένα υδροηλεκτρικού συστήματος

Στο πίνακα 2.11 φαίνονται τα δεδομένα του υδροηλεκτρικού συστήματος.

Πίνακας 2.11: Δεδομένα υδροηλεκτρικού συστήματος.

A/A	Περιγραφή	Description	Πλήθος τιμών	Μονάδα μέτρησης
1	Η κάθετη πτώση μεταξύ της εισαγωγής της τουρμπίνας και του στροβίλου	Available head	1	m
2	Το ποσοστό ροής υγρού για το οποίο αυτός ο υδρο- στρόβιλος σχεδιάστηκε.	Design float rate	1	L/s
3	Το ελάχιστο ποσοστό ροής του υδρο-στροβίλου, ως ποσοστό του ονομαστικού ποσοστού ροής του.	Minimum flow ratio	1	%
4	Το μέγιστο ποσοστό ροής του υδρο- στροβίλου, ως ποσοστό του ονομαστικού ποσοστού ροής του.	Maximum flow ratio	1	%
5	Η μέση αποδοτικότητα με την οποία ο υδρο- στρόβιλος μετατρέπει την ενέργεια από ύδωρ σε ηλεκτρική ενέργεια.	Generation efficiency	1	%
6	Απώλειες τριβής στους σωλήνες	Pipe head loss	1	%

2.3.6 Δεδομένα ηλεκτρικού δικτύου

Στο Πίνακα 2.12 φαίνονται τα δεδομένα του ηλεκτρικού δικτύου.

Πίνακας 2.12: Δεδομένα ηλεκτρικού δικτύου.

A/A	Περιγραφή	Description	Πλήθος τιμών δεδομενου	Μονάδα μέτρησης
1	Το κόστος αγοράς ενέργειας από το ηλεκτρικό δίκτυο	Grid power price	1	\$/kWh
2	Καθαρή δοσολογία. Αποτελεί μια τιμολογιακή κατάσταση κατά την οποία το ποσό ενέργειας που αγοράζει κάποιος από το ηλεκτρικό δίκτυο το αγοράζει σε λιανική τιμή	Net metering	1	
3	Η τιμή που πληρώνεται για ενέργεια που πουλάς στο ηλεκτρικό δίκτυο.	Sellback rate	1	\$/kWh
4	Η μηνιαία αμοιβή που χρεώνεται βάση της μηνιαίας μέγιστης ζήτησης.	Demand rate	1	\$/kW/month
5	Η εφάπαξ αμοιβή που κοστίζει η σύνδεση του ηλεκτρικού δικτύου με το σύστημα ενέργειας. Σημείωση: αυτή η αμοιβή δεν ισχύει για αυτόνομα συστήματα.	Grid Interconnection Charge	1	\$
6	Η ετήσια αμοιβή που εισπράτει κάποιος για την εφεδρική ενέργεια που πουλάει στο ηλεκτρικό δίκτυο. Σημείωση: Αυτή η αμοιβή δεν ισχύει για αυτόνομα συστήματα.	Grid Standby Charge	1	\$/yr
7	Το μέγιστο ποσό ενέργειας που μπορεί να πωληθεί στο ηλεκτρικό δίκτυο.	Maximum power sale	1	kW
8	Τα καυσαέρια που εκπέμπονται ανά κιλό άνθρακα (όχι διοξείδιο του άνθρακα) και ανά kWh ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται.	grid carbon content	1	Kg/kWh

2.3.7 Δεδομένα μετατροπέα

Στο Πίνακα 2.13 φαίνονται τα δεδομένα του μετατροπέα.

Πίνακας 2.13: Δεδομένα μετατροπέα.

A/A	Περιγραφή	Description	Πλήθος τιμών	Μονάδα μέτρησης
1	Η αναμενόμενη διάρκεια ζωής του μετατροπέα, σε έτη.	Lifetime	1	yr
2	Η απόδοση του μετατροπέα	Efficiency	1	%
3	Το δεδομένο αυτό ελέγχει εάν ο μετατροπέας μπορεί να λειτουργήσει ταυτόχρονα με μια ή περισσότερες γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος.	Inverter can operate simultaneously with an AC generator	1	

2.3.8 Δεδομένα ανορθωτή

Ένας ανορθωτής μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια εναλλασσόμενου ρεύματος σε ηλεκτρική ενέργεια συνεχούς. Τα δεδομένα του ανορθωτή φαίνονται στον Πίνακα 2.14.

Πίνακας 2.14: Δεδομένα ανορθωτή.

A/A	Περιγραφή	Description	Πλήθος τιμών	Μονάδα μέτρησης
1	Η χωρητικότητα του ανορθωτή σε σχέση με αυτήν του μετατροπέα	Capacity relative to inverter	1	%
2	Η απόδοση του ανορθωτή	Efficiency	1	%

2.3.9 Δεδομένα ηλεκτρολύτη

Στο Πίνακα 2.15 φαίνονται τα δεδομένα του ηλεκτρολύτη.

Πίνακας 2.15: Δεδομένα ηλεκτρολύτη.

A/A	Περιγραφή	Description	Πλήθος τιμών	Μονάδα μέτρησης
1	Χρόνος ζωής	lifetime	1	years
2	Απόδοση ηλεκτρολύτη. Πιο συγκεκριμένα είναι η ποσότητα υδρογόνου που μπορεί να παραχθεί, διαιρούμενη με την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται	Efficiency	1	%
3	Η ελάχιστη ενέργεια στην οποία μπορεί να λειτουργήσει ο ηλεκτρολύτης	Minimum load ratio	1	%
4	Τι είδους ρεύμα καταναλώνει ο ηλεκτρολύτης	Type	1	

2.3.10 Δεδομένα δεξαμενής υδρογόνου

Στο Πίνακα 2.16 φαίνονται τα δεδομένα της δεξαμενής υδρογόνου.

Πίνακας 2.16: Δεδομένα δεξαμενής υδρογόνου.

A/A	Περιγραφή	Description	Πλήθος τιμών	Μονάδα μέτρησης
1	Χρόνος ζωής	lifetime	1	years
2	Η στάθμη της δεξαμενής στην αρχή της προσομοίωσης. Εκφράζεται είτε ως ποσοστό της συνολικής χωρητικότητας της δεξαμενής είτε ως απόλυτο μέγεθος	Initial tank level	1	%
3	Αν επιλέξουμε τη συγκεκριμένη επιλογή τότε το HOMER θεωρεί ως αναξιόπιστο οποιοδήποτε σύστημα στο τέλος του έτους περιέχει λιγότερο υδρογόνο από αυτό που περιείχε στην αρχή της προσομοίωσης	Require year-end tank level to equal or exceed initial tank level	1	

2.4 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΝΤΗΖΕΛΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Η «στρατηγική αποστολών» είναι ένα σύνολο από κανόνες που καθορίζουν τη λειτουργία της ντηζελογεννήτριας και της συστοιχίας μπαταριών. Το HOMER μπορεί να διαμορφώσει δύο στρατηγικές αποστολών: **1)** Μια που αναφέρεται στη φόρτιση της μπαταρίας και **2)** Μια που αναφέρεται στην ισχύ της ντηζελογεννήτριας. Ποιά από τις δυο είναι καλύτερη εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων των μεγεθών των ντηζελογεννητριών και της συστοιχίας μπαταριών, της τιμής των καυσίμων, του κόστους λειτουργίας και συντήρησης των ντηζελογεννητριών, του ποσού ανανεώσιμης ενέργειας στο σύστημα και του χαρακτήρα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Εάν επιλέξουμε να διαμορφώσουμε και τις δυο, το HOMER θα προσομοιώσει κάθε σύστημα χρησιμοποιώντας και τις δύο στρατηγικές αποστολών και θα είμαστε σε θέση να δούμε ποιά είναι βέλτιστη. Η στρατηγική για τη ντηζελογεννήτρια ακολουθείται, όταν μια ντηζελογεννήτρια απαιτείται να παράγει ενέργεια έτσι ώστε μόλις που να ικανοποιείται η ζήτηση. Η στρατηγική τείνει να είναι βέλτιστη στα συστήματα με πολλή ανανεώσιμη ενέργεια, όταν υπερβαίνει μερικές φορές η ανανεώσιμη παραγωγή ενέργειας το φορτίο. Όποτε μια ντηζελογεννήτρια έχει να λειτουργήσει κάτω από τη δεύτερη στρατηγική φόρτισης, πρέπει να λειτουργήσει, σε πλήρη ισχύ και με την ενέργεια που περισσεύει να φορτίζει τη συστοιχία μπαταριών. Η συγκεκριμένη στρατηγική τείνει να είναι βέλτιστη στα συστήματα με ελάχιστη ή καμία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

2.5 ΛΕΛΟΜΕΝΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΝΤΗΖΕΛΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Στο Πίνακα 2.17 φαίνονται τα δεδομένα ελέγχου της ντηζελογεννήτριας.

Πίνακας 2.17: Δεδομένα ελέγχου νηξελογεννήτριας.

A/A	Περιγραφή	Description	Πλήθος τιμών	Μονάδα μέτρησης
1	Αυτό το παράθυρο ελέγχου ελέγχει εάν το HOMER εξετάζει τα συστήματα που περιέχουν περισσότερες από μια γεννήτριες. Δεν έχει καμία επίδραση εάν εξετάζετε μόνο μια νηξελογεννήτρια.	Allow systems with multiple generators	1	
2	Αυτό το παράθυρο ελέγχου έχει επιπτώσεις μόνο στη λειτουργία των συστημάτων που περιλαμβάνουν δύο ή περισσότερες νηξελογεννήτριες στο ίδιο σύστημα ενέργειας. Εάν επιλέξουμε αυτή τη λειτουργία, το HOMER θα επιτρέψει στις πολλαπλάσιες νηξελογεννήτριες του ίδιου συστήματος να λειτουργήσουν αμέσως όποτε είναι απαραίτητο. Διαφορετικά, οι πολλαπλάσιες νηξελογεννήτριες στο ίδιο σύστημα ενέργειας πρέπει να πάρουν τη λειτουργία στρωφών.	Multiple generators can operate simultaneously	1	
3	Αυτό το παράθυρο ελέγχου ελέγχει εάν το HOMER θα εξετάσει τα συστήματα των οποίων η συνολική ισχύς νηξελογεννητριών είναι λιγότερη από το ετήσιο μέγιστο αρχικό φορτίο.	Allow systems with generator capacity less than peak load	1	
4	Με τη συγκεκριμένη στρατηγική η νηξελογεννήτρια όποτε είναι απαραίτητο, παράγει τόση ενέργεια όση ακριβώς χρειάζεται για να καλυφθεί η ζήτηση	Load following		
5	Με τη συγκεκριμένη στρατηγική η νηξελογεννήτρια δουλεύει στο μέγιστο των δυνατοτήτων της και με την πρόσθετη ενέργεια που παράγεται φορτίζεται η μπαταρία	Cycle charging		
6		Apply setpoint SOC		
7	Η γεννήτρια θα σταματήσει να φορτίζει τη μπαταρία όταν αυτή πιάσει την αναγκαία στάθμη ενέργειας, όταν δηλαδή το επίπεδο φόρτισης φτάσει σε ένα συγκεκριμένο σημείο	Setpoint state of charge		

2.6 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

2.6.1 Οικονομικά δεδομένα

Στο πίνακα 2.18 φαίνονται τα οικονομικά δεδομένα.

Πίνακας 2.18: Οικονομικά δεδομένα.

A/A	Περιγραφή	Description	Πλήθος τιμών	Μονάδα μέτρησης
1	Πραγματικό επιτόκιο	Annual real interest rate	1	%
2	Χρόνος ζωής του έργου	Project lifetime	1	yr
3	Το κόστος σταθερού κεφαλαίου που εμφανίζεται ανεξάρτητα από το μέγεθος ή την αρχιτεκτονική του συστήματος.	System fixed capital cost	1	\$
4	Οι σταθερές ετήσιες δαπάνες που εμφανίζονται ανεξάρτητα από το μέγεθος ή την αρχιτεκτονική του συστήματος.	System fixed O&M cost	1	\$/yr
5	Μια ποινική ρήτρα που ισχύει σε περίπτωση που προκύψουν προβλήματα κατά την υλοποίηση του έργου	Capacity shortage penalty	1	\$/kWh

Το επιτόκιο που αποτελεί δεδομένο εισαγωγής στο HOMER είναι το ετήσιο πραγματικό επιτόκιο (επίσης αποκαλούμενο πραγματικό επιτόκιο ή επιτόκιο). Είναι το ποσοστό έκπτωσης που χρησιμοποιείται για να εξισώσει τα εφάπαξ κόστη με τα ετήσια. Το ετήσιο πραγματικό επιτόκιο συνδέεται με το ονομαστικό επιτόκιο σύμφωνα με την εξίσωση:

$$i = (i' - f) / (1 + f) \quad (2.2)$$

όπου i : πραγματικό επιτόκιο, i' : ονομαστικό επιτόκιο, f : ετήσιο ποσοστό πληθωρισμού.

2.6.2 Υπόλοιπη αξία συστατικού

Για να υπολογίσει την υπόλοιπη αξία κάθε συστατικού στο τέλος της διάρκειας ζωής του υβριδικού συστήματος, το HOMER χρησιμοποιεί την ακόλουθη εξίσωση:

$$S = C_{rep} * R_{rem} / R_{comp} \quad (2.3)$$

όπου S : η υπόλοιπη αξία του συστατικού, C_{rep} : το κόστος αντικατάστασης του συστατικού, R_{rem} : η υπόλοιπη ζωή του συστατικού, R_{comp} : η διάρκεια ζωής του συστατικού.

Για παράδειγμα, εάν η διάρκεια ζωής του υβριδικού συστήματος είναι 20 έτη και η διάρκεια ζωής των φωτοβολταϊκών είναι επίσης 20 έτη, η υπόλοιπη αξία των φωτοβολταϊκών στο τέλος της διάρκειας ζωής του υβριδικού συστήματος θα είναι μηδέν επειδή δεν έχουν καμία υπόλοιπη ζωή. Αφ' ετέρου, εάν η διάρκεια ζωής των φωτοβολταϊκών είναι 30 έτη, στο τέλος της είκοσι ετών διάρκειας ζωής προγράμματος η υπόλοιπη αξία τους θα είναι ίση με το ένα τρίτο του κόστους αντικατάστασής τους.

Για κάθε συστατικό, το HOMER συνδυάζει το κεφάλαιο, την αντικατάσταση, τη συντήρηση, και τις δαπάνες καυσίμων, μαζί με την υπόλοιπη αξία και οποιεσδήποτε άλλες δαπάνες ή εισοδήματα, για να βρει το ετήσιο κόστος. Αυτό είναι το υποθετικό ετήσιο κόστος που εάν εμφανίζεται κάθε έτος καθ' όλη τη διάρκεια ζωής προγράμματος, θα παράγει ένα καθαρό παρόν κόστος ισοδύναμο με αυτό όλων των μεμονωμένων δαπανών και των εισοδημάτων που συνδέονται με εκείνο το συστατικό πέρα από τη διάρκεια ζωής του προγράμματος. Το HOMER αθροίζει τις ετήσιες δαπάνες κάθε συστατικού, μαζί με οποιεσδήποτε δαπάνες όπως π.χ τις ποινικές ρήτρες για τις μολυσματικές εκπομπές, για να βρει το συνολικό ετήσιο κόστος του συστήματος. Αυτή η αξία είναι σημαντική επειδή το HOMER τη χρησιμοποιεί για να υπολογίσει τις δύο κύριες οικονομικές παραμέτρους του συστήματος: το συνολικό καθαρό παρόν κόστος και το κόστος της ενέργειας.

2.6.3 Συνολικό καθαρό παρόν κόστος

Το HOMER χρησιμοποιεί την ακόλουθη εξίσωση για να υπολογίσει το συνολικό καθαρό παρόν κόστος:

$$C_{NPC} = C_{ann,tot} / CRF(i, R_{proj}) \quad (2.4)$$

όπου $C_{ann,tot}$ είναι το συνολικό ετήσιο κόστος, R_{proj} είναι η διάρκεια ζωής του έργου, $CRF()$ είναι ο κύριος παράγοντας αποκατάστασης, που δίνεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$CRF(i, N) = [i * (1+i)^N] / [(1+i)^N - 1] \quad (2.5)$$

όπου το i είναι το ετήσιο πραγματικό επιτόκιο και N είναι ο αριθμός ετών.

2.6.4 Κόστος ενέργειας

Το HOMER χρησιμοποιεί την ακόλουθη εξίσωση για να υπολογίσει το κόστος ενέργειας:

$$COE = C_{ann,tot} / [E_{prim} + E_{def} + E_{grid,sales}] \quad (2.6)$$

όπου E_{prim} είναι η συνολική ενέργεια για το κύριο φορτίο, E_{def} είναι η συνολική ενέργεια για το εναλλακτικό φορτίο, $E_{\text{grid,sales}}$ είναι η συνολική ενέργεια που πωλείται στο δίκτυο ετησίως.

Αν και το κόστος της ενέργειας είναι συχνά το κατάλληλο μέτρο με το οποίο μπορούν να συγκριθούν οι δαπάνες των διαφορετικών συστημάτων, το HOMER χρησιμοποιεί το συνολικό καθαρό παρόν κόστος (NPC) ως αρχικό οικονομικό μέτρο για την ταξινόμηση των συστημάτων. Για παράδειγμα, στη διαδικασία βελτιστοποίησης, το HOMER ταξινομεί τις διαμορφώσεις συστημάτων σύμφωνα με το NPC παρά με το κόστος της ενέργειας. Αυτό επειδή ο καθορισμός του κόστους της ενέργειας είναι αμφισβητήσιμος ενώ ο τρόπος καθορισμού του συνολικού NPC δεν είναι. Για να αναπτυχθεί ο τύπος που το HOMER χρησιμοποιεί για το κόστος της ενέργειας διαιρέσαμε με το ποσό ηλεκτρικού φορτίου που το σύστημα εξυπηρετεί πραγματικά, και όχι με τη συνολική ηλεκτρική ζήτηση, η οποία μπορεί να είναι διαφορετική εάν ο χρήστης επιτρέπει κάποιο μη ικανοποιηθέν φορτίο. Αποφασίσαμε επίσης να παραμελήσουμε τη θερμική ενέργεια παραγωγής, αλλά να περιλάβουμε τις πωλήσεις δικτύου ως χρήσιμη ενέργεια. Κάθε μια από αυτές τις αποφάσεις είναι κάπως αυθαίρετες. Επειδή το συνολικό NPC δεν πάσχει από καμία τέτοια προσδιοριστική ασάφεια, είναι προτιμητέο ως αρχικό οικονομικό μέτρο για τη ταξινόμηση των συστημάτων.

2.6.5 Αρχικό κόστος κεφαλαίου

Είναι το αρχικό συνολικό κόστος εγκατάστασης του συστήματος

2.6.6 Ετήσιο κόστος κεφαλαίου

Υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$C_{\text{acap}} = C_{\text{cap}} * \text{CRF}(i, R_{\text{proj}}) \quad (2.7)$$

όπου R_{proj} είναι η διάρκεια ζωής του έργου, i το πραγματικό επιτόκιο.

2.6.7 Συντελεστής κεφαλαίου

Ο συντελεστής κεφαλαίου (sinking fund factor) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\text{SFF}(i, N) = i / (1 + i)^N - 1 \quad (2.8)$$

όπου i : πραγματικό επιτόκιο, N : είναι ο αριθμός ετών

2.6.8 Ετήσιο κόστος αντικατάστασης

Το ετήσιο κόστος αντικατάστασης (annualized replacement cost) υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$C_{arep} = C_{rep} * f_{rep} * SFF(i, R_{comp}) - S * SFF(i, R_{proj}) \quad (2.9)$$

όπου f_{rep} είναι ένα δάνυσμα που χρησιμοποιείται επειδή ο χρόνος ζωής ενός συγκεκριμένου συστατικού μπορεί να είναι διαφορετικός από το χρόνο ζωής όλου του έργου.

2.7 ΠΡΟΣΤΙΜΑ

Στο Πίνακα 2.19 φαίνονται τα δεδομένα για τα πρόστιμα.

Πίνακας 2.19: Πρόστιμα.

A/A	Περιγραφή	Description	Πλήθος τιμών	Μονάδα μέτρησης
1	Πρόστιμο για εκπομπές ρύπων CO	CO emissions penalty	1	\$/t
2	Πρόστιμο για εκπομπές ρύπων CO ₂	CO ₂ emissions penalty	1	\$/t
3	Πρόστιμο για εκπομπές ρύπων HC	HC emissions penalty	1	\$/t
4	Πρόστιμο για εκπομπές ρύπων όπως αιθάλη και σταγονίδια	PM emissions penalty	1	\$/t
5	Πρόστιμο για εκπομπές ρύπων SO ₂	SO ₂ emissions penalty	1	\$/t
6	Πρόστιμο για εκπομπές ρύπων NO _x	NO _x emissions penalty	1	\$/t

2.8 ΕΠΙΤΡΕΠΤΑ ΟΡΙΑ

Στο Πίνακα 2.20 φαίνονται τα δεδομένα για τα επιτρεπτά όρια.

Πίνακας 2.20: Επιτρεπτά όρια.

A/A	Περιγραφή	Description	Πλήθος τιμών	Μονάδα μέτρησης
1	Επιτρεπτά όρια εκπομπής CO ₂	CO ₂ Emissions Limit	1	Kg/yr
2	Επιτρεπτά όρια εκπομπής CO	CO Emissions Limit	1	Kg/yr
3	Επιτρεπτά όρια εκπομπής HC	HC Emissions Limit	1	Kg/yr
4	Επιτρεπτά όρια εκπομπής PM	PM Emissions Limit	1	Kg/yr
5	Επιτρεπτά όρια εκπομπής SO ₂	SO ₂ Emissions Limit	1	Kg/yr
6	Επιτρεπτά όρια εκπομπής NO _x	NO _x Emissions Limit	1	Kg/yr

2.9 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Στο Πίνακα 2.21 φαίνονται τα δεδομένα για τους περιορισμούς.

Πίνακας 2.21: Περιορισμοί.

A/A	Περιγραφή	Description	Μονάδα μέτρησης
1	Είναι η μέγιστη δυνατή τιμή του capacity shortage fraction το οποίο είναι το κλάσμα της συνολικής χωρητικότητας σε ενέργεια διαιρούμενη από το ετήσιο φορτίο	Maximum annual capacity shortage	
2	Είναι η μικρότερη δυνατή τιμή του κλάσματος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	Minimum renewable fraction	kW/yr
3	Μια τιμή 10% της συγκεκριμένης μεταβλητής σημαίνει πως το σύστημα θα πρέπει να διατηρήσει ενέργεια από τη χωρητικότητά του για να υποστηρίξει μια ξαφνική αύξηση του φορτίου κατά 10%	As a percent of hourly load	
4	Αν η μέγιστη τιμή που παίρνει το φορτίο είναι 40 kW και εμείς για κάποιο λόγο θέλουμε το σύστημα να είναι σε θέση να παρέχει συνεχώς 8 kW τότε η τιμή της συγκεκριμένης μεταβλητής είναι 20%	As a percent of annual peak load	
5	Μια τιμή 40% αυτής της μεταβλητής σημαίνει πως το σύστημα θα πρέπει να είναι έτοιμο να παρέχει ενέργεια από τη χωρητικότητά του ακόμα και σε περίπτωση που η ενέργεια που παράγεται από την ανεμογεννήτρια μειωθεί κατά 40%	As a percent of wind power output	

Το κλάσμα χωρητικότητας ενέργειας είναι η συνολική χωρητικότητα σε ενέργεια του συστήματος διαιρούμενη από τη συνολική ζήτηση σε ενέργεια. Ένα σύστημα θεωρείται αποδεκτό μόνο αν το κλάσμα χωρητικότητας ενέργειας είναι μικρότερο ή ίσο από τη μέγιστη ετήσια χωρητικότητα σε ενέργεια. Η εξίσωση που δίνει το κλάσμα είναι:

$$fcs=Ecs/Etot \quad (2.10)$$

όπου Ecs η συνολική χωρητικότητα σε ενέργεια σε [kWh/yr], Etot η συνολική ζήτηση σε ενέργεια σε [kWh/yr]

Το κλάσμα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι το μερίδιο εκείνο της ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές. Υπολογίζεται από το λόγο της ενέργειας που παράγεται από τις ανανεώσιμες πηγές δια τη συνολική παραγωγή ενέργειας. Το κλάσμα δίνεται από την εξίσωση:


$$fren=(Eren +Hren)/(Etot+Htot) \quad (2.11)$$

όπου Eren είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε [kWh], Hren είναι η παραγωγή θερμικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

σε[kWh], Etot είναι η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε [kWh], Htot είναι η συνολική παραγωγή θερμικής ενέργειας [kWh].

2.10 ΧΩΡΟΣ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ

Όταν επιλέγουμε «calculate», το HOMER αρχίζει να αναζητεί όλα τα λιγότερο δαπανηρά συστήματα ενέργειας για κάθε μια από τις μεταβλητές ευαισθησίας που εισαγάγαμε στο πρόγραμμα. Το σύνολο όλων των συστημάτων στα πλαίσια του οποίου γίνονται οι αναζητήσεις του HOMER καλείται **χώρος αναζήτησης**.

Καθορίζουμε το χώρο αναζήτησης με την εισαγωγή των μεγεθών και των ποσοτήτων των διαφορετικών τμημάτων των συστημάτων ενέργειας, είτε στον πίνακα «σημαντικά μεγέθη» είτε κατευθείαν στο χώρο αναζήτησης. Το σύμβολο του χώρου αναζήτησης είναι το .

2.11 ΠΟΡΟΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

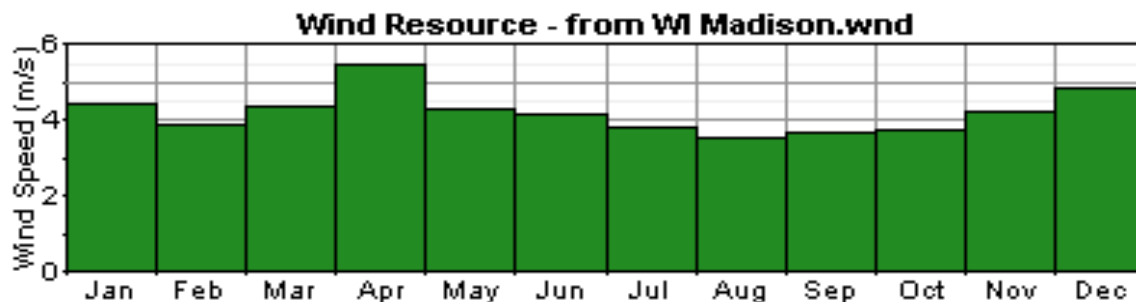
Στο Πίνακα 2.22 φαίνονται τα δεδομένα για τους πόρους του συστήματος.

Πίνακας 2.22: Πόροι.

A/A	Περιγραφή	Description
1	Αιολικό δυναμικό	Wind resource
2	Πόρος καυσίμου	Diesel/natyral gas/gazoline
3	Ηλιακό δυναμικό	Solar resource
4	Υδροηλεκτρικό δυναμικό	Hydro-resource
5	Δυναμικό βιομάζας	Biomass resource

2.11.1 Χαρακτηριστικά αιολικού δυναμικού

Για τον υπολογισμό του αιολικού δυναμικού απαιτούνται 8.760 τιμές που αντιπροσωπεύουν τη μέση ταχύτητα αέρα, που εκφράζεται σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο, για κάθε ώρα του έτους. Το HOMER επιδεικνύει τους μηνιαίους μέσους όρους της ταχύτητας αέρα στο Σχήμα 2.10.

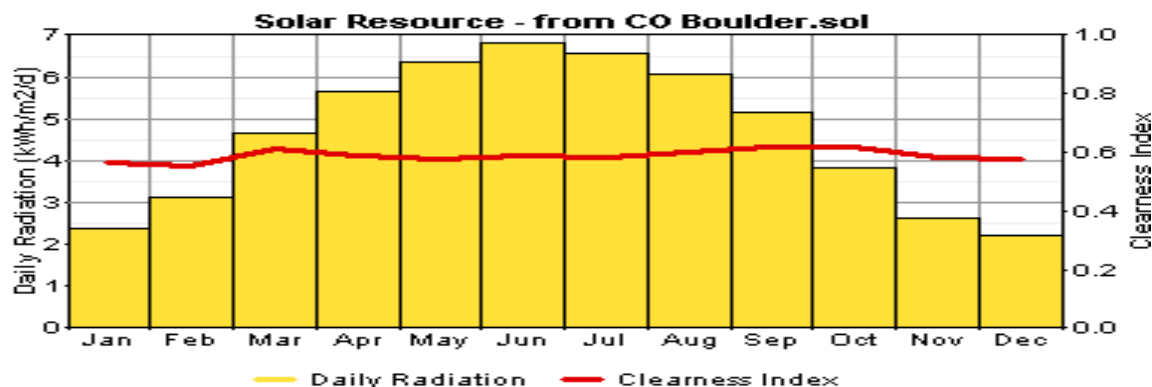


Σχήμα 2.10: Καμπύλη αιολικού δυναμικού.

Για να συνθέσει τα στοιχεία το HOMER, πρέπει να εισαγάγουμε δώδεκα μέσες τιμές ταχύτητας αέρα, μια για κάθε μήνα του έτους. Καθώς εισάγουμε τις τιμές στον πίνακα, το HOMER χτίζει ένα σύνολο 8.760 τιμών, που η καθεμία απεικονίζει την τιμή της ταχύτητας αέρα για κάθε ώρα του έτους.

2.11.2 Χαρακτηριστικά ηλιακού δυναμικού

Για τον υπολογισμό του ηλιακού δυναμικού απαιτούνται 8.760 τιμές που αντιπροσωπεύουν τη μέση ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντια επιφάνεια, που εκφράζεται σε kWh/m^2 , για κάθε ώρα του έτους. Το HOMER παρουσιάζει τη μηνιαία μέση ακτινοβολία και το δείκτη καθαρότητας της ηλιακής ακτινοβολίας αναλυτικά στο Σχήμα 2.11.

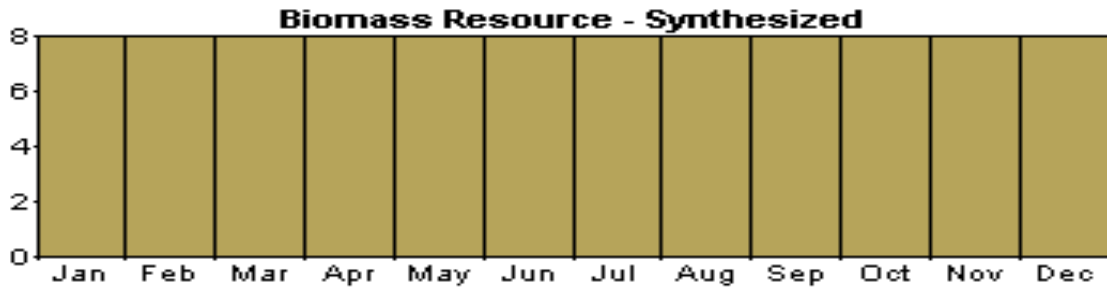


Σχήμα 2.11: Καμπύλη ηλιακού δυναμικού.

Για να συνθέσουμε τα στοιχεία, πρέπει να εισαγάγουμε δώδεκα μέσες μηνιαίες τιμές είτε της ηλιακής ακτινοβολίας είτε του δείκτη καθαρότητας. Δεν είναι απαραίτητο να εισαγάγουμε και των δύο αφού το HOMER υπολογίζει τον ένα δείκτη από τον άλλο χρησιμοποιώντας το γεωγραφικό πλάτος. Εισάγουμε κάθε μηνιαία τιμή στη σχετική σειρά και στήλη των δεδομένων του ηλιακού δυναμικού. Καθώς εισάγουμε τις τιμές στον πίνακα, το HOMER χτίζει ένα σύνολο 8.760 ηλιακών τιμών ακτινοβολίας, ένα για κάθε ώρα του έτους. Το HOMER δημιουργεί τις τιμές χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο του Graham.

2.11.3 Χαρακτηριστικά δυναμικού βιομάζας

Για τον υπολογισμό του δυναμικού βιομάζας απαιτούνται 8.760 τιμές που αντιπροσωπεύουν τη μέση διαθεσιμότητα αερίου βιομάζας, που εκφράζεται σε χιλιόγραμμα, για κάθε ώρα του έτους. Το **HOMER** επιδεικνύει τους μηνιαίους μέσους όρους των πόρων βιομαζών στο Σχήμα 2.12



Σχήμα 2.12: Καμπύλη πόρου βιομαζών

Για να συνθέσει τα στοιχεία, πρέπει να εισαγάγουμε δώδεκα μέσες τιμές της διαθεσιμότητας αερίου βιομαζών ένας για κάθε μήνα του έτους. Εισάγουμε τη μέση διαθεσιμότητα αερίου βιομαζών κάθε μήνα (σε τόνους ανά ημέρα) στην κατάλληλη σειρά του πίνακα των πόρων βιομαζών. Καθώς εισάγουμε τις τιμές στον πίνακα, το HOMER χτίζει ένα σύνολο 8.760 τιμών, που καθεμία απεικονίζει την αξία για κάθε ώρα του έτους. Το HOMER δημιουργεί τις τιμές με την υποθέση ότι η διαθεσιμότητα αερίου βιομαζών είναι σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του κάθε μήνα έτσι ώστε το HOMER να ορίζει απλά τη μηνιαία μέση τιμή σε κάθε ώρα σε εκείνο τον μήνα.

2.11.3.1 Μεταβλητές δυναμικού βιομάζας

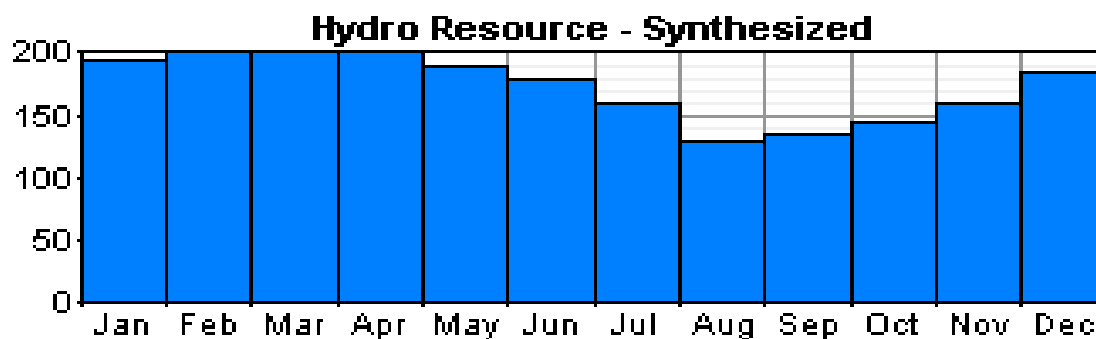
Στο Πίνακα 2.23 φαίνονται τα δεδομένα για τις μεταβλητές του δυναμικού βιομάζας.

Πίνακας 2.23: Μεταβλητές δυναμικού βιομάζας.

A/A	Περιγραφή	Description	Πλήθος τιμών	Μονάδα μέτρησης
1	Το μέσο κόστος ανά τόνο του αερίου βιομαζών(βιοαέριο)	Average cost	1	\$/t
2	Η περιεκτικότητα κατά βαρος σε άνθρακα, της βιομαζας	Carbon content	1	%
3	Η αναλογία βιομαζας που παράγεται και βιομαζας που καταναλώνεται στον εξαιρεωτή.	Gasification ratio	1	Kg gas/kg biogas
4	Το ενεργειακό περιεχόμενο (χαμηλότερη αξία θέρμανσης) του βιοαερίου που παράγεται από τον εξαιρεωτή.	LHV of biogas	1	

2.11.4 Χαρακτηριστικά υδροηλεκτρικού δυναμικού

Για τον υπολογισμό του υδροηλεκτρικού δυναμικού απαιτούνται 8.760 τιμές που αντιπροσωπεύουν τη μέση ροή ρευστού, που εκφράζεται σε λίτρα ανά δευτερόλεπτο, για κάθε ώρα του έτους. Το HOMER επιδεικνύει τους μηνιαίους μέσους στο Σχήμα 2.13.

**Σχήμα 2.13:** Καμπύλη υδροηλεκτρικού δυναμικού.

Για να συνθέσει τα στοιχεία, πρέπει να εισάγουμε δώδεκα μέσες τιμές ροής, μια για κάθε μήνα του έτους. Εισάγουμε τη μέση ροή κάθε μήνα σε (L/s) στην κατάλληλη σειρά στον πίνακα ροής. Καθώς εισάγουμε τις τιμές στον πίνακα, το HOMER χτίζει ένα σύνολο 8.760 τιμών, κάθε τιμή για κάθε ώρα του έτους. Το HOMER δημιουργεί τις τιμές με την υπόθεση ότι η ροή είναι σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια κάθε μήνα.

2.11.5 Χαρακτηριστικά πόρου καυσίμου

Όσον αφορά τον πόρο καυσίμου, εισαγάγουμε την τιμή του καυσίμου ανά κυβικό μέτρο ($\$/m^3$).

Υπάρχουν δύο τρόποι να δημιουργηθούν τα στοιχεία βασικών γραμμών, είτε χρησιμοποιώντας το HOMER για να συνθέσει τα στοιχεία, είτε μπορούμε να εισαγάγουμε τα ωριαία στοιχεία κάθε πόρου από ένα αρχείο.

2.12 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [2.1] NREL, *HOMER: the optimization model for distributed power*. National renewable energy laboratory. It can be downloaded from <http://www.nrel.gov/homer>
- [2.2] NREL, *HOMER: the micropower optimization model, version 2.19*. National renewable energy laboratory. It can be downloaded from <http://www.nrel.gov/homer>

ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 1: ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ, ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ, ΜΠΑΤΑΡΙΑ, ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ, ΝΤΗΖΕΛΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Στο κεφάλαιο αυτό μελετάται ένα υβριδικό σύστημα που αποτελείται από ανεμογεννήτρια, φωτοβολταϊκά, μπαταρία, μετατροπέα και ντίζελογεννήτρια. Τα στοιχεία του υβριδικού συστήματος φαίνονται στο Πίνακα 3.2. Το υβριδικό σύστημα πρόκειται να τροφοδοτήσει φορτίο στο χωριό Sicud των Φιλιππίνων. Η μέγιστη ζήτηση του φορτίου είναι 12 kW (Σχήμα 3.1). Από την ανάλυση προκύπτει ότι βέλτιστο σύστημα είναι εκείνο που περιέχει ντίζελογεννήτρια ισχύος 8 kW, 4 μπαταρίες και μετατροπέα 2 kW. Χρησιμοποιώντας τρεις μεταβλητές ευαισθησίας, 1) ταχύτητα αέρα 2) τιμή καυσίμου 3) μη εξυπηρετούμενη ενέργεια, προκύπτουν συμπεράσματα για το πώς επηρεάζουν οι τιμές των μεταβλητών ευαισθησίας την επιλογή του βέλτιστου συστήματος.

