ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.) «ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»

Ενεργειακή στρατηγική για την ολοκληρωμένη ανάπτυξη της νήσου Σάμου.

Διπλωματική Εργασία η οποία υποβάλλεται για την εκπλήρωση των απαιτήσεων του ΔΠΜΣ «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

Κάρλας Επαμεινώνδας
Περιβαλλοντολόγος Πανεπιστημίου Αιγαίου

Επιβλέπων :
Αναπληρωτής Καθηγητής Χ. Κορωναίος

Περιβάλλον και Ανάπτυξη

Αθήνα, Νοέμβριος 2012

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.) «ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»

Ενεργειακή στρατηγική για την ολοκληρωμένη ανάπτυξη της νήσου Σάμου.

Διπλωματική Εργασία η οποία υποβάλλεται για την εκπλήρωση των απαιτήσεων του ΔΠΜΣ «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

Κάρλας Επαμεινώνδας
Περιβαλλοντολόγος Πανεπιστημίου Αιγαίου

Επιβλέπων :
Αναπληρωτής Καθηγητής Χ. Κορωναίος

Περιβάλλον και Ανάπτυξη

Αθήνα, Νοέμβριος 2012

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Όταν φτάνεις επιτέλους στο τέλος ενός μεγάλου στόχου και κοιτάς πίσω, μόνο τότε συνειδητοποιείς τη συνολική σου πορεία και τους ανθρώπους που την επηρέασαν. Σ' αυτούς θα ήθελα να αναφερθώ σ' αυτές τις λίγες αράδες και να τους ευχαριστήσω θερμά για τη σημαντική βοήθεια που μου πρόσφεραν στα διάφορα στάδια αυτής της πορείας.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Καθηγητή κύριο Κορωναίο Χριστοφή για την αμέριστη συμπαράσταση του σε όλη τη χρονική διάρκεια που εργάστηκα για την παρούσα μελέτη. Η καθοδήγηση του σε επιστημονικά θέματα αλλά και η ψυχική συμπαράσταση που μου παρείχε βοήθησαν τα μέγιστα. Θα πρέπει παράλληλα να ευχαριστήσω τον κύριο Τσάμπο Ευάγγελο υπάλληλο της ΔΕΗ στο κατάστημα πωλήσεων της Σάμου χωρίς την αρωγή του οποίου θα ήταν αδύνατη η εκπόνηση της μεταπτυχιακής εργασίας, καθώς μου παρείχε τα ενεργειακά δεδομένα στα οποία στηρίχθηκα για να εκπονήσω την μελέτη μου.

Τέλος ευχαριστώ περισσότερο από όλους την οικογένεια μου για τη συμπαράσταση, την κατανόηση και την υπομονή που επέδειξε σε όλη τη διάρκεια της εργασίας και ιδιαίτερα στις δύσκολες στιγμές της.

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη 1

Εισαγωγή 4

1. Γενικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης 7

1.1. Τοπογραφία-Μορφολογία του νησιού 8

1.2. Κλιματικά και μετεωρολογικά χαρακτηριστικά νήσου Σάμου 9

1.3. Πληθυσμός 17

1.4. Απασχόληση 20

1.5. Τουρισμός 21

2. Υποδομές διαχείρισης στερεών και υγρών αποβλήτων νήσου Σάμου 25

2.1. Στερεά απόβλητα 26

2.2. Υγρά απόβλητα 33

3. Κατανάλωση ενέργειας στη νήσο Σάμο 40

3.1. Υγρά καύσιμα 40

3.2. Ηλεκτρική ενέργεια 44

3.2.1. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας νήσου Σάμου 51

4.Φωτοβολταικά 54

4.1. Φωτοβολταϊκή τεχνολογία 54

4.2. Είδη φωτοβολταϊκών στοιχείων 55

4.3. Φωτοβολταϊκή γεννήτρια 60

4.3.1. Φωτοβολταϊκό πλαίσιο/γεννήτρια 60

4.3.2. Φωτοβολταϊκή συστοιχία 60

4.3.3. Προσανατολισμός φωτοβολταϊκής συστοιχίας 61

4.3.4. Επίδραση σκίασης 65

4.3.5. Βέλτιστη διάταξη συστοιχιών 67

4.3.6. Βαθμός απόδοσης φωτοβολταϊκής συστοιχίας 70

4.3.7. Επίδραση της θερμοκρασίας στην απόδοση 71

4.3.8. Επίδραση της ρύπανσης στην απόδοση 72

4.3.9. Στήριξη φωτοβολταϊκών πάνελ 73

4.4. Βοηθητικές τεχνολογίες 78

4.4.1. Αντιστροφέας 79

4.4.2. Ηλεκτρικοί συσσωρευτές 86
5. Τεχνολογία ανεμογεννητριών 96
5.1. Χαρακτηριστικά ανεμογεννητριών 97
5.2 Κατηγορίες ανεμογεννητριών 99
5.2.1. Ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα 99
5.2.2. Ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα 100
5.3. Σημαντικότερα μέρη μιας ανεμογεννήτριας 100
5.4. Παραγωγή ενέργειας 109
5.4.1. Καμπύλη ισχύος 109
5.4.2. Παραγωγή ενέργειας ΙΙ 110
5.5. Αιολικά πάρκα 111
5.5.1. Βαθμός απόδοσης αιολικού πάρκου 113
6. Εκτιμήσεις για το νησί της Σάμου το έτος 2020 115
6.1. Εκτίμηση πληθυσμιακής εξέλιξης το 2020 115
6.2. Εκτίμηση παραγόμενων στερεών αποβλήτων το 2020 117
6.3. Εκτίμηση ενεργειακών αναγκών το 2020 118
7. Μελέτη του ενεργειακού συστήματος της Σάμου το έτος 2020 146
7.1. Η ευρωπαϊκή ενεργειακή στρατηγική και το σχέδιο δράσης της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ενεργειακή ασφάλεια και αλληλεγγύη έως το 2020. 146
7.2. Μελέτη βελτιστοποίησης ενεργειακού συστήματος νήσου Σάμου 148
7.2.1 Εναλλακτικά ενεργειακά σενάρια επιλογής 149
7.2.2. Καθορισμός μαθηματικού μοντέλου βελτιστοποίησης 151
7.3. Αποτελέσματα μοντέλου βελτιστοποίησης 154
7.4. Συμπεράσματα μελέτης βελτιστοποίησης ενεργειακού συστήματος νήσου Σάμου 165
8. Συμπεράσματα 169
9. Βιβλιογραφία 175

Περιεχόμενα πινάκων

Πίνακας 1.1. Κατανομή των εκτάσεων της Σάμου σε κατηγορίες. 9
Πίνακας 1.2. Υπερετήσια κλιματολογικά στοιχεία, θερμοκρασίας, για την περίοδο 1955-1997. 11
Πίνακας 1.3. Επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας στην Ελλάδα. 12
Πίνακας 1.4. Υπερετήσια κλιματολογικά στοιχεία, υγρασίας και κατακρημνισμάτων, για την περίοδο 1955-1997. 14
Πίνακας 1.5. Υπερετήσια κλιματολογικά στοιχεία, μέση μηνιαία ένταση και διεύθυνση ανέμου, για την περίοδο 1955-1997. 16
Πίνακας 1.6. Πληθυσμιακός πίνακας νήσου Σάμου για τα έτη 1920-2001. 18
Πίνακας 1.7. Μεταβολή του πληθυσμού της Σάμου. 19
Πίνακας 1.8. Ο οικονομικώς ενεργός και μη ενεργός πληθυσμός της νήσου Σάμου. 20
Πίνακας 1.9. Καταγεγραμμένες αφίξεις αλλοδαπών - ημεδαπών στη Σάμο τα έτη 2005 και 2006. 22
Πίνακας 1.10. Αφίξεις επισκεπτών στα ξενοδοχειακά καταλύματα της Σάμου το χρονικό διάστημα 1996-2006. 23
Πίνακας 1.11. Αφίξεις ανά μήνα στα λιμάνια της νήσου Σάμου το έτος 2006. 24
Πίνακας 1.12. Αφίξεις ανά μήνα στο διεθνές αεροδρόμιο της Σάμου Αρίσταρχος ο Σάμιος. 24
Πίνακας 2.1. Ποσότητα απορριμμάτων που δέχθηκε ο Χ.Υ.Τ.Α Ανατολικής Σάμου το έτος 2009. 27
Πίνακας 2.2. Ποσότητα απορριμμάτων που δέχθηκε ο Χ.Υ.Τ.Α Ανατολικής Σάμου το έτος 2010. 27
Πίνακας 2.3. Παράμετροι βιολογικού καθαρισμού στη θέση "Κάβο φονιάς". 33
Πίνακας 2.4. Παράμετροι βιολογικού καθαρισμού στη θέση "Κοπρισία". 34
Πίνακας 2.5. Προδιαγραφές Τμήματος Υγιεινής της πρώην Ν.Α Σάμου για τη διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων προς άρδευση. 35
Πίνακας 2.6. Παράμετροι του βιολογικού καθαρισμού Καρλοβάσου. 36
Πίνακας 2.7. Παράμετροι του βιολογικού καθαρισμού Κοκκαρίου. 37
Πίνακας 2.8. Παράμετροι βιολογικού καθαρισμού Αγίου Κωνσταντίνου. 38
Πίνακας 2.9. Παράμετροι του βιολογικού καθαρισμού πόλεως Σάμου. 39
Πίνακας 3.1. Καύσιμα που καταναλώθηκαν στη Σάμο το 2010. 41

Πίνακας 3.2. Ζητηθείσα από τη ΔΕΗ ενέργεια ανά τομέα χρήσης για τα έτη 2008 - 2010. 46
Πίνακας 3.3. Γενικά χαρακτηριστικά εγκατεστημένων αιολικών πάρκων. 51
Πίνακας 4.1. Βέλτιστη γωνία κλίσης φωτοβολταϊκών πλαισίων στο βόρειο ημισφαίριο ανάλογα με την περίοδο λειτουργίας. 64
Πίνακας 4.2. Απόδοση φωτοβολταϊκών πλαισίων [%] σε διάφορες γωνίες κλίσης και προσανατολισμούς. 64
Πίνακας 4.3. Επιλογή βάθους εκφόρτισης. 93
Πίνακας 6.1. Πληθυσμιακή εξέλιξη της νήσου Σάμου για το χρονικό διάστημα 1981-2011. 116
Πίνακας 6.2. Ποσότητα απορρίμματος που παρήχθη στη Σάμο τα έτη 2009 και 2010. 117
Πίνακας 6.3. Εκτιμώμενη ποσότητα απορριμμάτων που θα παραχθούν στη νήσο Σάμο το έτος 2020. 118
Πίνακας 6.4. Ετήσιος ρυθμός μεταβολής κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος στη νήσο Σάμο. 119
Πίνακας 6.5. Η εκτιμώμενη εξέλιξη του ΑΕΠ στη Σάμο έως το έτος 2020. 127
Πίνακας 6.6. Εξέλιξη του ΑΕΠ και της ζήτησης ενέργειας τα έτη 2012-2020 για το νησί της Σάμου. 130
Πίνακας 6.7. Χρήση ζεστού νερού ανά κατηγορία κτιρίου. 133
Πίνακας 6.8. Θερμοκρασία κρύου νερού σε μεγάλα δίκτυα διανομής. 134
Πίνακας 6.9. Εκτίμηση μηνιαίου θερμικού φορτίου (κατοικίες) στη Σάμο το έτος 2020. 136
Πίνακας 6.10. Εκτίμηση πληρότητας ξενοδοχειακών καταλυμάτων της Σάμου το έτος 2020. 138
Πίνακας 6.11. Εκτίμηση μηνιαίου θερμικού φορτίου ξενοδοχειακών καταλυμάτων στη Σάμο το έτος 2020. 139
Πίνακας 6.12. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. 144
Πίνακας 7.1. Συγκεντρωτικός πίνακας συνοπτικής περιγραφής εναλλακτικών ενεργειακών σεναρίων. 150
Πίνακας 7.2. Πίνακας επεξήγησης μεταβλητών των συναρτήσεων του μαθηματικού μοντέλου. 153

Πίνακας 7.3. Περιβαλλοντική επιβάρυνση που προκαλεί η κάθε κατηγορία ηλεκτροπαραγωγής. 154
Πίνακας 7.4. Παρουσίαση των πιθανών λύσεων. 155
Πίνακας 7.5. Παρουσίαση του κόστους επένδυσης που εκτιμάται ότι αντιστοιχεί σε κάθε σενάριο. 157
Πίνακας 7.6. Συγκεντρωτικός πίνακας περιβαλλοντικών και οικονομικών στοιχείων που προέκυψαν από τη μελέτη του ενεργειακού συστήματος της Σάμου. 167
Πίνακας 8.1. Παρουσίαση εκτιμήσεων παραμέτρων, οι οποίες θα διαδραματίσουν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση του ενεργειακού συστήματος της Σάμου το έτος 2020. 170
Πίνακας 8.2. Συνοπτική παρουσίαση του σεναρίου που επιλέχθηκε να εφαρμοστεί στο ενεργειακό σύστημα της Σάμου. 171
Πίνακας 8.3. Αναλυτική παρουσίαση του συνολικού κόστους που αναλογεί σε κάθε ένα από τα πέντε προτεινόμενα ενεργειακά σενάρια. 172
Πίνακας 8.4. Παρουσίαση της συνολικής περιβαλλοντικής επιβάρυνσης και της επιβάρυνσης που αντιστοιχεί σε ΑΠΕ και ΑΣΠ για κάθε ένα σενάριο. 173

Περιεχόμενα εικόνων

Εικόνα 1.1. Γεωφυσικός χάρτης νήσου Σάμου. 8

Εικόνα 1.2. Κατανομή μέσης, μέσης μέγιστης και μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας σύμφωνα με τις καταγεγραμμένες τιμές της Ε.Μ.Υ (ΜΣ Σάμου, 1955 -1997). 10

Εικόνα 1.3. Κατανομή της μέσης συνολικής ετήσιας έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας, σε οριζόντιο επίπεδο, στις διάφορες περιοχές της Ελλάδας. 12

Εικόνα 1.4. Μέσο μηνιαίο συνολικό ύψος κατακρημνισμάτων σύμφωνα με τις καταγεγραμμένες τιμές της Ε.Μ.Υ (ΜΣ Σάμου, 1955-1997). 13

Εικόνα 1.5. Ποσοστό της μέσης μηνιαίας υγρασίας σύμφωνα με τις καταγεγραμμένες τιμές της Ε.Μ.Υ (ΜΣ Σάμου, 1955-1997). 14

Εικόνα 1.6. Η μέση μηνιαία ταχύτητα του ανέμου σύμφωνα με τις καταγεγραμμένες τιμές της Ε.Μ.Υ (ΜΣ Σάμου, 1955-1997). 15

Εικόνα 1.7. Απεικόνιση μέσης ετήσιας ταχύτητας (m/s) του ανέμου σε κάθε σημείο της νήσου Σάμου. 16

Εικόνα 1.8. Χάρτης βιοκλιματικών ορόφων του Emberger κατά Μαυρομάτη για την Ελλάδα. 17

Εικόνα 1.9. Πληθυσμιακή μεταβολή στη νήσο Σάμο κατά τα έτη 1920-2001. 20

Εικόνα 2.1. Μηνιαία συγκέντρωση απορρίμματος στο Χ.Υ.Τ.Α Ανατολικής Σάμου το 2009. 28

Εικόνα 2.2. Μηνιαία συγκέντρωση απορρίμματος στο Χ.Υ.Τ.Α Ανατολικής Σάμου το 2010. 29

Εικόνα 2.3. Συγκριτική απεικόνιση της διακύμανσης της ποσότητας των απορριμμάτων ανά κατηγορία απορρίμματος σε μηνιαία βάση για τα έτη 2009 και 2010. 30

Εικόνα 2.4. Συγκριτική απεικόνιση της διακύμανσης της ποσότητας των απορριμμάτων ανά κατηγορία απορρίμματος σε μηνιαία βάση για τα έτη 2009 και 2010. 31

Εικόνα 2.5. Ποσοτική συγκριτική απεικόνιση των συνολικών απορριμμάτων και των κατηγοριών του τα έτη 2009 και 2010. 32

Εικόνα 3.1. Μηνιαία κατανάλωση υγρών καυσίμων το 2010. 42

Εικόνα 3.2. Κατανάλωση υγρών καυσίμων σε ετήσια βάση στη Σάμο. 43

Εικόνα 3.3. Ποσοστιαία συμβολή κάθε κατηγορίας καυσίμου στη συνολική

κατανάλωση σε ετήσια βάση. 43
Εικόνα 3.4. Αεροφωτογραφία, στην οποία διακρίνονται το εργοστάσιο της ΔΕΗ (κάτω δεξιά) και το δημοτικό διαμέρισμα Κοκκαρίου Σάμου. 44
Εικόνα 3.5. Άποψη του εργοστασίου παραγωγής ηλεκτρισμού στο νησί της Σάμου. 45
Εικόνα 3.6. Συνολική ενέργεια που καταναλώθηκε στο νησί της Σάμου την περίοδο 2007 - 2010. 47
Εικόνα 3.7. Κατανομή ηλεκτρικής κατανάλωσης στη νήσο Σάμο τα έτη 2008-2010. 47
Εικόνα 3.8. Ποσοστιαία κατανομή ηλεκτρικής ενέργειας στη νήσο Σάμο τα έτη 2008-2010. 48
Εικόνα 3.9. Μέσος όρος μηνιαίας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας το 2008. 49
Εικόνα 3.10. Μέγιστα μηνιαία φορτία ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας του ενεργειακού συστήματος κατά το έτος 2010. 50
Εικόνα 3.11. Μέγιστα μηνιαία φορτία ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας του ΑΣΠ Σάμου το 2010. 50
Εικόνα 3.12. Αιολικό πάρκο της ΔΕΗ στο Πυθαγόρειο της Σάμου. 52
Εικόνα 3.13. Χάρτης ηλιακού δυναμικού της ελληνικής επικράτειας. 53
Εικόνα 4.1. Μορφές μονοκρυσταλλικών στοιχείων πυριτίου. 56
Εικόνα 4.2. Μορφές πολυκρυσταλλικών στοιχείων πυριτίου. 56
Εικόνα 4.3. Φωτοβολταϊκά πάνελ άμορφου πυριτίου. 58
Εικόνα 4.4. Φωτοβολταϊκό τεχνολογίας CdTe. 58
Εικόνα 4.5. Η σχέση μεταξύ φωτοβολταϊκού στοιχείου, φωτοβολταϊκού πλαισίου, φωτοβολταϊκού πάνελ, φωτοβολταϊκής συστοιχίας και φωτοβολταϊκού πάρκου. 61
Εικόνα 4.6. Γωνίες προσανατολισμού φωτοβολταϊκού πλαισίου στην επιφάνεια της γης. 62
Εικόνα 4.7. Μέγιστη απόκλιση του ηλίου κατά το θερινό και το χειμερινό ηλιοστάσιο. 63
Εικόνα 4.8. Παρουσίαση της απόδοσης των φωτοβολταϊκών συναρτήσει της κλίσης και του προσανατολισμού. 65
Εικόνα 4.9. Ελάχιστη απόσταση μεταξύ φωτοβολταϊκού πλαισίου και εμποδίου για την αποφυγή φαινομένων σκίασης. 66
Εικόνα 4.10. Διάταξη φωτοβολταϊκών συστοιχιών σε παράλληλες σειρές. 68
Εικόνα 4.11. Η καμπύλη του λόγου της ελεύθερης απόστασης α ανάμεσα σε δυο

γειτονικές συστοιχίες προς την επικάλυψη του ύψους υ, συναρτήσει του γεωγραφικού πλάτους φ. Εμπειρικό διάγραμμα της εταιρίας Monegon. 69
Εικόνα 4.12. Σταθερή βάση στήριξης . 75
Εικόνα 4.13. Σκυροδέτηση σταθερών βάσεων σε δοκάρι από μπετόν. 75
Εικόνα 4.14. Σκυροδέτηση σταθερών βάσεων σε πέλμα από μπετόν. 75
Εικόνα 4.15. Εδαφόμπηξη βάσεων. 76
Εικόνα 4.16. Σταθερή βάση οροφής κτιρίου. 76
Εικόνα 4.17. Διατάξεις μονού άξονα. 77
Εικόνα 4.18. Διατάξεις διπλού άξονα. 78
Εικόνα 4.19. Διάφορα μοντέλα αντιστροφέων. 79
Εικόνα 4.20. Οι τέσσερεις οικογένειες αντιστροφέων. 82
Εικόνα 4.21. Κεντρικός αντιστροφέας. 83
Εικόνα 4.22. Αντιστροφείς κλάδων. 84
Εικόνα 4.23. Αντιστροφέας πολλαπλών κλάδων. 85
Εικόνα 4.24. Αντιστροφείς για ενσωμάτωση σε φωτοβολταϊκά πάνελ. 86
Εικόνα 4.25. Αρχική επαφή ηλεκτροδίων με ηλεκτρολύτη σε ηλεκτρικό συσσωρευτή με Pb/H_2SO_4. 88
Εικόνα 4.26. Φόρτιση ηλεκτρικού συσσωρευτή Pb/H_2SO_4. 88
Εικόνα 4.27. Φόρτιση ηλεκτρικού συσσωρευτή Pb/H_2SO_4. 89
Εικόνα 4.28. Μεταβολή της πυκνότητας του ηλεκτρολύτη και της πολικής τάσης σε στοιχείο συσσωρευτή κατά τις φάσεις φόρτισης-εκφόρτισης. 90
Εικόνα 4.29. Μείωση χωρητικότητας ηλεκτρικού συσσωρευτή με σταθερό βάθος εκφόρτισης. 93
Εικόνα 4.30. Μείωση χρόνου ζωής ηλεκτρικού συσσωρευτή σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία λειτουργίας του (η σκιασμένη περιοχή αντιπροσωπεύει πλήθος δεδομένων). 94
Εικόνα 4.31. Μείωση χωρητικότητας ηλεκτρικού συσσωρευτή σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία λειτουργίας του. 95
Εικόνα 5.1. Ανεμογεννήτρια. 96
Εικόνα 5.2. Συντελεστής ισχύος συναρτήσει της ταχύτητας του ακροπτερυγίου για διάφορες ανεμογεννήτριες. 98
Εικόνα 5.3. Κυριότεροι τύποι ανεμογεννητριών. 99
Εικόνα 5.4. Κυριότερα μέρη ανεμογεννήτριας. 101

Εικόνα 5.5. Ανεμογεννήτριες με σωληνωτό χαλύβδινο πύργο (αριστερά) και δικτυωτό πύργο (δεξιά). 107
Εικόνα 5.6. Καμπύλη ισχύος. 110
Εικόνα 5.7. Ομόρρους ανεμογεννήτριας. 112
Εικόνα 5.8. Έλλειμμα ταχύτητας στον ομόρρου ανεμογεννήτριας. 113
Εικόνα 6.1. Διάγραμμα ανάπτυξης ΑΠΕ στη Σάμο το έτος 2020. 120
Εικόνα 6.2. Συγκριτική παραγωγή αιολικών πάρκων στη νήσο Σάμο. 121
Εικόνα 6.3. Διάγραμμα συγκριτικής απεικόνισης αιολικών μηχανών στη νήσο Σάμο. 122
Εικόνα 6.4. Διάγραμμα συγκριτικής απεικόνισης αιολικών μηχανών στη νήσο Σάμο. 122
Εικόνα 6.5. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για διάφορες χρήσεις σε εθνικό επίπεδο. 123
Εικόνα 6.6. Κατά κεφαλή ΑΕΠ της Σάμου από το 2005 έως το 2011. 124
Εικόνα 6.7. Ενεργειακή ζήτηση στο νησί της Σάμου 2007-2011. 125
Εικόνα 6.8. Κοινό διάγραμμα ποσοστιαίας μεταβολής κατά κεφαλή ΑΕΠ και ενεργειακής ζήτησης για το νησί της Σάμου. 126
Εικόνα 6.9. Διάγραμμα πρόβλεψης της ποσοστιαίας μεταβολής του κατά κεφαλή ΑΕΠ για το νησί της Σάμου την περίοδο 2012-2020. 128
Εικόνα 6.10. Κοινό διάγραμμα συνολικής ζήτησης ενέργειας και πραγματικού ΑΕΠ για την Ελλάδα από το 1980 έως το 2010. 129
Εικόνα 6.11. Διάγραμμα πρόβλεψης της ποσοστιαίας μεταβολής της ενεργειακής ζήτησης για το νησί της Σάμο το διάστημα 2012-2020. 131
Εικόνα 6.12. Διάγραμμα συγκριτικής απεικόνισης της εξέλιξης της ενεργειακής ζήτησης και του κατά κεφαλή ΑΕΠ στη Σάμο από το 2011 έως το 2020. 132
Εικόνα 6.13. Κατανομή της μέσης συνολικής ετήσιας έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας, σε οριζόντιο επίπεδο, στις διάφορες περιοχές της Ελλάδας. 134
Εικόνα 6.14. Διάγραμμα εκτίμησης της απαιτούμενης ενέργειας για οικιακή θέρμανση νερού ως συνάρτηση του νερού σε συλλέκτη στη Σάμο το έτος 2020. 135
Εικόνα 6.15. Διάγραμμα ετήσιας διακύμανσης ζήτησης ηλεκτρικού ρεύματος για

τη θέρμανση νερού σε κατοικίες το 2020. 137
Εικόνα 6.16. Διάγραμμα ετήσιας διακύμανσης της ζήτησης ηλεκτρικού ρεύματος για τη θέρμανση νερού σε ξενοδοχειακά καταλύματα στη Σάμο το έτος 2020. 140
Εικόνα 6.17. Διάγραμμα εγκατάστασης ισχύος ΑΠΕ στην Ελλάδα. 141
Εικόνα 6.18. Σενάριο κάλυψης χώρου στη Σάμο. 142
Εικόνα 6.19. Διάγραμμα εξέλιξης της ποσοστιαίας κατανάλωσης ενέργειας ανά χρήση. 144
Εικόνα 6.20. Ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται σε κάθε κατηγορία χρήσης. 145
Εικόνα 7.1. Διαγραμματική απεικόνιση της σύνθεσης των πέντε εναλλακτικών ενεργειακών σεναρίων και παρουσίαση της ενέργειας που πρόκειται να παρέχει στο ενεργειακό σύστημα κάθε μια από τις τρείς παραγωγικές μονάδες ανά περίπτωση. 151
Εικόνα 7.2. Γραφική απεικόνιση του κόστους των ενεργειακών σεναρίων. 156
Εικόνα 7.3. Συγκριτική απεικόνιση της παραγόμενης ενέργειας από το συμβατικό σταθμό της ΔΕΗ και από ΑΠΕ για κάθε ένα από τα πέντε σενάρια και του κόστους που αναλογεί σε κάθε ένα από αυτά. 157
Εικόνα 7.4. Αναλυτική παρουσίαση του κόστους επένδυσης κάθε σεναρίου. 158
Εικόνα 7.5. Συγκριτική απεικόνιση του κόστους συντήρησης και λειτουργίας κάθε σεναρίου. 159
Εικόνα 7.6. Συγκριτική απεικόνιση της παραγόμενης ενέργειας από τη συμβατική μονάδα και των κερδών από την πώληση εκπομπών στο χρηματιστήριο ρύπων όπως διαμορφώνεται για κάθε σενάριο. 161
Εικόνα 7.7. Γραφική απεικόνιση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που προκαλεί κάθε σενάριο. 162
Εικόνα 7.8. Συγκριτική απεικόνιση της παραγόμενης ενέργειας από το συμβατικό σταθμό και από ΑΠΕ για κάθε ένα από τα πέντε σενάρια και της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που αντιστοιχεί σε κάθε ένα από αυτά. 163
Εικόνα 7.9. Συγκριτική απεικόνιση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που προκαλείται από τη συμβατική μονάδα της ΔΕΗ και από ΑΠΕ για κάθε σενάριο. 164
Εικόνα 7.10. Συγκριτική απεικόνιση του κόστους κάθε σεναρίου και της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που προκαλεί κάθε ένα από αυτά. 165

Περίληψη

Με την παρούσα διπλωματική εργασία επιδιώκεται να διερευνηθεί το ενεργειακό σύστημα της νήσου Σάμου το έτος 2020. Το 2020 αποτελεί χρονολογία ορόσημο καθώς τη συγκεκριμένη χρονιά αναμένεται να επιτευχθούν οι στόχοι της πρωτοβουλίας «20-20-20» οι οποίοι τέθηκαν από την Ευρωπαϊκή Ένωση έπειτα από το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο του Μαρτίου του 2007 και στοχεύουν στη μείωση κατά 20% των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, στην αύξηση κατά 20% του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και στη μείωση κατά 20% της χρήσης πρωτογενούς ενέργειας.

Στην προσπάθεια εναρμόνισης του σχεδιασμού του ενεργειακού συστήματος του νησιού με την πολιτική που προτάθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση και υιοθετήθηκε από τις κυβερνήσεις των ευρωπαϊκών κρατών προτάθηκε μια σειρά εναλλακτικών ενεργειακών σεναρίων τα οποία κινούνται προς τη συγκεκριμένη κατεύθυνση.

Ειδικεύοντας, σκοπό αυτής της μελέτης αποτελεί η επιλογή του καταλληλότερου εκ των προτεινόμενων εναλλακτικών σεναρίων, το οποίο πρόκειται να εφαρμοστεί στοχεύοντας τόσο στον περιορισμό της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα και γενικότερα από τις εισαγωγές ενέργειας όσο και στην επίτευξη ενεργειακής επάρκειας με βάση στήριξης την αξιοποίηση των δυνατοτήτων που παρέχει η ίδια η φύση απλόχερα στον άνθρωπο. Στο πλαίσιο αυτό προτείνεται ο σχεδιασμός ενός νέου ενεργειακού δικτύου για το νησί που θα προωθεί την εισχώρηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, και πιο συγκεκριμένα της αιολικής και ηλιακής, σε μια προσπάθεια μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων προς την ατμόσφαιρα ενώ παράλληλα επιζητείται σημαντική μείωση των συνολικών δαπανών συμπεριλαμβανομένων του κόστους επένδυσης, συντήρησης και λειτουργίας.

Η παρούσα εργασία αποτελείται από έξι κύρια μέρη. Το πρώτο μέρος είναι η εισαγωγή η οποία αναφέρεται στα προβλήματα που αντιμετωπίζει το υπάρχον ενεργειακό δίκτυο του νησιού, στην ανάγκη εκσυγχρονισμού του αλλά και στις δυνατότητες που παρέχει η χρήση νέων τεχνολογιών.

Το δεύτερο μέρος περιλαμβάνει την περιγραφή της πραγματικής πραγματικότητας του νησιού παρέχοντας πληροφορίες σχετικά με την γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά, τον πληθυσμό, το κλίμα και του τομείς απασχόλησης των κατοίκων του νησιού.

Το τρίτο μέρος μας πληροφορεί σχετικά με τις υφιστάμενες υποδομές διαχείρισης στερεών και υγρών αποβλήτων, ενώ ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται στην παρουσίαση του

υπάρχοντος ενεργειακού συστήματος του νησιού και της ενέργειας που παράγεται για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων που προκύπτουν.

Το τέταρτο μέρος ασχολείται με τις τεχνολογίες των αιολικών και των φωτοβολταϊκών περιγράφοντας με αρκετές λεπτομέρειες τα βασικότερα χαρακτηριστικά τους γνωρίσματα καθώς και διάφορες βοηθητικές τεχνολογίες που είναι απαραίτητες για την ορθή λειτουργία τους.

Το πέμπτο μέρος πραγματεύεται εκτιμήσεις σχετικά με την πληθυσμιακή εξέλιξη, την ποσότητα των παραγόμενων απορριμμάτων το έτος 2020 και επιπλέον μέσω ενός ενεργειακού μοντέλου επιχειρείται μια πρόβλεψη των ενεργειακών αναγκών για το έτος 2020 στο νησί της Σάμου.

Στο έκτο και τελευταίο μέρος της μελέτης παρατίθενται τα πέντε προτεινόμενα ενεργειακά σενάρια για το σχεδιασμό του ενεργειακού συστήματος του νησιού, ένα μαθηματικό μοντέλο που βοηθά στην ανάδειξη του βέλτιστου σεναρίου και τέλος ακολουθεί παρουσίαση των αποτελεσμάτων της μελέτης και των συμπερασμάτων στα οποία καταλήξαμε.

Abstract

This thesis aims to investigate the energy system of the island of Samos in 2020. The 2020 is a landmark date as this year is expected the objectives of the "20-20-20" to be achieved. These objectives conclude from the European Union after the European Council in March 2007 and intend to reduce by 20% the emissions of greenhouse gases, to increase by 20% the share of renewable energy and to decrease by 20% the primary energy use.

In an attempt to harmonize the design of the island's energy system with the policy proposed by the European Union and adopted by the governments of European countries a number of alternative energy scenarios have been proposed.

More specifically, the main purpose of this study is to select the most appropriate of the proposed alternative scenarios, which will be implemented aiming both to reduce dependence on fossil fuels and generally on energy imports and to achieve energy efficiency using as support base the exploitation of the opportunities offered generously by the very nature to humans. Within this framework we propose the development of a new energy network for the island that promotes the penetration of renewable energy sources,

particularly wind and solar, in an effort to reduce the emissions of pollutants into the atmosphere while significant reduction in total expenditure is sought including the costs of investment, maintenance and operation.

This study consists of six main parts. The first part is the introduction which refers to the problems the existing energy grid of the island faces, the modernization need of the network and the potentials offered by new technologies.

The second part contains a description of the actual reality of the island, providing information about the geomorphological characteristics, population, climate and employment sectors of the inhabitants.

The third part informs us about the existing infrastructures for solid and liquid waste. Particular emphasis is given on the presentation of the existing energy system of the island and the energy produced to cover the energy requirements which arise.

The fourth part deals with the technologies of wind and photovoltaic describing with many details their main characteristics and various assistive technologies that are necessary for their proper functioning.

The fifth part treats to estimate the growth of the population, the amount of waste will be generated in 2020 and furthermore is made an attempt to forecast energy needs for the year 2020 on the island of Samos through the use of an energy model.

In the sixth and final part of the study are presented the proposed five energy scenarios for the energy system of the island planning, a mathematical model that helps to elevate the optimal scenario and finally follows the presentation of the study results and the conclusions reached.

Εισαγωγή

Το νησί της Σάμου διαθέτει ένα ενεργειακό σύστημα το οποίο σχεδιάστηκε πριν από αρκετές δεκαετίες με αποτέλεσμα σήμερα να αποδεικνύεται ανεπαρκές. Βέβαια ανά τακτά χρονικά διαστήματα γίνονταν παρεμβάσεις δίνοντας «προσωρινές» λύσεις για την επίτευξη της επιζητούμενης ενεργειακής πληρότητας.

Το υπάρχον ενεργειακό δίκτυο στηρίζει την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων, ως επί το πλείστον, στον αυτόνομο σταθμό παραγωγής (ΑΣΠ) της ΔΕΗ, οποίος κατασκευάστηκε στις αρχές της δεκαετίας του ’60 και έκτοτε έχει αναβαθμιστεί αρκετές φορές αυξάνοντας έως ένα βαθμό το δυναμικού του. Παρ’ όλα αυτά όμως η εγκατεστημένη ισχύς του εργοστασίου δεν επαρκεί για την πλήρη ηλεκτροδότηση του νησιού, ενώ σημαντικά είναι τα προβλήματα που αναμένεται να αντιμετωπιστούν την επόμενη δεκαετία. Τα τελευταία χρόνια, έπειτα από ιδιωτική αλλά και κρατική πρωτοβουλία, ξεκίνησαν να γίνονται οι πρώτες επενδύσεις σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) με αποτέλεσμα η συνολική εγκατεστημένη ισχύς που αποδίδεται στα αιολικά να ανέρχεται σε 7,925 MW, ενώ έως τα τέλη του 2012 θα έχουν εγκατασταθεί 3,5 MW φωτοβολταϊκών. Η εισχώρηση των ΑΠΕ στο ενεργειακό σύστημα αποτέλεσε πραγματικά «ανάσα» για το ήδη κορεσμένο δίκτυο.

Η ΔΕΗ προσπαθώντας να ικανοποιήσει την κάλυψη της ζήτησης, την όσο το δυνατόν καλύτερη συντήρηση και λειτουργία του ΑΣΠ αλλά και την ύπαρξη στοιχειώδους εφεδρείας κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών εγκαθιστά τα τελευταία χρόνια φορητά ενοικιαζόμενα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη (Η/Ζ). Η ενίσχυση του δυναμικού του εργοστασίου με επιπλέον Η/Ζ συνεπάγεται την αποφυγή των άλλοτε συχνότατων συμβάντων μπλακάουτ, που προκαλούσαν σοβαρά προβλήματα στα νοικοκυριά αλλά και στις επιχειρήσεις του νησιού. Παρ’ όλα αυτά όμως δεν αποτελούν ουσιαστική λύση και σύμφωνα με τις εκτιμήσεις και τον προγραμματισμό της ΔΕΗ Α.Ε η ζήτηση που καλείται να καλύψει τα επόμενα χρόνια ο εν λόγω σταθμός παραγωγής συνεχώς θα αυξάνει. Συνεπώς κρίνεται απαραίτητος ο επανασχεδιασμός και εκσυγχρονισμός του ενεργειακού δικτύου του νησιού, δράση που μπορεί κάλλιστα να συνδυαστεί με την ενεργειακή πολιτική της πρωτοβουλίας «20-20-20» που προωθεί η Ευρωπαϊκή Ένωση και βρίσκει σύμφωνη την ελληνική κυβέρνηση.

Η λειτουργία του ΑΣΠ Σάμου βασίζεται στη χρήση ορυκτών καυσίμων. Συνεπώς γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η ηλεκτροδότηση της Σάμου απαιτεί την καύση μεγάλων

ποσοτήτων μαζούτ σε ετήσια βάση, γεγονός που προκαλεί σοβαρές οχλήσεις τόσο για τους κατοίκους των γύρω περιοχών όσο και για το φυσικό περιβάλλον. Τα φαινόμενα όχλησης, όπως ήταν αναμενόμενο, εντείνονται κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, διάστημα κατά το οποίο ο πληθυσμός του νησιού και η ζήτηση ενέργειας αυξάνονται σημαντικά. Βαρύνουσας σημασίας θεωρείται η περιβαλλοντική επιβάρυνση που προκαλείται από τη λειτουργία του ΑΣΠ, καθώς για κάθε παραγόμενη κιλοβατώρα εκπέμπονται μεγάλες ποσότητες αερολυμμάτων, επιφορτίζοντας τον ατμοσφαιρικό αέρα της περιοχής.

Η κατάσταση που διαμορφώνεται έχει προκαλέσει έντονες διαμαρτυρίες για τη λειτουργία του εργοστασίου από την πλευρά των πολιτών, οι οποίες εστιάζουν στην ρύπανση της ατμόσφαιρας της ευρύτερης περιοχής, στην αισθητική ρύπανση των καμινάδων και στον θόρυβο που γίνεται ευκολότερα αντιληπτός κατά τη διάρκεια της νύχτας. Αναλογιζόμενοι τους κινδύνους αλλά και τις αντιδράσεις που συνεπάγεται η ρυπογόνος δραστηριότητα του εργοστασίου μπορούμε να συνειδητοποιήσουμε πόσος κόσμος είναι δυνατόν να τεθεί σε κίνδυνο σε περίπτωση ατυχήματος αλλά και τι έκταση μπορεί να λάβει για την οικονομία του νησιού μια τέτοια εξέλιξη.

Η παλαιότητα του ενεργειακού δικτύου, η αδυναμία του ΑΣΠ Σάμου να ανταποκριθεί πλήρως στις ενεργειακές απαιτήσεις που προκύπτουν αλλά και στην υψηλή ζήτηση που αναμένεται τα επόμενα έτη καθώς και η αυξημένη περιβαλλοντική επιβάρυνση σε συνδυασμό με τις διαμαρτυρίες της τοπικής κοινωνίας καθιστούν επιτακτική την ανάγκη αναθεώρησης του υπάρχοντος ενεργειακού συστήματος.

Στο πλαίσιο αυτό προτείνεται ο περιορισμός της εξάρτησης από τα συμβατικά καύσιμα και τις εισαγωγές ενέργειας που συνεπάγεται περιορισμό των απαιτήσεων από το ΑΣΠ και ανάθεση κάλυψης ενός σημαντικού ποσοστού της ενεργειακής ζήτησης σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αξιοποιώντας το πλούσιο αιολικό και ηλιακό δυναμικό του νησιού.

Προχωρώντας σε μια τέτοια επιλογή είναι απαραίτητο να μελετηθεί εκτενώς ο βέλτιστος συνδυασμός λειτουργίας των ενεργειακών μονάδων επιδιώκοντας τόσο την ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους όσο και τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και πρωτίστως του διοξειδίου του άνθρακα. Οι συγκεκριμένοι στόχοι δεν είναι δύσκολο να επιτευχθούν καθώς η πρόοδος της τεχνολογίας στους τομείς των αιολικών και των φωτοβολταϊκών έχει αποφέρει συσκευές και μηχανήματα που καταφέρνουν να μετατρέπουν την αιολική και ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική με ιδιαίτερα υψηλό βαθμό απόδοσης, το κόστος επένδυσης και λειτουργίας εκτιμάται σε σχετικά οικονομικά επίπεδα,

ενώ πρόκειται για τεχνολογίες οι οποίες επιφορτίζουν με ελάχιστους ρύπους το περιβάλλον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^{ο}

1. Γενικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης

Το νησί της Σάμου εντοπίζεται στο ανατολικό Αιγαίο πέλαγος, μεταξύ των παραλλήλων 37^{ο} 49΄ και 37^{ο} 37΄ βορείου πλάτους και των μεσημβρινών 26^{ο} 33΄και 27^{ο} 04΄ 30΄΄ ανατολικού μήκους. Βρίσκεται σε πολύ μικρή απόσταση από τα μικρασιατικά παράλια (1.302 μέτρα) και στο μέσο περίπου του θαλάσσιου δρόμου που ενώνει τον Εύξεινο Πόντο με την Ανατολική Μεσόγειο [1].

Η Σάμος είναι ένα από τα μεγαλύτερα ελληνικά νησιά, το όγδοο σε μέγεθος με έκταση 477,942 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Το μεγαλύτερο τμήμα της (70%) είναι ορεινό, το 22% ημιορεινό και μόλις το 8% αποτελείται από πεδινές εκτάσεις [2]. Το μέγιστο πλάτος και μήκος του νησιού εκτιμώνται σε 20 και 44 χιλιόμετρα αντίστοιχα, ενώ η ακτογραμμή υπολογίστηκε στα 156 χιλιόμετρα.

Η Σάμος ανήκει διοικητικά στην Περιφέρεια Βορείου Αιγαίου, δυτικά της συναντώνται η Ικαρία και το νησιωτικό σύμπλεγμα των Φούρνων-Κορσεών, στα βόρεια η Χίος, ενώ ανατολικά της παρατηρούνται οι Τουρκικές ακτές.

Το νησί συνδέεται ακτοπλοϊκά με τον Πειραιά, απέχει 174 ναυτικά μίλια, καθώς διαθέτει δυο λιμάνια στα οποία είναι δυνατή η προσέγγιση μεγάλων επιβατηγών και εμπορικών πλοίων. Καθημερινή είναι και η αεροπορική σύνδεση της Σάμου με την Αθήνα, ενώ σε εβδομαδιαία βάση διεξάγονται πτήσεις προς άλλες μεγάλες πόλεις της χώρας.

Πρόκειται για ένα εύφορο νησί, με πλούσια χλωρίδα και πανίδα. Διαθέτει δύο μεγάλες οροσειρές που ξεχωρίζουν στο ανάγλυφό της, το όρος Άμπελος (1.140 μ.) και ο Κέρκης (1.440 μ.). Στο υπέδαφός της έχουν ανιχνευθεί διάφορα μεταλλεύματα, όπως θειικός μόλυβδος, αντιμόνιο, σιδηρομεταλλεύματα, σμύριδα, χρωμίτης, αμίαντος, αργυρούχος γαληνίτης κ.ά., χωρίς όμως κάποια σοβαρή εκμετάλλευση παρά τις απόπειρες που έγιναν για το σκοπό αυτό στα τέλη του 19ου αιώνα [1].

Εικόνα 1.1. Γεωφυσικός χάρτης νήσου Σάμου. Πηγή: [3]

1.1. Τοπογραφία-Μορφολογία του νησιού

Η Σάμος έχει έκταση 477,942 τετραγωνικά χιλιόμετρα και η περίμετρος των ακτών της εκτιμάται στα 156 χιλιόμετρα. Το μέγιστο πλάτος και μήκος του νησιού είναι 20 και 44 χιλιόμετρα αντίστοιχα, ενώ χαρακτηρίζεται από πλούσια βλάστηση που καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος του.

Η νήσος Σάμος συγκροτεί έναν «Καλλικρατικό» δήμο με πρωτεύουσα και ταυτόχρονα μεγαλύτερο οικισμό της την πόλη της Σάμου. Εντοπίζεται στο ανατολικό τμήμα του νησιού, έχει πληθυσμό 6.275 κατοίκους (απογραφή 2001) και αποτελεί το κυριότερο λιμάνι. Αντίστοιχος πόλος ανάπτυξης θεωρείται η πόλη του Καρλοβάσου που βρίσκεται στο βόρειο τμήμα της κεντρικής Σάμου και είναι έδρα της Πανεπιστημιακής Μονάδας Σάμου του Πανεπιστημίου Αιγαίου. Το νησί χαρακτηρίζεται από πληθώρα μικρότερων οικισμών με σημαντικότερα πληθυσμιακά, εμπορικά, ιστορικά και πολιτιστικά κέντρα το Πυθαγόρειο και τον Μαραθόκαμπο.

Από τα 477 τετραγωνικά χιλιόμετρα έκτασης της Σάμου το 70% αντιστοιχεί σε ορεινές εκτάσεις, το 22% σε ημιορεινές και το 8% σε πεδινές. Βάσει των στοιχείων της Διεύθυνσης Γεωργίας και της Διεύθυνσης Δασών Σάμου η έκταση αυτή κατανέμεται όπως παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 1.1. Κατανομή των εκτάσεων της Σάμου σε κατηγορίες.

Είδος έκτασης	Έκταση σε στρέμματα	Ποσοστό (%)
Γεωργικές εκτάσεις, Λιβάδια, Βοσκότοποι	206.450	43,2
Δάση	136.400	28,6
Δασικές θαμνώδεις εκτάσεις	88.700	18,5
Οικισμοί, Δρόμοι	18.150	3,8
Άγονα, Βραχώδη εδάφη	14.050	2,9
Αλπικές εκτάσεις	10.150	2,1
Λίμνες, ποταμοί	4.300	0,9

Πηγή : [4]

Ο ορεινός χαρακτήρας και το έντονο ανάγλυφο του νησιού οφείλονται στην παρουσία δυο κύριων ορεινών όγκων. Το όρος Κερκετεύς ή Κέρκης βρίσκεται στη δυτική Σάμο και υψηλότερη κορυφή του είναι η Βίγλα με υψόμετρο 1.434 μέτρα. Ο έτερος ορεινός όγκος είναι αυτός της Αμπέλου, στο κεντρικό και ανατολικό τμήμα του νησιού, με υψηλότερες κορφές τον Καρβούνη στα 1.153 μέτρα και τον Αϊ-Λια στα 1.127 μέτρα.

Τα ιδιαίτερα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του νησιού και η ευφορία του εδάφους διαδραμάτισαν σημαντικότατο ρόλο κατά την επιλογή των καταλληλότερων καλλιεργειών. Το κυριότερο είδος καλλιέργειας στο νησί της Σάμου αποτελεί η ελιά, βάσει των στοιχείων των αρμόδιων υπηρεσιών του Δήμου Σάμου. Ο αριθμός των καλλιεργούμενων ελαιόδεντρων εκτιμάται σε 1.567.000 και διάσπαρτα σε όλη την έκταση του νησιού καταλαμβάνουν έκταση 90.000 στρεμμάτων. Εξίσου σημαντική καλλιέργεια θεωρείται εκείνη του αμπελιού που διεξάγεται σε έκταση 15.000 στρεμμάτων περίπου, με αποκλειστική σχεδόν ποικιλία το άσπρο μοσχάτο Σάμου. Μικρότερης έντασης είναι η καλλιέργεια εσπεριδοειδών, τα οποία ευδοκιμούν σε χαμηλά υψόμετρα, υπήνεμες και αρδευόμενες περιοχές στο νότιο τμήμα του νησιού. Στην ίδια κατηγορία ανήκουν και τα οπωροφόρα δένδρα, για τα οποία δεν καταγράφονται συστηματικές καλλιέργειες αλλά αφθονούν διάσπαρτα στη βόρεια και ορεινή Σάμο. Συστηματικές καλλιέργειες κηπευτικών διενεργούνται στο βόρειο τμήμα, όπου υπάρχουν εκτάσεις πεδινές και αρδευόμενες.

1.2. Κλιματικά και μετεωρολογικά χαρακτηριστικά νήσου Σάμου

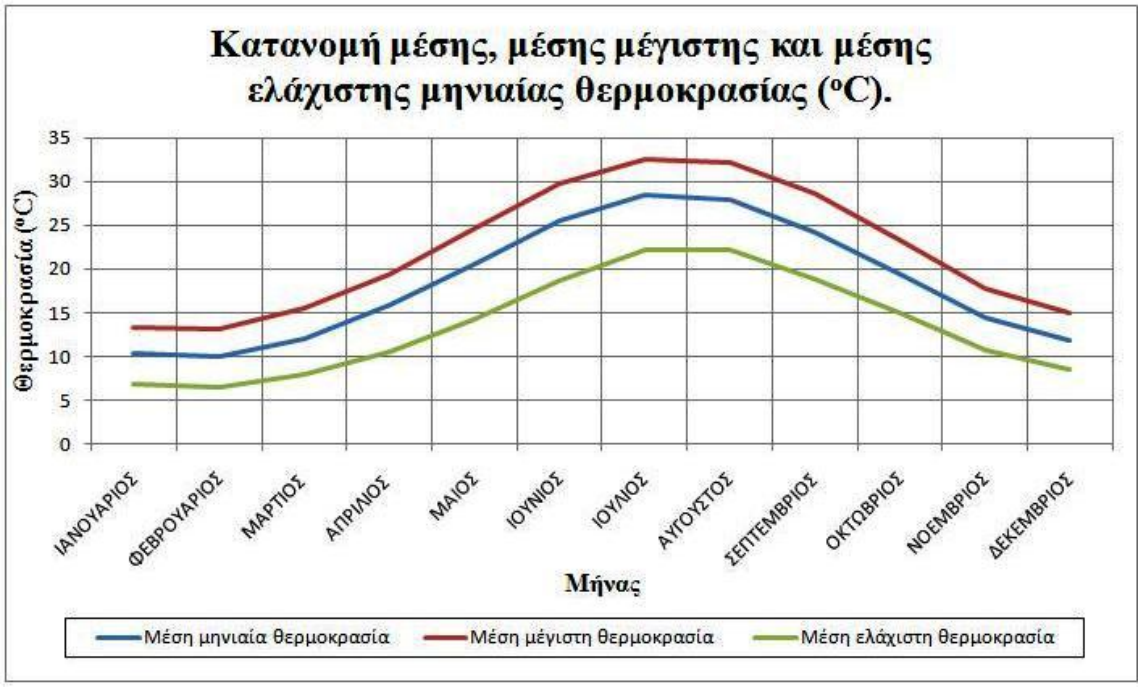
Οι μετρήσεις των μετεωρολογικών παραμέτρων από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ) στο σταθμό της Σάμου (Γεωγραφικό Μήκος : 26° 55΄0΄΄, Γεωγραφικό Πλάτος : 37° 42΄0΄΄ και Ύψος 6,44 μέτρα) θεωρούνται αντιπροσωπευτικές για την ευρύτερη

περιοχή μελέτης [5]. Τα κλιματολογικά στοιχεία που παρουσιάζονται στη συνέχεια (μέσες και ακραίες τιμές των μετεωρολογικών παραμέτρων κ.α.) αντιπροσωπεύουν τις μετρήσεις που διεξήχθησαν κατά την περίοδο 1955 – 1997.

Η Σάμος χαρακτηρίζονται από τυπικό θαλάσσιο-μεσογειακό κλίμα, με μικρό εύρος της ετήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας (δροσερό καλοκαίρι και ήπιο χειμώνα), υψηλή υγρασία του αέρα και ισχυρούς ανέμους. Οι βροχοπτώσεις σημειώνονται σχεδόν αποκλειστικά κατά τη διάρκεια του χειμώνα και παρά το γεγονός ότι οι άνεμοι μεταφέρουν προς τα νησιά μεγάλες ποσότητες υδρατμών οι βροχοπτώσεις είναι σχετικά σπάνιες κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών.

Θερμοκρασία

Η μέση ετήσια θερμοκρασία, σύμφωνα με τις μετρήσεις του μετεωρολογικού σταθμού (ΜΣ) Σάμου, είναι 19,9^{o}C ενώ η μέση ημερήσια κυμαίνεται από 10,0^{o}C (Φεβρουάριος) έως 28,4^{o}C (Ιούλιος). Τα θερμοκρασιακά δεδομένα του ΜΣ Σάμου απεικονίζονται γραφικά στην εικόνα 1.2 ενώ στον πίνακα 1.2 παρατίθενται τα υπερετήσια κλιματολογικά στοιχεία θερμοκρασίας και ηλιοφάνειας για την περίοδο 1955-1997.



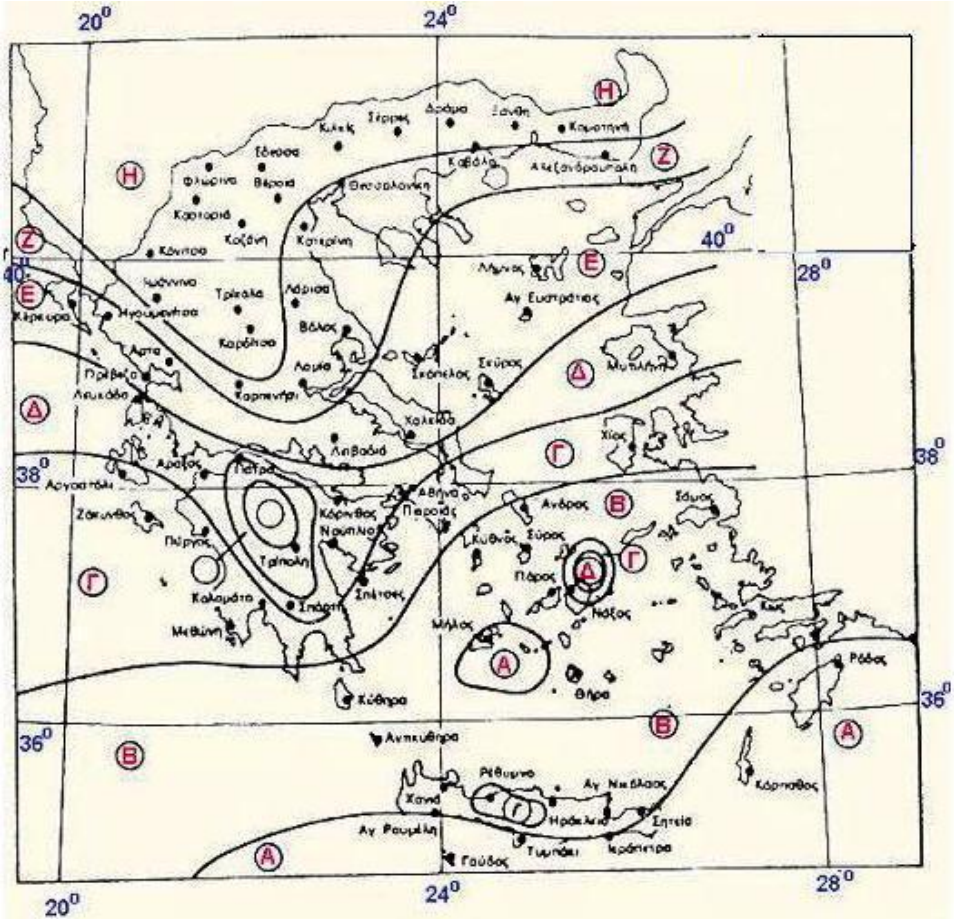
Εικόνα 1.2. Κατανομή μέσης, μέσης μέγιστης και μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας σύμφωνα με τις καταγεγραμμένες τιμές της Ε.Μ.Υ (ΜΣ Σάμου, 1955-1997). Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

Πίνακας 1.2.Υπερετήσια κλιματολογικά στοιχεία, θερμοκρασίας, για την περίοδο 1955-1997.

ΜΗΝΑΣ	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (^oC)	ΜΕΣΗ ΜΕΓΙΣΤΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (^oC)	ΜΕΣΗ ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (^oC)	ΩΡΕΣ ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑΣ (Hours)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	10,3	13,4	6,9	129
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	10,0	13,2	6,5	139
ΜΑΡΤΙΟΣ	12,1	15,6	7,9	183
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	15,9	19,5	10,5	225
ΜΑΙΟΣ	20,6	24,6	14,3	299
ΙΟΥΝΙΟΣ	25,5	29,7	18,6	349
ΙΟΥΛΙΟΣ	28,4	32,5	22,2	378
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	27,9	32,2	22,1	356
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	24,3	28,6	18,8	300
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	19,4	23,3	15,0	231
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	14,5	17,8	10,7	168
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	11,9	14,9	8,5	122
ΑΝΑ ΕΤΟΣ	19,9	-	-	2.879

Πηγή : [5]

Από την εξέταση των θερμοκρασιακών δεδομένων προκύπτει ότι θερμότερος μήνας του έτους είναι ο Ιούλιος, με μέση θερμοκρασία 28,4 ^{o} C και ακολουθεί ο Αύγουστος, ενώ ψυχρότερος μήνας θεωρείται ο Φεβρουάριος με καταγεγραμμένη μέση θερμοκρασία 10,0 ^{o} C. Οι μήνες με τη μεγαλύτερη διάρκεια ηλιοφάνειας, όπως αναμένονταν, ήταν ο Ιούνιος, ο Ιούλιος και ο Αύγουστος.



Εικόνα 1.3. Κατανομή της μέσης συνολικής ετήσιας έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας, σε οριζόντιο επίπεδο, στις διάφορες περιοχές της Ελλάδας. Πηγή : [6]

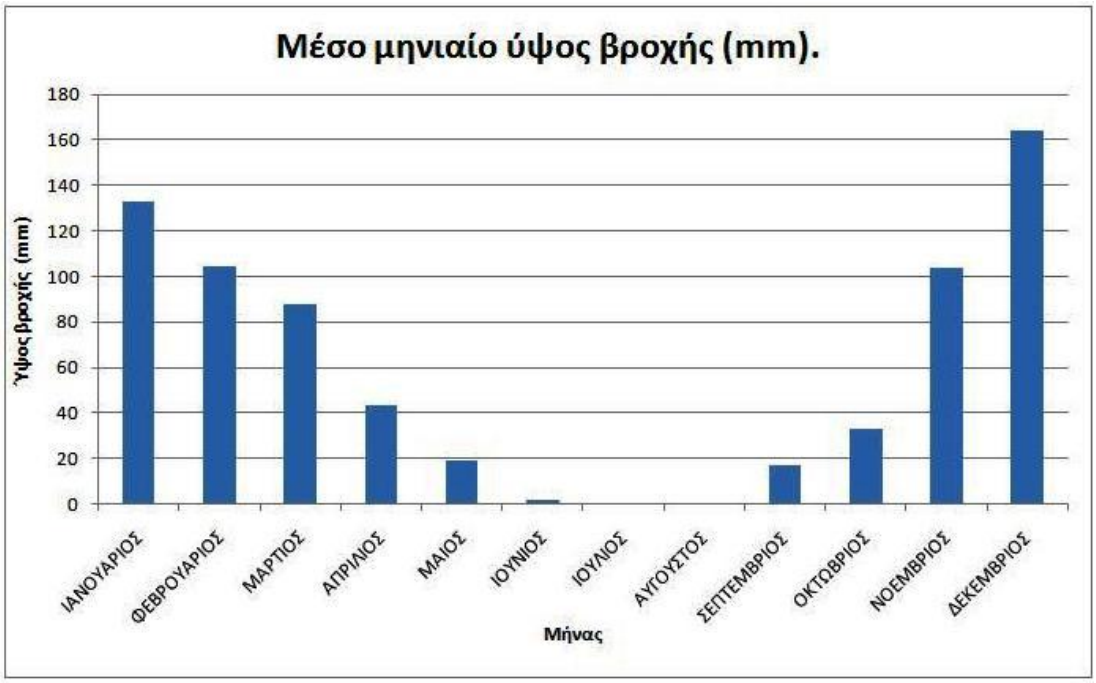
Η Σάμος βάσει της εικόνας 1.3 και του πίνακα 1.3 εντάσσεται στη ζώνη Β με τη μέση ετήσια ακτινοβολία να κυμαίνεται μεταξύ 5,76 και 5,94 GJ/m^2.

Πίνακας 1.3. Επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας στην Ελλάδα.

Ζώνη	Μέση ηλιακή ακτινοβολία (GJ/m^{2}yr)
Α	> 5,94
Β	5,76-5,94
Γ	5,58-5,76
Δ	5,4-5,58
Ε	5,22-5,4
Ζ	5,04-5,22
Η	<5,04

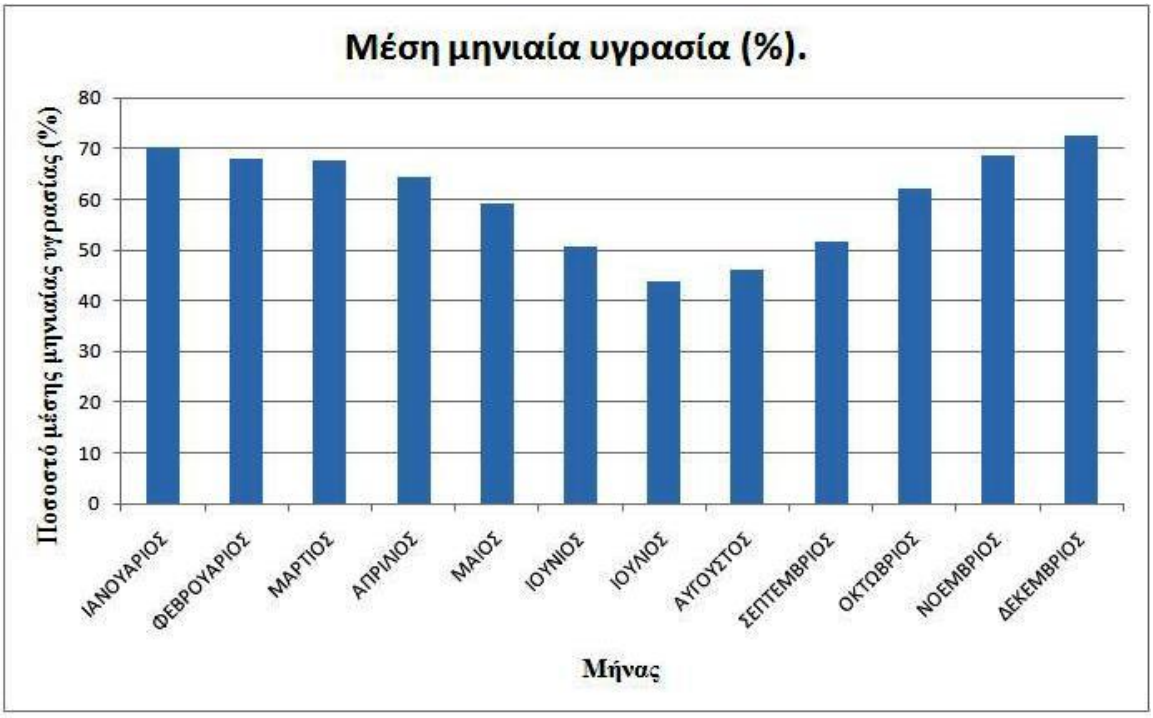
Υγρασία και κατακρημνίσματα

Στη Σάμο η μέση ετήσια συνολική βροχόπτωση ανέρχεται σε 59,08 mm, με τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο να παρουσιάζουν τις υψηλότερες τιμές και ταυτόχρονα να είναι οι μήνες που εμφανίζουν τη μεγαλύτερη διάρκεια βροχοπτώσεων. Αντίθετα τους ξηρότερους μήνες αποτελούν ο Ιούλιος και ο Αύγουστος, μήνες κατά τους οποίους καταγράφονται μηδενικές τιμές. Οι χιονοπτώσεις είναι σχεδόν άγνωστες στο νησί. Στην εικόνα 1.4, που ακολουθεί, απεικονίζεται το μέσο μηνιαίο συνολικό ύψος κατακρημνισμάτων για το ΜΣ Σάμου.



Εικόνα 1.4. Μέσο μηνιαίο συνολικό ύψος κατακρημνισμάτων σύμφωνα με τις καταγεγραμμένες τιμές της Ε.Μ.Υ (ΜΣ Σάμου, 1955-1997). Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

Το ποσοστό της μέσης σχετικής υγρασίας είναι 60,4% και κυμαίνεται από 43,7% τον Ιούλιο μέχρι 72,6% το Δεκέμβριο. Στην εικόνα 1.5 απεικονίζεται το ποσοστό της μέσης μηνιαίας υγρασίας για το ΜΣ Σάμου και στον πίνακα 1.4 παρουσιάζονται τα υπερετήσια κλιματολογικά στοιχεία, υγρασίας και κατακρημνισμάτων, για την περίοδο 1955-1997.



Εικόνα 1.5. Ποσοστό της μέσης μηνιαίας υγρασίας σύμφωνα με τις καταγεγραμμένες τιμές της Ε.Μ.Υ (ΜΣ Σάμου, 1955-1997). Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

Πίνακας 1.4. Υπερετήσια κλιματολογικά στοιχεία, υγρασίας και κατακρημνισμάτων, για την περίοδο 1955-1997.

