

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
Αριθμός 1104**

**Μελέτη ενός Υβριδικού Συστήματος για την
τροφοδοσία σταθμού Βιολογικού Καθαρισμού**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:
ΖΑΒΑΛΙΑΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΣΩΤΗΡΑΚΗ ΜΥΡΣΙΝΗ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ:
ΣΤΑΘΑΤΟΣ ΗΛΙΑΣ**

ΠΑΤΡΑ ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2012

Περίληψη

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα γίνει μια γενική εισαγωγή στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και πιο συγκεκριμένα στην Αιολική και Ηλιακή ενέργεια που θα εφαρμοστούν για την λειτουργία ενός ήδη υπάρχοντος Βιολογικού Σταθμού που βρίσκεται στον Πόρο Τροιζηνίας, ο οποίος είναι συνδεδεμένος και με το δίκτυο της ΔΕΗ.

Στην συνέχεια, θα αναφερθούν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων και της Ανεμογεννήτριας και εφόσον γίνει ο υπολογισμός της ηλεκτρικής ισχύς που απαιτείται για την λειτουργία του Βιολογικού Σταθμού θα επιλεγεί το κατάλληλο Φωτοβολταϊκό Σύστημα καθώς και η κατάλληλη Ανεμογεννήτρια έτσι ώστε το συνολικό κόστος να είναι το επιθυμητό.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1

1.1. Εισαγωγή στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.....	σελ.7
1.1.1. Ενεργειακό πρόβλημα.....	σελ.7
1.1.2. Φαινόμενο θερμοκηπίου.....	σελ.9
1.1.3. Βασικά χαρακτηριστικά του φαινομένου του θερμοκηπίου.....	σελ.10
1.1.4. Η έννοια και το περιεχόμενο των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.....	σελ.11
1.1.5. Τα Πλεονεκτήματα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.....	σελ.13
1.1.6. Μειονεκτήματα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και οι τρόποι αντιμετώπισης τους.....	σελ.14
1.2. Εγκατεστημένη ισχύ των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση.....	σελ.16
1.2.1. Εγκατεστημένη ισχύ των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ελλάδα.....	σελ.16
1.2.2. Εγκατεστημένα έργα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ελλάδα.....	σελ.16
1.2.3. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η αξιοποίηση τους στην Ελλάδα.....	σελ.17
1.3. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η αξιοποίηση τους στην Ελλάδα.....	σελ.18
1.3.1. Αιολική ενέργεια	σελ.18
1.3.2. Χρησιμότητα Αιολικής Ενέργειας.....	σελ.20
1.3.3. Αξιοποίηση της Αιολικής Ενέργειας στην Ελλάδα.....	σελ.20
1.4. Ηλιακή ενέργεια.....	σελ.22
1.4.1. Αξιοποίηση της Ηλιακής ενέργειας στην Ελλάδα.....	σελ.23
1.5. Γεωθερμική Ενέργεια.....	σελ.23
1.5.1. Χρησιμότητα Γεωθερμικής Ενέργειας.....	σελ.24
1.5.2. Αξιοποίηση της Γεωθερμικής Ενέργειας στην Ελλάδα.....	σελ.25
1.6. Υδροηλεκτρική ενέργεια.....	σελ.25
1.6.1. Αξιοποίηση Υδροηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα.....	σελ.25
1.7. Βιομάζα.....	σελ.27
1.7.1. Αξιοποίηση της Βιομάζας στην Ελλάδα.....	σελ.29
1.8. Ενέργεια Κυμάτων – Ωκεανών.....	σελ.31
1.8.1. Ενεργειακοί πόροι της Κυματικής Ενέργειας.....	σελ.33
1.8.2. Πλεονεκτήματα της Κυματικής Ενέργειας.....	σελ.33
1.8.3. Μειονεκτήματα της Κυματικής Ενέργειας.....	σελ.34
1.8.4. Αξιοποίηση της Κυματικής Ενέργειας στην Ελλάδα.....	σελ.34
1.9. Ισχύουσα Νομοθεσία των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.).....	σελ.35

Κεφάλαιο 2

2.1.1. Φωτοβολταϊκά Ηλιακά Συστήματα.....	σελ.37
2.1.2. Ανάπτυξη της Ηλιακής Ενέργειας στην Ελλάδα.....	σελ.37
2.1.3. Πλεονεκτήματα επενδύσεων στην Ηλιακή Ενέργεια.....	σελ.37
2.1.4. Χάρτης ηλιοφάνειας για την Ευρώπη.....	σελ.39
2.1.5. Χάρτης ηλιοφάνειας για την Ελλάδα.....	σελ.39
2.1.6. Ηλιακή ακτινοβολία.....	σελ.40
2.1.7. Ηλιακή σταθερά G_{sc}	σελ.40
2.1.8. Γεωγραφικό πλάτος του τόπου Φ	σελ.40
2.1.9. Απόκλιση του Ήλιου.....	σελ.40

2.1.10. Ύψος και το αζιμούθιο του ηλίου.....	σελ.41
2.1.11. Ζενιθιακή γωνία του ηλίου.....	σελ.42
2.1.12. Ωριαία γωνία του ηλίου.....	σελ.42
2.1.13. Προσανατολισμός του πλαισίου	σελ.43
2.1.14. Πρακτικοί κανόνες για την μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία πάνω στον συλλέκτη	σελ.44
2.1.15. Διακύμανση της Ηλιακής ακτινοβολίας	σελ.45
2.1.16. Διαπερατότητα της ακτινοβολίας	σελ.47
2.1.17. Μέση μηνιαία απορροφούμενη ακτινοβολία	σελ.47
2.2. Ηλιακοί Συλλέκτες	σελ.48
2.2.1. Αξιοποίηση των θερμικών Ηλιακών Συστημάτων	σελ.49
2.2.2. Η κατάσταση στην Ελλάδα	σελ.50
2.2.3. Συμπεράσματα σχετικά με τα Θερμικά Ηλιακά Συστήματα	σελ.52
2.2.4. Φωτοβολταϊκά Συστήματα	σελ.53
2.2.5. Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο	σελ.53
2.2.6. Υλικά και τεχνολογίες φωτοβολταϊκών στοιχείων	σελ.55
2.2.7. Το πυρίτιο	σελ.55
2.2.8. Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο	σελ.55
2.2.9. Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο	σελ.56
2.2.10. Λεπτή μεμβράνη	σελ.56
2.2.11. Υβριδικά	σελ.57
2.3. Ανάλυση δόμησης ενός Φωτοβολταϊκού Συστήματος	σελ.58
2.3.1. Φωτοβολταϊκή γεννήτρια	σελ.58
2.3.2. Φωτοβολταϊκό πλαίσιο	σελ.59
2.3.3. Φωτοβολταϊκή συστοιχία	σελ.59
2.3.4. Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των Φωτοβολταϊκών στοιχείων	σελ.60
2.3.5. Απόδοση Φωτοβολταϊκού πλαισίου	σελ.60
2.3.6. Επίδραση της θερμοκρασίας στην απόδοση	σελ.60
2.3.7. Επίδραση της ρύπανσης στην απόδοση	σελ.61
2.3.8. Γήρανση Φωτοβολταϊκού πλαισίου	σελ.61
2.3.9. Οπτικές ενεργειακές απώλειες	σελ.61
2.3.10. Κατάσταση θερμής κηλίδας	σελ.62
2.3.11. Εισχώρηση υγρασίας	σελ.62
2.4. Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών Συστημάτων	σελ.63
2.5. Διασυνδεδεμένο στο δίκτυο Φωτοβολταϊκό Σύστημα	σελ.63
2.6. Αυτόνομο Φωτοβολταϊκό Σύστημα	σελ.63
2.7. Υβριδικό Σύστημα	σελ.64
2.8. Προϋποθέσεις εγκατάστασης Φωτοβολταϊκών πλαισίων	σελ.65
2.9. Τρόποι στήριξης συλλεκτών	σελ.66
2.10. Τρόποι σύνδεσης Φωτοβολταϊκών πλαισίων	σελ.71
2.11. Πλεονεκτήματα των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων	σελ.71
2.12. Μειονεκτήματα των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων	σελ.73
2.13. Νομοθεσία	σελ.73
2.14. Ανάλυση του Νόμου 3468/2006	σελ.74
2.15. Ανάλυση Νέου Νόμου 3734/2009	σελ.74

Κεφάλαιο 3

3.1. Αιολική Ενέργεια	σελ.76
3.2. Η Αιολική Ενέργεια στην Ελλάδα	σελ.76

3.3.	Ανεμογεννήτριες	σελ.79
3.4.	Ιστορική Εξέλιξη	σελ.79
3.5.	Τρόπος λειτουργίας	σελ.81
3.6.	Τύποι Τουρμπίνων Αιολικής Ενέργειας	σελ.82
3.7.	Εσωτερικό της τουρμπίνας Αιολικής Ενέργειας	σελ.83
3.8.	Μειονεκτήματα και Πλεονεκτήματα Ανεμογεννητριών	σελ.85
3.9.	Ανεμολόγιο	σελ.91

Κεφάλαιο 4

4.1.	Υπολογιστικό μέρος	σελ.98
4.1.1	Σκοπός μελέτης	σελ.98
4.2.	Σύστημα Βιολογικού καθαρισμού	σελ.99
4.3.	Μονάδα αερισμού	σελ.100
4.4.	Μονογραμμικό σχέδιο ηλεκτρικού πίνακα της μονάδας αερισμού	σελ.101
4.5.	Αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας ιλύος	σελ.106
4.6.	Μονογραμμικό σχέδιο ηλεκτρικού πίνακα του αντλιοστασίου ανακυκλοφορίας ιλύος	σελ.107
4.7.	Κτήριο αφυδάτωσης	σελ.112
4.8.	Μονογραμμικό σχέδιο ηλεκτρικού πίνακα του κτηρίου αφυδάτωσης	σελ.113
4.9.	Οικίσκος χλωρίωσης	σελ.122
4.10.	Μονογραμμικό σχέδιο ηλεκτρικού πίνακα οικίσκου χλωρίωσης	σελ.123
4.11.	Τιμολόγια του Βιολογικού καθαρισμού από την ΔΕΗ	σελ.127
4.12.	Κριτήρια επιλογής ισχύος	σελ.129
4.13.	Τοπογραφικό διάγραμμα Φωτοβολταϊκού πάρκου	σελ.131
4.14.	Κυκλωματική διάταξη συστοιχίας	σελ.132
4.15.	Τεχνικά στοιχεία αντιστροφών.....	σελ.133
4.16.	Φωτοβολταϊκό πλαίσιο και ο αντιστροφέας	σελ.134
4.17.	Συνδυασμοί πλαισίων – αντιστροφών	σελ.135
4.18.	Ρυθμιστής Φόρτισης	σελ.136
4.19.	Αντικεραυνική προστασία Φωτοβολταϊκών συστημάτων	σελ.137
4.20.	Υπολογισμοί ανεμογεννητριών.	σελ.138
	Βιβλιογραφία	σελ.145

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1.1.1. Ενεργειακό Πρόβλημα

Το ενεργειακό πρόβλημα στις μέρες μας, δηλαδή η συσχέτιση των ενεργειακών αποθεμάτων των συμβατικών καυσίμων που διαρκώς μειώνονται, με τις απαιτήσεις για κατανάλωση ενέργειας που διαρκώς αυξάνονται, εμφανίζεται οξύτερο από ποτέ.

Είναι αρκετά εύκολο να κατανοήσουμε τι σημαίνει αύξηση της ενέργειας που καταναλώνεται αν αναλογιστούμε το πλήθος των ηλεκτρικών συσκευών που έχουμε σήμερα στο σπίτι μας σε σχέση με τις συσκευές που είχαμε ως πούμε, πριν 50 χρόνια, ή τον αριθμό των αυτοκινήτων που κυκλοφορούν τώρα στους δρόμους σε σχέση με τότε. Στο ίδιο συμπέρασμα θα καταλήξουμε αν παρατηρήσουμε τις ενεργοβόρες εγκαταστάσεις ενός σύγχρονου κτιρίου και τις συγκρίνουμε με ένα ανάλογο κτίριο που κατασκευάστηκε πριν μερικές δεκαετίες.

Υπολογίζεται ότι ο πρωτόγονος άνθρωπος χρησιμοποιούσε για τις ανάγκες του ενέργεια ίση με 6,3 MJ την ημέρα την οποία έπαιρνε μέσω της τροφής του. Ο σημερινός άνθρωπος χρησιμοποιεί περίπου 1000 MJ δηλαδή 150 φορές περισσότερη.

Το ενεργειακό πρόβλημα ήταν πάντα στην επικαιρότητα τις τελευταίες δεκαετίες και πολλές φορές υπήρξε το αίτιο (ως διεκδικούμενος φυσικός πόρος ή ως πηγή ισχύος) για μεγάλες πολιτικό-οικονομικές ανακατατάξεις στον παγκόσμιο χάρτη. Τα τελευταία χρόνια μάλιστα και με δεδομένο ότι κάποιιοι από τους φυσικούς πόρους είναι πεπερασμένοι (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) ο ανταγωνισμός για τον έλεγχο της αγοράς ενέργειας έχει γίνει ακόμα πιο έντονος.

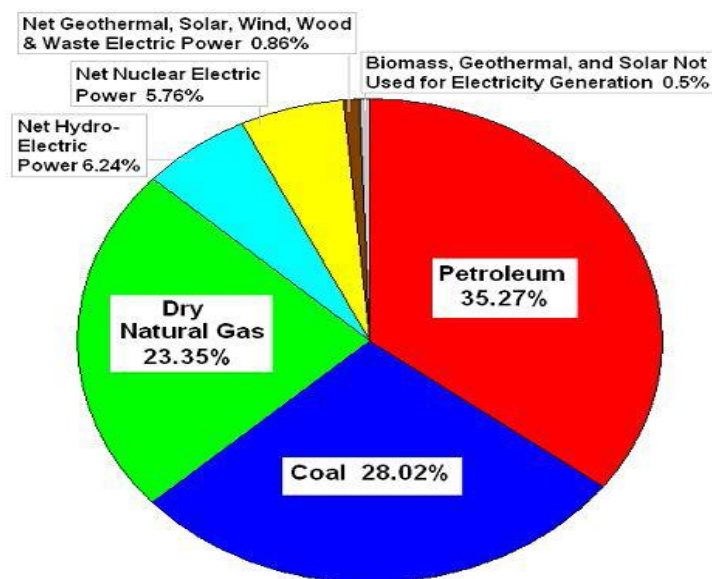
Ο πληθυσμός της γης έχει φτάσει πια τα 7 δισεκατομμύρια. Οι άνθρωποι χρειάζονται την ενέργεια για να βελτιώσουν το επίπεδο της διαβίωσης τους. Πολλοί επιστήμονες μάλιστα συσχετίζουν την ποιότητα διαβίωσης με την κατανάλωση ενέργειας.

Πολλές αναπτυσσόμενες χώρες αυξάνουν ραγδαία την εγκατεστημένη ισχύ τους κάτι που είναι και αποτέλεσμα του αυξανόμενου βιοτικού επιπέδου τους. Στην Δημοκρατία της Κίνας το 1997 κατασκευάζονταν μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με ρυθμό 300MW / εβδομάδα. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς στην Ελλάδα είναι περίπου 13.000MW.

Η κατανάλωση ενέργειας γίνεται παγκοσμίως ολοένα και μεγαλύτερη. Το 2007, η παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση έφτασε στα 11.433,9 Mtoes ισοδύναμου πετρελαίου (132.952 δισεκατομμύρια kWh).

Σημείωση: 1 toe = 41,86 x 10⁹ Joule = 1010 cal = 11.627,9 kWh

Κατά προσέγγιση, το 86,6 % της παγκόσμιας ζήτησης σε ενέργεια καλύπτεται με τη χρήση ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο: 35,27 %, γαιάνθρακες: 28,02 %, φυσικό αέριο: 23,35 %), όπως διακρίνουμε στην εικόνα 1.



World Consumption 2006

Εικόνα 1. Παγκόσμια κατανάλωση καυσίμων ανά είδος καυσίμων του έτους 2006

Έτσι η χρήση των συμβατικών καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας παρουσιάζει δύο κυρίως μειονεκτήματα:

- Την εξάρτηση από εξαντλήσιμες πηγές ενέργειας αφού οι ποσότητες των συμβατικών καυσίμων είναι περιορισμένες και αν η εξόρυξη τους συνεχισθεί με τους σημερινούς ρυθμούς σύντομα θα εξαντληθούν,

Εκτιμώμενα Παγκόσμια Ενεργειακά Αποθέματα x 10 ²¹ Joules		
Ενεργειακή Πηγή	Αποδεδειγμένα αποθέματα	Εκτιμώμενα Υπόλοιπα
Άνθρακας	25.3	177.2
Αργό πετρέλαιο – Υγρό φυσικό αέριο	3.7	12.7
Φυσικό Αέριο	2.1	11.6
Σχάσιμα Υλικά	1.4	2.6

Πίνακας 1. Εκτιμώμενα παγκόσμια ενεργειακά αποθέματα συμβατικών καυσίμων

- Την ρύπανση του περιβάλλοντος δεδομένου ότι φαινόμενα όπως αυτό του θερμοκηπίου αλλά και της όξινης βροχής οφείλονται πρωτίστως στους ρύπους που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα κατά την καύση των καυσίμων αυτών.



Εικόνα2. Ρύπανση του περιβάλλοντος εργοστάσιο παραγωγής Ηλεκτρικής ενέργειας στην Κοζάνη.

1.1.2 Φαινόμενο Θερμοκηπίου

Ως Φαινόμενο του θερμοκηπίου χαρακτηρίζεται το φαινόμενο της θέρμανσης που παρατηρείται στα θερμοκήπια. Κατά το φαινόμενο αυτό η γυάλινη υπερκατασκευή ή θόλος είναι διάφανη για τη φωτεινή ακτινοβολία, η οποία εισέρχεται στο στεγασμένο χώρο, απορροφάται εν μέρει, διαχέεται και επανεκπέμπεται. Η κατασκευή όμως είναι αδιαφανής για την δευτερογενή αυτή ακτινοβολία η οποία επανεκπέμπεται, με αποτέλεσμα να "παγιδεύεται" στον χώρο και τελικά να μετατρέπεται σε θερμότητα (αρχή του θερμοκηπίου). Με αυτό τον τρόπο αυτό θερμαίνει το εσωτερικό του θερμοκηπίου με αποτέλεσμα να διατηρούνται οι καλλιέργειες πάντα σε κατάλληλη και σχετικά σταθερή θερμοκρασία που βοηθάει στην ανάπτυξή τους.

Το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται και στη φύση κατά την οποία η ατμόσφαιρα ενός πλανήτη συμβάλλει στη θέρμανση του. Ανακαλύφθηκε για πρώτη φορά από τον Γάλλο μαθηματικό, αστρολόγο και φυσικό Ζοζέφ Φουριέ, το 1824, ενώ διερευνήθηκε συστηματικά από τον Σβάντε Αρρένιους το 1896. Τα τελευταία χρόνια, ο όρος συνδέεται με την παγκόσμια θέρμανση (global warming), ενώ θεωρείται πως το φαινόμενο έχει ενισχυθεί σημαντικά από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Παρατηρείται δε σε όλους τους πλανήτες που διαθέτουν ατμόσφαιρα.

Η ενίσχυση του φαινομένου από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες αποτελεί το σημαντικότερο περιβαλλοντικό πρόβλημα. Η παγκόσμια θερμοκρασία ενδέχεται να αυξηθεί έως και 4 °C έως τα μέσα της δεκαετίας του 2050 εάν συνεχισθούν οι σημερινές εκπομπές αερίων CO₂. Το φαινόμενο αυτό, της αύξησης της συνολικής θερμοκρασίας του πλανήτη, μπορεί να έχει ανυπολόγιστες συνέπειες για τους ζωντανούς οργανισμούς. Οι συνέπειες αυτές μπορεί να είναι άμεσες (εμφάνιση ακραίων θερμοκρασιών, ερημοποίηση «πράσινων» περιοχών) ή μελλοντικές

(συνολική αλλαγή του κλίματος, λιώσιμο των πάγων, άνοδος του επιπέδου της θάλασσας, καταποντισμός παράκτιων περιοχών).

Την μεγαλύτερη συνεισφορά στο φαινόμενο Θερμοκηπίου έχουν κατά σειρά οι υδρατμοί, το διοξείδιο του άνθρακα και τα νέφη, που δεν προέρχονται κατ' ανάγκη από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Συνεπώς όπως και αναφέραμε το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι καταρχάς φυσικό φαινόμενο. Όμως οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης των φυσικών αερίων του θερμοκηπίου καθώς και την έκλυση νέων ιχνοστοιχείων, όπως οι χλωροφθοράνθρακες, αυξάνοντας έτσι τους απορροφητές της γήινης ακτινοβολίας και μειώνοντας την εκπομπή της προς το διάστημα. Τελικά αυξάνει η διαθέσιμη ενέργεια στο σύστημα γήινη επιφάνεια – ατμόσφαιρα, με συνέπεια την αύξηση της επιφανειακής θερμοκρασίας. Δηλαδή οι ανθρώπινες δραστηριότητες, ενισχύουν το φαινόμενο θερμοκηπίου, δεν το προκαλούν. Η συσσώρευση κυρίως διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα πραγματοποιείται από την εποχή της Βιομηχανικής Επανάστασης, τον 18ο αιώνα. Ο Arrhenius τον επόμενο αιώνα μάλιστα συνέδεσε την αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα με την θέρμανση του πλανήτη.

1.1.3 Τα βασικά χαρακτηριστικά του φαινομένου του θερμοκηπίου

- Έχει οικουμενικό χαρακτήρα. Δηλαδή, παρά το ότι δημιουργείται από ρύπους που παράγονται κυρίως σε συγκεκριμένες περιοχές (αστικά κέντρα, βιομηχανικές ζώνες), οι επιπτώσεις του διαχέονται σε κάθε γωνιά του πλανήτη, (πχ λιώσιμο των πάγων στους πόλους),
- Τα αποτελέσματά του εμφανίζονται με χρονική υστέρηση, επομένως σε κάποιο βαθμό είναι δύσκολο να γίνει πρόβλεψη για το πραγματικό μέγεθος του προβλήματος,
- Η ανάπτυξη του φαινομένου είναι ανάλογη της βιομηχανικής ανάπτυξης και της αύξησης του βιοτικού επιπέδου, και για το λόγο αυτό συνεχής τις τελευταίες δεκαετίες. Με τα σημερινά δεδομένα η ανάπτυξη του φαινομένου μπορεί να πραγματοποιηθεί με την χρήση αντιρρυπαντικών τεχνολογιών (φίλτρα, καλύτερης ποιότητας κινητήρες), και την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας,
- Το αέριο που ευθύνεται κυρίως για τη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι το διοξείδιο του άνθρακα CO₂.

Ως προς τις συνέπειες, οι πιο συζητημένες επιπτώσεις του φαινομένου είναι η ανύψωση της στάθμης των θαλασσών λόγω τήξεως των πάγων των πόλων και η ερημοποίηση εκτεταμένων περιοχών της εύκρατης ζώνης με μετακίνηση των ζωνών βροχόπτωσης από τον ισημερινό προς τον βορρά. Η σημαντική ανύψωση της στάθμης των θαλασσών (μερικά μοντέλα την εκτιμούν στα 65 εκατοστά μέχρι το τέλος του αιώνα) είναι αυτονόητο ότι θα οδηγήσει σε καταβύθιση ολόκληρων παράκτιων περιοχών συμπαράσύροντας και ολόκληρες πόλεις. Η ερημοποίηση, όπως και η λέξη δηλώνει, θα καταστήσει το έδαφος ακατοίκητο, αφού η λειψυδρία θα είναι φοβερή. Πέραν αυτών όμως οι επιπτώσεις της παγκόσμιας θέρμανσης ενδεχομένως θα είναι απρόβλεπτες τόσο στις κλιματικές επιπτώσεις όσο και στην ανακατανομή της ποιότητας των εδαφών. Άγνωστος επίσης είναι και ο τρόπος και βαθμός προσαρμογής του ζωικού και φυτικού βασιλείου στις νέες συνθήκες. Όλα αυτά βεβαίως θα οδηγήσουν σε αλυσιδωτά προβλήματα που θα αφορούν όλους τους τομείς

της ανθρώπινης δραστηριότητας αφού όλα είναι συνυφασμένα με το περιβάλλον, το οποίο θα αλλάξει δραστικά.