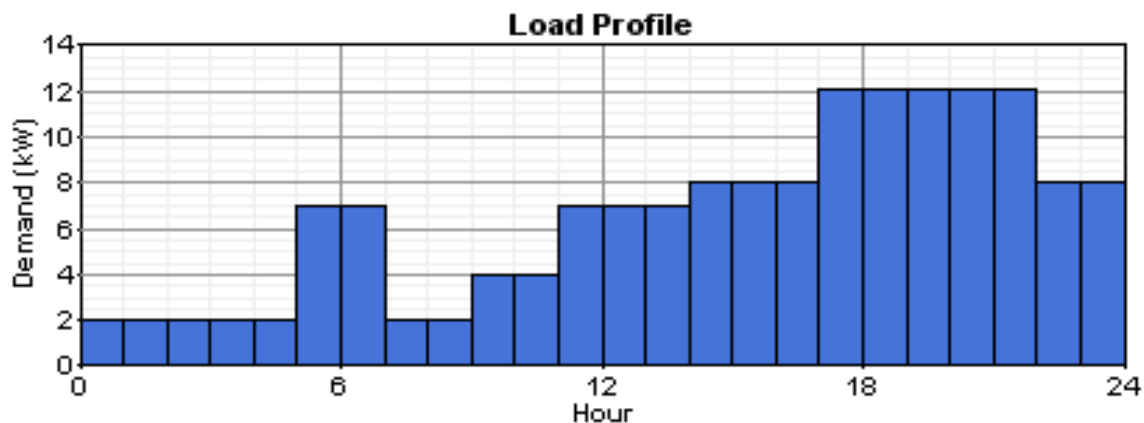
3.2 ΦΟΡΤΙΑ

Στις επιλογές του προγράμματος HOMER διαλέγουμε το κύριο φορτίο σαν το φορτίο που επιθυμούμε να συνδεθεί με τα συστατικά στοιχεία του συστήματος ενέργειας, ενώ επιλέγουμε και τον τύπο ρεύματος που επιθυμούμε, στην προκειμένη περίπτωση AC (εναλλασσόμενο ρεύμα). Στη συνέχεια εισαγάγουμε 24 τιμές φορτίου σε kW, κάθε μια από αυτές τις τιμές αντιπροσωπεύει και μια διαφορετική ώρα στη διάρκεια μιας ολόκληρης μέρας. Στο Πίνακα 3.1 παρουσιάζονται οι συγκεκριμένες επιλογές.

Πίνακας 3.1: Δεδομένα φορτίου.

<u>Ωρες</u>	<u>Φορτίο σε (kW)</u>
00:00-01:00	2.000
01:00-02:00	2.000
02:00-03:00	2.000
03:00-04:00	2.000
04:00-05:00	2.000
05:00-06:00	7.000
06:00-07:00	7.000
07:00-08:00	2.000
08:00-09:00	2.000
09:00-10:00	4.000
10:00-11:00	4.000
11:00-12:00	7.000
12:00-13:00	7.000
13:00-14:00	7.000
14:00-15:00	8.000
15:00-16:00	8.000
16:00-17:00	8.000
17:00-18:00	12.125
18:00-19:00	12.125
19:00-20:00	12.125
20:00-21:00	12.125
21:00-22:00	12.125
22:00-23:00	8.000
23:00-24:00	8.000

Το HOMER παρουσιάζει γραφικά τις τιμές του Πίνακα 3.1 όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.1, ενώ υπολογίζει αυτόματα έναν ετήσιο μέσο όρο φορτίου καθώς και τη μέγιστη ωριαία τιμή του φορτίου, πριν το HOMER περάσει στην κλιμάκωση των τιμών των φορτίων. Το HOMER κάνει τη συγκεκριμένη κλιμάκωση προκειμένου να διευκολυνθούν οι υπολογισμοί. Για να κάνει την κλιμάκωση το πρόγραμμα πολλαπλασιάζει κάθε μια από τις 8760 τιμές φορτίου (24ώρες X 30 ημέρες X 12 μήνες) με ένα συντελεστή που έχει προκύψει από τη διαίρεση του κλιμακωτού ετήσιου μέσου όρου δια τον ετήσιο μέσο όρο φορτίου που προέκυψε από τα στοιχεία για το φορτίο που εισάγαμε στο πρόγραμμα. Τέλος εάν δεν εισαγάγουμε εμείς έναν κλιμακωτό ετήσιο μέσο όρο τότε το HOMER αυτόματα θέτει τον κλιμακωτό ετήσιο όρο ίσο με τον ετήσιο όρο φορτίου που προέκυψε από τις εισαγόμενες για το φορτίο τιμές. Εισάγουμε επίσης στο πρόγραμμα τόσο τις αποκλίσεις που μπορεί να έχουμε στην ακολουθία των ημερήσιων μέσων όρων φορτίου, όσο και τις αποκλίσεις ανάμεσα στις ωριαίες και στις ημερήσιες τιμές. Πρέπει να διευκρινιστεί ότι μπορεί μεν να εισαγάγουμε μόνο τις τιμές φορτίου που αντιστοιχούν σε μία μέρα, ωστόσο το HOMER θεωρεί τα δεδομένα αυτά τα ίδια τόσο για τις υπόλοιπες μέρες του μήνα όσο και για τους υπόλοιπους μήνες του χρόνου.



Σχήμα 3.1: Σχηματική αναπαράσταση ημερήσιου φορτίου.

3.3 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στο Πίνακα 3.2 περιγράφονται αναλυτικά τα συστατικά μέρη από τα οποία αποτελείται το συγκεκριμένο υβριδικό σύστημα.

Πίνακας 3.2: Στοιχεία υβριδικού συστήματος.

Αριθμός στοιχείων	Τεχνικά χαρακτηριστικά	Τύπος στοιχείων	Ισχύς
1	Turbo diesel	Ντίζελογεννήτρια	8 kW
1	Generic	Ανεμογεννήτρια	3 kW
1	Generic	Ανεμογεννήτριες	10 kW
1		Φωτοβολταϊκά	1 kW
1	Currette 6cs25p	Μπαταρία	6.94 kWh
1	Converter	Μετατροπέας	10 kW

3.3.1 Ντηζελογεννήτρια

Πίνακας 3.3: Δεδομένα ντηζελογεννήτριας.

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Χρόνος ζωής	15000 hrs
2	Η ελάχιστη ποσότητα ενέργειας που μπορεί να παρέχει η ντηζελογεννήτρια στο σύστημα, η οποία εκφράζεται ως ποσοστό της συνολικής ισχύος της ντηζελογεννήτριας	30%
3	Η κατανάλωση καυσίμου προς την εγκατεστημένη ισχύ της ντηζελογεννήτριας	0.08 L/hr/kW
4	Η πρόσθετη ποσότητα καυσίμου που χρησιμοποιείται ανά ώρα καθώς ο εφοδιασμός της γεννήτριας αυξάνει	0.25 L/hr/kW
5	Το ποσοστό της θερμότητας των αποβλήτων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξυπηρετήσει το θερμικό φορτίο.	-
6	Η ενέργεια που απελευθερώνεται ανά κιλό καυσίμων που καταναλώνεται	43.2 MJ/kg
7	Πυκνότητα	820 kg/m ³
8	Η βασισμένη στη μάζα περιεκτικότητα σε άνθρακα των καυσίμων	88%
9	Το ποσό άνθρακα που εκπέμπεται ετησίως από τη ντηζελογεννήτρια	-

3.3.1.1 Καυσαέρια

Στο Πίνακα 3.4 περιέχονται όλες οι τιμές που αναφέρονται στα καυσαέρια που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα.

Πίνακας 3.4: Καυσαέρια.

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Ποσό άνθρακα που εκπέμπεται ανά μονάδα καυσίμου	6.5 g/L
2	Ποσό υδρογονανθράκων που εκπέμπεται ανά μονάδα καυσίμου	0.72 g/L
3	Ποσό ΡΜ που εκπέμπεται ανά μονάδα καυσίμου	0.49 g/L
4	Ποσό θείου που εκπέμπεται ανά μονάδα καυσίμου	2.2 g/L
5	Ποσό οξειδίων του αζώτου που εκπέμπεται ανά μονάδα καυσίμου	58 g/L

Από τα καυσαέρια εκπέμπεται: **99.5% CO₂ , 0.4% CO, 0.1% HC.**

Ακολουθούν τα κόστη της νηξελογεννήτριας όπως αυτά φαίνονται στο Πίνακα 3.5. Έτσι προκύπτει ότι η αντικατάσταση της νηξελογεννήτριας κοστίζει **5500\$**, το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι **6500\$** και τέλος τα έξοδα λειτουργίας είναι **0.2\$/hr**.

Πίνακας 3.5: Κόστη νηξελογεννήτριας.

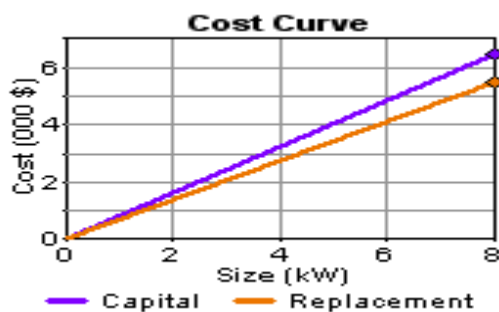
Μέγεθος (kW)	Κόστος αρχικής επένδυσης (\$)	Κόστος αντικατάστασης (\$)	Κόστος λειτουργίας και συντήρησης (\$/hr)
8	6500	5500	0.2

Στο Πίνακα 3.6 εισάγουμε τα μεγέθη εκείνα της νηξελογεννήτριας που θέλουμε να λάβει ιδιαίτερα υπόψη του το HOMER κατά τη διαδικασία της βελτιστοποίησης. Βάζοντας τους αριθμούς 0 και 8 στον Πίνακα 3.6 ζητάμε απο το HOMER κατα τη διαδικασία ανεύρεσης του βέλτιστου υβριδικού συστήματος ενέργειας να λάβει ιδιαίτερος υπόψη του δύο περιπτώσεις: μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα δεν περιέχει καθόλου νηξελογεννήτρια και μια κατα την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει νηξελογεννητρια 8 kW. Πρέπει να διευκρινίσουμε ότι το HOMER κατά τη διαδικασία της βελτιστοποίησης θα εξετάσει τις δύο αυτές περιπτώσεις, αλλά και άλλες που αυτό κρίνει ως απαραίτητες, διαφορετικά τη μια από την άλλη.

Πίνακας 3.6: Προεπιλεγμένα μεγέθη στοιχείων συστήματος.

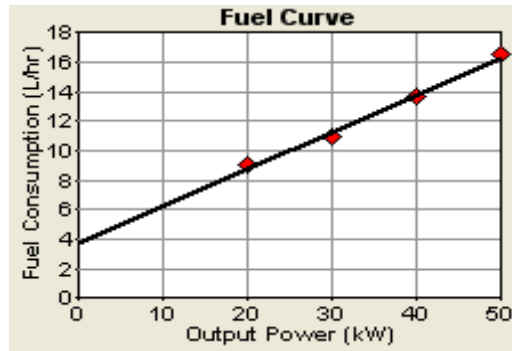
Σημαντικά μεγέθη (kW)
0
8

Επίσης από τα κόστη και σε συνδυασμό με το μέγεθος της νηξελογεννήτριας προκύπτει και η γραφική παράσταση του κόστους. Από το πίνακα με τα κόστη έχουμε τη τιμή τόσο για το κόστος αρχικού κεφαλαίου, όσο και για το κόστος αντικατάστασης. Το HOMER χρησιμοποιώντας αυτές τις τιμές που μεταβάλλονται γραμμικά σε σχέση με την ισχύ της νηξελογεννήτριας δημιουργεί το γράφημα κόστους, Σχήμα 3.2.



Σχήμα 3.2: Καμπύλη κόστους αρχικής επένδυσης και κόστους αντικατάστασης νηξελογεννήτριας 8 kW.

Τέλος εισάγοντας την ενέργεια που παρέχει η νηξελογεννήτρια αλλά και την ωριαία κατανάλωσή της σε καύσιμο, το **HOMER** παρέχει το γράφημα καυσίμου της νηξελογεννήτριας, Σχήμα 3.3.



Σχήμα 3.3: Καμπύλη κατανάλωσης καυσίμου.

3.3.2 Φωτοβολταϊκά

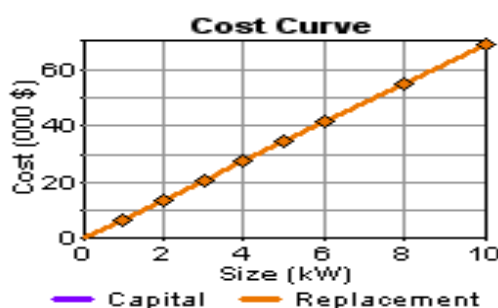
Πίνακας 3.7: Δεδομένα φωτοβολταϊκών.

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Παράγοντας κλιμάκωσης που ισχύει για την παραγωγή ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια και καταγράφει τις απώλειες.	90%
2	Ο τύπος συστήματος που χρησιμοποιείται για να κατευθύνει τις κλίσεις των φωτοβολταϊκών προς τον ήλιο	-
3	Η γωνία στην οποία τοποθετούνται τα φωτοβολταϊκά σχετικά με τον οριζόντιο.	9°
4	Η κατεύθυνση ως προς την οποία τα φωτοβολταϊκά πλαίσια είναι γυρμένα	0°
5	Το ποσοστό της επιφάνειας εδάφους στο οποίο αντανακλάται η ακτινοβολία	20%
6	Χρόνος ζωής	25 έτη

Πίνακας 3.8: Κόστη φωτοβολταϊκών.

Μέγεθος (kW)	Κόστος αρχικής επένδυσης (\$)	Κόστος αντικατάστασης (\$)	Κόστος λειτουργίας και συντήρησης (\$/hr)
1	6900	6900	0

Από το Πίνακα 3.8 με τα κόστη προκύπτει και το γράφημα κόστους, Σχήμα 3.4.

**Σχήμα 3.4:** Καμπύλη κόστους αρχικής επένδυσης και κόστους αντικατάστασης φ/β 10 kW.

Στο Πίνακα 3.9 εισάγουμε τα μεγέθη εκείνα των φωτοβολταϊκών που θέλουμε να λάβει ιδιαίτερα υπόψη του το HOMER κατά τη διαδικασία της βελτιστοποίησης. Βάζοντας τους αριθμούς 0, 1, 2, 3... στον Πίνακα 3.9 ζητάμε από το HOMER κατά τη διαδικασία ανεύρεσης του βέλτιστου υβριδικού συστήματος ενέργειας να λάβει ιδιαιτέρως υπόψη του δέκα περιπτώσεις: μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα δεν περιέχει καθόλου φωτοβολταϊκά, μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει φωτοβολταϊκά 1 kW κτλ. Πρέπει να διευκρινίσουμε ότι το **HOMER** κατά τη διαδικασία της βελτιστοποίησης θα εξετάσει τις δέκα αυτές περιπτώσεις, αλλά και άλλες που αυτό κρίνει ως απαραίτητες, διαφορετικά τη μια από την άλλη.

Πίνακας 3.9: Προεπιλεγμένα μεγέθη στοιχείων συστήματος

Σημαντικά μεγέθη	
Size(kW)	
0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
8	
10	

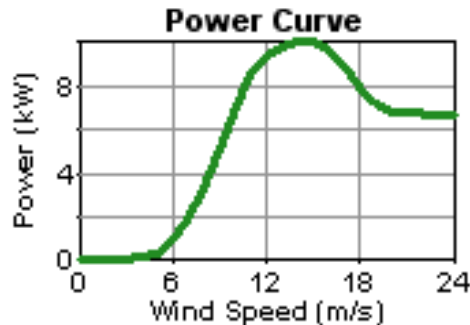
3.3.3 Ανεμογεννήτριες

3.3.3.1 GENERIC 10 kW

Πίνακας 3.10: Δεδομένα Α/Γ

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Χρόνος ζωής	15 έτη
2	Ένας παράγοντας κλιμάκωσης που χρησιμοποιείται για να ρυθμίσει την καμπύλη ισχύος των ανεμογεννητριών	-
3	Ένας παράγοντας κλιμάκωσης που χρησιμοποιείται για να ρυθμίσει τα στοιχεία της ταχύτητας του αέρα, ρυθμίζοντας τη διαφορά στο ύψος των ανεμόμετρων και στο ύψος των πλημνών της ανεμογεννήτριας	-

Ο τύπος της συγκεκριμένης ανεμογεννήτριας είναι GENERIC 10KW και το ύψος του κέντρου του ρότορα της ανεμογεννήτριας από το έδαφος είναι 19.9526 m. Επίσης για το συγκεκριμένο τύπο ανεμογεννήτριας, η καμπύλη ισχύος είναι αυτή που φαίνεται στο Σχήμα 3.5.



Σχήμα 3.5: Καμπύλη ισχύος Α/Γ 10 kW.

Στο Πίνακα 3.11 φαίνονται τα κόστη της Α/Γ.

Πίνακας 3.11: Κόστη Α/Γ.

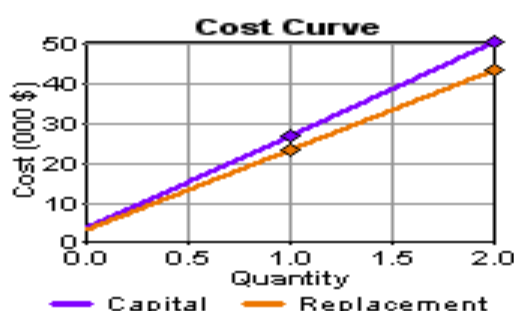
Ποσότητα	Κόστος αρχικής επένδυσης (\$)	Κόστος αντικατάστασης (\$)	Κόστος λειτουργίας και συντήρησης (\$/hr)
1	27000	23000	300
2	50000	43000	350

Στο Πίνακα 3.12 εισάγουμε τα μεγέθη εκείνα της ανεμογεννήτριας που θέλουμε να λάβει ιδιαίτερα υπόψην του το **HOMER** κατά τη διαδικασία της βελτιστοποίησης. Βάζοντας τους αριθμούς 1 και 2 στον Πίνακα 3.12 ζητάμε απο το **HOMER** κατά τη διαδικασία ανεύρεσης του βέλτιστου υβριδικού συστήματος ενέργειας να λάβει

ιδιαίτερως υπόψη του δυο περιπτώσεις: μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει μια ανεμογεννήτρια και μια κατα την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει δύο ανεμογεννήτριες. Πρέπει να διευκρινίσουμε ότι το HOMER κατά τη διαδικασία της βελτιστοποίησης θα εξετάσει τις δυο αυτές περιπτώσεις, αλλά και άλλες που αυτό κρίνει ως απαραίτητες, διαφορετικά τη μια απο την άλλη.

Πίνακας 3.12: Προεπιλεγμένα μεγέθη στοιχείων συστήματος

Σημαντικά μεγέθη
Ποσότητα
1
2



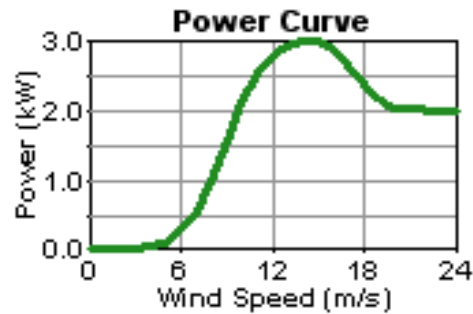
Σχήμα 3.6: Καμπύλη κόστους αρχικής επένδυσης και κόστους αντικατάστασης για δύο ανεμογεννήτριες.

3.3.3.2 GENERIC 3 kW

Πίνακας 3.13: Δεδομένα Α/Γ.

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Χρόνος ζωής	15 έτη
2	Ενας παράγοντας κλιμάκωσης που χρησιμοποιείται για να ρυθμίσει την καμπύλη ισχύος των ανεμογεννητριών	-
3	Ενας παράγοντας κλιμάκωσης που χρησιμοποιείται για να ρυθμίσει τα στοιχεία της ταχύτητας του αέρα ρυθμίζοντας τη διαφορά στο ύψος των ανεμόμετρων και στο ύψος των πλεμνών της ανεμογεννήτριας	-

Ο τύπος της συγκεκριμένης ανεμογεννήτριας είναι GENERIC 3 kW και το ύψος του κέντρου του ρότορα της ανεμογεννήτριας από το έδαφος είναι 19.9526 m. Επίσης για το συγκεκριμένο τύπο ανεμογεννήτριας, η καμπύλη ισχύος παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.7.



Σχήμα 3.7: Καμπύλη ισχύος Α/Γ 3 kW

Στο Πίνακα 3.14 φαίνονται τα κόστη της Α/Γ.

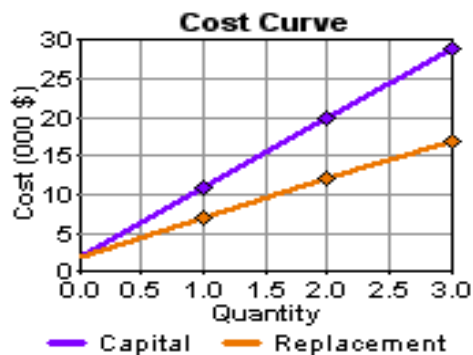
Πίνακας 3.14: Κόστη Α/Γ.

Ποσότητα	Κόστος αρχικής επένδυσης (\$)	Κόστος αντικατάστασης (\$)	Κόστος λειτουργίας και συντήρησης (\$/hr)
1	11000	7000	200
2	20000	12000	375

Στο Πίνακα 3.15 εισάγουμε τα μεγέθη εκείνα της ανεμογεννήτριας που θέλουμε να λάβει ιδιαίτερα υπόψη του το HOMER κατά τη διαδικασία της βελτιστοποίησης. Βάζοντας τους αριθμούς 0, 1, 2, 3 στον Πίνακα 3.15 ζητάμε από το HOMER κατά τη διαδικασία ανεύρεσης του βέλτιστου υβριδικού συστήματος ενέργειας να λάβει ιδιαίτερως υπόψη του τέσσερις περιπτώσεις: μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα δεν περιέχει ανεμογεννήτρια, μια κατα την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει μια ανεμογεννήτρια, μία κατα την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει δύο ανεμογεννήτριες και μια κατα την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει τρεις ανεμογεννήτριες.

Πίνακας 3.15: Προεπιλεγμένα μεγέθη στοιχείων συστήματος.

Σημαντικά μεγέθη
Ποσότητα
0
1
2
3



Σχήμα 3.8: Καμπύλη κόστους αρχικής επένδυσης και κόστους αντικατάστασης για τρεις ανεμογεννήτριες

3.3.4 Μετατροπéας

Πίνακας 3.16: Δεδομένα μετατροπέα

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Η αναμενόμενη διάρκεια ζωής του μετατροπέα, σε έτη.	20 έτη
2	Η αποδοτικότητα με την οποία ο μετατροπέας μετατρέπει τη συνεχή ηλεκτρική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια εναλλασσόμενου ρεύματος, σε %.	90%
3	Αυτή η επιλογή ελέγχει εάν ο μετασχηματιστής μπορεί να λειτουργήσει ταυτόχρονα με μια ή περισσότερες γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος. Οι μετατροπείς που δεν είναι ικανοί να λειτουργήσουν με αυτόν τον τρόπο καλούνται μερικές φορές μεταστρεφόμενοι μετατροπείς.	ναι

3.3.5 Ανορθωτής

Πίνακας 3.17: Ανορθωτής

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Η χωρητικότητα του ανορθωτή σε σχέση με αυτήν του αναστροφέα	100%
2	Η αποδοτικότητα με την οποία ο ανορθωτής μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια εναλλασσόμενου ρεύματος σε συνεχή ηλεκτρική ενέργεια	85%

Στο Πίνακα 3.18 φαίνονται τα κόστη του ανορθωτή.

Πίνακας 3.18: Κόστη ανορθωτή.

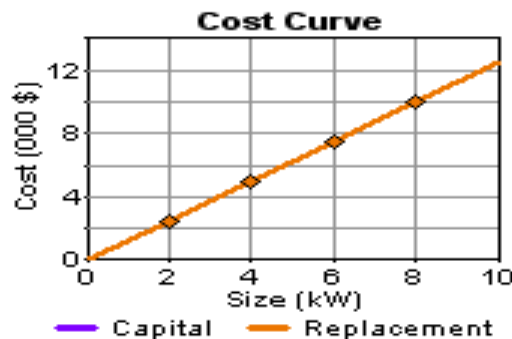
Μέγεθος (kW)	Κόστος αρχικής επένδυσης (\$)	Κόστος αντικατάστασης (\$)	Κόστος λειτουργίας και συντήρησης (\$/hr)
10	12500	12500	100

Στο Πίνακα 3.19 εισάγουμε τα μεγέθη εκείνα του ανορθωτή που θέλουμε να λάβει ιδιαίτερα υπόψη του το HOMER κατά τη διαδικασία της βελτιστοποίησης. Βάζοντας τους αριθμούς 0, 2, 4, 6 και 8 στον Πίνακα 3.19 ζητάμε από το HOMER κατά τη διαδικασία ανεύρεσης του βέλτιστου υβριδικού συστήματος ενέργειας να λάβει ιδιαιτέρως υπόψη του πέντε περιπτώσεις: μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα δεν περιέχει καθόλου ανορθωτή, μια κατα την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει ανορθωτή 2 kW, μια κατα την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει ανορθωτή 4 kW κτλ.

Πίνακας 3.19: Προεπιλεγμένα μεγέθη στοιχείων συστήματος

Σημαντικά μεγέθη
Size(kW)
0
2
4
6
8

Στο Σχήμα 3.9 φαίνεται η καμπύλη κόστους.

**Σχήμα 3.9:** Καμπύλη κόστους αρχικής επένδυσης και κόστους αντικατάστασης για ανορθωτή 10 kW

3.3.6 Μπαταρία

Στο Πίνακα 3.20 φαίνονται τα κόστη της μπαταρίας.

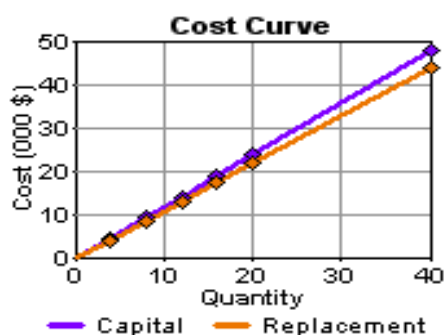
Πίνακας 3.20: Κόστη μπαταρίας.

Ποσότητα	Κόστος αρχικής επένδυσης (\$)	Κόστος αντικατάστασης (\$)	Κόστος λειτουργίας και συντήρησης (\$/hr)
1	1200	1100	50

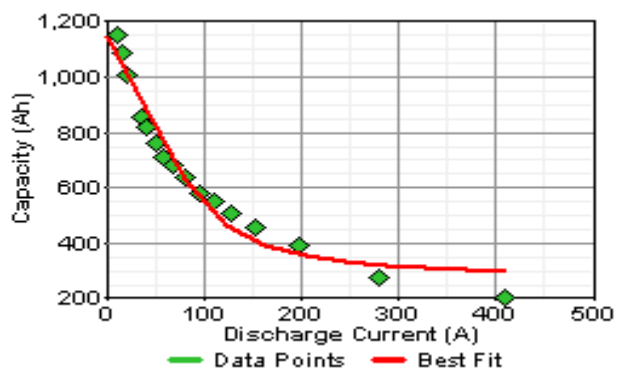
Στο Πίνακα 3.21 εισάγουμε τα μεγέθη εκείνα της μπαταρίας που θέλουμε να λάβει ιδιαίτερα υπόψη του το HOMER κατά τη διαδικασία της βελτιστοποίησης. Βάζοντας τους αριθμούς 0, 4, 8, 12, 16, 20, 40 στον Πίνακα 3.21 ζητάμε από το HOMER κατά τη διαδικασία ανεύρεσης του βέλτιστου υβριδικού συστήματος ενέργειας να λάβει ιδιαίτερως υπόψη του επτά περιπτώσεις: μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα δεν περιέχει μπαταρία, μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει τέσσερις μπαταρίες, μια κατα την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει 8 μπαταρίες, κτλ.

Πίνακας 3.21: Προεπιλεγμένα μεγέθη στοιχείων συστήματος.

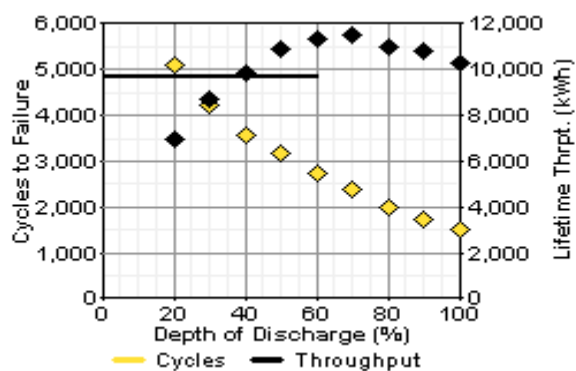
Σημαντικά μεγέθη
Ποσότητα
0
4
8
12
16
20
40

**Σχήμα 3.10:** Καμπύλη κόστους αρχικής επένδυσης και κόστους αντικατάστασης για 40 μπαταρίες

Ο συγκεκριμένος τύπος μπαταρίας είναι SURRETTE 6CS25P και για το συγκεκριμένο τύπο μπαταρίας το HOMER παραθέτει από μόνο του τόσο την καμπύλη χωρητικότητας, Σχήμα 3.11, όσο και τη καμπύλη χρόνου ζωής, Σχήμα 3.12.



Σχήμα 3.11: Καμπύλη χωρητικότητας.



Σχήμα 3.12: Καμπύλη διάρκειας ζωής.

3.4 ΠΟΡΟΙ

3.4.1 Ηλιακό δυναμικό

Σαν μεταβλητές εισόδου για το ηλιακό δυναμικό το HOMER ζητάει εκτός από το γεωγραφικό μήκος και πλάτος της περιοχής, τη μέση ημερήσια ακτινοβολία αλλά και το μέσο δείκτη καθαρότητας της ατμόσφαιρας κάθε μήνα. Οπότε προκύπτουν τα στοιχεία του Πίνακα 3.22.

Πίνακας 3.22: Μεταβλητές εισόδου ηλιακού δυναμικού

Μήνας	Δείκτης καθαρότητας	Ημερήσια ακτινοβολία (kW/m ² /d)
Ιανουάριος	0.500	4.505
Φεβρουάριος	0.516	4.981
Μάρτιος	0.583	5.988
Απρίλιος	0.552	5.797
Μάιος	0.488	5.052
Ιούνιος	0.450	4.581
Ιούλιος	0.469	4.795
Αύγουστος	0.434	4.501
Σεπτέμβριος	0.417	4.296
Οκτώβριος	0.450	4.406
Νοέμβριος	0.530	4.839
Δεκέμβριος	0.536	4.701

Το HOMER στη συνέχεια κάνει κλιμάκωση των παραπάνω δεδομένων για να διευκολύνει έτσι την προσομοίωση. Το HOMER από μόνο του έχει υπολογίσει τους μέσους όρους των παραπάνω στοιχείων και έχει θέσει τον ημερήσιο μέσο όρο της ακτινοβολίας ίσο με τον κλιμακωτό μέσο όρο.

3.4.2 Αιολικό δυναμικό

Στο αιολικό δυναμικό εισάγουμε το μέσο όρο της ταχύτητας αέρα κάθε μήνα και το HOMER δημιουργεί με τη σειρά του το αντίστοιχο γράφημα. Όπως και στο ηλιακό δυναμικό έτσι κι εδώ, το HOMER κλιμακώνει τα στοιχεία προκειμένου να διευκολυνθεί η προσομοίωση. Τα στοιχεία που εισάγουμε παρουσιάζονται στο Πίνακα 3.23.

Πίνακας 3.23: Δεδομένα εισόδου αιολικού δυναμικού.

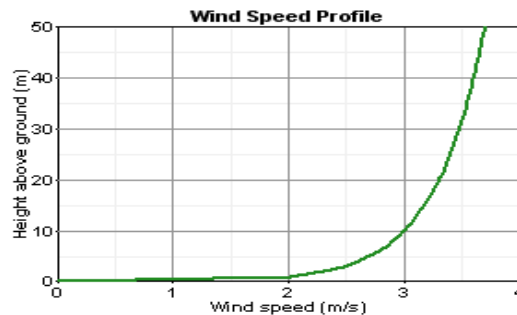
Μήνας	Ταχύτητα αέρα (m/sec)
Ιανουάριος	4.700
Φεβρουάριος	4.900
Μάρτιος	4.700
Απρίλιος	4.100
Μάιος	3.600
Ιούνιος	3.400
Ιούλιος	3.400
Αύγουστος	3.800
Σεπτέμβριος	3.500
Οκτώβριος	3.300
Νοέμβριος	3.700
Δεκέμβριος	4.200

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, το HOMER δεν εξισώνει τον μέσο όρο των ταχυτήτων κάθε μήνα με τον κλιμακωτό μέσο όρο, αλλά βάζουμε εμείς τις τιμές του κλιμακωτού μέσου όρου. Τιμές που θα ελεγχούν από το HOMER κατά τη διάρκεια της ανάλυσης ευαισθησίας. Το HOMER κατά την εισαγωγή των τιμών της ταχύτητας αέρα διαμορφώνει από μόνο του ένα μέσο όρο που ονομάζουμε κλιμακωτό και ο οποίος διευκολύνει το πρόγραμμα στους υπολογισμούς που διενεργεί. Στη συγκεκριμένη περίπτωση κι επειδή θεωρούμε τις τιμές της ταχύτητας αέρα αρκετά σημαντικές, ζητάμε από το HOMER να εκτελέσει την ανάλυση ευαισθησίας και για τις πέντε διαφορετικές τιμές του κλιμακωτού μέσου όρου όπως αυτές φαίνονται στο πίνακα 3.24.

Πίνακας 3.24: Τιμές κλιμακωτού μέσου όρου.

Κλιμακωτός μέσος όρος (τιμές σε m/sec)
3
4
5
6
7

Στη συνέχεια εισάγουμε στο πρόγραμμα τη διαφορά ύψους ανάμεσα στην ανεμογεννήτρια και το επίπεδο της θάλασσας (altitude=0m) αλλά και το ύψος του ανεμομέτρου από το έδαφος (anemometer height=10m). Το HOMER απεικονίζει επίσης γραφικά τη μεταβολή της ταχύτητας του αέρα σε σχέση με το ύψος κάτι που παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.13.



Σχήμα 3.13: Καμπύλη ταχύτητας αέρα.

Υπάρχουν και κάποιες παράμετροι που το HOMER υπολογίζει αυτόματα. Οι παράμετροι αυτές φαίνονται στον Πίνακα 3.25.

Πίνακας 3.25: Παράμετροι.

Παράμετροι	Τιμές
Παράμετρος για τον καθορισμό της κατανομής του αέρα/ Weibull k	2
Παράμετρος για την διακύμανση του αέρα από ώρα σε ώρα/Autocorrelation factor	0.85
Ένα μέτρο που δείχνει πόσο δυνατή είναι η διακύμανση του αέρα κατά τη διάρκεια της ημέρας/Diurnal pattern strength	0.25
Η ώρα της ημέρας που έχουμε τον υψηλότερο μέσο όρο ταχύτητας αέρα/Hour of peak wind speed	14

3.4.3 Χαρακτηριστικά πόρου καυσίμου

Από τα χαρακτηριστικά της νηζελογεννήτριας, μας ενδιαφέρει η τιμή του καυσίμου που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι 0.2\$/L, 0.4\$/L, 0.6\$/L, 0.8\$/L, 1.0\$/L, αντίστοιχα. Είναι φανερό ότι η τιμή του καυσίμου θα χρησιμοποιηθεί ως μεταβλητή ευαισθησίας.

3.5 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ

Στο Πίνακα 3.26 φαίνονται τα οικονομικά δεδομένα

Πίνακας 3.26:Οικονομικά.

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Το ποσοστό έκπτωσης που χρησιμοποιείται για να εξισωθούν τα εφάπαξ κόστη με τα ετήσια κόστη	8 %
2	Χρόνος ζωής του έργου	25 έτη
3	Το κόστος σταθερού κεφαλαίου που εμφανίζεται ανεξάρτητα από το μέγεθος ή την αρχιτεκτονική του συστήματος.	6000\$
4	Οι σταθερές ετήσιες δαπάνες που εμφανίζονται ανεξάρτητα από το μέγεθος ή την αρχιτεκτονική του συστήματος.	0\$
5	Μια ποινική ρήτρα που ισχύει σε περίπτωση που προκύψουν προβλήματα κατά την υλοποίηση του έργου	0\$

3.6 ΕΛΕΓΧΟΣ ΝΤΗΖΕΛΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Στο Πίνακα 3.27 φαίνονται τα δεδομένα ελέγχου της ντηζελογεννήτριας.

Πίνακας 3.27: Δεδομένα ελέγχου ντηζελογεννήτριας.