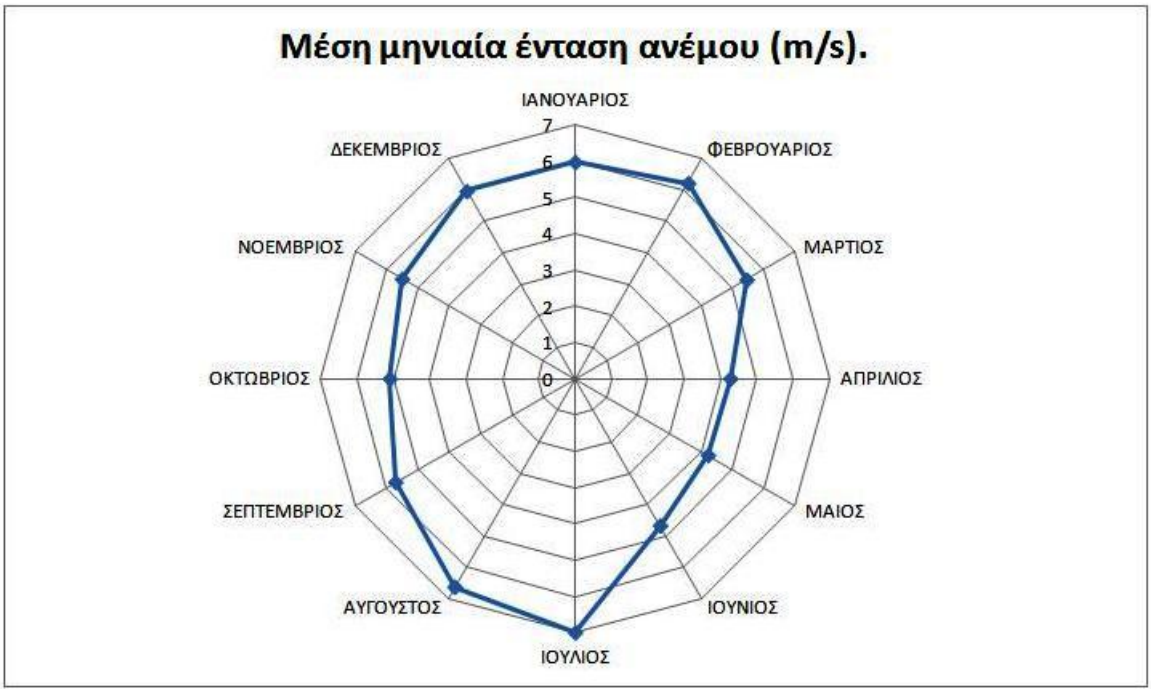
ΜΗΝΑΣ	ΜΕΣΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΜΕΣΟ ΜΗΝΙΑΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ (mm)	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΗΜΕΡΕΣ ΒΡΟΧΗΣ (days)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	70,2	133,1	12,4
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	68,1	104,7	10,4
ΜΑΡΤΙΟΣ	67,5	87,9	8,6
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	64,4	43,2	7,4
ΜΑΙΟΣ	59,1	19,5	4,0
ΙΟΥΝΙΟΣ	50,5	1,8	1,1
ΙΟΥΛΙΟΣ	43,7	0,5	0,2
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	46,0	0,7	0,1
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	51,6	16,9	1,4
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	62,2	32,8	4,6
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	68,6	103,9	9,3
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	72,6	164,0	13,7

Πηγή : [5]

Άνεμος

Ο άνεμος πνέει κατά τη διάρκεια όλου του έτους, με επικρατούντες ανέμους αυτούς των βόρειων διευθύνσεων. Η μέση ταχύτητα των ανέμων είναι 5,56 m/s που αντιστοιχεί σε 4 βαθμούς στην κλίμακα Beaufort. Οι ισχυρότεροι άνεμοι πνέουν κατά τη διάρκεια των θερινών αλλά και χειμερινών μηνών ενώ παρατηρείται αισθητή πτώση της έντασης τους κατά την άνοιξη.

Στην εικόνα 1.6 απεικονίζεται η μέση μηνιαία ταχύτητα του ανέμου για το ΜΣ Σάμου και στον πίνακα 1.5, που ακολουθεί, παρατίθενται υπερετήσια κλιματολογικά στοιχεία, μέσης και μέσης μέγιστης ταχύτητας ανέμου, για την περίοδο 1955-1997.

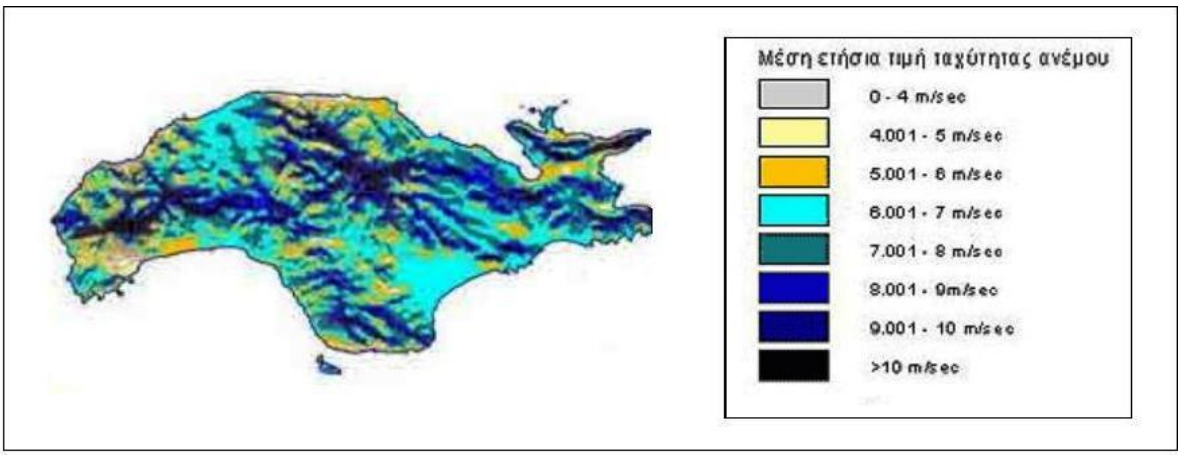


Εικόνα 1.6. Η μέση μηνιαία ταχύτητα του ανέμου σύμφωνα με τις καταγεγραμμένες τιμές της Ε.Μ.Υ (ΜΣ Σάμου, 1955-1997). Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

Πίνακας 1.5. Υπερετήσια κλιματολογικά στοιχεία, μέση μηνιαία ένταση και διεύθυνση ανέμου, για την περίοδο 1955-1997.

ΜΗΝΑΣ	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΕΝΤΑΣΗ ΑΝΕΜΟΥ (m/s)	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΕΜΩΝ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	5,97	Β
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	6,22	Β
ΜΑΡΤΙΟΣ	5,45	Β
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	4,27	Β
ΜΑΙΟΣ	4,22	Β
ΙΟΥΝΙΟΣ	4,68	Β
ΙΟΥΛΙΟΣ	7,00	Β
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	6,63	Β
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	5,71	Β
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	5,10	Β
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	5,50	Β
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	5,97	Β

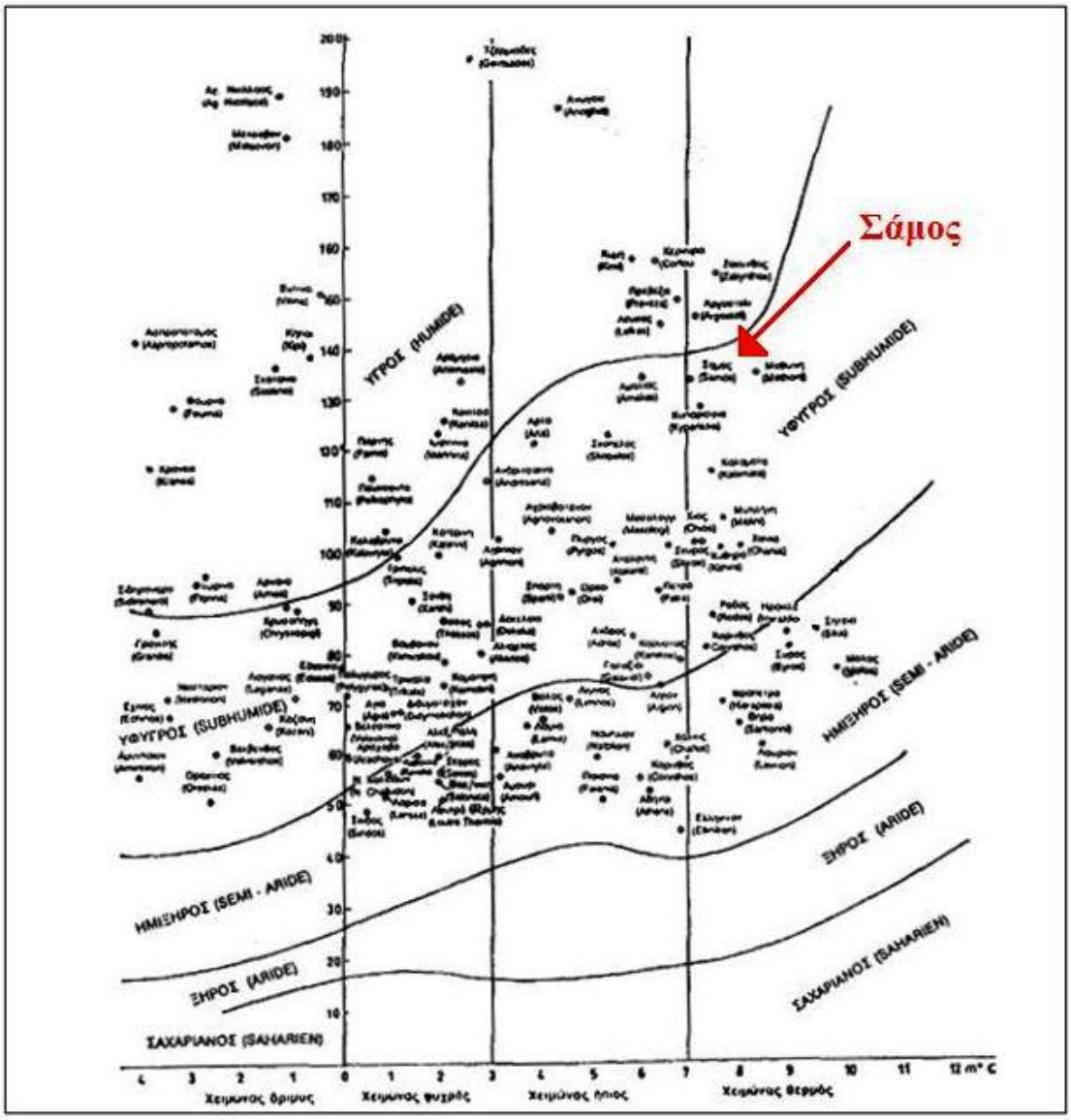
Πηγή : [5]



Εικόνα 1.7. Απεικόνιση μέσης ετήσιας ταχύτητας (m/s) του ανέμου σε κάθε σημείο της νήσου Σάμου**.** Πηγή : [7]

<u>Βιοκλίμα</u>

Η σύνθεση του βιοκλίματος της περιοχής μελέτης βασίσθηκε, σε μεγάλο βαθμό, στις παρατηρήσεις του Μετεωρολογικού Σταθμού της Σάμου. Η υπό μελέτη περιοχή, σύμφωνα και με το διάγραμμα του Emberger κατά Μαυρομάτη για την Ελλάδα.(εικόνα 1.8), ανήκει στον ύφυγρο βιοκλιματικό όροφο με θερμό χειμώνα.



Εικόνα 1.8. Χάρτης βιοκλιματικών ορόφων του Emberger κατά Μαυρομάτη για την Ελλάδα. Πηγή : [8]

1.3. Πληθυσμός

Η Σάμος μαζί με την Ικαρία και το νησιωτικό σύμπλεγμα των Φούρνων σχηματίζουν το Νομό Σάμου. Ο Νομός υπάγεται διοικητικά στην Περιφέρεια Βορείου Αιγαίου, με τη Σάμο να είναι το τρίτο σε μέγεθος αλλά και πληθυσμό νησί της. Από το 2011, με την εφαρμογή του προγράμματος Καλλικράτης, αποτελείται από ένα Δήμο. Πρωτεύουσα του νησιού είναι η πόλη της Σάμου, ενώ ο συνολικός πληθυσμός σύμφωνα με την απογραφή του 2011 ανέρχεται σε 32.760 κατοίκους. Σημαντικά οικονομικά και πολιτιστικά κέντρα του νησιού στα οποία συγκεντρώνεται το 66,7% του πληθυσμού της, όπως παρουσιάζεται από

τον ακόλουθο πληθυσμιακό πίνακα, είναι οι πόλεις της Σάμου (9.150) και του Καρλοβάσου (5.895) καθώς και τα χωριά Μαραθόκαμπος (1.960), Μυτιληνιοί (2.437), Πυθαγόρειο (1.642) και Χώρα (1.497). Εξαιρετικό ενδιαφέρον εμφανίζει η αυξητική τάση συγκέντρωσης του πληθυσμού στα μεγαλύτερα κέντρα του νησιού καθώς και σε αρκετά παραθαλάσσια χωριά, σε αντίθεση με τις ορεινές περιοχές οι οποίες χαρακτηρίζονται από σταθερά αρνητικό πληθυσμιακό ισοζύγιο στο χρόνο.

Πίνακας 1.6. Πληθυσμιακός πίνακας νήσου Σάμου για τα έτη 1920-2001.

Πληθυσμός νήσου Σάμου									
Δημοτικό διαμέρισμα	**1920**	**1928**	**1940**	**1951**	**1961**	**1971**	**1981**	**1991**	**2001**
Αγίου Κωνσταντίνου	638	809	729	622	496	400	360	406	394
Αγίων Θεοδώρων	197	239	267	242	201	168	154	153	140
Αμπέλου	650	699	756	629	604	404	401	351	375
Βαθέος	5.146	5.677	5.052	4.051	3.322	2.572	2.365	2.903	2.875
Βουρλιωτών	1.395	1.638	1.504	1.309	1.150	840	722	705	602
Δρακαίων	272	295	315	254	215	188	163	148	129
Καλλιθέας	604	635	611	559	472	317	284	220	204
Καρλοβασίων	5.656	7.579	7.309	6.463	5.426	4.488	4.843	5.357	5.895
Καστανέας	534	625	590	544	473	315	266	257	211
Κοκκαρίου	1.385	1.536	1.423	1.279	1.070	849	965	894	973
Κονταΐκων	482	570	642	587	496	351	303	297	505
Κοντακαΐκων	1.197	1.365	1.464	1.183	1.092	818	825	888	904
Κοσμαδαίων	256	307	378	352	349	274	232	215	181
Κουμαΐκων	966	974	948	687	623	491	447	417	402
Κουμαραδαίων	358	330	371	311	275	203	178	190	158
Λέκας	1.101	1.227	1.258	1.141	981	709	606	560	528
Μανωλατών	416	485	469	395	375	266	201	167	137
Μαραθοκάμπου	3.622	3.613	3.595	3.095	2.636	2.192	2.080	1.892	1.960
Μαυρατζαίων	574	632	637	551	478	337	355	393	401
Μεσόγειου	296	354	386	334	310	234	204	209	143

Μύλων	463	474	525	469	404	328	286	295	265
Μυτιληνιών	5.042	5.519	5.286	4.174	3.348	2.434	2.328	2.602	2.437
Νεοχωρίου	321	270	254	197	171	127	132	128	84
Παγώνδου	2.451	2.436	2.631	2.285	2.021	1.482	1.351	1.406	1.294
Παλαιοκάστρου	1.054	1.233	1.151	957	786	613	573	654	684
Πανδρόσου	622	638	661	544	504	361	262	179	166
Πλατάνου	779	886	900	747	704	502	520	440	577
Πυθαγορείου	2.229	2.501	2.490	2.317	1.709	1.316	1.406	1.579	1.642
Πύργου	1.401	1.561	1.750	1.480	1.293	918	724	653	562
Σαμίων	6.143	8.636	7.143	6.007	5.742	5.481	5.613	5.824	6.275
Σκουραιίκων	497	446	430	371	320	251	225	202	187
Σπαθαραίων	1.279	1.240	1.296	1.104	933	738	596	600	438
Σταυρινίδων	248	292	301	273	216	141	136	93	69
Υδρούσσης	691	784	800	686	600	451	410	413	520
Χώρας	1.895	2.079	1.962	1.678	1.333	1.112	1.118	1.349	1.497
Δήμος Σάμου	**50.860**	**58.584**	**56.284**	**47.877**	**41.128**	**32.671**	**31.634**	**33.039**	**33.814**

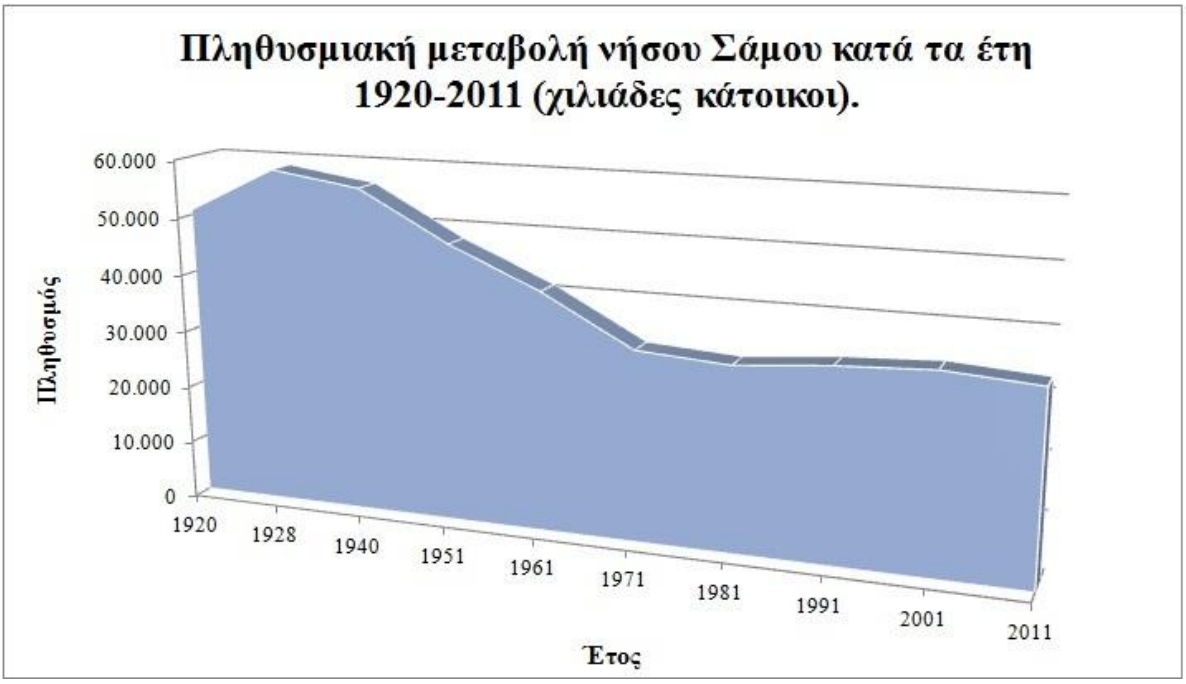
Πηγή : [9]

Στον πίνακα 1.7 παρατίθεται η πληθυσμιακή μεταβολή της νήσου για το διάστημα 1920-2001, η οποία παρουσιάζεται γραφικά ακολούθως στην εικόνα 1.9. Ο πληθυσμός παρουσίασε αισθητή μείωση έως και τη δεκαετία του 1960 και έπειτα ξεκίνησε να σταθεροποιείται. Το γεγονός αυτό αποτελεί ένδειξη για περαιτέρω αύξηση και ανάπτυξη στο μέλλον.

Πίνακας 1.7. Μεταβολή του πληθυσμού της Σάμου.

Έτος	1920	1928	1940	1951	1961	1971	1981	1991	2001	2011
Πληθυσμός	50.860	58.584	56.284	47.877	41.128	32.671	31.634	33.039	33.814	32.760
Μεταβολή (%)	-	15,2	-3,9	-14,9	-14,1	-20,6	-3,2	4,4	2,3	-3,1

Πηγή : [Ιδία επεξεργασία]



Εικόνα 1.9. Πληθυσμιακή μεταβολή στη νήσο Σάμο κατά τα έτη 1920-2001. Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

1.4 Απασχόληση

Σύμφωνα με την ελληνική στατιστική αρχή στη Σάμο ο συνολικά ενεργός πληθυσμός ανέρχεται σε 12.481 άτομα. Από αυτούς εκτιμάται ότι το 56,4% (7.036) απασχολείται στον τριτογενή τομέα, με τους περισσότερους εξ' αυτών να δραστηριοποιούνται στον κλάδο του τουρισμού. Ακολουθούν με 16,7 και 15,0% αντίστοιχα ο δευτερογενής και πρωτογενής τομέας, ενώ στους ανέργους κατατάσσεται το 11,9% (1.150).

Πίνακας 1.8. Ο οικονομικώς ενεργός και μη ενεργός πληθυσμός της νήσου Σάμου.

Οικονομικώς ενεργός και μη ενεργός πληθυσμός νήσου Σάμου (2001)								
Δήμος	**Σύνολο ενεργού πληθυσμού**	**Απασχολούμενοι**					**Άνεργοι**	**Οικονομικώς μη ενεργοί**
		Σύνολο	Πρωτογενής τομέας	Δευτερογενής τομέας	Τριτογενής τομέας	Δε δήλωσαν κλάδο οικονομικής δραστηριότητας		
Σάμου	12.481	11.331	1.878	2.092	7.036	325	1.150	18.330

Πηγή : [9]

Αναλυτικότερα ο πρωτογενής τομέας στηρίζεται, κυρίως, στην καλλιέργεια της ελιάς και του αμπελιού, ενώ δευτερεύουσας σημασίας θεωρείται η καλλιέργεια σιτηρών, δημητριακών και εσπεριδοειδών. Τα παλαιότερα χρόνια σημαντικό γεωργικό προϊόν της Σάμου ήταν ο καπνός, καλλιεργητικός τύπος που έχει εγκαταλειφθεί πλήρως τις τελευταίες δεκαετίες. Ο κτηνοτροφικός τομέας δεν εμφανίζει ιδιαίτερη ανάπτυξη στη Σάμο με σημαντικότερο ανασταλτικό παράγοντα τις συχνές και παράλληλα καταστροφικές πυρκαγιές, οι οποίες είχαν ως συνέπεια την ολοσχερή καταστροφή κτηνοτροφικών μονάδων και την απαγόρευση της βόσκησης σε εκτεταμένες εκτάσεις. Τέλος η αλιεία απασχολεί μια πολύ περιορισμένη μερίδα του ντόπιου πληθυσμού. Ο δευτερογενής τομέας σημειώνει εξαιρετική ανάπτυξη χάρη στους τομείς της οινοποιίας και της ελαιουργίας. Το κρασί της Σάμου παράγεται στον οινοποιητικό συνεταιρισμό και εξάγεται σε πλήθος χωρών.

Για το νησί της Σάμου ο τριτογενής τομέας συμμετέχει κατά ένα σημαντικό ποσοστό στη διαμόρφωση του ΑΕΠ, ενώ η επιρροή του στην τοπική οικονομία εμφανίζεται να ισχυροποιείται χρόνο με το χρόνο. Οι υπηρεσίες που φέρονται να διαδραματίζουν ενεργότερο ρόλο στο πλαίσιο του νησιού αφορούν τον τουρισμό.

1.5. Τουρισμός

Ο τουρισμός θεωρείται ως ένας από τους σημαντικότερους κλάδους του τριτογενούς τομέα και συμβάλει ενεργά στη σταθεροποίηση, ενίσχυση και ανάπτυξη της οικονομίας της εκάστοτε περιοχής. Οι σχετικές με τον τουρισμό δραστηριότητες συνεπάγονται τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και την επέκταση των επενδύσεων, ενώ ασκούν σημαντικές επιρροές στη διαμόρφωση του τοπικού εισοδήματος τόσο μέσω της διαμονής σε ξενοδοχειακά καταλύματα όσο και μέσω της χρήσης τοπικών προϊόντων και υπηρεσιών. Στο νησί της Σάμου το 2008 λειτουργούσαν 178 ξενοδοχεία και ενοικιαζόμενα δωμάτια με τον αριθμό των κλινών να ανέρχεται στις 9.446 [10].

Ο πίνακας 1.9 παρουσιάζει τις αφίξεις αλλοδαπών και ημεδαπών τουριστών τα έτη 2005 και 2006 και εύκολα γίνεται αντιληπτό ότι κατά την περίοδο Μαΐου – Σεπτεμβρίου ο πληθυσμός του νησιού αυξάνεται σημαντικά. Η υπόψη αύξηση αντανακλάται όχι μόνο στην τοπική οικονομία αλλά και στις επιβαρύνσεις ως προς τη ζήτηση ενέργειας και την ποσότητα των στερεών και υγρών αποβλήτων που παράγονται.

Πίνακας 1.9. Καταγεγραμμένες αφίξεις αλλοδαπών - ημεδαπών στη Σάμο τα έτη 2005 και 2006**.**

Αφίξεις ανά μήνα αλλοδαπών – ημεδαπών στη Σάμο τα έτη 2005 και 2006				
	Αφίξεις 2005		**Αφίξεις 2006**	
Μήνας	**Αλλοδαποί**	**Ημεδαποί**	**Αλλοδαποί**	**Ημεδαποί**
Ιανουάριος	58	739	39	819
Φεβρουάριος	31	891	40	982
Μάρτιος	100	1.040	92	1.279
Απρίλιος	504	1.080	497	1.541
Μάιος	9.648	2.127	10.424	2.076
Ιούνιος	12.784	2.754	13.838	3.004
Ιούλιος	14.378	5.391	15.147	5.770
Αύγουστος	14.694	7.054	15.049	6.682
Σεπτέμβριος	11.744	2.818	12.673	3.639
Οκτώβριος	2.740	1.423	3.425	1.981
Νοέμβριος	110	1.144	61	1.188
Δεκέμβριος	130	819	76	559
Σύνολο	66.921	27.280	71.361	29.520

Πηγή : [9]

Ο προηγούμενος πίνακας, ενδεχομένως, περιλαμβάνει μέρος των μόνιμων κατοίκων του νησιού οι οποίοι καταγράφηκαν μετακινούμενοι προς τη Σάμο με αποτέλεσμα να είναι αδύνατο να σχηματίσουμε ξεκάθαρη εικόνα για το σύνολο των επισκεπτών. Σε μια προσπάθεια αποσαφήνισης της κατάστασης παρέχονται τα στοιχεία των αφίξεων στα ξενοδοχειακά καταλύματα της Σάμου, σε ετήσια βάση, από το 1996 έως το 2006.

Πίνακας 1.10. Αφίξεις επισκεπτών στα ξενοδοχειακά καταλύματα της Σάμου το χρονικό διάστημα 1996-2006.

Αφίξεις στα ξενοδοχειακά καταλύματα της Σάμου το διάστημα 1996 - 2006			
Έτος	**Αλλοδαποί**	**Ημεδαποί**	**Σύνολο**
1996	90.598	23.895	114.493
1997	92.466	27.919	120.385
1998	93.898	32.845	126.743
1999	102.680	29.289	131.969
2000	89.753	33.908	123.359
2001	90.253	33.606	123.859
2002	96.464	30.648	127.112
2003	80.999	33.648	114.647
2004	74.580	35.720	110.300
2005	66.921	27.280	94.201
2006	71.361	29.520	100.881

Πηγή : [9]

Στους πίνακες 1.11 και 1.12 παρατίθενται στοιχεία σχετικά με τον αριθμό των επισκεπτών του νησιού, κατά τη διάρκεια ενός έτους (2006) εστιάζοντας στον τρόπο μετάβασης που επιλέγουν. Παρατηρώντας τους πίνακες αντιλαμβανόμαστε ότι η μεγαλύτερη επισκεψημότητα σημειώνεται κατά τους μήνες Αύγουστο και Ιούλιο, ενώ περιορίζεται αισθητά κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου.

Πίνακας 1.11. Αφίξεις ανά μήνα στα λιμάνια της νήσου Σάμου το έτος 2006.

Αφίξεις ανά μήνα στα λιμάνια της νήσου Σάμου το έτος 2006	
Μήνας	**Πλήθος αφίξεων (άτομα)**
Ιανουάριος	5.387
Φεβρουάριος	5.010
Μάρτιος	6.448
Απρίλιος	9.764
Μάιος	10.691
Ιούνιος	16.394
Ιούλιος	29.925
Αύγουστος	34.024
Σεπτέμβριος	17.773
Οκτώβριος	9.856
Νοέμβριος	6.178
Δεκέμβριος	6.215
Σύνολο	157.665

Πηγή : [9]

Πίνακας 1.12. Αφίξεις ανά μήνα στο διεθνές αεροδρόμιο της Σάμου Αρίσταρχος ο Σάμιος.

Αφίξεις ανά μήνα στο διεθνές αεροδρόμιο της Σάμου				
	Πτήσεις εσωτερικού		**Πτήσεις charter**	
Μήνας	**2003**	**2006**	**2003**	**2006**
Ιανουάριος	3.201	5.233	-	-
Φεβρουάριος	2.951	4.939	-	-
Μάρτιος	3.327	5.236	-	-
Απρίλιος	4.793	6.789	1.819	868
Μάιος	9.943	6.947	20.700	18.374
Ιούνιος	11.418	9.050	23.468	25.099
Ιούλιος	8.013	13.661	26.354	27.604
Αύγουστος	7.972	13.328	28.011	28.615
Σεπτέμβριος	5.386	8.023	24.107	23.869
Οκτώβριος	4.607	7.291	8.833	5.634
Νοέμβριος	3.883	5.896	-	-
Δεκέμβριος	4.091	6.151	-	-
Σύνολο	69.584	92.544	133.290	130.063

Πηγή : [11]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^{Ο}

2. Υποδομές διαχείρισης στερεών και υγρών αποβλήτων νήσου Σάμου

Το πρόβλημα της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων κρίνεται ως ιδιαίτερα σημαντικό και περίπλοκο, καθώς στη διαδικασία επίλυσης του εμπλέκονται οικονομικοί, τεχνολογικοί, κοινωνικοί, τεχνολογικοί και θεσμικοί παράγοντες γεγονός που καθιστά «επίπονη» τη λήψη αποφάσεων. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο ρόλος που καλούνται να διαδραματίσουν οι πολίτες καθώς εκείνοι είναι οι παραγωγοί των στερεών αποβλήτων αλλά συνάμα και οι αποδέκτες των επιπτώσεων μιας αποτυχημένης τεχνικής λύσης. Οι βασικότεροι λόγοι που παρουσιάζουν απαραίτητη την ολοκληρωμένη διαχείριση των απορριμμάτων είναι :

- Ο αυξημένος τους όγκος σε συνδυασμό με τους ελάχιστους χώρους εναπόθεσης τους
- Η ανάγκη προστασίας των διαθέσιμων φυσικών πόρων προς όφελος των επόμενων γενεών
- Η υποβάθμιση των οικοσυστημάτων
- Η έκθεση των πολιτών σε συνθήκες που θέτουν σε κίνδυνο τη δημόσια υγεία.

Το νερό είναι το ζωτικό στοιχείο για τη ζωή και βασική πρώτη ύλη για την ανθρώπινη οικονομία. Με την παραδοχή ότι το 80% του νερού που καταναλίσκεται για τις αστικές και βιομηχανικές δραστηριότητες καταλήγει στην αποχέτευση προκύπτει μια εξαιρετικά υψηλή ποσότητα αποβλήτων που μπορούν να επηρεάσουν το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία αν δεν υποστούν επεξεργασία καθαρισμού. Η εισαγωγή μεγάλων ποσοτήτων ακατέργαστων υγρών αποβλήτων στους φυσικούς αποδέκτες δημιουργεί σοβαρά προβλήματα όπως ελάττωση της ικανότητας αυτοκαθαρισμού των υδάτων, καταστροφή των βιοκοινωνιών, ευτροφισμό, δυσάρεστες οσμές και πλήθος άλλων [12].

Για την αποφυγή αντιμετώπισης τέτοιου είδους προβλημάτων στο νησί της Σάμου οι τοπικές αρχές φρόντισαν να κινήσουν και να προωθήσουν τις διαδικασίες μελέτης,

σχεδιασμού και κατασκευής έργων όπως οι χώροι υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (Χ.Υ.Τ.Α) και οι μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

2.1. Στερεά απόβλητα

Σύμφωνα με το περιφερειακό σχέδιο διαχείρισης απορριμμάτων για τα νησιά του Αιγαίου η Σάμος διαιρείται σε δυο περιοχές : την Ανατολική και τη Δυτική. Με βάση το υπόψη σχέδιο η Νομαρχιακή Αρχή κίνησε τις διαδικασίες χωροθέτησης και κατασκευής δυο Χώρων Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (Χ.Υ.Τ.Α).

Χ.Υ.Τ.Α Ανατολικής Σάμου

Ο Χ.Υ.Τ.Α εντοπίζεται στην ανατολική Σάμο σε σχετικά μικρή απόσταση από την πρωτεύουσα του νησιού. Ξεκίνησε τη λειτουργία τον Οκτώβριο του 2009, λαμβάνοντας την απαραίτητη άδεια, χωρίς να παρουσιάσει κάποιο πρόβλημα που θα μπορούσε να επηρεάσει την εύρυθμη λειτουργία του. Οι περιοχές που εξυπηρετεί είναι αυτές των πρώην Δήμων Βαθέος και Πυθαγορείου.

Το συνολικό απόρριμμα που δέχεται ο Χ.Υ.Τ.Α Ανατολικής Σάμου διαχωρίζεται σε αδρανή απόβλητα και σε απορρίμματα που ανήκουν στην κατηγορία των αστικών αποβλήτων. Αδρανή θεωρούνται τα οικοδομικά απορρίμματα συμπεριλαμβανομένων των κατεδαφίσεων και των εκσκαφών γαιών θεμελίωσης διαφόρων έργων. Τα αστικά απόβλητα αποτελούνται ως επί το πλείστον από οικιακά απορρίμματα, απορρίμματα εμπορικών και στρατιωτικών εγκαταστάσεων, σχολικών μονάδων και νοσοκομείων (εξαίρεση αποτελούν τα μολυσματικά).

Το συνολικό απόρριμμα που παρήχθη, συλλέχθηκε και μεταφέρθηκε στο Χ.Υ.Τ.Α Ανατολικής Σάμου ζυγίστηκε και τα μηνιαία αποτελέσματα των ετών 2009 και 2010 παρουσιάζονται στους πίνακες 2.1 και 2.2.

Πίνακας 2.1. Ποσότητα απορριμμάτων που δέχθηκε ο Χ.Υ.Τ.Α Ανατολικής Σάμου το έτος 2009.

Χ.Υ.Τ.Α ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΣΑΜΟΥ			
ΕΤΟΣ	**ΜΗΝΑΣ**	**ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ (σε κιλά)**	**ΑΔΡΑΝΗ (σε κιλά)**
2009	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	818.360	276.970
	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	646.330	478.810
	ΜΑΡΤΙΟΣ	716.860	698.920
	ΑΠΡΙΛΙΟΣ	795.100	422.840
	ΜΑΙΟΣ	1.092.680	462.920
	ΙΟΥΝΙΟΣ	1.258.120	517.360
	ΙΟΥΛΙΟΣ	1.554.870	522.210
	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1.532.030	439.910
	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1.229.270	330.710
	ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	924.950	473.760
	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	849.860	691.570
	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	637.120	362.460
ΕΤΗΣΙΑ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΟΣ		**12.0555.550**	**5.678.440**

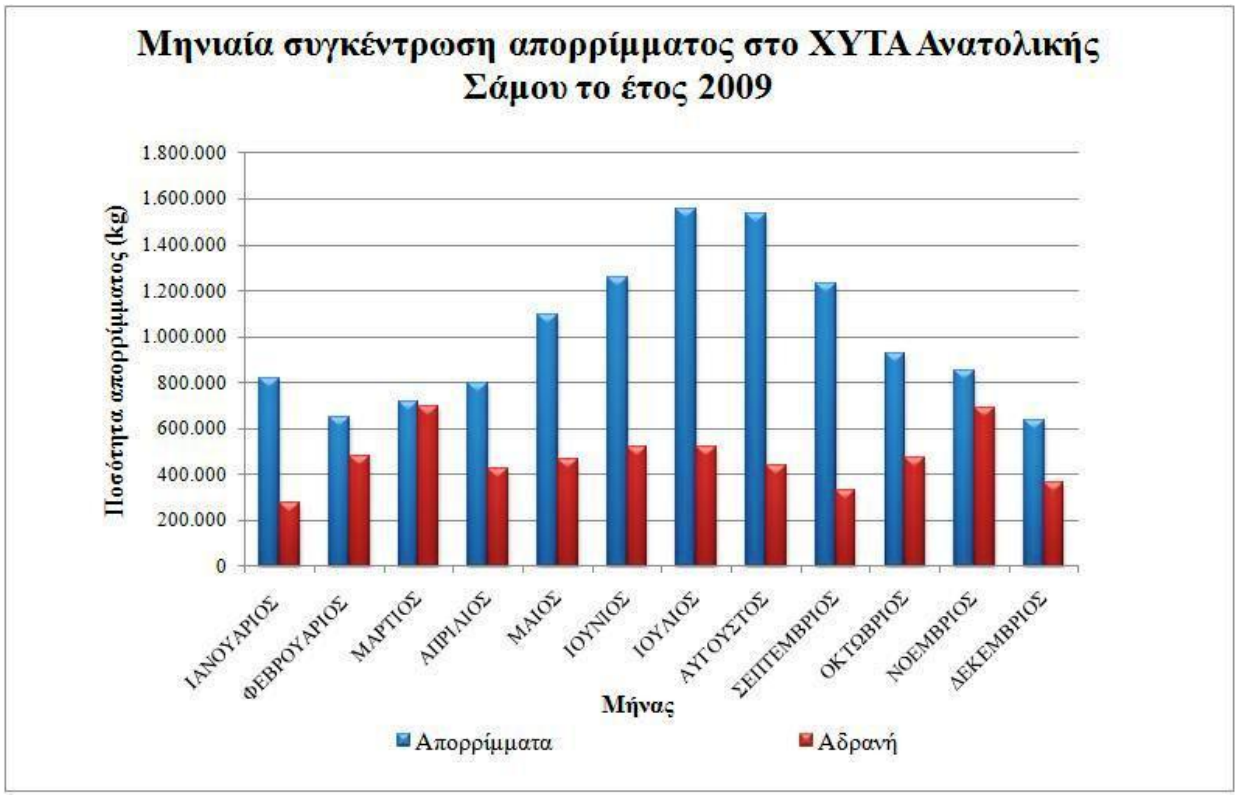
Πηγή : [13]

Πίνακας 2.2. Ποσότητα απορριμμάτων που δέχθηκε ο Χ.Υ.Τ.Α Ανατολικής Σάμου το έτος 2010.

Χ.Υ.Τ.Α ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΣΑΜΟΥ			
ΕΤΟΣ	**ΜΗΝΑΣ**	**ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ (σε κιλά)**	**ΑΔΡΑΝΗ (σε κιλά)**
2010	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	675.340	168.190
	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	714.470	320.970
	ΜΑΡΤΙΟΣ	780.510	246.000
	ΑΠΡΙΛΙΟΣ	872.080	316.180
	ΜΑΙΟΣ	915.930	355.900
	ΙΟΥΝΙΟΣ	1.010.920	333.160
	ΙΟΥΛΙΟΣ	1.141.910	393.480
	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1.183.160	626.730
	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	897.150	180.070
	ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	783.280	206.960
	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	700.250	203.690
	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	721.320	148.130
ΕΤΗΣΙΑ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΟΣ		**10.396.320**	**3.499.460**

Πηγή : [13]

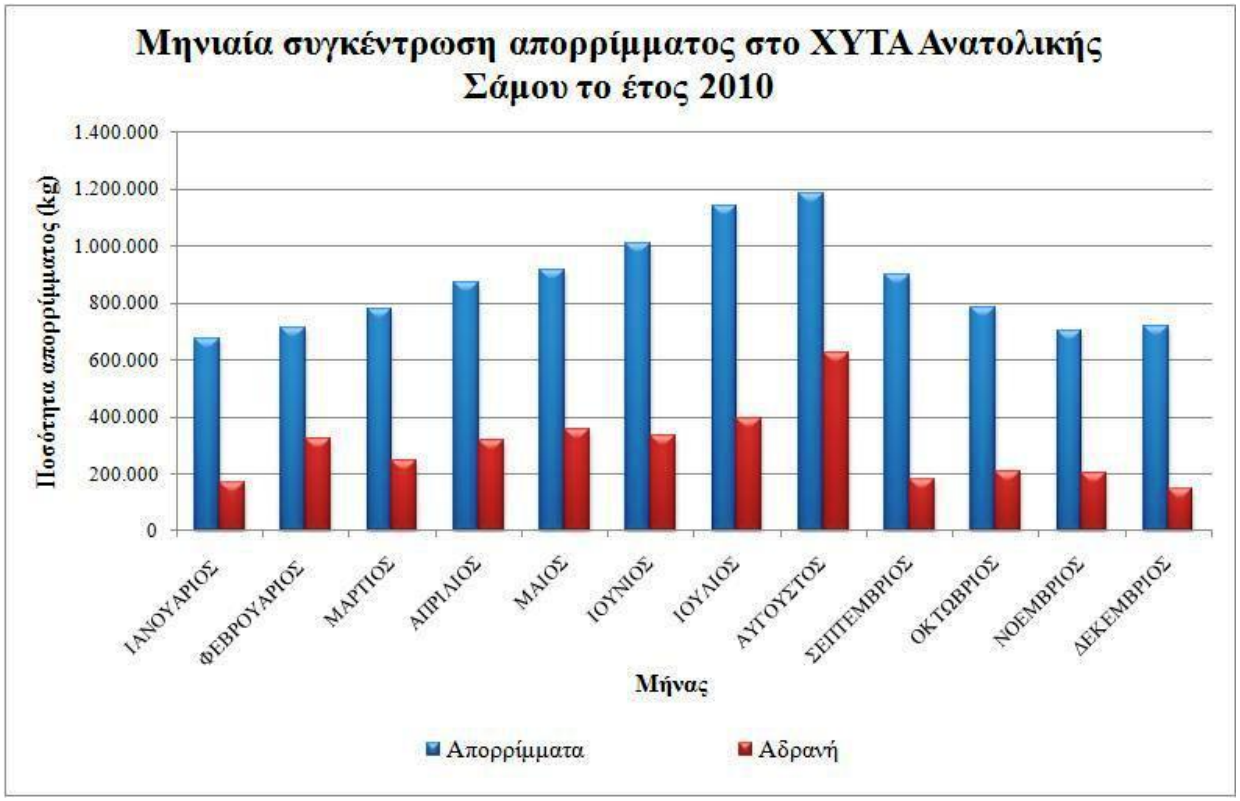
Παρατηρώντας την εικόνα 2.1 κατανοούμε ότι το 2009 από την αρχή του έτους η συγκέντρωση των απορριμμάτων (αστικών αποβλήτων) παρουσιάζει ανοδική τάση, η οποία λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της το μήνα Ιούλιο, και έπειτα μειώνεται σταδιακά για δώσει την ελάχιστη τιμή της το μήνα Δεκέμβριο. Παρατηρείται ότι κατά τη διάρκεια της τουριστικής περιόδου και συγκεκριμένα τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο καταγράφονται σταθερά αρκετά υψηλότερες τιμές συγκέντρωσης απορριμμάτων σε σχέση με τους μήνες που στο νησί συναντάται κυρίως ο μόνιμος πληθυσμός του. Η συσσώρευση των αδρανών υλικών δε υπερβαίνει τους 700 τόνους κατά τη διάρκεια κανενός εκ των δώδεκα μηνών του έτους. Οι υψηλότερες τιμές αδρανών που σημειώνονται μεταφράζονται ως αποτέλεσμα αυξημένης κατασκευαστικής δραστηριότητας στο νησί (έργα οδοποιίας και κατασκευή κτιρίων).



Εικόνα 2.1. Μηνιαία συγκέντρωση απορρίμματος στο Χ.Υ.Τ.Α Ανατολικής Σάμου το 2009. Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

Μελετώντας την εικόνα 2.2, η οποία παρουσιάζει τη μηνιαία συγκέντρωση απορρίμματος για το 2010 μας οδηγεί σε παρόμοια συμπεράσματα με εκείνα του 2009, δηλαδή ανοδική τάση τους πρώτους μήνες του έτους, μέγιστη αποδιδόμενη τιμή κατά τη

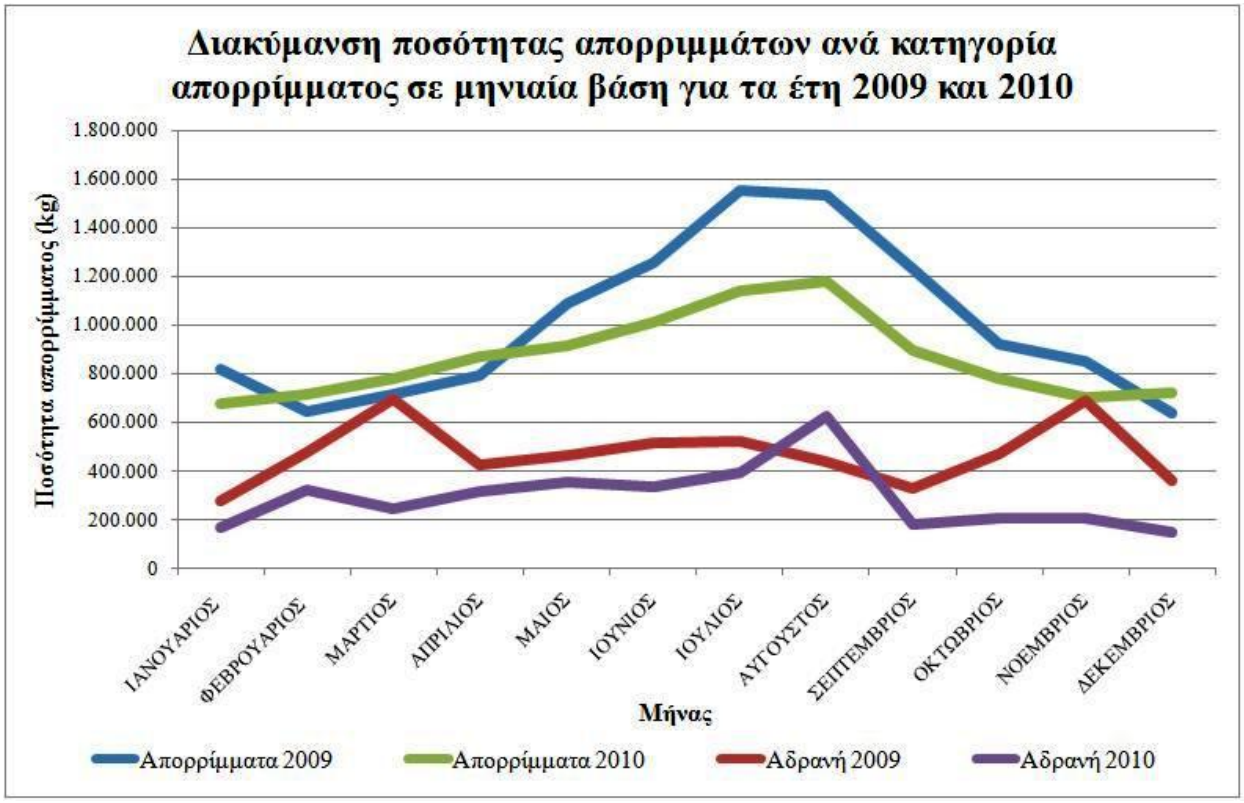
θερινή περίοδο και ακολούθως πτωτική τάση ελαφρώς μεγαλύτερης έντασης. Η βασικότερη διαφορά που εντοπίζεται είναι η ομαλότερη διαφοροποίηση μεταξύ των μηνιαίων τιμών με τη μέγιστη τιμή να καταγράφεται τον Αύγουστο (1.183.160 κιλά) και την ελάχιστη των Ιανουάριο (675.340 κιλά). Επιπρόσθετα χαρακτηριστική είναι η περιορισμένη αύξηση των απορριμμάτων (αστικών αποβλήτων) κατά τη θερινή περίοδο του 2010. Εξίσου περιορισμένη είναι και η ποσότητα των αδρανών που φθάνουν στο Χ.Υ.Τ.Α , με μοναδική εξαίρεση το μήνα Αύγουστο, απόδειξη των λιγοστών οικοδομικών εργασιών που διεξάγονται στο νησί.



Εικόνα 2.2. Μηνιαία συγκέντρωση απορρίμματος στο Χ.Υ.Τ.Α Ανατολικής Σάμου το 2010. Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

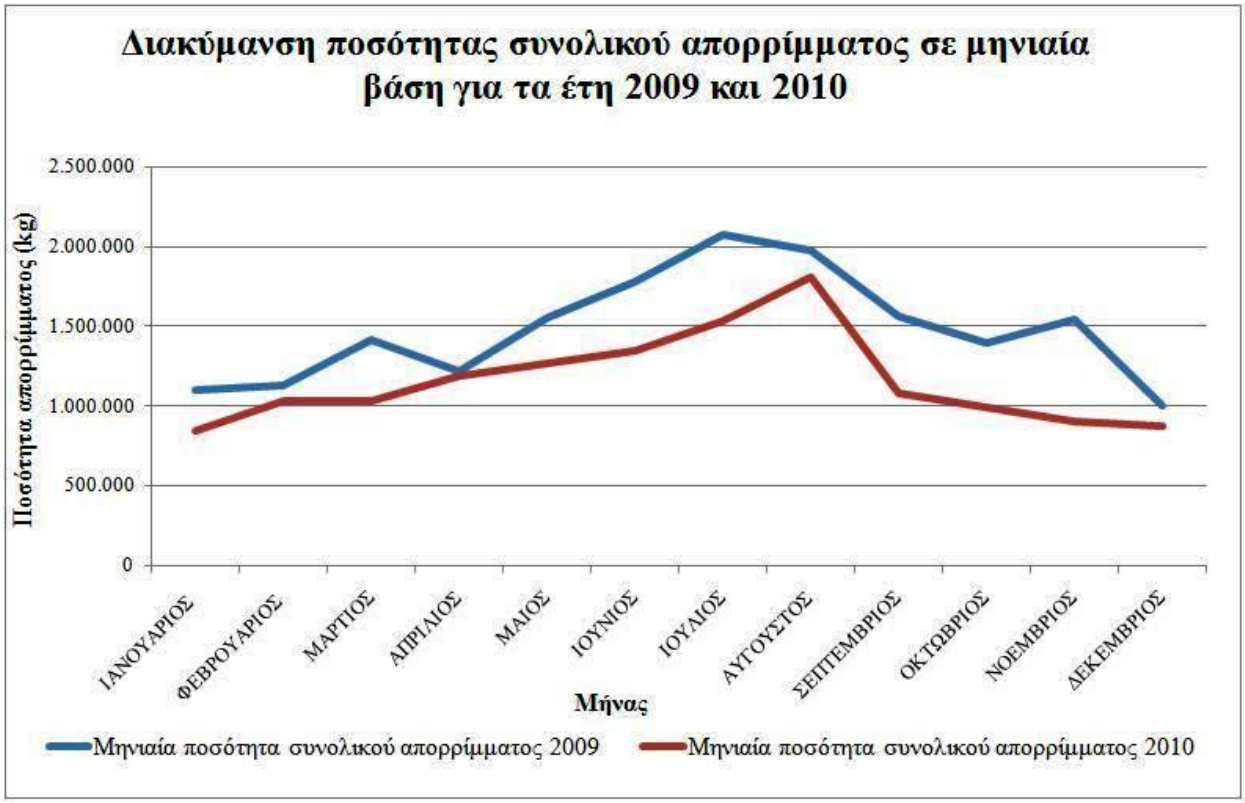
Σε μια προσπάθεια σύγκρισης κάθε μιας κατηγορίας με την αντίστοιχή της στο χρόνο αλλά και για να αντιληφθούμε καλύτερα τη διαφορά της ποσότητας απορριμμάτων και αδρανών που συγκεντρώνονται σε ετήσια βάση στο Χ.Υ.Τ.Α παρατίθενται οι ποσότητες απορριμμάτων (αστικών) και αδρανών των ετών 2009 και 2010 σε κοινό διάγραμμα. Τα συμπεράσματα που εξάγονται εξετάζοντας την εικόνα 2.3 διευκρινίζουν με σαφήνεια ότι τα αστικά απόβλητα καθενός εκ των δυο ετών παρατηρούνται να ακολουθούν κοινή τάση κατά τη διάρκεια τους, η οποία όμως διαφέρει σημαντικά στην αυξητική και

πτωτική της ένταση. Αντίστοιχη εξέλιξη δεν παρατηρείται για την κατηγορία των αδρανών. Τέλος η ποσότητα των απορριμμάτων (αστικών) παρουσιάζεται να είναι τουλάχιστο υπερδιπλάσια από αυτή των αδρανών, με μοναδική παραφωνία το Μάρτιο του 2009 οπότε καταγράφηκαν τιμές της ίδιας τάξης μεγέθους.



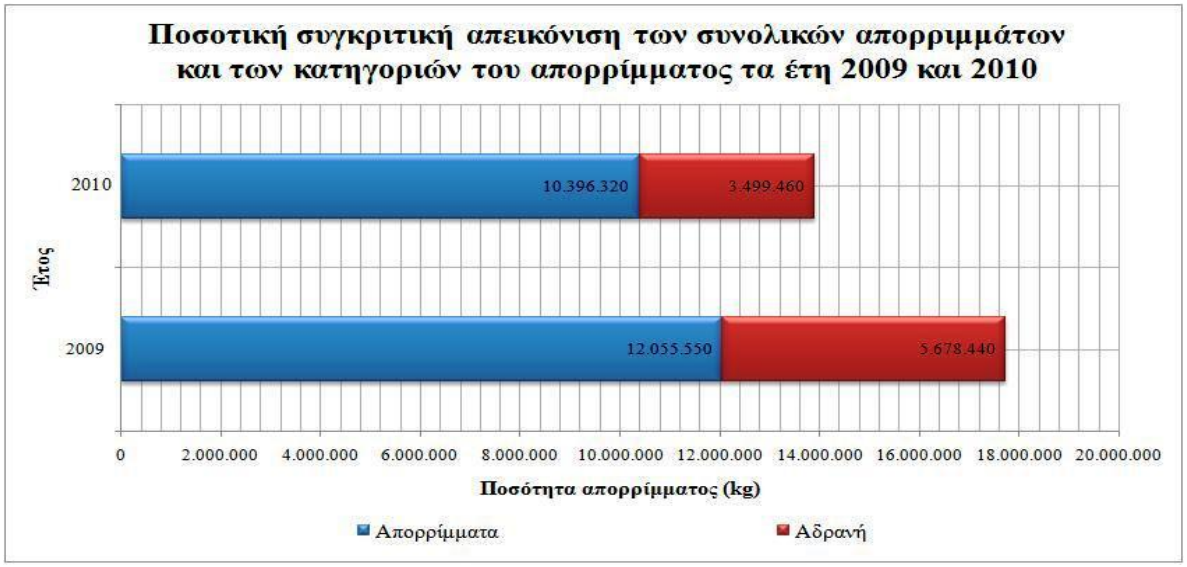
Εικόνα 2.3. Συγκριτική απεικόνιση της διακύμανσης της ποσότητας των απορριμμάτων ανά κατηγορία απορρίμματος σε μηνιαία βάση για τα έτη 2009 και 2010. Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

Μελετώντας τη διακύμανση του συνολικού απορρίμματος κατά τα έτη 2009 και 2010 αντιλαμβανόμαστε τη συσσώρευση μεγαλύτερης ποσότητας απορριμμάτων (απορρίμματα και αδρανή) τόσο σε ετήσια βάση όσο και μηνιαία, με ελάχιστες εξαιρέσεις, κατά τη διάρκεια του 2009. Η συγκεκριμένη παρατήρηση μπορεί, ενδεχομένως, να ερμηνευθεί έως ένα βαθμό από τη μαζικότερη προσέλευση επισκεπτών και τη διεξαγωγή μεγαλύτερης έκτασης οικοδομικών εργασιών το 2009 αλλά και από την οικονομική αστάθεια που παρουσίασε η χώρα το 2010, γεγονός που είναι πιθανό να οδήγησε σε μείωση της κατανάλωσης αγαθών από μέρους των μόνιμων κατοίκων της Σάμου.



Εικόνα 2.4. Συγκριτική απεικόνιση της διακύμανσης της ποσότητας των απορριμμάτων ανά κατηγορία απορρίμματος σε μηνιαία βάση για τα έτη 2009 και 2010. Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

Η εικόνα 2.5 παρουσιάζει ξεκάθαρα ότι κατά το 2009 η συνολική ποσότητα απορριμμάτων που συγκεντρώθηκε ήταν κατά πολύ μεγαλύτερη από αυτή του 2010 και συγκεκριμένα σημειώθηκε πτώση της τάξης του 21,6 %. Εντύπωση προκαλεί η κατά 38 % μείωση της συνολικής ποσότητας αδρανών το 2010.



Εικόνα 2.5. Ποσοτική συγκριτική απεικόνιση των συνολικών απορριμμάτων και των κατηγοριών του τα έτη 2009 και 2010. Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

Ποσοτικά στοιχεία στραγγισμάτων Χ.Υ.Τ.Α Ανατολικής Σάμου

Βάσει ενημέρωσης από το Φορέα Διαχείρισης του Χ.Υ.Τ.Α η ροή στραγγισμάτων στο φρεάτιο συλλογής και ελέγχου κυμαίνεται μεταξύ 0 και 480 m^3/day. Εντοπίζονται όμως ορισμένες ημέρες του έτους κατά τις οποίες η παροχή υπερβαίνει το ανωτέρω όριο. [13]

Ποιοτικά στοιχεία στραγγισμάτων Χ.Υ.Τ.Α Ανατολικής Σάμου

Η ποιοτική σύσταση των απορριμμάτων που εισέρχονται στη μονάδα είναι η τυπική σύσταση στραγγισμάτων παλαιών απορριμμάτων. Αυτό αποδίδεται στο γεγονός ότι τα στραγγίσματα που παράγονται προέρχονται κυρίως από παλαιά απορρίμματα του χώρου. Η απόδοση του συστήματος επεξεργασίας BOD_5 είναι κατά μέσο όρο 65,6%, ενώ η απόδοση σε TSS εκτιμάται στο 89,8%. Συνεπώς, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το ποσοστό αφαίρεσης ρύπων κρίνεται ικανοποιητικό. [13]

Χ.Υ.Τ.Α Δυτικής Σάμου

Ο Χ.Υ.Τ.Α χωροθετήθηκε στο δυτικό τμήμα του νησιού, στην περιοχή Βυθίσματα, με σκοπό την εξυπηρέτηση των αναγκών των κατοίκων της ευρύτερης περιοχής του Καρλοβάσου και του Μαραθοκάμπου. Η εγκατάσταση του υπόψη Χ.Υ.Τ.Α θα έπρεπε να

έχει ολοκληρωθεί και παραδοθεί εδώ και δυο χρόνια, σύμφωνα με την προκαθορισμένη μελέτη. Ο Χ.Υ.Τ.Α εμφανίζει έντονα γεωλογικά προβλήματα με φυσικό επακόλουθο να σημειώνονται κατολισθήσεις και καταρρεύσεις με κίνδυνο για την προστασία των εργαζομένων. Αποτέλεσμα ο Χ.Υ.Τ.Α Δυτικής Σάμου να παραμένει κλειστός αφού η περιοχή που χωροθετήθηκε κρίνεται πλέον ακατάλληλη για αυτό το έργο και τα απορρίμματα των περιοχών που αναμένονταν να εξυπηρετεί καταλήγουν σε άλλους μη οργανωμένους χώρους διάθεσης. Επιπλέον το συγκεκριμένο έργο συγχρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση με 6 εκατομμύρια € ποσό που τελικά επεστράφη λόγω της καθυστέρησης στην παράδοση του.

2.2. Υγρά απόβλητα

Η Σάμος διαθέτει πέντε μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων (βιολογικούς καθαρισμούς) οι οποίες λειτουργούν χωρίς να εμφανίζουν ιδιαίτερα προβλήματα και εξυπηρετούν τις περιοχές του Πυθαγορείου, της Χώρας, του Καρλοβάσου, του Κοκκαριου και του Αγίου Κωνσταντίνου. Τα τελευταία χρόνια βρίσκονται υπό κατασκευή μονάδες για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων της πόλης της Σάμου και της περιοχής του Μαραθοκάμπου.

Μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων περιοχής Πυθαγορείου

Η υπόψη μονάδα επεξεργασίας σχεδιάστηκε βάσει των παραμέτρων που παρατίθενται στον ακόλουθο πίνακα και περιλαμβάνει δυο φάσεις έως την τελική μορφή υλοποίησης. Η μέθοδος επεξεργασίας των λυμάτων που εφαρμόζεται είναι αυτή της ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό, νιτροποίηση και απονιτροποίηση.

Πίνακας 2.3. Παράμετροι βιολογικού καθαρισμού στη θέση "Κάβο φονιάς".

Παράμετροι	Αρχική φάση		Τελική φάση	
	Χειμώνας	Καλοκαίρι	Χειμώνας	Καλοκαίρι
Εξυπηρετούμενος πληθυσμός	1.500	8.000	2.500	11.039
Μέση ημερήσια παροχή (m^3/day)	300	1.600	500	2.208
BOD_5 (kg/day)	90	480	150	662
Αιωρούμενα στερεά (kg/day)	120	640	200	883
Ολικό άζωτο	15	80	25	110
Φώσφορος	4	20	6	28

Πηγή : [14]

Η εύρυθμη λειτουργία του σταθμού διασφαλίζεται από την τήρηση των οδηγιών της Ευρωπαϊκής Ένωσης που ορίζουν :

- BOD5 ≤ 20 mg/lt
- COD ≤ 80 mg/lt
- Αιωρούμενα στερεά SS ≤ 25 mg/lt
- N ≤ 10 mg/lt
- Αμμωνιακό άζωτο ≤ 2 mg/lt
- Λίπη – Έλαια = 0
- Καθιζάνοντα στερεά εντός 2 ωρών σε κώνο IMHOFF ≥ 3 mg/lt
- Διαλυμένο οξυγόνο ≥ 6 mg/lt
- Το 95% των δειγμάτων που λαμβάνονται δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν τα ανωτέρω όρια.

Μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων περιοχής Χώρας

Η μονάδα επεξεργασίας στη θέση «Κοπρισία» εγκαταστάθηκε με σκοπό την εξυπηρέτηση των κατοίκων της περιοχής της Χώρας και της τουριστικής περιοχής Ποτοκακίου.

Πίνακας 2.4. Παράμετροι βιολογικού καθαρισμού στη θέση "Κοπρισία".

Παράμετροι	Περίοδος	
	Χειμώνας	Καλοκαίρι
Εξυπηρετούμενος πληθυσμός	1.375	3.700
Μέση ημερήσια παροχή (m^3/day)	329	762
BOD_5 (kg/day)	75,6	203,5
Αιωρούμενα στερεά (kg/day)	110	296
Ολικό άζωτο	13,75	37

Πηγή : [14]

Η μονάδα λειτουργεί βάσει της μεθόδου παρατεταμένου αερισμού και τα επεξεργασμένα λύματα που προκύπτουν είτε διατίθενται για άρδευση εκτάσεων είτε καταλήγουν σε παρακείμενο χείμαρρο. Για την αποφυγή τυχόν προβλημάτων το Τμήμα Υγιεινής της Διεύθυνσης Πρόνοιας της πρώην Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης Σάμου θεώρησε απαραίτητο να πληρούνται οι προδιαγραφές που παρουσιάζονται στον πίνακα 2.5.

Πίνακας 2.5. Προδιαγραφές Τμήματος Υγιεινής της πρώην Ν.Α Σάμου για τη διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων προς άρδευση.

Παράμετροι	Περίοδος	
	Χειμερινή	Θερινή
BOD_5 (mg/lt)	230 < 20	267
Αιωρούμενα στερεά SS (mg/lt)	334 < 30	388
Ολικό άζωτο (mg/lt)	41,8 < 15	48,6
Πλήθος κολοβακτηριδίων στο 80% των δειγμάτων	< 100 / 100 ml	

Πηγή : [14]

Η εύρυθμη λειτουργία του σταθμού διασφαλίζεται από την τήρηση των οδηγιών της Ευρωπαϊκής Ένωσης που ορίζουν :

- BOD5 = 20 mg/lt
- COD = 120 mg/lt
- Αιωρούμενα στερεά SS = 30 mg/lt
- N = 15 mg/lt
- Ολικός φώσφορος = 2 mg/lt
- Λίπη – Έλαια = 20 mg/lt
- Ορυκτά έλαια, υδρογονάνθρακες = 15 mg/lt
- Επιπλέοντα υλικά μεγαλύτερα του ενός cm : 0
- Υπολειπόμενο χλώριο = 0,5 mg/lt
- Ολικά κολοβακτηρίδια 100/100 ml

<u>Μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων περιοχής Καρλοβάσου</u>

Η μονάδα του Καρλοβάσου εγκαταστάθηκε το 1993 και ο σχεδιασμός της έγινε με βάση τις παραμέτρους του πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 2.6. Παράμετροι του βιολογικού καθαρισμού Καρλοβάσου.

