



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΟΦΕΛΗ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΥΡΕΙΑ
ΧΡΗΣΗ Α.Π.Ε. ΣΕ ΜΙΚΡΟΥΣ ΟΙΚΙΣΜΟΥΣ**

Διδακτορική Διατριβή

ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΤΣΙΑΡΑΣ

ΑΓΡΙΝΙΟ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2019

*Αφιερωμένο στην Ειρήνη, στον
Κωνσταντίνο και στη σύζυγό μου Χρύσα*

Ευχαριστίες

Η παρούσα διδακτορική διατριβή εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Πατρών υπό την επίβλεψη του Καθηγητή κ. Φραγκίσκου Κουτελιέρη. Φτάνοντας στην ολοκλήρωσή της, θα ήθελα να ευχαριστήσω και να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου σε όσους με στήριξαν έμπρακτα καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της προσπάθειας.

Πρωτίστως, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Καθηγητή μου κ. Φραγκίσκο Κουτελιέρη, ο οποίος μου εμπιστεύθηκε την ανάθεση του θέματος της παρούσας διδακτορικής διατριβής, με καθοδήγησε σε όλη την πορεία της ερευνητικής μου προσπάθειας και με τις καίριες επιστημονικές παρατηρήσεις και απαιτήσεις του συνέβαλε τα μέγιστα στην τελική μορφή του παρόντος πονήματος. Η υπομονή του και η αμέριστη στήριξη, επιστημονική, ηθική και ψυχολογική, αποτέλεσε για μένα ισχυρό κίνητρο προκειμένου να φέρω εις πέρας αυτή την προσπάθεια. Τον ευχαριστώ θερμά για την πολύτιμη συνεισφορά του.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω επίσης στον κ. Παναγιώτη Τσιακάρα, Καθηγητή του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και στον κ. Ανδρέα Μπουντουβή, Καθηγητή του Τμήματος Χημικών Μηχανικών του ΕΜΠ για την προθυμία τους και το χρόνο τους να συμμετέχουν στην τριμελή συμβουλευτική επιτροπή της παρούσας διατριβής.

Ευχαριστώ θερμά τους Προέδρους των οκτώ οικισμών, οι οποίοι με τις καταμετρήσεις που κάνανε, βοήθησαν αποφασιστικά στην επιτυχή έκβαση της παρούσας διατριβής.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες εκφράζονται στον κ. Φρίξο Δάσκαλο, Πρόεδρο της Τ.Κ. Ρεπετίστας ο οποίος αδιαμαρτύρητα, πέρασε πολλές ώρες μαζί μου μετρώντας σπίτια, ηλεκτρικές συσκευές, πείθοντας τους κατοίκους να συμμετέχουν στην έρευνα και να απαντούν στο ερωτηματολόγιο της παρούσας διατριβής.

Ευχαριστίες επίσης εκφράζονται σε όλους όσους βοήθησαν ώστε αυτή η διατριβή να έλθει εις πέρας.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω την απέραντη ευγνωμοσύνη μου στους γονείς μου, Κωνσταντίνο και Ειρήνη, για τη στήριξη, τη φροντίδα και την αγάπη τους, καθώς και στη δική μου οικογένεια, την σύζυγό μου Χρύσα και τα παιδιά μας Ειρήνη και Κωνσταντίνο για την αγάπη, την υπομονή και την κατανόησή τους.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

INTRODUCTION.....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	21
1.1 Γενικά Στοιχεία	21
1.2 Υφιστάμενη κατάσταση	25
1.3 Αδυναμίες υφιστάμενης κατάστασης.....	30
1.4 Σκοπός – Στόχος της Διατριβής	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΘΕΩΡΙΑ	36
2.1 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.).....	36
2.2 Αυτόνομα Συστήματα (Stand alone ή Off grid systems)	41
2.3 Οικονομική Θεωρία.....	42
2.4 Θεωρία Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (LCA).....	45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	48
3.1 Εισαγωγή.....	48
3.2 Σενάρια επιλογής περιοχών.....	49
3.2.1 Δεδομένα ηλιακής ακτινοβολίας	49
3.2.2 Δεδομένα Αιολικού δυναμικού	50
3.2.3 Δημογραφικά δεδομένα.....	51
3.2.4 Γεωγραφικά δεδομένα.....	51
3.2.5 Γεωχωρικά δεδομένα.....	52
3.2.6 Χρήσεις Γης και τελική επιλογή των περιοχών.....	53
3.3 Σενάριο κάλυψης ηλεκτρικών φορτίων.....	61
3.4 Σενάρια Επιλογής Φωτοβολταϊκών στοιχείων και Ανεμογεννητριών	63
3.5 Βελτιστοποίηση αυτόνομου υβριδικού συστήματος.....	72
3.6 Ενεργειακά Ισοζύγια	75
3.7 Απώλειες ηλεκτρικής ενέργειας	76
3.8 Κοινωνική Αποδοχή των κατοίκων.....	76
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΡΙΟΧΩΝ.....	81
4.1 Αναλυτικά στοιχεία περιοχών	81
4.1.1 Περιοχή Α.....	81
4.1.2 Περιοχή Β.....	82
4.1.3 Περιοχή C.....	84
4.1.4 Περιοχή D.....	86
4.2 Φορτία οικισμών με το χαμηλότερο ηλιακό & αιολικό δυναμικό	87

4.2.1 Συντελεστής coefficient.....	103
4.3 Φορτία υπολοίπων οικισμών	106
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΕΝΑΡΙΑ ΤΩΝ ΥΠΟ ΕΞΕΤΑΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗ	110
5.1 Σενάριο πλήρους (100%) κάλυψης οικισμών με ηλεκτρική ενέργεια	111
5.2 Σενάριο ελαχιστοποίησης περίσσειας ενέργειας.....	113
5.3 Σενάριο ελαχίστου κόστους	115
5.4 Σενάριο διασύνδεσης.....	118
5.5 Συνολικά κόστη ανά σενάριο	120
5.6 Σύγκριση τιμών με το δίκτυο της ΔΕΗ	123
5.7 Περιβαλλοντικό σενάριο – LCA	124
6.1 Βέλτιστη πρόταση ανά περιοχή.....	130
6.1.1 Περιοχή Καλπακίου Ηπείρου.....	130
6.1.2 Περιοχή Λήμνου.....	136
6.1.3 Περιοχή Βαγιωνιάς Ηρακλείου Κρήτης.....	138
6.1.4 Περιοχή Καρπάθου.....	140
6.2 Προτάσεις για το μέλλον	143
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	145
ΑΝΑΦΟΡΕΣ	160
Βιβλιογραφικές Ξενόγλωσσες.....	160
Βιβλιογραφικές Ελληνικές.....	167
Διαδικτυακές Ξενόγλωσσες	167
Διαδικτυακές Ελληνικές	167

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Στοιχεία επιλεγμένων οικισμών.....	54
Πίνακας 2. Μέγιστη ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας οκτώ οικισμών.....	55
Πίνακας 3. Ηλιακή ακτινοβολία 24ώρου/έτος Περιοχής Α.....	55
Πίνακας 4. Ηλιακή ακτινοβολία 24ώρου/έτος Περιοχής Β.....	56
Πίνακας 5. Ηλιακή ακτινοβολία 24ώρου/έτος Περιοχής C.....	57
Πίνακας 6. Ηλιακή ακτινοβολία 24ώρου/έτος Περιοχής D.....	57
Πίνακας 7. Αιολικό δυναμικό 24ώρου/έτος Περιοχής Α.....	58
Πίνακας 8. Αιολικό δυναμικό 24ώρου/έτος Περιοχής Β.....	59
Πίνακας 9. Αιολικό δυναμικό 24ώρου/έτος Περιοχής C.....	60
Πίνακας 10. Αιολικό δυναμικό 24ώρου/έτος Περιοχής D.....	60
Πίνακας 11. Καταμέτρηση υπαρχόντων κτηρίων επιλεγέντων οικισμών.....	61
Πίνακας 12. Περίοδοι διακοπών μη μόνιμων κατοίκων.....	61
Πίνακας 13. Ποσοστά ηλεκτρικής κατανάλωσης ανά μήνα των οικισμών Καλπακίου.....	62
Πίνακας 14. Ποσοστά ηλεκτρικής κατανάλωσης ανά μήνα των επιλεγμένων περιοχών.....	63
Πίνακας 15. Σενάρια επιλογής PV.....	66
Πίνακας 16. Κατηγορίες τραχύτητας εδάφους.....	71
Πίνακας 17. Ερωτηματολόγιο κατοίκων οικισμών Καλπακίου.....	78
Πίνακας 18. Μέγιστη φέρουσα ικανότητα φωτοβολταϊκών πλαισίων.....	88
Πίνακας 19. Καταναλώσεις ηλεκτρικών συσκευών.....	90
Πίνακας 20. Συνολική κατανάλωση οικισμού Ρεπετίστας.....	92
Πίνακας 21. Συνολική κατανάλωση οικισμού Αρετής.....	95
Πίνακας 22. Υπολογισμός αριθμού Φ/Β πλαισίων για τον οικισμό Ρεπετίστα.....	96
Πίνακας 23. Υπολογισμός αριθμού Φ/Β πλαισίων για τον οικισμό Αρετή.....	96
Πίνακας 24. Μέση 24ωρη ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση (σε kWh) οικισμού Ρεπετίστας καθώς και παραγωγή φορτίου από 1724 PV.....	98
Πίνακας 25. Μέση 24ωρη ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση (σε kWh) οικισμού Αρετής καθώς και παραγωγή φορτίου από 1603 PV.....	99
Πίνακας 26. Υπολογισμός αριθμού Φ/Β πλαισίων για τους δύο οικισμούς της Λήμνου.....	100
Πίνακας 27. Υπολογισμός αριθμού Α/Γ για τους δύο οικισμούς της Λήμνου.....	100
Πίνακας 28. Υπολογισμός αριθμού Φ/Β πλαισίων για τους δύο οικισμούς της Κρήτης.....	101
Πίνακας 29. Υπολογισμός αριθμού Α/Γ για τους δύο οικισμούς της Κρήτης.....	102
Πίνακας 30. Υπολογισμός αριθμού Φ/Β πλαισίων για τους δύο οικισμούς της Καρπάθου.....	102
Πίνακας 31. Υπολογισμός αριθμού Α/Γ για τους δύο οικισμούς της Καρπάθου.....	103
Πίνακας 32. Αποτύπωση λειτουργίας ηλεκτρικών συσκευών οικισμού.....	105
Πίνακας 33. Ανά μήνα & συνολική κατανάλωση του οικισμού Ρεπετίστα Καλπακίου.....	106
Πίνακας 34. Ανά μήνα & συνολική κατανάλωση του οικισμού Αρετή Καλπακίου.....	106
Πίνακας 35. Ανά μήνα & συνολική κατανάλωση του οικισμού Αγ. Σοφία, Λήμνου.....	107
Πίνακας 36. Ανά μήνα & συνολική κατανάλωση του οικισμού Φισίνη, Λήμνου.....	108
Πίνακας 37. Ανά μήνα & συνολική κατανάλωση του οικισμού Κουμάσα, Κρήτης.....	108
Πίνακας 38. Ανά μήνα & συνολική κατανάλωση του οικισμού Κανδύλα, Κρήτης.....	108
Πίνακας 39. Ανά μήνα & συνολική κατανάλωση του οικισμού Κάτω Λευκός, Καρπάθου.....	109
Πίνακας 40. Ανά μήνα & συνολική κατανάλωση του οικισμού Λευκός, Καρπάθου.....	109
Πίνακας 41. "Normal" σενάριο 24ωρης κάλυψης.....	112
Πίνακας 42. "PV" σενάριο 24ωρης κάλυψης.....	112

Πίνακας 43. "WT" σενάριο 24ωρης κάλυψης.....	113
Πίνακας 44. Ποσοστό κάλυψης οικισμών.....	114
Πίνακας 45. "Normal" σενάριο Μερικής κάλυψης.....	114
Πίνακας 46. "PV" σενάριο Μερικής κάλυψης.....	115
Πίνακας 47. "WT" σενάριο Μερικής κάλυψης.....	115
Πίνακας 48. Κόστος κάλυψης των δύο σεναρίων Περιοχής Καλπακίου.....	116
Πίνακας 49. Κόστος κάλυψης σεναρίων Περιοχής Λήμνου.....	117
Πίνακας 50. Κόστος κάλυψης σεναρίων οικισμών Κρήτης.....	117
Πίνακας 51. Κόστος κάλυψης σεναρίων οικισμών Καρπάθου.....	118
Πίνακας 52. Οικονομικότερη λύση των σεναρίων.....	118
Πίνακας 53. Συνολικό κόστος διασύνδεσης μεταξύ των οικισμών.....	119
Πίνακας 54. Διάρκεια ζωής και αριθμός αντικαταστάσεων εξαρτημάτων.....	120
Πίνακας 55. Συνολικό κόστος περιοχής Καλπακίου.....	121
Πίνακας 56. Συνολικό κόστος περιοχής Λήμνου.....	121
Πίνακας 57. Συνολικό κόστος περιοχής Κρήτης.....	122
Πίνακας 58. Συνολικό κόστος περιοχής Καρπάθου.....	123
Πίνακας 59. Συνολικό κόστος περιοχής περιοχών.....	123
Πίνακας 60. Συνολικό κόστος εκπομπής CO ₂	124
Πίνακας 61. Βέλτιστο ισοζύγιο κόστους των δύο σεναρίων.....	124
Πίνακας 62. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα οικισμών Καλπακίου.....	126
Πίνακας 63. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα οικισμών Λήμνου.....	128
Πίνακας 64. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα οικισμών Κρήτης.....	128
Πίνακας 65. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα οικισμών Καρπάθου.....	129
Πίνακας 66. Ισοζύγιο κόστους μεταξύ των οικισμών περιοχής Καλπακίου.....	130
Πίνακας 67. Κάλυψη οικισμού Ρεπετίστας με το 2 ^ο Σενάριο (Μερικής κάλυψης).....	131
Πίνακας 68. Κάλυψη οικισμού Αρετής με το 2 ^ο Σενάριο (Μερικής κάλυψης).....	131
Πίνακας 69. Κατανάλωση κυριότερων ηλεκτρικών συσκευών.....	132
Πίνακας 70. Κατανάλωση κυριότερων ηλεκτρικών συσκευών χαμηλής κατανάλωσης.....	133
Πίνακας 71. Διαφορά στην κατανάλωση μεταξύ ηλεκτρικών συσκευών και χαμηλής κατανάλωσης ηλεκτρικών συσκευών.....	134
Πίνακας 72. Ποσοστό μείωσης κατανάλωσης με χρήση χαμηλής κατανάλωσης ηλεκτρικών συσκευών.....	134
Πίνακας 73. Ποσοστό μείωσης κατανάλωσης με χρήση χαμηλής κατανάλωσης ηλεκτρικών συσκευών των οκτώ οικισμών.....	135
Πίνακας 74. Κάλυψη οικισμού Ρεπετίστας με τη χρήση χαμηλής κατανάλωσης ηλεκτρικών συσκευών.....	136
Πίνακας 75. Κάλυψη οικισμού Αρετής με τη χρήση χαμηλής κατανάλωσης ηλεκτρικών συσκευών.....	136
Πίνακας 76. Ισοζύγιο κόστους μεταξύ των οικισμών περιοχής Λήμνου.....	137
Πίνακας 77. Κάλυψη οικισμών Λήμνου με το 2 ^ο Σενάριο (Μερικής κάλυψης).....	137
Πίνακας 78. Κάλυψη οικισμών Λήμνου με τη χρήση χαμηλής κατανάλωσης ηλεκτρικών συσκευών.....	138
Πίνακας 79. Ισοζύγιο κόστους μεταξύ των οικισμών περιοχής Κρήτης.....	139
Πίνακας 80. Κάλυψη οικισμών Βαγιωνιάς Ηρακλείου Κρήτης με το 2 ^ο Σενάριο (Μερικής κάλυψης).....	139

Πίνακας 81. Κάλυψη οικισμών Βαγιωνιάς Ηρακλείου Κρήτης με τη χρήση χαμηλής κατανάλωσης ηλεκτρικών συσκευών.....	140
Πίνακας 82. Ισοζύγιο κόστους μεταξύ των οικισμών περιοχής Καρπάθου	141
Πίνακας 83. Κάλυψη οικισμών Καρπάθου με το 2 ^ο Σενάριο (Μερικής κάλυψης).....	142
Πίνακας 84. Ανάλυση κερδοφορίας των σεναρίων.....	143
Πίνακας 85. Μερική κάλυψη οικισμού Ρεπετίστα	146
Πίνακας 86. Μερική κάλυψη οικισμού Αρετή.....	147
Πίνακας 87. Μερική κάλυψη με Φ/Β οικισμού Αγίας Σοφίας.....	148
Πίνακας 88. Συνολική κάλυψη Φ/Β και Α/Γ οικισμού Αγίας Σοφίας	149
Πίνακας 89. Μερική κάλυψη με Α/Γ οικισμού Αγίας Σοφίας	150
Πίνακας 90. Μερική κάλυψη οικισμού Φισίνη.....	151
Πίνακας 91. Μερική κάλυψη με Φ/Β οικισμού Κουμάσας.....	152
Πίνακας 92. Συνολική κάλυψη Φ/Β και Α/Γ οικισμού Κουμάσας	153
Πίνακας 93. Μερική κάλυψη με Α/Γ οικισμού Κουμάσας	154
Πίνακας 94. Μερική κάλυψη οικισμού Κανδύλα	155
Πίνακας 95. Μερική κάλυψη οικισμού Κάτω Λευκός.....	156
Πίνακας 96. Μερική κάλυψη με Φ/Β οικισμού Λευκός	157
Πίνακας 97. Συνολική κάλυψη Φ/Β και Α/Γ οικισμού Λευκός.....	158
Πίνακας 98. Μερική κάλυψη με Α/Γ οικισμού Λευκός.....	159

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Διείσδυση ΑΠΕ στο Ενεργειακό Ισοζύγιο της Ελλάδας καθώς και εκτίμηση αυτής έως το 2020	24
Εικόνα 2. Υβριδικό φωτοβολταϊκό / αιολικό σύστημα.....	26
Εικόνα 3. Ροή των σταδίων του κύκλου ζωής καθώς και των ορίων του συστήματος	46
Εικόνα 4. Γεωγραφική κατανομή των τεσσάρων περιοχών	52
Εικόνα 5. Τεχνικά χαρακτηριστικά επιλεγόμενου PV	66
Εικόνα 6. Τεχνικά χαρακτηριστικά επιλεγόμενης ανεμογεννήτριας	71
Εικόνα 7. Οικισμός Ρεπετίστας Καλπακίου.....	81
Εικόνα 8. Οικισμός Αρετής Καλπακίου	82
Εικόνα 9. Οικισμός Αγίας Σοφίας Λήμνου	83
Εικόνα 10. Οικισμός Φισίνης Λήμνου	83
Εικόνα 11. Οικισμός Κουμάσα Ηρακλείου Κρήτης	84
Εικόνα 12. Οικισμός Κανδύλα Ηρακλείου Κρήτης	85
Εικόνα 13. Οικισμός Κάτω Λευκός Καρπάθου	86
Εικόνα 14. Οικισμός Λευκός Καρπάθου.....	87

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 1. Μέση 24ώρη ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση (σε kWh) οικισμού Ρεπετίστας καθώς και παραγωγή φορτίου από 1724 PV	98
Γράφημα 2. Μέση 24ώρη ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση (σε kWh) οικισμού Αρετής καθώς και παραγωγή φορτίου από 1603 PV	99
Γράφημα 3. Ηλιακή ακτινοβολία 24ώρου	103

INTRODUCTION

As far as world energy demands constantly increase (approximately doubled within last ten years) and deposits of fossils are limited, the need for alternative energy production use is nowadays more than necessary (Olabi, 2013). In addition, the pollution produced by using conventional energy sources enforces the exploitation of renewables (RES) use, since the environmental impact of current energy production and use, sounds nearly irreversible. As far as renewables' technology becomes mature with the years, hybrid photovoltaic / wind power systems have recently become feasible alternatives that satisfy the requirements for low electricity production with environmental protection (Rathore & Panwar, 2007). For the most efficient and economical use of solar and wind energy, a combination of these two systems can be utilized in the form of a hybrid photovoltaic / wind system, whose optimal dimensioning plays an important role. In hybrid systems, battery arrays are used as buffering systems, being able to store the generated energy in order to use it when the RES are not available. Given the environmental potential for a specific location, a hybrid photovoltaic / wind system combined with an energy storage system is an interesting option to cover relatively low electrical loads in remote areas (Ansong et al., 2017; Forde, 2017; Boute, 2016; Sandwell et al., 2016) where either there is no utility for power supply or it is difficult and cost-ineffective to attain a continuous interconnection to the existing grid. These systems can offer high reliability for supplying electricity under various environmental conditions, as well as savings in the cost of the energy produced (Veldhuis & Reinders, 2015). Also, these systems can store electricity not only by using batteries but also using alternative options for

electricity energy storage, such as flywheels, superconductors, etc. (Lin et al., 2013).[2]

Currently, several attempts have been integrated towards the implementation, the theoretical investigation and design as well as the optimization of off-grid applications for autonomous electricity production. Bentouba & Bourouis (2016) evaluated the feasibility of a hybrid renewable energy system for electricity generation in a location of an extreme south area of Algeria with no electricity connection, using the well-known HOMER platform. By using the same software, the off-grid electrification of three villages in Colombia using different combinations of wind turbine, PV and diesel generator to determine the most energy efficient and cost-effective configuration for each location has been also presented (Mamaghani et al., 2016). Furthermore, the electrification of two rural villages in South Africa has been achieved through investigation of the viability of a hybrid mini-grid as a solution for rural development (Azimoh et al., 2016). The feasibility of hybrid electricity systems consisting of small scale generating sets, hydro, solar PV with or without energy storage solutions have been studied, mainly focused on the electric load for the basic needs of a rural community in Papua-New Guinea (Kaur & Segal, 2017). Le Guen et al. (2018) worked on improving energy sustainability of a Swiss village by integrate renewable technologies and by building renovations, while three scenarios were considered for solar PV integration and energy system improvements. Rural electrification in some Malaysian areas also presented by Fadaeenejad et al. (2014), while an overview of applied hybrid renewable energy system (HRES) for worldwide villages with special attention on Malaysia has been proposed. A flexible hybrid renewable energy system design for a typical remote village located in tropical climate in Malaysia using several scenarios for off-grid and on grid connections

which were performed using HOMER software has been presented by Halabi & Mekhilef (2017). The operational behaviors for all of the configurations were investigated and quantified to demonstrate the benefits/risks associated with each system and determine viable flexible design(s). Optimization of discrete cogeneration systems with storage capacity and decision support for dynamic solar hybrid combined heat and power systems in isolated rural villages in Africa, has been published by Prinsloo et al. (2016), where a multi-objective optimization solution with hierarchical digital microgrid control is described. Renewable microgrid projects for autonomous small-scale electrification in Andean territories can be also found in the work of Lopez-Gonzalez et al. (2017), where the decisions taken across the design process are analyzed and the suitability of these technologies to extend access to electricity is also shown. The requested power supply in these areas is achieved by the combination of wind/solar/batteries, supported by diesel generator or LPG/LNG usage in some cases.

All the above presented systems have a specified application area without making clear why they are applied in this region. Actually, there is no area selection through certain criteria, no suitable system selection based on a multi-criteria analysis with a production forecast while most of these systems are of no sustainable footprint, due to the use of diesel/LPG generators. This optimization of such existing or theoretically described systems improves their operation but does not help on the choice: “which system in which area”.

The last point is crucial when policy issues have been raised, since it is important for policy makers to design a feasible plan for off-grid electricity production. Obviously, this was not the case for the above-presented works, as far as the installations were

always given and the research framework has inevitably been limited to operational issues, such as optimization, cost effectiveness, etc.

Another important point is the sizing of such systems, where the common practice is a simple oversizing in order to assure full coverage of the load. Obviously, such a practice is not effective in terms of energy and costs, therefore various methodology techniques for hybrid PV/wind systems sizing have been reported in the literature. Diaf et al. (2007) proposed a design methodology of a standalone hybrid PV/Wind system in order to power supply a residential household. This methodology aims at finding configuration of a hybrid system in terms of technical analysis, i.e. wind, PV panel and battery storage, and does not take into account other criteria such as demographic and geographical limitations, land use, environmental and the educational level of the residents, etc. Also, it uses an one-year time series meteorological data while wind and solar power assumed to be constant during each one- $\Omega_{\rho\epsilon\zeta}$ time interval.

A statistical and mathematical method called Response Surface Methodology (RSM), serving to characterize the system costs for a given time-varying the $\Omega_{\rho\epsilon\zeta}$ energy load demands, has been proposed by Ekren & Ekren (2008). Their model has been built under the assumption that input variables do not vary during specific time intervals (namely, one $\Omega_{\rho\epsilon\zeta}$). This methodology has been performed by applying two years of meteorological data while there is no reference to cost reduction (for instance, by studying different PV/wind technologies). A recent review about the sizing methodologies along with a comparison of most recent size optimization methods was presented by Luna-Rubio et al. (2012), focused on sizing hybrid energy systems with energy storage components of several types. Another review on important knowledge such as configuration of a standalone PV evaluation criteria and

sizing methodologies, was also presented by Khatib et al. (2016). Meteorological data generation methods are discussed there and various parameters, such as technological, economical and sociopolitical factors, have been considered and judged. To obtain their objectives, the authors considered a standalone PV energy system and made use of Ω_{prec} ly, daily and monthly average meteorological data. Recently, another review on recent developments in size optimization methodologies, comparison of algorithms, evaluation of all possible combinations of standalone systems including assessment parameters of economic, environmental and social aspects, has been presented by Al-Falahi et al. (2017). The emphasis there is on economic issues with a combination of solar, wind, diesel generator and battery storage while social acceptance was not taken into account. Domenech et al. (2015) developed a methodology to design standalone systems for rural communities, based on wind turbines and PV panels, where the distribution through microgrids has been considered along with economical, technical and social considerations. This design methodology incorporates the costs of a basic energy supply system that covers fundamental energy needs and furthermore, solar data were not localized, since they were extracted from worldwide meteorological stations rather than nearby ones.

Furthermore, a methodology for physical and cost assessment for a transition to renewable in Russia's regions is presented by Ermolenko et al. (2017). It offers better designed and more accurate methods for calculating the exploitable technical potentials of wind and solar PV energy for a wide range of generating equipment in centralized and distributed power systems and taking into account existing social and environmental limitations. It uses NASA SSE database for meteorological information while energy potential was calculated for twelve months with an averagedaily energy value of three Ω_{prec} s per day. These authors also made use of two

assumptions: (a) the existing energy potential characteristics were not sufficient to fully understand the investment and economic potential of renewables, and (b) the availability of wind and solar data were sufficient to cover a substantial part of existing energy demand. The reliability of hybrid systems has been raised significant research interest, but usually ignoring criteria, such as demographic, geographical, land use, environmental and educational level of the residents (Beyer & Langer, 1996, Yang et al., 2003). Another issue related to these studies is the limited period considered for the meteorological parameters used.

Our study case is mainly focused in establishing a methodology for the selection of the appropriate area where a hybrid power production system could be installed. This selection must be extended to the finest design of the hybrid system as well as to the optimization of its operation. The criteria that must be satisfied according to this methodology are related with meteorology (solar radiation, wind potential), while demographic, geographical, geospatial, land use and load-satisfaction criteria must be also fulfilled. There is also a need to reduce the energy production costs, by installing the most suitable system for the specific area, where its suitability must be based on multi-criteria analysis, on the combination of meteorological data and electrical charges to be covered. Furthermore, the RES-mixture in the system as well as the possible law-limitations are some parameters we have taken into account during our analysis. The optimization procedure is driven by the full satisfaction of energy demands in a 24X7 basis (objective function). For the sake of applicability, the hybrid system is supposed to be installed in small Greek settlements (up to 100 residents), with known low energy demands. To this end, an algorithm has been developed to identify the appropriate area for the installation of the proposed hybrid (PV/Wind) power system and to optimize its operation. Special effort we have put on getting the

exact picture of electric consumption of the settlements by collecting electricity consumption data directly from the electric company for the 2012-2017 period, by recording the number and the energy class of electrical appliances existing there. Exact measurements of the available space (roofs, public space, etc.) has been also performed to assure installation of the solar panels. We also examine the potential use of alternative electricity storage devices and, additionally, we have tried to quantify the social impact by means of appropriately defined indicators. Finally, we also investigate the social, demographic and economic impact of the introduction of such a hybrid system on the inhabitants of these small Greek settlements. It is widely accepted that the opinion of society has a vast impact on energy and environmental projects, as far as their implementation is facilitated by proper information, awareness raising and the mobilization of citizens and society as a whole.

Located in the SE Mediterranean area, Greece is one of Europe's sunnier regions, with an affluent and reliable supply of solar energy. On the other hand, the wind in Greece is abundant throughout the year and, especially the Aegean Islands, where a yearly high wind potential is observed. As before mentioned, it is important for energy policy makers to establish a rigid and stable methodology for the selection of the appropriate location to install off-grid power plants. In brief, the methodology of this study is based on the sequential application of specific criteria that must be satisfied by the location, the load (demands), the specific mixture of renewables used, the economic feasibility as well as by the population (residents). More precisely, the criteria are as follows:

- Location Criteria, which are:
 - Solar radiation criterion
 - Wind potential criterion

- Demographic Criterion
- Geographical Criteria
- Geospatial criteria
- Land Use Criterion
- Electrical Load Criteria
- Renewables (PV & Wind Turbine) Criteria, which are
 - Photovoltaic Selection Scenarios
 - Selection criteria for Batteries, Inverter and Charge Controller
 - Criteria for the selection of wind turbines
- Optimization in terms of energy of an autonomous hybrid system
- Economic analysis
- Social acceptance of residents.

In detail the criteria of the methodology are as follows: Greece has a significant solar potential, especially when compared to the northern European countries. Average annual solar radiation in the horizontal plane varies from approximately 1400 - 1500 kwh/m^2 in Northern Greece, to approximately 1800 - 1900 kwh/m^2 in the southern Peloponnese, Crete and the Dodecanese (Nikitidou et al, 2015). Solar radiation shows its maximum intensity during noon (maximum solar height), both in summer and winter. Solar energy is higher during summer due to the location of the sun and the increased sunshine $\Omega\rho\epsilon\varsigma$. The Greek National Meteorological Service (NMS) records for many years the duration of sunshine per day (hr/day) and in some cases the total solar radiation (kwh/m^2) in various regions/locations. The criterion for selecting of settlements is the level of measured incident solar radiation, varying in a range between 1400 kwh/m^2 to 1900 kwh/m^2 , with mean value 1650 kwh/m^2 . This value is close enough to 1600 kwh/m^2 calculated by Lalas et al. (1983). This mean value can

be considered as a classification threshold, where areas below 1600 kwh/m² are characterized as “low-power” and these above the 1600 kwh/m² are “high-power” areas.

Seasonal variations in atmospheric pressures (barometric low/cyclones, high barometric/counter-cylinders), combined with the development of local winds, are the key factors for characterizing Greece as a “windy European territory” (Nastos et al, 2002). Wind potential in Greece ranges from 0 m/sec to over 10 m/sec. Based on this range, the average value is 5 m/sec, being close enough to the cut-in speed of wind turbines. By following the same procedure as established for satisfying the criterion regarding Solar Radiation Data, we divide the whole territory into two classes: areas below the average wind potential are “low wind” while these above the average wind potential are “high wind”. In our study we have selected two areas of low and two areas of high wind potential.

In order to assure high possibility of full load coverage by RES, we have chosen settlements presenting low demands and located at the areas of high and low solar and wind potential, as previously discussed. The population is taken from the 2011 population-housing census (Greek Statistical Authority, 2011). In any environmental potential case, we have chosen two settlements of low population range (50 - 100 residents). It is assumed that population of all the eight selected settlements can support the implementation of a hybrid RES system, with a relatively low installation cost, a relatively small amount of land that will be required to install the system, and few responses to the population by residents, as opposed to large population settlements, where the installation costs, the extent of installation of the system and the intense reactions that usually arise in such large-scale projects will be prohibitive. We have chosen two settlements in each area to study their possible interconnection

to exchange extra energy. In addition, the settlements must be located as close as possible to reduce the additional interconnection costs.

It has been observed that areas with high solar radiation are mainly located in the South East Aegean (Dodecanese) as well as in South Crete, while those with low solar radiation are located in Northern Greece as well as in the Northern Aegean islands (Nikitidou et al., 2015). Similarly, low wind potential areas are mainly located in mainland Greece, while high wind potential areas are those located mainly in the Aegean islands and in the western Greece. Thus, we have formed four region types:

- AREA A - Low solar radiation with low wind potential
- AREA B - Low solar radiation with high wind potential
- AREA C - High solar radiation with low wind potential
- AREA D - High solar radiation with high wind potential.

We also have to evaluate the environmental legislation limitations, such as protected areas (NATURA 2000, National Parks, etc.), wildlife sanctuaries, landscapes of special natural beauty, etc. Furthermore, areas characterized as traditional settlements, historic city districts and listed buildings that are protected in architecture and urban planning by special decrees, must be avoided. According to Greek Law, these area types have no restrictions on the installation of RES but are subjected to special legislation regarding their character. Greek Law does not allow installation of wind turbines and photovoltaic panels in forest areas, streams, seashores and beaches, as well as in archaeological sites. In these areas, the verification of all parameters should be based on to the legislation in force.

In this part, an on-site survey has been carried out to record the number of buildings at each settlement as well as their status (home, country house, small enterprise, public-use building). To identify the averaged load per building during a six-years period

(2012-2017), it is necessary to find out the number and the energy class of electrical devices used, thus actual electrical charges can be recorded on a monthly basis with a distinction between weekdays and weekends. Electrical loads for homes are higher during weekend than during normal weekdays because people normally follow their everyday activities during working week. However, the situation is quite different during August where weekend electrical charges are lower than those in the weekdays, mainly because of summer holidays. As far as enterprises are concerned, the electrical loads of winter months are much less than those of summer months and also some weekends of the year due to visits by remote residents. Finally, public buildings in these settlements are not used for most of the time, so we are going to use them only for PV panels roof installation with battery storage. Obviously, electrical load data will be recorded in detail for each selected settlement.

Initially, four PV technologies have been considered: monocrystalline silicon (m-Si), polycrystalline silicon (p-Si), amorphous silicon (a-Si) and hybrid photovoltaic elements (HIT) technology. The photovoltaic panels is supposed to be placed on the roofs as well as on plots close to the selected settlements, if necessary. PV slopes and orientation strongly depend on the latitude of the installation. Furthermore, the easy expansion of the photovoltaic installation in the future (when electrical loads increase) must be also taken into account. Batteries are necessary in any off-grid power generation system because it is the most mature storage technology in terms of energy efficiency and cost effectiveness. Energy buffering allows for the control of the produced power since RES-based production is subjected to solar and wind potential fluctuations. Batteries in such systems are subjected to high amount of charging - discharging cycles, thus the need for high discharge rate batteries is essential. In fact, batteries life varies from three to five years and mainly depends on

charging/discharging cycles and operational temperature. The characteristics that batteries have to meet are low cost, high energy efficiency, prolonged lifecycle, low maintenance, durable construction, low self-discharge and wide operating temperature (Manimekalai et al, 2013). As far as PV and wind turbines are DC output devices, inverter is necessary to supply all devices requiring AC power. Depending on the power produced and the loads covered, more than one inverters might be used in one specific installation. In any case, the selection of the inverter depends on the energy output, the matching between allowable and produced power and the number of inverters used. Charge regulator is checking the status of the batteries, assuring the satisfactory charging without overload and/or low charging level issues. There is a distinguish between series and parallel (shunt) controllers. For series controllers, overcharging is prevented by disconnecting the PV array until a particular voltage-drop is detected, while, for shunt controllers, overcharging is prevented by short-circuiting the PV array (Smets et al., 2016).

Wind turbines can be classified accordingly to the orientation of their axes, as follows:

- Horizontal axis wind turbines, where the axis of rotation is parallel to the wind direction. They may have a large number of fins, and their impeller may be positioned according to the wind direction, in front of or behind the support tower (Kaldelis et al, 2001) and
- Vertical axis wind turbines, where the axis of rotation is perpendicular to the wind flow. These devices present lower power efficiency, thus are rarely used.

The technique of optimizing the initialization and operation of a hybrid stand-alone renewable energy system is based on definition of an objective function which has to

be minimized under constraints. In our case, the major constrain is the 100% coverage of the load for the selected settlements by the hybrid PV/wind system. Towards this aim, three-levels of optimization are necessary. First, we must determine the optimal dimensions of the components to be installed (wind turbines, PV panels, inverters, charge regulators, cables, etc). Then, the meteorological data regarding the specific location must be evaluated and used (wind speed, solar radiation, temperature, etc.). By using these data, it is able to calculate the maximum and the expected output power, generated by the specific system in the selected location. Finally, the profile of the load to be covered by the hybrid system is embedded in the optimization procedure. The charge coverage rate, i.e. the amount of energy remaining in the batteries at any given time, is the core variable for the decision-making process as well as the process of possible interconnection between the two nearby settlements. As previously described, this decision-making process is also subjected to restrictions imposed by technology, connectivity, environmental potential and social acceptance by the residents.

Beyond the criterion of full load coverage, the cost effectiveness criterion is also important. The main cost parameter for this is the Net Present Cost, representing the costs spent during project's lifetime, calculated by taking into account the Capital Recovery Factor (Brealy & Myers 1991). The financial analysis should be extended to the estimation of depreciation rate during project's lifetime while the final overall cost-effectiveness is calculated based also on the savings of the equivalent CO₂-emissions costs.

An important part of this methodology concerns the social acceptance of RES wide-use, which is largely overlooked due to growing public concerns about depletion of natural resources and environmental issues associated with conventional fossil fuels

(Wuestenhagen et al., 2007). It is rather obvious that the possible reaction of society can prevent or delay these projects. However, the social acceptance issue emerged as the citizens became more aware of advantages and disadvantages of renewable energy technologies and this has led, in some areas, in social rejection of renewable energy development (Ribeiro et al., 2011, Sheinbaum-Pardo et al., 2012). In terms of projects acceptance by local community, this study should focus on some parameters such as the demographics of the installation location, the level of education of the population, elements for the social character of the area such as isolation or racial background, as well as data on its production and employment local population. Public attitudes towards renewable energy project shows a U-shape, which indicates that the public acceptance is not stable and changes over the time (Helland & Kastenholz, 2008, Sovacool, 2011). There are many benefits of improving the social acceptance of renewable energies. Social acceptance is one of the prerequisites for the successful implementation of renewable energy projects (apart from technical, economic and local aspects) regardless of it being large scale or micro scale (Heras-Saizarbitoria et al., 2013, Maack & Skulason, 2006, Sauter & Watson, 2007), and also social acceptance plays an important role regarding the location of such installations (Parkhill et al., 2010).

In general, residents should be properly informed about the autonomous hybrid photovoltaic-wind turbine system prior to installation. In our case this information was achieved by a questionnaire created for this purpose and filled by the majority of the residents with the assistantship of local authorities. Residents were informed about the benefits of the hybrid system at their location, and the possibility of “training” in the use of “green” devices, i.e. devices with limited energy consumption. This training will reduce their electricity needs therefore the size of the hybrid installation would

become smaller, and the economic benefit would be higher. Finally, they were informed about the possibility to work together with their neighbors through interconnection process, so that they can jointly solve the problems of managing the deficit or excess electricity that may arise in their villages. Financial issues largely affect the final decision on the installation and operation of the autonomous hybrid photovoltaic - wind turbine system. One of the most critical parameters for designing an autonomous hybrid system is its energy initial and operational costs. Since the hybrid systems do not use gasoline or LPG generators as alternative sources, the operating costs are equal to the annual replacement cost of the system (Prodromidis & Coutelieris, 2014). Our questionnaire includes questions regarding financial issues. The answers showed that although energy reduction and also energy consumption is an important issue for the residents of the selected settlements, very few of them are trying to reduce energy by mainly using led lamps and low-energy consumption appliances. One major remark is that residents are not intended to pay more for financing energy actions but the majority of the them are willing to upgrade their energy powerful appliances, if adequate financing is offered and they are also willing to produce their own electricity. An important factor is their willingness to cooperate with their neighboring village to handle energy. Summarizing, residents, on the one hand, want to reduce energy consumption, to upgrade energy appliances and to produce their own electricity, and they also developed a form of cooperation with their neighboring settlement for the sake of reducing electricity consumption and hence decreasing the money that they pay to electricity production and distribution company. On the other hand, they do not reduce energy consumption and they do not want to pay extra money for financing additional energy actions, probably because of the bad economic situation in Greece.

The methodology has been applied to design a standalone (off - grid) hybrid wind turbine - photovoltaic system with battery storage for small-scale settlements.

Following the above-presented criteria, the selected areas are as follows:

- Low solar and low wind potential (AREA A): Repetista and Areti, villages at Kalpaki, Ioannina, Epirus,
- Low solar and high wind potential (AREA B): Hagia Sophia and Fisini, vilages at Lemnos island, North Aegean Sea,
- High solar and low wind potential (AREA C): Kumasas and Kandyllas, villages at Vagonia, Heraklion, Crete
- High solar and high wind potential (AREA D): Kato Lefkos and Lefkos, Karpathos island, Dodecanese, South Aegean Sea.

The selection of areas was as follows: Areas of the Greek Territory that are far away from urban centers, often experiencing the phenomenon of power outages throughout the year, areas of low touristic impact to avoid singularities in demands' increment during the summer months, where distance between settlements could be three kilometers (max.) to help interconnection, population should be around 50 to 100 residents, while the existence of a meteorological station measuring solar radiation and wind speed is absolutely necessary, even if located in a third nearby settlement which does not interfere with an obstacle (i.e. mountain) between them. The study of the installation of the hybrid power generation system will begin with the area that present the worst set of data (AREA A). Precisely, we performed in-situ investigation in these two settlements, where 161 houses, 3 enterprises and 5 five public buildings were found. In addition, we meet all the permanent residents, obtaining therefore filled questionnaires. The required solar and wind data, as well as the maximum and minimum temperature values for area A, have been recorded by a nearby

meteorological station (Department of Physics, University of Ioannina, Kalpaki, Greece). There is a wide range of meteorological data available (from June 2008 till December 2018) and the proximity of meteorological station ensures high accuracy of the measurements. Based on meteorological data, optimization depends on several scenarios that aim at covering the desired electrical load on a daily basis. These scenarios are based on factors such as 24Ωρεξ settlements coverage scenario (100% coverage), economic scenario (yearly coverage), environmental scenario and interconnection scenario. Analytically these scenarios are:

a) 24Ωρεξ settlements coverage scenario (100% coverage): This scenario assures a continuous 24-Ωρεξ power supply to fully cover the desired loads. As far as the selected settlements are quite isolated and their population is low and very mature, the need a 24Ωρεξ energy supply is considered as essential. The optimal design of such a hybrid system should cover a steady electricity flow at the time its consumption, without allowing normal daily fluctuations of RES potential to affect power supply (Little et al., 2007). The same must also stand for unfavorable weather conditions, especially in the winter months due to lack of sunlight as well as low wind potential. Constant electricity flow will be achieved by using batteries that will not only be used as a backup energy system but also as a replacement for the electricity distribution network (Abdullah et al., 2010, Prodromidis & Coutelieris, 2014).

b) Economic scenario: This scenario foresees non-continuous 24-Ωρεξ power supply with the most cost-effective installation and maintenance costs of the system as low as possible. Researchers have observed that certain renewable energy technologies such as photovoltaic panels are of low efficiency and that the initial cost and maintenance costs will be quite high (Little et al., 2007). The characteristics of renewable sources and the climatic conditions, influence the behavior and economics of renewable

energy systems (Muselli et al., 1999, Tsikis & Coutelieris, 2010). In this scenario, the photovoltaic systems will be installed on the rooftops of the housing estates, as well as on some nearby land fields with the wind turbines, to assure costs lower than the upper limit, initially posed. The above restrictions on the installation area and the desired initial financial limit can be considered feasible in small settlements, even interconnection costs are also considered for a 25 year life span. Obviously, this scenario does not assure load coverage 24X7.

c) Minimize excess energy scenario (partial coverage): This scenario minimize energy losses, with the main result being the lowest possible cost of installation, maintenance and operation of the system. It is called "Partial Coverage" because we use the maximum recorded electricity consumption value from our Electricity Provider and according to this scenario, we install the exact PV and WT numbers required to achieve the annual electricity value for the electrification of the settlements. This type of coverage is not 24X7, so some $\Omega\rho\epsilon\varsigma$ s of specific days (especially during winter) are out of electricity. As a matter of course, with this scenario there will be no electricity available for 24 $\Omega\rho\epsilon\varsigma$ s in the dwellings of the settlements and because of this, our system will remain uncover for some time.

d) Environmental scenario: This scenario foresees the environmentally friendly nature of the system by reducing CO₂ emissions. It is obvious, that the solar load generated by the hybrid system - wind turbine is the most important parameter for its sustainability. Essentially, the environmental scenario is a combination of the above two scenarios and forms part of them. Major result is the production of "green" energy and hence the reduction in carbon dioxide production, with direct consequence of reducing the carbon tax costs (Nordhaus, 2010). Another idea embedded in this scenario (but also applicable to other ones) is to put an on - switch in all permanent

residents and an off-switch to non - permanent ones, prevailing that the use of electricity could be possible only when needed, while RES-based electricity is constantly produced throughout the whole year.

e) Interconnection scenario: This scenario represents the process of electrical connection between two nearby settlements to exchange the excess electricity. The goal is not to leave any of the two neighboring settlements without electricity throughout 24 Ωρες per day. An interconnected network for delivering electricity from producers to consumers consists of power generation units, transmission lines that carry power from distant sources to demand centers, and distribution lines that connect individual customers (Kaplan, 2009). In our case, producers and consumers are the two nearby settlements which produce and consume the electric power simultaneously, while the transmission lines will carry the electric power from one settlement to the other, depending on the everyday need. The distance that the electricity would be transferred will be no more than three kilometers, to assure low power losses. Apparently, the cost of installing and maintaining the interconnection lines between the settlements should be taken into account in the general installation cost of the system. As presented in Table 1, residents are very positive to the prospect of electrical cooperation with the neighboring settlement.

In this study, a methodology for installing an autonomous off-grid hybrid PV/wind system with battery storage for small-scale settlements is proposed. This methodology is based on selection criteria regarding RES-potential and meteorological, geographical and geospatial, demographic and land-use data, while several scenarios for the selection of specific PV/wind systems are also considered. Secondly, an optimization procedure is performed to reduce costs and maximize the load's coverage. The evaluation of the optimal scenario will transform the proposed

methodology to a decision-making and finally an energy-policy tool for designing and implementing RES-based off-grid power plants. The method applied in Greece, concluded the following:

- Four areas and eight small settlements have been selected to satisfy all the combinations of solar and wind data i.e. higher and lower values
- It is able to electrify small settlements using exclusively hybrid pv/wind system.
- The acceptance of the resident was very encouraging.
- Residents are positive to the interconnection between neighboring settlements.

The main optimization norm is the continuous 24X7 load coverage, despite the relatively high costs. Decrease of energy demands by applying well-known practices, use of environmental–friendly power production methods and wide social acceptance and cooperation will allow for a new perspective in energy distribution, thus this methodology can be also a very important tool for energy policy makers, especially when work on small settlements.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά Στοιχεία

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την αξιοποίηση πηγών ενέργειας για τη λειτουργία της βιομηχανίας, της βιοτεχνίας, για την κάλυψη της οικιακής ζήτησης, για την κίνηση των μεταφορικών μέσων και των μηχανημάτων έως και τις δασικές εργασίες και τη γεωργία θεωρούνται από τα πιο σημαντικά και κρίσιμα προβλήματα που απασχολούν όλες τις χώρες του κόσμου και την ανθρωπότητα ως σύνολο. Την ενέργεια αυτή την παίρνουμε από τον άνθρακα, το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο, τις υδατοπτώσεις, την πυρηνική ενέργεια κ.α. και γίνεται μεγάλη προσπάθεια για την ανάπτυξη και εισαγωγή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στο ενεργειακό μείγμα κάθε περιοχής. Η πλέον εύχρηστη μορφή ενέργειας για τις περισσότερες χρήσεις είναι η ηλεκτρική και για το λόγο αυτό το μεγαλύτερο μέρος των καυσίμων χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια αυξάνεται κυρίως λόγω της αύξησης του παγκόσμιου πληθυσμού, αλλά και λόγω της συνεχούς αύξησης της κατανάλωσης του ηλεκτρικού ρεύματος των κατοικιών, βιομηχανιών, υπηρεσιών και θέρμανσης. Η ηλεκτρική ενέργεια είναι η βασική κινητήρια δύναμη της οικονομικής ανάπτυξης (Hamdi et al., 2014, Omri, 2014), αλλά είναι σημαντικό να εισαχθούν καθαρότερες - πράσινες ενεργειακές πηγές σε συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας προκειμένου να μειωθούν οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και να επιτευχθεί η βιώσιμη ανάπτυξη. Με άλλα λόγια, εάν η στροφή προς την ηλεκτροδότηση γίνεται μέσω της καύσης των ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τότε τα πλεονεκτήματα της αλλαγής αυτής ακυρώνονται. Στην πραγματικότητα, υπάρχει μια αυξανόμενη συζήτηση για τα ορυκτά καύσιμα για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και τις συνακόλουθες βλαβερές επιπτώσεις τους στο περιβάλλον.

Από την άλλη μεριά, η ηλεκτρική ενέργεια με βάση τα ορυκτά καύσιμα έχει μικρή πιθανότητα να γίνει φθηνότερη. Αντί αυτού, με την αύξηση των ποσοστών κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων, το κόστος τείνει να αυξάνεται λόγω της έλλειψης πόρων. Με την τάση της αύξησης του βιοτικού επιπέδου, τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έγιναν πιο ακριβά λόγω της κοινωνικής απαίτησης για πιο βελτιωμένα επίπεδα ασφαλείας καθώς και της περαιτέρω μείωσης των επιπέδων

ρύπανσης από αυτά. Όταν τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούν μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για τον ενεργειακό εφοδιασμό, θα έχουμε αύξηση των τιμών και η περαιτέρω οικονομική ανάπτυξη θα γίνει πιο δύσκολη (Kaberger, 2018).

Οι καύσιμες ύλες όπως άνθρακας, πετρέλαιο κ.α. έχουν το μεγάλο μειονέκτημα ότι, όταν απελευθερώνουν την ενέργεια που περιέχουν, κάτι που γίνεται με τη διαδικασία της καύσης τους, παράγουν μεγάλες ποσότητες καυσαερίων που απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα. Η πυρηνική ενέργεια από την άλλη μεριά δεν επιβαρύνει το περιβάλλον με καυσαέρια, δημιουργεί όμως πυρηνικά απόβλητα, τα οποία δεν είναι εύκολα διαχειρίσιμα καθώς επίσης και κινδύνους πυρηνικών ατυχημάτων (Τσαπήρης Μ, 2002).

Από την καύση των πετρελαιοειδών παράγονται καυσαέρια που περιέχουν διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), οξείδια του αζώτου (NO₂), οξείδια του θείου, υδρατμούς και διάφορες άλλες βλαβερές αέριες ενώσεις. Με την καύση του άνθρακα έχουμε επιπλέον την παραγωγή τέφρας (στάχτης), παραπροϊόν το οποίο πρέπει να μεταφερθεί και να αποθηκευτεί, αλλά και αιωρούμενα σωματίδια τέφρας στα καυσαέρια. Οι παραγόμενες ποσότητες του CO₂ σε παγκόσμια κλίμακα είναι πολύ μεγάλες. Ενδεικτικά, οι παγκόσμιες εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα το έτος 1987 ήταν 20,5 δισεκατομμύρια τόνοι, το έτος 1995 η ποσότητα των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα ανέρχονταν στους 27 δισεκατομμύρια τόνους (United Nations, 1996), ενώ, σύμφωνα με τα στοιχεία του Άτλαντα Παγκοσμίων Εκπομπών Διοξειδίου του Άνθρακα, η ποσότητα των εκπομπών CO₂ ανήλθε για το έτος 2017 στους 36,1 δισεκατομμύρια τόνους, από τους οποίους στην Ελλάδα αντιστοιχούσαν ποσότητες εκπομπών 76 εκατομμυρίων τόνων (<http://www.globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions>).

Οι ανανεώσιμες πηγές συμμετέχουν ήδη σε μικρό ποσοστό στην παγκόσμια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και υπάρχουν σημαντικές δυνατότητες αξιοποίησής τους με την προϋπόθεση της μείωσης του κόστους παραγωγής ενέργειας από τις πηγές αυτές. Έτσι λοιπόν είμαστε υποχρεωμένοι να καλύπτουμε σήμερα το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που χρειαζόμαστε με τα συμβατικά καύσιμα και την πυρηνική ενέργεια. Οι χώρες της ΕΕ έχουν αναπτύξει υψηλά επίπεδα αιολικής ενεργειακής ισχύος και ηλιακής φωτοβολταϊκής ενεργειακής ισχύος, προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος του 20% της συμβολής των ΑΠΕ στον ενεργειακό ηλεκτρικό μείγμα και βρίσκονται στο σωστό δρόμο, αναπτύσσοντας μια σαφώς αυξητική τάση.

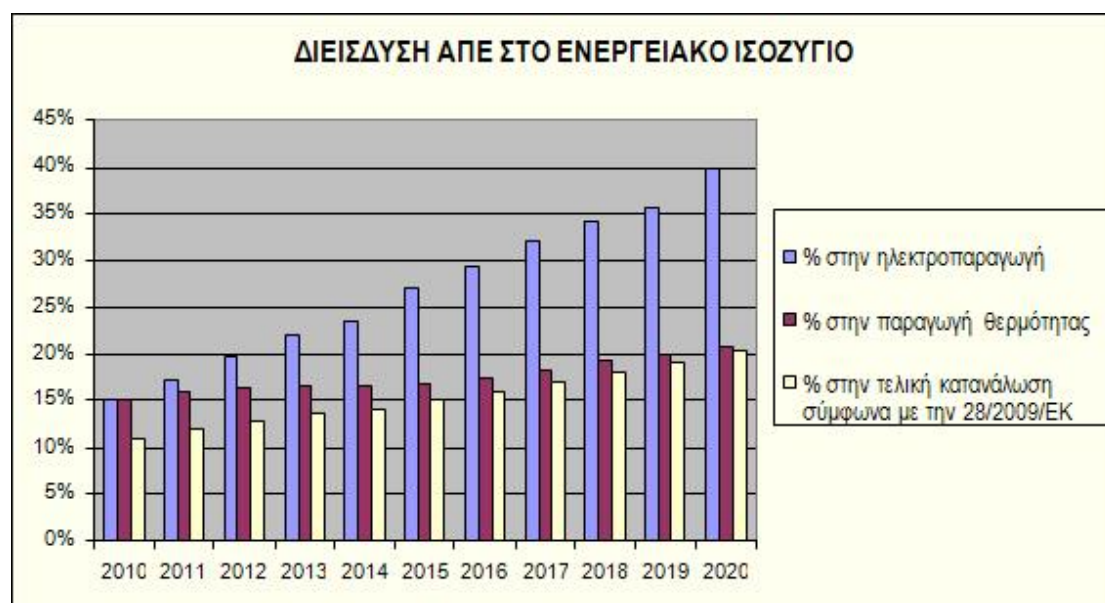
Παρ' όλα αυτά, καθώς η χρήση ΑΠΕ αυξάνεται, δεν έχει γίνει ακόμα εφικτή η μείωση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα. Παρά το υψηλό μερίδιο των ΑΠΕ στο μείγμα ηλεκτρικής ενέργειας, η αιολική ενέργεια και η ηλιακή ενέργεια από φωτοβολταϊκά, χαρακτηρίζονται από τη μη συνεχή (intermittent) παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η αύξηση των δυνατοτήτων των εγκαταστημένων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (RES-I) μπορεί να είναι συμβατή με την αποτελεσματική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, έχει επίσης δυνατότητες περαιτέρω αύξησης με την πρόοδο της τεχνολογίας (Marques et al., 2018).

Γενικά, οι ΑΠΕ είναι οι μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δηλαδή η αιολική, η ηλιακή και η γεωθερμική ενέργεια, η ενέργεια κυμάτων, η παλιρροϊκή ενέργεια, η υδραυλική ενέργεια, τα αέρια τα εκλούμενα από χώρους υγειονομικής ταφής, από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και τα βιοαέρια. Η παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ (σύμφωνα με τον Ν 2773/1999) είναι η Ηλεκτρική Ενέργεια η προερχόμενη από (www.ypeka.gr):

1. Την εκμετάλλευση Αιολικής ή Ηλιακής Ενέργειας ή Βιομάζας ή Βιοαερίου.
2. Την εκμετάλλευση Γεωθερμικής Ενέργειας, εφόσον το δικαίωμα εκμετάλλευσης του σχετικού Γεωθερμικού Δυναμικού έχει παραχωρηθεί στον ενδιαφερόμενο, σύμφωνα με τις ισχύουσες κάθε φορά διατάξεις.
3. Την εκμετάλλευση της Ενέργειας από την Θάλασσα.
4. Την εκμετάλλευση Υδάτινου Δυναμικού με Μικρούς Υδροηλεκτρικούς Σταθμούς μέχρι 10 MW.
5. Συνδυασμό των ανωτέρω.
6. Τη Συμπαράγωγή, με χρήση των Πηγών Ενέργειας, των (1) και (2) και συνδυασμό τους.

Η διαφοροποίηση του εγχώριου μείγματος ηλεκτρικής ενέργειας έχει προταθεί στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ), η οποία προτείνει ως στόχους για το 2020: i) μείωση κατά 20% των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, ii) 20% της ενέργειας της ΕΕ από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και (iii) 20% βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης της ΕΕ. Η Έκθεση του Εθνικού Σχεδίου Δράσης για την επίτευξη της συμβολής των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην τελική κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό 20% έως το 2020, απορρέει από την Οδηγία 2009/28/ΕΚ, και περιλαμβάνει εκτιμήσεις για την εξέλιξη του ενεργειακού τομέα και τη διείσδυση των τεχνολογιών των ΑΠΕ έως

το 2020. Οι εκτιμήσεις αυτές εξειδικεύονται στη συμμετοχή των ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θερμότητας και ψύξης κυρίως για τον οικιακό τομέα, αλλά και στη χρήση βιοκαυσίμων στις μεταφορές. Αναφέρονται επίσης μέτρα για την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και την αύξηση της αξιοποίησης των ΑΠΕ, καθώς και στοιχεία για τις βασικές διοικητικές δομές που θα επιταχύνουν τη διείσδυση αυτή. Το Εθνικό Σχέδιο Δράσης μετά τις πιθανές βελτιώσεις που θα προέλθουν από τη διαβούλευση με την ΕΕ, θα αποτελέσει τη βάση για τη σύνταξη σχετικής Υπουργικής Απόφασης για τη διείσδυση των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας. Το Εθνικό Σχέδιο Δράσης και η πρόοδος στην εφαρμογή του θα εξετάζεται ανά δύο χρόνια και θα επικαιροποιείται, ώστε να λαμβάνονται υπόψη οι εξελίξεις της αγοράς και της βελτίωσης των τεχνολογιών, αλλά και η ζήτηση της ενέργειας (www.ypeka.gr).



Εικόνα 1. Διείσδυση ΑΠΕ στο Ενεργειακό Ισοζύγιο της Ελλάδας καθώς και εκτίμηση αυτής έως το 2020

Ένα υβριδικό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι ένα σύστημα ισχύος το οποίο χρησιμοποιεί πάνω από μία μεθόδους παραγωγής για να καλύπτει την απαιτούμενη ενέργεια. Συνήθως, εκτός από τα φωτοβολταϊκά, συνδυάζονται και άλλες πηγές ενέργειας, (κυρίως τοπικές και ανανεώσιμες) όπως ανεμογεννήτριες, υδροηλεκτρική ισχύ, υδροηλεκτρική ισχύ ποταμών, βιομάζα. Συχνό φαινόμενο, όμως, είναι να συνδυάζεται μία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και μία συμβατική πηγή όπως η τροφοδοσία από το τοπικό δίκτυο ή από ηλεκτρογεννήτριες πετρελαίου

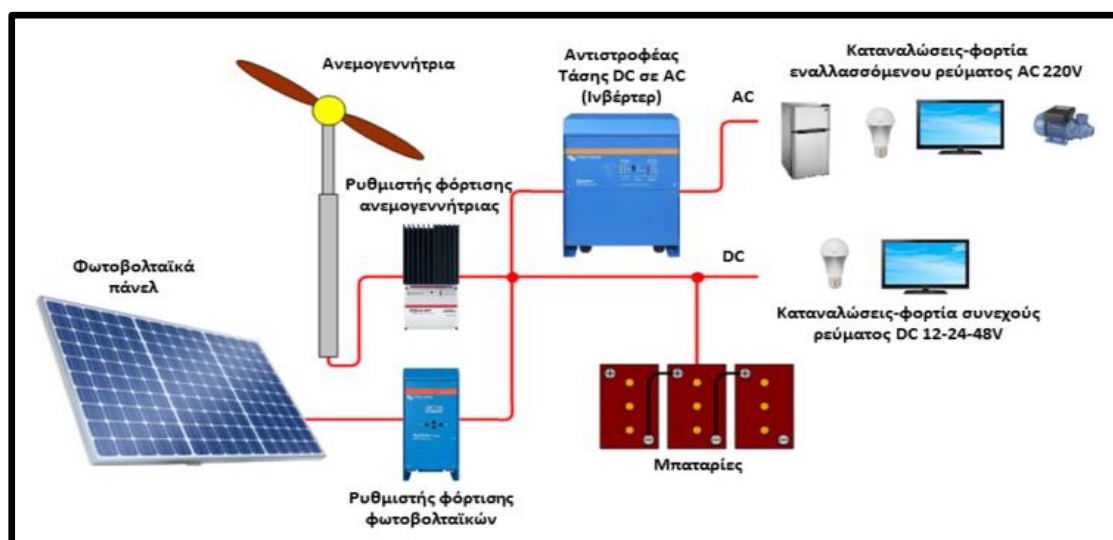
(ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος - H/Z) και μπαταρίες. Γενικά τα υβριδικά συστήματα συνδυάζουν τις μορφές ενέργειας για να τροφοδοτούν το σύστημα συνεχώς με σταθερή τάση, ελαχιστοποιώντας τους κινδύνους διακοπής της τροφοδοσίας.