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Αυτό το παράθυρο ελέγχου ελέγχει εάν το HOMER εξετάζει τα συστήματα που περιέχουν περισσότερες από μια γεννήτριες. Δεν έχει καμία επίδραση εάν εξετάζετε μόνο μια ντηζελογεννήτρια.	ναι
2	Αυτό το παράθυρο ελέγχου έχει επιπτώσεις μόνο στη λειτουργία των συστημάτων που περιλαμβάνουν δύο ή περισσότερες ντηζελογεννήτριες στο ίδιο σύστημα ενέργειας. Εάν επιλέξουμε αυτή τη λειτουργία, το HOMER θα επιτρέψει στις πολλαπλάσιες ντηζελογεννήτριες του ίδιου συστήματος να λειτουργήσουν αμέσως όποτε είναι απαραίτητο. Διαφορετικά, οι πολλαπλάσιες ντηζελογεννήτριες στο ίδιο σύστημα ενέργειας πρέπει να πάρουν τη λειτουργία στροφών.	ναι
3	Αυτό το παράθυρο ελέγχου ελέγχει εάν το HOMER θα εξετάσει τα συστήματα των οποίων η συνολική ισχύς ντηζελογεννητριών είναι λιγότερη από το ετήσιο μέγιστο αρχικό φορτίο.	ναι
4	Με τη συγκεκριμένη στρατηγική η ντηζελογεννήτρια όποτε είναι απαραίτητο, παράγει τόση ενέργεια όση ακριβώς χρειάζεται για να καλυφθεί η ζήτηση	ναι
5	Με τη συγκεκριμένη στρατηγική η ντηζελογεννήτρια δουλεύει στο μέγιστο των δυνατοτήτων της και με την πρόσθετη ενέργεια που παράγεται φορτίζεται η μπαταρία	ναι
6		ναι
7	Η γεννήτρια θα σταματήσει να φορτίζει τη μπαταρία όταν αυτή πιάσει την αναγκαία στάθμη ενέργειας, όταν δηλαδή το επίπεδο φόρτισης φτάσει σε ένα συγκεκριμένο σημείο	80%

3.7 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Πίνακας 3.28: Περιορισμοί.

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Είναι η μέγιστη δυνατή τιμή του capacity shortage fraction το οποίο είναι το κλάσμα της συνολικής χωρητικότητας σε ενέργεια διαιρούμενη από το ετήσιο φορτίο	0% 5% 10% (θα χρησιμοποιηθεί ως μεταβλητή ανάλυσης ευαισθησίας)
2	Είναι η μικρότερη δυνατή τιμή του κλάσματος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	0%
3	Μια τιμή 10% της συγκεκριμένης μεταβλητής σημαίνει πως το σύστημα θα πρέπει να διατηρήσει ενέργεια από τη χωρητικότητα του για να υποστηρίξει μια ξαφνική αύξηση του φορτίου κατά 10%	10%
4	Αν η μέγιστη τιμή που παίρνει το φορτίο είναι 40 kW και εμείς για κάποιο λόγο θέλουμε το σύστημα να είναι σε θέση να παρέχει συνεχώς 8 kW τότε η τιμή της συγκεκριμένης μεταβλητής είναι 20%	0%
5	Μια τιμή 50% αυτής της μεταβλητής σημαίνει πως το σύστημα θα πρέπει να είναι έτοιμο να παρέχει ενέργεια από τη χωρητικότητα του ακόμα και σε περίπτωση που η ενέργεια που παράγεται από την ανεμογεννήτρια μειωθεί κατά 50%	50%

3.8 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Αφού έχουμε εισαγάγει όλα τα παραπάνω δεδομένα, το HOMER αρχίζει τη διαδικασία προσομοίωσης, χρησιμοποιώντας όλους τους ενεργειακούς υπολογισμούς που του έχουμε δώσει για κάθε μια από τις 8.760 ώρες του έτους. Με τη βοήθεια αυτών των ενεργειακών υπολογισμών προσπαθεί να δημιουργήσει όλους τους πιθανούς συνδυασμούς συστημάτων ενέργειας. Στη συνέχεια το HOMER κατά τη διάρκεια της βελτιστοποίησης παραθέτει ένα κατάλογο όλων των αποδεκτών συστημάτων ταξινομημένων σύμφωνα με το καθαρό παρόν κόστος. Στο Πίνακα 3.29 φαίνονται τα είκοσι πρώτα υβριδικά συστήματα ενέργειας τα οποία αποτελούν αποτέλεσμα της

βελτιστοποίησης της σχεδίασης που εφαρμόζει το HOMER προκειμένου να βρει το βέλτιστο σύστημα. Οι είκοσι αυτοί συνδυασμοί των υβριδικών συστημάτων ενέργειας είναι οι καλύτεροι αφού, όπως έχουμε αναφέρει, η ταξινόμησή τους γίνεται σύμφωνα με το καθαρό παρόν κόστος, θεωρώντας ως καλύτερο εκείνο το σύστημα με το μικρότερο καθαρό παρόν κόστος.

Πίνακας 3.29: Οι είκοσι καλύτεροι συνδυασμοί υβριδικών συστημάτων που προέκυψαν μετά τη βελτιστοποίηση (ολικά αποτελέσματα)

A/A	Στοιχεία υβριδικού συστήματος	Στρατηγική λειτουργίας νηζελογεννήτριας και μπαταριών	Αρχικό Κόστος (\$)	Καθαρό παρόν κόστος (\$)	Κόστος Ενέργειας (\$/kWh)	Κλάσμα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμου (L)	Ωρες λειτουργίας νηζελογεννήτριας (hrs)
1	NT 8 kW, 4 ΜΠ, ME 2 kW	CC	19800	65973	0.484	0	6787	4714
2	NT 8 kW, 8 ΜΠ, ME 2 kW	CC	24600	67226	0.493	0	6353	3807
3	NT 8 kW, 4 ΜΠ, ME 2kW, ΦΒ 1 kW	CC	26700	68836	0.505	0	6169	4344
4	NT 8 kW, 8 ΜΠ, ME 2 kW, ΦΒ 1kW	CC	31500	70189	0.515	0	5612	3425
5	NT 8 kW, 4 ΜΠ, ME 2kW, ΦΒ 2 kW	CC	36600	71650	0.525	0	5566	3956
6	NT 8 kW, 4 ΜΠ, ME 4 kW	CC	22300	72069	0.528	0	7112	4980
7	NT 8 kW, 4 ΜΠ, ME 2 kW	LF	19800	72316	0.530	0	7290	5729
8	NT 8 kW, 4 ΜΠ, ME 2 kW, ΦΒ 1kW	LF	26700	73685	0.540	0	6510	5104
9	NT 8 kW, 4 ΜΠ, ME 4 kW, ΦΒ 1kW	CC	29200	73858	0.542	0	6389	4487
10	NT 8 kW, 8 ΜΠ, ME 4 kW	CC	27100	73887	0.542	0	6750	4026
11	NT 8 kW, 8 ΜΠ, ME 2 kW, ΦΒ 2kW	CC	38400	74179	0.544	0	4994	3167

Πίνακας 3.29: Οι είκοσι καλύτεροι συνδυασμοί υβριδικών συστημάτων που προέκυψαν μετά τη βελτιστοποίηση (ολικά αποτελέσματα)

A/A	Στοιχεία υβριδικού συστήματος	Στρατηγική λειτουργίας νηξελογεννήτριας και μπαταριών	Αρχικό Κόστος (\$)	Καθαρό παρόν κόστος (\$)	Κόστος Ενέργειας (\$/kWh)	Κλάσμα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμου (L)	Ώρες λειτουργίας νηξελογεννήτριας (hrs)
12	NT 8 kW, 4 ΜΠ, ME 2 kW, ΦΒ 2 kW	LF	33600	74574	0.547	0	5664	4424
13	NT 8 kW, 4 ΜΠ, ME 4 kW, ΦΒ 2 kW	CC	36100	74796	0.548	0	5591	3855
14	NT 8 kW, 12 ΜΠ, ME 2 kW,	CC	29400	74852	0.549	0	6275	3649
15	NT 8 kW, 4 ΜΠ, ME 6 kW,	CC	24800	74917	0.549	0	7097	4967
16	NT 8 kW, 4 ΜΠ, ME 4 kW,	LF	22300	75565	0.554	0	7329	5760
17	NT 8 kW, 4 ΜΠ, ME 2kW, ΦΒ 3 kW	CC	40500	75760	0.556	0	5123	3674
18	NT 8 kW, 4 ΜΠ, ME 2 kW, ΦΒ 3 kW	LF	40500	76610	0.562	0	4977	3873
19	NT 8 kW, 4 ΜΠ, ME 6 kW, ΦΒ 1 kW	CC	31700	76774	0.563	0	6382	4479
20	NT 8 kW, 8 ΜΠ, ME 6 kW,	CC	29600	76926	0.564	0	6755	4032

NT : Νηξελογεννήτρια

ME : Μετατροπέας

ΦΒ : Φωτοβολταικά

ΑΓ : Ανεμογεννήτρια

ΜΠ : Μπαταρία

CC : Cycle charging/ Κύκλος φόρτισης

LF : Load following/ Επικουρική φόρτιση

Στο Πίνακα 3.30 περιέχονται οι δέκα ‘χειρότεροι’ συνδυασμοί υβριδικών συστημάτων που περιέχονται στα ολικά αποτελέσματα που προκύπτουν μετά από τη

βελτιστοποίηση που διενεργεί το HOMER. Πιό συγκεκριμένα, πρόκειται για τα υβριδικά συστήματα ενέργειας με το μεγαλύτερο καθαρό παρόν κόστος.

Πίνακας 3.30: Οι δέκα χειρότεροι συνδυασμοί υβριδικών συστημάτων που προέκυψαν μετά τη βελτιστοποίηση (ολικά αποτελέσματα).

A/A	Στοιχεία υβριδικού συστήματος	Στρατηγική λειτουργίας νηξελογεννήτριας και μπαταριών	Αρχικό Κόστος (\$)	Καθαρό παρόν κόστος (\$)	Κόστος Ενέργειας (\$/kWh)	Κλάσμα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμου (L)	Ώρες λειτουργίας νηξελογεννήτριας (hrs)
1	NT 8 kW, 8 ΜΠ, ME 2 kW, ΑΓ 3kW	CC	35600	80677	0.592	0.05	6267	3665
2	NT 8 kW, 8 ΜΠ, ME 2 kW, ΦΒ 1kW	LF	31500	80732	0.592	0.11	6267	4908
3	NT 8 kW, 4 ΜΠ, ME 6 kW, ΦΒ 3kW	CC	45500	81147	0.595	0.30	5015	3446
4	NT 8 kW, 4 ΜΠ, ME 2 kW, ΦΒ 4kW	CC	47400	81148	0.595	0.38	4876	3525
5	NT 8 kW, 4 ΜΠ, ME 8kW	LF	27300	81517	0.598	0.00	7329	5760
6	NT 8 kW, 12 ΜΠ, ME 6 kW	CC	34400	81522	0.598	0.00	6718	3531
7	NT 8 kW, 8 ΜΠ, ME 2 kW, ΦΒ 2kW	LF	38400	81540	0.598	0.23	5411	4220
8	NT 8 kW, 12 ΜΠ, ME 2 kW, ΦΒ 2kW	CC	43200	81900	0.690	0.21	4918	3024
9	NT 8 kW, 16 ΜΠ, ME 4 kW	CC	36700	82001	0.690	0.96	6313	2884
10	NT 8 kW, 4 ΜΠ, ME 2kW, ΦΒ 1kW, ΑΓ 3 kW	CC	37700	82115	0.602	0.00	5897	4190

Τόσο ο Πίνακας 3.29 όσο και ο Πίνακας 3.30 περιέχουν μερικά από τα ολικά αποτελέσματα της βελτιστοποίησης. Σαν ολικά αποτελέσματα βελτιστοποίησης θεωρούμε όλους τους πιθανούς συνδυασμούς των διαφορετικών υβριδικών συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας. Αντιθέτως, ο Πίνακας 3.31 περιέχει τα οκτώ πρώτα υβριδικά συστήματα των κατηγοριοποιημένων αποτελεσμάτων της βελτιστοποίησης. Σαν κατηγοριοποιημένα αποτελέσματα θεωρούμε το σύνολο των διαφορετικών συστημάτων ενέργειας που έχει προκύψει επιλέγοντας κάθε φορά τον καλύτερο συνδυασμό υβριδικού συστήματος από κάθε ομάδα συνδυασμών υβριδικών συστημάτων.

Πίνακας 3.31: Οι διαφορετικοί συνδυασμοί υβριδικών συστημάτων που προέκυψαν μετά τη βελτιστοποίηση (κατηγοριοποιημένα αποτελέσματα)

A/A	Στοιχεία υβριδικού συστήματος	Στρατηγική λειτουργίας νηξελογεννήτριας και μπαταριών	Αρχικό Κόστος (\$)	Καθαρό παρόν κόστος (\$)	Κόστος Ενέργειας (\$/kWh)	Κλάσμα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμου (L)	Ώρες λειτουργίας νηξελο-γεννήτριας (hrs)
1	NT 8 kW, 4 ΜΠ, ME 2 kW	CC	19800	65793	0.484	0.00	6787	4714
2	NT 8 kW, 4 ΜΠ, ME 2 kW, ΦΒ 1kW	CC	26700	68836	0.505	0.11	6169	4344
3	NT 8 kW, 4 ΜΠ, ME 2 kW, ΑΓ 3kW	CC	30800	79464	0.583	0.05	6520	4582
4	NT 8 kW, 4 ΜΠ, ME 2kW, ΦΒ 1kW, ΑΓ 3 kW	CC	37700	82115	0.602	0.16	5897	4190
5	NT 8 kW	CC	12500	87346	0.641	0.00	11049	8760
6	NT 8 kW, 2 ΜΠ, ΦΒ 1 kW	CC	21900	97062	0.712	0.07	11023	8743
7	NT 8 kW, 2 ΜΠ, ΑΓ 3 kW	CC	26000	105061	0.770	0.03	10999	8735
8	NT 8 kW, 2 ΜΠ, ΦΒ 1 kW, ΑΓ 3 kW	CC	32900	111484	0.818	0.10	10929	8682

3.9 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

Επειδή έχουν εισαχθεί μεταβλητές ευαισθησίας το **HOMER** θα εκτελέσει ξανά την βελτιστοποίηση για κάθε μια από αυτές τις μεταβλητές. Στο Πίνακα 3.32 που ακολουθεί παρουσιάζονται ενδεικτικά τα είκοσι πρώτα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας. Ο Πίνακας 3.32 είναι ίδιος με τους Πίνακες 3.29, 3.30 και 3.31 αντίστοιχα της βελτιστοποίησης, με τη μόνη διαφορά ότι σε αυτόν περιέχονται και οι μεταβλητές της ανάλυσης ευαισθησίας

Πίνακας 3.32: Οι διαφορετικοί συνδυασμοί υβριδικών συστημάτων που προέκυψαν μετά την ανάλυση ευαισθησίας

A/A	Στοιχεία υβριδικού συστήματος	Κλάσμα μη εξυπηρετούμενης ενέργειας (%)	Ταχύτητα αέρα (m/sec)	Τιμή πετρελαίου (\$/L)	Στρατηγική λειτουργίας νηζελογεννήτριας και μπαταριών	Αρχικό Κόστος (\$)	Καθαρό παρόν κόστος (\$)	Κόστος Ενέργειας (\$/kWh)	Κλάσμα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμου (L)	Ώρες λειτουργίας νηζελο γεννήτριας (hrs)
1	NT 8 kW, 4ΜΠ, ME 2kW	0	3	0.2	CC	19800	65973	0.484	0.0	6787	4714
2	NT 8 kW, 4 ΜΠ, ME 2 kW	5	3	0.2	CC	19800	65973	0.484	0.0	6787	4714
3	NT 8 kW, 4 ΜΠ, ME 2 kW	10	3	0.2	CC	19800	65973	0.484	0.0	6787	4714
4	NT 8 kW, 4 ΜΠ, ME 2 kW	0	3	0.4	CC	19800	80463	0.590	0.0	6787	4714
5	NT 8kW, 4 ΜΠ, ME 2kW	5	3	0.4	CC	19800	80463	0.590	0.0	6787	4714
6	NT 8 kW, 4 ΜΠ, ME 2kW	10	3	0.4	CC	19800	80463	0.590	0.0	6787	4169
7	NT 8 kW, 8 ΜΠ, ME 2kW	0	3	0.6	CC	24600	98250	0.720	0.0	6616	4169

Πίνακας 3.33: Οι διαφορετικοί συνδυασμοί υβριδικών συστημάτων που προέκυψαν μετά την ανάλυση ευαισθησίας

8	NT 8 kW, 8 ΜΠ, ΜΕ 2kW	10	3	0.6	CC	24600	98250	0.720	0.0	6616	4169
9	NT 8 kW, 8 ΜΠ, ΜΕ 2kW	0	3	0.6	CC	24600	98250	0.720	0.0	6616	3515
10	NT 8kW, 8 ΜΠ, ΜΕ 2kW, ΦΒ 2kW	5	3	0.8	CC	38400	110461	0.810	0.21	5247	3515
11	NT 8 kW, 8 ΜΠ, ΜΕ 2 kW, ΦΒ 2 kW	10	3	0.8	CC	38400	110461	0.810	0.21	5247	3515
12	NT 8 kW, 8 ΜΠ, ΜΕ 2 kW, ΦΒ 2 kW	0	3	0.8	CC	38400	110461	0.810	0.21	5247	3519
13	NT 8 kW, 8 ΜΠ, ΜΕ 2 kW, ΦΒ 2 kW	5	3	1.0	CC	38400	121717	0.893	0.21	5250	3519

Πίνακας 3.34: Οι διαφορετικοί συνδυασμοί υβριδικών συστημάτων που προέκυψαν μετά την ανάλυση ευαισθησίας (συνέχεια)

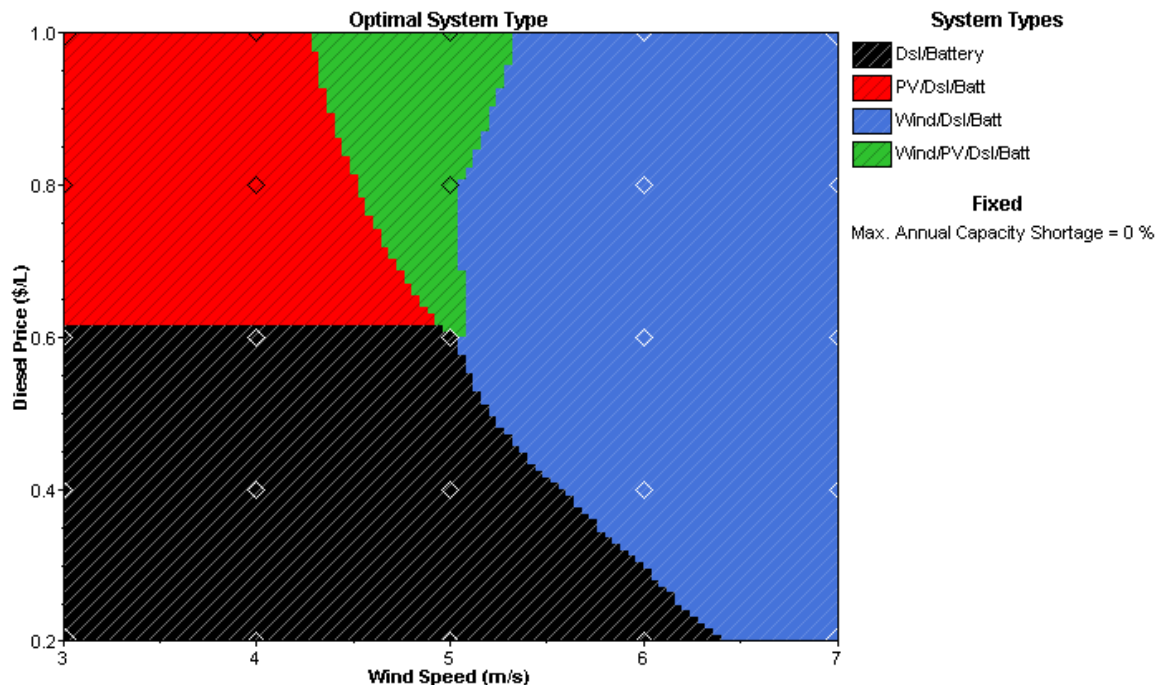
14	NT 8 kW, 8 ΜΠ, ME 2 kW, ΦΒ 2 kW	10	3	1.0	CC	38400	121717	0.893	0.21	5250	3519
15	NT 8 kW, 8 ΜΠ, ME 2 kW, ΦΒ 2 kW	0	3	1.0	CC	38400	121717	0.893	0.0	5250	4714
16	NT 8 kW, 4 ΜΠ, ME 2kW	5	4	0.2	CC	19800	65973	0.484	0.0	6787	4714
17	NT 8 kW, 4 ΜΠ, ME 2kW	10	4	0.2	CC	19800	65973	0.484	0.0	6787	4714
18	NT 8 kW, 4 ΜΠ, ME 2kW	0	4	0.2	CC	19800	65973	0.484	0.0	6787	4714
19	NT 8 kW, 4 ΜΠ, ME 2kW	5	4	0.4	CC	19800	80463	0.590	0.0	6787	4714
20	NT 8 kW, 4 ΜΠ, ME 2kW	10	4	0.4	CC	19800	80463	0.590	0.0	6787	4714

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας παρουσιάζονται από το πρόγραμμα και με τη μορφή γραφημάτων. Σε κάθε γράφημα τόσο ο οριζόντιος όσο και ο κάθετος άξονας αντιστοιχούν ο καθένας τους σε κάποια μεταβλητή ανάλυσης ευαισθησίας που εμείς έχουμε εισάγει στο πρόγραμμα. Το **HOMER** μας δίνει τη δυνατότητα αλλάζοντας τις τιμές των μεταβλητών ανάλυσης ευαισθησίας αλλά και τις θέσεις των ίδιων των μεταβλητών στους άξονες, να δημιουργούμε μια συνολική εικόνα για το πώς οι μεταβλητές ανάλυσης ευαισθησίας επηρεάζουν τα αποτελέσματα του προγράμματος HOMER.

Στα Σχήματα 3.14, 3.15 και 3.16 φαίνονται τρία χαρακτηριστικά γραφήματα της ανάλυσης ευαισθησίας

Στο Σχήμα 3.14 φαίνονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας με την τιμή του πετρελαίου και την τιμή της ταχύτητας αέρα να αποτελούν τις μεταβλητές ανάλυσης ευαισθησίας, ενώ η μέγιστη τιμή της μη εξυπηρετούμενης ενέργειας είναι 0%. Από το Σχήμα 3.14 φαίνεται ότι :

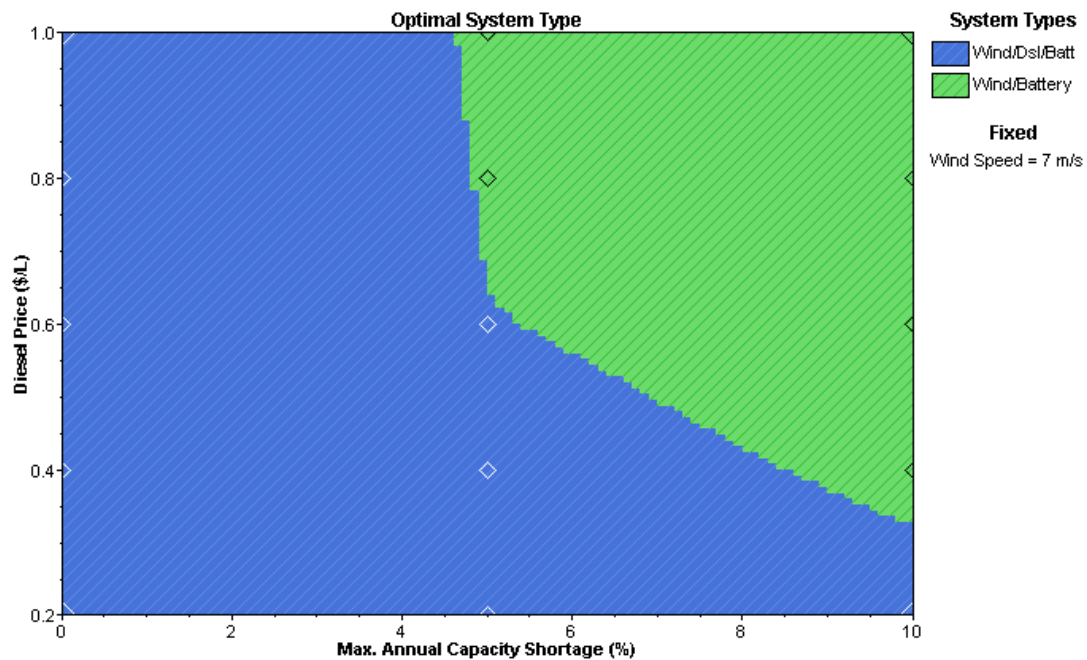
- Για μεγάλες τιμές της τιμής καυσίμου (> 0.620 \$/L) και μικρές ταχύτητες αέρα (< 4.90 m/sec) το HOMER συμβουλεύει να χρησιμοποιηθεί ένα σύστημα που περιέχει νηξελογεννήτρια, φωτοβολταϊκά και μπαταρία.
- Για μεγάλες τιμές της ταχύτητας αέρα (> 4.90 m/sec) και τιμές καυσίμου από 0.2 έως 1 \$/L το HOMER συμβουλεύει να χρησιμοποιηθεί ένα σύστημα που περιέχει ανεμογεννήτρια, νηξελογεννήτρια και μπαταρία.
- Για μεγάλες τιμές της τιμής καυσίμου (> 0.620 \$/L) και τιμές της ταχύτητας αέρα από 4.30 έως 5.30 m/sec το HOMER συμβουλεύει να χρησιμοποιηθεί ένα σύστημα που περιέχει νηξελογεννήτρια, φωτοβολταϊκά, μπαταρία και ανεμογεννήτρια.
- Για τιμές της ταχύτητας αέρα από 3 έως 6.38 m/sec και τιμές καυσίμου από 0.2 έως 0.612 \$/L το HOMER συμβουλεύει να χρησιμοποιηθεί ένα σύστημα που περιέχει νηξελογεννήτρια και μπαταρία.



Σχήμα 3.14: Γράφημα αποτελεσμάτων ανάλυσης ευαισθησίας, με την τιμή του πετρελαίου και την ταχύτητα αέρα να αποτελούν τις αντίστοιχες μεταβλητές ευαισθησίας.

Στο Σχήμα 3.15 φαίνονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας με την τιμή του πετρελαίου και την μέγιστη τιμή της μη εξυπηρετούμενης ενέργειας να αποτελούν τις μεταβλητές ανάλυσης ευαισθησίας ενώ η τιμή της ταχύτητας αέρα είναι σταθερή και ίση με 7 m/sec. Από το Σχήμα 3.15 φαίνεται ότι :

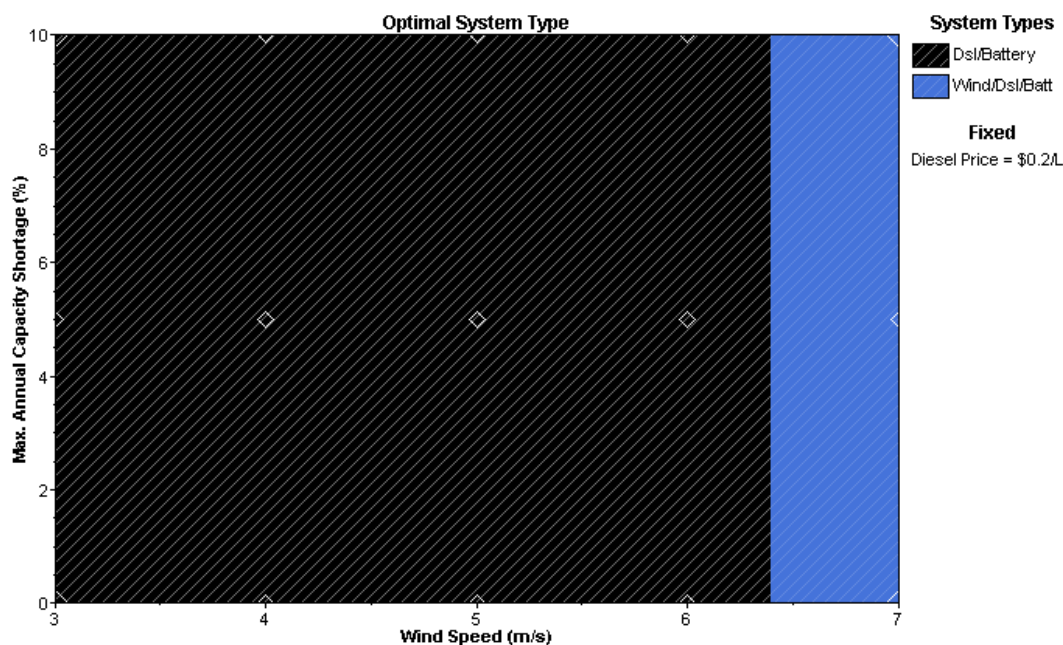
- Για τιμές της τιμής καυσίμου από 0.338 έως 1 \$/L και τιμές της μέγιστης τιμής της μη εξυπηρετούμενης ενέργειας από 4.65 έως 10 % το HOMER συμβουλεύει να χρησιμοποιηθεί ένα σύστημα που περιέχει ανεμογεννήτρια, και μπαταρία.
- Για τιμές της τιμής καυσίμου από 0.2 έως 1 \$/L και τιμές της μέγιστης τιμής της μη εξυπηρετούμενης ενέργειας από 0 έως 10 % το HOMER συμβουλεύει να χρησιμοποιηθεί ένα σύστημα που περιέχει ανεμογεννήτρια, νηζελογεννήτρια και μπαταρία.



Σχήμα 3.15: Γράφημα αποτελεσμάτων ανάλυσης ευαισθησίας, με την τιμή του πετρελαίου και τη μέγιστη τιμή του κλάσματος μη εξυπηρετούμενης ενέργειας να αποτελούν τις αντίστοιχες μεταβλητές ευαισθησίας

Στο Σχήμα 3.16 φαίνονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας με τη ταχύτητα αέρα και την μέγιστη τιμή της μη εξυπηρετούμενης ενέργειας να αποτελούν τις μεταβλητές ανάλυσης ευαισθησίας ενώ η τιμή του πετρελαίου είναι σταθερή και ίση με 0.2 \$/L. Από το Σχήμα 3.16 φαίνεται ότι :

- Για τιμές της ταχύτητας αέρα από 6.38 έως 7 m/sec και τιμές της μέγιστης τιμής της μη εξυπηρετούμενης ενέργειας από 0 έως 10 % το HOMER συμβουλεύει να χρησιμοποιηθεί ένα σύστημα που περιέχει ανεμογεννήτρια, νηζελογεννήτρια και μπαταρία.
- Για τιμές της ταχύτητας αέρα από 3 έως 6.38 m/sec και τιμές της μέγιστης μη εξυπηρετούμενης ενέργειας από 0 έως 10 % το HOMER συμβουλεύει να χρησιμοποιηθεί ένα σύστημα που περιέχει νηζελογεννήτρια και μπαταρία.



Σχήμα 3.16: Γράφημα αποτελεσμάτων ανάλυσης ευαισθησίας, με την ταχύτητα αέρα και τη μέγιστη τιμή του κλάσματος μη εξυπηρετούμενης ενέργειας να αποτελούν τις αντίστοιχες μεταβλητές ευαισθησίας

3.10 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα αποτελέσματα της βελτιστοποίησης σαν καλύτερο κρίνεται ένα σύστημα που περιέχει νηζελογεννήτρια 8 kW, 4 μπαταρίες και ένα μετατροπέα 2 kW. Για το συγκεκριμένο σύστημα, η νηζελογεννήτρια ακολουθεί την στρατηγική cycle charging (CC), μια στρατηγική δηλαδή κατά την οποία η νηζελογεννήτρια παράγει τόση ενέργεια ώστε μόλις να ικανοποιείται η ζήτηση. Όσον αφορά τα κόστη, το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι 19800 \$, το καθαρό παρόν κόστος 65973 \$ και το κόστος ενέργειας είναι 0.484 \$/kWh. Επίσης, η κατανάλωση της νηζελογεννήτριας είναι 6787 L ενώ λειτουργεί για 4.714 ώρες.

3.11 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [3.1] NREL, *HOMER: the optimization model for distributed power*. National renewable energy laboratory. It can be downloaded from <http://www.nrel.gov/homer>
- [3.2] NREL, *HOMER: the micropower optimization model, version 2.19*. National renewable energy laboratory. It can be downloaded from <http://www.nrel.gov/homer>

ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 2: ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ, ΝΤΗΖΕΛΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ, ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ, ΜΠΑΤΑΡΙΑ, ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

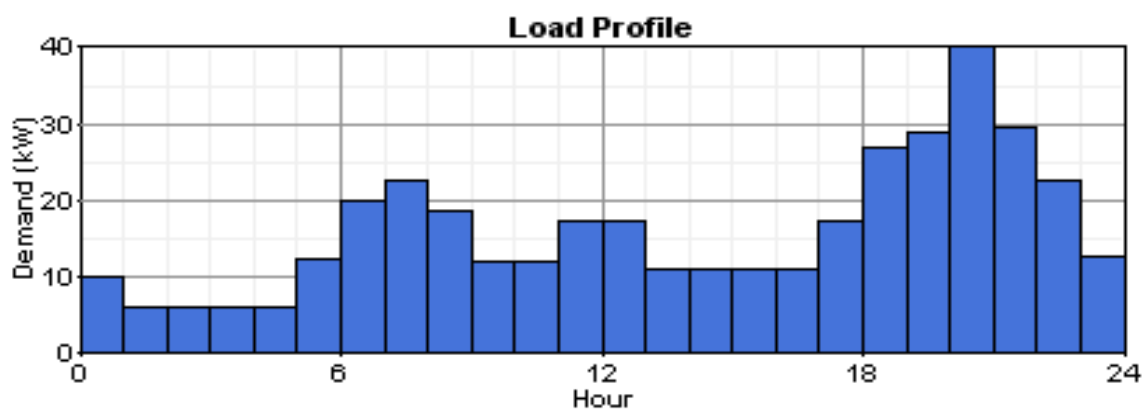
Στο κεφάλαιο αυτό μελετάται ένα υβριδικό σύστημα που αποτελείται από ανεμογεννήτρια, ντηζελογεννήτρια, υδροηλεκτρικό σύστημα, μπαταρία, και μετατροπέα. Τα στοιχεία του υβριδικού συστήματος φαίνονται στο Πίνακα 4.2. Η μέγιστη ζήτηση του φορτίου είναι 40 kW (Σχήμα 4.1). Από την ανάλυση προκύπτει ότι βέλτιστο σύστημα είναι εκείνο που περιέχει ντηζελογεννήτρια ισχύος 10 kW, 12 μπαταρίες και μετατροπέα 2 kW. Χρησιμοποιώντας δύο μεταβλητές ευαισθησίας, 1) ταχύτητα αέρα 2) ροή ύδατος, προκύπτουν συμπεράσματα για το πώς επηρεάζουν οι τιμές των μεταβλητών ευαισθησίας την επιλογή του βέλτιστου συστήματος.

4.2 ΦΟΡΤΙΑ

Στις επιλογές του προγράμματος HOMER διαλέγουμε το κύριο φορτίο σαν το φορτίο που επιθυμούμε να συνδεθεί με τα συστατικά στοιχεία του συστήματος ενέργειας, ενώ επιλεγουμε και τον τύπο ρεύματος που επιθυμούμε, στην προκειμένη περίπτωση AC. Στη συνέχεια εισαγάγουμε 24 τιμές φορτίου σε kW, κάθε μια από αυτές τις τιμές αντιπροσωπεύει και μια διαφορετική ώρα στη διάρκεια μιας ολόκληρης μέρας. Στο Πίνακα 4.1 παρουσιάζονται οι συγκεκριμένες επιλογές.

Πίνακας 4.1: Δεδομένα φορτίου.

Ωρες	Φορτίο σε (kW)
00:00-01:00	10.000
01:00-02:00	6.000
02:00-03:00	6.000
03:00-04:00	6.000
04:00-05:00	6.000
05:00-06:00	12.500
06:00-07:00	20.000
07:00-08:00	22.500
08:00-09:00	18.750
09:00-10:00	12.000
10:00-11:00	12.000
11:00-12:00	17.500
12:00-13:00	17.500
13:00-14:00	11.000
14:00-15:00	11.000
15:00-16:00	11.000
16:00-17:00	11.000
17:00-18:00	17.500
18:00-19:00	27.000
19:00-20:00	29.000
20:00-21:00	40.000
21:00-22:00	29.750
22:00-23:00	22.750
23:00-24:00	12.750



Σχήμα 4.1: Σχηματική αναπαράσταση φορτίου

4.3 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στο Πίνακα 4.2 περιγράφονται αναλυτικά τα συστατικά μέρη από τα οποία αποτελείται το συγκεκριμένο υβριδικό σύστημα.

Πίνακας 4.2: Στοιχεία υβριδικού συστήματος.

Αριθμός στοιχείων	Τεχνικά χαρακτηριστικά	Τύπος στοιχείων	Ισχύς
1	Turbo diesel	Ντηζελογεννήτρια	10 kW
1	BWC excel-R(5)	Ανεμογεννήτρια	3 kW
1	TROJAN	Μπαταρία	1,075 kWh
1	Converter	Μετατροπέας	1 kW

4.3.1 Ντηζελογεννήτρια

Πίνακας 4.3: Δεδομένα ντηζελογεννήτριας.

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Χρόνος ζωής	12000 hrs
2	Η ελάχιστη ποσότητα ενέργειας που μπορεί να παρέχει η ντηζελογεννήτρια στο σύστημα, η οποία εκφράζεται ως ποσοστό της συνολικής ισχύς της ντηζελογεννήτριας	30%
3	Η κατανάλωση καυσίμου προς την εγκατεστημένη ισχύ της ντηζελογεννήτριας	-
4	Η πρόσθετη ποσότητα καυσίμου που χρησιμοποιείται ανα ώρα καθώς ο εφοδιασμός της γεννήτριας αυξάνει	0.25 L/hr/kW
5	Το ποσοστό της θερμότητας των αποβλήτων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξυπηρετήσει το θερμικό φορτίο.	-
6	Η ενέργεια που απελευθερώνεται ανά κιλό καυσίμων που καταναλώνεται	43.2 MJ/kg
7	Πυκνότητα	820 kg/m ³
8	Η βασισμένη στη μάζα περιεκτικότητα σε άνθρακα των καυσίμων	88%
9	Το ποσό άνθρακα που εκπέμπεται ετησίως από τη ντηζελογεννήτρια	

4.3.1.1 Καυσαέρια

Στο πίνακα 4.4 περιέχονται όλες οι τιμές που αναφέρονται στα καυσαέρια που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα.

Πίνακας 4.4: Καυσαέρια

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Ποσό άνθρακα που εκπέμπεται ανά μονάδα καυσίμου	6.5 g/L
2	Ποσό υδρογονανθράκων που εκπέμπεται ανά μονάδα καυσίμου	0.72 g/L
3	Ποσό ΡΜ που εκπέμπεται ανά μονάδα καυσίμου	0.49 g/L
4	Ποσό θείου που εκπέμπεται ανά μονάδα καυσίμου	2.2 g/L
5	Ποσό οξειδίων του αζώτου που εκπέμπεται ανα μονάδα καυσίμου	58 g/L

Από τα καυσαέρια εκπέμπεται: **99.5% CO₂ , 0.4%CO , 0.1% HC**

Ακολουθούν τα κόστη της νηξελογεννήτριας όπως αυτά φαίνονται στο Πίνακα 4.5. Έτσι προκύπτει ότι η αντικατάσταση της νηξελογεννήτριας κοστίζει 5000\$, το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι 6000\$ και τέλος τα έξοδα λειτουργίας 0.2\$/hr.