Παρότι έχει γίνει αντιληπτός ο κίνδυνος και πολλά κράτη και διάφοροι φορείς έχουν ευαισθητοποιηθεί και είναι αισθητή μια κινητικότητα, δεν φαίνεται να υπάρχει κάποια ριζική αντιμετώπιση του προβλήματος. Η απαισιοδοξία απορρέει από το γεγονός ότι άπαντες έχουν ως πρώτη προτεραιότητα το κέρδος ενώ η λήψη μέτρων σημαίνει κόστος. Έτσι ναι μεν συνέρχονται σε παγκόσμιες συσκέψεις με στόχο την προστασία του περιβάλλοντος, τα οικονομικά συμφέροντα όμως δεν επιτρέπουν την λήψη αποτελεσματικών μέτρων. Αναφέρουμε, για παράδειγμα την παγκόσμια διάσκεψη σταθμό, του Ρίο Ντε Τζανέιρο της Βραζιλίας το 1992, όπου συνήλθαν 176 αρχηγοί κρατών και του Κιότο της Ιαπωνίας το 1997. Τα αποτελέσματα σίγουρα δεν ήταν τα αναμενόμενα, αφού οι μεν αναπτυγμένες χώρες και κυρίως οι Η.Π.Α. δεν διατίθενται να μειώσουν δραστικά τις εκπομπές καυσαερίων και να περιστείλουν την υπερκαταναλωτική μανία των πολιτών τους, ενώ οι υπό ανάπτυξη χώρες αρνούνται και αυτές να ανακόψουν τους καταστροφικούς για το περιβάλλον ρυθμούς ανάπτυξης, στην προσπάθειά τους να βελτιώσουν το δικό τους βιοτικό επίπεδο.

1.1.4 Η έννοια και το περιεχόμενο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) ή αλλιώς ήπιες μορφές ενέργειας, είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες.

Ο όρος «ήπιες» αναφέρεται σε δυο βασικά χαρακτηριστικά τους. Πρώτον, για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, όπως εξόρυξη, άντληση ή καύση, όπως με τις μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας, αλλά απλώς η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση. Δεύτερον, πρόκειται για «καθαρές» μορφές ενέργειας, πολύ «φιλικές» στο περιβάλλον, που δεν αποδεδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα, όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα. Έτσι οι ΑΠΕ θεωρούνται από πολλούς μία αφετηρία για την επίλυση των οικολογικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει η Γη.

Ως ανανεώσιμες πηγές θεωρούνται γενικά οι εναλλακτικές των παραδοσιακών πηγών ενέργειας (πχ του πετρελαίου ή του άνθρακα), όπως η ηλιακή και η αιολική. Ο χαρακτηρισμός «ανανεώσιμες» είναι κάπως καταχρηστικός, μιας και ορισμένες από αυτές τις πηγές, όπως η γεωθερμική ενέργεια δεν ανανεώνονται σε κλίμακα χιλιετιών. Σε κάθε περίπτωση οι ΑΠΕ έχουν μελετηθεί ως λύση στο πρόβλημα της αναμενόμενης εξάντλησης των (μη ανανεώσιμων) αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων.

Τελευταία από την Ευρωπαϊκή Ένωση, αλλά και από πολλά μεμονωμένα κράτη, υιοθετούνται νέες πολιτικές για τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, που προάγουν τέτοιες εσωτερικές πολιτικές και για τα κράτη μέλη. Οι ΑΠΕ αποτελούν τη βάση του μοντέλου οικονομικής ανάπτυξης της πράσινης οικονομίας και κεντρικό σημείο εστίασης της σχολής των οικολογικών οικονομικών, η οποία έχει κάποια επιρροή στο οικολογικό κίνημα.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας βασίζονται κατ' ουσία στην ηλιακή ακτινοβολία, με εξαίρεση τη γεωθερμική ενέργεια, η οποία είναι ροή ενέργειας από το εσωτερικό του φλοιού της γης, και την ενέργεια απ' τις παλίρροιες που εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα.

Οι βασισόμενες στην ηλιακή ακτινοβολία ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι ανανεώσιμες, μιας και δεν πρόκειται να εξαντληθούν όσο υπάρχει ο ήλιος, δηλαδή

για μερικά ακόμα δεσεκατομμύρια χρόνια. Ουσιαστικά είναι ηλιακή ενέργεια «συσκευασμένη» κατά τον ένα ή τον άλλο τρόπο: η βιομάζα είναι ηλιακή ενέργεια δεσμευμένη στους ιστούς των φυτών μέσω της φωτοσύνθεσης, η αιολική εκμεταλλεύεται τους ανέμους που προκαλούνται απ' τη θέρμανση του αέρα ενώ αυτές που βασίζονται στο νερό εκμεταλλεύονται τον κύκλο εξάτμισης-συμπύκνωσης του νερού και την κυκλοφορία του.

Η γεωθερμική ενέργεια δεν είναι ανανεώσιμη, καθώς τα γεωθερμικά πεδία κάποια στιγμή εξαντλούνται. Χρησιμοποιούνται είτε άμεσα (κυρίως για θέρμανση) είτε μετατρέπομενες σε άλλες μορφές ενέργειας (κυρίως ηλεκτρισμό ή μηχανική ενέργεια).

Υπολογίζεται ότι το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο ενεργειακό δυναμικό απ' τις ήπιες μορφές ενέργειας είναι πολλαπλάσιο της παγκόσμιας συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Η υψηλή όμως μέχρι πρόσφατα, τιμή των νέων ενεργειακών εφαρμογών, τα τεχνικά προβλήματα εφαρμογής, καθώς και οι πολιτικές και οικονομικές σκοπιμότητες που συνδέονται με τη διατήρηση του παρόντος επιπέδου ανάπτυξης στον ενεργειακό τομέα, εμπόδισαν την εκμετάλλευση έστω και μέρους αυτού του δυναμικού.

Το ενδιαφέρον για την ευρύτερη αξιοποίηση των ΑΠΕ, καθώς και για την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδοτικών τεχνολογιών που δεσμεύουν το δυναμικό τους, παρουσιάστηκε αρχικά μετά την πρώτη πετρελαϊκή χρήση του 1979 ως αποτέλεσμα κυρίως των απανωτών πετρελαϊκών κρίσεων της εποχής, και παγιώθηκε την τελευταία δεκαετία, μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων περιβαλλοντικών προβλημάτων από την χρήση κλασικών πηγών ενέργειας. Ιδιαίτερα ακριβές στην αρχή, ξεκίνησαν σαν πειραματικές εφαρμογές. Σήμερα όμως λαμβάνονται υπόψη στους επίσημους σχεδιασμούς των ανεπτυγμένων κρατών για την ενέργεια, λόγω της εξέλιξης των τεχνολογιών τους και της διεύρυνσης της παραγωγικής βάσης τεχνολογίας σε αναπτυσσόμενες χώρες, με αντίστοιχη μείωση του κόστους επένδυσης και παραγωγής.

Αποτελούν επίσης για τα κράτη στρατηγική επιλογή, αφού έχουν ωριμάσει και είναι ασφαλείς, ανταγωνιστικές και ελκυστικές σε ιδιώτες και επενδυτές. Ενώ η εφαρμογή τους συμβάλλει στη βελτίωση των περιβαλλοντικών δεικτών και ειδικότερα στη μείωση των εκπομπών CO₂ και στην ανεξάρτηση από το εισαγόμενο πετρέλαιο.

Μπορούν δηλαδή να απαντήσουν αποτελεσματικά στο τρίπτυχο των προβλημάτων που απασχολούν τον τομέα της ενέργειας:

- α) επάρκεια αποθεμάτων,
- ασφάλεια ανεφοδιασμού,
- προστασία του περιβάλλοντος.

Το πιο σημαντικό όφελος που μπορούν να προσφέρουν σε μια οικονομία σχετίζεται με την βελτίωση της απασχόλησης. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παρουσιάζουν καταπληκτικό δυναμικό ως προς την δημιουργία και διαφύλαξη θέσεων εργασίας. Μελέτη του WWF (World Wildlife Fund) για τη Βιομάζα «Biomass Study» εντοπίζει ένα δυναμικό απασχόλησης της τάξεως των 170.000-290.000 θέσεων εργασίας πλήρους απασχόλησης στις χώρες του ΟΟΣΑ μόνο και μόνο από αυτή την συγκεκριμένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

Οι εν λόγω θέσεις εργασίας υπολογίζεται ότι θα δημιουργηθούν κυρίως σε αγροτικές, αδύναμες από πλευράς υποδομών, περιοχές και θα είναι ως εκ τούτου εξαιρετικά σημαντικές. Επιπρόσθετο πλεονέκτημα είναι ο απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση εξοπλισμούς τους. Εξάλλου, το μηδενικό κόστος πρώτης ύλης, σε

συνδυασμό με τις μικρές έως ελάχιστες απαιτήσεις συντήρησης που εμφανίζουν, συνεπάγεται περιορισμένο κόστος λειτουργίας. Έτσι, αντισταθμίζεται σε μεγάλο βαθμό το μέχρι σήμερα μειονέκτημα του αυξημένου κόστους που απαιτείται για την εγκατάσταση των μονάδων εκμετάλλευσής τους. Επιπλέον, στα τεχνικά πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας περιλαμβάνεται και η δυνατότητα διαφοροποίησης των ενεργειακών φορέων, τεχνολογιών και υποδομών παραγωγής θερμότητας, καυσίμων και ηλεκτρισμού και η αύξηση της ευελιξίας των συστημάτων ηλεκτροπαραγωγής, ώστε να ανταποκρίνονται στη μεταβαλλόμενη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας.

Για κάθε χώρα η επιλογή μεταξύ των διάφορων διαθέσιμων ενεργειακών πόρων εξαρτάται έντονα από τους φυσικούς περιορισμούς που τίθενται για κάθε τύπο πόρου (υδατικό δυναμικό, αιολικό δυναμικό ανά περιοχή, μέγιστη μέση ηλιακή έκθεση ανά μονάδα επιφάνειας κλπ). Για κάθε πόρο λοιπόν υπάρχει ένα κατώφλι της βέλτιστης απόδοσης.

Παρακάτω αναφέρονται επιγραμματικά τα οικονομικά και κοινωνικά κριτήρια τα οποία είναι αναγκαία προκειμένου να πραγματοποιηθούν τεχνικά οι ανανεώσιμες πηγές σε μια χώρα:

- Οικονομικός ανταγωνισμός (κόστος KWh),
- Επιπτώσεις στην απασχόληση,
- Ευαισθησία στις τιμές των πρώτων υλών (πετρέλαιο, και άλλα ορυκτά),
- Περιβαλλοντικές επιπτώσεις,
- Κοινωνική αποδοχή

Για να είναι χρήσιμη μία πηγή ενέργειας είναι αναγκαίες οι παρακάτω προϋποθέσεις:

- Η ενέργεια αυτή να είναι άφθονη και η πρόσβαση στην ενεργειακή πηγή εύκολη,
- Να μετατρέπεται χωρίς δυσκολία σε μορφή η οποία θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα σύγχρονα μηχανήματα,
- Να αποθηκεύεται και να μεταφέρεται εύκολα.

1.1.5. Τα πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Κύρια πλεονεκτήματα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας έναντι των συμβατικών πηγών είναι τα παρακάτω:

- Είναι πρακτικά ανεξάντλητες πηγές ενέργειας (ήλιος, άνεμος, ποτάμια, οργανική ύλη, κ.α.) και συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από συμβατικούς ενεργειακούς πόρους που εξαντλούνται, όπως είναι το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο, ο άνθρακας, κλπ,
- Είναι φιλικές προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο, γι' αυτό και η αξιοποίηση τους είναι γενικά αποδεκτή από το ευρύ κοινό,
- Αποτελούν (μαζί με την εξοικονόμηση ενέργειας) την κατ' εξοχήν περιβαλλοντικά φιλική λύση για τον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και την αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Επιπλέον, υποκαθιστώντας τους σταθμούς παραγωγής ενέργειας από συμβατικές πηγές οδηγούν σε μείωση των εκπομπών και από άλλους ρυπαντές, όπως είναι πχ. τα οξείδια του θείου που προκαλούν την

- όξινη βροχή, τα οξείδια του αζώτου που προκαλούν το φωτοχημικό νέφος, τα αιωρούμενα σωματίδια, κα.,
- Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο,
 - Είναι διάσπαρτες γεωγραφικά και συμβάλλουν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, δίνοντας τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, ανακουφίζοντας έτσι τα συστήματα υποδομής (δίκτυα, δρόμοι, κλπ.) και μειώνοντας τις απώλειες από τη μεταφορά ενέργειας,
 - Προσφέρουν τη δυνατότητα ορθολογικής αξιοποίησης των ενεργειακών πόρων, καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα ενεργειακών αναγκών των χρηστών (π.χ. ηλιακή ενέργεια για θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών, αιολική ενέργεια για ηλεκτροπαραγωγή, κα.),
 - Έχουν συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων,
 - Οι εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης των ΑΠΕ σχεδιάζονται συνήθως για να καλύπτουν τις συγκεκριμένες ανάγκες των χρηστών, τόσο σε μικρή όσο και σε μεγάλη κλίμακα εφαρμογών, και έχουν μικρό σχετικά χρόνο κατασκευής, επιτρέποντας έτσι τη γρήγορη ανταπόκριση της προσφοράς προς τη ζήτηση ενέργειας,
 - Οι επενδύσεις των ΑΠΕ δημιουργούν σημαντικό αριθμό νέων θέσεων εργασίας, ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο,
 - Μπορούν να αποτελέσουν σε πολλές περιπτώσεις πυρήνα για την αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών και πόλο για την τοπική ανάπτυξη, με την προώθηση ανάλογων επενδύσεων (π.χ. καλλιέργειες θερμοκηπίου με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας, τηλεθέρμανση οικισμών, μικρών πόλεων, κλπ. με ατμό/ζεστό νερό που προέρχεται από την ενεργειακή αξιοποίηση γεωργικής και δασικής βιομάζας, κα.),

1.1.6 Τα μειονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και οι τρόποι αντιμετώπισής τους

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.) παρουσιάζουν έναν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Αυτό ουσιαστικά σημαίνει ότι απαιτείται ένα μεγάλο σύνολο εγκαταστάσεων άρα και ένα αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια γης. Εξαιτίας αυτού του γεγονότος, μέχρι τώρα, χρησιμοποιούνται σαν συμπληρωματικές πηγές ενέργειας και όχι για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των μεγάλων αστικών κέντρων.

Το μειονέκτημα του κόστους περιορίζεται τις περισσότερες φορές με κάποια μορφή κρατικής επιχορήγησης, όπως για παράδειγμα η πίεση που ασκείται στις ηλεκτρικές εταιρείες να αγοράζουν από ΑΠΕ σε μία εγγυημένη τιμή που δε βασίζεται στην πραγματική τιμή της ενέργειας, αλλά η οποία υπολογίζεται έτσι ώστε η παραγωγική διαδικασία του σταθμού ανανεώσιμης πηγής ενέργειας να είναι κερδοφόρα. Οι κανονισμοί σαν αυτόν θα οδηγήσουν σε μία γενική αύξηση της τιμής του ηλεκτρισμού, σαν αποτέλεσμα του οποίου όλοι οι καταναλωτές πληρώνουν το πρόσθετο κόστος του ηλεκτρισμού που παράγεται από ΑΠΕ, εκτός εάν οι ηλεκτρικές

εταιρείες είναι σε θέση να πουλήσουν αυτήν την ενέργεια σαν πράσινη ενέργεια σε μια έξτρα τιμή.

Άλλο παράδειγμα είναι οι επιχορηγήσεις που δίνονται στους παραγωγούς, οι οποίες διαμοιράζουν την επιβάρυνσή τους σχετίζεται με τις ΑΠΕ σε όλους τους φορολογούμενους. Μια ακόμη προσέγγιση του προβλήματος αυτού είναι η αύξηση της φορολογίας των συμβατικών μεθόδων παραγωγής ηλεκτρισμού. Αυξάνεται έτσι το κόστος παραγωγής τους, και κάνουν πιο εύκολο το πεδίο ανταγωνισμού για τις ΑΠΕ. Ειδικότερα για την Ευρώπη τα μέτρα στήριξης που έχουν χρησιμοποιηθεί από τα κράτη-μέλη περιλαμβάνουν επιδότηση των επενδύσεων η φοροαπαλλαγές, αλλά η κύρια ενίσχυση προέρχεται από την άμεση στήριξη της τιμής της ενέργειας που καταβάλλεται στους παραγωγούς των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

Εκτός από αυτό, η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτώνται τόσο από την εποχή του έτους, όσο και από το γεωγραφικό πλάτος και κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται. Για παράδειγμα, τα φωτοβολταϊκά πάνελ παρουσιάζουν αυξημένη ή μειωμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανάλογα με την ηλιοφάνεια που παρουσιάζεται κατά τη διάρκεια της ημέρας. Αντίθετα, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανεμογεννήτριες πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια όλης της ημέρας, αποτελεί, όμως, συνάρτηση της ταχύτητας του ανέμου. Για τις ανεμογεννήτριες υπάρχει επιπλέον η άποψη ότι επηρεάζουν το περιβάλλον από αισθητική άποψη και ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους, και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης (πχ. σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα), αυτά τα προβλήματα έχουν σχεδόν λυθεί.

Επιπλέον, η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται εξαιρετικά δύσκολη, αφενός γιατί το κόστος και η πολυπλοκότητα του συστήματος μεταφοράς αυξάνεται χάρη στις μεγάλες αποστάσεις, αφετέρου γιατί σε ορισμένες περιπτώσεις πρέπει να διασχιστούν πολιτικά ασταθείς περιοχές με ζωντανό τον κίνδυνο των σαμποτάζ των γραμμών μεταφοράς. Άλλωστε, η κατασκευή φραγμάτων και τεχνητών λιμνών για τους υδροηλεκτρικούς σταθμούς πολλές φορές προκαλεί την καταστροφή τοπικών οικοσυστημάτων, ενώ μπορεί να οδηγήσει σε αναγκαστική μετακίνηση κατοίκων. Για τα υδροηλεκτρικά έργα λέγεται επίσης, ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω από το νερό, κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επομένως, τα μεγάλα υδροηλεκτρικά, αν και υπερέχουν των θερμικών και πυρηνικών σταθμών ως προς το θέμα των εκπομπών και των αποθεμάτων, εν τούτοις έχουν άλλου είδους επιπλοκές, ιδιαίτερα στον περιβαλλοντικό τομέα.

1.2. Εγκατεστημένη ισχύ των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Εγκατεστημένη ικανότητα	1991		2003		2010		Ρυθμός ανάπτυξης %	
	MW	%	MW	%	MW	%	1991 -	2003 -
							2010	2010
Θερμική	200241	46,7	245385	44,4	258554	44,9	29,12	5,36
Υδροηλεκτρική	127152	29,65	137773	26,61	146800	25,5	15,45	6,55
Πυρηνική	94336	22,00	101711	19,65	101268	17,6	7,35	-0,44
Αιολική	533	0,12	14618	2,82	45399	7,9	8417	210,7
Βιομάζα	2911	0,63	7671	1,48	11149	1,9	282	45,34
Γεωθερμική	569	0,13	661	0,13	941	0,16	65	42,30
Ηλιακή	5	0,00	115	0,02	311	0,05	6120	169,9
Άλλες Α.Π.Ε.	2657	0,62	8645	1,67	8424	1,46	217	-2,56
Κυματοδυναμική	240	0,05	241	0,05	415	0,07	72,92	72,2
Συμπαγωγή	179	0,04	859	0,17	1811	0,31	911,7	118,8
Σύνολο	428825	100	517682	100	575063	100	34,10	11,08

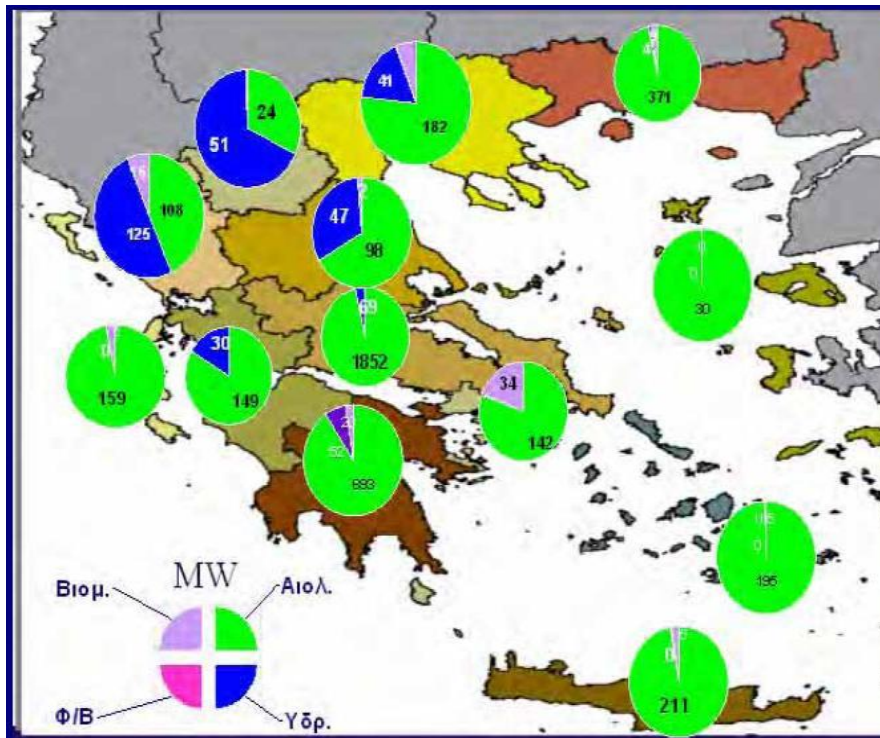
Πίνακας 2. Εγκατεστημένη ισχύ των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

1.2.1. Εγκατεστημένη ισχύ των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ		Αιολικά	Μικρά υδρο- ηλεκτρικά	Γεωθερμία	Βιομάζα	Φ/Β	Σύνολο
Ανατολική Μακεδονία	Ισχύς	342.2	2.8	0	9.5	0	354.5
	Αριθμός	25	2	0	1	0	28
Αττική	Ισχύς	139.6	0.9	0	35.4	0.03	175.9
	Αριθμός	11	2	0	4	2	19
Βόρειο Αιγαίο	Ισχύς	26.5	0	8	0	0.01	34.5
	Αριθμός	22	0	1	0	1	24
Δυτική Ελλάδα	Ισχύς	0	29	0	0.4	0	29.4
	Αριθμός	0	14	0	1	0	15
Ήπειρος	Ισχύς	107	125.5	0	16.1	0	248.6
	Αριθμός	4	37	0	2	0	43
Θεσσαλία	Ισχύς	90.1	45.5	0	2.1	0.01	138.5
	Αριθμός	5	25	0	2	3	35
Κεντρική Μακεδονία	Ισχύς	71.9	41.7	0	12.5	0.6	126.7
	Αριθμός	5	36	0	4	2	47
Κρήτη	Ισχύς	166.7	1.3	0	5.4	0.9	174.3
	Αριθμός	31	3	0	1	10	45
Νησιά Ιονίου	Ισχύς	170.6	0	0	5.4	0	176
	Αριθμός	8	0	0	2	0	10
Νότιο Αιγαίο	Ισχύς	202.9	0	0	0.5	0.2	203.6
	Αριθμός	48	0	0	1	16	65
Πελοπόν- νησος	Ισχύς	595.5	17.6	0	19.5	0.5	633.1
	Αριθμός	33	9	0	4	2	48
Στερεά Ελλάδα	Ισχύς	1620.1	78.1	0	0	0	1698.2
	Αριθμός	112	35	0	0	0	147
Σύνολα	Ισχύς	3715	424.9	8	107.7	2.3	4258
	Αριθμός	311	204	1	23	36	575

Πίνακας 3. Εγκατεστημένη ισχύ των ΑΠΕ στην Ελλάδα ανά περιφέρεια σε MW για το έτος 2003

1.2.3. Εγκατεστημένα έργα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα



Εικόνα 3. Εγκατεστημένα έργα των ΑΠΕ στην Ελλάδα για το έτος 2004

1.3. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και η αξιοποίησή τους στην Ελλάδα

1.3.1. Αιολική ενέργεια

Η ενέργεια που περικλείει ο άνεμος, η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί με κατάλληλους μηχανισμούς και διατάξεις, ονομάζεται αιολική. Συγκεκριμένα, η εκμετάλλευση της κινητικής ενέργειας του ανέμου γίνεται μέσω ανεμοκινητήρων, που τη μετατρέπουν σε ωφέλιμη μηχανική ενέργεια, και μέσω ανεμογεννητριών, ανεμοκινητήρων δηλαδή που διαθέτουν ηλεκτρογεννήτρια, τη μετατρέπουν απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια. Καλύπτεται έτσι ένα μεγάλο φάσμα εφαρμογών: η μηχανική ενέργεια χρησιμοποιείται για τη λειτουργία αντλιών νερού στην ύδρευση και άρδευση περιοχών, για θέρμανση αγροτικών μονάδων και κατοικιών, για τη λειτουργία εγκαταστάσεων αφαλάτωσης νερού σε συνδυασμό με άλλες πηγές ενέργειας κ.ά., ενώ η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να τροφοδοτεί το ηλεκτρικό δίκτυο. Για την παραγωγή αξιόλογων ποσών ηλεκτρικής ενέργειας δημιουργούνται συγκροτήματα από πολλές ανεμογεννήτριες μαζί, τα οποία και ονομάζονται αιολικά πάρκα.