1.2 Υφιστάμενη κατάσταση

Η εξάντληση των συμβατικών καυσίμων έχει κάνει επιτακτική στις μέρες μας τη χρήση εξεύρεσης νέων μορφών ενέργειας. Πέραν αυτού, οι ρύποι που παράγονται από τη χρήση τους αποτελούν σημαντικό πρόβλημα. Οι επιστήμονες έχουν στραφεί προς την αξιοποίηση όλο και περισσότερο των Ανανεώσιμων Μορφών Ενέργειας, κυρίως την ηλιακή και την αιολική, καθώς και τους τρόπους με τους οποίους μπορούμε να τις εκμεταλλευτούμε με τον πλέον ευνοϊκό τρόπο. Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να αξιοποιηθεί με την βοήθεια των φωτοβολταϊκών συστημάτων, τα οποία έχουν ουσιαστικά την δυνατότητα να μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική ενώ η αιολική ενέργεια μπορεί να αξιοποιηθεί με τη βοήθεια των ανεμογεννητριών που επίσης παράγουν ηλεκτρισμό. Για την πιο αποτελεσματική και οικονομική χρήση της ηλιακής και της αιολικής ενέργειας, μπορεί να γίνει συνδυασμός των δύο αυτών ΑΠΕ με τη μορφή υβριδικού φωτοβολταϊκού/αιολικού συστήματος, η βέλτιστη διαστασιολόγηση του οποίου παίζει σημαντικό ρόλο. Σε τέτοια συστήματα είναι απαραίτητη η αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας (συνήθως σε μπαταρίες) ή στο δίκτυο προκειμένου να χρησιμοποιείται η ενέργεια όταν οι ΑΠΕ δεν είναι διαθέσιμες. Η ανάγκη της χρήσης εναλλακτικού τρόπου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι σήμερα περισσότερο αναγκαία από ποτέ λόγω της συνεχούς αύξησης των παγκόσμιων ενεργειακών απαιτήσεων (σχεδόν διπλασιάστηκαν τα τελευταία δέκα χρόνια) και των περιορισμών στην εναπόθεση των ορυκτών καυσίμων (Olabi, 2013). Επιπλέον, η ρύπανση που παράγεται με τη χρήση συμβατικών ενεργειακών πηγών επιβάλλει την εκμετάλλευση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της σημερινής παραγωγής και χρήσης της ενέργειας είναι σχεδόν μη αναστρέψιμες. Όσον αφορά στην τεχνολογία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με την πάροδο των ετών, τα υβριδικά φωτοβολταϊκά/αιολικά συστήματα γίνονται εφικτές εναλλακτικές λύσεις, οι οποίες ικανοποιούν τις απαιτήσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με την παράλληλη προστασία του περιβάλλοντος

(Rathore & Panwar, 2007). Σε υβριδικά συστήματα, οι συστοιχίες συσσωρευτών χρησιμοποιούνται ως ρυθμιστικά συστήματα, επιτρέποντας την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας προκειμένου να χρησιμοποιηθούν όταν δεν είναι διαθέσιμες οι ΑΠΕ.

Δεδομένου του περιβαλλοντικού δυναμικού μιας συγκεκριμένης θέσης, ένα υβριδικό φωτοβολταϊκό/αιολικό σύστημα σε συνδυασμό με ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας αποτελεί μια ενδιαφέρουσα επιλογή για την κάλυψη σχετικά χαμηλών ηλεκτρικών φορτίων σε απομακρυσμένες περιοχές (Ansong et al., 2017, Forde, 2017, Boute, 2016; Sandwell et al., 2016) όπου είτε δεν υπάρχει δυνατότητα για τροφοδοσία ρεύματος για όλο το 24ωρο, είτε είναι δύσκολο και οικονομικά ασύμφορο να επιτευχθεί συνεχής διασύνδεση με το υπάρχον δίκτυο. Τα αυτόνομα και υβριδικά φωτοβολταϊκά/αιολικά συστήματα αποτελούν μια πολύ ελπιδοφόρα επιλογή με εξαιρετικές προοπτικές κάλυψης των ενεργειακών αναγκών συγκεκριμένων περιοχών με αποτελεσματικό και βιώσιμο τρόπο. Ωστόσο, το κόστος εγκατάστασης είναι αρκετά υψηλό, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις το κόστος του κύκλου ζωής είναι επίσης υψηλό (Kaldellis & Kavadias, 2007). Τα συστήματα αυτά μπορούν να προσφέρουν υψηλή αξιοπιστία για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας υπό διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες, καθώς και την εξοικονόμηση κόστους για την παραγωγή ενέργειας (Veldhuis & Reinders, 2015). Επίσης, τα συστήματα αυτά μπορούν να αποθηκεύουν ηλεκτρική ενέργεια όχι μόνο με τη χρήση μπαταριών αλλά και με εναλλακτικές επιλογές για την αποθήκευση της όπως flywheels, υπεραγωγό κλπ. (Lin et al., 2013).



Εικόνα 2. Υβριδικό φωτοβολταϊκό / αιολικό σύστημα

Επί του παρόντος, έχουν γίνει αρκετές απόπειρες υλοποίησης της θεωρητικής έρευνας καθώς και του σχεδιασμού και της βελτιστοποίησης εφαρμογών για την εκτός δικτύου αυτόνομη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι Bentouba & Bourouis (2016) αξιολόγησαν τη σκοπιμότητα ενός υβριδικού συστήματος ανανεώσιμων πηγών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε μια περιοχή της Νότιας Αλγερίας χωρίς ηλεκτρική διασύνδεση, χρησιμοποιώντας τη γνωστή πλατφόρμα HOMER. Χρησιμοποιώντας το ίδιο λογισμικό, παρουσιάστηκε επίσης η ηλεκτροδότηση σε τρία χωριά εκτός δικτύου στην Κολομβία, με τη χρήση διαφορετικών συνδυασμών ανεμογεννητριών, φωτοβολταϊκών και ντιζελομηχανών για τον προσδιορισμό του ενεργειακά αποδοτικότερου συνδυασμού καθώς επίσης και της πιο αποδοτικής διαμόρφωσης σε διαφορετικές θέσεις (Mamaghani et al., 2016). Επιπλέον, έχει μελετηθεί η ηλεκτροδότηση δύο αγροτικών χωριών στη Νότια Αφρική μέσω της διερεύνησης της βιωσιμότητας ενός υβριδικού μίνι-ηλεκτρικού συστήματος ως λύση για την αγροτική ανάπτυξη της συγκεκριμένης περιοχής (Azimoh et al., 2016). Μελετήθηκε η σκοπιμότητα των υβριδικών συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας που αποτελούνται από ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη μικρής κλίμακας (υδροηλεκτρικά, ηλιακά φωτοβολταϊκά), με ή χωρίς λύσεις αποθήκευσης ενέργειας, που εστιάζονται κυρίως στο ηλεκτρικό φορτίο για τις βασικές ανάγκες μιας αγροτικής κοινότητας στην Παπούα-Νέα Γουινέα (Kaur & Segal, 2017). Οι Le Guen et al., (2018) εργάστηκαν για τη βελτίωση της ενεργειακής βιωσιμότητας ενός ελβετικού χωριού με την ενσωμάτωση των ανανεώσιμων τεχνολογιών στις ανακαινίσεις κτηρίων, ενώ εξετάστηκαν τρία σενάρια για την ενσωμάτωση ηλιακών φωτοβολταϊκών καθώς και βελτιώσεων του ενεργειακού συστήματος. Η ηλεκτροδότηση της υπαίθρου σε ορισμένες περιοχές της Μαλαισίας παρουσιάζεται επίσης από τους Fadaeenejad et al., (2014), ενώ έχουν προταθεί εφαρμογές υβριδικών συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (HRES) για διάφορα χωριά με ιδιαίτερη έμφαση στη Μαλαισία. Πραγματοποιήθηκε ένα σχέδιο ευέλικτου υβριδικού συστήματος ανανεώσιμων πηγών ενέργειας χρησιμοποιώντας το λογισμικό HOMER για ένα τυπικό απομακρυσμένο χωριό που βρίσκεται εγκατεστημένο σε περιοχή που επικρατεί τροπικό κλίμα στη Μαλαισία με τη χρήση διαφόρων σεναρίων για συνδέσεις εντός και εκτός δικτύου και παρουσιάστηκε από τους Halabi & Mekhilef (2017). Οι λειτουργίες του συστήματος για όλες τις διαμορφώσεις ερευνήθηκαν και ποσοτικοποιήθηκαν για να αποδείξουν τα οφέλη και τους κινδύνους που σχετίζονται με κάθε σύστημα και με τον τρόπο αυτό να προσδιορίσουν το πιο βιώσιμο και ευέλικτο σχέδιο ηλεκτρικής διασύνδεσης. Η

βελτιστοποίηση διακριτών συστημάτων συμπαραγωγής με μεγάλη χωρητικότητα αποθήκευσης και η υποστήριξη δυναμικών ηλιακών υβριδικών συστημάτων συνδυασμένα με συστήματα θέρμανσης και ηλεκτρικής ενέργειας σε απομονωμένα αγροτικά χωριά στην Αφρική έχει δημοσιευθεί από τους Prinsloo et al., (2016), όπου περιγράφεται μια βελτιστοποιημένη λύση των συγκεκριμένων συστημάτων. Τα έργα ανανεώσιμων μικρών ηλεκτρικών δικτύων για την αυτόνομη ηλεκτροδότηση μικρής κλίμακας περιοχών στις Άνδεις της Νοτίου Αμερικής παρουσιάζονται στο έργο των Lopez-Gonzalez et al., (2017), όπου αναλύονται οι αποφάσεις που λαμβάνονται σε όλη τη διαδικασία σχεδιασμού και αναδεικνύεται η καταλληλότητα αυτών των τεχνολογιών για την επέκταση της πρόσβασης στην ηλεκτρική ενέργεια. Η ζητούμενη παροχή ρεύματος στις περιοχές αυτές επιτυγχάνεται με τον συνδυασμό αιολικών/ηλιακών/ηλεκτρικών μπαταριών, υποστηριζόμενων από γεννήτρια ντίζελ ή τη χρήση υγραερίου/φυσικού αερίου σε ορισμένες περιπτώσεις.

Ωστόσο, δεν υπάρχει ακριβής ποσοτικοποίηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος χωρίς το εργαλείο αξιολόγησης κύκλου ζωής (LCA). Για να εκτιμηθούν οι περιβαλλοντικές επιδόσεις ενός υβριδικού φωτοβολταϊκού/αιολικού συστήματος, χρησιμοποιείται το εργαλείο ανάλυσης κύκλου ζωής. Η μεθοδολογία κύκλου ζωής περιλαμβάνει τέσσερα στάδια: ορισμό στόχου και πεδίου εφαρμογής, ανάλυση αποτελεσμάτων, εκτίμηση επιπτώσεων και ερμηνεία των αποτελεσμάτων (ISO, 1998, ISO, 2000a, ISO, 2000b). Ο κύριος στόχος της εφαρμογής LCA στην παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ είναι να προσδιοριστεί ποιο από τα εξεταζόμενα σενάρια έχει τις χαμηλότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Για την πληρέστερη κατανόηση του εργαλείου αξιολόγησης κύκλου ζωής (LCA), πραγματοποιήθηκε περαιτέρω βιβλιογραφική ανασκόπηση. Στη μελέτη του Celik et al., (2008), μελετάται αυτόνομη οικιακή φωτοβολταϊκή εγκατάσταση στην Τουρκία για τη βελτιστοποίηση της κλίμακας του συστήματος και των περιβαλλοντικών επιδόσεων. Στην Ισπανία, στο Πανεπιστήμιο της Murcia έχει εγκατασταθεί ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα, το οποίο έχει ερευνηθεί για τις συνολικές περιβαλλοντικές εκπομπές του και σε σύγκριση με άλλες ηλεκτρικές διατάξεις, όπως το ισπανικό δίκτυο (Garcia-Valverde et al., 2009). Επιπλέον, οι Kaldellis et al., (2010) προσπάθησαν να καταλάβουν το σωστό μέγεθος ενός φωτοβολταϊκού συστήματος εκτός δικτύου με την ελάχιστη ενσωματωμένη ενεργειακή απαίτηση για την κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας από έναν απομακρυσμένο καταναλωτή στη Ρόδο. Αυτό επιτυγχάνεται με την ανάπτυξη ενός υπολογιστικού

αλγορίθμοι καθώς και ενός εργαλείου LCA, τα οποία έδειξαν ότι το αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα μπορεί να είναι μια οικονομικά και περιβαλλοντικά βιώσιμη λύση για απομακρυσμένες περιοχές. Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν λίγες μελέτες που αναφέρονται στον κύκλο ζωής αυτόνομου αιολικού συστήματος. Οι Fleck & Huot (2009) συνέκριναν μια ανεμογεννήτρια off-grid με μια γεννήτρια ντίζελ για οικιακή χρήση, μέσω LCA. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν υψηλότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα και καθαρότερη ενέργεια εισόδου για τον κινητήρα ντίζελ. Ωστόσο, συγκρίνοντας τα οικονομικά των δύο συστημάτων, προέκυψε το συμπέρασμα ότι το καθαρό κόστος του συστήματος ανεμογεννητριών ήταν 14% μεγαλύτερο από το κόστος του συστήματος ντίζελ. Μια άλλη μελέτη LCA, προτείνει ένα υβριδικό σύστημα γεννήτριας φωτοβολταϊκών, αιολικών και πετρελαιοειδών για τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος απομακρυσμένων ραδιοσταθμών (Bondesson, 2012). Το προτεινόμενο σύστημα αυξάνει σημαντικά την περιβαλλοντική επίδοση στην παροχή ρεύματος για τους ραδιοφωνικούς σταθμούς. Στην Κρήτη υπάρχει ένα παρόμοιο υβριδικό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο μελετάται πάνω στις ενεργειακές και περιβαλλοντικές του επιδόσεις. Το υβριδικό σύστημα περιλαμβάνει φωτοβολταϊκά και ανεμογεννήτριες και με δύο πιθανά σενάρια διασύνδεσης (αυτόνομα ή διασυνδεδεμένα με το δίκτυο), επιδιώκεται η υψηλότερη απόδοση με το χαμηλότερο περιβαλλοντικό και οικονομικό κόστος. Η ενεργειακή απόδοση υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας το HOMER και η αξιολόγηση του κύκλου ζωής υλοποιήθηκε με το λογισμικό SimaPro (Arnaoutakis et al., 2018). Σε μια διαφορετική οπτική, οι Abbassi et al., (2017) προτείνουν με τη βοήθεια στατιστικής προσέγγισης, το βέλτιστο σύστημα υβριδικής αποθήκευσης ενέργειας ενός αυτόνομου συστήματος φωτοβολταϊκού / ανεμογεννήτριας. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν αποδεικνύουν ότι η ενσωμάτωση υβριδικών μπαταριών αποθήκευσης ενέργειας σε ένα τέτοιο σύστημα βελτιώνει την ανταλλασσόμενη ροή ισχύος μεταξύ των στοιχείων του, επεκτείνει τον κύκλο ζωής της μπαταρίας και επηρεάζει το μέγεθος του συστήματος αποθήκευσης μέσα από τις γρήγορες διακυμάνσεις ισχύος. Η γενική εικόνα της βιβλιογραφίας περιγράφει την έλλειψη μελετών LCA στα αυτόνομα συστήματα αιολικής ενέργειας, τα οποία επικεντρώνονται στην ενεργειακή και οικονομική επίδοση του συστήματος.

1.3 Αδυναμίες υφιστάμενης κατάστασης

Τα συστήματα που παρουσιάστηκαν παραπάνω εμφανίζονται σε συγκεκριμένη περιοχή εφαρμογής χωρίς να απαντούν το ερώτημα ‘γιατί εφαρμόζονται σε αυτή την περιοχή’. Στην πραγματικότητα, δεν υπάρχει επιλογή περιοχής βάσει ορισμένων κριτηρίων, δεν υπάρχει κατάλληλη επιλογή συστήματος βασισμένη σε ανάλυση πολλαπλών κριτηρίων με πρόβλεψη παραγωγής, ενώ στα περισσότερα από αυτά τα συστήματα δεν έχει υπολογιστεί το περιβαλλοντικό αποτύπωμα, λόγω της χρήσης των πετρελαιοκίνητων/LPG γεννητριών. Η βελτιστοποίηση τέτοιων υφιστάμενων ή θεωρητικά περιγραφόμενων συστημάτων βελτιώνει τη λειτουργία τους, αλλά δεν βοηθά στην επιλογή: ‘ποιο σύστημα σε ποια περιοχή’. Το τελευταίο σημείο είναι ζωτικής σημασίας όταν έχουν τεθεί ζητήματα ενεργειακής πολιτικής, δεδομένου ότι είναι σημαντικό για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής να σχεδιάσουν ένα εφικτό σχέδιο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκτός δικτύου. Προφανώς, αυτό δεν συνέβαινε για τα έργα που παρουσιάστηκαν παραπάνω, καθώς οι εγκαταστάσεις πάντοτε παρέχονταν και το πλαίσιο έρευνας περιοριζόταν αναπόφευκτα σε λειτουργικά ζητήματα, όπως η βελτιστοποίηση, η αποτελεσματικότητα κόστους κλπ. Ένα άλλο σημαντικό σημείο είναι η διαστασιολόγηση τέτοιων συστημάτων, όπου η συνήθης πρακτική είναι μια απλή σύνδεση προκειμένου να εξασφαλιστεί η πλήρης κάλυψη του φορτίου. Προφανώς, μια τέτοια πρακτική δεν είναι αποτελεσματική όσον αφορά στην πλήρη κάλυψη ηλεκτρικών φορτίων καθώς και στο κόστος απόκτησης τέτοιων συστημάτων, και γι’ αυτό έχουν αναφερθεί στη βιβλιογραφία διάφορες μεθοδολογίες για την ταξινόμηση υβριδικών φωτοβολταϊκών/αιολικών συστημάτων. Οι Diaf et al., (2007) πρότειναν μια μεθοδολογία σχεδιασμού ενός αυτόνομου υβριδικού συστήματος φωτοβολταϊκών και ανεμογεννητριών προκειμένου να τροφοδοτήσουν ένα οικιακό νοικοκυριό. Αυτή η μεθοδολογία στοχεύει στην εύρεση της σύνθεσης ενός υβριδικού συστήματος σε σχέση με συγκεκριμένα κριτήρια, δηλαδή την ταχύτητα του ανέμου, τα τεχνικά χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών στοιχείων και την αποθήκευση περίσσιας ηλεκτρικής ενέργειας στις μπαταρίες, και δεν λαμβάνει υπόψη άλλα κριτήρια όπως δημογραφικούς και γεωγραφικούς περιορισμούς, τη χρήση της γης, το περιβάλλον, το μορφωτικό επίπεδο των κατοίκων κλπ. Επίσης, χρησιμοποιεί μετεωρολογικά δεδομένα χρονικής σειράς ενός έτους, ενώ η αιολική και η ηλιακή ενέργεια θεωρούνται ως σταθερές κατά τη διάρκεια χρονικού

διαστήματος μίας ώρας. Μια στατιστική και μαθηματική μέθοδος που ονομάζεται Response Surface Methodology (RSM), η οποία χρησιμεύει για να χαρακτηρίσει το κόστος του συστήματος για μια δεδομένη χρονική μεταβολή ωριαίων απαιτήσεων ενεργειακού φορτίου, έχει προταθεί από τους Ekren & Ekren (2008). Το μοντέλο τους έχει κατασκευαστεί με την παραδοχή ότι οι μεταβλητές εισόδου δεν μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια συγκεκριμένων χρονικών διαστημάτων μίας ώρας. Αυτή η μεθοδολογία έχει εφαρμοστεί με την χρησιμοποίηση μετεωρολογικών δεδομένων δύο ετών, ενώ δεν γίνεται καμία αναφορά στη μείωση του κόστους (για παράδειγμα, με τη μελέτη διαφορετικών τεχνολογιών φωτοβολταϊκών/αιολικών συστημάτων). Μια πρόσφατη ανασκόπηση για τις μεθοδολογίες ταξινόμησης μεγέθους υβριδικών συστημάτων μαζί με μια σύγκριση των πιο πρόσφατων μεθόδων βελτιστοποίησης παρουσιάστηκε από τους Luna-Rubio et al., (2012) και επικεντρώθηκε στην ταξινόμηση υβριδικών ενεργειακών συστημάτων με στοιχεία αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας διαφόρων τύπων. Μια άλλη παρουσίαση έχει να κάνει με την επισκόπηση κριτηρίων αξιολόγησης αυτόνομων φωτοβολταϊκών συστημάτων καθώς και με μεθοδολογίες ταξινόμησης μεγέθους, η οποία παρουσιάστηκε από τους Khatib et al., (2016). Εξετάστηκαν διάφοροι μέθοδοι αξιολόγησης μετεωρολογικών δεδομένων και συγκρίθηκαν διάφοροι τεχνολογικοί, οικονομικοί και κοινωνικοπολιτικοί παράγοντες. Για να επιτύχουν τους στόχους τους, οι συγγραφείς θεώρησαν ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα και χρησιμοποίησαν τον μέσο όρο ωριαίων, ημερήσιων και μηνιαίων μετεωρολογικών δεδομένων. Πρόσφατα, παρουσιάστηκε από τον Al-Falahi et al., (2017) μία άλλη ανασκόπηση των πρόσφατων εξελίξεων στις μεθοδολογίες βελτιστοποίησης μεγέθους υβριδικών συστημάτων, σύγκριση αλγορίθμων, αξιολόγηση όλων των πιθανών συνδυασμών αυτοτελών συστημάτων, συμπεριλαμβανομένων των μεταβλητών αξιολόγησης των οικονομικών, περιβαλλοντικών και κοινωνικών παραμέτρων. Η έμφαση δίνεται στα ζητήματα κόστους με συνδυασμό ηλιακής, αιολικής, γεννήτριας ντίζελ και αποθήκευσης σε μπαταρίες, ενώ η κοινωνική αποδοχή δεν ελήφθη υπόψη. Οι Domenech et al. (2015) ανέπτυξαν μια μεθοδολογία σχεδιασμού αυτόνομων συστημάτων για τις αγροτικές κοινότητες, με βάση τις ανεμογεννήτριες και τα φωτοβολταϊκά στοιχεία, όπου εξετάστηκε η κατανομή μέσω μικρών ηλεκτρικών δικτύων σε συνδυασμό με οικονομικές, τεχνικές και κοινωνικές εκτιμήσεις. Αυτή η μεθοδολογία σχεδιασμού ενσωματώνει το κόστος ενός βασικού συστήματος ενεργειακού εφοδιασμού που καλύπτει θεμελιώδεις ενεργειακές ανάγκες και,

επιπλέον, δεν έγινε χρήση τοπικών ηλιακών δεδομένων, διότι αυτά εξήχθησαν από παγκόσμιους μετεωρολογικούς σταθμούς παρά από κοντινούς, ως προς τη συλλογή των δεδομένων, σταθμούς. Επιπλέον, μια μεθοδολογία για τη φυσική και οικονομική αξιολόγηση του κόστους μετάβασης στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε περιοχές της Ρωσίας παρουσιάζεται από τους Ermolenko et al., (2017). Προσφέρει καλύτερα σχεδιασμένες και πιο ακριβείς μεθόδους για τον υπολογισμό των εκμεταλλεύσιμων τεχνικών δυνατοτήτων της αιολικής και της ηλιακής ενέργειας προερχόμενη από φωτοβολταϊκά στοιχεία για ένα ευρύ φάσμα του εξοπλισμού παραγωγής της ενέργειας σε κεντρικά και κατακεντρωμένα συστήματα ισχύος και λαμβάνοντας υπόψη τους υφιστάμενους κοινωνικούς και περιβαλλοντικούς περιορισμούς. Χρησιμοποιεί βάση δεδομένων της NASA SSE για μετεωρολογικές πληροφορίες, ενώ το ενεργειακό δυναμικό υπολογίστηκε για δώδεκα μήνες με μέση ημερήσια ενεργειακή τιμή τριών ωρών την ημέρα. Οι συγγραφείς αυτοί χρησιμοποίησαν επίσης δύο υποθέσεις: α) ο προσδιορισμός των υπαρχόντων ενεργειακών δυναμικών τα οποία δεν είναι τόσο μεγάλα ώστε να συμφέρει η πραγματοποίηση επενδύσεων και β) η διαθεσιμότητα αιολικών και ηλιακών δεδομένων ήταν αρκετή για την κάλυψη σημαντικού μέρους της υφιστάμενης ενεργειακής ζήτησης. Η διαρκής έρευνα έχει βοηθήσει στην τεχνολογική πρόοδο των υβριδικών συστημάτων, αλλά συνήθως δεν λαμβάνονται υπόψη κριτήρια, όπως δημογραφικά, γεωγραφικά, οικολογικά, περιβαλλοντικά καθώς και το εκπαιδευτικό επίπεδο των κατοίκων (Beyer & Langer, 1996, Yang et al., 2003). Ένα άλλο ζήτημα που σχετίζεται με αυτές τις μελέτες είναι η περίοδος που εξετάζεται το σύστημα είναι περιορισμένη ώστε να περιλαμβάνει αξιόπιστα δεδομένα για τις χρησιμοποιούμενες μετεωρολογικές. Επίσης, προβληματικός γενικά είναι ο συνδυασμός ΑΠΕ που θεωρείται, μιας και σχεδόν όλες οι μελέτες χρησιμοποιούν μαζί με τα φωτοβολταϊκά πάνελ και τις ανεμογεννήτριες και μία ντιζελογεννήτρια για την επιπλέον κάλυψη των υπό μελέτη οικισμών ή κτιρίων με ηλεκτρικό ρεύμα.

Συνοψίζοντας, οι αδυναμίες της υφιστάμενης κατάστασης είναι επιγραμματικά οι ακόλουθες:

- Δεν υπάρχει απάντηση στα ερωτήματα «γιατί σε αυτή την περιοχή» και «γιατί στους συγκεκριμένους οικισμούς»,
- Δεν λαμβάνονται υπόψη δημογραφικά, γεωγραφικά κ.α. κριτήρια,
- Περιορισμένη χρονική περίοδο χρήσης μετεωρολογικών δεδομένων,

- Χρήση μετεωρολογικών δεδομένων από απομακρυσμένους σταθμούς μέτρησης ή με τη βοήθεια υπολογιστικών προγραμμάτων (PVGIS, NASA SEE κ.α.),
- Δεν υπάρχει πρόβλεψη εύρεσης περιβαλλοντικού αποτυπώματος του συγκεκριμένου συστήματος,
- Είναι προβληματική η διαστασιολόγηση συστημάτων καθώς και η χρήση διαφορετικών τεχνολογιών Φ/Β και ανεμογεννητριών,
- Συνδυασμός ΑΠΕ με άλλες ενεργειακές πηγές (ντιζελογεννήτριες, υδροηλεκτρικά, χρήση υγραερίου/φυσικού αερίου κ.α.),
- Πολλές φορές γίνεται χρήση δικτύου του παρόχου ηλεκτρικής ενέργειας σε περιπτώσεις αδυναμίας ηλεκτροδότησης κτιρίου ή οικισμού.

1.4 Σκοπός - Στόχος της Διατριβής

Η μοντελοποίηση και η βελτιστοποίηση των υβριδικών φωτοβολταϊκών/αιολικών συστημάτων ενέργειας δεν είναι επαρκώς ώριμη στη χώρα μας. Στόχος της παρούσας διατριβής είναι η κάλυψη των υφιστάμενων αδυναμιών της υπάρχουσας κατάστασης με τη μετατροπή οκτώ απομακρυσμένων χωριών σε ενεργειακά αυτόνομους οικισμούς. Τα επιλεγμένα αυτά χωριά βρίσκονται σε τέσσερις διαφορετικές περιοχές της Ελλάδος.

Αρχικά αναλύεται η παρούσα κατάσταση για τις ανανεώσιμες πηγές στην Ελλάδα και επεξηγείται το σκεπτικό με το οποίο επιλέχθηκαν οι τέσσερις περιοχές, στις οποίες θα προσπαθήσουμε να εφαρμόσουμε ένα τέτοιο σύστημα, καθώς και τα κριτήρια που έχουμε επιλέξει (μετεωρολογικά, δημογραφικά και άλλα κριτήρια). Ακολούθως, εξετάζεται το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας ενός τέτοιου συστήματος για την πλήρη καθώς και τη μερική κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των οκτώ χωριών, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, καθώς και οι επιπτώσεις από την πιθανή διασύνδεσή τους, στη ζωή των κατοίκων των υπό εξέταση περιοχών.

Σκοπός μας είναι να δημιουργήσουμε, σύμφωνα με τις ανάγκες της κάθε περιοχής, το βέλτιστο σύστημα που θα αξιοποιεί τόσο την ηλιακή όσο και την αιολική ενέργεια, θα καλύπτει πλήρως τις ενεργειακές απαιτήσεις των κατοίκων και θα έχει το

μικρότερο κόστος ενώ ταυτόχρονα εξετάζουμε και την κοινωνική αποδοχή ως προς τις επιπτώσεις που μπορεί να έχει.

Η πρωτοτυπία της παρούσας διατριβής συνίσταται κυρίως στη βελτιστοποίηση της εγκατάστασης και λειτουργίας υβριδικών συστημάτων με όρους ενεργειακής απόδοσης. Επικεντρώνεται κυρίως στην καθιέρωση μιας πολυκριτηριακής μεθοδολογίας για την επιλογή των κατάλληλων περιοχών σε μικρούς οικισμούς, όπου θα μπορούσε να εγκατασταθεί ένα υβριδικό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η μεθοδολογία αυτή πρέπει να επεκταθεί στον καλύτερο σχεδιασμό του υβριδικού συστήματος καθώς και στη βελτιστοποίηση της λειτουργίας του. Τα κριτήρια που πρέπει να πληρούνται σύμφωνα με αυτή τη μεθοδολογία σχετίζονται με τη μετεωρολογία (ηλιακή ακτινοβολία, αιολικό δυναμικό), ενώ πρέπει επίσης να πληρούνται κριτήρια δημογραφικά, γεωγραφικά, γεωχωρικά, χρήσεων γης καθώς και το κριτήριο της 100% κάλυψης ή της μερικής κάλυψης των υπό εξέταση οικισμών. Υπάρχει επίσης ανάγκη να μειωθεί το κόστος παραγωγής ενέργειας, εγκαθιστώντας το καταλληλότερο σύστημα για τη συγκεκριμένη περιοχή, όπου η καταλληλότητά του θα πρέπει να βασίζεται σε ανάλυση πολλαπλών κριτηρίων δηλαδή στον συνδυασμό των μετεωρολογικών δεδομένων και των ηλεκτρικών φορτίων που πρέπει να καλυφθούν. Επιπλέον, το μείγμα των ΑΠΕ στο σύστημα, καθώς και οι πιθανοί περιορισμοί του νόμου είναι μερικές παράμετροι που έχουμε λάβει υπόψη κατά την ανάλυση μας.

Η διαδικασία βελτιστοποίησης υπαγορεύεται από την πλήρη ικανοποίηση των απαιτήσεων ενέργειας σε 24ωρη βάση, 7 ημέρες την εβδομάδα, 365 ημέρες το χρόνο (αντικειμενική λειτουργία). Για λόγους εφαρμογής και περιορισμού του κόστους, το υβριδικό σύστημα πρέπει να εγκατασταθεί σε μικρούς οικισμούς (μέχρι 100 κατοίκους), με γνωστές χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις. Για το σκοπό αυτό έχει αναπτυχθεί ένας αλγόριθμος για τον εντοπισμό της κατάλληλης περιοχής για την εγκατάσταση του προτεινόμενου υβριδικού συστήματος (φωτοβολταϊκών/ ανεμογεννητριών) και για τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας τους. Ιδιαίτερη προσπάθεια έγινε στο να πάρουμε την ακριβή εικόνα της κατανάλωσης του ηλεκτρικού ρεύματος των οικισμών συλλέγοντας τα διαθέσιμα δεδομένα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας απευθείας από τον πάροχο ηλεκτρικής εταιρείας για την περίοδο 2012-2017 (έξι έτη) και καταγράφοντας (σε όσους οικισμούς ήταν δυνατόν) τον αριθμό και την ενεργειακή τάξη των ηλεκτρικών συσκευών που υπάρχουν. Πραγματοποιήθηκαν επίσης ακριβείς μετρήσεις, σε όσους οικισμούς ήταν

δυνατόν, του διαθέσιμου χώρου για την εγκατάσταση των συστημάτων φωτοβολταϊκών και ανεμογεννητριών (στέγες, δημόσιοι χώροι, οικόπεδα κλπ.). Εξετάσαμε επίσης την πιθανή διασύνδεση μεταξύ δύο κοντινών οικισμών προκειμένου να υπάρξει "έξυπνη" ανταλλαγή ηλεκτρικής ενέργειας σε περιπτώσεις αυξημένης ζήτησης. Επιπλέον, προσπαθήσαμε να ποσοτικοποιήσουμε τον κοινωνικό αντίκτυπο μέσω κατάλληλου ερωτηματολογίου. Διερευνήσαμε επίσης τις κοινωνικές, δημογραφικές και οικονομικές επιπτώσεις της εισαγωγής ενός τέτοιου υβριδικού συστήματος μέσω ερωτηματολογίου στους κατοίκους αυτών των μικρών ελληνικών οικισμών. Είναι ευρέως αποδεκτό ότι η γνώμη της κοινωνίας έχει τεράστιο αντίκτυπο στα ενεργειακά και περιβαλλοντικά έργα, εφόσον η εφαρμογή τους διευκολύνεται από την κατάλληλη ενημέρωση, την ευαισθητοποίηση και την κινητοποίηση των πολιτών και γενικότερα της κοινωνίας σαν σύνολο.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω κριτήρια, αναπτύξαμε σενάρια εγκατάστασης υβριδικών συστημάτων, προτείναμε την πιο συμφέρουσα λύση (κάλυψης ηλεκτρικού ρεύματος – κόστους εγκατάστασης και λειτουργίας) για το κάθε ζευγάρι οικισμών ξεχωριστά, ποσοτικοποιήσαμε και αναλύσαμε τις συνολικές περιβαλλοντικές πτυχές της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιώντας το συγκεκριμένο φωτοβολταϊκό/αιολικό σύστημα για τους μικρούς οικισμούς, δείξαμε αν συμφέρει από οικονομική άποψη, η εγκατάσταση ή όχι ενός τέτοιου υβριδικού συστήματος και σε ποιους οικισμούς μπορεί να γίνει αυτό με τη βοήθεια φιλικής προς το περιβάλλον χρήσης ηλεκτρικών συσκευών από τους κατοίκους. Τέλος, το σύστημα θα πρέπει να μπορεί να διασυνδέεται με τουλάχιστον ένα κοντινό οικισμό αναλόγου μεγέθους, ενσωματώνοντας ένα μικρό "έξυπνο" δίκτυο.

Συμπερασματικά, η παρούσα μελέτη μπορεί να λειτουργήσει ως εργαλείο άσκησης ενεργειακής πολιτικής για μη διασυνδεδεμένα συστήματα παραγωγής που βασίζονται σε ΑΠΕ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΘΕΩΡΙΑ

2.1 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.)

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ονομάζουμε τις πηγές ενέργειας που ανανεώνονται συνεχώς. Έχουν την δυνατότητα να καλύψουν τις ενεργειακές ανάγκες των σύγχρονων νοικοκυριών και το 2010 υπολογίστηκε ότι το 14% των παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών καλύπτονταν από αυτές, ενώ το 2015 οι ΑΠΕ ήταν η πηγή ενέργειας με το υψηλότερο μερίδιο στην ηλεκτροπαραγωγή της Ε.Ε. με ποσοστό 29% ξεπερνώντας την πυρηνική ενέργεια (27%) και τον άνθρακα (26%). Συνολικά οι ΑΠΕ παρήγαγαν στην Ε.Ε. κατά το έτος αυτό 923 τεραβατώρες ηλεκτρισμού, έναντι 899 τεραβατώραν το 2014 (energypress.gr).

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μας παρέχουν σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των ορυκτών καυσίμων, αυτό γιατί:

- Είναι τεχνολογίες φιλικές προς το περιβάλλον. Η αξιοποίησή τους συνοδεύεται από μειωμένη παραγωγή ρύπων ή αερίων που ενισχύουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- Εκμεταλλευόμαστε το ενεργειακό δυναμικό της χώρας μας συμβάλλοντας στην ενεργειακή αυτονομία αυτής, και στην εξοικονόμηση συναλλάγματος μειώνοντας τις εισαγωγές ενέργειας από άλλες χώρες. Με αυτό τον τρόπο αναπτύσσουμε αύξηση της απασχόλησης καθώς και του κοινωνικοοικονομικού οφέλους των πολιτών.
- Μπορούν να εφαρμοστούν σε απομακρυσμένες ή μεμονωμένες περιοχές για την λύση τοπικών προβλημάτων έλλειψης ενέργειας.
- Συμβάλουν στην αντιμετώπιση του ενεργειακού προβλήματος. (Panwaretal et al., 2011).

Στην Ελλάδα, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούν να έχουν επιτυχή εφαρμογή λόγω κυρίως της γεωγραφικής της θέσης καθώς και των μετεωρολογικών συνθηκών που επικρατούν σε αυτή. Διαθέτει μεγάλο αριθμό ωρών ηλιοφάνειας όλο το χρόνο καθώς και υψηλή ένταση ηλιακής ακτινοβολίας. Έχει επίσης σημαντικό αιολικό δυναμικό, πλούσιο γεωθερμικό δυναμικό σε ορισμένες περιοχές και μεγάλη παραγωγή βιομάζας. Στην ηλεκτροπαραγωγή, η συμβολή των Α.Π.Ε θα πρέπει να

αποτελεί μέχρι το 2020 τουλάχιστον το 35% - 40% της προβλεπόμενης αύξησης. Τα είδη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας είναι τα ακόλουθα:

➤ Γεωθερμία

Η γεωθερμία είναι μια ήπια και πρακτικά ανεξάντλητη ενεργειακή πηγή, που μπορεί με τις σημερινές τεχνολογικές δυνατότητες να καλύψει ανάγκες θέρμανσης και ψύξης, αλλά και σε ορισμένες περιπτώσεις να παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Η γεωθερμία προσφέρει ενέργεια χαμηλού κόστους, ενώ δεν επιβαρύνει το περιβάλλον με εκπομπές βλαβερών ρύπων. Η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού ή ατμού, ποικίλει από περιοχή σε περιοχή, ενώ συνήθως κυμαίνεται από 25° C μέχρι 360° C. Στις περιπτώσεις που τα γεωθερμικά ρευστά έχουν υψηλή θερμοκρασία (πάνω από 150° C), η γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η κυριότερη θερμική χρήση της γεωθερμικής ενέργειας παγκοσμίως αφορά στη θέρμανση θερμοκηπίων. Χρησιμοποιείται ακόμα στις υδατοκαλλιέργειες, όπου εκτρέφονται υδρόβιοι οργανισμοί αλλά και για τηλεθέρμανση, δηλαδή θέρμανση συνόλου κτιρίων, οικισμών, χωριών ή και πόλεων. Σήμερα στην Ελλάδα, η εκμετάλλευση της γεωθερμίας γίνεται αποκλειστικά για χρήση της σε θερμικές εφαρμογές, οι οποίες είναι εξίσου σημαντικές με την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Ακόμα, λόγω του πλούσιου σε γεωθερμική ενέργεια υπεδάφους της χώρας μας, κυρίως κατά μήκος του ηφαιστειακού τόξου του Νοτίου Αιγαίου (Μήλος, Νίσυρος, Σαντορίνη), μπορεί να έχει ευρεία εφαρμογή για τη θερμική αφαλάτωση του θαλασσινού νερού με στόχο την απόληψη πόσιμου, κυρίως στις άνυδρες νησιωτικές και παραθαλάσσιες περιοχές. Μία τέτοια εφαρμογή έχει χαμηλότερο κόστος από εκείνο που απαιτείται για τον εφοδιασμό των περιοχών αυτών με πόσιμο νερό, μέσω υδροφόρων πλοίων (ypeka.gr).

Παρόλο που συνήθως συγκαταλέγεται στις ανανεώσιμες πηγές λόγω του εναλλακτικού τύπου της πρέπει να σημειωθεί ότι δεν είναι απεριόριστη και έχει τεράστια σημασία η σωστή μελέτη της περιοχής και της εγκατάστασης ώστε να μην υπάρξουν αρνητικές συνέπειες για το περιβάλλον (Μπαλάρας et al., 2006).

➤ Βιομάζα

Η βιομάζα αποτελεί μία ανανεώσιμη και ήπια μορφή ενέργειας και είναι πολύ σημαντική λόγω της εκμετάλλευσης φυτικών, ζωικών, και δασικών προϊόντων και υπολειμμάτων, αστικών λυμάτων και απορριμμάτων για την παραγωγή ενέργειας.

Τα φυτά δεσμεύουν την ηλιακή ακτινοβολία μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης και την αποθηκεύουν καθώς αναπτύσσονται με τη βοήθεια νερού και μεταλλικών στοιχείων. Η αποθηκευμένη αυτή μορφή ενέργειας μπορεί στην συνέχεια να μετατραπεί σε διάφορες μορφές ωφέλιμης ενέργειας, όπως θερμότητα και ηλεκτρισμός. Ως πλεονέκτημά της καταγράφεται και το ότι κατά την παραγωγή και την μετατροπή της δεν δημιουργούνται οικολογικά και περιβαλλοντολογικά προβλήματα. Από την άλλη, ως μορφή ενέργειας η βιομάζα χαρακτηρίζεται από πολυμορφία, χαμηλό ενεργειακό περιεχόμενο, σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα, λόγω χαμηλής πυκνότητας και υψηλής περιεκτικότητας σε νερό, εποχικότητα, μεγάλη διασπορά, κλπ. Τα χαρακτηριστικά αυτά συνεπάγονται πρόσθετες, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα, δυσκολίες στη συλλογή, μεταφορά και αποθήκευσή της. Ως συνέπεια, το κόστος μετατροπής της σε πιο εύχρηστες μορφές ενέργειας παραμένει υψηλό. (Μπαλάρας et al., 2006).

➤ Υδροηλεκτρική ενέργεια

Η Υδροηλεκτρική Ενέργεια (Υ/Ε) είναι η ενέργεια η οποία στηρίζεται στην εκμετάλλευση και τη μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού των λιμνών και της κινητικής ενέργειας του νερού των ποταμών σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, μέσω της πτερωτής του στροβίλου, έχουμε την μετατροπή της κινητικής ενέργειας του νερού σε μηχανική ενέργεια με την μορφή περιστροφής του άξονα της πτερωτής και στο δεύτερο στάδιο, μέσω της γεννήτριας, επιτυγχάνουμε τη μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική.

Η δέσμευση/αποθήκευση ποσοτήτων ύδατος σε φυσικές ή τεχνητές λίμνες, για ένα Υδροηλεκτρικό Σταθμό, ισοδυναμεί πρακτικά με αποταμίευση Υδροηλεκτρικής Ενέργειας. Η προγραμματισμένη αποδέσμευση αυτών των ποσοτήτων ύδατος και η εκτόνωσή τους στους υδροστροβίλους οδηγεί στην ελεγχόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Με δεδομένη την ύπαρξη κατάλληλων υδάτινων πόρων και τον επαρκή εφοδιασμό τους με τις απαραίτητες βροχοπτώσεις, η Υ/Ε καθίσταται μια σημαντικότερη εναλλακτική πηγή ανανεώσιμης ενέργειας (ypaka.gr).

Είναι ένας από τους πιο φυσικούς τρόπους παραγωγής μεγάλης ισχύος ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω του ότι είναι μία καθαρή, ανεξάντλητη και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας καθώς δεν ρυπαίνει το περιβάλλον (Sims, 1991).

➤ Αιολική ενέργεια και Ανεμογεννήτριες.

Η αιολική ενέργεια δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία, γιατί η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μια περιοχή στην άλλη, δημιουργώντας με τον τρόπο αυτό τους ανέμους. Περίπου το 1,5% έως 2,5% της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, εκτιμάται ότι μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια. Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας γίνεται με ανεμογεννήτριες από τις οποίες παράγεται ηλεκτρική ενέργεια. Οι ανεμογεννήτριες έχουν πολύ μεγάλο εύρος εφαρμογής και μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε ως μέρος υβριδικών συστημάτων σε μικρότερη κλίμακα, ενώ μεγάλες ανεμογεννήτριες των οποίων η ισχύς ξεπερνά τα 2-3 MW μπορούν να ηλεκτροδοτήσουν μεγάλες απομονωμένες περιοχές (Μπαλάρας et al., 2006).

Όπως και οι άλλες ανανεώσιμες μορφές ενέργειας, η αιολική ενέργεια είναι καθαρή, ασφαλής και φιλική προς το περιβάλλον. Η αιολική ενέργεια σήμερα, αποτελεί μία μορφή ενέργειας ανταγωνιστική έναντι της ενέργειας από ορυκτά καύσιμα. Η τεχνολογία των συνδεδεμένων ανεμογεννητριών με το δίκτυο έχει φτάσει πλέον, σε τέτοιο επίπεδο ωριμότητας, που η αιολική ενέργεια ανταγωνίζεται οικονομικά άλλες μορφές ενέργειας σε περιοχές με ευνοϊκές συνθήκες. Αυτό γιατί, οι ανεμογεννήτριες έχουν βελτιωμένα τεχνικά χαρακτηριστικά καθώς και το χαμηλό κόστος της παραγόμενης κιλοβατώρας, σε σύγκριση με τα συμβατικά καύσιμα καθιστούν τα αιολικά συστήματα εξαιρετική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας. (Jenkins & Walker, 2007).

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο με τις ανεμογεννήτριες οριζοντίου ή κατακόρυφου άξονα πτερυγίων έχει αναπτυχθεί θεαματικά. Οι Α/Γ μικρού ή μεγάλου μεγέθους, σύγχρονης τεχνολογίας, αποδεικνύονται πλέον, σημαντικά αποδοτικές και αξιόπιστες. Χρησιμοποιούνται σε αιολικά πάρκα είτε μεμονωμένες είτε ομαδοποιημένες. Το κόστος της παραγόμενης κιλοβατώρας είναι πλέον χαμηλό, ενώ συγχρόνως τα βελτιωμένα τεχνικά τους χαρακτηριστικά, καθιστούν τα αιολικά συστήματα μια εξαιρετική οικολογική πηγή ενέργειας. Αξιοσημείωτη είναι και η συμμετοχή τους στο κεντρικό δίκτυο κάθε χώρας. Οι ανεμογεννήτριες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακόμη, σε μεγάλες βιομηχανικές, τουριστικές, γεωργικές ή κτηνοτροφικές μονάδες και ως συστήματα (Αιολικά συστήματα ή Αιολικά πάρκα,

Wind parks ή Wind farms), συνδεδεμένα στο Εθνικό δίκτυο. Επίσης, τα αιολικά συστήματα εγκαθίστανται σε θαλάσσιες περιοχές μικρού βάθους, πλησίον του αιγιαλού (Φραγκιαδάκης, 2004). Μία ακόμη σημαντική εφαρμογή είναι η εγκατάσταση ανεμογεννητριών με μικρή διάμετρο περιστροφής, δηλαδή ανεμογεννήτριες μικρού μεγέθους, σε κτήρια. Το μικρό τους μέγεθος έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή μειωμένων ποσών ενέργειας ενώ τις καθιστά αθόρυβες. Ανεμογεννήτριες με μεγαλύτερη διάμετρο περιστροφής παράγουν κατά κανόνα περισσότερη ενέργεια.

Είναι σημαντικό επίσης να τονιστεί, πως οι Α/Γ έχουν την δυνατότητα να λειτουργούν αυτόνομα για την κάλυψη ή συμπλήρωση των ενεργειακών αναγκών απομακρυσμένων εξοχικών κατοικιών, βιομηχανικών μονάδων, ιστιοφόρων πλοίων, τροχόσπιτων κλπ. Σε αυτή την περίπτωση μιλάμε για αυτόνομο σύστημα (μη διασυνδεδεμένο με το δίκτυο). Για να λυθεί το πρόβλημα της άπνοιας ή οι αυξημένες ανάγκες σε ενέργεια κάποιες ώρες, η ενέργεια αποθηκεύεται σε ηλεκτρικούς συσσωρευτές (μπαταρίες) και χρησιμοποιείται όταν χρειάζεται. Είναι ακόμη εφικτό, μαζί με τις ανεμογεννήτριες να γίνεται χρήση και φωτοβολταϊκών στοιχείων (υβριδικά συστήματα).

➤ Ηλιακή Ενέργεια και Φωτοβολταϊκά

Ο ήλιος είναι η βασική πηγή ενέργειας στον πλανήτη. Η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας αποτελεί την βασική πηγή ενέργειας στην οποία βασίζονται όλες οι άλλες μορφές ενέργειας. Είναι ανεξάντλητη και ανανεώσιμη, ενώ παράλληλα δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της. Η Ελλάδα διαθέτει υψηλά ποσοστά ηλιοφάνειας, γεγονός που διευκολύνει την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας και την μετατροπή της σε ηλεκτρική.

Η ηλιακή ενέργεια αξιοποιείται με άμεσο (ενεργητικά ηλιακά συστήματα) ή με έμμεσο (παθητικά ηλιακά συστήματα) τρόπο. Στην πρώτη κατηγορία τα ενεργειακά ηλιακά συστήματα περιλαμβάνουν διάφορους τύπους ηλιακών συλλεκτών. Οι απλοί επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες χρησιμοποιούνται για την θέρμανση νερού ή για παραγωγή ψύξης σε συνδυασμό με μηχανήματα απορρόφησης. Οι συγκεντρωτικοί ηλιακοί συλλέκτες χρησιμοποιούνται για επίτευξη υψηλότερων θερμοκρασιών κυρίως για παραγωγή ατμού. Αντιθέτως τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν απευθείας την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική. Στην δεύτερη κατηγορία τα παθητικά

ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια για τη θέρμανση χώρων (Μπαλάρας et al., 2006).

Τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) στοιχεία έχουν την δυνατότητα να μετατρέπουν κατευθείαν την διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρικό ρεύμα δηλαδή, σε συνεχές ρεύμα (DC). Όταν τα Φ/Β πλαίσια εκτεθούν στην ηλιακή ακτινοβολία, μετατρέπουν ποσοστό 14% περίπου της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Αυτό τα καθιστά κατάλληλα για την κάλυψη αναγκών σε απομακρυσμένες περιοχές χωρίς πρόσβαση στο δίκτυο ηλεκτρισμού. Η ενέργεια που παράγουν μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα ή να αποθηκευτεί σε μπαταρίες. Ενώ το συνεχές (DC) ρεύμα που παράγεται, μπορεί να μετατραπεί σε εναλλασσόμενο (AC) που χρησιμοποιείται από την πλειοψηφία των συσκευών, με τη βοήθεια ενός μετατροπέα. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Τα συστήματα τα οποία είναι απομονωμένα (Stand-alone) ή χωρίς σύνδεση με το δίκτυο (Off grid) και
- Τα συνδεδεμένα στο δίκτυο (Grid connected). Η απαίτηση για πλήρη ή μερική κάλυψη (αυτονομία) των ενεργειακών αναγκών από το Φ/Β σύστημα είναι το κριτήριο επιλογής μας ανάμεσα σε αυτές τις δύο κατηγορίες (Φραγκιαδάκης, 2004).

2.2 Αυτόνομα Συστήματα (Stand alone ή Off grid systems)

Αυτά τα συστήματα παράγουν ηλεκτρική ενέργεια χωρίς να είναι συνδεδεμένα στο κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο. Τα απομονωμένα φωτοβολταϊκά συστήματα διακρίνονται ακόμα σε αυτόνομα και υβριδικά. Στα αυτόνομα, η Φ/Β συστοιχία αποτελεί την αποκλειστική πηγή ενέργειας ενώ στα υβριδικά περιλαμβάνεται και άλλη πηγή Α.Π.Ε. ή συμβατική ηλεκτρική πηγή (π.χ. Η/Ζ) (Φραγκιαδάκης, 2004).

Τα συστήματα αυτά διακρίνονται σε δύο επιμέρους κατηγορίες:

Αυτόνομα Φ/Β συστήματα άμεσης τροφοδοσίας του φορτίου της εφαρμογής, όπου η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται τροφοδοτεί απευθείας τις ηλεκτρικές συσκευές, χωρίς να αποθηκεύεται σε συσσωρευτές. Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούνται σε συστήματα άντλησης υδάτων για καλλιέργειες που δεν απαιτούν τακτική λειτουργία

του συστήματος, π.χ. άρδευση καλλιεργειών, που δεν ποτίζονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

Αυτόνομα Φ/Β συστήματα με αποθήκευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, όπου εδώ η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια αποθηκεύεται και το σύστημα σχεδιάζεται έτσι ώστε να έχουμε κάποιες μέρες αυτονομίας. π.χ. αυτόνομα Φ/Β συστήματα για φωτισμούς οδών, αρχαιολογικών χώρων, συστήματα πυρανίχνευσης δασικών εκτάσεων, τηλεπικοινωνιακών αναμεταδοτών, διατάξεων καταγραφής δεδομένων (Loggers) και άλλα (Φραγκιαδάκης, 2004).

Υβριδικά συστήματα είναι εκείνα τα οποία εκμεταλλεύονται συγχρόνως την ηλιακή, την αιολική ή και άλλης μορφής ενέργεια. Διαθέτουν Φ/Β συλλέκτη και Α/Γ ώστε να παράγουν ρεύμα από τον ήλιο και τον άνεμο ταυτόχρονα. Ο συνδυασμός αυτός χρησιμοποιείται, προκειμένου να προσαρμοστούν οι ανάγκες του προς κατανάλωση ηλεκτρικού φορτίου με το υπάρχων ηλιακό δυναμικό. Για παράδειγμα:

- Σε κατοικίες και μικρούς οικισμούς που δεν είναι συνδεδεμένοι με το δίκτυο,
- Για ηλεκτροδότηση Ιερών Μονών,
- Αφαλάτωση / άντληση / καθαρισμό νερού,
- Συστήματα εξωτερικού φωτισμού δρόμων, πάρκων, αεροδρομίων,
- Συστήματα τηλεπικοινωνιών, τηλεμετρήσεων και συναγερμού,
- Συστήματα σηματοδότησης οδικής κυκλοφορίας, ναυτιλίας, αεροναυτιλίας
- Αγροτικές εφαρμογές όπως άντληση νερού, ιχθυοκαλλιέργειες, ψύξη αγροτικών προϊόντων, φαρμάκων κλπ.

2.3 Οικονομική Θεωρία

Στην λήψη της τελικής απόφασης για την εγκατάσταση και τη λειτουργία του αυτόνομου υβριδικού συστήματος φωτοβολταϊκών – ανεμογεννήτριας, τα οικονομικά ζητήματα είναι σε πολλές περιπτώσεις από τα πιο σημαντικά.

Οι πιο κρίσιμες παράμετροι για τον σχεδιασμό ενός αυτόνομου υβριδικού συστήματος είναι τα ιδιαίτερα αρχικά και λειτουργικά κόστη του. Συνεπώς είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της Καθαρής Παρούσας Αξίας (Net Present Value, NPV) με την οποία εκτιμάται το ποσό των χρημάτων που θα ξοδευτούν καθ' όλη τη διάρκεια του συστήματος και δίνεται από την παρακάτω έκφραση:

$$C_{NPC} = \frac{C_{TOT}}{CRF} \quad (1)$$

όπου C_{TOT} = το ολικό κόστος σε ευρώ και CRF = ο παράγοντας ανάκτησης κεφαλαίου.

Πιο συγκεκριμένα ο παράγοντας ανάκτησης κεφαλαίου CRF αναπαριστά το ποσό που επιστρέφει το αρχικό κεφάλαιο ανεξαρτήτως συνθηκών και δίνεται από την ακόλουθη έκφραση (Brealy et al., 1991):

$$CRF = \frac{i * (1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \quad (2)$$

όπου i = το τρέχον επιτόκιο και N = ο χρόνος ζωής του έργου.

Το επιτόκιο i δίνεται από την εξίσωση:

$$i = \frac{i' - f}{1 + f} \quad (3)$$

όπου i' = το επιτόκιο αναφοράς (τυπικό σταθερό επιτόκιο) και f = ο ετήσιος πληθωρισμός.

Για την εξίσωση (1), το τελικό ετήσιο κόστος ενός συστήματος είναι το άθροισμα του συνόλου της αντικατάστασης, του κόστους εγκατάστασης και συντήρησης καθώς και η υπολειμματική αξία του έργου. Με τον όρο «υπολειμματική αξία» εννοούμε το υπόλοιπο της αξίας ενός αγαθού. Ουσιαστικά πρόκειται για απομείωση της αρχικής αξίας στο πέρασμα του χρόνου που μπορεί να οφείλεται σε διάφορα είδη φθοράς π.χ. χρήσης, ή κατοχής, και που μπορεί να είναι φυσικά ή έκτακτα.

Η υπολειμματική αξία είναι οικονομική έννοια, προβλέψιμη σε βάθος χρόνου, εφόσον αποκλεισθεί περίπτωση κάποιας καταστροφής (πυρκαγιάς, πλημμύρας, σεισμού κ.λπ.). Σημειώνεται ότι η υπολειμματική αξία εξετάζεται διαφορετικά από την λογιστική απόσβεση, που βασίζεται στην προβλεπόμενη διάρκεια ζωής - χρήσης, λαμβάνοντας υπόψη διάφορους παράγοντες - συντελεστές, από ότι στην οικονομική απόσβεση που μπορεί να αφορά και επένδυση "εναλλακτικής ευκαιρίας" (UNESCO, 1972).

Τα κόστη αντικατάστασης είναι διαφορετικά για κάθε συστατικό και δίνονται από την έκφραση:

$$Carep = Ctotarep * frep * SFF(i, Ncomp) - S * SFF(i, N) \quad (4)$$

όπου $Carep$ = τα ετήσια κόστη αντικατάστασης επιμερισμένα ανά έτος ανάλογα με το χρόνο ζωής της κάθε συσκευής, $Ctotarep$ = τα ολικά κόστη αντικατάστασης για κάθε μέρος με το πέρας της ζωής του, $Ncomp$ = η διάρκεια ζωής του κάθε μέρους, N = η διάρκεια ζωής όλου του έργου, S = η υπολειμματική αξία του κάθε συστατικού στο τέλος της ζωής του και SFF = το εξοφλητικό απόθεμα το οποίο εξηγείται παρακάτω.

Ο δεύτερος όρος της εξίσωσης (4) δεν μπορεί να ισούται με το μηδέν λόγω της υπολειμματικής αξίας που έχουν οι συσκευές στο τέλος της ζωής του έργου. Εξαιτίας αυτού το S υπολογίζεται από την έκφραση:

$$S = Ctotarep * \left(\frac{Nremcomp}{Ncomp} \right) * SFF(i, N) \quad (5)$$

όπου $Nremcomp$ = η εναπομένουσα ζωή του κάθε συστατικού σε έτη.