Πίνακας 3.5: Κόστη νηξελογεννήτριας.

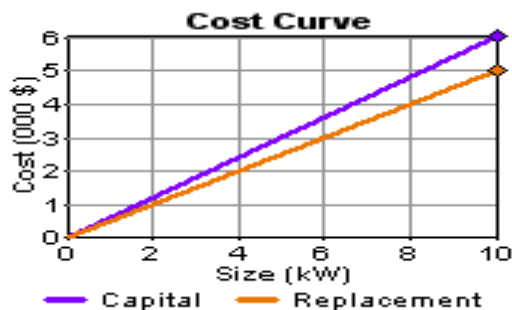
Μέγεθος (kW)	Κόστος αρχικής επένδυσης (\$)	Κόστος αντικατάστασης (\$)	Κόστος λειτουργίας και συντήρησης (\$/hr)
8	6000	5000	0.2

Στο Πίνακα 4.6 εισάγουμε τα μεγέθη εκείνα της νηξελογεννήτριας που θέλουμε να λάβει ιδιαίτερα υπόψη του το HOMER κατά τη διαδικασία της βελτιστοποίησης. Βάζοντας τους αριθμούς 0 και 10 στον Πίνακα 4.6 ζητάμε απο το HOMER κατα τη διαδικασία ανεύρεσης του βέλτιστου υβριδικού συστήματος ενέργειας να λάβει ιδιαίτερος υπόψη του δυο περιπτώσεις: μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα δεν περιέχει καθόλου νηξελογεννήτρια και μια κατα την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει νηξελογεννητρια 10 kW. Πρέπει να διευκρινίσουμε οτι το HOMER κατα τη διαδικασία της βελτιστοποίησης θα εξετάσει τις δυο αυτές περιπτώσεις, αλλά και άλλες που αυτό κρίνει ως απαραίτητες, διαφορετικά τη μια απο την άλλη.

Πίνακας 4.6: Προεπιλεγμένα μεγέθη στοιχείων συστήματος

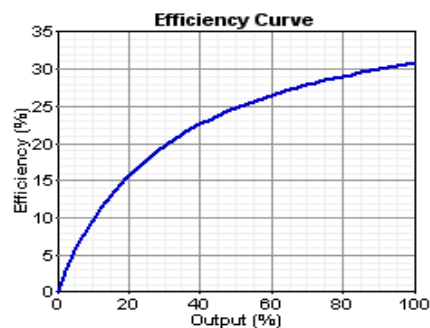
Σημαντικά μεγέθη (kW)
0
10

Επίσης από τα κόστη και σε συνδυασμό με το μέγεθος της νηξελογεννήτριας προκύπτει και η γραφική παράσταση του κόστους. Από το πίνακα με τα κόστη έχουμε τη τιμή τόσο για το κόστος αρχικού κεφαλαίου, όσο και για το κόστος αντικατάστασης. Το HOMER χρησιμοποιώντας αυτές τις τιμές που μεταβάλλονται γραμμικά σε σχέση με την ισχύ της νηξελογεννήτριας δημιουργεί το γράφημα κόστους, Σχήμα 4.2



Σχήμα 4.2: Καμπύλη κόστους αρχικής επένδυσης και κόστους αντικατάστασης νηζελογεννήτριας 8 kW.

Τέλος εισάγοντας την ενέργεια που παρέχει η νηζελογεννήτρια αλλά και την ωριαία κατανάλωση της σε καύσιμο το HOMER παρέχει το γράφημα απόδοσης της νηζελογεννήτριας, Σχήμα 4.3.



Σχήμα 4.3: Καμπύλη απόδοσης καυσίμου

4.3.2 Υδροηλεκτρικό σύστημα

Στο Πίνακα 4.7 είναι τα δεδομένα του υδροηλεκτρικού συστήματος.

Πίνακας 4.7: Δεδομένα υδροηλεκτρικού συστήματος

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Η κάθετη πτώση μεταξύ της εισαγωγής της τουρμπίνας και του στροβίλου	90 m
2	Το ποσοστό ροής υγρού για το οποίο αυτός ο υδρο- στρόβιλος σχεδιάστηκε.	25 L/s
3	Το ελάχιστο ποσοστό ροής του υδρο-στροβίλου, ως ποσοστό του ονομαστικού ποσοστού ροής του.	75 %
4	Το μέγιστο ποσοστό ροής του υδρο- στροβίλου, ως ποσοστό του ονομαστικού ποσοστού ροής του.	150 %
5	Η μέση αποδοτικότητα με την οποία ο υδρο στρόβιλος μετατρέπει την ενέργεια από ύδωρ σε ηλεκτρική ενέργεια.	75 %
6	Απώλειες τριβής σωλήνων που εκφράζονται ως ποσοστό του διαθέσιμου κεφαλιού.	10.49 %
7	Χρόνος ζωής	30 years

Πίνακας 4.8: Κόστη υδροηλεκτρικού συστήματος

Μέγεθος (kW)	Κόστος αρχικής επένδυσης (\$)	Κόστος αντικατάστασης (\$)	Κόστος λειτουργίας και συντήρησης (\$/hr)
1	50000	40000	1000

4.3.3 Ανεμογεννήτριες

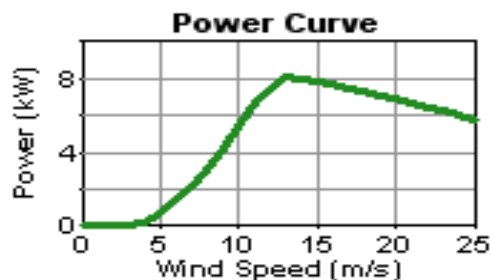
4.3.3.1 BWC EXCEL-R(5)

Πίνακας 4.9: Δεδομένα A/Γ

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Χρόνος ζωής	20 έτη
2	Ένας παράγοντας κλιμάκωσης που χρησιμοποιείται για να ρυθμίσει την καμπύλη ισχύος των ανεμογεννητριών	-
3	Ένας παράγοντας κλιμάκωσης που χρησιμοποιείται για να ρυθμίσει τα στοιχεία της ταχύτητας του αέρα, ρυθμίζοντας τη διαφορά στο ύψος των ανεμόμετρων και στο ύψος των πλημνών της ανεμογεννητριας	-

Ο τύπος της συγκεκριμένης ανεμογεννήτριας είναι BWC EXCEL-R(5) 10 kW και το ύψος του κέντρου του ρότορα της ανεμογεννήτριας από το έδαφος είναι 10m.

Επίσης για το συγκεκριμένο τύπο ανεμογεννήτριας η καμπύλη ισχύος είναι αυτή που φαίνεται στο Σχήμα 4.4.



Σχήμα 4.4: Καμπύλη ισχύος Α/Γ 10 kW.

Στο Πίνακα 4.10 φαίνονται τα κόστη της Α/Γ:

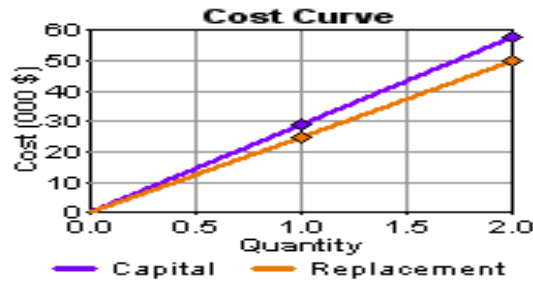
Πίνακας 4.10: Κόστη Α/Γ

Ποσότητα	Κόστος αρχικής επένδυσης (\$)	Κόστος αντικατάστασης (\$)	Κόστος λειτουργίας και συντήρησης (\$/hr)
1	29000	25000	400

Στο Πίνακα 4.11 εισάγουμε τα μεγέθη εκείνα της ανεμογεννήτριας που θέλουμε να λάβει ιδιαίτερα υπόψη τον το HOMER κατά τη διαδικασία της βελτιστοποίησης. Βάζοντας τους αριθμούς 1 και 2 στον Πίνακα 4.11 ζητάμε από το HOMER κατά τη διαδικασία ανεύρεσης του βέλτιστου υβριδικού συστήματος ενέργειας να λάβει ιδιαίτερως υπόψη του δυο περιπτώσεις: μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει μια ανεμογεννήτρια και μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει δύο ανεμογεννήτριες. Πρέπει να διευκρινίσουμε ότι το HOMER κατά τη διαδικασία της βελτιστοποίησης θα εξετάσει τις δυο αυτές περιπτώσεις, αλλά και άλλες που αυτό κρίνει ως απαραίτητες, διαφορετικά τη μια από την άλλη.

Πίνακας 4.11: Προεπιλεγμένα μεγέθη στοιχείων συστήματος.

Σημαντικά μεγέθη
Ποσότητα
1
2



Σχήμα 4.5: Καμπύλη κόστους αρχικής επένδυσης και κόστους αντικατάστασης για δύο ανεμογεννήτριες.

4.3.4 Μετατροπέας

Πίνακας 4.12: Δεδομένα μετατροπέα

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Η αναμενόμενη διάρκεια ζωής του μετατροπέα, σε έτη.	20 years
2	Η αποδοτικότητα με την οποία ο μετατροπέας μετατρέπει τη συνεχή ηλεκτρική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια εναλλασσόμενου ρεύματος, σε %.	90%
3	Αυτή η επιλογή ελέγχει εάν ο μετασχηματιστής μπορεί να λειτουργήσει ταυτόχρονα με μια ή περισσότερες γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος. Οι μετατροπείς που δεν είναι ικανοί να λειτουργήσουν με αυτόν τον τρόπο καλούνται μερικές φορές μεταστρεφόμενοι μετατροπείς .	ναι

4.3.5 Ανορθωτής

Πίνακας 4.13: Ανορθωτής

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Η χωρητικότητα του ανορθωτή σε σχέση με αυτήν του αναστροφέα	75%
2	Η αποδοτικότητα με την οποία ο ανορθωτής μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια εναλλασσόμενου ρεύματος σε συνεχή ηλεκτρική ενέργεια	85%

Στο Πίνακα 4.14 φαίνονται τα κόστη του ανορθωτή.

Πίνακας 4.14: Κόστη ανορθωτή

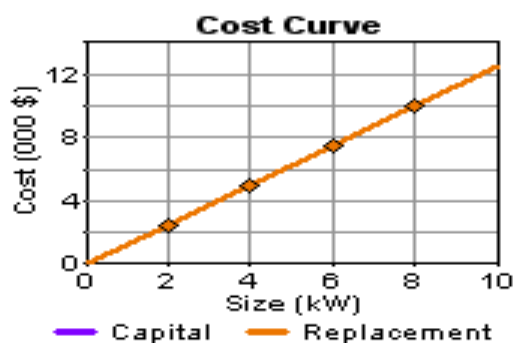
Μέγεθος (kW)	Κόστος αρχικής επένδυσης (\$)	Κόστος αντικατάστασης (\$)	Κόστος λειτουργίας και συντήρησης (\$/hr)
1	900	900	0

Στο Πίνακα 4.15 εισάγουμε τα μεγέθη εκείνα του ανορθωτή που θέλουμε να λάβει ιδιαίτερα υπόψην του το HOMER κατά τη διαδικασία της βελτιστοποίησης. Βάζοντας τους αριθμούς 0,2,4,6 και 8 στον Πίνακα 4.15 ζητάμε απο το HOMER κατα τη διαδικασία ανεύρεσης του βέλτιστου υβριδικού συστήματος ενέργειας να λάβει ιδιαίτερος υπόψη του πέντε περιπτώσεις: μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα δεν περιέχει καθόλου ανορθωτή, μια κατα την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει ανορθωτή 2 kW, μια κατα την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει ανορθωτή 4 kW κ.ο.κ Πρέπει να διευκρινίσουμε οτι το HOMER κατα τη διαδικασία της βελτιστοποίησης θα εξετάσει τις πέντε αυτές περιπτώσεις, αλλά και άλλες που αυτό κρίνει ως απαραίτητες, διαφορετικά τη μια απο την άλλη.

Πίνακας 4.15: Προεπιλεγμένα μεγέθη στοιχείων συστήματος

Σημαντικά μεγέθη
Size(kW)
0
2
4
6
8

Στο Σχήμα 4.6 φαίνεται η καμπύλη κόστους

**Σχήμα 4.6:** Καμπύλη κόστους αρχικής επένδυσης και κόστους αντικατάστασης για μετασχηματιστή 10 kW.

4.3.6 Μπαταρία

Στο Πίνακα 4.16 φαίνονται τα κόστη της μπαταρίας.

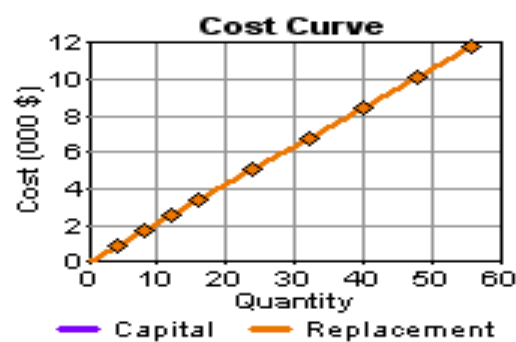
Πίνακας 4.16: Κόστη μπαταρίας.

Ποσότητα	Κόστος αρχικής επένδυσης (\$)	Κόστος αντικατάστασης (\$)	Κόστος λειτουργίας και συντήρησης (\$/hr)
1	210	210	4

Στο Πίνακα 4.17 εισάγουμε τα μεγέθη εκείνα της μπαταρίας που θέλουμε να λάβει ιδιαίτερα υπόψη του το HOMER κατά τη διαδικασία της βελτιστοποίησης. Βάζοντας τους αριθμούς 0, 4, 8, 12, 16, 24, 32, 40, 48 στον Πίνακα 4.17 ζητάμε απο το HOMER κατα τη διαδικασία ανεύρεσης του βέλτιστου υβριδικού συστήματος ενέργειας να λάβει ιδιαίτερος υπόψη του εννιά περιπτώσεις: μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα δεν περιέχει μπαταρία μια κατα την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει τέσσερις μπαταρίες, μια κατα την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει 8 μπαταρίες κ.ο.κ. Πρέπει να διευκρινίσουμε οτι το HOMER κατα τη διαδικασία της βελτιστοποίησης θα εξετάσει τις επτά αυτές περιπτώσεις, αλλά και άλλες που αυτό κρίνει ως απαραίτητες, διαφορετικά τη μια απο την άλλη.

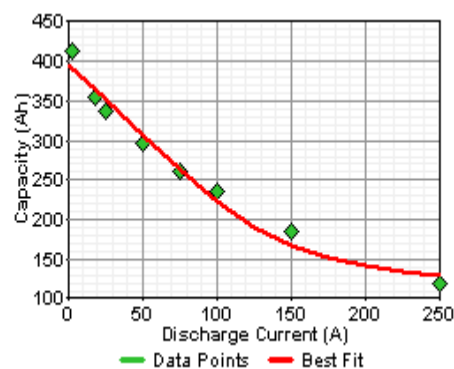
Πίνακας 4.17: Προεπιλεγμένα μεγέθη στοιχείων συστήματος

Σημαντικά μεγέθη
Ποσότητα
0
4
8
12
16
24
32
40
48

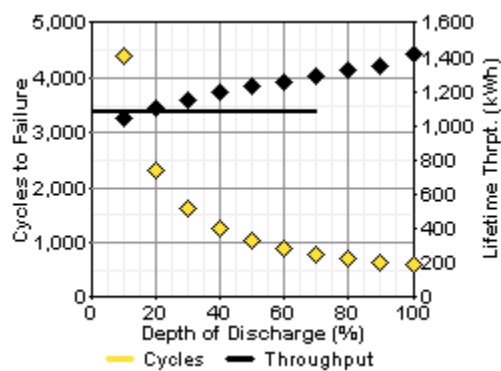


Σχήμα 4.7: Καμπύλη κόστους αρχικής επένδυσης και κόστους αντικατάστασης για 40 μπαταρίες.

Ο συγκεκριμένος τύπος μπαταρίας είναι TROJAN L16P και για το συγκεκριμένο τύπο μπαταρίας το HOMER παραθέτει από μόνο του τόσο την καμπύλη χωρητικότητας Σχήμα 4.8 όσο και τη καμπύλη χρόνου ζωής Σχήμα 4.9:



Σχήμα 4.8: Καμπύλη χωρητικότητας



Σχήμα 4.9: Καμπύλη διάρκειας ζωής

4.4 ΠΟΡΟΙ

4.4.1 Υδροηλεκτρικό δυναμικό

Σαν μεταβλητές εισόδου για το ηδροηλεκτρικό δυναμικό το HOMER ζητάει τη μέση ροή ύδατος κάθε μήνα. Οπότε προκύπτουν τα στοιχεία του Πίνακα 4.18.

Πίνακας 4.18: Μεταβλητές εισόδου υδροηλεκτρικού δυναμικού.

Μήνας	Ροή ύδατος (L/sec)
Ιανουάριος	195.0
Φεβρουάριος	200.0
Μάρτιος	200.0
Απρίλιος	200.0
Μάϊος	190.0
Ιούνιος	180.0
Ιούλιος	160.0
Αύγουστος	130.0
Σεπτέμβριος	135.0
Οκτώβριος	145.0
Νοέμβριος	160.0
Δεκέμβριος	185.0

Στη συγκεκριμένη περίπτωση το HOMER δεν εξισώνει τον μέσο όρο των ταχυτήτων κάθε μήνα με τον κλιμακωτό μέσο όρο, αλλά βάζουμε εμείς τις τιμές του κλιμακωτού μέσου όρου. Τιμές που θα ελεγχούν από το HOMER κατά τη διάρκεια της ανάλυσης ευαισθησίας. Το HOMER κατά την εισαγωγή των τιμών της ταχύτητας αέρα διαμορφώνει από μόνο του έναν μέσο όρο που ονομάζουμε κλιμακωτό και ο οποίος διευκολύνει το πρόγραμμα στους υπολογισμούς που διενεργεί. Στη συγκεκριμένη περίπτωση κι επειδή θεωρούμε τις τιμές ροής ύδατος αρκετά σημαντικές, ζητάμε από το HOMER να εκτελέσει την ανάλυση ευαισθησίας και για τις επτά διαφορετικές τιμές του κλιμακωτού μέσου όρου όπως αυτές φαίνονται στο πίνακα 4.19

Πίνακας 4.19: Τιμές κλιμακωτού μέσου όρου

Κλιμακωτός μέσος όρος (τιμές σε m/sec)
10
15
20
25
30
35
40

4.4.2 Αιολικό δυναμικό

Στο αιολικό δυναμικό εισάγουμε το μέσο όρο της ταχύτητας αέρα κάθε μήνα και το HOMER δημιουργεί με τη σειρά του το αντίστοιχο γράφημα. Όπως και στο ηλιακό δυναμικό έτσι κι εδώ, το HOMER κλιμακώνει τα στοιχεία προκειμένου να διευκολυνθεί η προσομοίωση. Τα στοιχεία που εισάγουμε παρουσιάζονται στο Πίνακα 4.20.

Πίνακας 4.20: Δεδομένα εισόδου αιολικού δυναμικού.

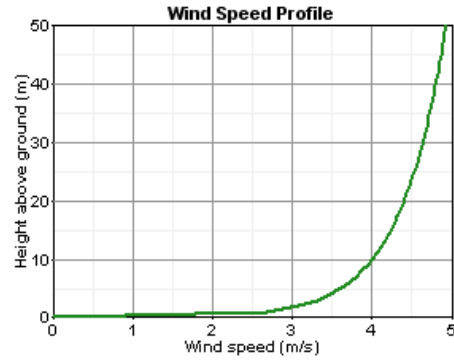
Μήνας	Ταχύτητα αέρα (m/sec)
Ιανουάριος	4.463
Φεβρουάριος	3.922
Μάρτιος	4.381
Απρίλιος	5.476
Μάιος	4.297
Ιούνιος	4.163
Ιούλιος	3.817
Αύγουστος	3.523
Σεπτέμβριος	3.724
Οκτώβριος	3.776
Νοέμβριος	4.253
Δεκέμβριος	4.881

Στη συγκεκριμένη περίπτωση το HOMER δεν εξισώνει τον μέσο όρο των ταχυτήτων κάθε μήνα με τον κλιμακωτό μέσο όρο, αλλά βάζουμε εμείς τις τιμές του κλιμακωτού μέσου όρου. Τιμές που θα ελεγχούν από το HOMER κατά τη διάρκεια της ανάλυσης ευαισθησίας. Το HOMER κατά την εισαγωγή των τιμών της ταχύτητας αέρα διαμορφώνει από μόνο του έναν μέσο όρο που ονομάζουμε κλιμακωτό και ο οποίος διευκολύνει το πρόγραμμα στους υπολογισμούς που διενεργεί. Στη συγκεκριμένη περίπτωση κι επειδή θεωρούμε τις τιμές της ταχύτητας αέρα αρκετά σημαντικές, ζητάμε από το HOMER να εκτελέσει την ανάλυση ευαισθησίας και για τις τέσσερις διαφορετικές τιμές του κλιμακωτού μέσου όρου όπως αυτές φαίνονται στο πίνακα 4.21

Πίνακας 4.21: Τιμές κλιμακωτού μέσου όρου

Κλιμακωτός μέσος όρος (τιμές σε m/sec)
4
5
6
7

Στη συνέχεια εισάγουμε στο πρόγραμμα τη διαφορά ύψους ανάμεσα στην ανεμογεννήτρια και το επίπεδο της θάλασσας (altitude=0m) αλλά και το ύψος του ανεμομέτρου από το εδαφος (anemometer height=10m). Το HOMER απεικονίζει επίσης γραφικά τη μεταβολή της ταχύτητας του αέρα σε σχέση με το ύψος κάτι που παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.10.



Σχήμα 4.10: Καμπύλη ταχύτητας αέρα.

Υπάρχουν και κάποιες παράμετροι που το **HOMER** υπολογίζει αυτόματα.

Πίνακας 4.22: Παράμετροι

Παράμετροι	Τιμές
Παράμετρος για τον καθορισμό της κατανομής του αέρα/ Weibull k	1.876
Παράμετρος για την διακυμανση του αέρα από ώρα σε ώρα/Autocorrelation factor	0.892
Ένα μέτρο που δείχνει πόσο δυνατή είναι η διακύμανση του αέρα κατά τη διάρκεια της ημέρας/Diurnal pattern strength	0.26

4.4.3 Χαρακτηριστικά πόρου καυσίμου

Από τα χαρακτηριστικά της γεννήτριας μας ενδιαφέρει η τιμή του καυσίμου που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι 0.4\$/L.

4.5 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ

Στο Πίνακα 4.23 φαίνονται τα οικονομικά δεδομένα.

Πίνακας 4.23: Οικονομικά δεδομένα.

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Το ποσοστό έκπτωσης που χρησιμοποιείται για να εξισωθούν τα εφάπαξ κόστη με τα ετήσια κόστη	8 %
2	Χρόνος ζωής του έργου	25 έτη
3	Το κόστος σταθερού κεφαλαίου που εμφανίζεται ανεξάρτητα από το μέγεθος ή την αρχιτεκτονική του συστήματος.	0\$
4	Οι σταθερές ετήσιες δαπάνες που εμφανίζονται ανεξάρτητα από το μέγεθος ή την αρχιτεκτονική του συστήματος.	0\$
5	Μια ποινική ρήτρα που ισχύει σε περίπτωση που προκύψουν προβλήματα κατά την υλοποίηση του έργου	0\$

4.6 ΕΛΕΓΧΟΣ ΝΤΗΖΕΛΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Πίνακας 4.24: Δεδομένα ελέγχου ντηζελογεννήτριας.

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Αυτό το παράθυρο ελέγχου ελέγχει εάν το HOMER εξετάζει τα συστήματα που περιέχουν περισσότερες από μια γεννήτριες. Δεν έχει καμία επίδραση εάν εξετάζετε μόνο μια ντηζελογεννήτρια.	ναι
2	Αυτό το παράθυρο ελέγχου έχει επιπτώσεις μόνο στη λειτουργία των συστημάτων που περιλαμβάνουν δύο ή περισσότερες ντηζελογεννήτριες στο ίδιο σύστημα ενέργειας. Εάν επιλέξουμε αυτή τη λειτουργία, το HOMER θα επιτρέψει στις πολλαπλάσιες ντηζελογεννήτριες του ίδιου συστήματος να λειτουργήσουν αμέσως όποτε είναι απαραίτητο. Διαφορετικά, οι πολλαπλάσιες ντηζελογεννήτριες στο ίδιο σύστημα ενέργειας πρέπει να πάρουν τη λειτουργία στρωφών.	ναι
3	Αυτό το παράθυρο ελέγχου ελέγχει εάν το HOMER θα εξετάσει τα συστήματα των οποίων η συνολική ισχύς ντηζελογεννητριών είναι λιγότερη από το ετήσιο μέγιστο αρχικό φορτίο.	ναι
4	Με τη συγκεκριμένη στρατηγική η ντηζελογεννήτρια όποτε είναι απαραίτητο, παράγει τόση ενέργεια όση ακριβώς χρειάζεται για να καλυφθεί η ζήτηση	ναι
5	Με τη συγκεκριμένη στρατηγική η ντηζελογεννήτρια δουλεύει στο μέγιστο των δυνατοτήτων της και με την πρόσθετη ενέργεια που παράγεται φορτίζεται η μπαταρία	ναι
6		ναι
7	Η γεννήτρια θα σταματήσει να φορτίζει τη μπαταρία όταν αυτή πιάσει την αναγκαία στάθμη ενέργειας, όταν δηλαδή το επίπεδο φόρτισης φτάσει σε ένα συγκεκριμένο σημείο	80%

4.7 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Πίνακας 4.25: Περιορισμοί

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Είναι η μέγιστη δυνατή τιμή του capacity shortage fraction το οποίο είναι το κλάσμα της συνολικής χωρητικότητας σε ενέργεια διαιρούμενη από το ετήσιο φορτίο	1%
2	Είναι η μικρότερη δυνατή τιμή του κλάσματος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	0%
3	Μια τιμή 10% της συγκεκριμένης μεταβλητής σημαίνει πως το σύστημα θα πρέπει να διατηρήσει ενέργεια από τη χωρητικότητα του για να υποστηρίξει μια ξαφνική αύξηση του φορτίου κατά 10%	10%
4	Αν η μέγιστη τιμή που παίρνει το φορτίο είναι 40 kW και εμείς για κάποιο λόγο θέλουμε το σύστημα να είναι σε θέση να παρέχει συνεχώς 8 kW τότε η τιμή της συγκεκριμένης μεταβλητής είναι 20%	0%
5	Μια τιμή 50% αυτής της μεταβλητής σημαίνει πως το σύστημα θα πρέπει να είναι έτοιμο να παρέχει ενέργεια από τη χωρητικότητα του ακόμα και σε περίπτωση που η ενέργεια που παράγεται από την ανεμογεννήτρια μειωθεί κατά 50%	50%

4.8 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Αφού έχουμε εισαγάγει όλα τα παραπάνω δεδομένα το HOMER αρχίζει τη διαδικασία προσομοίωσης χρησιμοποιώντας όλους τους ενεργειακούς υπολογισμούς που του έχουμε δώσει για κάθε μια από τις 8.760 ώρες του έτους. Με τη βοήθεια αυτών των ενεργειακών υπολογισμών προσπαθεί να δημιουργήσει όλους τους πιθανούς συνδυασμούς συστημάτων ενέργειας. Στη συνέχεια το HOMER κατά τη διάρκεια της βελτιστοποίησης παραθέτει ένα κατάλογο όλων των αποδεκτών συστημάτων ταξινομημένων σύμφωνα με το καθαρό παρόν κόστος. Στο πίνακα 4.26 φαίνονται τα είκοσι πρώτα υβριδικά συστήματα ενέργειας τα οποία αποτελούν αποτέλεσμα της βελτιστοποίησης της σχεδίασης που εφαρμόζει το HOMER προκειμένου να βρει το βέλτιστο σύστημα. Οι είκοσι αυτοί συνδυασμοί των υβριδικών συστημάτων ενέργειας είναι οι καλύτεροι αφού όπως έχουμε αναφέρει η ταξινόμηση τους γίνεται σύμφωνα με το καθαρό παρόν κόστος θεωρώντας ως καλύτερο εκείνο το σύστημα με το μικρότερο καθαρό παρόν κόστος.

Πίνακας 4.26: Οι είκοσι καλύτεροι συνδυασμοί υβριδικών συστημάτων που προέκυψαν μετά τη βελτιστοποίηση (ολικά αποτελέσματα)

A/A	Στοιχεία υβριδικού συστήματος	Στρατηγική λειτουργίας της νηξελογεννήτριας και των μπαταριών	Αρχικό Κόστος (\$)	Καθαρό παρον κόστος (\$)	Κόστος Ενέργειας (\$/kWh)	Κλάσμα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμου (L)	Ώρες λειτουργίας νηξελο γεννήτριας (hrs)
1	NT 10 kW, 12 ΜΠ, ME 2 kW		10320	99696	0.426	0	10505	5457
2	NT 10 kW, 16 ΜΠ, ME 2 kW		11160	100011	0.428	0	10479	5404
3	NT 10 kW, 24 ΜΠ, ME 2 kW		12840	101042	0.432	0	10466	5386
4	NT 10 kW, 8 ΜΠ, ME 2 kW		9480	101227	0.433	0	10744	5848
5	NT 10 kW, 32 ΜΠ, ME 2 kW		14520	102209	0.437	0	10464	5383
6	NT 10 kW, 40 ΜΠ, ME 2 kW		16200	103388	0.442	0	10464	4127

7	NT 10 kW, 24 ΜΠ, ME 4 kW	14640	104001	0.445	0	9962	5383
8	NT 10 kW, 48 ΜΠ, ME 2 kW	17880	104724	0.448	0	10464	4929
9	NT 10 kW, 16 ΜΠ, ME 4 kW	12960	105116	0.450	0	10355	5425
10	NT 10 kW, 12 ΜΠ, ME 4 kW	12120	105907	0.453	0	10614	4123
11	NT 10 kW, 24 ΜΠ, ME 6 kW	16440	105927	0.453	0	9958	3322
12	NT 10 kW, 40 ΜΠ, ME 6 kW	19800	106934	0.457	0	9604	2966
13	NT 10 kW, 48 ΜΠ, ME 8 kW	23280	107231	0.459	0	9350	6025
14	NT 10 kW, 8 ΜΠ, ME 2 kW	11280	107495	0.460	0	11064	5383
15	NT 10 kW, 56 ΜΠ, ME 8 kW	19560	107519	0.460	0	10464	4123
16	NT 10 kW, 24 ΜΠ, ME 8 kW	18240	107916	0.462	0	9958	2914
17	NT 10 kW, 56 ΜΠ, ME 6 kW	24960	107990	0.462	0	9318	4996
18	NT 10 kW, 16 ΜΠ, ME 6 kW	14760	108106	0.462	0	10422	3323
19	NT 10 kW, 48 ΜΠ, ME 6 kW	21480	108110	0.462	0	9604	4195
20	NT 10 kW, 32 ΜΠ, ME 4 kW	16320	108186	0.463	0	10112	3454

NT : Ντηζελογεννήτρια

ME : Μετατροπέας

ΦΒ : Φωτοβολταικά

ΑΓ : Ανεμογεννήτρια

ΜΠ : Μπαταρία

CC : Cycle charging/ Κύκλος φόρτισης

LF : Load following/ Επικουρική φόρτιση

ΥΔΡ: Υδροηλεκτρικό σύστημα

Στο Πίνακα 4.27 περιέχονται οι δέκα ‘χειρότεροι’ συνδυασμοί υβριδικών συστημάτων που περιέχονται στα ολικά αποτελέσματα που προκύπτουν μετά από τη

βελτιστοποίηση που διενεργεί το **HOMER**. Πιο συγκεκριμένα πρόκειται για τα υβριδικά συστήματα ενέργειας με το μεγαλύτερο καθαρό παρόν κόστος

Πίνακας 4.27: Οι δέκα χειρότεροι συνδυασμοί υβριδικών συστημάτων που προέκυψαν μετά τη βελτιστοποίηση (ολικά αποτελέσματα)

A/A	Στοιχεία υβριδικού συστήματος	Στρατηγική λειτουργίας της νηξελογεννήτριας και των μπαταριών	Αρχικό Κόστος (\$)	Καθαρό παρον κόστος (\$)	Κόστος Ενέργειας (\$/kWh)	Κλάσμα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμου (L)	Ώρες λειτουργίας νηξελο γεννήτριας (hrs)
1	NT 10 kW, 40 ΜΠ, ME 6 kW, ΑΓ 3 kW ΥΔ 16.55 kW		98800	182716	0.782	0.23	7291	2566
2	NT 10 kW, 56 ΜΠ, ME 4 kW, ΑΓ 3 kW ΥΔ 16.55 kW		100360	182968	0.783	0.23	7434	2946
3	NT 10 kW, 16 ΜΠ, ME 4 kW, ΑΓ 3 kW ΥΔ 16.55 kW		91960	183105	0.783	0.24	8211	4065
4	NT 10 kW, 48 ΜΠ, ME 6 kW, ΑΓ 3 kW ΥΔ 16.55 kW		100480	183189	0.784	0.23	7231	2495

5	NT 10 kW, ΥΔ 16.55 kW	56000	183534	0.785	0.0	14391	8760
6	NT 10 kW, 48 ΜΠ, ME 8 kW, ΑΓ 3 kW ΥΔ 16.55 kW	102280	183843	0.786	0.23	7106	2304
7	NT 10 kW, 56 ΜΠ, ME 6 kW, ΑΓ 3 kW ΥΔ 16.55 kW	102160	184125	0.788	0.23	7208	2471
8	NT 10 kW, 56 ΜΠ, ME 8 kW, ΑΓ 3 kW ΥΔ 16.55 kW	103960	184256	0.788	0.23	7039	2221
9	NT 10 kW, 40 ΜΠ, ME 8 kW, ΑΓ 3 kW ΥΔ 16.55 kW	100600	184510	0.789	0.23	7271	2532
10	NT 10 kW, 32 ΜΠ, ME 6 kW, ΑΓ 3 kW ΥΔ 16.55 kW	97120	184825	0.791	0.23	7589	2975

Τόσο ο Πίνακας 4.26 όσο και ο Πίνακας 4.27 περιέχουν μερικά από τα ολικά αποτελέσματα της βελτιστοποίησης. Σαν ολικά αποτελέσματα βελτιστοποίησης θεωρούμε όλους τους πιθανούς συνδυασμούς των διαφορετικών υβριδικών συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας. Αντιθέτως ο Πίνακας 4.28 περιέχει τα δέκα πρώτα υβριδικά συστήματα των κατηγοριοποιημένων αποτελεσμάτων της βελτιστοποίησης. Σαν κατηγοριοποιημένα αποτελέσματα, θεωρούμε το σύνολο των διαφορετικών συστημάτων ενέργειας που έχει προκύψει επιλέγοντας κάθε φορά τον καλύτερο συνδυασμό υβριδικού συστήματος από κάθε ομάδα συνδυασμών υβριδικών συστημάτων.

Πίνακας 4.28: Οι διαφορετικοί συνδυασμοί υβριδικών συστημάτων που προέκυψαν μετά τη βελτιστοποίηση (κατηγοριοποιημένα αποτελέσματα)

A/A	Στοιχεία υβριδικού συστήματος	Στρατηγική λειτουργίας νηξέλο γεννήτριας και μπαταριών	Αρχικό Κόστος (\$)	Καθαρό παρον κόστος (\$)	Κόστος Ενέργειας (\$/kWh)	Κλάσμα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμου (L)	Ώρες λειτουργίας νηξέλο γεννήτριας (hrs)
1	NT 10 kW, 32 ΜΠ, ME 6 kW		10320	99696	0.426	0.00	10505	5457
2	NT 10 kW, 32 ΜΠ, ME 6 kW, ΑΓ 3 kW		43640	120125	0.514	0.00	7653	3276
3	NT 10 kW		6000	123832	0.530	0.00	14391	8760
4	NT 10 kW, 32 ΜΠ, ME 6 kW, ΥΔ 16.55 kW		60320	159397	0.682	0.00	10505	5457
5	NT 10 kW, ME 6 kW, ΑΓ 3 kW		36800	159462	0.682	0.00	14035	8652
6	NT 10 kW, 32 ΜΠ, ME 6 kW, ΑΓ 3 kW, ΥΔ 16.55 kW		93640	179826	0.682	0.00	17653	3276
7	NT 10 kW, ΥΔ 16.55 kW		56000	183534	0.769	0.00	14391	8760
8	NT 10 kW, ΑΓ 3 kW, ΥΔ 16.55 kW		86800	219163	0.785	0.00	14035	8652

4.9 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

Επειδή έχουν εισαχθεί μεταβλητές ευαισθησίας το HOMER θα εκτελέσει ξανά την βελτιστοποίηση για κάθε μια από αυτές τις μεταβλητές. Στο Πίνακα 4.29 που ακολουθεί παρουσιάζονται ενδεικτικά τα είκοσι πρώτα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας. Ο Πίνακας 4.29 είναι ίδιος με τους Πίνακες 4.26, 4.27 και 4.28 αντίστοιχα της βελτιστοποίησης, με τη μόνη διαφορά ότι σε αυτόν περιέχονται και οι μεταβλητές της ανάλυσης ευαισθησίας.