Εικόνα 4. Αιολικό πάρκο Σητείας

Οι ανεμογεννήτριες διακρίνονται σε μικρές μεσαίες ή μεγάλες ανάλογα με την ισχύ που αποδίδουν. Μια μεγάλη ανεμογεννήτρια μπορεί να έχει ισχύ έως και 4000 KW. Τα πτερύγια μιας τέτοιας ανεμογεννήτριας έχουν μήκος περίπου 40 μέτρα και έτσι η επιφάνεια που καλύπτεται από την περιστροφή είναι περίπου όσο ένα ποδοσφαιρικό γήπεδο. Ο πύργος μιας μεγάλης εγκατάστασης έχει ύψος άνω των 90 μέτρων πράγμα που σημαίνει ότι μαζί με τα πτερύγια η εγκατάσταση ξεπερνά τα 130 μέτρα.

Τα τελευταία 20 χρόνια υπάρχει μεγάλη τεχνολογική εξέλιξη που στοχεύει στην ανάπτυξη νέων υλικών, στην βελτίωση της αεροδυναμικής των πτερύγιων ώστε να επιτυγχάνονται καλύτεροι βαθμοί απόδοσης και στη μείωση των θορύβων. Ειδικά

ο θόρυβος που προκαλούν οι ανεμογεννήτριες έχει ελαττωθεί δραστικά. Σε απόσταση 500 μέτρων που είναι η ελάχιστη επιτρεπτή απόσταση από κατοικημένες περιοχές ο θόρυβος δε γίνεται καν αντιληπτός και αυτό χάρις τη βελτίωση του μηχανολογικού τους εξοπλισμού που δίνει έμφαση στην αποφυγή κραδασμών.

Μάλιστα το κόστος της σχετικής τεχνολογίας είναι πολύ κοντά σε εκείνο της παραγωγής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα, γεγονός που ανοίγει το δρόμο για την εξάπλωση της αιολικής ενέργειας παγκοσμίως. Το ειδικό κόστος παραγωγής αιολικής ενέργειας έχει ήδη μειωθεί κατά το ήμισυ από το 1990 και αναμένεται ότι η απόκλιση μεταξύ του κόστους παραγωγής αιολικής ενέργειας και του κόστους ενέργειας από ορυκτά καύσιμα θα συνεχίσει να μειώνεται ακόμη περισσότερο.

Επίσης το περιβαλλοντικό όφελος είναι τεράστιο καθώς μια ανεμογεννήτρια ισχύος 1500 KW που λειτουργεί επί 20 χρόνια απαλλάσσει την ατμόσφαιρα από 64000 τόνους CO₂ που θα εκλύονταν κατά την καύση λιγνίτη προκειμένου να παραχθεί ισοδύναμη ενέργεια. Με μια ανεμογεννήτρια 1500 KW αποφεύγεται η χρήση 8000 τόνων λιγνίτη. Αν αυτή την ποσότητα τη συσσωρεύαμε θα δημιουργούσαμε ένα βουνό που η κορυφή του θα είχε περίπου το ύψος της ανεμογεννήτριας.

Η αιολική ενέργεια χρησιμοποιούνταν σε μεγάλη έκταση στο παρελθόν, κυρίως για άρδευση όμως η επέκταση των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας στις αγροτικές περιοχές εκτόπισε σε πολύ μεγάλο βαθμό αυτές τις εφαρμογές με την εγκατάσταση ηλεκτρικών αντλιών. Με την πρώτη όμως ενεργειακή κρίση, ανανεώθηκε πλήρως το ενδιαφέρον της βιομηχανίας και των πανεπιστημιακών ερευνητικών ομάδων για την αιολική ενέργεια. Τότε άρχισαν να εμφανίζονται τα πρώτα εμπορικά μοντέλα Δανικής και Αμερικανικής κατασκευής, με ισχύ ανά ανεμογεννήτρια που δεν υπερέβαινε τα 50 KW και ύψος πυλώνα που έφτανε τα 15 μέτρα.

Σήμερα η βιομηχανία της αιολικής ενέργειας είναι πλέον ταχύτατα αναπτυσσόμενη βιομηχανία ανανεώσιμων πηγών παγκοσμίως. Αξίζει να σημειωθεί ότι το 2002 εγκαταστάθηκαν 6.868 MW νέας αιολικής ισχύος που αντιστοιχεί σε επενδύσεις 6,8 δισεκατομμύρια ευρώ φθάνοντας τη διεθνή εγκατεστημένη ισχύ στα 31.000 KW. Ήδη η αιολική ενέργεια καλύπτει το 2 % της Ευρωπαϊκής παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας με στόχο την κάλυψη του 10 % μέσα στα επόμενα 10 χρόνια και το 12 % των ηλεκτρικών αναγκών του πλανήτη μέχρι το 2020.

Κατηγορία Ανεμογεννήτριας	Ισχύς (Kw)	Διάμετρος (m)	Περίοδος (sec)
Μικρές	10	6,4	0,3
	25	10	0,4
Μεσαίες	50	14	0,6
	100	20	0,9
	150	25	1,1
Μεγάλες	250	32	1,4
	500	49	2,1
	1000	64	3,1
Πολύ μεγάλες	2000	90	3,9
	3000	110	4,8
	4000	130	5,7

Πίνακας 4. Ενδεικτικά στοιχεία κατηγοριών ανεμογεννητριών

1.3.2. Χρησιμότητα αιολικής ενέργειας

Η συστηματική εκμετάλλευση του πολύ αξιόλογου αιολικού δυναμικού της χώρας μας συμβάλει :

- Στην αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με ταυτόχρονη εξοικονόμηση σημαντικών ποσοτήτων συμβατικών καυσίμων, που συνεπάγεται συναλλαγματικά οφέλη,
- Στη δημιουργία πολλών νέων θέσεων εργασίας, αφού εκτιμάται ότι για κάθε νέο Μεγαβάτ αιολικής ενέργειας δημιουργούνται 14 νέες θέσεις εργασίας.

1.3.3. Αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα

Στην χώρα μας, οι προσπάθειες για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρισμού ξεκίνησαν στις αρχές της δεκαετίας του '80 από τη ΔΕΗ όποτε και εγκαταστάθηκε (συγκεκριμένα το 1982) το πρώτο αιολικό πάρκο στην Κύθνο και στα μέσα της δεκαετίας του 1990 δόθηκε μεγάλη ώθηση με τη διευκόλυνση επενδύσεων από ιδιώτες (Ν 2244/94). Από τότε αιολικά πάρκα έχουν εγκατασταθεί σε περιοχές όπως: η Άνδρος, η Νάξος, η Εύβοια, η Κεφαλονιά, η Λήμνος, η Λέσβος, η Χίος, η Σάμος, η Σέριφος, η Κρήτη κλπ.

Κατά τη δεκαετία του 1970 η αιολική ενέργεια συγκέντρωσε (όπως και άλλες εναλλακτικές μορφές ενέργειας) το ενδιαφέρον των ερευνητών, λόγω της διεθνούς ενεργειακής κρίσης και της αυξανόμενης ρύπανσης του περιβάλλοντος. Ο άνεμος αποτελεί μία ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, της οποίας η εκμετάλλευση δεν ρυπαίνει το περιβάλλον, δεν απαιτεί περίπλοκες κατασκευές, δεν εμπεριέχει κόστος καυσίμου και δεν επηρεάζεται από τις ενεργειακές κρίσεις της παγκόσμιας αγοράς.

Το μεγαλύτερο ωστόσο πλεονέκτημα της αιολικής ενέργειας είναι ότι μπορεί, μέσω των ανεμογεννητριών, να μετατρέπεται απευθείας σε ηλεκτρική.

Αντίθετα, τα μειονεκτήματά της εντοπίζονται :

- στη διακύμανση που παρουσιάζει ως προς την απόδοση ισχύος, διακύμανση που οφείλεται στη μεταβαλλόμενη (κατά τη διάρκεια της ημέρας, του μήνα και του έτους) ένταση του ανέμου,
- στη χαμηλή πυκνότητα που παρουσιάζει ως μορφή ενέργειας με συνέπεια να απαιτούνται πολλές ανεμογεννήτριες για την παραγωγή αξιόλογης ισχύος,
- στο χρόνο που απαιτείται για την έρευνα και τη χαρτογράφηση του αιολικού δυναμικού μεγάλων περιοχών, ώστε να εντοπιστούν τα ευνοϊκά σημεία,
- στο σχετικά υψηλό κόστος έρευνας και εγκατάστασης των αιολικών συστημάτων,
- και στις επιπτώσεις που έχουν για το περιβάλλον (κυρίως αλλοίωση τοπίου, ηχορύπανση), οι οποίες, όμως, συγκρινόμενες με τις αντίστοιχες των συμβατικών πηγών ενέργειας, θεωρούνται δευτερεύουσας σημασίας.

Κατά τη δεκαετία του 1980 σημειώθηκε ραγδαία εξέλιξη στην έρευνα για την αιολική ενέργεια και στην τεχνολογία για την εκμετάλλευσή της. Έτσι, μειώθηκε σταδιακά το λειτουργικό κόστος των ανεμογεννητριών, σε επίπεδο που κατέστησε την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας οικονομικά συμφέρουσα, αντιμετώπιστηκαν ικανοποιητικά τα μηχανολογικά τους προβλήματα και δόθηκε

έμφαση στην ασφαλή τους λειτουργία και στην αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών τους επιπτώσεων.

Συγκεκριμένα, η απόδοσή τους αυξήθηκε σημαντικά χάρη στη βελτίωση του μηχανολογικού σχεδιασμού τους και της αεροδυναμικής συμπεριφοράς τους, στη χρησιμοποίηση σύγχρονων υλικών κατασκευής και στην εισαγωγή ηλεκτρονικών διατάξεων (μικροεπεξεργαστών και αισθητήρων ελέγχου) στο σύστημα λειτουργίας τους. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αιολικών συστημάτων (αλλοίωση του τοπίου, διατάραξη του οικοσυστήματος, ηχορύπανση) αντιμετωπίζονται με προσεκτική επιλογή του χώρου εγκατάστασης των αιολικών πάρκων, σωστό σχεδιασμό των ανεμογεννητριών και χωροθέτησή τους, καθώς και με πρωτοποριακές λύσεις, όπως η εγκατάσταση αιολικών πάρκων μέσα στη θάλασσα, σε αβαθείς περιοχές κοντά στις ακτές (off shore windparks).

Ακόμη, ενδιαφέρον παρουσιάζει μία πρωτοποριακή μέθοδος που πρωτοεμφανίστηκε στη δεκαετία του 1980, σύμφωνα με την οποία, τις ημέρες που το αιολικό δυναμικό μιας περιοχής είναι αυξημένο (μεγάλη ταχύτητα ανέμου), η περίσσεια ισχύος που παράγεται χρησιμοποιείται για τη διάσπαση νερού και την παραγωγή υδρογόνου. Σε ημέρες άπνοιας το υδρογόνο καίγεται σε θερμογεννήτριες, παράγοντας ενέργεια και εκπέμποντας μόνο υδρατμούς στο περιβάλλον. Επίσης, αξιοσημείωτη εφαρμογή της αιολικής ενέργειας είναι ο συνδυασμός της με την υδροηλεκτρική ενέργεια: ανεμοκινητήρες που κινούν αντλίες νερού μπορούν, τις ημέρες όπου το αιολικό δυναμικό παρουσιάζεται αυξημένο, να χρησιμοποιούν την παραγόμενη περίσσεια ισχύος για την αποταμίευση νερού σε ταμιευτήρες που βρίσκονται σε μεγάλο ύψος. Το νερό αυτό μπορεί να χρησιμοποιείται για άρδευση ή σε ημέρες άπνοιας να διατίθεται για την κίνηση υδροστροβίλων και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η Ελλάδα διαθέτει αξιόλογο αιολικό δυναμικό, το οποίο εντοπίζεται στο Αιγαίο, κυρίως στην περιοχή των Κυκλάδων, της Κρήτης (βόρειο τμήμα του νησιού) στην Ανατολική και Νοτιοανατολική Πελοπόννησο, την Εύβοια και την Ανατολική Θράκη. Οι έρευνες και οι προσπάθειες για αξιοποίηση του δυναμικού αυτού άρχισαν κατά το τέλος της δεκαετίας του 1970. Στο πρώτο στάδιο έγιναν μετρήσεις του αιολικού δυναμικού των πιο ευνοϊκών περιοχών και συντάχθηκε η μελέτη ΑΙΟΛΟΣ με τη συνεργασία της διεύθυνσης Εναλλακτικών Μορφών Ενέργειας (ΕΜΕ), της ΔΕΗ και πανεπιστημίων της χώρας. Από το 1982 έως το 1994 εγκαταστάθηκαν ανεμογεννήτριες στην Άνδρο, τα Ψαρά, τη Σάμο, τη Χίο, την Κρήτη, την Εύβοια, τη Σαμοθράκη, την Ικαρία, την Κάρπαθο, τη Λήμνο, την Κύθνο και τη Σκύρο, οι οποίες παράγουν συνολικά ισχύ 27 MW. Το πρώτο αιολικό πάρκο κατασκευάστηκε στην Κύθνο και άρχισε να λειτουργεί το 1982 περιλαμβάνοντας 5 ανεμογεννήτριες, συνολικής ισχύος αρχικά 20 KW και αργότερα 33 KW. Μέχρι το 1994 είχαν εγκατασταθεί συνολικά 13 αιολικά πάρκα σε νησιά του Αιγαίου.

Πρέπει επιπλέον να αναφερθεί ότι σε πολλά ελληνικά νησιά οι κάτοικοι αντιδρούν στην εγκατάσταση αιολικών πάρκων φοβούμενοι μήπως οι ανεμογεννήτριες χαλάσουν την τουριστική εικόνα του νησιού. Σε αυτήν την περίπτωση έρχεται να δώσει λύση μια νέα πολλά υποσχόμενη τεχνολογία που αναπτύσσεται στην Βόρεια Ευρώπη και ιδιαίτερα στην Σκανδιναβία και στην Γερμανία. Είναι τα ονομαζόμενα «Αιολικά πάρκα off shore» τα οποία κατασκευάζονται μέσα στην θάλασσα σε περιοχές με ιδιαίτερα υψηλές ταχύτητες ανέμου. Το Αιγαίο πέλαγος προσφέρεται ιδιαίτερα για τέτοια χρήση, και υπολογίζεται ότι είναι ένα θαλάσσιο αιολικό πάρκο μπορεί να παράγει ετησίως μέχρι 40% περισσότερο ηλεκτρικό ρεύμα απ' ότι ένα ηπειρωτικό. Το μέλλον της αιολικής ενέργειας φαίνεται να βρίσκεται στα θαλάσσια αιολικά πάρκα.

Σήμερα η συνολική εγκατεστημένη ισχύς φθάνει τα 331 MW στα οποία έχει προστεθεί και η ισχύς των τεσσάρων νέων αιολικών πάρκων (συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 55 MW) στη Θράκη που τέθηκαν σε λειτουργία το 2003. Αξίζει να σημειωθεί ότι το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα ενέργειας (ΕΠΕ) είχε πολύ μεγάλη συμβολή σε αυτήν την αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος, με τη χρηματοδότηση για την δημιουργία 17 αιολικών πάρκων. Η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την λειτουργία των 17 αιολικών πάρκων ανέρχεται σε 360 Gwh ανά έτος.

1.4. Ηλιακή Ενέργεια

Πολλά υποσχόμενη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας είναι η Ηλιακή Ενέργεια, η οποία έρχεται κατευθείαν από τον ήλιο, δηλαδή το φως του. Μπορούμε να διακρίνουμε δύο μορφές αυτής της ενέργειας, όσον αφορά την εκμετάλλευσή της: εκείνη των φωτοβολταϊκών και την θερμική. Εφαρμογή της πρώτης, είναι οι γνωστοί ηλιακοί θερμοσίφωνες.

Η Ελλάδα έρχεται πρώτη στην Ευρώπη στην αναλογία ηλιακών θερμοσιφώνων ανά κάτοικο. Το κέρδος της χώρας, οικονομικό και κυρίως περιβαλλοντικό, είναι αρκετά σημαντικό. Είναι χαρακτηριστικό ότι το 1996 πουλήθηκαν σε όλη την Ελλάδα 50.000 ηλιακοί θερμοσίφωνες. Αν σε αυτά τα νοικοκυριά που τοποθετήθηκαν είχαν μπει ηλεκτρικοί θερμοσίφωνες, θα χρειαζόταν περίπου το ηλεκτρικό σύστημα της Κρήτης για να τους λειτουργήσει.

Η δεύτερη μορφή εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας είναι εκείνη των φωτοβολταϊκών. Ονομάζεται έτσι λόγω του τρόπου απόκτησής της. Το φως μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια με την βοήθεια κατάλληλων διατάξεων, των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Παρ' όλο που ο τρόπος αυτός μετατροπής ενέργειας είναι από πολύ καιρό γνωστός, δεν είχε, μέχρι πρόσφατα τουλάχιστον, βρει μεγάλη απήχηση.

Ο λόγοι είναι κυρίως δύο: Αφενός το κόστος ήταν, και παραμένει, αρκετά υψηλό, αφετέρου απαιτούνται μεγάλες ελεύθερες επιφάνειες προκειμένου να τοποθετηθούν καθρέπτες φωτοβολταϊκών. Οι δύο αυτοί ανασταλτικοί παράγοντες δεν πρέπει να παρερμηνευθούν. Εκφράζουν την σημερινή τεχνολογική ικανότητα.



Εικόνα 5. Συνδυασμός ηλιακών συλλεκτών με θέρμανση δαπέδου, για εξοικονόμηση ενέργειας κατά τους χειμερινούς μήνες.

1.4.1. Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας στην Ελλάδα

Στην χώρα μας ο πιο ευρέως διαδεδομένος τρόπος αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας είναι οι ηλιακοί θερμοσίφωνες. Σύμφωνα με έρευνα της Greenpeace η Ελλάδα είναι η δεύτερη χώρα στην Ευρώπη, μετά τη Γερμανία, σε συνολική εγκατεστημένη επιφάνεια ηλιοσυλλεκτών. Περίπου το 30% των νοικοκυριών (1.000.0000 νοικοκυριά) χρησιμοποιούν ηλιακούς θερμοσίφωνες. Ωστόσο το ποσοστό αυτό θα μπορούσε να είναι πολύ πιο υψηλό στην χώρα με την υψηλότερη ηλιοφάνεια από όλη την Ευρώπη. Το κόστος μιας τέτοιας εγκατάστασης λειτουργεί αποτρεπτικά σε συνδυασμό με τα ανύπαρκτα φορολογικά κίνητρα, παρά το γεγονός ότι η προσφερόμενη οικονομία στην κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος που μπορεί να προσφέρει η εγκατάσταση, εξασφαλίζει απόσβεση του κόστους τα επόμενα 5 έως 10 χρόνια.

Όσον αφορά την ηλιακή ενέργεια για την παραγωγή άμεσης ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των φωτοβολταϊκών, αυτή δεν αξιοποιείται αρκετά στην χώρα μας. Ο λόγος είναι ο ίδιος με την περίπτωση των ηλιακών συλλεκτών. Κατά κανόνα τα φωτοβολταϊκά συστήματα που έχουν εγκατασταθεί στην Ελλάδα εξυπηρετούν απομονωμένες χρήσεις σε σημεία όπου δεν υπάρχει δίκτυο της ΔΕΗ, επειδή στις περιπτώσεις αυτές η οικονομική βιωσιμότητα του συστήματος είναι πολύ περισσότερο εμφανής.

1.5. Γεωθερμική ενέργεια

Γεωθερμική ενέργεια, ονομάζουμε τη φυσική θερμική ενέργεια της γης που προέρχεται από το θερμό εσωτερικό του πλανήτη προς την επιφάνεια. Μεταφέρεται στην επιφάνεια με θερμική επαγωγή καθώς και με την είσοδο λειωμένου μάγματος στο φλοιό της γης από τα βαθύτερα στρώματά της.

Η ενέργεια αυτή σχετίζεται με την ηφαιστειότητα και τις ειδικότερες γεωλογικές και γεωτεκτονικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Είναι μια ήπια και σχετικά ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή, που με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα μπορεί να καλύψει σημαντικές ενεργειακές ανάγκες. Οι γεωθερμικές περιοχές συχνά εντοπίζονται από τον ατμό που βγαίνει από σχισμές του φλοιού της γης ή από την παρουσία θερμών πηγών. Για να υφίσταται διαθέσιμο θερμό νερό ή ατμό σε μια περιοχή πρέπει να υπάρχει κάποιος υπόγειος ταμιευτήρας αποθήκευσης του κοντά σε ένα θερμικό κέντρο. Στην περίπτωση αυτή, το νερό του ταμιευτήρα που συνήθως είναι βρόχινο νερό που έχει διεισδύσει στους βαθύτερους ορίζοντες της γης, θερμαίνεται και ανεβαίνει προς την επιφάνεια. Τα θερμικά αυτά ρευστά εμφανίζονται στην επιφάνεια είτε με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού, είτε αντλούνται με γεώτρηση και αφού χρησιμοποιηθεί η θερμική τους ενέργεια, γίνεται επανέγχυση του ρευστού στο έδαφος με δεύτερη γεώτρηση. Έτσι ενισχύεται η μακροβιότητα του ταμιευτήρα και αποφεύγεται η θερμική ρύπανση του περιβάλλοντος.

Υπάρχουν δύο κύριες εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας :

- Η πρώτη βασίζεται στη χρήση της θερμότητας της γης, για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος και άλλες χρήσεις όπως θέρμανση κτιρίων ή θερμοκηπίων. Αυτή η θερμότητα μπορεί να προέρχεται από γεωθερμικά γκάζερ (θερμοπίδακες, ένα είδος θερμών πηγών που περιοδικά «εκρήγνυνται» και εκτοξεύουν στήλες θερμού νερού, γι' αυτό αποκαλούνται και Γκείζερ από την ονομασία του μεγαλύτερου θερμοπίδακα στην Ισλανδία.)