Τέλος ο συντελεστής SFF είναι ο λόγος που απεικονίζει την μελλοντική αξία των χρηματορροών που έχουν χρησιμοποιηθεί στο έργο και δίνεται ως:

$$SFF(i, Ncomp) = \frac{i}{(1+i)^{Ncomp} - 1} \quad (6)$$

Η οικονομική ανάλυση έχει μία ακόμα πλευρά που αφορά την απόσβεση του κόστους κεφαλαίου ενός συστήματος στη διάρκεια της ζωής του. Αρχικά, τα έτη απόσβεσης για ένα αυτόνομο σύστημα υπολογίζονται από την έκφραση:

$$Y = \frac{Ccap - Cgridcap}{Cgrid - Coper} \quad (7)$$

όπου $Ccap$ = το αρχικό κόστος των μερών του έργου, $Cgridcap$ = το αρχικό κόστος σύνδεσης του δικτύου, $Cgrid$ = το ετήσιο κόστος της χρήσης του δικτύου και $Coper$ = τα λειτουργικά κόστη ενός αυτόνομου συστήματος.

Ο παραπάνω υπολογισμός μπορεί να τροποποιηθεί αν η επιπλέον ενέργεια που παραχθεί πωληθεί στο δίκτυο. Έτσι, λαμβάνοντας υπόψη το κέρδος πώλησης, η εξίσωση (7) μπορεί να τροποποιηθεί ως:

$$Y = \frac{C_{cap} - C_{gridcap}}{\left[C_{ygrid} - (C_{oper} - E_{excess}M) \right]} \quad (8)$$

όπου E_{excess} = το επιπλέον ηλεκτρικό φορτίο που παράγεται από τις ΑΠΕ και πωλείται στο δίκτυο και M = η τιμή πώλησης όπως αυτή ορίζεται από την ΕΕΤΗΔΕ σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία.

Εφόσον τα υβριδικά συστήματα δεν χρησιμοποιούν γεννήτριες ντίζελ, βενζίνης ή LPG ως εναλλακτικές πηγές, τα κόστη λειτουργίας που παρουσιάζονται στις εξισώσεις (7) και (8) είναι ίσα με τα ετήσια κόστη αντικατάστασης του συστήματος (Prodromidis, 2014).

2.4 Θεωρία Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (LCA)

Ο κύριος στόχος της LCA είναι η ελάττωση της χρήσης των πρώτων υλών, καθώς και των εκπομπών ρύπων προς το περιβάλλον, με την παράλληλη βελτίωση της «κοινωνικής επίδοσης» του προϊόντος σε όλα τα στάδια της ζωής του. Με τον τρόπο αυτό, οι επιχειρήσεις θα παράγουν «καθαρότερα» προϊόντα, χρησιμοποιώντας «καθαρότερες» τεχνολογίες, με αποτέλεσμα τελικά, να υιοθετούν και να εκπληρώνουν σε σημαντικό βαθμό τις αρχές της αειφόρου ανάπτυξης.

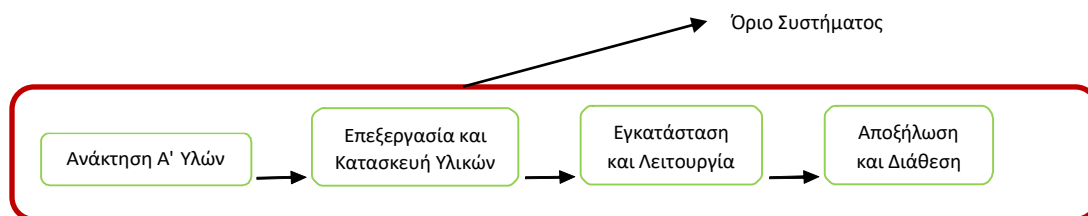
Το θεωρητικό πλαίσιο της LCA στηρίζεται στην αρχή της προφύλαξης από τη ρύπανση, σύμφωνα με την οποία οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις θα πρέπει να ελαττώνονται ήδη από την πηγή της παραγωγής τους. Αυτή η αρχή εφαρμόστηκε στις παραγωγικές επιχειρήσεις μέσω της «καθαρότερης παραγωγής» (cleaner production) και της ορθής περιβαλλοντικής διαχείρισης. Ένας περιεκτικός ορισμός της LCA, που προτάθηκε από τους Lindfors et al. (1995), είναι ο ακόλουθος: *Η Αξιολόγηση του Κύκλου Ζωής αποτελεί μία διαδικασία αποτίμησης των περιβαλλοντικών υποχρεώσεων που σχετίζονται με ένα προϊόν, ένα σύστημα, ή μία δραστηριότητα: (i) αναγνωρίζοντας, (ii) περιγράφοντας ποσοτικά τα χρησιμοποιούμενα προϊόντα, την καταναλισκόμενη ενέργεια και την εκπομπή ρύπων προς το περιβάλλον, και (iii) εκτιμώντας τις*

επιδράσεις των προηγούμενων στο περιβάλλον. Η εκτίμηση περιλαμβάνει ολόκληρο τον κύκλο ζωής του προϊόντος ή της δραστηριότητας περιλαμβάνοντας, π.χ. την εξόρυξη και την κατεργασία των πρώτων υλών, την κατασκευή, τη διανομή, τη χρήση, τη συντήρηση, την ανακύκλωση και την τελική διάθεση, καθώς και τις επιμέρους μεταφορές σε όλα τα προαναφερθέντα στάδια. Η εκτίμηση των επιδράσεων του κύκλου ζωής ενός συστήματος προϋποθέτει τη μελέτη του οικοσυστήματος, της ανθρώπινης υγείας και τη μελλοντική εξάντληση των πηγών εξαιτίας της χρήσης τους. Ωστόσο, η εκτίμηση του κύκλου ζωής δεν αναφέρεται στις ενδεχόμενες οικονομικές και κοινωνικές επιδράσεις των προϊόντων ή των παραγωγικών κτλ. δραστηριοτήτων, που εξετάζονται με μεθοδολογία αυτή.

Επιπλέον, εκτελώντας μια LCA, οι ερευνητές μπορούν να:

- Αναπτύσσουν μια σύνθετη αποτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός συγκεκριμένου προϊόντος,
- Πραγματοποιούν ποσοτικό προσδιορισμό των περιβαλλοντικών εκροών και στα τρία μέσα: αέρα, νερό, έδαφος,
- Προσδιορίζουν κάθε σημαντική μετακίνηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων μεταξύ των σταδίων ή των διαφόρων μέσων και
- Αποτιμούν τις επιπτώσεις στον άνθρωπο και το περιβάλλον από την κατανάλωση υλικών και από τις εκροές στο περιβάλλον.

Ένα από τα κύρια συστατικά της εφαρμογής της LCA είναι ο ορισμός των ορίων του συστήματος. Ξεκινά από την απόκτηση πρώτων υλών (cradle) και τελειώνει με το πέρας ζωής του συστήματος (grave). Η μελέτη αυτή χαρακτηρίζεται ως cradle-to-grave LCA, μια πλήρης μελέτη κύκλου ζωής των υλικών του συστήματος. Το όριο του συστήματος μπορεί να φανεί στην Εικόνα 3.



Εικόνα 3. Ροή των σταδίων του κύκλου ζωής καθώς και των ορίων του συστήματος

Για την πραγματοποίηση της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής απαιτούνται δύο παράμετροι: Ένα πρόγραμμα και μια εφαρμογή LCA η οποία κάνει καταγραφή του κύκλου ζωής.

Η εργασία των Lehtinen et al. (2011) σχετικά με τα προγράμματα LCA, πρότεινε ότι το εργαλείο CCaLC2 είναι ένα αξιόπιστο εργαλείο που παρέχεται υπό ανοικτή πρόσβαση από το Πανεπιστήμιο του Μάντσεστερ. Πολλές μελέτες χρησιμοποιούν επίσης βάσεις δεδομένων οικολογικής καταγραφής. Οι γενικές πληροφορίες εξήχθησαν από διάφορα τεχνικά εγχειρίδια και συλλέχθηκαν συγκεκριμένα δεδομένα από τις μελέτες των Frischknecht et al., (2015) και Jungbluth et al., (2012) για το φωτοβολταϊκό στοιχείο. Οι μελέτες των Kabir et al., (2012), Xu et al., (2018) και Ghenai (2012) χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία της LCA για την ανεμογεννήτρια. Επίσης, τα δεδομένα για τις μπαταρίες παρέχονταν από τις μελέτες των Wang et al., (2018), Liu et al., (2015) και Spanos et al., (2015), τα δεδομένα των καλωδίων παρέχονταν από τους Villanueva-Rei et al.. (2018) και τα δεδομένα για τους μετατροπείς εξήχθησαν από τη μελέτη των Tschümpferlin et al.. (2016). Επιπλέον, η εφαρμογή LCA υλοποιήθηκε σύμφωνα με τις συστάσεις του Ευρωπαϊκού Κέντρου Ερευνών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Εισαγωγή

Η δημιουργία ενός αυτόνομου υβριδικού συστήματος ανεμογεννητριών – φωτοβολταϊκών στοιχείων το οποίο να μπορεί να υποστηρίξει πλήρως μια μεγάλη αστική περιοχή δεν είναι ακόμη εφικτή λόγω των μεγάλων ενεργειακών αναγκών που πρέπει να καλύψει ένα τέτοιο σύστημα καθώς και μιας σειράς άλλων παραγόντων όπως η έκταση εγκατάστασης ενός τέτοιου συστήματος, το πολύ μεγάλο αρχικό κεφάλαιο που απαιτείται να επενδυθεί για μια τέτοια εγκατάσταση και τέλος, οι αντιδράσεις των κατοίκων στην περιοχή των οποίων πρόκειται να εγκατασταθεί ένα τέτοιο σύστημα. Στην εργασία αυτή επιλέχθηκαν γι' αυτό το λόγο μικροί οικισμοί στους οποίους μπορεί να γίνει πιο εύκολα και πιο οικονομικά η δημιουργία αυτόνομων υβριδικών συστημάτων ανεμογεννητριών – φωτοβολταϊκών στοιχείων. Η μεθοδολογία της παρούσας εργασίας βασίστηκε στα εξής:

1. Σενάρια Επιλογής Περιοχών:
 - Δεδομένα ηλιακής ακτινοβολίας
 - Δεδομένα αιολικού δυναμικού
 - Δημογραφικά Δεδομένα
 - Γεωγραφικά Δεδομένα
 - Γεωχωρικό Δεδομένα
 - Χρήσεις Γης και τελική επιλογή των περιοχών
2. Σενάριο κάλυψης Ηλεκτρικών Φορτίων
3. Σενάρια Επιλογής Φωτοβολταϊκών στοιχείων και Ανεμογεννητριών (Η επιλογή εξαρτάται από τις τεχνολογίες οι οποίες είναι πιο διαδεδομένες, το κόστος αγοράς τους και τις ιδιαιτερότητες της εγκατάστασης).
 - 1^ο Σενάριο Επιλογής Φωτοβολταϊκών στοιχείων
 - 2^ο Σενάριο Επιλογής Φωτοβολταϊκών στοιχείων
 - 3^ο Σενάριο Επιλογής Φωτοβολταϊκών στοιχείων
 - 4^ο Σενάριο Επιλογής Φωτοβολταϊκών στοιχείων
 - Κριτήρια επιλογής Μπαταριών, Inverter και ρυθμιστή φόρτισης
 - Κριτήρια Επιλογής Ανεμογεννητριών
4. Βελτιστοποίηση αυτόνομου υβριδικού συστήματος

5. Απώλειες ηλεκτρικής ενέργειας
6. Κοινωνική αποδοχή των κατοίκων

Παρακάτω, ακολουθεί μια ανάλυση των στοιχείων της μεθοδολογίας που συνοπτικά παρουσιάστηκε προηγουμένως.

3.2 Σενάρια επιλογής περιοχών

Γνωρίζουμε εξ αρχής ότι η δημιουργία ενός αυτόνομου συστήματος το οποίο θα μπορεί να υποστηρίξει πλήρως μία μεγάλη αστική περιοχή δεν είναι εφικτή λόγω των πολύ υψηλών ενεργειακών αναγκών που έχουν ως συνέπεια την ανάγκη εγκατάστασης ενός ιδιαίτερα μεγάλου συστήματος. Αυτό οδηγεί στην αύξηση του αρχικού κεφαλαίου που απαιτείται, της έκτασης γης για εγκατάσταση των ΑΠΕ καθώς και των έντονων αντιδράσεων που συχνά λαμβάνουν χώρα κατά την κατασκευή μεγάλων έργων. Η επιλογή των οικισμών σε διάφορες περιοχές του Ελλαδικού χώρου, οι οποίοι ερευνήθηκαν κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διατριβής, έγινε με βάση ηλιακά, αιολικά, γεωγραφικά, δημογραφικά, γεωχωρικά δεδομένα και δεδομένα χρήσεων γης τα οποία θα αναφέρονται με λεπτομέρεια πιο κάτω.

3.2.1 Δεδομένα ηλιακής ακτινοβολίας

Η Ελλάδα παρουσιάζει ένα ιδιαίτερα υψηλό ηλιακό δυναμικό σε σχέση με τις χώρες της Βόρειας Ευρώπης. Η μέση ετήσια ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο κυμαίνεται από περίπου 1400 - 1500 kWh/m² στην Βόρεια Ελλάδα έως περίπου 1800 - 1900 kWh/m² στην Νότια Πελοπόννησο, Κρήτη και στα Δωδεκάνησα (Nikitidou et al, 2015). Η ηλιακή ακτινοβολία παρουσιάζει την μέγιστη ένταση της κατά την διάρκεια του μεσημεριού (μέγιστο ηλιακό ύψος), τόσο κατά τη θερινή όσο και κατά τη χειμερινή περίοδο. Η ηλιακή ενέργεια είναι μεγαλύτερη κατά τη θερινή περίοδο, λόγω την θέσης του ήλιου, αλλά και λόγω της αύξησης των ωρών ηλιοφάνειας (μείωση των νεφώσεων). Για τον υπολογισμό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε οποιαδήποτε κεκλιμένη ή/και περιστρεφόμενη επιφάνεια, είναι απαραίτητη η γνώση της ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο. Στην Ελλάδα η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (EMY) καταγράφει εδώ και πολλά χρόνια τις ώρες

ηλιοφάνειας ανά ημέρα (hr/day), αλλά και σε κάποιες περιπτώσεις την ολική ηλιακή ακτινοβολία (kWh/m^2) για διάφορες περιοχές της χώρας μας.

Η επιλογή των οικισμών έγινε βάσει της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Ο μέσος όρος της ηλιακής ακτινοβολίας που μετρήθηκε στον Ελλαδικό χώρο, δηλαδή από την μικρότερη τιμή των 1400 kWh/m^2 έως και την μεγαλύτερη τιμή των 1900 kWh/m^2 είναι 1650 kWh/m^2 . Η τιμή αυτή βρίσκεται πολύ κοντά με την τιμή των 1600 kWh/m^2 την οποία είχαν υπολογίσει οι Lalas et al., (1983).

Κατόπιν χωρίσαμε τις περιοχές σε δύο κατηγορίες: Σε αυτές που βρίσκονται κάτω από την τιμή των 1650 kWh/m^2 και θα ονομάζονται “Περιοχές χαμηλού ηλιακού δυναμικού” και σε αυτές που βρίσκονται πάνω την τιμή των 1650 kWh/m^2 και οι οποίες θα ονομάζονται “Περιοχές υψηλού ηλιακού δυναμικού”. Στη μελέτη μας έχουμε δύο περιοχές χαμηλού και δύο περιοχές υψηλού ηλιακού δυναμικού.

3.2.2 Δεδομένα Αιολικού δυναμικού

Η Ελλάδα χαρακτηρίζεται συχνά ως μια από τις πιο ανεμώδεις και αιολικά αξιοποιήσιμες περιοχές της Ευρώπης. Οι εποχικές διαφοροποιήσεις των ατμοσφαιρικών πιέσεων (βαρομετρικό χαμηλό/κυκλώνες, βαρομετρικό υψηλό/αντικυκλώνες), σε συνδυασμό με την ανάπτυξη τοπικών ανέμων, αποτελούν τους κύριους παράγοντες που καθορίζουν τις ανεμολογικές συνθήκες στη χώρα (Nastos et al., 2002).

Το αιολικό δυναμικό στην Ελλάδα κυμαίνεται από 0 m/sec έως και πάνω από 10 m/sec . Βάσει αυτού του εύρους τιμών, ο μέσος όρος είναι τα 5 m/sec . Επίσης, η τιμή αυτή βρίσκεται κοντά στην τιμή των τεσσάρων μέτρων ανά δευτερόλεπτο, η οποία είναι η ταχύτητα από την οποία ξεκινάνε (σύμφωνα με τις εργοστασιακές τιμές των ανεμογεννητριών) να λειτουργούν οι περισσότερες ανεμογεννήτρια (cut-in wind speed) και να παράγουν αξιοποιήσιμο ηλεκτρικό ρεύμα.

Όπως στο κριτήριο της ηλιακής ακτινοβολίας έτσι και στο κριτήριο των αιολικών δεδομένων, χωρίζουμε τις περιοχές σε δύο κατηγορίες: Σε αυτές που βρίσκονται κάτω από το μέσο όρο του αιολικού δυναμικού και θα ονομάζονται “Περιοχές χαμηλού αιολικού δυναμικού” και σε αυτές που βρίσκονται πάνω από το μέσο όρο του αιολικού δυναμικού και οι οποίες θα ονομάζονται “Περιοχές υψηλού αιολικού δυναμικού”. Στη μελέτη μας έχουμε δύο περιοχές χαμηλού και δύο περιοχές υψηλού αιολικού δυναμικού.

3.2.3 Δημογραφικά δεδομένα

Χρησιμοποιώντας τα στοιχεία των αποτελεσμάτων της απογραφής πληθυσμού – κατοικιών 2011 που αφορούν στο de facto πληθυσμό της χώρας (ΦΕΚ 630/Β'/20.03.2013), επιλέξαμε τους οικισμούς οι οποίοι και θα αποτελέσουν την βάση της μελέτης μας.

Επιλέχθηκαν μικροί οικισμοί σε περιοχές με χαμηλές και υψηλές συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας και οικισμοί σε περιοχές με χαμηλές και υψηλές συνθήκες αιολικού δυναμικού αντίστοιχα. Διαλέξαμε δύο οικισμούς με μικρό πληθυσμιακό εύρος δηλαδή από περίπου 50 έως περίπου 100 κατοίκους σε κάθε μία από τις τέσσερις περιοχές, δηλαδή οκτώ οικισμούς συνολικά. Το πληθυσμιακό αυτό εύρος θα μπορεί να υποστηρίξει τη δημιουργία ενός υβριδικού συστήματος Α.Π.Ε. με σχετικά μικρό κόστος εγκατάστασης, σχετικά μικρή έκταση γης που θα απαιτηθεί για την εγκατάσταση του συστήματος καθώς και τις λίγες αντιδράσεις σε σχέση με τον πληθυσμό από τους κατοίκους σε αντίθεση με μεγάλους πληθυσμιακά οικισμούς, όπου το κόστος εγκατάστασης, η έκταση εγκατάστασης του συστήματος καθώς και οι έντονες αντιδράσεις που συνήθως προκύπτουν σε τέτοιου μεγάλου εύρους έργα θα είναι απαγορευτικές.

Ο λόγος που διαλέξαμε δύο οικισμούς σε κάθε περιοχή είναι η δυνατότητα διασύνδεσής τους με σκοπό την μεταξύ τους ανταλλαγή περίσσιας ενέργειας. Επιπλέον, οι οικισμοί, πρέπει να βρίσκονται και σε όσο γίνεται κοντινότερη απόσταση μεταξύ τους λόγω του επιπλέον οικονομικού κόστους που θα απαιτηθεί στην περίπτωση αυτή.

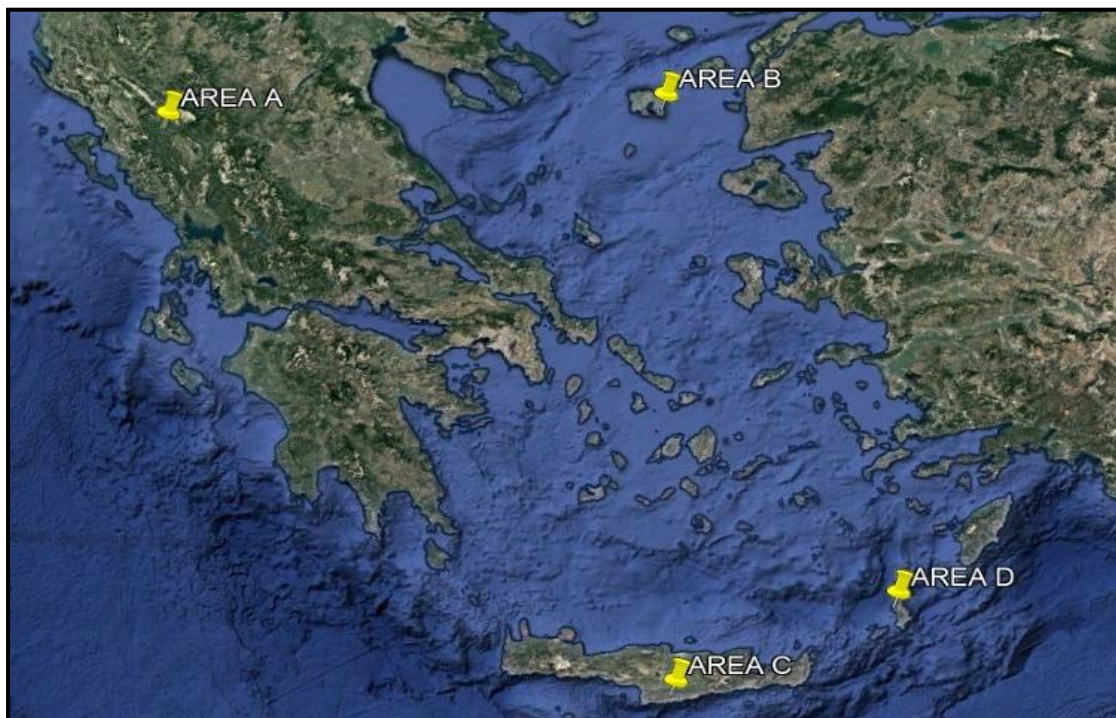
3.2.4 Γεωγραφικά δεδομένα

Με βάση τις τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας στην Ελλάδα από τη βάση δεδομένων του Εργαστηρίου Φυσικής της Ατμόσφαιρας του Πανεπιστημίου Πατρών παρατηρούμε ότι οι περιοχές με υψηλή ηλιακή ακτινοβολία είναι αυτές που βρίσκονται στο Νότιο Ανατολικό Αιγαίο (Δωδεκάνησα) καθώς και στην Νότια Κρήτη ενώ αυτές με χαμηλή ηλιακή ακτινοβολία βρίσκονται στην Βόρεια Ελλάδα καθώς και σε νησιά του Βόρειου Αιγαίου. Αντίστοιχα οι περιοχές με χαμηλό αιολικό δυναμικό σύμφωνα με τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) είναι αυτές που βρίσκονται κυρίως στην ηπειρωτική Ελλάδα ενώ οι περιοχές με υψηλό αιολικό

δυναμικό είναι αυτές οι οποίες βρίσκονται κυρίως στα νησιά του Αιγαίου και στο δυτικό τμήμα της Κρήτης.

Έτσι δημιουργήθηκαν οι εξής τέσσερις συνδυασμοί περιοχών η οποία αποτυπώνεται στην Εικόνα 4:

- ΠΕΡΙΟΧΗ Α - Χαμηλή ηλιακή ακτινοβολία και χαμηλό αιολικό δυναμικό
- ΠΕΡΙΟΧΗ Β - Χαμηλή ηλιακή ακτινοβολία και υψηλό αιολικό δυναμικό
- ΠΕΡΙΟΧΗ C - Υψηλή ηλιακή ακτινοβολία και χαμηλό αιολικό δυναμικό
- ΠΕΡΙΟΧΗ D - Υψηλή ηλιακή ακτινοβολία και υψηλό αιολικό δυναμικό



Εικόνα 4. Γεωγραφική κατανομή των τεσσάρων περιοχών

3.2.5 Γεωχωρικά δεδομένα

Με τη βοήθεια των γεωχωρικών δεδομένων τα οποία προήλθαν από την πύλη ανοικτών γεωχωρικών δεδομένων (www.geodata.gov.gr), ελέγξαμε το αν οι επιλεγμένες περιοχές βρίσκονται σε καθεστώς προστατευόμενης περιοχής (NATURA 2000, Εθνικό Πάρκο, κλπ), σε καταφύγια άγριας ζωής, σε περιοχές τοπίων ιδιαίτερου φυσικού κάλλους.

Η επιλογή των περιοχών έγινε ως εξής :

- Περιοχές της Ελληνικής Επικράτειας οι οποίες βρίσκονται μακριά από μεγάλα αστικά κέντρα με αποτέλεσμα να αντιμετωπίζουν συχνά το φαινόμενο των διακοπών ρεύματος καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου.
- Περιοχές οι οποίες έχουν από ελάχιστους έως λίγους τουρίστες, συνεπώς δεν αυξάνουν υπερβολικά τα φορτία τους καλοκαιρινούς μήνες.
- Οι οικισμοί να απέχουν έως τρία χιλιόμετρα μεταξύ τους για το ενδεχόμενο της μεταξύ τους διασύνδεσης.
- Οι οικισμοί έχουν από περίπου 50 έως περίπου 100 κατοίκους.
- Ύπαρξη μετεωρολογικού σταθμού μέτρησης της ηλιακής ακτινοβολίας και της ταχύτητας του ανέμου εις τρόπον ώστε να εξασφαλίζονται αξιόπιστα μετεωρολογικά δεδομένα. Αν δεν είναι εγκατεστημένος σε κάποιον από τους οικισμούς, μπορεί να είναι σε κάποιον τρίτο οικισμό ο οποίος να βρίσκεται σε ικανοποιητική απόσταση από τους επιλεγμένους οικισμούς ώστε να μην υπάρχει αλλοίωση των δεδομένων και να μην μεσολαβεί κάποιο εμπόδιο (π.χ. βουνό) μεταξύ του σταθμού και των επιλεγμένων οικισμών.
- Περιοχές χαρακτηρισμένες ως παραδοσιακοί οικισμοί, ιστορικά τμήματα πόλεων και διατηρητέα κτίρια που προστατεύονται ως προς την αρχιτεκτονική και πολεοδομική μορφολογία από ειδικά διατάγματα. Οι περιοχές αυτές δεν έχουν περιορισμό στην εγκατάσταση Α.Π.Ε. αλλά θα πρέπει για κάθε μία από αυτές τις περιοχές να εξεταστεί και η κείμενη νομοθεσία εγκατάστασης.

3.2.6 Χρήσεις Γης και τελική επιλογή των περιοχών

Έλεγχος για το αν οι ανεμογεννήτριες και τα φωτοβολταϊκά στοιχεία τα οποία πρόκειται να εγκατασταθούν σε γήπεδα βρίσκονται σε περιοχές εντός ή εκτός σχεδίου, σε δάσος ή σε δασική έκταση, σε ρέμα, στον αιγιαλό ή την παραλία, σε καθορισμένο αρχαιολογικό χώρο, σε γεωργική γη υψηλής παραγωγικότητας (Γ.Γ.Υ.Π.) κλπ. Σε αυτές τις περιοχές πρέπει να γίνεται ο έλεγχος σύμφωνα με την υπάρχουσα νομοθεσία.

Έτσι, προέκυψαν τέσσερις κατηγορίες οικισμών σε διαφορετικά σημεία της Ελληνικής Επικράτειας, στις οποίες διαλέξαμε από δύο οικισμούς. Άρα το σύνολο των προς εξέταση οικισμών είναι οκτώ και αναλυτικά οι κατηγορίες, όπως αποτυπώνονται στον Πίνακα 1 είναι οι εξής :

- Περιοχή χαμηλού ηλιακού και χαμηλού αιολικού δυναμικού (Περιοχή Α) - Περιοχή Καλπακίου Ιωαννίνων με επιλεγέντες οικισμούς τις Τ.Κ. Ρεπετίστας και Αρετής.
- Περιοχή χαμηλού ηλιακού και υψηλού αιολικού δυναμικού (Περιοχή Β) - Περιοχή Λήμνου με επιλεγέντες οικισμούς τις Τ.Κ. Αγίας Σοφίας και Φισίνης.
- Περιοχή υψηλού ηλιακού και χαμηλού αιολικού δυναμικού (Περιοχή C) - Περιοχή Βαγιωνιάς Ηρακλείου Κρήτης με επιλεγέντες οικισμούς τις Τ.Κ. Κουμάσας και Κανδύλας, και
- Περιοχή υψηλού ηλιακού και υψηλού αιολικού δυναμικού (Περιοχή D) - Περιοχή Καρπάθου με επιλεγέντες οικισμούς τις Τ.Κ. Κάτω Λευκός και Λευκός.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΩΝ ΟΙΚΙΣΜΩΝ								
	ΠΟΛΥ ΗΛΙΟ - ΠΟΛΥ ΑΕΡΑ		ΠΟΛΥ ΗΛΙΟ - ΛΙΓΟ ΑΕΡΑ		ΛΙΓΟ ΗΛΙΟ - ΠΟΛΥ ΑΕΡΑ		ΛΙΓΟ ΗΛΙΟ - ΛΙΓΟ ΑΕΡΑ	
Οικισμοί	ΚΑΤΩ ΛΕΥΚΟΣ (ΚΑΡΠΑΘΟΣ)	ΛΕΥΚΟΣ (ΚΑΡΠΑΘΟΣ)	ΚΟΥΜΑΣΑ (ΚΡΗΤΗ)	ΚΑΝΔΥΛΑ (ΚΡΗΤΗ)	ΑΓΙΑ ΣΟΦΙΑ (ΛΗΜΝΟΣ)	ΦΙΣΙΝΗ (ΛΗΜΝΟΣ)	ΡΕΠΕΤΙΣΤΑ (ΚΑΛΠΑΚΙ)	ΑΡΕΤΗ (ΚΑΛΠΑΚΙ)
Πληθυσμός	89	57	69	48	50	60	100	80
Υψόμετρο (m)	4	146	412	280	34	13	400	410
Γεωγραφικές Συντεταγμένες	35° 35' 17'' N 27° 04' 09'' E	35° 35' 53'' N 27° 05' 30'' E	34° 58' 46'' N 25° 00' 35'' E	34° 59' 23'' N 24° 59' 04'' E	39° 49' 49'' N 25° 19' 44'' E	39° 48' 52'' N 25° 20' 50'' E	39° 50' 40'' N 20° 34' 39'' E	39° 49' 50'' N 20° 34' 50'' E
Απόσταση μεταξύ οικισμών (m)	2360		2500		2400		1300	
Προστατευόμενες περιοχές		Περιοχή Αγίας Ζωής CODE: K539	Περιοχή NATURA CODE: GR 4310005	Περιοχή NATURA CODE: GR 4310013				
Μέτρηση από (Αέρας)	ΚΑΣΟΣ		ΒΑΓΙΩΝΙΑ		ΛΙΒΑΔΟΧΩΡΙ		ΚΑΛΠΑΚΙ	
Μέτρηση από (Ήλιος)	ΣΗΤΙΑ		ΦΟΥΡΦΟΥΡΑΣ		ΜΟΛΥΒΟΣ		ΚΑΛΠΑΚΙ	
Δήμος (Πληθυσμός)- Πρωτεύουσα (Πληθυσμός)	ΚΑΡΠΑΘΟΣ (6226) - ΚΑΡΠΑΘΟΣ (2707)		ΓΟΡΤΥΝΑΣ (15632) - ΑΓΙΟΙ ΔΕΚΑ (785)		ΛΗΜΝΟΣ (16992) - ΜΥΡΙΝΑ (5711)		ΠΩΓΩΝΙΟΥ (8960) - ΚΑΛΠΑΚΙ (625)	

Πίνακας 1. Στοιχεία επιλεγμένων οικισμών

Πριν την αναλυτική παρουσίαση των υπολοίπων κριτηρίων της μεθοδολογίας και έχοντας τα στοιχεία κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος των οκτώ οικισμών (Πίνακας 2), καταγράψαμε τις τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας και υπολογίσαμε τις μέσες τιμές για κάθε ώρα για μια ολόκληρη περίοδο 24 ωρών.

ΟΙΚΙΣΜΟΙ	ΜΑΧ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΕ kwh (2012 - 2017)
ΡΕΠΕΤΙΣΤΑ	150981
ΑΡΕΤΗ	140331
ΚΟΥΜΑΣΑ	355651
ΚΑΝΔΥΛΑ	114859
ΑΓΙΑ ΣΟΦΙΑ	130854
ΦΙΣΙΝΗ	149174
ΛΕΥΚΟΣ	212414
ΚΑΤΩ ΛΕΥΚΟΣ	331664

Πίνακας 2. Μέγιστη ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας οκτώ οικισμών

Στη συνέχεια, πραγματοποιήσαμε την ίδια διαδικασία για όλες τις ημέρες του μήνα και, τέλος, για όλους τους μήνες του έτους. Τα αποτελέσματα για τις τέσσερις περιοχές παρουσιάζονται στους Πίνακες 3 - 6.

Ώρες	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Μ.Ο
0:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00	0	0	0	0	2	6	2	0	0	0	0	0	1
7:00	0	0	0	21	75	137	95	34	2	0	0	0	30
8:00	0	2	50	133	231	332	289	216	123	33	3	0	118
9:00	41	54	200	278	398	497	462	395	305	184	89	29	244
10:00	187	157	355	373	540	645	615	540	455	317	201	110	375
11:00	286	254	469	456	633	766	734	674	562	412	298	169	476
12:00	357	309	555	491	684	855	825	767	632	502	343	241	547
13:00	390	315	559	529	678	908	895	812	657	500	356	276	573
14:00	396	295	529	468	656	890	840	794	611	471	338	235	543
15:00	345	291	464	429	548	811	771	682	506	383	251	201	474
16:00	236	239	348	387	396	693	661	517	410	299	172	137	375
17:00	116	144	257	211	350.7	538	499	420	285	152	58	38	247
18:00	7	39	133	174	248	377	351	261	136	33	1	0	147
19:00	0	0	17	57	102	202	182	111	18	0	0	0	57
20:00	0	0	0	1	12	39	35	8	0	0	0	0	8
21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 3. Ηλιακή ακτινοβολία 24ώρου/έτος Περιοχής Α

Ωρες	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Μ.Ο
0:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
7:00	0	0	6	4	20	33	18	6	0	0	0	0	7
8:00	4	18	56	54	149	160	164	66	20	10	18	4	60
9:00	36	81	186	232	345	301	355	258	159	90	100	25	181
10:00	96	171	296	392	513	461	532	434	332	223	261	107	318
11:00	206	237	337	505	647	557	689	609	473	345	358	291	438
12:00	268	304	380	623	762	698	804	732	575	439	423	345	529
13:00	295	356	392	718	792	735	867	798	626	503	444	352	573
14:00	256	340	391	739	793	766	885	814	666	490	411	319	572
15:00	214	254	332	706	764	742	866	769	616	420	305	243	519
16:00	137	177	259	602	689	688	783	681	527	308	172	123	429
17:00	45	95	166	493	565	569	652	553	392	186	37	19	314
18:00	2	19	57	291	373	388	476	372	225	82	0	0	190
19:00	0	0	7	133	214	236	270	195	77	11	0	0	95
20:00	0	0	0	22	60	93	107	49	6	0	0	0	28
21:00	0	0	0	0	3	11	11	2	0	0	0	0	2
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 4. Ηλιακή ακτινοβολία 24ώρου/έτος Περιοχής Β

Ωρες	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Μ.Ο
0:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00	0	0	3	1	9	12	7	2	0	1	0	0	3
8:00	6	15	55	27	42	43	30	22	14	14	35	8	26
9:00	73	116	225	166	302	372	282	198	153	115	177	75	188
10:00	195	242	395	390	494	548	527	468	403	308	323	154	371
11:00	291	342	520	563	654	713	698	648	580	469	388	233	508
12:00	369	393	604	690	734	844	831	788	717	581	438	268	605
13:00	372	362	683	756	791	912	915	864	795	644	432	293	652
14:00	310	360	655	785	782	935	944	888	801	623	380	313	648
15:00	243	311	585	755	775	905	920	859	718	543	295	234	595

16:00	165	224	458	684	742	830	843	782	645	436	186	160	513
17:00	66	125	328	545	609	704	715	644	508	304	57	41	387
18:00	7	27	164	371	462	539	548	474	331	145	1	1	256
19:00	0	0	38	186	270	350	355	274	126	22	0	0	135
20:00	0	0	3	36	86	143	144	68	8	0	0	0	41
21:00	0	0	0	0	3	12	11	1	0	0	0	0	2
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 5. Ηλιακή ακτινοβολία 24ώρου/έτος Περιοχής C

Ώρες	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Μ.Ο
0:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00	0	0	7	4	21	32	20	6	1	1	1	0	8
8:00	8	27	74	78	136	187	149	90	44	24	37	13	72
9:00	65	121	219	252	326	385	345	286	205	125	129	96	213
10:00	157	263	402	423	527	577	538	480	392	290	221	195	372
11:00	214	385	541	592	655	721	690	639	574	453	299	289	504
12:00	292	428	674	711	774	863	839	790	717	562	360	313	610
13:00	336	444	703	782	845	929	921	873	802	630	383	302	663
14:00	301	427	659	888	843	943	949	900	795	595	334	292	661
15:00	234	348	618	854	806	909	919	865	756	541	242	212	609
16:00	166	225	508	770	712	827	833	773	634	428	145	125	512
17:00	63	116	324	574	583	696	697	630	469	275	44	35	376
18:00	5	26	148	365	418	513	522	450	288	119	1	1	238
19:00	0	0	34	177	232	316	319	243	93	17	0	0	119
20:00	0	0	2	21	60	109	103	39	6	0	0	0	28
21:00	0	0	0	0	2	8	7	1	0	0	0	0	2
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 6. Ηλιακή ακτινοβολία 24ώρου/έτος Περιοχής D

Επίσης, καταγράψαμε τις τιμές ταχύτητας ανέμου των τεσσάρων περιοχών και υπολογίζουμε τις μέσες τιμές για κάθε ώρα για ένα σύνολο 24ωρης περιόδου. Στη συνέχεια, πραγματοποιήσαμε την ίδια διαδικασία για όλες τις ημέρες του μήνα και,

τέλος, για όλους τους μήνες του έτους. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους Πίνακες 7 - 10.

Ωρες	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Μ.Ο
0:00	1,4	0,9	0,9	2,4	1,2	0,8	0,9	1,2	0,7	0,7	0,8	1,0	1,1
1:00	1,6	1,7	1,1	1,1	0,7	0,8	1,2	0,6	0,6	0,7	0,8	1,0	1,0
2:00	1,4	1,7	1,0	1,0	0,6	0,6	1,0	0,5	0,5	0,7	0,7	1,0	0,9
3:00	1,5	1,6	1,1	1,1	0,5	0,7	1,0	0,5	0,6	0,8	0,7	1,1	0,9
4:00	1,3	1,7	1,0	1,1	0,6	0,6	1,0	0,5	0,5	0,6	0,8	1,3	0,9
5:00	1,5	1,5	1,1	1,2	0,5	0,6	0,9	0,5	0,4	0,6	0,9	1,3	0,9
6:00	1,5	1,6	1,1	1,0	0,5	0,6	0,8	0,4	0,4	0,6	0,9	1,3	0,9
7:00	1,5	1,5	1,1	0,9	0,5	0,5	0,7	0,4	0,4	0,5	0,8	1,2	0,8
8:00	1,3	1,4	1,1	1,0	1,0	0,6	0,8	0,5	0,5	0,6	0,8	1,2	0,9
9:00	1,4	1,4	1,1	1,1	1,0	1,0	1,2	0,9	0,7	0,7	0,9	1,2	1,0
10:00	1,6	1,5	1,4	1,2	1,5	1,4	1,5	1,3	0,9	0,9	1,0	1,3	1,3
11:00	2,0	1,7	1,8	1,8	1,6	1,5	1,6	1,4	1,1	1,0	1,2	1,3	1,5
12:00	2,3	2,1	2,2	2,1	1,7	1,5	1,6	1,5	1,2	1,3	1,3	1,6	1,7
13:00	2,4	2,3	2,3	2,2	1,6	1,7	1,6	1,5	1,2	1,2	1,6	1,5	1,8
14:00	2,6	2,4	2,3	2,1	1,7	1,7	1,7	1,6	1,3	1,2	1,6	1,6	1,8
15:00	2,6	2,7	2,1	2,2	1,8	1,8	1,7	1,9	1,6	1,1	1,4	1,4	1,8
16:00	2,4	2,6	2,1	2,3	1,8	1,8	1,7	1,9	1,3	1,3	1,4	1,5	1,8
17:00	2,3	2,5	2,2	2,2	1,8	1,9	1,8	1,8	1,3	1,1	1,1	1,3	1,8
18:00	1,8	2,5	2,2	2,1	1,7	1,6	1,6	1,5	1,2	0,8	1,0	1,2	1,6
19:00	1,7	2,2	1,8	1,6	1,4	1,4	1,3	1,0	1,0	0,8	1,0	1,5	1,4
20:00	1,5	1,8	1,6	1,4	1,1	1,2	1,2	0,9	0,9	0,8	1,0	1,1	1,2
21:00	1,3	1,5	1,4	1,3	1,1	1,0	1,2	0,9	0,7	0,9	1,0	1,0	1,1
22:00	1,5	1,6	1,4	1,1	1,0	1,0	1,4	0,8	0,7	1,0	1,1	1,2	1,1
23:00	1,5	1,5	1,3	1,0	0,9	1,0	1,4	0,8	0,7	0,8	1,1	1,3	1,1
23:59	0,9	0,9	2,4	1,2	0,8	0,9	1,2	0,7	0,7	0,8	1,0	1,0	1,0

Πίνακας 7. Αιολικό δυναμικό 24ώρου/έτος Περιοχής Α

Ωρες	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Μ.Ο
0:00	2,7	3,3	2,1	2,3	0,9	1,6	1,8	1,6	2,3	2,4	3,7	3,6	2,4
1:00	2,8	3,2	2,1	2,4	1,2	1,5	2,0	1,5	2,7	2,4	3,5	3,5	2,4
2:00	2,7	3,0	2,2	2,4	1,2	1,7	2,4	1,6	2,8	2,4	3,6	3,4	2,5
3:00	2,5	3,1	2,2	2,3	1,4	1,7	2,5	1,8	2,8	2,5	3,8	3,3	2,5
4:00	2,5	3,1	2,2	2,4	1,4	2,1	2,6	2,2	3,1	2,5	3,8	3,5	2,6
5:00	2,4	3,2	2,2	2,5	1,3	1,9	2,7	2,0	3,1	2,8	3,8	3,7	2,6
6:00	2,4	3,0	2,3	2,4	1,1	2,1	2,8	2,0	3,3	3,0	4,0	3,6	2,7
7:00	2,3	3,1	2,3	2,3	1,3	2,6	3,5	2,1	3,5	3,1	4,0	3,3	2,8
8:00	2,5	3,2	2,7	2,7	1,7	3,3	4,7	3,4	4,2	3,2	4,4	3,3	3,3
9:00	2,7	3,7	3,0	3,4	2,1	3,8	5,5	4,5	5,3	4,0	5,0	3,6	3,9
10:00	3,0	3,9	3,2	4,0	2,3	4,1	5,6	5,1	6,0	4,7	5,3	3,9	4,3

11:00	3,3	3,9	3,3	4,0	2,6	4,2	5,8	5,4	6,0	4,9	5,6	4,2	4,4
12:00	3,4	3,7	3,3	4,1	2,7	4,1	5,8	5,5	6,0	5,2	5,6	4,3	4,5
13:00	3,4	3,7	3,4	4,2	2,8	4,4	5,5	5,4	5,7	5,0	5,7	4,3	4,5
14:00	3,4	3,6	3,4	4,2	2,8	4,2	5,2	5,0	5,5	4,9	5,4	4,2	4,3
15:00	3,3	3,6	3,3	4,0	2,5	4,0	4,7	4,5	5,0	4,8	5,1	4,0	4,1
16:00	3,0	3,3	3,0	3,6	2,4	3,5	4,3	4,0	4,2	4,4	4,5	3,5	3,6
17:00	2,7	3,0	2,8	3,6	2,2	3,2	3,7	3,4	3,6	3,7	3,8	3,0	3,2
18:00	2,7	2,9	2,2	3,1	2,0	2,6	3,2	2,8	2,7	2,9	3,8	3,1	2,8
19:00	2,8	3,1	2,1	2,4	1,7	2,1	2,7	2,1	1,8	2,4	3,9	3,4	2,5
20:00	2,8	3,2	2,1	2,3	1,1	1,5	1,9	1,5	1,6	2,3	3,9	3,4	2,3
21:00	2,8	3,3	2,2	2,2	0,9	1,3	1,6	1,4	1,7	2,3	4,1	3,1	2,2
22:00	2,6	3,3	2,2	2,1	0,9	1,4	1,5	1,5	1,8	2,2	4,1	3,4	2,3
23:00	2,6	3,5	2,0	2,1	0,9	1,6	1,3	1,6	1,8	2,1	3,9	3,5	2,2
23:59	2,7	3,5	2,0	2,1	0,8	1,8	1,5	1,4	1,9	2,3	3,8	3,7	2,3

Πίνακας 8. Αιολικό δυναμικό 24ώρου/έτος Περιοχής Β

Ωρες	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Μ.Ο
0:00	1,9	2,1	1,5	1,2	1,3	1,1	2,4	2,0	1,2	1,7	1,6	2,1	1,7
1:00	1,7	2,3	1,3	1,3	1,4	1,1	2,5	1,8	1,0	1,7	1,7	2,2	1,7
2:00	1,9	2,3	1,2	1,5	1,4	0,9	2,4	1,7	1,0	1,8	1,7	2,3	1,7
3:00	1,7	2,2	1,3	1,3	1,2	0,9	2,4	1,5	1,1	1,7	1,7	2,4	1,9
4:00	1,7	2,0	1,4	1,5	1,3	0,9	2,5	1,5	1,0	1,8	1,8	2,6	1,7
5:00	1,7	2,1	1,3	1,4	1,2	1,0	2,4	1,5	1,0	1,8	1,8	2,7	1,7
6:00	1,8	2,3	1,5	1,4	1,4	1,1	2,4	1,5	0,9	1,9	1,9	2,6	1,7
7:00	1,6	2,3	1,5	1,4	1,7	1,3	2,6	1,6	1,0	1,9	1,8	2,7	1,8
8:00	1,8	2,3	1,9	1,7	1,9	1,9	3,0	2,1	1,2	1,9	2,0	2,9	2,1
9:00	2,0	2,5	2,3	2,2	2,2	2,2	3,3	2,5	1,6	2,4	2,4	3,1	2,4
10:00	2,5	3,3	2,5	2,7	2,5	2,4	3,4	2,7	2,1	2,8	2,8	3,4	2,8
11:00	2,7	3,7	2,7	3,2	3,0	2,7	3,5	2,7	2,2	2,9	2,9	3,7	3,0
12:00	3,1	3,9	3,3	3,5	3,3	2,9	3,8	2,8	2,5	3,0	3,1	3,7	3,2
13:00	3,1	4,2	3,5	3,8	3,8	3,4	4,2	3,2	2,8	3,1	3,2	3,7	3,5
14:00	2,8	4,0	3,6	3,9	3,6	3,4	4,3	3,7	3,2	3,2	3,2	3,7	3,6
15:00	2,7	3,8	3,2	3,8	3,6	3,5	4,4	3,6	3,1	3,2	3,1	3,7	3,5
16:00	2,4	3,4	3,2	3,7	3,5	3,7	4,4	3,5	3,1	3,1	2,5	2,8	3,3
17:00	2,0	2,9	2,7	3,4	3,4	3,5	4,2	3,5	2,9	3,0	2,0	2,5	3,0
18:00	1,9	2,3	2,3	2,8	3,0	3,2	4,0	3,1	2,4	2,5	2,0	2,5	2,7
19:00	1,7	2,3	1,9	2,1	3,4	2,8	3,6	2,7	1,7	2,1	1,8	2,4	2,4
20:00	1,9	2,3	1,8	1,7	1,7	2,2	3,1	2,2	1,5	2,0	1,8	2,4	2,1
21:00	1,9	2,2	1,8	1,5	1,5	1,7	2,8	2,1	1,3	2,1	1,9	2,5	1,9
22:00	1,9	2,2	1,7	1,5	1,5	1,5	2,6	2,1	1,3	2,0	1,8	2,3	1,9
23:00	1,8	2,3	1,4	1,2	1,4	1,1	2,5	2,0	1,2	1,8	1,7	2,1	1,7
23:59	1,8	2,0	1,5	1,4	1,4	1,1	2,4	1,9	1,3	1,8	1,6	2,1	1,7

Πίνακας 9. Αιολικό δυναμικό 24ώρου/έτος Περιοχής C

Ώρες	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Μ.Ο
0:00	4,6	3,7	4,6	4,7	2,8	2,5	1,8	3,0	2,7	4,5	5,6	4,0	3,7
1:00	4,7	3,7	4,6	4,6	2,8	2,6	1,8	2,9	2,8	4,2	5,6	4,0	3,7
2:00	4,8	4,0	4,7	4,7	2,9	2,6	1,8	2,9	3,1	4,5	5,6	4,1	3,8
3:00	4,9	4,4	4,8	4,6	3,0	2,6	1,8	3,3	3,2	4,6	5,7	4,2	3,9
4:00	5,0	4,6	4,7	4,9	3,1	2,7	1,9	3,5	3,5	4,4	5,6	4,3	4,0
5:00	5,0	4,7	4,6	4,9	3,4	2,7	1,9	3,7	3,5	4,3	5,6	4,3	4,1
6:00	5,1	4,6	4,9	5,1	3,4	2,7	1,9	3,7	3,5	4,4	5,7	4,6	4,1
7:00	5,0	4,6	4,8	5,2	3,2	3,0	2,0	3,7	3,4	4,4	5,6	4,6	4,1
8:00	4,9	4,6	4,4	5,4	3,4	3,7	2,7	4,5	3,7	4,5	5,6	4,5	4,3
9:00	4,8	4,6	4,7	5,3	3,6	4,3	3,2	5,0	4,2	4,7	5,5	4,3	4,5
10:00	5,1	4,8	5,1	5,5	4,0	4,6	3,8	5,4	4,4	4,6	5,4	4,3	4,8
11:00	5,1	4,9	5,4	5,6	4,2	4,8	4,2	5,5	4,5	4,8	5,4	4,5	4,9
12:00	5,1	4,9	5,7	5,5	4,4	5,0	4,3	5,6	4,7	5,0	5,6	4,7	5,0
13:00	4,9	4,8	5,8	5,3	4,6	5,0	4,6	5,6	5,0	4,9	5,6	4,8	5,1
14:00	5,3	4,8	5,7	5,5	4,7	5,0	4,6	5,5	5,1	4,9	5,7	4,9	5,1
15:00	5,3	4,8	5,4	5,8	4,6	5,0	4,5	5,5	5,0	4,9	5,6	4,3	5,1
16:00	4,9	4,7	5,4	5,8	4,6	4,8	4,2	5,4	4,9	4,8	5,5	4,1	4,9
17:00	5,1	4,5	5,3	5,8	4,4	4,3	3,8	5,2	4,6	4,7	5,5	4,0	4,8
18:00	4,9	4,3	5,0	5,7	4,5	4,0	3,5	4,8	4,2	4,6	5,7	3,9	4,6
19:00	4,9	4,4	5,0	5,4	3,9	3,6	2,9	4,3	3,6	4,5	5,7	4,0	4,4
20:00	4,8	4,2	4,9	5,2	3,3	3,0	2,3	3,5	3,8	4,4	5,9	3,9	4,1
21:00	4,8	4,2	4,7	5,0	3,1	2,6	1,8	3,1	2,9	4,3	5,7	3,9	3,8
22:00	4,7	4,2	4,8	4,8	3,0	2,6	1,8	3,0	2,8	4,2	5,7	3,9	3,8
23:00	4,7	3,7	4,8	4,6	2,9	2,5	1,8	3,1	2,7	4,3	5,7	4,0	3,7
23:59	4,7	3,6	4,9	4,7	2,7	2,7	1,6	3,1	2,8	4,3	5,8	3,8	3,7

Πίνακας 10. Αιολικό δυναμικό 24ώρου/έτος Περιοχής D

Στη συνέχεια, με την επικοινωνία που είχαμε με τους Προέδρους των Τοπικών Κοινοτήτων των οκτώ οικισμών καθώς και με την επιτόπια παρουσία στην περιοχή χαμηλού ηλιακού και αιολικού δυναμικού (περιοχή Καλπακίου) έγινε καταμέτρηση των υπάρχοντων κτηρίων τα οποία χωρίζονται σε μόνιμες κατοικίες, μη μόνιμες κατοικίες, κλειστές κατοικίες, επαγγελματικά και δημοτικά κτήρια (Πίνακας 11), καθώς επίσης και των ημερών διακοπών των μη μόνιμων κατοίκων σε κάθε έναν από τους επιλεγέντες οικισμούς (Πίνακας 12).

ΟΙΚΙΣΜΟΙ	ΜΟΝΙΜΕΣ ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ	ΜΗ ΜΟΝΙΜΕΣ ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ	ΚΛΕΙΣΤΕΣ ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ	ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ	ΔΗΜΟΤΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ
ΡΕΠΕΤΙΣΤΑ	36	26	21	2 (ΚΛΕΙΣΤΑ)	2 (1 ΑΝΟΙΚΤΟ 2 ΦΟΡΕΣ/ΜΗΝΑ - 1 ΚΛΕΙΣΤΟ)
ΑΡΕΤΗ	36	31	11	2 (1 ΑΝΟΙΚΤΟ - 1 ΚΛΕΙΣΤΟ)	2 (1 ΑΝΟΙΚΤΟ 2 ΦΟΡΕΣ/ΜΗΝΑ - 1 ΚΛΕΙΣΤΟ)
ΚΟΥΜΑΣΑ	27	17	0	1 (ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ - ΑΝΟΙΚΤΗ)	1 (ΚΛΕΙΣΤΟ)
ΚΑΝΔΥΛΑ	30	5	0	1 (ΚΛΕΙΣΤΟ)	1 (ΑΝΟΙΚΤΟ ΓΙΑ 10 ΗΜΕΡ/ΧΡΟΝΟ)
ΑΓΙΑ ΣΟΦΙΑ	28	33	17	1 (ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ - ΑΝΟΙΚΤΗ)	2 (1 ΑΝΟΙΚΤΟ ΜΙΑ ΦΟΡΑ/ΕΒΔΟΜ - 1 ΚΛΕΙΣΤΟ)
ΦΙΣΙΝΗ	30	46	26	0	2 (1 ΑΝΟΙΚΤΟ ΜΙΑ ΦΟΡΑ/ΕΒΔΟΜ - 1 ΚΛΕΙΣΤΟ)
ΛΕΥΚΟΣ	20	20	0	3 (1 ΑΝΟΙΚΤΟ ΓΙΑ 6 ΜΗΝΕΣ - 2 ΚΛΕΙΣΤΑ)	0
ΚΑΤΩ ΛΕΥΚΟΣ	20	25 (ΞΕΝ/ΧΕΙΟ)	0	17 (ΑΝΟΙΚΤΑ ΓΙΑ 6 ΜΗΝΕΣ)	0

Πίνακας 11. Καταμέτρηση υπαρχόντων κτηρίων επιλεγέντων οικισμών

ΟΙΚΙΣΜΟΙ	ΔΙΑΚΟΠΕΣ ΜΗ ΜΟΝΙΜΩΝ ΚΑΤΟΙΚΩΝ
ΡΕΠΕΤΙΣΤΑ	3 ΜΗΝΕΣ (ΑΠΡ, ΙΟΥΛ - ΑΥΓ)
ΑΡΕΤΗ	2 ΜΗΝΕΣ (ΙΟΥΛ - ΑΥΓ)
ΚΟΥΜΑΣΑ	3 ΜΗΝΕΣ (15 ΔΕΚ, 15 ΑΠΡ, ΙΟΥΛ - ΑΥΓ)
ΚΑΝΔΥΛΑ	1 ΜΗΝΑ (ΑΥΓ)
ΑΓΙΑ ΣΟΦΙΑ	1 ΜΗΝΑ (ΑΥΓ)
ΦΙΣΙΝΗ	1 ΜΗΝΑ (ΑΥΓ)
ΛΕΥΚΟΣ	3 ΜΗΝΕΣ (15 ΙΟΥΝ - ΙΟΥΛ - ΑΥΓ - 15 ΣΕΠΤ)
ΚΑΤΩ ΛΕΥΚΟΣ	4 ΜΗΝΕΣ (ΙΟΥΝ - ΙΟΥΛ - ΑΥΓ - ΣΕΠΤ)

Πίνακας 12. Περίοδοι διακοπών μη μόνιμων κατοίκων

3.3 Σενάριο κάλυψης ηλεκτρικών φορτίων

Η μελέτη εγκατάστασης του υβριδικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ξεκίνησε από την περιοχή, δηλαδή από το ζευγάρι των οικισμών οι οποίοι έχουν το

χειρότερο «σετ» δεδομένων ηλιακής ακτινοβολίας και αιολικού δυναμικού, δηλαδή από την περιοχή με λίγο ήλιο και λίγο αέρα. Η περιοχή αυτή είναι στην Ήπειρο και πιο συγκεκριμένα στο Καλπάκι Ιωαννίνων όπου συλλέξαμε τα δεδομένα ηλιακής ακτινοβολίας και αιολικού δυναμικού από τον μετεωρολογικό σταθμό ο οποίος ανήκει στην Περιφέρεια Ηπείρου και στο Τμήμα Φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Στο μέρος αυτό έγινε επιτόπια έρευνα για την καταγραφή του πλήθους των κτιρίων και της χρήσης του κάθε κτιρίου δηλαδή αν πρόκειται για μόνιμη κατοικία, μη μόνιμη κατοικία, επαγγελματικό κτήριο ή δημόσιο κτήριο και στη συνέχεια έγινε αναλυτική καταγραφή των ηλεκτρικών συσκευών και της ισχύος καθώς και του πιθανού χρόνου λειτουργίας τους στη διάρκεια του 24ώρου. Έτσι συγκεντρώθηκαν και καταγράφηκαν αναλυτικά τα ηλεκτρικά φορτία σε ετήσια βάση με διάκριση μεταξύ ημερών παραμονής των μόνιμων κατοίκων και ημερών επίσκεψης των μη μόνιμων κατοίκων. Όπως είδαμε, το ποσοστό των ηλεκτρικών φορτίων κατά τη διάρκεια των διακοπών των μη μόνιμων κατοίκων είναι μεγαλύτερο όπως αναμενόταν και τα αποτελέσματά μας καθώς και ο μέσος όρος των ποσοστών της ηλεκτρικής κατανάλωσης και για τους δύο οικισμούς παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 13.

ΜΗΝΕΣ	ΡΕΠΕΤΙΣΤΑ (%)	ΑΡΕΤΗ (%)	Μ.Ο (%)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	7,42	7,86	7,64
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	6,77	7,17	6,95
ΜΑΡΤΙΟΣ	7,42	7,86	7,64
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	12,39	7,61	10,00
ΜΑΙΟΣ	6,96	7,51	7,24
ΙΟΥΝΙΟΣ	6,74	7,27	7,01
ΙΟΥΛΙΟΣ	12,16	12,31	12,24
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	11,84	12,16	12,00
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	6,74	7,27	7,01
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	6,96	7,51	7,24
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	7,18	7,61	7,39
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	7,42	7,86	7,64

Πίνακας 13. Ποσοστά ηλεκτρικής κατανάλωσης ανά μήνα των οικισμών Καλπακίου

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι:

- Ο μήνας με τη χαμηλότερη κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος είναι ο Φεβρουάριος,

- Οι μήνες Ιανουάριος, Μάρτιος και Δεκέμβριος καθώς και τα ζευγάρια μηνών Μάιος – Οκτώβριος και Ιούνιος – Σεπτέμβριος έχουν παρόμοια περίπου κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος και τέλος,
- Στους καλοκαιρινούς μήνες παρατηρείται μια αύξηση της κατανάλωσης λόγω κυρίως της έλευσης των μη μόνιμων κατοίκων. Η κατανάλωση σε αυτό το διάστημα ξεπερνάει το 12% της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης του οικισμού.

Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας αυτές τις παρατηρήσεις και βασιζόμενοι στα στοιχεία διακοπών των μη μόνιμων κατοίκων τα οποία παρουσιάστηκαν στον Πίνακα 12, έγινε εκτίμηση του μέσου όρου των ποσοστών της ηλεκτρικής κατανάλωσης στις υπόλοιπες τρεις περιοχές η οποία αποτυπώθηκε στον Πίνακα 14.

ΠΟΣΟΣΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ				
ΜΗΝΕΣ	ΚΑΛΠΑΚΙ	ΛΗΜΝΟΣ	ΒΑΓΙΩΝΙΑ	ΚΑΡΠΑΘΟΣ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	7,64	8,05	7,99	6,42
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	6,95	7,56	7,19	5,82
ΜΑΡΤΙΟΣ	7,64	8,05	7,99	6,42
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	10,00	7,94	8,66	6,27
ΜΑΙΟΣ	7,24	7,91	7,37	7,73
ΙΟΥΝΙΟΣ	7,01	7,70	7,29	10,91
ΙΟΥΛΙΟΣ	12,24	8,44	10,33	12,55
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	12,00	12,75	12,49	12,55
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	7,01	7,70	7,29	10,91
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	7,24	7,91	7,37	7,73
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	7,39	7,94	7,37	6,27
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	7,64	8,05	8,66	6,42

Πίνακας 14. Ποσοστά ηλεκτρικής κατανάλωσης ανά μήνα των επιλεγμένων περιοχών

3.4 Σενάρια Επιλογής Φωτοβολταϊκών στοιχείων και Ανεμογεννητριών

Επιλέξαμε τέσσερις τεχνολογίες εγκατάστασης φωτοβολταϊκών στοιχείων, δηλαδή τεχνολογίες μονοκρυσταλλικών, πολυκρυσταλλικών, a-Si και υβριδικών στοιχείων. Η επιλογή των στοιχείων αυτών εξαρτάται από τις τεχνολογίες οι οποίες χρησιμοποιούνται περισσότερο στην αγορά λόγω απόδοσης των φωτοβολταϊκών, του κόστους αγοράς τους και των ιδιοτήτων της εγκατάστασης.

➤ 1° Σενάριο Επιλογής Φωτοβολταϊκών στοιχείων

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία στο 1° σενάριο επιλογής θα είναι τεχνολογίας μονοκρυσταλλικού πυριτίου (m-Si) και θα τοποθετηθούν στις στέγες των σπιτιών καθώς και σε περίπτωση που απαιτηθεί, σε γήπεδα τα οποία θα βρίσκονται κοντά στους επιλεγμένους οικισμούς. Θα τοποθετηθούν σε βάσεις στήριξης με διαφορετική κλίση ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος των επιλεγμένων οικισμών και με νότιο προσανατολισμό. Επίσης ο σχεδιασμός της εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών στοιχείων θα πρέπει να είναι τέτοιος που θα επιτρέπει την εύκολη επέκταση των φωτοβολταϊκών στοιχείων όταν υπάρχει αύξηση των ηλεκτρικών φορτίων.

Η επιλογή αυτού του τύπου φωτοβολταϊκών πλαισίων στο 1° σενάριο έγινε με βάση την τεχνολογία. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου (m-Si) έχουν περίπου απόδοση 11-19,3%, απαιτούν επιφάνεια 5,5 – 9 m²/kwp και η μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας είναι 145 – 235 kwh/m² (www.sunshine-energy.gr). Η υψηλή τους ομοιομορφία έχει ως αποτέλεσμα τα μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία να χαρακτηρίζονται από πολύ καλή σχέση απόδοσης/επιφάνειας (ενεργειακής πυκνότητας) αλλά παράλληλα από υψηλό κόστος κατασκευής σε σχέση με τα πολυκρυσταλλικά (The German Energy Society, 2008).

➤ 2° Σενάριο Επιλογής Φωτοβολταϊκών στοιχείων

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία στο 2° σενάριο επιλογής θα είναι πολυκρυσταλλικού πυριτίου (p-Si) και θα τοποθετηθούν και αυτά στις στέγες, στις ταράτσες των σπιτιών καθώς και σε περίπτωση που απαιτηθεί σε γήπεδα τα οποία θα βρίσκονται κοντά στους επιλεγμένους οικισμούς. Θα τοποθετηθούν επίσης σε βάσεις στήριξης με διαφορετική κλίση ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος των επιλεγμένων οικισμών και με νότιο προσανατολισμό. Επίσης ο σχεδιασμός της εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών στοιχείων θα πρέπει να είναι τέτοιος που θα επιτρέπει την εύκολη επέκταση των φωτοβολταϊκών στοιχείων όταν υπάρχει αύξηση των ηλεκτρικών φορτίων.

Η επιλογή αυτού του τύπου φωτοβολταϊκών πλαισίων στο 2° σενάριο έγινε και σε αυτή την περίπτωση με βάση την τεχνολογία. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία πολυκρυσταλλικού πυριτίου (p-Si) έχουν περίπου απόδοση 12 - 16 %, απαιτούν επιφάνεια 7 – 9 m²/kwp, η μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας είναι 145 – 185 kwh/m² (www.sunshine-energy.gr), έχουν όμως μικρότερο κόστος παραγωγής.

➤ 3^ο Σενάριο Επιλογής Φωτοβολταϊκών στοιχείων

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία στο 3^ο σενάριο επιλογής θα είναι αμόρφου πυριτίου (a-Si) και θα τοποθετηθούν και αυτά στις στέγες, στις ταράτσες των σπιτιών καθώς και σε περίπτωση που απαιτηθεί σε γήπεδα τα οποία θα βρίσκονται κοντά στους επιλεγμένους οικισμούς. Θα τοποθετηθούν επίσης σε βάσεις στήριξης με διαφορετική κλίση ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος των επιλεγμένων οικισμών και με νότιο προσανατολισμό. Επίσης ο σχεδιασμός της εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών στοιχείων θα πρέπει να είναι τέτοιος που θα επιτρέπει την εύκολη επέκταση των φωτοβολταϊκών στοιχείων όταν υπάρχει αύξηση των ηλεκτρικών φορτίων.

Η επιλογή αυτού του τύπου φωτοβολταϊκών πλαισίων στο 3^ο σενάριο έγινε και σε αυτό το σενάριο με βάση την τεχνολογία. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αμόρφου πυριτίου (a-Si) έχουν μικρότερη απόδοση με τιμές περίπου 5 – 8,5 %, απαιτούν επιφάνεια 9 – 25 m²/kwp και η μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας είναι 50 – 160 kWh/m² (www.sunshine-energy.gr), αλλά ως πλεονέκτημα της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι το γεγονός της αυξημένης απόδοσης σε υψηλές τιμές ακτινοβολίας άρα και σε υψηλές τιμές θερμοκρασίας. Το άμορφο πυρίτιο δεν έχει συνήθως την ίδια απόδοση με το μονοκρυσταλλικό ή το πολυκρυσταλλικό πυρίτιο. Ο βαθμός της απόδοσής του είναι χίλιες φορές ή πολύ λιγότερος από ότι στο μονοκρυσταλλικό πυρίτιο. Εν τούτοις, με τα νέα ημιαγώγιμα υλικά και τις τεχνικές σχεδίου των κυττάρων έχει γίνει δυνατό για τα a-Si λεπτής μεμβράνης Φ/Β στοιχεία να συναγωνίζονται την απόδοση μετατροπής με άλλες τεχνολογίες, με πολύ μικρότερο κόστος.

➤ 4^ο Σενάριο Επιλογής Φωτοβολταϊκών στοιχείων

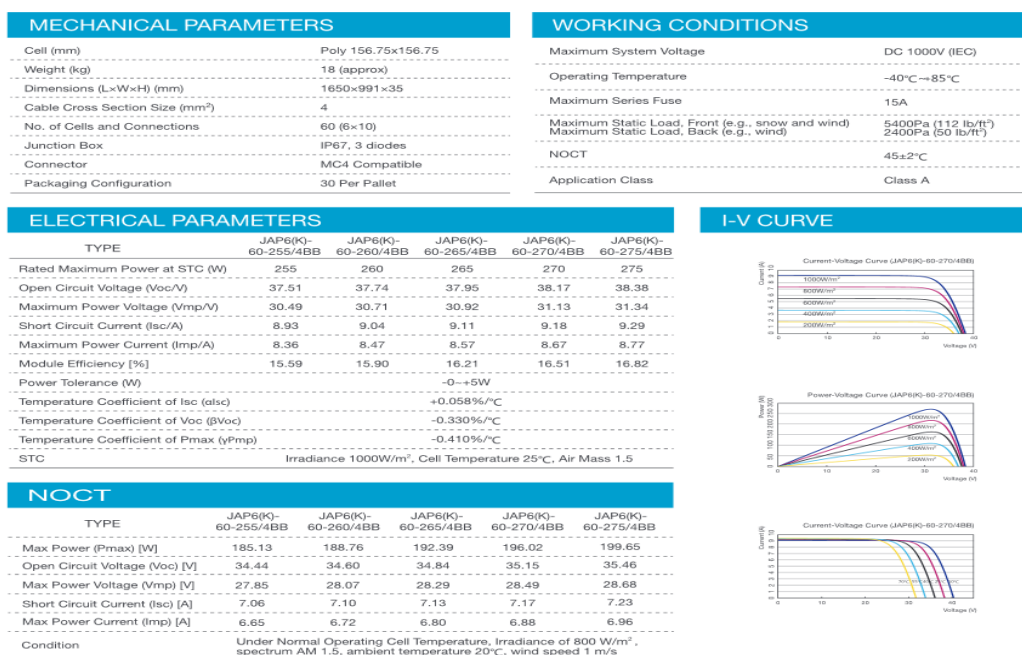
Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία στο 4^ο σενάριο επιλογής θα είναι υβριδικά φωτοβολταϊκά στοιχεία (HIT) και θα τοποθετηθούν και αυτά στις στέγες, στις ταράτσες των σπιτιών καθώς και σε περίπτωση που απαιτηθεί σε γήπεδα τα οποία θα βρίσκονται κοντά στους επιλεγμένους οικισμούς. Θα τοποθετηθούν επίσης σε βάσεις στήριξης με διαφορετική κλίση ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος των επιλεγμένων οικισμών και με νότιο προσανατολισμό. Επίσης ο σχεδιασμός της εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών στοιχείων θα πρέπει να είναι τέτοιος που θα επιτρέπει την εύκολη επέκταση των φωτοβολταϊκών στοιχείων όταν υπάρχει αύξηση των ηλεκτρικών φορτίων. Τέλος, η επιλογή αυτού του τύπου φωτοβολταϊκών πλαισίων στο 4^ο σενάριο

έγινε επίσης με βάση την τεχνολογία. Τα υβριδικά φωτοβολταϊκά στοιχεία (HIT) έχουν την μεγαλύτερη απόδοση με τιμές από περίπου 15 – 19%. Τις πολύ πρωινές και απογευματινές ώρες παρατηρούνται οι υψηλότερες τιμές της απόδοσης (>17%), ενώ τις μεσημεριανές μικρότερες, λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας εκείνες τις ώρες. Με βάση τα τέσσερα σενάρια επιλογής των φωτοβολταϊκών στοιχείων που χρησιμοποιήσαμε για την μελέτη μας, καταλήξαμε (Πίνακας 15) στο σενάριο πολυκρυσταλλικού φωτοβολταϊκού στοιχείου 275watt, το οποίο χαρακτηρίζεται από καλή απόδοση και πολύ καλή τιμή μονάδας.

Σενάρια PV	1ο Σενάριο		2ο Σενάριο		3ο Σενάριο	4ο Σενάριο
Τύποι PV (watt)	315 mono	360 mono	250 poly	275 poly	144 a-Si	330 Hybrid
Απόδοση %	19,20	18,50	15,40	16,82	8,00	19,70
Διαστάσεις (m ²)	1,64	1,94	1,63	1,63	2,04	1,67
Τιμή μονάδος (€) - (χωρίς ΦΠΑ)	261,45	203,97	221,40	114,10	230,80	480,23

Πίνακας 15. Σενάρια επιλογής PV

Τα τεχνικά του χαρακτηριστικά αποτυπώνονται στην Εικόνα 5.



Εικόνα 5. Τεχνικά χαρακτηριστικά επιλεγμένου PV

➤ Επιλογή Μπαταριών, Inverter και ρυθμιστή φόρτισης

Μπαταρίες: Οι μπαταρίες αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα μέρη του υβριδικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας λόγω της δυνατότητας αποθήκευσης και διάθεσης της περίσσιας ηλεκτρικής ενέργειας που έχουν. Η δυνατότητα αυτή των μπαταριών μας βοηθάει να ελέγξουμε την διαθέσιμη ηλεκτρική ενέργεια λόγω των 24ωρων διακυμάνσεων της π.χ. οι διαφορές της ηλιακής ενέργειας κατά τη διάρκεια της ημέρας και η απουσία αυτής κατά τη διάρκεια της νύχτας, των διακυμάνσεων που συμβαίνουν από μέρα σε μέρα λόγω των αλλαγών του καιρού ειδικά κατά την κάλυψη του ουρανού από νέφη και τέλος των διακυμάνσεων, που συμβαίνουν κατά την εναλλαγή των εποχών π.χ. η διαφορά της ηλιακής ακτινοβολίας κατά την διάρκεια των χειμερινών και των καλοκαιρινών μηνών.

Οι μπαταρίες των φωτοβολταϊκών συστημάτων υποβάλλονται σε συχνή φόρτιση και εκφόρτιση κατά τη διάρκεια της ζωής τους. Στα φωτοβολταϊκά στοιχεία χρησιμοποιούνται συνήθως οι μπαταρίες μολύβδου οξειδίου οι οποίες έχουν μεγάλο βαθμό εκφόρτισης. Ο χρόνος ζωής των μπαταριών ποικίλλει από 3 έως 5 έτη και εξαρτάται από τους κύκλους φόρτισης / εκφόρτισης, από τη θερμοκρασία που αναπτύσσει η μπαταρία καθώς και από άλλες παραμέτρους. Οι μπαταρίες για φωτοβολταϊκές εφαρμογές θα πρέπει να σχεδιαστούν για να ανταποκρίνονται στα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

1. Χαμηλό κόστος
2. Υψηλή ενεργειακή απόδοση
3. Μεγάλη διάρκεια ζωής
4. Χαμηλή συντήρηση, ανθεκτική κατασκευή
5. Καλή αξιοπιστία και λιγότερη αυτοεκφόρτιση
6. Ευρεία θερμοκρασία λειτουργίας (Manimekalai et al., 2013).

Οι μπαταρίες πρέπει να επιλέγονται με βάση την τάση του ρεύματος, τη χωρητικότητα, το μεγάλο βάθος εκφόρτισης (κοντά στο 80% ή και ακόμα μεγαλύτερο), τη μεγάλη διάρκεια ζωής και τέλος τον υψηλό συντελεστή απόδοσης (κοντά στο 85% ή ακόμα μεγαλύτερο) που δίνεται από τον κατασκευαστή. Χρησιμοποιήσαμε μπαταρίες AGM Deep Cycle (κλειστού τύπου για χώρους μη καλά αεριζόμενους όπου στεγάζονται άνθρωποι) της εταιρείας Victron Energy με χαρακτηριστικά 12V/8Ah έως και 12V/220Ah και εκφόρτιση 0,05C (20 ώρες).

Μετατροπέας (Inverter): Είναι η συσκευή που μετατρέπει το DC ρεύμα σε AC ώστε να τροφοδοτούνται όλες οι συσκευές που απαιτούν 220 V. Συνδέονται με τις μπαταρίες και τις εμποδίζουν από την γρήγορη εκφόρτιση τους. Απαιτείται προσοχή κατά την σύνδεση των συσκευών στον Inverter ώστε αυτές να μην ξεπερνούν την μέγιστη επιτρεπόμενη ισχύ αυτού. Ένας μετατροπέας καλής ποιότητας κλείνει αν συνδεθεί με μια επιπλέον συσκευή μεγαλύτερης ισχύος από αυτή που μπορεί να αντέξει έτσι ώστε να προστατευτούν οι ηλεκτρικές συσκευές. Το ίδιο θα συμβεί εάν οι μπαταρίες του συστήματος τείνουν να αδειάσουν. Αν τα ηλεκτρικά φορτία και το άθροισμα της συνολικής τους ισχύος είναι μεγάλο τότε είναι προτιμότερο να χωρίσουμε τις συσκευές σε δύο, τρεις ή περισσότερες ομάδες με αποτέλεσμα να χρησιμοποιήσουμε δύο, τρία ή περισσότερα Inverter αντίστοιχα. Χρησιμοποιήσαμε inverter phoenix compact της εταιρείας Victron Energy με χαρακτηριστικά 12V/1600VA/230V έως και 12V/3000VA/230V.

Ρυθμιστής Φόρτισης (charge controller): Ελέγχει την κατάσταση φόρτισης των συσσωρευτών από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία ώστε όταν αυτοί φορτιστούν πλήρως να διακοπεί η διαδικασία. Σε περίπτωση που η φόρτιση συνεχιστεί υπάρχει κίνδυνος καταστροφής των μπαταριών. Παράλληλα επειδή οι συσσωρευτές έχουν την τάση να εκφορτίζονται ακόμα και όταν δεν τροφοδοτούν ηλεκτρικές συσκευές ο ρυθμιστής φόρτισης φροντίζει ώστε να αρχίσει αυτόματα η διαδικασία φόρτισης όταν το επίπεδο φόρτισης δεν είναι πλήρες. Χρησιμοποιήσαμε ρυθμιστή φόρτισης της εταιρείας Victron Energy με χαρακτηριστικά MPPT (maximum power point tracker) 150/60/12V-24V-48V έως και 150/100/12V-24V-48V.

➤ Επιλογή Ανεμογεννήτριας

Οι ανεμογεννήτριες μπορούν να ταξινομηθούν με τον προσανατολισμό των αξόνων τους σε σχέση με τη ροή του ανέμου στις παρακάτω κατηγορίες:

1. Ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα στους οποίους ο άξονας περιστροφής είναι παράλληλος προς την κατεύθυνση του ανέμου. Μπορούν να έχουν μεγάλο αριθμό πτερυγίων, ενώ η φτερωτή τους μπορεί να τοποθετηθεί ανάλογα με τη διεύθυνση του ανέμου, μπροστά ή πίσω από τον πύργο στήριξης (Kaldelis et al, 2001).
2. Κατακόρυφου άξονα στους οποίους ο άξονας περιστροφής είναι κάθετος στην επιφάνεια της γης και κάθετος στη ροή του ανέμου. Οι μηχανές αυτές

παρουσιάζουν κάποια προβλήματα στην εκκίνησή τους και έχουν μικρότερο συντελεστή απόδοσης ισχύος για αυτό και περίπου το 90% στην παγκόσμια αγορά σήμερα, χρησιμοποιούνται οι Α/Γ οριζοντίου άξονα τύπου "έλικας".

Επίσης, σύμφωνα με το Νόμο 3851/2010 (ΦΕΚ 85/Α'/4.06.2010) οι Α/Γ κατηγοριοποιούνται με βάση την ισχύ τους σε τρεις (3) κατηγορίες:

1. ≤ 20 KW
2. $> 20 - 50$ KW
3. $> 50 - 100$ KW

Η εξαχθείσα ισχύς μιας Α/Γ προκύπτει από τη διαφορά της κινητικής ενέργειας του ανέμου που παρατηρείται πριν και μετά το στροφείο της. Η ισχύς που παράγει μια Α/Γ υπολογίζεται από τη σχέση:

$$P_{κιν} = \frac{1}{2} m (V_1^2 - V_2^2) \quad (9)$$

όπου V_1 = η ταχύτητα του αέρα πριν το στροφείο, V_2 = η ταχύτητα του αέρα μετά το στροφείο και $m = \rho \cdot A \cdot V_{av}$ η μαζική παροχή, με ρ = η πυκνότητα του αέρα και

$$V_{av} = \frac{V_1 + V_2}{2} \text{ η μέση ταχύτητα του αέρα.}$$

Συνεπώς, η ισχύς είναι ίση με:

$$P_{κιν} = \frac{1}{4} \cdot \rho \cdot A \cdot V_1^3 \left[1 - \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^3 - \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^2 - \left(\frac{V_2}{V_1} \right) \right] \quad (10)$$

Ο θεωρητικός βαθμός απόδοσης C_p (ο οποίος καλείται «συντελεστής ισχύος») μιας Α/Γ είναι γνωστός και με τον όρο «το όριο του Betz» (Betz limit) και μέσω αυτού, προκύπτει η θεωρητικά μέγιστη ισχύς που μπορεί να αποδώσει μια αιολική μηχανή, σύμφωνα με τη σχέση:

$$P_{A/\Gamma} = C_{preal} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \quad (11)$$

όπου $C_{preal} = 0.5925$, ο πραγματικός βαθμός απόδοσης της Α/Γ, ο οποίος υπόκειται σε τεχνικούς περιορισμούς που σχετίζονται με τον τύπο κάθε ανεμογεννήτριας, τον σχεδιασμό της φτερωτής, την απόδοση των ηλεκτρολογικών και μηχανολογικών εξαρτημάτων της και πολλών άλλων παραγόντων. Έτσι, οι πιο σύγχρονες τεχνολογικά ανεμογεννήτριες, επιτυγχάνουν στο μέγιστο, έναν συντελεστή ισχύος της τάξεως του C_{preal} . Είναι φανερό, ότι η ισχύς που μπορεί να παραχθεί από μία Α/Γ είναι ανάλογη με την πυκνότητα του αέρα, την προσπίπτουσα επιφάνεια και την τρίτη δύναμη της ταχύτητας του ανέμου (Al-Shemmeri, 2010).

Επίσης, για τις μετρήσεις της ταχύτητας του αέρα και για ύψος ανεμογεννήτριας τα τριάντα (30) περίπου μέτρα θα χρησιμοποιηθεί η κατανομή Weibull και συγκεκριμένα η εκθετική της σχέση, η οποία είναι :

$$\frac{V(z)}{V(z_1)} = \left(\frac{z}{z_1}\right)^n \quad (12)$$

όπου $V(z)$ = η μέση ταχύτητα του ανέμου στο έδαφος, $V(z_1)$ = η μέση ταχύτητα του ανέμου στο ζητούμενο ύψος, z = το αρχικό ύψος μέτρησης, z_1 = το τελικό ύψος μέτρησης και n = δείκτης τραχύτητας του εδάφους (παίρνει τιμές από 0.1 έως 0.4).

Ο εκθετικός νόμος εφαρμόζεται σε μεγάλο πλήθος μετρήσεων και εμφανίζει καλή ακρίβεια σε περιπτώσεις, όπου η διαφορά ύψους είναι περισσότερο από 30 - 50 μέτρα. Η ακρίβεια όμως ελαττώνεται πολύ για μεγάλες διαφορές υψών. Από τη σχέση 12 υπολογίζεται η ταχύτητα του ανέμου σε υψόμετρο z_1 από το έδαφος συναρτήσει της παραμέτρου n . Η τραχύτητα του εδάφους καθορίζει το πόσο επιβραδύνεται ο άνεμος κοντά στο έδαφος. Σε περιοχές με υψηλό βαθμό τραχύτητας, όπως τα δάση ή οι πόλεις, οι ταχύτητες του ανέμου κοντά στην επιφάνεια τείνουν να είναι μικρές, ενώ το αντίστροφο ισχύει σε περιοχές με μικρή τραχύτητα, όπως είναι οι επίπεδοι, ανοικτοί αγροί (Duchene-Marullaz, 1975).

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ			
Κατηγορία Τραχύτητας	Είδος Εδάφους	z_0 (m)	n
0	Εξομαλυμένο (θάλασσα, χιόνι, άμμος)	0.001-0.02	0.1-0.13
1	Μέτρια τραχύτητα (χαμηλής βλάστησης και καλλιέργειες, αγροτικές περιοχές)	0.02-0.3	0.13-0.2

2	Τραχύ έδαφος (Δάση, προάστια πόλεων)	0.3-2	0.2-0.27
3	Πολύ τραχύ έδαφος (αστικές περιοχές, υψηλά κτίρια)	2-10	0.27-0.4

Πίνακας 16. Κατηγορίες τραχύτητας εδάφους

Στις δικές μετρήσεις θα θεωρήσουμε $n=0,2$. Ο λόγος είναι ότι το είδος του εδάφους στις περιοχές που εξετάσαμε είναι χαμηλής βλάστησης, αγροτικές, καλλιεργήσιμες εκτάσεις οι οποίες βρίσκονται κοντά σε μικρούς οικισμούς. Άρα η κατηγορία τραχύτητας είναι 1 που αντιστοιχεί σε $n=0,13 - 0,2$ (σύμφωνα και με τον παραπάνω Πίνακα 16). Όσο το n μεγαλώνει τότε η τιμή (V_{z1}) αυξάνεται ενώ όταν το n μικραίνει η τιμή (V_{z1}) μειώνεται αντίστοιχα. Στη Εικόνα 6 παρατίθενται τα τεχνικά χαρακτηριστικά της επιλεγόμενης ανεμογεννήτριας.



Εικόνα 6. Τεχνικά χαρακτηριστικά επιλεγόμενης ανεμογεννήτριας

Η ανεμογεννήτρια που επιλέγουμε είναι της εταιρίας Aeolos-H 50 kw. Ο ρότορας της συγκεκριμένης ανεμογεννήτριας έχει διάμετρο 18 m, αξιοποιώντας έτσι μια μεγάλη περιοχή σάρωσης. Έχει ταχύτητα εκκίνησης στα 2,5 m/s και είναι σχεδιασμένη για να αντέξει ως 30 χρόνια. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά της σε συνδυασμό με τα ακόλουθα, ήταν οι λόγοι που επιλέξαμε την συγκεκριμένη εταιρία.

- Η απόδοση των ανεμογεννητριών αυτών είναι 90%, πολύ υψηλότερη από αυτήν των παραδοσιακών γεννητριών,
- Μεγάλη Αξιοπιστία: Η ανεμογεννήτρια Aeolos χρησιμοποιεί γεννήτρια χωρίς κιβώτιο ταχυτήτων. Το σύστημα είναι πιο αξιόπιστο και απαιτεί λιγότερη συντήρηση και
- Περισσότερη ασφάλεια: Παρέχουν διπλή ή τριπλή προστασία για υψηλές ταχύτητες ανέμου, για μεγαλύτερη τάση, ή για βλάβες του δικτύου και για άλλα προβλήματα, που μπορεί να εμφανιστούν στις ανεμογεννήτριες.

3.5 Βελτιστοποίηση αυτόνομου υβριδικού συστήματος

Η τεχνική βελτιστοποίησης της λειτουργίας ενός αυτόνομου υβριδικού συστήματος ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, στηρίζεται σε ισοζύγιο ενέργειας τόσο μεταξύ των συσκευών που απαρτίζουν το σύστημα, όσο και μεταξύ των εισόδων και εξόδων αυτού. Αρχικά, λαμβάνουμε υπόψη το περιβαλλοντικό ενεργειακό δυναμικό (ηλιοφάνεια, ένταση/διάρκεια ανέμου) και υπολογίζουμε την παραγόμενη από ΑΠΕ ισχύ προκειμένου να καλύψουμε το επιθυμητό φορτίο. Το ποσοστό κάλυψης του φορτίου, δηλαδή το ποσό της ενέργειας που υπολείπεται ή περισσεύει σε κάθε χρονική στιγμή, αποτελεί τη βασική μεταβλητή για την διαδικασία λήψης αποφάσεων. Η τελευταία, προφανώς υπόκειται σε περιορισμούς που επιβάλλονται από την τεχνολογία, την συνδεσμολογία, το περιβαλλοντικό δυναμικό της περιοχής αλλά και τα κόστη.

Τεχνικές βελτιστοποίησης οι οποίες χρησιμοποιούνται σε μοντέλα προσομοίωσης χρησιμοποιούν ένα απλοποιημένο σχέδιο ενός συστήματος βασισμένο σε ΑΠΕ το οποίο δεν αντικατοπτρίζει πραγματικούς συνδυασμούς των διαφόρων τεχνολογιών. Για τον υπολογισμό της εισερχόμενης πράσινης ενέργειας η πλατφόρμα HOMER χρησιμοποιεί μέσες μηνιαίες τιμές οι οποίες δεν αντιπροσωπεύουν ακριβώς την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ο παραπάνω σχεδιασμός και η γενική προσέγγιση

δεν αντιπροσωπεύουν ένα πραγματικό σενάριο και μειώνουν την δυνατότητα δημιουργίας ενός εφικτού μοντέλου σε πραγματικά δίκτυα. Παρόλο που παρουσιάζονται πολλά προβλήματα κατά τη λειτουργία ενός αυτόνομου έργου ΑΠΕ, κανένα από τα προηγούμενα μοντέλα δεν έχει παρουσιάσει αποδοτικά μια πολύπλευρη τεχνική βελτιστοποίησης βασισμένη σε ακριβή διαχείριση της προσφερόμενης ενέργειας.

Αρχικά η παραγωγή ενέργειας ενός φιλικού προς το περιβάλλον υβριδικού συστήματος ΑΠΕ ποικίλει ανάλογα με την περιοχή εγκατάστασης λόγω τοπικών μετεωρολογικών συνθηκών. Οι κλιματικές συνθήκες οι οποίες αντιπροσωπεύουν το περιβαλλοντικό δυναμικό, χαρακτηρίζονται από διάφορες παραμέτρους οι οποίες επηρεάζουν την λειτουργία του έργου με απρόβλεπτο τρόπο. Για αυτό τον λόγο αυτές οι μεταβλητές πρέπει να ληφθούν υπόψη ως σταθερές παράμετροι για κάθε διαφορετική περιοχή. Ο βασικός σκοπός είναι η μεγιστοποίηση της ενεργειακής ροής μέσα σε ένα έργο και ταυτόχρονα η ελαχιστοποίηση του εξοπλισμού. Οι συνθήκες υπό τις οποίες ένα υβριδικό σύστημα πρέπει να λειτουργεί ώστε να θεωρείται βελτιστοποιημένο θα περιγράψουν μέσω ενός μαθηματικού μοντέλου.

Οι τεχνολογίες ΑΠΕ εκμεταλλεύονται τις κλιματικές συνθήκες και παράγουν ηλεκτρική ενέργεια, για να καλύψουν το επιθυμητό φορτίο.

Η συνολική διαθέσιμη ενέργεια που προσφέρεται από τις συσκευές για την ενεργειακή κάλυψη περιγράφεται με την έκφραση:

$$E_{availableDC} = (1 - n_{ohm}) * E_{tot.prod.} + E_{remaining} \quad (13)$$

όπου n_{Ohm} : ο παράγοντας που περιγράφει τις απώλειες ενέργειας λόγω του νόμου του Ohm, $E_{tot.prod.}$: η ενέργεια που παράγεται από τις συσκευές ΑΠΕ και $E_{remaining}$: η εναπομένουσα ενέργεια στη μπαταρία

Η διαθέσιμη ενέργεια όπως περιγράφεται από την παραπάνω έκφραση θα υποστεί μια μείωση λόγω της απόδοσης του μετατροπέα. Αυτή μπορεί να θεωρηθεί σταθερή ανάλογα με τον εξοπλισμό που έχει επιλεγεί για κάθε έργο. Στοιχεία για αυτή την σταθερά δίνονται από τον κατασκευαστή και έτσι η έκφραση (13) μετατρέπεται στην έκφραση (14), η οποία τώρα περιγράφει το συνολικό ποσό της ενέργειας που ανταλλάσσεται για να καλύψει το επιθυμητό φορτίο

$$E_{availableAC} = n_{inv} * E_{availableDC} \quad (14)$$

όπου n_{inv} : ο παράγοντας απόδοσης του inverter και $E_{availableAC}$: η ενέργεια που παράγεται από τις συσκευές συμπεριλαμβάνοντας και τις μπαταρίες.

Σημαντικός παράγοντας στην βελτιστοποίηση του συστήματος είναι το ανώτατο όριο της αποθηκευμένης ενέργειας που παραμένει στις μπαταρίες. Η ενέργεια αυτή δίνεται από την έκφραση

$$E_{capacAC} = n_{inv} * E_{capacDC} \quad (15)$$

όπου $E_{capacDC}$: η συνολική αποθηκευμένη ενέργεια σύμφωνα με τον κατασκευαστή.

Στην συνέχεια για να εξετάσουμε αν οι εγκατεστημένες τεχνολογίες Α.Π.Ε. μπορούν να καλύψουν το επιθυμητό φορτίο του σχεδίου προσομοίωσης χρησιμοποιούμε την παρακάτω έκφραση:

$$\begin{aligned} (\alpha) E_{availableAC-Load} &\geq 0,3 E_{capAC} \\ (\beta) E_{availableAC-Load} &< 0,3 E_{capAC} \end{aligned} \quad (16)$$

όπου $Load$ = το επιθυμητό φορτίο

Οι εκφράσεις αυτές πρέπει να εξετάζονται σε κάθε χρονικό βήμα της προσομοίωσης. Αν ισχύει το (α) τότε το ωριαίο φορτίο καλύπτεται, ενώ, αν ισχύει το (β) τότε το σύστημα ορίζεται ως μη βελτιστοποιημένο. Το δεξί μέρος της εξίσωσης αντιπροσωπεύει το βάθος εκφόρτισης της μπαταρίας [30% της θεωρητικής χωρητικότητας της μπαταρίας. Οι μπαταρίες AGM Deep cycle δεν πρέπει να εκφορτίζονται σε ποσοστό κάτω του 20% της πλήρους χωρητικότητάς τους διότι η εσωτερική αντίσταση προκαλεί θερμότητα και ζημιά κατά την επαναφόρτιση με αποτέλεσμα να μειώνεται ο συνολικός χρόνος ζωής της μπαταρίας (www.energymatters.com.au)] κατά το οποίο το σύστημα πρέπει να παύει να λειτουργεί. Το νούμερο αυτό είναι χαρακτηριστικό για κάθε μπαταρία και δίνεται από τον κατασκευαστή.

Το τελευταίο μέρος που αφορά τη θεωρία της βελτιστοποίησης δίνεται μέσω των εκφράσεων:

$$\begin{aligned} (\alpha) E_{availAC-φορτίο} &> E_{capAC} \\ (\beta) 0,3 E_{capAC} &< E_{availAC-φορτίο} \leq E_{capAC} \end{aligned} \quad (17)$$

Η έκφραση έχει δύο μέρη και ένα προσομοιωμένο σενάριο μπορεί να ακολουθήσει οποιοδήποτε από τα δύο. Για να συνεχίσουμε στον τελευταίο έλεγχο το σενάριο θα πρέπει να ακολουθεί το πρώτο (α) μέρος της εξίσωσης. Αν ισχύει το (α), τότε το σύστημα δεν θεωρείται βελτιστοποιημένο ακόμα και αν το φορτίο καλύπτεται, επειδή είναι πολύ μεγάλο και οικονομικά μη συμφέρον για έναν επενδυτή καθώς μεγάλα ποσά ενέργειας μένουν αναξιοποίητα. Εάν ισχύει το (β), το σύστημα θεωρείται βελτιστοποιημένο διότι το σύστημα καλύπτει τις ανάγκες του φορτίου, ενώ παράλληλα η περισευούμενη ενέργεια είναι τόση όση μπορεί να αποθηκευτεί στις μπαταρίες. Ένα προσομοιωμένο σύστημα θεωρείται βέλτιστο όταν το (β) μέρος της παραπάνω εξίσωσης μπορεί να ικανοποιηθεί σε ωριαία βάση. Το ενεργειακό ισοζύγιο βασίζεται στις εξισώσεις 13 και 14 και περιγράφεται ως:

$$Energy\ Balance = ninv[(1-nohm)*(Etotprod. + Eremaining)] - Load \quad (18)$$

Η παραπάνω τεχνική βελτιστοποίησης βασίζεται στο ενεργειακό ισοζύγιο κατά τη διάρκεια λειτουργίας ενός αυτόνομου υβριδικού συστήματος το οποίο ενσωματώνει μια συνάρτηση που περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα μετεωρολογικά δεδομένα και τις προδιαγραφές των τεχνολογιών ΑΠΕ του έργου. Το ενεργειακό ισοζύγιο βασίζεται στις εκφράσεις (17α) και (17β) και μπορεί να περιγραφεί με την εξίσωση 18, όπου το Load είναι το φορτίο που πρέπει να καλυφθεί (Prodromidis, 2014).

3.6 Ενεργειακά Ισοζύγια

Αρχικά λαμβάνουμε υπόψη το περιβαλλοντικό ενεργειακό δυναμικό (ηλιακό και αιολικό δυναμικό) και υπολογίζουμε την παραγόμενη ισχύ που θα προκύψει από το σύστημά μας προκειμένου να καλύψουμε το επιθυμητό ετήσιο ενεργειακό μας φορτίο. Με αυτό τον τρόπο υπολογίζουμε τον αριθμό των φωτοβολταϊκών στοιχείων και τον αριθμό των ανεμογεννητριών που θα χρειαστούμε για την κάλυψη των οκτώ οικισμών και με αυτό τον τρόπο θα υπολογίσουμε το ποσοστό της % κάλυψης του κάθε οικισμού. Στη συνέχεια, υπολογίζουμε την ημερήσια και μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος με στόχο την πλήρη κάλυψη (100%) του κάθε οικισμού με ηλεκτρικό ρεύμα προερχόμενο από ΑΠΕ. Τέλος θα υπολογίσουμε το οικονομικό

κόστος κάθε σεναρίου και θα προτείνουμε το πιο οικονομικό σενάριο με τη μεγαλύτερη κάλυψη.

Το ποσοστό κάλυψης του φορτίου, δηλαδή το ποσό της ενέργειας που υπολείπεται ή περισσεύει σε κάθε χρονική στιγμή, αποτελεί τη βασική μεταβλητή για τη διαδικασία λήψης αποφάσεων, καθώς και για τη διαδικασία πιθανής διασύνδεσης μεταξύ των δύο κοντινών οικισμών. Η τελική διαδικασία λήψης αποφάσεων ασφαλώς και θα υπόκειται σε περιορισμούς που επιβάλλονται από την τεχνολογία, την συνδεσμολογία, το περιβαλλοντικό δυναμικό της περιοχής, την κοινωνική αποδοχή των κατοίκων αλλά και το οικονομικό κόστος.

3.7 Απώλειες ηλεκτρικής ενέργειας

Ο περιορισμός των απωλειών της ηλεκτρικής ενέργειας από το υβριδικό σύστημα μπορεί να επιτευχθεί με τον υπολογισμό και την κάλυψη του ανώτερου επιθυμητού ηλεκτρικού φορτίου στον έναν οικισμό και κάθε υπέρβαση του ηλεκτρικού φορτίου θα διοχετεύεται μέσω διασύνδεσης στον κοντινό του οικισμό. Επίσης, μια λύση είναι η τοποθέτηση διακόπτη (on-off) σε όλες τις μόνιμες και μη μόνιμες κατοικίες και επιχειρήσεις μέσω του οποίου θα ελέγχεται η λειτουργία των φωτοβολταϊκών/ανεμογεννητριών, έτσι ώστε η χρήση του ηλεκτρικού ρεύματος να γίνεται μόνο σε περιπτώσεις που απαιτείται και φυσικά να είναι όσο το δυνατόν λιγότερη και με αυτό τον τρόπο δεν θα υπάρχει κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε κατοικίες και επιχειρήσεις που δεν κατοικούνται και δε λειτουργούν ιδιαίτερα το χειμώνα, που οι μετεωρολογικές συνθήκες δεν είναι καλές. Να σημειωθεί ότι στη μελέτη μας δεν υπάρχει η δυνατότητα επιστροφής του πλεονάζοντος ηλεκτρικού φορτίου πίσω στο κεντρικό ηλεκτρικό σύστημα.

3.8 Κοινωνική Αποδοχή των κατοίκων

Σημαντικό τμήμα της μελέτης αφορά την κοινωνική αποδοχή των κατοίκων. Σε τέτοια έργα η πιθανή αντίδραση της κοινωνίας μπορεί να τα εμποδίσει ή να τα καθυστερήσει. Για την αποδοχή των έργων από την τοπική κοινωνία θα πρέπει η μελέτη να εστιάσει στα δημογραφικά στοιχεία της περιοχής εγκατάστασης, στο

επίπεδο μόρφωσης του πληθυσμού, σε στοιχεία για την κοινωνική φυσιολογία της περιοχής καθώς και στοιχεία για την παραγωγή και απασχόληση του τοπικού πληθυσμού.

Είναι απαραίτητο να τονιστεί πως, θα πρέπει να υπάρχει ενημέρωση των κατοίκων των οικισμών στα όρια των οποίων θα εγκατασταθεί ένα τέτοιο αυτόνομο υβριδικό σύστημα φωτοβολταϊκών/ανεμογεννητριών πριν από την εγκατάσταση του συστήματος, ώστε να ενημερωθούν για τα οφέλη του συστήματος αυτού στον τόπο τους, καθώς και να εκπαιδευτούν στη χρήση ‘πράσινων’ συσκευών, συσκευών δηλαδή περιορισμένης ενεργειακής κατανάλωσης. Με τον τρόπο αυτό μειώνονται οι ανάγκες τους σε ηλεκτρική ενέργεια, το μέγεθος της εγκατάστασης θα γίνονταν μικρότερο, και το οικονομικό όφελος θα είναι μεγαλύτερο. Για το λόγο αυτό προχωρήσαμε στη σύνταξη και διανομή ερωτηματολογίου το οποίο απαντήθηκε από τους κατοίκους των δύο οικισμών της Ηπείρου και τα αποτελέσματά του παρατίθενται στον παρακάτω Πίνακα 17.

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ	1ος ΟΙΚΙΣΜΟΣ		2ος ΟΙΚΙΣΜΟΣ	
	ΝΑΙ	ΌΧΙ	ΝΑΙ	ΌΧΙ
Θεωρείτε ως σημαντική την μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος ?	100%		100%	
Θεωρείτε ότι πρέπει να υπάρξουν πρωτοβουλίες για τη μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος?	100%		100%	
Έχετε προσπαθήσει να μειώσετε την κατανάλωση ηλεκτρικών συσκευών?	22,40%	77,60%	7,60%	92,40%
Συμφωνείτε με την αύξηση των φόρων στο ηλεκτρικό ρεύμα προκειμένου να χρηματοδοτηθούν ενέργειες που αποσκοπούν στην ενέργεια?		100%		100%
Θα αναβαθμίζατε τις ηλεκτρικές σας συσκευές αν προσφέρονταν επαρκής χρηματοδότηση?	98,80%	1,20%	86,10%	13,90%
Θα θέλατε να είστε παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας η οποία να καλύπτει τις ανάγκες σας?	97,60%	2,40%	84,80%	15,20%
Θα επιθυμούσατε να συνεργαστείτε με τον γειτονικό σας οικισμό με σκοπό τον διαμοιρασμό ηλεκτρικής ενέργειας?	100%		100%	

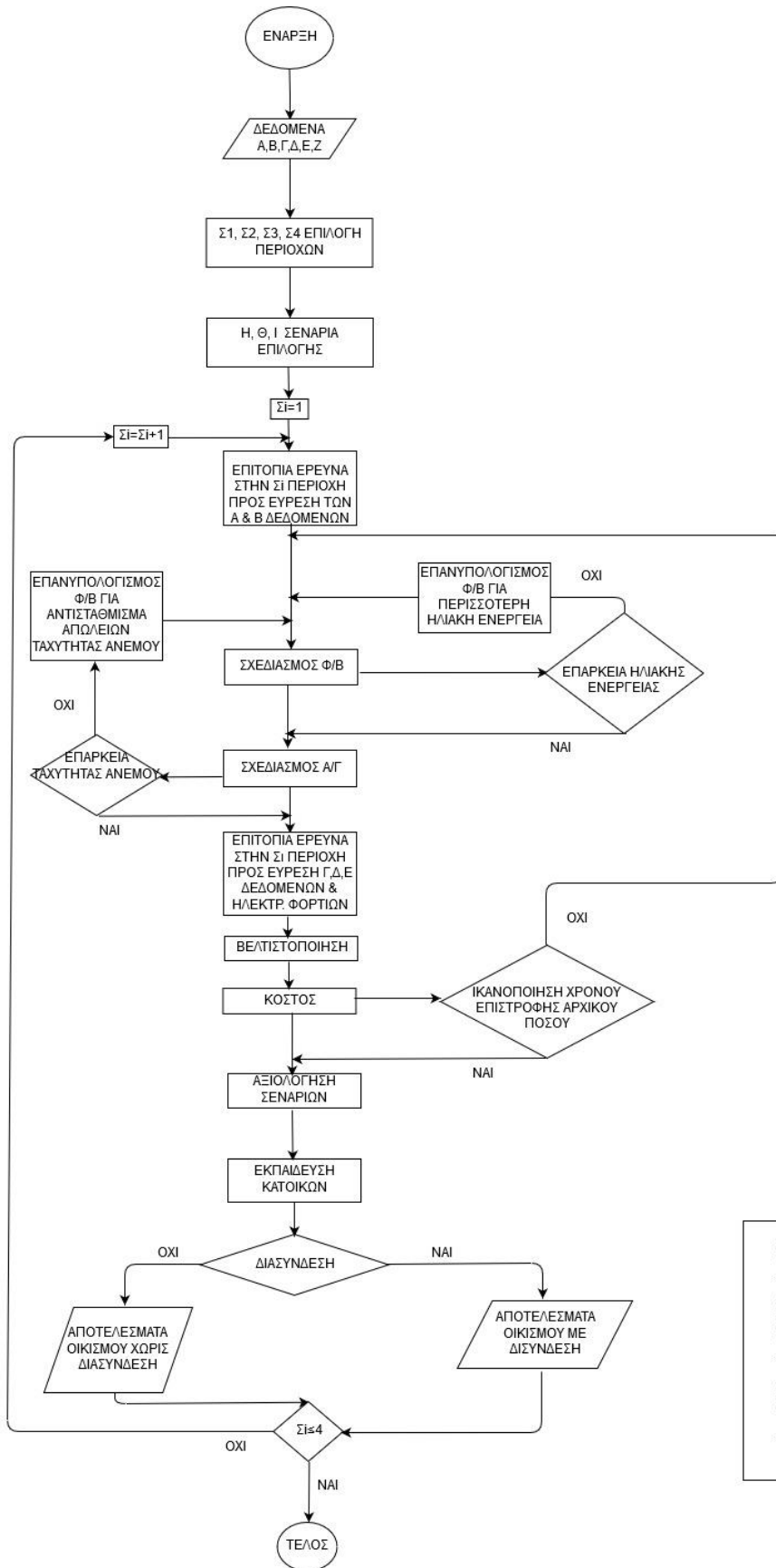
Πίνακας 17. Ερωτηματολόγιο κατοίκων οικισμών Καλπακίου

Τέλος θα πρέπει να αποκτηθεί από τους κατοίκους του ενός οικισμού η δυνατότητα συνεργασίας με τους κατοίκους του άλλου οικισμού της περιοχής μελέτης έτσι ώστε να μπορούν να λύνουν από κοινού τα προβλήματα διαχείρισης του ελλείμματος ή περίσσιας του ηλεκτρικού ρεύματος που τυχόν θα προκύψουν.

Αναλυτικά τα βήματα της μεθοδολογίας που πρόκειται να γίνουν παρουσιάζονται με το παρακάτω διάγραμμα ροής. Σε αυτό το διάγραμμα ροής περιγράφονται τα εξής:

- Χρησιμοποιώντας τα ηλιακά, αιολικά, δημογραφικά, γεωγραφικά, γεωχωρικά και δεδομένα χρήσεων γης προχωρήσαμε στην επιλογή των τεσσάρων περιοχών.
- Στη συνέχεια με την επιλογή σεναρίων για τα Φ/Β, Α/Γ, μπαταρίες, μετατροπείς και ρυθμιστές φόρτισης διεξάγαμε επιτόπια έρευνα στην Α΄ περιοχή η οποία περιλαμβάνει δύο κοντινούς οικισμούς.
- Έχοντας επιλέξει τους οικισμούς της Α΄ περιοχής, σχεδιάσαμε την εγκατάσταση των Φ/Β με στόχο την επάρκεια ηλιακής ακτινοβολίας σε αυτούς. Εάν δεν υπάρχει ηλιακή επάρκεια, επανυπολογίζουμε τα Φ/Β.
- Εάν δεν έχουμε επάρκεια αιολικού δυναμικού προχωράμε σε επανυπολογισμό του αριθμού των Φ/Β για αντιστάθμισμα των απωλειών της ταχύτητας του ανέμου. Εάν το αιολικό δυναμικό είναι επαρκές, προχωράμε σε επιτόπια έρευνα στην Α΄ περιοχή προς εύρεση των υπολοίπων δεδομένων και των ηλεκτρικών φορτίων των δύο οικισμών.
- Στη συνέχεια, προχωρούμε στη βελτιστοποίηση και στην εύρεση του κόστους εγκατάστασης και ελέγχουμε εάν ικανοποιείται ο χρόνος επιστροφής της αρχικής επένδυσης (μαζί με το κόστος πληρωμής των λογαριασμών του παρόχου για όλο το διάστημα του έργου).
- Εάν δεν ικανοποιείται ο χρόνος αυτός, τότε απαιτείται επανασχεδιασμός του συστήματος. Εάν ικανοποιείται ο χρόνος, τότε προχωρούμε στην αξιολόγηση των σεναρίων.
- Μετά την αξιολόγηση και εκπαίδευση των κατοίκων στην χρήση του συστήματος και των συσκευών, προχωράμε στη διασύνδεση των δύο κοντινών οικισμών.

- Μετά τα αποτελέσματα της Α' περιοχής προχωρούμε στην εύρεση των δεδομένων στη Β' περιοχή κ.ο.κ.



- LEGEND**
- A : Ηλιακά δεδομένα
 - B : Αιολικά Δεδομένα
 - Γ : Δημογραφικά Δεδομένα
 - Δ : Γεωγραφικά Δεδομένα
 - Ε : Γεωχωρικά Δεδομένα
 - Ζ : Δεδομένα Χρήσεων Γης
 - Η: Σενάρια Επιλογής Φ/Β
 - Θ: Σενάρια Επιλογής Μπαταριών/ Αντιστροφών/Ρυθμιστών Φόρτισης
 - Ι: Σενάρια Επιλογής Α/Γ
 - Σ1, Σ2, Σ3, Σ4 : Οι τέσσερις διαφορετικές περιοχές
 - i : Μέτρηση περιοχής

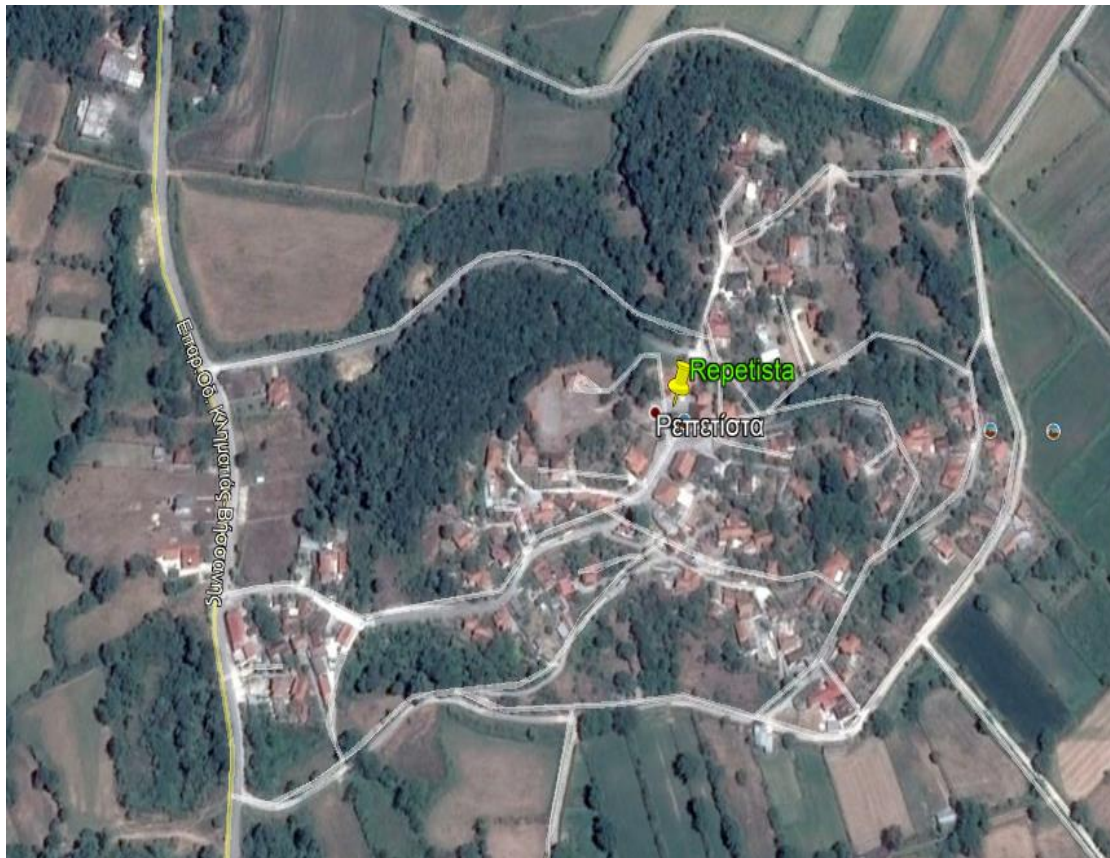
Διάγραμμα ροής μεθοδολογίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΡΙΟΧΩΝ

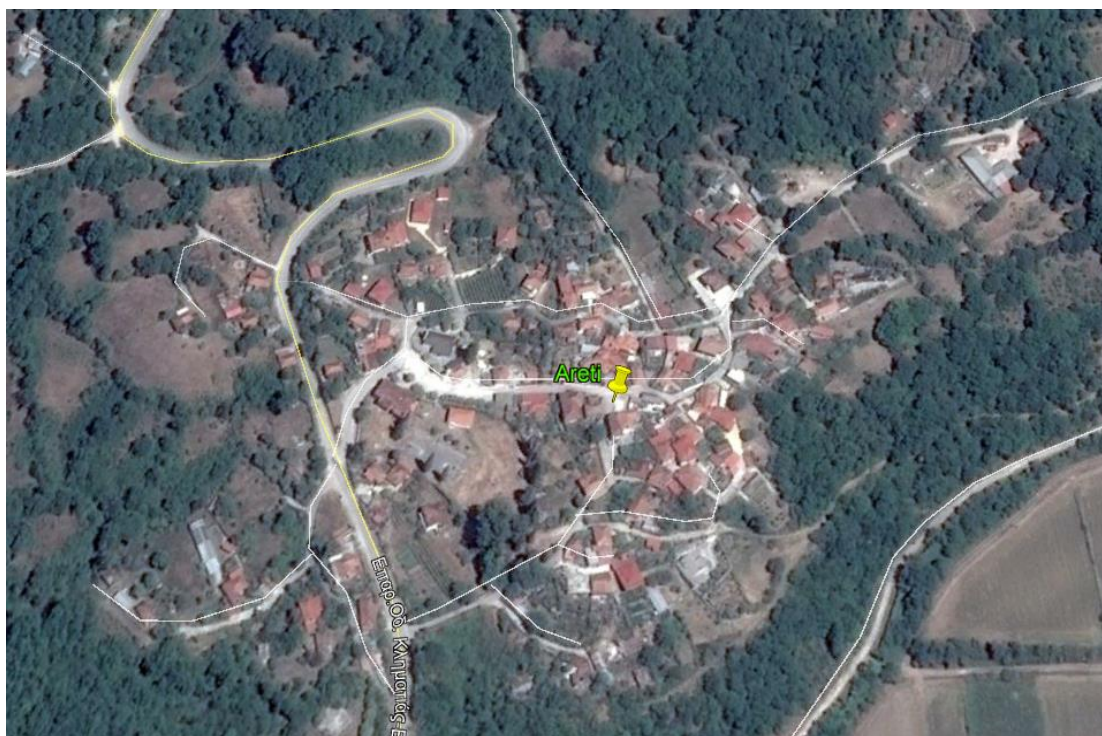
4.1 Αναλυτικά στοιχεία περιοχών

4.1.1 Περιοχή Α

Οι επιλεγμένοι οικισμοί της Περιοχής Α βρίσκονται στην περιοχή της Ηπείρου, στο Δήμο Πωγωνίου, στα χωριά Ρεπετίστα και Αρετή. Σε αυτούς τους δύο οικισμούς βρέθηκαν 83 σπίτια, 2 επιχειρήσεις και 2 δημόσια κτίρια για το χωριό Ρεπετίστα και 78 σπίτια, 2 επιχειρήσεις και 2 δημόσια κτίρια για το χωριό Αρετή.



Εικόνα 7. Οικισμός Ρεπετίστας Καλπακίου

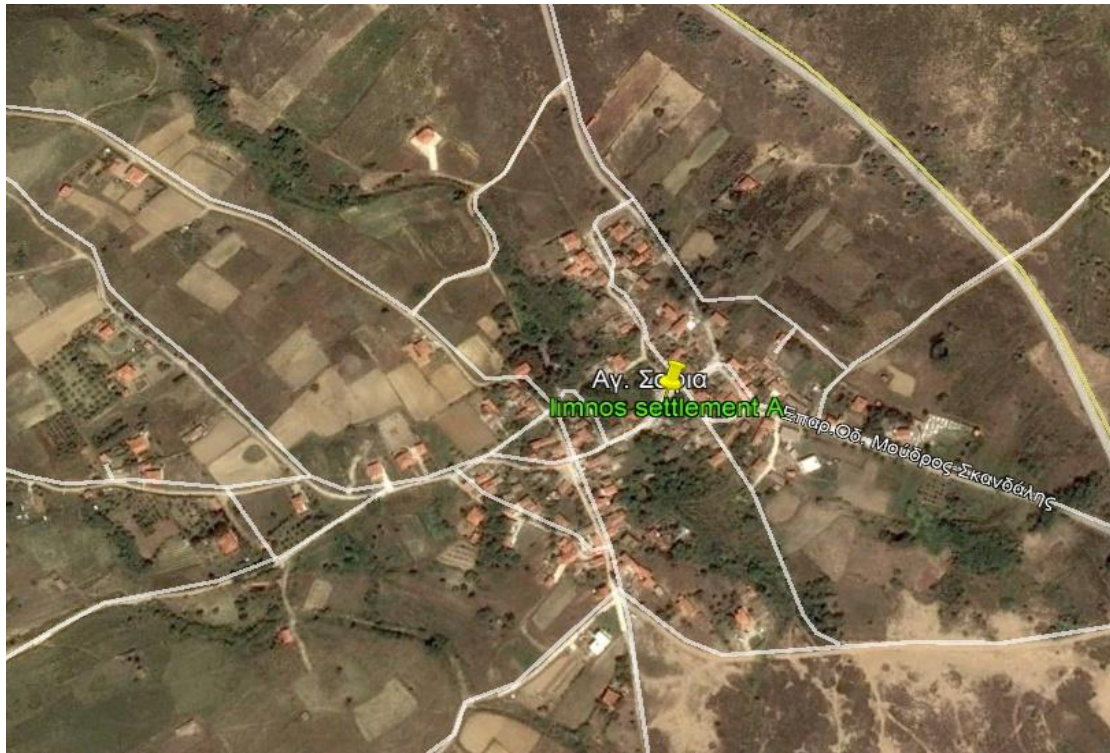


Εικόνα 8. Οικισμός Αρετής Καλπακίου

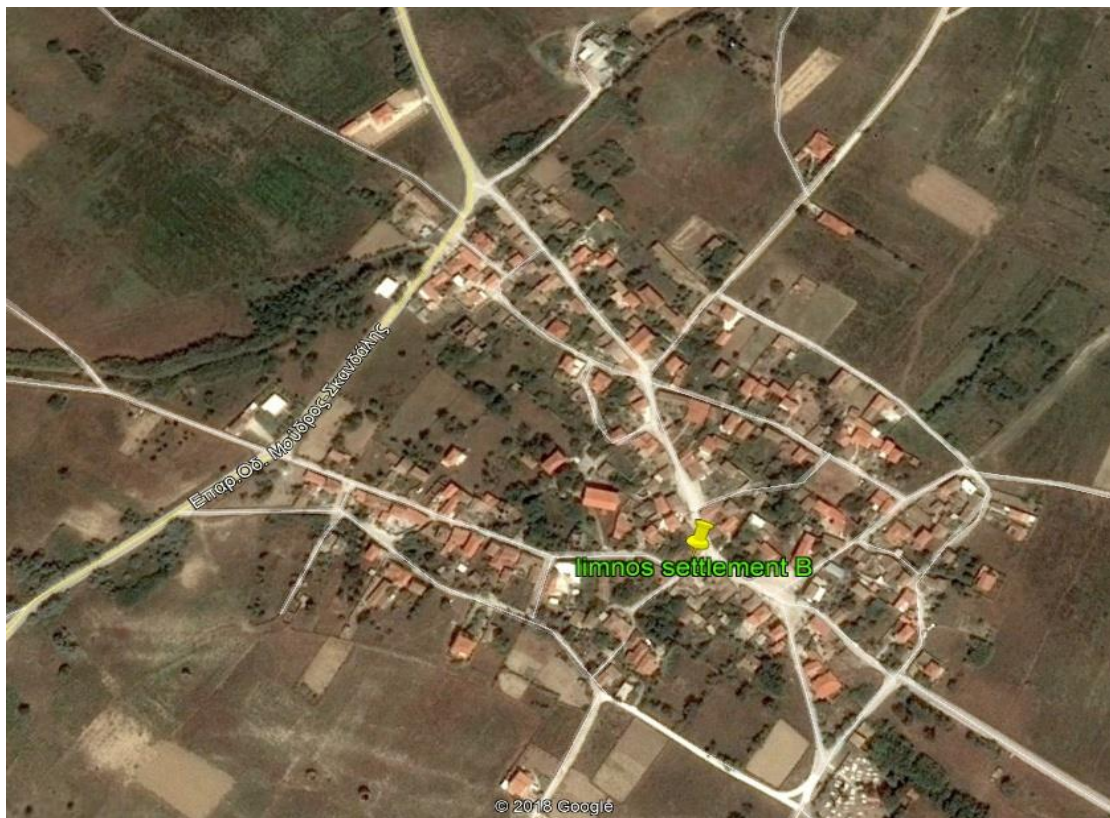
Τα απαιτούμενα ηλιακά και αιολικά δεδομένα, καθώς και οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας έχουν καταγραφεί από κοντινό μετεωρολογικό σταθμό του Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Υπάρχει ευρύ φάσμα μετεωρολογικών δεδομένων (από τον Ιούνιο του 2008 έως και τον Δεκέμβριο του 2018) και η εγγύτητα του μετεωρολογικού σταθμού εξασφαλίζει υψηλή ακρίβεια των μετρήσεων. Η μέση ηλιακή ακτινοβολία για την περίοδο αυτή είναι 1.508,9 Kwh/m² (4.13 ισοδύναμες ώρες ηλίου - ESH). Η μέση ταχύτητα του ανέμου είναι 1,3 m/s, η μέγιστη θερμοκρασία είναι 23°C και η ελάχιστη θερμοκρασία είναι 8,5°C.