Πίνακας 4.29: Οι διαφορετικοί συνδυασμοί υβριδικών συστημάτων που προέκυψαν μετά την ανάλυση ευαισθησίας

A/A	Στοιχεία υβριδικού συστήματος	Κλάσμα μη εξυπηρετούμενης ενέργειας (%)	Ταχύτητα αέρα (m/sec)	Ροή ύδατος (L/s)	Στρατηγική λειτουργίας της νηξελογεννήτριας και των μπαταριών	Αρχικό Κόστος (\$)	Καθαρό παρον κόστος (\$)	Κόστος Ενέργειας (\$/kWh)	Κλάσμα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμου (L)	Ώρες λειτουργίας νηξελο γεννήτριας (hrs)
1	NT 10 kW, 12 ΜΠ, ME 2 kW		4	10		10320	99696	0.426	0.0	10505	5457
2	NT 10 kW, 12 ΜΠ, ME 2 kW		4	15		10320	99696	0.426	0.0	10505	5457
3	NT 10 kW, 12 ΜΠ, ME 2 kW		4	20		10320	99696	0.426	0.0	10505	5457
4	ΥΔ 16.55 kW		4	25		50000	59701	0.255	0.0	0.00	0.00
5	ΥΔ 16.55 kW		4	30		50000	59701	0.255	0.0	0.00	0.00
6	ΥΔ 16.55 kW		4	35		50000	59701	0.255	0.0	0.00	0.00
7	ΥΔ 16.55 kW		4	40		50000	59701	0.255	0.0	0.00	0.00

Πίνακας 4.29: Οι διαφορετικοί συνδυασμοί υβριδικών συστημάτων που προέκυψαν μετά την ανάλυση ευαισθησίας

8	NT 10 kW, 12 ΜΠ, ΜΕ 2 kW	5	10	10320	99696	0.426	0.0	10505	5457
9	NT 10 kW, 12 ΜΠ, ΜΕ 2 kW	5	15	10320	99696	0.426	0.0	10505	5457
10	NT 10 kW, 12 ΜΠ, ΜΕ 2 kW	5	20	10320	99696	0.426	0.0	10505	5457
11	ΥΔ 16.55 kW	5	25	50000	59701	0.255	0.0	0.0	0.0
12	ΥΔ 16.55 kW	5	30	50000	59701	0.255	0.0	0.0	0.0
13	ΥΔ 16.55 kW	5	35	50000	59701	0.255	0.0	0.0	0.0

Πίνακας 4.29: Οι διαφορετικοί συνδυασμοί υβριδικών συστημάτων που προέκυψαν μετά την ανάλυση ευαισθησίας (συνέχεια)

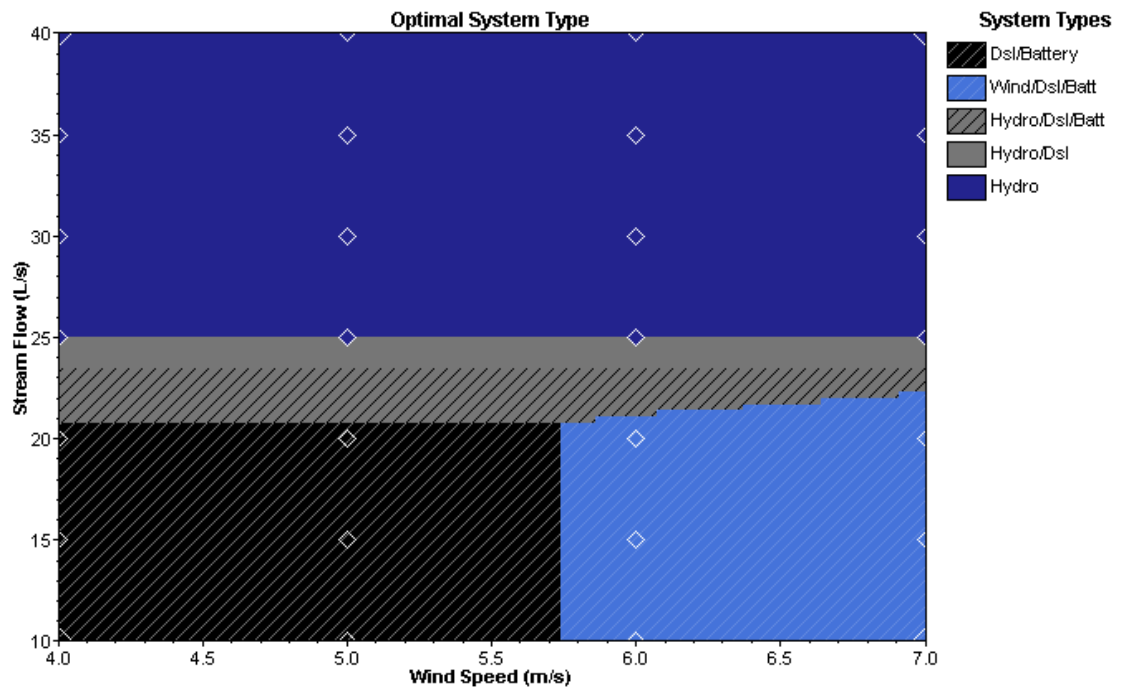
14	ΥΔ 16.55 kW	3	1.0	50000	59701	0.255	0.0	0.0	0.0
15	NT 10 kW, 32 ΜΠ, ΜΕ 4 kW, ΑΓ 3 kW	3	1.0	45320	97168	0.416	0.0	4838	2154
16	NT 10 kW, 32 ΜΠ, ΜΕ 4 kW, ΑΓ 3 kW	4	0.2	45320	97168	0.416	0.0	4838	2154
17	NT 10 kW, 32 ΜΠ, ΜΕ 4 kW, ΑΓ 3 kW	4	0.2	45320	97168	0.416	0.0	4838	2154
18	ΥΔ 16.55 kW	4	0.2	50000	59701	0.255	0.0	0.0	0.0
19	ΥΔ 16.55 kW	4	0.4	50000	59701	0.255	0.0	0.0	
20	ΥΔ 16.55 kW	4	0.4	50000	59701	0.255	0.0	0.0	

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας παρουσιάζονται από το πρόγραμμα και με τη μορφή γραφημάτων. Σε κάθε γράφημα τόσο ο οριζόντιος όσο και ο κάθετος άξονας αντιστοιχούν ο καθένας τους σε κάποια μεταβλητή ανάλυσης ευαισθησίας που εμείς έχουμε εισάγει στο πρόγραμμα. Το HOMER μας δίνει τη δυνατότητα αλλάζοντας τις τιμές των μεταβλητών ανάλυσης ευαισθησίας αλλά και τις θέσεις των ίδιων των μεταβλητών στους άξονες, να δημιουργούμε μια συνολική εικόνα για το πώς οι μεταβλητές ανάλυσης ευαισθησίας επηρεάζουν τα αποτελέσματα του προγράμματος HOMER.

Στο Σχήμα 4.11 φαίνεται το χαρακτηριστικό γραφήμα της ανάλυσης ευαισθησίας

Στο Σχήμα 4.11 φαίνεται το αποτέλεσμα της ανάλυσης ευαισθησίας με την τιμή της ροής ύδατος και την τιμή της ταχύτητας αέρα να αποτελούν τις μεταβλητές ανάλυσης ευαισθησίας. Από το Σχήμα 4.11 φαίνεται ότι :

- Για τιμές της ροής ύδατος ($< 20.6 \text{ L/s}$) και τιμές ταχύτητες αέρα ($< 5.72 \text{ m/sec}$) το HOMER συμβουλεύει να χρησιμοποιηθεί ένα σύστημα που περιέχει νηζελογεννήτρια και μπαταρία
- Για τιμές της ροής ύδατος ($< 20.6 \text{ L/s}$) και τιμές ταχύτητες αέρα ($> 5.72 \text{ m/sec}$) το HOMER συμβουλεύει να χρησιμοποιηθεί ένα σύστημα που περιέχει νηζελογεννήτρια, ανεμογεννήτρια και μπαταρία
- Για τιμές της ροής ύδατος από 20.6 L/s έως 23.4 L/s και τιμές ταχύτητας αέρα από 4 έως 7 m/s το HOMER συμβουλεύει να χρησιμοποιηθεί ένα σύστημα που περιέχει νηζελογεννήτρια, υδροηλεκτρικό σύστημα και μπαταρία
- Για τιμές της ροής ύδατος από 23.4 L/s έως 24.9 L/s και τιμές ταχύτητας αέρα από 4 έως 7 m/s το HOMER συμβουλεύει να χρησιμοποιηθεί ένα σύστημα που περιέχει νηζελογεννήτρια και υδροηλεκτρικό σύστημα
- Για τιμές της ροής ύδατος από 24.9 L/s έως 40 L/s και τιμές ταχύτητας αέρα από 4 έως 7 m/s το HOMER συμβουλεύει να χρησιμοποιηθεί ένα σύστημα που περιέχει υδροηλεκτρικό σύστημα



Σχήμα 4.11: Γράφημα αποτελεσμάτων ανάλυσης ευαισθησίας, με την τιμή της ροής ύδατος και την ταχύτητα αέρα να αποτελούν τις αντίστοιχες μεταβλητές ευαισθησίας

4.10 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα αποτελέσματα της βελτιστοποίησης σαν καλύτερο κρίνεται ένα σύστημα που περιέχει νηζελογεννήτρια 10 kW, 12 μπαταρίες και ένα μετατροπέα 2 kW. Όσον αφορά τα κόστη, το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι 103200 \$, το καθαρό παρόν κόστος 99696 \$ και το κόστος ενέργειας είναι 0.426 \$/kWh. Επίσης, η κατανάλωση της νηζελογεννήτριας είναι 10505 L ενώ λειτουργεί για 5457 ώρες.

4.11 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [4.1] NREL, *HOMER: the optimization model for distributed power*. National renewable energy laboratory. It can be downloaded from <http://www.nrel.gov/homer>
- [4.2] NREL, *HOMER: the micropower optimization model, version 2.19*. National renewable energy laboratory. It can be downloaded from <http://www.nrel.gov/homer>

ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 3: ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ, ΝΤΗΖΕΛΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ, ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΗΣ, ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

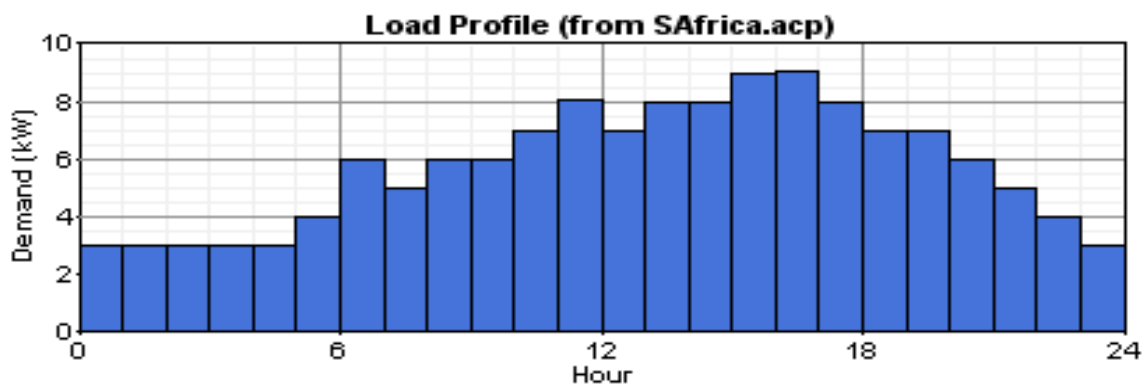
Στο κεφάλαιο αυτό μελετάται ένα υβριδικό σύστημα που αποτελείται από φωτοβολταϊκά, ντηζελογεννήτρια, ηλεκτρολύτη και δεξαμενή υδρογόνου. Τα στοιχεία του υβριδικού συστήματος φαίνονται στο Πίνακα 5.2. Η μέγιστη ζήτηση του φορτίου είναι 8.5 kW (Σχήμα 5.1). Από την ανάλυση προκύπτει ότι βέλτιστο σύστημα είναι εκείνο που περιέχει φωτοβολταϊκά ισχύος 80 kW, ντηζελογεννήτρια 20 kW, ηλεκτρολύτη 60 kW, δεξαμενή υδρογόνου 60 kW. Η πλεονάζουσα ηλιακή ενέργεια πηγαίνει στον ηλεκτρολύτη, από τον οποίο παράγεται το υδρογόνο που αποθηκεύεται στη δεξαμενή υδρογόνου. Η ντηζελογεννήτρια παράγει ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιώντας το αποθηκευμένο υδρογόνο ως καύσιμο.

5.2 ΦΟΡΤΙΑ

Στις επιλογές του προγράμματος **HOMER** διαλέγουμε το κύριο φορτίο σαν το φορτίο που επιθυμούμε να συνδεθεί με τα συστατικά στοιχεία του συστήματος ενέργειας, ενώ επιλεγούμε και τον τύπο ρεύματος που επιθυμούμε, στην προκειμένη περίπτωση AC. Στη συνέχεια εισαγάγουμε 24 τιμές φορτίου σε kW, κάθε μια από αυτές τις τιμές αντιπροσωπεύει και μια διαφορετική ώρα στη διάρκεια μιας ολόκληρης μέρας. Στο Πίνακα 5.1 παρουσιάζονται οι συγκεκριμένες επιλογές. Το **HOMER** παρουσιάζει γραφικά τις τιμές του Πίνακα 5.1 όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.1.

Πίνακας 5.1 Δεδομένα φορτίου

Ωρες	Φορτίο σε (kW)
00:00-01:00	3.014
01:00-02:00	2.994
02:00-03:00	2.991
03:00-04:00	2.998
04:00-05:00	3.036
05:00-06:00	3.994
06:00-07:00	6.017
07:00-08:00	5.008
08:00-09:00	5.981
09:00-10:00	5.989
10:00-11:00	6.977
11:00-12:00	8.063
12:00-13:00	6.961
13:00-14:00	7.986
14:00-15:00	7.984
15:00-16:00	9.003
16:00-17:00	9.025
17:00-18:00	7.980
18:00-19:00	6.969
19:00-20:00	6.978
20:00-21:00	6.019
21:00-22:00	5.000
22:00-23:00	3.994
23:00-24:00	2.981



Σχήμα 5.1: Σχηματική αναπαράσταση φορτίου.

5.3 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στο Πίνακα 5.2 περιγράφονται αναλυτικά τα συστατικά μέρη από τα οποία αποτελείται το συγκεκριμένο υβριδικό σύστημα.

Πίνακας 5.2: Στοιχεία υβριδικού συστήματος

Αριθμός στοιχείων	Τεχνικά χαρακτηριστικά	Τύπος στοιχείων	Ισχύς
1	Turbo diesel	Ντηζελογεννήτρια	10 kW
1		Ηλεκτρολύτης	3 kW
1		Δεξαμενή υδρογόνου	1,075 kWh
1		Φωτοβολταϊκά	1 kW

5.3.1 Ντηζελογεννήτρια

Πίνακας 5.3: Δεδομένα ντηζελογεννήτριας.

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Χρόνος ζωής	40000 hrs
2	Η ελάχιστη ποσότητα ενέργειας που μπορεί να παρέχει η ντηζελογεννήτρια στο σύστημα, η οποία εκφράζεται ως ποσοστό της συνολικής ισχύς της ντηζελογεννήτριας	0%
3	Η κατανάλωση καυσίμου προς την εγκατεστημένη ισχύ της ντηζελογεννήτριας	0.0 L / hr / kW
4	Η πρόσθετη ποσότητα καυσίμου που χρησιμοποιείται ανά ώρα καθώς ο εφοδιασμός της γεννήτριας αυξάνει	0.06 L / hr / kW
5	Το ποσοστό της θερμότητας των αποβλήτων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξυπηρετήσει το θερμικό φορτίο.	-
6	Η ενέργεια που απελευθερώνεται ανά κιλό καυσίμων που καταναλώνεται	43.2 MJ/kg
7	Πυκνότητα	820 kg/m ³
8	Η βασισμένη στη μάζα περιεκτικότητα σε άνθρακα των καυσίμων	88%
9	Το ποσό άνθρακα που εκπέμπεται ετησίως από τη ντηζελογεννήτρια	-

5.3.1.1 Καυσαέρια

Στο πίνακα 5.4 περιέχονται όλες οι τιμές που αναφέρονται στα καυσαέρια που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα.

Πίνακας 5.4: Καυσαέρια

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Ποσό άνθρακα που εκπέμπεται ανά μονάδα καυσίμου	6.5 g/L
2	Ποσό υδρογονανθράκων που εκπέμπεται ανά μονάδα καυσίμου	0.72 g/L
3	Ποσό ΡΜ που εκπέμπεται ανά μονάδα καυσίμου	0.49 g/L
4	Ποσό θείου που εκπέμπεται ανά μονάδα καυσίμου	2.2 g/L
5	Ποσό οξειδίων του αζώτου που εκπέμπεται ανά μονάδα καυσίμου	58 g/L

Από τα καυσαέρια εκπέμπεται: **99.5% CO₂ , 0.4%CO ,0.1% HC**

Ακολουθούν τα κόστη της νηξελογεννήτριας όπως αυτά φαίνονται στο Πίνακα 5.5. Έτσι προκύπτει ότι η αντικατάσταση της νηξελογεννήτριας κοστίζει 3000\$, το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι 3000\$ και τέλος τα έξοδα λειτουργίας 0.1\$/hr.

Πίνακας 5.5: Κόστη νηξελογεννήτριας.

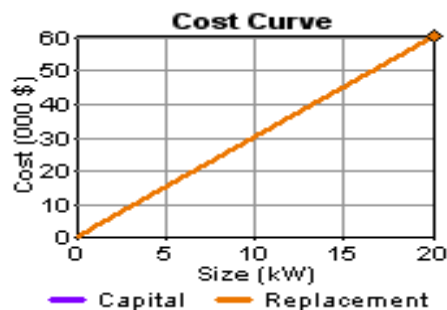
Μέγεθος (kW)	Κόστος αρχικής επένδυσης (\$)	Κόστος αντικατάστασης (\$)	Κόστος λειτουργίας και συντήρησης (\$/hr)
1	3000	3000	0.1

Στο Πίνακα 5.6 εισάγουμε τα μεγέθη εκείνα των νηξελογεννητριών που θέλουμε να λάβει ιδιαίτερα υπόψη του το HOMER κατά τη διαδικασία της βελτιστοποίησης. Βάζοντας τον αριθμό 20 στον Πίνακα 5.6 ζητάμε από το HOMER κατά τη διαδικασία ανεύρεσης του βέλτιστου υβριδικού συστήματος ενέργειας να λάβει ιδιαιτέρως υπόψη του μία περίπτωση, κατά την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει νηξελογεννήτρια 20 kW.

Πίνακας 5.6: Προεπιλεγμένα μεγέθη στοιχείων συστήματος

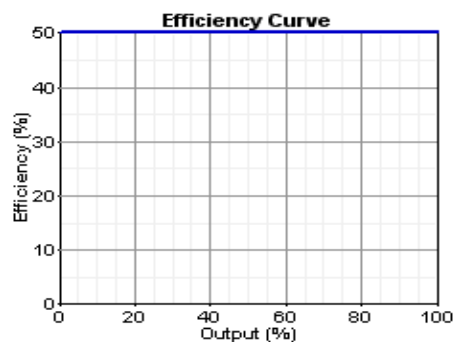
Σημαντικά μεγέθη (kW)
20

Επίσης από τα κόστη και σε συνδυασμό με το μέγεθος των νηξελογεννητριών προκύπτει και η γραφική παράσταση του κόστους. Από το πίνακα με τα κόστη έχουμε τη τιμή τόσο για το κόστος αρχικού κεφαλαίου, όσο και για το κόστος αντικατάστασης. Το HOMER χρησιμοποιώντας αυτές τις τιμές που μεταβάλλονται γραμμικά σε σχέση με την ισχύ της νηξελογεννήτριας δημιουργεί το γράφημα κόστους, Σχήμα 5.2



Σχήμα 5.2: Καμπύλη κόστους αρχικής επένδυσης και κόστους αντικατάστασης νηζελογεννήτριας 20 kW.

Τέλος εισάγοντας την ενέργεια που παρέχει η νηζελογεννήτρια αλλά και την ωριαία κατανάλωση της σε καύσιμο το **HOMER** παρέχει το γράφημα απόδοσης της νηζελογεννήτριας, Σχήμα 5.3



Σχήμα 5.3: Καμπύλη απόδοσης καυσίμου

5.3.2 Φωτοβολταϊκά

Στο Πίνακα 5.7 είναι τα δεδομένα των φωτοβολταϊκών

Πίνακας 5.7: Δεδομένα φωτοβολταϊκών

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Παράγοντας κλιμάκωσης που ισχύει για την παραγωγή ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια και καταγράφει τις απώλειες.	90%
2	Ο τύπος συστήματος που χρησιμοποιείται για να κατευθύνει τις κλίσεις των φωτοβολταϊκών προς τον ήλιο	-
3	Η γωνία στην οποία τοποθετούνται τα φωτοβολταϊκά σχετικά με τον ορίζοντα.	40 ⁰
4	Η κατεύθυνση ως προς την οποία τα φωτοβολταϊκά πλαίσια είναι γερμένα	0 ⁰
5	Το ποσοστό της επιφάνειας εδάφους στο οποίο αντανακλάται η ακτινοβολία	20%
6	Χρόνος ζωής	20 έτη

Πίνακας 3.8: Κόστη φωτοβολταϊκών

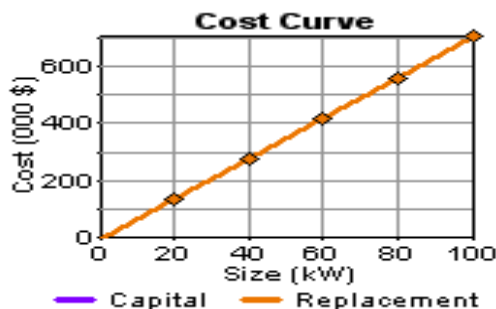
Μέγεθος (kW)	Κόστος αρχικής επένδυσης (\$)	Κόστος αντικατάστασης (\$)	Κόστος λειτουργίας και συντήρησης (\$/hr)
1	7000	7000	0

Στο Πίνακα 5.9 εισάγουμε τα μεγέθη εκείνα των φωτοβολταϊκών που θέλουμε να λάβει ιδιαίτερα υπόψη του το HOMER κατά τη διαδικασία της βελτιστοποίησης. Βάζοντας τους αριθμούς 0, 20, 40, 60... στον Πίνακα 5.9 ζητάμε από το HOMER κατά τη διαδικασία ανεύρεσης του βέλτιστου υβριδικού συστήματος ενέργειας να λάβει ιδιαιτέρως υπόψη του έξι περιπτώσεις: μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα δεν περιέχει καθόλου φωτοβολταϊκά, μία κατά την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει φωτοβολταϊκά 20 kW κ.ο.κ. Πρέπει να διευκρινίσουμε ότι το HOMER κατά τη διαδικασία της βελτιστοποίησης θα εξετάσει τις δέκα αυτές περιπτώσεις, αλλά και άλλες που αυτό κρίνει ως απαραίτητες, διαφορετικά τη μια από την άλλη.

Πίνακας 5.9: Προεπιλεγμένα μεγέθη στοιχείων συστήματος

Σημαντικά μεγέθη
Μέγεθος (kW)
0
20
40
60
80
100

Από το Πίνακα 5.8 με τα κόστη προκύπτει και το γράφημα κόστους, Σχήμα 5.4.



Σχήμα 5.4: Καμπύλη κόστους αρχικής επένδυσης και κόστους αντικατάστασης PV 10 kW

5.3.3 Ηλεκτρολύτης

Πίνακας 5.10: Δεδομένα ηλεκτρολύτη

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Χρόνος ζωής	15 years
2	Απόδοση ηλεκτρολύτη. Πιο συγκεκριμένα είναι η ποσότητα υδρογόνου που μπορεί να παραχθεί διαιρούμενη από την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται	85%
3	Η ελάχιστη ενέργεια στην οποία μπορεί να λειτουργήσει ο ηλεκτρολύτης	0%
4	Τι είδους ρεύμα καταναλώνει ο ηλεκτρολύτης	DC

Στο Πίνακα 5.11 φαίνονται τα κόστη του ηλεκτρολύτη.

Πίνακας 5.11: Κόστη ηλεκτρολύτη

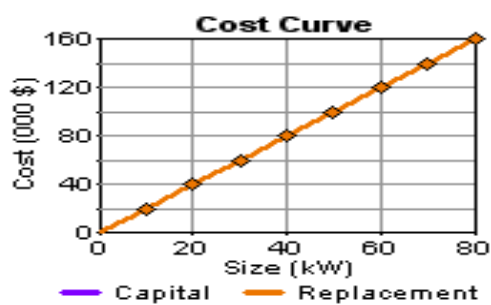
Ποσότητα	Κόστος αρχικής επένδυσης (\$)	Κόστος αντικατάστασης (\$)	Κόστος λειτουργίας και συντήρησης (\$/hr)
1	2000	2000	0

Στο Πίνακα 5.12 εισάγουμε τα μεγέθη εκείνα των φωτοβολταϊκών που θέλουμε να λάβει ιδιαίτερα υπόψη του το HOMER κατά τη διαδικασία της βελτιστοποίησης. Βάζοντας τους αριθμούς 0, 10, 20, 30... στον Πίνακα 5.12 ζητάμε από το HOMER κατά τη διαδικασία ανεύρεσης του βέλτιστου υβριδικού συστήματος ενέργειας να λάβει ιδιαίτερος υπόψη του έξι περιπτώσεις: μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα δεν

περιέχει καθόλου ηλεκτρολύτη, μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει ηλεκτρολύτη 10 kW, κτλ.

Πίνακας 5.12: Προεπιλεγμένα μεγέθη στοιχείων συστήματος

Σημαντικά μεγέθη
Ποσότητα
0
10
20
30
40
50
60
70
80



Σχήμα 5.5: Καμπύλη κόστους αρχικής επένδυσης και κόστους αντικατάστασης ηλεκτρολύτη 80 kW

5.3.4 Δεξαμενή υδρογόνου

Πίνακας 5.13: Δεδομένα δεξαμενής υδρογόνου.

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Χρόνος ζωής	25 years
2	Η στάθμη της δεξαμενής στην αρχή της προσομοίωσης. Εκφράζεται είτε ως ποσοστό της συνολικής χωρητικότητας της δεξαμενής είτε ως απόλυτο μέγεθος	10%
3	Αν επιλέξουμε τη συγκεκριμένη επιλογή τότε το HOMER θεωρεί ως αναξιόπιστο οποιοδήποτε σύστημα στο τέλος του έτους περιέχει λιγότερο υδρογόνο από αυτό που περιείχε στην αρχή της προσομοίωσης	ναι

Στο Πίνακα 5.14 φαίνονται τα κόστη της δεξαμενής υδρογόνου:

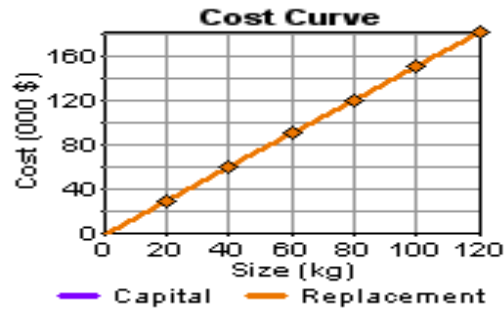
Πίνακας 5.14: Κόστη δεξαμενής υδρογόνου

Ποσότητα	Κόστος αρχικής επένδυσης (\$)	Κόστος αντικατάστασης (\$)	Κόστος λειτουργίας και συντήρησης (\$/hr)
1	1500	1500	0

Στο Πίνακα 5.15 εισάγουμε τα μεγέθη εκείνα της δεξαμενής που θέλουμε να λάβει ιδιαίτερα υπόψη του το **HOMER** κατά τη διαδικασία της βελτιστοποίησης. Βάζοντας τους αριθμούς 0, 20, 40, 60... στον Πίνακα 5.15 ζητάμε από το **HOMER** κατά τη διαδικασία ανεύρεσης του βέλτιστου υβριδικού συστήματος ενέργειας να λάβει ιδιαιτέρως υπόψη του έξι περιπτώσεις: μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα δεν περιέχει δεξαμενή, μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει μια δεξαμενή 20 kg, μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει μια δεξαμενή 40 kg κ.ο.κ.

Πίνακας 5.15: Προεπιλεγμένα μεγέθη στοιχείων συστήματος

Σημαντικά μεγέθη
Χωρητικότητα
0
20
40
60
80
100



ΣΧΗΜΑ 5.8: Καμπύλη κόστους αρχικής επένδυσης και κόστους αντικατάστασης για δεξαμενή 120 kg

5.4 ΠΟΡΟΙ

5.4.1 Ηλιακό δυναμικό

Σαν μεταβλητές εισόδου για το ηλιακό δυναμικό το HOMER ζητάει εκτός από το γεωγραφικό μήκος και πλάτος της περιοχής, τη μέση ημερήσια ακτινοβολία αλλά και το μέσο δείκτη καθαρότητας της ατμόσφαιρας κάθε μήνα. Οπότε προκύπτουν τα στοιχεία του Πίνακα 5.16.

Πίνακας 5.16: Μεταβλητές εισόδου ηλιακού δυναμικού

Μήνας	Δείκτης καθαρότητας	Ημερήσια ακτινοβολία (kW/m ² /d)
Ιανουάριος	0.564	2.392
Φεβρουάριος	0.552	3.111
Μάρτιος	0.611	4.655
Απρίλιος	0.589	5.672
Μάιος	0.575	6.339
Ιούνιος	0.587	6.809
Ιούλιος	0.583	6.575
Αύγουστος	0.598	6.050
Σεπτέμβριος	0.620	5.141
Οκτώβριος	0.620	3.848
Νοέμβριος	0.580	2.637
Δεκέμβριος	0.577	2.200

Το HOMER στη συνέχεια κάνει κλιμάκωση των παραπάνω δεδομένων για να διευκολύνει έτσι την προσομοίωση. Το HOMER από μόνο του έχει υπολογίσει τους μέσους όρους των παραπάνω στοιχείων και έχει θέσει τον ημερήσιο μέσο όρο της ακτινοβολίας ίσο με τον κλιμακωτό μέσο όρο.

5.5 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ

Στο Πίνακα 5.17 φαίνονται τα οικονομικά δεδομένα

Πίνακας 5.17: Οικονομικά

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Το ποσοστό έκπτωσης που χρησιμοποιείται για να εξισωθούν τα εφάπαξ κόστη με τα ετήσια κόστη	6 %
2	Χρόνος ζωής του έργου	25 έτη
3	Το κόστος σταθερού κεφαλαίου που εμφανίζεται ανεξάρτητα από το μέγεθος ή την αρχιτεκτονική του συστήματος.	0\$
4	Οι σταθερές ετήσιες δαπάνες που εμφανίζονται ανεξάρτητα από το μέγεθος ή την αρχιτεκτονική του συστήματος.	0\$
5	Μια ποινική ρήτρα που ισχύει σε περίπτωση που προκύψουν προβλήματα κατά την υλοποίηση του έργου	0\$

5.6 ΕΛΕΓΧΟΣ ΝΤΗΖΕΛΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Πίνακας 5.18: Δεδομένα ελέγχου ντηζελογεννήτριας.

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Αυτό το παράθυρο ελέγχου ελέγχει εάν το HOMER εξετάζει τα συστήματα που περιέχουν περισσότερες από μια γεννήτριες. Δεν έχει καμία επίδραση εάν εξετάζετε μόνο μια ντηζελογεννήτρια.	ναι
2	Αυτό το παράθυρο ελέγχου έχει επιπτώσεις μόνο στη λειτουργία των συστημάτων που περιλαμβάνουν δύο ή περισσότερες ντηζελογεννήτριες στο ίδιο σύστημα ενέργειας. Εάν επιλέξουμε αυτή τη λειτουργία, το HOMER θα επιτρέψει στις πολλαπλάσιες ντηζελογεννήτριες του ίδιου συστήματος να λειτουργήσουν αμέσως όποτε είναι απαραίτητο. Διαφορετικά, οι πολλαπλάσιες ντηζελογεννήτριες στο ίδιο σύστημα ενέργειας πρέπει να πάρουν τη λειτουργία στροφών.	ναι
3	Αυτό το παράθυρο ελέγχου ελέγχει εάν το HOMER θα εξετάσει τα συστήματα των οποίων η συνολική ισχύς ντηζελογεννητριών είναι λιγότερη από το ετήσιο μέγιστο αρχικό φορτίο.	ναι
4	Με τη συγκεκριμένη στρατηγική η ντηζελογεννήτρια όποτε είναι απαραίτητο, παράγει τόση ενέργεια όση ακριβώς χρειάζεται για να καλυφθεί η ζήτηση	ναι
5	Με τη συγκεκριμένη στρατηγική η ντηζελογεννήτρια δουλεύει στο μέγιστο των δυνατοτήτων της και με την πρόσθετη ενέργεια που παράγεται φορτίζεται η μπαταρία	ναι
6		ναι
7	Η γεννήτρια θα σταματήσει να φορτίζει τη μπαταρία όταν αυτή πιάσει την αναγκαία στάθμη ενέργειας, όταν δηλαδή το επίπεδο φόρτισης φτάσει σε ένα συγκεκριμένο σημείο	80%

5.7 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Πίνακας 5.19: Περιορισμοί

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Είναι η μέγιστη δυνατή τιμή του capacity shortage fraction το οποίο είναι το κλάσμα της συνολικής χωρητικότητας σε ενέργεια διαιρούμενη από το ετήσιο φορτίο	2%
2	Είναι η μικρότερη δυνατή τιμή του κλάσματος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	0%
3	Μια τιμή 10% της συγκεκριμένης μεταβλητής σημαίνει πως το σύστημα θα πρέπει να διατηρήσει ενέργεια από τη χωρητικότητα του για να υποστηρίξει μια ξαφνική αύξηση του φορτίου κατά 10%	10%
4	Αν η μέγιστη τιμή που παίρνει το φορτίο είναι 40 kW και εμείς για κάποιο λόγο θέλουμε το σύστημα να είναι σε θέση να παρέχει συνεχώς 8 kW τότε η τιμή της συγκεκριμένης μεταβλητής είναι 20%	0%
5	Μια τιμή 50% αυτής της μεταβλητής σημαίνει πως το σύστημα θα πρέπει να είναι έτοιμο να παρέχει ενέργεια από τη χωρητικότητά του ακόμα και σε περίπτωση που η ενέργεια που παράγεται από την ανεμογεννήτρια μειωθεί κατά 50%	50%

5.8 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Στο πίνακα 5.20 φαίνονται τα είκοσι πρώτα υβριδικά συστήματα ενέργειας τα οποία αποτελούν αποτέλεσμα της βελτιστοποίησης της σχεδίασης που εφαρμόζει το HOMER προκειμένου να βρει το βέλτιστο σύστημα. Οι είκοσι αυτοί συνδυασμοί των υβριδικών συστημάτων ενέργειας είναι οι καλύτεροι αφού όπως έχουμε αναφέρει η ταξινόμηση τους γίνεται σύμφωνα με το καθαρό παρόν κόστος θεωρώντας ως καλύτερο εκείνο το σύστημα με το μικρότερο καθαρό παρόν κόστος.

Πίνακας 5.20: Οι είκοσι καλύτεροι συνδυασμοί υβριδικών συστημάτων που προέκυψαν μετά τη βελτιστοποίηση (ολικά αποτελέσματα)

A/A	Στοιχεία υβριδικού συστήματος	Στρατηγική λειτουργίας της νηξελογεννήτριας και των μπαταριών	Αρχικό Κόστος (\$)	Καθαρό παρόν κόστος (\$)	Κόστος Ενέργειας (\$/kWh)	Κλάσμα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμου (L)	Ωρες λειτουργίας νηξελο γεννήτριας (hrs)
1	NT 20 kW, ΗΛ 60 kW, ΦΒ 80 kW, ΔΥ 60 kW		830000	1163421	1.268	1.0	0.0	5530
2	NT 20 kW, ΗΛ 50 kW, ΦΒ 80 kW, ΔΥ 80 kW		840000	1169557	1.269	1.0	0.0	5595
3	NT 20 kW, ΗΛ 40 kW, ΦΒ 80 kW, ΔΥ 100 kW		850000	1170198	1.276	1.0	0.0	5558
4	NT 20 kW, ΗΛ 70 kW, ΦΒ 80 kW, ΔΥ 60 kW		850000	1190754	1.298	1.0	0.0	5542
5	NT 20 kW, ΗΛ 60 kW, ΦΒ 80 kW, ΔΥ 80 kW		860000	1198998	1.295	1.0	0.0	5654
6	NT 20 kW, ΗΛ 50 kW, ΦΒ 80 kW, ΔΥ 100 kW		870000	1204356	1.296	1.0	0.0	5702

7	NT 20 kW, HΛ 40 kW, ΦB 80 kW, ΔY 120 kW	880000	1205190	1.302	1.0	0.0
8	NT 20 kW, HΛ 80 kW, ΦB 80 kW, ΔY 60 kW	870000	1217591	1.327	1.0	0.0
9	NT 20 kW, HΛ 70 kW, ΦB 80 kW, ΔY 80 kW	880000	1225970	1.324	1.0	0.0
10	NT 20 kW, HΛ 50 kW, ΦB 100 kW, ΔY 20 kW	890000	1225974	1.335	1.0	0.0
11	NT 20 kW, HΛ 60 kW, ΦB 80 kW, ΔY 100 kW	890000	1232222	1.324	1.0	0.0
12	NT 20 kW, HΛ 80 kW, ΦB 80 kW, ΔY 120 kW	900000	1237082	1.326	1.0	0.0
13	NT 20 kW, HΛ 60 kW, ΦB 80 kW, ΔY 80 kW	900000	1252806	1.353	1.0	0.0
14	NT 20 kW, HΛ 70 kW, ΦB 100 kW, ΔY 20 kW	910000	1256770	1.368	1.0	0.0
15	NT 20 kW, HΛ 50 kW, ΦB 80 kW, ΔY 100 kW	910000	1259059	1.360	1.0	0.0
16	NT 20 kW, HΛ 40 kW, ΦB 100 kW, ΔY 60 kW	930000	1261596	1.354	1.0	0.0

17	NT 20 kW, ΗΛ 50 kW, ΦΒ 100 kW, ΔΥ 40 kW	920000	1262472	1.387	1.0	0.0	5456
18	NT 20 kW, ΗΛ 60 kW, ΦΒ 80 kW, ΔΥ 120 kW	920000	1263874	1.381	1.0	0.0	5763
19	NT 20 kW, ΗΛ 70 kW, ΦΒ 100 kW, ΔΥ 20 kW	930000	1285105	1.383	1.0	0.0	5435
20	NT 20 kW, ΗΛ 80 kW, ΦΒ 80 kW, ΔΥ 100 kW	930000	1285850	1.384	1.0	0.0	5727

NT : Ντηζελογεννήτρια

ΜΕ : Μετατροπέας

ΦΒ : Φωτοβολταϊκά

ΑΓ : Ανεμογεννήτρια

ΜΠ : Μπαταρία

CC : Cycle charging / Κύκλος φόρτισης

LF : Load following / Επικουρική φόρτιση

ΔΥ: Δεξαμενή υδρογόνου

ΗΛ: Ηλεκτρολύτης

Στο Πίνακα 5.21 περιέχονται οι δέκα ‘χειρότεροι’ συνδυασμοί υβριδικών συστημάτων που περιέχονται στα ολικά αποτελέσματα που προκύπτουν μετά από τη βελτιστοποίηση που διενεργεί το HOMER. Πιο συγκεκριμένα πρόκειται για τα υβριδικά συστήματα ενέργειας με το μεγαλύτερο καθαρό παρόν κόστος.