που φθάνουν με φυσικό τρόπο ως την επιφάνεια της γης ή με γεώτρηση στο φλοιό της γης σε περιοχές που η θερμότητα βρίσκεται αρκετά κοντά στην επιφάνεια. Αυτές οι πηγές είναι συνήθως από μερικές εκατοντάδες μέχρι 3000 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της γης.

- Η δεύτερη εφαρμογή της γεωθερμικής ενέργειας, εκμεταλλεύεται τις θερμές μάζες εδάφους ή υπόγειων υδάτων για να κινήσουν θερμικές αντλίες για εφαρμογές θέρμανσης και ψύξης. Η χρήση γεωθερμικής ενέργειας παράγει παγκοσμίως 8000 (MW) ηλεκτρικού ρεύματος και 4000 (MW) θερμικής ενέργειας.

Για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, ζεστό νερό σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 150 °C μέχρι περισσότερο από 370 °C μεταφέρεται σε γεωτρήσεις από υπόγειες δεξαμενές σε ειδικές δεξαμενές και με την απελευθέρωση της πίεσης μετατρέπεται σε ατμό. Ο ατμός αυτός διαχωρίζεται από τα ρευστά διοχετεύονται σε περιφερειακά τμήματα της δεξαμενής για να βοηθήσουν να διατηρηθεί η πίεση. Αν η δεξαμενή χρησιμοποιηθεί για άμεση χρήση της θερμότητας τα γεωθερμικά ρευστά τροφοδοτούν έναν εναλλακτήρα θερμότητας και να επιστέψουν στη γη. Το ζεστό νερό από την έξοδο του εναλλακτήρα χρησιμοποιείται για την θέρμανση κτηρίων, θερμοκηπίων κ.α.

1.5.1. Χρησιμότητα γεωθερμικής ενέργειας

Η εκμετάλλευση της γεωθερμίας συμβάλει στην:

- Εξοικονόμηση συναλλάγματος, με μείωση των εισαγωγών πετρελαίου,
- Εξοικονόμηση φυσικών πόρων, κυρίως με την ελάττωση κατανάλωσης των εγχώριων αποθεμάτων λιγνίτη,
- Καθαρότερη ατμόσφαιρα.



Εικόνα 6. Γεωθερμική πηγή ενέργειας

1.5.2. Αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας στην Ελλάδα

Παρά το πλούσιο γεωθερμικό δυναμικό, η χρήση γεωθερμικών πηγών για σκοπούς ηλεκτροπαραγωγής είναι αμελητέα στην Ελλάδα. Οι ελάχιστες εφαρμογές της γεωθερμίας περιορίζονται στη χρήση ζεστού νερού. Η χρήση ζεστού νερού μέχρι 90 °C, γίνεται κυρίως σε αγροτικές εφαρμογές (θερμοκήπια, υδατοκαλλιέργειες, ξηραντήρια κλπ.) ή για λουτροθεραπευτικό τουρισμό.

Στην Ελλάδα, γεωθερμία κατάλληλη για ηλεκτροπαραγωγή βρίσκεται σε προσιτά βάθη στα νησιά του ηφαιστειακού τόξου του Αιγαίου : Μήλος- Κίμωλος, Σαντορίνη, Νίσυρος, αλλά και στη Λέσβο, τη Χίο, τη Σαμοθράκη, την Αλεξανδρούπολη και αλλού. Τα νησιά Μήλος- Κίμωλος, Σαντορίνη και Νίσυρος αντιστοιχούν σε περιοχές γεωλογικά πρόσφατης ηφαιστειακής δράσης και περιλαμβάνουν γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας με θερμοκρασίες 120-350 °C με συνολικό γεωθερμικό δυναμικό τουλάχιστον 300 MW, το οποίο όμως μέχρι σήμερα παραμένει παντελώς ανεκμετάλλευτο. Στις υπόλοιπες περιοχές απαντώνται γεωθερμικά πεδία χαμηλής-μέσης ενθαλπίας με θερμοκρασίες 90-120 °C και δυναμικό ηλεκτροπαραγωγής της τάξεως των 20-30 MW.

Παρ' ότι η γεωθερμία είναι κατάλληλη για θέρμανση και αγροτικές εφαρμογές απαντάται σε μικρά βάθη σε πολλές περιοχές στις πεδιάδες της Μακεδονίας και της Θράκης, αλλά και στη γειτονιά κάθε μιας από τις 56 θερμές πηγές της χώρας μας. Εκεί απαντώνται γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας με θερμοκρασίες 25-100°C. Τέτοια είναι: Θερμά Σαμοθράκης, Πολυχνίτος - Άργενος Λέσβου, Νένητα Χίου, Αριστινό Αλεξανδρούπολης, Αιδηψός και Σουσάκι Κορινθίας (80-100°C), Νέο Εράσμιο, Νέα Κεσσάνη Ξάνθης, Νιγρίτα, Σιδηρόκαστρο και Ηράκλεια Σερρών, Λαγκαδάς, Νέα Απολλωνία, Θέρμη Θεσσαλονίκης, Νέα Τρίγλια Χαλκιδικής (30-60 °C) και πολλά άλλα. Οι αντίστοιχες γεωθερμικές εφαρμογές έχουν συνολική θερμική ισχύ μόλις 70 MW, και περιλαμβάνουν κυρίως θερμά και ιαματικά λουτρά (45%), και θέρμανση θερμοκηπίων και εδαφών (55%).

1.6. Υδροηλεκτρική ενέργεια

Προέρχεται από σταθμούς παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας, από τις παλίρροιες, ή από θαλάσσια κύματα. Πιο συγκεκριμένα, η ενέργεια που παράγεται από τη πτώση του νερού των μικρών ή μεγάλων ποταμών, υδρορευμάτων και πηγών, σε υδροτροχούς, με αποτέλεσμα την περιστροφή τους και τη παραγωγή μηχανικού ή ηλεκτρικού ρεύματος, ονομάζεται υδροηλεκτρική. Η υδροηλεκτρική ενέργεια δεν παράγει βλαβερά αέρια και κατά συνέπεια έχει αισθητά μικρότερη επίδραση στην ατμόσφαιρα.

Ένα πλήρες υδροηλεκτρικό σύστημα συμπεριλαμβάνει την πηγή ύδατος, τη σωλήνωση όδευσης του ύδατος από την πηγή στον υδροστρόβιλο, το σύστημα ελέγχου-ρύθμισης της ροής, τον υδροστρόβιλο, τη γεννήτρια ρεύματος, το ρυθμιστή της γεννήτριας και τέλος τις καλωδιώσεις για την μεταφορά και τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας.

Ακόμη μπορούμε να διακρίνουμε δύο συστήματα:

- Τα ελεύθερα συστήματα δίχως αποθήκευση
- Τα μεγαλύτερα συστήματα όπου εφαρμόζεται αποθήκευση με φράγμα.

Τα εργοστάσια παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας είναι εγκατεστημένα σε περιοχές με τρεχούμενο νερό (φράγματα κοιλάδων, λίμνες, ποτάμια) και

εκμεταλλεύονται τη ροή ενός ποταμού για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας. Η κινητική και δυναμική ενέργεια της ροής του νερού μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια περιστροφής και στη συνέχεια σε ηλεκτρική ενέργεια.

Το κόστος του συστήματος ενός υδροηλεκτρικού σταθμού ποικίλλει ανάλογα με την υδατόπτωση (μεγάλη ή μικρή) και τη δυναμικότητα του. Το κόστος ανά KW μειώνεται με την αύξηση του ύψους της υδατόπτωσης και με τη δυναμικότητα της μονάδας. Όσον αφορά στην ανάλυση του κόστους, τα έργα πολιτικού μηχανικού συνιστούν κατά μέσο όρο το 60 % του προϋπολογισμού ενώ το υπόλοιπο 40 % αντιστοιχεί στο μηχανολογικό εξοπλισμό.

Η υδροηλεκτρική τεχνολογία είναι μια από τις κύριες ενεργειακές τεχνολογίες καθώς καλύπτει περί το 20 % των παγκόσμιων αναγκών σε ηλεκτρισμό, ενώ στις αναπτυσσόμενες χώρες φθάνει το 40 %. Η δυναμικότητα των μεγάλων υδροηλεκτρικών σχημάτων μπορεί να είναι πολλαπλάσια αυτής των συμβατικών σταθμών. Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί είναι ιδιαίτερα αποδοτικοί, αξιόπιστοι και με μεγάλο χρόνο ζωής. Είναι ρυθμιζόμενοι να εισάγουν ένα στοιχείο αποθήκευσης στο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Εξ' ορισμού, ένας υδροηλεκτρικός σταθμός αποτελεί ένα έργο απόλυτα συμβατό με το περιβάλλον, που μπορεί να συμβάλει ακόμη και στη δημιουργία νέων υδροβιοτόπων μικρής κλίμακας. Το σύνολο των επί συνιστωσών του έργου μπορεί να ενταχθεί αισθητικά και λειτουργικά στα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, αξιοποιώντας τα τοπικά υλικά με παραδοσιακό τρόπο και αναβαθμίζοντας το γύρω χώρο. Άλλωστε το κύριο κριτήριο για την κατασκευή ή όχι ενός υδροηλεκτρικού εργοστασίου δεν είναι μόνο η δυνατότητα παραγωγής φτηνής και καθαρής για το περιβάλλον ενέργειας, αλλά η σωστότερη περιφερειακή ανάπτυξη της χώρας.

Τα υδροηλεκτρικά έργα παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα όπως:

- η δυνατότητα άμεσης σύνδεσης-απόξευξης στο δίκτυο ή η αυτόνομη λειτουργία τους,
- η αξιοπιστία τους,
- η παραγωγή ενέργειας αρίστης ποιότητας χωρίς διακυμάνσεις,
- η αρίστη διαχρονική συμπεριφορά τους,
- η μεγάλη διάρκεια ζωής,
- ο προβλέψιμος χρόνος απόσβεσης των αναγκαίων επενδύσεων που οφείλεται στο πολύ χαμηλό κόστος συντήρησης και λειτουργίας,
- ανύπαρκτο κόστος πρώτης ύλης.

Πρέπει να σημειωθεί εδώ, ότι ενώ η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται τη στιγμή απαιτείται από τους καταναλωτές το νερό το οποίο αποταμιεύεται σε ταμιευτήρες για μελλοντική χρήση για παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση κατά τη διάρκεια ξηρών περιόδων, σαν απόθεμα νερού, εμπλουτισμό.



Εικόνα 7. Φράγμα Υδροηλεκτρικού σταθμού στον Στράτο Αργινίου

1.6.1. Αξιοποίηση της Υδροηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα

Στη χώρα μας έχουν αναπτυχθεί σε μεγάλο βαθμό τα υδροηλεκτρικά έργα, τουλάχιστον για τις περιοχές που εμφανίζουν υψηλό δυναμικό. Έτσι η ΔΕΗ έχει εγκαταστήσει υδροηλεκτρικές μονάδες συνολικής ισχύος 3.052,4 MW ώστε πλέον σημαντικό ενδιαφέρον και δυναμική εμφανίζουν τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα.

Ωστόσο, η πρόσφατη νομοθεσία παρέχει τη δυνατότητα και στον ιδιωτικό τομέα να παράγει ηλεκτρική ενέργεια και επιδιώκει να ενισχύσει σημαντικά το ενδιαφέρον επενδυτών στον τομέα των υδροηλεκτρικών. Πολλές κοινότητες αλλά και ιδιώτες έχουν εκφράσει το ενδιαφέρον τους για τη κατασκευή και εκμετάλλευση μικρών υδροηλεκτρικών εργοστασίων. Επιπρόσθετα, συνήθως τέτοιες επενδύσεις επιχορηγούνται και συγχρηματοδοτούνται από το Ελληνικό Κράτος και την Ευρωπαϊκή Ένωση, ενώ ο αναπτυξιακός νόμος 2601 του 1998 επιχορηγεί με 40% του συνολικού κόστους του έργου.

Παρ' όλα αυτά ένα μεγάλο μέρος του υδροηλεκτρικού δυναμικού της χώρας παραμένει αναξιοποίητο και εντοπίζεται κυρίως στην ηπειρωτική Ελλάδα. Σε αυτήν την περιοχή βρίσκεται σύμφωνα με συντηρητικές εκτιμήσεις το 30% τους συνολικού δυναμικού της χώρας. Αυτό το δυναμικό θα μπορούσε να καλύψει σημαντικό ποσοστό της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης. Όλοι οι ποταμοί της Ηπείρου έχουν τις πηγές τους στην οροσειρά της Πίνδου. Η οροσειρά της Πίνδου έχει σημαντικές βροχοπτώσεις και εδαφολογία τέτοια ώστε να μπορούμε να εκμεταλλευτούμε το υδάτινο δυναμικό από μεγάλες υψομετρικές διαφορές ενώ από την άλλη πλευρά το έδαφος της οροσειράς είναι τέτοιο που ευνοεί τη δημιουργία τεχνητών λιμνών και δεξαμενών ύδατος.

1.7. Βιομάζα

Ως βιομάζα ορίζεται η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Πρακτικά, στον όρο βιομάζα εμπεριέχεται οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο.

Πιο συγκεκριμένα, σ' αυτήν περιλαμβάνονται :

- Οι φυτικές ύλες που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα, όπως πχ. τα αυτοφυή τα δάση, είτε από τις ενεργειακές καλλιέργειες (έτσι ονομάζονται τα φυτά που καλλιεργούνται ειδικά με σκοπό την παραγωγή βιομάζας για παραγωγή ενέργειας) γεωργικών και δασικών ειδών, όπως πχ. το σόργο, το σακχαρούχο, το καλάμι, ο ευκάλυπτος κα.
- Τα υποπροϊόντα και κατάλοιπα της φυτικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής, όπως πχ. τα άχυρα, στελέχη αραβόσιτου, στελέχη βαμβακιάς, κλαδοδέματα, κλαδιά δένδρων, φύκι, κτηνοτροφικά απόβλητα, οι κληματίδες κα.
- Τα υποπροϊόντα που προέρχονται από τη μεταποίηση ή επεξεργασία των υλικών αυτών, όπως πχ. τα ελαιοπυρηνόξυλα, υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού, το πριονίδι κα.
- Καθώς και το βιολογικής προέλευσης μέρος των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών.

Η βιομάζα αποτελεί μία δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών. Κατ' αυτήν, η χλωροφύλλη των φυτών μετασηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μια σειρά διεργασιών, χρησιμοποιώντας ως βασικές πρώτες ύλες διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα καθώς νερό και ανόργανα συστατικά από το έδαφος.

Η βιομάζα είναι η πιο παλιά και διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Πρωτόγονος άνθρωπος, για να ζεσταθεί και να μαγειρέψει, χρησιμοποίησε την ενέργεια (θερμότητα) που προερχόταν από την καύση των ξύλων, που είναι ένα είδος βιομάζας.

Για να πάρουμε ενέργεια από βιομάζα την καίμε, είτε απ' ευθείας, είτε αφού προηγουμένως τη μετατρέψουμε σε υγρό, αέριο ή στερεό καύσιμο με τις κατάλληλες τεχνολογίες.

Τα υγρά βιοκαύσιμα, είναι καύσιμα που παράγονται από βιομάζα. Τα πιο γνωστά και διαδομένα στο εμπόριο είναι το βιοντήζελ (από φυτικά ή ζωικά λίπη και έλαια) και η βιοαιθανόλη (από σακχαρούχα ή αμυλούχα φυτά). Χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο στην Ευρώπη (Γαλλία, Γερμανία, Αυστρία, Ιταλία κ.λ.π. και στην Αμερική (ΗΠΑ, Βραζιλία) κυρίως στα αυτοκίνητα.

Το βιοαέριο είναι ένα αέριο καύσιμο, που παράγεται με την διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης, κυρίως από απόβλητα και σκουπίδια. Μονάδες παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας με καύσιμο βιοαέριο στη χώρα μας υπάρχουν εγκατεστημένες στο χώρο υγειονομικής ταφής στα Άνω Λιόσια Αττικής, στους βιολογικούς καθαρισμούς απόβλητων της Αθήνας, του Βόλου, των Χανίων και αλλού.



Εικόνα 8. Αξιοποίηση υπολειμματικής βιομάζας

1.7.1. Αξιοποίηση της βιομάζας στην Ελλάδα

Το μεγαλύτερο μέρος της βιομάζας στην χώρα μας δυστυχώς παραμένει αναξιοποίητο. Από πρόσφατη απογραφή έχει εκτιμηθεί ότι το σύνολο της άμεσα διαθέσιμης βιομάζας στην Ελλάδα συνίσταται από 7.500.000 τόνους υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών (σιτηρών, αραβοσίτου, βαμβακιού, καπνού, ηλίανθου, κληματίδων, πυρηνόξυλου) και από 2.700.000 τόνους δασικών υπολειμμάτων υλοτομίας (κλάδοι, φλοιοί, κ.ά.).

Από τις παραπάνω ποσότητες βιομάζας το ποσοστό τους εκείνο που προκύπτει σε μορφή υπολειμμάτων κατά τη δευτερογενή παραγωγή προϊόντων είναι άμεσα διαθέσιμο, δεν παρουσιάζει προβλήματα μεταφοράς και μπορεί να τροφοδοτήσει απ' ευθείας διάφορα συστήματα παραγωγής ενέργειας. Μπορεί δηλαδή η εκμετάλλευσή του να καταστεί οικονομικά συμφέρουσα.

Παράλληλα με την αξιοποίηση των διαφόρων γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων, σημαντικές ποσότητες βιομάζας είναι δυνατόν να ληφθούν από τις ενεργειακές καλλιέργειες. Σε κάποιες περιοχές της Ελλάδας όπου υπάρχουν μονοκαλλιέργειες (π.χ. βαμβακιού) εμφανίζεται το πρόβλημα των γεωργικών πλεονασμάτων. Εξαιτίας της εξειδίκευσης αυτής της περιοχής στην παραγωγή ενός μόνο προϊόντος αυξάνεται το γεωργικό πλεόνασμα με αποτέλεσμα να μειώνεται η τιμή του γεωργικού προϊόντος που βρίσκεται σε αφθονία και να υποβαθμίζεται το περιβάλλον λόγω της εκτεταμένης χρήσης χημικών και φυτοφαρμάκων και της συνεχούς άρδευσης.

Όμως η αντικατάσταση ενός μέρους της καλλιεργήσιμης γης με ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή βιομάζας μπορεί να λύσει το οικονομικό πρόβλημα λόγω των πλεονασμάτων και να παρέχει δυνατότητες για την αύξηση της χρήσης της βιομάζας στην χώρα μας. Η αγριαγκινάρα είναι ένα φυτό κατάλληλο για ενεργειακή αξιοποίηση το οποίο προσαρμόζεται θαυμάσια στις ελληνικές συνθήκες, αναπτύσσεται μονάχα με το νερό των βροχοπτώσεων συνεπώς δεν απαιτείται άρδευση αλλά ούτε και φυτοφάρμακα οπότε βελτιώνεται η παραγωγική δυναμικότητα του εδάφους της περιοχής.

Η βιομάζα στη χώρα μας έχει μία πληθώρα εφαρμογών που αφορούν :

- Την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης – ψύξης η και ηλεκτρισμού σε γεωργικές και άλλες βιομηχανίες: Με τους συμβατικούς τρόπους παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας μεγάλες ποσότητες θερμότητας απορρίπτονται στο περιβάλλον . Με την συμπαραγωγή όπως ονομάζεται η συνδυασμένη παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας από την ίδια ενεργειακή πηγή, το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας αυτής ανακτάται και χρησιμοποιείται επωφελώς. Συμπαραγωγή από βιομάζα εφαρμόζεται και στην Ελλάδα και παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον σε αστικό-περιφερειακό επίπεδο. Ένα παράδειγμα βιομηχανίας όπου με την εγκατάσταση μονάδας συμπαραγωγής υποκαταστάθηκαν πολύ επιτυχώς, συμβατικά καύσιμα από βιομάζα είναι ένα εκκοκκιστήριο στην περιοχή της Βοιωτίας. Σ' αυτό κάθε χρόνο χρησιμοποιούνται 4.000-5.000 τόνοι υπολειμμάτων βαμβακιού για την παραγωγή θερμότητας από βιομάζα.
- Τηλεθέρμανση κατοικημένων περιοχών: Η εξασφάλιση ζεστού νερού για την θέρμανση χώρων και για την απ' ευθείας χρήση σε μια πόλη ή χωριό μπορεί να γίνει και από έναν κεντρικό σταθμό παραγωγής θερμότητας που λειτουργεί με βιομάζα. Στην Ελλάδα έχει ήδη εγκατασταθεί η πρώτη μονάδα τηλεθέρμανσης με χρήση βιομάζας. Η μονάδα αυτή που βρίσκεται στην κοινότητα Νυμφασίας του νομού Αρκαδίας καλύπτει τις ανάγκες θέρμανσης 80 κατοίκων και 600 τετραγωνικών μέτρων κοινοτικών χωριών. _ς καύσιμη υλη χρησιμοποιούνται τρίμματα ξύλου τα οποία προέρχονται από τεμαχισμό σε ειδικό μηχάνημα υπολειμμάτων υλοτομίας από γειτονικό δάσος ελάτων. Το έργο αυτό αποτελεί πρότυπο για την ανάπτυξη παρόμοιων εφαρμογών σε κοινότητες και δήμους της χώρας δεδομένου ότι εξασφαλίζει σημαντική εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων και αξιοποιεί του τοπικούς ενεργειακούς πόρους.
- Θέρμανση θερμοκηπίων: Η αξιοποίηση της βιομάζας σε μονάδες παραγωγής θερμότητας για τη θέρμανση θερμοκηπίων αποτελεί μια ενδιαφέρουσα και οικονομικά συμφέρουσα προοπτική για τους ιδιοκτήτες τους. Ένα παράδειγμα αυτού του είδους χρήσης της βιομάζας, αποτελεί μια μονάδα θερμοκηπίου έκτασης 2 στεμμάτων, στο Νομό Σερρών, στην οποία καλλιεργούνται οπωροκηπευτικά. Σε αυτή τη μονάδα έχει εγκατασταθεί σύστημα παραγωγής θερμότητας το οποίο χρησιμοποιεί ως καύσιμο άχυρο σιτηρών. Η ετήσια εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων που επιτυγχάνεται φθάνει τους 40 τόνους πετρελαίου.
- Παραγωγή υγρών καυσίμων με βιοχημική μετατροπή της βιομάζας: Ένα παράδειγμα υγρού καυσίμου που μπορεί να παραχθεί στην χώρα μας είναι το βιοαέριο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο σε μηχανές εσωτερικής καύσης , για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Αυτό το αέριο είναι ποιοτικότερο από τα συμβατικά καύσιμα και έχει μικρότερες εκπομπές επικίνδυνων ρύπων στην ατμόσφαιρα. Το βιοαέριο παράγεται στην Ελλάδα στους χώρους υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (XYTA). Σήμερα λειτουργούν 4 μονάδες βιοαερίου μετατρέπουν το αέριο που προκύπτει από τη ζύμωση των σκουπιδιών στις χωματερές σε ηλεκτρική ενέργεια. Παράλληλα η Θεσσαλονίκη συμβάλει και αυτή σε μεγάλο βαθμό στη μαζική βιομηχανική παραγωγή βιοκαυσίμων³ του μέλλοντος, φιλοξενώντας ένα επαρκώς εξοπλισμένο κέντρο έρευνας για την ανάπτυξη και τις προοπτικές των βιοδιυλιστηρίων στη χώρα μας. Στο Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΕΚΕΤΑ) στη Θέρμη στεγάζεται το Εργαστήριο

Περιβαλλοντικών Καυσίμων και Υδρογονανθράκων (ΕΠΚΥ) του Ινστιτούτου Τεχνικής Χημικών διεργασιών. Το ΕΚΕΤΑ ασχολείται εκτός από τη μελέτη διεργασιών παραγωγής βιοκαυσίμων από τη βιομάζα και με την εναλλακτική παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας.