Παράμετροι	Περίοδος	
	Χειμώνας	Καλοκαίρι
Εξυπηρετούμενος πληθυσμός	8.050	12.220
Ημερήσια παροχή $Q_{ημ}$ (m^3/day)	1.052	1.942
Μέση μέγιστη παροχή Q_0 (m^3/hr)	65,80	120,50
Μέγιστη ωριαία παροχή Q_{max} (m^3/hr)	118,40	164,50
Ημερήσια ποσότητα BOD_5 (kg/day)	483	733
Ημερήσια ποσότητα στερεών (kg/day)	644	978
Ημερήσια ποσότητα αζώτου N (kg/day)	81	122
Ημερήσια ποσότητα φωσφόρου P (kg/day)	24	37
Συγκέντρωση BOD_5 (mg/lt)	459	377
Συγκέντρωση στερεών SS (mg/lt)	612	503
Συγκέντρωση αζώτου N (mg/lt)	76	63
Συγκέντρωση φωσφόρου P (mg/lt)	23	19

Πηγή : [14]

Η μέθοδος επεξεργασίας των λυμάτων που εφαρμόζεται είναι αυτή της ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό, νιτροποίηση και απονιτροποίηση. Τα επεξεργασμένα λύματα οδηγούνται με αγωγό στη θάλασσα παρουσιάζοντας τα εξής ανώτατα όρια :

- BOD_5 < 10 mg/lt
- Αιωρούμενα στερεά SS < 10 mg/lt
- Ολικό άζωτο (N) < 15 mg/lt
- Αμμωνιακό άζωτο (NH3-N) < 2 mg/lt
- Υπολειμματικό χλώριο < 0,5 mg/lt
- Πλήθος κολοβακτηριδίων στο 80% των δειγμάτων < 50/50 ml

<u>Μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων περιοχής Κοκκαρίου</u>

Η μονάδα επεξεργασίας στην περιοχή του Κοκκαρίου εγκαταστάθηκε με σκοπό την εξυπηρέτηση των μόνιμων κατοίκων της ευρύτερης περιοχής αλλά και των τουριστών που την κατακλύζουν τη θερινή περίοδο.

Πίνακας 2.7. Παράμετροι του βιολογικού καθαρισμού Κοκκαρίου.

Παράμετρος	Χειμώνας	Καλοκαίρι	
		Παρούσα φάση	Μελλοντική φάση
Πληθυσμός	1000	5000	7500
Ημερήσια παροχή $Q_{ημ}$ (m^3/day)	265	865	1240
Μέση παροχή Q_o (m^3/hr)	16,5	54	77,5
Μέγιστη ωριαία παροχή Q_{max} (m^3/hr)	33,2	108	155
Ρυπαντικό φορτίο BOD_5 [gr/(κάτοικο x day)]	60	60	60
Ποσότητα στερεών SS (gr/κάτοικο)	80	80	80
Ολικό άζωτο [gr/(κάτοικο x day)]	10	10	10
Ολικός φώσφορος [gr/(κάτοικο x day)]	2,5	2,5	2,5
Ημερήσια ποσότητα BOD_5 (kg/day)	60	300	450
Ημερήσια ποσότητα στερεών (kg/day)	80	400	600
Ημερήσια ποσότητα αζώτου (kg/day)	10	50	75
Συγκέντρωση BOD_5 (mg/lt)	226	347	363
Συγκέντρωση στερεών SS (mg/lt)	302	462	484
Συγκέντρωση αζώτου (mg/lt)	37,8	57,8	60,5
Συγκέντρωση φωσφόρου (mg/lt)	9,5	14,5	15,1

Πηγή : [14]

Η μονάδα έχει υιοθετήσει το σύστημα της ενεργού ιλύος με τη μορφή του παρατεταμένου αερισμού. Τα ανώτατα όρια εκπομπής προκειμένου να διατεθούν τα επεξεργασμένα λύματα στη θάλασσα είναι τα εξής :

- BOD_5 < 40 mg/lt
- Αιωρούμενα στερεά SS < 40 mg/lt

- Ολικό άζωτο (N) < 10 mg/lt
- Πλήθος κολοβακτηριδίων στο 80% των δειγμάτων < 100/100 ml

Μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων περιοχής Αγίου Κωνσταντίνου

Η υφιστάμενη εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων σχεδιάστηκε βάσει των παραμέτρων του ακόλουθου πίνακα και λειτουργεί από το 1994 εξυπηρετώντας τους μόνιμους και εποχιακούς κατοίκους του δημοτικού διαμερίσματος Αγίου Κωνσταντίνου.

Πίνακας 2.8. Παράμετροι βιολογικού καθαρισμού Αγίου Κωνσταντίνου.

Παράμετρος	Χειμώνας	Καλοκαίρι
Ισοδύναμος πληθυσμός	406	1200
Ημερήσια παροχή Q_m^K (m^3/hr)	-	250
Ημερήσια παροχή Q_m^X (m^3/hr)	60	-
Μέγιστη μέση παροχή max $Qm^Θ$ (m^3/hr)	-	14,6
Παροχή αιχμής max Qo (m^3/hr)	-	29,1
Ελάχιστη ωριαία παροχή minQ_o^X (m^3/hr)	4,5	-
Ημερήσιο οργανικό φορτίο (kg BOD_5/day)	24,5	72
Ημερήσιο φορτίο αιωρούμενων στερεών (kg SS/day)	32,5	96
Ημερήσιο φορτίο αζώτου (kg/day)	4	12
Ημερήσιο φορτίο φωσφόρου (kg/day)	1	3
Συγκέντρωση BOD_5 (mg/lt)	182	288
Συγκέντρωση στερεών SS (mg/lt)	241	384
Συγκέντρωση αζώτου N (mg/lt)	29,6	48
Συγκέντρωση φωσφόρου P (mg/lt)	7,41	12

Πηγή : [14]

Μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων της πόλης της Σάμου

Η υπόψη μονάδα επεξεργασίας βρίσκεται υπό κατασκευή τα τελευταία χρόνια και με την ολοκλήρωση της αναμένεται να εξυπηρετεί τους κατοίκους της πόλης της Σάμου και του δημοτικού διαμερίσματος Παλαιοκάστρου. Η συγκεκριμένη εγκατάσταση αποτελεί

έργο πνοής για την περιοχή καθώς έως σήμερα τα λύματα της περιοχής καταλήγουν, μέσω του αποχετευτικού δικτύου, στο λιμάνι της πόλης χωρίς να υποστούν καμία επεξεργασία με σημαντικές επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον.

Πίνακας 2.9. Παράμετροι του βιολογικού καθαρισμού πόλεως Σάμου.

Παράμετροι	Χειμώνας	Καλοκαίρι
Πληθυσμός	9.000	11.500
Ημερήσια παροχή Qημ (m^3/day)	1.650	2.000
Μέση παροχή Qo (m^3/hr)	105	125
Ωριαία παροχή Qmax (m^3/hr)	210	250
Ρυπαντικό φορτίο BOD5 [gr/(κάτοικο x day)]	60	60
Ποσότητα στερεών SS (gr/κάτοικο)	80	80
Ολικό άζωτο N [gr/(κάτοικο x day)]	10	60
Ολικός φώσφορος P [gr/(κάτοικο x day)]	2,5	2,5
Ημερήσια ποσότητα BOD_5 (kg/day)	540	690
Ημερήσια ποσότητα στερεών SS (kg/day)	720	920
Ημερήσια ποσότητα αζώτου N (kg/day)	90	115
Συγκέντρωση BOD_5 (mg/lt)	330	345
Συγκέντρωση στερεών SS (mg/lt)	435	460
Συγκέντρωση αζώτου N (mg/lt)	54	57,5
Συγκέντρωση φωσφόρου P (mg/lt)	13,6	14,1

Πηγή : [14]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^{Ο}

3. Κατανάλωση ενέργειας στη νήσο Σάμο

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν οι ενεργειακές απαιτήσεις της Σάμου, τόσο ανά μορφή καυσίμου και ενέργειας, όσο και ανά τομέα. Χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία των τεσσάρων τελευταίων ετών που παραχωρήθηκαν ευγενώς από το Τελωνείο της Σάμου και από τη ΔΕΗ.

3.1. Υγρά καύσιμα

Τα υγρά καύσιμα που διακινούνται, πωλούνται και χρησιμοποιούνται στη Σάμο είναι η αμόλυβδη βενζίνη 95 και 100 οκτανίων, η Super (LRP), το Diesel κίνησης και θέρμανσης, το Bunk και το JET-A1. Η αμόλυβδη βενζίνη (95 και 100 οκτανίων), το Diesel κίνησης καθώς και μέρος της LRP καταναλώνονται από τον τομέα των μεταφορών. Το Diesel θέρμανσης απορροφάται από τον οικιακό τομέα για τη λειτουργία καυστήρων κατά τους χειμερινούς κυρίως μήνες. Η κατανάλωση του Bunk βρίσκει εφαρμογή στο ναυτιλιακό τομέα, ενώ το καύσιμο JET-A1 χρησιμοποιείται για τον εφοδιασμό των πυροσβεστικών αεροπλάνων που εδρεύουν στη Σάμο και εκτελούν πλήθος δρομολογίων κατά τη διάρκεια του εξαμήνου Μαΐου – Οκτωβρίου. Η μηνιαία και ετήσια κατανάλωση, σε χιλιάδες λίτρα, κάθε κατηγορίας υγρών καυσίμων παρουσιάζεται στον πίνακα 3.1.

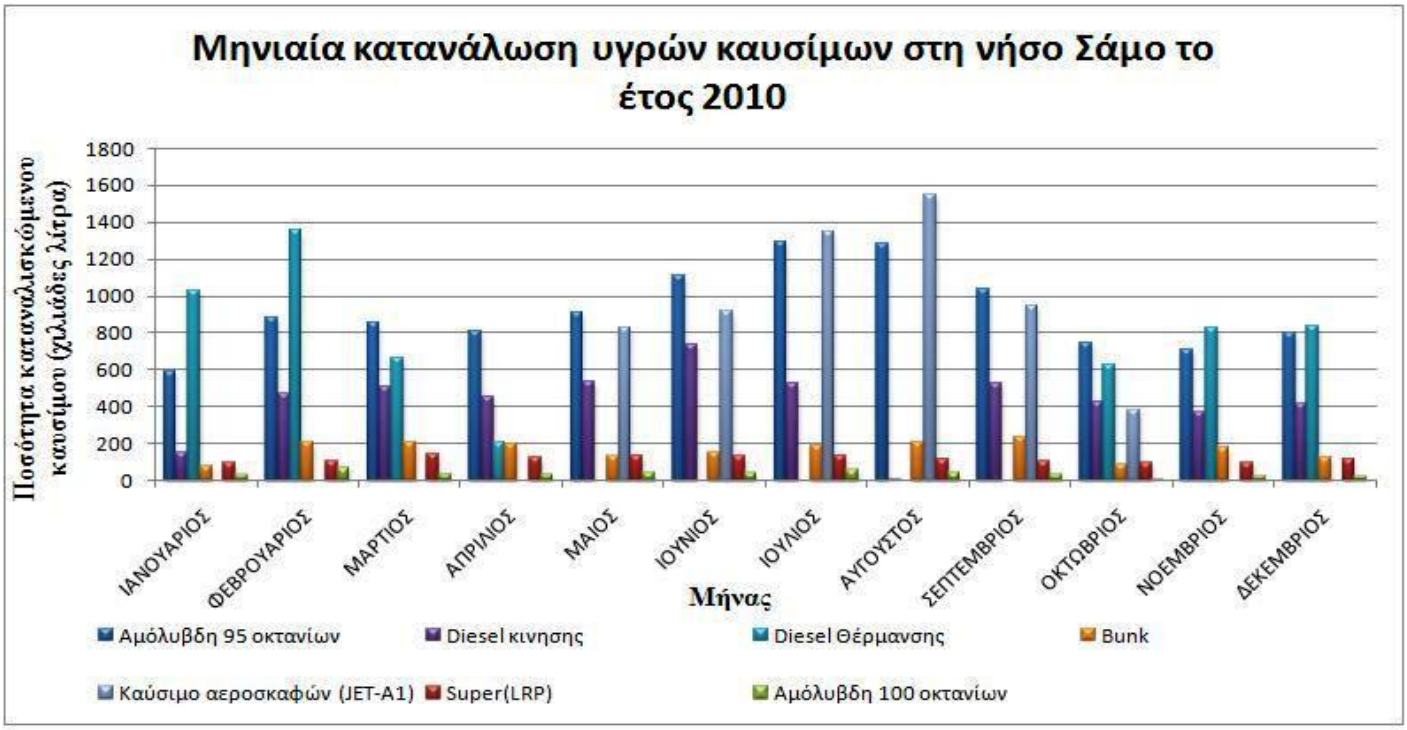
Πίνακας 3.1. Καύσιμα που καταναλώθηκαν στη Σάμο το 2010.

Κατανάλωση υγρών καυσίμων στη νήσο Σάμο το έτος 2010 (χιλιάδες λίτρα)							
Μήνας	**Αμόλυβδη 95 οκτανίων**	**Super (LRP)**	**Αμόλυβδη 100 οκτανίων**	**Diesel κίνησης**	**Diesel Θέρμανσης**	**Bunk**	**Καύσιμο αεροσκαφών (JET-A1)**
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	593,622	95,000	30,000	149,697	1029,716	79,250	-
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	884,429	102,588	66,283	466,902	1352,471	210,000	-
ΜΑΡΤΙΟΣ	854,889	145,362	35,340	506,526	666,207	202,600	-
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	808,729	124,500	31,000	454,759	201,210	196,800	-
ΜΑΙΟΣ	907,935	134,740	45,741	533,217	-	129,500	827,870
ΙΟΥΝΙΟΣ	1110,158	129,560	40,000	732,461	-	152,050	917,228
ΙΟΥΛΙΟΣ	1290,780	137,000	57,000	525,787	-	188,450	1344,222
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1280,405	115,098	45,000	4,985	-	201,350	1544,006
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1039,638	100,779	31,946	524,460	-	232,600	948,466
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	745,254	94,190	5,000	423,966	623,500	86,300	378,367
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	711,631	92,301	25,000	365,784	822,091	177,700	-
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	798,760	117,676	21,000	414,250	836,716	124,100	-
ΕΤΗΣΙΩΣ	**11026,230**	**1388,794**	**433,310**	**5102,794**	**5531,911**	**1980,700**	**5960,159**

Πηγή : [15]

Από την παρακάτω εικόνα παρατηρείται ότι το μοναδικό καύσιμο που εμφανίζει μια σχετικά σταθερή και υψηλή κατανάλωση με αυξητικές τάσεις τους θερινούς μήνες και αποδίδει την περισσότερη ενέργεια είναι η αμόλυβδη βενζίνη 95 οκτανίων. Αξιοσημείωτη σταθερότητα παρουσιάζει και η ζήτηση του Diesel κίνησης με εξαίρεση το μήνα Ιανουάριο κατά τον οποίο καταγράφεται περιορισμένη κατανάλωση του. Καύσιμα που εμφανίζουν το χαρακτηριστικό της εποχικότητας είναι το Diesel θέρμανσης και το JET-A1, τα οποία καταναλώνονται σε εξαιρετικά υψηλές ποσότητες κατά τις περιόδους χρήσης τους. Επιπρόσθετα, η μηνιαία ζήτηση των υπολοίπων κατηγοριών καυσίμου κυμαίνεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Τέλος εύκολα γίνεται αντιληπτό ότι κατά τη θερινή περίοδο είτε λόγω της

αυξημένης συγκέντρωσης πληθυσμού είτε λόγω της δραστηριότητας των πυροσβεστικών αεροσκαφών καταγράφεται η υψηλότερη κατανάλωση ενέργειας.



Εικόνα 3.1. Μηνιαία κατανάλωση υγρών καυσίμων το 2010. Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

Σε ετήσια βάση η αμόλυβδη βενζίνη 95 οκτανίων εμφανίζεται να καταλαμβάνει λίγο πάνω από το 1/3 της συνολικά διακινούμενης ποσότητας υγρών καυσίμων (35 %) και ακολουθούν το καύσιμο των αεροσκαφών με 19 %, το Diesel θέρμανσης και κίνησης με 18 % και 16 % αντίστοιχα. Οι προαναφερθείσες κατηγορίες καυσίμου είναι εκείνες που διαδραματίζουν το σημαντικότερο ρόλο στον οικιακό τομέα καθώς και σε αυτόν των μεταφορών. Οι υπόλοιποι τρείς τύποι καυσίμου δεν θεωρείται ότι συνεισφέρουν σημαντικά στο ενεργειακό σκηνικό του νησιού καθώς εμφανίζουν ποσοστά που δεν υπερβαίνουν το 6 % της συνολικής κατανάλωσης.

Εικόνα 3.2. Κατανάλωση υγρών καυσίμων σε ετήσια βάση στη Σάμο. Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

Εικόνα 3.3. Ποσοστιαία συμβολή κάθε κατηγορίας καυσίμου στη συνολική κατανάλωση σε ετήσια βάση. Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

3.2. Ηλεκτρική ενέργεια

Η Σάμος για την κάλυψη του μεγαλύτερου μέρους των ενεργειακών της αναγκών διαθέτει έναν αυτόνομο σταθμό παραγωγής (ΑΣΠ) ηλεκτρικής ενέργειας. Ο σταθμός ηλεκτροπαραγωγής της Σάμου κατασκευάστηκε στις αρχές της δεκαετίας του ’60 στην ευρύτερη περιοχή της κοινότητας Κοκκαρίου και εντοπίζεται σε ακτίνα περίπου 400 μέτρων από το κοντινότερο σπίτι της κοινότητας και 6 – 7 χιλιόμετρα από την πρωτεύουσα της Σάμου. [16]

Εικόνα 3.4. Αεροφωτογραφία, στην οποία διακρίνονται το εργοστάσιο της ΔΕΗ (κάτω δεξιά) και το δημοτικό διαμέρισμα Κοκκαρίου Σάμου. Πηγή: [17]

Για τη λειτουργία του ΑΣΠ Σάμου χρησιμοποιούνται ως καύσιμο μαζούτ και diesel. Ο ανεφοδιασμός του σταθμού με καύσιμα γίνεται από τη θάλασσα μέσω δεξαμενόπλοιου με τη χρήση δυο μόνιμα εγκατεστημένων αγωγών πετρέλευσης. Στον ΑΣΠ Σάμου υπάρχουν μόνιμα εγκατεστημένα δώδεκα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη (Η/Ζ) συνολικής ονομαστικής ισχύος 55,68 MW. Συγκεκριμένα η ενεργειακή ζήτηση ικανοποιείται από τη λειτουργία

τριών Η/Ζ Wartsila (3 Χ 8,25 MW), τριών Η/Ζ Sulzer (1 Χ 11,28 MW και 2 Χ 6 MW) και έξι Η/Ζ Mitsubishi (6 Χ 1,275 MW) [18].

Εικόνα 3.5. Άποψη του εργοστασίου παραγωγής ηλεκτρισμού στο νησί της Σάμου. Πηγή: Ιδία.

Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας

Ο ηλεκτρισμός θεωρείται μια από τις σημαντικότερες μορφές ενέργειας για κάθε σύγχρονη κοινωνία η απουσία του οποίου, έστω και για σύντομο χρονικό διάστημα, προκαλεί πλήθος προβλημάτων αποδιοργανώνοντας και καθιστώντας αδύνατες υλοποιήσεις πολλές από τις καθημερινές, απλές και ζωτικής σημασίας δραστηριότητες του ανθρώπου. Εξαίρεση δεν αποτελεί η Σαμιακή κοινωνία, η οποία παρουσιάζει υψηλή εξάρτηση από την ηλεκτρική ενέργεια.

Ο πίνακας 3.2 διαμορφώνει μια γενικότερη εικόνα της ζητηθείσας ηλεκτρικής ενέργειας για το διάστημα 2007 - 2010 τόσο συνολικά, σε ετήσια βάση, όσο και κατηγοριοποιημένα ανάλογα με τον τομέα οι ενεργειακές ανάγκες του οποίου ήταν απαραίτητο να ικανοποιηθούν. Οι τομείς χρήσης που εξετάζονται είναι ο οικιακός, ο βιομηχανικός, ο εμπορικός, ο γεωργικός, ο δημόσιος και ο φωτισμός των πόλεων.

Πίνακας 3.2. Ζητηθείσα από τη ΔΕΗ ενέργεια ανά τομέα χρήσης για τα έτη 2008 - 2010.

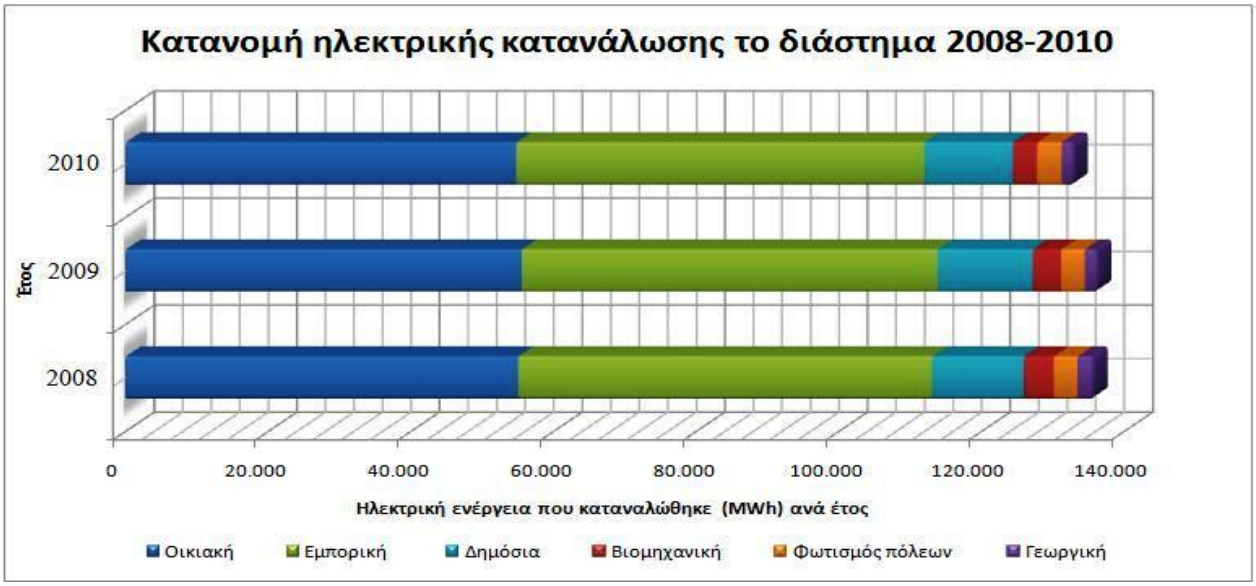
Ζητηθείσα από τη ΔΕΗ ενέργεια (MWh)							
Έτος	**Τομέας / κατηγορία χρήσης**						**Γενικό άθροισμα**
	Οικιακός	**Βιομηχανικός**	**Εμπορικός**	**Γεωργικός**	**Δημόσιος**	**Φωτισμός πόλεων**	
2007	-	-	-	-	-	-	132.979,000
2008	55.055,000	4.173,000	57.997,000	2.247,000	12.898,000	3.329,000	135.699,000
2009	55.535,868	3.968,347	58.294,172	1.783,907	13.345,032	3.306,772	136.234,098
2010	54.779,883	3.429,560	57.214,595	1.674,817	12.407,324	3.407,750	132.913,929

Πηγή : [18]

Μελετώντας τα στοιχεία που παρατίθενται στον ανωτέρω πίνακα και τη γραφική τους απεικόνιση στην ακόλουθη εικόνα παρατηρούμε ότι η κατανομή της ζήτησης δεν έχει παρουσιάσει εξαιρετικά ραγδαίες μεταβολές. Πιο συγκεκριμένα κατά το διάστημα 2007 - 2009 η ενεργειακή ζήτηση εμφάνισε σταθερή αυξητική τάση, ενώ το 2010 καταγράφηκε σημαντική μείωση της ζήτησης η οποία επανέφερε την κατανάλωση ενέργειας στα επίπεδα του 2007. Εστιάζοντας στις μειώσεις σε κάθε έναν από τους τομείς χρήσης αντιλαμβανόμαστε ότι οι μεγαλύτεροι περιορισμοί της ζήτησης σημειώθηκαν στο βιομηχανικό και δημόσιο τομέα με 13,5 και 7% αντίστοιχα. Εξίσου σημαντική μείωση της τάξης των 1000 MWh (-2%) παρουσίασαν ο οικιακός και εμπορικός τομέας. Η υπόψη εξέλιξη μπορεί να αποδοθεί στα χαμηλά επίπεδα της τουριστικής κίνησης καθώς και στους περιορισμούς των νοικοκυριών και των επιχειρήσεων λόγω της οικονομικής αστάθειας της χώρας που επέφερε αυξήσεις στην τιμολογιακή πολιτική της ΔΕΗ.

Εικόνα 3.6. Συνολική ενέργεια που καταναλώθηκε στο νησί της Σάμου την περίοδο 2007 - 2010. Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

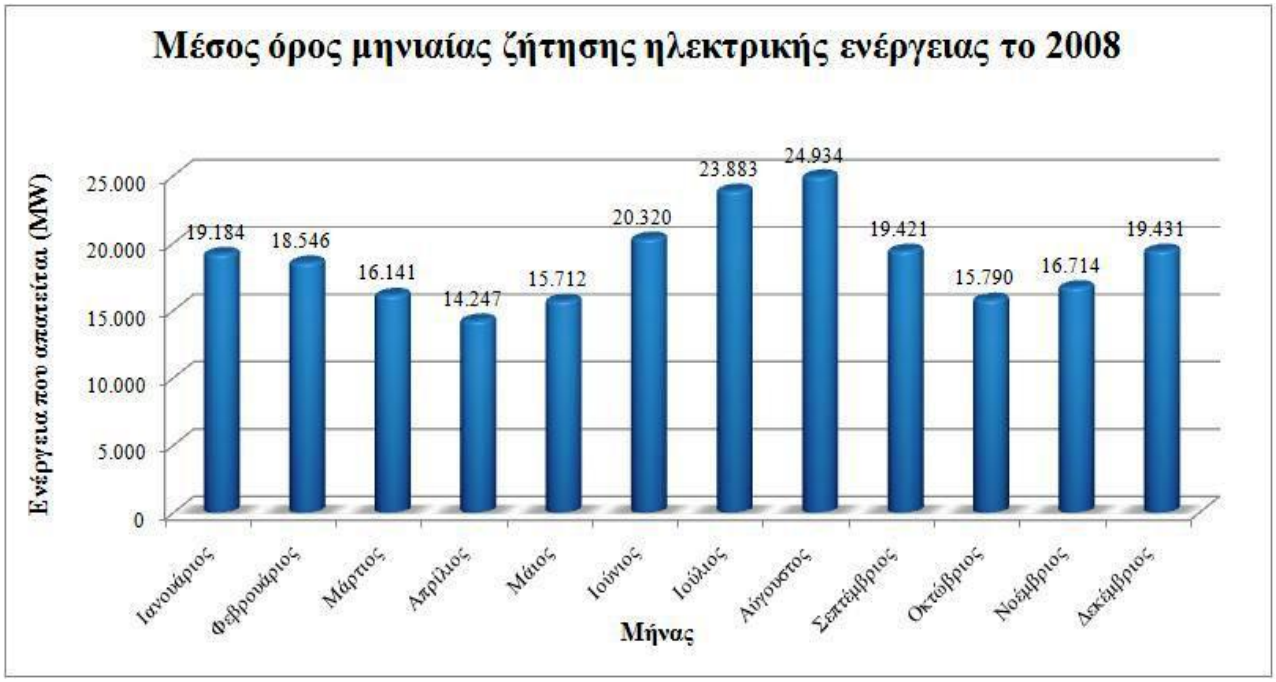
Σύμφωνα με τις εικόνες 3.7 και 3.8 οι τομείς στους οποίους αποδίδονται τα μεγαλύτερα ποσά ενέργειας είναι ο εμπορικός (43,0%) και ο οικιακός (41,0%) και ακολουθούν κατά σειρά ο δημόσιος (10,0%), ο βιομηχανικός (3,0%), ο φωτισμός των πόλεων (2,0%) και τέλος ο γεωργικός (1,0%).



Εικόνα 3.7. Κατανομή ηλεκτρικής κατανάλωσης στη νήσο Σάμο τα έτη 2008-2010. Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

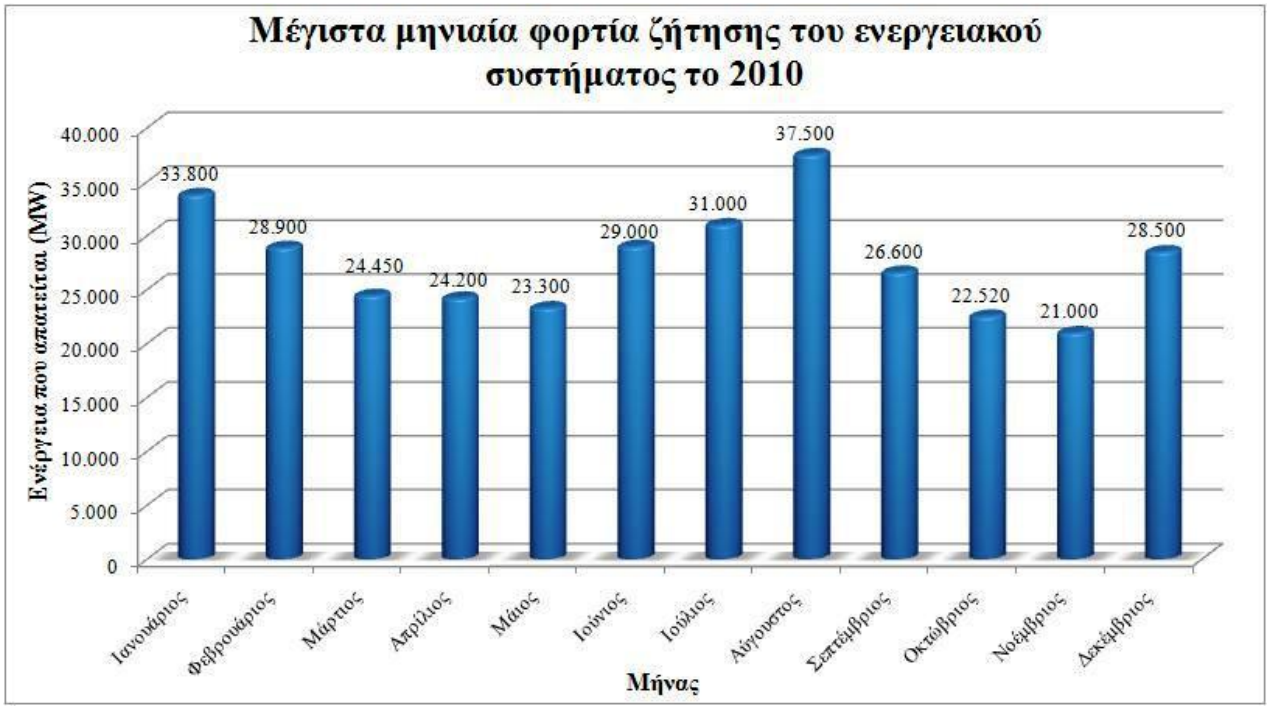
Εικόνα 3.8. Ποσοστιαία κατανομή ηλεκτρικής ενέργειας στη νήσο Σάμο τα έτη 2008-2010. Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

Κρίνοντας από το μέσο όρο της μηνιαίας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας το 2008 αντιλαμβανόμαστε ότι οι μήνες με την υψηλότερη καταγεγραμμένη ζήτηση είναι ο Ιούνιος, ο Ιούλιος και ο Αύγουστος που αντιστοιχούν στην τουριστική περίοδο του νησιού. Βέβαια, παρατηρούμε ότι η μεταβολή της ζήτησης δεν είναι υπερβολική σε αντίθεση με άλλες νησιωτικές περιοχές για τις οποίες σημειώνεται ακόμη και διπλασιασμός της καταναλισκόμενης ενέργειας το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Παρ' όλα αυτά η αυξημένη ζήτηση που οφείλεται τόσο στην παρουσία τουριστών αλλά και στη χρήση κλιματιστικών συσκευών θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί με τη χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, στην προκειμένη περίπτωση φωτοβολταικών, τόσο στις οικίες των πολιτών όσο και στις ξενοδοχειακές εγκαταστάσεις. Κατά το υπόλοιπο διάστημα του έτους οι υψηλότερες τιμές αναμένονταν τους χειμερινούς μήνες λόγω της περιορισμένης διάρκειας της ημέρας αλλά και, ενδεχομένως, λόγω της χρήσης συσκευών θέρμανσης που λειτουργούν με ηλεκτρισμό.

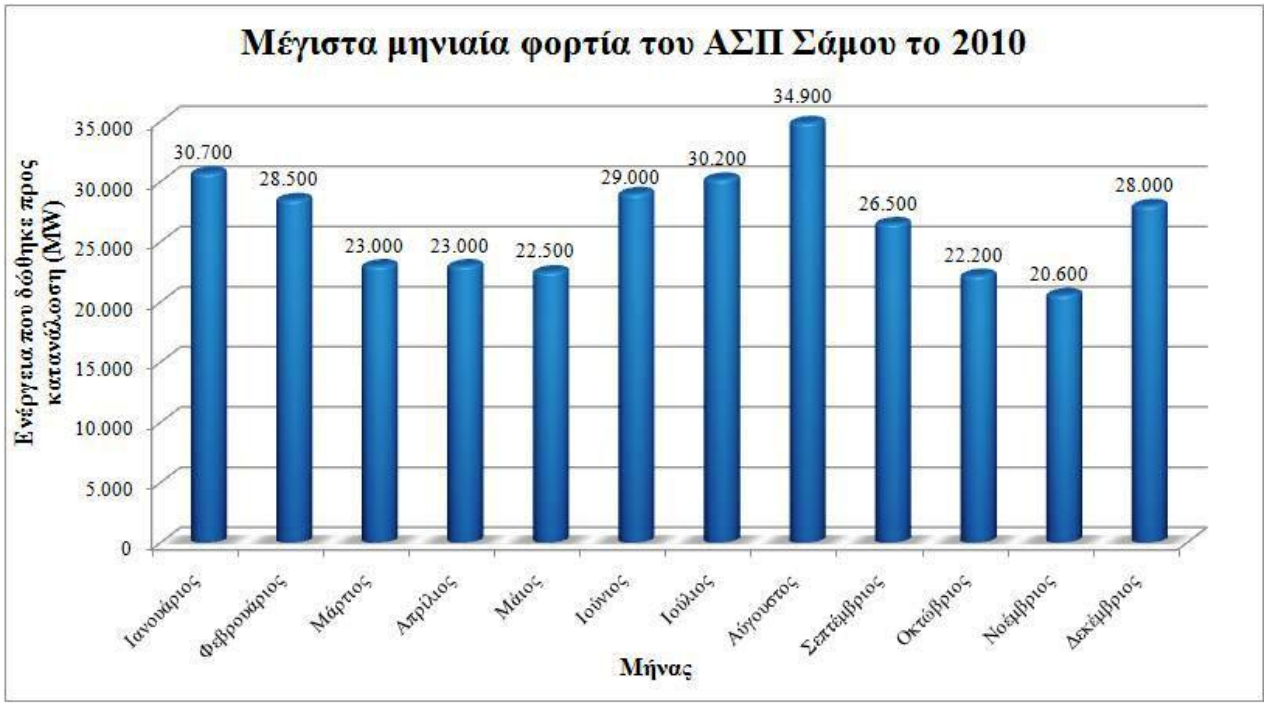


Εικόνα 3.9. Μέσος όρος μηνιαίας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας το 2008. Πηγή : [18].

Οι εικόνες 3.10 και 3.11 παρουσιάζουν τα μέγιστα μηνιαία φορτία ζήτησης του ενεργειακού συστήματος της Σάμου αλλά και του ΑΣΠ της ΔΕΗ για το 2010. Είναι φανερό ότι ο σταθμός της ΔΕΗ ανταποκρίνεται σε ένα αρκετά υψηλό ποσοστό της απαιτούμενης ενέργειας, που κυμαίνεται μεταξύ 90 και 98%, όμως ιδιαίτερα σημαντική κρίνεται η συνεισφορά των αιολικών πάρκων του νησιού που καλύπτουν το εναπομείναν ποσοστό διατηρώντας την ενεργειακή ισορροπία και επάρκεια. Όπως άλλωστε αναμενόταν το μεγαλύτερο φορτίο τόσο σε επίπεδο ενεργειακού συστήματος όσο και σταθμού ζητήθηκε κατά το μήνα Αύγουστο.



Εικόνα 3.10. Μέγιστα μηνιαία φορτία ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας του ενεργειακού συστήματος κατά το έτος 2010. Πηγή : [18].



Εικόνα 3.11. Μέγιστα μηνιαία φορτία ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας του ΑΣΠ Σάμου το 2010. Πηγή : [18].

3.2.1. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας νήσου Σάμου

Κοινό χαρακτηριστικό των περισσοτέρων από τα ελληνικά νησιά είναι το υψηλό αιολικό και ηλιακό δυναμικό, ενώ σε μερικά από αυτά παρατηρείται και αξιόλογο γεωθερμικό δυναμικό. Ωστόσο, η τεχνολογία κλειδί για την περιοχή του Αιγαίου, αλλά και γενικότερα για τον ελλαδικό χώρο, είναι η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας σε μεγάλη κλίμακα με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας [19]. Στο νησί της Σάμου έχει καταγραφεί πλούσιο αιολικό και ηλιακό δυναμικό για την αξιοποίηση των οποίων είτε γίνονται ήδη ενέργειες αξιοποίησης τους είτε σχεδιάζονται ώστε να υλοποιηθούν άμεσα. Πρόσφατα εντοπίστηκε αξιόλογο γεωθερμικό πεδίο στο δυτικό τμήμα του νησιού, το οποίο όμως βρίσκεται ακόμη υπό μελέτη.

Οι δράσεις που αποσκοπούν στην αξιοποίηση του μεγάλου αιολικού δυναμικού περιλαμβάνουν την εγκατάσταση αιολικών πάρκων από τη ΔΕΗ αλλά και από ιδιωτικές πρωτοβουλίες σε διάφορα τμήματα του νησιού. Τα υπάρχοντα αιολικά πάρκα καλύπτουν περίπου το 10% της συνολικής ενεργειακής ζήτησης.

Πίνακας 3.3. Γενικά χαρακτηριστικά εγκατεστημένων αιολικών πάρκων.

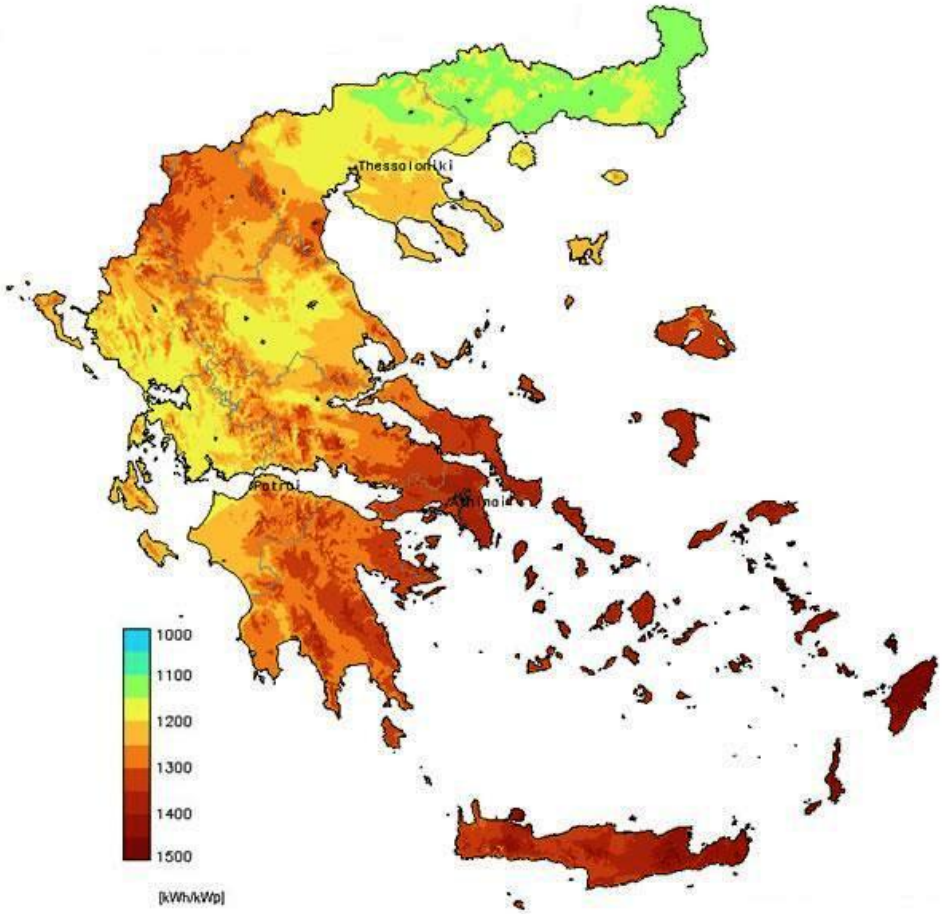
Αιολικά Πάρκα που έχουν εγκατασταθεί			
Περιοχή	**Αριθμός ανεμογεννητριών**	**Ισχύς (MW)**	**Ιδιοκτήτης**
Α/Π Πυθαγορείου	9 (225 KW)	2,025	ΔΕΗ Ανανεώσιμες
Α/Π Μαραθοκάμπου	9 (100 KW)	0,900	ΔΕΗ Ανανεώσιμες
Α/Π Άγιοι Πάντες	1 (1000 KW)	1,250	Ιδιώτης
	1 (250 KW)		
Α/Π Σ. Πεύκος	2 (600 KW)	1,200	Ιδιώτης
Α/Π Καμένος Μύλος	1 (750 KW)	0,750	Ιδιώτης
Α/Π Φτεριάς	3 (600 KW)	1,800	Ιδιώτης

Πηγή : [18]

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς που αποδίδεται από τα υφιστάμενα αιολικά πάρκα ανέρχεται σε 7,925 MW.

Εικόνα 3.12. Αιολικό πάρκο της ΔΕΗ στο Πυθαγόρειο της Σάμου. Πηγή : [18]

Ο τομέας των φωτοβολταικών που βασίζεται στην έντονη ηλιοφάνεια δεν παρουσίασε ιδιαίτερη ανάπτυξη τα προηγούμενα χρόνια, παρά το γεγονός ότι η Σάμος κατατάσσεται στις υψηλότερες βαθμίδες έντασης ηλιοφάνειας, όπως γίνεται αντιληπτό και από την εικόνα 3.13. Το ενεργειακό σκηνικό διαφοροποιήθηκε έντονα έπειτα από την ανακοίνωση των επιδοτούμενων προγραμμάτων ανάπτυξης φωτοβολταϊκών συστημάτων και αναμένεται, βάσει των αδειοδοτήσεων, ότι έως τα τέλη του 2012 θα έχουν εγκατασταθεί 3,5 MW [18].



Εικόνα 3.13. Χάρτης ηλιακού δυναμικού της ελληνικής επικράτειας. Πηγή : [20]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^{Ο}

4.Φωτοβολταικά

4.1 Φωτοβολταϊκή τεχνολογία [22]

Το ηλιακό φως αποτελείται από ενεργειακά σωματίδια που ονομάζονται φωτόνια. Τα φωτόνια παρουσιάζουν κοινή ταχύτητα αλλά διαφορετική ενέργεια, η οποία εξαρτάται από το μήκος κύματος της περιοχής του ηλιακού φάσματος που ανήκουν. Από αυτά, όταν προσπίπτουν σε υλικό με ημιαγώγιμες ιδιότητες άλλα το διαπερνούν και άλλα απορροφώνται. Τα φωτόνια με μεγάλη ενέργεια, τα οποία και απορροφώνται είναι εκείνα που ευθύνονται για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Αντιθέτως, τα φωτόνια με χαμηλή ενέργεια διαπερνούν τον αγωγό χωρίς απολύτως καμία επίδραση.

Όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει σε κρυστάλλους πυριτίου, ένα φωτόνιο διεισδύει σ' ένα άτομο πυριτίου εκδιώκοντας ένα ηλεκτρόνιο από την τροχιά του δημιουργώντας παράλληλα έναν κενό δεσμό, μια οπή, στην τετραεδρική κρυσταλλική δομή. Το απελευθερωμένο ηλεκτρόνιο, που έχει αρνητικό φορτίο, κινείται μέσα στους κρυστάλλους αναζητώντας την οπή του, η οποία αποτελεί ένα θετικό φορτίο. Όμως και η οπή κινείται αλλάζοντας θέσεις σε πρώτη φάση με ένα κοντινό ηλεκτρόνιο και εν συνεχεία εναλλάξ με άλλα που βρίσκονται σε πιο απομακρυσμένες θέσεις.

Έτσι το ηλεκτρόνιο και η οπή του θα διαχωρίζονταν για πολύ σύντομο χρονικό διάστημα, πριν ξαναενωθούν και απωλέσουν την ενέργεια του φωτός, υπό μορφή θερμότητας. Εάν όμως μερικά άτομα πυριτίου αντικατασταθούν στη μια πλευρά του κρυστάλλου με άτομα βορίου και στην άλλη με άτομα φωσφόρου, η μια πλευρά εμφανίζει σταθερά θετικά φορτία και η άλλη σταθερά αρνητικά. Η φόρτιση της κάθε πλευράς με αντίθετα φορτία οφείλεται στο διαφορετικό σθένος των ατόμων βορίου και φωσφόρου, τόσο μεταξύ τους όσο και με αυτό των ατόμων πυριτίου.

Τα άτομα βορίου έχουν στην εξωτερική τους στιβάδα τρία ηλεκτρόνια, αντί για τέσσερα του πυριτίου. Έτσι η δημιουργία δεσμού με τα άτομα πυριτίου έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία οπής στο κρύσταλλο, και συνεπώς, ένα έλλειμμα αρνητικού φορτίου. Από την άλλη τα άτομα του φωσφόρου έχουν πέντε ηλεκτρόνια σθένους στην εξωτερική τους

στιβάδα, με αποτέλεσμα να περισσεύει ένα ηλεκτρόνιο στο δεσμό τους με τα άτομα πυριτίου, το οποίο προκαλεί εμφάνιση αρνητικού φορτίου.

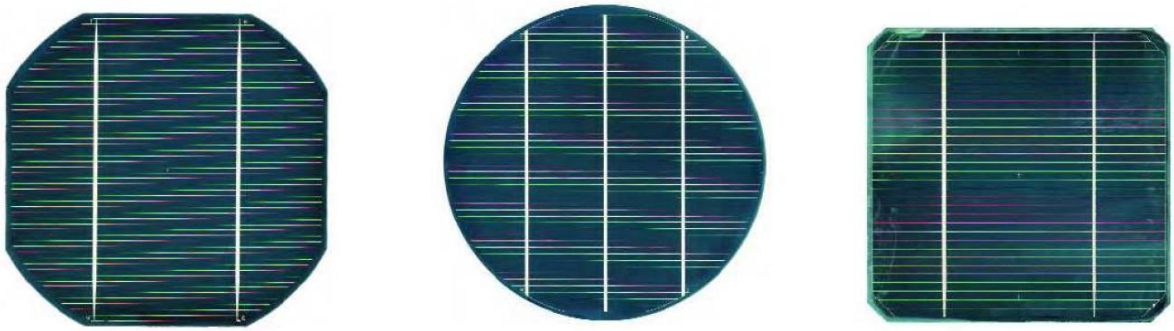
Στο σημείο επαφής των δυο αντιθέτως φορτισμένων πλευρών δημιουργείται ένα πολύ μικρού πάχους ενεργειακό φράγμα, όπου λόγω της ισχυρής διαφοράς δυναμικού που παρατηρείται, τα ηλεκτρόνια μπορούν να μετακινηθούν από τη θετικά στην αρνητικά φορτισμένη πλευρά, όχι όμως και κατά την αντίθετη κατεύθυνση. Αυτή είναι η βασική ιδιότητα ενός ημιαγωγού. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται ο μόνιμος διαχωρισμός των ηλεκτρονίων από τις οπές τους και αυτά συσσωρεύονται στην αρνητικά φορτισμένη πλευρά του κρυστάλλου πυριτίου, ενώ οι οπές συσσωρεύονται στη θετικά φορτισμένη πλευρά του.

Αυτός ο ημιαγωγός ονομάζεται φωτοβολταϊκό στοιχείο. Εάν στις δυο πλευρές του συνδεθούν εξωτερικοί ακροδέκτες και το κύκλωμα κλείσει με την εγκατάσταση μιας ηλεκτρικής συσκευής, τα ηλεκτρόνια διοχετεύονται στο κύκλωμα, περνούν από την ηλεκτρική συσκευή, όπου παράγουν έργο, για να καταλήξουν στην άλλη πλευρά του κρυστάλλου και να ξανασυνδυαστούν με τις οπές που άφησαν πίσω. Μέσω της συγκεκριμένης διαδικασίας παράγεται ρεύμα με τη χρήση ενός φωτοβολταικού στοιχείου. Το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα ονομάζεται φωτόρευμα.

4.2 Είδη φωτοβολταϊκών στοιχείων

Α. Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο

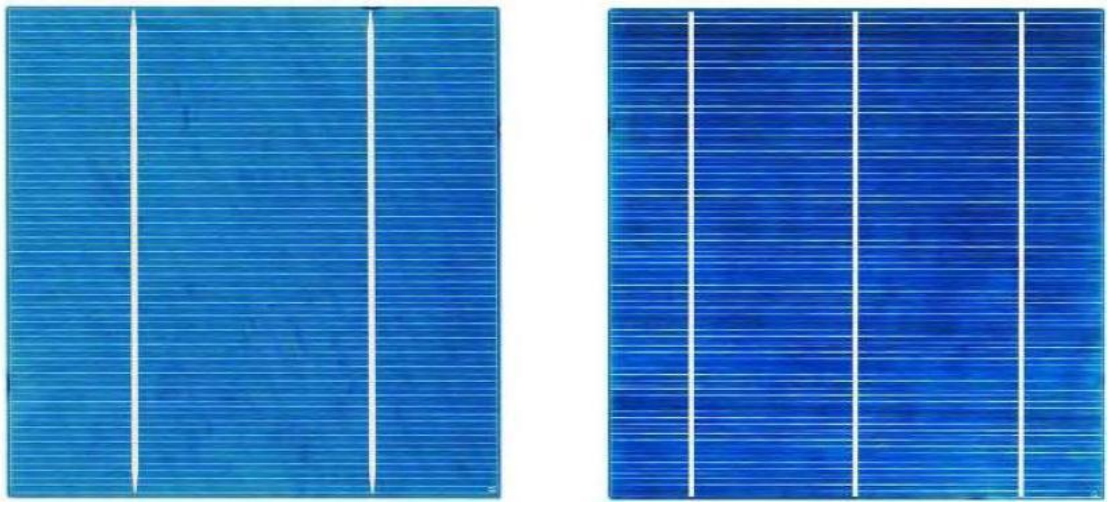
Τα στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου κατασκευάζονται από έναν μεγάλο κρυσταλλικό δίσκο (wafer) πυριτίου, με μία διαδικασία γνωστή ως διαδικασία “Czochralski”. Χαρακτηρίζονται από υψηλή απόδοση, της τάξης του 15 – 18% αλλά και υψηλότερο κόστος αγοράς. Τα ηλιακά στοιχεία κατασκευάζονται σε σχήμα κύκλου, ή σχεδόν κύκλου καθώς και τετραγώνου. Τα κυκλικά ηλιακά στοιχεία είναι φθηνότερα των υπολοίπων επειδή είναι λιγότερα τα υπολείμματα που προκύπτουν κατά την κατασκευή τους. Ωστόσο δε χρησιμοποιούνται συχνά στην κατασκευή φωτοβολταϊκών πάνελ επειδή δεν συντελούν ώστε να χρησιμοποιείται αποδοτικά μία επιφάνεια, λόγω των κενών μεταξύ τους όταν τοποθετούνται το ένα δίπλα στο άλλο [28]. Αποτελούν όμως μία καλή προοπτική για ενσωμάτωση σε κτίρια όταν απαιτείται μερική διαπερατότητα στο φως. Το χρώμα τους είναι συνήθως βαθύ μπλε έως μαύρο όταν διαθέτουν αντί-ανακλαστική (AR) επίστρωση ή γκρι (χωρίς αντί-ανακλαστική επίστρωση).



Εικόνα 4.1. Μορφές μονοκρυσταλλικών στοιχείων πυριτίου. Πηγή : [28]

Β. Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο

Τα στοιχεία πολυκρυσταλλικού πυριτίου κατασκευάζονται από δίσκους (wafers) πυριτίου που κόβονται από τετραγωνισμένους ράβδους σε μέγεθος μεγαλύτερο από εκείνο των μονοκρυσταλλικών. Η μέθοδος κατασκευής τους απαιτεί πολύ μικρότερη ακρίβεια και κόστος σε σχέση με τα μονοκρυσταλλικά στοιχεία [24]. Παρουσιάζουν χαμηλό βαθμό απόδοσης, που σε εργαστηριακή μορφή είναι της τάξης του 17-20% ενώ σε μορφή φωτοβολταϊκών στοιχείων κυμαίνεται μεταξύ 10 και 14%. Το κόστος αγοράς των πολυκρυσταλλικών στοιχείων είναι σαφώς χαμηλότερο, όμως είναι λιγότερο αποδοτικά. Το χρώμα τους είναι συνήθως μπλε (με αντί-ανακλαστική επίστρωση) ή γκρι-ασημί (χωρίς αντί-ανακλαστική επίστρωση) [23].



Εικόνα 4.2. Μορφές πολυκρυσταλλικών στοιχείων πυριτίου. Πηγή : [28]

Γ. Τεχνολογίες λεπτού υμενίου (thin-film)

Τα τελευταία χρόνια ιδιαίτερη βαρύτητα έχει δοθεί στην τελειοποίηση της συγκεκριμένης τεχνολογίας, η οποία χρησιμοποιεί πολύ λεπτά στρώματα, πάχους λίγων μικρομέτρων, του ημιαγωγού επιδιώκοντας μείωση του συνολικού κόστους κάνοντας χρήση μικρότερης ποσότητας πυριτίου διασφαλίζοντας μια εύλογη απόδοση [24]. Τα στοιχεία αυτά έχουν μικρότερη απόδοση από τα στοιχεία κρυσταλλικού πυριτίου (της τάξης του 5-7%) αλλά με αρκετά χαμηλότερο κόστος, ώστε να τα καθιστά ανταγωνιστικά. Συνήθως χαρακτηρίζονται από το έντονα σκούρο (σχεδόν μαύρο) χρώμα τους [28]. Κυριότεροι αντιπρόσωποι της κατηγορίας αυτής αποτελούν τα παρακάτω:

i. Στοιχεία άμορφου πυριτίου (amorphous-Si)

Αποτελούν την πιο συνηθισμένη μορφή και έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως σε ηλεκτρονικά προϊόντα υψηλής κατανάλωσης (π.χ. υπολογιστές τσέπης). Το άμορφο πυρίτιο, η μη-κρυσταλλική μορφή του πυριτίου, μπορεί να τοποθετηθεί σε ένα αγώγιμο υπόστρωμα δημιουργώντας ένα στοιχείο τεχνολογίας λεπτού υμενίου [28]. Το άμορφο πυρίτιο διαφέρει σημαντικά από το κρυσταλλικό. Το ενεργειακό του χάσμα κυμαίνεται από 1,2 έως και 1,6 eV, ανάλογα με τον τρόπο παρασκευής του, ενώ το ενεργειακό χάσμα του κρυσταλλικού πυριτίου παρουσιάζει σταθερή τιμή 1,1 eV. Πλεονέκτημα του ο υψηλός συντελεστής απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας με αποτέλεσμα ένα λεπτό στρώμα πάχους λίγων μm, που αντιστοιχείς στο 1% του πάχους ενός κρυσταλλικού στοιχείου, να επαρκεί για την κατασκευή φωτοβολταϊκών στοιχείων. Η μικρή ποσότητα χρησιμοποιούμενου υλικού μειώνει σημαντικά το κόστος παραγωγής. Το άμορφο πυρίτιο διαθέτει στρεβλωμένους χημικούς δεσμούς γεγονός που το αναγκάζει να παρουσιάζει μέτριες ηλεκτρικές ιδιότητες. Η βελτίωση των ιδιοτήτων του εξασφαλίζεται με την προσθήκη ατόμων υδρογόνου συμπληρώνοντας τους ατελείς χημικούς δεσμούς. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία από υδρογονούχο άμορφο πυρίτιο έχουν απόδοση 6-8%. Επιπλέον, δίνουν τη δυνατότητα κατασκευής εύκαμπτων φωτοβολταϊκών πάνελ [23].

Εικόνα 4.3. Φωτοβολταϊκά πάνελ άμορφου πυριτίου. Πηγή : [28]

ii. Στοιχεία καδμίου-τελλουρίου (CdTe)

Η κρυσταλλική ένωση καδμίου-τελλουρίου (CdTe) είναι ένα αποτελεσματικό υλικό κατασκευής φωτοβολταϊκών στοιχείων. Για τη δημιουργία μίας ένωσης p-n σε ένα ηλιακό στοιχείο, ένα στρώμα σουλφιδίου του καδμίου προστίθεται στο CdTe. Λόγω της αποτελεσματικότητας ένα στοιχείο CdTe χρησιμοποιεί περίπου το 1% του ημιαγωγού υλικού σε σχέση με ένα κρυσταλλικό στοιχείο. Μειονέκτημα τους αποτελεί το γεγονός της χρήσης του σπάνιου μετάλλου τελλουρίου. Επιπλέον, η χρήση του καδμίου επιβάλλει την αναγκαστική ανακύκλωση τους μετά το πέρας της ζωής τους. [28]

Εικόνα 4.4. Φωτοβολταϊκό τεχνολογίας CdTe. Πηγή : [31].

iii. Στοιχεία χαλκού-Ινδίου/ Γαλλίου – Διστεληνιούχου

Αποτελεί μία από τις περισσότερα υποσχόμενες τεχνολογίες, όπου στοιχεία λεπτού υμενίου κατασκευάζονται από έναν συνδυασμό χαλκού-ινδίου-διστεληνιούχου και χαλκού-γαλλίου-διστεληνιούχου (στοιχεία CIGS). Τα στοιχεία αυτά έχουν επιδείξει αποδόσεις της τάξης του 19,9%, που αποτελεί την υψηλότερη για στοιχεία λεπτού υμενίου.[28]

Δ. Άλλοι τύποι στοιχείων [28]

Εκτός των παραπάνω συναντώνται και οι ακόλουθοι τύποι στοιχείων σε μικρότερο βαθμό ή σε εργαστηριακό επίπεδο:

i. Στοιχεία Γαλλίου-Αρσενικούχου (GaAs)

Αποτελούν στοιχεία υψηλής απόδοσης (έως και 36%), ωστόσο παρουσιάζουν ιδιαίτερα υψηλό κόστος.

ii. Οργανικά/πολυμερή στοιχεία

Αποτελούν μία σχετικά νέα τεχνολογία. Τα οργανικά στοιχεία λειτουργούν με έναν λίγο διαφορετικό τρόπο σε σχέση με τις άλλες τεχνολογίες: αντί για ημιαγώγιμες p-n επαφές, τα οργανικά στοιχεία χρησιμοποιούν οργανικά υλικά που λειτουργούν ως δότες και δέκτες ηλεκτρονίων. Το μεγάλο πλεονέκτημα χρήσης οργανικών υλικών είναι ότι επιτρέπουν την μεγάλης-κλίμακας, χαμηλής-θερμοκρασίας κατασκευή εύκαμπτων ηλιακών στοιχείων σε υποστρώματα πλαστικών. Η απόδοση των οργανικών στοιχείων είναι σήμερα της τάξης του 5-6%, ωστόσο η αύξηση της πρόκειται να μειώσει σημαντικά το κόστος παραγωγής ηλιακών στοιχείων.

4.3 Φωτοβολταϊκή γεννήτρια

4.3.1 Φωτοβολταϊκό πλαίσιο ή γεννήτρια (module)

Με τον γενικό όρο φωτοβολταϊκά πλαίσια ή φωτοβολταϊκά συστήματα ή φωτοβολταϊκές γεννήτριες χαρακτηρίζονται οι βιομηχανικές διατάξεις που έχουν την δυνατότητα μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Στην ουσία πρόκειται για ηλεκτρογεννήτριες που συγκροτούνται από πλήθος φωτοβολταϊκών στοιχείων καθώς ένα μόνο στοιχείο διαθέτει περιορισμένη ενέργεια και αδυνατεί να παράγει ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος που αντιστοιχεί σε μεγέθη συνηθισμένων ηλεκτρικών καταναλώσεων. Τα στοιχεία τοποθετούνται σε επίπεδη διάταξη, συνδέονται σε σειρά και διατάσσονται σε κλάδους στοχεύοντας στην απόκτηση της επιθυμητής τάσης, έχοντας ως βάση λειτουργίας τους το φωτοβολταϊκό φαινόμενο.[22]

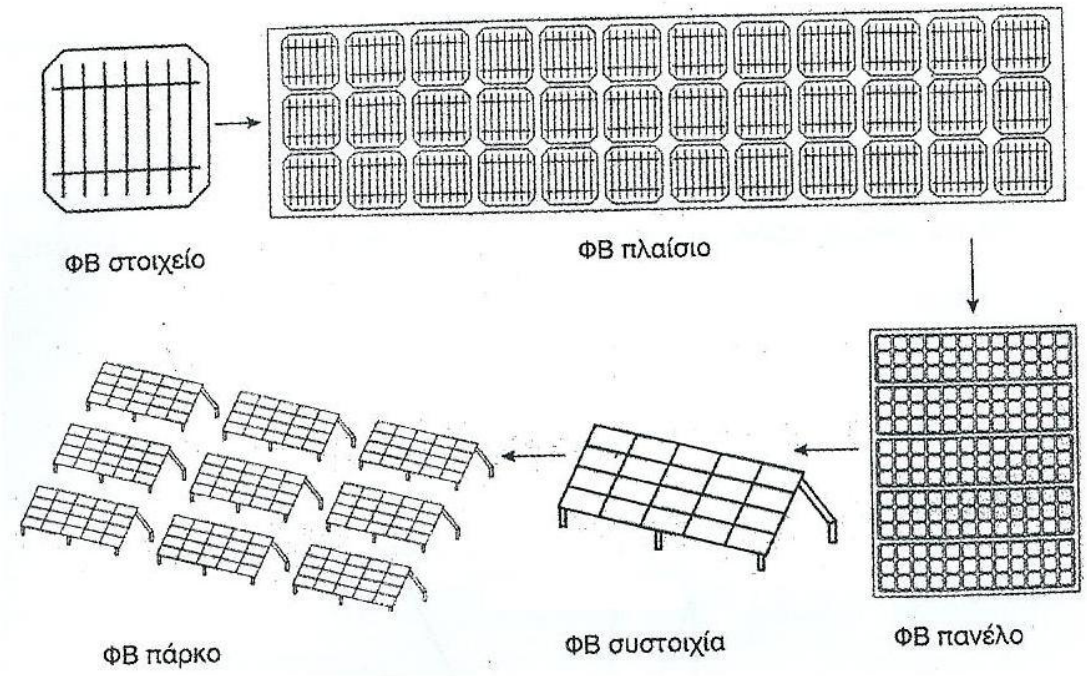
Η συναρμολόγηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων διεξάγεται στο εργοστάσιο. Χρησιμοποιώντας κατάλληλη κολλητική ουσία τα φωτοβολταϊκά στοιχεία τοποθετούνται πάνω σε ένα φύλλο από μέταλλο ή από ενισχυμένο πλαστικό, το οποίο αποτελεί την πίσω πλευρά του πλαισίου. Η εμπρόσθια όψη των στοιχείων καλύπτεται από προστατευτικό φύλλο γυαλιού ή διαφανούς πλαστικού. Τα δυο φύλλα συγκρατούνται μεταξύ τους με τη βοήθεια ταινίας από συνθετικό ελαστικό και συσφίγγονται με περιμετρικό μεταλλικό περίβλημα. Ακολουθώντας τη συγκεκριμένη διαδικασία επιτυγχάνεται η απαραίτητη μηχανική αντοχή και η αυξημένη στεγανότητα για προστασία από την υγρασία.[23]

4.3.2 Φωτοβολταϊκή συστοιχία (string)

Συνδέοντας μεγάλο αριθμό φωτοβολταϊκών πλαισίων σε σειρά αλλά και παράλληλα δημιουργούνται μια ή και περισσότερες συστοιχίες φωτοβολταϊκών. Η επιλογή δυο διαφορετικών τύπων συνδεσμολογίας βελτιώνει τα επίπεδα αξιοπιστίας του φωτοβολταϊκού συστήματος. Επιπλέον λειτουργεί προστατευτικά αποτρέποντας μεταβολές της ισχύος, γεγονός που επιτρέπει στην ένταση του παραγόμενου ρεύματος να διατηρείται σταθερή. Παράλληλα σε ενδεχόμενη βλάβη του συστήματος ή κατά τη διάρκεια κάποιου φαινομένου σκίασης η ισχύς του πιθανότατα θα μηδενίζονταν. Σε περιπτώσεις μικρών εφαρμογών

ηλεκτροδότησης η συστοιχία μπορεί να λειτουργεί στα 12 ή 24 V, ενώ σε σύνδεση με το δίκτυο οι μεγάλες συστοιχίες λειτουργούν σε τάση 240 V ή και μεγαλύτερη [24].

Σε εκτεταμένες φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις πολλές συστοιχίες σχηματίζουν ένα υποσυγκρότημα συστοιχιών (array subfield) και το σύνολο των υποσυγκροτημάτων μαζί με τον απαραίτητο εξοπλισμό και διατάξεις αποτελούν το φωτοβολταϊκό πάρκο [25].