Πίνακας 5.21: Οι δέκα χειρότεροι συνδυασμοί υβριδικών συστημάτων που προέκυψαν μετά τη βελτιστοποίηση (ολικά αποτελέσματα)

A/A	Στοιχεία υβριδικού συστήματος	Στρατηγική λειτουργίας της νηζελογεννήτριας και των μπαταριών	Αρχικό Κόστος (\$)	Καθαρό παρόν κόστος (\$)	Κόστος Ενέργειας (\$/kWh)	Κλάσμα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμου (L)	Ώρες λειτουργίας νηζελο γεννήτριας (hrs)
1	NT 20 kW, ΗΛ 80 kW, ΦΒ 100 kW, ΔΥ 60 kW		1010000	1376328	1.475	1.0	0.0	5533
2	NT 20 kW, ΗΛ 70 kW, ΦΒ 100 kW, ΔΥ 80 kW		1020000	1379536	1.478	1.0	0.0	5533
3	NT 20 kW, ΗΛ 60 kW, ΦΒ 100 kW, ΔΥ 100 kW		1030000	1382744	1.482	1.0	0.0	5533
4	NT 20 kW, ΗΛ 50 kW, ΦΒ 100 kW, ΔΥ 120 kW		1040000	1385952	1.485	1.0	0.0	5533

5	NT 20 kW, ΗΛ 70 kW, ΦΒ 100 kW, ΔΥ 20 kW	1040000	1406328	1.507	1.0	0.0	5533
6	NT 20 kW, ΗΛ 70 kW, ΦΒ 100 kW, ΔΥ 20 kW	1050000	1409536	1.510	1.0	0.0	5533
7	NT 20 kW, ΗΛ 70 kW, ΦΒ 100 kW, ΔΥ 20 kW	1060000	1412744	1.514	1.0	0.0	5533
8	NT 20 kW, ΗΛ 70 kW, ΦΒ 100 kW, ΔΥ 20 kW	1070000	1436328	1.539	1.0	0.0	5533
9	NT 20 kW, ΗΛ 70 kW, ΦΒ 100 kW, ΔΥ 20 kW,	1080000	1439536	1.543	1.0	0.0	5533
10	NT 20 kW, ΗΛ 70 kW, ΦΒ 100 kW, ΔΥ 20 kW	1100000	1466328	1.571	1.0	0.0	5533

Τόσο ο Πίνακας 5.20 όσο και ο Πίνακας 5.21 περιέχουν μερικά από τα ολικά αποτελέσματα της βελτιστοποίησης. Σαν ολικά αποτελέσματα βελτιστοποίησης θεωρούμε όλους τους πιθανούς συνδυασμούς των διαφορετικών υβριδικών συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας. Αντιθέτως ο Πίνακας 5.22 περιέχει τα υβριδικά συστήματα των κατηγοριοποιημένων αποτελεσμάτων της βελτιστοποίησης. Σαν κατηγοριοποιημένα αποτελέσματα, θεωρούμε το σύνολο των διαφορετικών συστημάτων ενέργειας που έχει προκύψει επιλέγοντας κάθε φορά τον καλύτερο συνδυασμό υβριδικού συστήματος από κάθε ομάδα συνδυασμών υβριδικών συστημάτων.

Πίνακας 5.22: Οι διαφορετικοί συνδυασμοί υβριδικών συστημάτων που προέκυψαν μετά τη βελτιστοποίηση (**κατηγοριοποιημένα αποτελέσματα**)

A/A	Στοιχεία υβριδικού συστήματος	Στρατηγική λειτουργίας νηζελο γεννήτριας και μπαταριών	Αρχικό Κόστος (\$)	Καθαρό παρόν κόστος (\$)	Κόστος Ενέργειας (\$/kWh)	Κλάσμα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμου (L)	Ώρες λειτουργίας νηζελο γεννήτριας (hrs)
1	NT 20 kW, ΗΛ 60 kW, ΦΒ 80 kW, ΔΥ 60 kW		830000	1163421	1.268	1.0	0.0	5530

5.9 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

Επειδή έχουν εισαχθεί μεταβλητές ευαισθησίας το HOMER θα εκτελέσει ξανά την βελτιστοποίηση για κάθε μια από αυτές τις μεταβλητές. Στο Πίνακα 5.23 που ακολουθεί παρουσιάζονται ενδεικτικά τα είκοσι πρώτα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας. Ο Πίνακας 5.23 είναι ίδιος με τους Πίνακες 5.20, 5.21 και 5.22 αντίστοιχα της βελτιστοποίησης, με τη μόνη διαφορά ότι σε αυτόν περιέχονται και οι μεταβλητές της ανάλυσης ευαισθησίας.

Πίνακας 5.23: Οι διαφορετικοί συνδυασμοί υβριδικών συστημάτων που προέκυψαν μετά την ανάλυση ευαισθησίας

A/A	Στοιχεία υβριδικού συστήματος	Κλάσμα μη εξυπηρετούμενης ενέργειας (%)	Ταχύτητα αέρα (m/sec)	Τιμή πετρελαίου (\$/L)	Στρατηγική λειτουργίας της ντηζελογεννήτριας και των μπαταριών	Αρχικό Κόστος (\$)	Καθαρό παρόν κόστος (\$)	Κόστος Ενέργειας (\$/kWh)	Κλάσμα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμου (L)	Ώρες λειτουργίας ντηζελο γεννήτριας (hrs)
1	NT 20 kW, HA 60 kW, PB 80 kW, DY 60 kW	0.0	0.0	0.0		830000	1163421	1.268	1.0	0.0	5530

5.10 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα αποτελέσματα της βελτιστοποίησης σαν καλύτερο κρίνεται ένα σύστημα που περιέχει φωτοβολταϊκά ισχύος 80 kW, νηζελογεννήτρια 20 kW, ηλεκτρολύτη 60 kW, δεξαμενή υδρογόνου 60 kW. Όσον αφορά τα κόστη, το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι 830000 \$, το καθαρό παρόν κόστος 1163421\$ και το κόστος ενέργειας είναι 1.268 \$/kWh. Επίσης η νηζελογεννήτρια λειτουργεί για 5530 ώρες.

5.11 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [5.1] NREL, *HOMER: the optimization model for distributed power*. National renewable energy laboratory. It can be downloaded from <http://www.nrel.gov/homer>
- [5.2] NREL, *HOMER: the micropower optimization model, version 2.19*. National renewable energy laboratory. It can be downloaded from <http://www.nrel.gov/homer>

ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 4: ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ, ΝΤΗΖΕΛΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

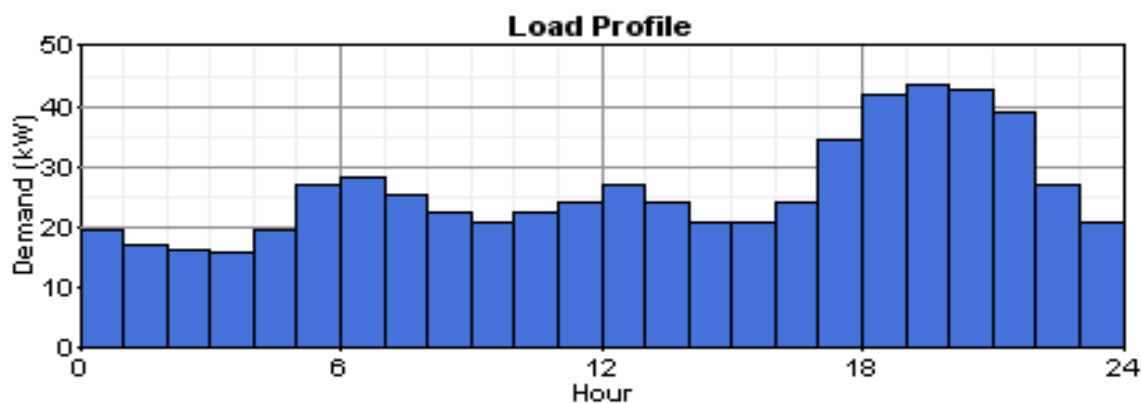
Στο κεφάλαιο αυτό μελετάται ένα υβριδικό σύστημα που αποτελείται από γεννήτρια βιομάζας και ντηζελογεννήτρια. Τα στοιχεία του υβριδικού συστήματος φαίνονται στο Πίνακα 6.2. Η μέγιστη ζήτηση του φορτίου είναι 45 kW (Σχήμα 6.1). Από την ανάλυση προκύπτει ότι βέλτιστο σύστημα είναι εκείνο που περιέχει ντηζελογεννήτρια ισχύος 60 kW. Χρησιμοποιώντας δύο μεταβλητές ευαισθησίας, 1) τιμή βιομάζας 2) τιμή πετρελαίου, προκύπτουν συμπεράσματα για το πώς επηρεάζουν οι τιμές των μεταβλητών ευαισθησίας την επιλογή του βέλτιστου συστήματος.

6.2 ΦΟΡΤΙΑ

Στις επιλογές του προγράμματος HOMER διαλέγουμε το κύριο φορτίο σαν το φορτίο που επιθυμούμε να συνδεθεί με τα συστατικά στοιχεία του συστήματος ενέργειας, ενώ επιλέγουμε και τον τύπο ρεύματος που επιθυμούμε, στην προκειμένη περίπτωση AC. Στη συνέχεια εισαγάγουμε 24 τιμές φορτίου σε kW, κάθε μια από αυτές τις τιμές αντιπροσωπεύει και μια διαφορετική ώρα στη διάρκεια μιας ολόκληρης μέρας. Στο Πίνακα 3.1 παρουσιάζονται οι συγκεκριμένες επιλογές. Το HOMER παρουσιάζει γραφικά τις τιμές του Πίνακα 6.1 όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.1.

Πίνακας 6.1: Δεδομένα φορτίου

<u>Ωρες</u>	<u>Φορτίο σε (kW)</u>
00:00-01:00	19.500
01:00-02:00	17.250
02:00-03:00	16.500
03:00-04:00	15.750
04:00-05:00	19.500
05:00-06:00	27.000
06:00-07:00	28.500
07:00-08:00	25.500
08:00-09:00	22.500
09:00-10:00	21.000
10:00-11:00	22.500
11:00-12:00	24.000
12:00-13:00	27.000
13:00-14:00	24.000
14:00-15:00	21.000
15:00-16:00	21.000
16:00-17:00	24.000
17:00-18:00	34.500
18:00-19:00	42.000
19:00-20:00	43.500
20:00-21:00	42.750
21:00-22:00	39.000
22:00-23:00	27.000
23:00-24:00	21.000

**Σχήμα 6.1:** Σχηματική αναπαράσταση φορτίου

6.3 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στο Πίνακα 6.2 περιγράφονται αναλυτικά τα συστατικά μέρη από τα οποία αποτελείται το συγκεκριμένο υβριδικό σύστημα.

Πίνακας 6.2: Στοιχεία υβριδικού συστήματος

Αριθμός στοιχείων	Τεχνικά χαρακτηριστικά	Τύπος στοιχείων	Ισχύς
1	Turbo diesel	Ντηζελογεννήτρια	60 kW
1	Turbo diesel	Γεννήτρια βιομάζας	60 kW

6.3.1 Ντηζελογεννήτρια

Πίνακας 6.3: Δεδομένα ντηζελογεννήτριας

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Χρόνος ζωής	15000 hrs
2	Η ελάχιστη ποσότητα ενέργειας που μπορεί να παρέχει η ντηζελογεννήτρια στο σύστημα, η οποία εκφράζεται ως ποσοστό της συνολικής ισχύς της ντηζελογεννήτριας	30%
3	Η κατανάλωση καυσίμου προς την εγκατεστημένη ισχύ της ντηζελογεννήτριας	0.08 L/hr/kW
4	Η πρόσθετη ποσότητα καυσίμου που χρησιμοποιείται ανά ώρα καθώς ο εφοδιασμός της γεννήτριας αυξάνει	0.25 L/hr/kW
5	Το ποσοστό της θερμότητας των αποβλήτων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξυπηρετήσει το θερμικό φορτίο.	-
6	Η ενέργεια που απελευθερώνεται ανά κιλό καυσίμων που καταναλώνεται	43.2 MJ/kg
7	Πυκνότητα	820 kg/m ³
8	Η βασισμένη στη μάζα περιεκτικότητα σε άνθρακα των καυσίμων	88%
9	Το ποσό άνθρακα που εκπέμπεται ετησίως από τη ντηζελογεννήτρια	-

6.3.1.1 Καυσαέρια

Στο πίνακα 6.4 περιέχονται όλες οι τιμές που αναφέρονται στα καυσαέρια που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα.

Πίνακας 6.4: Καυσαέρια

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Ποσό άνθρακα που εκπέμπεται ανά μονάδα καυσίμου	6.5 g/L
2	Ποσό υδρογονανθράκων που εκπέμπεται ανά μονάδα καυσίμου	0.72 g/L
3	Ποσό PM που εκπέμπεται ανά μονάδα καυσίμου	0.49 g/L
4	Ποσό θείου που εκπέμπεται ανά μονάδα καυσίμου	2.2 g/L
5	Ποσό οξειδίων του αζώτου που εκπέμπεται ανά μονάδα καυσίμου	58 g/L

Από τα καυσαέρια εκπέμπεται: **99.5% CO₂ , 0.4%CO ,0.1% HC**

Ακολουθούν τα κόστη της νηξελογεννήτριας όπως αυτά φαίνονται στο Πίνακα 6.5 . Έτσι προκύπτει ότι η αντικατάσταση της νηξελογεννήτριας κοστίζει 5500\$, το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι 6500\$ και τέλος τα έξοδα λειτουργίας 0.2\$/hr

Πίνακας 6.5: Κόστη νηξελογεννήτριας

Μέγεθος (kW)	Κόστος αρχικής επένδυσης (\$)	Κόστος αντικατάστασης (\$)	Κόστος λειτουργίας και συντήρησης (\$/hr)
60	21000	20000	0.6

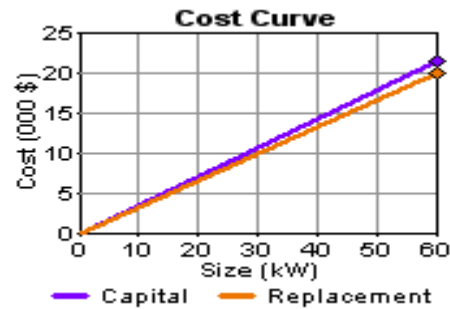
Στο Πίνακα 6.6 εισάγουμε τα μεγέθη εκείνα της νηξελογεννήτριας που θέλουμε να λάβει ιδιαίτερα υπόψη του το HOMER κατά τη διαδικασία της βελτιστοποίησης. Βάζοντας τους αριθμούς 0 και 60 στον Πίνακα 6.6 ζητάμε από το HOMER κατά τη διαδικασία ανεύρεσης του βέλτιστου υβριδικού συστήματος ενέργειας να λάβει ιδιαιτέρως υπόψη του δυο περιπτώσεις: μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα δεν περιέχει καθόλου νηξελογεννήτρια και μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει νηξελογεννήτρια 60 kW. Πρέπει να διευκρινίσουμε ότι το HOMER κατά τη διαδικασία της βελτιστοποίησης θα εξετάσει τις δυο αυτές περιπτώσεις, αλλά και άλλες που αυτό κρίνει ως απαραίτητες, διαφορετικά τη μια από την άλλη.

Πίνακας 6.6: Προεπιλεγμένα μεγέθη στοιχείων συστήματος

Σημαντικά μεγέθη (kW)
0
60

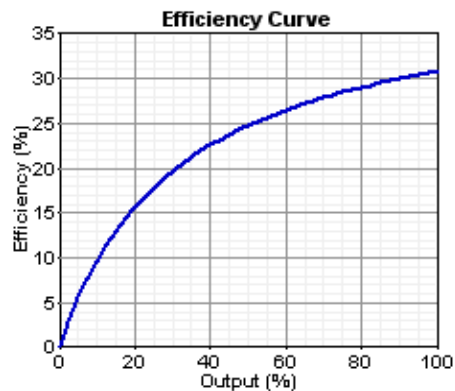
Επίσης από τα κόστη και σε συνδυασμό με το μέγεθος της νηξελογεννήτριας προκύπτει και η γραφική παράσταση του κόστους. Από το πίνακα με τα κόστη έχουμε τη

τιμή τόσο για το κόστος αρχικού κεφαλαίου, όσο και για το κόστος αντικατάστασης. Το HOMER χρησιμοποιώντας αυτές τις τιμές που μεταβάλλονται γραμμικά σε σχέση με την ισχύ της νηζελογεννήτριας δημιουργεί το γράφημα κόστους, Σχήμα 6.2.



Σχήμα 6.2: Καμπύλη κόστους αρχικής επένδυσης και κόστους αντικατάστασης νηζελογεννήτριας 60 kW.

Τέλος εισάγοντας την ενέργεια που παρέχει η νηζελογεννήτρια αλλά και την ωριαία κατανάλωση της σε καύσιμο το HOMER παρέχει το γράφημα απόδοσης της νηζελογεννήτριας, Σχήμα 6.3



Σχήμα 6.3: Καμπύλη απόδοσης καυσίμου

6.3.2 Γεννήτρια βιομάζας

Πίνακας 6.7: Δεδομένα γεννήτριας βιομάζας

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Χρόνος ζωής	15000 hrs
2	Η ελάχιστη ποσότητα ενέργειας που μπορεί να παρέχει η ντηζελογεννήτρια στο σύστημα, η οποία εκφράζεται ως ποσοστό της συνολικής ισχύς της ντηζελογεννήτριας	30%
3	Η κατανάλωση καυσίμου προς την εγκατεστημένη ισχύ της ντηζελογεννήτριας	0.08 L/hr/kW
4	Η πρόσθετη ποσότητα καυσίμου που χρησιμοποιείται ανά ώρα καθώς ο εφοδιασμός της γεννήτριας αυξάνει	0.25 L/hr/kW
5	Το ποσοστό της θερμότητας των αποβλήτων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξυπηρετήσει το θερμικό φορτίο.	-
6	Η ενέργεια που απελευθερώνεται ανά κιλό καυσίμων που καταναλώνεται	43.2 MJ/kg
7	Πυκνότητα	820 kg/m ³
8	Η βασισμένη στη μάζα περιεκτικότητα σε άνθρακα των καυσίμων	88%
9	Το ποσό άνθρακα που εκπέμπεται ετησίως από τη ντηζελογεννήτρια	-

6.3.2.1 Καυσαέρια

Στο πίνακα 6.8 περιέχονται όλες οι τιμές που αναφέρονται στα καυσαέρια που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα.

Πίνακας 6.8: Καυσαέρια

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Ποσό άνθρακα που εκπέμπεται ανά μονάδα καυσίμου	6.5 g/L
2	Ποσό υδρογονανθράκων που εκπέμπεται ανά μονάδα καυσίμου	0.72 g/L
3	Ποσό PM που εκπέμπεται ανά μονάδα καυσίμου	0.49 g/L
4	Ποσό θείου που εκπέμπεται ανά μονάδα καυσίμου	2.2 g/L
5	Ποσό οξειδίων του αζώτου που εκπέμπεται ανα μονάδα καυσίμου	58 g/L

Από τα καυσαέρια εκπέμπεται: **99.5% CO₂ , 0.4%CO ,0.1% HC**

Ακολουθούν τα κόστη της γεννήτριας βιομάζας όπως αυτά φαίνονται στο Πίνακα 6.9. Έτσι προκύπτει ότι η αντικατάσταση της γεννήτριας κοστίζει **50000 \$**, το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι **60000 \$** και τέλος τα έξοδα λειτουργίας **1.0 \$/hr**

Πίνακας 6.9: Κόστη γεννήτριας βιομάζας

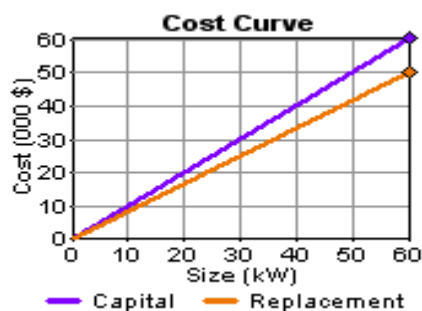
Μέγεθος (kW)	Κόστος αρχικής επένδυσης (\$)	Κόστος αντικατάστασης (\$)	Κόστος λειτουργίας και συντήρησης (\$/hr)
60	60000	50000	1.0

Στο Πίνακα 6.10 εισάγουμε τα μεγέθη εκείνα της γεννήτριας που θέλουμε να λάβει ιδιαίτερα υπόψη του το HOMER κατά τη διαδικασία της βελτιστοποίησης. Βάζοντας τους αριθμούς 0 και 60 στον Πίνακα 6.10 ζητάμε από το HOMER κατά τη διαδικασία ανεύρεσης του βέλτιστου υβριδικού συστήματος ενέργειας να λάβει ιδιαιτέρως υπόψη του δυο περιπτώσεις: μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα δεν περιέχει καθόλου νηξελογεννήτρια και μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει νηξελογεννήτρια 60 kW. Πρέπει να διευκρινίσουμε ότι το HOMER κατά τη διαδικασία της βελτιστοποίησης θα εξετάσει τις δυο αυτές περιπτώσεις, αλλά και άλλες που αυτό κρίνει ως απαραίτητες, διαφορετικά τη μια από την άλλη.

Πίνακας 6.10: Προεπιλεγμένα μεγέθη στοιχείων συστήματος

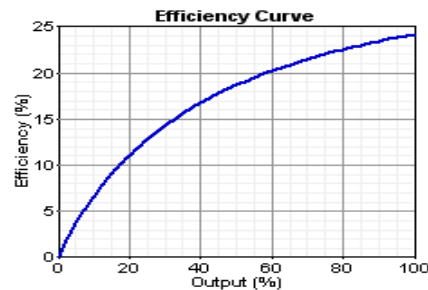
Σημαντικά μεγέθη (kW)
0
60

Επίσης από τα κόστη και σε συνδυασμό με το μέγεθος της γεννήτριας προκύπτει και η γραφική παράσταση του κόστους. Από το πίνακα με τα κόστη έχουμε τη τιμή τόσο για το κόστος αρχικού κεφαλαίου, όσο και για το κόστος αντικατάστασης. Το **HOMER** χρησιμοποιώντας αυτές τις τιμές που μεταβάλλονται γραμμικά σε σχέση με την ισχύ της νηξελογεννήτριας δημιουργεί το γράφημα κόστους, Σχήμα 6.4.



Σχήμα 6.4: Καμπύλη κόστους αρχικής επένδυσης και κόστους αντικατάστασης νηξελογεννήτριας 60 kW.

Τέλος εισάγοντας την ενέργεια που παρέχει η νηζελογεννήτρια αλλά και την ωριαία κατανάλωση της σε καύσιμο το **HOMER** παρέχει το γράφημα απόδοσης της γεννήτριας βιομάζας, Σχήμα 6.5



Σχήμα 6.5: Καμπύλη απόδοσης καυσίμου

6.4 ΠΟΡΟΙ

6.4.1 Χαρακτηριστικά πόρου καυσίμου

Από τα χαρακτηριστικά της γεννήτριας μας ενδιαφέρει η τιμή του καυσίμου που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι 0.2\$/L, 0.3\$/L, 0.4\$/L, 0.5\$/L, 0.6\$/L, 0.7\$/L, και 0.8\$/L αντίστοιχα. Είναι φανερό ότι η τιμή του καυσίμου θα χρησιμοποιηθεί ως μεταβλητή ευαισθησίας.

6.4.2 Χαρακτηριστικά πόρου βιομάζας

Από τα χαρακτηριστικά της γεννήτριας μας ενδιαφέρει η τιμή της βιομάζας που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι 10\$/t, 20\$/t, 30\$/t, 40\$/t και 0\$/t αντίστοιχα. Είναι επίσης φανερό ότι η τιμή της βιομάζας θα χρησιμοποιηθεί ως μεταβλητή ευαισθησίας.

6.4.3 Δυναμικό βιομάζας

Στο δυναμικό βιομάζας εισάγουμε το μέσο όρο της διαθέσιμης βιομάζας κάθε μήνα και το HOMER δημιουργεί με τη σειρά του το αντίστοιχο γράφημα. Όπως και στο ηλιακό δυναμικό έτσι κι εδώ, το HOMER κλιμακώνει τα στοιχεία προκειμένου να διευκολυνθεί η προσομοίωση. Τα στοιχεία που εισάγουμε παρουσιάζονται στο Πίνακα 6.11.

Πίνακας 6.11: Δεδομένα εισόδου αιολικού δυναμικού

Μήνας	Διαθέσιμη βιομάζα (t/d)
Ιανουάριος	8.000
Φεβρουάριος	8.000
Μάρτιος	8.000
Απρίλιος	8.000
Μάιος	8.000
Ιούνιος	8.000
Ιούλιος	8.000
Αύγουστος	8.000
Σεπτέμβριος	8.000
Οκτώβριος	8.000
Νοέμβριος	8.000
Δεκέμβριος	8.000

Για το συγκεκριμένο παράδειγμα η γεννήτρια βιομάζας «καίει» μόνο βιομάζα ωστόσο μπορούμε διαλέγοντας μια συγκεκριμένη επιλογή του HOMER να ρυθμίσουμε τη γεννήτρια ώστε να καίει ένα μείγμα καυσίμου που αποτελείται από βιομάζα αλλά και από πιο γνωστά καύσιμα όπως το πετρέλαιο. Οι μεταβλητές που εισάγουμε στο HOMER σε αυτή τη περίπτωση είναι οι εξής (Πίνακας 6.12).

Πίνακας 6.12: Μεταβλητές καυσίμου βιομάζας

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Είναι η αναλογία που υπάρχει ανάμεσα στο βιοαέριο και το diesel. Αν π.χ για 8 kg/h βιοαερίου η γεννήτρια χρειάζεται 1 kg/h diesel για να παρέχει την ίδια ποσότητα ενέργειας τότε το substitution ratio είναι 8	
2	Είναι το ελάχιστο ποσοστό diesel που χρειάζεται η γεννήτρια για να λειτουργήσει κανονικά. Εκφράζεται ποσοστιαία, σε σχέση με τη συνολική ποσότητα μεικτού καυσίμου που χρησιμοποιείται	
3	Η ενέργεια που παρέχει η γεννήτρια η οποία λειτουργεί στο ελάχιστο ποσοστό ενέργειας ως ποσοστό της συνολικής ενέργειας που μπορεί να παρέχει	

6.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Αφού έχουμε εισαγάγει όλα τα παραπάνω δεδομένα το HOMER αρχίζει τη διαδικασία προσομοίωσης χρησιμοποιώντας όλους τους ενεργειακούς υπολογισμούς που του έχουμε δώσει για κάθε μια από τις 8.760 ώρες του έτους. Με τη βοήθεια αυτών των ενεργειακών υπολογισμών προσπαθεί να δημιουργήσει όλους τους πιθανούς

συνδυασμούς συστημάτων ενέργειας.. Στη συνέχεια το HOMER κατά τη διάρκεια της βελτιστοποίησης παραθέτει ένα κατάλογο όλων των αποδεκτών συστημάτων ταξινομημένων σύμφωνα με το καθαρό παρόν κόστος. Στο πίνακα 6.13 φαίνονται τα υβριδικά συστήματα ενέργειας τα οποία αποτελούν αποτέλεσμα της βελτιστοποίησης της σχεδίασης που εφαρμόζει το HOMER προκειμένου να βρει το βέλτιστο σύστημα.

Πίνακας 6.13: Οι συνδυασμοί υβριδικών συστημάτων που προέκυψαν μετά τη βελτιστοποίηση (ολικά αποτελέσματα)

A/A	Στοιχεία υβριδικού συστήματος	Στρατηγική λειτουργίας της νηζελογεννήτριας και των μπαταριών	Αρχικό Κόστος (\$)	Καθαρό παρόν κόστος (\$)	Κόστος Ενέργειας (\$/kWh)	Κλάσμα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμου (L) Τόνοι βιομάζας (t)	Ώρες λειτουργίας νηζελο γεννήτριας (hrs)
1	NT 60 kW, ΓΒ 0 kW		21500	484627	0.167	0.00	99481 / 0.0	8760
2	NT 0 kW, ΓΒ 60 kW		60000	525979	0.181	0.00	0.0 / 1224	8760

NT : Ντηζελογεννήτρια
 ME : Μετατροπέας
 ΦΒ : Φωτοβολταικά
 ΑΓ : Ανεμογεννήτρια
 ΜΠ : Μπαταρία
 CC : Cycle charging/ Κύκλος φόρτισης
 LF : Load following/ Επικουρική φόρτιση
 ΓΒ: Γεννήτρια βιομάζας

Ο Πίνακας 6.13 περιέχει τα ολικά αποτελέσματα της βελτιστοποίησης. Σαν ολικά αποτελέσματα βελτιστοποίησης θεωρούμε όλους τους πιθανούς συνδυασμούς των διαφορετικών υβριδικών συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας. Αντιθέτως ο Πίνακας 6.14 περιέχει τα υβριδικά συστήματα των κατηγοριοποιημένων αποτελεσμάτων της βελτιστοποίησης. Σαν κατηγοριοποιημένα αποτελέσματα, θεωρούμε το σύνολο των διαφορετικών συστημάτων ενέργειας που έχει προκύψει επιλέγοντας κάθε φορά τον καλύτερο συνδυασμό υβριδικού συστήματος από κάθε ομάδα συνδυασμών υβριδικών συστημάτων.

Πίνακας 6.14: Οι διαφορετικοί συνδυασμοί υβριδικών συστημάτων που προέκυψαν μετά τη βελτιστοποίηση (**κατηγοριοποιημένα αποτελέσματα**)

A/A	Στοιχεία υβριδικού συστήματος	Στρατηγική λειτουργίας ντηζελο γεννήτριας και μπαταριών	Αρχικό Κόστος (\$)	Καθαρό παρόν κόστος (\$)	Κόστος Ενέργειας (\$/kWh)	Κλάσμα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμου (L) Τόνοι βιομάζας (t)	Ώρες λειτουργίας ντηζελο γεννήτριας (hrs)
1	NT 60 kW, ΓΒ 0 kW,		21500	484627	0.167	0.00	99481 / 0.0	8760
2	NT 0 kW, ΓΒ 60 kW		60000	525979	0.181	0.00	0.0 / 1224	8760

6.6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

Επειδή έχουν εισαχθεί μεταβλητές ευαισθησίας το **HOMER** θα εκτελέσει ξανά την βελτιστοποίηση για κάθε μια από αυτές τις μεταβλητές. Στο Πίνακα 6.15 που ακολουθεί παρουσιάζονται ενδεικτικά τα είκοσι πρώτα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας. Ο Πίνακας 6.15 μοιάζει με τους Πίνακες 6.13, και 6.14 αντίστοιχα της βελτιστοποίησης, με τη μόνη διαφορά ότι σε αυτόν περιέχονται και οι μεταβλητές της ανάλυσης ευαισθησίας

Πίνακας 6.15: Οι διαφορετικοί συνδυασμοί υβριδικών συστημάτων που προέκυψαν μετά την ανάλυση ευαισθησίας

A/A	Στοιχεία υβριδικού συστήματος	Κλάσμα μη εξυπηρετούμενης ενέργειας (%)	Τιμή βιομάζας (\$/tn)	Τιμή πετρελαίου (\$/L)	Στρατηγική λειτουργίας της νηζελογεννήτριας και των μπαταριών	Αρχικό Κόστος (\$)	Καθαρό παρόν κόστος (\$)	Κόστος Ενέργειας (\$/kWh)	Κλάσμα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμου (L) Τόνοι βιομάζας (t)	Ώρες λειτουργίας νηζελο γεννήτριας (hrs)
1	NT 60 kW, GB 0 kW,		0.0	0.2		21500	65973	0.484	0.0	99481 / 0.0	8760
2	NT 0 kW, GB 60 kW,		0.0	0.3		60000	65973	0.484	1.0	0.0 / 1224	8760
3	NT 0 kW, GB 60 kW,		0.0	0.4		60000	65973	0.484	1.0	0.0 / 1224	8760
4	NT 0 kW, GB 60 kW,		0.0	0.5		60000	80463	0.590	1.0	0.0 / 1224	8760
5	NT 0 kW, GB 60 kW,		0.0	0.6		60000	80463	0.590	1.0	0.0 / 1224	8760
6	NT 0 kW, GB 60 kW,		0.0	0.7		60000	80463	0.590	1.0	0.0 / 1224	8760
7	NT 0 kW, GB 60 kW		0.0	0.8		60000	98250	0.720	1.0	0.0 / 1224	8760

Πίνακας 6.16: Οι διαφορετικοί συνδυασμοί υβριδικών συστημάτων που προέκυψαν μετά την ανάλυση ευαισθησίας

8	NT 60 kW, ΓΒ 0 kW	10.0	0.2	21500	98250	0.720	0.0	99481 / 0.0	8760
9	NT 60 kW, ΓΒ 0 kW	10.0	0.3	21500	98250	0.720	0.0	99481 / 0.0	8760
10	NT 0 kW, ΓΒ 60 kW	10.0	0.4	60000	110461	0.810	1.0	0.0 / 1224	8760
11	NT 0 kW, ΓΒ 60 kW	10.0	0.5	60000	110461	0.810	1.0	0.0 / 1224	8760
12	NT 0 kW, ΓΒ 60 kW	10.0	0.6	60000	110461	0.810	1.0	0.0 / 1224	8760
13	NT 0 kW, ΓΒ 60 kW	10.0	0.7	60000	121717	0.893	1.0	0.0 / 1224	8760

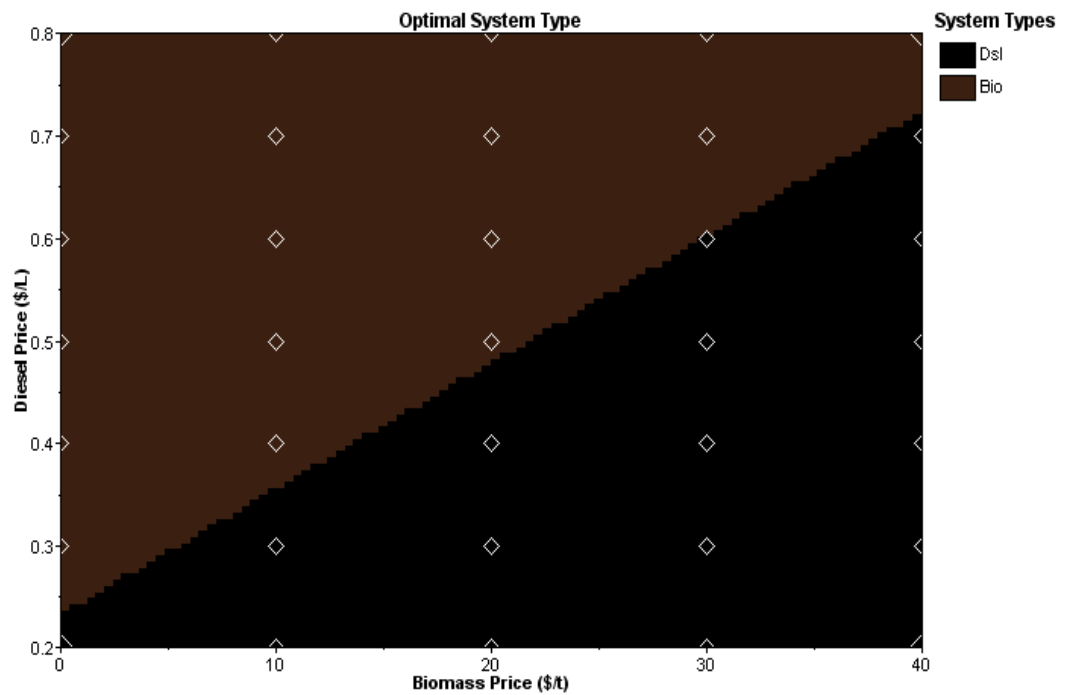
Πίνακας 6.17: Οι διαφορετικοί συνδυασμοί υβριδικών συστημάτων που προέκυψαν μετά την ανάλυση ευαισθησίας (συνέχεια)

14	NT 0 kW, ΓΒ 60 kW	10.0	0.8	60000	121717	0.893	1.0	0.0 / 1224	8760
15	NT 60 kW, ΓΒ 0 kW	20.0	0.2	21500	121717	0.893	0.0	99481 / 0.0	8760
16	NT 60 kW, ΓΒ 0 kW	20.0	0.3	21500	65973	0.484	0.0	99481 / 0.0	8760
17	NT 60 kW, ΓΒ 0 kW	20.0	0.4	21500	65973	0.484	0.0	99481 / 0.0	8760
18	NT 0 kW, ΓΒ 60 kW	20.0	0.5	60000	65973	0.484	1.0	0.0 / 1224	8760
19	NT 0 kW, ΓΒ 60 kW	20.0	0.6	60000	80463	0.590	1.0	0.0 / 1224	8760
20	NT 0 kW, ΓΒ 60 kW	20.0	0.7	60000	80463	0.590	1.0	0.0 / 1224	8760

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας παρουσιάζονται από το πρόγραμμα και με τη μορφή γραφημάτων. Σε κάθε γράφημα τόσο ο οριζόντιος όσο και ο κάθετός άξονας αντιστοιχούν ο καθένας τους σε κάποια μεταβλητή ανάλυσης ευαισθησίας που εμείς έχουμε εισάγει στο πρόγραμμα. Το HOMER μας δίνει τη δυνατότητα αλλάζοντας τις τιμές των μεταβλητών ανάλυσης ευαισθησίας αλλά και τις θέσεις των ίδιων των μεταβλητών στους άξονες, να δημιουργούμε μια συνολική εικόνα για το πώς οι μεταβλητές ανάλυσης ευαισθησίας επηρεάζουν τα αποτελέσματα του προγράμματος HOMER.