Είδος Βιομάζας	Κατανάλωση (τόνοι)	Θερμότητα (TJ)	Εξοικονόμηση CO ₂ (τόνοι)
Καυσόξυλα	2.036.000	29.393	2.177.042
Πυρηνόξυλο	400.000	6.698	496.099
Υπολείμματα βιομηχανιών ξύλου	113.154	1.563	155.766
Υπολείμματα εκκοκκισμού	29.050	413	30.590
Πυρήνες	610	11	815
Άχυρο	100	2	148
Σύνολο	2.580.094	38.098	2.821.792

Πίνακας 5. Θερμότητα από βιομάζα στην Ελλάδα

1.8. Ενέργεια Κυμάτων – Ωκεανών

Η θάλασσα καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος της γης και είναι τεράστια αποθήκη κινητικής ενέργειας αποθηκευμένης στα κύματα, τις παλίρροιες και τα θαλάσσια ρεύματα. Οι ωκεανοί, ως φυσικοί αποταμιευτήρες μπορούν να μας προσφέρουν τεράστια ποσά ενέργειας τα οποία και είναι ανεξάντλητα.

Επιπρόσθετα η ενέργεια κυμάτων, παρουσιάζει μεταξύ των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας την υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα, η οποία μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 1000 kW/m μετώπου κύματος. Υπολογίζεται ότι η αξιοποίηση του 1% του κυματικού δυναμικού του πλανήτη μας θα κάλυπτε περίπου στο τετραπλάσιο την παγκόσμια ενεργειακή ζήτηση.

Η ιδέα για την εκμετάλλευση του θαλάσσιου κυματισμού δεν είναι νέα. Η πρώτη ευρεσιτεχνία χρονολογείται στα 1799, ενώ πλήθος άλλων τεχνολογιών επινοήθηκε και λειτούργησε σε μικρή κλίμακα μμέχρι τα μέσα του περασμένου αιώνα. Η συντονισμένη έρευνα όμως στον τομέα αυτό ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του '70, μετά την μεγάλη πετρελαϊκή κρίση, όταν διάφορες χώρες της Δυτ. Ευρώπης με ακτές προς τον Αν. Ατλαντικό, όπου εντοπίζονται ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα κυματικού δυναμικού, ξεκίνησαν εντατικές έρευνες για την ανάπτυξη τεχνολογιών εκμετάλλευσης της ενέργειας των κυμάτων.

Το αντίξοο περιβάλλον στο οποίο καλούνται να λειτουργήσουν οι διάφορες τεχνολογίες επέδρασε στο παρελθόν ανασταλτικά στις προσπάθειες αυτές. Οι τεράστιες καταπονήσεις σε ακραίες καιρικές συνθήκες απαιτούν υψηλούς δείκτες μηχανικής αντοχής, με αποτέλεσμα μμεγάλο κατασκευαστικό κόστος. Η μμεγάλη απόσταση από την ακτή για τεχνολογίες πλωτής εγκατάστασης συνεπάγεται υψηλό κόστος διασύνδεσης και λειτουργίας.

Το υψηλό κόστος των τεχνολογιών μπορεί να αντισταθμισθεί μμόνον με βέλτιστη εκμετάλλευση της υψηλής ενεργειακής πυκνότητας των κυμάτων, δηλ. υψηλούς δείκτες απόδοσης. Προς αυτή την κατεύθυνση εξελίσσονται οι διάφορες τεχνολογίες και σήμερα τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους έχουν βελτιωθεί σημαντικά. Σαν αποτέλεσμα, το ενεργειακό κόστος, το οποίο την δεκαετία του '80 έφτανε μμέχρι και τα 0,30€/kWh, έχει μμειωθεί σήμερα στα 0,07€/kWh. Η συνεχιζόμενη βελτίωση

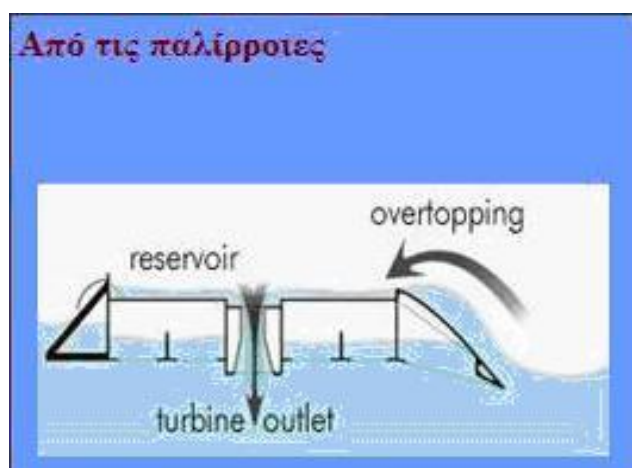
των δεικτών απόδοσης των τεχνολογιών κυματικής ενέργειας αναμένεται να τις καταστήσει σύντομα βιομηχανικά εκμεταλλεύσιμες.

Όπως θα δούμε και στις παρακάτω εικόνες, υπάρχουν τρεις βασικοί τρόποι για να εκμεταλλευτούμε την ενέργεια της θάλασσας:

- από τα κύματα, όπου η κινητική ενέργεια των κυμάτων μπορεί να περιστρέψει την τουρμπίνα. Η ανυψωτική κίνηση του κύματος πιέζει τον αέρα προς τα πάνω, μέσα στο θάλαμο και θέτει σε περιστροφική κίνηση την τουρμπίνα έτσι ώστε η γεννήτρια να παράγει ρεύμα. Αυτός είναι ένας μόνο τύπος εκμετάλλευσης της ενέργειας των κυμάτων όπου φαίνεται στην παρακάτω εικόνα,



- τις παλίρροιες (μικρές και μεγάλες), τα εισερχόμενα νερά της παλίρροιας στην ακτή μπορούν να παγιδευτούν σε φράγματα, οπότε τα αποθηκευμένα νερά ελευθερώνονται και κινούν υδροστρόβιλο, όπως στα υδροηλεκτρικά εργοστάσια. Τα πλέον κατάλληλα μέρη για την κατασκευή σταθμών ηλεκτροπαραγωγής είναι οι στενές εκβολές ποταμών,



- από τις θερμοκρασιακές διαφορές του νερό, η θερμική ενέργεια των ωκεανών μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί με την εκμετάλλευση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του θερμομέτρου επιφανειακού νερού και του ψυχρότερου νερού του πυθμένα. Η τεχνολογία μετατροπής της ωκεανίας θερμικής ενέργειας, χρησιμοποιεί σε πρώτη φάση το θερμό νερό για να

ζεστάνει σε ειδικό θάλαμο μια ποσότητα υγρού που έχει χαμηλό σημείο βρασμού, όπως η αμμωνία ή ένα μείγμα αμμωνίας και νερού. Όταν το μείγμα αυτό βράσει, το αέριο που απελευθερώνεται δημιουργεί αρκετή πίεση ώστε να οδηγήσει έναν αεριοστρόβιλο ο οποίος παράγει την ενέργεια. Στη συνέχεια το αέριο αυτό παγώνει καθώς διέρχεται μέσα από το ψυχρό νερό του πυθμένα του ωκεανού.



1.8.1. Ενεργειακοί Πόροι της κυματικής ενέργειας

Τα υψηλότερα επίπεδα κυματικής ενέργειας στον πλανήτη μας εμφανίζονται στην περιοχή του Αν. Ατλαντικού και του Ν. Ειρηνικού. Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες, το υπεράκτιο κυματικό δυναμικό για τις χώρες της Ε.Ε., συμπεριλαμβανόμενης της Νορβηγίας, εκτιμάται σε 320 GW, από τα οποία περίπου 30 GW αφορούν την Μεσόγειο Θάλασσα. Σε ετήσια βάση, ο μέσος όρος κυματικής ισχύος ανά μέτρο μετώπου κύματος κυμαίνεται στον Αν. Ατλαντικό σε 25-70 kW/m, στην Β. Θάλασσα 10-25 kW/h και στο Αιγαίο όπου σημειωτέον παρουσιάζονται οι υψηλότερες τιμές κυματικής ισχύος στην Μεσόγειο 4-11 kW/m. Το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο κυματικό δυναμικό για τα κράτη μέλη της Ε.Ε. υπολογίζεται συνολικά σε 150-230 TWh/έτος, από τα οποία 5-9 TWh/έτος αντιστοιχούν στις ελληνικές θάλασσες.

1.8.2. Πλεονεκτήματα της Κυματικής Ενέργειας

Ο θαλάσσιος κυματισμός συγκεντρώνει τα περισσότερα πλεονεκτήματα που χαρακτηρίζουν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας:

- χαμηλοί δείκτες ρύπανσης σε επίπεδο κύκλου ζωής,
- αποκέντρωση της παραγωγής ενέργειας,
- απεξάρτηση από εισαγωγές ορυκτών καυσίμων,
- προοπτικές οικονομικής ανάπτυξης σε απομακρυσμένες ή και υποβαθμισμένες περιοχές,
- τόνωση της βιομηχανικής παραγωγής, δημιουργία θέσεων εργασίας.

1.8.3. Μειονεκτήματα της Κυματικής Ενέργειας

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την εγκατάσταση τεχνολογιών κυματικής ενέργειας:

- ακουστική ή οπτική όχληση,
- επιπτώσεις σε χλωρίδα και πανίδα,
- παρενόχληση της ναυσιπλοΐας κ.ά. θεωρούνται ήπιες,
- κατασκευαστικό κόστος,
- λειτουργικό κόστος.

Αξιοσημείωτο είναι ότι η εγκατάσταση σταθμών κυματικής ενέργειας δεν απαιτεί δέσμευση γης. Η οπτική όχληση, καθώς και οι παρεμβάσεις στο περιβάλλον, ενδεχομένως να αποτελούν ανασταλτικό παράγοντα για παράκτιες εγκαταστάσεις, αν και, εν γένει, περιοχές με έντονη κυματική δραστηριότητα δεν ενδείκνυνται για άλλου είδους αξιοποίηση, όπως πχ. ιχθυοκαλλιέργεια ή τουριστική εκμετάλλευση. Αντίθετα, παράκτιες εγκαταστάσεις κυματικής ενέργειας θα μπορούσαν με κατάλληλο σχεδιασμό να λειτουργήσουν παράλληλα σαν κυματοθραύστες για την προστασία της ακτής ή λιμενοβραχίονες.

Το υψηλό κόστος κατασκευής και λειτουργίας μπορεί να αντισταθμισθεί μόνον με την αξιοποίηση του κυματικού δυναμικού στον μέγιστο δυνατό βαθμό, δηλ. την επίτευξη υψηλών δεικτών απόδοσης. Η τεχνολογική εξέλιξη έχει οδηγήσει μέχρι στιγμής σε σημαντική βελτίωση του δείκτη απόδοσης για τις περισσότερες τεχνολογίες, ενώ τα περιθώρια βελτίωσης παραμένουν μεγάλα. Για τον λόγο αυτό, εκτιμάται ότι η συνεχιζόμενη E&TA θα οδηγήσει σε περαιτέρω μείωση του ηλεκτροπαραγωγικού κόστους, σε επίπεδα συγκρίσιμα με αυτά των συμβατικών μορφών ενέργειας ή άλλων ΑΠΕ. Ήδη το ηλεκτροπαραγωγικό κόστος για ορισμένες τεχνολογίες έχει μειωθεί στα επίπεδα των 0,07€/kWh και αναμένεται περαιτέρω μείωση του.

1.8.4. Αξιοποίηση Κυματικής Ενέργειας στην Ελλάδα

Η Ελλάδα έχει μία μεγάλη ακτογραμμή, μήκους περίπου 16,000 χλμ. Το υψηλό αιολικό δυναμικό πάνω από το Αιγαίο Πέλαγος επάγει σχετικά έντονη κυματική δραστηριότητα στην περιοχή αυτή, με μέσες ετήσιες τιμές κυματικής ισχύος ανά μέτρο μετώπου κύματος της τάξης των 4-11 kW/m. Εντοπίζονται επίσης θαλάσσιες περιοχές «εστιασμού» κυματικής ενέργειας («hot spots»), λόγω φαινομένων ανάκλασης και περίθλασης των κυμάτων. Το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο κυματικό δυναμικό της Ελλάδας θεωρείται το υψηλότερο της Μεσογείου, της τάξης των 5-9 TWh σε ετήσια βάση. Το δυναμικό αυτό θα μπορούσε να συνεισφέρει σημαντικά στην ηλεκτροδότηση μεγάλου αριθμού νησιών στο Αιγαίο. Η E&TA στον τομέα της κυματικής ενέργειας διεξάγεται στην Ελλάδα κυρίως στο ΚΑΠΕ και το ΕΜΠ, κατά κύριο λόγο στα πλαίσια ευρωπαϊκών ερευνητικών προγραμμάτων. Σημειώνονται επίσης ερευνητικές δραστηριότητες στο Παν/μιο Πατρών, με αντικείμενο την ανάπτυξη τεχνολογιών προστασίας ακτών, και στο ΑΠΘ.

1.9. Ισχύουσα νομοθεσία για τις Α.Π.Ε.

Οι κυριότερες νομοθετικές διατάξεις, οι οποίες αφορούν την αδειοδότηση σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με χρήση Α.Π.Ε., είναι οι παρακάτω:

- **N. 3734/2009** «Προώθηση της συμπαραγωγής δύο ή περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας, ρύθμιση ζητημάτων σχετικών με το Υδροηλεκτρικό Έργο Μεσοχώρας και άλλες διατάξεις», ΦΕΚ 8Α, 28 Ιανουαρίου 2009.
- Ειδικό πλαίσιο, χωροταξικού σχεδιασμού και αειφόρου ανάπτυξης ΑΠΕ. ΦΕΚ Β', 2464, 3 Δεκεμβρίου 2008, Αριθμός απόφασης 49828, σελ. 35207-35242.
- **N. 2244/1994** «Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ Α' 168).
- **N. 2273/1999** «Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας – Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις» (ΦΕΚ Α' 286).
- **N. 2941/2001** «Απλοποίηση διαδικασιών ίδρυσης εταιρειών, αδειοδότησης ΑΠΕ, ρύθμιση θεμάτων της Α.Ε. "ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΛΥΚΕΣ" και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ Α' 201).
- **N. 3175/2003** «Αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού, τηλεθέρμανση και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ Α' 207).
- **N. 3468/2006** «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ και Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις» (ΦΕΚ Α' 129).
- **N. 3489/2006** «Ζώνη καινοτομίας Θεσσαλονίκης και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ Α' 205).
- **Υπουργική απόφαση Δ5-ΗΛ/Β/Φ.1/οικ. 17951/2000** «Κανονισμός Αδειών Παραγωγής και Προμήθειας Ηλεκτρικής Ενέργειας (Έκδοση 1)» (ΦΕΚ Β' 1498).
- «Οδηγός Αξιολόγησης Αιτήσεων Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ και Μικρή ΣΗΘ» (κείμενο συνταχθέν από τη ΡΑΕ τον Ιούλιο του 2001 και διαθέσιμο στο δικτυακό της τόπο).
- **Υπουργική απόφαση Δ6/Φ1/2000/2002** «Διαδικασία έκδοσης αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση ΑΠΕ και μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών και τύποι συμβάσεων αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας» (ΦΕΚ Β' 158) στο βαθμό που δεν έρχεται σε σύγκρουση με τις ρυθμίσεις του Ν. 3468/2006.
- **Κοινή υπουργική απόφαση οικ. 104247/ΕΥΠΕ/ΥΠΕΨΩΔΕ 25.5.2006** «Διαδικασία Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (Π.Π.Ε.Α.) και Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.) έργων ΑΠΕ, σύμφωνα με το άρθρο 4 του ν. 1650/1986, όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 2 του ν. 3010/2002» (ΦΕΚ Β' 663).
- **Κοινή υπουργική απόφαση οικ. 104248/ΕΥΠΕ/ΥΠΕΧΩΔΕ 25.5.2006** «Περιεχόμενο, δικαιολογητικά και λοιπά στοιχεία των Προμελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Π.Π.Ε.), των Μελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.), καθώς και συναφών μελετών περιβάλλοντος, έργων ΑΠΕ» (ΦΕΚ Β' 663).
- **Εγκύκλιος 107100/29.8.2006** ΥΠΕΧΩΔΕ για τη διευκρίνηση θεμάτων ρυθμιζόμενων με τις δύο προηγούμενες υπουργικές αποφάσεις.
- **Κοινή υπουργική απόφαση Δ6/Φ1/οικ. 19500/4.11.2004** «Τροποποίηση και συμπλήρωση της 13727/724/2003 κοινής υπουργικής απόφασης ως προς την

αντιστοίχιση των δραστηριοτήτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τους βαθμούς όχλησης που αναφέρονται στην πολεοδομική νομοθεσία» (ΦΕΚ Β' 1671).

- **Εγκύκλιοι Υπουργείου Ανάπτυξης Δ6/Φ1/οικ. 11947/9.7.2003, Δ6/Φ1/οικ. 11515/30.6.2004 και Δ6/Φ1/οικ. 20603/19.11.2004**

(Οτιδήποτε σχετικό με νόμους βρίσκεται στη σελίδα του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.)

Κεφάλαιο 2

2.1.1. Φωτοβολταϊκά Ηλιακά Συστήματα

2.1.2. Ανάπτυξη της Ηλιακής Ενέργειας στην Ελλάδα

Η αγορά ενέργειας στην Ελλάδα βρίσκεται στο προσκήνιο ραγδαίων εξελίξεων προσελκύοντας επενδυτές από όλο τον κόσμο. Με την ανάδειξη της Ελλάδας ως ενεργειακό κόμβο της Νοτιοανατολικής Ευρώπης, την απελευθέρωση της παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και μία δυναμική εκστρατεία με σκοπό οι ανανεώσιμες πηγές να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην παραγωγή ενέργειας, η χώρα βρίσκεται στο επίκεντρο σημαντικών αναπτυξιακών ευκαιριών.

Η ηλιακή-φωτοβολταϊκή ενέργεια πρόκειται να αποτελέσει έναν από τους πιο σημαντικούς παράγοντες του ενεργειακού προφίλ της Ελλάδας. Η Ελλάδα διαθέτει πλούσιο ηλιακό δυναμικό και εκτιμάται ότι η ηλιακή ενέργεια μπορεί να καλύψει το ένα τρίτο των ενεργειακών αναγκών της χώρας. Οι ειδικοί πιστεύουν ότι η αγορά θα αναπτυχθεί σημαντικά και η αξία της θα ξεπεράσει τα 4 δισεκατομμύρια Ευρώ στα επόμενα χρόνια.

Η Ελλάδα ενθαρρύνει την ανάπτυξη της ηλιακής θερμικής ενέργειας και μέχρι σήμερα πλήθος μικρών και μεσαίων εταιρειών έχουν επενδύσει στον τομέα αυτό. Ως αποτέλεσμα η σημερινή δυναμικότητα των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων στη χώρα έχει φτάσει τα 340 MW, ενώ αναμένεται να φτάσει περί τα 2.200 MW μέχρι το έτος 2020.

Μεταξύ των εταιρειών που έχουν επενδύσει στον τομέα ηλιακής ενέργειας στην Ελλάδα είναι οι γερμανικές Conergy και WPD, η γαλλική EDF-EEN, η αυστραλιανή Babcock & Brown, η ελληνική ΔΕΗ και ο ελληνο-ισπανικός όμιλος Ρόκας-Iberdrola. Επίσης, έχουν δημιουργηθεί σε όλη τη χώρα 5 μονάδες παραγωγής φωτοβολταϊκών πάνελ για να τροφοδοτούν την αγορά με τον κατάλληλο εξοπλισμό καθώς και μια μονάδα επεξεργασίας πυριτίου που χρησιμοποιείται για την κατασκευή των πάνελς. Οι επενδυτές αρχίζουν να διαπιστώνουν τις υψηλές προοπτικές της ηλιακής ενέργειας στην ελληνική αγορά. Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες που η ένταση της ακτινοβολίας βρίσκεται στο μέγιστο σημείο, αυξάνεται και η ζήτηση για ηλιακή ενέργεια, λόγω των εκατομμυρίων τουριστών. Επιπλέον, αυξάνονται οι ενεργειακές ανάγκες στις αγροτικές περιοχές και τα νησιά που είναι αναπτυσσόμενες περιοχές. Τέλος πολλοί κρατικοί φορείς, βιομηχανίες και τουριστικές μονάδες έχουν δείξει ενδιαφέρον για τη χρήση φωτοβολταϊκής ενέργειας.

2.1.3. Πλεονεκτήματα επενδύσεων στην Ηλιακή Ενέργεια

- Πλούσιο ηλιακό δυναμικό, από τα καλύτερα στην Ευρώπη,
- Προτεραιότητα στην πώληση της παραγόμενης ενέργειας στο διαχειριστή συστήματος,
- Υψηλές τιμές αγοράς της παραγόμενης ενέργειας (feed in tariffs),
- 20ετής συμφωνία αγοράς ενέργειας (Power Purchase Agreement, PPA),
- Ευνοϊκό, μακροπρόθεσμο νομικό πλαίσιο της Ελλάδας που διασφαλίζει την αξιοπιστία του επενδυτικού περιβάλλοντος.

Η ανάπτυξη του τομέα ΑΠΕ στην Ελλάδα διασφαλίζεται από θεσμικά δεσμευτικούς στόχους που απαιτούν την κατά 20% συμμετοχή των ΑΠΕ στην συνολική παραγόμενη ενέργεια μέχρι το 2020, και 40% στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

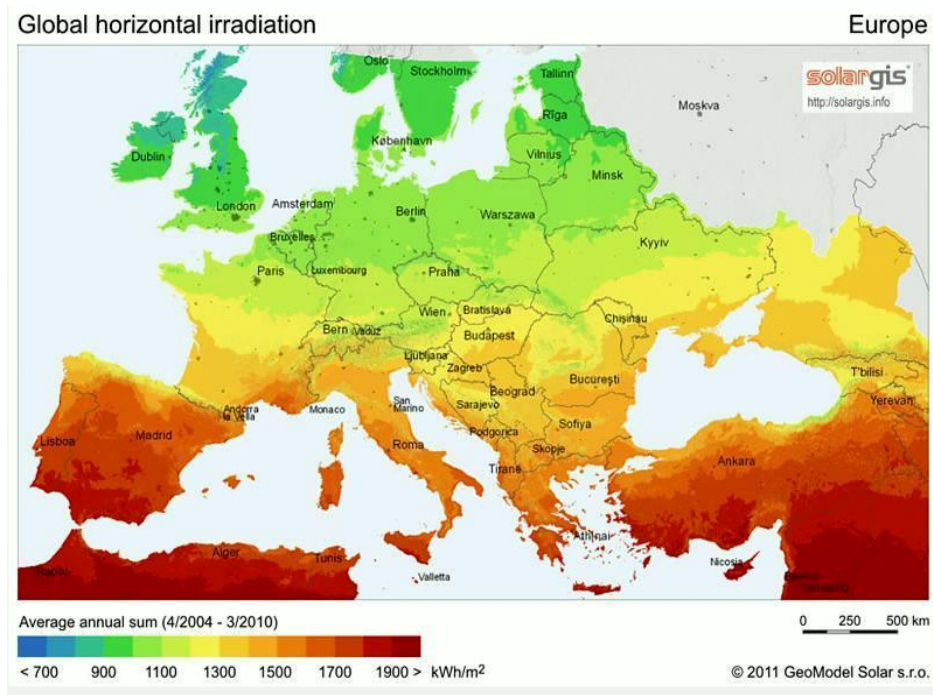
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι νέες τιμές συστήματος και η φθίνουσα εξέλιξή τους από τον Αύγουστο 2010.