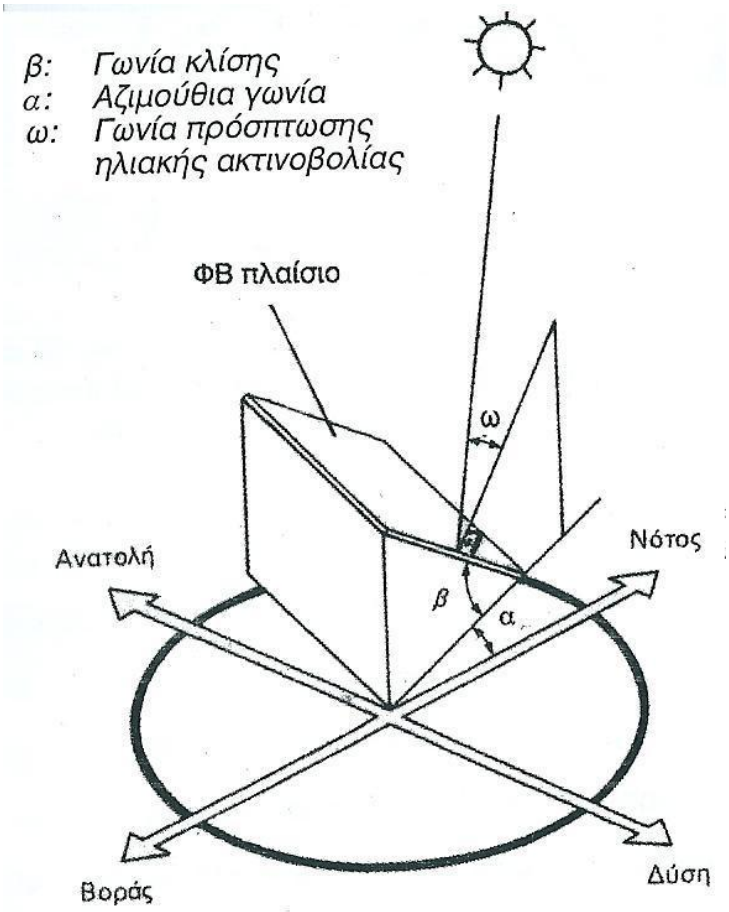


Εικόνα 4.5. Η σχέση μεταξύ φωτοβολταϊκού στοιχείου, φωτοβολταϊκού πλαισίου, φωτοβολταϊκού πάνελ, φωτοβολταϊκής συστοιχίας και φωτοβολταϊκού πάρκου. Πηγή : [23].

4.3.3 Προσανατολισμός φωτοβολταϊκής συστοιχίας

Στην ενότητα αυτή πρόκειται να μας απασχολήσει η αναφορά των βασικών παραμέτρων που λαμβάνονται υπόψη κατά τη χωροθέτηση ενός φωτοβολταϊκού σταθμού. Είναι αναμενόμενο το ενδιαφέρον να στρέφεται στην επίτευξη της μέγιστης δυνατής έντασης ακτινοβολίας σε κάθε πάνελ κατά τη διάρκεια του χρόνου. Όπως θα περίμενε κανείς, η ένταση της ακτινοβολίας είναι αρκετά μεγαλύτερη τους θερινούς μήνες σε σύγκριση με τους χειμερινούς. Ωστόσο, για τον υπολογισμό της ενεργειακής απολαβής δεν θα πρέπει να παραβλέπουμε το γεγονός ότι οι υψηλές θερμοκρασίες του καλοκαιριού συντελούν αρνητικά στην παραγωγή ενέργειας.

Η ορθή τοποθέτηση των πλαισίων και κατ' επέκταση των συστοιχιών αποτελούν θεμελιώδη παράγοντα για την αποδοτικότερη λειτουργία του συστήματος. Ο προσανατολισμός ενός πλαισίου στην επιφάνεια της γης αλλά και γενικότερα σε κάθε επίπεδη επιφάνεια χαρακτηρίζεται από τη γωνία κλίσης και από την αζιμούθια γωνία.



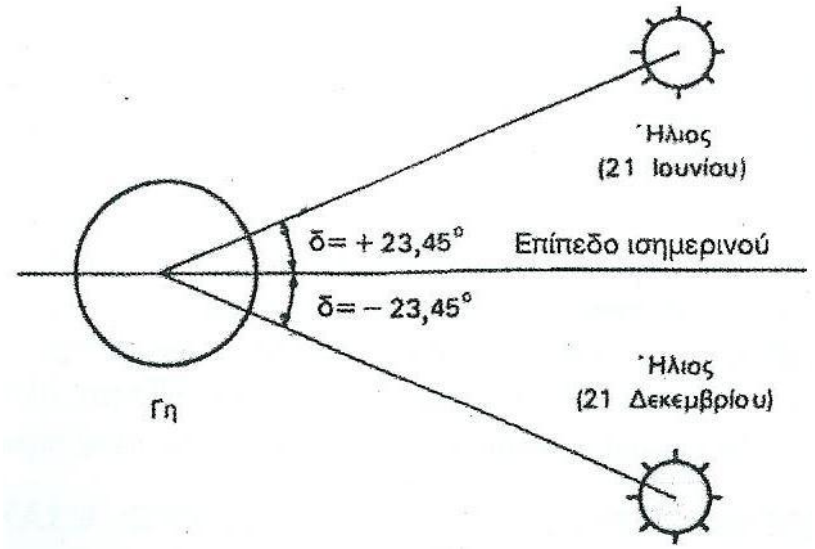
Εικόνα 4.6. Γωνίες προσανατολισμού φωτοβολταϊκού πλαισίου στην επιφάνεια της γης. Πηγή : [23].

Η γωνία κλίσης β είναι μια δίεδρη γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του φωτοβολταϊκού πλαισίου και του οριζόντιου επιπέδου και πληροφορεί πόσο γέρνει το πλαίσιο. Η αζιμούθια γωνία α σχηματίζεται πάνω στο οριζόντιο επίπεδο ανάμεσα στην προβολή της κατακόρυφου του πλαισίου και στο νότο. Η γωνία α = 0° αντιστοιχεί σε τοποθέτηση του πλαισίου προς το νότο, η α = 90° προς τη δύση, η α = - 90° προς την ανατολή και η γωνία α = - 180° προς το βορρά [23].

Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων στο νότιο ημισφαίριο γίνεται με κατεύθυνση το βορρά, ενώ στο βόρειο τοποθετούνται προς το νότο. Όσον αφορά την κλίση

που επιλέγεται, αυτή διαμορφώνεται από το γεωγραφικό πλάτος της εκάστοτε περιοχής. Για την ελληνική επικράτεια, μία τυπική μέση, χαρακτηριστική, κλίση είναι αυτή των 30 μοιρών. Ωστόσο αν αναλογιστούμε ότι η μέγιστη ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε μια επιφάνεια επιτυγχάνεται όταν η επιφάνεια είναι κάθετη προς την κατεύθυνση της ακτινοβολίας και λαμβάνοντας υπόψη μας ότι η θέση του ηλίου διαρκώς μεταβάλλεται κρίνεται επιβεβλημένη η χρήση των αυτοματισμών που παρέχει η τεχνολογία στην περίπτωση που αποσκοπούμε στη μέγιστη δυνατή αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Με τον τρόπο αυτό καθίσταται δυνατή η αύξηση της ενεργειακής απολαβής αναγκάζοντας τα φωτοβολταϊκά πάνελ να ακολουθούν καθημερινώς την πορεία του ήλιου από ανατολή προς δύση με μεταβλητή κλίση, ώστε να λαμβάνεται υπόψη και η θέση του ήλιου στον ορίζοντα. Βέβαια μια τέτοια επιλογή αυξάνει σημαντικά το κόστος της εγκατάστασης με αποτέλεσμα η πλειοψηφία των επενδυτών να καταλήγει στην τοποθέτηση πλαισίων υπό σταθερή γωνία κλίσης. [28]

Επιπλέον η βέλτιστη γωνία κλίσης των πλαισίων διαφοροποιείται ανάλογα με την εποχή λόγω της απόκλισης του ηλίου κατά τη διάρκεια του έτους, όπως παρουσιάζεται στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 4.7. Μέγιστη απόκλιση του ηλίου κατά το θερινό και το χειμερινό ηλιοστάσιο. Πηγή : [23].

Κατά την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων η βέλτιστη γωνία κλίσης φ στο βόρειο ημισφαίριο δεν εξαρτάται μόνο από το γεωγραφικό πλάτος της εκάστοτε περιοχής αλλά και από την περίοδο λειτουργίας του συστήματος. Στον ακόλουθο πίνακα

παρουσιάζεται η ενδεδειγμένη γωνία κλίσης β ανάλογα με την περίοδο λειτουργίας στο βόρειο ημισφαίριο.

Πίνακας 4.1. Βέλτιστη γωνία κλίσης φωτοβολταϊκών πλαισίων στο βόρειο ημισφαίριο ανάλογα με την περίοδο λειτουργίας.

Γωνία κλίσης β ίση με	Περίοδος λειτουργίας
φ	Για όλη τη διάρκεια του έτους
φ+15°	Καλύτερη απόδοση το χειμώνα
φ-15°	Καλύτερη απόδοση το καλοκαίρι

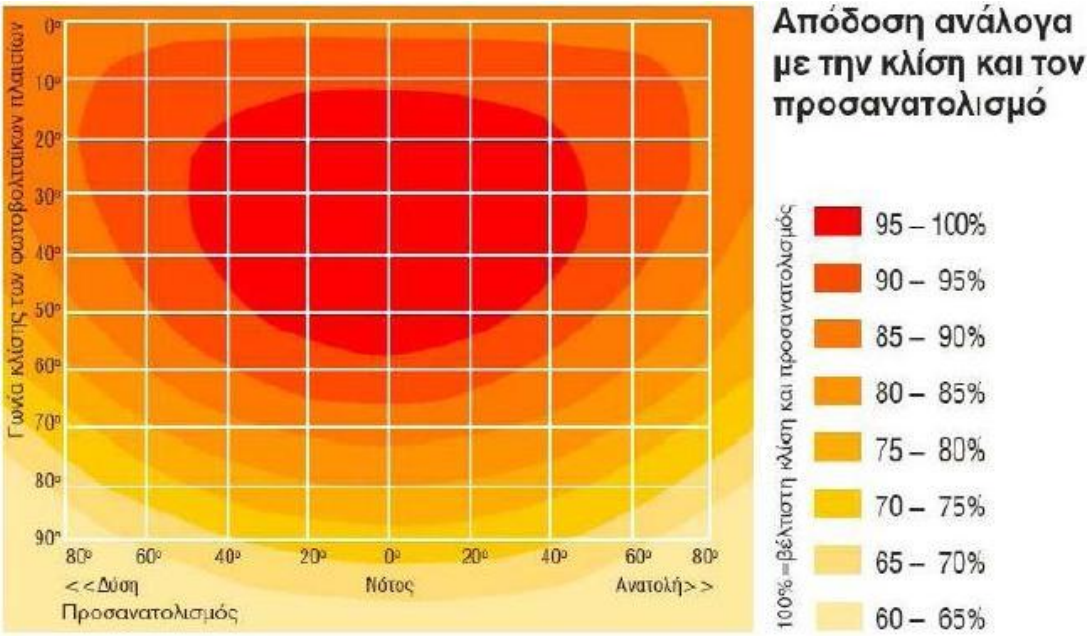
Πηγή : [23]

Ο σχεδιασμός ενός φωτοβολταϊκού σταθμού οφείλει να διεξάγεται με όσο το δυνατόν μικρότερες αποκλίσεις από τις ιδανικές συνθήκες προσανατολισμού και κλίσης. Στην περίπτωση που κάτι τέτοιο δεν είναι εφικτό να υλοποιηθεί με χρήση των στοιχείων που παρατίθενται στον πίνακα 2 και στην εικόνα 8 καταλήγουμε στη βέλτιστη επιλογή. Τέτοια φαινόμενα παρατηρούνται συχνότερα σε εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών σε κτίρια, όπου συναντάται πλήθος περιορισμών προσανατολισμού και κλίσης, και σπανιότερα σε εγκαταστάσεις επί εδάφους όπου υπάρχει αρκετός χώρος για να επιτευχθούν οι βέλτιστες συνθήκες.

Πίνακας 4.2. Απόδοση φωτοβολταϊκών πλαισίων [%] σε διάφορες γωνίες κλίσης και προσανατολισμούς.

Προσανατολισμός	Γωνία κλίσης		
	0°	30°	90°
Ανατολικός – Δυτικός	90	90	50
Νοτιανατολικός – Νοτιοδυτικός	90	95	60
Νότιος	90	100	80
Βορειοανατολικός - Βορειοδυτικός	90	70	40
Βόρειος	90	60	30

Πηγή : [26]



Εικόνα 4.8. Παρουσίαση της απόδοσης των φωτοβολταϊκών συναρτήσει της κλίσης και του προσανατολισμού. Πηγή : [28].

Επιπρόσθετα, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η ενεργειακή απολαβή των φωτοβολταϊκών πάνελ εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό και από τα κλιματολογικά δεδομένα του τόπου εγκατάστασης. Είναι προφανές ότι φωτοβολταϊκά πάνελ του ίδιου κατασκευαστή, τοποθετημένα ακριβώς με τον ίδιο τρόπο, θα δίνουν διαφορετική παραγωγή στη Βόρεια απ' ότι στη Νότια Ελλάδα, όπου επικρατούν διαφορετικές συνθήκες ακτινοβολίας και θερμοκρασίας [28].

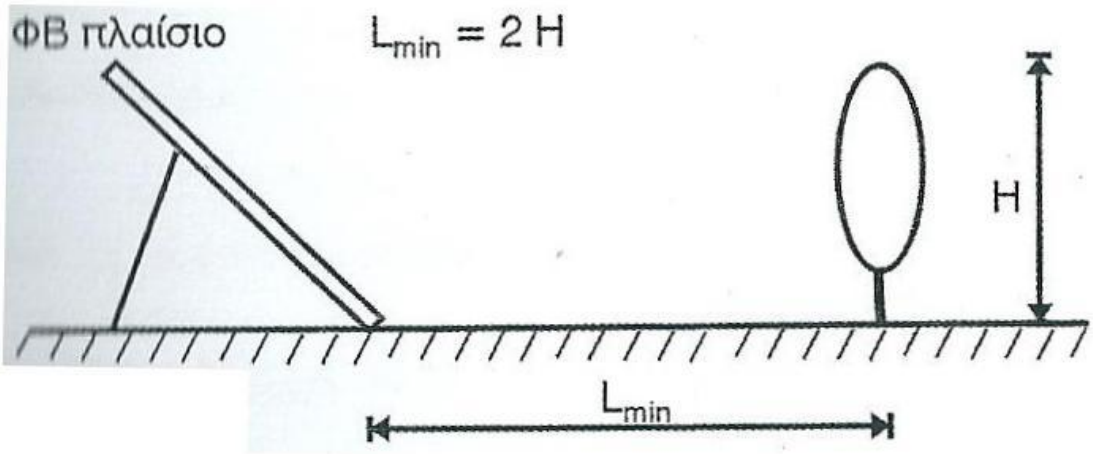
Σε μια εγκατάσταση φωτοβολταϊκών παράμετρο ζωτικής σημασίας για την αποδοτική λειτουργία του συστήματος που σχεδιάστηκε αποτελεί η διάταξη των συστοιχιών. Απαραίτητη κρίνεται η μελέτη για την αποφυγή φαινομένων σκίασης από παρακείμενα εμπόδια όπως δένδρα, κτίρια ή ακόμη και γειτονικές συστοιχίες.

4.3.4 Επίδραση σκίασης

Η επίδραση της σκίασης, της έλλειψης δηλαδή ηλιακού φωτός, ανάγεται στη μερική ή ολική απώλεια δημιουργίας φωτορεύματος. Φαινόμενα σκίασης είναι πιθανό να προκαλούνται από την παρουσία φυσικών εμποδίων, όπως δένδρα, θάμνους, κτίρια,

γειτονικές συστοιχίες ή ακόμη και από παροδικά φαινόμενα, όπως τα σύννεφα. Ακόμη και μια μικρή ποσότητα σκιάς από κάποιο εμπόδιο δύναται να προκαλέσει μείωση της απόδοσης σε επίπεδα της τάξης του 80%. Η σκίαση αποτελεί μεγαλύτερο πρόβλημα κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών, οπότε το ύψος του ηλίου είναι χαμηλό και οι σκιές γίνονται μακρύτερες.

Αναλογιζόμενοι τη σημαντική αυτή λεπτομέρεια κρίνεται απαραίτητη η σε βάθος εκτίμηση της περιοχής πριν προβούμε στην επιλογή της καταλληλότερης θέσης εγκατάστασης προκειμένου να εξασφαλίσουμε τη βέλτιστη απόδοση του συστήματος. Για να θεωρηθεί μια περιοχή ως αποδεκτή θα πρέπει να μην σκιάζεται κατά τη διάρκεια του ηλιακού παραθύρου (09:00 πμ έως και τις 03:00 μμ) για οποιαδήποτε ημέρα του έτους [23]. Ένας πρακτικός τρόπος για να αποφευχθεί η σκίαση είναι η διατήρηση από πάσης φύσεως εμπόδια απόστασης ίσης με της διπλάσιο του ύψους τους.



Εικόνα 4.9. Ελάχιστη απόσταση μεταξύ φωτοβολταϊκού πλαισίου και εμποδίου για την αποφυγή φαινομένων σκίασης. Πηγή : [23].

Στην περίπτωση που παρατηρείται πλήρης σκίαση σε κάποιο από τα στοιχεία που συγκροτούν το φωτοβολταϊκό πάνελ, τα οποία είναι συνδεδεμένα σε σειρά, τότε η παραγωγή ρεύματος και κατά συνέπεια η παραγωγή ενέργειας θα είναι μηδενική. Εναλλακτική επιλογή, που αποτελεί παράλληλα και τη λύση του προαναφερθέντος προβλήματος, είναι η προσθήκη διόδων παράκαμψης συνδεδεμένων αντιπαράλληλα προς τα ηλιακά στοιχεία. Υπό κανονικές συνθήκες οι δίοδοι αυτοί είναι πολωμένες ανάστροφα και δεν επιδρούν στην παραγωγή ενέργειας. Ωστόσο, όταν ένα στοιχείο σκιαστεί πλήρως, τότε

το ρεύμα των υπόλοιπων ηλιακών στοιχείων ρέει διαμέσου της διόδου αυτής, η οποία πολώνεται ορθά, διατηρώντας έτσι τη ροή ενέργειας.

Εξετάζοντας την περίπτωση ένα στοιχείο να είναι μερικώς σκιασμένο σε σχέση με τα υπόλοιπα και συγκεκριμένα κατά 20% αναμένεται να παράγει το 20% του φωτορεύματος ενώ τα υπόλοιπα στοιχεία το 100%. Αν το κύκλωμα είναι συνδεδεμένο σε σειρά τότε πρόκειται να ρέει μόνο το ρεύμα που προέρχεται από το μερικώς σκιασμένο στοιχείο, ενώ για τα στοιχεία που δεν σκιάζονται το υπόλοιπο ρεύμα τους (80%) θα ρέει στο εσωτερικό τους. Επιπλέον στο μερικώς σκιασμένο στοιχείο θα υπάρχει απώλεια ενέργειας καθώς η δίοδος του θα είναι ανάστροφα πολωμένη από την τάση που παράγεται στα υπόλοιπα στοιχεία. Η κατάσταση που περιγράφηκε οδηγεί στη δημιουργία «θερμών σημείων», τα οποία δύνανται να προκαλέσουν γρηγορότερη γήρανση και ενδεχόμενα καταστροφή του πάνελ. Η λύση και εδώ δίνεται μέσω των διόδων παράκαμψης, οπότε και η διαφορά των ρευμάτων μεταξύ των στοιχείων που δεν σκιάζονται και του μερικώς σκιασμένου ρέει διαμέσου της διόδου παράκαμψης.

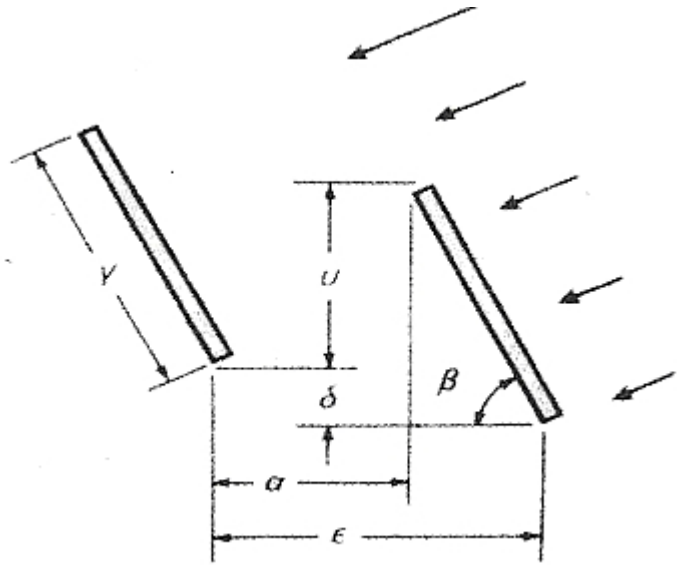
Βέβαια η χρήση διόδου παράκαμψης ανά στοιχείο αποδεικνύεται ιδιαίτερα δαπανηρή και στην πράξη χρησιμοποιείται μια δίοδος ανά δέκα στοιχεία. Απαραίτητο να αναφερθεί είναι ότι οι δίοδοι παράκαμψης, υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας, δεν προκαλούν απώλειες όταν δεν διαρρέονται από ρεύμα. Πέρα από την προστασία ενός ή περισσοτέρων στοιχείων που σκιάζονται, οι δίοδοι παράκαμψης παρέχουν τη δυνατότητα ροής ρεύματος από ένα φωτοβολταϊκό πάνελ σε μειωμένη βέβαια τάση και ισχύ. Όπως έχει γίνει φανερό για την εν σειρά σύνδεση τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά ενός πάνελ και, κατ' επέκταση μίας ολόκληρης συστοιχίας πάνελ, καθορίζονται από το χειρότερο (από πλευράς σκίασης) στοιχείο ή πάνελ. Για το λόγο αυτό, δε θα πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους πάνελ με διαφορετικούς τύπους ηλιακών στοιχείων ή διαφορετικών κατασκευαστών [28].

4.3.5 Βέλτιστη διάταξη συστοιχιών

Κατά την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών πάνελ μιας συστοιχίας απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή καθώς η μια συστοιχία δεν θα πρέπει να επικαλύπτει την επόμενη.

Για μια οποιαδήποτε τοποθεσία με γεωγραφικό πλάτος φ^o , η προϋπόθεση του ανοικτού ορίζοντα θεωρείται ότι εξασφαλίζεται όταν η γωνία του ύψους β των γειτονικών συστοιχιών ή σειρών και λοιπών πιθανών εμποδίων ικανοποιεί μέσα σε μια γωνία αζιμούθιου από -60° έως και 60° προς το νότο τη σχέση :

$$\beta \leq 48^{o} - \varphi^{o} \qquad (4.1)$$



Εικόνα 4.10. Διάταξη φωτοβολταϊκών συστοιχιών σε παράλληλες σειρές. Πηγή : [26].

Στην εικόνα 5 παρουσιάζεται η διάταξη φωτοβολταϊκών συστοιχιών που βρίσκονται σε παράλληλες σειρές. Οι δυο συστοιχίες για να επιτύχουν τη μέγιστη δυνατή απόδοση είναι απαραίτητο να τοποθετηθούν σε μια ελάχιστη μεταξύ τους απόσταση, η οποία στην ανωτέρω εικόνα συμβολίζεται με ε. Επιπλέον όπου :

υ : επικάλυψη ύψους κατασκευής (m)

γ : πλάτος της συστοιχίας (m)

β : γωνία κλίσης (^{o})

δ : υψομετρική διαφορά μεταξύ των στηριγμάτων δυο σειρών, με δ=0 όταν πρόκειται για στήριξη στο ίδιο επίπεδο (m)

α : ελεύθερη απόσταση μεταξύ δυο γειτονικών σειρών (m)

ε : ελάχιστη απόσταση μεταξύ δυο γειτονικών σειρών (m)

Για τον υπολογισμό της ελάχιστης απόστασης ε, η οποία διασφαλίζει την αποφυγή σκίασης μεταξύ δυο γειτονικών σειρών, ακολουθείτε διαδικασία που περιλαμβάνει 3 στάδια.

Α) Υπολογισμός της επικάλυψης του ύψους της κατασκευής (υ) βάσει της σχέσης :

$$\upsilon = \gamma * \sin\beta - \delta \qquad (4.2)$$

Όπου :

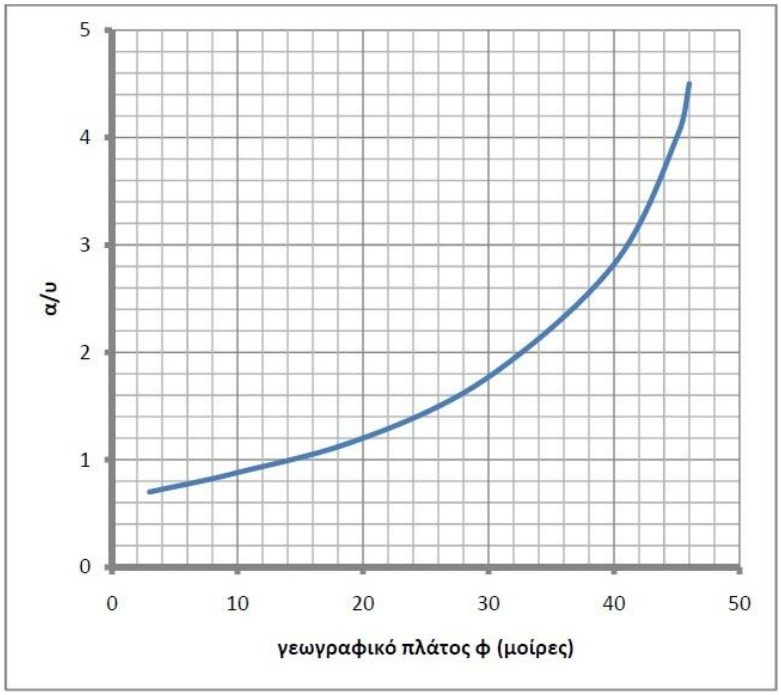
γ : πλάτος της συστοιχίας (m)

β : γωνία κλίσης (^{o})

δ : υψομετρική διαφορά μεταξύ των στηριγμάτων δυο σειρών

Β) Υπολογισμός ελεύθερης απόστασης μεταξύ δυο γειτονικών σειρών (α).

Το α υπολογίζεται χρησιμοποιώντας το εμπειρικό διάγραμμα της εταιρίας Monegon (εικόνα 11), το οποίο συνδέει την ελεύθερη απόσταση (α) και το ύψος (υ) των συστοιχιών με το γεωγραφικό πλάτος (φ).



Εικόνα 4.11. Η καμπύλη του λόγου της ελεύθερης απόστασης α ανάμεσα σε δυο γειτονικές συστοιχίες προς την επικάλυψη του ύψους υ, συναρτήσει του γεωγραφικού πλάτους φ. Εμπειρικό διάγραμμα της εταιρίας Monegon. Πηγή : [27].

Γ) Υπολογισμός της ελάχιστης απόστασης (ε) μεταξύ δυο γειτονικών συστοιχιών.

Το ε εκτιμάται χρησιμοποιώντας την εξής σχέση :

$$\varepsilon = \alpha + \gamma * \cos\beta \qquad (4.3)$$

Όπου :

γ : πλάτος της συστοιχίας (m)

β : γωνία κλίσης (^{o})

α : ελεύθερη απόσταση μεταξύ δυο γειτονικών σειρών (m)

4.3.6 Βαθμός απόδοσης φωτοβολταϊκής συστοιχίας [23]

Ο βαθμός απόδοσης η_Σ της φωτοβολταϊκής συστοιχίας είναι το γινόμενο του βαθμού απόδοσης η_Π ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου με δυο συντελεστές όπως περιγράφεται στην ακόλουθη σχέση.

$$\eta_\Sigma = \eta_\Pi * \sigma_\alpha * \sigma_K \qquad (4.4)$$

Όπου :

η_Π : βαθμός απόδοσης ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου

σ_α : συντελεστής ανομοιογένειας

σ_K : συντελεστής καλωδιώσεων

Ο συντελεστής ανομοιογένειας (σ_α) ισούται με 0,98 και εκφράζει την ανομοιογένεια των χαρακτηριστικών I-V των πλαισίων που αποτελούν τη συστοιχία. Τέτοιου είδους διαφορές προκύπτουν από εξωτερικούς παράγοντες, όπως η σκίαση ενός πλαισίου, ή από διαφορετικές εξωτερικές συνθήκες ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις προκαλούνται κατά το στάδιο της κατασκευής. Ο συντελεστής καλωδιώσεων (σ_K) ισούται με 0,98 και εκφράζει τις απώλειες στα καλώδια σύνδεσης των πλαισίων της συστοιχίας.

Όσον αφορά το βαθμό απόδοσης του φωτοβολταϊκού πλαισίου χρησιμοποιείται η σχέση :

$$\eta_\Pi = \eta_{STC} * \sigma_\gamma * \sigma_\rho * \sigma_\theta * \sigma_\delta \qquad (4.5)$$

Όπου :

η_{STC} : ο βαθμός απόδοσης του φωτοβολταϊκού πλαισίου σε πρότυπες συνθήκες ελέγχου

σ_γ : συντελεστής γήρανσης (0,90)

σ_ρ : συντελεστής ρύπανσης (0,95 για πλαίσια που καθαρίζονται συχνά, 0,90 για πλαίσια ελαφρώς σκονισμένα και 0,80 για πλαίσια οριζόντια και ακαθάριστα)

σ_θ : συντελεστής θερμοκρασίας {σ_θ = 1-[(t_a+30)-25]*0,004 , t_a : η μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα}

σ_δ : συντελεστής απωλειών διόδου (0,99)

4.3.7 Επίδραση της θερμοκρασίας στην απόδοση [27]

Ένας ιδιαίτερα σημαντικός παράγοντας ο οποίος μπορεί να προκαλέσει αξιοσημείωτη μεταβολή στην απόδοση ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου είναι η θερμοκρασία των φωτοβολταϊκών στοιχείων που το συγκροτούν.

Σύμφωνα με μετρήσεις λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχονται, αλλά και λόγω των ηλεκτρικών απωλειών που πραγματοποιούνται, στις αντιστάσεις σειράς, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αποκτούν κατά την λειτουργία τους θερμοκρασία αρκετά μεγαλύτερη από αυτή του περιβάλλοντος. Αν T_c είναι η θερμοκρασία του στοιχείου μπορούμε να θεωρήσουμε την ύπαρξη γραμμικής εξάρτησης από την θερμοκρασία περιβάλλοντος T_α και την ηλιακή ακτινοβολία G, ως εξής:

$$T_c = T_a + h_w * G \qquad (4.6)$$

Όπου:

Tc : θερμοκρασία του στοιχείου (^oC)

Τα : θερμοκρασία περιβάλλοντος (^oC)

h_w : χαρακτηριστικός συντελεστής των φ/β πλαισίων, με τιμή συνήθως : $h_w = 0{,}03m^2 * {}^oC / W$

G : ηλιακή ακτινοβολία (W/m^2)

Αυτό συνεπάγεται ότι ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο που δέχεται ηλιακή ακτινοβολία $1kW/m^2$, θα έχει θερμοκρασία κατά 30^oC μεγαλύτερη από αυτή του περιβάλλοντος. Η συγκεκριμένη παραδοχή επιβεβαιώνεται έπειτα από διεξαγωγή μετρήσεων σε υφιστάμενες εγκαταστάσεις. Η θερμοκρασία επηρεάζεται σημαντικά από την ταχύτητα του ανέμου, ενώ γίνεται καλύτερη απαγωγή θερμότητας όσο η ταχύτητα αυξάνεται..

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου δίνονται συνήθως σε πρότυπες συνθήκες (STC : Standard Test Conditions) δηλαδή σε θερμοκρασία 25°C, AM=1,5 και ηλιακή ακτινοβολία 1kW/m^2. Αν υποθέσουμε ότι $\eta_{m,STC}$ είναι η απόδοση του πλαισίου σε STC, τότε για να υπολογιστεί η απόδοση σε οποιαδήποτε άλλη θερμοκρασία απαιτείται ένας διορθωτικός θερμοκρασιακός συντελεστής (σ_θ), ο οποίος δίνεται από τη σχέση:

$$\sigma_\theta = 1 - (T_c - 25) * 0{,}005 \qquad (4.7)$$

Όπου :

σ_θ : θερμοκρασιακός συντελεστής

T_c : θερμοκρασία στοιχείου

Η σχέση αυτή ισχύει για τα συμβατικά στοιχεία πυριτίου και υποδηλώνει μείωση
της απόδοσης κατά 0,005 ανά βαθμό αύξησης της θερμοκρασίας πάνω από τη θερμοκρασία των 25°C. Τελικά η απόδοση ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου σε οποιαδήποτε θερμοκρασία προκύπτει:

$$n_m = \sigma_\theta * \eta_{m,25^o C} \qquad (4.8)$$

Όπου :

n_m : απόδοση πλαισίου σε οποιαδήποτε θερμοκρασία

σ_θ : θερμοκρασιακός συντελεστής

$n_{m,25^oC}$: απόδοση πλαισίου σε θερμοκρασία 25° C

4.3.8 Επίδραση της ρύπανσης στην απόδοση [27]

Ένας άλλος εξίσου σημαντικός παράγοντας που μπορεί να συμβάλει στη μείωση της ηλεκτροπαραγωγής των φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι ρύπανση της επιφάνειας τους μέσω της επικάθισης σκόνης, φύλλων, χιονιού. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται ιδίως σε πλαίσια με ιδιαίτερα μικρή κλίση. Δραστικότατα αποτελέσματα συναντώνται στις αστικές περιοχές λόγω της αιθάλης που αιωρείται στην ατμόσφαιρα. Η αιθάλη προσκολλάται ισχυρά στη γυάλινη ή πλαστική επιφάνεια των πλαισίων, χωρίς η βροχή να μπορεί εύκολα να τα απομακρύνει.

Επομένως είναι σημαντικό όταν η φωτοβολταϊκή γεννήτρια πρόκειται να εγκατασταθεί σε μια περιοχή, για την οποία εκτιμάται ότι παρουσιάζει υψηλή ρύπανσή, να προβλεφθεί κατά τους υπολογισμούς η αντίστοιχη μείωση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η μείωση προσεγγίζεται με τη χρησιμοποίηση του αδιάστατου συντελεστή καθαρότητας (σ_ρ). Ο συντελεστής αυτός ορίζεται ως ο λόγος της ηλεκτρικής ισχύος που παράγει το ρυπασμένο φωτοβολταϊκό πλαίσιο προς την ηλεκτρική ισχύ που παράγει όταν η επιφάνειά του είναι τελείως καθαρή. Η τιμή του σ_ρ είναι τόσο μικρότερη από τη μονάδα, όσο εντονότερη είναι η ρύπανση του περιβάλλοντος, όσο μικρότερη είναι η κλίση του φωτοβολταϊκού πλαισίου, όσο

σπανιότερες είναι οι βροχές στην περιοχή κλπ. Τελικά η απόδοση ενός πλαισίου, λαμβάνοντας υπόψη την ρύπανση της επιφάνειάς του, προκύπτει από τη σχέση :

$$n_m = \sigma_\rho * n_{m,k} \quad (4.9)$$

Όπου :

n_m : απόδοση φωτοβολταϊκού πλαισίου
σ_ρ : συντελεστής καθαρότητας
$n_{m,k}$: απόδοση πλαισίου όταν είναι καθαρό

4.3.9 Στήριξη φωτοβολταϊκών πάνελ

Τα φωτοβολταϊκά πάνελ τοποθετούνται σε κατασκευές ικανές να αντέξουν όχι μόνο το δικό τους βάρος αλλά και εκείνο των φορτίων που οφείλονται στη δυναμική δράση του ανέμου και του χιονιού. Πρόκειται για μεταλλικές κατασκευές από αλουμίνιο και γαλβανισμένο ή ανοξείδωτο χάλυβα. Οι χαλύβδινες κατασκευές προτιμώνται λόγω του χαμηλού κόστους αλλά της υψηλής μηχανικής αντοχής που παρουσιάζουν, ενώ οι αλουμινένιες επιλέγεται σε πιο εξειδικευμένες περιπτώσεις, όπως ηλιακές προσόψεις και εγκαταστάσεις ενσωματωμένες στις οροφές. Επιπλέον, χαρακτηρίζονται από περιορισμένο βάρος, απαιτούν σύντομο χρονικό διάστημα τοποθέτησης, γεγονός που περιορίζει το κόστος των εργατικών, προσφέροντας παράλληλα ένα καλαίσθητο αποτέλεσμα.[29]

Η στήριξη των φωτοβολταϊκών πάνελ επί του εδάφους γίνεται με δύο τρόπους με τους εξής δύο τρόπους :

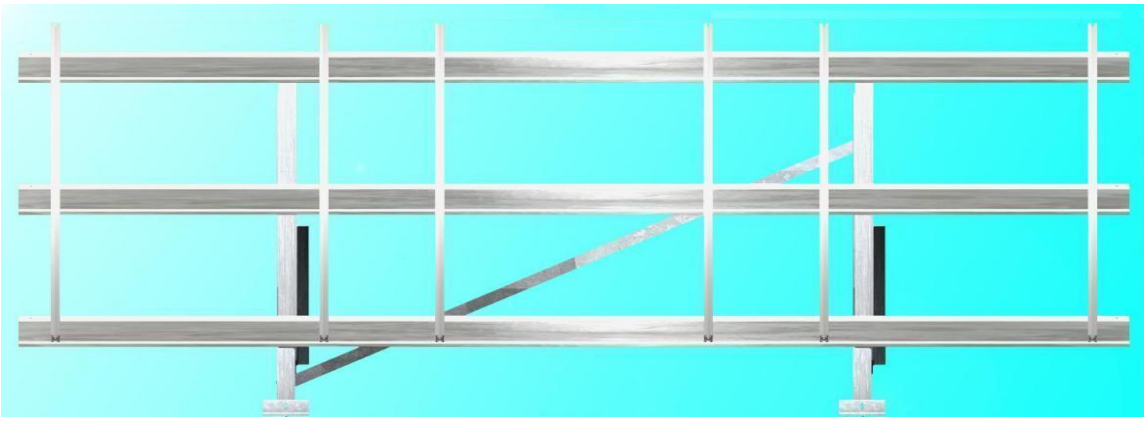
- Σε βάσεις σταθερής κλίσης ως προς το οριζόντιο επίπεδο, οι οποίες ονομάζονται σταθερές βάσεις.
- Σε βάσεις παρακολούθησης της πορείας του ηλίου, γνωστές ως συστήματα ιχνηλάτησης της πορείας του ηλίου ή τράκερς.

Σταθερές βάσεις

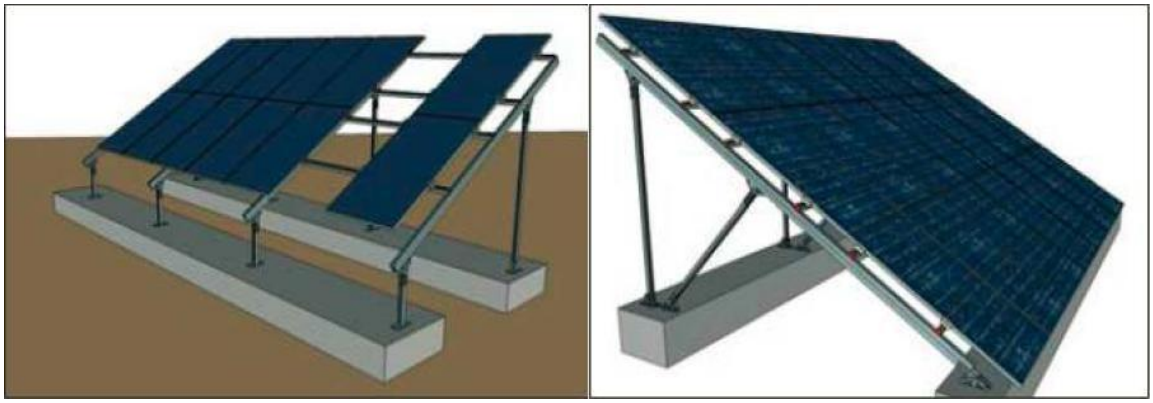
Οι σταθερές βάσεις αποτελούν την απλούστερη αλλά και οικονομικότερη μέθοδο στήριξης των φωτοβολταϊκών πάνελ. Ο σχεδιασμός τους στηρίζεται στην αρχή σύμφωνα με την οποία οι ηλιακές ακτίνες πρέπει να προσπίπτουν κάθετα στην επιφάνεια των πάνελ κατά τις μεσημβρινές ώρες. Εφαρμόζοντας τη συγκεκριμένη αρχή οι βάσεις κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπουν την τοποθέτηση των πάνελ σε σταθερή κλίση 30°. Η κλίση των 30° αποτελεί μια ικανοποιητική μέση τιμή για τα ελληνικά δεδομένα, η οποία όμως διαφοροποιείται σημαντικά κατά τους χειμερινούς και θερινούς μήνες λαμβάνοντας πολύ μεγαλύτερες και πολύ μικρότερες τιμές αντίστοιχα.[28]

Η τοποθέτηση των σταθερών βάσεων στο έδαφος διεξάγεται με τις διαδικασίες της σκυροδέτησης και της απευθείας εδαφόμπηξης [31]. Η εδαφόμπηξη γίνεται σε βάθη 0,5-1,5 μέτρων, όπου τοποθετούνται πάσσαλοι για τη στήριξη των βάσεων. Η σκυροδέτηση γίνεται είτε σε δοκάρι από οπλισμένο σκυρόδεμα είτε σε πέλματα από σκυρόδεμα, τοποθετημένα με τέτοιο τρόπο ώστε να μην εμποδίζεται το βίδωμα των υποδοχών των βάσεων.

Η σκυροδέτηση παρουσιάζει αυξημένο κόστος εγκατάστασης συγκριτικά με την απλή εδαφόμπηξη. Ωστόσο, κρίνεται απαραίτητη η διενέργεια αυτοψίας και γεωτεχνικής μελέτης για να διαπιστωθεί εάν ο τύπος του εδάφους επιτρέπει την εδαφόμπηξη χωρίς να προκληθούν θέματα στατικότητας των βάσεων [28].



Εικόνα 4.12. Σταθερή βάση στήριξης . Πηγή : [30].



Εικόνα 4.13. Σκυροδέτηση σταθερών βάσεων σε δοκάρι από μπετόν. Πηγή : [28].

Εικόνα 4.14. Σκυροδέτηση σταθερών βάσεων σε πέλμα από μπετόν. Πηγή : [28].

Εικόνα 4.15. Εδαφόμπηξη βάσεων. Πηγή : [28].

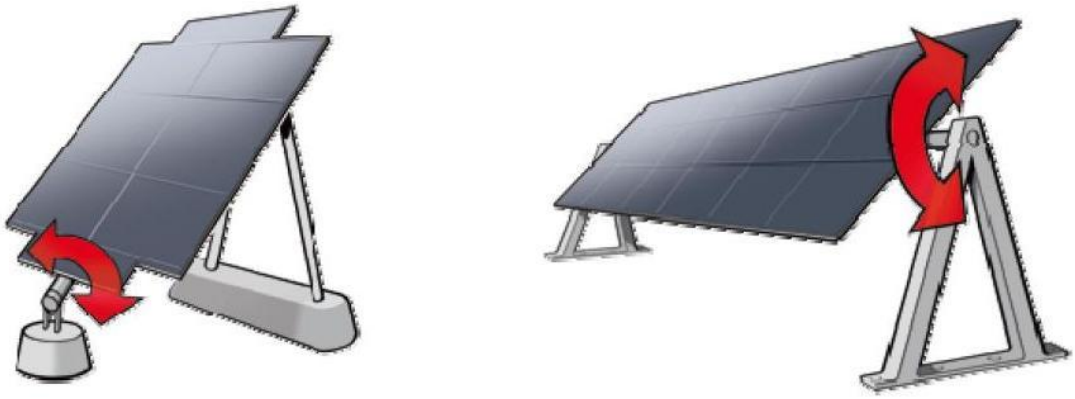
Εικόνα 4.16. Σταθερή βάση οροφής κτιρίου. Πηγή : [28].

Συστήματα ιχνηλάτησης της πορείας του ήλιου

Η ιχνηλάτηση της πορείας του ήλιου είναι μια τεχνική η οποία επιδιώκει τη μεγιστοποίηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας μέσω κίνησης των βάσεων των φωτοβολταϊκών πάνελ κατά τη διάρκεια της ημέρας ώστε να επιτυγχάνεται η κάθετη πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας. Τα συστήματα ιχνηλάτησης της πορείας του ηλίου ή ηλιοστάτες ή τράκερς (trackers) αξιοποιώντας περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία καταφέρνουν να αυξήσουν την απόδοση του συστήματος (25-40%).[31]

Τα τράκερς αποτελούν πολυπλοκότερα συστήματα βάσεων συγκρινόμενα με τις σταθερές βάσεις και διαχωρίζονται σε δυο κατηγορίες [28] :

- Συστήματα μονού άξονα (single axis). Τα πάνελ κινούνται κατά τη διάρκεια της ημέρας πάνω στον άξονα Ανατολής – Δύσης. Τα συγκεκριμένα συστήματα προσφέρουν αυξημένη παραγωγή της τάξης του 20-25% έναντι των σταθερών συστημάτων.



Εικόνα 4.17. Διατάξεις μονού άξονα. Πηγή : [31].

- Συστήματα διπλού άξονα (dual axis). Ο διπλός άξονας παρέχει επιπλέον τη δυνατότητα ρύθμισης της κλίσης των πάνελ, επιλογή που δύναται να αυξήσει την απόδοση κατά 25 – 40%.

Εικόνα 4.18. Διατάξεις διπλού άξονα. Πηγή : [31]

Η κατηγορία αυτών των συστημάτων χαρακτηρίζεται από κίνηση, η οποία δεν είναι συνεχής αλλά περιοδική διεξάγοντας μια τυπική κίνηση κάθε 10 λεπτά [31]. Η ανίχνευση της πορείας του ηλίου, που πρόκειται να ακολουθηθεί, επιτυγχάνεται είτε μέσω ηλιακών αισθητήρων είτε με χρήση του κατάλληλου λογισμικού. Το λογισμικό επεξεργάζεται αστρονομικά δεδομένα βάσει των οποίων υπολογίζεται η θέση και η πορεία του ήλιου που αντιστοιχεί σε κάθε ημέρα του έτους, ανάλογα με τις γεωγραφικές συντεταγμένες της εκάστοτε περιοχής [28].

Οι κατασκευές που προκύπτουν έχουν ύψος που ξεκινά από τα 2,5 μέτρα και μπορεί να φτάσει ακόμη και πάνω από 10 μέτρα σε ορισμένες περιπτώσεις, σημαντικό ρόλο στην αύξηση τους ύψους διαδραματίζει η αύξηση της επιφάνειας των πάνελ. Το μέγεθος των συστημάτων επιδρά έντονα στις απαιτήσεις χώρου καταλαμβάνοντας έκταση 1,5 – 2 φορές μεγαλύτερη από εκείνη των σταθερών συστημάτων, ως αποτέλεσμα του σχεδιασμού αποφυγής σκιάσεων, ενώ είναι απαραίτητο να γίνει αναφορά στις αυξημένες πιέσεις που δέχονται από τους ανέμους που πνέουν στην περιοχή.

4.4 Βοηθητικές τεχνολογίες φωτοβολταϊκών

Η ισχύς που παράγεται από τις διατάξεις των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κυμαίνεται σημαντικά σε ωριαία, ημερήσια και εποχιακή βάση λόγω μεταβολών στη διαθεσιμότητα της ηλιακής ακτινοβολίας, του ανέμου και των υπολοίπων ανανεώσιμων πηγών. Η παρατήρηση αυτή εξηγεί σε μεγάλο βαθμό για ποιο λόγο, ορισμένες φορές, δεν

είναι επαρκής η διαθέσιμη ισχύς ενώ σε άλλες περιπτώσεις καταγράφεται πλεόνασμα αυτής. Η ασταθής παραγωγή ισχύος από τις διατάξεις ΑΠΕ κάνει αισθητή την ανάγκη εγκατάστασης κατάλληλου εξοπλισμού για τη ρύθμιση, τον έλεγχο, την αποθήκευση και τελικά τη χρησιμοποίηση της. Σκοπό αποτελεί η μετατροπή της ισχύος σε μορφή αξιοποιήσιμη από τις ηλεκτρικές συσκευές.

4.4.1 Αντιστροφέας (DC/AC Inverter)

Η λειτουργία των συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αποφέρει συνεχές ρεύμα χαμηλής τάσης, το οποίο είναι αδύνατο να αξιοποιηθεί, σε αυτή τη μορφή, από το κεντρικό δίκτυο και γι' αυτό κρίνεται απαραίτητο να υποστεί κάποιας μορφής επεξεργασία. Χρησιμοποιώντας, μια κατηγορία ηλεκτρονικών συσκευών, τους αντιστροφείς (inverters) το συνεχές ρεύμα μετατρέπεται σε εναλλασσόμενο κατάλληλο πλέον για την τροφοδοσία του κεντρικού δικτύου. Ο αντιστροφέας πρέπει να ανταποκρίνεται καλά στα χαρακτηριστικά του δικτύου όπως και στις επιδόσεις της γεννήτριας, καθώς μέσω αυτού ρέει όλο το ρεύμα ενώ οι ιδιότητες του επιδρούν καταλυτικά στη συμπεριφορά και τη λειτουργία του συστήματος. [31]

Εικόνα 4.19. Διάφορα μοντέλα αντιστροφέων. Πηγή : [31].

Ο σημαντικός ρόλος των αντιστροφέων για ένα διασυνδεδεμένο σύστημα αντικατοπτρίζεται στις απαιτήσεις της ΔΕΗ, η οποία θέτει συγκεκριμένες προδιαγραφές και διενεργεί ελέγχους προκειμένου να ολοκληρωθεί η σύνδεση με το δίκτυο. Οι προδιαγραφές αφορούν τις εξής παραμέτρους [29] :

- Την τάση και τη συχνότητα των αντιστροφέων. Οι προεπιλεγμένες τιμές των ορίων προστασίας τάσης και συχνότητας είναι κυμαίνονται από -20% έως

+15% και +/-0,5% αντίστοιχα για σταθμούς του διασυνδεδεμένου συστήματος, ενώ για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά τα όρια είναι πό -20% έως +15% και από 47,5 Hz έως 51 Hz. Σε περίπτωση ενεργοποίησης της λειτουργίας προστασίας ο χρόνος αποσύνδεσης θα πρέπει να είναι συντομότερος από 0,5sec και ο χρόνος επανασύζευξης τουλάχιστο 3 λεπτά.

- Η ολική παραμόρφωση του ρεύματος (THD) των αντιστροφέων δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 5%. Ο συντελεστής ορίζεται ως :

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1} \qquad (4.10)$$

Όπου I_1 : η ενεργός τιμή του ρεύματος στη θεμελιώδη συχνότητα

I_h : η ενεργός τιμή της αρμονικής ρεύματος τάξης h και συχνότητας 50 x Hz.

- Η έγχυση συνεχούς ρεύματος δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0,5% του ονομαστικού ρεύματος εφόσον οι αντριστροφείς δε διαθέτουν μετασχηματιστή απομόνωσης.
- Προστασία έναντι του φαινομένου της νησιδοποίησης κατά το πρότυπο VDE 0126.

Πέραν της αποδοτικής μετατροπής του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο τα ηλεκτρονικά συστήματα των αντιστροφέων διαθέτουν στοιχεία, τα οποία διαδραματίζουν κυρίαρχο ρόλο στον καθορισμό του ημερήσιου ρυθμού λειτουργίας. Επιπλέον, παρέχουν τη δυνατότητα ενσωμάτωσης προστατευτικών διατάξεων, οι οποίες αποσυνδέουν αυτόματα το σύστημα εάν εμφανιστούν ανωμαλίες στο δίκτυο ή στη γεννήτρια [31]. Αρκετά μοντέλα εξοπλίζονται με καταγραφικά δεδομένων και υπολογιστές, τα οποία επιτρέπουν τη συνεχή καταγραφή της ισχύος, της τάσης, του ρεύματος και άλλων λειτουργικών παραμέτρων. Τα δεδομένα που λαμβάνονται μπορούν να μεταβιβαστούν σε φορητό υπολογιστή και να αναλυθούν λεπτομερέστερα. Συνεπώς, αναλογιζόμενοι τη σημασία της λειτουργίας των αντιστροφέων αντιλαμβανόμαστε ότι η επιλογή της καταλληλότερης συσκευής είναι υπόθεση εξαιρετικής σημασίας.

Η επιλογή του καταλληλότερου αντιστροφέα για την κατά περίπτωση μετατροπή της συνεχούς τάσης σε εναλλασσόμενη, πέρα από τις προδιαγραφές της ΔΕΗ, πρέπει να γίνεται λαμβάνοντας υπόψη ορισμένες ακόμη παραμέτρους [23], [33] :

- Ονομαστική τάση

  Η ονομαστική τάση του αντιστροφέα θα πρέπει να ισούται με την ονομαστική τάση του ηλεκτρικού συσσωρευτή.
- Ισχύς εξόδου

  Η ισχύς στην έξοδο του αντιστροφέα πρέπει να είναι ίση με τη μέγιστη ηλεκτρική ισχύ των φορτίων κατανάλωσης, που λειτουργούν ταυτόχρονα.
- Ισχύς αιχμής

  Η ισχύς αιχμής θα πρέπει να είναι τριπλάσια της μέγιστης ηλεκτρικής ισχύος των φορτίων κατανάλωσης, που λειτουργούν ταυτόχρονα.
- Τάση εξόδου

  Η τάση στην έξοδο του αντιστροφέα πρέπει να είναι ίση με την τάση των φορτίων κατανάλωσης
- Αξιοπιστία
- Κόστος

  Η επιλογή αντιστροφέα χαμηλού κόστους αντιστοιχεί σε συσκευή υψηλής ισχύος και μεγάλου μεγέθους, με κίνδυνο αποκοπής ολόκληρου του συστήματος σε περίπτωση βλάβης.

Οι αντιστροφείς που χρησιμοποιούνται στα διασυνδεδεμένα συστήματα κατηγοριοποιούνται βάσει του είδους της τάσης που παράγουν. Η ταξινόμηση τους γίνεται σε :

- Μονοφασικούς αντιστροφείς, με τυπικά μεγέθη ισχύος έως 11 kW.
- Τριφασικούς αντιστροφείς, με μεγέθη ισχύος από 6-7 kW έως και 1 MW.

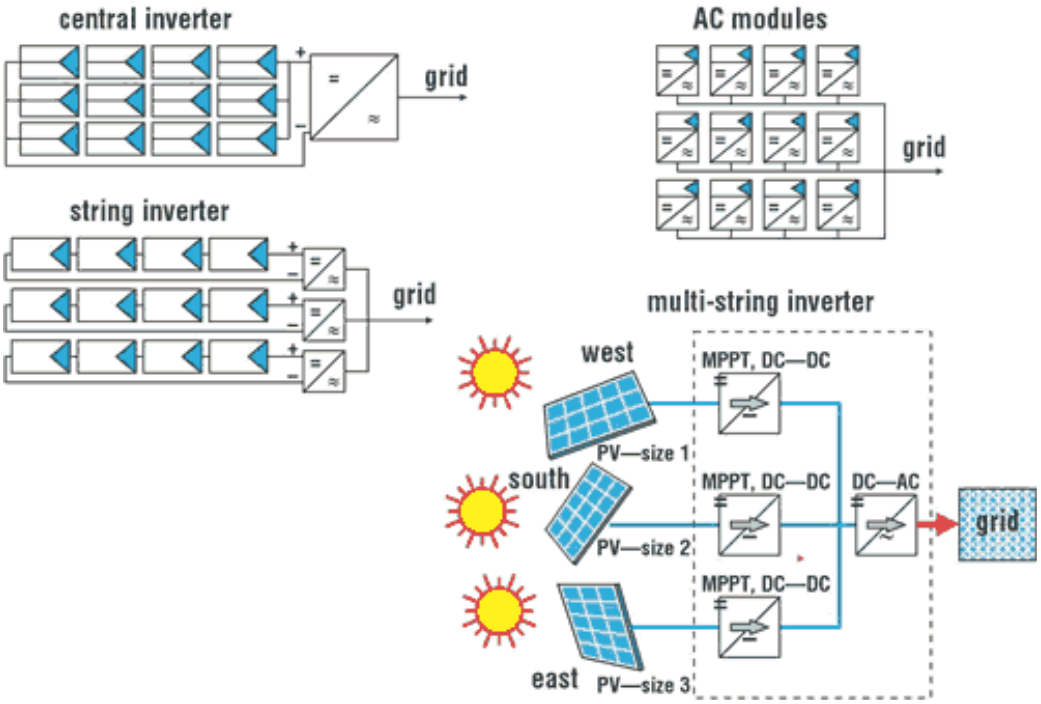
Οι αντιστροφείς ανάλογα με το αν χρησιμοποιούν μετασχηματιστή για γαλβανική απομόνωση (χαμηλής ή υψηλής συχνότητας) ανάμεσα στην DC και την AC έξοδο διακρίνονται σε :

- Αντιστροφείς με μετασχηματιστή (Inverters with transformer)

- Αντιστροφείς χωρίς μετασχηματιστή (Transformerless inverters)

Επιπλέον, διαχωρισμός των αντιστροφέων γίνεται σύμφωνα με την τεχνολογία διασύνδεσης των φωτοβολταϊκών πάνελ στις ακόλουθες κατηγορίες :

- Κεντρικοί αντιστροφείς (Central inverters)
- Αντιστροφείς κλάδων (String inverters)
- Αντιστροφείς πολλαπλών κλάδων (Multi-string inverters)
- Αντιστροφείς με ενσωμάτωση σε φωτοβολταϊκά πάνελ (Module integrated inverters)



Εικόνα 4.20. Οι τέσσερεις οικογένειες αντιστροφέων. Πηγή : [29].

Κεντρικοί αντιστροφείς (Central inverters)

Οι κεντρικοί αντιστροφείς χαρακτηρίζονται από τα υψηλότερα επίπεδα ισχύος που κυμαίνονται από 30-50 kW έως και 1-2MW και χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον σε σταθμούς μεγάλης ισχύος. Κατά περιπτώσεις οι αντιστροφείς αυτοί συνοδεύονται από μετασχηματιστή ανύψωσης ώστε να επιτρέπουν την απευθείας σύνδεση τους στο δίκτυο της ΔΕΗ.

Οι κεντρικοί μετατροπείς διαθέτουν μικρό αριθμό εισόδων DC, γεγονός που σε συνδυασμό με τον μεγάλο αριθμό πάνελ που πρέπει να συνδεθούν στην είσοδο τους, επιβάλλει εκτεταμένη χρήση DC καλωδίων σε αντίθεση με τις άλλες ομάδες αντιστροφέων όπου η καλωδίωση γίνεται με AC.

Εικόνα 4.21. Κεντρικός αντιστροφέας. Πηγή : [29].

Αντιστροφείς κλάδων (String inverters)

Οι αντριστροφείς κλάδων αποτελούν την περισσότερο διαδεδομένη κατηγορία αντιστροφέων με εφαρμογή σε σταθμούς μικρής και μέσης ισχύος. Η αρχή λειτουργίας τους στηρίζεται στην παράλληλη σύνδεση ενός αριθμού κλάδων στις αντίστοιχες εισόδους του αντιστροφέα. Στο εμπόριο κυκλοφορούν με ή χωρίς μετασχηματιστή σε μονοφασική ή τριφασική σύνδεση. Σημαντικό χαρακτηριστικό τους η δυνατότητα σύνδεσης μεγάλου αριθμού φωτοβολταϊκών πλαισίων με την προϋπόθεση της μη παραβίασης των μέγιστων ρυθμίσεων ασφαλείας. Επιπλέον κρίνεται σκόπιμο να συνδέονται στις εισόδους τους με τον ίδιο τύπο και αριθμό πλαισίων.

Εικόνα 4.22. Αντιστροφείς κλάδων. Πηγή : [29].

Αντιστροφείς πολλαπλών κλάδων (Multi-string inverters)

Η συγκεκριμένη κατηγορία αντιστροφέων εξυπηρετεί τις ανάγκες σύνδεσης πάνελ με διαφορετική ονομαστική ισχύ, διαφορετικό αριθμό πάνελ που συγκροτούν τον κάθε κλάδο αλλά και διαφορετική κατασκευάστρια εταιρεία. Κάθε μια είσοδος του αντιστροφέα είναι ανεξάρτητη από τις υπόλοιπες και διαθέτει δικούς της ελεγκτές μέγιστης ισχύος και μετατροπείς.

Οι αντριστροφείς αυτοί χρησιμοποιούνται όπου η διαθεσιμότητα των πάνελ επιβάλλει τη σύνδεση διαφορετικών πάνελ ή σε περιπτώσεις όπου μεταβάλλονται τα χαρακτηριστικά εγκατάστασης που επηρεάζουν την παραγωγή ενέργειας, όπως η κλίση ή τα φαινόμενα σκίασης. Λόγω του ειδικού χαρακτήρα της χρήσης τους η διαθεσιμότητα τους είναι σαφώς περιορισμένη.

Εικόνα 4.23. Αντιστροφέας πολλαπλών κλάδων. Πηγή : [29].

Αντιστροφείς με ενσωμάτωση σε φωτοβολταϊκά πάνελ (Module integrated inverters)

Αποτελούν μια νέα κατηγορία χαμηλής ισχύος και ενσωματώνονται με ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο. Η χρήση τους αποσκοπεί στη βέλτιστη λειτουργία της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης ανά κάθε πλαίσιο χωριστά. Η συγκεκριμένη κατηγορία αντιστροφέων βρίσκει εφαρμογή σε μικρές οικιακές εγκαταστάσεις που αντιμετωπίζουν σημαντικά προβλήματα σκίασης.

Εικόνα 4.24. Αντιστροφείς για ενσωμάτωση σε φωτοβολταϊκά πάνελ. Πηγή : [29].

4.4.2 Ηλεκτρικοί συσσωρευτές

Η ανάγκη αποθήκευσης της περίσσειας της ηλεκτρικής παραγωγής, με σκοπό τη χρησιμοποίησης της όταν η παραγωγή αδυνατεί να ανταποκριθεί στη ζήτηση, καλύπτεται από ειδικές διατάξεις που ονομάζονται ηλεκτρικοί συσσωρευτές ή μπαταρίες [23]. Αποτελούνται από ζεύγη μεταλλικών ηλεκτροδίων, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους σε σειρά. Συνήθως έχουν τη μορφή πλακών και είναι εμβαπτισμένα σε διάλυμα ηλεκτρολύτη. Κάθε ζεύγος ηλεκτροδίων καλείται στοιχείο.

Με βάση το υλικό κατασκευής των ηλεκτροδίων οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές διακρίνονται στους εξής τύπους :

- Μπαταρίες εμβάπτυσης μολύβδου οξέος
- VRLA
- Αλκαλικές μπαταρίες (NiCd, NiMH)
- Μπαταρίες βρωμιδίου του ψευδαργύρου και λιθίου

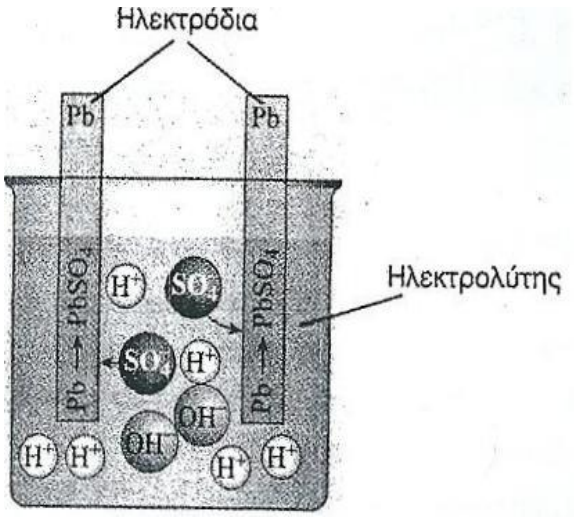
Έχει διαπιστωθεί ότι οι μπαταρίες εμβάπτισης μολύβδου-οξέος βρίσκουν εφαρμογή ευρείας κλίμακας στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Βασικά μειονεκτικά χαρακτηριστικά τους αποτελούν η ανάγκη συχνής συντήρησης για την αναπλήρωση του νερού που χάνεται κατά τη διάρκεια της λειτουργίας, το μεγάλο τους βάρος και η δυσκολία μεταφοράς τους. Στον αντίποδα εμφανίζουν παρατεταμένη διάρκεια ζωής, ανθεκτικότητα και μεγάλη διαθεσιμότητα στην αγορά [31].

Οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές διαδραματίζουν εξέχοντα ρόλο στα φωτοβολταϊκά συστήματα, τόσο σε αυτόνομες όσο και σε διασυνδεδεμένες με το κεντρικό δίκτυο εγκαταστάσεις. Στα διασυνδεδεμένα δίκτυα δεν κρίνεται απαραίτητη η χρήση συσσωρευτών με εξαίρεση την περίπτωση που το σύστημα τροφοδοτεί άμεσα κάποια φορτία, τα οποία δεν θα πρέπει να μείνουν εκτός λειτουργίας κατά τη διάρκεια βλάβης. Στα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα η αποθήκευση μιας ποσότητας από την περίσσεια της ηλεκτρικής τους παραγωγής χρειάζεται αναμφίβολα ώστε να καλύψει τις προκύπτουσες ανάγκες ζήτησης οι οποίες υπερβαίνουν την παραγωγή της φωτοβολταϊκής γεννήτριας.

Η ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που καλείται να αποθηκευθεί στους συσσωρευτές, καθορίζοντας ως ένα βαθμό το μέγεθος τους, επηρεάζεται από παράγοντες όπως οι τοπικές συνθήκες, οι ενεργειακές απαιτήσεις, οι αιχμές της κατανάλωσης, ο βαθμός αξιοπιστίας του συστήματος αλλά κυρίως το μέγιστο πλήθος πιθανών ημερών απουσία ηλιοφάνειας [25].