Στο Σχήμα 6.6 φαίνονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας με την τιμή του πετρελαίου και την τιμή του αερίου βιομάζας να αποτελούν τις μεταβλητές ανάλυσης ευαισθησίας. Από το Σχήμα 6.6 φαίνεται ότι :

- Για τιμές της τιμής καυσίμου από 0.233 έως 0.719 \$/L και για τιμές του καυσίμου βιομάζας που κυμαίνονται από 0 έως 40 \$/t το HOMER συμβουλεύει να χρησιμοποιηθεί ένα σύστημα που περιέχει ντηζελογεννήτρια.
- Για τιμές της τιμής καυσίμου από 0.233 έως 0.8 \$/L και για τιμές του καυσίμου βιομάζας από 0 έως 40 \$/t HOMER συμβουλεύει να χρησιμοποιηθεί ένα σύστημα που περιέχει γεννήτρια βιομάζας.



Σχήμα 6.6: Γράφημα αποτελεσμάτων ανάλυσης ευαισθησίας, με την τιμή του πετρελαίου και την τιμή καυσίμου βιομάζας να αποτελούν τις αντίστοιχες μεταβλητές ευαισθησίας

6.7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα αποτελέσματα της βελτιστοποίησης σαν καλύτερο κρίνεται ένα σύστημα που περιέχει νηζελογεννήτρια 60 kW. Όσον αφορά τα κόστη το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι 21500 \$, το καθαρό παρόν κόστος 484627 \$ και το κόστος ενέργειας είναι 0.167 \$/kW. Επίσης η κατανάλωση της νηζελογεννήτριας είναι 99481 L ενώ λειτουργεί για 8760 ώρες.

6.8 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [6.1] NREL, *HOMER: the optimization model for distributed power*. National renewable energy laboratory. It can be downloaded from <http://www.nrel.gov/homer>
- [6.2] NREL, *HOMER: the micropower optimization model, version 2.19*. National renewable energy laboratory. It can be downloaded from <http://www.nrel.gov/homer>

ΤΟ ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΚΥΘΝΟΥ: ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ, ΝΤΗΖΕΛΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ, ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ, ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ, ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ

7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο Σχήμα 7.1 φαίνεται ο χάρτης της Κύθνου, η οποία είναι ένα σχετικά μικρό νησί με λίγους μόνιμους κατοίκους (περίπου 2000).

Το πρώτο αιολικό πάρκο της Ευρώπης και μία εγκατάσταση φωτοβολταϊκών χωρητικότητας 100 kW το καθένα, εγκαταστάθηκαν αρχικά στο δίκτυο χαμηλής τάσης του νησιού, το οποίο μέχρι τότε αποτελούνταν μόνο από νηζελογεννήτριες. Ένα από τα ζητούμενα αυτού του εγχειρήματος ήταν να εξεταστούν τρόποι ελέγχου για την ενσωμάτωση όσο το δυνατό μεγαλύτερων ποσοτήτων ενέργειας, προερχόμενης από ανανεώσιμες πηγές, μέσα στην τροφοδοσία ηλεκτρισμού και ειδικά στα πλαίσια των συστημάτων τροφοδοσίας του νησιού, τα οποία ήταν χαμηλής χωρητικότητας. Καθώς αυξανόταν οι απαιτήσεις σε ενέργεια και η τεχνολογική ανάπτυξη σημείωνε πρόοδο, το σύστημα συνεχώς επεκτεινόταν και δοκιμαζόταν.

Το 2001 προστέθηκε στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας της Κύθνου μία ανεμογεννήτρια ισχύος 500kW και ένα σύστημα μπαταρίας αποθήκευσης μακράς διάρκειας. Ύστερα από αυτό, ήταν για πρώτη φορά δυνατή η τροφοδοσία του νησιού μόνο από ανανεώσιμες πηγές (όχι κατά τη διάρκεια των ωρών αιχμής), εφόσον υπήρχε αρκετός άνεμος. Εγκαταστάθηκε ένα νέο σύστημα για τον έλεγχο του συστήματος από την SMA. Το σύστημα ελέγχου διευθετεί πλήρως τα μέρη του συστήματος, τελείως αυτόματα, λαμβάνοντας υπόψη την κατανάλωση του φορτίου και τη διαθεσιμότητα των ανανεώσιμων πηγών. Πέρα από τις ώρες αιχμής, η διείσδυση των ανανεώσιμων είναι πάνω από 50%. Εξαιτίας της υψηλής συνεισφοράς των ανανεώσιμων, με το νέο σύστημα η ποιότητα του δικτύου βελτιώθηκε δραστικά.



Σχήμα 7.1: Χάρτης Κύθνου.

Οι απαιτήσεις του νησιού σε ενέργεια κατά τη διάρκεια του χειμώνα είναι χαμηλές και μόνο το καλοκαίρι λόγω του τουρισμού παρατηρείται αύξηση. Το 1982 εγκαταστάθηκε το πρώτο αιολικό πάρκο της Ευρώπης, αποτελούμενο από 5 ανεμογεννήτριες ισχύος 100kW. Σε εκείνη την περίοδο το φορτίο κυμαίνονταν από 50 ως 500 kW περίπου. Το 1983 εγκαταστάθηκε και ένας σταθμός ενέργειας φωτοβολταϊκών και ενσωματώθηκε στο σύστημα. Αυτό ήταν το πρώτο υβριδικό σύστημα τροφοδοσίας τέτοιας υψηλής χωρητικότητας. Αποδείχθηκε επομένως ότι η ενσωμάτωση μεγάλης

ηλιακής και αιολικής ενέργειας είναι εφικτή ακόμη και στα δίκτυα χαμηλής τάσης ενός νησιού.

Πίνακας 7.1: Τυπικά φορτία Κύθνου για το έτος 2000

Ελάχιστο φορτίο το χειμώνα:	300 kW
Μέγιστο φορτίο το χειμώνα:	1000 kW
Ελάχιστο φορτίο το καλοκαίρι:	600 kW
Μέγιστο φορτίο το καλοκαίρι:	2000 kW

Μία από τις κύριες προσπάθειες ήταν το πώς να δημιουργηθεί ένα σταθερό δίκτυο και ποιά στρατηγική ελέγχου να ακολουθηθεί. Για το σκοπό αυτό ο έλεγχος του ανορθωτή της αιολικής ενέργειας χρησιμοποιήθηκε έτσι ώστε να ρυθμίζει την ποσότητα της τροφοδοτούμενης ισχύος και να σταθεροποιεί τη ροή της ισχύος στο δίκτυο. Μέσω αρκετών ερευνών χρηματοδοτούμενων από το Γερμανικό Υπουργείο Ανάπτυξης και Τεχνολογίας και από την Ευρωπαϊκή Ένωση το σύστημα τροφοδοσίας ενέργειας βελτιωνόταν συνεχώς καθώς οι ενεργειακές απαιτήσεις του νησιού αυξάνονταν σταθερά. Οι ανεμογεννήτριες αντικαταστάθηκαν από πιο σύγχρονες έτσι ώστε το 1989 η συνολική ενέργεια του αιολικού πάρκου να αυξηθεί στα 165kW. Η εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού εξοπλίστηκε αρχικά με αποθηκευτική μπαταρία και το 1993 συνδέθηκε απευθείας με το ηλεκτρικό δίκτυο του νησιού μέσω ενός αλληλοδραστικού αντιστροφέα προμηθευμένου από την SMA.

Στα μέσα της δεκαετίας του '90 ξεκίνησε ένα μεγάλο εγχείρημα με τη συνεργασία της SMA και της ΔΕΗ. Το εγχείρημα χρηματοδοτήθηκε από το 'Thermie Programme'. Το αντικείμενο ήταν η ενσωμάτωση στο δίκτυο του νησιού μιας μεγάλης ανεμογεννήτριας (500kW) και μίας μεγάλης αποθηκευτικής διάταξης. Το καλοκαίρι του 2002 η προσπάθεια ολοκληρώθηκε επιτυχώς. Το σύστημα τροφοδοσίας ενέργειας συμπεριλαμβανομένων και των νηζελογεννητριών είναι τώρα σε πλήρως αυτόματη λειτουργία. Για πρώτη φορά είναι δυνατή η εναλλαγή κατάστασης λειτουργίας σε 'Diesel Off mode' (νηζελογεννήτρια εκτός λειτουργίας) όταν ολόκληρο το νησί τροφοδοτείται αποκλειστικά από ανανεώσιμες πηγές. Η Κύθνος ακόμη αποτελεί πεδίο μελέτης για την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών πάνω στα συστήματα ανανεώσιμων πηγών, για αυτό το λόγο σε μια απομακρυσμένη περιοχή του νησιού η οποία βρίσκεται μακριά από το δίκτυο τροφοδοσίας ισχύος, δοκιμάζονται δύο αυτόνομα πλήρως τυποποιημένα συστήματα χαμηλής τάσης. Ένα άλλο καινούριο μονοφασικό AC φωτοβολταϊκό σύστημα το οποίο περιλαμβάνει και σύστημα τροφοδοσίας, τροφοδοτεί ένα απομακρυσμένο μικρό αγρόκτημα στα βουνά.

Πίνακας 7.2: Χρονικό υβριδικού συστήματος

Έτος	Ενέργεια
1982	Εγκατάσταση του πρώτου αιολικού πάρκου της Ευρώπης (5 x 20kW)
1983	Εγκατάσταση ενός συστήματος φωτοβολταϊκών ισχύος 100kW με μπαταρία αποθήκευσης
1989	Αλλαγή των ανεμογεννητριών (5x33kW)
1992	Εγκατάσταση ενός νέου, συνδεδεμένου με το δίκτυο μετατροπέα για το σύστημα φωτοβολταϊκών
1998	Εγκατάσταση ανεμογεννήτριας ισχύος 500kW
2000	Λειτουργία με το πλήρως αυτόνομο σύστημα τροφοδοσίας ισχύος με μπαταρία αποθήκευσης 500kW
2001	Εγκατάσταση τριών μικρών αυτόνομων υβριδικών συστημάτων και ενός AC φωτοβολταϊκού συστήματος

Στο πλήρως αυτόματο σύστημα τροφοδοσίας ισχύος που δοκιμάστηκε πρόσφατα στην Κύθο καθώς και στη SMA, χρησιμοποιήθηκαν πάνω από 30 IPS (Intelligent Power Systems, Έξυπνα Συστήματα Ισχύος). Τα IPS συστήματα της SMA χρησιμοποιήθηκαν σε διαφορετικούς συνδυασμούς και ιδιαίτερα για τον έλεγχο του σταθμού ντήζελ, της αποθήκευσης σε μπαταρίες και των ανεμογεννητριών.

Το ενδιαφέρον στο σύστημα της Κύθνου ήταν η ενσωμάτωση μιας ανεμογεννήτριας ισχύος 500kW σε ένα δίκτυο όπου το χειμώνα το καταναλισκόμενο φορτίο είναι της τάξης των 300 kW. Ο ετήσιος μέσος όρος κατανάλωσης ισχύος είναι πρόσφατα 600 kW. Ωστόσο όπως προαναφέρθηκε υπάρχουν μεγάλες εποχιακές διακυμάνσεις (Πίνακας 7.1). Ο σταθμός ισχύος ντήζελ τροφοδοτεί το δίκτυο μέσης τάσης (15kV) το οποίο χωρίζεται σε γραμμές οι οποίες τροφοδοτούν καθένα από τα 5 χωριά του νησιού. Το νέο σύστημα αποτελούμενο από μετατροπέα μπαταρίας, διάταξη μετατόπισης φάσης, έλεγχο φορτίου, λειτουργεί παράλληλα με σταθμό ντήζελ μέσα στον ίδιο ζυγό 400V. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δηλαδή η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση, το παλιό αιολικό πάρκο και η καινούρια ανεμογεννήτρια τροφοδοτούν το δίκτυο μέσης τάσης σε διαφορετικές τοποθεσίες το καθένα και με τους δικούς τους μετατροπείς.

Ενώ σχεδιαζόταν ένα νέο σύστημα τροφοδοσίας ενέργειας, ορίστηκαν οι ακόλουθες επιδιώξεις: 1) ένα μεγάλο μέρος της ενέργειας να καλύπτεται από τις ανανεώσιμες πηγές (πάνω από 50% για περιόδους εκτός από τους καλοκαιρινούς μήνες), 2) λειτουργία χωρίς τις γεννήτριες Diesel σε χρονικές στιγμές χαμηλής ζήτησης ενέργειας, 3) πλήρως αυτόματη λειτουργία όλου του συστήματος συμπεριλαμβανομένων και των νητζελογεννητριών, 4) πολύ σταθερή τάση και συχνότητα σε όλες τις καταστάσεις λειτουργίας και 5) πλήρης έλεγχος, από απόσταση, ολόκληρου του συστήματος.

Πίνακας 7.3:Τεχνικά χαρακτηριστικά των στοιχείων του συστήματος

Αριθμός στοιχείων	Τεχνικά χαρακτηριστικά	Τύπος στοιχείων	Ισχύς
5	MWM 12cyl turbo diesel	Νηζελογεννήτριες	5*400=2000kW /2500kVA
1	Vestas V39/500	Ανεμογεννήτρια	500kW
5	AEROMAN Rotor diam: 12.5m	Ανεμογεννήτριες	5*33=165kW
1	Siemens	Φωτοβολταϊκά πλαίσια	100kW
1	200 cells hagen OCSM	Μπαταρία	400kWh/500kW
1		Αναστροφέας	600kVA

Οι μπαταρίες αποθήκευσης αποτελούνται από 200 κυψέλες της Hagen Batterie, τύπου OCSM και έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: υψηλή μέγιστη εκφόρτιση ρεύματος και σταθερό κύκλο φόρτισης / εκφόρτισης. Η εγκατάσταση των μπαταριών είναι εξοπλισμένη με κυκλοφορία ηλεκτρολύτη η οποία αυξάνει την αποτελεσματικότητα και τον κύκλο ζωής. Η εγκατάσταση σε συνδυασμό με έναν μετατροπέα μπαταρίας 12 παλμών μπορεί να δώσει ισχύ μεγαλύτερη των 500 kW για μια μικρή χρονική περίοδο (περίπου 5 λεπτά). Αυτό είναι απαραίτητο στην περίπτωση που μία νηζελογεννήτρια ή μια ανεμογεννήτρια βρεθούν απρόσμενα εκτός λειτουργίας και το δίκτυο πρέπει να υποστηριχθεί από τις μπαταρίες. Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας χωρίς τις νηζελογεννήτριες (Diesel Off Mode, DOM) η συχνότητα του δικτύου ελέγχεται από το μετατροπέα της μπαταρίας. Ένας άλλος μετατροπέας 12 παλμών παρέχει έναν πρόσθετο γρήγορο έλεγχο φορτίου. Αυτός αποκόπτει τις ανεπιθύμητες κορυφές που προέρχονται από το μετατροπέα αιολικής ενέργειας, έτσι ώστε να σταθεροποιήσει την τάση και τη συχνότητα του δικτύου και να αποφευχθούν τα πολύ υψηλά φορτία στις διατάξεις αποθήκευσης. Η διάταξη μετατόπισης φάσης ξεκινάει με τη βοήθεια μίας μηχανής εκκίνησης, συγχρονισμένης με το δίκτυο, και ελέγχει την τάση στο δίκτυο κατά τη λειτουργία χωρίς νηζελογεννήτριες. Επιπλέον η εγκατάσταση είναι εξοπλισμένη με μία κεντρική ηλεκτροστατική εγκατάσταση αντιστάθμισης με 8 βήματα συνολικά 800 kvar. Αυτό αντισταθμίζει την άεργο ισχύ από τους μετατροπείς ισχύος και τους καταναλωτές.

7.2 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

7.2.1 Ντηζελογεννήτρια

Πίνακας 7.4: Δεδομένα ντηζελογεννήτριας

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Χρόνος ζωής	15000 hrs
2	Η ελάχιστη ποσότητα ενέργειας που μπορεί να παρέχει η ντηζελογεννήτρια στο σύστημα, η οποία εκφράζεται ως ποσοστό της συνολικής ισχύς της ντηζελογεννήτριας	30%
3	Η κατανάλωση καυσίμου προς την εγκατεστημένη ισχύ της ντηζελογεννήτριας	0.08 L/hr/kW
4	Η πρόσθετη ποσότητα καυσίμου που χρησιμοποιείται ανα ώρα καθώς ο εφοδιασμός της γεννήτριας αυξάνει	0.25 L/hr/kW
5	Το ποσοστό της θερμότητας των αποβλήτων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξυπηρετήσει το θερμικό φορτίο.	-
6	Η ενέργεια που απελευθερώνεται ανά κιλό καυσίμων που καταναλώνεται	43.2 MJ/kg
7	Πυκνότητα	820 kg/m ³
8	Η βασισμένη στη μάζα περιεκτικότητα σε άνθρακα των καυσίμων	88%
9	Το ποσό άνθρακα που εκπέμπεται ετησίως από τη ντηζελογεννήτρια	-

7.2.1.1 Καυσαέρια

Στο πίνακα 7.5 περιέχονται όλες οι τιμές που αναφέρονται στα καυσαέρια που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα.

Πίνακας 7.5: Καυσαέρια

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Ποσό άνθρακα που εκπέμπεται ανά μονάδα καυσίμου	6.5 g/L
2	Ποσό υδρογονανθράκων που εκπέμπεται ανά μονάδα καυσίμου	0.72 g/L
3	Ποσό ΡΜ που εκπέμπεται ανά μονάδα καυσίμου	0.49 g/L
4	Ποσό θείου που εκπέμπεται ανά μονάδα καυσίμου	2.2 g/L
5	Ποσό οξειδίων του αζώτου που εκπέμπεται ανα μονάδα καυσίμου	58 g/L

Από τα καυσαέρια εκπέμπεται: 99.5% CO₂ , 0.4%CO ,0.1% HC

Ακολουθούν τα κόστη της νηξελογεννήτριας όπως αυτά φαίνονται στο Πίνακα 7.6 . Έτσι προκύπτει ότι η αντικατάσταση της νηξελογεννήτριας κοστίζει 100000\$, το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι 200000\$ και τέλος τα έξοδα λειτουργίας 7\$/hr.

Πίνακας 7.6: Κόστη νηξελογεννήτριας

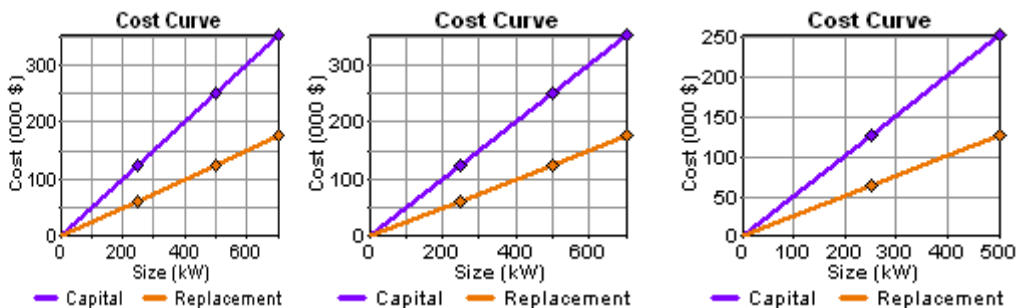
Μέγεθος (kW)	Κόστος αρχικής επένδυσης (\$)	Κόστος αντικατάστασης (\$)	Κόστος λειτουργίας και συντήρησης (\$/hr)
400	200000	100000	7

Στο Πίνακα 7.7 εισάγουμε τα μεγέθη εκείνα της νηξελογεννήτριας που θέλουμε να λάβει ιδιαίτερα υπόψη του το HOMER κατά τη διαδικασία της βελτιστοποίησης. Βάζοντας τους αριθμούς 400 και 1900 στον Πίνακα 7.7 ζητάμε από το HOMER κατά τη διαδικασία ανεύρεσης του βέλτιστου υβριδικού συστήματος ενέργειας να λάβει ιδιαίτερος υπόψη του δυο περιπτώσεις: μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει νηξελογεννήτρια 400 kW και μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει νηξελογεννήτρια 1900 kW.

Πίνακας 7.7: Προεπιλεγμένα μεγέθη στοιχείων συστήματος

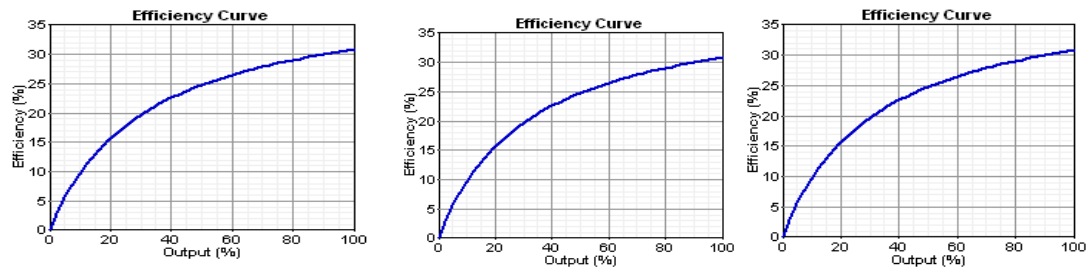
Σημαντικά μεγέθη (kW) νηξελογεννήτρια 1	Σημαντικά μεγέθη (kW) νηξελογεννήτρια 2	Σημαντικά μεγέθη (kW) νηξελογεννήτρια 3
0	0	0
250	250	250
500	500	
700	700	500

Το HOMER χρησιμοποιώντας αυτές τις τιμές που μεταβάλλονται γραμμικά σε σχέση με την ισχύ των νηξελογεννήτριών δημιουργεί το γράφημα κόστους, Σχήμα 7.2.



Σχήμα 7.2: Καμπύλη κόστους αρχικής επένδυσης και κόστους αντικατάστασης νηξελογεννήτριών 700 kW, 700 kW, 500 kW

Τέλος εισάγοντας την ενέργεια που παρέχουν οι νηζελογεννήτριες αλλά και την ωριαία κατανάλωση τους σε καύσιμο το HOMER παρέχει το γράφημα απόδοσης των νηζελογεννητριών, Σχήμα 7.3



Σχήμα 7.3: Καμπύλη απόδοσης καυσίμου

7.2.2 Φωτοβολταϊκά

Στο Πίνακα 7.8 είναι τα δεδομένα των φωτοβολταϊκών

Πίνακας 7.8: Δεδομένα φωτοβολταϊκών

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Παράγοντας κλιμάκωσης που ισχύει για την παραγωγή ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια και καταγράφει τις απώλειες.	90%
2	Ο τύπος συστήματος που χρησιμοποιείται για να κατευθύνει τις κλίσεις των φωτοβολταϊκών προς τον ήλιο	-
3	Η γωνία στην οποία τοποθετούνται τα φωτοβολταϊκά σχετικά με τον ορίζοντα.	0°
4	Η κατεύθυνση ως προς την οποία τα φωτοβολταϊκά πλαίσια είναι γεμμένα	0°
5	Το ποσοστό της επιφάνειας εδάφους στο οποίο αντανakλάται η ακτινοβολία	20%
6	Χρόνος ζωής	20 έτη

Πίνακας 7.9: Κόστη φωτοβολταϊκών

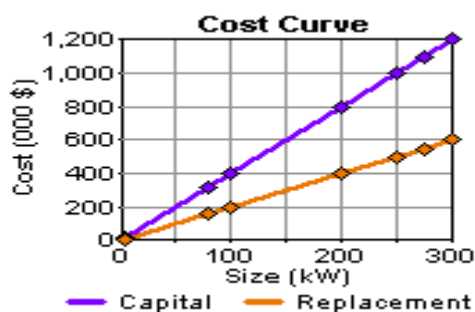
Μέγεθος (kW)	Κόστος αρχικής επένδυσης (\$)	Κόστος αντικατάστασης (\$)	Κόστος λειτουργίας και συντήρησης (\$/hr)
5	20000	10000	0

Στο Πίνακα 7.10 εισάγουμε τα μεγέθη εκείνα των φωτοβολταϊκών που θέλουμε να λάβει ιδιαίτερα υπόψη του το HOMER κατά τη διαδικασία της βελτιστοποίησης. Βάζοντας τους αριθμούς 0,5,80,... στον Πίνακα 7.10 ζητάμε από το HOMER κατά τη διαδικασία ανεύρεσης του βέλτιστου υβριδικού συστήματος ενέργειας να λάβει ιδιαιτέρως υπόψη του οκτώ περιπτώσεις: μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα δεν περιέχει καθόλου φωτοβολταϊκά , μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει φωτοβολταϊκά 5 kW, κ.ο.κ.

Πίνακας 7.10: Προεπιλεγμένα μεγέθη στοιχείων συστήματος

Σημαντικά μεγέθη	
Size(kW)	
	0
	5
	80
	100
	200
	250
	275
	300

Από το Πίνακα 7.9 με τα κόστη προκύπτει και το γράφημα κόστους.



Σχήμα 7.4: Καμπύλη κόστους αρχικής επένδυσης και κόστους αντικατάστασης PV 300 kW

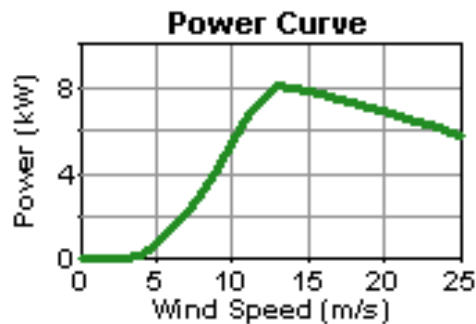
7.2.3 Ανεμογεννήτριες

7.2.3.1 VECTAS

Πίνακας 7.11: Δεδομένα Α/Γ

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Χρόνος ζωής	15 έτη
2	Ένας παράγοντας κλιμάκωσης που χρησιμοποιείται για να ρυθμίσει την καμπύλη ισχύος των ανεμογεννητριών	-
3	Ένας παράγοντας κλιμάκωσης που χρησιμοποιείται για να ρυθμίσει τα στοιχεία της ταχύτητας του αέρα, ρυθμίζοντας τη διαφορά στο ύψος των ανεμόμετρων και στο ύψος των πληνών της ανεμογεννήτριας	-

Ο τύπος της συγκεκριμένης ανεμογεννήτριας είναι VECTAS και το ύψος του κέντρου του ρότορα της ανεμογεννήτριας από το έδαφος είναι 10m. Επίσης για το συγκεκριμένο τύπο ανεμογεννήτριας η καμπύλη ισχύος είναι αυτή που φαίνεται στο Σχήμα 7.5.



Σχήμα 7.5: Καμπύλη ισχύος Α/Γ 10 kW.

Στο Πίνακα 7.12 φαίνονται τα κόστη της Α/Γ:

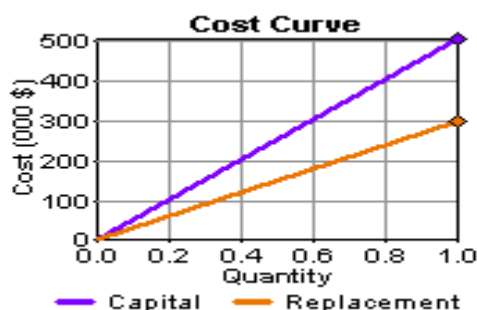
Πίνακας 7.12: Κόστη Α/Γ

Ποσότητα	Κόστος αρχικής επένδυσης (\$)	Κόστος αντικατάστασης (\$)	Κόστος λειτουργίας και συντήρησης (\$/hr)
1	500000	350000	350

Στο Πίνακα 7.13 εισάγουμε τα μεγέθη εκείνα της ανεμογεννήτριας που θέλουμε να λάβει ιδιαίτερα υπόψη του το HOMER κατά τη διαδικασία της βελτιστοποίησης. Βάζοντας τους αριθμούς 0 και 1 στον Πίνακα 7.13 ζητάμε από το HOMER κατά τη διαδικασία ανεύρεσης του βέλτιστου υβριδικού συστήματος ενέργειας να λάβει ιδιαίτερος υπόψη του δυο περιπτώσεις: μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα δεν περιέχει ανεμογεννήτρια και μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει μία ανεμογεννήτρια.

Πίνακας 7.13: Προεπιλεγμένα μεγέθη στοιχείων συστήματος

Σημαντικά μεγέθη
Ποσότητα
0
1



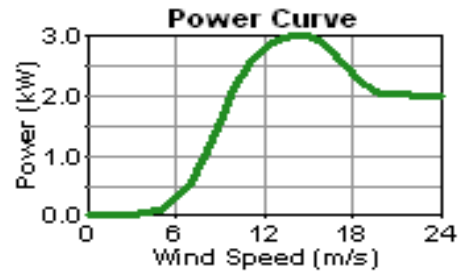
ΣΧΗΜΑ 7.6: Καμπύλη κόστους αρχικής επένδυσης και κόστους αντικατάστασης για δύο ανεμογεννήτριες

7.2.3.2 AEROMAN

Πίνακας 7.14: Δεδομένα Α/Γ

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Χρόνος ζωής	15 έτη
2	Ένας παράγοντας κλιμάκωσης που χρησιμοποιείται για να ρυθμίσει την καμπύλη ισχύος των ανεμογεννητριών	-
3	Ένας παράγοντας κλιμάκωσης που χρησιμοποιείται για να ρυθμίσει τα στοιχεία της ταχύτητας του αέρα, ρυθμίζοντας τη διαφορά στο ύψος των ανεμόμετρων και στο ύψος των πλεμνών της ανεμογεννήτριας	-

Ο τύπος της συγκεκριμένης ανεμογεννήτριας είναι AEROMAN και το ύψος του κέντρου του ρότορα της ανεμογεννήτριας από το έδαφος είναι 19.9526m. Επίσης για το συγκεκριμένο τύπο ανεμογεννήτριας η καμπύλη ισχύος παρουσιάζεται στο Σχήμα 7.7.



Σχήμα 7.7: Καμπύλη ισχύος Α/Γ 3 kW

Στο Πίνακα 7.15 φαίνονται τα κόστη της Α/Γ.

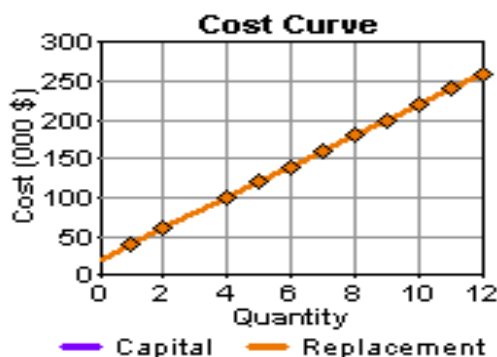
Πίνακας 7.15: Κόστη Α/Γ

Ποσότητα	Κόστος αρχικής επένδυσης (\$)	Κόστος αντικατάστασης (\$)	Κόστος λειτουργίας και συντήρησης (\$/hr)
1	40000	40000	200
2	60000	60000	250

Στο Πίνακα 7.16 εισάγουμε τα μεγέθη εκείνα της ανεμογεννήτριας που θέλουμε να λάβει ιδιαίτερα υπόψη του το HOMER κατά τη διαδικασία της βελτιστοποίησης. Βάζοντας τους αριθμούς 0, 1, 2, 3.... στον Πίνακα 7.16 ζητάμε από το HOMER κατά τη διαδικασία ανεύρεσης του βέλτιστου υβριδικού συστήματος ενέργειας να λάβει ιδιαιτέρως υπόψη του δώδεκα περιπτώσεις: μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα δεν περιέχει ανεμογεννήτρια, μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει μια ανεμογεννήτρια, μία κατά την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει δύο ανεμογεννήτριες ,μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει τρεις ανεμογεννήτριες κ.ο.κ.

Πίνακας 7.16: Προεπιλεγμένα μεγέθη στοιχείων συστήματος

Σημαντικά μεγέθη	
Ποσότητα	
0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	



Σχήμα 7.8: Καμπύλη κόστους αρχικής επένδυσης και κόστους αντικατάστασης για τρεις ανεμογεννήτριες

7.2.4 Μπαταρία

Στο Πίνακα 7.17 φαίνονται τα κόστη της μπαταρίας

Πίνακας 7.17: Κόστη μπαταρίας

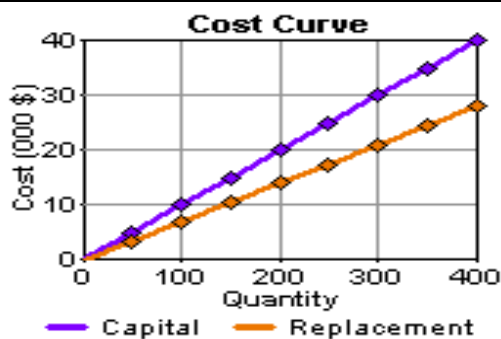
Ποσότητα	Κόστος αρχικής επένδυσης (\$)	Κόστος αντικατάστασης (\$)	Κόστος λειτουργίας και συντήρησης (\$/hr)
5	500	350	20

Στο Πίνακα 7.18 εισάγουμε τα μεγέθη εκείνα της μπαταρίας που θέλουμε να λάβει ιδιαίτερα υπόψη του το HOMER κατά τη διαδικασία της βελτιστοποίησης. Βάζοντας τους αριθμούς 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400 στον Πίνακα 7.18 ζητάμε από το HOMER κατά τη διαδικασία ανεύρεσης του βέλτιστου υβριδικού συστήματος

ενέργειας να λάβει ιδιαίτερος υπόψη του οκτώ περιπτώσεις: μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα δεν περιέχει 50 μπαταρίες μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει 100 μπαταρίες, μια κατά την οποία το υβριδικό σύστημα περιέχει 150 μπαταρίες κ.ο.κ.

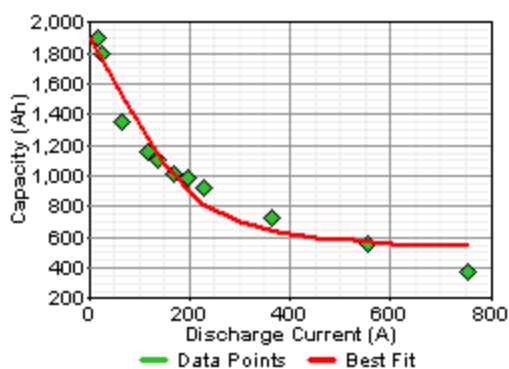
Πίνακας 7.18: Προεπιλεγμένα μεγέθη στοιχείων συστήματος

Σημαντικά μεγέθη
Ποσότητα
50
100
150
200
250
300
350
400

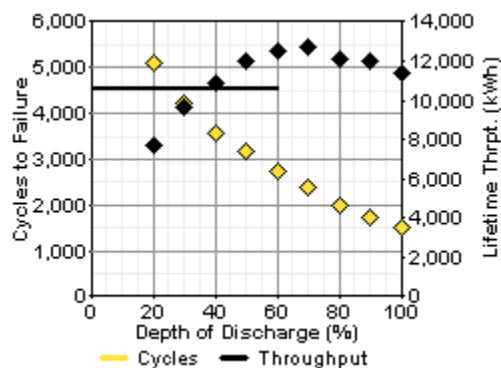


Σχήμα 7.9: Καμπύλη κόστους αρχικής επένδυσης και κόστους αντικατάστασης για 40 μπαταρίες

Ο συγκεκριμένος τύπος μπαταρίας είναι OCSM και για το συγκεκριμένο τύπο μπαταρίας το HOMER παραθέτει από μόνο του τόσο την καμπύλη χωρητικότητας Σχήμα 7.10 όσο και τη καμπύλη χρόνου ζωής Σχήμα 7.11.



Σχήμα 7.10: Καμπύλη χωρητικότητας



Σχήμα 7.11: Καμπύλη διάρκειας ζωής

7.3 ΠΟΡΟΙ

7.3.1 Ηλιακό δυναμικό

Σαν μεταβλητές εισόδου για το ηλιακό δυναμικό το HOMER ζητάει εκτός από το γεωγραφικό μήκος και πλάτος της περιοχής, τη μέση ημερήσια ακτινοβολία αλλά και το μέσο δείκτη καθαρότητας της ατμόσφαιρας κάθε μήνα. Οπότε προκύπτουν τα στοιχεία του Πίνακα 7.19

Πίνακας 7.19: Μεταβλητές εισόδου ηλιακού δυναμικού

Μήνας	Δείκτης καθαρότητας	Ημερήσια ακτινοβολία (kW/m ² /d)
Ιανουάριος	0.500	5.031
Φεβρουάριος	0.516	5.359
Μάρτιος	0.583	6.126
Απρίλιος	0.552	5.632
Μάιος	0.488	4.712
Ιούνιος	0.450	4.187
Ιούλιος	0.469	4.424
Αύγουστος	0.434	4.303
Σεπτέμβριος	0.417	4.307
Οκτώβριος	0.450	4.662
Νοέμβριος	0.530	5.349
Δεκέμβριος	0.536	5.311

Το HOMER στη συνέχεια κάνει κλιμάκωση των παραπάνω δεδομένων για να διευκολύνει έτσι την προσομοίωση. Το HOMER από μόνο του έχει υπολογίσει τους μέσους όρους των παραπάνω στοιχείων και έχει θέσει τον ημερήσιο μέσο όρο της ακτινοβολίας ίσο με τον κλιμακωτό μέσο όρο.

7.3.2 Αιολικό δυναμικό

Στο αιολικό δυναμικό εισάγουμε το μέσο όρο της ταχύτητας αέρα κάθε μήνα και το HOMER δημιουργεί με τη σειρά του το αντίστοιχο γράφημα. Όπως και στο ηλιακό δυναμικό έτσι κι εδώ, το HOMER κλιμακώνει τα στοιχεία προκειμένου να διευκολυνθεί η προσομοίωση. Τα στοιχεία που εισάγουμε παρουσιάζονται στο Πίνακα 7.20.