Έτος-μήνας/ Ευρώ/MWh	Διασυνδεδεμένο Σύστημα		Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά	
	>100kW	≤100kW	>100kW	≤100kW
Φεβρουάριος 2010	400,00	450,00	450,00	500,00
Αύγουστος 2010	392,04	441,05	441,05	490,05
Φεβρουάριος 2011	372,83	419,43	419,43	466,03
Αύγουστος 2011	351,01	394,88	394,88	438,76
Φεβρουάριος 2012	333,81	375,53	375,53	417,26
Αύγουστος 2012	314,27	353,56	353,56	392,84
Φεβρουάριος 2013	298,87	336,23	336,23	373,59
Αύγουστος 2013	281,38	316,55	316,55	351,72
Φεβρουάριος 2014	268,94	302,56	302,56	336,18
Αύγουστος 2014	260,97	293,59	293,59	326,22
Από το 2015 και μετά για κάθε χρόνο (ν)	1,3 x μΟΤΣ(ν-1) 1,4xμΟΤΣ(ν-1)		1,4 x μΟΤΣ (ν-1) 1,5 x μΟΤΣ (ν-1)	

Πίνακας. Τιμές Πώλησης της Παραγόμενης Ενέργειας (Feed in Tariffs, FIT).

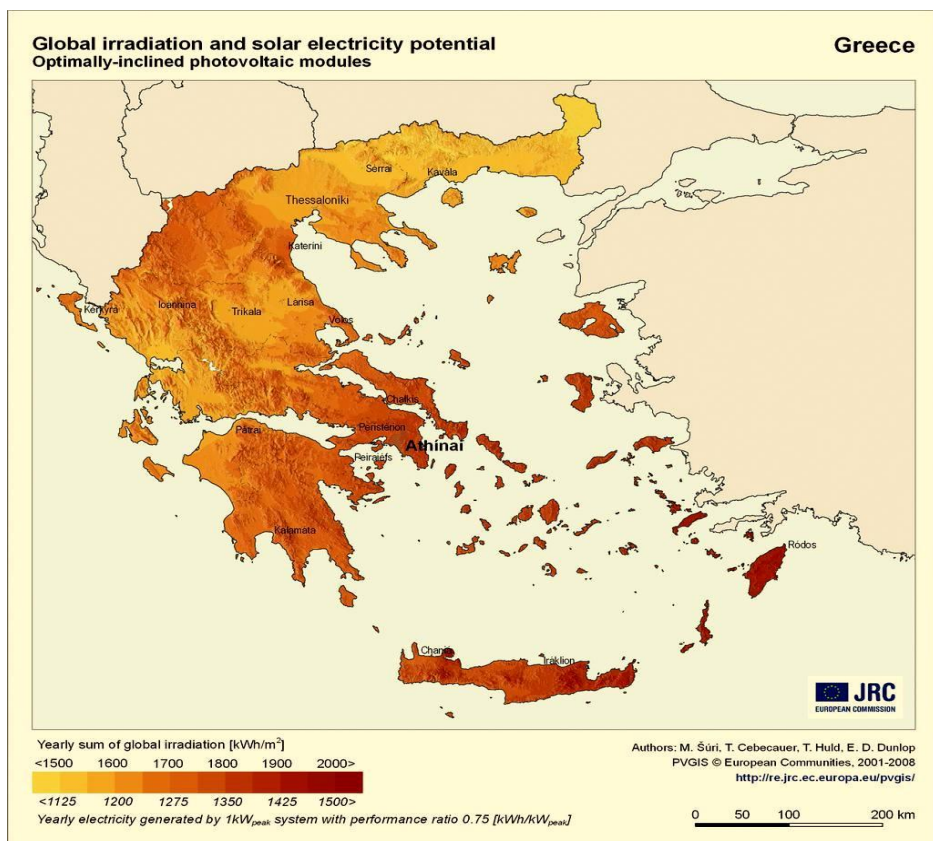
*μΟΤΣ: Μέση Οριακή Τιμή Συστήματος κατά το προηγούμενο έτος ν-1.

2.1.4. Χάρτης Ηλιοφάνειας για την Ευρώπη



Εικόνα. Χάρτης ηλιοφάνειας Ευρώπης

2.1.5. Χάρτης ηλιοφάνειας για την Ελλάδα



Εικόνα. Χάρτης ηλιοφάνειας Ελλάδας

2.1.6. Ηλιακή ακτινοβολία

2.1.7. Ηλιακή σταθερά G_{sc}

Η μονάδα μέτρησης της ηλιακής ακτινοβολίας είναι W/m^2 . Δηλαδή είναι ισχύς ανά μονάδα επιφανείας και η τιμή της είναι το μέτρο της έντασής της.

Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει ανά μονάδα επιφανείας και εκτός γήινης ατμόσφαιρας σε ένα επίπεδο που είναι κάθετο στις ηλιακές ακτίνες και βρίσκεται στη μέση απόσταση ήλιου-γης λέγεται ηλιακή σταθερά G_{sc} . Από πειραματικές μετρήσεις έχουν προταθεί διάφορες τιμές της ηλιακής σταθεράς. Μια τιμή που έχει προταθεί με αβεβαιότητα 1% είναι:

$$G_{sc} = 1367 \text{ W/m}^2$$

Επειδή η κίνηση της γης γύρω από τον ήλιο είναι ελλειπτική, η εκτός γήινης ατμόσφαιρας ακτινοβολία σε επίπεδο κάθετο στις ηλιακές ακτίνες G_{on} , μεταβάλλεται στη διάρκεια του έτους σύμφωνα με τη σχέση:

$$G_{on} = G_{sc} \{ 1 + 0.0033 \cos (360 \cdot n / 365) \}$$

όπου: n είναι οι ημέρες του έτους $n=1, 2, 3, \dots, 365$

G_{on} είναι η ακτινοβολία που δέχεται επίπεδο εκτός ατμόσφαιρας και κάθετο στις ακτίνες του Ήλιου.

2.1.8. Γεωγραφικό πλάτος του τόπου Φ

Το γεωγραφικό πλάτος του τόπου εκφράζει τη γωνία που σχηματίζει ο τόπος με τον ισημερινό και είναι:

$$-90^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$$

Η σωστή κλίση του ηλιακού συλλέκτη είναι περίπου ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου και κατά τη διεύθυνση του Νότου (στο βόρειο ημισφαίριο). Δηλαδή για τον Πόρο Τροιζινίας όπου εκεί θα τοποθετηθούν και οι συλλέκτες είναι $37^\circ 31' 07.86'' N$, $23^\circ 28' 39.71'' E$ ενώ για την Πάτρα ενδεικτικά είναι $38^\circ 15' N$, $21^\circ 44' E$. Υπάρχουν και εφαρμογές, όπου κρίνεται σκόπιμη η αναπροσαρμογή της κλίσης του συλλέκτη δύο ή περισσότερες φορές στη διάρκεια του έτους, ώστε να παρακολουθεί κάπως την απόκλιση του ήλιου.

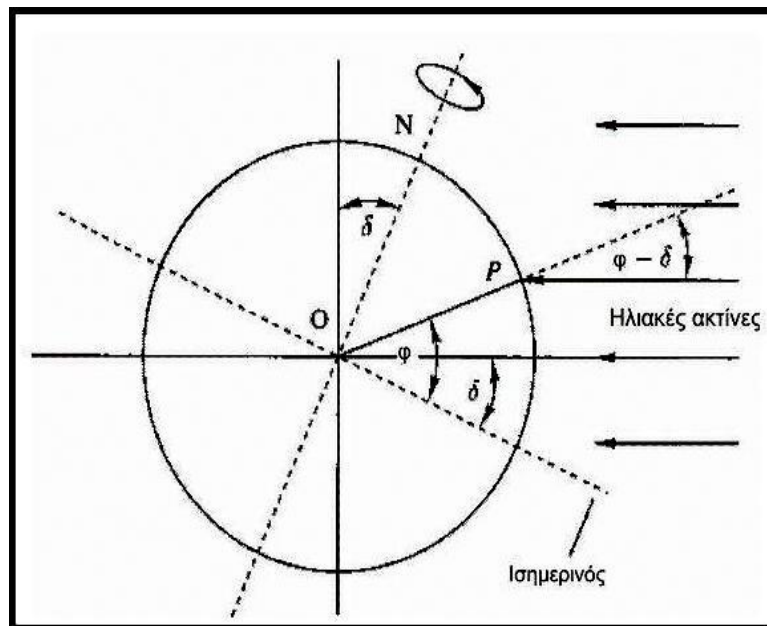
2.1.9. Απόκλιση του Ήλιου (δ)

Κατά τη διάρκεια ενός έτους, η θέση του ήλιου παίρνει πολύ διαφορετικές τιμές σαν αποτέλεσμα της μεταβολής της απόκλισης (δ), δηλαδή της γωνίας που σχηματίζεται ανάμεσα στη ευθεία που ενώνει το κέντρο της γης με το κέντρο του ήλιου, και στο επίπεδο του ισημερινού. Οι τιμές της απόκλισης του ήλιου είναι θετικές για το βόρειο ημισφαίριο και αρνητικές για το νότιο.

Οι ακραίες τιμές είναι :

- +23.45° στις 21 Ιουνίου (θερινό ηλιοστάσιο για το βόρειο ημισφαίριο)
- -23.45° στις 21 Δεκεμβρίου (χειμερινό ηλιοστάσιο).

Άμεση συνέπεια των διαφορετικών τιμών της απόκλισης του ήλιου κατά τη διάρκεια του έτους είναι οι κυκλικές τροχιές που διαγράφονται βορειότερα στο ουρανό το καλοκαίρι, με νωρίτερη ανατολή και αργότερη δύση στο βόρειο ημισφαίριο, ενώ το χειμώνα συμβαίνει το αντίθετο. Παράλληλα διαμορφώνονται οι αντίστοιχες μετεωρολογικές και κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν σε διάφορες εποχές του έτους. Ιδιαίτερα χρήσιμα μεγέθη για τη γενική εκτίμηση της καθημερινής και της εποχιακής διακύμανσης της ακτινοβολίας σε ένα τόπο, είναι η θεωρητική ηλιοφάνεια, δηλαδή το χρονικό διάστημα από την ανατολή μέχρι τη δύση του ήλιου, καθώς και η μέση πραγματική ηλιοφάνεια που δείχνει το μέσο όρο των ωρών που ο ήλιος δεν καλύπτεται από σύννεφα. Εξίσου χρήσιμα μεγέθη είναι, ο αριθμός των ημερών με ηλιοφάνεια, στη διάρκεια των οποίων ο ήλιος δεν καλύπτεται από σύννεφα, καθώς και των ανήλιων ημερών, που ο ήλιος καλύπτεται από σύννεφα σε ολόκληρο το διάστημα της ημέρας.



Εικόνα. Απόκλιση του Ήλιου (δ)

Η απόκλιση του ήλιου δίνεται από την εξίσωση:

$$\delta = 23.45^\circ \sin \left\{ 360 * (224 + n) / 365 \right\}$$

όπου n είναι η n-οστή ημέρα του έτους.

2.1.10. Ύψος και το αζιμούθιο του ηλίου

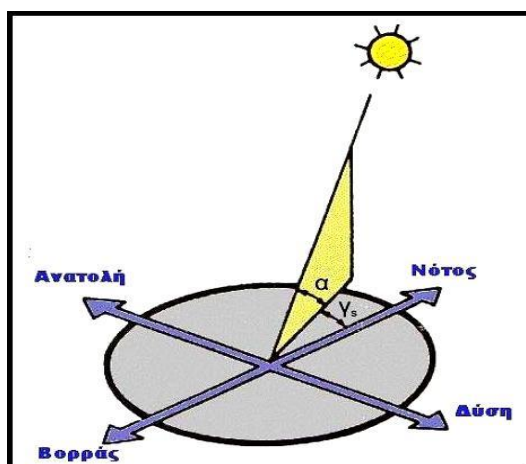
Η θέση του ήλιου στον ουρανό ενός τόπου περιγράφεται συνήθως τις οριζόντιες συντεταγμένες του: το ύψος του ήλιου (α) και το αζιμούθιο του ήλιου (γ).

Το ύψος του ήλιου (α) είναι η γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στην κατεύθυνση του ήλιου και στον ορίζοντα (ακολουθεί σχήμα).

Αζιμούθιο (γ) είναι η γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στη προβολή της κατεύθυνσης του ήλιου και στον τοπικό μεσημβρινό βορρά- νότου, με αρχή το Νότο για το βόρειο ημισφαίριο και έχει θετικές τιμές προς Δυσμάς και αρνητικές προς Ανατολάς. Ο όρος προέρχεται από την αραβική λέξη *assummut*, που σημαίνει κατεύθυνση. Κατά την διάρκεια της ημέρας, το ύψος του ήλιου και το αζιμούθιο μεταβάλλονται καθώς ο ήλιος διατρέχει τον ουρανό.

Το αζιμούθιο είναι:

- Για νότιο προσανατολισμό $\gamma=0^\circ$,
- Για γωνίες δυτικά από το νότο παίρνει θετικές τιμές,
- Για γωνίες ανατολικά από το νότο παίρνει αρνητικές τιμές.



Εικόνα. Το ύψος και το αζιμούθιο του Ηλίου.

Το μέγιστο ημερήσιο ύψος του Ήλιου, δηλαδή το ύψος κατά τη μεσημβρία, αλλάζει από μέρα σε μέρα. Για το βόρειο ημισφαίριο, σε πλάτος φ είναι $\alpha_{\max} = (90 - \varphi) \pm \delta$ όπου δ είναι η απόκλιση του ηλίου.

2.1.11. Ζενιθιακή γωνία του ηλίου

Αντί για το ύψος, χρησιμοποιείται επίσης συχνά η συμπληρωματική του γωνία, δηλαδή η γωνία ανάμεσα στην κατεύθυνση του ήλιου και στην κατακόρυφο, που ονομάζεται ζενιθιακή απόσταση (ή ζενιθιακή γωνία) του ήλιου (θ_z). Ζενίθ είναι το σημείο του ουρανού που συναντά η κατακόρυφος ενός τόπου, και ο όρος προέρχεται από την αραβική λέξη *Senit* που σημαίνει ευθεία οδός.

2.1.12. Ωριαία γωνία του ήλιου

Ορίζεται ως ωριαία γωνία (ω) του ήλιου, η γωνιακή απόσταση του ηλίου από το μεσημβρινό του τόπου και αλλάζει κάθε στιγμή λόγω της περιστροφής της γης περί τον άξονά της. Στην ηλιακή μεσημβρία $\omega=0^\circ$ ενώ κάθε ώρα η (ω) μεταβάλλεται κατά 15° . Τις πρωινές ώρες η (ω) είναι θετική (+) και κατά τις απογευματινές γίνεται αρνητική (-).

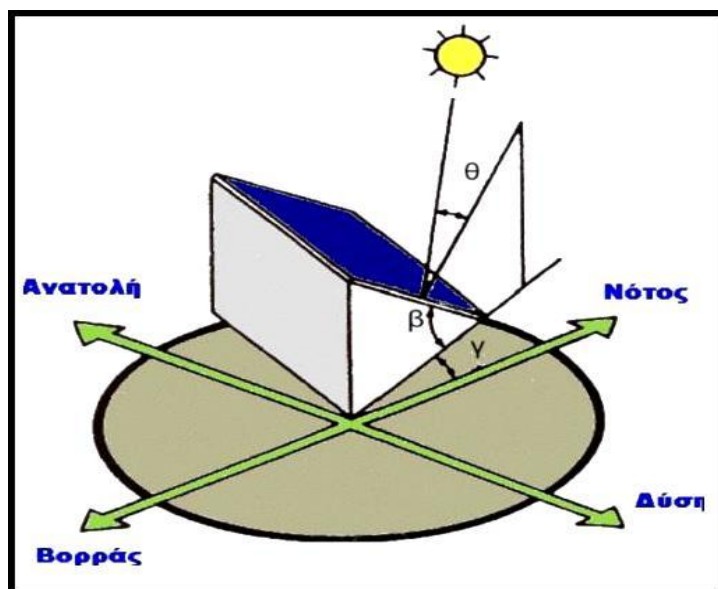
$$\Omega = \pm 0,25 * (\text{min από το ηλιακό μεσημέρι})$$

2.1.13. Προσανατολισμός του πλαισίου ή του συλλέκτη

Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία κάθε συστήματος που εκμεταλλεύεται την ηλιακή ενέργεια είναι ο προσανατολισμός του ηλιακού πλαισίου ή συλλέκτη σε σχέση με την κατεύθυνση της ηλιακής ακτινοβολίας. Όπως η θέση του ήλιου στον ουρανό, έτσι και ο προσανατολισμός ενός επιπέδου στην επιφάνεια της γης περιγράφεται από δύο γωνίες, την κλίση και την αζιμούθια γωνία. Η κλίση του συλλέκτη (β) είναι η διέδρη γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στο επίπεδο του συλλέκτη και στον ορίζοντα και μπορεί να πάρει τιμές από 0° μέχρι 180° . Για γωνίες $\beta > 90^\circ$ το επίπεδο του συλλέκτη είναι στραμμένο προς τα κάτω.

Η αζιμούθια γωνία του συλλέκτη (γ) είναι η γωνία που σχηματίζεται πάνω στο οριζόντιο επίπεδο ανάμεσα στην προβολή της κατακόρυφου του συλλέκτη και στον τοπικό μεσημβρινό βορρά - νότου. Παίρνει τιμές από -180° μέχρι $+180^\circ$. Η γωνία -180° (που συμπίπτει με την $+180^\circ$) αντιστοιχεί σε τοποθέτηση του συλλέκτη προς το βορρά, η γωνία -90° προς την ανατολή, η γωνία 0° προς το νότο και η γωνία $+90^\circ$ προς τη δύση.

Προφανώς, η πυκνότερη ισχύς μιας δέσμης ηλιακής ακτινοβολίας, πάνω σε ένα επίπεδο συλλέκτη θα πραγματοποιείται όταν η επιφάνεια του είναι κάθετη προς τη κατεύθυνση της ακτινοβολίας, δηλαδή όταν η γωνία πρόσπτωσης (θ) είναι 0° . Η συνθήκη όμως αυτή δεν είναι εύκολο να εξασφαλιστεί, καθώς ο ήλιος συνεχώς μετακινείται στον ουρανό κατά τη διάρκεια της ημέρας. Έχουν κατασκευαστεί μηχανικές διατάξεις που επαναπροσανατολίζουν συνεχώς τον συλλέκτη (π.χ. με τη βοήθεια υπολογιστή ή φωτοκύτταρων) ώστε η επιφάνεια του να αντικρίζει πάντα κάθετα τον ήλιο. Οι διατάξεις όμως αυτές είναι πολύπλοκες και αρκετά δαπανηρές για την όλη εγκατάσταση. Έτσι, η χρήση τους δικαιολογείται μόνον σε περιπτώσεις εφαρμογών, όπως στα συστήματα συγκεντρωμένης ακτινοβολίας με φακούς ή κάτοπτρα.



Εικόνα. Η κλίση του συλλέκτη και η γωνία των ηλιακών ακτινών.

Στις συνηθισμένες περιπτώσεις οι συλλέκτες τοποθετούνται σε σταθερή κλίση και αζιμούθια γωνία, που επιλέγονται ώστε η γωνία της πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας να είναι όσο το δυνατό μικρότερη, κατά τη διάρκεια του έτους. Η γωνία

πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας θ , συνδέεται με το αζιμούθιο του συλλέκτη γ , την κλίση του συλλέκτη β , το γεωγραφικό πλάτος του τόπου φ , την ωριαία γωνία ω του Ήλιου και την απόκλιση δ του Ήλιου, με την παρακάτω σχέση:

$$\cos\theta = \sin\delta * \sin\varphi * \cos\beta - \sin\delta * \cos\varphi * \sin\beta * \cos\gamma + \cos\delta * \cos\varphi * \cos\beta * \cos\omega + \cos\delta * \sin\varphi * \sin\beta * \cos\gamma * \cos\omega + \cos\delta * \sin\beta * \sin\omega * \sin\gamma$$

Οι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες χρησιμοποιούν την άμεση και τη διάχυτη ακτινοβολία και συνήθως τοποθετούνται υπό σταθερή κλίση και προσανατολισμό κατά τη διάρκεια του έτους. Η επιλογή του ευνοϊκού προσανατολισμού και της κλίσης του συλλέκτη είναι το σημαντικότερο μέτρο για τη βελτίωση του ηλιακού κέρδους. Η θέση του συλλέκτη (προσανατολισμός και κλίση) επηρεάζει την απόδοσή του κατά δύο τρόπους. Πρώτα επηρεάζει σημαντικά το ποσό της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει στην επιφάνεια του συλλέκτη. Ακόμα η θέση του συλλέκτη επηρεάζει τον συντελεστή διάβασης των διαφανών καλυμμάτων και τον συντελεστή απορρόφησης του απορροφητήρα, αφού οι δύο συντελεστές είναι συναρτήσεις της γωνίας που η ακτινοβολία προσπίπτει στην επιφάνεια του συλλέκτη.

Γενικά η μεγαλύτερη ποσότητα της ηλιακής ενέργειας, λαμβάνεται σε μία νότια προσανατολισμένη κλίση (για το βόρειο ημισφαίριο της Γης). Εάν η επιφάνεια του συλλέκτη δεν αντικρίζει ακριβώς το νότο, το ποσό της ωφέλιμης ενέργειας, μειώνεται ελαφρά σε μία γωνία 30° ανατολικά, δυτικά ή νότια. Η κλίση για συστήματα που λειτουργούν όλο το χρόνο είναι 45° ενώ αντίθετα για συστήματα που λειτουργούν καλοκαιρινούς μήνες π.χ. ξενοδοχεία, η κλίση λαμβάνεται μικρότερη περίπου 25° . Έτσι είναι δυνατόν να αξιολογηθεί ορθά η εγκατάσταση ηλιακών συστημάτων (π.χ. ηλιακοί συλλέκτες), ώστε να βελτιστοποιηθεί η απόδοσή τους.

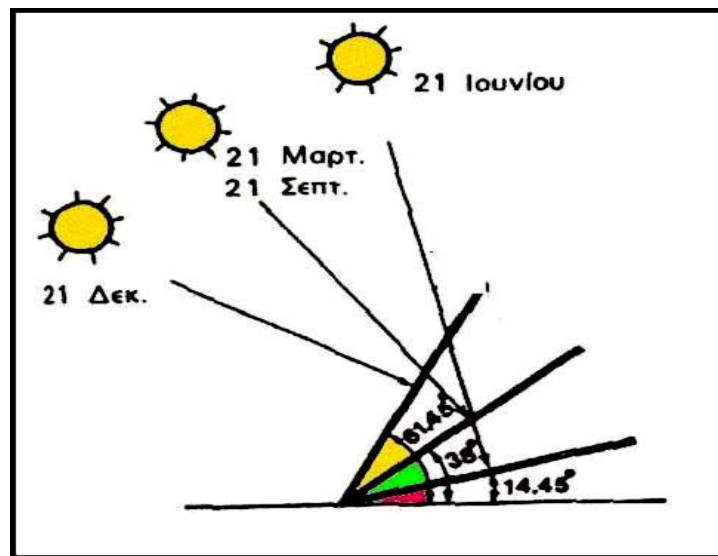
2.1.14. Πρακτικοί κανόνες για την μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία πάνω στον συλλέκτη

Στο βόρειο ημισφαίριο, η βέλτιστη κλίση του συλλέκτη, για τη διάρκεια του έτους, είναι ίση με τον γεωγραφικό παράλληλο του τόπου, και η αζιμούθια γωνία είναι 0° (προς το νότο). Λόγω όμως της μεταβολής της απόκλισης του ήλιου στη διάρκεια του έτους, η βέλτιστη κλίση του συλλέκτη είναι διαφορετική για κάθε εποχή. Έτσι εάν επιδιώκεται να παράγει το σύστημα όσο το δυνατόν περισσότερη ενέργεια στη διάρκεια του καλοκαιριού, η κλίση του συλλέκτη επιλέγεται περίπου 10° ως 15° μικρότερη από την παράλληλο του τόπου, ενώ για τον χειμώνα η κλίση επιλέγεται περίπου 10° ως 15° μεγαλύτερη από την παράλληλο του τόπου.