Διαδικασία φόρτισης – εκφόρτισης συσσωρευτή

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η πλειοψηφία των συσσωρευτών που στελεχώνουν τα φωτοβολταϊκά συστήματα ανήκουν στην κατηγορία των συσσωρευτών μολύβδου. Τα ηλεκτρόδια τους είναι πλάκες από κράματα μολύβδου βυθισμένες σε διάλυμα θειικού οξέος. Κατά την αρχική επαφή των μολύβδινων πλακών με το διάλυμα θειικού οξέος το λεπτό επιφανειακό στρώμα των ηλεκτροδίων μετατρέπεται σε θειικό μόλυβδο, όπως γίνεται αντιληπτό από την ακόλουθη εικόνα.

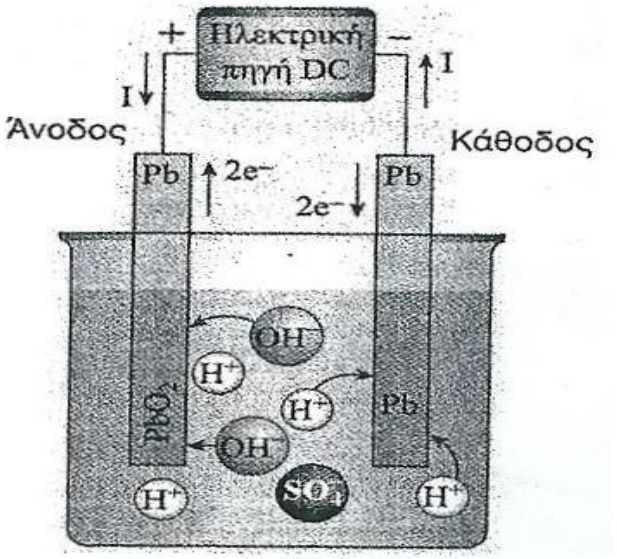


Εικόνα 4.25. Αρχική επαφή ηλεκτροδίων με ηλεκτρολύτη σε ηλεκτρικό συσσωρευτή με Pb/H_2SO_4. Πηγή : [23].

$$Pb \rightarrow PbSO_4$$

Με την πλήρωση του δοχείου του συσσωρευτή με ηλεκτρολύτη και πριν ακόμη ξεκινήσει η διαδικασία φόρτισης του, ο συσσωρευτής εμφανίζει τάση στους πόλους του.[23]

Η φόρτιση του συσσωρευτή επιτυγχάνεται όταν τα άκρα του συνδεθούν με ηλεκτρική πηγή συνεχούς τάσης, οπότε το σύστημα διαρρέεται από ορισμένο ρεύμα.

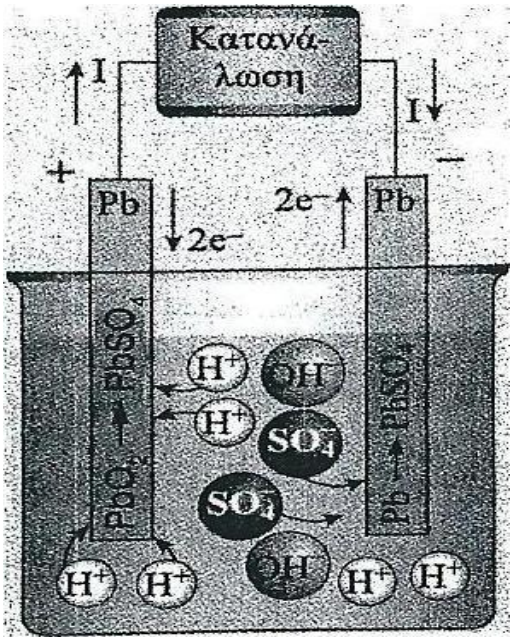


Εικόνα 4.26. Φόρτιση ηλεκτρικού συσσωρευτή Pb/H_2SO_4. Πηγή : [23].

Κατά τη διαδικασία της φόρτισης ο θειικός μόλυβδος ($PbSO_4$) διασπάται σχηματίζοντας οξείδιο του μολύβδου (PbO_2), στο θετικό ηλεκτρόδιο (άνοδος), και μεταλλικό μόλυβδο (Pb) στο αρνητικό ηλεκτρόδιο (κάθοδος). Η χημική αντίδραση που περιγράφει τη διαδικασία της φόρτισης είναι η εξής :

$$PbSO_{4^-} + PbSO_{4^+} 2H_2O \rightarrow Pb^- + PbO_{2^+} + 2H_2SO_4 \quad (4.11)$$

Αντιστρόφως, η εκφόρτιση του συσσωρευτή επιτυγχάνεται όταν τα άκρα του συνδεθούν με έναν καταναλωτή, οπότε στις επιφάνειες των ηλεκτροδίων το οξείδιο του μολύβδου (PbO_2) και ο μεταλλικός μόλυβδος (Pb) μετατρέπονται σε θειικό μόλυβδο ($PbSO_4$).



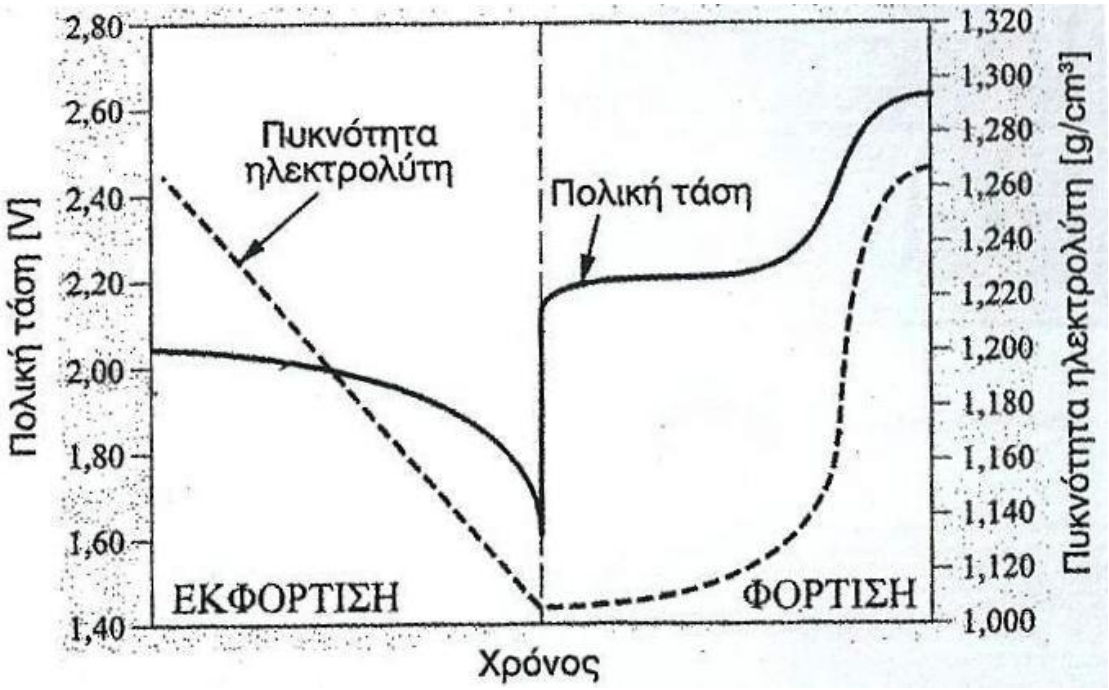
Εικόνα 4.27. Φόρτιση ηλεκτρικού συσσωρευτή Pb/H_2SO_4. Πηγή : [23]

Η χημική αντίδραση της εκφόρτισης είναι :

$$Pb^- + PbO_{2^+} + 2H_2SO_4 \rightarrow PbSO_{4^-} + PbSO_{4^+} 2H_2O \quad (4.12)$$

Από τις δυο προηγούμενες χημικές αντιδράσεις προκύπτει ότι κατά τη φόρτιση του συσσωρευτή αυξάνεται η περιεκτικότητα του θειικού οξέος στο διάλυμα, ενώ ελαττώνεται κατά την εκφόρτιση.

Για να ελεγχθεί η αξιοπιστία φόρτισης ενός ηλεκτρικού συσσωρευτή διεξάγεται έλεγχος SOC κατά τον οποίο εξετάζονται δυο χαρακτηριστικά. Πρόκειται για την πυκνότητα του ηλεκτρολύτη και την πολική τάση. Η μεταβολή της πυκνότητας του ηλεκτρολύτη και της πολικής τάσης σε ένα στοιχείο συσσωρευτή κατά τις φάσεις φόρτισης και εκφόρτισης παρουσιάζεται στην εικόνα 4.



Εικόνα 4.28. Μεταβολή της πυκνότητας του ηλεκτρολύτη και της πολικής τάσης σε στοιχείο συσσωρευτή κατά τις φάσεις φόρτισης-εκφόρτισης. Πηγή : [23].

Βαθμός απόδοσης συσσωρευτή

Κατά τη διάρκεια της φόρτισης ενός ηλεκτρικού συσσωρευτή, είτε θερμαίνοντας τον ηλεκτρολύτη είτε προκαλώντας ηλεκτρόλυση, καταγράφονται απώλειες της τάξης του 10-20% της προσφερόμενης σε αυτόν ενέργειας. Ο βαθμός απόδοσης προκύπτει από το πηλίκο της ηλεκτρικής ενέργειας που αποδίδει ο συσσωρευτής κατά την εκφόρτιση προς την ηλεκτρική ενέργεια που του προσφέρεται κατά τη φόρτιση.

$$n_B = \frac{E_{\varepsilon\kappa}}{E_{\varphi}} = 0{,}80 - 0{,}85 \qquad (4.13)$$

Όπου : Εεκ [J] : αποδιδόμενη ηλεκτρική ενέργεια κατά την εκφόρτιση του συσσωρευτή

Εφ [J] : προσφερόμενη ηλεκτρική ενέργεια κατά τη φόρτιση του συσσωρευτή

Ονομαστική χωρητικότητα

Ονομαστική χωρητικότητα C ενός συσσωρευτή καλείται το ηλεκτρικό φορτίο που μπορεί να αποθηκευθεί στο εσωτερικό του με τη μορφή χημικής ενέργειας και μετατράται σε αμπερώρια (Ah). Πρόκειται, δηλαδή, για το γινόμενο της έντασης του ρεύματος I που δίνει ο συσσωρευτής ανεξάρτητα από την τάση του, επί το πλήθος των ωρών nh μέχρι να εκφορτιστεί.

$$C = I \times n_h \qquad (4.14)$$

Εξετάζοντας λεπτομερέστερα τον υπολογισμό της ονομαστικής χωρητικότητας ενός φωτοβολταϊκού συσωρευτή καταλήγουμε στη χρήση της παρακάτω σχέσης [23]:

$$C = \frac{(n + b) \times m \times E_{\kappa}}{\sigma_{\gamma B} \times \sigma_{\varepsilon\kappa} \times \beta_{\varepsilon\kappa} \times V_B} \qquad (4.15)$$

Όπου : n [-] : ο αριθμός των μη ηλιοφανών ημερών (ημέρες αυτονομίας του συστήματος)

b [-] : ποσοστό φορτίων έμμεσης τροφοδοσίας b = $E_{\kappa\varepsilon}/E_{\kappa}$. Το ποσοστό φορτίων έμμεσης τροφοδοσίας μπορεί να λάβει τιμές από 0 έως 1.

b=0 : τα φορτία της κατανάλωσης καλύπτονται απ' ευθείας από τη φωτοβολταϊκή συστοιχία, συνεπώς υπάρχει άμεση τροφοδοσία

b=1 : τα φορτία της κατανάλωσης καλύπτονται μόνο από τον ηλεκτρικό συσσωρευτή, συνεπώς υπάρχει έμμεση τροφοδοσία.

$E_{\kappa\varepsilon}$ [Wh/ημ] : ηλεκτρική ενέργεια που καλύπτεται από το συσσωρευτή

E_{κ} [Wh/ημ] : ηλεκτρική ενέργεια κατανάλωσης

m [-] : συντελεστής περιθωρίου ενεργειακών καταναλώσεων για την κάλυψη πιθανής υποτίμησης των αναγκών της κατανάλωσης, m=1,2. Ο συντελεστής περιθωρίου ενεργειακών καταναλώσεων (m) αφορά στην εκτίμηση των ημερήσιων ενεργειακών αναγκών. Προκειμένου να καλύψουμε μια πιθανή υποτίμηση των

αναγκών της κατανάλωσης, λαμβάνουμε ένα ποσοστό 20% επιπλέον των καταγραφέντων φορτίων.

$\sigma_{\gamma B}$ [-] : συντελεστής γήρανσης συσσωρευτή, $\sigma\gamma_B = 0,8$

$\sigma_{\varepsilon\kappa}$ [-] : συντελεστής απωλειών μεταφοράς ενέργειας στο κύκλωμα εκφόρτισης

Ο συντελεστής απωλειών μεταφοράς ενέργειας στο κύκλωμα εκφόρτισης ($\sigma_{\varepsilon\kappa}$), το κύκλωμα περιλαμβάνει μετατροπέα τάσης (inverter) $\sigma_{\varepsilon\kappa} = 0,91$, ενώ απουσία μετατροπέα $\sigma_{\varepsilon\kappa}=0,97$.

$\beta_{\varepsilon\kappa}$ [-] : βάθος εκφόρτισης συσσωρευτή

V_B [V] : ονομαστική τάση συσσωρευτή

Οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα μέρη των φωτοβολταϊκών συστημάτων λειτουργικά αλλά και άποψη κόστους καταλαμβάνοντας ένα σεβαστό ποσό από το συνολικό κεφάλαιο της επένδυσης. Για το λόγο αυτό κρίνεται σκόπιμο να εξεταστούν σημαντικές παράμετροι που επιδρούν τόσο στη λειτουργία τους όσο και στη διάρκεια ζωής τους.

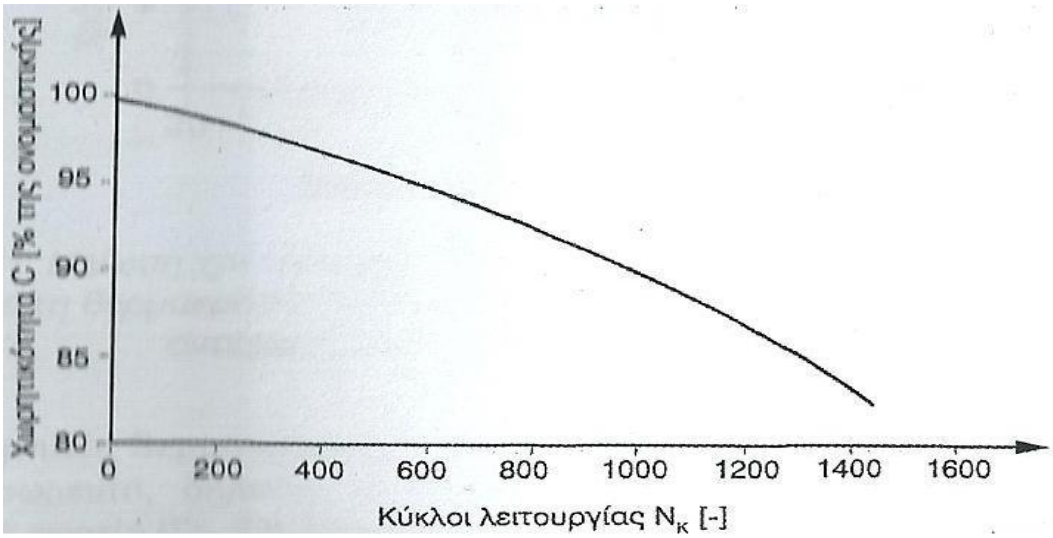
Η ονομαστική χωρητικότητα των συσσωρευτών παρουσιάζει μείωση όσο αυξάνονται οι κύκλοι λειτουργίας τους, δηλαδή ο αριθμός των διαδοχικών φορτίσεων και εκφορτίσεων τους. Το ποσό της αποθηκευμένης ηλεκτρικής ενέργειας που προσφέρεται σε κάθε εκφόρτιση ονομάζεται βάθος εκφόρτισης. Το γινόμενο του βάθους εκφόρτισης επί τους κύκλους λειτουργίας παραμένει σταθερό, λαμβάνοντας τιμές της τάξης του 1200 για τους φωτοβολταϊκούς συσσωρευτές και του 120 για τους κοινούς συσσωρευτές. Επιλέγοντας την τιμή του βάθους εκφόρτισης καθορίζονται ως ένα βαθμό οι ημέρες αυτονομίας του εκάστοτε συστήματος, με τις αντιστοιχίες να παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 4.3. Επιλογή βάθους εκφόρτισης.

Βάθος εκφόρτισης ($\beta_{\varepsilon\kappa}$)	Ημέρες αυτονομίας
0,4	1-3
0,6	4-6
0,8	7-10

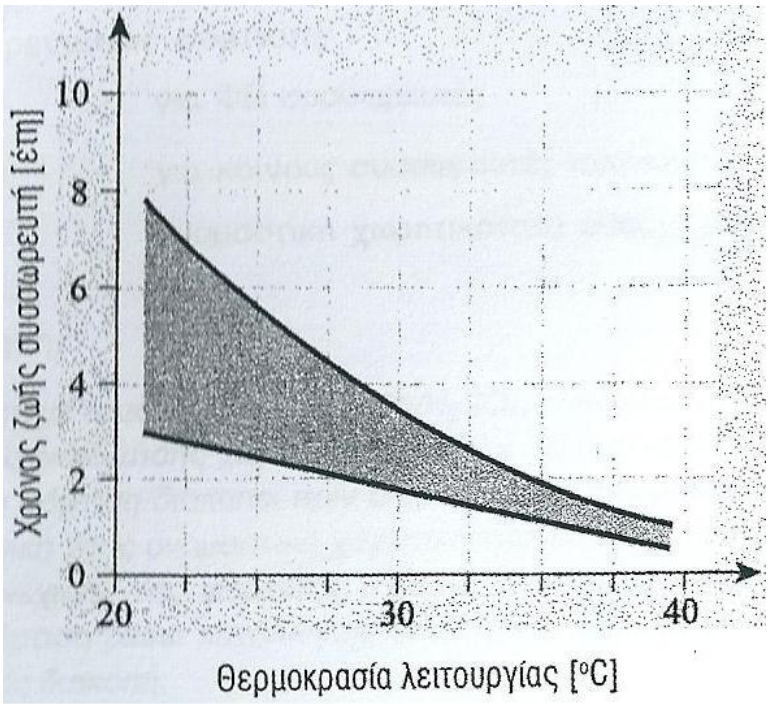
Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

Κρίνεται απολύτως απαραίτητο να αναφερθεί ότι η διάρκεια ζωής ενός συσσωρευτή φωτοβολταϊκής τεχνολογίας που λειτουργεί με βάθος εκφόρτισης 0,25 – 0,3 μπορεί να υπερβεί ακόμη και τα 10 έτη. Όμως η ονομαστική χωρητικότητα παρουσιάζει πτωτικές τάσεις χρόνο με το χρόνο και συγκεκριμένα βάση εμπειρικών παρατηρήσεων ο συσσωρευτής δύναται να αποδίδει περίπου το 80% της αρχικής ονομαστικής του τιμής έπειτα από περίπου 1500 κύκλους λειτουργίας (εικόνα 5). Η μείωση αυτή ονομάζεται γήρανση του συσσωρευτή και εκφράζεται μέσω του συντελεστή γήρανσης ($\sigma_{\gamma B}$= 0,8).



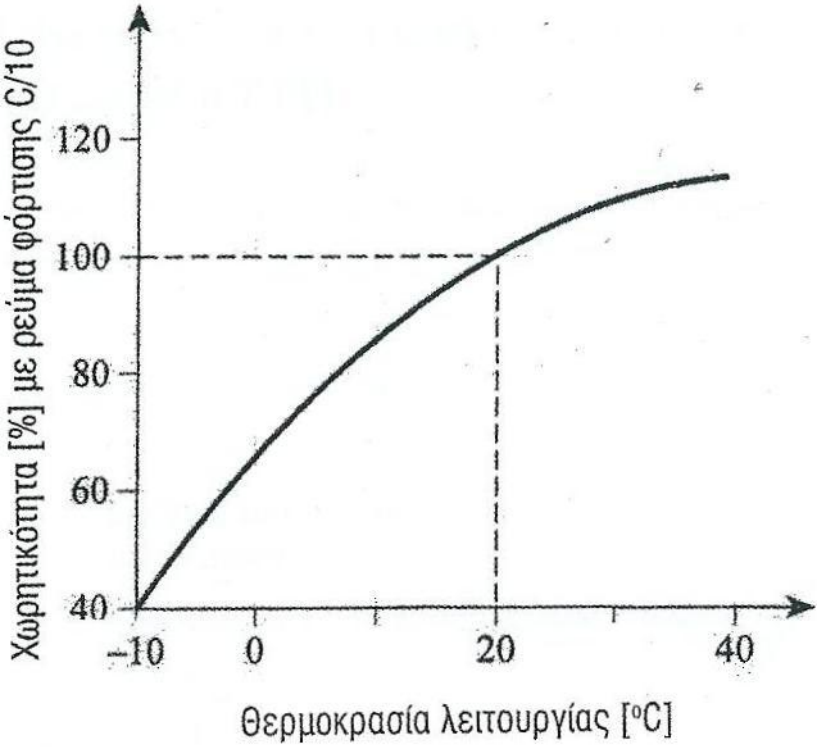
Εικόνα 4.29. Μείωση χωρητικότητας ηλεκτρικού συσσωρευτή με σταθερό βάθος εκφόρτισης. Πηγή : [23].

Μια άλλη παράμετρος που επηρεάζει σημαντικά το χρόνο ζωής ενός συσσωρευτή είναι οι συνθήκες υπό τις οποίες καλείται να λειτουργήσει, με τις επικρατούσες θερμοκρασίες να διαδραματίζουν ιδιαίτερο ρόλο. Η λειτουργία σε υψηλές θερμοκρασίες προκαλεί σημαντική μείωση του χρόνου ζωής των συσσωρευτών, όπως γίνεται εύκολα κατανοητό από την ακόλουθη εικόνα.



Εικόνα 4.30. Μείωση χρόνου ζωής ηλεκτρικού συσσωρευτή σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία λειτουργίας του (η σκιασμένη περιοχή αντιπροσωπεύει πλήθος δεδομένων). Πηγή : [23].

Αρκετές είναι οι ιδιαιτερότητες που παρουσιάζει η λειτουργία σε περιβάλλον χαμηλών θερμοκρασιών καθώς προκαλείται περιορισμός της χωρητικότητας του συσσωρευτή (εικόνα 7), ενώ ελλοχεύει ο κίνδυνος να παγώσει ο ηλεκτρολύτης και να καταστραφεί ολοκληρωτικά ο συσσωρευτής. Σε τέτοιες περιπτώσεις το βάθος εκφόρτισης πρέπει να περιορίζεται ρυθμίζοντας κατάλληλα τον ελεγκτή φόρτισης.



Εικόνα 4.31. Μείωση χωρητικότητας ηλεκτρικού συσσωρευτή σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία λειτουργίας του. Πηγή : [23].

Τέλος η ήπια φόρτιση αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τη διατήρηση του ηλεκτρικού συσσωρευτή σε καλή κατάσταση. Όσο μεγαλύτερη είναι η περίοδος φόρτισης έως το ανώτατο όριο φόρτισης ενός στοιχείου, τόσο μεγαλύτερη είναι η χωρητικότητα του συσσωρευτή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^{Ο}

5. Τεχνολογία ανεμογεννητριών

Η αρχή λειτουργίας των ανεμογεννητριών δεν χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερη πολυπλοκότητα. Ο άνεμος προκαλεί περιστροφή του δρομέα (ρότορα) της ανεμογεννήτριας που, με τη σειρά του, περιστρέφει τον κύριο άξονα ο οποίος είναι συνδεδεμένος στην πλύμνη του δρομέα. Μέσω του κιβωτίου των ταχυτήτων η κίνηση του άξονα του δρομέα μεταδίδεται στη γεννήτρια, η οποία στη συνέχεια παράγει ηλεκτρισμό. [32]

Οι ανεμοκινητήρες έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν αυτόνομα τροφοδοτώντας απευθείας την κατανάλωση, είτε να συνδέονται σε υπάρχοντα δίκτυα καλύπτοντας μέρος των αναγκών μεγάλων πληθυσμιακών ομάδων . Στην περίπτωση της απευθείας κατανάλωσης λόγω της ασταθούς παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, καθώς η ένταση του ανέμου αυξομειώνεται διαρκώς, κρίνεται απαραίτητη η χρήση ντιζελογεννητριών, οι οποίες θα λειτουργούν συνεργητικά με τις ανεμογεννήτριες. Η δεύτερη περίπτωση αφορά την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας από εκτεταμένο αριθμό ανεμογεννητριών (αιολικό πάρκο) οι οποίες είναι συνδεδεμένες με το κεντρικό δίκτυο και μπορούν ανά πάσα στιγμή να εξυπηρετήσουν την αυξημένη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας.

Εικόνα 5.1. Ανεμογεννήτρια. Πηγή :[35].

5.1 Χαρακτηριστικά ανεμογεννητριών

Το ποσοστό της ισχύος του ανέμου το οποίο μια ανεμογεννήτρια είναι σε θέση να μετατρέπει σε μηχανική ενέργεια προκύπτει από τον ακόλουθο τύπο :

$$P_{A/\Gamma} = C_p \times \frac{1}{2} \times V^3 \times S \times \rho \qquad (5.1)$$

Όπου : Cp : ο συντελεστής ισχύος

S : η επιφάνεια σάρωσης της πτερωτής

V : σταθερή ταχύτητα κίνησης

ρ : η πυκνότητα του αέρα

Ο συντελεστής ισχύος θεωρείται βασικό χαρακτηριστικό των ανεμογεννητριών. Η μέγιστη θεωρητικά παραγόμενη ισχύς ($C_{p,max}$) ισούται με 0,593, υπολογίστηκε από τον Betz και για το λόγο αυτό ονομάζεται όριο του Betz. Αναλογιζόμενοι την έννοια του συγκεκριμένου συντελεστή αντιλαμβανόμαστε ότι ο βέλτιστος δρομέας κάτω από ιδανικές συνθήκες λειτουργίας έχει τη δυνατότητα να δεσμεύει το 59% της ισχύος του ανέμου. Εξ' αιτίας όμως των απωλειών και άλλων αποκλίσεων που υπάρχουν στην πραγματική ροή, όπως μηχανικές τριβές και στροβιλισμοί στον αέρα, ο μέγιστος συντελεστής ισχύος μειώνεται στο 0,46 – 0,47. Ο συντελεστής ισχύος εξαρτάται από την αδιάστατη ταχύτητα του ακροπτερυγίου λ και πιο συγκεκριμένα από το λόγο της περιστροφής του ακροπτερυγίου προς την ταχύτητα του ανέμου όπως γίνεται κατανοητό και από τον ακόλουθο τύπο. [25]

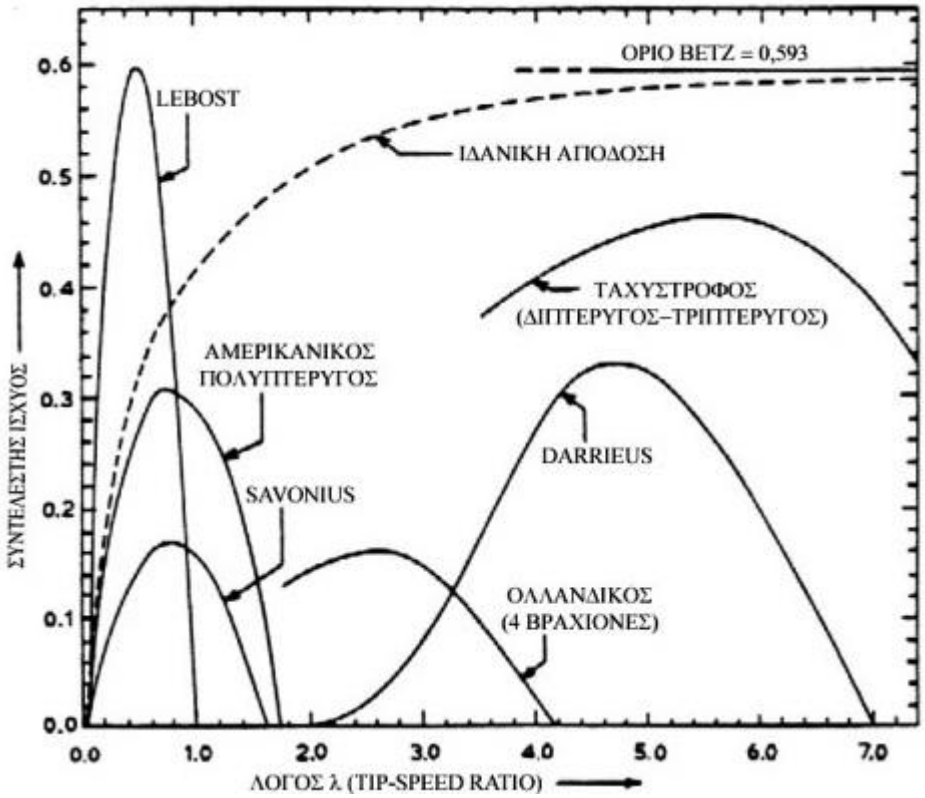
$$\lambda = \frac{\omega \times r}{V} \qquad (5.2)$$

Όπου : ω : η γωνιακή ταχύτητα της πτερωτής

r : η ακτίνα του ακροπτέρυγου

V : η ταχύτητα του ανέμου

Παρατηρώντας την ακόλουθη εικόνα δίνεται η δυνατότητα να κατανοήσουμε καλύτερα την εξάρτηση του συντελεστή ισχύος C_p από το λόγο λ, μέσω των μεταβολών του συντελεστή για διάφορους τύπους ανεμογεννητριών.



Εικόνα 5.2. Συντελεστής ισχύος συναρτήσει της ταχύτητας του ακροπτερυγίου για διάφορες ανεμογεννήτριες. Πηγή :[25].

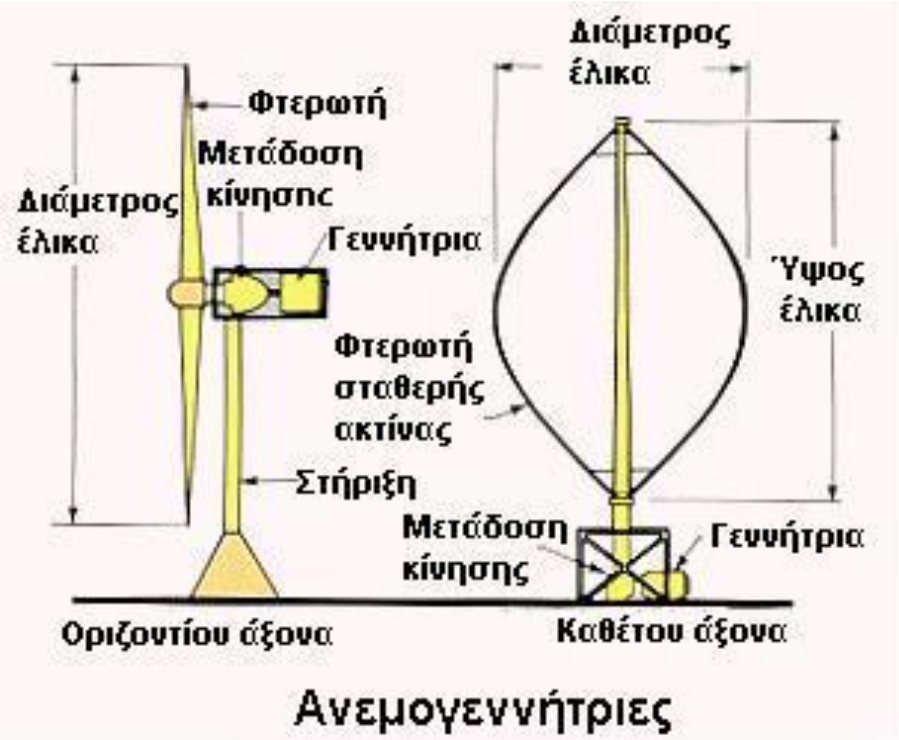
Μια ανεμογεννήτρια προσδιορίζεται από τρείς τιμές της ταχύτητας του ανέμου [25] :

- Την ταχύτητα έναρξης V_{min} (cut-in speed) : Αποτελεί την ελάχιστη ταχύτητα ανέμου για την οποία η μηχανή λειτουργεί
- Την ονομαστική ταχύτητα V_R (rated speed) : Αποτελεί την ταχύτητα για την οποία η ισχύς που παράγεται γίνεται ίση με την ονομαστική ισχύ
- Την ταχύτητα αποσύνδεσης V_{max} (cut-out speed) : Αποτελεί τη μέγιστη ταχύτητα ανέμου για την οποία η μηχανή λειτουργεί χωρίς σοβαρό κίνδυνο βλάβης. Για $V>V_{max}$ η μηχανή ακινητοποιείται για ασφάλεια.

5.2 Κατηγορίες ανεμογεννητριών

Τα σύγχρονα συστήματα αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας αφορούν, σχεδόν αποκλειστικά, μηχανές που μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική και ονομάζονται ανεμογεννήτριες. Οι επικρατέστεροι τύποι ανεμογεννητριών ταξινομούνται σύμφωνα με τον προσανατολισμό των αξόνων τους σε σχέση με τη ροή του ανέμου. Στην αγορά συναντώνται πολλών ειδών ανεμογεννήτριες οι οποίες κατατάσσονται σε δυο κύριες κατηγορίες [22] :

- Ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα
- Ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα



Εικόνα 5.3. Κυριότεροι τύποι ανεμογεννητριών. Πηγή : [37].

5.2.1. Ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα

Οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα αποτελούνται στη συντριπτική τους πλειοψηφία από δυο ή τρία πτερύγια θυμίζοντας έντονα έλικα αεροπλάνου ή ελικοπτέρου [2]. Σπανιότερα εμφανίζονται ανεμογεννήτριες με μεγαλύτερο αριθμό πτερυγίων, οι οποίες

βρίσκουν εφαρμογή σε αγροκτήματα για την άντληση υδάτων [22]. Στην παγκόσμια αγορά έχουν καταφέρει να επικρατήσουν οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα, με μοντέρνα σχεδίαση, ενώ τη μεγαλύτερη εμπορική επιτυχία παρουσιάζουν οι τρίπτερες και δίπτερες, με σημαντικότερες κατασκευάστριες χώρες τη Δανία, τις ΗΠΑ, την Αγγλία, την Ολλανδία, τη Γερμανία, την Ιταλία, την Ισπανία, την Ιαπωνία και την Κίνα [24].

5.2.2 Ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα

Οι ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα δεν έχουν γνωρίσει την εμπορική ανάπτυξη που έχουν οι οριζοντίου άξονα. Η χρήση τους εγκαταλείφθηκε στα μέσα της δεκαετίας του 1990 λόγω της αεροδυναμικής τους ανεπάρκειας, καθότι το εύρος της γωνίας προσβολής μεταξύ του ανέμου και των πτερυγίων του δρομέα ήταν πολύ μεγάλο. Παρ' όλα αυτά διαθέτουν κάποια χαρακτηριστικά που τους προσδίδουν τα εξής πλεονεκτήματα :

- Η κατακόρυφη συμμετρία συνεπάγεται αυτόματο προσανατολισμό του δρομέα στη διεύθυνση πνοής του ανέμου
- Το σύστημα μετατροπής της μηχανικής ενέργειας του δρομέα σε άλλης μορφής ενέργεια βρίσκεται στο έδαφος, στη βάση του ανεμοκινητήρα
- Απλή κατασκευή του πύργου στήριξης αλλά και γενικότερα απλούστερη κατασκευή

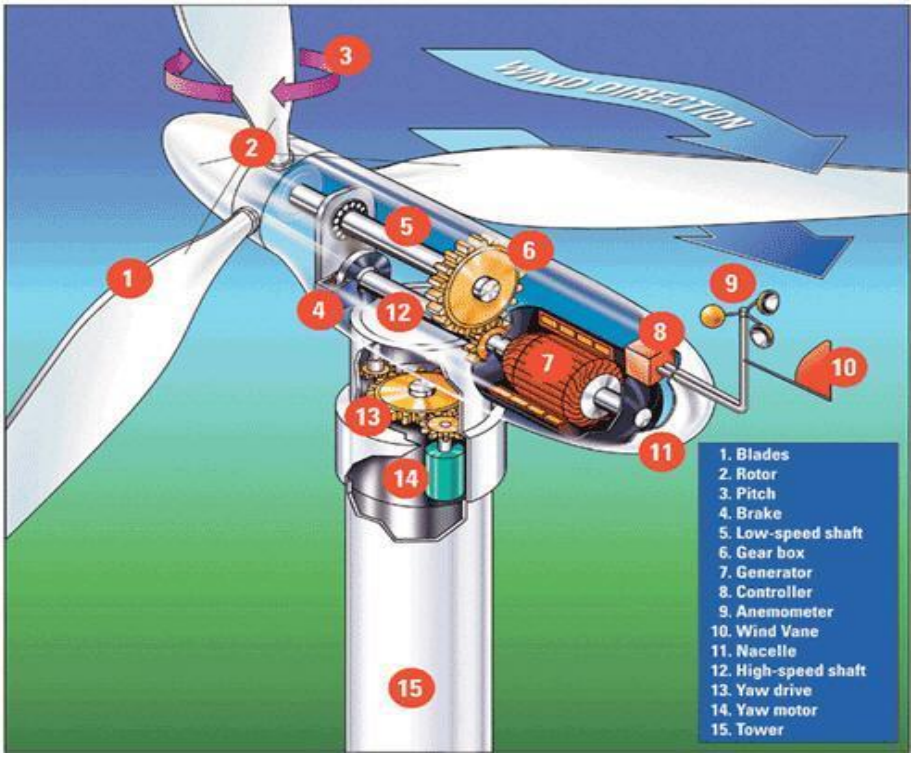
Τα έξοδα αυτοματισμού, συντήρησης και επισκευών είναι σαφώς μικρότερα σε σύγκριση με τον ανεμοκινητήρα οριζόντιου άξονα. [24]

5.3 Σημαντικότερα μέρη μιας ανεμογεννήτριας

Η απόδοση μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από το μέγεθος της και την ταχύτητα των ανέμων που πνέουν. Η επιλογή του μεγέθους γίνεται συναρτήσει των αναγκών που καλείται να εξυπηρετήσει και ποικίλει από μερικές εκατοντάδες έως μερικά εκατομμύρια Watt.

Στην αγορά της αιολικής τεχνολογίας επικράτησαν οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα με τα κυριότερα μέρη που τις απαρτίζουν να είναι ο δρομέας, το σύστημα αύξησης στροφών (κιβώτιο ταχυτήτων), το σύστημα πέδησης, τα έδρανα του άξονα και οι ελαστικοί

σύνδεσμοι, η ηλεκτρική γεννήτρια, το σύστημα προσανατολισμού, ο πύργος στήριξης και τα θεμέλια [24].



Εικόνα 5.4. Κυριότερα μέρη ανεμογεννήτριας. Πηγή : [36].

Τα σημαντικότερα εσωτερικά και εξωτερικά μέρη μιας τουρμπίνας αιολικής ενέργειας όπως παρουσιάζονται στην εικόνα 3 περιγράφονται συνοπτικά ακολούθως.

1. <u>Πτερύγια (Blades)</u>

Οι περισσότερες ανεμογεννήτριες διαθέτουν τρεις λεπίδες. Ο άνεμος φυσώντας πάνω στις λεπίδες προκαλεί την άνωση και περιστροφή τους. Αιολικές μηχανές με μικρότερο αριθμό πτερυγίων απαιτούν μεγαλύτερη ταχύτητα περιστροφής για το ίδιο ενεργειακό αποτέλεσμα γεγονός που συνεπάγεται περισσότερο θόρυβο και φθορές με αντισταθμιστικό όφελος το χαμηλότερο κόστος [38]. Για την κατασκευή των πτερυγίων των σύγχρονων ανεμογεννητριών χρησιμοποιούνται υλικά των τριών παρακάτω κατηγοριών :

- Ξύλο (συμπεριλαμβάνει συνθετικά από φύλλα ξύλου)

- Συνδυασμοί συνθετικών (πολυεστέρας ή εποξική μήτρα ενισχυμένα με ίνες γυαλιού)
- Μέταλλα (κράματα χάλυβα ή αλουμινίου)

2. Δρομέας / Ρότορας (Rotor):

Ο δρομέας είναι ένας περιστρεφόμενος μηχανισμός, ο οποίος μπορεί να αποτελείται από ένα (μονόπτερος) έως τριάντα και σε ορισμένες περιπτώσεις περισσότερα πτερύγια (πολύπτερος). Αποτελεί το σημαντικότερο ζήτημα κατά τη σχεδίαση του ανεμοκινητήρα και τοποθετείται είτε μπροστά από τον πύργο στήριξης (ανάντη), δεχόμενο έτσι τον άνεμο αδιατάρακτο από τον πύργο, είτε πίσω (κατάντι) από αυτόν, επιτρέποντας την αυτοευθυγράμμιση του δρομέα με την κατεύθυνση του ανέμου προκαλώντας παράλληλα παρέκκλιση του ανέμου από τον πύργο και τη μετατροπή του σε τυρβώδη πριν φθάσει στο δρομέα [34].

Οι δρομείς των σύγχρονων ανεμογεννητριών οδηγούν ηλεκτρογεννήτριες υψηλών ταχυτήτων περιστροφής, γεγονός το οποίο απαιτεί κίνηση με όσο το δυνατόν μεγαλύτερες ταχύτητες ώστε να μειωθούν οι μάζες των γραναζιών μετάδοσης της κίνησης και των γεννητριών. Συνεπώς, ο δρομέας πρέπει να αποτελείται από μικρό αριθμό πτερυγίων, ο οποίος δεν θα υπερβαίνει τα τρία [34]. Η ταχύτητα του δρομέα δεν επιτρέπεται να ξεπερνά την εκάστοτε μέγιστη γωνιακή ταχύτητα για λόγους προστασίας των πτερυγίων από μηχανικές καταπονήσεις που οφείλονται σε φυγόκεντρες δυνάμεις [33].

Η διάρκεια ζωής ενός δρομέα διαμορφώνεται από πλήθος συμβαλλόμενων μερών, με σημαντικότερα τα μεταβαλλόμενα φορτία και τις περιβαλλοντικές συνθήκες που αντιμετωπίζει κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του. Καθοριστικής σημασίας κρίνεται η συμβολή του σχεδιασμού του δρομέα αλλά και των μηχανικών του ιδιοτήτων. [34]

3. Μηχανισμός μεταβλητού βήματος πτερυγίων (Pitch):

Οι λεπίδες στρέφονται ή στρίβουν γύρω από τον άξονά τους, ανεξάρτητα από τον άνεμο, ώστε να ελέγχουν την ταχύτητα του ρότορα (ηλεκτρικού κινητήρα) και να τον εμποδίζουν από το να στρίβει σε ανέμους οι οποίοι είναι υπερβολικά ισχυροί ή ασθενείς για να παραγάγουν ηλεκτρισμό.[38]

4. Σύστημα πέδησης (Brake) [33]:

Το σύστημα πέδησης αποτελείται από ένα φρένο, ένα δίσκο, ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά τρόπο μηχανικό, ηλεκτρικό ή υδραυλικό, ώστε να διακόπτεται η κίνηση του ρότορα (ηλεκτρικός κινητήρας) σε περιπτώσεις επείγουσας ανάγκης. Το σύστημα πέδησης με το οποίο είναι εφοδιασμένος κάθε ανεμοκινητήρας για την ακινητοποίηση του δρομέα λειτουργεί σύμφωνα με έναν από τους εξής τρόπους :

- Μεταβολή του βήματος του πτερυγίου ή του ακροπτερυγίου ή και ενεργοποίηση της αεροπέδης στο ακροπτερύγιο
- Στροφή του ίδιου του δρομέα ώστε να γυρίσει παράλληλα προς τον άνεμο
- Αύξηση της αεροδυναμικής αντίστασης του πτερυγίου με την ενεργοποίηση αεροπέδης
- Πέδηση του άξονα

Ο προτιμότερος τρόπος ακινητοποίησης της μηχανής είναι η σταδιακή μείωση των αεροδυναμικών φορτίων με παράλληλη αύξηση της αντιρροπής, αποφεύγοντας μέσω αυτής της διαδικασίας την ανάπτυξη κρουστικών φορτίων στη φάση πέδησης της μηχανής.

5. Άξονας χαμηλής ταχύτητας (Low - speed shaft):

Συνδέει την κεφαλή του δρομέα με το κιβώτιο ταχυτήτων και στρέφει τον άξονα χαμηλής ταχύτητας με περίπου 30 έως 60 περιστροφές το λεπτό [38].

6. Κιβώτιο Ταχυτήτων (Gear box) [38]:

Τα γρανάζια συνδέουν τον άξονα χαμηλής ταχύτητας με τον άξονα υψηλής ταχύτητας και αυξάνουν τις ταχύτητες περιστροφής από περίπου 30 έως 60 περιστροφές το λεπτό (rpm = περιστροφή ανά λεπτό) σε 1.000 έως 1.800 περιστροφές το λεπτό, που είναι η ταχύτητα περιστροφής την οποία οι περισσότερες ανεμογεννήτριες απαιτούν ώστε να παραγάγουν ηλεκτρισμό. Το κιβώτιο ταχυτήτων αποτελεί εξάρτημα υψηλού κόστους αλλά και ειδικού βάρους για κάθε ανεμογεννήτρια και κατά συνέπεια οι μηχανικοί ερευνούν προς

την κατεύθυνση ανεμογεννητριών «άμεσης ώθησης» (direct drive) οι οποίες λειτουργούν σε χαμηλότερες ταχύτητες περιστροφής και δεν χρειάζονται κιβώτιο ταχυτήτων.

Η επιλογή του καταλληλότερου συστήματος στροφών δεν επηρεάζει άμεσα τη σχεδίαση της ανεμογεννήτριας. Η εξέλιξη των συγκεκριμένου τύπου συστημάτων έχει αποδώσει πλήθος ποιοτικών κιβωτίων ταχυτήτων από άποψης αντοχής υλικού, φθοράς, μεταφερόμενης ισχύος και διαστάσεων. Κατά τη διαδικασία επιλογής κιβωτίου ταχυτήτων στα κριτήρια που θα πρέπει να εξεταστούν συγκαταλέγονται η διάρκεια ζωής, ο βαθμός απόδοσης και ο θόρυβος λειτουργίας.

Η συνεχής μεταβολή της ισχύος του ανέμου αναγκάζει το κιβώτιο ταχυτήτων να λειτουργεί διαρκώς με κρουστικά φορτία, τα οποία οδηγούν σε πρόωρη φθορά του υλικού και περιορισμό της διάρκειας ζωής του κιβωτίου. Για να ελαττωθούν οι επιδράσεις στη λειτουργία του συστήματος αύξησης στροφών επιλέγονται κιβώτια με ονομαστικό μέγεθος ισχύος πολύ μεγαλύτερο από το ονομαστικό μέγεθος της μηχανής. Τα κιβώτια ταχυτήτων διακρίνονται σε κιβώτιο [33] :

- Με παράλληλες οδοντώσεις γραναζιών
- Με οδοντωτούς τροχούς ελικοειδούς οδόντωσης

7. <u>Ηλεκτρική γεννήτρια (Generator):</u>

Η ηλεκτρική γεννήτρια είναι μια συσκευή που μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια του άξονα εισόδου σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι γεννήτριες που τοποθετούνται στις ανεμογεννήτριες διαφέρουν σημαντικά συγκρινόμενες με εκείνες που συνδέονται με το ηλεκτρικό δίκτυο. Η διαφοροποίηση αυτή οφείλεται ως ένα βαθμό στο γεγονός ότι πρέπει να είναι συμβατές με τις διατάξεις του δρομέα και του μετατροπέα στροφών στην είσοδο και την έξοδο με τη διανομή της εταιρείας ηλεκτρισμού ή με τις τοπικές απαιτήσεις ισχύος. [34]

Οι κατηγορίες στις οποίες διακρίνονται οι ηλεκτρογεννήτριες είναι οι εξής :

- Η ασύγχρονη γεννήτρια
- Η σύγχρονη γεννήτρια

Ανάμεσα στις δυο κατηγορίες γεννητριών οι ασύγχρονες προτιμώνται συχνότερα [24], γεγονός που αποδίδεται στην απλότητα κατασκευής και στην ευκολία σύνδεσης με το δίκτυο. Προβλήματα αντιμετωπίζονται στην περίπτωση που η ασύγχρονη γεννήτρια λαμβάνει ρεύμα μαγνήτισης από το δίκτυο και η ισχύς της ανεμογεννήτριας είναι συγκρίσιμη με την ισχύ του ηλεκτρικού δικτύου.[33]

8. Ελεγκτής (Controller):

Ο ελεγκτής περιλαμβάνει έναν υπολογιστή, ο οποίος παρακολουθεί την εξέλιξη της λειτουργίας της ανεμογεννήτριας και ελέγχει τον μηχανισμό περιστροφής [38]. Ο ελεγκτής εκκινά τη μηχανή για ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες από 8 με 16 mph και την κλείνει όταν φτάσουν στα 55 mph περίπου, οι τουρμπίνες δεν λειτουργούν για ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες των 55 mph καθώς κινδυνεύουν να καταστραφούν. Διακοπή της λειτουργίας προκαλείται και σε περιπτώσεις επιπλοκής οπότε και ειδοποιεί για την εμφάνιση βλάβης. Ο ελεγκτής διαθέτει τα εξής συστήματα :

- Σύστημα ελέγχου ραγδαίας ανύψωσης στροφών, παύσης λειτουργίας και εποπτείας σημάτων συναγερμού και ελέγχου.
- Εποπτεία του συστήματος ρύθμισης της γωνίας των πτερυγίων ως προς την πρόσπτωση του ανέμου.
- Εποπτεία συστήματος προσανεμισμού.
- Σύστημα επικοινωνίας με το σταθμό παραγωγής.

9. Ανεμόμετρο (Anemometer):

Μετρά την ταχύτητα του ανέμου και μεταφέρει τα δεδομένα που καταγράφονται στον ελεγκτή.

10. Ανεμοδείκτης (Wind vane):

Μετρά την κατεύθυνση του ανέμου και επικοινωνεί με το yaw drive για να προσανατολίσει την ανεμογεννήτρια σωστά, όσον αφορά στον άνεμο.

11. Ατρακτίδιο (Nacelle) :

Το ατρακτίδιο βρίσκεται στην κορυφή του πύργου και είναι συνήθως κατασκευασμένο από fiberglass. Σκοπός του είναι η στέγαση και η προστασία μηχανικών και ηλεκτρικών υποσυστημάτων, εκείνων δηλαδή που επιτρέπουν την μετατροπή της κινητικής ενέργειας σε ηλεκτρική, από τις άσχημες καιρικές συνθήκες [38]. Σε αυτά συγκαταλέγονται το κιβώτιο ταχυτήτων, οι άξονες χαμηλής και υψηλής ταχύτητας, η ηλεκτρογεννήτρια, ο ελεγκτής, το σύστημα πέδησης, ο ανεμοδείκτης, το ανεμόμετρο, το σύστημα ασφαλείας καθώς και ένα υδραυλικό σύστημα . Μερικά ατρακτίδια είναι τόσο μεγάλα, ώστε ακόμη και ένα ελικόπτερο μπορεί να προσγειωθεί πάνω τους.

12. Άξονας υψηλής ταχύτητας (High-speed shaft) [38]:

Θέτει τη γεννήτρια σε κίνηση. Ο άξονας περιλαμβάνει δισκόφρενο χρησιμοποιούμενο μόνο σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, στην περίπτωση δηλαδή που το αεροδυναμικό φρένο έχει υποστεί βλάβη ή ανεμογεννήτρια βρίσκεται στο στάδιο της επισκευής.

13. Οδηγός για την Αποφυγή Εκτροπής (Yaw drive) [38]:

Οι ανεμογεννήτριες που λειτουργούν με πνοή ανέμου προς τα πάνω, "upwind", είναι στραμμένες προς τον άνεμο. Το yaw drive χρησιμοποιείται ώστε να εξασφαλίσει ότι ο ρότορας θα είναι στραμμένος προς τον άνεμο καθώς ο άνεμος αλλάζει κατεύθυνση. Οι ανεμογεννήτριες που είναι σχεδιασμένες να λειτουργούν με πνοή ανέμου προς τα κάτω, "downwind", δεν χρειάζονται yaw drive, διότι ο άνεμος φυσά και στρέφει τον ρότορα προς τα κάτω.

14. Κινητήρας του οδηγού για την Αποφυγή Εκτροπής (Yaw motor):

Παρέχει ενέργεια στο yaw drive.

15. Πυλώνας / Πύργος (Tower):

Ο πύργος αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα τμήματα μιας ανεμογεννήτριας καθώς αντιστοιχεί στο 20% της συνολικής της αξίας. Ρόλος του είναι η στήριξη του συστήματος της ατράκτου, η οποία μπορεί να ζυγίζει ακόμη και αρκετούς τόνους, και η ανύψωση του δρομέα σε ύψος όπου η ταχύτητα του ανέμου είναι σημαντικά μεγαλύτερη και λιγότερο διαταραγμένη απ' ότι στο επίπεδο του εδάφους. Η δομή του πύργου απαιτείται να είναι εξαιρετικά ανθεκτική στα σημαντικά φορτία που επιφέρουν η βαρύτητα, η περιστροφή και η ώση του ανέμου. Επιπρόσθετα, ο πύργος πρέπει να είναι εις θέσην να αντέξει τις περιβαλλοντικές επιδράσεις που υφίσταται σε όλη τη διάρκεια ζωής της ανεμογεννήτριας, που συνήθως υπερβαίνει τα 20 έτη [34].

Οι τύποι πύργων που έχουν επικρατήσει και συναντώνται σε πλήθος αιολικών πάρκων είναι ο σωληνωτός, ο τύπου δικτυώματος και ο ανυψούμενος πύργος με επίτονους . Κατά την επιλογή ενός εκ των τριών τύπων τα κριτήρια που εξετάζονται εκτός από εκείνο του κόστους είναι η ευκολία μεταφοράς στον τόπο της εγκατάστασης και η ευκολία ανέγερσης του πύργου [33].

Εικόνα 5.5. Ανεμογεννήτριες με σωληνωτό χαλύβδινο πύργο (αριστερά) και δικτυωτό πύργο (δεξιά). Πηγή : [34].

Σωληνωτοί πύργοι

Οι σωληνωτοί πύργοι είναι αισθητικά καλλίτεροι, ενώ το εσωτερικό τους μπορεί να αποτελέσει το θάλαμο στέγασης όλων των οργάνων της ανεμογεννήτριας. Η πρόσβαση στην κορυφή τους γίνεται είτε μέσω εσωτερικής σκάλας είτε ασανσέρ [33]. Κατασκευάζονται από κωνικά λεπτυνόμενο χάλυβα ή σκυρόδεμα. Η πλειονότητα των ανεμογεννητριών αποτελείται από σωληνωτούς χαλύβδινους πύργους, που κατασκευάζονται κατά τμήματα 20 έως 30 μέτρων με φλάντζες στα άκρα, τα οποία συναρμολογούνται επιτόπου [34]. Η μεταφορά και ανέγερση τους παρουσιάζει σημαντικές δυσκολίες, ενώ οι μεγάλοι πύργοι κρίνεται απαραίτητο να γαλβανισθούν σε κομμάτια και να συγκολληθούν επί τόπου [33].

Η επιλογή του κωνικού σχηματισμού αποδίδεται στην προσπάθεια αύξησης της αντοχής τους και παράλληλα στην εξοικονόμηση υλικού. Οι πύργοι από σκυρόδεμα με πλέγμα είναι λιγότερο εύκαμπτοι από τους χαλύβδινους, παρέχοντας βελτιωμένες ιδιότητες απόσβεσης [34]. Οι σωληνωτοί πύργοι παρουσιάζουν χαμηλή ιδιοσυχνότητα, μικρότερη από εκείνη του δρομέα, για το λόγο αυτό κατά την εκκίνηση του δρομέα η περιοχή ιδιοσυχνότητας του πύργου πρέπει να ξεπερνάται γρήγορα ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα συντονισμού με ενδεχόμενο κίνδυνο κατάρρευσης [33].

Δικτυωτοί πύργοι

Οι δικτυωτοί πύργοι κατασκευάζονται από συγκολλημένες χαλύβδινες κατατομές. Η ανέγερση τους είναι σχετικά οικονομική και απαιτούν λιγότερο στιβαρά θεμέλια, λόγω της εξάπλωσης των δομικών φορτίων σε ευρύτερη έκταση. Βασικό τους πλεονέκτημα αποτελεί το κόστος καθώς ένας δικτυωτός πύργος απαιτεί μόλις το ήμισυ του υλικού ενός ελεύθερα ιστάμενου σωληνωτού με παρόμοια ακαμψία. Μειονεκτικά λειτουργεί μόνο η οπτική τους εμφάνιση αν και το συγκεκριμένο ζήτημα είναι υποκειμενικό [34]. Οι δικτυωτοί πύργοι παρουσιάζουν υψηλή ιδιοσυχνότητα ως προς την ιδιοσυχνότητα του δρομέα [33].

Ανυψούμενοι πύργοι με επιτόνους

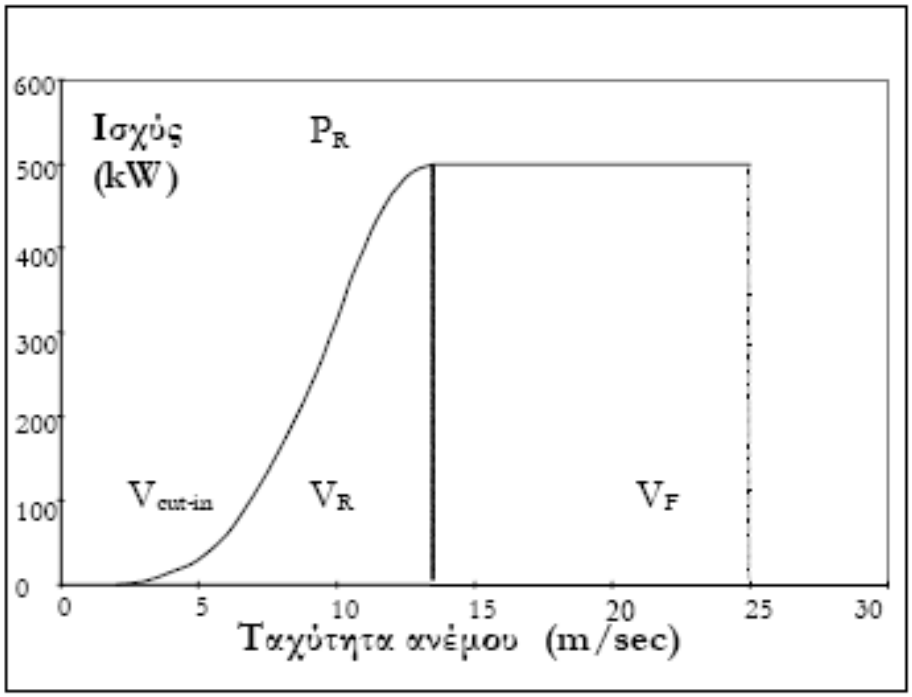
Οι ανυψούμενοι πύργοι χαρακτηρίζονται από σημαντικό πλεονέκτημα κόστους έναντι των άλλων τύπων, δεδομένου ότι μπορούν να ανυψωθούν ή να χαμηλωθούν με τη

βοήθεια μηχανής ανύψωσης φορτίων, χωρίς την αναγκαία παρέμβαση γερανού. Μέσω αυτής της διαδικασίας δίνεται τη δυνατότητα συντήρησης του δρομέα και της ατράκτου στο έδαφος. Η διάμετρος των πύργων με επιτόνους είναι πολύ μικρότερη απ' ότι των σωληνωτών πύργων. Οι πύργοι με επιτόνους δέχονται τη μικρότερη επίδραση σκίασης, ενώ απαιτούν μεγαλύτερο εμβαδόν εδάφους λόγω ανάγκης για αρκετά ευρεία εξάπλωση των επιτόνων. [34]

5.4 Παραγωγή ενέργειας

5.4.1 Καμπύλη ισχύος

Καθοριστικής σημασίας κρίνεται η συμβολή της ταχύτητας του ανέμου στην παραγόμενη ισχύ των ανεμογεννητριών. Κάθε μια από αυτές τις μηχανές χαρακτηρίζεται από την καμπύλη ισχύος της (εικόνα 5.5), η οποία εξαρτάται τόσο από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά όσο και το σχεδιασμό της. Μεγέθη που προσδιορίζουν την καμπύλη ισχύος αποτελούν η ταχύτητα έναρξης λειτουργίας ($V_{cut\text{-}in}$) με την επίτευξη της οποίας η ανεμογεννήτρια ξεκινά να παράγει ισχύ, η ταχύτητα διακοπής λειτουργίας (V_F) όπου η μηχανή τίθεται εκτός λειτουργίας για λόγους προστασίας από πολύ δυνατούς ανέμους και η ονομαστική ταχύτητα (V_R) που είναι η μικρότερη ταχύτητα για την οποία η μηχανή παράγει την ονομαστική της ισχύ (P_R) και κατά την οποία η ανεμογεννήτρια παρέχει τη μέγιστη ροπή.



Εικόνα 5.6. Καμπύλη ισχύος.

5.4.2 Παραγωγή ενέργειας ΙΙ [24]

Οι ανεμογεννήτριες αδυνατούν να παράγουν τα ενεργειακά μεγέθη που επιθυμούμε καθώς και εκείνα που υποδηλώνει η ονομαστική τους ισχύς. Το φαινόμενο αυτό αποδίδεται στη λειτουργία τους για μακρά χρονικά διαστήματα σε πολύ χαμηλότερη από την ονομαστική τους ισχύ. Η παραγόμενη ενέργεια που προκύπτει από τη λειτουργία μιας αιολικής μηχανής καθορίζεται τόσο από την καμπύλη ισχύος της όσο και από το ρόδο του ανέμου στην περιοχή. Για κάθε ταχύτητα ανέμου εντός των ορίων λειτουργίας την ανεμογεννήτριας η παραγόμενη ενέργεια προκύπτει από το γινόμενο του αριθμού των ωρών εμφάνισης της συγκεκριμένης ταχύτητας σε ετήσια βάση με την ανάλογη ισχύ, για μια δεδομένη καμπύλη ισχύος. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η κατασκευή της καμπύλης της κατανομής της παραγόμενης ενέργειας. Η συνολική ετήσια ενέργεια είναι το άθροισμα της παραγόμενης ενέργειας για κάθε ταχύτητα ανέμου που καταγράφηκε κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της ανεμογεννήτριας.

Η μέση ετήσια παραγόμενη ισχύς υπολογίζεται χωρίζοντας την περιοχή ταχυτήτων σε N διαστήματα. Συμβολίζοντας με V_i την ταχύτητα στο αριστερό άκρο του διαστήματος και με V_{i+1} την ταχύτητα στο δεξιό άκρο προκύπτει ως εξής η μέση ετήσια ισχύς :

$$\overline{P_g} = \sum_{i=1}^{N} P_g\left(\frac{V_i + V_{i+1}}{2}\right) \times P(V_i < V < V_{i+1}) \quad (5.3)$$

Όπου $P_g(V)$: η ισχύς της ανεμογεννήτριας συναρτήσει της ταχύτητας

$P(V_i<V<V_{i+1})$: η πυκνότητα πιθανότητας να πνέει άνεμος ταχύτητας μεγαλύτερης της V_i και μικρότερης της V_{i+1} και υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη μας ότι :

$$P(V_i < V < V_{i+1}) = P(V + V_{i+1}) - P(V < V_i) \quad (5.4)$$

Έχοντας υπολογίσει τη μέση ετήσια ισχύ μπορεί να γίνει εκτίμηση της ετήσιας παραγόμενης ενέργειας βάση του τύπου:

$$E = 8760 \times \overline{P_g} \quad (5.5)$$

Η παραγόμενη ενέργεια επηρεάζεται από παράγοντες όπως η διαθεσιμότητα της μηχανής, οι απώλειες μεταφοράς καθώς και ο βαθμός απόδοσης του αιολικού πάρκου. Η διαθεσιμότητα αναφέρεται στο ποσοστό του χρόνου που είναι διαθέσιμη η ανεμογεννήτρια για να λειτουργήσει και εκφράζεται με τον συντελεστή διαθεσιμότητας, οποίος σχετίζεται με το ποσοστό του χρόνου που προορίζεται για συντήρηση. Οι τιμές που λαμβάνει ο συντελεστής κυμαίνονται μεταξύ 0,90 και 0,98 με τις υψηλότερες τιμές να αντιστοιχούν σε περιοχές με υψηλή παροχή υπηρεσιών και τις χαμηλότερες να αποδίδονται σε απομονωμένες περιοχές.

Ο βαθμός απόδοσης ενός αιολικού πάρκου, εκφράζει τις απώλειες που καταγράφονται λόγω αλληλεπίδρασης ανεμογεννητριών και οφείλεται στο έλλειμμα της ταχύτητας που παρουσιάζεται στον ομόρρου της ανεμογεννήτριας.