4.1.2 Περιοχή Β

Οι επιλεγμένοι οικισμοί της Περιοχής Β βρίσκονται στη Λήμνο, στα χωριά Αγία Σοφία και Φισίνη. Σε αυτούς τους δύο οικισμούς βρέθηκαν 78 σπίτια, 1 επιχείρηση και 2 δημόσια κτίρια για το χωριό Αγία Σοφία και 102 σπίτια και 2 δημόσια κτίρια για το χωριό Φισίνη.



Εικόνα 9. Οικισμός Αγίας Σοφίας Λήμνου

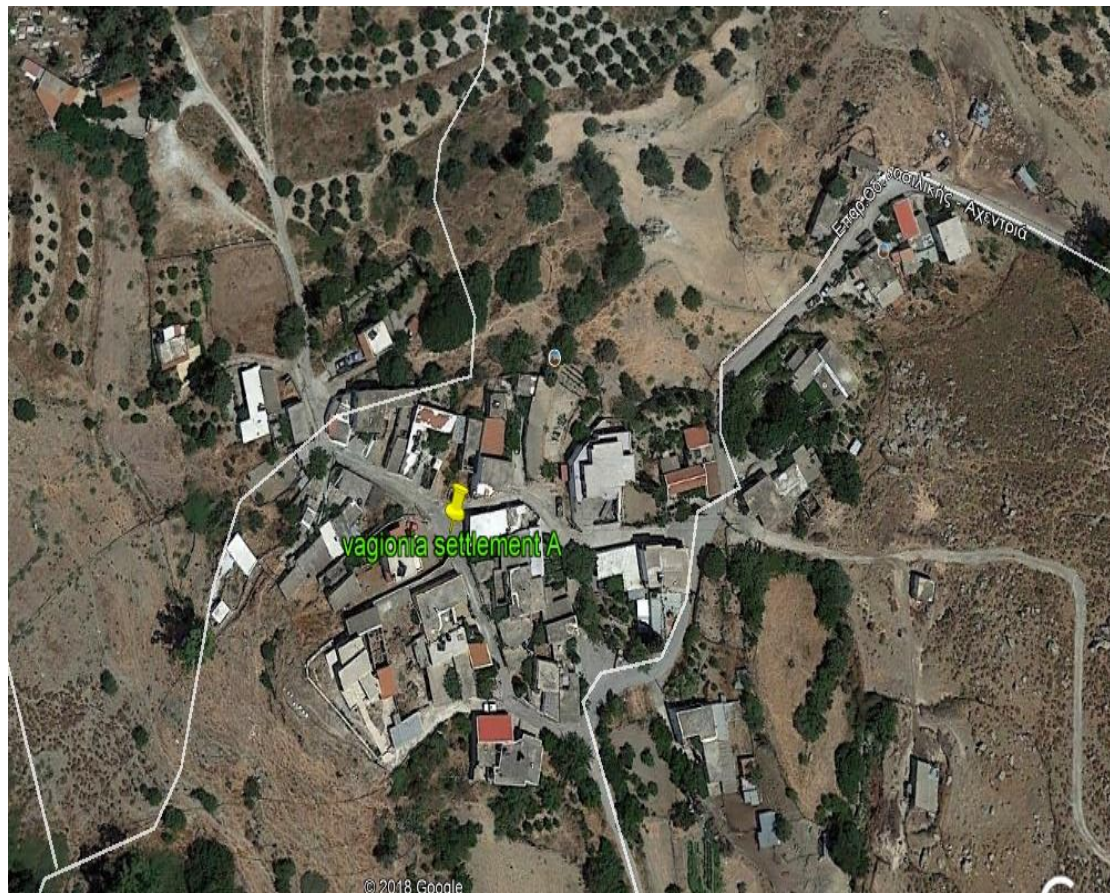


Εικόνα 10. Οικισμός Φισίνης Λήμνου

Τα απαιτούμενα ηλιακά και αιολικά δεδομένα, καθώς και οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας έχουν καταγραφεί από μετεωρολογικό σταθμό σε κοντινή περιοχή ιδιοκτησίας Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (Lagouvardos et al., 2017). Η μέση ηλιακή ακτινοβολία είναι 1.591,2 Kwh/m² (4,36 ισοδύναμες ώρες ηλίου - ESH). Ο μέσος όρος της μέγιστης μετρήσιμης ταχύτητας ανέμου σε περίοδο 24 ωρών είναι 4,5 m/s στις 12:00 μ.μ. και η μέση μετρήσιμη ταχύτητα ανέμου σε συνολικά 24 ώρες είναι 3,1 m/s και τέλος η μέγιστη θερμοκρασία 19,2°C και η ελάχιστη θερμοκρασία είναι 14,7°C.

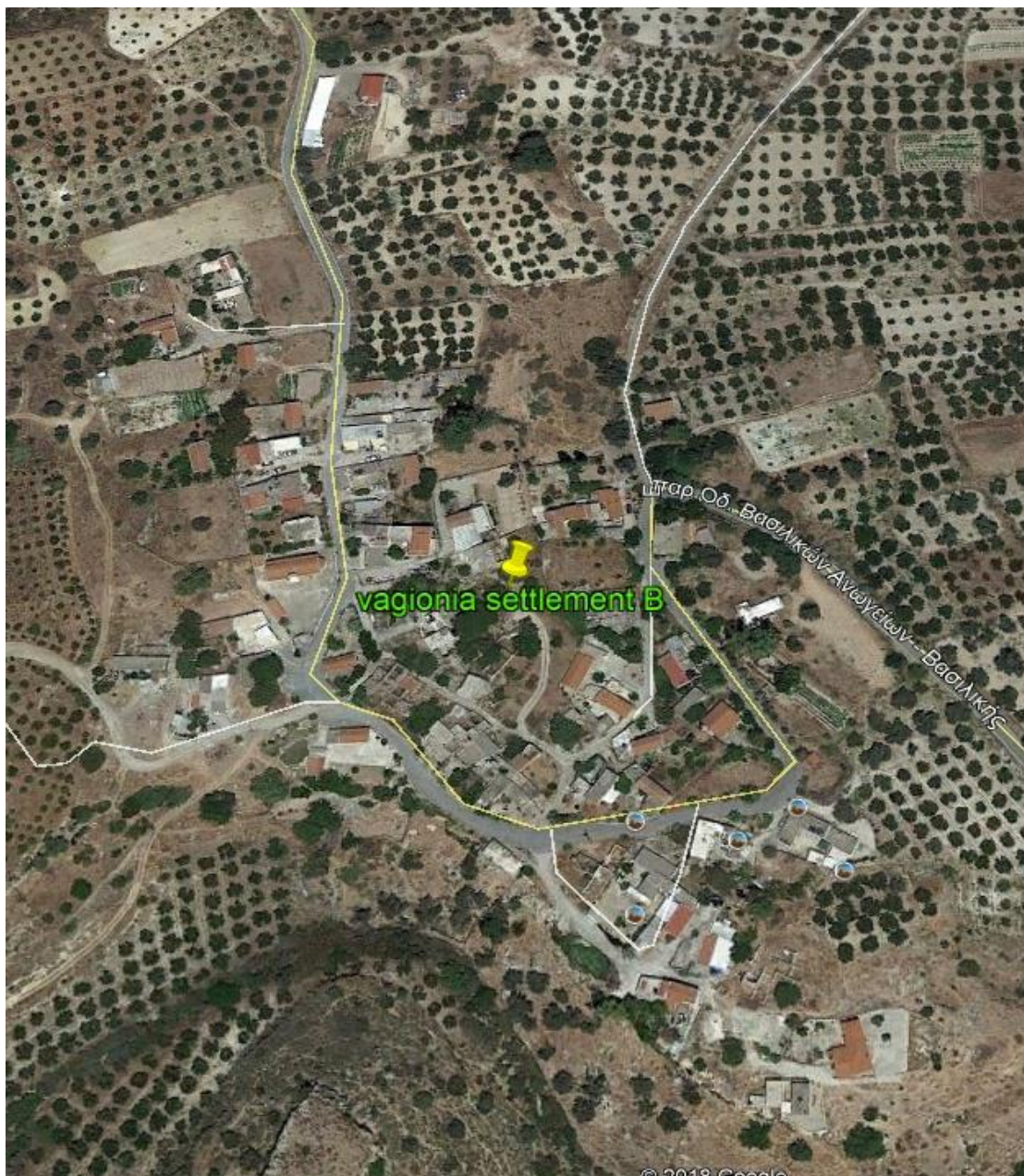
4.1.3 Περιοχή C

Οι επιλεγμένοι οικισμοί της Περιοχής C βρίσκονται στην περιοχή της νότιας Κρήτης, στο Δήμο Γόρτυνας, στα χωριά Κουμάσα και Κανδύλα. Σε αυτούς τους δύο οικισμούς βρέθηκαν 44 σπίτια, 1 επιχείρηση και 1 δημόσιο κτίριο για το χωριό Κουμάσα και 35 κατοικίες, 1 επιχείρηση και 1 δημόσιο κτίριο για το χωριό Κανδύλα.



Εικόνα 11. Οικισμός Κουμάσα Ηρακλείου Κρήτης

Τα απαιτούμενα ηλιακά και αιολικά δεδομένα, καθώς και οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας καταγράφηκαν επίσης από ένα μετεωρολογικό σταθμό σε κοντινή περιοχή ιδιοκτησίας Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (Lagouvardos et al., 2017). Η μέση ηλιακή ακτινοβολία είναι $1.803,8 \text{ Kwh/m}^2$ (4.94 ισοδύναμες ώρες ηλίου - ESH). Ο μέσος όρος της μέγιστης μετρήσιμης ταχύτητας ανέμου σε περίοδο 24 ωρών είναι $3,6 \text{ m/s}$ στις 14:00 μ.μ. και η μέση μετρήσιμη ταχύτητα ανέμου σε σύνολο 24 ωρών είναι $2,3 \text{ m/s}$ και τέλος η μέγιστη η θερμοκρασία είναι 18°C και η ελάχιστη θερμοκρασία είναι $17,8^\circ\text{C}$.



Εικόνα 12. Οικισμός Κανδύλα Ηρακλείου Κρήτης

4.1.4 Περιοχή D

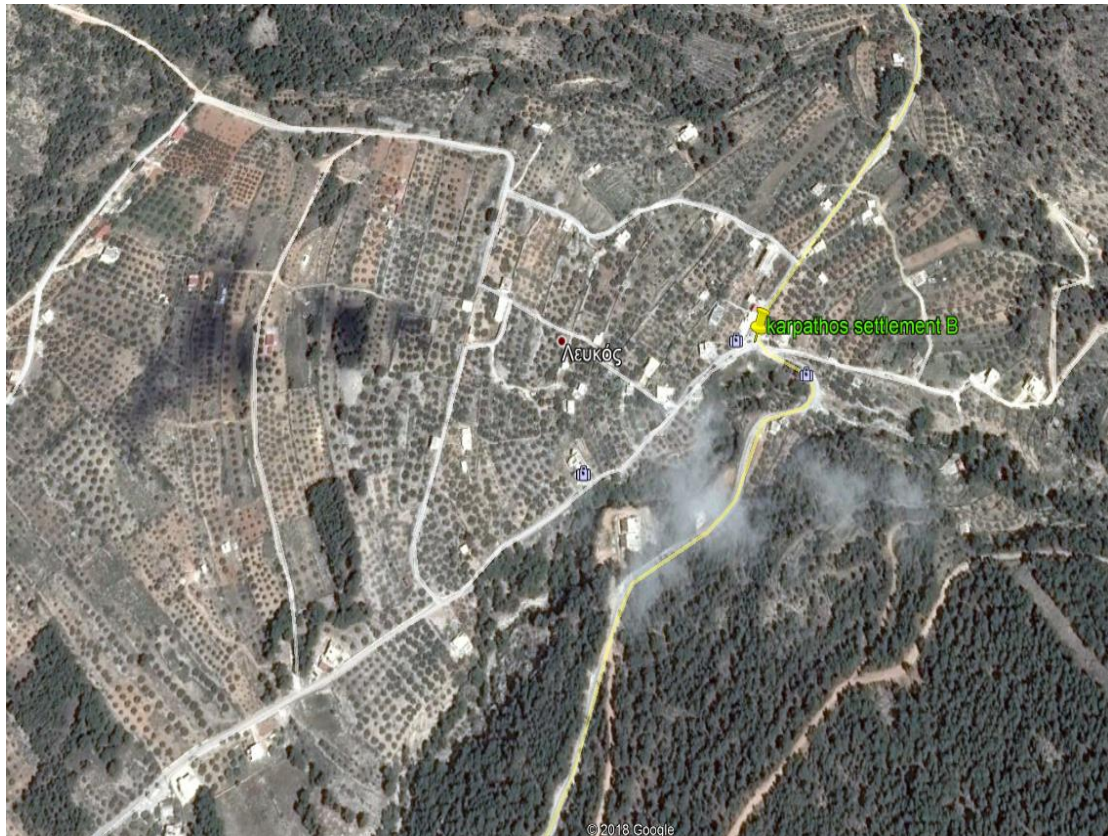
Οι επιλεγμένοι οικισμοί της Περιοχής D βρίσκονται στην Κάρπαθο, στο Δήμο Καρπάθου, στα χωριά Κάτω Λευκός και Λευκός. Σε αυτούς τους οικισμούς βρέθηκαν 45 σπίτια και 17 επιχειρήσεις για το χωριό Κάτω Λευκός και 40 κατοικίες και 3 επιχειρήσεις για το χωριό Λευκός.



Εικόνα 13. Οικισμός Κάτω Λευκός Καρπάθου

Τα απαιτούμενα ηλιακά και αιολικά δεδομένα, καθώς και οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας καταγράφηκαν επίσης από μετεωρολογικό σταθμό σε κοντινή

περιοχή ιδιοκτησίας Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (Lagouvardos et al., 2017). Η μέση ηλιακή ακτινοβολία είναι 1.824,7 Kwh/m² (5 ισοδύναμες ώρες ηλίου - ESH). Ο μέσος όρος της μέγιστης μετρήσιμης ταχύτητας ανέμου σε περίοδο 24 ωρών είναι 5,1 m/s στις 14:00 μ.μ. και η μέση μετρήσιμη ταχύτητα ανέμου σε συνολικά 24 ώρες είναι 4,3 m/s και τέλος η μέγιστη θερμοκρασία 19,2°C και η ελάχιστη θερμοκρασία είναι 19,1°C.



Εικόνα 14. Οικισμός Λευκός Καρπάθου

4.2 Φορτία οικισμών με το χαμηλότερο ηλιακό & αιολικό δυναμικό

Η μελέτη εγκατάστασης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ξεκίνησε με τους δύο οικισμούς οι οποίοι έχουν τις χαμηλότερες τιμές ηλιακού και αιολικού δυναμικού και οι οποίοι, όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, ανήκουν στην Περιοχή Α.

Με συνεχείς επισκέψεις μας στους δύο οικισμούς και με τη βοήθεια κυρίως των Προέδρων τους αλλά και δευτερευόντως αρκετών κατοίκων, μετρήσαμε τους μόνιμους και μη μόνιμους κατοίκους και τις κατοικίες αυτών, την κατανάλωση ή μη

ηλεκτρικού ρεύματος καθώς και τις τιμές κατανάλωσης ηλεκτρικών φορτίων από τη Δημόσια Υπηρεσία Παροχής Ρεύματος, την μόνωση ή όχι του κάθε κτηρίου, τους ενεργειακούς ή μη λαμπτήρες σε κάθε κατοικία καθώς και τους λαμπτήρες οδοφωτισμού του οικισμού, την αναλυτική περιγραφή και καταγραφή των ηλεκτρικών συσκευών, το υψόμετρο της κάθε κατοικίας καθώς και τις διαστάσεις της οροφής (επικλινούς στέγης) και τις διαστάσεις της κάτοψης της πλάκας του τελευταίου ορόφου (ταράτσα-επίπεδη οροφή). Από τις διαστάσεις αυτές υπολογίσαμε τη δυνατότητα τοποθέτησης Φ/Β πλαισίων σε κάθε διαθέσιμη στέγη των δύο οικισμών. Στην περίπτωση της επικλινούς στέγης η μέση επιφάνεια που μπορεί να καταλαμβάνει ένα περίπου κιλοβάτ εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών πλαισίων προσεγγίζει τα 8 τετραγωνικά μέτρα. Σε μια επικλινή στέγη όμως θα πρέπει να τοποθετήσουμε το φωτοβολταϊκό σύστημα μόνο στην πλευρά που "κοιτάζει" προς τον Νότο. Στην περίπτωση της επίπεδης επιφάνειας χρειάζονται χονδρικά 15 περίπου τετραγωνικά μέτρα ανά εγκατεστημένο κιλοβάτ. Πήραμε ως βάση φωτοβολταϊκό πλαίσιο 275 w, με διαστάσεις $1,65m \times 0,99m = 1,63m^2$ και απόδοση 16,82% και η μέγιστη φέρουσα ικανότητα φωτοβολταϊκών πλαισίων των στεγών για τους δύο οικισμούς φαίνεται στον Πίνακα 18.

	ΡΕΠΕΤΙΣΤΑ	ΑΡΕΤΗ
	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ 1,63m ²	
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ (ΣΕ ΠΑΝΕΛΣ) (1kw/8m ²)	788	694
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ (ΣΕ ΠΑΝΕΛΣ) (1kw/15m ²)	123	34
ΣΥΝΟΛΟ	911	728

Πίνακας 18. Μέγιστη φέρουσα ικανότητα φωτοβολταϊκών πλαισίων

Κατόπιν, και με τη βοήθεια του πίνακα κατανάλωσης ηλεκτρικών συσκευών της ΔΕΗ (www.dei.gr/el/katanalwsi-oikiakwn-suskeuwn) - (Πίνακας 19) υπολογίσαμε την κατανάλωση των ηλεκτρικών συσκευών των δύο οικισμών γνωρίζοντας τα εξής :

- Οι μη μόνιμες κατοικίες έχουν όλες τις συσκευές κλειστές εκτός από τα ψυγεία και τους καταψύκτες. Από αυτές, οκτώ μη μόνιμες κατοικίες στον

οικισμό Ρεπετίστα και έξι κατοικίες στον οικισμό Αρετή δεν καταναλώνουν ρεύμα

- Οι μη μόνιμοι κάτοικοι του οικισμού Ρεπετίστα μένουν κατά μέσο όρο 1 μήνα το χειμώνα (Απρίλιο) και 2 μήνες το καλοκαίρι (Ιούλιο – Αύγουστο), ενώ οι μη μόνιμοι κάτοικοι του οικισμού Αρετή μένουν κατά μέσο όρο 2 μήνες το καλοκαίρι (Ιούλιο - Αύγουστο).
- Οι κλειστές κατοικίες δεν καταναλώνουν ρεύμα.
- Ημέρες χειμώνα:181 (Νοέμβριος - Απρίλιος) Ημέρες καλοκαιριού:184 (Μάιος - Οκτώβριος).
- Οι Δημοτικοί λαμπτήρες λειτουργούν κατά μέσο όρο 13 ώρες το χειμώνα και 9 ώρες το καλοκαίρι.
- Το αγροτικό ιατρείο είναι ανοικτό κάθε 15 ημέρες από 8:00 έως 13:00.

ΣΥΣΚΕΥΗ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΙΣΧΥΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ
		W	KWh
Ηλεκτρικό σίδερο	1 ώρα	1000	1
Ηλεκτρική σκούπα	1 ώρα	1000	1
Φριτέζα	25 λεπτά	1600	0,4
Καφετιέρα	10 λεπτά	900	0,15
Μίξερ	1 γλυκό (3 λεπτά)	180	0,009
Τηλεόραση (έγχρωμη)	1 ώρα	41	0,04
Αναμονή τηλεόρασης	1 ώρα	8	0,008
Βίντεο	1 ώρα	33	0,033
Αναμονή βίντεο	1 ώρα	8	0,008
Στερεοφωνικό	1 ώρα	30	0,03
Αναμονή στερεοφωνικού	1 ώρα	8	0,008
Η/Υ (PC)	1 ώρα	250	0,25
Αυτόματος τηλεφωνητής	1 ώρα	3	0,003
Αποκωδικοποιητής συνδρομικής τηλεόρασης	1 ώρα	15	0,015
Πλυντήριο πιάτων μεγάλο	65 °C / γεμάτο	3200	1,6
Πλυντήριο πιάτων μεγάλο	55 °C / γεμάτο	3200	1,3
Πλυντήριο πιάτων μεγάλο	40 °C / γεμάτο	3200	0,5
Πλυντήριο πιάτων μεγάλο	55 °C / γεμάτο (οικονομικό πρόγρ/μα)	3200	0,80
Πλυντήριο ρούχων	95° C / 5κ. ρούχα	2800	1,8
Πλυντήριο ρούχων	60° C / 5κ. ρούχα	2800	1,4
Πλυντήριο ρούχων	40° C / 5κ. ρούχα	2800	0,50
Πλυντήριο ρούχων	60° C / 5κ. ρούχα (χωρίς πρόπλυση)	2800	1,3

Ψυγείο χωρίς κατάψυξη	24 ώρες	90	0,3
Ψυγείο με κατάψυξη 131 λίτρων	24 ώρες	90	0,5
Καταψύκτης 228 λίτρων	24 ώρες	110	1,05
Θερμοσίφωνας 10 Λίτρων	50 °C	2000	0,33
Θερμοσίφωνας 80 Λίτρων	50 °C	4000	2,6
Ηλιακός Θερμοσίφωνας	με ηλιοφάνεια	0	0
Μεγάλο μάτι	1 ώρα	2000	2
Μεσαίο μάτι	1 ώρα	1500	1,5
Μεσαίο μάτι	1 φαγητό για 4 άτομα	1500	1,8
Φούρνος απλός	ψητό 1,8 κιλά	2700	3,23
Φούρνος απλός	1 κέικ (50 λεπτά)	2700	2,25
Φούρνος μικροκυμάτων	5 λεπτά	800	0,06
Φούρνος μικροκυμάτων	5 λεπτά	360	0,03
Ανεμιστήρας οροφής	1 ώρα	150	0,15
Ανεμιστήρας δαπέδου	1 ώρα	60	0,06
Κλιματιστικό	1 ώρα		
(ψύξη 9000 Btu)	σε χώρο 15 τ.μ.	1000	1
Ηλεκτρικό θερμαντικό σώμα	1 ώρα	2000	2
Αερόθερμο	1 ώρα	2000	2
Κλιματιστικό	1 ώρα		
(θέρμανση 9000 Btu)	(με αντλία θερμότητας)	1000	1
Λαμπτήρας Κοινός 100W	1 ώρα	100	0,1
Λαμπτήρας Κοινός 60W	1 ώρα	60	0,06
Λαμπτήρας Χαμηλής κατανάλωσης 20W	1 ώρα		
	(ίδιας φωτεινότητας με κοινό 100W)	20	0,02
Στεγνωτήριο	1 ώρα	2500	2,5
Απορροφητήρας	1 ώρα	80	0,08
	Αντιστοιχίες Λαμπτήρων Χαμηλής Κατανάλωσης	Λαμπτήρες Κοινοί	
	5 W	25 W	
	7 W	40 W	
	11 W	60 W	
	15 W	75 W	
	20 W	100 W	
	23 W	120 W	

Πίνακας 19. Καταναλώσεις ηλεκτρικών συσκευών

Με αυτό τον τρόπο προχωρήσαμε στη σύνταξη των παρακάτω Πινάκων (Πίνακας 20 και Πίνακας 21) όπου αποτυπώνονται οι αναλυτικές καταναλώσεις των οικισμών Ρεπετίστα και Αρετή του Δήμου Καλπακίου.

Ας σημειωθεί εδώ ότι, οι πραγματικές καταναλώσεις των δύο οικισμών (Ρεπετίστα και Αρετή του Δήμου Πωγωνίου), οι οποίοι διαθέτουν χαμηλό ηλιακό και αιολικό δυναμικό, βρίσκονται πολύ κοντά στις καταναλώσεις που μας προμήθευσε ο πάροχος ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό συμβαίνει διότι, από την επιτόπια παρουσία μας στους δύο οικισμούς, έγινε λεπτομερής καταγραφή όλων των ηλεκτρικών συσκευών (σε μόνιμες και μη μόνιμες κατοικίες), καθώς και των ωρών κατανάλωσης αυτών. Η μικρή διαφορά που υπάρχει, βρίσκεται στη μη μέτρηση της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος από τις εκκλησίες των δύο οικισμών, οι οποίες δεν μας προμήθευσαν με τα στοιχεία κατανάλωσης του ηλεκτρικού τους φορτίου.

		ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗ (Kwh)/ημ έρα	ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗ (Kwh)/έτ ος		ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗ (Kwh)/ημ έρα	ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗ (Kwh)/έτος		ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗ (Kwh)/ημ έρα	ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗ (Kwh)/έτ ος		ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗ (Kwh)/ημ έρα	ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗ (Kwh)/έτος
	ΨΥΓΕΙΑ			ΚΟΥΖ ΙΝΕΣ			ΠΛ. ΡΟΥΧ ΩΝ			ΠΛ. ΠΙΑΤ ΩΝ		
ΜΟΝΙΜ ΕΣ ΚΑΤΟΙΚ ΙΕΣ 36	38	19,152	6995,3	34	122,4	44706,6	30	42,0	15340,5	2	1,6	584,4
ΜΗ ΜΟΝΙΜ ΕΣ ΚΑΤΟΙΚ ΙΕΣ 26	27	13,608	4970,3	27	97,2	8748,0	27	37,8	3402,0	3	2,4	216,0
ΚΛΕΙΣΤ ΕΣ ΚΑΤΟΙΚ ΙΕΣ 21	20	0	0	19	0	0	13		0	0	0	0
		ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗ (Kwh)/ημ έρα	ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗ (Kwh)/έτ ος- χειμώνα	ΚΑΤΑ ΝΑΛΩ ΣΗ (Kwh)/ ημέρα	ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗ (Kwh)/έτ ος- καλοκαίρ ι	ΣΥΝΟΛΙΚ Η ΚΑΤΑΝΑ ΛΩΣΗ ΚΛΙΜΑ		ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗ (Kwh)/ημ έρα	ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗ (Kwh)/έτ ος- χειμώνα	ΚΑΤΑ ΝΑΛΩ ΣΗ (Kwh)/ ημέρα	ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗ (Kwh)/έτ ος- καλοκαίρ ι	ΣΥΝΟΛΙΚ Η ΚΑΤΑΝΑ ΛΩΣΗ TV
	ΚΛΙΜΑ ΤΙΣΤΙΚΟ	ΚΛΙΜΑ (ΧΕΙΜΩ ΝΑ)		ΚΛΙΜ Α (ΚΑΛ ΟΚΑΙΡ Ι)			ΤΗΛΕ ΟΡΑΣ Η					
ΜΟΝΙΜ ΕΣ ΚΑΤΟΙΚ ΙΕΣ 36	2	2	365,25	6	1095,75	1461	47	10,34	1888,34	8,46	1545,01	3433,4
ΜΗ ΜΟΝΙΜ ΕΣ ΚΑΤΟΙΚ ΙΕΣ 26	5	5	150	15	900	1050	28	6,16	184,80	5,04	302,40	487,2
ΚΛΕΙΣΤ ΕΣ ΚΑΤΟΙΚ ΙΕΣ 21	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0

		ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗ (Kwh)/ημ έρα	ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗ (Kwh)/έτ ος		ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗ (Kwh)/ημ έρα	ΚΑΤΑΝΑ ΛΩΣΗ (Kwh)/έτος		ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗ (Kwh)/ημ έρα	ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗ (Kwh)/έτ ος		ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗ (Kwh)/ημ έρα	ΚΑΤΑΝΑ ΛΩΣΗ (Kwh)/έτος
	ΣΚΟΥΠ Α			ΣΤΕΓ ΝΩΤΗ ΡΙΟ			ΑΠΟΡ ΡΟΦΗ ΤΗΡΑ Σ			ΚΑΤΑ ΨΥΚΤ ΗΣ		
ΜΟΝΙΜ ΕΣ ΚΑΤΟΙΚ ΙΕΣ 36	26	13	4748,3	1	1,25	456,6	29	4,64	1694,8	5	5,280	1928,5
ΜΗ ΜΟΝΙΜ ΕΣ ΚΑΤΟΙΚ ΙΕΣ 26	22	11	990	1	1,25	112,5	23	3,68	331,2	1	1,056	385,7
ΚΛΕΙΣΤ ΕΣ ΚΑΤΟΙΚ ΙΕΣ 21	10	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0
		ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗ (Kwh)/ημ έρα	ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗ (Kwh)/έτ ος- χειμώνα	ΚΑΤΑ ΝΑΛΩ ΣΗ (Kwh)/ ημέρα	ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗ (Kwh)/έτ ος- καλοκαίρ ι	ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΤΑΝΑ ΛΩΣΗΣ ΚΑΝΟΝΙΚ ΩΝ ΛΑΜΠΤΗ ΡΩΝ		ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗ (Kwh)/ημ έρα	ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗ (Kwh)/έτ ος- χειμώνα	ΚΑΤΑ ΝΑΛΩ ΣΗ (Kwh)/ ημέρα	ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗ (Kwh)/έτ ος- καλοκαίρ ι	ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΤΑΝΑ ΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΩΝ ΛΑΜΠΤΗ ΡΩΝ
	ΛΑΜΠΤ ΗΡΕΣ ΚΑΝΟΝΙ ΚΟΙ						ΛΑΜΠ ΤΗΡΕ Σ ΕΝΕΡΓ ΕΙΑΚ ΟΙ					
ΜΟΝΙΜ ΕΣ ΚΑΤΟΙΚ ΙΕΣ 36	334	100,2	18299,0	80,16	14639,22	32938,2	47	4,7	858,338	3,76	686,67	1545,0
ΜΗ ΜΟΝΙΜ ΕΣ ΚΑΤΟΙΚ ΙΕΣ 26	300	90,0	2700,0	72,00	4320,00	7020,0	5	0,5	15,000	0,40	24,00	39,0
ΚΛΕΙΣΤ ΕΣ ΚΑΤΟΙΚ ΙΕΣ 21	157	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗ (Kwh)/ημ έρα	ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗ (Kwh)/έτ ος									
	Η/Υ											
ΑΓΡΟΤΙ ΚΟ ΙΑΤΡΕΙΟ	1	1,25	30									
ΔΗΜΟΤΙ ΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜ ΟΣ							43	11,18	2041,75	7,74	1413,518	3455,3
ΑΓΡΟΤΙ ΚΟ ΙΑΤΡΕΙΟ	30	9	108	9	108	216						
Μ.Ο. ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ ΜΗ ΜΟΝΙΜΩΝ ΚΑΤΟΙΚΩΝ 90 ΗΜΕΡΕΣ												

Πίνακας 20. Συνολική κατανάλωση οικισμού Ρεπετίστας

ΚΛΕΙΣΤ ΕΣ ΚΑΤΟΙΚ ΙΕΣ 11	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
		ΚΑΤΑ ΝΑΛΩ ΣΗ (Kwh)/ ημέρα	ΚΑΤΑ ΝΑΛΩ ΣΗ (Kwh)/ έτος- χειμών ας	ΚΑΤΑ ΝΑΛΩ ΣΗ (Kwh)/ ημέρα	ΚΑΤΑ ΝΑΛΩ ΣΗ (Kwh)/ έτος- καλοκα ίρι	ΣΥΝΟΛ Ο ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗΣ ΚΑΝΟΝ ΟΚΩΝ ΛΑΜΠΤ ΗΡΩΝ		ΚΑΤΑ ΝΑΛΩ ΣΗ (Kwh)/ ημέρα	ΚΑΤΑΝΑ ΛΩΣΗ (Kwh)/έτος -χειμώνας	ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗ (Kwh)/ημ έρα	ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗ (Kwh)/έτ ος- καλοκαίρ ι	ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΤΑΝΑΛΩ ΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚ ΩΝ ΛΑΜΠΤΗΡΩ Ν
	ΛΑ ΜΠ ΤΗΡ ΕΣ ΚΑΝ ΟΝΙ ΚΟΙ						ΛΑ ΜΠ ΤΗ ΡΕΣ ΕΝ ΕΡΓ ΕΙΑ ΚΟΙ					
ΜΟΝΙΜ ΕΣ ΚΑΤΟΙΚ ΙΕΣ 36	306	91,8	16765	73,44	13412	30177,0	4	0,4	73,05	0,32	58,44	131,5
ΜΗ ΜΟΝΙΜ ΕΣ ΚΑΤΟΙΚ ΙΕΣ 31	209	62,7	1881	50,16	1504,8	3385,8	16	1,6	48	1,28	38,4	86,4
ΚΛΕΙΣΤ ΕΣ ΚΑΤΟΙΚ ΙΕΣ 11	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		ΚΑΤΑ ΝΑΛΩ ΣΗ (Kwh)/ ημέρα	ΚΑΤΑ ΝΑΛΩ ΣΗ (Kwh)/ έτος- χειμών α	ΚΑΤΑ ΝΑΛΩ ΣΗ (Kwh)/ ημέρα	ΚΑΤΑ ΝΑΛΩ ΣΗ (Kwh)/ έτος- καλοκα ίρι	ΣΥΝΟΛ Ο ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗΣ ΚΑΝΟΝ ΟΚΩΝ ΛΑΜΠΤ ΗΡΩΝ		ΚΑΤΑ ΝΑΛΩ ΣΗ (Kwh)/ ημέρα	ΚΑΤΑΝΑ ΛΩΣΗ (Kwh)/έτος -χειμώνα	ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗ (Kwh)/ημ έρα	ΚΑΤΑΝ ΑΛΩΣΗ (Kwh)/έτ ος- καλοκαίρ ι	ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΤΑΝΑΛΩ ΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚ ΩΝ ΛΑΜΠΤΗΡΩ Ν
	ΛΑ ΜΠ ΤΗΡ ΕΣ ΚΑΝ ΟΝΙ ΚΟΙ						ΛΑ ΜΠ ΤΗ ΡΕΣ ΕΝ ΕΡΓ ΕΙΑ ΚΟΙ					
ΚΑΦΕΝ ΕΙΟ	15	14,4	2630	14,4	2629,8	5259,6	1	0,32	58,44	0,32	58,44	116,9
		ΚΑΤΑ ΝΑΛΩ ΣΗ (Kwh)/ day	ΚΑΤΑ ΝΑΛΩ ΣΗ (Kwh)/ year									
	H/Y											
ΑΓΡΟΤΙ ΚΟ ΙΑΤΡΕΙΟ	1	1,25	30,0									
	ΦΟΥ ΡΝΟ Σ ΜΙΚ ΡΟΚ ΥΜ ΑΤΩ Ν											

ΚΑΦΕΝ ΕΙΟ	1	0,12	43,8									
ΔΗΜΟΤΙ ΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜ ΟΣ						20	4,8	876,6	4	730,5	1607,1	
ΑΓΡΟΤΙ ΚΟ ΙΑΤΡΕΙΟ (ΦΩΤΙΣ ΜΟΣ)	10	3				72						
Μ.Ο. ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ ΜΗ ΜΟΝΙΜΩΝ ΚΑΤΟΙΚΩΝ 60 ΗΜΕΡΕΣ												

Πίνακας 21. Συνολική κατανάλωση οικισμού Αρετής

Κατόπιν, για να δούμε πόσα φωτοβολταϊκά πλαίσια θα χρειαστούμε για την κάλυψη του κάθε οικισμού με βάση τα μέγιστα φορτία ηλεκτρικής κατανάλωσης, φτιάξαμε τους Πίνακες 22 & 23 όπου και αποτυπώνεται ο μέγιστος αριθμός φωτοβολταϊκών πλαισίων που θα χρειαστεί για τους δύο οικισμούς. Ας σημειωθεί ότι, το μέγιστο φορτίο ηλεκτρικής κατανάλωσης είναι 150.981kwh για τον οικισμό της Ρεπετίστας και 140.331kwh για τον οικισμό της Αρετής. Στους υπολογισμούς μας θα χρησιμοποιήσουμε ως μέγιστο φορτίο τις περίπου 151.000 kwh για τον πρώτο οικισμό και τις περίπου 140.400 kwh για το δεύτερο οικισμό. Η επιπλέον ηλεκτρική ενέργεια των δύο οικισμών θα διοχετεύεται, αν απαιτηθεί, μέσω διασύνδεσης στον έτερο οικισμό. Χρησιμοποιούμε επίσης για τους υπολογισμούς μας τους συντελεστές $coeff_{PV}$ και $coeff_{WT}$, οι οποίοι παρουσιάζονται αναλυτικά στην ενότητα 4.2.1.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟ Φ/Β		
Ισχύς Φ/Β	275	W
Αριθμός Φ/Β πλαισίων	1724	
Συντελεστής ($coeff_{PV}$)	0,25	Ισοδύναμο 24ωρης χρήσης
Απόδοση Φ/Β	0,1682	
Ισχύς	19935,905	W
Ενέργεια ανά ημέρα	478461,72	Wh
Ενέργεια ανά έτος	174758,14	KWh
Inverter	0,9	%
Charger	0,96	%
Συνολική παραγόμενη ενέργεια ανά έτος	150991,04	KWh
		Παραγόμενη από Φ/Β
		Διαθέσιμη στο τοπικό δίκτυο
ΦΟΡΤΙΟ		
Μέγιστη κατανάλωση ανά έτος	150.981,00	KWh

Πίνακας 22. Υπολογισμός αριθμού Φ/Β πλαισίων για τον οικισμό Ρεπετίστα

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟ Φ/Β		
Ισχύς Φ/Β	275	W
Αριθμός Φ/Β πλαισίων	1603	
Συντελεστής (coeff _{PV})	0,25	Ισοδύναμο 24ωρης χρήσης
Απόδοση Φ/Β	0,1682	
Ισχύς	18536,69125	W
Ενέργεια	444880,59	Wh
ανά ημέρα	444,88	KWh
Ενέργεια ανά έτος	162492,64	KWh
Inverter	0,9	%
Charger	0,96	%
Συνολική παραγόμενη ενέργεια ανά έτος	140393,64	KWh
ΦΟΡΤΙΟ		
Μέγιστη κατανάλωση ανά έτος	140.331,00	KWh
ΔΙΑΦΟΡΑ	62,64	KWh

Παραγόμενη από Φ/Β

Διαθέσιμη στο τοπικό δίκτυο

Πίνακας 23. Υπολογισμός αριθμού Φ/Β πλαισίων για τον οικισμό Αρετή

Από τους δύο Πίνακες προκύπτει ότι τα Φ/Β πλαίσια που απαιτούνται για την κάλυψη των δύο οικισμών με βάση την μέγιστη ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικού φορτίου είναι 1724 Φ/Β για τον οικισμό της Ρεπετίστας και 1603 Φ/Β για τον οικισμό της Αρετής.

Με βάση τις ηλεκτρικές καταναλώσεις του κάθε οικισμού, καθώς και του αριθμού των Φ/Β πλαισίων, προχωρήσαμε στην αποτύπωση της μέσης 24ώρης ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης (Πίνακες 24 & 25) και φτιάξαμε τα Γραφήματα 1,2 των δύο οικισμών. Ας σημειωθεί ότι η αποτύπωση της κατανάλωσης αντιστοιχεί σε κατανάλωση με πλήρες φορτίο, δηλαδή με όλους τους κατοίκους του οικισμού μόνιμους και μη μόνιμους παρόντες και με βάση τους υπολογισμούς που έγιναν. Αυτό θα είναι και το μέγιστο φορτίο που θα πρέπει να καλυφθεί από το σύστημά μας. Ας σημειώσουμε επίσης, ότι σύμφωνα με τους υπολογισμούς μας, το ηλεκτρικό φορτίο που καταναλώνεται στον οικισμό της Ρεπετίστας είναι περίπου 144.100 kwh ενώ η μέγιστη κατανάλωση του οικισμού για τα έτη 2012 έως και 2017, σύμφωνα με

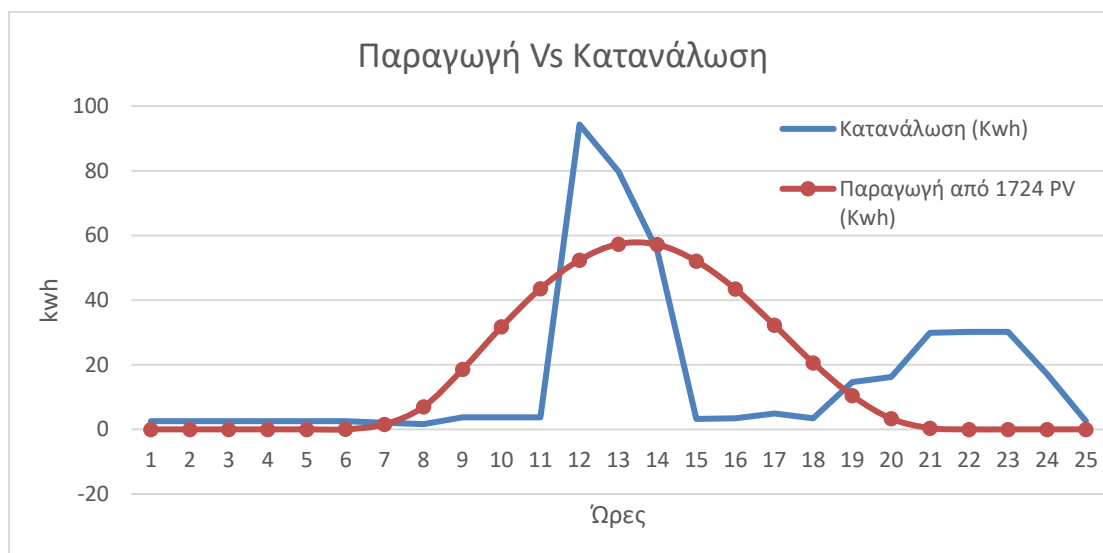
τα στοιχεία του παρόχου, είναι περίπου 151.000 kwh, ενώ το ηλεκτρικό φορτίο που καταναλώνεται στον οικισμό της Αρετής είναι περίπου 135.000 kwh ενώ η μέγιστη κατανάλωση του οικισμού για το ίδιο χρονικό διάστημα είναι περίπου 140.000 kwh.

Οι υπολογισμοί μας είναι πολύ κοντά στην πραγματικότητα πράγμα που δείχνει ότι έχουμε μία αξιόπιστη μέθοδο υπολογισμού, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε οικισμούς στους οποίους δεν έχουμε στοιχεία κατανάλωσης από τον πάροχο. Αυτό συμβαίνει διότι μετρήσαμε τον ακριβή αριθμό των συσκευών που υπάρχει στους δύο οικισμούς και πήραμε το μέγιστο φορτίο αυτών. Επίσης υπολογίσαμε και τον αριθμό των ημερών των διακοπών των μη μόνιμων κατοίκων και υποθέσαμε χρήση μέγιστου ηλεκτρικού φορτίου από αυτές κατά τη διάρκεια των διακοπών τους. Επίσης, οι μικρές διαφορές που υπήρξαν στις μετρήσεις μας και στον αριθμό κατανάλωσης που μας προμήθευσε ο πάροχος, ήταν λόγω του μη υπολογισμού της ηλεκτρικής κατανάλωσης από τις εκκλησίες των οικισμών.

Ώρες	Κατανάλωση (Kwh)	Παραγωγή από 1 PV (Wh)	Παραγωγή από 1 PV (Kwh)	Παραγωγή από 1724 PV (Kwh)
0:00	2,49	0	0	0
1:00	2,49	0	0	0
2:00	2,49	0	0	0
3:00	2,49	0	0	0
4:00	2,49	0	0	0
5:00	2,49	0	0	0,04
6:00	2,06	0,8	0,0008	1,58
7:00	1,63	30,3	0,0303	6,99
8:00	3,68	117,7	0,1177	18,54
9:00	3,68	244,4	0,2444	31,7
10:00	3,68	374,6	0,3746	43,55
11:00	94,31	476	0,476	52,36
12:00	79,81	546,5	0,5465	57,31
13:00	55,28	572,8	0,5728	57,16
14:00	3,19	543,4	0,5434	52,07
15:00	3,46	473,5	0,4735	43,42
16:00	4,88	374,5	0,3745	32,27
17:00	3,46	247	0,247	20,59
18:00	14,66	146,5	0,1465	10,44
19:00	16,21	57,3	0,0573	3,34
20:00	29,86	7,9	0,0079	0,4

21:00	30,15	0	0	0
22:00	30,15	0	0	0
23:00	17,07	0	0	0
23:59	2,49	0	0	0

Πίνακας 24. Μέση 24ώρη ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση (σε kwh) οικισμού Ρεπετίστας καθώς και παραγωγή φορτίου από 1724 PV

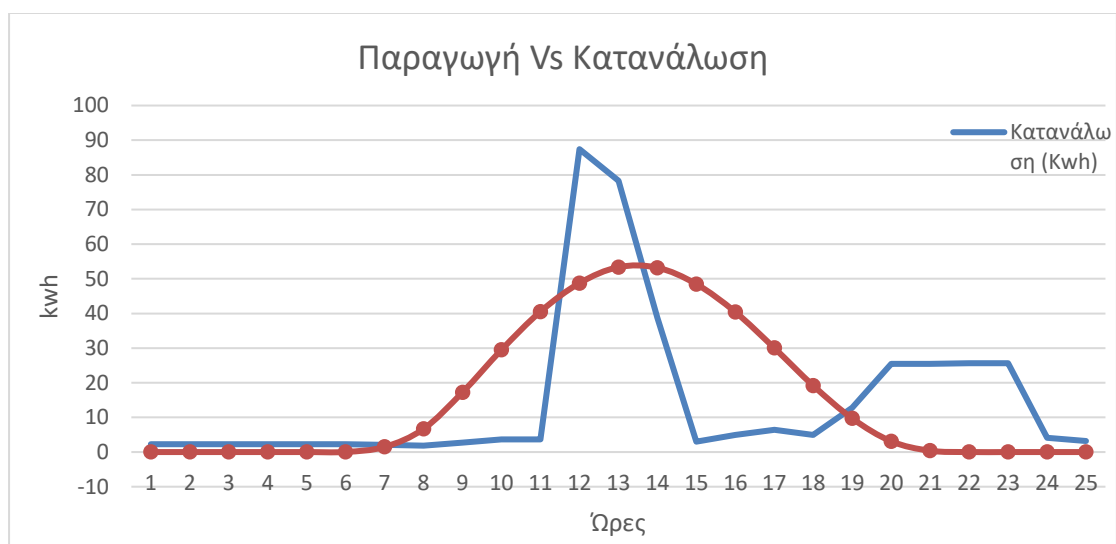


Γράφημα 1. Μέση 24ώρη ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση (σε kwh) οικισμού Ρεπετίστας καθώς και παραγωγή φορτίου από 1724 PV

Ώρες	Κατανάλωση (Kwh)	Παραγωγή από 1 PV (Wh)	Παραγωγή από 1 PV (Kwh)	Παραγωγή από 1603 PV (Kwh)
0:00	2,25	0	0	0
1:00	2,25	0	0	0
2:00	2,25	0	0	0
3:00	2,25	0	0	0
4:00	2,25	0	0	0
5:00	2,25	0	0	0,03
6:00	2,05	0,8	0,0008	1,48
7:00	1,85	30,3	0,0303	6,68
8:00	2,70	117,7	0,1177	17,26
9:00	3,62	244,4	0,2444	29,51
10:00	3,62	374,6	0,3746	40,55
11:00	87,41	476	0,476	48,75
12:00	78,32	546,5	0,5465	53,36
13:00	38,83	572,8	0,5728	53,21
14:00	3,03	543,4	0,5434	48,48

15:00	4,93	473,5	0,4735	40,42
16:00	6,43	374,5	0,3745	30,04
17:00	4,93	247	0,247	19,17
18:00	12,83	146,5	0,1465	9,71
19:00	25,48	57,3	0,0573	3,11
20:00	25,48	7,9	0,0079	0,38
21:00	25,61	0	0	0
22:00	25,61	0	0	0
23:00	4,13	0	0	0
23:59	3,17	0	0	0

Πίνακας 25. Μέση 24ώρη ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση (σε kwh) οικισμού Αρετής καθώς και παραγωγή φορτίου από 1603 PV



Γράφημα 2. Μέση 24ώρη ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση (σε kwh) οικισμού Αρετής καθώς και παραγωγή φορτίου από 1603 PV

Στους πίνακες 26 & 27 αποτυπώνεται ο μέγιστος αριθμός των φωτοβολταϊκών πλαισίων και των ανεμογεννητριών που θα χρειαστεί για τους δύο οικισμούς της Λήμνου. Ας σημειωθεί ότι, το μέγιστο φορτίο ηλεκτρικής κατανάλωσης είναι 149.174 kwh για τον οικισμό της Φισίνης και 130.854 kwh για τον οικισμό της Αγίας Σοφίας. Στους υπολογισμούς μας θα χρησιμοποιήσουμε ως μέγιστο φορτίο τις περίπου 280,000 kwh και για τους δύο οικισμούς. Η επιπλέον ηλεκτρική ενέργεια του ενός οικισμού θα διοχετεύεται, αν απαιτηθεί, μέσω διασύνδεσης, στον έτερο οικισμό.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟ Φ/Β

Ισχύς Φ/Β	275	W	
Αριθμός Φ/Β πλαισίων	1061		
Συντελεστής (coeff _{pv})	0,25		Ισοδύναμο 24ωρης χρήσης
Απόδοση Φ/Β	0,1682		
Ισχύς	12269,1388	W	
Ενέργεια	294459,33	Wh	
ανά ημέρα	294,46	KWh	
Ενέργεια ανά έτος	107551,27	KWh	Παραγόμενη από Φ/Β
Inverter	0,9	%	
Charger	0,96	%	
Συνολική παραγόμενη ενέργεια ανά έτος	92924,30	KWh	Διαθέσιμη στο τοπικό δίκτυο
ΦΟΡΤΙΟ			
Μέγιστη κατανάλωση ανά έτος	80.028,00	KWh	
ΔΙΑΦΟΡΑ	12896,30	KWh	

Πίνακας 26. Υπολογισμός αριθμού Φ/Β πλαισίων για τους δύο οικισμούς της Λήμνου

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟ Α/Γ			
Ισχύς Α/Γ	50000	W	
Αριθμός Α/Γ	2		
Συντελεστής (coeff _{wT})	0,4		Ισοδύναμο 24ωρης χρήσης
Απόδοση W/T	0,9		
Ισχύς	36000	W	
Ενέργεια	864000	Wh	
ανά ημέρα	864,00	KWh	
Ενέργεια ανά έτος	315576,00	KWh	Παραγόμενη από Α/Γ
Συντελεστής N. Betz	0,593	%	
Συνολική παραγόμενη ενέργεια ανά έτος	187136,57	KWh	Διαθέσιμη στο τοπικό δίκτυο
ΦΟΡΤΙΟ			
Μέγιστη κατανάλωση ανά έτος	200.000,00	KWh	
ΔΙΑΦΟΡΑ	-12863,43	KWh	

Πίνακας 27. Υπολογισμός αριθμού Α/Γ για τους δύο οικισμούς της Λήμνου

Στους πίνακες 28 & 29 αποτυπώνεται ο μέγιστος αριθμός των φωτοβολταϊκών πλαισίων και των ανεμογεννητριών που θα χρειαστεί για τους δύο οικισμούς της Κρήτης. Ας σημειωθεί ότι, το μέγιστο φορτίο ηλεκτρικής κατανάλωσης είναι 355.651 kwh για τον οικισμό της Κουμάσας και 114.859 kwh για τον οικισμό της Κανδύλας.

Στους υπολογισμούς μας θα χρησιμοποιήσουμε ως μέγιστο φορτίο τις περίπου 470.500 kWh και για τους δύο οικισμούς. Η επιπλέον ηλεκτρική ενέργεια του ενός οικισμού θα διοχετεύεται, αν απαιτηθεί, μέσω διασύνδεσης, στον έτερο οικισμό.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟ Φ/Β		
Ισχύς Φ/Β	275	W
Αριθμός Φ/Β πλαισίων	1869	
Συντελεστής (coeff _{PV})	0,29	Ισοδύναμο 24ωρης χρήσης
Απόδοση Φ/Β	0,1682	
Ισχύς	25070,6726	W
Ενέργεια ανά ημέρα	601696,141	Wh
	601,70	KWh
Ενέργεια ανά έτος	219769,52	KWh
		Παραγόμενη από Φ/Β
Inverter	0,9	%
Charger	0,96	%
Συνολική παραγόμενη ενέργεια ανά έτος	189880,86	KWh
		Διαθέσιμη στο τοπικό δίκτυο
ΦΟΡΤΙΟ		
Μέγιστη κατανάλωση ανά έτος	180.510,00	KWh
ΔΙΑΦΟΡΑ		
	9370,86	KWh

Πίνακας 28. Υπολογισμός αριθμού Φ/Β πλαισίων για τους δύο οικισμούς της Κρήτης

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟ Α/Γ		
Ισχύς Α/Γ	50000	W
Αριθμός Α/Γ	4	
Συντελεστής (coeff _{WT})	0,3	Ισοδύναμο 24ωρης χρήσης
Απόδοση W/T	0,9	
Ισχύς	54000	W
Ενέργεια ανά ημέρα	1296000	Wh
	1296,00	KWh
Ενέργεια ανά έτος	473364,00	KWh
		Παραγόμενη από Α/Γ
Συντελεστής N. Betz	0,593	%
Συνολική παραγόμενη ενέργεια ανά έτος	280704,85	KWh
		Διαθέσιμη στο τοπικό δίκτυο
ΦΟΡΤΙΟ		
Μέγιστη κατανάλωση ανά έτος	290.000,00	KWh
ΔΙΑΦΟΡΑ		
	-9295,15	KWh

Πίνακας 29. Υπολογισμός αριθμού Α/Γ για τους δύο οικισμούς της Κρήτης

Στους πίνακες 30 & 31 αποτυπώνεται ο μέγιστος αριθμός των φωτοβολταϊκών πλαισίων και των ανεμογεννητριών που θα χρειαστεί για τους δύο οικισμούς της Καρπάθου. Ας σημειωθεί ότι, το μέγιστο φορτίο ηλεκτρικής κατανάλωσης είναι 331.664 kWh για τον οικισμό του Κάτω Λευκού και 212.414 kWh για τον οικισμό του Λευκού. Στους υπολογισμούς μας θα χρησιμοποιήσουμε ως μέγιστο φορτίο τις περίπου 544.000 kWh και για τους δύο οικισμούς. Η επιπλέον ηλεκτρική ενέργεια του ενός οικισμού θα διοχετεύεται, αν απαιτηθεί, μέσω διασύνδεσης, στον έτερο οικισμό.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟ Φ/Β		
Ισχύς Φ/Β	275	W
Αριθμός Φ/Β πλαισίων	1073	
Συντελεστής (coeff _{pv})	0,29	Ισοδύναμο 24ωρης χρήσης
Απόδοση Φ/Β	0,1682	
Ισχύς	14393,1684	W
Ενέργεια	345436,04	Wh
ανά ημέρα	345,44	KWh
Ενέργεια ανά έτος	126170,51	KWh
		Παραγόμενο από Φ/Β
Inverter	0,9	%
Charger	0,96	%
Συνολική παραγόμενη ενέργεια ανά έτος	109011,32	KWh
		Διαθέσιμη στο τοπικό δίκτυο
ΦΟΡΤΙΟ		
Μέγιστη κατανάλωση ανά έτος	109.078,00	KWh
ΔΙΑΦΟΡΑ		
	-66,68	KWh

Πίνακας 30. Υπολογισμός αριθμού Φ/Β πλαισίων για τους δύο οικισμούς της Καρπάθου

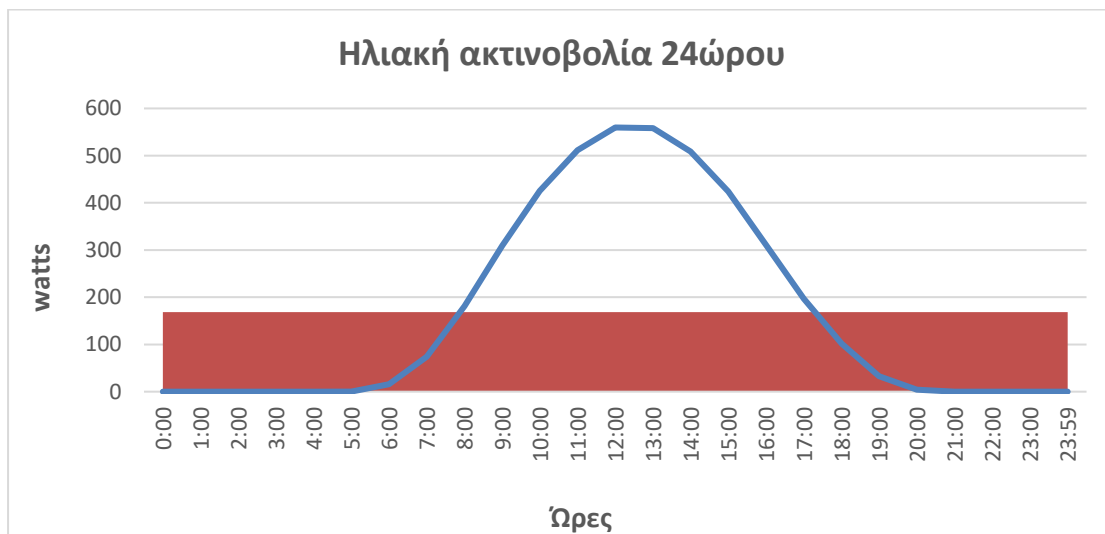
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟ Α/Γ		
Ισχύς Α/Γ	50000	W
Αριθμός Α/Γ	3	
Συντελεστής (coeff _{wT})	0,62	Ισοδύναμο για 24ωρη χρήση
Απόδοση W/T	0,9	
Ισχύς	83700	W
Ενέργεια	2008800	Wh
ανά ημέρα	2008,80	KWh
Ενέργεια ανά έτος	733714,20	KWh
		Παραγόμενο από Α/Γ
Συντελεστής N. Betz	0,593	%
Συνολική παραγόμενη	435092,52	KWh
		Διαθέσιμη στο τοπικό δίκτυο

ενέργεια ανά έτος	
ΦΟΡΤΙΟ	
Μέγιστη κατανάλωση ανά έτος	435.000,00 KWh
ΔΙΑΦΟΡΑ	92,52 KWh

Πίνακας 31. Υπολογισμός αριθμού Α/Γ για τους δύο οικισμούς της Καρπάθου

4.2.1 Συντελεστής coefficient

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία τα οποία δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία που πέφτει στην γη, δημιουργούν ένα τραπέζιο της μορφής του Γραφήματος 3. Κατά τις 12:00 με 13:00 το μεσημέρι, το φωτοβολταϊκό στοιχείο δέχεται τη μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία. Αν την ωριαία συμπεριφορά του τραpezίου την αναγάγουμε σε μια ισοδύναμη συμπεριφορά για όλο το 24ωρο με τη μορφή ενός ορθογωνίου παραλληλογράμμου, το ύψος του θα είναι σημαντικά μειωμένο (Γράφημα 3) και η συνολική επιφάνεια του τραpezίου θα ισούται με αυτή του παραλληλογράμμου.



Γράφημα 3. Ηλιακή ακτινοβολία 24ώρου

Ο συντελεστής coefficient για την ηλιακή ακτινοβολία αντιπροσωπεύει τη μέση ισχύ για όλο το 24ωρο η οποία ισούται με το λόγο της μέσης προσπίπτουσας ακτινοβολίας στη συγκεκριμένη περιοχή (Local Solar Energy) προς τη συνολική προσπίπτουσα ακτινοβολία στην Ελλάδα [Total (Gr) Solar Energy] επί το ύψος του

παραλληλογράμμου (P1) προς τη μέγιστη τιμή της 24ωρης ηλιακής ακτινοβολίας στον συγκεκριμένο τόπο (P), ήτοι:

$$coeff = \frac{P_1}{P} * \frac{LocalSolarEnergy}{Total(Gr)SolarEnergy} \quad (19)$$

Ο συντελεστής αυτός διαφέρει ανάλογα με την περιοχή. Στην περιοχή Καλπακίου και Λήμνου υπολογίστηκε στο 0,25 και στις περιοχές Κρήτης και Καρπάθου υπολογίστηκε στο 0,29.