Μέγιστη ακτινοβολία θα έχουμε όταν :

- Η βέλτιστη γωνία κλίσης (β) θα πρέπει να είναι περίπου ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου (φ),
- Κατά την διάρκεια της θερινής περιόδου: Η βέλτιστη γωνία κλίσης (β) πρέπει να είναι περίπου 10° - 15° μικρότερη από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου (φ),
- Κατά την διάρκεια της χειμερινής περιόδου: Η βέλτιστη γωνία κλίσης (β) πρέπει να είναι περίπου 10° - 15° μεγαλύτερη από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου (φ). Αν στο έδαφος υπάρχει επιφάνεια με μεγάλο συντελεστή ανάκλασης (π.χ. χιόνι) απαιτείται μεγαλύτερη κλίση,

- Ο βέλτιστος προσανατολισμός (αζιμούθιο γ) είναι νότιος ($\gamma=0^\circ$), ενώ απόκλιση κατά 20° - 30° από νότο έχει μικρή επίδραση στην ετήσια συλλεγόμενη ενέργεια.



Εικόνα. Βέλτιστες κλίσεις του συλλέκτη

Τα παραπάνω ισχύουν για τη συλλογή της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας που έρχεται σαν δέσμη από τον ήλιο. Για τις άλλες, από ενεργειακή άποψη λιγότερο σημαντικές, μορφές της ηλιακής ακτινοβολίας, ο κυριότερος παράγοντας είναι η απόλυτη τιμή της κλίσης του συλλέκτη, ανεξάρτητα από τη θέση του ήλιου. Έτσι, όσο η κλίση απέχει περισσότερο από το οριζόντιο, τόσο μεγαλύτερο ποσό ανακλώμενης ακτινοβολίας από το έδαφος δέχεται ο συλλέκτης, αλλά και τόσο μικρότερο ποσό διάχυτης ακτινοβολίας από τον ουρανό.

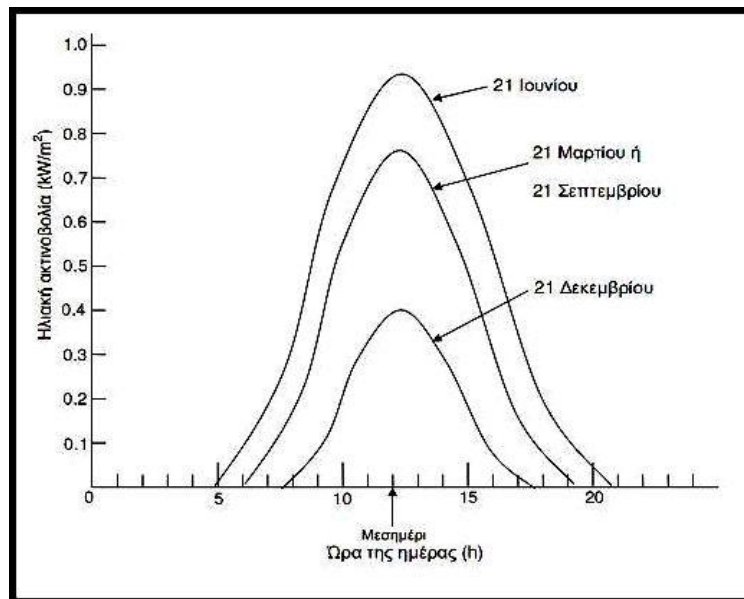
Για παράδειγμα, σε περιοχές με υγρό κλίμα, όπου λόγω των σταγονιδίων του νερού στην ατμόσφαιρα, ένα μεγάλο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας διαχέεται στον ουρανό, η βέλτιστη κλίση του ηλιακού συλλέκτη για τη διάρκεια ολόκληρου του έτους είναι περίπου 10 – 15 % μικρότερη από τη γωνία του τοπικού γεωγραφικού πλάτους. Έτσι, ο συλλέκτης αντικρίζει περισσότερο τον ουρανό και δέχεται αφθονότερα τη διάχυτη ακτινοβολία.

Η ποσότητα της ανακλώμενης ηλιακής ακτινοβολίας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το υλικό που καλύπτει την επιφάνεια που δέχεται την ακτινοβολία. Η ικανότητα της ανάκλασης εκφράζεται από ένα συντελεστή που κυμαίνεται από 0, για πλήρη απορρόφηση της ακτινοβολίας, μέχρι 1, για πλήρη ανάκλαση. Ενδεικτικά σε επιφάνεια νερού ο συντελεστής ανάκλασης είναι 0.05, σε πράσινο αγρό 0.15 και σε χιόνι 0.6.

2.1.15. Η διακύμανση της ηλιακής ακτινοβολίας

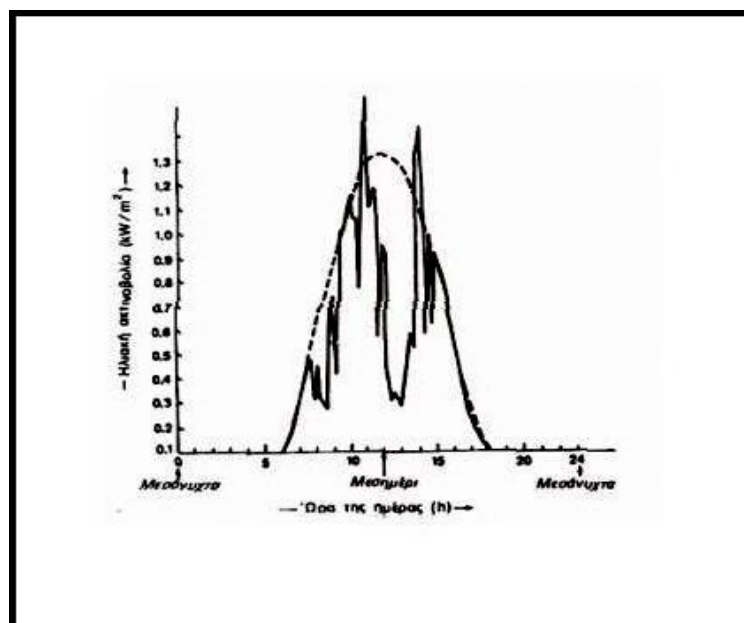
Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η ηλιακή ακτινοβολία παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις. Στο παρακάτω σχήματα φαίνονται παραδείγματα της ομαλής μεταβολής της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας για 3 ενδεικτικές ημερομηνίες (καλοκαίρι, άνοιξη και φθινόπωρο, χειμώνα), σε συνθήκες ιδανικά καθαρού ουρανού. Χαρακτηριστικό μέγεθος είναι η τιμή της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας (ένταση αιχμής), που μετράται στο ηλιακό μεσημέρι, δηλαδή

όταν ο ήλιος βρίσκεται στο μεγαλύτερο ύψος του ορίζοντα, το οποίο δεν είναι αναγκαστικό να συμπίπτει με το ωρολογιακό μεσημέρι.



Εικόνα. Διακύμανση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται μία οριζόντια επιφάνεια στη διάρκεια τριών χαρακτηριστικών ημερών του έτους.

Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται μια επίπεδη επιφάνεια γίνεται σημαντικά μεγαλύτερη όταν βρίσκεται σε κατάλληλη κλίση, ώστε η πρόσπτωση των ακτίνων να γίνεται κάθετα. Στην περίπτωση αυτή, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η μέγιστη ισχύς της ακτινοβολίας το ηλιακό μεσημέρι, στις ευνοϊκότερες ημέρες του έτους, δεν διαφέρει παρά πολύ από τόπο σε τόπο και η τιμή 1 kW/m^2 αποτελεί μια πολύ χονδρική, αλλά πάντως γενικά αποδεκτή προσέγγιση.



Εικόνα. Διακύμανση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας στη διάρκεια των ωρών μιας ημέρας με μερική νέφωση.

Όταν ο ουρανός έχει σύννεφα, η μεταβολή της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια της γης γίνεται ανώμαλη. Οι παρατηρούμενες απότομες πτώσεις της έντασης οφείλονται στην παρεμβολή ενός νέφους που μετακινεί ο άνεμος. Επίσης, το γρήγορο πέρασμα ενός σμήνους πουλιών ή ενός αεροπλάνου μέσα από τη δέσμη του ηλιακού φωτός που δέχεται ο συλλέκτης, καταγράφεται σε μία πολύ οξεία στιγμιαία πτώση της έντασης της ακτινοβολίας. Παρατηρούμε, ακόμη, εξάρσεις που ξεπερνούν τις κανονικές τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας σε συνθήκες καθαρού ουρανού. Προφανώς στα αντίστοιχα χρονικά διαστήματα θα συμβαίνει αθροιστική επίδραση της άμεσης ακτινοβολίας από τον ήλιο, μέσα από ένα άνοιγμα των νεφών, και της ανακλώμενης από τα σύννεφα.

Στη διάρκεια του έτους, στο βόρειο ημισφαίριο, ο αριθμός των φωτεινών ωρών της ημέρας, η μέγιστη ισχύς, καθώς και συνολική ημερήσια ενέργεια που δέχεται μια οριζόντια επιφάνεια, φτάνουν στις μέγιστες τιμές τους στις 21 Ιουνίου (θερινό ηλιοστάσιο) και πέφτουν στις αντίστοιχες ελάχιστες τιμές τους στις 21 Δεκεμβρίου (χειμερινό ηλιοστάσιο). Στις επιφάνειες όμως, π.χ. που βρίσκονται σε κλίση ίση με τον γεωγραφικό παράλληλο του τόπου, η μέγιστη τιμή της ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας είναι στα ηλιακά μεσημέρια των ισημεριών (21 Μαρτίου και 21 Σεπτεμβρίου), διότι τότε δέχονται κάθετα τις ακτίνες του ήλιου.

2.1.16. Διαπερατότητα της ακτινοβολίας

Η διαπερατότητα, η ανακλαστικότητα και η απορροφητικότητα της ηλιακής ακτινοβολίας από τα ποικίλα μέρη ενός ηλιακού συλλέκτη, είναι σπουδαίοι παράμετροι για τον προσδιορισμό της απόδοσης του ηλιακού συλλέκτη. Οι τρεις αυτές παράμετροι αποτελούν λειτουργίες της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας και εξαρτώνται τόσο από τον συντελεστή απόσβεσης K όσο και από το μήκος κύματος της ακτινοβολίας.

2.1.17. Μέση μηνιαία απορροφούμενη ακτινοβολία

Μέθοδοι υπολογισμού της απόδοσης ηλιακών συστημάτων, για μακρά χρονική περίοδο, απαιτούν τον μέσο όρο της απορροφούμενης ακτινοβολίας από τον συλλέκτη, υπολογισμένη σε μηνιαίες περιόδους.

Η διαπερατότητα και η απορροφητικότητα εξαρτώνται από τη γωνία κατά την οποία η ηλιακή ακτινοβολία χτυπά τον συλλέκτη. Ο Klein ήταν ο πρώτος που υπολόγισε τη μέση μηνιαία απορροφούμενη ακτινοβολία από έναν συλλέκτη. Η εξίσωση υπολογισμού είναι:

$$S = H_r (t_a) = HR (t_a)$$

όπου S : απορροφούμενη ηλιακή ακτινοβολία [MJ/m^2],

H : η μέση μηνιαία τιμή της ολικής ακτινοβολίας σε κεκλιμένο συλλέκτη [MJ/m^2].

2.2. Ηλιακοί συλλέκτες

Η καρδιά κάθε θερμικού ηλιακού συστήματος είναι ο ηλιακός συλλέκτης. Υπάρχουν διάφοροι τύποι συλλεκτών, από τους οποίους οι επίπεδοι είναι οι περισσότερο χρησιμοποιούμενοι. Ένας τυπικός ηλιακός συλλέκτης αποτελείται από ένα μονωμένο μεταλλικό πλαίσιο, που περιέχει μία απορροφητική επιφάνεια και σωλήνες κάτω από ένα ή περισσότερα διαφανή καλύμματα.

Το θερμαινόμενο μέσο ρέει στους σωλήνες αυτούς, οι οποίοι είτε είναι ενσωματωμένοι, είτε τοποθετούνται επάνω στην απορροφητική επιφάνεια του συλλέκτη. Οι απορροφητικές επιφάνειες είναι συνήθως μεταλλικές, από σίδηρο ή χαλκό, και βαμμένες με μαύρη βαφή. Αντί αυτής μπορεί να χρησιμοποιηθεί ειδική επιλεκτική επίστρωση, η οποία έχει τη δυνατότητα να αξιοποιεί την ηλιακή ακτινοβολία αποδοτικότερα, τότε οι συλλέκτες ονομάζονται επιλεκτικοί.

Ένα μέρος της απορροφούμενης από το συλλέκτη ηλιακής ακτινοβολίας αποβάλλεται υπό μορφή θερμότητας προς το περιβάλλον, εξαιτίας των θερμικών απωλειών του. Αυτές είναι τόσο μεγαλύτερες όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία του ρευστού, σε σχέση με αυτή του περιβάλλοντος, και, προκειμένου να ελαττωθούν, τοποθετείται μόνωση στο οπίσθιο και τα πλευρικά μέρη του μεταλλικού κελύφους, μέσα στο οποίο εδράζεται η επιφάνεια απορρόφησης.

Για θερμοκρασίες του νερού χρήσης από 60°C έως 70°C μπορούν να χρησιμοποιηθούν απλοί ή επιλεκτικοί επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες. Όταν απαιτούνται θερμοκρασίες της τάξης των 90 °C, χρησιμοποιούνται συλλέκτες κενού, οι οποίοι αποτελούνται από γυάλινους σωλήνες κενού που περιέχουν τον απορροφητή. Με αυτό τον τρόπο, ελαχιστοποιούνται οι απώλειες προς το περιβάλλον και επιτυγχάνονται μεγαλύτερες θερμοκρασίες λειτουργίας.

Συλλέκτες που κατασκευάζονται από απλούς πλαστικούς μαύρους σωλήνες, χωρίς γυάλινο κάλυμμα, χρησιμοποιούνται για να θερμαίνονται πισίνες τις εποχές εκείνες του έτους που τόσο η ηλιακή ακτινοβολία, όσο και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι υψηλές, ενώ η επιθυμητή θερμοκρασία του νερού χρήσης είναι εν γένει χαμηλή. Στην περίπτωση αυτή, η απόδοση του ηλιακού συλλέκτη δεν χρειάζεται να είναι ιδιαίτερα υψηλή, καθώς οι απώλειες προς το περιβάλλον είναι μικρές. Αυτή είναι η απλούστερη μορφή ηλιακού συλλέκτη και χαρακτηρίζεται από σχετικά χαμηλό κόστος.

Οι συλλέκτες εγκαθίστανται με νότιο ή ελαφρώς αποκλίνοντα από αυτόν προσανατολισμό, όσον αφορά τις χώρες του βόρειου ημισφαιρίου, και με σταθερή κλίση ως προς τον ορίζοντα, η οποία εξαρτάται από τη χρήση τους. Για χρήση του συστήματος καθ' όλο το χρόνο, συνιστάται η κλίση τους να είναι ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου. Για χρήση μόνο κατά τους θερινούς μήνες, είναι προτιμότερο οι συλλέκτες να εγκαθίστανται σχεδόν οριζόντιοι, ώστε να γίνεται έτσι καλύτερη εκμετάλλευση του θερινού ήλιου, ο οποίος βρίσκεται ψηλά στον ουρανό.

Θερμαίνοντας νερό με τη βοήθεια ενός ηλιακού συλλέκτη επιφανείας ενός τετραγωνικού μέτρου, εξοικονομούνται από 200 έως 600 KWh ηλεκτρικής ενέργειας ετησίως, για τις ελληνικές μετεωρολογικές συνθήκες. Στο ποσό της ενέργειας που εξοικονομείται εξαρτάται πρωτίστως από τη γεωγραφική περιοχή στην οποία είναι εγκατεστημένο το σύστημα, καθώς και από τον τύπο του συλλέκτη που χρησιμοποιείται. σημασία έχουν, επίσης, ο τρόπος και ο χρόνος, κατά τη διάρκεια της ημέρας, που καταναλώνεται το ζεστό νερό.

Ως γενικός κανόνας, μπορεί να λεχθεί ότι, όπως έχει προκύψει από την πολυετή εμπειρία εγκατάστασης και χρήσης των συστημάτων αυτών, αρκούν τα 2 τετραγωνικά μέτρα επίπεδων ηλιακών συλλεκτών για να καλυφθούν οι ανάγκες σε

ζεστό νερό μιας οικογένειας των 2 ατόμων. Για κάθε επιπλέον άτομο απαιτούνται τα 3/4 του τετραγωνικού μέτρου επιπρόσθετης συλλεκτικής επιφάνειας.



Εικόνα. Επίπεδος ηλιακός συλλέκτης

2.2.1. Αξιοποίηση των Θερμικών Ηλιακών Συστημάτων

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα μπορούν να καλύψουν μια ποικιλία από χρήσεις, καθώς επίσης και ένα μεγάλο εύρος από μεγέθη εγκατάστασης. Η κυρίαρχη εφαρμογή τους αυτήν τη στιγμή, τόσο στην Ελλάδα όσο και παγκοσμίως, είναι η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, για κατοικίες, δημόσια κτίρια, ξενοδοχεία ή ολόκληρα οικιστικά συγκροτήματα. Εφαρμόζονται όμως και οπουδήποτε αλλού απαιτείται η θέρμανση κάποιου μέσου, προκειμένου αυτό να χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια για οποιαδήποτε θερμική εφαρμογή. Τέλος, σε συνδυασμό με κάποιο ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος υπάρχει δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, με τη βοήθεια ειδικών τύπων των θερμικών ηλιακών συστημάτων.

Σε μια χώρα με κλιματολογικές συνθήκες όπως αυτές της Ελλάδας, η χρήση της βοηθητικής πηγής ενέργειας περιορίζεται κυρίως σε κάποιες μέρες του χειμώνα. Αυτός είναι και ο λόγος που περισσότερες από 60.000 ελληνικές οικογένειες καλύπτουν με ηλιακούς θερμοσίφωνες το σύνολο σχεδόν των αναγκών τους σε ζεστό νερό χρήσης. Ο αριθμός αυτός μεγαλώνει διαρκώς, καθώς σήμερα στη χώρα μας πωλούνται ετησίως πάνω από 50.000 ηλιακοί θερμοσίφωνες.

Η αρχή λειτουργίας ενός οικιακού θερμοσίφωνικού συστήματος είναι απλή. Στο νερό θερμαίνεται στο συλλέκτη, διαστέλλεται και γίνεται ελαφρύτερο από το χαμηλότερης θερμοκρασίας νερό της δεξαμενής. Αυτή η διαφορά στην πυκνότητα του νερού έχει ως αποτέλεσμα τη φυσική κυκλοφορία του μέσω του συλλέκτη και τη μεταφορά του θερμού νερού στην αποθηκευτική δεξαμενή της οποίας το ψυχρότερο νερό αντικαθιστά το ζεσταμένο στο συλλέκτη, συνεχίζοντας κατά αυτόν τον τρόπο την κυκλοφορία του.

Απαραίτητη προϋπόθεση, προκειμένου να είναι εφικτή η φυσική κυκλοφορία του νερού, είναι η αποθηκευτική δεξαμενή να είναι τοποθετημένη σε υψηλότερο από τους συλλέκτες σημείο. Στο ευνοϊκό ελληνικό κλίμα επιτρέπει την τοποθέτηση της

δεξαμενής στις οροφές των κατοικιών χωρίς μεγάλες απώλειες θερμότητας από το θερμό νερό προς το περιβάλλον. Αυτή είναι και η πιο κοινή λύση, που χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά στους ηλιακούς θερμοσίφωνες.

Σε περιπτώσεις όπου δεν είναι δυνατή ή επιθυμητή η εγκατάσταση της δεξαμενής στην οροφή ενός κτιρίου, το κρύο νερό της δεξαμενής μεταφέρεται στους συλλέκτες με τη βοήθεια μιας αντλίας. Η αντλία αυτή ελέγχεται από κατάλληλο σύστημα αυτοματισμού το οποίο τη θέτει σε λειτουργία όταν η θερμοκρασία νερού στο συλλέκτη είναι μεγαλύτερη από αυτή της δεξαμενής.

Πέρα από την οικιακή χρήση, που είναι και η πιο διαδεδομένη σήμερα, θερμικά ηλιακά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν οπουδήποτε απαιτείται θερμότητα χαμηλής θερμοκρασιακής στάθμης. Έτσι για παράδειγμα η χρήση της ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή ψύξης, για κλιματισμό χώρων, κατάψυξη προϊόντων και άλλες εφαρμογές, εμφανίζει σημαντικές προοπτικές, λόγω της αυξημένης ηλιακής ακτινοβολίας που υφίσταται ακριβώς την εποχή που απαιτείται η ψύξη.

Στην περίπτωση που για την κάλυψη των αναγκών σε ψύξη επιλεγεί ως λύση ένα θερμικό ηλιακό σύστημα, η συλλεγόμενη θερμότητα τροφοδοτεί ψυκτικές μηχανές κύκλου απορρόφησης, προκειμένου να αυξηθεί η πίεση και η θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου όταν αυτό βρίσκεται σε αέρια φάση. Σε γνωστά σε όλους ψυγεία τύπου camping λειτουργούν με βάση αυτήν την αρχή, η οποία σήμερα εφαρμόζεται και σε μεγαλύτερες έως πολύ μεγάλες μονάδες.

Εξάλλου, είναι δυνατόν η διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια να καταστεί εκμεταλλεύσιμη όχι μόνο για την ψύξη, αλλά και για την θέρμανση χώρων, όποτε αυτό απαιτείται. Έτσι, κατά τη διάρκεια του χειμώνα, τις ημέρες και ώρες που υπάρχει ηλιοφάνεια συλλέγεται θερμότητα, η οποία αποθηκεύεται και, εν συνεχεία, χρησιμοποιείται τις νυχτερινές ώρες ή όταν η ηλιοφάνεια δεν επαρκεί, προκειμένου να καλύπτονται τα απαιτούμενα θερμικά φορτία. Στα συστήματα αυτά είναι οικονομικά όταν ο χειμώνας διαρκεί αρκετούς μήνες, όπως συμβαίνει στη βόρεια Ευρώπη ή και κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, όταν γίνεται εκμετάλλευση της συλλεγόμενης θερμότητας και για άλλες χρήσεις.

Τέλος, τα θερμικά ηλιακά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Για να επιτευχθούν οι μεγάλες σχετικά θερμοκρασίες που απαιτούνται για το σκοπό αυτό, η ηλιακή ακτινοβολία πρέπει με κάποιο τρόπο να συγκεντρωθεί σε ένα σημείο της συλλεκτικής επιφάνειας ή σε κάποια σχετικά μικρής έκτασης περιοχή της.

Οι κυριότερες τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί είναι:

- Τα συστήματα παραβολικών κοίλων,
- Τα συστήματα πύργου ισχύος (ή ηλιακού πύργου),
- Τα συστήματα δίσκου / μηχανής.

2.2.2. Η κατάσταση στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα δεν έχουν ακόμα εγκατασταθεί τέτοιες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής, αν και ο κλάδος των θερμικών ηλιακών συστημάτων είναι ιδιαίτερα δραστήριος. Πράγματι, πέρα από τον πολύ μεγάλο αριθμό ηλιακών θερμοσίφωνων που είναι εγκατεστημένοι σε κατοικίες, η χρήση των θερμικών ηλιακών συστημάτων είναι διαδεδομένη και σε εγκαταστάσεις με αναλογικά πολύ υψηλότερες ανάγκες, όπως είναι τα ξενοδοχεία, τα νοσοκομεία ή τα αθλητικά κέντρα.

Στα τέλη του 2002 η Ελλάδα είχε κάτι λιγότερο από 3 εκατομμύρια τετραγωνικά μέτρα συλλεκτών (με ποσοστό διείσδυσης περί το 30 %) και τον υψηλότερο δείκτη χρήσης ηλιακών ανά κάτοικο στην Ευρωπαϊκή Ένωση, περίπου 265 m² ανά 100 κατοίκους. Η ανάπτυξη του κλάδου τα τελευταία χρόνια είναι αλματώδης, ενώ γίνονται προσπάθειες για την περαιτέρω διάδοση της χρήσης των συστημάτων αυτών μέσω, μεταξύ άλλων, της εγκατάστασης καινοτόμων και επιδεικτικών εφαρμογών.