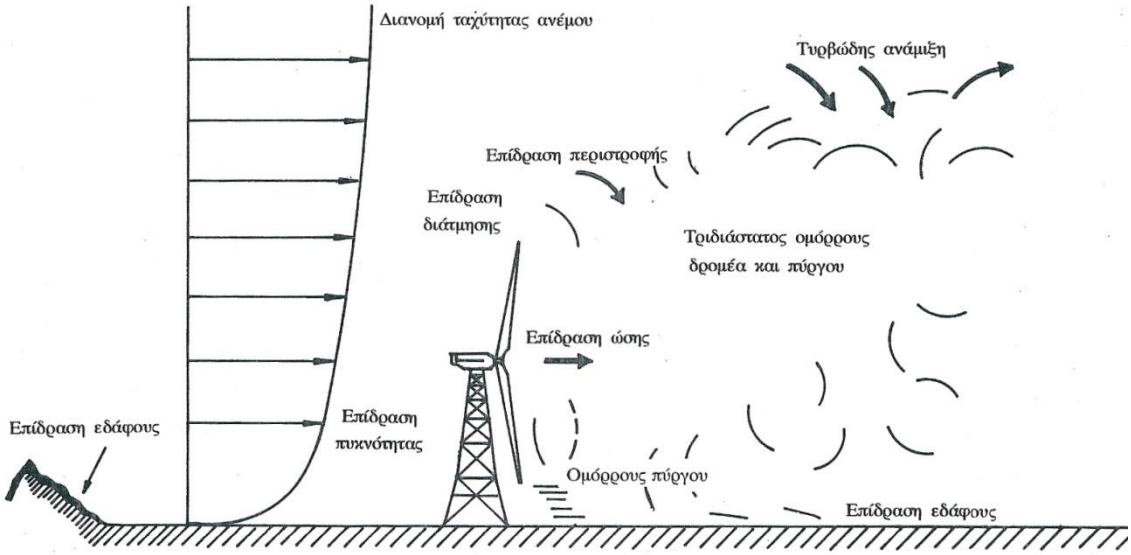
5.5 Αιολικά πάρκα

Η πυκνότητα της αιολικής ενέργειας είναι ιδιαίτερα μικρή με αποτέλεσμα για την παραγωγή μιας αξιόλογης ποσότητας ενέργειας, συγκρίσιμης με εκείνη των συμβατικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, να απαιτούνται εκατοντάδες αιολικές μηχανές. Λόγω προβλημάτων διαθεσιμότητας γης σε συνδυασμό με την ύπαρξη πλούσιου αιολικού

δυναμικού, καθώς και την επιδίωξη ελαχιστοποίησης του κόστους εγκατάστασης και λειτουργίας, η ηλεκτροπαραγωγή διεξάγεται σε συστοιχίες ανεμογεννητριών που καλούνται αιολικά πάρκα.[33]

Σημαντικός παράγοντας στην απόδοση κάθε αιολικού πάρκου θεωρείται ο ρυθμός ανάπτυξης του ομόρρου του ανεμοκινητήρα και η ενεργειακή του κατάσταση όταν αλληλεπιδρά με τον κατάντι ανεμοκινητήρα.

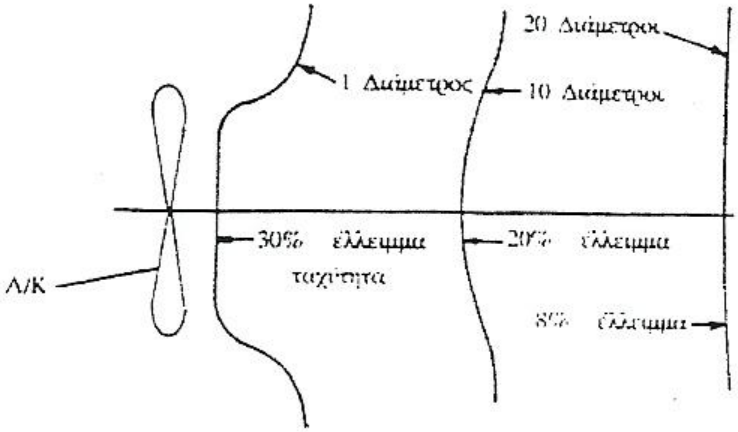
Ομόρρου μιας ανεμογεννήτριας καλούμε την κατάντι σε αυτή περιοχή της ροής όπου σε σχέση με την προσπίπτουσα στη μηχανή ροή του ανέμου παρατηρείται σημαντικό έλλειμμα. Το έλλειμμα ταχύτητας αντιστοιχεί στην κινητική ενέργεια που απορρόφησε η μηχανή [24]. Ο σπουδαιότερος παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει τη φύση της ροής του ομόρρου είναι η ώση, μια δύναμη από το δρομέα στο ρευστό που προκύπτει λόγω της εξαγωγής ισχύος από τη ροή. Η δύναμη αυτή ενεργεί στη διεύθυνση της ταχύτητας του αδιατάρακτου ρεύματος. Εξίσου σημαντικοί παράγοντες θεωρούνται η επίδραση του πύργου, η επίδραση του εδάφους, το ατμοσφαιρικό οριακό στρώμα και τα επίπεδα τύρβης της ροής του ανέμου.[33]



Εικόνα 5.7. Ομόρρους ανεμογεννήτριας. Πηγή : [33].

Η εξέλιξη του ομόρρου, η ταχύτητα κατάντι της πρώτης ανεμογεννήτριας και η απόδοση της κατάντι ανεμογεννήτριας εξαρτάται από τη σχετική θέση ως προς την πρώτη. Ο ομόρρους ενός ανεμοκινητήρα έχει διανομή ταχυτήτων αντίστοιχη με αυτή του παρακάτω σχήματος και σταδιακά επανενεργοποιείται. Εκτός από τη μείωση της ταχύτητας του

ανέμου, ο ομόρρους χαρακτηρίζεται από υψηλά επίπεδα τύρβης, γεγονός που αποδίδεται στο μηχανισμό απορρόφησης.[24]



Εικόνα 5.8. Έλλειμμα ταχύτητας στον ομόρρου ανεμογεννήτριας. Πηγή : [24].

5.5.1 Βαθμός απόδοσης αιολικού πάρκου [24]

Ο βαθμός απόδοσης ενός αιολικού πάρκου αποτελεί την έκφραση των απωλειών που παρατηρούνται εξ' αιτίας της αλληλεπίδρασης λόγω ομόρρου των ανεμογεννητριών του πάρκου και ορίζεται από τη σχέση :

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^{n_T} P_i}{n_T \times P_w} \qquad (5.6)$$

Όπου n_T : το συνολικό πλήθος ανεμογεννητριών του πάρκου

P_i : η ισχύς της i-οστής ανεμογεννήτριας

P_W : η ισχύς που αντιστοιχεί στην ταχύτητα αναφοράς του ανέμου και εκφράζει την ισχύ που θα παρήγαγε κάθε ανεμογεννήτρια αν λειτουργούσε αυτόνομα.

Ο βαθμός απόδοσης ενός αιολικού πάρκου αναφέρεται σε συγκεκριμένη ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου. Σε περίπτωση υπολογισμού του ετήσιου βαθμού απόδοσης ενός πάρκου οι παράμετροι συχνότητα εμφάνισης κάθε ταχύτητας και διεύθυνσης είναι απαραίτητο να συνεκτιμώνται. Επιπρόσθετα, θα πρέπει να γνωρίζουμε τη χωροθέτηση του αιολικού πάρκου, να διαθέτουμε πλήρη και αναλυτικά ανεμολογικά δεδομένα και να

είμαστε ενήμεροι για χαρακτηριστικά των ανεμογεννητριών όπως τα γεωμετρικά, η καμπύλη ισχύος και ο συντελεστής ώσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^{Ο}

6. Εκτιμήσεις για το νησί της Σάμου το έτος 2020

6.1 Εκτίμηση πληθυσμιακής εξέλιξης το 2020

Η εξέλιξη του πληθυσμού από πλευράς μεγέθους θεωρείται μια εξαιρετικά σημαντική παράμετρος, η οποία διαδραματίζει βαρύνοντα ρόλο στη διαμόρφωση των χαρακτηριστικών τις εκάστοτε κοινότητας ανθρώπων καθώς είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη. Η θετική πληθυσμιακή μεταβολή δύναται να ευνοεί και να προωθεί την κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη σε αντίθεση με την πληθυσμιακή στασιμότητα και μείωση που, στις περισσότερες των περιπτώσεων, ωθούν στην υποβάθμιση, στην εξαθλίωση αλλά ακόμη και στην προσπάθεια επιβίωσης των κατοίκων μιας περιοχής.

Δημογραφικά η Ελλάδα διακρίνεται ως μια χώρα με μεγάλη γεωγραφική διασπορά, η οποία εντοπίζεται κυρίως στο νησιωτικό της τμήμα που περιλαμβάνει πλήθος ακριτικών περιοχών. Για τις υπόψη περιοχές κρίνεται απαραίτητη η υποστηρικτική δράση της πολιτείας σε τέτοιο βαθμό ώστε να αποφεύγονται περιπτώσεις αρνητικής πληθυσμιακής μεταβολής, η οποία μπορεί να οδηγήσει στην ερήμωση των παραμεθόριων περιοχών νησιωτικών και μη.

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι η πληθυσμιακή εξέλιξη αποτελεί έναν ιδιαίτερα σημαντικό παράγοντα, ο οποίος θα πρέπει να εξετάζεται σε στενά περιφερειακά πλαίσια και να μην αρκείτε στην αποκλειστική μελέτη του συνόλου της χώρας.

<u>Υπολογισμός πληθυσμιακής κατάστασης το 2020</u>

Για την μελέτη της πληθυσμιακής εξέλιξης στη νήσο Σάμο το έτος 2020 θα χρησιμοποιηθούν δεδομένα που προέκυψαν έπειτα από τις απογραφές των ετών 1981, 1991, 2001 και 2011 από την ελληνική στατιστική αρχή και παρουσιάζουν το μόνιμο πληθυσμό του νησιού. Μόνιμος πληθυσμός μιας περιφέρειας (δήμος, κοινότητα, δημοτικό/κοινοτικό διαμέρισμα ή οικισμός) θεωρείται το σύνολο των ατόμων που έχουν τη συνήθη διαμονή τους σε κάθε περιφέρεια, νομό, δήμο/κοινότητα, δημοτικό/κοινοτικό διαμέρισμα και

αυτοτελή οικισμό [9]. Ο πίνακας 6.1 παρουσιάζει την πληθυσμιακή εξέλιξη του νησιού κατά το χρονικό διάστημα 1981-2011.

Πίνακας 6.1. Πληθυσμιακή εξέλιξη της νήσου Σάμου για το χρονικό διάστημα 1981-2011.

Έτος	1981	1991	2001	2011	Μέσος
Πληθυσμός	31.634	33.039	33.814	32.760	-
Μεταβολή (%)	-	4,4	2,3	-3,1	1,2

Πηγή: [9]

Χρησιμοποιώντας την παρακάτω εκθετική σχέση επιτυγχάνεται ο κατά προσέγγιση υπολογισμός του πληθυσμού της νήσου Σάμου για το έτος 2020.

$$N_{2020} = N_{2011} \times (1+r)^t \qquad (6.1)$$

Όπου :

N_{2020} : ο πληθυσμός της Σάμου το έτος 2020

N_{2011} : ο πληθυσμός της Σάμου το έτος 2011

r : ο μέσος ετήσιος ρυθμός μεταβολής του πληθυσμού

t : ο χρόνος σε έτη

Αντικαθιστώντας τις τιμές στη σχέση εκτιμάται ότι η Σάμος θα έχει πληθυσμό 36.473 κατοίκους.

Βέβαια μια παράμετρος που είναι αδύνατο να σταθμιστεί, αλλά πιθανότατα θα διαδραματίσει σημαντικό ρόλο, ώστε να καταλήξουμε σε ασφαλή συμπεράσματα αναφορικά με τον τρόπο που μπορεί να επιδράσει στη διαμόρφωση της πληθυσμιακής μετακίνησης από και προς το νησί είναι η ασταθής οικονομική κατάσταση που επικρατεί στην Ελλάδα.

6.2 Εκτίμηση παραγόμενων στερεών αποβλήτων το 2020

Στηριζόμενοι στα δεδομένα που παραχωρήθηκαν από τον Ο.Τ.Α ανατολικής Σάμου και αφορούν τα έτη 2009 και 2010 προέκυψε ο ακόλουθος πίνακας.

Πίνακας 6.2. Ποσότητα απορρίμματος που παρήχθη στη Σάμο τα έτη 2009 και 2010.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΘΕΝΤΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ ΤΑ ΕΤΗ 2009 ΚΑΙ 2010			
Έτος	2009	2010	**Μέσος όρος**
Συνολικό απόρριμμα (σε κιλά)	17.733.990	13.895.780	15.814.885
Μεταβολή (%)	-	-21,6	-
Απορρίμματα (σε κιλά)	12.055.550	10.396.320	11.225.935
Μεταβολή (%)	-	-13,8	-
Αδρανή (σε κιλά)	5.678.440	3.499.460	4.588.950
Μεταβολή (%)	-	-38,6	-

Πηγή : Ο.Τ.Α ανατολικής Σάμου

Η ποσότητα του συνολικού απορρίμματος που παράγεται και συγκεντρώνεται εξαρτάται, κατά το μεγαλύτερο βαθμό, από τον πληθυσμό αλλά και από τις οικονομικές δυνατότητες των πολιτών. Η καταγραφή των συγκεντρωθέντων απορριμμάτων για το νησί της Σάμου διεξάγεται στον Χ.Υ.Τ.Α ανατολικής Σάμου, η υπόψη διαδικασία ξεκίνησε το έτος 2009 με αποτέλεσμα να είναι αδύνατος ο σχηματισμός εικόνας της επικρατούσας κατάστασης κατά τα προγενέστερα έτη.

Τα στοιχεία που έχουμε στη διάθεση μας αφορούν μόνο την περίοδο 2009-2010 και με βάση αυτά θα γίνει μια, κατά προσέγγιση, προσπάθεια εκτίμησης των παραγόμενων κατά το 2020 απορριμμάτων στη Σάμο αναλογικά.

Από τον ανωτέρω πίνακα παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος των συνολικών απορριμμάτων των δυο ετών υπολογίστηκε στα 15.814.885 κιλά από τα οποία τα 11.225.935 αντιστοιχούν σε απορρίμματα και τα 4.588.950 σε αδρανή. Κατά τη συγκεκριμένη περίοδο ο πληθυσμός, σύμφωνα με την απογραφή του 2011, εκτιμάται στους 32.760 κατοίκους. Συνεπώς αντιλαμβανόμαστε ότι σε κάθε κάτοικο αναλογούν 482,7 κιλά συνολικού απορρίμματος/έτος, τα οποία διακρίνονται σε 342,7 κιλά απορρίμματος/έτος και 140 κιλά αδρανών/έτος .

Για το έτος 2020 ο πληθυσμός του νησιού εκτιμάται ότι θα προσεγγίζει τους 36.473 κατοίκους που αυτομάτως μεταφράζεται σε 17.607.335 κιλά συνολικού απορρίμματος για τη συγκεκριμένη χρονιά.

Πίνακας 6.3. Εκτιμώμενη ποσότητα απορριμμάτων που θα παραχθούν στη νήσο Σάμο το έτος 2020.

ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ	
Έτος	2020
Αδρανή (σε κιλά)	5.106.220
Απορρίμματα (σε κιλά)	12.501.115
Συνολικό απόρριμμα (σε κιλά)	17.607.335

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

6.3 Εκτίμηση ενεργειακών αναγκών το 2020

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τον αυτόνομο σταθμό παραγωγής (ΑΣΠ) της Σάμου και από τη λειτουργία των εγκαταστάσεων ΑΠΕ καταναλώνεται από τομείς όπως είναι ο οικιακός, ο βιομηχανικός, ο εμπορικός, ο δημόσιος και ο γεωργικός. Για να εκτιμηθεί η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια το έτος 2020 θα χρησιμοποιηθούν τα στοιχεία του πίνακα 6.4, ο οποίος παρουσιάζει τις ανάγκες της νήσου Σάμου σε ηλεκτρικό ρεύμα για το διάστημα 2007-2011.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αντιστοιχούν στο 2% της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται και προέρχεται από αιολικά πάρκα. Πιθανόν αυτό το ποσοστό να είναι λιγότερο αν υπολογίσουμε πόσα πάρκα υπολειτουργούν και πόσες ανεμογεννήτριες παραμένουν χαλασμένες και ασυντήρητες. Η ΔΕΗ αν και έκανε σημαντικές επενδύσεις σε ανανεώσιμες πηγές, συμπεριλαμβανομένης της αιολικής ενέργειας, αδυνατεί να συντηρήσει τα υπάρχοντα συστήματα παραγωγής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Πιο συγκεκριμένα, αξιοποιώντας τα δεδομένα της παραγόμενης ισχύος υπολογίζεται ένας μέσος ρυθμός μεταβολής ο οποίος μας επιτρέπει αναγωγή στο έτος 2020. Η μέθοδος υπολογισμού των μελλοντικών ενεργειακών αναγκών δεν δύναται να παρέχει 100% ακρίβεια αλλά ενδεχομένως να παρουσιάζει μια αρκετά αξιόπιστη εκτίμηση.

Πίνακας 6.4. Ετήσιος ρυθμός μεταβολής κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος στη νήσο Σάμο.

Έτος	2007	2008	2009	2010	2011	Μέσος
Παραγόμενη ισχύς N (MWh)	132.979	135.699	136.234	132.913	129.854	
Ρυθμός μεταβολής (%) r	-	+2,045	+0,394	-2,438	-2,302	-0,575

Πηγή : [18]

Η ΔΕΗ έμμεσα θα κερδίσει από τη μη λειτουργία ζημιογόνων σταθμών παραγωγής (η κάθε kWh που παράγεται στο νησί μας στοιχίζει 0,12 € και πωλείται 0,08 €), θα περιορίσει δηλαδή τις ζημίες που έχει από την ηλεκτροδότηση των νησιών. Αυτό από μόνο του δεν είναι ικανό να αποσβέσει το κόστος της διασύνδεσης.

Η συχνότητα ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας σχετίζεται με τη ζήτηση ενεργού ισχύος από την κατανάλωση, ενώ η τάση ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας σχετίζεται με τη ζήτηση άεργου ισχύος από την κατανάλωση. Στις παρακάτω σχέσεις (6.2 και 6.3) περιγράφονται αναλυτικά τα παραπάνω.

$$\Delta f = -\frac{\Delta P_L}{P_n} \times f_n \times R \qquad (6.2)$$

$$\Delta Q = E_i \times \frac{\Delta V}{X_d} \times \cos(\delta) - \frac{(\Delta V)^2}{X_d} \qquad (6.3)$$

Όπου :

Δf: η προκαλούμενη μεταβολή συχνότητας εξαιτίας της μεταβολής ενεργού ισχύος

ΔPL: η μεταβολή ενεργού ισχύος

Pn: η αρχική συνολική παραγωγή ισχύος

fn: η συχνότητα μόνιμης κατάστασης λειτουργίας

R: ο στατισμός του συστήματος

ΔQ: η μεταβολή άεργου ισχύος

Ei: η τάση διέγερσης γεννήτριας

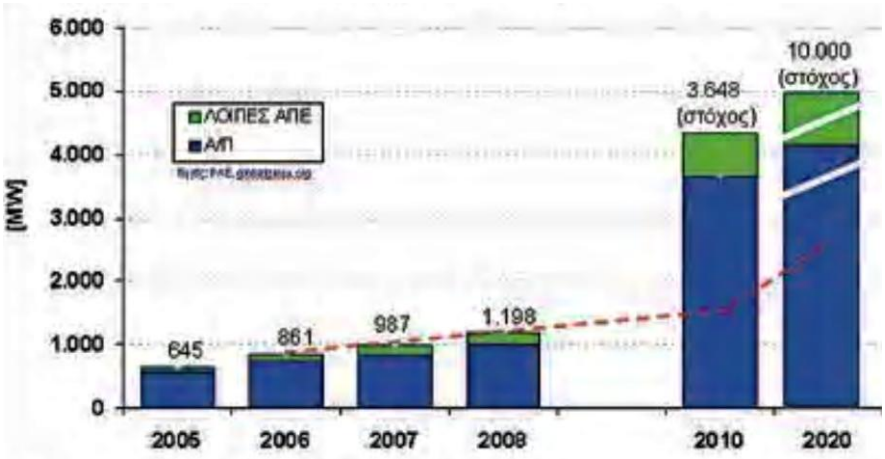
ΔV: η προκαλούμενη μεταβολή τάσης εξαιτίας μεταβολής άεργου ισχύος

Xd: η επαγωγική αντίδραση γεννήτριας

δ: η γωνία ισχύος της γεννήτριας

Η αιολική εγκατάσταση εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ενεργειακή της παραγωγή στη διάρκεια του χρόνου λειτουργίας της. Αντίστοιχα, η ενεργειακή παραγωγή καθορίζεται από το τοπικό αιολικό δυναμικό και από την τεχνική διαθεσιμότητα των χρησιμοποιούμενων μηχανών.

Η αιολική ενέργεια αποτελεί πλέον μια καθιερωμένη, οικονομικά βιώσιμη λύση του προβλήματος κάλυψης της αυξημένης ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Πράγματι, στις αρχές του 2006 η συνολική εγκατεστημένη αιολική ισχύς ξεπερνούσε τα 50.000MW. Από τα διαθέσιμα στοιχεία είναι σαφές ότι η οικονομική απόδοση μιας αιολικής εγκατάστασης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ενεργειακή της παραγωγή στη διάρκεια του χρόνου λειτουργίας της.



Εικόνα 6.1. Διάγραμμα ανάπτυξης ΑΠΕ στη Σάμο το έτος 2020. Πηγή : ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ

Πιο συγκεκριμένα, η αιολική ενέργεια χαρακτηρίζεται ως μορφή ενέργειας η οποία καταλαμβάνει σημαντικές εκτάσεις. Αυξανομένου συνεπώς του αριθμού των προς εγκατάσταση μηχανών και με δεδομένο τον πεπερασμένο αριθμό περιοχών με υψηλό αιολικό δυναμικό και ικανοποιητική υποδομή οξύνεται διαρκώς το πρόβλημα τοποθέτησης κατά το δυνατόν περισσότερων αιολικών μηχανών σε δεδομένη γεωγραφική έκταση.

Είναι σημαντικό να διευκρινισθεί ότι η ενεργειακή παραγωγή "Ε(Δt)" μιας αιολικής εγκατάστασης για χρονικό διάστημα "Δt" δίνεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$E(\Delta t) = z \cdot N_o \cdot CF \cdot \Delta t = z \cdot N_o \cdot \Delta \cdot \omega \cdot \Delta t \quad (6.4)$$

Όπου:

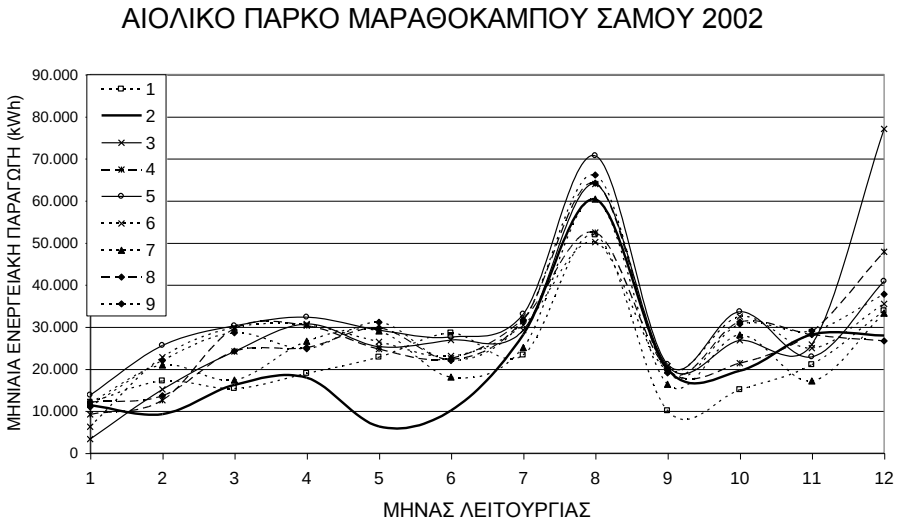
z: είναι ο αριθμός των εξεταζόμενων αιολικών μηχανών

N_o: είναι η αντίστοιχη ονομαστική ισχύς,

Δ: είναι η τεχνική διαθεσιμότητα και

ω: ο μέσος συντελεστής ισχύος της εγκατάστασης (μηχανής) εξαρτώμενος από την ποιότητα του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού και το βαθμό συνεργασίας της αιολικής μηχανής με το τοπικό αιολικό δυναμικό.

Για την αποφυγή της περίπτωσης όπου μια ανεμογεννήτρια εμφανίζει χαμηλή αιολική παραγωγή σε σχέση με τις υπόλοιπες όχι λόγω μη επιτυχούς χωροθέτησης της αλλά λόγω μακροχρόνιων τεχνικών προβλημάτων της, εξετάζονται λεπτομερώς τα διαθέσιμα στοιχεία και κατά τη συγκριτική αξιολόγηση εξαιρούνται περιπτώσεις όπου μια ή περισσότερες μηχανές καταγράφουν μηδενικές ή σημαντικά χαμηλότερες ενεργειακές παραγωγές από τις υπόλοιπες. Συνεπώς, οι περιπτώσεις που συνυπολογίζονται στην παρούσα ανάλυση βασίζονται σε μηνιαία ενεργειακά στοιχεία όπως αυτά της εικόνας 6.2.

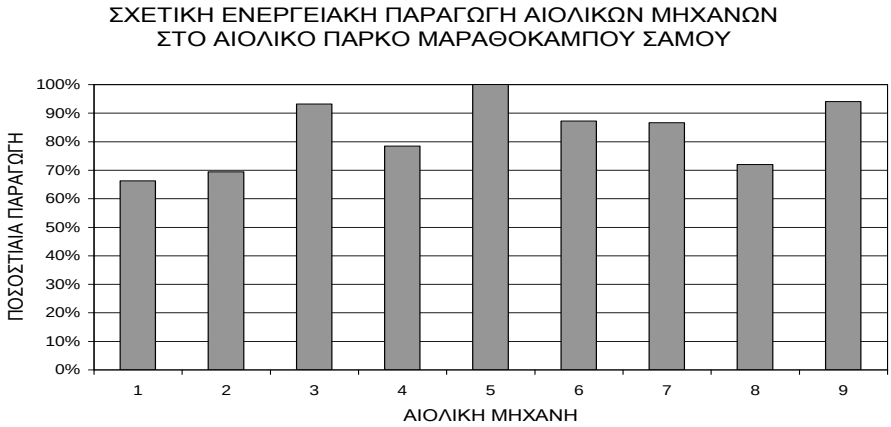


Εικόνα 6.2. Συγκριτική παραγωγή αιολικών πάρκων στη νήσο Σάμο. Πηγή : [18]

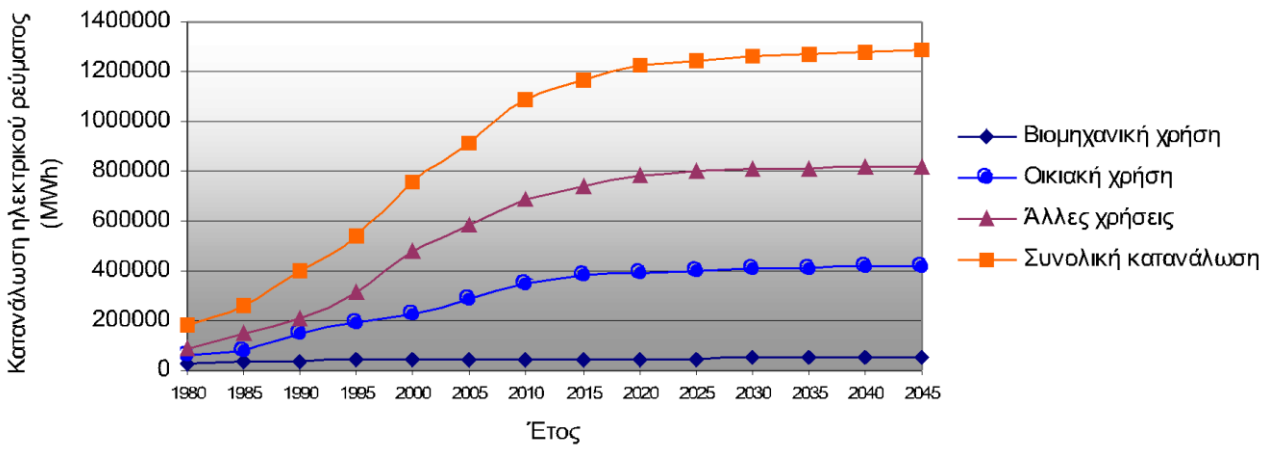
Από την εξέταση μακροχρόνιων στοιχείων για το συγκεκριμένο αιολικό πάρκο (εικόνες 6.3 και 6.4) παρουσιάζεται ο συντελεστής φορτίου, που αντιστοιχεί στην ενεργειακή παραγωγή των επιμέρους μηχανών. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της

ενεργειακής παραγωγής είναι σαφές ότι αν και όλες οι μηχανές στο υπό μελέτη διάστημα εμφανίζουν συντελεστή φορτίου μεγαλύτερο του 30%, καταγράφεται σημαντική διαφοροποίηση της ενεργειακής παραγωγής.

Εικόνα 6.3. Διάγραμμα συγκριτικής απεικόνισης αιολικών μηχανών στη νήσο Σάμο. Πηγή : [18]



Εικόνα 6.4. Διάγραμμα συγκριτικής απεικόνισης αιολικών μηχανών στη νήσο Σάμο. Πηγή : [18]



Εικόνα 6.5. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για διάφορες χρήσεις σε εθνικό επίπεδο. Πηγή : [18]

Από την εικόνα 6.5 μπορεί να γίνει μια εκτίμηση της ζήτησης σε ηλεκτρική ενέργεια σε σχέση με τα εθνικά επίπεδα κατανάλωσης, για το 2020, η οποία είναι της τάξης των 130.000 MWh. Η ενέργεια που θα αντιστοιχούσε στην Σάμο για εξοικονόμηση ενέργειας το 2020 θα μπορούσε να προκύψει από την ακόλουθη σχέση :

$$N_{2020} = N_{2011} \times (1+r)^t \qquad (6.5)$$

Όπου :

N_{2020} : Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια της Σάμου το έτος 2020

N_{2011} : Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια της Σάμου το έτος 2011

r : ο μέσος ετήσιος ρυθμός μεταβολής του πληθυσμού

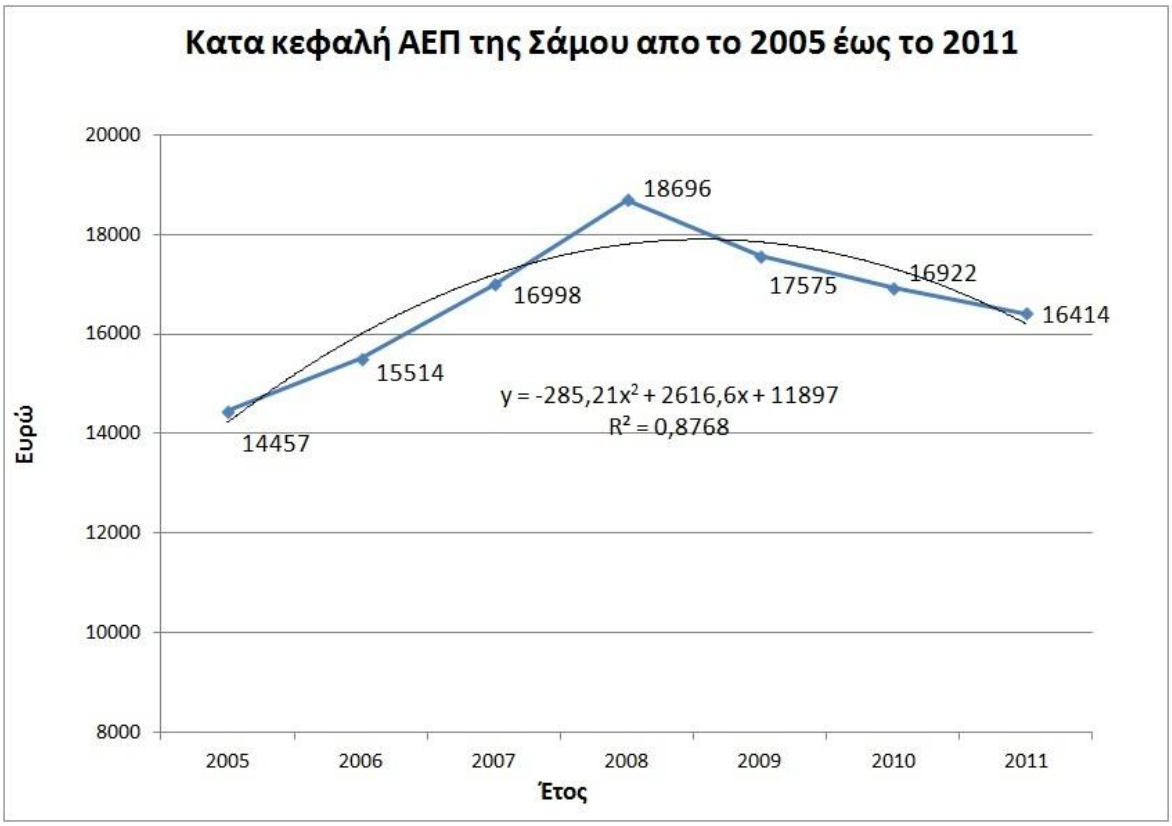
t : ο χρόνος σε έτη

Αντικαθιστώντας στη σχέση 6.5 προκύπτει ότι για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του 2020 απαιτούνται 133.352 MWh. Βέβαια η συγκεκριμένη προσέγγιση δεν είναι δυνατό να αποτελέσει τη βάση της παρούσας μελέτης καθώς στηρίζεται σε δεδομένα περιορισμένης χρονικής διάρκειας.

Στηριζόμενοι στα υπάρχοντα δεδομένα θα γίνει προσπάθεια συσχέτισης της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για την κάλυψη των αναγκών με το κατά κεφαλήν ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (ΑΕΠ) που αντιστοιχεί στο νησί της Σάμου. Ως Ακαθάριστο

Εγχώριο Προϊόν ή ΑΕΠ θεωρείται το σύνολο των προϊόντων και αγαθών που παράγει μια οικονομία, εκφρασμένο σε χρηματικές μονάδες. Με άλλα λόγια είναι η συνολική αξία όλων των τελικών αγαθών (υλικών και άυλων) που παράχθηκαν εντός μιας χώρας σε διάστημα ενός έτους, ακόμα και αν μέρος αυτού παράχθηκε από παραγωγικές μονάδες που ανήκουν σε κατοίκους του εξωτερικού. Το πραγματικό ΑΕΠ αποτιμά την αξία της παραγωγής αγαθών και υπηρεσιών σε σταθερές τιμές του έτους βάσης (Πανεπιστήμιο Μακεδονίας). Συνεπώς γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι οι αυξομειώσεις στην τιμή του ΑΕΠ της Σάμου συνεπάγονται και αντίστοιχες μεταβολές στη ζητούμενη από το σύστημα ενέργεια για την παραγωγή προϊόντων και αγαθών στο νησί.

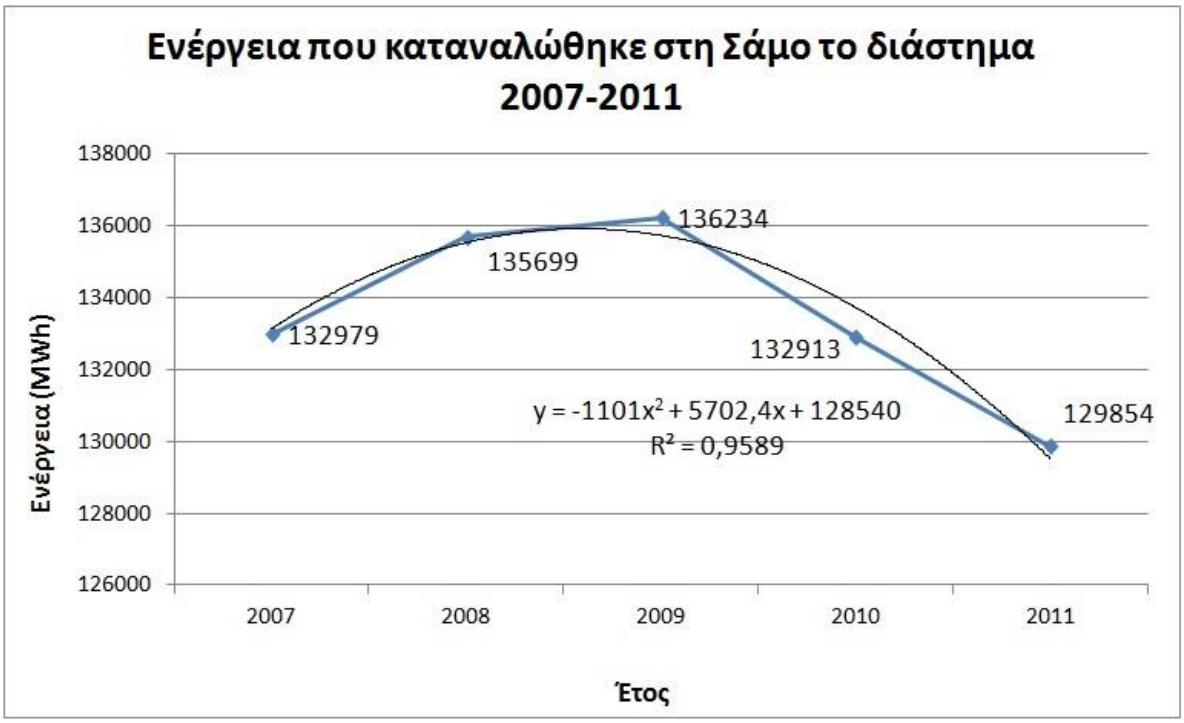
Στο ακόλουθο διάγραμμα (εικόνα 6.6) είναι εμφανές ότι από το 2009 ξεκίνησε να καταγράφεται η συρρίκνωση του κατά κεφαλή ΑΕΠ και συγκεκριμένα από το 2008 έως το 2011 σημειώθηκε σημαντική μείωση της τάξης των 2.282 ευρώ.



Εικόνα 6.6. Κατά κεφαλή ΑΕΠ της Σάμου από το 2005 έως το 2011. Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

Αναμενόμενη σύμφωνα με τη σχέση ενέργειας – ΑΕΠ ήταν η μείωση που σημειώθηκε από το 2009 και έπειτα, των διαρκώς αυξανόμενων από το 2007, ενεργειακών

απαιτήσεων γεγονός που μπορεί να αποδοθεί σε μεγάλο βαθμό στην οικονομική αστάθεια που ξεκίνησε τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Για να είμαστε πιο ακριβείς σε διάστημα δυο ετών η ετήσια ζήτηση περιορίστηκε κατά 6.380 MWh χωρίς ο πληθυσμός του νησιού να μεταβληθεί ουσιαστικά (εικόνα 6.7).



Εικόνα 6.7. Ενεργειακή ζήτηση στο νησί της Σάμου 2007-2011. Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

Παρατηρώντας το παρακάτω διάγραμμα που απεικονίζει την ποσοστιαία μεταβολή του κατά κεφαλή ΑΕΠ του νησιού και την ποσοστιαία μεταβολή της ενεργειακής ζήτησης γίνεται αντιληπτό ότι παρουσιάζουν πτωτική τάση γεγονός που επιβεβαιώνεται από τις δευτεροβάθμιες εξισώσεις που προκύπτουν για κάθε μια από τις παραμέτρους. Όσων αφορά την ενεργειακή ζήτηση η δευτεροβάθμια εξίσωση που προέκυψε είναι η :

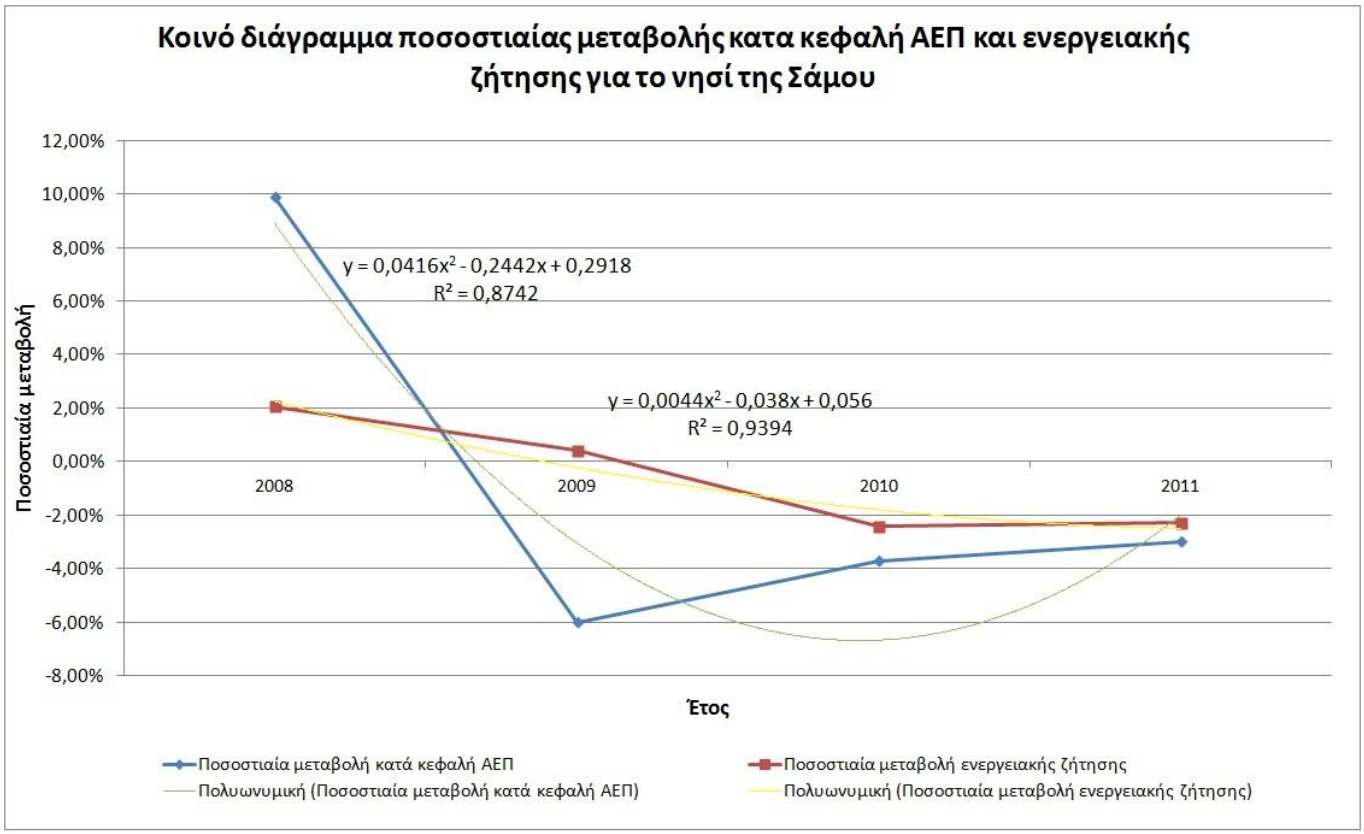
$$y = 0{,}0044x^2 - 0{,}038x + 0{,}056 \qquad (6.6)$$

η οποία θεωρείται αξιόπιστη καθώς εμφανίζει $R^2 = 0{,}9394$.

Για το κατά κεφαλή ΑΕΠ της Σάμου έχουμε την εξίσωση :

$$y = 0{,}0416x^2 - 0{,}2442x + 0{,}2918 \qquad (6.7)$$

η οποία μπορεί να χαρακτηριστεί αξιόπιστη καθώς η τιμή R^2 προσεγγίζει τη μονάδα και συγκεκριμένα ισούται με 0,8742. Επιπλέον συνυπολογίζοντας την ασταθή κατάσταση στα οικονομικά της χώρας την τελευταία τριετία, το γεγονός ότι τα πράγματα δεν αναμένεται άμεσα να διαφοροποιηθούν ραγδαία προς το καλύτερο αλλά και τη χαμηλή αύξηση του πληθυσμού έως το 2020 αναμένουμε μειωμένη ενεργειακή ζήτηση τη συγκεκριμένη χρονιά στο νησί της Σάμου. Με βάση αυτά λοιπόν θεωρούμε ότι η τάση της ενεργειακής ζήτησης θα ακολουθεί εκείνη του κατά κεφαλήν ΑΕΠ για το νησί, το οποίο στο διάστημα 2007-2011 έχει μεταβληθεί κατά +1,11% ενώ μόνο κατά την τριετία 2009-2011 διαφοροποιήθηκε κατά -4,24% .



Εικόνα 6.8. Κοινό διάγραμμα ποσοστιαίας μεταβολής κατά κεφαλή ΑΕΠ και ενεργειακής ζήτησης για το νησί της Σάμου. Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

Στην προσπάθεια πρόβλεψης της ενεργειακής ζήτησης στη Σάμο για το έτος 2020 θα χρησιμοποιηθούν δεδομένα του ΑΕΠ, τα οποία θα συνδυαστούν με τα υπάρχοντα στοιχεία για το νησί, που προέκυψαν από εκτιμήσεις και προβλέψεις του Υπουργείου Οικονομικών

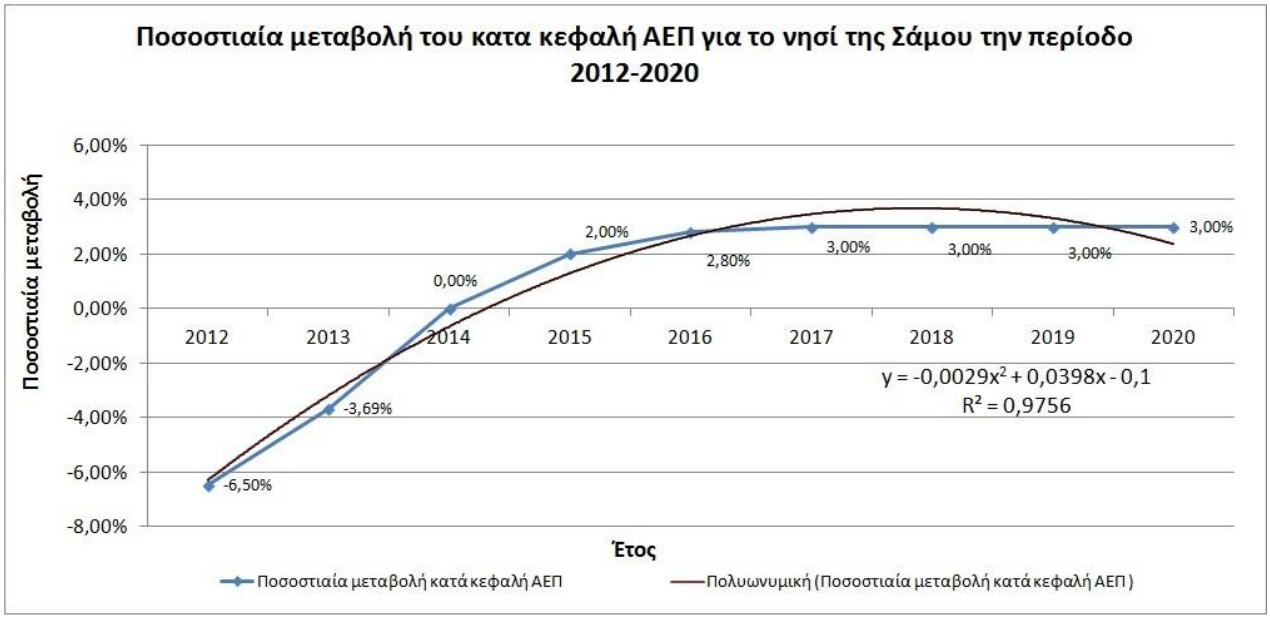
της Ελλάδας, της Ευρωπαϊκής Κεντρικής Τράπεζας, ελληνικών τραπεζών (Εθνική Τράπεζα της Ελλάδος και Τράπεζα Πειραιώς),και επιτροπών του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Βέβαια τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν σχετικά με την εξέλιξη του ελληνικού ΑΕΠ σε βάθος δεκαετίας δεν ήταν αρκετά ενώ ταυτόχρονα δε μπορούν να χαρακτηριστούν ως απολύτως αξιόπιστα καθώς η οικονομία της χώρας την περίοδο που διανύουμε είναι ιδιαίτερα ασταθής καθώς επικρατεί σταθερά ένα κλίμα αβεβαιότητας το οποίο ενισχύεται από τα έκτακτα μέτρα που λαμβάνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα από την κυβέρνηση. Όλα αυτά δεν επιτρέπουν το σχηματισμό σαφής εικόνα πολύ περισσότερο δε τη δημιουργία ενός μοντέλου σε βάθος δεκαετίας.

Στηριζόμενοι στην έρευνα που διεξήχθη καταλήγουμε ότι αναμένεται μεταβολή του πραγματικού ΑΕΠ κατά -6,50% το 2012, συνέχιση της πτωτικής πορείας το 2013 με -3,69% και σταθεροποίηση της κατάστασης το 2014. Το 2015, έπειτα από αρκετά χρόνια, πρόκειται να σημειωθεί θετική μεταβολή του πραγματικού ΑΕΠ (2,0%), η οποία πιστεύεται το 2017 να φτάσει στο 3,0% και να διατηρηθεί σε αυτά τα επίπεδα έως το 2020. Το αναμενόμενο κατά κεφαλή ΑΕΠ του νησιού έως το 2020 καθώς και οι ποσοστιαίες μεταβολές παρατίθενται στον πίνακα 6.5 και παρουσιάζονται στο διάγραμμα της εικόνας 6.9.

Πίνακας 6.5. Η εκτιμώμενη εξέλιξη του ΑΕΠ στη Σάμο έως το έτος 2020.

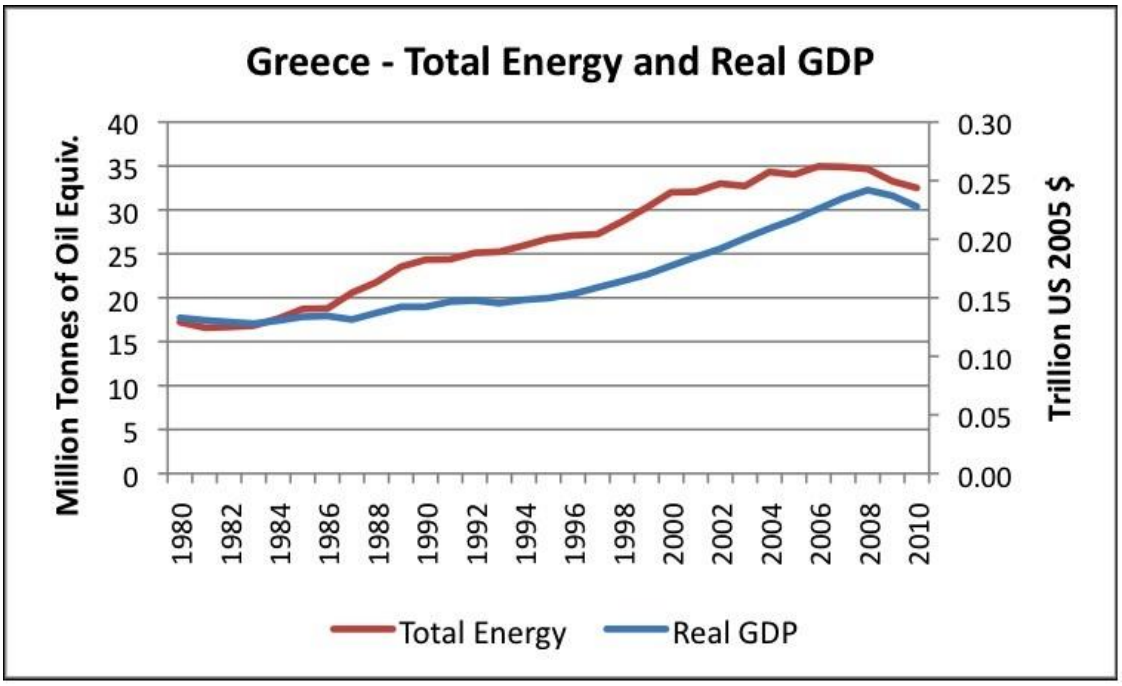
Η εκτιμώμενη εξέλιξη του ΑΕΠ στη Σάμο έως το έτος 2020		
Έτος	**ΑΕΠ (€)**	**Ποσοστιαία μεταβολή**
2011	16.414	-
2012	15.347	-6,50%
2013	14.780	-3,69%
2014	14.780	0,00%
2015	15.076	2,00%
2016	15.498	2,80%
2017	15.963	3,00%
2018	16.442	3,00%
2019	16.935	3,00%
2020	**17.443**	3,00%

Πηγή : Ιδία επεξεργασία



Εικόνα 6.9. Διάγραμμα πρόβλεψης της ποσοστιαίας μεταβολής του κατά κεφαλή ΑΕΠ για το νησί της Σάμου την περίοδο 2012-2020. Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

Περνώντας στο κομμάτι της σύνδεσης του ΑΕΠ με την ενεργειακή ζήτηση παρατηρούμε την εικόνα 6.10 απ' όπου αντιλαμβανόμαστε ότι σε όλη την πορεία από το 1980 έως το 2010 η συνολική ενέργεια που απαιτείται κάθε έτος στην Ελλάδα είναι υψηλότερη από τις τιμές του πραγματικού ΑΕΠ. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στο ότι η ελληνική οικονομία δεν συγκαταλέγεται ανάμεσα σε εκείνες με την υψηλότερη αποδοτικότητα γεγονός που συνεπάγεται αυξημένες ενεργειακές απαιτήσεις ώστε να παρουσιαστεί θετική μεταβολή του ΑΕΠ από χρόνο σε χρόνο. Η συγκεκριμένη παρατήρηση πιθανώς να αποτελεί μια από τις αιτίες που οδήγησαν τη χώρα σε οικονομική αστάθεια.



Εικόνα 6.10. Κοινό διάγραμμα συνολικής ζήτησης ενέργειας και πραγματικού ΑΕΠ για την Ελλάδα από το 1980 έως το 2010. Πηγή : [42].

Εξετάζοντας το τμήμα του διαγράμματος που αφορά την οικονομική κρίση που πλήττει την Ελλάδα και συγκεκριμένα το διάστημα 2008-2010 γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι οι καμπύλες του ΑΕΠ και της συνολικής ενέργειας συγκλίνουν. Θεωρούμε ότι αυτή η κοινή τους πορεία θα διατηρηθεί σε όλη τη διάρκεια της μελέτης μας, δηλαδή τουλάχιστο έως το 2020. Συνεπώς αναμένεται ενεργειακή ζήτηση και ΑΕΠ να σημειώσουν αντίστοιχες αυξομειώσεις τα επόμενα χρόνια.

Με βάση αυτό το συλλογισμό και σύμφωνα με τα στοιχεία ενεργειακής ζήτησης – ΑΕΠ, που παρατίθενται στο διάγραμμα της εικόνας 6.10, θα υπολογιστεί η ποσοστιαία μεταξύ τους διαφοροποίηση η οποία θεωρούμε ότι θα διατηρηθεί σταθερή έως το 2020. Η ποσοστιαία μεταβολή της ενέργειας στο διάστημα 2008-2010 ήταν -2,92 %, ενώ για την αντίστοιχη περίοδο το ΑΕΠ μεταβλήθηκε κατά -3,20%. Συνεπώς καταγράφεται μια μεταξύ τους διαφοροποίηση της τάξης του -0,28% [-3,20% -(-2,92%)=-0,28%]. Η διαφοροποίηση που υπολογίστηκε θεωρούμε ότι θα έχει αρνητικό πρόσημο κατά τις περιόδους που προβλέπεται μείωση του ΑΕΠ και θετικό όταν το αυτό αυξάνεται. Το ποσοστό αυτό (0,28%) θα χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της ενεργειακής ζήτησης από το 2012 έως το 2020 αφαιρώντας το από την αντίστοιχη για κάθε χρονιά αρνητική μεταβολή του ΑΕΠ και προσθέτοντας το στα έτη με θετική μεταβολή του ΑΕΠ, η οποία είναι ήδη γνωστή (πίνακας 6.5). Αυτό που μόλις περιγράφηκε μπορεί να γίνει ευκολότερα αντιληπτό

παρατηρώντας στον πίνακα 6.6 τις δυο στήλες μεταβολής (%). Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων παρουσιάζονται στον πίνακα 6.6 όπου παρατηρούμε ότι οι ενεργειακές ανάγκες του νησιού το 2020 θα καλύπτονται με **139.828** MWh.

Πίνακας 6.6. Εξέλιξη του ΑΕΠ και της ζήτησης ενέργειας τα έτη 2012-2020 για το νησί της Σάμου.

ΕΤΟΣ	ΑΕΠ	ΜΕΤΑΒΟΛΗ (%)	ΖΗΤΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (MWh)	ΜΕΤΑΒΟΛΗ (%)
2011	16.414	-	129.854	-
2012	15.347	-6,50%	121.049	-6,78%
2013	14.780	-3,69%	116.238	-3,97%
2014	14.780	0,00%	116.564	0,28%
2015	15.076	2,00%	119.221	2,28%
2016	15.498	2,80%	122.893	3,08%
2017	15.963	3,00%	126.924	3,28%
2018	16.442	3,00%	131.087	3,28%
2019	16.935	3,00%	135.387	3,28%
2020	17.443	3,00%	139.828	3,28%

Πηγή : Ιδία επεξεργασία

Η ενεργειακή ζήτηση εμφανίζει σημαντική μείωση από το 2011 έως το 2013, ακολουθώντας την πτωτική πορεία της εθνικής οικονομίας. Η μείωση αντικατοπτρίζεται στην κατά 13.500 MWh μικρότερη παραγωγή ενέργειας το 2013 σε σύγκριση με το 2011. Το κλίμα ξεκινά να αναστρέφεται σταδιακά από το 2014 και σε διάστημα τριών ετών (2004-2006) η ζήτηση αυξάνεται κατά 5,4%. Την τετραετία που έπεται εκτιμάται σταθερή ετήσια αύξηση που αγγίζει το 3,3% δημιουργώντας απαίτησης 139.828 MWh το 2020.

Εικόνα 6.11. Διάγραμμα πρόβλεψης της ποσοστιαίας μεταβολής της ενεργειακής ζήτησης για το νησί της Σάμο το διάστημα 2012-2020. Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

Στο διάγραμμα της εικόνας 6.12 παρουσιάζονται παράλληλα η εξέλιξη της ενεργειακής ζήτησης και του κατά κεφαλή ΑΕΠ του νησιού από το 2011 έως και το 2020. Εξετάζοντας το διάγραμμα αντιλαμβανόμαστε ότι το κατά κεφαλή ΑΕΠ εμφανίζει πολύ εντονότερη διακύμανση σε σύγκριση με την ενεργειακή ζήτηση. Αυτό μπορεί να ερμηνευθεί αν αναλογιστούμε τον σημαντικό περιορισμό των εισοδημάτων αλλά και το γεγονός ότι παρά την οικονομική δυσχέρεια υπάρχουν πάγιες ενεργειακές ανάγκες ενώ οι παραγωγικές διαδικασίες μπορεί να μειώνονται αλλά δεν διακόπτονται. Επιπλέον κατά την περίοδο που το κατά κεφαλή ΑΕΠ παρουσιάζει αισθητή πτώση, 2011 έως 2013, απαιτείται χρήση μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας ώστε να προχωρήσει η παραγωγή προϊόντων και να επιτευχθεί αύξηση του ΑΕΠ. Μετέπειτα όταν οι ρυθμοί ανάπτυξης αρχίζουν να σταθεροποιούνται και η οικονομία να επανακάμπτει η αύξηση του ΑΕΠ είναι δυνατή με την αξιοποίηση διαρκώς μειούμενων ποσοτήτων ενέργειας. Η μικρότερη απαίτηση ενέργειας για την πρόοδο της οικονομίας φαίνεται να συμβαίνει το 2020.

Εικόνα 6.12. Διάγραμμα συγκριτικής απεικόνισης της εξέλιξης της ενεργειακής ζήτησης και του κατά κεφαλή ΑΕΠ στη Σάμο από το 2011 έως το 2020.

Θέρμανση νερού

Η παραγωγή ζεστού νερού με ηλεκτρικούς θερμοσίφωνες ή μέσω της κεντρικής εγκατάστασης θέρμανσης, αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό ποσοστό της καταναλισκόμενης ενέργειας των νοικοκυριών αλλά και των ξενοδοχειακών επιχειρήσεων, όταν πρόκειται για κάποια τουριστική περιοχή [25]. Ο υπολογισμός των ενεργειακών απαιτήσεων για τη θέρμανση νερού στη Σάμο θα πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο που θα στηρίζεται στις ημερήσιες καταναλώσεις. Λόγω των μεταβολών που εμφανίζει ο πληθυσμός του νησιού κατά τους θερινούς μήνες κρίνεται σκόπιμο να εξεταστούν ξεχωριστά οι περιπτώσεις των κατοικιών και των ξενοδοχειακών καταλυμάτων.

Κατοικίες

Οι ανάγκες σε ζεστό νερό που αναμένεται να καλυφθούν από τη λειτουργία ηλιακών θερμοσιφώνων στη Σάμο το 2020 δίνονται από τη σχέση :

$$L_W = N_{KAT} \times V_W \times \rho_W \times C_p \times (T_W - T_M) \quad [25] \qquad (6.8)$$

Όπου :

L_W : το μέσο ημερήσιο θερμικό φορτίο του συνόλου των κατοίκων της Σάμου

N_{KAT} : ο αριθμός των μόνιμων κατοίκων της Σάμου

V_W : η μέση ημερήσια κατανάλωση ανά άτομο (lt/ατ*d)

ρ_W : η μέση πυκνότητα του νερού (1kg/ lt)

C_P : η μέση ειδική θερμοχωρητικότητα του νερού (4,18 kJ/kg*K)

T_W : η μέση θερμοκρασία εξόδου του νερού από το συλλέκτη (^oC)

T_M : η μέση θερμοκρασία των υπόγειων υδάτων (^oC)

Σύμφωνα με την απογραφή του 2011 ο πληθυσμός του νησιού υπολογίστηκε 32.760 άτομα και με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία προηγούμενων απογραφών προκύπτει ένας μέσος ρυθμός μεταβολής της επόμενης δεκαετίας της τάξης του 1,2%. Συνεπώς εκτιμάται ότι ο αναμενόμενος πληθυσμός για το 2020 θα πλησιάζει τα 36.473 άτομα (N_{KAT}). Επιπλέον ορίζουμε την ημερήσια κατανάλωση ανά άτομο (V_W) ίση με 50 lt καθώς πρόκειται για μια αντιπροσωπευτική τιμή, όπως γίνεται αντιληπτό εξετάζοντας τον πίνακα 6.7.

Πίνακας 6.7. Χρήση ζεστού νερού ανά κατηγορία κτιρίου.

Είδος κτιρίου	Μέση κατανάλωση νερού (lt/ατ*d)
Οικοτροφεία	50
Σχολεία	5
Κατοικίες (Μέση)	50
Κατοικίες (Υψηλή)	100
Νοσοκομεία	60
Ξενοδοχεία	
LUX	100
Α΄ και Β΄	80
Γ΄	60
Γραφεία	6
Αθλοπαιδιές	40
Κουζίνες (Πλήρες γεύμα)	9 lt / γεύμα
Κουζίνες (Πρόχειρο γεύμα)	2,5 lt / γεύμα

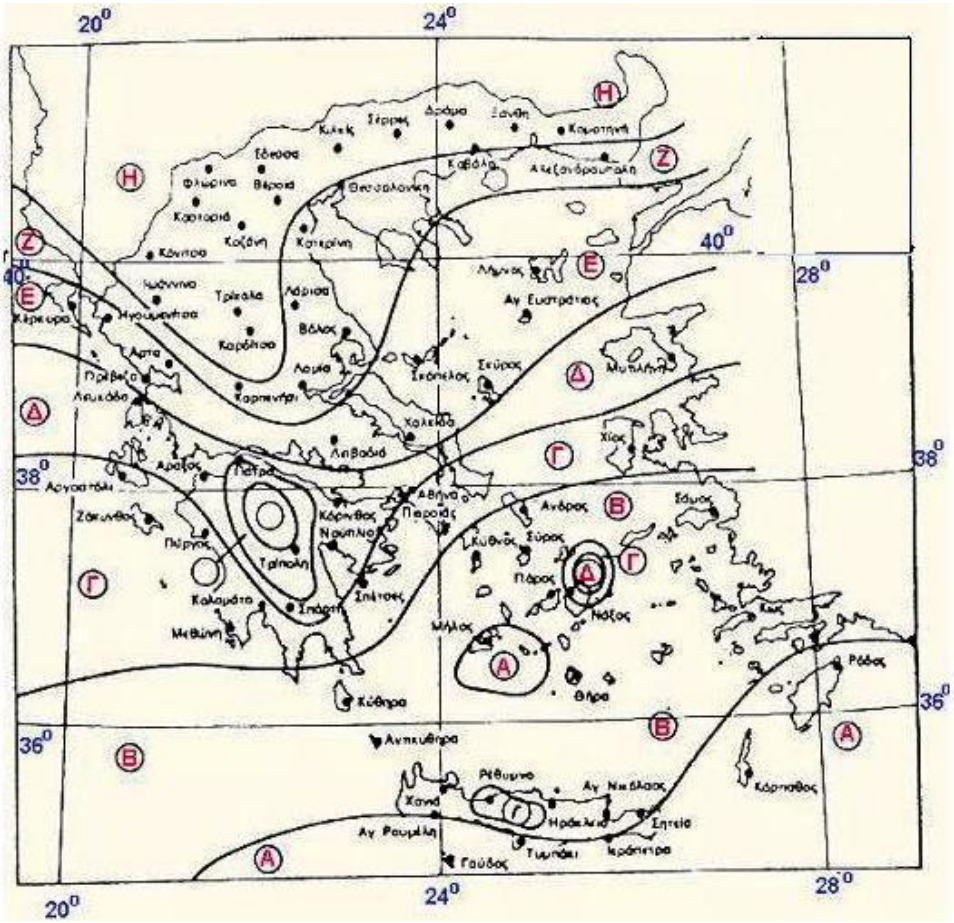
Πηγή : [25]

Η μέση θερμοκρασία εξόδου του νερού από το συλλέκτη (T_W) επιλέγεται να είναι 55 ^oC ενώ η μέση θερμοκρασία των υπόγειων υδάτων (T_M) λαμβάνεται από τον ακόλουθο πίνακα, ο οποίος παρουσιάζει διάφορες τιμές ανάλογα με τη ζώνη στην οποία ανήκει η περιοχή μελέτης και το μήνα που εξετάζεται (πίνακας 6.8 και εικόνα 6.13).