Ο συντελεστής $coeff_{WT}$ σε σχέση με το αιολικό δυναμικό σε μία περιοχή υπολογίζεται με τη γραφική παράσταση της ισχύος του ηλεκτρικού ρεύματος σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου, τη γραφική παράσταση της ταχύτητας του ανέμου όπως αυτή διαμορφώνεται σε ένα 24ωρο και τέλος τη γραφική παράσταση που προκύπτει από την ισχύ του ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα 24ωρο. Αν το τραπέζιο αυτό το μετατρέψουμε σε ένα ορθογώνιο παραλληλόγραμμο το ύψος του θα είναι σημαντικά μειωμένο (Γράφημα 3), η συνολική επιφάνεια του τραπεζίου θα πρέπει να ισούται με αυτή του παραλληλογράμμου.

Ο συντελεστής $coeff_{WT}$ για το αιολικό δυναμικό αντιπροσωπεύει τη μέση ταχύτητα του ανέμου για όλο το 24ωρο η οποία ισούται με το λόγο του ύψους του παραλληλογράμμου (a) προς τη μέγιστη 24ωρη τιμή της ταχύτητας στον συγκεκριμένο τόπο (b), ήτοι:

$$coeff = \frac{a}{b} \quad (20)$$

Ο συντελεστής αυτός διαφέρει ανάλογα με την περιοχή. Στην περιοχή Καλπακίου είναι μηδέν λόγω ελλείψεως επαρκούς αιολικού δυναμικού καθ' όλο το 24ωρο, στην περιοχή της Λήμνου υπολογίστηκε στο 0,40, στην περιοχή Κρήτης υπολογίστηκε στο 0,30 και τέλος στην περιοχή της Καρπάθου υπολογίστηκε στο 0,62.

Μετά από επαφές με τους κατοίκους των δύο οικισμών, προχωρήσαμε στην καταγραφή των ωρών λειτουργίας των οικιακών συσκευών, χωρίζοντας την σε δύο κατηγορίες: χειμώνα και καλοκαίρι. Φτιάξαμε έτσι τον Πίνακα 32 όπου αποτυπώνονται οι ώρες λειτουργίας των οικιακών ηλεκτρικών συσκευών καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΩΡΕΣ ΧΕΙΜΩΝΑ (h)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΧΕΙΜΩΝΑ	ΩΡΕΣ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ (h)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	Μ.Ο.	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ / ΩΡΑ (kwh)	Μ.Ο. ΩΡΩΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΑΠΛΟΙ	5	18:00-23:00	4	19:30-23:30	4,5	0,06	18:30-23:00
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ	5	18:00-23:00	4	19:30-23:30	4,5	0,02	18:30-23:00
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΕΝΕΡΓ. ΔΗΜΟΤΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	13	18:00-07:00	9	21:00-06:00	11	0,02	19:30-06:30
ΨΥΓΕΙΟ	24	0:00 - 23:59	24	0:00 - 23:59	24	0,021	0:00 - 23:59
ΚΟΥΖΙΝΑ	2	11:00-13:00	2	11:00-13:00	2	1,8	11:00-13:00
ΠΛ. ΡΟΥΧΩΝ	1	13:00-14:00	1	13:00-14:00	1	1,4	13:00-14:00
ΠΛ. ΠΙΑΤΩΝ	0,5	13:00-13:30	0,5	13:00-13:30	0,5	1,6	13:00-13:30
ΣΤΕΓΝΩΤΗΡΙΟ	0,5	14:00-14:30	0,5	14:00-14:30	0,5	2,5	14:00-14:30
ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ	5,5	18:00-23:30	4,5	19:00-23:30	5	0,04	18:30-23:30
ΗΛ. ΣΚΟΥΠΑ	0,5	11:00-11:30	0,5	11:00-11:30	0,5	1	11:00-11:30
ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΟ	1	15:00-17:00	3	15:00-17:00	2	1	15:00-17:00
ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΗΡΑΣ	2	11:00-13:00	2	11:00-13:00	2	0,08	11:00-13:00
ΚΑΤΑΨΥΚΤΗΣ	24	0:00 - 23:59	24	0:00 - 23:59	24	0,044	0:00 - 23:59
Η/Υ	5	8:00-13:00	5	8:00-13:00	5	0,25	8:00-13:00

Πίνακας 32. Αποτύπωση λειτουργίας ηλεκτρικών συσκευών οικισμού

Στη συνέχεια υπολογίσαμε την χειμερινή και θερινή παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος κάνοντας χρήση των παραδοχών που έγιναν πιο πάνω με βάση τα δεδομένα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, μείον τις απώλειες από την απόδοση του Φ/Β, το συντελεστή $coeff_{PV}$, τους αντιστροφείς και τους ρυθμιστές φόρτισης και προέκυψε η συνολική ανά μήνα κατανάλωση του οικισμού Ρεπετίστα (Πίνακας 33) και η συνολική κατανάλωση του οικισμού Αρετή (Πίνακας 34). Με κίτρινο αναφέρονται οι μήνες παραμονής στον οικισμό των μη μόνιμων κατοίκων.

ΜΗΝΕΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΜΕΡΕΣ	ΜΕΡΕΣ ΧΩΡΙΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΓΡ. ΙΑΤΡΕΙΟΥ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ/ΗΜΕΡΑ	ΜΕΡΕΣ ΜΕ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΓΡ. ΙΑΤΡΕΙΟΥ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ Η + Η/Υ + ΦΩΤ. ΑΓΡ. ΙΑΤΡΕΙΟΥ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΜΟΝΙΜΩΝ & ΜΗ ΜΟΝΙΜΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ	% ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ / ΜΗΝΑ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	31	29	343,685	2	364,185	10695,235	7,42
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	28	26	343,685	2	364,185	9750,101	6,77
ΜΑΡΤΙΟΣ	31	29	343,685	2	364,185	10695,235	7,42
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	30	28	593,675	2	614,175	17851,250	12,39
ΜΑΙΟΣ	31	29	322,245	2	342,745	10030,595	6,96
ΙΟΥΝΙΟΣ	30	28	322,245	2	342,745	9708,350	6,74
ΙΟΥΛΙΟΣ	31	29	563,875	2	584,375	17521,125	12,16
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	29	27	563,875	2	584,375	16393,375	11,84
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2	2	322,245	0	0,000	644,490	
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	30	28	322,245	2	342,745	9708,350	6,74

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	31	29	322,245	2	342,745	10030,595	6,96
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	30	28	343,685	2	364,185	10351,550	7,18
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	31	29	343,685	2	364,185	10695,235	7,42
ΣΥΝΟΛΟ	365					144075,486	100

Πίνακας 33. Ανά μήνα & συνολική κατανάλωση του οικισμού Ρεπετίστα Καλπακίου

ΜΗΝΕΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΜΕΡΕΣ	ΜΕΡΕΣ ΧΩΡΙΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΓΡ. ΙΑΤΡΕΙΟΥ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ/ΗΜΕΡΑ	ΜΕΡΕΣ ΜΕ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΓΡ. ΙΑΤΡΕΙΟΥ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ + Η/Υ + ΦΩΤ. ΑΓΡ. ΙΑΤΡΕΙΟΥ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΜΟΝΙΜΩΝ & ΜΗ ΜΟΝΙΜΩΝ	% ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ / ΜΗΝΑ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	31	29	342,165	2	346,415	10615,6	7,86
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	28	26	342,165	2	346,415	9674,7	7,17
ΜΑΡΤΙΟΣ	31	29	342,165	2	346,415	10615,6	7,86
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	30	28	342,165	2	346,415	10273,5	7,61
ΜΑΙΟΣ	31	29	326,845	2	331,095	10140,7	7,51
ΙΟΥΝΙΟΣ	30	28	326,845	2	331,095	9813,9	7,27
ΙΟΥΛΙΟΣ	31	29	535,915	2	540,165	16621,9	12,31
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	30	28	535,915	2	540,165	16086,0	12,16
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1	1	326,845	0	0,000	326,845	
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	30	28	326,845	2	331,095	9813,9	7,27
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	31	29	326,845	2	331,095	10140,7	7,51
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	30	28	342,165	2	346,415	10273,5	7,61
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	31	29	342,165	2	346,415	10615,6	7,86
ΣΥΝΟΛΟ	365					135012,2	100,00

Πίνακας 34. Ανά μήνα & συνολική κατανάλωση του οικισμού Αρετή Καλπακίου

4.3 Φορτία υπολοίπων οικισμών

Στους υπόλοιπους οικισμούς, λόγω της μη δυνατότητας μετάβασης και επιτόπιας μέτρησης των στοιχείων της μελέτης μας αρκεστήκαμε στην απευθείας επικοινωνία με τους Προέδρους των υπό εξέταση οικισμών, οι οποίοι μας προμήθευσαν με τα στοιχεία αριθμού μόνιμων και μη μόνιμων κατοικιών, επιχειρήσεων και δημοτικών κτηρίων σε κάθε έναν οικισμό, καθώς και με τα στοιχεία μέσου όρου διακοπών των μη μόνιμων κατοίκων. Έτσι, προχωρήσαμε με βάση τα δοθέντα στοιχεία καθώς και τα στοιχεία ηλεκτρικής κατανάλωσης του κάθε οικισμού στη δημιουργία των

παρακάτω πινάκων (Πίνακες 35 – 40) αφήνοντας ένα ποσοστό εκτός συνολικής κατανάλωσης, θεωρώντας αυτό ως ετήσια κατανάλωση της κάθε εκκλησίας.

ΜΗΝΕΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΜΕΡΕΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΜΟΝΙΜΩΝ & ΜΗ ΜΟΝΙΜΩΝ	% ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ/ΜΗΝΑ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	31	10133,5	8,05
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	28	9516,6	7,56
ΜΑΡΤΙΟΣ	31	10133,5	8,05
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	30	9995,0	7,94
ΜΑΙΟΣ	31	9957,2	7,91
ΙΟΥΝΙΟΣ	30	9692,9	7,70
ΙΟΥΛΙΟΣ	31	10624,4	8,44
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	30	16049,9	12,75
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	30	9692,9	7,70
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	31	9957,2	7,91
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	30	9995,0	7,94
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	31	10133,5	8,05
ΣΥΝΟΛΟ	365	125881,5	100,00

Πίνακας 35. Ανά μήνα & συνολική κατανάλωση του οικισμού Αγ. Σοφία, Λήμνου

ΜΗΝΕΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΜΕΡΕΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΜΟΝΙΜΩΝ & ΜΗ ΜΟΝΙΜΩΝ	% ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ/ΜΗΝΑ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	31	11536,6	8,05
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	28	10834,4	7,56
ΜΑΡΤΙΟΣ	31	11536,6	8,05
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	30	11379,0	7,94
ΜΑΙΟΣ	31	11336,0	7,91
ΙΟΥΝΙΟΣ	30	11035,0	7,70
ΙΟΥΛΙΟΣ	31	12095,5	8,44
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	30	18272,3	12,75
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	30	11035,0	7,70
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	31	11336,0	7,91
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	30	11379,0	7,94
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	31	11536,6	8,05
ΣΥΝΟΛΟ	365	143312,0	100,00

Πίνακας 36. Ανά μήνα & συνολική κατανάλωση του οικισμού Φισίνη, Λήμνου

ΜΗΝΕΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΜΕΡΕΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΜΟΝΙΜΩΝ & ΜΗ ΜΟΝΙΜΩΝ	% ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ/ΜΗΝΑ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	31	25360,7	7,92
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	28	21806,4	6,81
ΜΑΡΤΙΟΣ	31	25360,7	7,92
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	30	30003,8	9,37
ΜΑΙΟΣ	31	21838,4	6,82
ΙΟΥΝΙΟΣ	30	21998,5	6,87
ΙΟΥΛΙΟΣ	31	39129,8	12,22
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	30	39129,8	12,22
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	30	21998,5	6,87
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	31	21838,4	6,82
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	30	21742,3	6,79
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	31	30003,8	9,37
ΣΥΝΟΛΟ	365,25	320211,0	100,00

Πίνακας 37. Ανά μήνα & συνολική κατανάλωση του οικισμού Κουμάσα, Κρήτης

ΜΗΝΕΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΜΕΡΕΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΜΟΝΙΜΩΝ & ΜΗ ΜΟΝΙΜΩΝ	% ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ/ΜΗΝΑ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	31	8894,8	8,05
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	28	8353,3	7,56
ΜΑΡΤΙΟΣ	31	8894,8	8,05
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	30	8773,2	7,94
ΜΑΙΟΣ	31	8740,1	7,91
ΙΟΥΝΙΟΣ	30	8508,0	7,70
ΙΟΥΛΙΟΣ	31	9325,7	8,44
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	30	14088,0	12,75
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	30	8508,0	7,70
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	31	8740,1	7,91
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	30	8773,2	7,94
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	31	8894,8	8,05
ΣΥΝΟΛΟ	365,25	110494,0	100,00

Πίνακας 38. Ανά μήνα & συνολική κατανάλωση του οικισμού Κανδύλα, Κρήτης

ΜΗΝΕΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΜΕΡΕΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΜΟΝΙΜΩΝ & ΜΗ ΜΟΝΙΜΩΝ	% ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ/ΜΗΝΑ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	31	18193,5	5,75
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	28	16358,3	5,17
ΜΑΡΤΙΟΣ	31	18193,5	5,75
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	30	17623,9	5,57
ΜΑΙΟΣ	31	26958,0	8,52
ΙΟΥΝΙΟΣ	30	39076,4	12,35
ΙΟΥΛΙΟΣ	31	39076,4	12,35
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	30	39076,4	12,35
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	30	39076,4	12,35
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	31	26958,0	8,52
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	30	17623,9	5,57
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	31	18193,5	5,75
ΣΥΝΟΛΟ	365,25	316408,0	100,00

Πίνακας 39. Ανά μήνα & συνολική κατανάλωση του οικισμού Κάτω Λευκός, Καρπάθου

ΜΗΝΕΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΜΕΡΕΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΜΟΝΙΜΩΝ & ΜΗ ΜΟΝΙΜΩΝ	% ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ/ΜΗΝΑ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	31	14467,4	7,08
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	28	13282,2	6,50
ΜΑΡΤΙΟΣ	31	14467,4	7,08
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	30	14242,6	6,97
ΜΑΙΟΣ	31	14181,3	6,94
ΙΟΥΝΙΟΣ	30	19351,2	9,47
ΙΟΥΛΙΟΣ	31	26053,6	12,75
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	30	26053,6	12,75
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	30	19351,2	9,47
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	31	14181,3	6,94
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	30	14242,6	6,97
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	31	14467,4	7,08
ΣΥΝΟΛΟ	365,25	204342,0	100,00

Πίνακας 40. Ανά μήνα & συνολική κατανάλωση του οικισμού Λευκός, Καρπάθου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΕΝΑΡΙΑ ΤΩΝ ΥΠΟ ΕΞΕΤΑΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗ

Βασιζόμενοι σε μετεωρολογικά δεδομένα που ισχύουν στις περιοχές που εξετάζουμε, η βελτιστοποίηση, η οποία παρουσιάστηκε παραπάνω, εξαρτάται από διάφορα σενάρια τα οποία έχουν ως στόχο την κάλυψη του επιθυμητού ηλεκτρικού φορτίου σε ημερήσια βάση. Τα σενάρια αυτά στηρίζονται σε παράγοντες όπως η επάρκεια - διάθεση ενέργειας για όλο το 24ωρο για όλους τους οικισμούς, το οικονομικό κόστος αγοράς, εγκατάστασης, συντήρησης και λειτουργίας του συστήματος σε ετήσια βάση καθώς και το κόστος σε περίπτωση διασύνδεσης μεταξύ των κοντινών οικισμών και τέλος ο περιβαλλοντικά φιλικός χαρακτήρας του συστήματος με την μείωση των εκπομπών CO₂ που προκύπτουν από τη λειτουργία του υβριδικού συστήματος.

Οι ερευνητές έχουν παρατηρήσει ότι συγκεκριμένες τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως για παράδειγμα τα φωτοβολταϊκά στοιχεία - αλλά και άλλες όπως το υδρογόνο - είναι χαμηλής αποδοτικότητας και ότι το αρχικό κόστος καθώς και το κόστος συντήρησης θα είναι αρκετά υψηλό (Little et al., 2007). Τα δύο αυτά μειονεκτήματα μπορούν να ξεπεραστούν υποδεικνύοντας ότι ένα αυτόνομο σύστημα μπορεί να είναι οικονομικά εφικτό (Elhadidy and Shaahid 2000, Wichert 1997), ενώ πρέπει να επιλεγεί η κατάλληλη τεχνολογία σύμφωνα με τις κατάλληλες κλιματικές συνθήκες (Muselli et al., 1999). Τα χαρακτηριστικά των ανανεώσιμων πηγών επηρεάζουν τη συμπεριφορά και τα οικονομικά των συστημάτων ανανεώσιμων πηγών (Tsikis & Coutelieris, 2009).

Στην περίπτωση της μελέτης μας, η οποία χρησιμοποιεί ένα αυτόνομο υβριδικό σύστημα φωτοβολταϊκού – ανεμογεννήτριας για την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος σε μικρούς πληθυσμιακά οικισμούς, θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί το πιο σημαντικό ή ο συνδυασμός των πιο σημαντικών σεναρίων έτσι ώστε να βελτιστοποιήσουμε το σύστημά μας. Στα σενάρια αυτά, θα πρέπει να βρεθεί η επιφάνεια εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών συστημάτων στις στέγες των οικιών των οικισμών καθώς και σε κάποια όμορα οικόπεδα - χωράφια μαζί ενδεχομένως με την ή με τις προς εγκατάσταση ανεμογεννήτρια(ες) ώστε να βρούμε το κόστος εγκατάστασης το οποίο θα πρέπει να οριστεί εξ αρχής και να μην ξεπερνάει το ποσό που θα έχουμε ορίσει. Οι παραπάνω περιορισμοί στην έκταση εγκατάστασης καθώς και στο επιθυμητό αρχικό χρηματικό όριο μπορούν να θεωρηθούν εφικτοί σε μικρούς οικισμούς για την απεξάρτησή τους από το δίκτυο διανομής ηλεκτρικού ρεύματος και για την εξοικονόμηση χρημάτων από τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Στο

οικονομικό κόστος θα πρέπει να συνυπολογιστεί το κόστος διασύνδεσης μεταξύ δύο γειτονικών οικισμών μέσω της οποίας θα διατίθεται η περίσσεια ηλεκτρικού ρεύματος, οπότε το προτιμώμενο σενάριο θα είναι αυτό με το χαμηλότερο αρχικό, επιχειρησιακό και συνολικό κόστος για 25ετή διάρκεια ζωής. Αναλυτικά τα σενάρια αυτά είναι:

- Σενάριο πλήρους (100%) κάλυψης οικισμών με ηλεκτρική ενέργεια
- Σενάριο μερικής κάλυψης οικισμών με ηλεκτρική ενέργεια
- Σενάριο ελαχίστου κόστους

5.1 Σενάριο πλήρους (100%) κάλυψης οικισμών με ηλεκτρική ενέργεια

Το σενάριο αυτό προβλέπει τη συνεχή παροχή ενέργειας για όλο το 24ωρο. Ο λόγος είναι ότι έχουμε να κάνουμε με οικισμούς οι οποίοι βρίσκονται σε απομονωμένες από τα μεγάλα αστικά κέντρα περιοχές, κατοικούνται από μικρές πληθυσμιακά ομάδες ηλικίες των οποίων είναι μεγάλες και οι ανάγκες τους, από την στιγμή που υπάρχουν μόνιμες κατοικίες, είναι η ύπαρξη ενέργειας για όλο το 24ωρο λόγω των ηλεκτρικών συσκευών που διαθέτουν π.χ. ψυγείο, θέρμανση το χειμώνα κλπ. για να καλύπτουν βασικές, ανθρώπινες ανάγκες.

Θα πρέπει ο αρχικός σχεδιασμός του υβριδικού συστήματος να καλύπτει σταθερή ροή ηλεκτρικού ρεύματος κατά τη στιγμή που η κατανάλωσή του θα βρίσκεται στη μέγιστη τιμή της, χωρίς να ληφθούν υπόψη οι κανονικές ημερήσιες διακυμάνσεις (Little et al., 2007). Επίσης, θα πρέπει να καλύπτει σταθερή ροή ηλεκτρικού ρεύματος κατά τη διάρκεια άσχημων καιρικών συνθηκών οι οποίες μπορεί να διαρκέσουν και κάποιες μέρες ειδικά τους χειμερινούς μήνες, λόγω ελλείψεως ηλιακού φωτός όπως και λόγω χαμηλού αιολικού δυναμικού. Η σταθερή ροή του ηλεκτρικού ρεύματος θα επιτευχθεί με τη χρήση μπαταριών οι οποίες όχι μόνο θα χρησιμοποιηθούν ως εφεδρικό ενεργειακό σύστημα σε περίπτωση άσχημων καιρικών συνθηκών αλλά και ως αντικαταστάτης των χαρακτηριστικών του δικτύου διανομής ηλεκτρικού ρεύματος (Prodromidis, 2014).

Το πρόβλημα αυτό μπορεί να ξεπεραστεί αν σχεδιαστεί ένα αυτόνομο υβριδικό σύστημα επιλέγοντας τεχνολογίες οι οποίες θα ταιριάζουν με τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες (Abdullah et al., 2010). Είναι επόμενο ότι σε αυτό το σενάριο

δεν εξετάζεται καθόλου το οικονομικό κόστος το οποίο θα μας απασχολήσει σε επόμενο σενάριο.

Στον Πίνακα 41 παρουσιάζουμε ένα μείγμα φωτοβολταϊκών / ανεμογεννητριών του υβριδικού μας συστήματος το οποίο θα το ονομάσουμε "normal", στον Πίνακα 42 το υβριδικό μείγμα παρουσιάζεται με εγκατάσταση περισσότερων φωτοβολταϊκών στοιχείων και θα ονομάζεται "PV" και στον Πίνακα 43 το υβριδικό μείγμα παρουσιάζεται με εγκατάσταση περισσότερων ανεμογεννητριών και θα ονομάζεται "WT".

Οικισμοί	Μέγιστη κατανάλωση (kwh/έτος)	PV	WT	Συνολικά παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια (kwh/μεγ.έτος)	Παραγωγή επιπλέον ηλεκτρικής ενέργειας (kwh/έτος)	Παραγωγή επιπλέον ηλεκτρικής ενέργειας/περιοχή (kwh/έτος)
Ρεπετίστα	150981	4050	0	371384,18	220403,18	451643,67
Αρετή	140331	4050	0	371571,49	231240,49	
Αγία Σοφία	130854	2400	6	771606,04	640752,04	1003792,53
Φισίνη	149174	1575	4	512214,49	363040,49	
Κουμάσα	355651	4400	6	868074,82	512423,82	905539,3
Κανδύλα	114859	5000	0	507974,48	393115,48	
Κάτω Λευκός	331664	1200	0	71116,43	-260547,57	25,85
Λευκός	212414	1008	3	472987,42	260573,42	

Πίνακας 41. "Normal" σενάριο 24ωρης κάλυψης

Οικισμοί	Μέγιστη κατανάλωση (kwh/έτος)	PV	WT	Συνολικά παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια (kwh/μεγ.έτος)	Παραγωγή επιπλέον ηλεκτρικής ενέργειας (kwh/έτος)	Παραγωγή επιπλέον ηλεκτρικής ενέργειας/περιοχή (kwh/έτος)
Ρεπετίστα	150981	4050	0	371384,18	220403,18	451643,67
Αρετή	140331	4050	0	371571,49	231240,49	
Αγία Σοφία	130854	3200	1	373830,06	242976,06	534719,79
Φισίνη	149174	3966	1	440917,73	291743,73	
Κουμάσα	355651	5714	2	267346,05	-88304,95	304810,53
Κανδύλα	114859	5000	0	507974,48	393115,48	
Κάτω Λευκός	331664	2100	0	132073,37	-199590,63	72,52
Λευκός	212414	1008	2	412077,15	199663,15	

Πίνακας 42. "PV" σενάριο 24ωρης κάλυψης

Οικισμοί	Μέγιστη κατανάλωση (kwh/έτος)	PV	WT	Συνολικά παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια (kwh/μεγ.έτος)	Παραγωγή επιπλέον ηλεκτρικής ενέργειας (kwh/έτος)	Παραγωγή επιπλέον ηλεκτρικής ενέργειας/περιοχή (kwh/έτος)
Ρεπετίστα	150981	4050	0	371384,18	220403,18	451643,67
Αρετή	140331	4050	0	371571,49	231240,49	
Αγία Σοφία	130854	920	8	866121,53	735267,53	1452215,06
Φισίνη	149174	920	8	866121,53	716947,53	
Κουμάσα	355651	4340	8	1002839,53	647188,53	969187,58
Κανδύλα	114859	4300	0	436858,05	321999,05	
Κάτω Λευκός	331664	0	0	0	-331664	616168,72
Λευκός	212414	0	8	1160246,72	947832,72	

Πίνακας 43. "WT" σενάριο 24ωρης κάλυψης

5.2 Σενάριο ελαχιστοποίησης περίσσειας ενέργειας

Το σενάριο αυτό (Πίνακες 45 - 47) προβλέπει τη μη συνεχή παροχή ηλεκτρικής ενέργειας για όλο το 24ωρο με κυριότερο αποτέλεσμα το όσο το δυνατόν μικρότερο οικονομικό κόστος εγκατάστασης, συντήρησης και λειτουργίας του συστήματος. Ονομάζεται "Μερική κάλυψη" επειδή χρησιμοποιούμε τη μέγιστη καταγεγραμμένη τιμή της ηλεκτρικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από τον Πάροχο Ηλεκτρικής Ενέργειας και σύμφωνα με το σενάριο αυτό, εγκαθιστούμε τον ακριβή αριθμό Φ/Β και Α/Γ που απαιτούνται για την επίτευξη της ετήσιας τιμής της ηλεκτρικής κατανάλωσης για την ηλεκτροδότηση των οικισμών. Αυτό το είδος κάλυψης δεν είναι 24X7, συνεπώς μερικές ώρες συγκεκριμένων ημερών (κυρίως χειμερινών) οι οικισμοί μας είναι εκτός κάλυψης ηλεκτρικής ενέργειας.

Όπως είναι φυσικό, με το σενάριο αυτό δεν θα υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα διαθέσιμο για όλο το 24ωρο στις κατοικίες των οικισμών, το σύστημά μας δηλαδή θα μένει ακάλυπτο για κάποιο χρονικό διάστημα.

Το ποσοστό κάλυψης των οικισμών παρουσιάζεται αναλυτικά στον Πίνακα 44 και ο υπολογισμός του ποσοστού κάλυψης παρουσιάζεται αναλυτικά στο Παράρτημα Α.

Οικισμοί	Κάλυψη οικισμών (%)	Μ.Ο. Περιοχών (%)
Ρεπετίστα	84	84,5

Αρετή	85	
Αγία Σοφία	65	53,5
Φισίνη	42	
Κουμάσα	42	63,5
Κανδύλα	85	
Κάτω Λευκός	30	65
Λευκός	100	
Σύνολο κάλυψης	67	

Πίνακας 44. Ποσοστό κάλυψης οικισμών

Στον Πίνακα 45 παρουσιάζουμε και εδώ, ένα μείγμα του υβριδικού μας συστήματος το οποίο θα το ονομάζουμε "normal", στον πίνακα 46 το υβριδικό μείγμα παρουσιάζεται με εγκατάσταση περισσότερων PV και θα ονομάζεται "PV" και στον πίνακα 47 το υβριδικό μείγμα παρουσιάζεται με εγκατάσταση περισσότερων ανεμογεννητριών και θα ονομάζεται "WT".

Οικισμοί	Μέγιστη κατανάλωση (kwh/έτος)	PV	WT	Συνολικά παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια (kwh/μεγ.έτος)	Παραγωγή επιπλέον ηλεκτρικής ενέργειας (kwh/έτος)	Παραγωγή επιπλέον ηλεκτρικής ενέργειας/περιοχή (kwh/έτος)
Ρεπετίστα	150981	1724	0	150991	10,04	72,68
Αρετή	140331	1603	0	140393,6	62,64	
Αγία Σοφία	130854	400	2	222169,3	91315,29	32,86
Φισίνη	149174	661	0	57891,57	-91282,43	
Κουμάσα	355651	869	4	368990,8	13339,82	75,72
Κανδύλα	114859	1000	0	101594,9	-13264,1	
Κάτω Λευκός	331664	700	0	71116,43	-260547,57	25,85
Λευκός	212414	373	3	472987,4	260573,42	

Πίνακας 45. "Normal" σενάριο Μερικής κάλυψης

Οικισμοί	Μέγιστη κατανάλωση (kwh/έτος)	PV	WT	Συνολικά παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια (kwh/μεγ.έτος)	Παραγωγή επιπλέον ηλεκτρικής ενέργειας (kwh/έτος)	Παραγωγή επιπλέον ηλεκτρικής ενέργειας/περιοχή (kwh/έτος)
Ρεπετίστα	150981	1724	0	150991	10,04	72,68
Αρετή	140331	1603	0	140393,6	62,64	

Αγία Σοφία	130854	1000	1	181150,1	50296,09	1,95
Φισίνη	149174	1129	0	98879,86	-50294,14	
Κουμάσα	355651	1250	2	267346,1	-88304,95	25,84
Κανδύλα	114859	2000	0	203189,8	88330,79	
Κάτω Λευκός	331664	1300	0	132073,4	199590,63	72,52
Λευκός	212414	1210	2	412077,2	199663,15	

Πίνακας 46. "PV" σενάριο Μερικής κάλυψης

Οικισμοί	Μέγιστη κατανάλωση (kwh/έτος)	PV	WT	Συνολικά παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια (kwh/μεγ.έτος)	Παραγωγή επιπλέον ηλεκτρικής ενέργειας (kwh/έτος)	Παραγωγή επιπλέον ηλεκτρικής ενέργειας/περιοχή (kwh/έτος)
Ρεπετίστα	150981	1724	0	150991	10,04	72,68
Αρετή	140331	1603	0	140393,6	62,64	
Αγία Σοφία	130854	0	3	280704,9	149850,85	676,85
Φισίνη	149174	0	0	0	-149174	
Κουμάσα	355651	0	6	421057,3	65406,28	23,99
Κανδύλα	114859	487	0	49476,71	-65382,29	
Κάτω Λευκός	331664	0	0	0	-331664	36045,36
Λευκός	212414	0	4	580123,4	367709,36	

Πίνακας 47. "WT" σενάριο Μερικής κάλυψης

5.3 Σενάριο ελαχίστου κόστους

Λαμβάνοντας υπόψη τα δύο σενάρια (πλήρους κάλυψης – μερικής κάλυψης), υπολογίζουμε στους πίνακες 48 έως και 51 το συνολικό κόστος του έργου μας στις τέσσερις περιοχές, όσον αφορά την πλήρη κάλυψη σε κάθε περιοχή και την μερική κάλυψη στις ίδιες περιοχές. Συνοψίζοντας στον Πίνακα 52 παρουσιάζεται η χαμηλότερη οικονομική λύση για την πλήρη (100%) ηλεκτρική κάλυψη και η χαμηλότερη οικονομική λύση για τη μερική κάλυψη για τις τέσσερις περιοχές. Η σύγκριση των σεναρίων αυτών με το κόστος σύνδεσης που αυτή τη στιγμή πληρώνεται στον πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και το κόστος εκπομπών CO₂, παρουσιάζεται στην ενότητα 5.6.

ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΑΛΠΑΚΙΟΥ [ΠΛΗΡΗΣ (100%) ΚΑΛΥΨΗ]		ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΑΛΠΑΚΙΟΥ (ΜΕΡΙΚΗ ΚΑΛΥΨΗ)	
	ΑΡΙΘ.	ΚΟΣΤΟΣ (€)	ΑΡΙΘ.	ΚΟΣΤΟΣ (€)
Φ/Β	8100	924.210,00	3327	379.610,70
ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ	702	133.461,20	280	48.761,90
ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ	619	714.977,60	254	291.601,50
ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	702	352.450,40	280	141.623,00
ΚΑΛΩΔΙΑ & ΑΛΛΑ ΜΕΡΗ	4,8km	14.400,00	2km	6.000,00
ΒΑΣΕΙΣ Φ/Β		361.190,90		166.832,90
ΣΥΝΟΛΙΚΑ		2.500.690,10		1.034.430,00
ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ ΚΟΣΤΗ (15%)		375.103,52		155.164,50
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		2.875793,62		1.189.594,50

Πίνακας 48. Κόστος κάλυψης των δύο σεναρίων Περιοχής Καλπακίου

ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ	ΛΗΜΝΟΣ [ΠΛΗΡΗΣ (100%) ΚΑΛΥΨΗ-NORMAL]		ΛΗΜΝΟΣ [ΠΛΗΡΗΣ (100%) ΚΑΛΥΨΗ-PV]		ΛΗΜΝΟΣ [ΠΛΗΡΗΣ (100%) ΚΑΛΥΨΗ-WT]		ΛΗΜΝΟΣ (ΜΕΡΙΚΗ ΚΑΛΥΨΗ-NORMAL)		ΛΗΜΝΟΣ (ΜΕΡΙΚΗ ΚΑΛΥΨΗ - PV)		ΛΗΜΝΟΣ (ΜΕΡΙΚΗ ΚΑΛΥΨΗ - WT)	
	ΑΡΙΘ	ΚΟΣΤΟΣ (€)	ΑΡΙΘ	ΚΟΣΤΟΣ (€)	ΑΡΙΘ	ΚΟΣΤΟΣ (€)	ΑΡΙΘ	ΚΟΣΤΟΣ (€)	ΑΡΙΘ	ΚΟΣΤΟΣ (€)	ΑΡΙΘ	ΚΟΣΤΟΣ (€)
Φ/Β	3975	453.547,50	7166	817.640,60	1840	209.944,00	1000	114.100,00	2129	242.918,90	0	0
Α/Γ	10	883.900,00	2	176.780,00	16	1.414.240,00	2	176.780,00	1	88.390,00	3	265.170,00
ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ	1334	545.114,50	802	195.735,70	1759	811.361,10	284	111.809,60	279	78.101,50	300	147.300,00
ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ	312	473.865,00	546	649.736,00	156	364.339,30	77	51.465,50	91	116.011,00	3	38.190,00
ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	344	244.532,30	336	185.092,30	175	199.918,70	85	50.242,90	180	98.662,30	3	22.290,00
ΚΑΛΩΔΙΑ & ΑΛΛΑ ΜΕΡΗ	5km	15.000,00	6km	18.000,00	5km	15.000,00	700m	2.100,00	1,5km	4.500,00	1,5km	4.500,00
ΒΑΣΕΙΣ Φ/Β		165.052,50		297.384,70		76.513,10		56.894,40		113.570,50		0
ΣΥΝΟΛΙΚΑ		2.615.959,30		2.042.984,60		3.014.803,10		506.498,00		628.583,70		477.450,00
ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ ΚΟΣΤΗ(15%)		392.393,90		306.447,69		452.220,47		75.974,70		94.287,56		71.617,50

ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		3.008.353,20		2.349.432,29		3.467.023,57		582.472,70		722.871,26		549.067,50
----------------------	--	--------------	--	---------------------	--	--------------	--	------------	--	------------	--	-------------------

Πίνακας 49. Κόστος κάλυψης σεναρίων Περιοχής Λήμνου

ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ	ΚΡΗΤΗ [ΠΛΗΡΗΣ (100%) ΚΑΛΥΨΗ-NORMAL]		ΚΡΗΤΗ [ΠΛΗΡΗΣ (100%) ΚΑΛΥΨΗ-PV]		ΚΡΗΤΗ [ΠΛΗΡΗΣ (100%) ΚΑΛΥΨΗ-WT]		ΚΡΗΤΗ (ΜΕΡΙΚΗ ΚΑΛΥΨΗ-NORMAL)		ΚΡΗΤΗ (ΜΕΡΙΚΗ ΚΑΛΥΨΗ - PV)		ΚΡΗΤΗ (ΜΕΡΙΚΗ ΚΑΛΥΨΗ - WT)	
	ΑΡΙΘ	ΚΟΣΤΟΣ (€)	ΑΡΙΘ	ΚΟΣΤΟΣ (€)	ΑΡΙΘ	ΚΟΣΤΟΣ (€)	ΑΡΙΘ	ΚΟΣΤΟΣ (€)	ΑΡΙΘ	ΚΟΣΤΟΣ (€)	ΑΡΙΘ	ΚΟΣΤΟΣ (€)
Φ/Β	9400	1.072.540,00	10714	1.222.467,20	8680	990.388,00	1869	213.252,90	3250	370.825,00	487	55.566,70
Α/Γ	6	530.340,00	2	176.780,00	8	707.120,00	4	353.560,00	2	176.780,00	6	530.340,00
ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ	1413	426.321,70	1127	248.391,90	1551	514.476,50	562	222.647,10	481	143.727,40	642	301.404,80
ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ	720	895.742,30	816	959.578,90	667	858.086,10	146	473.865,00	249	308.908,80	9	79.822,70
ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	819	458.947,70	929	487.331,00	759	442.207,70	166	112.287,70	283	159.098,70	48	65.986,50
ΚΑΛΩΔΙΑ & ΑΛΛΑ ΜΕΡΗ	12km	36.000,00	10km	30.000,00	8km	24.000,00	2,5km	7.500,00	4km	1.200,00	1,5km	4.500,00
ΒΑΣΕΙΣ Φ/Β		415.102,20		469.594,40		385.243,50		102.788,20		160.058,90		27.708,20
ΣΥΝΟΛΙΚΑ		3.834.993,90		3.594.143,40		3.921.521,80		1.485.900,90		1.320.598,80		1.065.328,90
ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ ΚΟΣΤΗ (15%)		575.249,09		539.121,51		588.228,27		222.885,14		198.089,82		159.799,34
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		4.410.242,99		4.133.264,91		4.509.750,07		1.708.786,04		1.518.688,62		1.225.128,24

Πίνακας 50. Κόστος κάλυψης σεναρίων οικισμών Κρήτης

ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ	ΚΑΡΠΑΘΟΣ [ΠΛΗΡΗΣ (100%) ΚΑΛΥΨΗ-NORMAL]		ΚΑΡΠΑΘΟΣ [ΠΛΗΡΗΣ (100%) ΚΑΛΥΨΗ-PV]		ΚΑΡΠΑΘΟΣ [ΠΛΗΡΗΣ (100%) ΚΑΛΥΨΗ-WT]		ΚΑΡΠΑΘΟΣ (ΜΕΡΙΚΗ ΚΑΛΥΨΗ-NORMAL)		ΚΑΡΠΑΘΟΣ (ΜΕΡΙΚΗ ΚΑΛΥΨΗ - PV)		ΚΑΡΠΑΘΟΣ (ΜΕΡΙΚΗ ΚΑΛΥΨΗ - WT)	
	ΑΡΙΘ	ΚΟΣΤΟΣ (€)	ΑΡΙΘ	ΚΟΣΤΟΣ (€)	ΑΡΙΘ	ΚΟΣΤΟΣ (€)	ΑΡΙΘ	ΚΟΣΤΟΣ (€)	ΑΡΙΘ	ΚΟΣΤΟΣ (€)	ΑΡΙΘ	ΚΟΣΤΟΣ (€)
Φ/Β	2208	251.932,80	3108	354.622,80	0	0,00	1073	122.429,30	2510	286.391,00	0	0,00
Α/Γ	3	265.170,00	2	176.780,00	8	707.120,00	3	265.170,00	2	176.780,00	4	353.560,00
ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ	491	178.245,70	469	174870,1	800	392.800,00	393	162.367,80	417	133.358,20	400	196.400,00
ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ	171	230.981,10	238	296.285,60	8	101.840,00	84	131.142,90	193	244.645,10	4	50.920,00
ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	194	119.638,40	271	151.963,20	8	59.440,00	96	69.690,00	219	125.460,00	4	29.720,00

ΚΑΛΩΔΙΑ & ΑΛΛΑ ΜΕΡΗ	13km	9.000,00	10km	30.000,00	2km	6.000,00	2km	6.000,00	3km	9.000,00	1km	3.000,00
ΒΑΣΕΙΣ Φ/Β		116.846,70		154170,1		0,00		61.113,20		129.370,80		27.708,20
ΣΥΝΟΛΙΚΑ		1.171.814,70		1.009.651,60		1.267.200		817.913,20		1.105.005,10		661.308,20
ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ ΚΟΣΤΗ (15%)		175.772,21		151.447,74		190.080,00		122.686,98		165.750,77		99.196,23
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		1.347.586,91		1.161.099,34		1.457.280		940.600,18		1.270.755,87		760.504,43

Πίνακας 51. Κόστος κάλυψης σεναρίων οικισμών Καρπάθου

	Μικρότερο κόστος (€)	
	Μερική κάλυψη	Πλήρης (100%) κάλυψη
Περιοχή Καλπακίου	1.189.594,50 (ΦΒ)	2.875.793,62 (ΦΒ)
Λήμνος	549.067,50 (ΑΓ)	2.349.432,29 (ΦΒ)
Περιοχή Κρήτης	1.225.128,24 (ΑΓ)	4.133.264,91 (ΦΒ)
Κάρπαθος	760.504,43 (ΑΓ)	1.161.099,34 (ΦΒ)

Πίνακας 52. Οικονομικότερη λύση των σεναρίων

5.4 Σενάριο διασύνδεσης

Η διασύνδεση είναι η διαδικασία ηλεκτρικής σύνδεσης μεταξύ δύο κοντινών οικισμών για την ανταλλαγή του πλεονάζοντος ηλεκτρισμού μέσω ενός τρόπου ζήτησης και προσφοράς ενέργειας. Ο στόχος είναι να μην μείνει κανείς από αυτούς τους δύο γειτονικούς οικισμούς χωρίς ηλεκτρική ενέργεια 24 ώρες την ημέρα. Όσο οι επιλεγμένοι οικισμοί είναι αρκετά απομονωμένοι και ο πληθυσμός τους είναι χαμηλός, η ανάγκη για 24ωρη παροχή ενέργειας θεωρείται απαραίτητη. Αν και στην σχετική βιβλιογραφία μπορούν να βρεθούν εναλλακτικά κριτήρια για τη βελτιστοποίηση, μια τέτοια επιλογή είναι εφικτή, ευρέως αποδεκτή και χρησιμοποιείται (Prodromidis & Coutelieris, 2010). Ο βέλτιστος σχεδιασμός ενός τέτοιου υβριδικού συστήματος θα πρέπει να καλύπτει μια σταθερή ροή ηλεκτρικής ενέργειας, χωρίς να επιτρέπεται η κανονική καθημερινή διακύμανση του δυναμικού

των ΑΠΕ να επηρεάζει την παροχή ρεύματος (Little et al., 2007). Ένα διασυνδεδεμένο δίκτυο για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από τους παραγωγούς στους καταναλωτές συνίσταται γενικά στη δημιουργία σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, γραμμών μεταφοράς που μεταφέρουν ενέργεια από απομακρυσμένες πηγές σε κέντρα ζήτησης και σε γραμμές διανομής (Kaplan, 2009). Στην περίπτωση μας, οι παραγωγοί και οι καταναλωτές είναι οι δύο κοντινοί οικισμοί που παράγουν και καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια αντίστοιχα. Αυτή η διασύνδεση θεωρείται "έξυπνη", υπό την έννοια ότι ένα έξυπνο αυτόματο σύστημα είναι υπεύθυνο για το πέρασμα από την υπερβολική ενέργεια στη ζήτηση επιπλέον ενέργειας όταν απαιτείται. Η απόσταση μεταξύ των οικισμών είναι αρκετά χαμηλή για να εξασφαλίσει ελάχιστες απώλειες ισχύος. Το καλώδιο διασύνδεσης θα είναι καλώδιο διαμέτρου 50mm², το οποίο κοστίζει 3€/m και το οποίο θα εγκατασταθεί υπόγεια για αισθητικούς και οικονομικούς λόγους. Το μήκος της καλωδίωσης ποικίλλει ανάλογα με το σενάριο, κυρίως λόγω του αριθμού των Φ/Β και Α/Γ που πρέπει να συνδεθούν. Το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης του καλωδίου διασύνδεσης μεταξύ των οικισμών θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στο γενικό κόστος εγκατάστασης του συστήματός μας. Τα συμπληρωμένα ερωτηματολόγια δείχνουν τη θετική στάση των κατοίκων σε αυτή τη διασύνδεση. Στον Πίνακα 53 φαίνεται το κόστος διασύνδεσης μεταξύ των οικισμών, παίρνοντας ως βάση τις οικονομικότερες τιμές των δύο σεναρίων που αναγράφονται στον Πίνακα 52.

ΠΕΡΙΟΧΕΣ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΔΥΟ ΟΙΚΙΣΜΩΝ (m)	ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ	
		ΠΛΗΡΗΣ (100%) ΚΑΛΥΨΗ (ΚΟΣΤΟΣ €)	ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΛΥΨΗ (ΚΟΣΤΟΣ €)	ΠΛΗΡΗΣ (100%) ΚΑΛΥΨΗ (ΚΟΣΤΟΣ €)	ΜΕΡΙΚΗ ΚΑΛΥΨΗ (ΚΟΣΤΟΣ €)
ΚΑΛΠΑΚΙ	1300	2.875.793,62	1.189.594,50	2.879.693,62	1.193.494,50
ΛΗΜΝΟΣ	2400	2.349.432,29	549.067,50	2.356.632,29	556267,5
ΚΡΗΤΗ	2500	4.133.264,91	1.225.128,24	4.140.764,91	1.232.628,24
ΚΑΡΠΑΘΟΣ	2360	1.161.099,34	760.504,43	1.168.179,34	767.584,43

Πίνακας 53. Συνολικό κόστος διασύνδεσης μεταξύ των οικισμών

5.5 Συνολικά κόστη ανά σενάριο

Τέλος, ακολουθεί μια συνολική οικονομική επισκόπηση των σεναρίων (Πίνακες 55 έως και 58) που έχουμε δημιουργήσει για την κάθε περιοχή. Θα επιχειρήσουμε να κοστολογήσουμε με τη βοήθεια των Πινάκων 48 έως 51 και 53 τις προτάσεις συμπεριλαμβανομένου του αριθμού αντικαταστάσεων των εξαρτημάτων (μπαταρίες, μετατροπείς, ρυθμιστές φόρτισης), καθώς και να συγκρίνουμε κατά πόσο αυτές θα είναι συμφέρουσες σε βάθος 25ετίας σε σύγκριση με το δίκτυο της ΔΕΗ από το οποίο εξυπηρετούνται οι ενεργειακές ανάγκες των περιοχών. Εδώ, θα πρέπει να τονιστεί ότι, η συνολική διάρκεια ζωής του έργου θα είναι 25 χρόνια. Ορισμένα εξαρτήματα καλύπτουν το σύνολο της διάρκειας ζωής του έργου ενώ άλλα απαιτούν αντικατάσταση σε τακτά χρονικά διαστήματα για τη σταθερή λειτουργία του συστήματος. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία και οι ανεμογεννήτριες καλύπτουν την απαίτηση χρονικού διαστήματος 25 ετών. Παρ'όλα αυτά, άλλα εξαρτήματα έχουν διαφορετική διάρκεια ζωής. Ο Πίνακας 54 απεικονίζει όλα τα στοιχεία του συστήματος, με τη διάρκεια ζωής και τους χρόνους αντικατάστασής τους.

Στοιχεία Συστήματος	Διάρκεια Ζωής (έτη)	Αριθμός Αντικαταστάσεων
Μπαταρίες	4	7
Μετατροπείς	10	3
Ρυθμιστής Φόρτισης	4.5	6
Καλώδια	-	0

Πίνακας 54. Διάρκεια ζωής και αριθμός αντικαταστάσεων εξαρτημάτων

ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΑΛΠΑΚΙΟΥ ΗΠΕΙΡΟΥ					
ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ	ΑΡΙΘ. ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤ ΑΣΕΩΝ	1 ^ο ΣΕΝΑΡΙΟ [ΠΛΗΡΗΣ (100%) ΚΑΛΥΨΗ]		2 ^ο ΣΕΝΑΡΙΟ (ΜΕΡΙΚΗ ΚΑΛΥΨΗ)	
		ΑΡΙΘ	ΚΟΣΤΟΣ (€)	ΑΡΙΘ	ΚΟΣΤΟΣ (€)
Φ/Β	0	8100	924.210,00	3327	379.610,70
ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ	7	702	934.284,40	280	341.333,30
ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ	3	619	2.144.932,80	254	874.804,50
ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	6	702	2.114.702,40	280	849.738,00
ΚΑΛΩΔΙΑ ΚΑΙ ΑΛΛΑ ΥΛΙΚΑ		4,8km	14.400,00	2km	6.000,00

ΒΑΣΕΙΣ Φ/Β			361.190,90		166.832,90
ΣΥΝΟΛΟ			6.493.720,50		2.618.319,40
ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ (15%)			974.058,08		392.747,91
ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ		1,3km	3.900		3.900
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ			7.471.678,58		3.014.967,31

Πίνακας 55. Συνολικό κόστος περιοχής Καλπακίου

ΠΕΡΙΟΧΗ ΛΗΜΝΟΥ					
ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ	ΑΡΙΘ. ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	1 ^ο ΣΕΝΑΡΙΟ [ΠΛΗΡΗΣ (100%) ΚΑΛΥΨΗ]		2 ^ο ΣΕΝΑΡΙΟ (ΜΕΡΙΚΗ ΚΑΛΥΨΗ)	
		ΑΡΙΘ	ΚΟΣΤΟΣ (€)	ΑΡΙΘ	ΚΟΣΤΟΣ (€)
Φ/Β	0	7166	817.640,60	0	0
Α/Γ	0	2	176.780,00	3	265.170,00
ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ	7	802	1.370.149,90	300	1.031.100,00
ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ	3	546	1.949.208,00	3	114.570,00
ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	6	336	1.110.553,80	3	133.740,00
ΚΑΛΩΔΙΑ ΚΑΙ ΑΛΛΑ ΥΛΙΚΑ		6km	18.000,00	1,5km	4.500,00
ΒΑΣΕΙΣ Φ/Β			297.384,70		0
ΣΥΝΟΛΟ			5.739.717,00		1.549.080,00
ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ (15%)			860.957,55		232.362,00
ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ		2,4 km	7.200,00		7.200,00
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ			6.607.874,55		1.788.642,00

Πίνακας 56. Συνολικό κόστος περιοχής Λήμνου

ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΡΗΤΗΣ					
ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ	ΑΡΙΘ. ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	1 ^ο ΣΕΝΑΡΙΟ [ΠΛΗΡΗΣ (100%) ΚΑΛΥΨΗ]		2 ^ο ΣΕΝΑΡΙΟ (ΜΕΡΙΚΗ ΚΑΛΥΨΗ)	
		ΑΡΙΘ	ΚΟΣΤΟΣ (€)	ΑΡΙΘ	ΚΟΣΤΟΣ (€)

		ΑΡΙΘ	ΚΟΣΤΟΣ (€)	ΑΡΙΘ	ΚΟΣΤΟΣ (€)
Φ/Β	0	10714	1.222.467,20	487	55566,7
Α/Γ	0	2	176.780,00	6	530.340,00
ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ	7	1127	1.738.743,30	642	2.109.833,60
ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ	3	816	2.878.736,70	9	239.468,10
ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	6	929	2.923.986,00	48	395.919,00
ΚΑΛΩΔΙΑ ΚΑΙ ΑΛΛΑ ΥΛΙΚΑ		10km	30.000,00	1,5km	4.500,00
ΒΑΣΕΙΣ Φ/Β			469.594,40		27708,2
ΣΥΝΟΛΟ			9.440.307,60		3.363.335,60
ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ (15%)			1.416.046,14		504.500,34
ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ		2,5 km	7.500,00		7.500,00
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ			10.863.853,74		3.875.335,94

Πίνακας 57. Συνολικό κόστος περιοχής Κρήτης

ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΑΡΠΑΘΟΥ					
ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ	ΑΡΙΘ. ΑΝΤΙΚΑ ΤΑΣΤΑΣ ΕΩΝ	1 ^ο ΣΕΝΑΡΙΟ [ΠΛΗΡΗΣ (100%) ΚΑΛΥΨΗ]		2 ^ο ΣΕΝΑΡΙΟ (ΜΕΡΙΚΗ ΚΑΛΥΨΗ)	
		ΑΡΙΘ	ΚΟΣΤΟΣ (€)		
Φ/Β	0	3108	354.622,80	0	0
Α/Γ	0	2	176.780,00	4	353.560,00
ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ	7	469	1.224.090,70	400	1.374.800,00
ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ	3	238	888.856,80	4	152.760,00
ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	6	271	911.779,20	4	178.320,00
ΚΑΛΩΔΙΑ ΚΑΙ ΑΛΛΑ ΥΛΙΚΑ		10km	30.000,00	1km	3.000,00
ΒΑΣΕΙΣ Φ/Β			154.170,10		27708,2
ΣΥΝΟΛΟ			3.740.299,60		2.090.148,20
ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ (15%)		0	561.044,94		313.522,23
ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ		2,36 km	7.080,00		7.080,00

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ		4.308.424,54	2.410.750,43
-----------------	--	--------------	--------------

Πίνακας 58. Συνολικό κόστος περιοχής Καρπάθου

5.6 Σύγκριση τιμών με το δίκτυο της ΔΕΗ

Για να μπορέσουμε επιτυχώς να κάνουμε μια σύγκριση του κόστους του συστήματος μας με το κόστος του δικτύου, πρώτα υπολογίσαμε μέσω της μέγιστης κατανάλωσης των οικισμών μας, η οποία αναφέρθηκε στον Πίνακα 2, του κόστους σε € για την πληρωμή των λογαριασμών του παρόχου ηλεκτρικού ρεύματος. Η τιμή χρέωσης προμήθειας ηλεκτρικού ρεύματος για 1 kWh είναι περίπου 0,1 €. Αυτή η τιμή όμως είναι το 46% περίπου του συνολικού ποσού που πληρώνουμε στον πάροχο. Μέσα στο λογαριασμό υπάρχουν χρεώσεις για το σύστημα μεταφοράς, για το σύστημα διανομής, για τις Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας, λοιπές χρεώσεις, ειδικό τέλος μείωσης εκπομπών αερίων ρύπων, τόκοι, χαρτόσημα, ΕΡΤ, Δήμος κλπ. Η τελική τιμή μαζί με τις υπόλοιπες χρεώσεις που πληρώνει ο καταναλωτής είναι περίπου 0,21 €/kwh. Άρα το ποσό που θα κληθούν να πληρώσουν οι οικισμοί στο σύνολο του έργου φαίνεται στον Πίνακα 59.

ΠΕΡΙΟΧΕΣ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh/year)	ΚΟΣΤΟΣ (kwh)	ΜΕΓΙΣΤΟ ΚΟΣΤΟΣ (€)/έτος	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΡΓΟΥ (έτη)	ΜΕΓΙΣΤΟ ΚΟΣΤΟΣ (€)/έργο
ΚΑΛΠΑΚΙ	291.312	0,21	61.175,52	25	1.529.388
ΛΗΜΝΟΣ	280.028	0,21	58.805,88	25	1.470.147
ΚΡΗΤΗ	470.510	0,21	98.807,1	25	2.470.177,5
ΚΑΡΠΑΘΟΣ	544.078	0,21	114.256,4	25	2.856.409,5

Πίνακας 59. Συνολικό κόστος περιοχής περιοχών

Στο συνολικό κόστος θα πρέπει να προστεθεί και το κόστος εκπομπής CO₂ (παρουσιάζεται στον Πίνακα 60 και υπολογίζεται στην επόμενη ενότητα 5.7, Πίνακες 62 έως και 65), το οποίο σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Κιότο ανέρχεται στα 46,5 \$/τόνο εκπεμπόμενου C (με ισοτιμία 1€ =1,1\$), δηλαδή περίπου 42,27 €/ τόνο εκπεμπόμενου C.

ΠΕΡΙΟΧΕΣ	MAX ΠΑΡΑΓΩΓΗ CO ₂ 1 ^ο ΣΕΝΑΡΙΟ(tn)	MAX ΠΑΡΑΓΩΓΗ CO ₂ 2 ^ο ΣΕΝΑΡΙΟ(tn)	ΚΟΣΤΟΣ CO ₂ (€)	MAX ΚΟΣΤΟΣ CO ₂ 1 ^ο ΣΕΝΑΡΙΟ (€)	MAX ΚΟΣΤΟΣ CO ₂ 2 ^ο ΣΕΝΑΡΙΟ (€)
ΚΑΛΠΑΚΙ	33.600	13.800	42,27	1.420.272	583.326
ΛΗΜΝΟΣ	29.400	868	42,27	1.242.738	36.690,36
ΚΡΗΤΗ	45.000	3.730	42,27	1.902.150	157.667,1
ΚΑΡΠΑΘΟΣ	13.500	1.160	42,27	570.645	49.033,2

Πίνακας 60. Συνολικό κόστος εκπομπής CO₂

Στον Πίνακα 61 φαίνονται τα τελικά ισοζύγια κόστους των περιοχών για τα δύο σενάρια. Παρατηρούμε, ότι για τις τέσσερις περιοχές ισχύουν τα εξής:

- Το ισοζύγιο του 1^{ου} σεναρίου [Σενάριο πλήρους (100%) κάλυψης των οικισμών] είναι αρνητικό (-) σε όλες τις περιοχές.
- Το ισοζύγιο του 2^{ου} σεναρίου (Σενάριο μερικής κάλυψης) είναι σε όλους τους οικισμούς αρνητικό εκτός από τους οικισμούς της Καρπάθου που είναι θετικό (+).

ΠΕΡΙΟΧΕΣ	ΚΟΣΤΟΣ 1 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ (€)	ΚΟΣΤΟΣ 2 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ (€)	ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (€)	ΚΟΣΤΟΣ CO ₂ 1 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ (€)	ΚΟΣΤΟΣ CO ₂ 2 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ (€)	ΙΣΟΖΥΓΙΟ 1 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ (€)	ΙΣΟΖΥΓΙΟ 2 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ (€)
ΚΑΛΠΑΚΙ	7.471.678,58	3.014.967,31	1.529.388	1.420.272	583.326	-4.522.018,58	-902.253,31
ΛΗΜΝΟΣ	6.607.874,55	1.788.642	1.470.147	1.242.738	36.690,36	-3.894.989,55	-281.804,64
ΚΡΗΤΗ	10.863.853,74	3.875.335,94	2.470.177,5	1.902.150	157.667,1	-6.491.526,24	-1.247.491,34
ΚΑΡΠΑΘΟΣ	4.308.424,54	2.410.750,43	2.856.409,5	570.645	49.033,2	-881.370,04	+494.692,27

Πίνακας 61. Βέλτιστο ισοζύγιο κόστους των δύο σεναρίων

5.7 Περιβαλλοντικό σενάριο – LCA

Το σενάριο αυτό προβλέπει τον περιβαλλοντικά φιλικό χαρακτήρα του συστήματος με την μείωση των εκπομπών CO₂. Είναι προφανές ότι το παραγόμενο από το

υβριδικό μας σύστημα φωτοβολταϊκού – ανεμογεννήτριας ηλεκτρικό φορτίο είναι η πιο σημαντική παράμετρος για τη βιωσιμότητα της μελέτης μας.

Ουσιαστικά το περιβαλλοντικό σενάριο συμπληρώνει τα υπόλοιπα δύο προαναφερόμενα σενάρια και αποτελεί μέρος τους. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή “πράσινων” κιλοβατώρων και ως εκ τούτου την μείωση της παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα, με άμεση συνέπεια την μείωση των χρημάτων που θα πρέπει να πληρωθούν για την παραγωγή του συγκεκριμένου ρύπου. Αυτό θα είναι το άμεσο περιβαλλοντικό κέρδος από την χρήση του καλύτερου σεναρίου και προσδιορίζεται από την εφαρμογή του LCA, το οποίο θα δείξει, πιο από τα εξεταζόμενα σενάρια έχει τις χαμηλότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Για τις ανάγκες της εφαρμογής LCA πήραμε κάποια δεδομένα για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία, τις ανεμογεννήτριες, τους inverters, τις μπαταρίες, τους charge controllers και τα καλώδια και κάναμε και κάποιες υποθέσεις.

Τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία, κατασκευάστηκαν στην Κίνα. Υποτίθεται ότι το πυρίτιο και το αλουμίνιο για το φωτοβολταϊκό κύτταρο και το πλαίσιο αντιστοίχως, εξήχθησαν από ορυχεία στην κεντρική Κίνα. Επιπλέον, θεωρείται ότι η εξόρυξη ορυκτών πραγματοποιήθηκε στην περιοχή Wenyu και το εργοστάσιο βρίσκεται στη Σαγκάη (οδική απόσταση 1268χλμ). Ακολουθούμενη από μεταφορά από πλοίο, τα στοιχεία φτάνουν στο λιμάνι του Πειραιά και από εκεί μεταφέρονται στις επιλεγμένες τοποθεσίες είτε οδικώς είτε με πλοίο.