Πίνακας 7.20: Δεδομένα εισόδου αιολικού δυναμικού

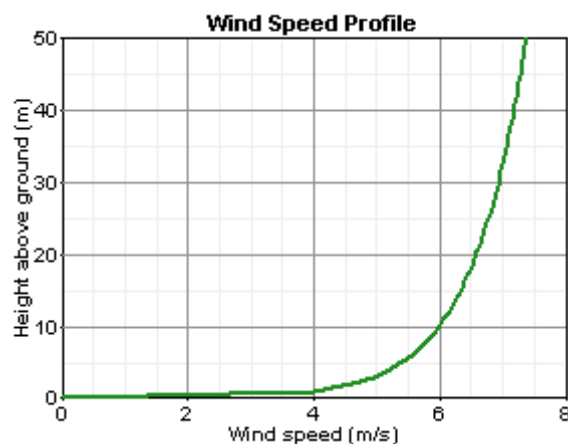
Μήνας	Ταχύτητα αέρα (m/sec)
Ιανουάριος	7.000
Φεβρουάριος	6.100
Μάρτιος	6.180
Απρίλιος	5.500
Μάιος	7.000
Ιούνιος	8.080
Ιούλιος	6.470
Αύγουστος	5.570
Σεπτέμβριος	6.900
Οκτώβριος	7.100
Νοέμβριος	6.000
Δεκέμβριος	6.500

Στη συγκεκριμένη περίπτωση το HOMER δεν εξισώνει τον μέσο όρο των ταχυτήτων κάθε μήνα με τον κλιμακωτό μέσο όρο, αλλά βάζουμε εμείς τις τιμές του κλιμακωτού μέσου όρου. Τιμές που θα ελεγχθούν από το HOMER κατά τη διάρκεια της ανάλυσης ευαισθησίας. Το HOMER κατά την εισαγωγή των τιμών της ταχύτητας αέρα διαμορφώνει από μόνο του έναν μέσο όρο που ονομάζουμε κλιμακωτό και ο οποίος διευκολύνει το πρόγραμμα στους υπολογισμούς που διενεργεί. Στη συγκεκριμένη περίπτωση κι επειδή θεωρούμε τις τιμές της ταχύτητας αέρα αρκετά σημαντικές, ζητάμε από το HOMER να εκτελέσει την ανάλυση ευαισθησίας και για τις τρεις διαφορετικές τιμές του κλιμακωτού μέσου όρου όπως αυτές φαίνονται στο πίνακα 7.21.

Πίνακας 7.21: Τιμές κλιμακωτού μέσου όρου

Κλιμακωτός μέσος όρος (τιμές σε m/sec)
5.98
6
7

Στη συνέχεια εισάγουμε στο πρόγραμμα τη διαφορά ύψους ανάμεσα στην ανεμογεννήτρια και το επίπεδο της θάλασσας (altitude=0m) αλλά και το ύψος του ανεμομέτρου από το έδαφος (anemometer height=10m) Το HOMER απεικονίζει επίσης γραφικά τη μεταβολή της ταχύτητας του αέρα σε σχέση με το ύψος κάτι που παρουσιάζεται στο Σχήμα 7.12.



Σχήμα 7.12: Καμπύλη ταχύτητας αέρα

Υπάρχουν και κάποιες παράμετροι που το **HOMER** υπολογίζει αυτόματα.

Πίνακας 7.22: Παράμετροι.

Παράμετροι	Τιμές
Παράμετρος για τον καθορισμό της κατανομής του αέρα/ Weibull k	2
Παράμετρος για την διακύμανση του αέρα από ώρα σε ώρα/Autocorrelation factor	0.85
Ένα μέτρο που δείχνει πόσο δυνατή είναι η διακύμανση του αέρα κατά τη διάρκεια της ημέρας/Diurnal pattern strength	0.25
Η ώρα της ημέρας που έχουμε τον υψηλότερο μέσο όρο ταχύτητας αέρα/Hour of peak wind speed	15

7.3.3 Χαρακτηριστικά πόρου καυσίμου

Από τα χαρακτηριστικά των νηζελογεννήτριών μας ενδιαφέρει η τιμή του καυσίμου που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι 0.4\$/L, 0.6\$/L, 0.7\$/L, αντίστοιχα. Είναι φανερό ότι η τιμή του καυσίμου θα χρησιμοποιηθεί ως μεταβλητή ευαισθησίας.

7.4 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ

Στο Πίνακα 7.23 φαίνονται τα οικονομικά δεδομένα.

Πίνακας 7.23: Οικονομικά

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Το ποσοστό έκπτωσης που χρησιμοποιείται για να εξισωθούν τα εφάπαξ κόστη με τα ετήσια κόστη	6 %
2	Χρόνος ζωής του έργου	25 έτη
3	Το κόστος σταθερού κεφαλαίου που εμφανίζεται ανεξάρτητα από το μέγεθος ή την αρχιτεκτονική του συστήματος.	0\$
4	Οι σταθερές ετήσιες δαπάνες που εμφανίζονται ανεξάρτητα από το μέγεθος ή την αρχιτεκτονική του συστήματος.	0\$
5	Μια ποινική ρήτρα που ισχύει σε περίπτωση που προκύψουν προβλήματα κατά την υλοποίηση του έργου	0\$

7.5 ΕΛΕΓΧΟΣ ΝΤΗΖΕΛΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Πίνακας 7.24: Δεδομένα ελέγχου

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Αυτό το παράθυρο ελέγχου ελέγχει εάν το HOMER εξετάζει τα συστήματα που περιέχουν περισσότερες από μια γεννήτριες. Δεν έχει καμία επίδραση εάν εξετάζετε μόνο μια ντηζελογεννήτρια.	ναι
2	Αυτό το παράθυρο ελέγχου έχει επιπτώσεις μόνο στη λειτουργία των συστημάτων που περιλαμβάνουν δύο ή περισσότερες ντηζελογεννήτριες στο ίδιο σύστημα ενέργειας. Εάν επιλέξουμε αυτή τη λειτουργία, το HOMER θα επιτρέψει στις πολλαπλάσιες ντηζελογεννήτριες του ίδιου συστήματος να λειτουργήσουν αμέσως όποτε είναι απαραίτητο. Διαφορετικά, οι πολλαπλάσιες ντηζελογεννήτριες στο ίδιο σύστημα ενέργειας πρέπει να πάρουν τη λειτουργία στροφών.	ναι
3	Αυτό το παράθυρο ελέγχου ελέγχει εάν το HOMER θα εξετάσει τα συστήματα των οποίων η συνολική ισχύς ντηζελογεννητριών είναι λιγότερη από το ετήσιο μέγιστο αρχικό φορτίο.	ναι
4	Με τη συγκεκριμένη στρατηγική η ντηζελογεννήτρια όποτε είναι απαραίτητο, παράγει τόση ενέργεια όση ακριβώς χρειάζεται για να καλυφθεί η ζήτηση	ναι
5	Με τη συγκεκριμένη στρατηγική η ντηζελογεννήτρια δουλεύει στο μέγιστο των δυνατοτήτων της και με την πρόσθετη ενέργεια που παράγεται φορτίζεται η μπαταρία	ναι
6		ναι
7	Η γεννήτρια θα σταματήσει να φορτίζει τη μπαταρία όταν αυτή πιάσει την αναγκαία στάθμη ενέργειας, όταν δηλαδή το επίπεδο φόρτισης φτάσει σε ένα συγκεκριμένο σημείο	80%

7.6 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Πίνακας 7.25: Περιορισμοί

A/A	Περιγραφή	Τιμή
1	Είναι η μέγιστη δυνατή τιμή του capacity shortage fraction το οποίο είναι το κλάσμα της συνολικής χωρητικότητας σε ενέργεια διαιρούμενη από το ετήσιο φορτίο	0% 5% 10% (θα χρησιμοποιηθεί ως μεταβλητή ανάλυσης ευαισθησίας)
2	Είναι η μικρότερη δυνατή τιμή του κλάσματος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	0%
3	Μια τιμή 10% της συγκεκριμένης μεταβλητής σημαίνει πως το σύστημα θα πρέπει να διατηρήσει ενέργεια από τη χωρητικότητα του για να υποστηρίξει μια ξαφνική αύξηση του φορτίου κατά 10%	10%
4	Αν η μέγιστη τιμή που παίρνει το φορτίο είναι 40 kW και εμείς για κάποιο λόγο θέλουμε το σύστημα να είναι σε θέση να παρέχει συνεχώς 8 kW τότε η τιμή της συγκεκριμένης μεταβλητής είναι 20%	0%
5	Μια τιμή 50% αυτής της μεταβλητής σημαίνει πως το σύστημα θα πρέπει να είναι έτοιμο να παρέχει ενέργεια από τη χωρητικότητα του ακόμα και σε περίπτωση που η ενέργεια που παράγεται από την ανεμογεννήτρια μειωθεί κατά 50%	50%

7.7 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Αφού έχουμε εισαγάγει όλα τα παραπάνω δεδομένα το HOMER αρχίζει τη διαδικασία προσομοίωσης χρησιμοποιώντας όλους τους ενεργειακούς υπολογισμούς που του έχουμε δώσει για κάθε μια από τις 8.760 ώρες του έτους. Με τη βοήθεια αυτών των ενεργειακών υπολογισμών προσπαθεί να δημιουργήσει όλους τους πιθανούς συνδυασμούς συστημάτων ενέργειας. Στη συνέχεια το HOMER κατά τη διάρκεια της βελτιστοποίησης παραθέτει ένα κατάλογο όλων των αποδεκτών συστημάτων ταξινομημένων σύμφωνα με το καθαρό παρόν κόστος. Στο πίνακα 7.26 φαίνονται τα είκοσι πρώτα υβριδικά συστήματα ενέργειας τα οποία αποτελούν αποτέλεσμα της

βελτιστοποίησης της σχεδίασης που εφαρμόζει το HOMER προκειμένου να βρει το βέλτιστο σύστημα. Οι είκοσι αυτοί συνδυασμοί των υβριδικών συστημάτων ενέργειας είναι οι καλύτεροι αφού όπως έχουμε αναφέρει η ταξινόμηση τους γίνεται σύμφωνα με το καθαρό παρόν κόστος θεωρώντας ως καλύτερο εκείνο το σύστημα με το μικρότερο καθαρό παρόν κόστος.

Πίνακας 7.26: Οι είκοσι καλύτεροι συνδυασμοί υβριδικών συστημάτων που προέκυψαν μετά τη βελτιστοποίηση (**ολικά αποτελέσματα**)

A/A	Στοιχεία υβριδικού συστήματος	Στρατηγική λειτουργίας της ντηζελογεννήτριας και των μπαταριών	Αρχικό Κόστος (\$)	Καθαρό παρόν κόστος (\$)	Κόστος Ενέργειας (\$/kWh)	Κλάσμα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμου (L)	Ώρες λειτουργίας ντηζελο γεννήτριας (hrs)
1	NT 500 kW, NT 700 kW, NT 250 kW 200 ΜΠ, 1 ΑΓ 500 kW, ME 400 kW, ΦΒ 100 kW		1745000	12864408	0.168	0.20	1676	10840
2	NT 250 kW, NT 700 kW NT 500 kW 200 ΜΠ, 1 ΑΓ 500 kW, ME 400 kW, ΦΒ 100 kW		1745000	12864408	0.168	0.20	1676	10840
3	NT 700 kW, NT 500 kW NT 250 kW 200 ΜΠ, 1 ΑΓ 500 kW, ME 400 kW, ΦΒ 100 kW		1745000	12864410	0.168	0.20	1676	10840
4	NT 700 kW, NT 250 kW NT 500 kW 200 ΜΠ, 1 ΑΓ 500 kW, ME 400 kW, ΦΒ 100 kW		1745000	12864410	0.168	0.20	1676	10840
5	NT 250 kW, NT 700 kW NT 500 kW 200 ΜΠ, 1 ΑΓ 500 kW, ME 400 kW, ΦΒ 20 kW		1825000	12893690	0.169	0.20	1667	10793
6	NT 700 kW, NT 500 kW NT 250 kW 200 ΜΠ, 1 ΑΓ 500 kW, ME 400 kW, ΦΒ 20 kW		1825000	12893695	0.169	0.20	1667	10793

7	NT 700 kW, NT 250 kW NT 500 kW 200 МП, 1 АГ 500 kW, ME 400 kW, ΦB 20 kW		1825000	12893695	0.169	0.20	1667	10793
8	NT 500 kW, NT 700 kW NT 250 kW 200 МП, 1 АГ 500 kW, ME 400 kW, ΦB 20 kW		1825000	12893696	0.169	0.20	1667	10793
9	NT 700 kW, NT 500 kW NT 250 kW 100 МП, 1 АГ 500 kW, ME 400 kW, ΦB 100 kW		1735000	12969668	0.170	0.20	1684	11078
10	NT 700 kW, NT 250 kW NT 500 kW 100 МП, 1 АГ 500 kW, ME 400 kW, ΦB 100 kW		1735000	12969668	0.170	0.20	1684	11078
11	NT 250 kW, NT 700 kW NT 500 kW 100 МП, 1 АГ 500 kW, ME 400 kW, ΦB 100 kW		1735000	12969668	0.170	0.20	1684	11078
12	NT 500 kW, NT 700 kW NT 250 kW 100 МП, 1 АГ 500 kW, ME 400 kW, ΦB 100 kW		1735000	12969672	0.170	0.20	1684	11078

13	NT 500 kW, NT 700 kW NT 250 kW 100 ΜΠ, 1 ΑΓ 500 kW, ΜΕ 400 kW, ΦΒ 20 kW		1815000	13001075	0.170	0.20	1675	11030
14	NT 700 kW, NT 500 kW NT 250 kW 100 ΜΠ, 1 ΑΓ 500 kW, ΜΕ 400 kW, ΦΒ 20 kW		1815000	13001076	0.170	0.20	1675	11030
15	NT 700 kW, NT 250 kW NT 500 kW 100 ΜΠ, 1 ΑΓ 500 kW, ΜΕ 400 kW, ΦΒ 20 kW		1815000	13001076	0.170	0.20	1675	11030
16	NT 250 kW, NT 700 kW NT 500 kW 100 ΜΠ, 1 ΑΓ 500 kW, ΜΕ 400 kW, ΦΒ 20 kW		1815000	13001076	0.170	0.20	1675	11030
17	NT 500 kW, NT 700 kW NT 250 kW 200 ΜΠ, 7 ΑΓ 33 kW ΜΕ 200 kW, ΦΒ 100 kW		1155000	13007168	0.170	0.12	1813	11479
18	NT 250 kW, NT 700 kW NT 500 kW 200 ΜΠ, 7 ΑΓ 33 kW, ΜΕ 200 kW, ΦΒ 100 kW		1155000	13007169	0.170	0.12	1813	11479
19	NT 700 kW, NT 250 kW NT 500 kW 200 ΜΠ, 7 ΑΓ 33 kW, ΜΕ 200 kW, ΦΒ 100 kW		1155000	13007171	0.170	0.12	1813	11479

20	NT 700 kW, NT 500 kW NT 250 kW 200 ΜΠ, 7 ΑΓ 33 kW, ΜΕ 200 kW, ΦΒ 100 kW		1150000	13007172	0.170	0.12	1813	11479
----	---	--	---------	----------	-------	------	------	-------

NT : Ντηζελογεννήτρια

ΜΕ : Μετατροπέας

ΦΒ : Φωτοβολταϊκά

ΑΓ : Ανεμογεννήτρια

ΜΠ : Μπαταρία

CC : Cycle charging/ Κύκλος φόρτισης

LF : Load following/ Επικουρική φόρτιση

Στο Πίνακα 7.27 περιέχονται οι δέκα ‘χειρότεροι’ συνδυασμοί υβριδικών συστημάτων που περιέχονται στα ολικά αποτελέσματα που προκύπτουν μετά από τη βελτιστοποίηση που διενεργεί το HOMER. Πιο συγκεκριμένα πρόκειται για τα υβριδικά συστήματα ενέργειας με το μεγαλύτερο καθαρό παρόν κόστος

Πίνακας 7.27: Οι δέκα χειρότεροι συνδυασμοί υβριδικών συστημάτων που προέκυψαν μετά τη βελτιστοποίηση (**ολικά αποτελέσματα**)

A/A	Στοιχεία υβριδικού συστήματος	Στρατηγική λειτουργίας της ντηζελογεννήτριας και των μπαταριών	Αρχικό Κόστος (\$)	Καθαρό παρόν κόστος (\$)	Κόστος Ενέργειας (\$/kWh)	Κλάσμα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμου (L)	Ώρες λειτουργίας ντηζελο γεννήτριας (hrs)
1	NT 500 kW, NT 700 kW NT 250 kW 100 ΜΠ, 3 ΑΓ 33 kW, ME 200 kW, ΦΒ 20kW		1145000	13593491	0.178	0.06	1915	11777
2	NT 500 kW, NT 700 kW NT 500 kW 100 ΜΠ, 1 ΑΓ 500 kW, ME 400 Kw, ΦΒ 100 kW		2260000	13594616	0.178	0.22	1679	10779
3	NT 700 kW, NT 500 kW NT 500 kW 100 ΜΠ, 1 ΑΓ 500 kW, ME 400 Kw, ΦΒ 100 kW		2260000	13594646	0.178	0.22	1679	10779
4	NT 700 kW, NT 500 kW NT 500 kW 200 ΜΠ, 1 ΑΓ 500 kW, ME 200 kW,		1620000	13601528	0.178	0.19	1801	11390

5	NT 500 kW, NT 700 kW, NT 500 kW, 200 МП, 1 АГ 500 kW, ME 200 kW		1620000	13601528	0.178	0.19	1801	11390
6	NT 700 kW, NT 700 kW NT 250 kW 200 МП, 1 АГ 500 kW, ME 600 kW,		2095000	13605111	0.178	0.20	1703	10157
7	NT 500 kW, NT 500 kW NT 500 kW 200 МП, 1 АГ 500 kW, ME 400 Kw, ФВ 20 kW		1850000	13611803	0.178	0.20	1733	12302
8	NT 700 kW, NT 700 kW NT 250 kW 200 МП, 1 АГ 500 kW, ME 600 Kw, ФВ 20 kW		2175000	13627467	0.178	0.20	1693	10081
9	NT 250 kW, NT 700 kW NT 500 kW 200 МП, 7 АГ 33 kW, ME 600 kW,		1655000	13630577	0.178	0.12	1808	11163
10	NT 700 kW, NT 250 kW NT 500 kW 200 МП, 7 АГ 33 kW, ME 600 kW kW,		1655000	13630578	0.178	0.12	1808	11163

Τόσο ο Πίνακας 7.26 όσο και ο Πίνακας 7.27 περιέχουν μερικά από τα ολικά αποτελέσματα της βελτιστοποίησης. Σαν ολικά αποτελέσματα βελτιστοποίησης θεωρούμε όλους τους πιθανούς συνδυασμούς των διαφορετικών υβριδικών συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας. Αντιθέτως ο Πίνακας 7.28 περιέχει τα δέκα πρώτα υβριδικά συστήματα των κατηγοριοποιημένων αποτελεσμάτων της βελτιστοποίησης. Σαν κατηγοριοποιημένα αποτελέσματα, θεωρούμε το σύνολο των διαφορετικών συστημάτων ενέργειας που έχει προκύψει επιλέγοντας κάθε φορά τον καλύτερο συνδυασμό υβριδικού συστήματος από κάθε ομάδα συνδυασμών υβριδικών συστημάτων.

Πίνακας 7.28: Οι διαφορετικοί συνδυασμοί υβριδικών συστημάτων που προέκυψαν μετά τη βελτιστοποίηση (**κατηγοριοποιημένα αποτελέσματα**)

A/A	Στοιχεία υβριδικού συστήματος	Στρατηγική λειτουργίας ντηζελο γεννήτριας και μπαταριών	Αρχικό Κόστος (\$)	Καθαρό παρόν κόστος (\$)	Κόστος Ενέργειας (\$/kWh)	Κλάσμα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμου (L)	Ώρες λειτουργίας ντηζελο γεννήτριας (hrs)
1	NT 500 kW, NT 700 kW NT 250 kW 200 ΜΠ, 1 ΑΓ 500 kW, ME 400 kW,		1745000	12864408	0.168	0.20	1676	10840
2	NT 250 kW, NT 700 kW NT 500 kW 200 ΜΠ, 1 ΑΓ 500 kW, ME 400 kW, ΦΒ 20 kW		1825000	12893690	0.169	0.20	1667	10793
3	NT 700 kW, NT 500 kW, 200 ΜΠ, 1 ΑΓ 500 kW, ME 600 kW, ΦΒ 300 kW		3070000	13807379	0.181	0.27	1561	9437
4	NT 700 kW, NT 500 kW, 200 ΜΠ, 1 ΑΓ 500 kW, ME 600 kW, ΦΒ 300 kW		3070000	13807379	0.181	0.27	1561	9437
5	NT 700 kW, NT 500 kW 200 ΜΠ, 1 ΑΓ 500 kW, ME 600 kW, ΦΒ 300 kW		3070000	13807379	0.181	0.27	1561	9437

6	NT 250 kW, NT 700 kW NT 500 kW 200 ΜΠ, ME 200 kW		995000	14084581	0.184	0.0	2029	12030
7	NT 250 kW, NT 700 kW NT 500 Kw, 200 ΜΠ, ME 200 kW, ΦΒ 20 kW		1075000	14092761	0.184	0.01	2017	11985
8	NT 700 kW, NT 700 kW, 200 ΜΠ, 1 ΑΓ 500 kW, ME 400 kW,		1720000	14120918	0.185	0.20	1799	11985

7.8 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

Επειδή έχουν εισαχθεί μεταβλητές ευαισθησίας το HOMER θα εκτελέσει ξανά την βελτιστοποίηση για κάθε μια από αυτές τις μεταβλητές. Στο Πίνακα 7.29 που ακολουθεί παρουσιάζονται ενδεικτικά τα είκοσι πρώτα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας. Ο Πίνακας 7.29 είναι ίδιος με τους Πίνακες 7.26, 7.27 και 7.28 αντίστοιχα της βελτιστοποίησης, με τη μόνη διαφορά ότι σε αυτόν περιέχονται και οι μεταβλητές της ανάλυσης ευαισθησίας.

Πίνακας 7.29: Οι διαφορετικοί συνδυασμοί υβριδικών συστημάτων που προέκυψαν μετά την ανάλυση ευαισθησίας

A/A	Στοιχεία υβριδικού συστήματος	Κλάσμα μη εξυπηρετούμενης ενέργειας (%)	Ταχύτητα αέρα (m/sec)	Τιμή πετρελαίου (\$/L)	Στρατηγική λειτουργίας της ντηζελογεννήτριας και των μπαταριών	Αρχικό Κόστος (\$)	Καθαρό παρόν κόστος (\$)	Κόστος Ενέργειας (\$/kWh)	Κλάσμα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμου (L)	Ώρες λειτουργίας ντηζελο γεννήτριας (hrs)
1	NT 500 kW, NT 700 kW, NT 250 kW 200 ΜΠ, 1 ΑΓ 500 kW, ME 400 kW, ΦΒ 100 kW	0.0	5.980	0.4		1745000	12864408	0.168	0.20	1676	10840
2	NT 500 kW, NT 700 kW, NT 250 kW 200 ΜΠ, 1 ΑΓ 500 kW, ME 400 kW, ΦΒ 100 kW	0.0	5.980	0.6		1745000	17150376	0.224	0.20	1676	10840
3	NT 500 kW, NT 700 kW, NT 250 kW 200 ΜΠ, 1 ΑΓ 500 kW, ME 400 kW, ΦΒ 100 kW	0.0	5.980	0.7		2145000	19281612	0.252	0.22	1633	10608

4	NT 250 kW, NT 700 kW, NT 500 kW 200 ΜΠ, 1 ΑΓ 500 kW, ΜΕ 400 kW, ΦΒ 100 kW	0.0	6	0.4		1745000	12847845	0.168	0.20	1673	10813
5	NT 250 kW, NT 500 kW, NT 500 kW 200 ΜΠ, 1 7Γ 500 kW, ΜΕ 400 kW, ΦΒ 100 kW	0.0	6	0.6		1745000	17127298	0.224	0.20	1673	10813
6	NT 700 kW, NT 500 kW, NT 250 kW 200 ΜΠ, 1 ΑΓ 500 kW, ΜΕ 400 kW, ΦΒ 100 kW	0.0	6	0.7		2145000	19257954	0.252	0.22	1630	10588
7	NT 500 kW, NT 250 kW, NT 500 kW 200 ΜΠ, 1 ΑΓ 500 kW, ΜΕ 400 kW, ΦΒ 100 kW	0.0	7	0.4		1645000	12154177	0.159	0.26	1568	12642

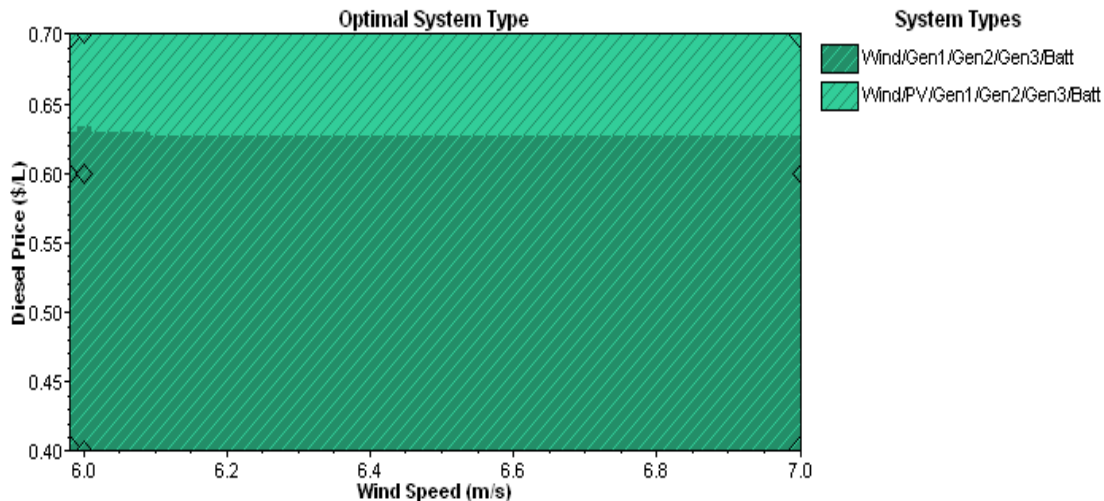
Πίνακας 7.30: Οι διαφορετικοί συνδυασμοί υβριδικών συστημάτων που προέκυψαν μετά την ανάλυση ευαισθησίας

8	NT 500 kW, NT 250 kW, NT 500 kW 200 ΜΠ, 1 ΑΓ 500 kW, ΜΕ 400 kW, ΦΒ 100 kW	0.0	7	0.6		1645000	16173714	0.212	0.26	1568	12659
9	NT 250 kW, NT 700 kW, NT 250 kW 200 ΜΠ, 1 ΑΓ 500 kW, ΜΕ 600 kW, ΦΒ 300 kW	0.0	7	0.7		3070000	18049784	0.236	0.34	1404	12649

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας παρουσιάζονται από το πρόγραμμα και με τη μορφή γραφημάτων. Σε κάθε γράφημα τόσο ο οριζόντιος όσο και ο κάθετός άξονας αντιστοιχούν ο καθένας τους σε κάποια μεταβλητή ανάλυσης ευαισθησίας που εμείς έχουμε εισάγει στο πρόγραμμα. Το HOMER μας δίνει τη δυνατότητα αλλάζοντας τις τιμές των μεταβλητών ανάλυσης ευαισθησίας αλλά και τις θέσεις των ίδιων των μεταβλητών στους άξονες, να δημιουργούμε μια συνολική εικόνα για το πώς οι μεταβλητές ανάλυσης ευαισθησίας επηρεάζουν τα αποτελέσματα του προγράμματος HOMER.

Στο Σχήμα 7.13 φαίνονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας με την τιμή του πετρελαίου και την τιμή της ταχύτητας αέρα να αποτελούν τις μεταβλητές ανάλυσης ευαισθησίας. Από το Σχήμα 7.13 φαίνεται ότι :

- Για μεγάλες τιμές της τιμής καυσίμου (> 0.618 \$/L) και τιμές της ταχύτητας αέρα από 5.99 έως 7.0 m/sec το HOMER συμβουλεύει να χρησιμοποιηθεί ένα σύστημα που περιέχει νηζελογεννήτριες, φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτρια και μπαταρία
- Για τιμές της ταχύτητας αέρα από 5.99 έως 7.0 m/sec και τιμές καυσίμου από 0.2 έως 0.614 \$/L το HOMER συμβουλεύει να χρησιμοποιηθεί ένα σύστημα που περιέχει ανεμογεννήτρια, νηζελογεννήτριες και μπαταρία



Σχήμα 7.13: Γράφημα αποτελεσμάτων ανάλυσης ευαισθησίας, με την τιμή του πετρελαίου και την ταχύτητα αέρα να αποτελούν τις αντίστοιχες μεταβλητές ευαισθησίας

7.9 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το μέγιστο φορτίο που εξυπηρετείται στο νησί της Κύθνου φτάνει το καλοκαίρι τα 2000 kW. Ωστόσο το HOMER μετά την εισαγωγή των ωριαίων τιμών των φορτίων υπολογίζει το μέγιστο φορτίο στα 1887 kW. Για τα στοιχεία του συστήματος ενέργειας της Κύθνου είναι γνωστό ότι έχουν εγκατασταθεί : 1) πέντε νηξελογενηήτριες των 400 kW η καθεμία, οπότε σύνολο 2000 kW 2) μία ανεμογεννήτρια 500 kW 3) 5 ανεμογεννήτριες των 33 kW η καθεμία 4) φωτοβολταϊκά ισχύος 100 kW 5) 200 μπαταρίες συνολικής ισχύος 500 kW / 400 kWh 6) Μετατροπέας 600 kW.

Οπότε η συνολική ενέργεια που μπορούν να παρέχουν τα στοιχεία του υβριδικού συστήματος της Κύθνου είναι 2765 kW. Από αυτά, τα 2000 kW οφείλονται σε συμβατικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (νηξελογενηήτρια) και τα 765 kW σε ανανεώσιμες πηγές (ανεμογεννήτριες, φωτοβολταϊκά). Παρατηρούμε ότι ενώ το μέγιστο φορτίο είναι 2000 kW, τα στοιχεία του υβριδικού συστήματος μπορούν να παρέχουν έως και 2765 kW. Παρατηρούμε ότι υπάρχει μία περίσσεια ενέργειας που φτάνει τα 765 kW (38.25%). Η συγκεκριμένη περίσσεια δικαιολογείται από το γεγονός ότι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν χαμηλό συντελεστή αξιοποίησης και επιπλέον από το γεγονός ότι οι κατασκευαστές του συστήματος ενέργειας θέλουν να είναι σε θέση να ανταπεξέλθουν ακόμα και σε περιπτώσεις αύξησης του φορτίου, χωρίς να είναι αναγκαία η προσθήκη νέων μονάδων ενέργειας.

Εμείς ζητήσαμε από το HOMER να συμπεριλάβει στη βελτιστοποίησή του μονάδες παραγωγής που μπορούσαν να παρέχουν μέγιστη συνολική ενέργεια της τάξης των 2665 kW (1900 kW νηξελογενηήτριες και 765 kW φωτοβολταϊκά και

ανεμογεννήτριες μαζί). Του ζητάμε δηλαδή να έχουμε περίσσεια ενέργειας 665 kW (33.25%).

Πίνακας 7.31: Συγκριτικά αποτελέσματα ενέργειας

	Υβριδικό σύστημα Κύθνου	Ενεργειακά μεγέθη που ζητήσαμε να λάβει υπόψη το HOMER	Βέλτιστο υβριδικό σύστημα που προτείνει το HOMER
Μέγιστο φορτίο	2000 kW	2000 kW	1887 kW
Συμβατικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	2000 kW	1900 kW	1450 kW
Ανανεώσιμες μονάδες	765 kW	765 kW	500 kW
Σύνολο μονάδων	2765 kW	2665 kW	1950 kW
Μπαταρίες	500 kW	500 kW	500 kW
Μετατροπέας	600 kW	600 kW	400 kW
Σύνολο μονάδων / Μέγιστο φορτίο	1.3825	1.3325 kW	1.033 kW
Συμβατικές μονάδες / Μέγιστο φορτίο	1	0.95 kW	0.77 kW
Ανανεώσιμες μονάδες / Μέγιστο φορτίο	0.3825	0.3825 kW	0.2649 kW

Από τα αποτελέσματα της βελτιστοποίησης σαν καλύτερο κρίνεται ένα σύστημα που περιέχει νηζελογεννήτρια 500 kW, νηζελογεννήτρια 700 kW, νηζελογεννήτρια 250 kW, 200 μπαταρίες, 1 ανεμογεννήτρια των 500 kW, και μετατροπέα 400 kW. Όσον αφορά τα κόστη, το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι 1745000 \$, το καθαρό παρόν κόστος 12864408 \$ και το κόστος ενέργειας είναι 0.168 \$/kW. Επίσης η κατανάλωση των νηζελογεννητριών είναι 1676 L.

Άρα η μέγιστη συνολική ενέργεια που μπορούν να παρέχουν τα στοιχεία του βέλτιστου συνδυασμού είναι 1950 kW, 63 kW παραπάνω από την τιμή 1887 kW που το HOMER επιδεικνύει σαν μέγιστη τιμή φορτίου. Παρατηρείται δηλαδή κι εδώ περίσσεια ενέργειας 63 kW (3,33%). Το HOMER με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζει την εύρυθμη λειτουργία του συστήματος ενέργειας ακόμα και σε περιπτώσεις αύξησης του φορτίου ζήτησης. Από τη μέγιστη συνολική ενέργεια, τα 1450 kW οφείλονται σε συμβατικές μονάδες παραγωγής ενέργειας (νηζελογεννήτρια) και τα 500 kW σε ανανεώσιμες

μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (ανεμογεννήτρια). Ενώ στο HOMER το σύνολο των συμβατικών μονάδων που του έχουμε ζητήσει να λάβει υπόψη του είναι 1900 kW αυτό μας επιδεικνύει 1450 kW, μία μείωση ενέργειας δηλαδή της τάξης των 450 kW (23.6%). Όσον αφορά τις ανανεώσιμες μονάδες παραγωγής ενέργειας, ενώ έχουμε ζητήσει να λάβει υπόψη του ανανεώσιμες μονάδες παραγωγής που μπορούν να παρέχουν 765 kW, αυτό επιδεικνύει ανανεώσιμες μονάδες που παρέχουν 500 kW, έχουμε μια μείωση δηλαδή 265 kW (34.6%). Παρά τις ελλείψεις ενέργειας που αναφέραμε προηγουμένως το HOMER καταφέρνει και υπερκαλύπτει το φορτίο ζήτησης αφού εμφανίζει περίσσεια ενέργειας, όπως έχουμε αναφέρει της τάξης των 63 kW. Στο πίνακα 7.31 φαίνονται αναλυτικά αυτά τα αποτελέσματα.

7.10 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [7.1] NREL, *HOMER: the optimization model for distributed power*. National renewable energy laboratory. It can be downloaded from <http://www.nrel.gov/homer>
- [7.2] NREL, *HOMER: the micropower optimization model, version 2.19*. National renewable energy laboratory. It can be downloaded from <http://www.nrel.gov/homer>

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ένα υβριδικό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι ένα σύστημα το οποίο περιλαμβάνει συνδυασμό συμβατικών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Επιπλέον, το σύστημα αυτό μπορεί να περιλαμβάνει σύστημα αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας. Το υβριδικό σύστημα παράγει ηλεκτρική ενέργεια και ενδεχομένως θερμότητα, για να εξυπηρετήσει τα φορτία. Μερικά παραδείγματα υβριδικών συστημάτων είναι τα ακόλουθα: ένα σύστημα από φωτοβολταϊκά και μπαταρίες που εξυπηρετούν ένα απομακρυσμένο φορτίο, ένα σύστημα ανεμογεννητριών και νηξελογεννητριών που εξυπηρετούν ένα απομονωμένο χωριό, ή ένα σύστημα βιομάζας που παρέχει ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα σε ένα εργοστάσιο.

Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφονται μερικά κύρια σημεία που πρέπει να θυμολάστε για το HOMER, σε περίπτωση που επιθυμούμε να χρησιμοποιήσουμε το πρόγραμμα για τη βελτιστοποίηση της σχεδίασης ενός υβριδικού συστήματος ενέργειας.

- Για να χρησιμοποιήσουμε το HOMER, εισάγουμε τις μεταβλητές, όπως είναι οι πληροφορίες για τα φορτία, τα συστατικά μέρη του υβριδικού συστήματος και τους πόρους του υβριδικού συστήματος. Το HOMER υπολογίζει και επιδεικνύει τα αποτελέσματα σε πίνακες και γραφικές παραστάσεις.

- Η χρησιμοποίηση του HOMER είναι μια επαναληπτική διαδικασία. Μπορούμε να αρχίσουμε με τις κατά προσέγγιση εκτιμήσεις των τιμών των δεδομένων (π.χ τιμές φορτίου, τιμές ταχύτητας αέρα κτλ), να ελέξουμε τα αποτελέσματα και να επαναλάβουμε τη διαδικασία για να βρούμε τις ακριβείς τιμές για τα δεδομένα.

- Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το HOMER για να βελτιστοποιήσουμε την σχεδίαση με σκοπό την οικονομική αποτελεσματικότητα ή για να εκτελέσουμε ανάλυση ευαισθησίας σε παράγοντες όπως είναι η τιμή του πετρελαίου, η ταχύτητα αέρα, το ποσοστό της μη εξυπηρετούμενης ενέργειας, κτλ.

- Το HOMER είναι ένα ωριαίο πρότυπο. Διαμορφώνει τα στοιχεία των υβριδικών συστημάτων, τους διαθέσιμους ενεργειακούς πόρους και τα φορτία σε ωριαία βάση για ένα έτος. Οι ενεργειακές ροές και οι δαπάνες είναι σταθερές κατά τη διάρκεια μιας δεδομένης ώρας. Το HOMER μπορεί να συνθέσει τα ωριαία στοιχεία των πόρων (π.χ αιολικό δυναμικό, πόρος βιομάζας κτλ) από τους μηνιαίους μέσους όρους που εισάγουμε στους πίνακες ή από τα στοιχεία που εισάγουμε με τη βοήθεια κατάλληλα μορφοποιημένων αρχείων.

➤ Το HOMER είναι πρώτιστα ένα οικονομικό πρότυπο. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το HOMER για να συγκρίνουμε τους διαφορετικούς συνδυασμούς των συστατικών μερών του υβριδικού συστήματος και για να εξερευνήσουμε πώς οι παραλλαγές στις τιμές καποιων μεταβλητών (π.χ ταχύτητα αέρα, τιμή πετρελαίου, κτλ) έχουν επιπτώσεις στο κόστος των λειτουργούντων διαφορετικών στοιχείων των υβριδικών συστημάτων ενέργειας. Μερικοί σημαντικοί τεχνικοί περιορισμοί είναι πέρα από τις δυνατότητες ενός οικονομικού προτύπου όπως είναι το HOMER. Το εργαλείο σχεδιασμού HYBRID2 του NREL (National Renewable Energy Laboratory) για τα υβριδικά συστήματα μπορεί να επεξεργαστεί αυτούς και άλλους τεχνικούς περιορισμούς και είναι χρήσιμο για περαιτέρω επιλογές σχεδίων υβριδικών συστημάτων που το HOMER προσδιορίζει ως οικονομικώς αποδοτικά.