Πίνακας 6.8. Θερμοκρασία κρύου νερού σε μεγάλα δίκτυα διανομής.

ΖΩΝΗ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Α-Β	12	12	14	16	19	22	24	24	22	19	16	14
Γ-Δ	10	10	12	15	19	21	24	24	22	19	15	12
Ε-Ζ	8	8	10	13	17	19	22	22	20	17	13	10

Πηγή : [25]



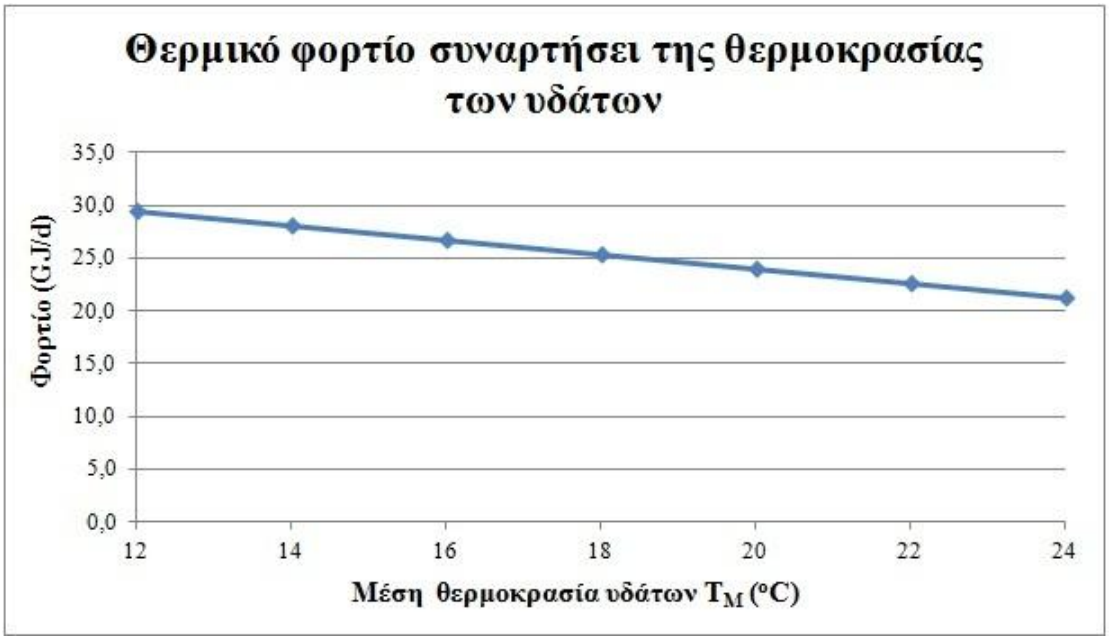
Εικόνα 6.13. Κατανομή της μέσης συνολικής ετήσιας έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας, σε οριζόντιο επίπεδο, στις διάφορες περιοχές της Ελλάδας. Πηγή :[6]

Η Σάμος βάσει της εικόνας 6.13 εντάσσεται στη ζώνη Β με τη μέση ετήσια ακτινοβολία να κυμαίνεται μεταξύ 5,76 και 5,94 GJ/m^2, συνεπώς οι τιμές θερμοκρασίας του νερού (T_M) λαμβάνονται από την πρώτη σειρά του πίνακα 6.8. Αντικαθιστώντας τις τιμές στη σχέση 6.10 προκύπτει μια συνάρτηση του ημερήσιου φορτίου με μόνη μεταβλητή την T_M. Πιο συγκεκριμένα έχουμε :

$$L_W = 32.760\ \acute{\alpha}\tau o\mu\alpha\ \times 50\frac{lt}{\acute{\alpha}\tau o\mu o \times d}\ \times 1\frac{kg}{lt} \times 4{,}18\frac{kJ}{kg \times K} \times (55 - T_M) \qquad (6.9)$$

$$L_W = 6.846.840 \times (55 - T_M)\ [kJ/d] \qquad (6.10)$$

Η συνάρτηση παριστάνεται στο ακόλουθο διάγραμμα, ενώ ο πίνακας 6.9 παρουσιάζει αναλυτικά τα φορτία ανά μήνα αλλά και συνολικά σε ετήσια βάση σε kWh.



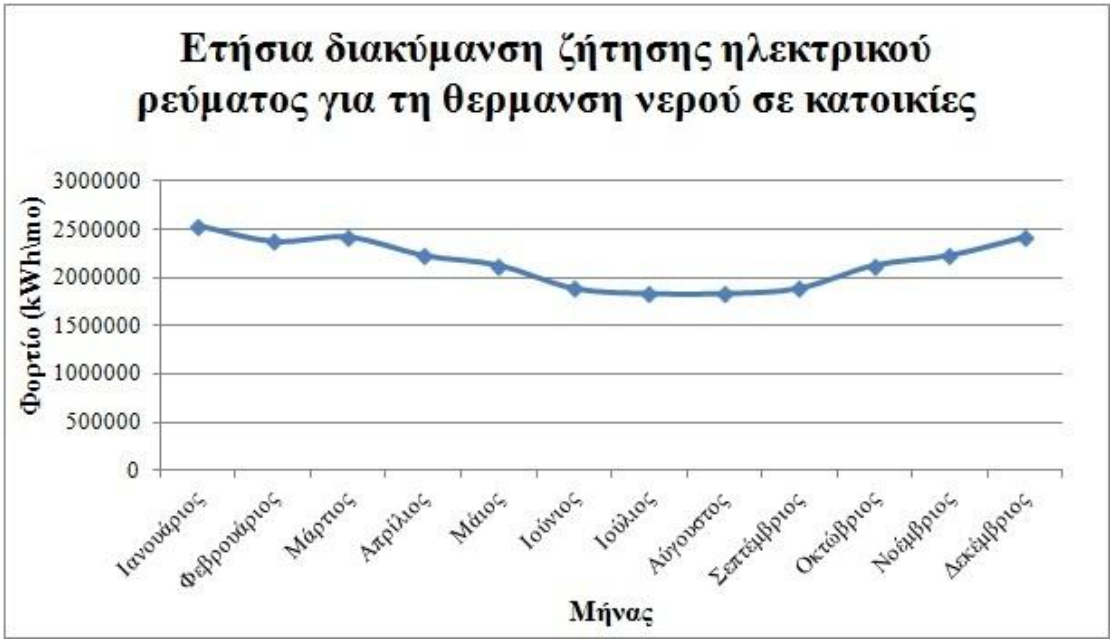
Εικόνα 6.14. Διάγραμμα εκτίμησης της απαιτούμενης ενέργειας για οικιακή θέρμανση νερού ως συνάρτηση του νερού σε συλλέκτη στη Σάμο το έτος 2020.
Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

Πίνακας 6.9. Εκτίμηση μηνιαίου θερμικού φορτίου (κατοικίες) στη Σάμο το έτος 2020.
Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

Μήνας	Μέση θερμοκρασία υδάτων T_M (^oC)	LW (KJ/d)	LW (KWh/mo)
Ιανουάριος	12	294.414.120	2.535.233
Φεβρουάριος	12	294.414.120	2.371.669
Μάρτιος	14	280.720.440	2.417.315
Απρίλιος	16	267.026.760	2.225.223
Μάιος	19	246.486.240	2.122.520
Ιούνιος	22	225.945.720	1.882.881
Ιούλιος	24	212.252.040	1.827.726
Αύγουστος	24	212.252.040	1.827.726
Σεπτέμβριος	22	225.945.720	1.882.881
Οκτώβριος	19	246.486.240	2.122.520
Νοέμβριος	16	267.026.760	2.225.223
Δεκέμβριος	14	280.720.440	2.417.315
Έτος (σύνολο)	-	-	25.858.232

Πηγή : Ιδία επεξεργασία

Θεωρώντας ότι ο πληθυσμός δεν παρουσίασε καμία ιδιαίτερη μεταβολή κατά τη διάρκεια του έτους, παρατηρούμε ότι η υψηλότερη ζήτηση καταγράφεται τους μήνες Ιανουάριο (2.535.233 kWh) και Δεκέμβριο (2.417.315 kWh) , ενώ η χαμηλότερη τον Ιούλιο (1.827.726 kWh) και τον Αύγουστο (1.827.726 kWh).



Εικόνα 6.15. Διάγραμμα ετήσιας διακύμανσης ζήτησης ηλεκτρικού ρεύματος για τη θέρμανση νερού σε κατοικίες το 2020. Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

Ξενοδοχεία

Σύμφωνα με το Τουριστικό Επιμελητήριο της Ελλάδας στο νησί της Σάμου το 2008 λειτουργούσαν 178 ξενοδοχεία και ενοικιαζόμενα δωμάτια με τον αριθμό των κλινών να ανέρχεται στις 9.446. Γίνεται λοιπόν εύκολα κατανοητό ότι το νησί μπορεί να φιλοξενήσει ημερησίως, πέραν του μόνιμου πληθυσμού του, επιπλέον 9.446 επισκέπτες.

Η Σάμος ανήκει στην κατηγορία των νησιών τα οποία στηρίζουν την οικονομία τους, κατά ένα σημαντικό βαθμό, στον τουρισμό με φυσικό επακόλουθο την παρατήρηση έντονης τουριστικής δραστηριότητας και ανάπτυξης. Συνεπώς κρίνεται απαραίτητη, στα 12 (δώδεκα) έτη που μεσολαβούν από το 2008 έως το 2020, η προσαύξηση 10% του συνολικού αριθμού των διαθέσιμων κλινών ώστε να καλυφθούν πιθανές αιχμές ζήτησης. Επομένως εκτιμάται ότι το 2020 θα υπάρχει ημερήσια επιβάρυνση από 10.390 επισκέπτες. Ο υπολογισμός των ενεργειακών αναγκών και η διαστασιολόγηση του συστήματος θα γίνει με βάση τα 10.390 επιπλέον άτομα.

Το μοντέλο που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό του φορτίου που απαιτείται για τη θέρμανση νερού από ξενοδοχειακές μονάδες είναι ακριβώς το ίδιο με εκείνο που εφαρμόστηκε στην περίπτωση των κατοικιών. Μοναδικές διαφοροποιήσεις

αποτελούν ο αριθμός των ατόμων, ο οποίος εξαρτάται από την πληρότητα που καταγράφεται ανά μήνα, και η μέση ημερήσια κατανάλωση ανά άτομο.

Θεωρείται ότι το σύνολο των ξενοδοχειακών μονάδων και των ενοικιαζόμενων διαμερισμάτων ανήκουν στην κατηγορία Α΄ ή Β΄ οπότε σύμφωνα με τον πίνακα 6.5 λαμβάνεται μέση ημερήσια κατανάλωση ίση με 80 lt/άτομο (V_W). Η μηνιαία πληρότητα των καταλυμάτων για το έτος 2020 είναι υποθετική και παρουσιάζεται στον πίνακα 6.10.

Πίνακας 6.10. Εκτίμηση πληρότητας ξενοδοχειακών καταλυμάτων της Σάμου το έτος 2020.

Μήνας	Πληρότητα (%)	Ένοικοι
Ιανουάριος	-	-
Φεβρουάριος	-	-
Μάρτιος	-	-
Απρίλιος	-	-
Μάιος	30	3.117
Ιούνιος	80	8.312
Ιούλιος	100	10.390
Αύγουστος	100	10.390
Σεπτέμβριος	80	8.312
Οκτώβριος	30	3.117
Νοέμβριος	-	-
Δεκέμβριος	-	-

Πηγή : Ιδία επεξεργασία

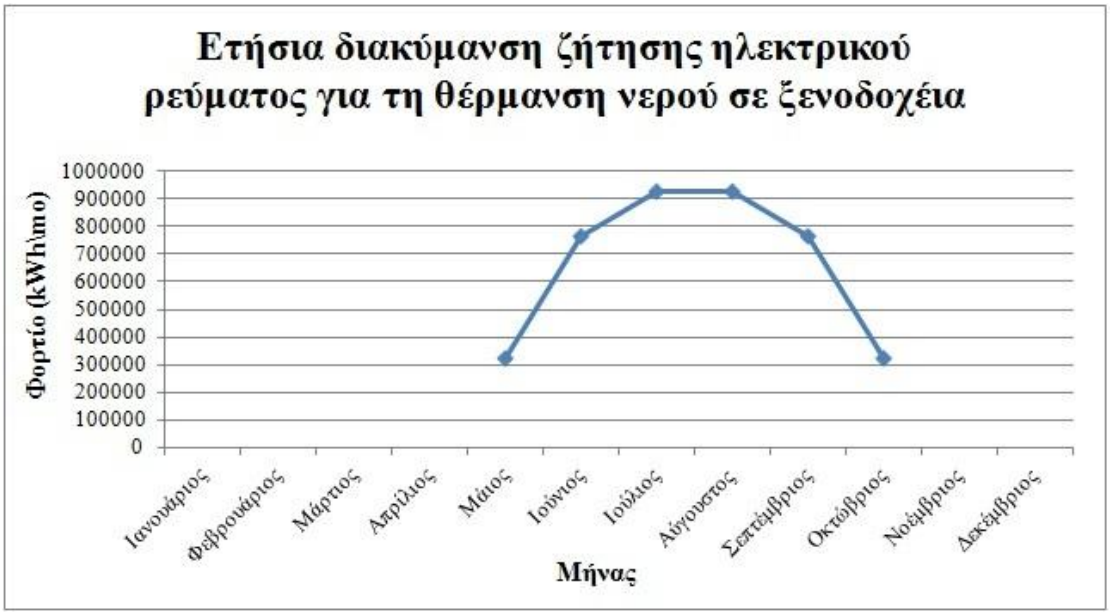
Αντικαθιστώντας τα δεδομένα στη σχέση 6.10 προκύπτει ο επόμενος πίνακας που παρουσιάζει την εκτίμηση του μηνιαίου θερμικού φορτίου που απαιτείται από τα ξενοδοχειακά καταλύματα για την κάλυψη των αναγκών τους (πίνακας 6.11).

Πίνακας 6.11. Εκτίμηση μηνιαίου θερμικού φορτίου ξενοδοχειακών καταλυμάτων στη Σάμο το έτος 2020.

Μήνας	Μέση θερμοκρασία υδάτων T_M (^oC)	LW (KJ/d)	LW (KWh/mo)
Ιανουάριος	12	-	-
Φεβρουάριος	12	-	-
Μάρτιος	14	-	-
Απρίλιος	16	-	-
Μάιος	19	37.523.693	323.121
Ιούνιος	22	91.724.582	764.372
Ιούλιος	24	107.706.896	927.476
Αύγουστος	24	107.706.896	927.476
Σεπτέμβριος	22	91.724.582	764.372
Οκτώβριος	19	37.523.693	323.121
Νοέμβριος	16	-	-
Δεκέμβριος	14	-	-
Έτος (σύνολο)	-	-	4.029.937

Πηγή : Ιδία επεξεργασία

Όπως γίνεται αντιληπτό τόσο από τον πίνακα 6.11 όσο και από το διάγραμμα της εικόνας 6.16 το μέγιστο φορτίο απαιτείται τους μήνες Ιούλιο (927.476 kWh) και Αύγουστο (927.476 kWh).



Εικόνα 6.16. Διάγραμμα ετήσιας διακύμανσης της ζήτησης ηλεκτρικού ρεύματος για τη θέρμανση νερού σε ξενοδοχειακά καταλύματα στη Σάμο το έτος 2020.

Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

Η ανάπτυξη των ΑΠΕ αποτελεί βασική προτεραιότητα για την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού. Έχει τεθεί ως στόχος μέχρι το 2015, το 25.3% της ηλεκτροπαραγωγής να προέρχεται από ΑΠΕ, ενώ μέχρι το 2020, να φθάσει μέχρι το 29,5%. Η συμβολή των ΥΕΗ, δεν θα μπορεί να υπερβεί το 6,7% της κατανάλωσης του 2010 (~68 TWh), έπεται ότι ποσοστό 13,4% θα πρέπει να προέρχεται από ΑΠΕ.

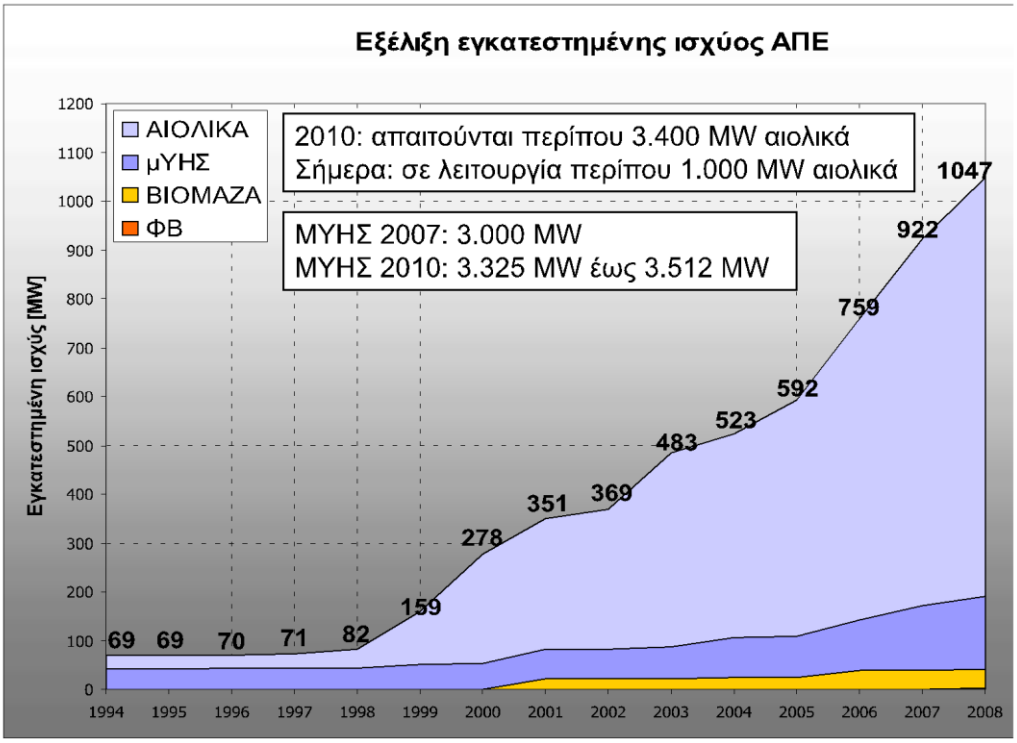
Αυτό σημαίνει ότι με βάση τη σημερινή κατανομή, η εγκατεστημένη ισχύς των ΑΠΕ, πρέπει να αυξηθεί κατά 3.300 MW περίπου. Η διείσδυση των φωτοβολταικών μονάδων στο ενεργειακό σύστημα είναι ακόμα περιορισμένη και η εγκατεστημένη ισχύς ανήλθε το 2003 σε μόλις 0,88 MW.

Αντίστοιχα, για την ικανοποίηση των εθνικών στόχων για το 2020, με συμμετοχή των ΑΠΕ σε θέρμανση-ψύξη και μεταφορές, προβλέπεται αξιοποίηση όλων των θεσμικών αλλαγών που έχουν ήδη υλοποιηθεί ή δρομολογούνται ώστε να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας μέσω βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης, διείσδυσης ώριμων τεχνολογικών εφαρμογών, καθώς και υιοθέτησης πολιτικών ορθολογικής χρήσης ενέργειας σε όλους τους τομείς.

Στο πλαίσιο αυτό, σύμφωνα και με τις κατευθυντήριες οδηγίες από την Ευρωπαϊκή Ένωση, για την περίοδο μετά το 2020 θα συνεχιστεί η περαιτέρω διείσδυση και συμμετοχή των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή, στη θέρμανση και ψύξη καθώς και στις μεταφορές και

θα συνεπικουρείται από την ενδυνάμωση των μηχανισμών και των αντίστοιχων κυρώσεων σχετικά με τις εκπομπές αέριων ρύπων του θερμοκηπίου. Παράλληλα, η εφαρμογή θεσμικών μέτρων κυρίως στον κτιριακό τομέα και στις μεταφορές, καθώς και η ταχεία εξέλιξη τεχνολογικών εφαρμογών που οδηγούν σε βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, αναμένεται να επιτύχουν σημαντικά μεγέθη εξοικονόμησης ενέργειας που στις επόμενες δεκαετίες θα οδηγήσουν σε σταδιακή μείωση του ρυθμού αύξησης της ζήτησης και τελικά και της απόλυτης μείωσης της τελικής κατανάλωσης ενέργειας .

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ για το έτος 2010, αγγίζει το 20,1%, και για το 2020 το 29,5%. Η τεχνολογία των Φ/Β για λόγους οικονομικότητας και επιπέδου τιμολόγησης της παραγόμενης kWh, δεν έχει τύχει ιδιαίτερης εφαρμογής μέχρι σήμερα (εικόνες 6.17 και 6.18) .



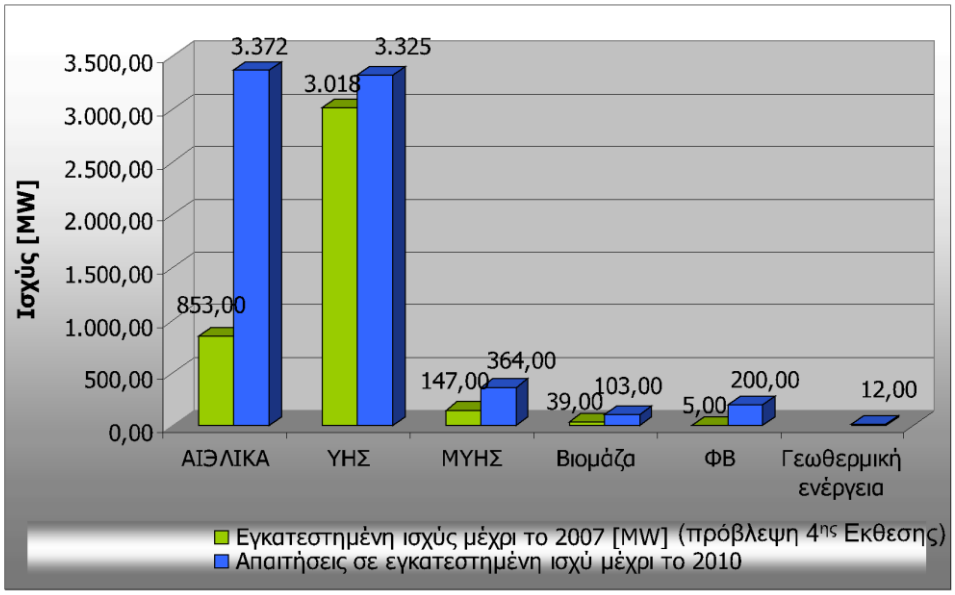
Εικόνα 6.17. Διάγραμμα εγκατάστασης ισχύος ΑΠΕ στην Ελλάδα. Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

Η εξέλιξη του Ελληνικού ενεργειακού συστήματος τις επόμενες δεκαετίες, θα έχει ως βασικούς άξονες κατεύθυνσης την ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού, τη διασφάλιση της καλής λειτουργίας της εσωτερικής αγοράς ενέργειας, τη βέλτιστη αξιοποίηση των εγχώριων πηγών ενέργειας, την προώθηση των τεχνολογιών παραγωγής ενέργειας από

ΑΠΕ, την ταχεία υιοθέτηση τεχνολογικών εφαρμογών που συνεισφέρουν στην εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και στη διαχείριση της ζήτησής της, καθώς και την επίτευξη δραστικής μείωσης των εκπομπών αέριων ρύπων του θερμοκηπίου από τις ανθρωπογενείς καταναλώσεις ενέργειας.

Συγκεκριμένα, στα σενάρια εξέλιξης του ενεργειακού συστήματος που εξετάζονται, ισχύουν ή/και ενδυναμώνονται οι τάσεις που δημιουργήθηκαν για να επιτευχθούν οι στόχοι του 2020 μέχρι το 2050 και για το σκοπό αυτό τίθενται δεσμεύσεις και στόχοι για τις εκπομπές, επιτυγχάνονται υψηλοί ρυθμοί βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης και εξοικονόμησης ενέργειας, ενώ και η συμμετοχή των τεχνολογιών διαμορφώνεται στη βάση του ελάχιστου κόστους.

Για τον καθορισμό της εξέλιξης του ελληνικού ενεργειακού συστήματος για την περίοδο 2010-2020, λαμβάνονται υπόψη οι προαναφερθέντες εθνικοί στόχοι και οι δεσμεύσεις για τη μείωση των εκπομπών και τη διείσδυση των ΑΠΕ. Επιπλέον συνυπολογίζεται το σύνολο των πρόσφατων θεσμικών αλλαγών που αφορούν στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στον κτιριακό τομέα καθώς και στην ανάπτυξη μηχανισμών της αγοράς και εφαρμογής συγκεκριμένων μέτρων και πολιτικών που αποσκοπούν στην επίτευξη του συγκεκριμένου εθνικού στόχου για εξοικονόμηση ενέργειας (εικόνα 6.15).



Εικόνα 6.18. Σενάριο κάλυψης χώρου στη Σάμο. Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

Στο πλαίσιο αυτό, το Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις ΑΠΕ που παρουσιάστηκε το καλοκαίρι του 2010 και έχει ως στόχο την επίτευξη συγκεκριμένων στόχων για τη

διείσδυση των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση, θέτει συνολικά και τις βάσεις και την πορεία εξέλιξης του ενεργειακού τομέα μέχρι το 2020. Λαμβάνοντας υπόψη τις συγκεκριμένες δεσμεύσεις και τους εθνικούς στόχους, στην παρούσα μελέτη δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην πορεία εξέλιξης του ενεργειακού συστήματος σε μακροπρόθεσμο πλαίσιο (έως το 2050), επιχειρώντας την ανάλυση των αποτελεσμάτων διαφορετικών σεναρίων σχετικά με τους στόχους, τη λειτουργία, τη δομή και τη σύνθεση του ενεργειακού συστήματος.

Ειδικότερα, για τη μακροπρόθεσμη παρακολούθηση της εξέλιξης του συστήματος και της τελικής ζήτησης μέχρι το 2050, λαμβάνεται ως έτος αναφοράς το 2020, όπου και θεωρείται ότι έχουν επιτευχθεί οι κεντρικοί εθνικοί ενεργειακοί στόχοι που προβλέπουν διείσδυση κατά 20% των ΑΠΕ στην τελική ενεργειακή κατανάλωση, με την επιμέρους ανάλυση του μεριδίου των ΑΠΕ να αφορά σε 40% στην ηλεκτροπαραγωγή, 20% συμμετοχή στη ζήτηση ενέργειας για θέρμανση/ψύξη και σε διείσδυση κατά 10% στις μεταφορές.

Το αποτέλεσμα της ανάλυσης του Ελληνικού ενεργειακού συστήματος μέχρι το 2020 οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η επίτευξη του ποσοστού συμμετοχής των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή, θα επιτευχθεί μόνο με τη συνδυαστική εφαρμογή θεσμικών, κανονιστικών, οικονομικών και τεχνολογικών μέτρων που έχουν ως βασικό στόχο την αξιοποίηση του οικονομικού δυναμικού ανάπτυξης μεγάλων έργων ΑΠΕ, την ολοκλήρωση των αναγκαίων εργασιών επέκτασης και αναβάθμισης του ηλεκτρικού δικτύου και τη σταδιακή ανάπτυξη της διεσπαρμένης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Προφανώς αυτό απαιτεί την αντιμετώπιση ποικίλλων εμποδίων, που έχουν ήδη εντοπιστεί, και σχετίζονται με καθυστερήσεις στην αδειοδότηση έργων ΑΠΕ, σε ασάφειες θεμάτων χωροταξικού σχεδιασμού, καθώς και την ελλιπή ενημέρωση των πολιτών σχετικά με τις εφαρμογές έργων ΑΠΕ.

Τα διαθέσιμα δεδομένα για τη διαμόρφωση του προτύπου είναι η μέρα (έτος, μήνας, ημέρα μήνα, ημέρα εβδομάδας), τα ωριαία φορτία κάθε ημέρας και οι αντίστοιχες θερμοκρασίες, εφόσον είναι διαθέσιμες.

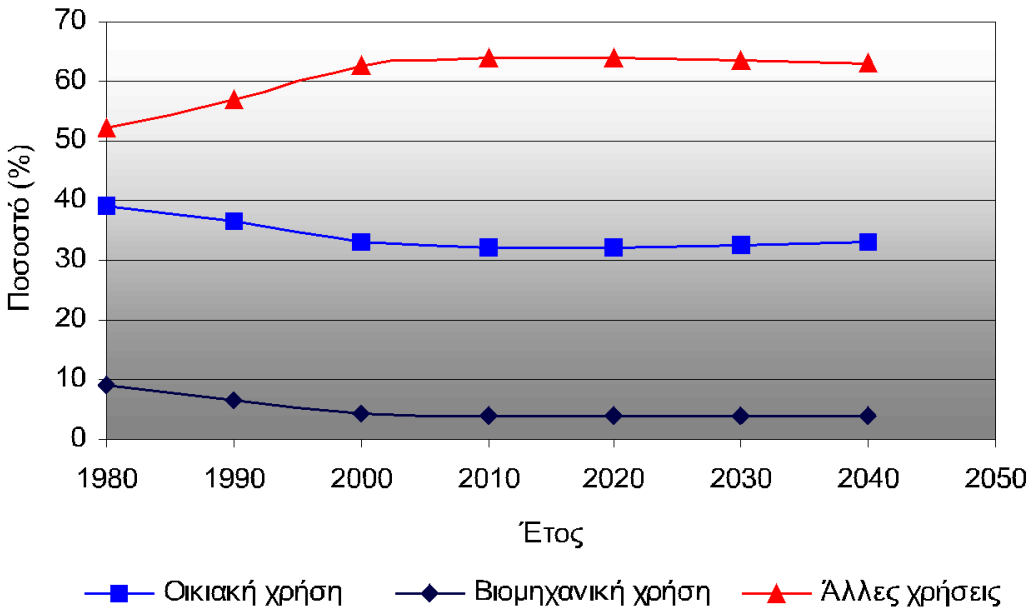
Στον πίνακα 6.12 παρουσιάζονται οι χαρακτηριστικές τιμές των χρονοσειρών ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στην Σάμο για το 2008.

Πίνακας 6.12. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

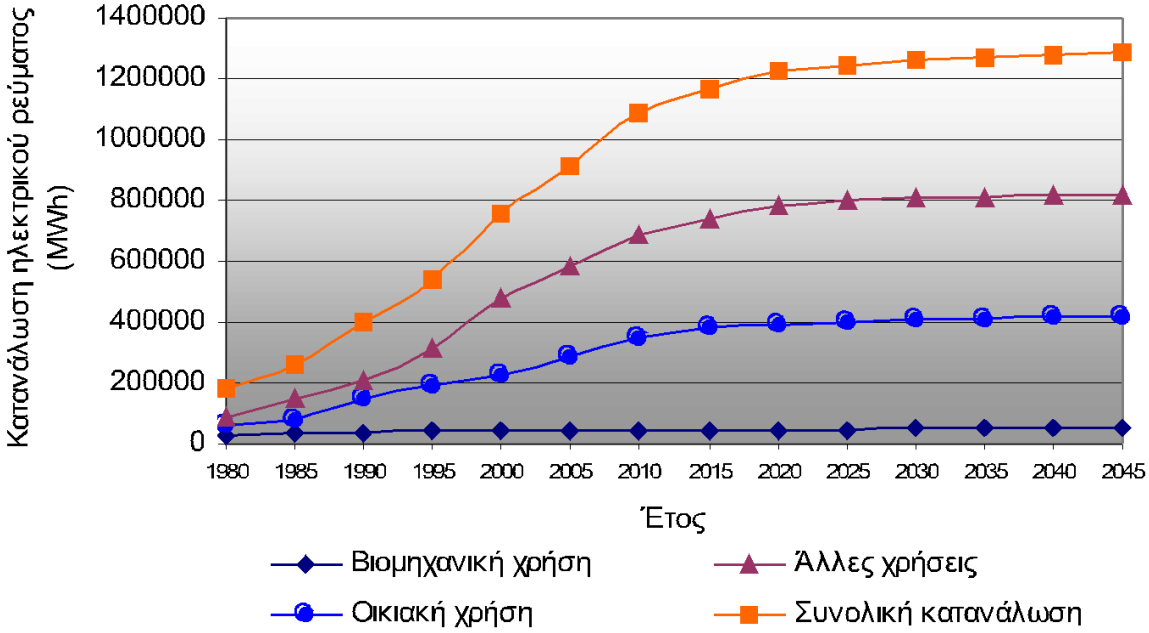
Έτος	Μέγιστη ετήσια ζήτηση ισχύος (MW)	Ελάχιστη ετήσια ζήτηση ισχύος (MW)	Ετήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας (MWh)	Μέση ημερήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας (MWh)
2008	644,90	143,80	3.010.878,50	8.248,98

Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

Από τα τελευταία στοιχεία της συνολικής ισχύος από ΑΠΕ σύμφωνα με το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής αλλαγής η συνολική ισχύς από σταθμούς ΑΠΕ στη χώρα μας αυξήθηκε κατά 290 MW μέσα στο 2010 αθροίζοντας συνολική εγκατεστημένη ισχύ 1.736 MW. Η νέα αιολική ισχύς που προστέθηκε το 2010 ανέρχεται στα 131 MW οδηγώντας σε σύνολο 1.867 MW. Έτσι στο ενεργειακό τοπίο υπάρχει πλέον ένα σημαντικό ποσοστό ενέργειας από ΑΠΕ, γεγονός που αποδεικνύει τη βιωσιμότητα των επενδύσεων ΑΠΕ.



Εικόνα 6.19. Διάγραμμα εξέλιξης της ποσοστιαίας κατανάλωσης ενέργειας ανά χρήση. Πηγή : Ιδία επεξεργασία.



Εικόνα 6.20. Ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται σε κάθε κατηγορία χρήσης.

Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^{ο}

7. Μελέτη του ενεργειακού συστήματος της Σάμου το έτος 2020

7.1 Η ευρωπαϊκή ενεργειακή στρατηγική και το σχέδιο δράσης της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ενεργειακή ασφάλεια και αλληλεγγύη έως το 2020.

Η πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) για την ενέργεια και το περιβάλλον που συμφωνήθηκε στο Ευρωπαϊκό Συμβούλιο του Μαρτίου 2007 καθορίζει ένα μελλοντικό πολιτικό πρόγραμμα για την επίτευξη των κύριων ενεργειακών στόχων της Κοινότητας όσον αφορά την αειφορία, την ανταγωνιστικότητα και την ασφάλεια του εφοδιασμού. Για την υλοποίηση αυτού του προγράμματος, η ΕΕ ανέλαβε δεσμεύσεις από τους αρχηγούς κρατών και κυβερνήσεων ως προς την πρωτοβουλία «20-20-20», η οποία στοχεύει στη :

- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 20% κάτω από τα επίπεδα του 1990.
- Αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών στην κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό 20% .
- Μείωση κατά 20% στη χρήση πρωτογενούς ενέργειας σε σύγκριση με τα προβλεπόμενα επίπεδα μέσω τη βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης.[44]

Η νέα ενεργειακή πολιτική της Ευρώπης θα αλλάξει ουσιαστικά τις ενεργειακές προοπτικές της ΕΕ. Η δέσμη μέτρων θα μειώσει κατά περίπου 15% την κατανάλωση ενέργειας στην ΕΕ το 2020 και θα οδηγήσει σε μείωση των αναμενόμενων εισαγωγών ενέργειας έως και 26% συγκριτικά με την αναμενόμενη εξέλιξη πριν από την πρωτοβουλία «20-20-20». Με άλλα λόγια, η ΕΕ θα έχει κάνει τα πρώτα βήματα για να σπάσει τον κύκλο της αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας, της αύξησης των εισαγωγών και της αύξησης της απώλειας πλούτου που δημιουργείται στην ΕΕ και διοχετεύεται στην πληρωμή των παραγωγών ενέργειας. Με την έγκριση της δέσμης μέτρων «20-20-20», η ΕΕ θα είναι σε θέση να πραγματοποιήσει τα καίριας σημασίας επόμενα βήματα προς μια πιο αειφόρο, ασφαλή και βασιζόμενη στην τεχνολογία ενεργειακή πολιτική, η οποία θα δημιουργεί ευημερία και θέσεις απασχόλησης στην ΕΕ.

Τον Ιανουάριο του 2008 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή πρότεινε δεσμευτική νομοθεσία για την υλοποίηση των στόχων «20-20-20». Η γνωστή ως «δέσμη για το κλίμα και την ενέργεια», η οποία συμφωνήθηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο το Δεκέμβριο του 2008 και εν συνεχεία έγινε νόμος τον Ιούνιο του 2009, περιλαμβάνοντας τα παρακάτω νομοθετήματα:

- Οδηγία 2009/29/ΕΚ : «Για τροποποίηση της οδηγίας 2003/87/ΕΚ με στόχο τη βελτίωση και την επέκταση του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου της Κοινότητας»
- Απόφαση 406/2009/ΕΚ : «Περί των προσπαθειών των κρατών μελών να μειώσουν τις οικείες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, ώστε να τηρηθούν οι δεσμεύσεις της Κοινότητας για μείωση των εκπομπών αυτών μέχρι το 2020».
- Οδηγία 2009/28/ΕΚ : «Σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές». Δεσμευτικοί εθνικοί στόχοι αποβλέπουν σε συμμετοχή των ΑΠΕ κατά 20% στην ενεργειακή κατανάλωση σε επίπεδο ΕΕ. Οι στόχοι θα συμβάλουν στη μείωση της εξάρτησης της ΕΕ από τις εισαγωγές ενέργειας και στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.
- Οδηγία 2009/31/ΕΚ : «Σχετικά με την αποθήκευση διοξειδίου του άνθρακα σε γεωλογικούς σχηματισμούς». Ένα νομικό πλαίσιο για την προώθηση της ανάπτυξης και την ασφαλή χρήση της δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα (CCS). Η ΕΕ σκοπεύει να δημιουργηθεί ένα δίκτυο μονάδων επίδειξης CCS μέχρι το 2015 για να δοκιμάσει τη βιωσιμότητά της, με σκοπό την εμπορική εφαρμογή της μέχρι το 2020 περίπου.
- Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης επιτυγχάνεται μέσω του σχεδίου δράσης για την ενεργειακή απόδοση της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Στην Ελλάδα οι εθνικοί στόχοι που τέθηκαν για το 2020, σύμφωνα και με τα αποτελέσματα των ενεργειακών μοντέλων που αναπτύχθηκαν πριν ακόμη η χώρα περάσει στο στάδιο της οικονομικής κρίσης, αναμένεται να ικανοποιηθούν για τη μεν ηλεκτροπαραγωγή με την ανάπτυξη περίπου 13.300 MW από ΑΠΕ, όπου συμμετέχουν το σύνολο των τεχνολογιών με κυριότερες τα αιολικά πάρκα με 7.500 MW, τα υδροηλεκτρικά με 3.000 MW και τα ηλιακά με περίπου 2.500 MW, ενώ για τη θέρμανση και ψύξη με την ανάπτυξη των αντλιών θερμότητας, των θερμικών ηλιακών συστημάτων, αλλά και των εφαρμογών βιομάζας.[43]

Ενεργώντας στο πλαίσιο της πρωτοβουλίας «20-20-20» αλλά και σε μια προσπάθεια εκσυγχρονισμού και βελτίωσης του υπάρχοντος ενεργειακού δικτύου της νήσου Σάμου διενεργείτε μελέτη εξετάζοντας τις εκτιμώμενες μελλοντικές απαιτήσεις για το έτος 2020 σε συνδυασμό με τη χρήση τόσο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όσο και συμβατικών μεθόδων παραγωγής στοχεύοντας στη βέλτιστη επιλογή εγκατάστασης και χρήσης τους, η οποία θα είναι παράλληλα «φιλική» προς το περιβάλλον αλλά και όσο το δυνατό λιγότερο κοστοβόρα.

7.2 Μελέτη βελτιστοποίησης ενεργειακού συστήματος νήσου Σάμου

Σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη και στη βιωσιμότητα της Σάμου διαδραματίζει, έστω και καθυστερημένα σε σύγκριση με άλλα ελληνικά νησιά, η δυναμική ένταξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο υπάρχον ενεργειακό δίκτυο. Στην παρούσα περίοδο οι ενεργειακές ανάγκες ικανοποιούνται από τον αυτόνομο σταθμό παραγωγής της ΔΕΗ καθώς και από ανεμογεννήτριες χαμηλού συνολικά δυναμικού. Η επιλογή των ανανεώσιμων πηγών πιστεύεται ότι μπορεί να προσφέρει δυναμικά στην ελαχιστοποίηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα καθώς περιορίζει τις ενεργειακές απαιτήσεις και παράλληλα αποφορτίζει την περιορισμένης δυναμικότητας και ξεπερασμένης τεχνολογίας συμβατική μονάδα της ΔΕΗ στο νησί.

Στο πλαίσιο εκσυγχρονισμού του ενεργειακού δικτύου του νησιού αλλά και της ενεργειακής πολιτικής της ΕΕ με την πρωτοβουλία «20-20-20» διεξάγεται μελέτη βελτιστοποίησης του. Η υπόψη μελέτη επιδιώκει την καταλληλότερη επιλογή ενός συνδυασμού λειτουργίας ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και της συμβατικής μονάδας της ΔΕΗ στοχεύοντας στον περιορισμό του κόστους λειτουργίας του συστήματος και στη μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που προκαλείται. Αναλογιζόμενοι τους στόχους της έρευνας γίνεται εύκολα κατανοητό ότι πρόκειται να ασχοληθούμε με δυο παραμέτρους οι οποίες, έρχονται σε σύγκρουση στις περισσότερες των περιπτώσεων καθώς θεωρείται ότι ο περιορισμός του κόστους συνεπάγεται αυξημένες απαιτήσεις από τις συμβατικές μονάδες παραγωγής, προκαλώντας υψηλότερες εκπομπές προς το περιβάλλον. Αντιθέτως επενδύοντας στις ανανεώσιμες πηγές το κόστος ακολουθεί ανοδική τάση ενώ οι πιέσεις προς το περιβάλλον παύουν πλέον να εντείνονται. Βέβαια δεν πρέπει ποτέ να προδικάζουμε τα αποτελέσματα μιας μελέτης, γι’ αυτό θα πρέπει να αναμένουμε τις διαπιστώσεις που θα

γίνουν και τα συμπεράσματα στα οποία θα οδηγηθούμε ώστε να επιβεβαιωθεί ή να απορριφθεί ο γενικότερος κανόνας.

Στα εναλλακτικά ενεργειακά σενάρια που παρατίθενται ακολούθως οι προτάσεις που γίνονται αφορούν τη λειτουργία της συμβατικής μονάδας της ΔΕΗ στη Σάμο και τη χρήση ανεμογεννητριών και φωτοβολταϊκών λόγω του πλούσιου αιολικού και ηλιακού δυναμικού του νησιού. Στα σενάρια δεν γίνεται αναφορά σε κάλυψη αναγκών στηριζόμενοι στη γεωθερμία, καθώς μόλις πρόσφατα εντοπίστηκε ένα γεωθερμικό πεδίο στο δυτικό τμήμα του νησιού και προς το παρόν μελετάται, ενώ δεν υπάρχουν υποδομές και δεν έχει εκδηλωθεί ενδιαφέρον για τη χρήση βιομάζας.

7.2.1 Εναλλακτικά ενεργειακά σενάρια επιλογής

Στην παρούσα μελέτη προτείνονται πέντε ενεργειακά σενάρια που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν στο ενεργειακό δίκτυο της Σάμου και να καλύψουν επαρκώς τις ανακύπτουσες ανάγκες του νησιού. Τα σενάρια παρουσιάζονται αναλυτικότερα ακολούθως.

1^{ο} Σενάριο

Το 1^{ο} εναλλακτικό σενάριο δίνει μεγαλύτερη βαρύτητα στην κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων για το 2020 στη λειτουργία της συμβατικής μονάδας της ΔΕΗ σε ποσοστό 85%. Το υπόλοιπο 15% αναλογεί στις ΑΠΕ και πιο συγκεκριμένα κατά 25% στα αιολικά και 75% στα ηλιακά.

2^{ο} Σενάριο

Το 2^{ο} εναλλακτικό σενάριο προτείνει την κάλυψη του μεγαλύτερου μέρους των ενεργειακών αναγκών του 2020 από τη λειτουργία της συμβατικής μονάδας της ΔΕΗ στο νησί και συγκεκριμένα σε βαθμό που φτάνει το 75%. Η χρήση ΑΠΕ προορίζεται για την ικανοποίηση του 25% της ζητηθείσας ενέργειας και η οποία θα καταμεριστεί κατά 25% σε αιολικά και 75% σε ηλιακά.

3^{ο} Σενάριο

Το 3^{ο} εναλλακτικό σενάριο προτείνει μια περισσότερο ισορροπημένη χρήση της συμβατικής μονάδας και των ΑΠΕ. Η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του 2020 θα γίνεται κατά 50% από τη λειτουργία της συμβατικής μονάδας της ΔΕΗ στο νησί και κατά 50% μέσω χρήσης

ΑΠΕ. Το 50% που αντιστοιχεί στις ΑΠΕ θα διαχωρίζεται ως εξής, 25% σε αιολικά και 75% σε ηλιακά.

4ο Σενάριο

Το 4ο εναλλακτικό σενάριο αποτελεί την πρώτη πιο ουσιαστική πρόταση «απεξάρτησης» από τα συμβατικά καύσιμα καθώς προτείνει την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του 2020 κατά 60% μέσω χρήσης ΑΠΕ και μόλις το 40% από τη λειτουργία της συμβατικής μονάδας της ΔΕΗ στο νησί. Το 60% που αντιστοιχεί στις ΑΠΕ καταμερίζεται κατά 50% σε αιολικά και 50% σε ηλιακά.

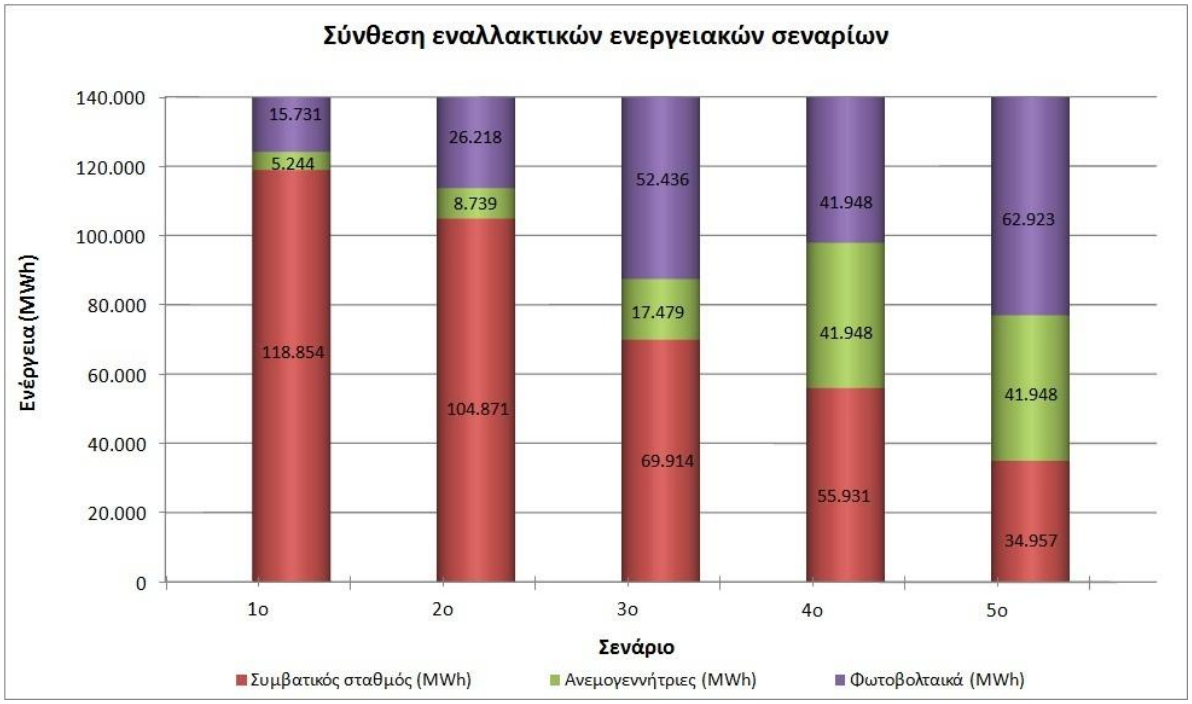
5ο Σενάριο

Το 5ο εναλλακτικό σενάριο, αποτελεί ίσως τη πιο φιλοπεριβαλλοντική προσέγγιση κατά τη μελέτη του θέματος καθώς προτείνει την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του 2020 κατά 75% μέσω χρήσης ΑΠΕ και μόλις το 25% από τη λειτουργία της συμβατικής μονάδας της ΔΕΗ στο νησί. Το 75% που αντιστοιχεί στις ΑΠΕ καταμερίζεται κατά 40% σε αιολικά και 60% σε ηλιακά.

Πίνακας 7.1. Συγκεντρωτικός πίνακας συνοπτικής περιγραφής εναλλακτικών ενεργειακών σεναρίων.

	Συμβατική μονάδα της ΔΕΗ	ΑΠΕ Συνολικά	Αιολικά	Ηλιακά
1ο Σενάριο	85%	15%	25%	75%
2ο Σενάριο	75%	25%	25%	75%
3ο Σενάριο	50%	50%	25%	75%
4ο Σενάριο	40%	60%	50%	50%
5ο Σενάριο	25%	75%	40%	60%

Πηγή : Ιδία επεξεργασία



Εικόνα 7.1. Διαγραμματική απεικόνιση της σύνθεσης των πέντε εναλλακτικών ενεργειακών σεναρίων και παρουσίαση της ενέργειας που πρόκειται να παρέχει στο ενεργειακό σύστημα κάθε μια από τις τρείς παραγωγικές μονάδες ανά περίπτωση. Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

7.2.2 Καθορισμός μαθηματικού μοντέλου βελτιστοποίησης

Η επιλογή του καταλληλότερου εκ των πέντε σεναρίων θα προκύψει μέσω ενός μοντέλου, το οποίο περιλαμβάνει μια σειρά συναρτήσεων. Οι σημαντικότερες από τις συναρτήσεις που θα χρησιμοποιηθούν για να περιγράψουν το πρόβλημα παρουσιάζονται παρακάτω ως ένα σύστημα εξισώσεων και περιλαμβάνουν τις συναρτήσεις συνολικού κόστους, περιβαλλοντικής επιβάρυνσης και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Συνάρτηση κόστους

$$TC = C_0 + C_1 + C_2 + K_0 + K_1 + K_2 + L - S \quad (7.1)$$

Η συνάρτηση κόστους υπολογίζει το συνολικό κόστος του ενεργειακού συστήματος. Ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται στην ενεργειακή παραγωγή που αντιστοιχεί σε κάθε μια από τις παραγωγικές μονάδες. Η συγκεκριμένη εξίσωση χρησιμοποιεί τη συνολική ποσότητα ενέργειας που προκύπτει από τη λειτουργία της κάθε παραγωγικής μονάδας, το κόστος συντήρησης και λειτουργίας που συνεπάγεται η παραγωγή κάθε kWh αλλά και το όφελος από τους τόνους διοξειδίου του άνθρακα που μπορούν να πωληθούν μέσω του χρηματιστηρίου ρύπων.

Συνάρτηση περιβαλλοντικής επιβάρυνσης σύμφωνα με τον Coroneos et al. (2004)

$$minZ_2 = P_0E_0 + P_1E_1 + P_2E_2 \quad (7.2)$$

Η συνάρτηση περιβαλλοντικής επιβάρυνσης αποτιμά τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα προς την ατμόσφαιρα από τη λειτουργία του εκάστοτε ενεργειακού συστήματος, είτε αυτό περιλαμβάνει μόνο τη λειτουργία της συμβατικής μονάδας είτε μόνο ΑΠΕ είτε συνδυασμό των δυο.

Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

$$B_1 = P_0 + P_1 + P_2 \quad (7.3)$$

Η συνάρτηση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αποδίδει τη συνολική ενέργεια που απαιτείται από το σύστημα, αθροίζοντας κάθε παραγόμενη μορφή ενέργειας ανανεώσιμη και μη.

Περιορισμοί ενεργειακής παραγωγής

$$P_0<M_0,\ P_1<M_1,\ P_2<M_2, \quad (7.4)$$

Η ορθότητα του ενεργειακού μοντέλου ελέγχεται από τους περιορισμούς που μόλις αναφέρθηκαν. Το ενεργειακό φορτίο του συμβατικού συστήματος που θα υπολογιστεί δε θα πρέπει να υπερβαίνει το μέγιστο ενεργειακό φορτίο στο οποίο μπορεί να ανταποκριθεί επιτυχώς το συμβατικό σύστημα. Επιπλέον το ενεργειακό φορτίο των αιολικών και των φωτοβολταϊκών δε θα πρέπει να υπερβαίνει το αντίστοιχο μέγιστο ενεργειακό τους φορτίο.

Οι μεταβλητές που χρησιμοποιούνται στις συναρτήσεις 7.1 έως και 7.4 ερμηνεύονται στον πίνακα 7.2.

Πίνακας 7.2. Πίνακας επεξήγησης μεταβλητών των συναρτήσεων του μαθηματικού μοντέλου.

Πίνακας μεταβλητών συναρτήσεων	
Μεταβλητή	**Ερμηνεία**
P_0	Ενεργειακό φορτίο συμβατικού συστήματος
P_1	Ενεργειακό φορτίο φωτοβολταϊκών
P_2	Ενεργειακό φορτίο ανεμογεννητριών
C_0	Κόστος επένδυσης συμβατικής μονάδας ΔΕΗ
C_1	Κόστος επένδυσης φωτοβολταϊκών
C_2	Κόστος επένδυσης ανεμογεννητριών
K_0	Κόστος συντήρησης συμβατικής μονάδας ΔΕΗ
K_1	Κόστος συντήρησης φωτοβολταϊκών
K_2	Κόστος συντήρησης ανεμογεννητριών
L	Κόστος λειτουργίας συμβατικής μονάδας ΔΕΗ - καύσιμο
S	Κέρδη από το χρηματιστήριο ρύπων
B_1	Συνολική ηλεκτρική ζήτηση
M_0	Μέγιστο ενεργειακό φορτίο συμβατικού συστήματος
M_1	Μέγιστο ενεργειακό φορτίο φωτοβολταϊκών
M_2	Μέγιστο ενεργειακό φορτίο ανεμογεννητριών
E_0	Περιβαλλοντικές επιπτώσεις συμβατικού συστήματος
E_1	Περιβαλλοντικές επιπτώσεις φωτοβολταϊκών
E_2	Περιβαλλοντικές επιπτώσεις ανεμογεννητριών
TC	Συνολικό κόστος σεναρίου

Πηγή : Ιδία επεξεργασία

Οι μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που καταγράφονται στο ενεργειακό σύστημα της Σάμου περιλαμβάνουν τον αυτόνομο σταθμό της ΔΕΗ, φωτοβολταϊκά και ανεμογεννήτριες. Κάθε μια από αυτού του τύπου της μονάδες προκαλεί όχι μόνο διαφορετικού μεγέθους επιβάρυνση στο περιβάλλον αλλά και σε διαφορετικό στάδιο από τη φάση παραγωγής των συσκευών έως και τη λειτουργία τους.

Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό των ηλιακών φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι ότι δεν εκπέμπουν διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), ένα από τα σημαντικότερα αέρια του θερμοκηπίου, κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους [47]. Οι έμμεσες εκπομπές CO_2 συμβαίνουν σε άλλο στάδιο του κύκλου ζωής τους και είναι αισθητά χαμηλότερες από αυτές που αποφεύγονται από τη λειτουργία τους. Η χρήση φωτοβολταϊκών δεν συνεπάγεται άλλες ρυπογόνες εκπομπές ενώ δεν προκαλεί ιδιαίτερη ανησυχία όσων αφορά θέματα

περιβαλλοντικής ασφάλειας καθώς δεν παρατηρείται καμία ρύπανση με τη μορφή καυσαερίων ή θορύβου.

Οι ανεμογεννήτριες όπως και τα φωτοβολταϊκά επιφέρουν περιορισμένη επιβάρυνση του ατμοσφαιρικού αέρα με τις εκπομπές τους από το στάδιο της κατασκευής τους έως και αυτό της λειτουργίας τους. Το υλικό κατασκευής των ανεμογεννητριών είναι ο χάλυβας, ο οποίος μπορεί να ανακυκλωθεί όταν ολοκληρωθεί ο κύκλος ζωής τους ελαχιστοποιώντας σημαντικά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλούνται [48]. Εν αντιθέσει με τα φωτοβολταϊκά οι ανεμογεννήτριες προκαλούν θόρυβο όταν τίθενται σε λειτουργία.

Η συμβατική μονάδα ηλεκτροπαραγωγής της ΔΕΗ προκαλεί εκτεταμένη επιβάρυνση του περιβάλλοντος με ρύπους σε όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής της, η οποία μπορεί να περιοριστεί ελάχιστα με την τοποθέτηση φίλτρων στις καμινάδες της μονάδας. Πιο συγκεκριμένα, όπως παρουσιάζεται και στον ακόλουθο πίνακα, στη συμβατική μονάδα παραγωγής αντιστοιχεί επιβάρυνση 548 gr CO_2 για κάθε kWh που παράγεται, τα φωτοβολταϊκά επιβαρύνουν κατά την κατασκευή τους με 21,65 gr CO_2 / kWh ενώ τα οι αιολικές μηχανές (onshore) με 4,64 gr CO_2 για κάθε kWh.[47],[48]

Πίνακας 7.3. Περιβαλλοντική επιβάρυνση που προκαλεί η κάθε κατηγορία ηλεκτροπαραγωγής.

Κατηγορία μονάδας ηλεκτροπαραγωγής	Περιβαλλοντική επιβάρυνση (gr CO_2/kWh)
Λειτουργία αυτόνομου σταθμού ΔΕΗ	548
Φωτοβολταϊκά	21,65
Ανεμογεννήτριες (onshore)	4,64

Πηγή : Ιδία επεξεργασία

7.3 Αποτελέσματα μοντέλου βελτιστοποίησης

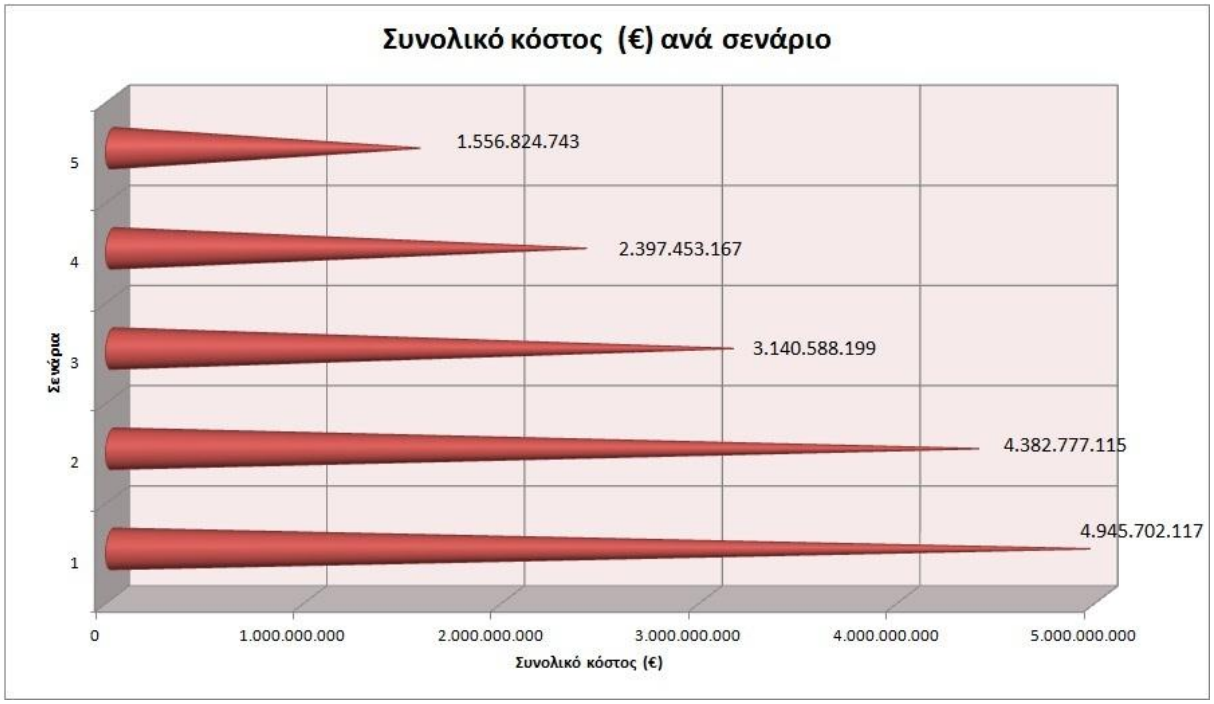
Επιλύοντας το σύστημα των εξισώσεων 7.1 έως 7.4 καταλήξαμε στα αποτελέσματα που παρατίθενται στον πίνακα 7.4. Εξετάζοντας τον ακόλουθο πίνακα μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα τόσο για κάθε ένα από τα πέντε ενεργειακά σενάρια που προτάθηκαν ξεχωριστά όσο και συνδυαστικά. Οι πληροφορίες που παρέχονται αφορούν το συνολικό κόστος για την παραγωγή των 139.828 MWh καθώς και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που προκύπτουν από τις ενεργειακές μονάδες για την παραγωγή τους.

Πίνακας 7.4. Παρουσίαση των πιθανών λύσεων.

Σενάρια	Συνολική ενέργεια 2020 (MWh)	Συμβατικός σταθμός (MWh)	Ανεμογεννήτριες (MWh)	Φωτοβολταϊκά (MWh)	Περιβαλλοντική επιβάρυνση (tn)	Συνολικό κόστος (€)
1°	139.828	118.854	5.244	15.731	65.497	4.945.702.117
2°	139.828	104.871	8.739	26.218	58.077	4.382.777.115
3°	139.828	69.914	17.479	52.436	39.529	3.140.588.199
4°	139.828	55.931	41.948	41.948	31.753	2.397.453.167
5°	139.828	34.957	41.948	62.923	20.713	1.556.824.743

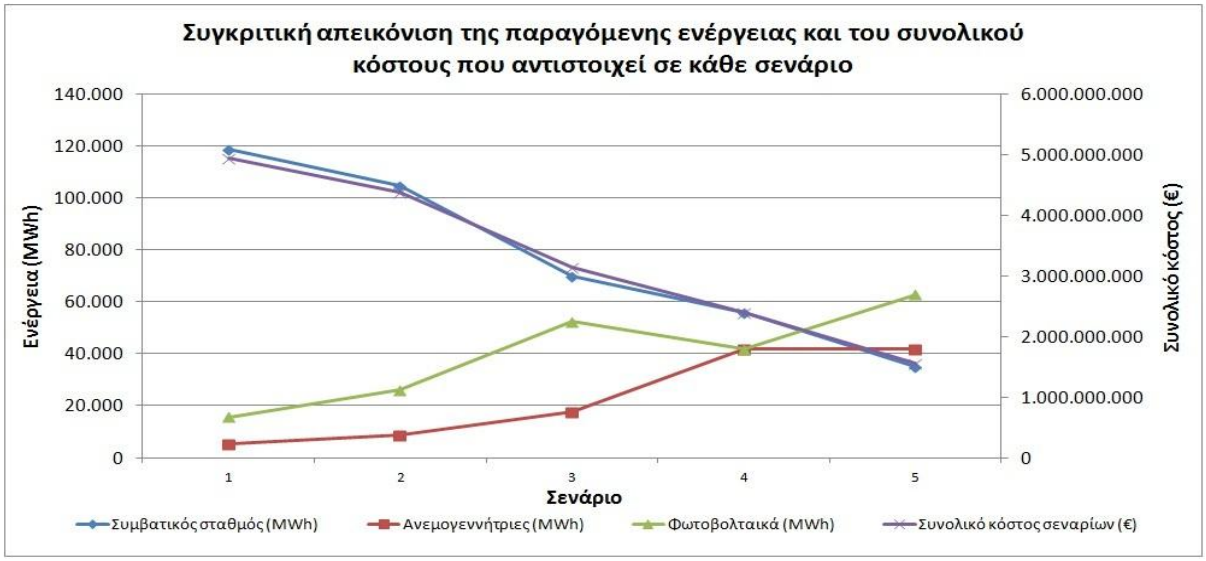
Πηγή : Ιδία επεξεργασία

Η εικόνα 7.2 μας παρουσιάζει γραφικά το κόστος των πέντε εναλλακτικών ενεργειακών σεναρίων και μας πληροφορεί ότι το σενάριο που εμφανίζει το κόστος (4.945.702.117 €) για την παραγωγή των 139.828MW είναι το πρώτο και εν συνεχεία ακολουθεί το δεύτερο. Πρόκειται για δυο σενάρια στα οποία οι απαιτήσεις εξυπηρετούνται κατά το μεγαλύτερο βαθμό από τη συμβατική μονάδα της ΔΕΗ, ενώ η συμβολή των ΑΠΕ είναι η μικρότερη συγκρινόμενη με τα υπόλοιπα τρία σενάρια. Επιλογές χαμηλότερου κόστους αποτελούν τα δυο τελευταία σενάρια (4° και 5°), τα οποία βασίζονται κυρίως στη λειτουργία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, με διαφορετική αναλογία αιολικών και φωτοβολταϊκών στη σύνθεση τους, ενώ η συμβολή της συμβατικής μονάδας της ΔΕΗ στο ενεργειακό δίκτυο δεν υπερβαίνει το 40% σε κάποιο από αυτά. Οικονομικότερο σενάριο όλων με κόστος 1.556.824.743 € αποδεικνύεται το πέμπτο με τη μεγαλύτερη συμβολή των ΑΠΕ, οι οποίες καλύπτουν το 75% της ζητηθείσας ενέργειας.