Η προτεινόμενη ανεμογεννήτρια έχει ονομαστική ισχύ 50kW και κατασκευάζεται στην Κίνα. Τα κύρια συστατικά μέρη του είναι: (i) πύργος (ii) ρότορας (iii) γέφυρα (iv) γεννήτρια και (v) πύργος. Η διαδικασία κατασκευής επικεντρώνεται κυρίως στη χύτευση μετάλλων, τη σφυρηλάτηση και την έλαση. Ξεκινώντας από την περιοχή Qingdao θα φτάσει στον λιμένα του Πειραιά με υπερωκεάνιο πλοίο. Στη συνέχεια, είτε με φορτηγό, είτε με πλοίο θα φτάσει στον τελικό προορισμό.

Ο μετατροπέας (inverter) αποτελείται από διάφορα ηλεκτρονικά εξαρτήματα όπως μετασχηματιστές, αντιστάσεις, πυκνωτές κλπ. και θεωρείται ότι το εργοστάσιο βρίσκεται στο Almere της Ολλανδίας. Η μεταφορά γίνεται μέσω σιδηροδρόμων, φορτηγών και πλοίων.

Η αποθήκευση ενέργειας σε μπαταρίες είναι απαραίτητη για τη δημιουργία ενός αυτόνομου συστήματος παραγωγής ενέργειας. Οι μπαταρίες που μελετήθηκαν είναι τύπου lead-acid (Pb) AGM-gel που συνιστάται για οικιακή χρήση. Κάθε μπαταρία ζυγίζει 65 κιλά και θεωρείται ότι οι μπαταρίες παράγονται στην πόλη Santa Fe, ΗΠΑ.

Το ταξίδι που θα ακολουθήσει είναι η σιδηροδρομική γραμμή μέχρι τη Νέα Ορλεάνη και από εκεί με πλοίο με προορισμό το λιμάνι του Πειραιά. Από εκεί με φορτηγά και πλοία θα φθάσει στον τόπο εγκατάστασης. Οι ρυθμιστές φόρτισης (charge controller) παράγονται επίσης στο Almere της Ολλανδίας και θα φτάσουν μέσω σιδηροδρόμων, φορτηγών και πλοίων στους επιλεγμένους προορισμούς. Τα δεδομένα για το LCA βασίστηκαν σε έναν ρυθμιστή φόρτισης που χρησιμοποιήθηκε στην εργασία των Spanos et al., (2015).

Με βάση τους Πίνακες 48 έως 51 υπολογίσαμε το περιβαλλοντικό όφελος που θα προκύψει από την εφαρμογή των φωτοβολταϊκών/ανεμογεννητριών που πρόκειται να εγκατασταθούν στις τέσσερις περιοχές της μελέτης μας σε σχέση με τα δύο σενάρια, δηλαδή το σενάριο της πλήρους κάλυψης (100%) και το σενάριο της μερικής κάλυψης. Υπολογίστηκε το αποτύπωμα του CO₂, του SO₂, του φωσφορικού άλατος, της φωτοχημικής ρύπανσης, και της ανθρώπινης τοξικότητας σε τόνους (όφελος από τη μη απελευθέρωσή τους στην ατμόσφαιρα), καθώς επίσης και πόσο προστατεύεται η στοιβάδα του όζοντος από τη μη απελευθέρωση αερίων στην ατμόσφαιρα (σε κιλά) από την εφαρμογή των δύο σεναρίων της μελέτης μας. Τα αποτελέσματα αυτά φαίνονται στους παρακάτω Πίνακες 62 έως 65.

Περιβαλλοντικό όφελος	Σενάριο Πλήρους κάλυψης (100%)	Σενάριο Μερικής κάλυψης
Αποτύπωμα άνθρακα (σε τόνους CO ₂)	33600,00	13800,00
Δυναμικό οξίνισης (σε τόνους SO ₂)	229,00	94,00
Δυναμικό ευτροφισμού (σε τόνους φωσφορικού ισοδύναμου)	51,70	21,00
Δυναμικό εξάντλησης στοιβάδας του Όζοντος (σε ισοδύναμα κιλά R11)	2,33	0,96
Δυναμικό φωτοχημικού νέφους (σε ισοδύναμους τόνους αιθενίου)	10,10	4,14
Δυναμικό ανθρώπινης τοξικότητας (σε ισοδύναμους τόνους διγλωροβενζολίου)	31400,00	12500,00

Πίνακας 62. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα οικισμών Καλπακίου

Για τους οικισμούς της Λήμνου τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία προκαλούν ασυνήθιστο φορτίο περιβαλλοντικής αποτύπωσης στο σύστημα, προκαλώντας έτσι σημαντική επίδραση στις εκπομπές

διοξειδίου του άνθρακα. Και στα δύο σενάρια (πλήρους και μερικής κάλυψης) το normal μίγμα φαίνεται να ακολουθεί μια τάση μεταξύ των δύο άλλων Φ/Β και Α/Γ. Το μίγμα Α/Γ (περισσότερες ανεμογεννήτριες) έχει ένα σημαντικό πλεονέκτημα έναντι του Φ/Β μίγματος (περισσότερα φωτοβολταϊκά). Σημαντικές διαφορές, τάξης μεγέθους, παρατηρούνται σε ολόκληρο τον παρακάτω πίνακα εκτός από το δυναμικό ανθρώπινης τοξικότητας που προκύπτει λόγω της σημαντικής χρήσης μπαταριών και της εγκατάστασης των ανεμογεννητριών. Οι ίδιες διαφορές απεικονίζονται σε κάθε περιοχή με το μίγμα Α/Γ να παρουσιάζει υπεροχή έναντι των άλλων δύο (NOR & Φ/Β). Στο νησί της Κρήτης, όμως, η διαφορά φαίνεται να είναι μικρή, κυρίως λόγω του μικρότερου αριθμού μπαταριών που χρησιμοποιήθηκαν στο Φ/Β μίγμα σε σχέση με το άλλο.

Κατά τη σύγκριση του σεναρίου πλήρους κάλυψης (100%) και του σεναρίου μερικής κάλυψης, φαίνεται ότι σε όλες τις περιοχές το περιβαλλοντικό όφελος του σεναρίου της μερικής κάλυψης είναι μεγαλύτερο από το όφελος του σεναρίου της πλήρους (100%) κάλυψης.

Περιβαλλοντικό όφελος	Σενάριο Πλήρους κάλυψης (100%) NOR	Σενάριο Πλήρους κάλυψης (100%) Φ/Β	Σενάριο Πλήρους κάλυψης (100%) Α/Γ	Σενάριο Μερικής κάλυψης NOR	Σενάριο Μερικής κάλυψης Φ/Β	Σενάριο Μερικής κάλυψης Α/Γ
Αποτύπωμα άνθρακα (σε τόνους CO ₂)	19300,00	29400,00	12200,00	4710,00	9040,00	868,00
Δυναμικό οξίνισης (σε τόνους SO ₂)	127,00	201,00	75,10	31,10	61,30	4,39
Δυναμικό ευτροφισμού (σε τόνους φωσφορικού ισοδύναμου)	30,40	38,80	20,30	7,45	13,50	1,82
Δυναμικό εξάντλησης στοιβάδας του Όζοντος (σε ισοδύναμα κιλά R11)	1,29	2,02	0,77	0,32	0,62	0,05
Δυναμικό φωτοχημικού νέφους (σε ισοδύναμους τόνους αιθέριου)	5,65	8,82	3,41	1,39	2,69	0,21
Δυναμικό ανθρώπινης τοξικότητας (σε ισοδύναμους τόνους διγλωροβενζολίου)	35500,00	28400,00	40000,00	7900,00	9860,00	6240,00

Πίνακας 63. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα οικισμών Λήμνου

Περιβαλλοντικό όφελος	Σενάριο Πλήρους κάλυψης (100%) NOR	Σενάριο Πλήρους κάλυψης (100%) Φ/Β	Σενάριο Πλήρους κάλυψης (100%) Α/Γ	Σενάριο Μερικής κάλυψης NOR	Σενάριο Μερικής κάλυψης Φ/Β	Σενάριο Μερικής κάλυψης Α/Γ
Αποτύπωμα άνθρακα (σε τόνους CO ₂)	40700,00	45000,00	38300,00	8910,00	14100,00	3730,00
Δυναμικό οξίνισης (σε τόνους SO ₂)	275,00	306,00	257,00	58,70	94,90	22,30
Δυναμικό ευτροφισμού (σε τόνους φωσφορικού ισοδύναμου)	63,50	69,60	59,60	14,20	22,00	6,16
Δυναμικό εξάντλησης στοιβάδας του Όζοντος (σε ισοδύναμα κιλά R11)	2,80	3,12	2,62	0,60	0,97	0,23
Δυναμικό φωτοχημικού νέφους (σε ισοδύναμους τόνους αιθενίου)	12,20	13,50	11,40	2,62	4,20	1,01
Δυναμικό ανθρώπινης τοξικότητας (σε ισοδύναμους τόνους διγλωροβενζολίου)	48400,00	45200,00	49700,00	15400,00	16600,00	14100,00

Πίνακας 64. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα οικισμών Κρήτης

Περιβαλλοντικό όφελος	Σενάριο Πλήρους κάλυψης (100%) NOR	Σενάριο Πλήρους κάλυψης (100%) Φ/Β	Σενάριο Πλήρους κάλυψης (100%) Α/Γ	Σενάριο Μερικής κάλυψης NOR	Σενάριο Μερικής κάλυψης Φ/Β	Σενάριο Μερικής κάλυψης Α/Γ
Αποτύπωμα άνθρακα (σε τόνους CO ₂)	10000,00	13500,00	2310,00	5320,00	11000,00	1160,00
Δυναμικό οξίνισης (σε τόνους SO ₂)	67,10	91,10	11,50	34,70	74,00	5,80
Δυναμικό ευτροφισμού (σε τόνους φωσφορικού ισοδύναμου)	16,60	21,50	4,40	8,62	17,30	2,28

Δυναμικό εξάντλησης στοιβάδας του Όζοντος (σε ισοδύναμα κιλά R11)	0,68	0,93	0,12	0,35	0,75	0,06
Δυναμικό φωτοχημικού νέφους (σε ισοδύναμους τόνους αιθενίου)	2,98	4,03	0,56	1,55	3,28	0,28
Δυναμικό ανθρώπινης τοξικότητας (σε ισοδύναμους τόνους διγλωροβενζολίου)	14900,00	16200,00	16500,00	10300,00	13800,00	8280,00

Πίνακας 65. Περιβαλλοντικό αποτύπωμα οικισμών Καρπάθου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Βέλτιστη πρόταση ανά περιοχή

6.1.1 Περιοχή Καλπακίου Ηπείρου

Στα δύο χωριά της περιοχής Καλπακίου, τα οποία έχουν το χαμηλότερο ηλιακό και αιολικό δυναμικό, οι βέλτιστες λύσεις που προέκυψαν από τα σενάρια της μελέτης φαίνονται στον Πίνακα 66.

ΠΕΡΙΟΧΗ: ΚΑΛΠΑΚΙΟΥ ΗΠΕΙΡΟΥ			ΗΛΙΑΚΟ/ΑΙΟΛΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ: ΧΑΜΗΛΟ / ΧΑΜΗΛΟ
<i>1^ο ΣΕΝΑΡΙΟ</i>			
ΧΡΗΣΗ ΑΠΕ	ΚΑΛΥΨΗ (%)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (€)	ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΚΟΣΤΟΥΣ (€)
8100 Φ/Β	100	7.471.678,58	-4.522.018,58
<i>2^ο ΣΕΝΑΡΙΟ</i>			
ΧΡΗΣΗ ΑΠΕ	ΚΑΛΥΨΗ (%)	ΚΟΣΤΟΣ (€)	ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΚΟΣΤΟΥΣ (€)
3327 PV	84,5	3.014.967,31	-902.253,31

Πίνακας 66. Ισοζύγιο κόστους μεταξύ των οικισμών περιοχής Καλπακίου

Ας σημειωθεί ότι, το πλην (-) στο ισοζύγιο κόστους δηλώνει ότι η επένδυσή μας δεν είναι κερδοφόρα, ενώ αντίθετα το συν (+) δηλώνει ότι η επένδυσή μας είναι κερδοφόρα.

Η κάλυψη του 2^{ου} Σεναρίου αντιστοιχεί συνολικά σε 306 ημέρες για τον Α' οικισμό και σε 310 ημέρες για τον Β' οικισμό. Συνεπώς, 59 και 55 ημέρες αντίστοιχα (το χειμώνα), τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής αδυνατούν να παράγουν όλη την ενέργεια που χρειάζεται για να καλύψουν τις ανάγκες των κατοίκων και των

επιχειρήσεων. Οι μέρες κατά τις οποίες οι οικισμοί μας μένουν ακάλυπτοι είναι οι εξής σύμφωνα με τον Πίνακα 67 για τον οικισμό της Ρεπετίστας και τον Πίνακα 68 για τον οικισμό της Αρετής.

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/μήνα	7486,50	6068,38	12493,31	12308,70	17621,64	23427,90	23033,31	19775,52	14450,40	10428,09	6480,90	4556,38
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)/μήνα	10695,24	9750,10	10695,24	17851,25	10030,60	9708,35	17521,13	17037,87	9708,35	10030,60	10351,55	10695,24
ΚΑΛΥΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ (%)	70	62	117	69	176	241	131	116	149	104	63	43
ΚΑΛΥΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ	22	18	31	21	31	30	31	31	30	30	19	13

Πίνακας 67. Κάλυψη οικισμού Ρεπετίστας με το 2^ο Σενάριο (Μερικής κάλυψης)

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/μήνα	6961,36	5642,37	11616,01	11415,00	16270,04	21986,70	21416,04	18387,65	13619,70	9696,18	6025,80	4236,15
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)/μήνα	10615,60	9674,70	10615,60	10273,50	10140,70	9813,90	16621,90	16412,80	9813,90	10140,70	10273,50	10615,60
ΚΑΛΥΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ (%)	66	58	109	111	160	224	129	112	139	96	59	40
ΚΑΛΥΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ	20	16	31	30	31	30	31	31	30	30	18	12

Πίνακας 68. Κάλυψη οικισμού Αρετής με το 2^ο Σενάριο (Μερικής κάλυψης)

Παρατηρούμε, ότι η διασύνδεση μεταξύ των δύο οικισμών θα λειτουργήσει τον Απρίλιο από τον οικισμό της Αρετής προς τον οικισμό της Ρεπετίστας και τον Οκτώβριο προς την αντίθετη φορά καθώς και όποιες άλλες μέρες αυτό απαιτηθεί. Επίσης, παρατηρούμε ότι για την πλήρη κάλυψη του οικισμού (δηλαδή από το 84,5 % στο 100%) σε βάθος 25 ετών απαιτούνται επιπλέον 6.282.084,08 €, πάνω από το συνολικό κεφάλαιο του 2^{ου} Σεναρίου. Και στα δύο όμως σενάρια η επένδυσή μας δεν θα είναι κερδοφόρα.

Αυτό που επίσης υπολογίσαμε για τους οικισμούς του Καλπακίου από την επιτόπια έρευνά μας, ήταν η δυνατότητα αλλαγής των ενεργοβόρων οικιακών συσκευών (ψυγείο, κουζίνα, πλ. πιάτων και ρούχων, καταψύκτης και λαμπτήρες) με συσκευές

χαμηλής κατανάλωσης A, A+, A++ και A+++ καθώς και λαμπτήρες χαμηλής κατανάλωσης. Στον Πίνακα 69 παρουσιάζονται αναλυτικά οι κυριότερες και πιο ενεργοβόρες ηλεκτρικές συσκευές των δύο οικισμών καθώς και η κατανάλωση ανά έτος σε kwh, ενώ στον Πίνακα 70 παρουσιάζονται οι συσκευές χαμηλής κατανάλωσης που προτείνονται και αντικαθιστούν αυτές του προηγούμενου Πίνακα, η κατανάλωση αυτών καθώς και το κόστος απόκτησής τους. Στον Πίνακα 71 παρουσιάζονται οι διαφορές στην κατανάλωση (kwh/έτος) μεταξύ των υπαρχόντων συσκευών και των προτεινόμενων συσκευών χαμηλής κατανάλωσης.

ΡΕΠΕΤΙΣΤΑ			
ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)
ΨΥΓΕΙΟ	65	24h	11956,6
ΚΟΥΖΙΝΑ	61	2h	53454,6
ΠΛ. ΡΟΥΧΩΝ	57	1h	18742,5
ΠΛ. ΠΙΑΤΩΝ	5	0,5h	800,4
ΚΑΤΑΨΥΚΤΗΣ	6	24h	2314,2
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ	716	5 h ΧΕΙΜ.-4h ΚΑΛΟΚ.	41758,2
ΑΡΕΤΗ			
ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)
ΨΥΓΕΙΟ	69	24h	12702
ΚΟΥΖΙΝΑ	65	2h	52501,5
ΠΛ. ΡΟΥΧΩΝ	35	1h	11914,4
ΠΛ. ΠΙΑΤΩΝ	5	0,5h	1216,8
ΚΑΤΑΨΥΚΤΗΣ	9	24h	2504,3
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ	551	5 h ΧΕΙΜ.-4h ΚΑΛΟΚ.	39157,2

Πίνακας 69. Κατανάλωση κυριότερων ηλεκτρικών συσκευών

ΡΕΠΕΤΙΣΤΑ								
ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΜΑΡΚΑ	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΛΑΣΗ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ (€) (ΧΩΡΙΣ ΦΠΑ)	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΣΥΝΟΛΟ ΚΟΣΤΟΥΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)
ΨΥΓΕΙΟ	Morris T71299CAP	A+++	346	65	22490	0,0186	24h	10598,1
ΚΟΥΖΙΝΑ	Crown 5400A	A	128	61	7808	0,81	2h	24054,7
ΠΛ. ΡΟΥΧΩΝ	TLC TW60-M10303A0 9	A+++	153	57	8721	0,58	1h	7764,75

ΠΛ. ΠΙΑΤΩΝ	Bosch SMV 46IX11E	A+++	523	5	2615	0,82	0,5h	410,21
ΚΑΤΑΨΥΚΤΗΣ	Bosch GIV11AF30	A++	410	6	2460	0,016	24h	707,1
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ			5	716	3580	0,02	5 h ΧΕΙΜ.-4h ΚΑΛΟΚ.	14975,4
ΑΡΕΤΗ								
ΣΥΣΚΕΥΕΣ				ΑΡΙΘΜΟΣ			ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)
ΨΥΓΕΙΟ	Morris T71299CAP	A+++	346	69	23874	0,0186	24h	11250,3
ΚΟΥΖΙΝΑ	Crown 5400A	A	128	65	8320	0,81	2h	23625,68
ΠΛ. ΡΟΥΧΩΝ	TLC TW60-M10303A09	A+++	153	35	5355	0,58	1h	4935,95
ΠΛ. ΠΙΑΤΩΝ	Bosch SMV 46IX11E	A+++	523	5	2615	0,82	0,5h	623,61
ΚΑΤΑΨΥΚΤΗΣ	Bosch GIV11AF30	A++	410	9	3690	0,016	24h	910,62
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ			5	551	2755	0,02	5 h ΧΕΙΜ.-4h ΚΑΛΟΚ.	13275,6

Πίνακας 70. Κατανάλωση κυριότερων ηλεκτρικών συσκευών χαμηλής κατανάλωσης

ΡΕΠΕΤΙΣΤΑ				
ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΥΣΚΕΥΩΝ (kwh)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ(kwh)	ΔΙΑΦΟΡΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ (kwh/year)
ΨΥΓΕΙΟ	65	11956,6	10598,1	1358,5
ΚΟΥΖΙΝΑ	61	53454,6	24054,7	29399,9
ΠΛ. ΡΟΥΧΩΝ	57	18742,5	7764,75	10977,75
ΠΛ. ΠΙΑΤΩΝ	5	800,4	410,21	390,19
ΚΑΤΑΨΥΚΤΗΣ	6	2314,2	707,1	1607,1
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ	716	41758,2	14975,4	26782,8
ΣΥΝΟΛΟ		129026,5	58510,26	70516,24
ΑΡΕΤΗ				
ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΥΣΚΕΥΩΝ (kwh)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ(kwh)	ΔΙΑΦΟΡΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ (kwh/year)
ΨΥΓΕΙΟ	69	12702	11250,3	1451,7

ΚΟΥΖΙΝΑ	65	52501,5	23625,68	28875,82
ΠΛ. ΡΟΥΧΩΝ	35	11914,4	4935,95	6978,45
ΠΛ. ΠΙΑΤΩΝ	5	1216,8	623,61	593,19
ΚΑΤΑΨΥΚΤΗΣ	9	2504,3	910,62	1593,68
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ	551	39157,2	13275,6	25881,6
ΣΥΝΟΛΟ		119996,2	54621,76	65374,44

Πίνακας 71. Διαφορά στην κατανάλωση μεταξύ ηλεκτρικών συσκευών και χαμηλής κατανάλωσης ηλεκτρικών συσκευών

Η συνολική, μέγιστη κατανάλωση ηλεκτρικών συσκευών για τον οικισμό της Ρεπετίστας Καλπακίου είναι 150.981 kwh/year, χωρίς την εκκλησία είναι 147.285,7 kwh/year, ενώ μόνο οι ενεργοβόρες συσκευές καταναλώνουν 129.026,5 kwh/year. Με την προσθήκη χαμηλής κατανάλωσης ηλεκτρικών συσκευών η κατανάλωση πέφτει συνολικά στις 80.464,76 kwh/year. Αντίστοιχα στον οικισμό Αρετή Καλπακίου η συνολική μέγιστη κατανάλωση ηλεκτρικών συσκευών είναι 140.331 kwh/year, χωρίς την εκκλησία είναι 133.306,4 kwh/year, ενώ μόνο οι ενεργοβόρες συσκευές καταναλώνουν 119.996,2 kwh/year. Με την προσθήκη χαμηλής κατανάλωσης ηλεκτρικών συσκευών η συνολική κατανάλωση πέφτει στις 74.956,56 kwh/year. Άρα, η συνολική κατανάλωση με συσκευές χαμηλής κατανάλωσης καθώς και το ποσοστό μείωσης κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος με τη χρήση ενεργειακών συσκευών είναι η εξής (Πίνακας 72):

ΡΕΠΕΤΙΣΤΑ					
ΜΕΓΙΣΤΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΟΒΟΡΩΝ ΣΥΣΚΕΥΕΣ (kwh)	ΔΙΑΦΟΡΑ ΥΠΟΛΟΙΠΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ (kwh)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΜΕ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ (kwh)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΜΕΙΩΣΗΣ (%)
150981,00	129026,50	21954,50	58510,26	80464,76	46,71
ΑΡΕΤΗ					
ΜΕΓΙΣΤΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΟΒΟΡΩΝ ΣΥΣΚΕΥΕΣ (kwh)	ΔΙΑΦΟΡΑ ΥΠΟΛΟΙΠΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ (kwh)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΜΕ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ (kwh)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΜΕΙΩΣΗΣ (%)
140331,00	119996,20	20334,80	54621,76	74956,56	46,59

Πίνακας 72. Ποσοστό μείωσης κατανάλωσης με χρήση χαμηλής κατανάλωσης ηλεκτρικών συσκευών

Άρα συνολικά η μείωση ηλεκτρικού ρεύματος για την χρονιά της μέγιστης κατανάλωσης των δύο οικισμών είναι περίπου 47%. Αυτή τη μείωση θα θεωρήσουμε υποθετικά ότι ισχύει και για τους άλλους έξι οικισμούς. Η συνολική κατανάλωση για όλους τους οικισμούς θα μεταβληθεί ως εξής :

ΟΙΚΙΣΜΟΙ	MAX ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)	MAX ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΜΕ ΧΑΜΗΛΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ (kwh)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΜΕΙΩΣΗΣ (%)
ΡΕΠΕΤΙΣΤΑ	150981	80020	47
ΑΡΕΤΗ	140331	74375	47
ΦΙΣΙΝΗ	149174	79062	47
ΑΓ. ΣΟΦΙΑ	130854	69353	47
ΚΟΥΜΑΣΑ	355651	188495	47
ΚΑΝΔΥΛΑ	114859	60875	47
ΚΑΤΩ ΛΕΥΚΟΣ	331664	175782	47
ΛΕΥΚΟΣ	212414	112579	47

Πίνακας 73. Ποσοστό μείωσης κατανάλωσης με χρήση χαμηλής κατανάλωσης ηλεκτρικών συσκευών των οκτώ οικισμών

Παρατηρούμε, ότι με τη χρήση χαμηλής κατανάλωσης ηλεκτρικών συσκευών, το σενάριο μερικής κάλυψης (2^ο σενάριο) καλύπτει τον οικισμό της Ρεπετίστας (Πίνακας 74) για 359 ημέρες, δηλαδή το 98,36 % του οικισμού και μόνο έξι ημέρες το Δεκέμβριο ο οικισμός μένει ακάλυπτος. Ο οικισμός Αρετή (Πίνακας 75) καλύπτεται για 357 ημέρες, δηλαδή το 97.8 % του οικισμού και μόνο οκτώ ημέρες το Δεκέμβριο ο οικισμός μένει ακάλυπτος. Το συνολικό κόστος αγοράς Φ/Β, εξαρτημάτων (μπαταρίες, αντιστροφείς, ρυθμιστές φόρτισης) καθώς και των χαμηλής κατανάλωσης ηλεκτρικών συσκευών ανέρχεται συνολικά στα 996.536,31€. Αυτό σημαίνει ότι για μια περίοδος 25 ετών, οι 180 κάτοικοι των δύο οικισμών θα πληρώνουν περίπου 225€/έτος έκαστος ή 18,75 €/μήνα. Σε αυτή την περίπτωση η επένδυσή μας θα είναι κερδοφόρα.

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/μήνα	6961,36	5642,37	11616,01	11415	16270,04	21986,7	21416,04	18387,65	13619,7	9696,18	6025,8	4236,15

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)/μήνα	5626,27	5127,75	5626,48	5444,96	5374,57	5201,37	8809,61	8698,78	5201,37	5374,57	5444,96	5626,27
ΚΑΛΥΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ (%)	124	110	206	210	303	423	243	211	262	180	111	75
ΚΑΛΥΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	23

Πίνακας 74. Κάλυψη οικισμού Ρεπετίστας με τη χρήση χαμηλής κατανάλωσης ηλεκτρικών συσκευών

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/μήνα	7486,5	6068,38	12493,31	12308,7	17621,64	23427,9	23033,31	19775,52	14450,4	10428,09	6480,9	4556,38
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)/μήνα	5668,46	5167,55	5668,46	9461,19	5316,22	5145,43	9286,18	9030,01	5145,43	5316,22	5486,35	5668,46
ΚΑΛΥΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ (%)	132	117	220	130	331	455	248	219	281	196	118	80
ΚΑΛΥΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	25

Πίνακας 75. Κάλυψη οικισμού Αρετής με τη χρήση χαμηλής κατανάλωσης ηλεκτρικών συσκευών

6.1.2 Περιοχή Λήμνου

Στα δύο χωριά της Λήμνου τα οποία έχουν χαμηλό ηλιακό και υψηλό αιολικό δυναμικό, οι βέλτιστες λύσεις που προέκυψαν από τα σενάρια της μελέτης φαίνονται στον Πίνακα 76.

ΠΕΡΙΟΧΗ: ΛΗΜΝΟΥ			ΗΛΙΑΚΟ/ΑΙΟΛΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ: ΧΑΜΗΛΟ / ΥΨΗΛΟ	
<i>1^ο ΣΕΝΑΡΙΟ</i>				
ΧΡΗΣΗ ΑΠΕ	ΚΑΛΥΨΗ (%)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (€)	ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΚΟΣΤΟΥΣ (€)	
7166 PV / 2 WT	100	6.607.874,55	-3.894.989,55	
<i>2^ο ΣΕΝΑΡΙΟ</i>				

ΧΡΗΣΗ ΑΠΕ	ΚΑΛΥΨΗ (%)	ΚΟΣΤΟΣ (€)	ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΚΟΣΤΟΥΣ (€)
3 WT	25%	1.788.642	-281.804,64

Πίνακας 76. Ισοζύγιο κόστους μεταξύ των οικισμών περιοχής Λήμνου

Ενώ η κάλυψη του 2^{ου} Σεναρίου καλύπτει θεωρητικά και τους δύο οικισμούς σύμφωνα με την τιμή της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος, στην πράξη αυτό δεν ισχύει. Η πραγματική κάλυψη αντιστοιχεί συνολικά σε 91 ημέρες και για τους δύο οικισμούς, δηλαδή, 25% περίπου ετησίως. Συνεπώς, 274 ημέρες, τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής αδυνατούν να παράγουν όλη την ενέργεια που χρειάζεται για να καλύψουν τις ανάγκες των κατοίκων και των επιχειρήσεων. Οι μέρες κατά τις οποίες οι οικισμοί μας μένουν ακάλυπτοι είναι οι εξής σύμφωνα με τον Πίνακα 77 και για τους δύο οικισμούς.

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/μήνα	3087,25	4709,56	2379,87	4041,6	784,92	3534	8632,88	6079,41	9117	6487,37	11408	6447,38
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)/μήνα	10184,95	9564,97	10184,95	10045,78	10007,8	9742,11	10678,35	16131,43	9742,11	10078,8	10045,78	10184,95
ΚΑΛΥΨΗ ΟΙΚΙΣΜΩΝ (%)	30	49	23	40	8	36	81	38	94	65	114	63
ΚΑΛΥΨΗ ΟΙΚΙΣΜΩΝ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ	9	14	7	12	2	11	25	12	28	20	30	20

Πίνακας 77. Κάλυψη οικισμών Λήμνου με το 2^ο Σενάριο (Μερικής κάλυψης)

Επίσης, παρατηρούμε ότι για την πλήρη κάλυψη του οικισμού (δηλαδή στο 100%) σε βάθος 25 ετών απαιτούνται επιπλέον 4.819.232,55 €, πάνω από το συνολικό κεφάλαιο του 2^{ου} Σεναρίου. Και στα δύο όμως σενάρια η επένδυσή μας δεν θα είναι κερδοφόρα.

Αυτό που επίσης υπολογίσαμε για τους οικισμούς της Λήμνου, ήταν η δυνατότητα αλλαγής και σε αυτή την περιοχή των ενεργοβόρων οικιακών συσκευών (ψυγείο, κουζίνα, πλ. πιάτων και ρούχων, καταψύκτης και λαμπτήρες) με συσκευές χαμηλής κατανάλωσης A, A+, A++ και A+++ καθώς και λαμπτήρες χαμηλής κατανάλωσης.

Έχοντας υπόψη τον πίνακα 73 (Ποσοστό μείωσης κατανάλωσης με χρήση χαμηλής κατανάλωσης ηλεκτρικών συσκευών των οκτώ οικισμών) και θεωρώντας το ποσοστό αυτό στο 47%, ο Πίνακας 77 γίνεται ως εξής:

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/μήνα	3087,25	4709,56	2379,87	4041,6	784,92	3534	8632,88	6079,41	9117	6487,37	11408	6447,38
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ Η (kwh)/μήνα	21670,1	20351	21670,1	21374	21293,2	20727,9	22719,9	34322,2	20727,9	21293,2	21734	21670,1
ΚΑΛΥΨΗ ΟΙΚΙΣΜΩΝ (%)	14	23	11	19	4	17	38	18	44	30	53	30
ΚΑΛΥΨΗ ΟΙΚΙΣΜΩΝ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ	4	7	3	6	1	5	12	5	13	9	16	9

Πίνακας 78. Κάλυψη οικισμών Λήμνου με τη χρήση χαμηλής κατανάλωσης ηλεκτρικών συσκευών

Η συνολική μέγιστη κατανάλωση ηλεκτρικών συσκευών για τους οικισμούς της Λήμνου είναι 280.028 kwh/year, ενώ χωρίς τις εκκλησίες των δύο οικισμών είναι 269.193,5 kwh/year, ενώ μόνο οι ενεργοβόρες συσκευές καταναλώνουν 131.613 kwh/year. Με την προσθήκη χαμηλής κατανάλωσης ηλεκτρικών συσκευών η κατανάλωση πέφτει συνολικά στις 148.415 kwh/year. Η κάλυψη πλέον αντιστοιχεί στο 52%, δηλαδή σε 190 ημέρες ετησίως και μόνο ο μήνας Νοέμβριος καλύπτεται πλήρως. Η επένδυσή μας και σε αυτή την περίπτωση δεν θα είναι κερδοφόρα.

6.1.3 Περιοχή Βαγιονιάς Ηρακλείου Κρήτης

Στα δύο χωριά της Κρήτης τα οποία έχουν υψηλό ηλιακό και χαμηλό αιολικό δυναμικό, οι βέλτιστες λύσεις που προέκυψαν από τα σενάρια της μελέτης φαίνονται στον Πίνακα 79.

ΠΕΡΙΟΧΗ: ΚΡΗΤΗΣ			ΗΛΙΑΚΟ/ΑΙΟΛΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ: ΥΨΗΛΟ / ΧΑΜΗΛΟ
<i>1^ο ΣΕΝΑΡΙΟ</i>			
ΧΡΗΣΗ ΑΠΕ	ΚΑΛΥΨΗ (%)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (€)	ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΚΟΣΤΟΥΣ (€)

10714 PV / 2 WT	100	10.863.853,74	-6.491.526,24
<i>2^ο ΣΕΝΑΡΙΟ</i>			
ΧΡΗΣΗ ΑΠΕ	ΚΑΛΥΨΗ (%)	ΚΟΣΤΟΣ (€)	ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΚΟΣΤΟΥΣ (€)
487 PV / 6 WT	22,2	3.875.335,94	-1.247.491,34

Πίνακας 79. Ισοζύγιο κόστους μεταξύ των οικισμών περιοχής Κρήτης

Ενώ η κάλυψη του 2^{ου} Σεναρίου καλύπτει θεωρητικά και τους δύο οικισμούς σύμφωνα με την τιμή της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος, στην πράξη αυτό δεν ισχύει. Η πραγματική κάλυψη αντιστοιχεί συνολικά σε 81 ημέρες και για τους δύο οικισμούς, δηλαδή 22,2% περίπου ετησίως.. Συνεπώς, 284 ημέρες, τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής αδυνατούν να παράγουν όλη την ενέργεια που χρειάζεται για να καλύψουν τις ανάγκες των κατοίκων και των επιχειρήσεων. Οι μέρες κατά τις οποίες οι οικισμοί μας μένουν ακάλυπτοι είναι οι εξής σύμφωνα με τον Πίνακα 80 και για τους δύο οικισμούς.

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/μήνα	3339,32	6585,92	6943,07	8521,2	9924,96	10479,9	15100,41	10172,96	7239	6466,91	4228,2	6396,85
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)/μήνα	34255,5	30159,7	34255,5	38777	30578,5	30506,5	48455,5	53217,8	30506,5	30578,5	30515,5	38898,6
ΚΑΛΥΨΗ ΟΙΚΙΣΜΩΝ (%)	10	22	20	22	32	34	31	19	24	21	14	16
ΚΑΛΥΨΗ ΟΙΚΙΣΜΩΝ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ	3	6	6	7	10	10	10	6	7	7	4	5

Πίνακας 80. Κάλυψη οικισμών Βαγιονιάς Ηρακλείου Κρήτης με το 2^ο Σενάριο (Μερικής κάλυψης)

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/μήνα	3087,25	4709,56	2379,87	4041,6	784,92	3534	8632,88	6079,41	9117	6487,37	11408	6447,38
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)/μήνα	16100,09	14175,06	16100,09	18225,19	14371,9	14338,06	22774,09	25012,37	14338,06	14371,9	14342,39	18282,34
ΚΑΛΥΨΗ ΟΙΚΙΣΜΩΝ	21	46	43	47	69	73	16	41	50	45	29	35

(%)												
ΚΑΛΥΨΗ ΟΙΚΙΣΜΩΝ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ	6	13	13	14	21	22	21	13	15	14	9	11

Πίνακας 81. Κάλυψη οικισμών Βαγιωνιάς Ηρακλείου Κρήτης με τη χρήση χαμηλής κατανάλωσης ηλεκτρικών συσκευών

Επίσης, παρατηρούμε ότι για την πλήρη κάλυψη του οικισμού (δηλαδή στο 100%) σε βάθος 25 ετών απαιτούνται επιπλέον 6.988.517.8 €, πάνω από το συνολικό κεφάλαιο του 2^{ου} Σεναρίου. Και στα δύο όμως σενάρια η επένδυσή μας δεν θα είναι κερδοφόρα.

Αυτό που επίσης υπολογίσαμε για τους οικισμούς της Κρήτης, ήταν η δυνατότητα αλλαγής και σε αυτή την περιοχή των ενεργοβόρων οικιακών συσκευών (ψυγείο, κουζίνα, πλ. πιάτων και ρούχων, καταψύκτης και λαμπτήρες) με συσκευές χαμηλής κατανάλωσης A, A+, A++ και A+++ καθώς και λαμπτήρες χαμηλής κατανάλωσης. Έχοντας υπόψη τον πίνακα 73 (Ποσοστό μείωσης κατανάλωσης με χρήση χαμηλής κατανάλωσης ηλεκτρικών συσκευών των οκτώ οικισμών) και θεωρώντας το ποσοστό αυτό στο 47%, έχουμε τον Πίνακα 81. Η συνολική μέγιστη κατανάλωση ηλεκτρικών συσκευών για τους οικισμούς της Κρήτης είναι 470.510 kwh/year, ενώ χωρίς τις εκκλησίες των δύο οικισμών είναι 430.705 kwh/year, ενώ μόνο οι ενεργοβόρες συσκευές καταναλώνουν 221.140 kwh/year. Με την προσθήκη χαμηλής κατανάλωσης ηλεκτρικών συσκευών η κατανάλωση πέφτει συνολικά στις 249.370 kwh/year. Η κάλυψη πλέον αντιστοιχεί στο 47%, δηλαδή 172 ημέρες ετησίως. Η επένδυσή μας και σε αυτή την περίπτωση δεν θα είναι κερδοφόρα.

6.1.4 Περιοχή Καρπάθου

Στα δύο χωριά της Καρπάθου τα οποία έχουν υψηλό ηλιακό και αιολικό δυναμικό, οι βέλτιστες λύσεις που προέκυψαν από τα σενάρια της μελέτης φαίνονται στον Πίνακα 82.

ΠΕΡΙΟΧΗ: ΚΑΡΠΑΘΟΥ		ΗΛΙΑΚΟ/ΑΙΟΛΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ: ΥΨΗΛΟ / ΥΨΗΛΟ	
<i>1^ο ΣΕΝΑΡΙΟ</i>			
ΧΡΗΣΗ ΑΠΕ	ΚΑΛΥΨΗ (%)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (€)	ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΚΟΣΤΟΥΣ (€)

PV/WT	100	4.308.424,54	-881.370,04
<i>2^ο ΣΕΝΑΡΙΟ</i>			
ΧΡΗΣΗ ΑΠΕ	ΚΑΛΥΨΗ (%)	ΚΟΣΤΟΣ (€)	ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΚΟΣΤΟΥΣ (€)
WT	96,4	2.410750,43	+494692,27

Πίνακας 82. Ισοζύγιο κόστους μεταξύ των οικισμών περιοχής Καρπάθου

Ενώ η κάλυψη του 2^{ου} Σεναρίου καλύπτει θεωρητικά και τους δύο οικισμούς σύμφωνα με την τιμή της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος, στην πράξη αυτό ισχύει εν μέρει για τους συγκεκριμένους οικισμούς. Η πραγματική κάλυψη αντιστοιχεί συνολικά σε 352 ημέρες, δηλαδή 96,4% περίπου ετησίως.. Συνεπώς, 13 ημέρες (τον Ιούλιο) τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής αδυνατούν να παράγουν όλη την ενέργεια που χρειάζεται για να καλύψουν τις ανάγκες των κατοίκων και των επιχειρήσεων. Οι μέρες κατά τις οποίες οι οικισμοί μας μένουν ακάλυπτοι είναι οι εξής σύμφωνα με τον Πίνακα 83 και για τους δύο οικισμούς.

Επίσης, παρατηρούμε ότι για την πλήρη κάλυψη του οικισμού (δηλαδή στο 100%) σε βάθος 25 ετών απαιτούνται επιπλέον 1.897.674,11 €, πάνω από το συνολικό κεφάλαιο του 2^{ου} Σεναρίου. Και στα δύο όμως σενάρια η επένδυσή μας θα είναι κερδοφόρα.

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/μήνα	134405,15	89983,6	141405,26	154185,6	58954,87	61220,7	37695,07	98876,98	67373,7	105674,04	190923,6	82836,65
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)/μήνα	32660,9	29640,5	32660,9	31866,5	41139,3	58427,6	65130	65130	58427,6	41139,3	31866	32660,9
ΚΑΛΥΨΗ ΟΙΚΙΣΜΩΝ (%)	411,52	303,58	432,95	483,85	143,31	104,78	57,88	151,81	115,31	256,87	599,15	253,63
ΚΑΛΥΨΗ ΟΙΚΙΣΜΩΝ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ	31	28	31	30	31	30	18	31	30	31	30	31

Πίνακας 83. Κάλυψη οικισμών Καρπάθου με το 2^ο Σενάριο (Μερικής κάλυψης)

Υπολογίσαμε επίσης για τους οικισμούς της Καρπάθου τη δυνατότητα αλλαγής των ενεργοβόρων οικιακών συσκευών (ψυγείο, κουζίνα, πλ. πιάτων και ρούχων, καταψύκτης και λαμπτήρες) με συσκευές χαμηλής κατανάλωσης A, A+, A++ και A+++ καθώς και λαμπτήρες χαμηλής κατανάλωσης. Όμως, σε αυτούς τους οικισμούς, το ενεργειακό δυναμικό όλων των μηνών (εκτός Ιουλίου) είναι υπεραρκετό και τον μήνα που δεν υπάρχει 100% κάλυψη, ίσως αυτή προέλθει από κάποιες επιπλέον μπαταρίες ή κάποια φωτοβολταϊκά στοιχεία. Επομένως, δεν υπάρχει ανάγκη χρήσης χαμηλής κατανάλωσης συσκευών.

Συμπερασματικά, έχοντας υπόψη τα πιο πάνω δεδομένα, καθώς και το γεγονός ότι, για την αγορά των χαμηλής κατανάλωσης συσκευών χρειαζόμαστε περίπου 95.000 € για τους δύο οικισμούς της περιοχής Καλπακίου Ηπείρου, στους οποίους κάναμε επιτόπια έρευνα, θα θεωρήσουμε ότι θα χρειαστούμε για τους υπόλοιπους οικισμούς, ανάλογα με τη μέγιστη ετήσια κατανάλωσή τους τα εξής ποσά : Οικισμοί Λήμνου: 91.300 €, Οικισμοί Κρήτης: 153.000€ και Οικισμοί Καρπάθου: 177.000€. Στη συνέχεια και στον Πίνακα 84 παρουσιάζουμε αν και κατά πόσο είναι κερδοφόρα τα δύο σενάρια καθώς και το σενάριο με τη χρήση συσκευών χαμηλής κατανάλωσης. Στα σενάρια πρωτεύοντα ρόλο παίζει το ανά κάτοικο πληρωτέο ποσό κάθε μήνα (δεν θα πρέπει να ξεπερνάει περίπου τα 20 €) καθώς επίσης και η κάλυψη που το κάθε σενάριο παρέχει (θα πρέπει να ξεπερνάει το 96%, ήτοι 350+ ημέρες ανά έτος). Αξίζει εδώ να σημειωθεί ότι στους δύο οικισμούς της Καρπάθου οι κάτοικοι δεν θα πληρώνουν με το 2^ο Σενάριο καθώς και με το σενάριο χρήσης συσκευών χαμηλής κατανάλωσης. Η απόσβεση των χρημάτων για την αγορά και τη συντήρηση του συστήματος γίνεται από τη μη πληρωμή των λογαριασμών του παρόχου ηλεκτρικού ρεύματος καθώς και από το περιβαλλοντικό όφελος του μη εκπεμπόμενου CO₂ στην ατμόσφαιρα.

ΟΙΚΙΣΜΟΙ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	1 ^ο ΣΕΝΑΡΙΟ /ΚΑΤΟΙΚΟ /ΜΗΝΑ (€)	ΚΕΡΔΟ ΦΟΡΟ	ΚΑΛΥΨΗ Η 1 ^ο Υ ΣΕΝΑΡΙΟΥ (%)	2 ^ο ΣΕΝΑΡΙΟ/ ΚΑΤΟΙΚΟ/ ΜΗΝΑ (€)	ΚΕΡΔ ΟΦΟΡΟ	ΚΑΛΥΨΗ 2 ^ο Υ ΣΕΝΑΡΙΟΥ (%)	2 ^ο ΣΕΝΑΡΙΟ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΧΑΜΗΛΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΣΥΣΚΕΥΩΝ		
								ΚΑΤΟΙΚΟ/ ΜΗΝΑ (€)	ΚΕΡΔΟΦΟΡΟ	ΚΑΛΥΨΗ 2 ^ο Υ ΣΕΝΑΡΙΟΥ (%)
ΡΕΠΕΤΙΣΤΑ	100									
ΑΡΕΤΗ	80	83,74	ΌΧΙ	100	16,71	ΌΧΙ	84,5	18,75	ΝΑΙ	98,1
ΑΓ. ΣΟΦΙΑ	50									
ΦΙΣΙΝΗ	60	118,03	ΌΧΙ	100	8,54	ΌΧΙ	25	11,31	ΌΧΙ	52,1
ΚΟΥΜΑΣΑ	69	184,94	ΌΧΙ	100	35,54	ΌΧΙ	22,2	39,9	ΌΧΙ	47

ΚΑΝΔΥΛΑ	48									
ΚΑΤΩ ΛΕΥΚΟΣ	89									
ΛΕΥΚΟΣ	57	20,12	ΝΑΙ	100	0	ΝΑΙ	96,4	0	ΝΑΙ	100

Πίνακας 84. Ανάλυση κερδοφορίας των σεναρίων

6.2 Προτάσεις για το μέλλον

Τα υβριδικά συστήματα και γενικά οι ΑΠΕ εφαρμόζονται σε λίγες περιπτώσεις κυρίως λόγω του μεγάλου αρχικού τους κόστους για την μελέτη και εγκατάσταση τους. Συχνή είναι η χρήση τους κυρίως για μεμονωμένες κατοικίες που βρίσκονται μακριά από το δίκτυο της ΔΕΗ ή σε εξοχικές κατοικίες που οι ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια είναι μικρές και περιορίζονται για κάποιους μήνες του χρόνου. Ως ένα επιπλέον εμπόδιο στην εξάπλωση των ΑΠΕ, μπορούμε να αναφέρουμε και την συχνή αντίδραση που έχει η κοινωνία. Ύστερα από την μελέτη μας θα μπορούσαμε να υποβάλλουμε κάποιες προτάσεις για περαιτέρω εφαρμογή και μελέτη.

Θα ήταν ιδιαίτερος ενθαρρυντική η επιβεβαίωση των δεδομένων που συλλέξαμε με μία επιτόπια μελέτη και στις υπόλοιπες τρεις περιοχές, όπως για παράδειγμα ο πραγματικός αριθμός των κτηρίων που κατοικούνται ή όχι, η συχνότητα επίσκεψης στα εξοχικά σπίτια, καθώς επίσης ο αριθμός και η ενεργειακή κλάση των υπαρχόντων ηλεκτρικών συσκευών. Η επιτόπια επίσης επικοινωνία με τους κατοίκους των υπολοίπων περιοχών καθώς και η ενεργή συμμετοχή τους και οι απαντήσεις τους στο ερωτηματολόγιο θα μας έδινε επίσης μια πιο ξεκάθαρη εικόνα για την άποψη τους και αυτό θα συνέβαλλε στη λήψη καλύτερων αποφάσεων όσον αφορά το κοινωνικό τμήμα της μελέτης.

Θα μπορούσαμε επίσης να μελετήσουμε και την πιθανότητα διασύνδεσης και με άλλους οικισμούς με παρόμοιες μετεωρολογικές συνθήκες (δημιουργία πρότυπης ενεργειακής κοινότητας με δυνατότητα αυτοδιαχείρισης της παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος), καθώς σε αυτές, ίσως θα ήταν δυνατή η εφαρμογή ενός υβριδικού συστήματος το οποίο θα μπορούσε να καλύψει τις ανάγκες ενός οικισμού με ακόμη μεγαλύτερο πληθυσμό. Περαιτέρω, θα μπορούσε να μελετηθεί και η εισαγωγή στο σύστημα κάποιας άλλης ανανεώσιμης πηγής ενέργειας όπως η βιομάζα, η γεωθερμία

ή η ενέργεια από κάποιο μικρό υδροηλεκτρικό. Η χρήση ακόμη μιας ανανεώσιμης πηγής θα μπορούσε να ανεβάσει σημαντικά την παραγωγή ενέργειας τόσο το χειμώνα όπου έχουμε λιγότερη ηλιοφάνεια άρα μειωμένη παραγωγή από τα Φ/Β όσο και το καλοκαίρι που μειώνεται η παραγωγή από τις Α/Γ.

Εν κατακλείδι, η μελέτη αυτή θα είχε πολύ διαφορετικά αποτελέσματα αν λάμβανε χώρα σε έναν οικισμό του οποίου όλοι οι κάτοικοι έχουν συναίσθηση της χρήσης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Τόσο με τη χρήση ηλεκτρικών συσκευών τουλάχιστον Α κλάσης όσο και με την αντικατάσταση του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα με ηλιακό, τα καθημερινά φορτία θα μειώνονταν δραματικά άρα και οι απαιτήσεις σε παραγόμενη ενέργεια από το υβριδικό σύστημα θα μειωνόταν επίσης. Επιπλέον, το ίδιο αποτέλεσμα θα είχε και η μη άσκοπη χρήση ενέργειας από τους κατοίκους, όπως παραδείγματος χάριν να κλείνει η τηλεόραση ή το φως όταν βγαίνουν από το δωμάτιο. Μέσω αυτών, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τις ενεργειακές απαιτήσεις των κατοίκων και τις συνήθειες τους όσον αφορά την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Υπολογισμός ποσοστών (%) κάλυψης οικισμών (Πίνακας 44) για το normal σενάριο μερικής κάλυψης οικισμών με ηλεκτρική ενέργεια.

Στον Πίνακα 44 παρουσιάστηκε το ποσοστό (%) κάλυψης των οκτώ οικισμών για το normal σενάριο μερικής κάλυψης τους με ηλεκτρική ενέργεια. Οι υπολογισμοί μας, αναλυτικά, έγιναν ως εξής:

ΡΕΠΕΤΙΣΤΑ 1724 Φ/Β

Ώρες	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
0:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0	0,08	0,33	0,09	0	0	0	0	0
6:00	0	0	0	1,05	3,90	7,01	4,94	1,76	0,12	0	0	0
7:00	0	0,09	2,55	7,86	15,63	17,02	19,67	12,81	6,42	1,71	0,17	0
8:00	2,11	2,87	12,81	21,02	32,19	42,48	38,47	31,28	21,95	11,15	4,73	1,47
9:00	11,66	10,81	28,44	33,32	48,00	58,50	55,14	47,86	38,95	25,68	14,86	7,12
10:00	24,20	21,04	42,18	42,46	60,05	72,23	69,08	62,13	52,08	37,33	25,56	14,27
11:00	32,90	28,83	52,41	48,50	67,44	82,96	79,81	73,77	61,11	46,77	32,80	20,96
12:00	38,20	31,92	57,03	52,23	69,72	90,27	88,02	80,85	65,98	51,27	35,79	26,47
13:00	40,20	31,20	55,69	51,04	68,28	92,10	88,84	82,22	64,92	49,67	35,55	26,17
14:00	37,91	30,01	50,84	45,91	61,64	87,10	82,49	75,57	57,21	43,72	30,14	22,33
15:00	29,73	27,12	41,58	41,79	48,33	77,00	73,33	61,36	46,93	34,93	21,63	17,31
16:00	18,00	19,59	30,96	30,64	38,22	63,04	59,41	47,93	35,62	23,07	11,76	8,94
17:00	6,26	9,35	19,94	19,71	30,64	46,88	43,51	34,86	21,58	9,43	3,00	1,94
18:00	0,33	1,98	7,69	11,79	17,90	29,66	27,28	19,06	7,89	1,66	0,04	0
19:00	0	0	0,89	2,93	5,82	12,34	11,12	6,07	0,92	0	0	0
20:00	0	0	0	0,04	0,60	2,01	1,81	0,39	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/ημέρα	241,50	214,81	403,01	410,29	568,44	780,93	743,01	637,92	481,68	336,39	216,03	146,98
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/μήνα	7486,50	6068,38	12493,31	12308,70	17621,64	23427,90	23033,31	19775,52	14450,40	10428,09	6480,90	4556,38
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)/μήνα	10695,24	9750,10	10695,24	17851,25	10030,60	9708,35	17521,13	17037,87	9708,35	10030,60	10351,55	10695,24
ΚΑΛΥΨΗ	70	62	117	69	176	241	131	116	149	104	63	43

ΟΙΚΙΣΜΟΥ (%)												
ΚΑΛΥΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ	22	18	31	21	31	30	31	31	30	30	19	13
ΔΙΑΦΟΡΑ	-3208,74	-3681,72	1798,08	-5542,55	7591,05	13719,55	5512,19	2737,66	4742,05	397,50	-3870,65	-6138,86

Πίνακας 85. Μερική κάλυψη οικισμού Ρεπετίστα

Στον οικισμό Ρεπετίστα Καλπακίου και κατά το σενάριο μερικής κάλυψης του οικισμού με ηλεκτρική ενέργεια, υπολογίστηκε η τοποθέτηση 1724 Φ/Β. Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος (Πίνακας 85) και από τα στοιχεία του Πίνακα 33 (Στήλη – Συνολική κατανάλωση μόνιμων και μη μόνιμων κατοίκων), βρήκαμε την ποσοστιαία κάλυψη του οικισμού με το συγκεκριμένο αριθμό Φ/Β, ήτοι 306 ημέρες από τις 365 (~**84%**). Από τον Πίνακα αυτό παρατηρούμε τα εξής:

1. Οι μήνες που καλύπτονται πλήρως με τον ελάχιστο αριθμό Φ/Β (1724) είναι οι μήνες Μάρτιος, Μάιος έως και Οκτώβριος.
2. Οι μήνες που δεν καλύπτονται πλήρως είναι οι Ιανουάριος, Φεβρουάριος, Απρίλιος, Νοέμβριος και Δεκέμβριος.
3. Οι 2 από του 3 μήνες διακοπών καλύπτονται πλήρως.
4. Ο μήνας με τη λιγότερη κάλυψη είναι ο Δεκέμβριος (10/31 ημέρες).

Στον οικισμό Αρετή Καλπακίου και κατά το σενάριο μερικής κάλυψης του οικισμού με ηλεκτρική ενέργεια, υπολογίστηκε η τοποθέτηση 1603 Φ/Β. Σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος (Πίνακας 86) και από τα στοιχεία του Πίνακα 34 (Στήλη – Συνολική κατανάλωση μόνιμων και μη μόνιμων κατοίκων), βρήκαμε την ποσοστιαία κάλυψη του οικισμού με το συγκεκριμένο αριθμό Φ/Β, ήτοι 310 ημέρες από τις 365 (~**85%**). Από τον Πίνακα αυτό παρατηρούμε τα εξής:

1. Οι μήνες που καλύπτονται πλήρως με τον ελάχιστο αριθμό Φ/Β (1603) είναι οι μήνες Μάρτιος έως και Σεπτέμβριος.
2. Οι μήνες που δεν καλύπτονται πλήρως είναι οι Ιανουάριος, Φεβρουάριος και Οκτώβριος έως και Δεκέμβριος.
3. Οι μήνες διακοπών καλύπτονται πλήρως.
4. Ο μήνας με τη λιγότερη κάλυψη είναι ο Δεκέμβριος (12/31 ημέρες).

ΑΡΕΤΗ 1603 Φ.Β

Ώρες	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
0:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0	0	0,29	0,08	0	0	0	0	0
6:00	0	0	0	0,98	3,55	6,80	4,59	1,63	0,11	0	0	0
7:00	0	0,09	2,37	6,33	10,98	22,34	18,29	11,91	6,06	1,59	0,16	0
8:00	1,96	2,67	11,91	19,54	29,93	39,50	35,77	29,08	20,69	10,36	4,39	1,37
9:00	10,85	10,06	26,44	30,98	44,63	54,39	51,27	44,50	36,71	23,88	13,82	6,62
10:00	22,5	19,57	39,22	39,48	55,84	67,16	64,23	57,77	49,09	34,71	23,76	13,27
11:00	30,59	26,80	48,73	45,10	62,71	77,13	74,21	68,60	57,60	43,49	30,49	19,49
12:00	35,52	29,68	53,02	48,57	64,83	83,94	81,85	75,17	62,19	47,67	33,28	24,61
13:00	37,38	29,01	51,78	47,45	63,48	85,63	82,60	76,45	61,19	46,19	33,05	24,33
14:00	35,25	27,90	47,27	42,69	57,31	80,99	76,70	70,27	53,92	40,65	28,03	20,76
15:00	27,64	25,21	38,66	38,85	44,94	71,60	68,18	57,06	44,23	32,47	20,12	16,09
16:00	16,74	18,21	28,79	28,49	35,54	58,61	55,24	44,56	33,57	21,45	10,94	8,31
17:00	5,82	8,69	18,54	18,33	28,49	43,59	40,45	32,42	20,34	8,77	2,79	1,80
18:00	0,31	1,84	7,15	10,96	16,64	27,58	25,36	17,72	7,43	1,55	0,03	0
19:00	0	0	0,83	2,72	5,41	11,47	10,34	5,64	0,86	0	0	0
20:00	0	0	0	0,03	0,56	1,87	1,68	0,37	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/ημέρα	224,56	199,73	374,71	380,50	524,84	732,89	690,84	593,15	453,99	312,78	200,86	136,65
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/μήνα	6961,36	5642,37	11616,01	11415,00	16270,04	21986,70	21416,04	18387,65	13619,70	9696,18	6025,80	4236,15
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)/μήνα	10615,60	9674,70	10615,60	10273,50	10140,70	9813,90	16621,90	16412,80	9813,90	10140,70	10273,50	10615,60
ΚΑΛΥΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ (%)	66	58	109	111	160	224	129	112	139	96	59	40
ΚΑΛΥΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ	20	16	31	30	31	30	31	31	30	30	18	12
ΔΙΑΦΟΡΑ	-3654,24	-4032,33	1000,41	1141,50	6129,34	12172,80	4794,14	1974,85	3805,80	-444,52	-4247,70	-6379,45

Πίνακας 86. Μερική κάλυψη οικισμού Αρετή

Στον οικισμό Αγία Σοφία Λήμνου και κατά το σενάριο μερικής κάλυψης του οικισμού με ηλεκτρική ενέργεια, υπολογίστηκε η τοποθέτηση 400 Φ/Β και 2 Α/Γ. Σύμφωνα με τους παρακάτω πίνακες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος (Πίνακες 87 – 89) και από τα στοιχεία του Πίνακα 35 (Στήλη – Συνολική κατανάλωση μόνιμων και

μη μόνιμων κατοίκων), βρήκαμε την ποσοστιαία κάλυψη του οικισμού με το συγκεκριμένο αριθμό Φ/Β και Α/Γ, ήτοι 238 ημέρες από τις 365 (~65%). Από τον Πίνακα αυτό παρατηρούμε τα εξής:

ΑΓΙΑ ΣΟΦΙΑ 400 PV

Ωρες	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΒ	DEC
0:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0	0	0,01	0,00	0	0	0	0	0
6:00	0	0	0,07	0,05	0,24	0,39	0,21	0,07	0,00	0	0	0
7:00	0,05	0,22	0,66	0,65	1,77	2,28	2,16	0,85	0,24	0,12	0,21	0,05
8:00	0,42	1,17	2,87	3,40	5,87	5,47	6,16	3,85	2,11	1,19	1,39	0,35
9:00	1,56	2,99	5,72	7,41	10,19	9,06	10,53	8,23	5,82	3,72	4,29	1,57
10:00	3,58	4,85	7,51	10,65	13,78	12,10	14,51	12,39	9,56	6,74	7,35	4,72
11:00	5,63	6,43	8,52	13,40	16,74	14,91	17,74	15,93	12,46	9,31	9,27	7,55
12:00	6,69	7,84	9,18	15,93	18,46	17,02	19,85	18,18	14,27	11,19	10,30	8,28
13:00	6,55	8,27	9,31	17,30	18,83	17,83	20,81	19,15	15,34	11,79	10,16	7,97
14:00	5,58	7,05	8,59	17,16	18,50	17,91	20,79	18,81	15,23	10,81	8,51	6,67
15:00	4,16	5,11	7,02	15,53	17,26	16,98	19,58	17,21	13,59	8,64	5,67	4,35
16:00	2,15	3,23	5,05	13,01	14,89	14,93	17,05	14,66	10,92	5,87	2,48	1,69
17:00	0,55	1,35	2,65	9,32	11,14	11,37	13,04	10,99	7,33	3,18	0,44	0,23
18:00	0,02	0,22	0,76	5,03	6,97	7,41	8,86	6,74	3,58	1,10	0,00	0
19:00	0	0	0,09	1,84	3,25	3,91	4,48	2,90	0,98	0,13	0	0
20:00	0	0	0	0,27	0,72	1,14	1,31	0,59	0,07	0	0	0
21:00	0	0	0	0	0,01	0,04	0,04	0,01	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PV ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/ημέρα	36,94	48,73	68,00	130,95	158,62	152,76	177,12	150,56	111,50	73,79	60,07	43,43
PV ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/μήνα	1145,14	1376,62	2108,00	4059,45	4481,02	4735,56	5490,72	4253,32	3456,50	2287,49	1696,98	1346,33
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)/μήνα	10133,50	9516,60	10133,50	9995,00	9957,20	9692,90	10624,40	16049,90	9692,90	9957,20	9995,00	10133,50
ΚΑΛΗΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ	11	14	21	41	45	49	52	27	36	23	17	13
ΚΑΛΗΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ	4	4	6	12	14	15	16	8	11	7	5	4
ΔΙΑΦΟΡΑ	-8988,36	-8139,98	-8025,50	-5935,55	-5476,19	-4957,34	-5133,68	-11796,58	-6236,40	-7669,71	-8298,02	-8787,17

Πίνακας 87. Μερική κάλυψη με Φ/Β οικισμού Αγίας Σοφίας

1. Ο μήνας που καλύπτεται πλήρως με τον ελάχιστο αριθμό Φ/Β (400) και Α/Γ (2) είναι ο μήνας Ιούλιος.
2. Οι μήνες που δεν καλύπτονται πλήρως είναι οι υπόλοιποι 11 μήνες.
3. Ο μήνας διακοπών δεν καλύπτεται.
4. Ο μήνας με τη λιγότερη κάλυψη είναι ο Ιανουάριος (10/31 ημέρες).