Εικόνα 7.2. Γραφική απεικόνιση του κόστους των ενεργειακών σεναρίων. Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

Η εικόνα 7.3 παραθέτει μια συγκριτική απεικόνιση της ενεργειακής παραγωγής της μονάδας της ΔΕΗ και αυτής των ΑΠΕ σε συνδυασμό με το εκτιμώμενο συνολικό κόστος για κάθε προτεινόμενο σενάριο. Αντικείμενο ενδιαφέροντος σε αυτό το γράφημα αποτελεί η μεταβολή του κόστους όταν το ενεργειακό δίκτυο στηρίζεται όλο και περισσότερο στη χρήση ανανεώσιμων πηγών. Μελετώντας το παρακάτω γράφημα παρατηρούμε ότι η σταδιακά αυξανόμενη εξάρτηση από ΑΠΕ δεν συνεπάγεται ανάλογη αύξηση του κόστους, άρα όσο μεγαλώνει η εισχώρηση αιολικών και φωτοβολταϊκών στο ενεργειακό δίκτυο και παράλληλα περιορίζεται ο λειτουργικός ρόλος της μονάδας της ΔΕΗ τόσο θα μειώνεται το συνολικό κόστος του ενεργειακού δικτύου. Πιο συγκεκριμένα στο 1^{ο} σενάριο, το οποίο προτείνει 15% συμμετοχή των ΑΠΕ το συνολικό κόστος ανέρχεται σε 4.945.702.117€, ενώ στο 5^{ο} σενάριο με τις ΑΠΕ να ικανοποιούν το 75% της ενεργειακής απαίτησης το κόστος σχεδόν υποτριπλασιάζεται φτάνοντας τα 1.556.824.743€.



Εικόνα 7.3. Συγκριτική απεικόνιση της παραγόμενης ενέργειας από το συμβατικό σταθμό της ΔΕΗ και από ΑΠΕ για κάθε ένα από τα πέντε σενάρια και του κόστους που αναλογεί σε κάθε ένα από αυτά. Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

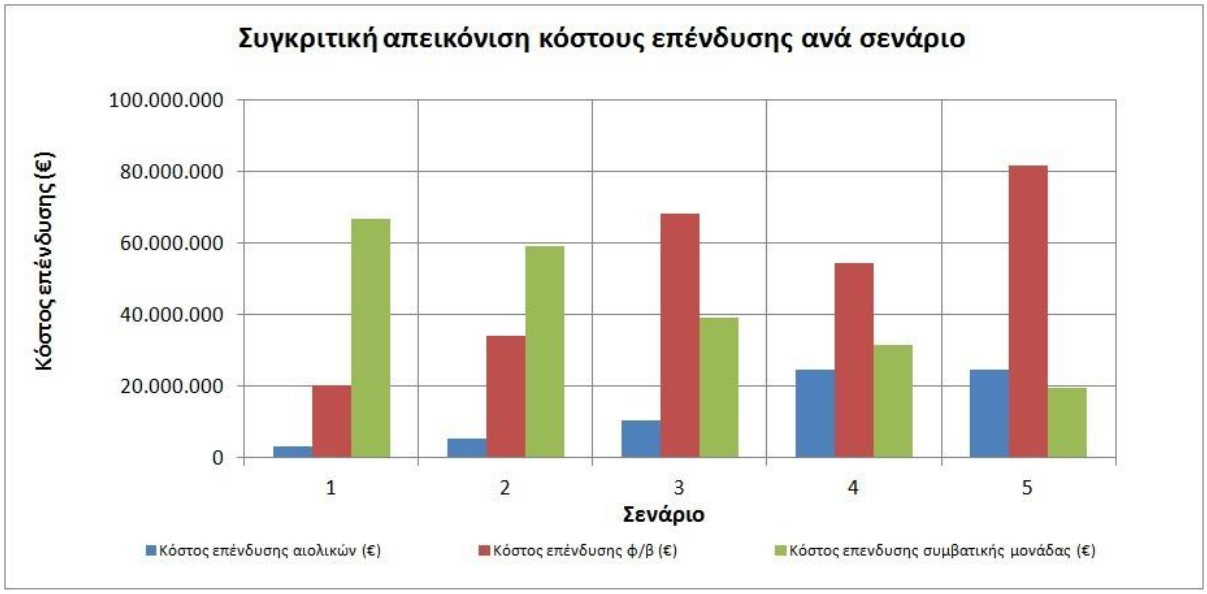
Το συνολικό κόστος σύμφωνα με τη συνάρτηση 7.1 επηρεάζεται από την παράμετρο του κόστους επένδυσης, το οποίο διαφοροποιείται σημαντικά σε κάθε σενάριο καθώς εξαρτάται από το ποσοστό συμβολής της κάθε ενεργειακής μονάδας σε αυτό. Η κατασκευή αιολικών πάρκων σε μη διασυνδεδεμένα νησιά όπως είναι η Σάμος κοστολογείται με 1.550 €/kW, ενώ αντίστοιχα για ένα φωτοβολταϊκό πάρκο το κόστος φτάνει τα 1.800 €/Kw [52]. Το κόστος εγκατάστασης της μονάδας ηλεκτροπαραγωγής της ΔΕΗ ανέρχεται σε 1.064 €/kWh [55].Χρησιμοποιώντας τα στοιχεία που παραχωρήθηκαν από ΔΕΗ καθώς και τις προαναφερθείσες κοστολογήσεις προέκυψαν ο πίνακας 7.5 και η εικόνα 7.4.

Πίνακας 7.5. Παρουσίαση του κόστους επένδυσης που εκτιμάται ότι αντιστοιχεί σε κάθε σενάριο.

Σενάριο	Κόστος επένδυσης αιολικών (€)	Κόστος επένδυσης φ/β (€)	Κόστος επένδυσης συμβατικής μονάδας (€)	Συνολικό κόστος επένδυσης(€)
1	3.092.657	20.340.000	66.821.675	90.254.332
2	5.154.428	34.020.000	58.885.205	98.059.633
3	10.308.857	68.040.000	39.256.803	117.605.660
4	24.741.256	54.360.000	31.384.165	110.485.421
5	24.741.256	81.540.000	19.628.402	125.909.657

Πηγή : Ιδία επεξεργασία

Μελετώντας το γράφημα της εικόνας 7.4 παρατηρούμε ότι το υψηλότερο κόστος επένδυσης καταγράφεται για τη συμβατική μονάδα στα σενάρια 1 και 2 όπου και εξυπηρετεί το μεγαλύτερο τμήμα της ενεργειακής απαίτησης, ενώ στα σενάρια 3, 4 και 5 η υψηλότερη επένδυση γίνεται για τα φωτοβολταϊκά. Εστιάζοντας στο σενάριο 4 όπου αιολικά και φωτοβολταϊκά καλύπτουν ακριβώς τα ίδια ποσοστά ενεργειακής ζήτησης σημειώνεται ότι το κόστος επένδυσης των φωτοβολταϊκών είναι σαφώς μεγαλύτερο. Παρατηρώντας λοιπόν αυτό το γράφημα αντιλαμβανόμαστε ότι η επένδυση στην αιολική ενέργεια αποτελεί τη βέλτιστη από οικονομικής άποψης επιλογή, όμως επειδή ο άνεμος δεν θεωρείται μια σταθερή πηγή ενέργειας, λόγω της διαρκούς μεταβολής της έντασης του, είναι απαραίτητη η επένδυση και σε άλλες μορφές ενέργειας ανανεώσιμες ή μη.



Εικόνα 7.4. Αναλυτική παρουσίαση του κόστους επένδυσης κάθε σεναρίου. Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

Η έτερη παράμετρος από την οποία εξαρτάται το συνολικό κόστος είναι το κόστος συντήρησης και λειτουργίας των ενεργειακών μονάδων. Το κόστος συντήρησης περιλαμβάνει τον καθαρισμό κάθε είδους μηχανών, την αντικατάσταση φθαρμένων ή κατεστραμμένων εξαρτημάτων και γενικότερα καλύπτει οποιοδήποτε κόστος ώστε να λειτουργούν άψογα όλες οι ενεργειακές μονάδες του δικτύου. Το κόστος λειτουργίας αφορά κυρίως τη συμβατική μονάδα της ΔΕΗ, η οποία για να τεθεί σε λειτουργία και να παράξει ηλεκτρικό ρεύμα απαιτεί τη χρήση καυσίμου. Το γεγονός αυτό αναμένεται να εκτοξεύει

σημαντικά το κόστος λειτουργίας καθώς η κατανάλωση καυσίμου θα είναι συνεχής σε όλο το διάστημα λειτουργία του σταθμού παραγωγής.

Το κόστος συντήρησης ενός αιολικού πάρκου εκτιμάται περίπου στο 4% του ποσού που επενδύθηκε ώστε να κατασκευαστεί, ενώ το αντίστοιχο για τα φωτοβολταϊκά ποσοστό είναι 3,5% [52]. Το κόστος λειτουργίας της συμβατικής μονάδας ηλεκτροπαραγωγής εξαρτάται κατά το μεγαλύτερο βαθμό από την κατανάλωση μαζούτ το οποίο έχει εκτιμώμενο κόστος 0,0056674 €/kWh [50].

Αναλογιζόμενοι τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω και παρατηρώντας την εικόνα 7.5 αντιλαμβανόμαστε ότι το σενάριο που θα εμφανίζει το μικρότερο κόστος συντήρησης και λειτουργίας θα είναι το 5^{ο} το οποίο βασίζεται μόλις κατά 25% στο εργοστάσιο ηλεκτροπαραγωγής. Αντιθέτως το 1^{ο} σενάριο παρουσιάζει το μεγαλύτερο.

Εικόνα 7.5. Συγκριτική απεικόνιση του κόστους συντήρησης και λειτουργίας κάθε σεναρίου. Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

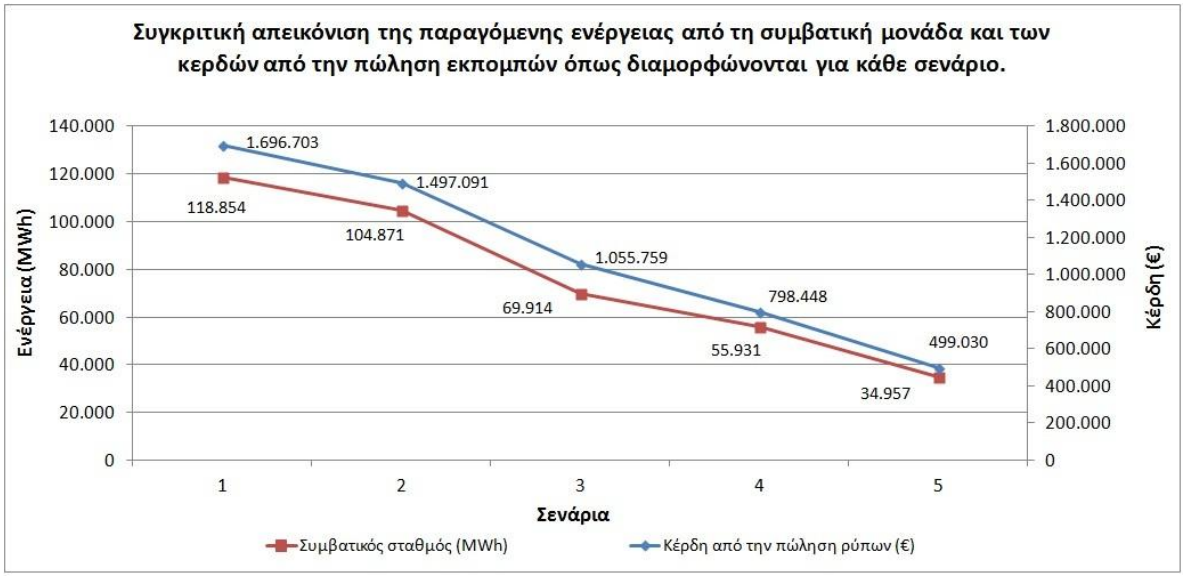
Η τελευταία παράμετρος που διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στον καθορισμό του συνολικού κόστους του εκάστοτε ενεργειακού σεναρίου είναι τα κέρδη που προέρχονται από την πώληση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Αυτή η δυνατότητα παρέχεται μέσω του χρηματιστηρίου ρύπων, το οποίο δημιουργήθηκε το 2005 με την ενεργοποίηση του Πρωτοκόλλου του Κιότο και το οποίο ουσιαστικά αποτελεί ένα σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής CO_2 και άλλων αερίων του θερμοκηπίου.

Στο διάστημα από το 2005 έως το 2012 βάσει του ισχύοντος συστήματος οι επιχειρήσεις λάμβαναν δωρεάν τα δικαιώματα εκπομπής που τους αναλογούσαν και μπορούσαν να αγοράσουν επιπλέον δικαιώματα στην περίπτωση που παρήγαγαν περισσότερους ρύπους. Χρονιά ορόσημο αποτελεί το 2013 καθώς το σκηνικό αλλάζει ριζικά. Όλες οι βιομηχανίες παραγωγής ενέργειας της Ευρώπης θα πρέπει να αγοράζουν τα δικαιώματα για τους ρύπους που παράγουν, ενώ οι υπόλοιπες βιομηχανίες θα λάβουν σε πρώτη φάση δωρεάν τα δικαιώματα τους και έως το 2020 θα ξεκινήσουν να χρεώνονται σταδιακά.

Με βάση λοιπόν αυτό το σύστημα οι χώρες και οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις που ρυπαίνουν λιγότερο από τα επιτρεπτά όρια θα πωλούν τα περιθώρια τους σε άλλες που ξεπερνούν τα δικά τους όρια επιτρεπόμενων ρύπων. Αντίστοιχα, οι εταιρείες που εκπέμπουν περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα από όσο τους έχει χορηγηθεί δωρεάν πρέπει να αγοράζουν άδειες από εταιρείες που δεν έκαναν χρήση των δικών τους αδειών.

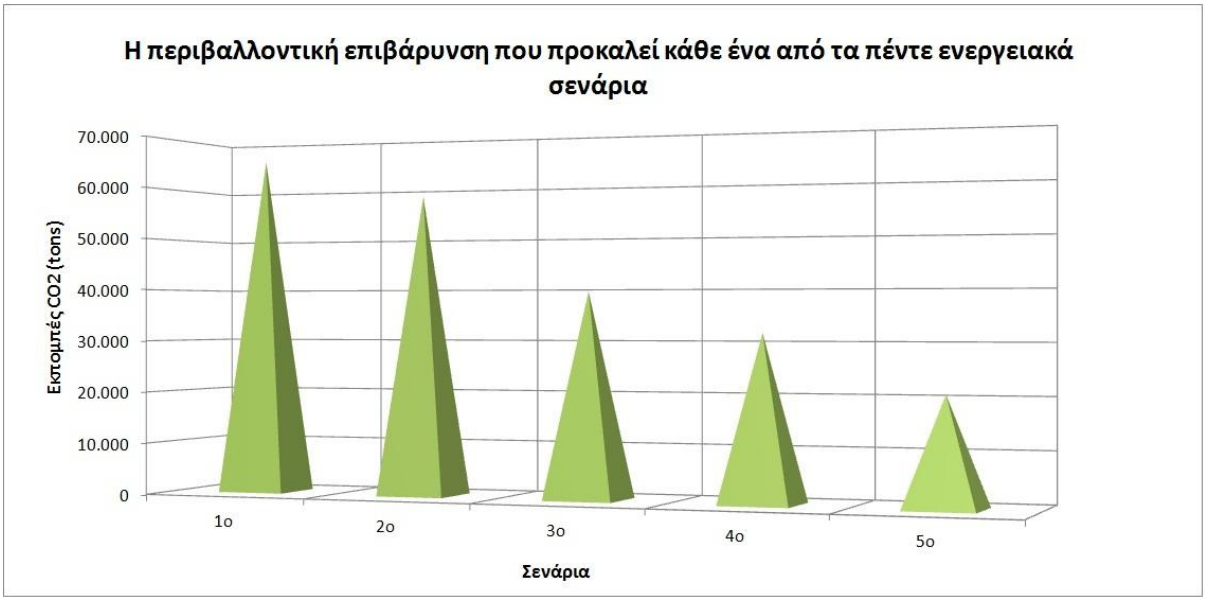
Σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Κιότου η Ελλάδα έχει το περιθώριο να αυξήσει τις εκπομπές της έως και κατά 25%, ποσοστό εκπομπών που αν επιθυμεί μπορεί να εισάγει στο χρηματιστήριο ρύπων και να πουλήσει τα δικαιώματα που της αναλογούν σε χώρες ή βιομηχανικές επιχειρήσεις που ρυπαίνουν περισσότερο από ότι τους επιτρέπεται [53]. Η τιμές που συναντώνται στο χρηματιστήριο ρύπων παρουσίασαν ιδιαίτερα υψηλή διακύμανση από το 2005 έως σήμερα με τιμή ρεκόρ τα 30 ευρώ τον τόνο. Όμως η ύφεση έριξε κατακόρυφα τις τιμές και σήμερα ο τόνος διοξειδίου του άνθρακα κοστολογείται στα 7,92 € [54]. Η πτώση θεωρείται απολύτως λογική και δικαιολογημένη εάν σκεφτεί κανείς ότι μεγάλες βιομηχανίες μείωσαν την παραγωγή τους άρα και τις εκπομπές τους, δηλαδή χρειάστηκαν λιγότερα δικαιώματα από την κατανομή που τους είχε δοθεί.

Παρατηρώντας το γράφημα της εικόνας 7.6 μπορούμε να ενημερωθούμε σχετικά με τα κέρδη που θα προκύψουν από την πώληση των δικαιωμάτων που αντιστοιχούν στο ενεργειακό δίκτυο της Σάμου για τα πέντε σενάρια που προτάθηκαν. Είναι εμφανές ότι ο περιορισμός της λειτουργίας της μονάδας ηλεκτροπαραγωγής μειώνει αντίστοιχα τα προσδοκώμενα οφέλη από την πώληση των δικαιωμάτων. Βέβαια τα ποσά που εκτιμάται ότι θα αποφέρει η πώληση των δικαιωμάτων δε μπορούν σε καμία περίπτωση να συγκριθούν με τα ποσά που εξοικονομούνται από τη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.



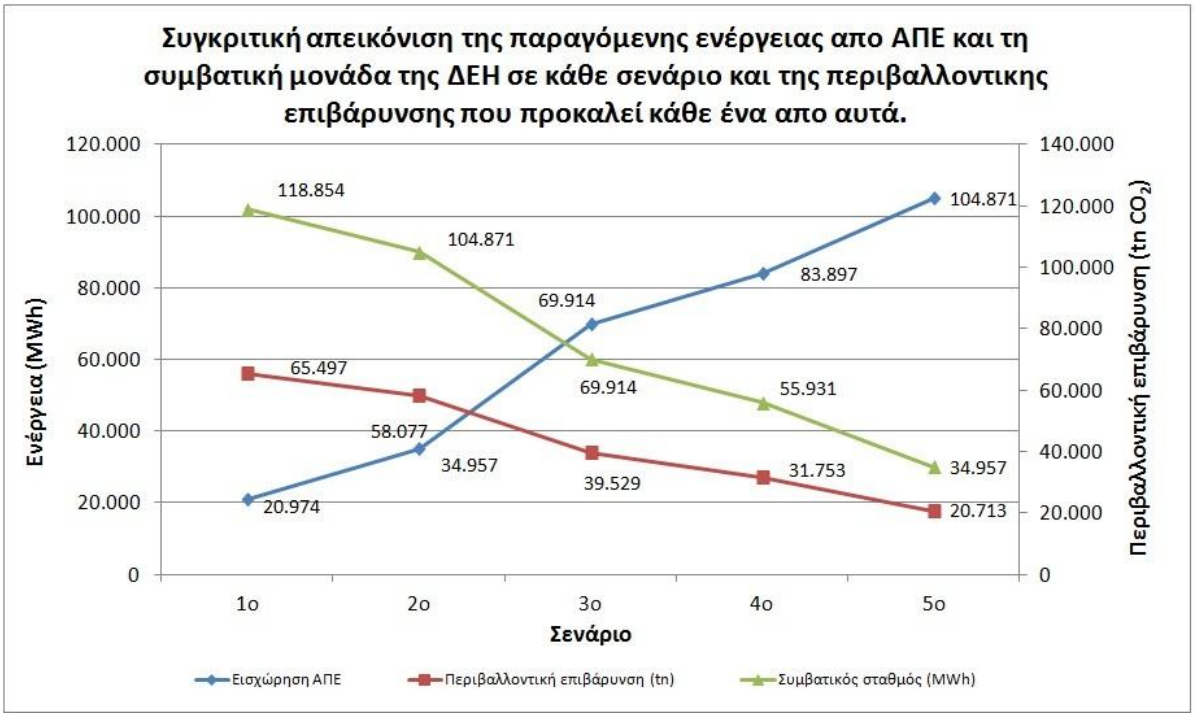
Εικόνα 7.6. Συγκριτική απεικόνιση της παραγόμενης ενέργειας από τη συμβατική μονάδα και των κερδών από την πώληση εκπομπών στο χρηματιστήριο ρύπων όπως διαμορφώνεται για κάθε σενάριο. Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

Το γράφημα της εικόνας 7.7 παρουσιάζει την περιβαλλοντική επιβάρυνση που αναμένεται να προκαλεί κάθε ένα από τα πέντε σενάρια μέσω των εκπομπών του στην ατμόσφαιρα, η οποία εκτιμάται σε τόνους διοξειδίου του άνθρακα. Οι υψηλότερες πιέσεις προς το περιβάλλον ασκούνται από το πρώτο ενεργειακό σενάριο (65.497) και ακολουθεί από κοντά το δεύτερο (58.077), ενώ φιλικότερο προς το περιβάλλον αποδεικνύεται το πέμπτο σενάριο με εκπομπές μόλις 20.713 τόνων διοξειδίου του άνθρακα. Αντιλαμβανόμαστε λοιπόν ότι η ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα δεν θα επιδεινωθεί σημαντικά αλλά ίσως και να βελτιωθεί αν περιοριστεί η λειτουργία της συμβατικής μονάδας και επιλεχθεί είτε το 3^{ο} είτε το 4^{ο} είτε το 5^{ο} σενάριο.



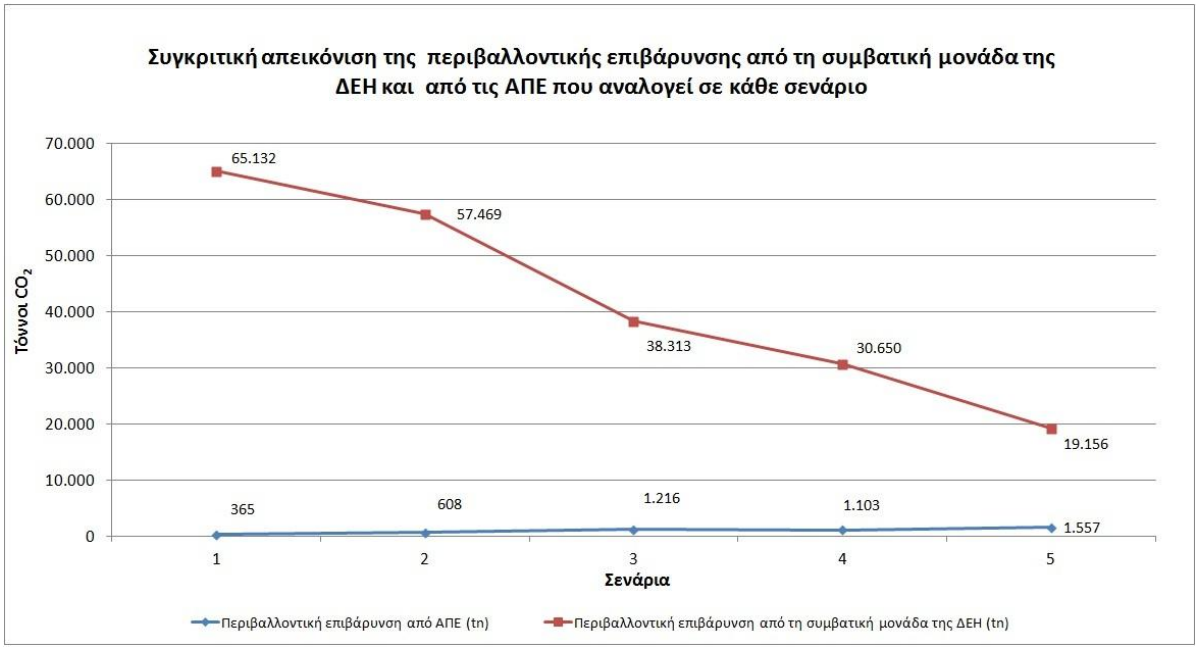
Εικόνα 7.7. Γραφική απεικόνιση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που προκαλεί κάθε σενάριο. Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

Η εικόνα 7.8 παραθέτει σε κοινό γράφημα την ενεργειακή παραγωγή της μονάδας της ΔΕΗ και αυτή των ΑΠΕ σε συνδυασμό με την περιβαλλοντική επιβάρυνση που προκαλούν για κάθε ένα από τα πέντε σενάρια που συμμετέχουν. Εξετάζοντας το συγκεκριμένο γράφημα μπορούμε να δούμε πως μεταβάλλονται οι εκπομπές CO_2 διαφοροποιώντας το ποσοστό συμμετοχής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και της συμβατικής μονάδας στο ενεργειακό σύστημα. Το συμπέρασμα στο οποίο αναμέναμε να οδηγηθούμε πριν από τη διεξαγωγή της συγκεκριμένης μελέτης και στο οποίο τελικά καταλήγουμε είναι ότι ο περιορισμός της λειτουργίας της συμβατικής μονάδας της ΔΕΗ και η αντικατάσταση της με περισσότερες ενεργειακές μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ελαττώνει σημαντικά τη ρύπανση του ατμοσφαιρικού αέρα του νησιού. Η διαπίστωση αυτή γίνεται άμεσα κατανοητή αν αναλογιστούμε ότι στο $1^{ο}$ σενάριο όπου οι ΑΠΕ συμμετέχουν μόλις κατά 15% και το εργοστάσιο της ΔΕΗ κατά 85% η περιβαλλοντική επιβάρυνση αγγίζει τους 65.500 τόνους CO_2, ενώ στο $5^{ο}$ όπου το ποσοστό των ΑΠΕ φθάνει το 75% στο περιβάλλον εκπέμπονται μόλις 20.700 τόνοι.



Εικόνα 7.8. Συγκριτική απεικόνιση της παραγόμενης ενέργειας από το συμβατικό σταθμό και από ΑΠΕ για κάθε ένα από τα πέντε σενάρια και της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που αντιστοιχεί σε κάθε ένα από αυτά. Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

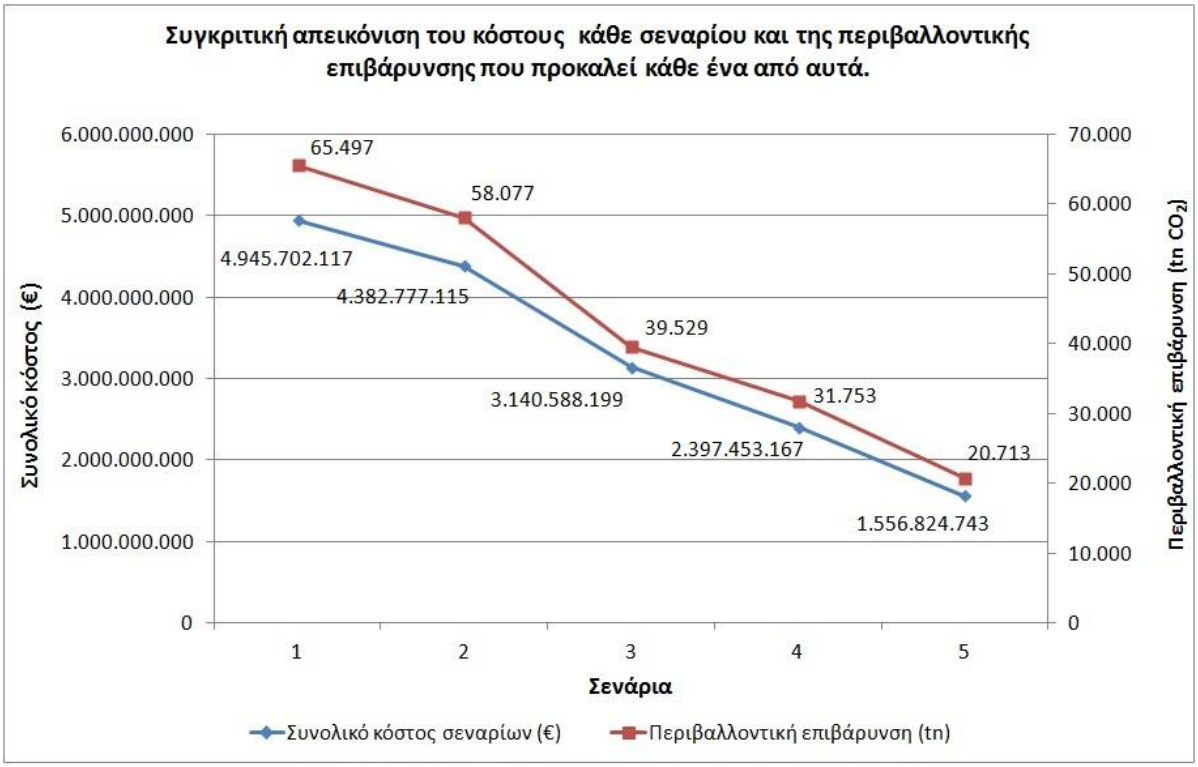
Εξετάζοντας την εικόνα 7.9 αντιλαμβανόμαστε ευκολότερα πόσο σημαντικά μεγαλύτερη ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα «εμπλουτίζει» την ατμόσφαιρα με προέλευση από το εργοστάσιο ηλεκτροπαραγωγής της ΔΕΗ. Αυτό παρατηρείται και στα 5 εναλλακτικά ενεργειακά σενάρια, ενώ συγκρίνοντας τη συγκεκριμένη ποσότητα με τις αντίστοιχες εκπομπές των ΑΠΕ συναντάμε διαφορές αρκετών δεκάδων χιλιάδων τόνων CO_2 καθώς σε καμία περίπτωση οι ΑΠΕ δεν αποφέρουν περισσότερους από 1.600 τόνους ρύπων. Ακόμη και στο φιλικότερο προς το περιβάλλον σενάριο όπου η μονάδα της ΔΕΗ συμμετέχει μόλις κατά 25% καταγράφεται μεταξύ τους διαφορά της τάξης των 17.559 τόνων.



Εικόνα 7.9. Συγκριτική απεικόνιση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που προκαλείται από τη συμβατική μονάδα της ΔΕΗ και από ΑΠΕ για κάθε σενάριο. Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

Τέλος στο γράφημα της εικόνας 7.10 προσπαθούμε να δούμε πως συσχετίζονται το κόστος και η περιβαλλοντική επιβάρυνση με βάση τα σενάρια που αφορούν το ενεργειακό δίκτυο της Σάμου. Η γενικότερη αντίληψη που συνδέει το κόστος με την προστασία του περιβάλλοντος αναφέρει ότι πρόκειται για δυο έννοιες οι οποίες δεν είναι δυνατό να συμβαδίζουν, ενώ συνήθως ακολουθούν αντίθετες κατευθύνσεις και τελικά συγκρούονται.

Στη μελέτη που διεξείχθει στο ενεργειακό δίκτυο της Σάμου για το διάστημα 2012-2020 και εξετάζοντας με προσοχή τα γραφήματα των εικόνων 7.10 και 7.11 καταγράφεται ότι η μείωση του συνολικού κόστους, που επιτελείται έπειτα από περιορισμό της λειτουργίας της μονάδας ηλεκτροπαραγωγής και στροφής προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συνοδεύεται από αντίστοιχη μείωση των ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα. Η ερμηνεία που μπορεί να αποδοθεί σε αυτή τη διαπίστωση αφορά το εργοστάσιο ηλεκτροπαραγωγής της ΔΕΗ, το οποίο εμφανίζει υψηλό κόστος επένδυσης, υψηλό κόστος συντήρησης και λειτουργίας, ενώ παράλληλα αποτελεί τον κυριότερο ρυπαντή του ατμοσφαιρικού αέρα μεταξύ των συμβαλλόμενων ενεργειακών μονάδων. Πιο συγκεκριμένα, επενδύοντας όλο και περισσότερο στις ΑΠΕ και αποκλείοντας από την ενεργειακή πίτα, στο μέγιστο δυνατό βαθμό, το σταθμό της ΔΕΗ επιτυγχάνουμε τον περιορισμό του συνολικού κόστους ενώ παράλληλα συμβάλουμε στην πολιτική προστασίας του περιβάλλοντος επιδιώκοντας της ελάχιστης δυνατές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.



Εικόνα 7.10. Συγκριτική απεικόνιση του κόστους κάθε σεναρίου και της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που προκαλεί κάθε ένα από αυτά. Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

7.4 Συμπεράσματα μελέτης βελτιστοποίησης ενεργειακού συστήματος νήσου Σάμου

Η παρούσα μελέτη παρουσιάζει μια προσέγγιση του ενεργειακού συστήματος της νήσου Σάμου για το διάστημα 2012 - 2020 παραθέτοντας πέντε ενεργειακά σενάρια που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν και να προσαρμόσουν το υπάρχον ενεργειακό δίκτυο με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται πλήρης ενεργειακή επάρκεια. Τα πέντε ενεργειακά σενάρια που προτείνονται περιλαμβάνουν τη λειτουργία της μονάδας ηλεκτροπαραγωγής της ΔΕΗ, αιολικές μηχανές και φωτοβολταϊκά με ποσοστό συμβολής που διαφοροποιείται σε κάθε περίπτωση. Η χρησιμοποίηση τριών διαφορετικών πηγών ενέργειας προσδίδει στο σύστημα ενεργειακή ασφάλεια και καλύτερη απόδοση προσδοκώντας στη δημιουργία ενός ευέλικτου και περιβαλλοντικά φιλικότερου ενεργειακού συστήματος.

Σε αυτή τη δύσκολη οικονομική συγκυρία που βρίσκεται η Ελλάδα τα τελευταία τρία χρόνια είναι απαραίτητος ο σχεδιασμός ενός ασφαλούς και σταθερού ενεργειακού συστήματος το οποίο θα χαρακτηρίζεται από μειωμένη εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα

και τις ενεργειακές εισαγωγές. Αυτό είναι δυνατό να επιτευχθεί με τη δυναμική εισαγωγή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αξιοποιώντας το πλούσιο ηλιακό και αιολικό δυναμικό, και τον περιορισμό της λειτουργίας, αλλά σε καμία περίπτωση τον παροπλισμό, της μονάδας ηλεκτροπαραγωγής της ΔΕΗ που στηρίζεται σε συμβατικά καύσιμα. Συνεπώς σχεδιάζοντας ένα ενεργειακό σύστημα με αυτές τις προδιαγραφές προδιαγράφεται μια θετική προοπτική για το περιβάλλον και την οικονομία του νησιού.

Η επένδυση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας πρόκειται να αποφέρει σημαντικά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη στην τοπική κοινωνία. Οι πρωτοβουλίες που θα αναληφθούν θα προέρχονται κυρίως από ιδιωτικά κεφάλαια, ενώ οι επενδύσεις από το δημόσιο τομέα θα είναι εξαιρετικά σπάνιες. Η διαμόρφωση μιας τέτοιας κατάστασης θεωρείται βέβαιο ότι θα αποτελέσει σημαντικό στήριγμα στην οικονομία του νησιού καθώς τα κέρδη των κατοίκων της Σάμου από την πώληση του ηλεκτρικού ρεύματος θα συντελέσουν στη κίνηση κεφαλαίων στην τοπική αγορά. Επιπρόσθετα, η εισχώρηση των ΑΠΕ διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας μειώνοντας τα ποσοστά ανεργίας.

Με αυτή τη συλλογιστική προχωρήσαμε προτείνοντας πέντε εναλλακτικά ενεργειακά σενάρια, τα οποία παρέχουν τη δυνατότητα εξέτασης των διαφοροποιήσεων του ενεργειακού δικτύου καθώς μεταβάλλεται η συμμετοχή των συμβαλλόμενων ενεργειακών μονάδων επιδιώκοντας να καταλήξουμε σε ένα μοναδικό σενάριο που να συνδυάζει την ελάχιστη δυνατή περιβαλλοντική επιβάρυνση και χαμηλό συνολικό κόστος. Εφαρμόζοντας κάθε ένα από τα ενεργειακά σενάρια στο δίκτυο του νησιού προέκυψαν τα αποτελέσματα που παρατίθενται ακολούθως.

- Το ενεργειακό σενάριο με το χαμηλότερο συνολικό κόστος αποδείχθηκε τελικά το 5^{ο} με τιμή που ανέρχεται στα 1.556.824.743 € .Το σενάριο αυτό επενδύει στη χρήση των ΑΠΕ, οι οποίες εξυπηρετούν το 75% των ενεργειακών αναγκών του νησιού.

- Το ενεργειακό σενάριο με το υψηλότερο συνολικό κόστος είναι το 1^{ο}, το οποίο και κοστολογείται στα 4.945.702.117 €. Το σενάριο βασίζεται κυρίως στη συμβατική μονάδα ηλεκτροπαραγωγής της ΔΕΗ, η οποία καλύπτει το 85% της απαιτούμενης ενέργειας.

- Το ενεργειακό σενάριο που προκαλεί τη μικρότερη δυνατή περιβαλλοντική επιβάρυνση στο νησί της Σάμου είναι το 5°. Η εφαρμογή του συγκεκριμένου σεναρίου αναμένεται να αποφέρει 20.713 τόνους διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

- Το ενεργειακό σενάριο με τη μεγαλύτερη περιβαλλοντική επιβάρυνση είναι το 1° καθώς έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή 65.497 τόνων διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

Εξετάζοντας την περιβαλλοντική διάσταση του θέματος τα σενάρια που προκρίνονται προς επιλογή είναι αρχικά το 5° και ακολούθως το 4° καθώς είναι εκείνα που εμφανίζονται να παράγουν τις μικρότερες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα. Κρίνοντας όμως με καθαρά οικονομικά κριτήρια τα σενάρια 5 και 4 παρουσιάζουν το υψηλότερο και το ακολούθως μεγαλύτερο κόστος επένδυσης μεταξύ των πέντε σεναρίων, γεγονός που ίσως αποτελέσει αποτρεπτικό παράγοντα κατά τη διαδικασία της επιλογής. Όμως εξετάζοντας το συνολικό κόστος που τους αναλογεί σε βάθος χρόνου παρατηρούμε ότι το συνολικό κόστος των δυο σεναρίων (5 και 4) είναι το χαμηλότερο. Η περιορισμένη λειτουργία της μονάδας ηλεκτροπαραγωγής της ΔΕΗ μειώνει σημαντικά το κόστος συντήρησης και λειτουργίας των υπόψη σεναρίων με αποτέλεσμα παρά το υψηλό κόστος επένδυσης να διαθέτουν χαμηλό συνολικό κόστος.

Πίνακας 7.6. Συγκεντρωτικός πίνακας περιβαλλοντικών και οικονομικών στοιχείων που προέκυψαν από τη μελέτη του ενεργειακού συστήματος της Σάμου.

Σενάριο	Περιβαλλοντική επιβάρυνση (tn)	Συνολικό κόστος επένδυσης (€)	Κόστος συντήρησης ΑΠΕ(€)	Κόστος λειτουργίας συμβατικής μονάδας (€)	Συνολικό κόστος σεναρίων (€)
1	65.497	90.254.332	632.206	4.856.512.282	4.945.702.117
2	58.077	98.059.633	1.056.677	4.285.157.896	4.382.777.115
3	39.529	117.605.659	2.113.354	3.021.924.945	3.140.588.199
4	31.753	110.485.421	2.348.650	2.285.417.545	2.397.453.167
5	20.713	125.909.657	3.028.150	1.428.385.965	1.556.824.743

Πηγή : Ιδία επεξεργασία

Αντιθέτως τα σενάρια 1 και 2 περισσότερο και λιγότερο το 3 επιβαρύνουν σημαντικά την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα του νησιού καθώς εμφανίζουν αυξημένες

εκπομπές ρύπων, οι οποίες μπορούν κάλλιστα να αποδοθούν στο εργοστάσιο της ΔΕΗ καθώς αποτελεί την κύρια παραγωγική μονάδα ενέργειας. Η αυξημένης βαρύτητας λειτουργία της μονάδας ηλεκτροπαραγωγής συνεπάγεται κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων συμβατικών καυσίμων γεγονός που μεταφράζεται με ιδιαίτερα υψηλό κόστος λειτουργίας και κατ' επέκταση αυξημένο συνολικό κόστος. Τα στοιχεία αυτά καθιστούν τα 3 σενάρια ασύμφορα και θεωρείται ότι είναι πολύ πιθανό να δημιουργήσουν πρόβλημα στην ενεργειακή σταθερότητα του δικτύου της Σάμου καθώς η εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, που έως σήμερα κυριαρχούν, και η εισαγωγή ενέργειας είναι υψηλή.

Αναλογιζόμενοι τα στοιχεία που προέκυψαν από τη μελέτη που διεξήχθη και στοχεύοντας στο σχεδιασμό ενός ενεργειακού δικτύου το οποίο θα λειτουργεί με σεβασμό προς το ιδιαίτερο φυσικό περιβάλλον του νησιού και την καταπονημένη ελληνική οικονομία κρίνουμε ότι το σενάριο που πληροί στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό τις απαιτήσεις που έχουν τεθεί είναι το 5°. Το σενάριο υπ' αριθμόν 5 προωθεί περισσότερο από κάθε άλλο την εισχώρηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας παρέχοντας παράλληλα χαμηλό κόστος και αξιοπρεπή αντιμετώπιση του περιβάλλοντος. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η δημιουργία ενός ολοκληρωμένου ενεργειακού δικτύου, το οποίο θα στηρίζεται στην αξιοποίηση των δυνατοτήτων που παρέχουν τα κλιματολογικά και φυσικά χαρακτηριστικά της Σάμου περιορίζοντας την εξάρτηση από εξωτερικούς παράγοντες και δημιουργώντας ένα σύστημα που θα στηρίζεται κατά το μεγαλύτερο βαθμό στην ενεργειακή αυτονομία του νησιού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^{Ο}

8. Συμπεράσματα

Η Σάμος συγκαταλέγεται μεταξύ των δέκα μεγαλύτερων νησιών της Ελλάδας. Η οικονομία της, παρά την άσχημη συγκυρία με την οποία βρίσκεται αντιμέτωπη η χώρα, διατηρείται σε αξιοπρεπή επίπεδα στηριζόμενη κυρίως στον τουρισμό και στην καλλιέργεια της ελιάς και του αμπελιού. Όλα αυτά σε συνδυασμό με τη γεωγραφική της θέση, απέχει μόλις λίγα χιλιόμετρα από τις τουρκικές ακτές, καθιστούν επιτακτική την ανάγκη δημιουργίας ενός σταθερού, ασφαλούς και ικανού να καλύψει τις προκύπτουσες μελλοντικές ανάγκες ενεργειακού δικτύου.

Ο ορθός και αποδοτικός σχεδιασμός ενός ενεργειακού συστήματος απαιτεί τη συλλογή πληροφοριών και υπολογισμό συγκεκριμένων παραμέτρων οι οποίες θα ληφθούν σοβαρά υπόψη και πρόκειται να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στον καθορισμό τον περιορισμών που θα τεθούν για τη δημιουργία ενός λειτουργικού δικτύου. Τέτοιου είδους πληροφορία αποτελεί ο πληθυσμός κατά την περίοδο μελέτης (2020), καθώς αποτελεί ρυθμιστικό παράγοντα τόσο τις ενεργειακής ζήτησης όσο και των απορριμμάτων που πρόκειται να παραχθούν και πιθανότατα να χρησιμοποιηθούν στο μέλλον για την παραγωγή ενέργειας. Στο πλαίσιο αυτό έγιναν οι εκτιμήσεις για τον προσδοκώμενο πληθυσμό του νησιού το έτος 2020 αλλά και για αναμενόμενα παραγόμενα απορρίμματα. Τα αποτελέσματα παρατίθενται στον πίνακα 8.1.

Όσων αφορά την πληθυσμιακή εξέλιξη του νησιού εκτιμάται ότι θα παρουσιάσει ήπιες αυξητικές τάσεις αγγίζοντας το 2020 τα 36.500 άτομα. Αντίστοιχη μεταβολή περιμένουμε να υπάρξει και στις ποσότητες των απορριμμάτων που θα ανέλθουν στους 17.600 τόνους, γεγονός που δεν προκαλεί καμία έκπληξη έπειτα από την αύξηση του αριθμού των κατοίκων του νησιού.

Μια από τις βασικότερες επιδιώξεις στην παρούσα μελέτη υπήρξε ο υπολογισμός των ενεργειακών απαιτήσεων για το έτος 2020, ο οποίος έγινε προσεγγιστικά στηριζόμενοι έως ένα βαθμό στις τάσεις που εμφανίζει ή αναμένουμε να παρουσιάσει το ΑΕΠ της χώρας έως το 2020. Κατά τη συγκεκριμένη διαδικασία αντιμετωπίσαμε πλήθος δυσκολιών καθώς οι οικονομικές ισορροπίες διαταράσσονταν ανά τακτά χρονικά διαστήματα με αποτέλεσμα να διαφοροποιείται ριζικά το μοντέλο πρόβλεψης που είχε χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της ενέργειας. Τελικά, έπειτα από σε βάθος εξέταση των δεδομένων και λειτουργώντας με

κριτική σκέψη καταλήξαμε ότι το ΑΕΠ της χώρας θα συνεχίσει έως το 2013 να παρουσιάζει αρνητική μεταβολή, το 2014 θα καταφέρει να σταθεροποιηθεί και από το επόμενο έτος θα ξεκινήσει να αυξάνεται σταδιακά επιτυγχάνοντας μεταβολή της τάξης του 3% το 2017, η οποία θα διαρκέσει έως και το 2020 δίνοντας ένα κατά κεφαλή ΑΕΠ για το νησί της Σάμου κοντά στα 17.440 € (πίνακας 8.1). Η διαμόρφωση της κατάστασης που μόλις περιγράφηκε για την οικονομία της χώρας, μικρογραφία της οποίας θεωρείται η οικονομία του νησιού, μας δίνει τη δυνατότητα υπολογισμού της ενέργειας που είναι απαραίτητη ώστε να πραγματοποιηθεί η αύξηση του ΑΕΠ που αναφέραμε.

Η ενεργειακή ζήτηση αναμένεται να παρουσιάσει πορεία αντίστοιχη με εκείνη του ΑΕΠ. Για να είμαστε περισσότερο ακριβείς πιστεύουμε ότι η απαιτούμενη ενέργεια θα συνεχίσει να μειώνεται έως τα τέλη του 2013 και σταδιακά από το 2014 θα παρουσιάσει περιορισμένες αυξητικές τάσεις, οι οποίες το 2015 θα ξεκινήσουν να εντείνονται φτάνοντας το 2017 σε μεταβολή της τάξης του 3,28% που θα συνεχιστεί έως το 2020 και θα έχει ως αποτέλεσμα την απαίτηση 139.828MWh (πίνακας 8.1) από το ενεργειακό σύστημα της Σάμου.

Πίνακας 8.1. Παρουσίαση εκτιμήσεων παραμέτρων, οι οποίες θα διαδραματίσουν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση του ενεργειακού συστήματος της Σάμου το έτος 2020.

Έτος	2020
Πληθυσμός (Άτομα)	36.473
Συνολικό απόρριμμα (Κιλά)	17.607.335
Κατά κεφαλή ΑΕΠ (€/ Άτομο)	17.443
Ζήτηση ενέργειας (MWh)	139.828

Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

Γνωρίζοντας πλέον το μέγεθος του ενεργειακού συστήματος που θα πρέπει να σχεδιαστεί και τον πληθυσμό που πρόκειται να εξυπηρετεί αυτό που μας απασχόλησε στη συνέχεια ήταν ο καθορισμός της σύνθεσης του συστήματος, δηλαδή η συγκεκριμενοποίηση του ποσοστού συμμετοχής της κάθε ενεργειακής μονάδας (αιολικά, φωτοβολταϊκά, μονάδα ηλεκτροπαραγωγής). Για να καταλήξουμε στη βέλτιστη δυνατή επιλογή προτάθηκαν πέντε

εναλλακτικά ενεργειακά σενάρια με μικρές διαφοροποιήσεις ως προς τη συμβολή της κάθε ενεργειακής μονάδας.

Το σενάριο που τελικά επιλέχθηκε ήταν το υπ' αριθμόν 5 και σύμφωνα με την πρόταση που κατατέθηκε η παραγωγή ενέργειας θα γίνεται κατά 25% από τον ΑΣΠ Σάμου, κατά 30% από αιολικά και το υπόλοιπο 45% θα αναλογεί στα φωτοβολταϊκά. Περισσότερες λεπτομέρειες για το 5^{ο} σενάριο παρατίθενται στον πίνακα 8.2 που ακολουθεί.

Πίνακας 8.2. Συνοπτική παρουσίαση του σεναρίου που επιλέχθηκε να εφαρμοστεί στο ενεργειακό σύστημα της Σάμου.

Σενάριο	Σύνθεση σεναρίου (%)			Συνολικό κόστος (€)	Περιβαλλοντική επιβάρυνση (tons CO_2)
	ΑΣΠ Σάμου	ΑΠΕ			
		Αιολικά	Φωτοβολταϊκά		
5ο	25	30	45	1.556.824.743	20.713

Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

Η απόφαση για την προώθηση του 5^{ου} σεναρίου πάρθηκε αφού πρώτα εξετάσαμε δυο παραμέτρους το συνολικό κόστος, που περιλαμβάνει τα κόστη επένδυσης, λειτουργίας και συντήρησης, καθώς και την περιβαλλοντική επιβάρυνση που επιφέρει η εφαρμογή καθενός εκ των σεναρίων. Το συγκεκριμένο σενάριο παρουσίασε τις χαμηλότερες τιμές για κάθε μια από τις δυο παραμέτρους όπως αποδεικνύεται μελετώντας τους πίνακες 8.3 και 8.4 .

Σύμφωνα με τα στοιχεία που παρατίθενται στον πίνακα 8.3 για το 3^{ο} σενάριο, όπου ο ΑΣΠ Σάμου και οι ΑΠΕ καλύπτουν τις ίδιες ποσότητες απαιτούμενης ενέργειας (50% ΑΣΠ και 50% ΑΠΕ) παρατηρούμε ότι το κόστος επένδυσης είναι πολύ φθηνότερο για μια μονάδα ηλεκτροπαραγωγής τροφοδοτούμενη με συμβατικά καύσιμα σε σύγκριση με τα ποσά που απαιτούνται για την εγκατάσταση ενός αιολικού ή φωτοβολταϊκού πάρκου. Πιο συγκεκριμένα μια εγκατάσταση για την παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ απαιτεί το διπλάσιο ποσό χρημάτων από ΑΣΠ αντίστοιχου δυναμικού.

Βέβαια δε θα πρέπει να ξεχνάμε ότι οι ΑΠΕ ανταποδίδουν σε βάθος χρόνου το ποσό που επενδύθηκε καθώς το κόστος συντήρησης τους είναι σχετικά χαμηλό, ενώ δεν υπάρχουν ουσιαστικά έξοδα λειτουργίας. Αντιθέτως μια μονάδα ηλεκτροπαραγωγής έχει τεράστιο κόστος λειτουργίας λόγω της αγοράς καυσίμων γεγονός που εκτινάσσει το κόστος και την καθιστά ασύμφορη. Από την ανάλυση λοιπόν συμπεραίνουμε ότι είναι προτιμότερο

να δαπανηθούν περισσότερα χρήματα επενδύοντας σε ΑΠΕ καθώς σε βάθος χρόνου θα ανταμειφτούμε για την επιλογή μας.

Πίνακας 8.3. Αναλυτική παρουσίαση του συνολικού κόστους που αναλογεί σε κάθε ένα από τα πέντε προτεινόμενα ενεργειακά σενάρια.

Σενάριο	Κόστος επένδυσης ΑΣΠ (€)	Κόστος επένδυσης ΑΠΕ(€)	Κόστος λειτουργίας ΑΣΠ (€) (2013-2020)	Κόστος συντήρησης ΑΠΕ (€)	Κέρδη από την πώληση ρύπων (€)	Συνολικό κόστος σεναρίου (€)
1°	66.821.675	23.432.657	4.856.512.282	632.206	1.696.703	**4.945.702.117**
2°	58.885.205	39.174.428	4.285.157.896	1.056.677	1.497.091	**4.382.777.115**
3°	39.256.803	78.348.857	3.021.924.945	2.113.354	1.055.759	**3.140.588.199**
4°	31.384.165	79.101.256	2.285.417.545	2.348.650	798.448	**2.397.453.167**
5°	19.628.402	106.281.256	1.428.385.965	3.028.150	499.030	**1.556.824.743**

Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

Η ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα αλλά και γενικότερα οι επιπτώσεις της κάθε ανθρώπινης δραστηριότητας προς το περιβάλλον αποτελούν αντικείμενο που επιβάλλεται να μελετάται και να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη κατά το στάδιο του σχεδιασμού οποιουδήποτε έργου. Στην περίπτωση σχεδιασμού ενός ενεργειακού συστήματος με ιδιαίτερο ενδιαφέρον εξετάζονται οι ποσότητες των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και κυρίως εκείνες του διοξειδίου του άνθρακα που προκύπτουν από τη συνολική λειτουργία του συστήματος. Παρατηρώντας τον πίνακα 8.4 πέρα από τη συνολική επιβάρυνση που προκαλεί το κάθε σενάριο είναι άξια αναφοράς η χαοτική διαφορά εκπομπών μεταξύ του ΑΣΠ και των ΑΠΕ. Αν θεωρήσουμε ως παράδειγμα αναφοράς το 3° σενάριο στο οποίο η λειτουργία της μονάδας ηλεκτροπαραγωγής περιορίζεται μόλις στο 50% ενώ οι ΑΠΕ καλύπτουν το υπόλοιπο 50% της απαιτούμενης ενέργειας μπορούμε να κατανοήσουμε πόσο περισσότερο ρυπαίνει μια μονάδα της ΔΕΗ, η οποία στηρίζεται στο μαζούτ. Για το συγκεκριμένο σενάριο καταγράφεται 31,5 φορές μεγαλύτερη εκπομπή ρύπων με προέλευση από τη μονάδα ηλεκτροπαραγωγής. Καταλήγουμε συνεπώς στο συμπέρασμα ότι η χρήση

των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ελαχιστοποιεί τις εκπομπές, σε αντίθεση με τις μονάδες τις ΔΕΗ οι οποίες συγκριτικά είναι εξαιρετικά ρυπογόνες.

Παρατηρώντας συνολικά τα αποτελέσματα της μελέτης καταλήγουμε στο ότι η επιλογή εξυπηρέτησης όλο και μεγαλύτερου μέρους των ενεργειακών απαιτήσεων από ΑΠΕ επιτυγχάνει τόσο να περιορίσει τις εκπομπές ρύπων στην ατμόσφαιρα όσο και να μειώσει το συνολικό κόστος. Αυτό το συμπέρασμα επιχειρεί να καταρρίψει τα σενάρια που παρουσιάζουν την ενέργεια με προέλευση από τεχνολογίες αξιοποίησης των ΑΠΕ ως ενέργεια υψηλού κόστους.

Πίνακας 8.4. Παρουσίαση της συνολικής περιβαλλοντικής επιβάρυνσης και της επιβάρυνσης που αντιστοιχεί σε ΑΠΕ και ΑΣΠ για κάθε ένα σενάριο.

Σενάριο	Περιβαλλοντική επιβάρυνση του ΑΣΠ Σάμου (tons CO_2)	Περιβαλλοντική επιβάρυνση από ΑΠΕ (tons CO_2)	Συνολική περιβαλλοντική επιβάρυνση (tons CO_2)
1ο	65.132	365	65.497
2ο	57.469	608	58.077
3ο	38.313	1.216	39.529
4ο	30.650	1.103	31.753
5ο	19.156	1.557	20.713

Πηγή : Ιδία επεξεργασία.

Ολοκληρώνοντας αυτή τη μελέτη μπορούμε με πλήρη βεβαιότητα να υποστηρίξουμε την προώθηση της αξιοποίησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας καθώς τα οφέλη από την εγκατάσταση και λειτουργία τους είναι πολλαπλά τόσο για τον τομέα της οικονομίας όσο και γι' αυτόν του περιβάλλοντος. Η ΑΠΕ παρέχουν τη δυνατότητα σχεδιασμού ενός ενεργειακού συστήματος το οποίο θα μπορεί έως ένα μεγάλο βαθμό να στηρίζεται στο αιολικό και ηλιακό δυναμικό του νησιού, μειώνοντας σημαντικά την ενεργειακή εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, εξυπηρετώντας τις ανάγκες των πολιτών του νησιού με πόρους που παρέχονται από αυτό.

Βέβαια, σε καμία όμως περίπτωση δεν μας βρίσκει σύμφωνους η ολοκληρωτική κατάργηση της μονάδας ηλεκτροπαραγωγής, αλλά μόνο ο περιορισμός της συμμετοχής της στο δίκτυο, καθώς μπορεί η λειτουργία της να είναι κοστοβόρα και ρυπογόνος δεν παύει όμως να

είναι μια σταθερή πηγή ενέργειας σε αντίθεση με τις ΑΠΕ, οι οποίες είναι σχετικά ασταθείς αφού δεν είναι δυνατόν να προβλέψουμε την ακριβή ενεργειακή τους παραγωγή σε βάθος χρόνου. Επιπλέον ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στο αισθητικό κριτήριο κυρίως όσων αφορά την επιλογή τοποθεσίας και την εγκατάσταση των αιολικών και φωτοβολταϊκών πάρκων σε μια προσπάθεια αποφυγής φαινομένων αλλοίωσης των χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^{Ο}

9. Βιβλιογραφία

[1]. Ιστοσελίδα πολιτιστικής πύλης του Αρχιπελάγους του Αιγαίου.
http://www2.egeonet.gr/aigaio/forms/fmain.aspx
[2]. Ιστοσελίδα για το νησί της Σάμου Ι.
www.samosin.gr
[3]. Ιστοσελίδα για το νησί της Σάμου ΙΙ.
http://www.polykratisvolley.gr/H-Samos.jpg
[4]. Διεύθυνση Γεωργίας και Διεύθυνση Δασών Σάμου.
[5]. Ιστοσελίδα Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας.
http://www.hnms.gr/hnms/greek/index_html
[6]. Ιστοσελίδα εταιρίας Forthnet.
http://users.forthnet.gr/ath/papsomad/fwtoboltaika.html
[7]. Ιστοσελίδα Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
http://www.cres.gr/kape/index.htm
[8]. Ιστοσελίδα Ινστιτούτου Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων.
http://www.fria.gr/index.html
[9]. Ιστοσελίδα Ελληνικής Στατιστικής Αρχής.
http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE
[10]. Ξενοδοχειακό επιμελητήριο της Ελλάδας
[11]. Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας αεροδρομίου Σάμου «Αρίσταρχος ο Σάμιος».
[12]. Τριαντάφυλλος Αλμπάνης (2005), Ρύπανση και τεχνολογία προστασίας περιβάλλοντος, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, Γ΄έκδοση, Ιωάννινα.
[13]. Φορέας Διαχείρισης Χ.Υ.Τ.Α Ανατολικής Σάμου
[14]. Τεχνικές Υπηρεσίες Δήμου Σάμου
[15]. Τελωνείο Σάμου
[16]. Αίτηση αύξησης εγκατεστημένης ισχύος αυτόνομου σταθμού (ΑΣΠ) Σάμου (2005), Δημόσια επιχείρηση ηλεκτρισμού Α.Ε, Διεύθυνση περιφέρειας νήσων.
[17]. Ιστοσελίδα χαρτών.

www.googlemaps.com

[18]. Διευθυντής ΑΣΠ Σάμου, Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ).

[19]. Σχέδιο δράσης για το νησί της Σάμου, Σύνδεσμος ΟΤΑ Δυτικής Σάμου, Μάρτιος 2010.

[20]. Ιστοσελίδα εταιρίας φωτοβολταϊκών συστημάτων.

www.renelux.com

[21]. «Ένα ενεργειακό σενάριο για τη Λέσβο» (Ιούνιος 2008), Ημερίδα για την αειφορία στο Αιγαίο, την Ευρωπαϊκή συνεργασία, τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και την ανακύκλωση, Γ. Καραλής.

[22]. Εγχειρίδιο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για δυνητικούς χρήστες (2006), ΚΑΠΕ, Τομέας εκπαίδευσης.

http://www.cres.gr/kape/index.htm

[23]. Φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις (2007), Σταμάτης Πέρδιος, Τεκδοτική, Αθήνα.

[24]. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (2004), Αρθούρος Ζερβός, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

[25]. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας – Διδακτικές σημειώσεις (Μάρτιος 2006), Χριστοφής Κορωναίος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διεπιστημονικό πρόγραμμα σπουδών « Περιβάλλον και Ανάπτυξη », Αθήνα.

[26]. Πόρταλ ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

http://www.apetech.gr.

[27]. Μελέτη διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας των 100kW (Μάρτιος 2008), Διπλωματική εργασία, Κτενίδης Γεώργιος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Αθήνα.

[28]. Οδηγός Μελέτης και Υλοποίησης Φωτοβολταϊκών Έργων (Απρίλιος 2011), Πόρισμα ομάδας εργασίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (ΤΕΕ), Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας, Μόνιμη επιτροπή ενέργειας, Θεσσαλονίκη.

[29]. Φωτοβολταϊκά συστήματα, διασυνδεδεμένα με το δίκτυο και αυτόνομα (Φεβρουάριος 2009), Σεμινάριο για μηχανικούς, ΤΕΕ Δυτικής Ελλάδας, Εισηγητής Σταύρος Λαζάρου.

[30]. Ιστοσελίδα εταιρείας που δραστηριοποιείται στο χώρο των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

http://saboenergy.gr.

[31]. Φωτοβολταϊκά, ένας πρακτικός τεχνικός οδηγός (Ιανουάριος 2011), Σύνδεσμος εταιρειών φωτοβολταϊκών.

[32]. Οδηγός τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ (Αύγουστος 2001), Πρόγραμμα Leonardo Da Vinci , Αθήνα.
http://www.aquaret.com
[33]. Ανεμοκινητήρες (2001), Μπεργελές Γ., Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα.
[34]. Οδηγός TEREs, ΚΑΠΕ.
www.cres.gr/.
[35]. http://en.wikipedia.org
[36]. Ιστοσελίδα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης για παιδιά.
www.alliantenergykids.com
[37]. Ιστοσελίδα Κέντρου Περιβαλλοντικής εκπαίδευσης Καστοριάς.
http://kpe-kastor.kas.sch.gr/
[38]. Ιστοσελίδα Υπουργείου Ενέργειας των ΗΠΑ,
http://www.eere.energy.gov/
[39]. Προσχέδιο κρατικού προϋπολογισμού 2013 (Οκτώβριος 2012), Υπουργείο Οικονομικών, Αθήνα.
[40]. Argiro Roinioti, ChristopherKoroneos, IvarWangensteen (2012), Modeling the Greek energy system: Scenarios of clean energy use and their implications.
[41]. Μονάδα οικονομικής ανάλυσης και αγορών Τράπεζας Πειραιώς (Σεπτέμβριος 2012), Αθήνα.
[42]. Ιστοσελίδα φόρουμ για την ενέργεια.
http://www.theoildrum.com
[43]. Ευρωπαϊκή πολιτική (2009), Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.
http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=446
[44]. Ανακοίνωση της Επιτροπής προς το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, το Συμβούλιο, την Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή και την Επιτροπή των Περιφερειών - Δεύτερη επισκόπηση της ενεργειακής στρατηγικής σχέδιο δράσης της ΕΕ για την ενεργειακή ασφάλεια και αλληλεγγύη, Δίκαιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
http://eur-lex.europa.eu/el/index.htm
[45]. Εφημερίδα της κυβερνήσεως (10 Αυγούστου 2012), Αριθμός φύλλου 2317, Τεύχος 2ο, Αριθμός Υ.ΑΠ.Ε/Φ1/2302/16934, Άρθρο 1.
http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=Ru%2BtfEs6Pao%3D&tabid=555&language=el-GR

[46]. 5η Εθνική έκθεση για το επίπεδο διείσδυσης της ανανεώσιμης ενέργειας το έτος 2010 (Σεπτέμβριος 2009), Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.
http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=ysYxrE3Ia94%3D&tabid=285
[47]. European Photovoltaic Industry Association (5/10/2012), Solar PV Environmental Impact.
http://www.epia.org/solar-pv/environmental-impact.html
[48]., Life cycle assessment of offshore and onshore sited wind power plants based on Vestas V90-3.0 MW turbines (1 June 2006), Vestas Wind Systems.
[49]. C. Koroneos, M. Michailidis, and N. Moussiopoulos (2003), Multi-objective optimization in energy systems: the case of Lesvos island, Greece. Renewable and Sustainable Energy Reviews ,(8) : 91–100.
[50]. Ιστοσελίδα για την ενέργεια σε εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο.
http://www.energia.gr/
[51]. Ιστοσελίδα ανάλυσης της ευρωπαϊκής αγοράς διοξειδίου του άνθρακα.
http://www.co2prices.eu/
[52]. Έκθεση για τον τομέα ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ στο πλαίσιο του σχεδιασμού αναμόρφωσης του μηχανισμού στήριξης (Απρίλιος 2012), Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Αθήνα.
http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=ayq57aIx1P4%3D&tabid=37&language=el-GR
[53]. CO_2 emissions from fuel combustion highlights (2011), International Energy Agency.
[54]. Projects fall victim to low CO_2 price (20 July 2012), Marie-Martine Buckens.
http://www.europolitics.info/index.php
[55]. Parsons Brinckerhoff New Zealand Ltd (June 2008), Cost estimates for thermal peaking plant (final report).