ΣΥΝΟΛΟ ΟΙΚΙΣΜΟΥ 400 Φ/Β & 2 Α/Γ

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΛ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
PV ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/ημέρα	36,94	48,73	68,00	130,95	158,62	152,76	177,12	150,56	111,50	73,79	60,07	43,43
PV ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/μήνα	1145,14	1376,62	2108,00	3928,50	4917,22	4582,80	5490,72	4667,36	3345,00	2287,49	1802,10	1346,33
W/T ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/ημέρα	66,39	111,14	51,18	89,81	16,88	78,53	185,65	130,74	202,60	139,51	253,52	138,65
W/T ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/μήνα	2058,09	3139,71	1586,58	2694,30	523,28	2355,90	5755,15	4052,94	6078,00	4324,81	7605,60	4298,15

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/μήνα	3203,23	4516,33	3694,58	6622,80	5440,50	6938,70	11245,87	8720,30	9423,00	6612,30	9407,70	5644,48
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)/μήνα	10133,50	9516,60	10133,50	9995,00	9957,20	9692,90	10624,40	16049,90	9692,90	9957,20	9995,00	10133,50
ΚΑΛΗΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ	32	47	36	66	55	72	106	54	97	66	94	56
ΚΑΛΗΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ	10	13	11	20	17	22	31	17	30	21	28	17
ΔΙΑΦΟΡΑ	-6930,27	-5000,27	-6438,92	-3372,20	-4516,70	-2754,20	621,47	-7329,60	-269,90	-3344,90	-587,30	-4489,02

Πίνακας 88. Συνολική κάλυψη Φ/Β και Α/Γ οικισμού Αγίας Σοφίας

ΑΓΙΑ ΣΟΦΙΑ 2W/T

Ωρες	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
0:00	2,51	4,12	1,04	1,55	0,00	0,00	0,00	0,00	1,93	1,13	5,52	5,32
1:00	2,51	3,54	1,18	1,63	0,00	0,00	0,81	0,00	2,51	1,63	5,32	4,78
2:00	2,10	3,39	1,31	1,55	0,00	0,00	1,72	0,00	2,62	1,72	6,09	4,44
3:00	1,80	3,66	1,31	1,55	0,00	0,52	1,90	0,66	3,14	1,80	6,50	4,61
4:00	1,72	3,81	1,31	1,72	0,00	0,52	2,19	0,66	3,66	2,21	6,50	5,52
5:00	1,63	3,54	1,39	1,72	0,00	0,52	2,51	0,00	3,97	2,87	6,94	5,89
6:00	1,55	3,39	1,47	1,55	0,00	1,52	3,79	0,52	4,61	3,39	7,39	4,98
7:00	1,63	3,81	1,93	1,93	0,00	3,13	8,66	2,82	6,90	3,81	8,66	4,27
8:00	2,10	5,02	2,76	3,50	0,52	5,39	16,23	7,56	13,18	5,67	12,18	4,98
9:00	2,76	6,51	3,54	5,99	1,25	7,42	20,54	13,22	21,74	9,88	15,97	6,31
10:00	3,70	6,93	4,12	7,39	1,73	8,60	21,95	17,13	25,98	13,40	19,25	7,90
11:00	4,44	6,59	4,27	7,87	2,19	8,60	22,91	19,21	25,98	15,21	21,00	9,12
12:00	4,60	6,09	4,44	8,60	2,51	9,15	21,50	19,21	23,96	15,56	21,47	9,39
13:00	4,60	5,89	4,60	8,86	2,62	9,40	18,39	16,38	21,01	14,07	20,14	9,12
14:00	4,44	5,69	4,40	8,12	2,21	8,12	14,53	12,47	17,26	13,37	17,13	8,12
15:00	3,70	4,98	3,70	6,54	1,72	6,17	10,88	8,95	11,64	11,49	11,22	6,17
16:00	2,76	3,70	2,87	5,69	1,47	4,45	7,74	5,99	7,27	8,01	8,51	4,03
17:00	2,40	2,99	1,17	4,68	0,66	2,98	5,02	3,61	4,04	4,47	6,50	3,39
18:00	2,51	3,26	1,18	2,65	0,00	1,52	3,18	1,83	1,20	2,25	6,72	4,13

19:00	2,62	3,81	1,04	1,55	0,00	0,52	1,20	0,52	0,00	1,55	6,93	4,60
20:00	2,62	4,12	1,18	1,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,47	7,64	4,13
21:00	2,31	4,27	0,31	1,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,39	8,33	4,13
22:00	1,99	4,61	0,66	1,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,18	7,64	4,76
23:00	2,19	4,95	0,00	1,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,25	6,72	5,52
23:59	1,20	2,47	0,00	0,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,73	3,25	3,04
W/T ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/ημέρα	66,39	111,14	51,18	89,81	16,88	78,53	185,65	130,74	202,60	139,51	253,52	138,65
W/T ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/μήνα	2058,09	3139,71	1586,58	2694,30	523,28	2355,90	5755,15	4052,94	6078,00	4324,81	7605,60	4298,15
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)/μήνα	10133,50	9516,60	10133,50	9995,00	9957,20	9692,90	10624,40	16049,90	9692,90	9957,20	9995,00	10133,50
ΚΑΛΗΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ	20	33	16	27	5	24	54	25	63	43	76	42
ΚΑΛΗΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ	6	9	5	8	2	7	17	8	19	13	23	13
ΔΙΑΦΟΡΑ	-8075,41	-6376,90	-8546,92	-7300,70	-9433,92	-7337,00	-4869,25	-11996,96	-3614,90	-5632,39	-2389,40	-5835,35

Πίνακας 89. Μερική κάλυψη με Α/Γ οικισμού Αγίας Σοφίας

Στον οικισμό Φισίνη Λήμνου και κατά το σενάριο μερικής κάλυψης του οικισμού με ηλεκτρική ενέργεια, υπολογίστηκε η τοποθέτηση 661 Φ/Β. Σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος (Πίνακας 90) και από τα στοιχεία του Πίνακα 36 (Στήλη – Συνολική κατανάλωση μόνιμων και μη μόνιμων κατοίκων), βρήκαμε την ποσοστιαία κάλυψη του οικισμού με το συγκεκριμένο αριθμό Φ/Β, ήτοι 154 ημέρες από τις 365 (~42%). Από τον Πίνακα αυτό παρατηρούμε τα εξής:

1. Δεν καλύπτονται όλοι οι μήνες με τον ελάχιστο αριθμό Φ/Β (661).
2. Ο μήνας διακοπών δεν καλύπτεται.
3. Ο μήνας με τη λιγότερη κάλυψη είναι ο Ιανουάριος (5/31 ημέρες).

ΦΙΣΙΝΗ 661 PV

Ωρες	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
0:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0	0	0,01	0,00	0	0	0	0	0
6:00	0	0	0,12	0,08	0,39	0,65	0,35	0,12	0,01	0,01	0	0
7:00	0,08	0,36	1,09	1,07	2,92	3,77	3,57	1,41	0,39	0,20	0,34	0,08
8:00	0,7	1,94	4,74	5,62	9,69	9,04	10,18	6,36	3,49	1,97	2,30	0,57
9:00	2,58	4,95	9,45	12,24	16,85	14,97	17,41	13,59	9,62	6,14	7,08	2,59

10:00	5,92	8,02	12,41	17,60	22,78	20,00	23,98	20,48	15,80	11,13	12,14	7,81
11:00	9,31	10,62	14,07	22,14	27,66	24,64	29,32	24,33	20,58	15,38	15,32	12,48
12:00	11,05	12,96	15,17	26,32	30,50	28,13	32,80	30,04	23,58	18,49	17,02	13,69
13:00	10,82	13,67	15,38	28,59	31,12	29,46	34,39	31,15	25,36	19,49	16,79	13,17
14:00	9,22	11,65	14,20	28,35	30,57	29,59	34,36	31,08	25,17	17,86	14,06	11,02
15:00	6,88	8,45	11,60	25,67	28,52	28,06	32,36	28,45	22,45	14,28	9,37	7,18
16:00	3,56	5,34	8,34	21,50	24,60	24,67	28,18	24,22	18,04	9,69	4,10	2,79
17:00	0,91	2,23	4,37	15,40	18,41	18,79	22,15	18,17	12,11	5,26	0,73	0,38
18:00	0,04	0,37	1,26	8,32	11,52	12,25	10,64	11,13	5,92	1,82	0,01	0
19:00	0	0	0,15	3,04	5,38	6,45	7,40	4,80	1,61	0,22	0	0
20:00	0	0	0	0,44	1,20	1,89	2,16	0,98	0,11	0	0	0
21:00	0	0	0	0	0,02	0,07	0,06	0,01	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PV ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/ημέρα	61,07	80,60	112,35	216,38	262,13	252,44	289,31	246,32	184,25	121,94	99,37	71,99
PV ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/μήνα	1893,17	2276,95	3482,85	6707,78	7405,17	7825,64	8968,61	6958,54	5711,75	3780,14	2807,20	2231,69
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)/μήνα	11536,60	10834,40	11536,60	11379,00	11336,00	11035,00	12095,50	18272,30	11035,00	11336,00	11379,00	11536,60
ΚΑΛΗΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ	16	21	30	59	65	71	74	38	52	33	25	19
ΚΑΛΗΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ	5	6	9	18	20	21	23	12	16	10	7	6
ΔΙΑΦΟΡΑ	-9643,43	-8557,45	-8053,75	-4671,22	-3930,83	-3209,36	-3126,89	-11313,76	-5323,25	-7555,86	-8571,80	-9304,91

Πίνακας 90. Μερική κάλυψη οικισμού Φισίνη

Στον οικισμό Κουμάσα Ηρακλείου Κρήτης και κατά το σενάριο μερικής κάλυψης του οικισμού με ηλεκτρική ενέργεια, υπολογίστηκε η τοποθέτηση 869 Φ/Β και 4 Α/Γ. Σύμφωνα με τους παρακάτω πίνακες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος (Πίνακας 91 – 93) και από τα στοιχεία του Πίνακα 37 (Στήλη – Συνολική κατανάλωση μόνιμων και μη μόνιμων κατοίκων), βρήκαμε την ποσοστιαία κάλυψη του οικισμού με το συγκεκριμένο αριθμό Φ/Β και Α/Γ, ήτοι 151 ημέρες από τις 365 (~42%). Από τους Πίνακες αυτούς παρατηρούμε τα εξής:

1. Δεν καλύπτονται όλοι οι μήνες με τον ελάχιστο αριθμό Φ/Β (869) και Α/Γ (4).
2. Ο μήνας διακοπών δεν καλύπτεται.
3. Ο μήνας με τη λιγότερη κάλυψη είναι ο Ιανουάριος (6/31 ημέρες).

ΚΟΥΜΑΣΑ 869 PV

Ώρες	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
0:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0	0	0
6:00	0	0	0,1	0,12	0,28	0,36	0,22	0,06	0,00	0,01	0	1
7:00	0,19	0,44	1,64	1,63	1,27	1,64	1,11	0,7	0,43	0,43	1,04	0,23
8:00	2,19	3,9	8,37	8,57	10,3	12,41	9,33	6,56	5,00	3,86	6,33	2,46
9:00	8,04	10,7	18,55	18,67	23,83	27,54	24,22	19,94	16,62	12,65	14,95	6,83
10:00	14,55	17,48	27,4	26,83	34,38	37,75	36,68	33,42	29,43	23,26	21,27	11,59
11:00	19,76	22,02	33,64	33,76	41,58	46,61	45,79	42,98	38,84	31,44	24,72	15,02
12:00	22,19	22,6	38,53	40,14	45,68	52,58	52,28	49,45	45,26	36,66	26,03	16,81
13:00	20,43	21,6	40,07	43,6	47,11	55,3	55,65	52,45	47,77	37,92	24,3	18,15
14:00	16,56	20,09	37,14	43,24	46,62	55,08	55,82	52,3	45,49	34,9	20,2	16,37
15:00	12,22	16,04	31,23	39,15	45,42	51,94	52,79	49,13	40,82	29,32	14,38	11,8
16:00	6,93	10,45	23,51	32,79	40,45	45,95	46,64	42,69	34,52	22,17	7,26	6,02
17:00	2,17	4,55	14,72	23,48	32,05	37,24	37,82	33,48	25,11	13,46	1,74	1,24
18:00	0,19	0,81	6,04	12,69	21,92	26,62	27,04	22,39	13,68	4,99	0,04	0,02
19:00	0	0	1,15	4,64	10,67	14,75	14,92	10,24	4,00	0,64	0	0
20:00	0	0	0,03	0,67	2,6	4,38	4,4	2,06	0,22	0	0	0
21:00	0	0	0	0	0,03	0,11	0,1	0,01	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/ημέρα	125,42	150,68	282,12	329,98	404,19	470,26	464,81	417,86	347,20	251,71	162,58	107,22
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/μήνα	3888,02	4256,71	8745,72	9899,40	12529,89	14107,80	14409,11	12953,66	10416,00	7803,01	4877,40	3323,82
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)/μήνα	25360,70	21806,40	25360,70	30003,80	21838,40	21998,50	39129,80	39129,80	21998,50	21838,40	21742,30	30003,80
ΚΑΛΥΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ (%)	15	20	34	33	57	64	37	33	47	36	22	11
ΚΑΛΥΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ	5	6	11	10	18	19	11	10	14	11	7	3
ΔΙΑΦΟΡΑ	-21472,68	-17549,69	-16614,98	-20104,40	-9308,51	-7890,70	-24720,69	-26176,14	-11582,50	-14035,39	-16864,90	-26679,98

Πίνακας 91. Μερική κάλυψη με Φ/Β οικισμού Κουμάσας

869 PV & 4 WT

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
PV ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/ημέρα	125,42	150,68	282,12	329,98	404,19	470,26	464,81	417,86	347,20	251,71	162,58	107,22
PV ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/μήνα	3888,02	4256,71	8745,72	9899,40	12529,89	14107,80	14409,11	12953,66	10416,00	7803,01	4877,40	3323,82
W/T ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/ημέρα	24,95	99,09	43,92	66,08	62,44	57,20	151,09	62,67	31,15	45,04	33,34	97,75
W/T ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/μήνα	773,45	2799,29	1361,52	1982,40	1935,64	1716,00	4683,79	1942,77	934,50	1396,24	1000,20	3030,25

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/μήνα	4661,47	7056,00	10107,24	11881,80	14465,53	15823,80	19092,90	14896,43	11350,50	9199,25	5877,60	6354,07
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)/μήνα	25360,70	21806,40	25360,70	30003,80	21838,40	21998,50	39129,80	39129,80	21998,50	21838,40	21742,30	30003,80
ΚΑΛΗΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ	18	32	40	40	66	72	49	38	52	42	27	21
ΚΑΛΗΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ	6	9	12	12	21	22	15	12	15	13	8	7
ΔΙΑΦΟΡΑ	-20699,23	-14750,40	-15253,46	-18122,00	-7372,87	-6174,70	-20036,90	-24233,37	-10648,00	-12639,15	-15864,70	-23649,73

Πίνακας 92. Συνολική κάλυψη Φ/Β και Α/Γ οικισμού Κουμάσας

ΚΟΥΜΑΣΑ 4W/T

Ώρες	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
0:00	0	1,77	0	0	0	0	2,32	0	0	0	0	1,66
1:00	0	1,97	0	0	0	0	2,32	0	0	0	0	1,87
2:00	0	1,87	0	0	0	0	2,2	0	0	0	0	2,09
3:00	0	0,88	0	0	0	0	2,32	0	0	0	0	2,59
4:00	0	0,78	0	0	0	0	2,32	0	0	0	0	3,13
5:00	0	1,77	0	0	0	0	2,2	0	0	0	0	3,13
6:00	0	1,97	0	0	0	0	2,59	0	0	0	0	3,13
7:00	0	1,97	0	0	0	0	3,64	0,78	0	0	0	3,61
8:00	0	2,21	0,99	0,88	0,88	0,88	5,12	2	0	1,1	1,1	4,51
9:00	1,22	4,19	2,21	2,52	2,1	1,98	6,18	2,86	0,78	2,9	2,9	5,74
10:00	2,86	7,24	2,71	4,39	3,37	2,74	6,66	3,28	1,66	3,77	3,77	7,47
11:00	4,18	9,14	4,46	6,46	5,12	3,61	8,02	3,44	2,1	4,12	4,51	8,53
12:00	5,07	11,14	6,42	8,28	7,54	5,17	10,83	4,55	3,02	4,68	5,29	8,53
13:00	4,34	11,46	7,16	9,44	8,28	6,41	12,91	7,02	4,55	5,29	5,5	8,53
14:00	3,44	9,76	6,46	9,44	7,42	6,66	13,69	7,98	5,29	5,5	5,29	8,53
15:00	2,74	7,77	5,5	8,83	7,16	7,72	14,09	7,16	5,07	5,29	3,76	6,07
16:00	1,1	5,17	4,39	7,47	6,66	7,72	13,3	6,9	4,51	4,68	1,22	3,02
17:00	0	2,95	2,63	5,01	5,35	6,2	11,46	5,99	3,07	3,37	0	2,44
18:00	0	1,97	0,99	2,58	5,35	4,55	8,91	4,18	1,1	2	0	2,32
19:00	0	1,97	0	0,78	3,21	2,68	6,25	2,52	0	0,78	0	2,20
20:00	0	4,19	0	0	0	0,88	4,34	1,66	0	0,78	0	2,32
21:00	0	4,09	0	0	0	0	3,29	1,57	0	0,78	0	2,21
22:00	0	1,87	0	0	0	0	2,71	0,78	0	0	0	1,77
23:00	0	0,99	0	0	0	0	2,32	0	0	0	0	1,57
23:59	0	0	0	0	0	0	1,1	0	0	0	0	0,78
W/T ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/ημέρα	24,95	99,09	43,92	66,08	62,44	57,20	151,09	62,67	31,15	45,04	33,34	97,75

W/T ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/μήνα	773,45	2799,29	1361,52	1982,40	1935,64	1716,00	4683,79	1942,77	934,50	1396,24	1000,20	3030,25
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)/μήνα	25360,70	21806,40	25360,70	30003,80	21838,40	21998,50	39129,80	39129,80	21998,50	21838,40	21742,30	30003,80
ΚΑΛΗΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ	3	13	5	7	9	8	12	5	4	6	5	10
ΚΑΛΗΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ	1	4	2	2	3	2	4	2	1	2	1	3
ΔΙΑΦΟΡΑ	-24587,25	-19007,11	-23999,18	-28021,40	-19902,76	-20282,50	-34446,01	-37187,03	-21064,00	-20442,16	-20742,10	-26973,55

Πίνακας 93. Μερική κάλυψη με Α/Γ οικισμού Κουμάσας

Στον οικισμό Κανδύλα Ηρακλείου Κρήτης και κατά το σενάριο μερικής κάλυψης του οικισμού με ηλεκτρική ενέργεια, υπολογίστηκε η τοποθέτηση 1000 Φ/Β. Σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος (Πίνακας 94) και από τα στοιχεία του Πίνακα 38 (Στήλη – Συνολική κατανάλωση μόνιμων και μη μόνιμων κατοίκων), βρήκαμε την ποσοστιαία κάλυψη του οικισμού με το συγκεκριμένο αριθμό Φ/Β, ήτοι 311 ημέρες από τις 365 (~85%). Από τον Πίνακα αυτό παρατηρούμε τα εξής:

1. Οι μήνες που καλύπτονται πλήρως με τον ελάχιστο αριθμό Φ/Β (1000) είναι οι μήνες Μάρτιος έως και Οκτώβριος.
2. Οι μήνες που δεν καλύπτονται πλήρως είναι οι Ιανουάριος, Φεβρουάριος, Νοέμβριος και Δεκέμβριος.
3. Ο μήνας διακοπών καλύπτεται πλήρως.
4. Ο μήνας με τη λιγότερη κάλυψη είναι ο Δεκέμβριος (13/31 ημέρες).

ΚΑΝΔΥΛΑ 1000 PV

Ωρες	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
0:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6:00	0,00	0,11	0,12	0,14	0,32	0,42	0,25	0,07	0,00	0,02	0,00	0,00
7:00	0,22	0,51	1,89	1,87	1,46	1,89	1,28	0,81	0,50	0,50	1,20	0,26
8:00	2,53	4,49	9,63	9,86	11,85	14,28	10,73	7,55	5,75	4,44	7,29	2,83
9:00	9,25	12,31	21,35	21,49	27,42	31,69	27,87	22,94	19,13	14,55	17,21	7,86
10:00	16,74	20,12	31,53	30,88	39,57	43,44	42,22	38,45	33,86	26,76	24,47	13,34
11:00	22,74	25,34	38,71	38,85	47,84	53,63	52,69	49,45	44,70	36,18	28,44	17,29

12:00	25,53	26,01	44,33	46,19	52,56	60,51	60,16	56,90	52,08	42,18	29,96	19,35
13:00	23,51	24,85	46,11	50,17	54,21	63,64	64,04	60,35	54,97	43,63	27,97	20,89
14:00	19,06	23,12	42,74	49,76	53,64	63,38	64,23	60,18	52,34	40,16	23,25	18,84
15:00	14,06	18,45	35,93	45,05	52,27	59,77	60,74	56,53	46,97	33,74	16,54	13,58
16:00	7,98	12,03	27,05	37,73	46,55	52,87	53,67	49,13	39,73	25,51	8,35	6,93
17:00	2,50	5,23	16,94	27,02	36,88	42,85	43,52	38,52	28,90	15,49	2,00	1,43
18:00	0,22	0,93	6,95	14,60	25,22	30,63	31,11	25,76	15,74	5,74	0,04	0,02
19:00	0,00	0,00	1,32	5,34	12,28	16,97	17,17	11,78	4,60	0,73	0,00	0,00
20:00	0,00	0,00	0,03	0,77	2,99	5,04	5,06	2,37	0,26	0,00	0,00	0,00
21:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,12	0,11	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
22:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PV ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/ημέρα	144,34	173,50	324,63	379,72	465,09	541,13	534,85	480,80	399,53	289,63	186,72	122,62
PV ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/μήνα	4474,54	4901,38	10063,53	11391,60	14417,79	16233,90	16580,35	14904,80	11985,90	8978,53	5601,60	3801,22
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)/μήνα	8894,80	8353,30	8894,80	8773,20	8740,10	8508,00	9325,70	14088,00	8508,00	8740,10	8773,20	8894,80
ΚΑΛΗΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ	50	59	113	130	165	191	178	106	141	103	64	43
ΚΑΛΗΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ	16	17	31	30	31	30	31	33	30	31	19	13
ΔΙΑΦΟΡΑ	-4420,26	-3451,93	1168,73	2618,40	5677,69	7725,90	7254,65	816,80	3477,90	238,43	-3171,60	-5093,58

Πίνακας 94. Μερική κάλυψη οικισμού Κανδύλα

Στον οικισμό Κάτω Λευκός Καρπάθου και κατά το σενάριο μερικής κάλυψης του οικισμού με ηλεκτρική ενέργεια, υπολογίστηκε η τοποθέτηση 700 Φ/Β. Σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος (Πίνακας 95) και από τα στοιχεία του Πίνακα 39 (Στήλη – Συνολική κατανάλωση μόνιμων και μη μόνιμων κατοίκων), βρήκαμε την ποσοστιαία κάλυψη του οικισμού με το συγκεκριμένο αριθμό Φ/Β, ήτοι 106 ημέρες από τις 365 (~**30%**). Από τον Πίνακα αυτό παρατηρούμε τα εξής:

1. Δεν καλύπτονται όλοι οι μήνες με τον ελάχιστο αριθμό Φ/Β (1000).
2. Οι μήνες διακοπών δεν καλύπτονται.
3. Οι μήνες με τη λιγότερη κάλυψη είναι ο Ιανουάριος, Νοέμβριος και Δεκέμβριος (5 ημέρες).

ΚΑΤΩ ΛΕΥΚΟΣ 700 PV

Ώρες	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
0:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0	0	0
6:00	0	0	0,18	0,1	0,51	0,77	0,48	0,14	0,01	0,01	0	0
7:00	0,18	0,66	1,78	1,87	3,27	5,26	4,08	2,32	1,08	0,6	0,9	0,31
8:00	1,56	3,58	7,05	7,95	11,14	13,79	11,9	9,06	6,01	3,59	4	2,61
9:00	5,35	9,25	14,97	16,27	20,58	23,2	21,29	18,47	14,39	9,99	8,44	6,99
10:00	8,95	15,62	22,74	24,47	28,52	31,31	29,62	26,98	23,28	17,9	12,54	11,67
11:00	12,19	19,62	29,29	31,44	34,48	38,22	36,87	34,44	31,13	24,47	15,88	14,52
12:00	15,12	21,04	33,22	36,02	39,05	43,23	42,45	40,1	36,65	28,76	17,9	14,83
13:00	15,36	21	32,86	40,28	40,72	45,14	45,11	42,75	38,53	29,56	17,28	14,32
14:00	12,92	18,69	30,8	42	39,79	44,66	45,06	42,56	37,42	27,39	13,89	12,13
15:00	9,66	13,82	27,16	39,16	36,61	41,86	42,26	39,52	33,54	23,35	9,33	8,12
16:00	5,54	8,23	20,06	32,43	31,21	36,73	36,91	33,86	26,6	16,95	4,55	3,86
17:00	1,65	3,43	11,37	22,65	24,13	29,16	29,42	26,06	18,24	9,52	1,08	0,86
18:00	0,12	0,63	4,39	13,07	15,68	19,99	20,29	16,7	9,18	3,29	0,03	0,01
19:00	0	0	0,84	4,77	7,05	10,24	10,17	6,79	2,37	0,41	0	0
20:00	0	0	0,02	0,51	1,46	2,69	2,53	0,95	0,13	0	0	0
21:00	0	0	0	0	0,01	0,06	0,05	0,01	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PV ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/ημέρα	88,60	135,57	236,73	312,99	334,21	386,31	378,49	340,71	278,56	301,61	105,82	90,23
PV ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/μήνα	2746,60	3829,85	7338,63	9389,70	10360,51	11589,30	11733,19	10562,01	8356,80	9349,91	3174,60	2797,13
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)/μήνα	18193,50	16358,30	18193,50	17623,90	26958,00	39076,40	39076,40	39076,40	39076,40	26958,00	17623,40	18193,50
ΚΑΛΗΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ	15	23	40	53	38	30	30	27	21	35	18	15
ΚΑΛΗΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ	5	7	13	16	12	9	9	8	6	11	5	5
ΔΙΑΦΟΡΑ	-15446,90	-12528,45	-10854,87	-8234,20	-16597,49	-27487,10	-27343,21	-28514,39	-30719,60	-17608,09	-14448,80	-15396,37

Πίνακας 95. Μερική κάλυψη οικισμού Κάτω Λευκός

Στον οικισμό Λευκός Καρπάθου και κατά το σενάριο μερικής κάλυψης του οικισμού με ηλεκτρική ενέργεια, υπολογίστηκε η τοποθέτηση 373 Φ/Β και 3 Α/Γ. Σύμφωνα με τους παρακάτω πίνακες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος (Πίνακας 96 – 98) και από τα στοιχεία του Πίνακα 40 (Στήλη – Συνολική κατανάλωση μόνιμων και μη μόνιμων κατοίκων), βρήκαμε την ποσοστιαία κάλυψη του οικισμού με το συγκεκριμένο

αριθμό Φ/Β και Α/Γ, ήτοι 365 ημέρες από τις 365 (100%). Από τους Πίνακες αυτό παρατηρούμε τα εξής:

1. Όλοι οι μήνες καλύπτονται πλήρως με τον ελάχιστο αριθμό Φ/Β (373) και Α/Γ (3)
2. Οι μήνες διακοπών καλύπτονται πλήρως.

ΛΕΥΚΟΣ 373 PV

Ωρες	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
0:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6:00	0,00	0,00	0,1	0,05	0,27	0,41	0,26	0,07	0,01	0,01	0,00	0,00
7:00	0,1	0,35	0,95	1	1,74	2,81	2,17	1,23	0,58	0,32	0,48	0,17
8:00	0,83	1,91	3,76	4,23	5,93	7,35	6,34	4,83	3,2	1,91	2,13	1,39
9:00	2,85	4,93	7,98	8,67	10,97	12,36	11,34	9,84	7,67	5,32	4,5	3,73
10:00	4,77	8,32	12,12	13,04	15,19	16,68	15,78	14,38	12,41	9,54	6,68	6,22
11:00	6,5	10,46	15,61	16,75	18,37	20,36	19,65	18,35	16,59	13,04	8,46	7,74
12:00	8,06	11,21	17,7	19,19	20,81	23,04	22,62	21,37	19,53	15,33	9,54	7,9
13:00	8,18	11,19	17,51	21,46	21,7	24,06	24,04	22,78	20,53	15,75	9,21	7,63
14:00	6,88	9,96	16,41	22,38	21,2	23,8	24,01	22,68	19,94	14,59	7,4	6,46
15:00	5,15	7,36	14,47	20,87	19,51	22,31	22,52	21,06	17,87	12,44	4,97	4,33
16:00	2,95	4,38	10,69	17,28	16,63	19,57	19,67	18,04	14,18	9,03	2,42	2,06
17:00	0,88	1,83	6,06	12,07	12,86	15,54	15,67	13,89	9,72	5,07	0,58	0,46
18:00	0,07	0,33	2,34	6,96	8,35	10,65	10,81	8,9	4,89	1,75	0,01	0,01
19:00	0,00	0,00	0,45	2,54	3,76	5,46	5,42	3,62	1,26	0,22	0,00	0,00
20:00	0,00	0,00	0,01	0,27	0,78	1,43	1,35	0,51	0,07	0,00	0,00	0,00
21:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PV ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/ημέρα	47,22	72,23	126,16	166,76	178,08	205,86	201,68	181,55	148,45	104,32	56,38	48,10
PV ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/μήνα	1463,82	2040,50	3910,96	5002,80	5520,48	6175,80	6252,08	5628,05	4453,50	3233,92	1691,40	1491,10
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)/μήνα	14467,40	13282,20	14467,40	14242,60	14181,30	19351,20	26053,60	26053,60	19351,20	14181,30	14242,60	14467,40
ΚΑΛΗΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ	10	15	27	35	39	32	24	22	23	23	12	10
ΚΑΛΗΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ	3	4	8	11	12	10	7	7	7	7	4	3
ΔΙΑΦΟΡΑ	-13003,58	-11241,70	-10556,44	-9239,80	-8660,82	-13175,40	-19801,52	-20425,55	-14897,70	-10947,38	-12551,20	-12976,30

Πίνακας 96. Μερική κάλυψη με Φ/Β οικισμού Λευκός

ΛΕΥΚΟΣ 373PV & 3WT

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΡΗ	ΜΑΥ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΒ	ΔΕΚ
PV ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/ημέρα	47,22	72,23	126,16	166,76	178,08	205,86	201,68	181,55	148,45	104,32	56,38	48,10
PV ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/μήνα	1463,82	2040,50	3910,96	5002,80	5520,48	6175,80	6252,08	5628,05	4453,50	3233,92	1691,40	1491,10
W/T ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/ημέρα	3235,56	2377,06	3404,07	3835,46	1372,40	1522,90	907,44	2380,28	1675,96	2543,91	4749,34	1994,14
W/T ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/μήνα	100302,36	67151,95	105526,17	115063,80	42544,40	45687,00	28130,64	73788,68	50278,80	78861,21	142480,20	61818,34

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/μήνα	101766,18	69192,44	109437,13	120066,60	48064,88	51862,80	34382,72	79416,73	54732,30	82095,13	144171,60	63309,44
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)/μήνα	14467,40	13282,20	14467,40	14242,60	14181,30	19351,20	26053,60	26053,60	19351,20	14181,30	14242,60	14467,40
ΚΑΛΗΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ	703	521	756	843	339	268	132	305	283	579	1012	438
ΚΑΛΗΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
ΔΙΑΦΟΡΑ	87298,78	55910,24	94969,73	105824,00	33883,58	32511,60	8329,12	53363,13	35381,10	67913,83	129929,00	48842,04

Πίνακας 97. Συνολική κάλυψη Φ/Β και Α/Γ οικισμού Λευκός

ΛΕΥΚΟΣ 3W/T

Ωρες	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
0:00	109,51	55,57	105,82	109,51	24,45	18,29	6,66	28,78	23,14	90,64	190,22	70,89
1:00	117,05	63,23	109,51	109,51	25,86	19,41	6,66	27,27	28,17	90,64	190,22	73,72
2:00	124,94	81,46	117,05	109,51	28,78	19,41	6,66	33,05	33,57	102,29	195,65	79,54
3:00	133,17	98,92	117,05	117,39	31,09	20,62	6,95	42,76	40,97	98,92	195,16	85,65
4:00	137,38	109,51	109,51	128,97	37,27	21,83	7,24	51,14	46,70	90,41	189,23	88,78
5:00	141,76	109,51	117,39	137,56	42,64	21,83	7,24	55,57	46,70	90,41	195,16	97,30
6:00	141,76	105,82	124,94	150,71	38,94	26,06	7,88	55,57	44,67	92,03	195,16	105,82
7:00	133,17	105,82	106,47	164,97	38,94	42,94	15,18	77,17	49,11	95,40	189,23	102,29
8:00	124,94	105,82	102,61	169,72	46,83	72,18	28,54	118,07	69,05	105,98	187,08	93,77
9:00	133,53	113,36	129,67	174,86	60,95	97,30	47,82	156,02	87,28	109,51	179,80	88,78
10:00	146,14	124,94	160,40	187,58	76,70	113,36	71,46	179,80	95,40	113,36	174,66	93,77
11:00	146,14	128,97	187,87	187,58	87,28	129,14	85,65	187,58	105,98	129,14	181,94	105,98
12:00	137,56	124,94	206,72	174,86	98,92	137,38	97,30	190,22	125,29	133,17	189,23	67,51
13:00	146,87	120,91	206,72	174,86	109,51	137,38	105,82	187,58	141,76	128,97	195,16	75,40
14:00	164,78	120,91	187,87	198,65	109,51	137,38	102,29	184,93	141,76	128,97	195,16	108,88
15:00	146,87	117,05	174,66	212,36	105,82	129,14	90,64	179,80	133,17	124,94	187,08	82,67
16:00	137,56	105,98	169,72	212,36	98,92	104,85	71,46	164,97	117,39	117,05	184,93	73,72
17:00	137,56	93,77	151,08	206,72	95,40	79,84	53,55	138,09	94,17	109,51	193,01	68,20
18:00	128,97	90,41	137,38	187,87	82,13	60,95	36,98	104,85	66,76	102,29	201,08	68,20
19:00	124,94	87,28	133,17	164,97	50,38	40,65	20,25	67,74	55,71	95,40	212,56	68,20
20:00	120,91	82,52	121,08	146,33	33,57	24,85	9,94	39,30	43,84	90,41	212,56	65,51
21:00	117,05	82,52	117,05	129,14	31,09	19,41	6,66	31,09	26,36	85,65	201,08	65,51
22:00	113,20	69,05	120,91	113,36	28,78	18,28	6,66	31,09	23,64	85,65	201,08	68,20

23:00	113,20	53,29	124,94	109,51	24,55	19,50	5,64	31,89	23,14	88,78	206,72	65,65
23:59	56,60	25,50	64,48	56,60	10,92	10,92	2,31	15,95	12,23	44,39	106,18	30,20
W/T ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/ημέρα	3235,56	2377,06	3404,07	3835,46	1372,40	1522,90	907,44	2380,28	1675,96	2543,91	4749,34	1994,14
W/T ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kwh)/μήνα	100302,36	67151,95	105526,17	115063,80	42544,40	45687,00	28130,64	73788,68	50278,80	78861,21	142480,20	61818,34
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kwh)/μήνα	14467,40	13282,20	14467,40	14242,60	14181,30	19351,20	26053,60	26053,60	19351,20	14181,30	14242,60	14467,40
ΚΑΛΗΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ	693	506	729	808	300	236	108	283	260	556	1000	427
ΚΑΛΗΨΗ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
ΔΙΑΦΟΡΑ	85834,96	53869,75	91058,77	100821,20	28363,10	26335,80	2077,04	47735,08	30927,60	64679,91	128237,60	47350,94

Πίνακας 98. Μερική κάλυψη με Α/Γ οικισμού Λευκός

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Βιβλιογραφικές Ξενόγλωσσες

Abbassi, A., Dami, M.A., Jemli, M., 2017. A statistical approach for hybrid energy storage system sizing based on capacity distributions in an autonomous PV/Wind power generation system. *Renewable Energy* 103(1), 81-93

Abdullah M.O., Yung V.C., Othman A.K., Hamid K.B.A., Tarawe J., 2010. Review and comparison study of hybrid diesel/hydro/fuel cell energy schemes for a rural ICT Telecenter. *Energy* 35, 639 – 646

Al-Falahi, M.D.A., Jayasinghe, S.D.G., Enshaei, H., 2017. A review on recent size optimization methodologies for standalone solar and wind hybrid renewable energy system. *Energy Conversion and Management* 143, 252–274

Al-Shemmeri, T., 2010. *Wind Turbines* (free e-book at E-Books directory), University of Engineering and Technology – Lahore, BookBoon

Ansong, M., Mensah, L.D., Adaramola, M.S., 2017. Techno-economic analysis of a hybrid system to power a mine in an off-grid area in Ghana. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 23, 48–56

Arnautakis, N., Kanellos, F., Papaefthimiou, S., 2018. Combined operation, modeling and life cycle assessment of a generic hybrid power system installed in Crete. *Energy Systems* 9(2), 343-359

Azimoh, C.L., Klintonberg, P., Wallin, F., Karlsson, B., Mbohwa C., 2016. Electricity for development: Mini-grid solution for rural electrification in South Africa. *Energy Conversion and Management* 110, 268-277

Bentouba, S., Bourouis, M., 2016. Feasibility study of a wind-photovoltaic hybrid power generation system for a remote area in the extreme south of Algeria. *Applied Thermal Engineering* 99, 713-719

Beyer, H.G., Langer, C., 1996. A method for the identification of configurations of PV/wind hybrid systems for the reliable supply of small loads. *Solar Energy* 57(5), 381–391

- Bondesson A., 2012. Comparative LCA model on renewable power solutions for off-grid radio base stations. Digitala Vetenskapliga Arkivet
- Boute, A., 2016. Off-grid renewable energy in remote Arctic areas: An analysis of the Russian Far East. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 59, 1029-1037
- Brealy, R.A., Meyers S.C., 1991. *Principles of Corporate Finance*, McGraw – Hill
- Celik, A.N., Muneer, T., Clarke P., 2008. Optimal sizing and life cycle assessment of residential photovoltaic energy systems with battery storage. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications* 16(1), 69-85
- Diaf, S., Diaf, D., Belhamel, M., Haddadi, M., Louche, A., 2007. A methodology for optimal sizing of autonomous hybrid PV/wind system. *Energy Policy* 35, 5708–5718
- Domenech, B., Ferrer-Martí, L., Pastor, R., 2015. Hierarchical methodology to optimize the design of stand-alone electrification systems for rural communities considering technical and social criteria. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 51, 182–196
- Duchene-Marullaz, P., 1975. *Turbulence Atmospherique au Voisinage d'une Ville*, Rep.75-2, C.S.T.B., Nantes
- Ekren, O., Ekren, B.Y., 2008. Size optimization of a PV/wind hybrid energy conversion system with battery storage using response surface methodology. *Applied Energy* 85, 1086–1101
- Elhadidy M.A., Shaahid S.M., 2000. Parametric study of hybrid (wind+solar+diesel) power generating systems *Renewable Energy* 21, 129 – 139
- Ermolenko, B.V., Ermolenko, G.V., Fetisova, Y.A., Proskuryakova, L.N., 2017. Wind and solar PV technical potentials: Measurement methodology and assessments for Russia. *Energy* 137, 1001-1012
- Fadaeenejad, M., Radzi, M.A.M., AbKadir, M.Z.A., Hizam, H., 2014. Assessment of hybrid renewable power sources for rural electrification in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 30, 299-305
- Fleck, B., Huot, M., 2009. Comparative life-cycle assessment of a small wind turbine for residential off-grid use. *Renewable Energy* 34(12), 2688-2696

- Forde, E., 2017. The ethics of energy provisioning: Living off-grid in rural Wales. *Energy Research and Social Science* 30, 82–93
- Frischknecht, P., Itten, R., Sinha, P., De Wild-Scholten, M., Zhang, J., Fthenakis, V., Kim, H.C., Raugei, M., Stucki, M., 2015. Life Cycle Inventories and Life Cycle Assessments of Photovoltaic Systems. International Energy Agency (IEA) PVPS Task 12, Report T12-04:2015
- Garcia-Valverde, R., Miguel, C., Martínez-Béjar, R., Urbina, A., 2009. Life cycle assessment study on a 4.2 kWp stand-alone photovoltaic system. *Solar Energy* 83(9), 1434-1445.
- Ghenai, C., 2012. Life Cycle Analysis of Wind Turbine. *Sustainable Development-Energy, Engineering and Technologies-Manufacturing and Environment*, 19-31
- Halabi, L.M., Mekhilef, S., 2017. Flexible hybrid renewable energy system design for a typical remote village located in tropical climate. *Journal of Cleaner Production* 177, 908-924
- Hamdi, H., Sbia, R., Shahbaz, M., 2014. The nexus between electricity consumption and economic growth in Bahrain. *Econ. Model.* 38, 227–237
- ISO, 1998.14041. Environmental Management – Life Cycle Assessment – Goal and Scope Definition and Inventory Analysis.
- ISO, 2000a.14042. Environmental Management – Life Cycle Assessment – Life Cycle Impact Assessment.
- ISO, 2000b.14043. Environmental Management – Life Cycle Assessment – Life Cycle Interpretation.
- Jenkins, N., Walker, J.F., 2007. Αιολική Ενέργεια & Ανεμογεννήτριες. Αθήνα: ΙΩΝ
- JRC-IES., 2011. International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook- Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European context. Luxemburg: Office of the European Union
- Jungbluth, N., Stucki, M., Flury, K., Frischknecht, R., Büsser, S., 2012. Life Cycle Inventories of Photovoltaics. ESU-services Ltd. Uster
- Kaberger, T., 2018. Progress of renewable electricity replacing fossil fuels. *Global Energy Interconnection* 1 (No1), 48-52

- Kabir, M.R., Rooke, B., Dassanayake, G.D.M., Fleck, B.A., 2012. Comparative life cycle energy, emission, and economic analysis of 100 kW nameplate wind power generation. *Renewable Energy* 37(1), 133-141
- Kaldellis, J.K., Kavadias, K.A., 2007. Cost-benefit analysis of remote hybrid wind-diesel power stations: Case study Aegean Sea islands. *Energy Policy* 35, 1525 – 1538
- Kaldellis, J.K., Zafirakis, D., Kondili, E., 2010. Energy pay-back period analysis of stand-alone photovoltaic systems. *Renewable Energy* 35(7), 1444-1454
- Kaplan, S.M., 2009. Smart Grid. *Electrical Power Transmission: Background and Policy Issues*. The Capital.Net, Government Series, 1-42
- Kaur, T., Segal, R., 2017. Designing rural electrification solutions considering hybrid energy systems for Papua New Guinea. *Energy Procedia* 110, 1-7
- Khatib, T., Ibrahim, I.A., Mohamed, A., 2016. A review on sizing methodologies of photovoltaic array and storage battery in a standalone photovoltaic system. *Energy Conversion and Management* 120, 430–448
- Lagouvardos, K., Kotroni, V., Bezes, A., Koletsis, I., Kopania, T., Lykoudis, S., Mazarakis, N., Papagiannaki, K., Vougioukas, S., 2017. The automatic weather stations NOANN network of the National Observatory of Athens: operation and Database. *Geoscience Data Journal* 4, Issue 1, 4-16
- Lalas, D.P., Tselepidaki, I., Theocharatos, G., 1983. An analysis of wind power potential in Greece. *Solar Energy* 30, 497 – 505
- Le Guen, M., Mosca, L., Perera, A.T.D., Coccolo, S., Mohajeri, N., Scartezzini, J.L., 2018. Improving the energy sustainability of a Swiss village through building renovation and renewable energy integration. *Energy and Buildings* 158, 906-923
- Lehtinen, H., Saarentaus, A., Rouhiainen, J., Pitts M. Azapagic, A., 2011. A Review of LCA Methods and Tools and their Suitability for SMEs
- Lin, D.H., Cui, D.J., Li, B., Teng, Y., Zheng, G.L., Wang, X.Q., 2013. Research for superconducting energy storage patterns and its practical countermeasures. *Physica C* 493, 65 –67

- Lindfors, L.G., Christiansen, K., Hoffman, L., Virtanen, Y., Juntilla, V., Hanssen, O.J., Ronning, A., Ekvall, T., Finnveden, G., 1995. Nordic guidelines on Life-Cycle Assessment, Nord, 20, Nordic Council of Ministers, Copenhagen
- Little, M., Muray, T., Infeld, D., 2007. Electrical integration of renewable energy into stand-alone power supplies incorporating hydrogen storage. *International journal of Hydrogen Energy* 32, 1582–1588
- Little, M., Thomson, M., Infield, D., 2007. Electrical integration of renewable energy into stand-alone power supplies incorporating hydrogen storage. *International journal of Hydrogen Energy* 32, 1582 – 1588
- Liu, W., Jing, S., Lujun, C., Jinping, T., Huatang, Z., 2015. Life cycle assessment of lead-acid batteries used in electric bicycles in China. *Journal of Cleaner Production* 108, 1149-1156
- López-González, A., Domenech, B., Gómez-Hernández, D., Ferrer-Martí L., 2017. Renewable microgrid projects for autonomous small-scale electrification in Andean countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 79, 1255-1265
- Luna-Rubio, R., Trejo-Perea, M., Vargas-Vazquez, D., Rios-Moreno, G.J., 2012. Optimal sizing of renewable hybrids energy systems: A review of methodologies, *Solar Energy* 86, 1077–1088
- Manimekalai, P., Harikumar, R., Raghavan, S., 2013. An Overview of Batteries for Photovoltaic Systems. *International Journal of Computer Applications* 12, 0975 – 8887
- Marques, A.C., Fuinhas, J.A., Pereira, D.A., 2018. Have fossil fuels been substituted by renewables? An empirical assessment for 10 European countries, *Energy Policy* 116, 257 – 265
- Mamaghani, A.H., Escandon, S.A.A., Najafi, B., Shirazi, A., Rinaldi, F., 2016. Techno-economic feasibility of photovoltaic, wind, diesel and hybrid electrification systems for off-grid rural electrification in Colombia. *Renewable Energy* 97, 293-305
- Muselli, M., Notton, G., Louche, A., 1999. Design of hybrid – photovoltaic power generation with optimization of energy management. *Solar Energy* 65, 143 – 157

- Nastos, P.T., Philandras, C.M., Repapis, C.C., 2002. Application of canonical analysis to air temperature and precipitation regimes over Greece. *Fresen. Environ. Bull* 11, 488 – 493
- Nikitidou, E., Kazantzidis, A., Tzoumanikas, P., Salamalakis, V., Bais, A.F., 2015. Retrieval of surface solar irradiance, based on satellite-derived cloud information in Greece. *Energy* 90, 776 – 783
- Olabi, A.G., 2013. State of the art on renewable and sustainable energy. *Energy* 61, 2–5
- Omri, A., 2014. An international literature survey on energy-economic growth nexus: evidence from country-specific studies. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 38, 951–959
- Panwar, N.L., Kaushik, S.C., Kothari, S. 2011. Role of renewable energy sources in environmental protection. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* 15, 1513–1524
- Prinsloo, G., Mammoli, A., Dobson, R., 2016. Discrete cogeneration optimization with storage capacity decision support for dynamic hybrid solar combined heat and power systems in isolated rural villages. *Energy* 116, 1051 – 1064
- Prodromidis N.G., Coutelieris F.A., 2010. Simulation and optimization of a stand-alone power plant based on renewable energy sources. *International Journal of Hydrogen Energy* 35(19), 10599 – 10603
- Prodromidis, N.G., 2014. *Mathematical Simulation and Optimization of a Stand Alone Zero Emissions Hybrid System Based on Renewable Energy Sources*, (Διδακτορική Διατριβή), Πανεπιστήμιο Πάτρας, Αργίνο
- Rathore, N.S, Panwar, N.I., 2007. *Renewable energy sources for sustainable development*, New India Publishing Agency, India.
- Sandwell, P., Chan, N.L.A., Foster, S., Nagpal, D., Emmott, C.J.M., Candelise, C., Buckle, S.J., Ekins-Daukes, N., Gambhir, A., Nelson, J., 2016. Off-grid solar photovoltaic systems for rural electrification and emissions mitigation in India. *Solar Energy Materials & Solar Cells* 156, 147–156
- Sims, P.G., 1991. Hydroelectric Energy, *Energy Policy* 19 (No 8), 776-778

- Spanos, C.D.E., Turney, V., Fthenakis, V., 2015. Life-cycle analysis of flow-assisted nickel zinc-, manganese dioxide-, and valve-regulated lead-acid batteries designed for demand-charge reduction. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 43, 478-494
- Tschümperlin, L., Stolz, P., Frischknecht, R., 2016. Life cycle assessment of low power solar inverters (2.5 to 20 kW). Swiss Federal Office of Energy SFOE.
- The German Energy Society, 2008. Planning and installing photovoltaic systems: A guide for installers, architects and engineers, 2nd edition, Earthscan, London, 23-51
- Tsikis I., Coutelieris F.A., 2009. A mathematical model for the estimation of the energetic potential for several renewable energy sources: Application on the design of a modern power plant. *Defect Diffusion Forum* 297 – 301, 1414 – 1419
- United Nations, 1996, Air pollution studies, New York.
- Veldhuis, A.J., Reinders, A.H.M.E., 2015. Reviewing the potential and cost-effectiveness of off-grid PV systems in Indonesia on a provincial level. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 52, 757–769
- Villanueva-Rey, P., Belo, S., Quinteiro, P., Arroja, L., Dias, A.C., 2018. Wiring in the automobile industry: Life cycle assessment of an innovative cable solution. *Journal of Cleaner Production* 204, 237-246
- Wang, Q., Wei, L., Xueliang, Y., Tang, H., Tang, H., 2018. Environmental impact analysis and process optimization of batteries based on life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production* 174, 1262-1273
- Wichert B., 1997. PV-Diesel hybrid systems for remote area power generation – a review of current practice and future developments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 1, 209 – 228
- Xu, L., Pang, M., Zhang, L., Poganietz, W.R., Marathe, S.D., 2018. Life cycle assessment of onshore wind power systems in China. *Resources, Conservation & Recycling* 132(1), 361-368
- Yang, H.X., Lu, L., Burnett J., 2003. Weather data and probability analysis of hybrid photovoltaic–wind power generation systems in Hong Kong. *Renewable Energy* 28, 1813–1824

Βιβλιογραφικές Ελληνικές

Μπαλάρας Κ., Αργυρίου Α., Καραγιάννης Φ., 2006. Συμβατικές & Ήπιες Μορφές Ενέργειας. Εκδόσεις ΣΕΛΚΑ-4Μ ΕΠΕ, Αθήνα.

UNESCO, 1972. Λεξικό Κοινωνικών Όρων (Ελληνική Έκδοση). Εκδόσεις Ελληνική Παιδεία, Τόμος 1ος, 63.

Τσαπήρης Μ.Ν., 2002. Ενέργεια και Περιβάλλον. Εκδόσεις Τυποθήτω, Αθήνα.

Φραγκιαδάκης Ι.Ε., 2004. Φωτοβολταϊκά Συστήματα, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη.

Διαδικτυακές Ξενόγλωσσες

GlobalCarbonAtlas (www.globalcarbonatlas.org)

Deep Cycle battery guide (www.energymatters.com.au)

Διαδικτυακές Ελληνικές


Ανοικτά Γεωχωρικά Δεδομένα (www.geodata.gov.gr)

Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού-ΔΕΗ (www.dei.gr/el/katanalwsi-oikiakwn-suskeuwn) Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας (www.ypeka.gr)

Energypress.gr (www.energypress.gr)

SunshineEnergy-Φωτοβολταϊκά Συστήματα (www.sunshine-energy.gr)

ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

Όνοματεπώνυμο : ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΤΣΙΑΡΑΣ	
Ημερομηνία γεννήσεως : 24.06.1971	
Διεύθυνση κατοικίας : Βηλαρά 81 ^Α , Ιωάννινα, Τ.Κ. 45333	
Τηλέφωνα επικοινωνίας : 6943105982 – 2651087327	
e-mail : evangelostsiaras@yahoo.com	
Οικογ. Κατάσταση : Έγγαμος με δύο τέκνα	

ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ:

- 2014 – 2019 : Υποψήφιος Διδάκτορας του Τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Πατρών με θέμα διατριβής «Περιβαλλοντικά οφέλη και επιπτώσεις από την ευρεία χρήση Α.Π.Ε. σε μικρούς οικισμούς».
- 2009 – 2011 : Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Ειδίκευσης (M.Sc.) του Τμήματος Χημείας (Τομέας Φυσικοχημείας) του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων με ειδίκευση στις Χημικές και Βιοχημικές Τεχνολογίες στην κατεύθυνση: "Χημική, Περιβαλλοντική και Υπολογιστική Τεχνολογία – Προσομοίωση" με βαθμό Άριστα (9,33/10).
Μεταπτυχιακή διατριβή : «Περιβαλλοντικές δράσεις κατά την αποδόμηση του χλωρονιτρομεθανίου (CH₂ClNO₂). Υπολογιστική μελέτη του καταλυτικού ρόλου του ύδατος στη δραστηκότητά του στα φυσικά νερά».
- 2001 - 2008: Πτυχιούχος του τμήματος "Σπουδές στις Φυσικές Επιστήμες" της Σχολής Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας του Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου με βαθμό Λίαν καλώς (7,2/10).
- Μέλος της Ένωσης Ελλήνων Φυσικών (Αρ. Μητρώου 4206).

ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ:

- 1-01-2011 - Σήμερα : Μόνιμος υπάλληλος με ειδικότητα Π.Ε. Περιβάλλοντος στην Περιφέρεια Ηπείρου στο Τμήμα Περιβάλλοντος της Διεύθυνσης Περιβάλλοντος και Χωρικού Σχεδιασμού της Περιφέρειας Ηπείρου
- 1-10-2006 – 31-12-2010 : Μόνιμος υπάλληλος με ειδικότητα Π.Ε. Περιβάλλοντος στην Δ/ση Τεχνικών Υπηρεσιών της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης Ιωαννίνων
- 29-11-1999 – 30-10-2006 : Μόνιμος υπάλληλος στο Δήμο Ζωγράφου Αττικής.

ΞΕΝΕΣ ΓΛΩΣΣΕΣ:

- Αγγλικά : Πολύ καλό επίπεδο γραπτής και προφορικής επικοινωνίας.
Κάτοχος πτυχίου ADVANCED IN ENGLISH του πανεπιστημίου του CAMBRIDGE.
- Γερμανικά : Καλό επίπεδο γραπτής και προφορικής επικοινωνίας.

ΓΝΩΣΕΙΣ Η/Υ:

- Πολύ καλή γνώση λειτουργικών συστημάτων WINDOWS, λογισμικών πακέτων MS Office για WINDOWS.
- Πολύ καλή γνώση λειτουργικών υπολογιστικών χημικών προγραμμάτων Gaussian '98 , '03 και '03W.

ΣΕΜΙΝΑΡΙΑ – ΣΥΝΕΔΡΙΑ

- Συμμετοχή και Ομιλία στο 5ο Συνέδριο του Τμήματος Οικονομικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, με τίτλο “Economics of Natural Resources & the Environment”, που πραγματοποιήθηκε στο Βόλο από 1-3 Νοεμβρίου 2018.
Τίτλος ομιλίας “Energy policy establishment for off-grid small isolated settlements”.
- Greek Physics Teachers Program
Τόπος διεξαγωγής : Geneva, Swiss 25 – 29 Σεπτεμβρίου 2010
Φορέας Υλοποίησης : CERN
- Δημιουργία, επεξεργασία και ανάλυση περιβαλλοντικών, πολεοδομικών και χωροταξικών δεδομένων με χρήση γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (G.I.S.).
Τόπος διεξαγωγής : Ιωάννινα 3 - 7 Νοεμβρίου 2014
Φορέας Υλοποίησης : Ε.Κ.Δ.Δ.Α

ΕΠΙΚΟΥΡΙΚΟ / ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΕΡΓΟ

- Επικουρικό / Διδακτικό έργο στο τμήμα Χημείας – Τομέας Φυσικοχημείας στο εργαστηριακό μάθημα “Εργαστήρια Φυσικοχημείας ΙΙ” του χειμερινού εξαμήνου – Οκτώβριος 2010 έως Ιανουάριος 2011.

ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ – ΣΥΓΓΡΑΦΙΚΟ ΕΡΓΟ

- A.M. Kosmas, D.K. Papayannis, E. Tsiaras, «*A computational study of the water catalyzed reaction of chlonitromethane with the OH radical*», Comput. Theor. Chem. 1019 (2013) 18–22.
- G.N.Prodromidis, E.Tsiaras, F.A.Coutelieris, «*Autonomous Buildings with Electricity by Renewables*», International Journal of Energy Conversion, accepted on 21.11.2018
- E. Tsiaras, D.N. Papadopoulos, C.N. Antonopoulos, V.G. Papadakis & F.A. Coutelieris, «*Planning and assessment of an off-grid power supply system for small settlements*», Renewable Energy, under revision.

ΒΡΑΒΕΥΣΕΙΣ – ΔΙΑΚΡΙΣΕΙΣ

- Μάιος 2009 - Βράβειυσή του από τον Δήμο Ζωγράφου Αττικής για την συνεχή προσφορά του στις ετήσιες εθελοντικές αιμοδοσίες.
- Πρόταση θέματος και επίβλεψη μαθητή της 2ας Λυκείου κατά την εκπόνηση εκπαιδευτικής εργασίας με τίτλο "Μέτρηση επιτάχυνσης της βαρυτικής δύναμης (g) σε περιοχές της Ηπείρου και πιθανή διαφοροποίηση της τιμής της λόγω του υψομέτρου". Τον Μάρτιο του 2014, το θέμα αυτό κέρδισε Βραβείο Καλύτερης Εργασίας στον τομέα της Φυσικής από το Αμερικανικό Κολλέγιο της Θεσσαλονίκης "Anatolia College" στο ετήσιο Συνέδριο Μαθητικών Τεχνολογιών.

ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

- Ενασχόληση με το σπορ της Ορειβασίας – Αναρρίχησης. Παρακολούθησε δύο σχολές βασικής εκπαίδευσης με πιστοποίηση από την Ε.Ο.Ο.Α (Ελληνική Ομοσπονδία Ορειβασίας- Αναρρίχησης) και έχει στο ενεργητικό του αρκετές επιτυχημένες αναβάσεις σε μερικά από τα υψηλότερα ευρωπαϊκά και ελληνικά βουνά.