Το Ηλιακό Χωριό είναι ένας οικισμός του Οργανισμού Εργατικής Κατοικίας που, στα πλαίσια διακρατικής ελληνογερμανικής συνεργασίας, κατασκευάστηκε το 1988 στην Πεύκη Αττικής και αποτελεί τη μεγαλύτερη από τις πιλοτικές εφαρμογές μαζικής χρήσης θερμικών και άλλων ηλιακών συστημάτων που έχουν αναπτυχθεί στη χώρα μας.



Εικόνα Ηλιακό χωριό στην Πεύκη Αττικής

Στο Ηλιακό Χωριό εγκαταστάθηκαν, μετρήθηκαν και αξιολογήθηκαν επί σειρά ετών επίπεδοι συλλέκτες, συλλέκτες αέρα και κενού, αλλά και διάφορα συστήματα αποθήκευσης και διανομής του ζεστού νερού για απευθείας χρήση ή θέρμανση κατοικιών το χειμώνα. Ιδιαίτερο βάρος δόθηκε στη μελέτη των κεντρικών συστημάτων, που εξυπηρετούν ομάδες κατοικιών ή/και το σύνολο του οικισμού.

Κεντρικά, ονομάζονται τα θερμικά ηλιακά συστήματα που παρέχουν μεγάλες ποσότητες ζεστού νερού, ικανές να καλύψουν τις ανάγκες μεγάλων συγκροτημάτων ή ομάδων μικρότερων καταναλωτών. Τα συστήματα αυτά αποτελούνται από ένα πεδίο συλλεκτών, δεξαμενές κεντρικής αποθήκευσης της συλλεγόμενης θερμότητας, εναλλάκτες, κυκλοφορητές και αυτοματισμούς. Το μεγάλο τους πλεονέκτημα είναι ότι χάρη στο μεγαλύτερό τους μέγεθος, μπορούν να αντιμετωπίσουν αποδοτικότερα τις διακυμάνσεις στη ζήτηση ζεστού νερού που παρουσιάζει ο κάθε χρήστης μεμονωμένα.

Σε ένα από τα κτιριακά συγκροτήματα του Ηλιακού Χωριού, οι συλλεγόμενοι από συλλέκτες κενού θερμότητα αποθηκεύεται, καθ' όλη τη διάρκεια του καλοκαιριού σε μια μεγάλη υπόγεια δεξαμενή, σε θερμοκρασία μέχρι και 90C°, και καταναλώνεται το χειμώνα για τη θέρμανση των κατοικιών και την κάλυψη των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης. Τα ηλιακά συστήματα που εγκαταστάθηκαν στο Ηλιακό Χωριό, λειτουργούν εδώ και μια δεκαετία εξοικονομώντας σημαντικά ποσά συμβατικών καυσίμων και εξασφαλίζοντας υψηλό επίπεδο εξυπηρέτησης στους

χρήστες τους. Αποδεικνύεται έτσι εμπράκτως ότι είναι δυνατή η αποτελεσματική και ταυτόχρονα οικονομικά βιώσιμη χρήση των συστημάτων αυτών σε ευρεία κλίμακα στην Ελλάδα.

Σημαντικός αριθμός κεντρικών ηλιακών συστημάτων χρησιμοποιείται σήμερα σε εμπορικές εφαρμογές, στην Ελλάδα, τα περισσότερα από αυτά βρίσκονται εγκατεστημένα σε ξενοδοχεία, σχολεία ή/και νοσοκομεία και συμβάλλουν στην κάλυψη μεγάλου ποσοστού των ενεργειακών αναγκών τους για την παραγωγή ζεστού νερού.

Μάλιστα, σε αρκετά από αυτά, δεν καταναλώνονται καθόλου συμβατικά καύσιμα για το σκοπό αυτό, με αποτέλεσμα να εξοικονομούνται μεγάλες ποσότητες καυσίμων και να μειώνονται σημαντικά οι εκπομπές ρύπων προς το περιβάλλον.

Από την άλλη, οι μεγάλες ποσότητες ζεστού νερού που χρειάζονται τα κολυμβητήρια, για τις ανάγκες θέρμανσης της πισίνας, αλλά και τα γυμναστήρια, τα γήπεδα και οι άλλες αθλητικές εγκαταστάσεις, για τις ανάγκες των αθλητών σε ζεστό νερό, μπορούν άνετα να εξασφαλισθούν με την εγκατάσταση κατάλληλα διαστασιολογημένων κεντρικών ηλιακών συστημάτων. Στην περίπτωση αυτή, πέρα από τη σημαντική βελτίωση στο επίπεδο εξυπηρέτησης των αθλητών οι λογαριασμοί καυσίμων και ηλεκτρικού ρεύματος μπορούν να μειωθούν πάρα πολύ.

Μια τέτοια εγκατάσταση, 300 τετραγωνικών μέτρων επιπέδων ηλιακών συλλεκτών, βρίσκεται σε λειτουργία στο στάδιο Ειρήνης και Φιλίας και καλύπτει τις ανάγκες σε ζεστό νερό του κόσμου που το χρησιμοποιεί. Με συσκευές τηλεμέτρησης, που τοποθετήθηκαν από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, παρακολουθήθηκε για μεγάλο χρονικό διάστημα η λειτουργία του συστήματος και επιβεβαιώθηκε στην πράξη η αποδοτική λειτουργία του.

2.2.3. Συμπεράσματα σχετικά με τα Θερμικά Ηλιακά Συστήματα

Οι εφαρμογές στις οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα θερμικά ηλιακά συστήματα είναι πολλές. Το μεγαλύτερο μέρος των αναγκών ενός χρήστη σε ζεστό νερό μπορεί να καλυφθεί από τέτοια συστήματα, σε συνδυασμό με κάποιο συμβατικό σύστημα για τις ανάγκες αιχμής ή τις περιόδους περιορισμένης ηλιοφάνειας, σε χώρες όπως η Ελλάδα η περίοδος απόσβεσης είναι αρκετά μικρή ώστε η επένδυση να γίνεται ελκυστική.

Παρότι το κόστος αγορά και εγκατάστασης ενός ηλιακού συστήματος είναι μεγαλύτερο από αυτό ενός ανάλογου συστήματος που χρησιμοποιεί συμβατικά καύσιμα, το κόστος λειτουργίας του είναι σχεδόν μηδενικό. Επομένως, ακόμα και με καθαρά οικονομικά κριτήρια, κάθε χρήστης ζεστού νερού θα πρέπει να σκεφτεί σοβαρά το ενδεχόμενο να καλύψει το σύνολο ή μέρος των αναγκών του με τη βοήθεια συστημάτων αυτού του είδους.

Με τις σύγχρονες εξελίξεις της τεχνολογίας, η απόδοση των συστημάτων αυτών συνεχώς βελτιώνεται και το κόστος τους περιορίζεται. Επιπλέον, καθ' όλη τη διάρκεια της υπηρεσιακής τους ζωής, μπορεί να εξοικονομηθεί σημαντική ποσότητα συμβατικών καυσίμων και συγχρόνως, να αποτραπεί η εκπομπή μεγάλων ποσοτήτων ρύπων στην ατμόσφαιρα. Εκτιμάται ότι, με τα συστήματα που είναι εγκατεστημένα στην Ελλάδα σήμερα, αποφεύγεται κάθε χρόνο η εκπομπή περισσότερων από 1.5 εκατομμύριων τόνων CO₂, ενώ τα οφέλη για την εθνική οικονομία και όλους μας είναι τεράστια.

2.2.4. Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα σήμερα προσφέρουν μια ελκυστική λύση για έναν διαρκώς αυξανόμενο αριθμό εφαρμογών που απαιτούν οικονομική και αξιόπιστη παροχή ενέργειας, ακόμη και κάτω από εξαιρετικά δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες. Με την τεχνολογία αυτή μπορούμε να παράγουμε ηλεκτρική ενέργεια χωρίς να καταναλώνουμε συμβατικά καύσιμα. Έτσι εκμεταλλευόμαστε μόνο την ανανεώσιμη ενέργεια, την ηλιακή ακτινοβολία που άφθονα και δωρεάν μας παρέχεται από το περιβάλλον.

Το βασικό χαρακτηριστικό των Φωτοβολταϊκών συστημάτων, είναι η αυτόνομη λειτουργία τους χωρίς την χρήση οποιασδήποτε καύσιμης ύλης, η υψηλή ανθεκτικότητα και αξιοπιστία, καθώς και η ικανότητα να λειτουργούν για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς συντήρηση, επίσης τα καθιστά ενδεδειγμένη οικονομικά λύση για όλους τους τύπους εφαρμογών που είναι απομακρυσμένες από το δίκτυο ηλεκτρισμού και όχι μόνο.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα παρέχουν τον απόλυτο έλεγχο στον καταναλωτή και την άμεση πρόσβαση στα στοιχεία που αφορούν την παραγόμενη και καταναλισκόμενη ενέργεια. Τον καθιστούν έτσι πιο προσεκτικό στον τρόπο που καταναλώνει την ενέργεια και συμβάλλουν με αυτό τον τρόπο στην ορθολογική χρήση τους και στην εξοικονόμηση της ενέργειας. Δεδομένου ότι η παραγωγή και κατανάλωση του ηλιακού ηλεκτρισμού γίνονται τοπικά, αποφεύγονται οι σημαντικές απώλειες της μεταφοράς και διανομής του ηλεκτρισμού και κατ' αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 10% σε σχέση με τη συμβατική παροχή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του δικτύου.

Η βαθμιαία αύξηση των μικρών ηλεκτροπαραγωγών μπορεί να καλύψει αποτελεσματικά τη διαρκή αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία σε διαφορετική περίπτωση θα έπρεπε να καλυφθεί με μεγάλες επενδύσεις για σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής. Η παραγωγή ηλεκτρισμού από μικρούς παραγωγούς μπορεί να περιορίσει επίσης την ανάγκη επενδύσεων σε νέες γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Το κόστος μιας νέας γραμμής μεταφοράς είναι πολύ υψηλό, αν λάβουμε υπόψη μας πέρα από τον τεχνολογικό εξοπλισμό και θέματα που σχετίζονται με την εξάντληση των φυσικών πόρων και τις αλλαγές στις χρήσεις γης.

Η μέγιστη παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού συμπίπτει χρονικά με τις ημερήσιες αιχμές της ζήτησης (ιδίως τους καλοκαιρινούς μήνες), βοηθώντας έτσι στην εξομάλυνση των αιχμών φορτίου, στην αποφυγή black - out και στη μείωση του συνολικού κόστους της ηλεκτροπαραγωγής, δεδομένου ότι η κάλυψη αυτών των αιχμών είναι ιδιαίτερα δαπανηρή. Σημειωτέον ότι, κάθε ώρα black - out κοστίζει στην εθνική οικονομία 25-40 Εκατομμύρια Ευρώ.

2.2.5. Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Ένα Φωτοβολταϊκό στοιχείο αποτελείται από συνδυασμό δύο λεπτών στρωμάτων από διαφορετικούς ημιαγωγούς, γνωστούς ως p-type ημιαγωγός και n-type ημιαγωγός. Οι ημιαγωγοί κατασκευάζονται συνήθως από πυρίτιο. Οι n-type ημιαγωγοί κατασκευάζονται από κρυσταλλικό πυρίτιο με ελάχιστες ποσότητες προσμίξεων (συνήθως φωσφόρου) έτσι ώστε να υπάρχει περίσσεια ελευθέρων ηλεκτρονίων. Τα ηλεκτρόνια έχουν αρνητικό φορτίο. Οι p-type ημιαγωγοί κατασκευάζονται και αυτοί από κρυσταλλικό πυρίτιο στο οποίο όμως εισάγονται

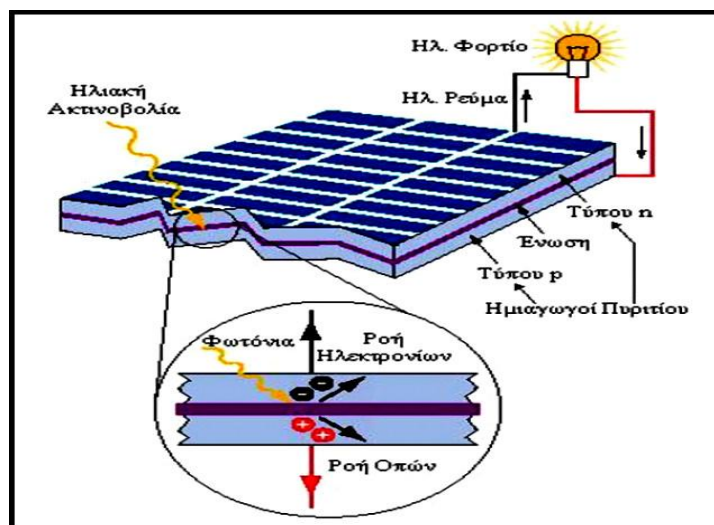
διαφορετικού τύπου προσμίξεις (συνήθως βόριο) οπότε το υλικό παρουσιάζει έλλειμμα ελευθέρων ηλεκτρονίων. Τα ηλεκτρόνια που λείπουν ονομάζονται «οπές».

Το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο είναι η θεμελιώδης φυσική διαδικασία με την οποία ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο μετατρέπει την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρισμό. Όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει σε ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο, μπορεί να ανακλαστεί, απορροφηθεί ή να διέλθει δια μέσου αυτού. Μόνο όμως το μέρος της ακτινοβολίας που απορροφάται παράγει ηλεκτρισμό. Η ενέργεια του απορροφημένου φωτός μεταφέρεται στα ηλεκτρόνια των ατόμων του φωτοβολταϊκού στοιχείου.

Χρησιμοποιώντας αυτή την ενέργεια τα ηλεκτρόνια διαφεύγουν από τις κανονικές τους θέσεις στα άτομα του ημιαγωγού του φωτοβολταϊκού στοιχείου και σχηματίζουν μια ροή ηλεκτρονίων ή ρεύμα σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα. Μια χαρακτηριστική ιδιότητα του φωτοβολταϊκού στοιχείου, αυτή που χαρακτηρίζεται σαν ενδογενές ηλεκτρικό πεδίο παρέχει τη δύναμη ή διαφορά δυναμικού που απαιτείται για να οδηγήσει το ρεύμα σε ένα εξωτερικό φορτίο όπως π.χ. ένα φωτιστικό. Για την δημιουργία του ενδογενούς ηλεκτρικού πεδίου στο εσωτερικό του φωτοβολταϊκού στοιχείου, δύο στρώματα διαφορετικών ημιαγωγίμων υλικών έρχονται σε επαφή μεταξύ τους. Το ένα στρώμα είναι ο ημιαγωγός τύπου-n με πλεόνασμα ηλεκτρονίων τα οποία έχουν αρνητικό φορτίο. Το άλλο στρώμα είναι ένας ημιαγωγός τύπου-p με πλεόνασμα «οπών» οι οποίες έχουν θετικό φορτίο.

Παρόλο που τα δύο στρώματα είναι ηλεκτρικά ουδέτερα, ο ημιαγωγός τύπου n με πλεόνασμα ηλεκτρονίων και ο τύπου-p με πλεόνασμα «οπών», φέρνοντας τα σε επαφή δημιουργείται μια επαφή p/n δημιουργώντας ηλεκτρικό πεδίο. Όταν τύπου-n και -p πυρίτιο έρθει σε επαφή, ηλεκτρόνια από το ημιαγωγό τύπου-n μετακινούνται στην πλευρά του ημιαγωγού τύπου-p. Το αποτέλεσμα είναι η δημιουργία θετικού φορτίου στη πλευρά του ημιαγωγού τύπου-n και αρνητικού φορτίου στην πλευρά του τύπου-p.

Εξαιτίας της ροής ηλεκτρονίων και οπών, οι δύο ημιαγωγοί συμπεριφέρονται σαν μια μπαταρία, δημιουργώντας ηλεκτρικό πεδίο στην επιφάνεια επαφής η οποία καλείται επαφή p/n. Το ηλεκτρικό πεδίο αναγκάζει τα ηλεκτρόνια να κινούνται από τον ημιαγωγό προς την αρνητικά φορτισμένη επιφάνεια, όπου και γίνονται διαθέσιμα στο ηλεκτρικό κύκλωμα. Ταυτόχρονα οι οπές κινούνται στην αντίθετη κατεύθυνση, προς τη θετική επιφάνεια όπου και «αναμένουν» τα εισερχόμενα ηλεκτρόνια.



Εικόνα. Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

2.2.6. Υλικά και τεχνολογίες φωτοβολταϊκών στοιχείων

Οι κύριες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή Φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι:

- Τεχνολογία παραγωγής εισαγωγίμων υλικών με κρυσταλλική δομή, την πλειοψηφία των οποίων αποτελεί το πυρίτιο.
- Τεχνολογία λεπτών υμενίων, η οποία ονομάζεται έτσι επειδή το πάχος των στοιχείων είναι πολύ μικρό (μερικά μόνο μm).
- Άλλες τεχνολογίες που σκοπό έχουν να γίνει λιγότερο ενεργοβόρα η παραγωγή του καθαρού πυριτίου, περιορίζοντας τις απώλειες σε ακριβό καθαρό πυρίτιο (π.χ. μέθοδος EFG, edge film fed growth και μέθοδος String Process).

Οι κρύσταλλοι και η μορφή λεπτού φιλμ διαφέρουν μεταξύ τους όσον αφορά την απόδοση απορρόφησης του φωτός, την απόδοση μετατροπής από τη μια μορφή ενέργειας στην άλλη, την τεχνολογία κατασκευής και το κόστος κατασκευής.

2.2.7. Το πυρίτιο (Si)

Το πυρίτιο είναι ένας ημιαγωγός με έμμεσο ενεργειακό διάκενο 1,12 eV. Αν και οι δύο αυτές ιδιότητές του, δηλαδή έμμεσο και σχετικά μικρή τιμή ενεργειακού διακένου δεν είναι ιδεώδεις για την φωτοβολταϊκή μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας, το πυρίτιο είναι η ημιαγωγός που κυριάρχησε από την αρχή αλλά μέχρι και σήμερα, σαν υλικό κατασκευής φωτοβολταϊκών στοιχείων. Οι λόγοι για τους οποίους συμβαίνει αυτό έχουν να κάνουν με το γεγονός ότι το πυρίτιο είναι το κύριο υλικό των διατάξεων ηλεκτρονικής για πολλές δεκαετίες.

Επομένως, οι ιδιότητες του είναι καλά μελετημένες και το υλικό κυκλοφορεί στην αγορά σε αρκετά μεγάλες ποσότητες, με ικανοποιητική χημική καθαρότητα και τελειότητα κρυσταλλικής δομής, με την χρησιμοποίηση τεχνολογικών μεθόδων δοκιμασμένων με επιτυχία. Επιπλέον τα φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου έχουν λειτουργήσει με απόλυτα ικανοποιητική αξιοπιστία σε ακραίες καιρικές συνθήκες, τόσο σε διαστημικές όσο και σε επίγειες εφαρμογές.

Εκτός του οξυγόνου, το πυρίτιο είναι το πιο άφθονο στοιχείο στην επιφάνεια του εδάφους. Σχεδόν πάντα, όμως απαντάται με τη μορφή οξειδίου στο περιβάλλον, συγκεκριμένα ως διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2). Για την αξιοποίησή του, επομένως, απαιτείται επεξεργασία έτσι ώστε να αποκτήσει υψηλή καθαρότητα.

2.2.8. Μονοκρυσταλλικό Πυρίτιο

Το μονοκρυσταλλικό πυρίτιο έχει μια ομοιόμορφη μοριακή δομή. Συγκρινόμενο πάντα με υλικά που δεν είναι σε μορφή κρυστάλλου, η υψηλή του ομοιομορφία έχει ως αποτέλεσμα τον υψηλότερο βαθμό απόδοσης (δηλαδή την αναλογία της ηλεκτρικής ισχύος που παράγεται από το ηλιακό στοιχείο προς την διαθέσιμη από την ηλιακή ακτινοβολία ισχύ). Η απόδοση των μονοκρυσταλλικών στοιχείων του εμπορίου κυμαίνεται από 14% έως 18%.



Εικόνα. Μονοκρυσταλλικό Πυρίτιο

2.2.9. Πολυκρυσταλλικό Πυρίτιο

Το πολυκρυσταλλικό πυρίτιο αποτελείται από περιοχές μονοκρυσταλλικού πυριτίου, αλλά δεν έχει την ομοιόμορφη κρυσταλλική δομή του μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν χαμηλότερο βαθμό απόδοσης από τα στοιχεία που αποτελούνται από μονοκρυσταλλικό πυρίτιο. Ο βαθμός απόδοσης για μια βαθμίδα εμπορίου κυμαίνεται μεταξύ 10% έως 14 %.



Εικόνα. Πολυκρυσταλλικό Πυρίτιο

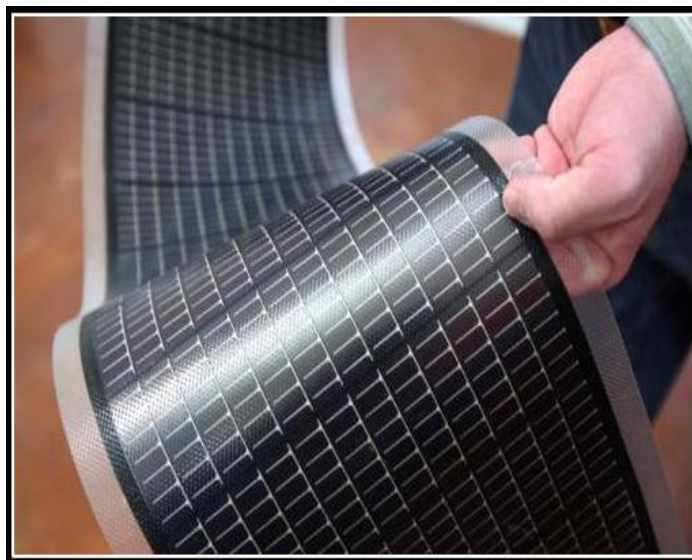
2.2.10. Λεπτή μεμβράνη (Άμορφο πυρίτιο)

Η τεχνολογία των λεπτών μεμβρανών χρησιμοποιεί τα πολύ λεπτά στρώματα (πάχους λίγων μικρών) του ημιαγωγού και με αυτόν τον τρόπο μειώνεται το κόστος.

Τα πιο γνωστά υλικά που χρησιμοποιούνται στις κυψέλες αυτές είναι:

- Άμορφο πυρίτιο (a-Si).
- Copper indium diselenide (CIS)
- Cadmium telluride (CdTe)
- Gallium arsenide (GaAs)

(Τα δύο πρώτα υλικά να είναι και τα σημαντικότερα.)



Εικόνα. Λεπτή μεμβράνη

Το άμορφο πυρίτιο διαφέρει από το κρυσταλλικό στο ότι τα άτομα δεν είναι τοποθετημένα σε ακριβής αποστάσεις μεταξύ τους και οι γωνίες των δεσμών τους δεν είναι συγκεκριμένες. Σήμερα ένα εμπορικό φωτοβολταϊκό πλαίσιο με κυψέλες άμορφου πυριτίου έχει απόδοση 6% έως 8%, ενώ οι κυψέλες μονοκρυσταλλικού ή πολυκρυσταλλικού πυριτίου έχουν αποδόσεις που κυμαίνονται στο 11% έως 14%.

Λεπτό στρώμα άμορφου πυριτίου τοποθετείται σε φύλλο γυαλιού το οποίο έχει καλυφθεί από διάφανο οξειδίο του κασσιτέρου. Στην πίσω επιφάνεια τοποθετείται μεταλλικός αγωγός και στην συνέχεια όλη η διάταξη κόβεται με laser για την παραγωγή μιας σειράς ηλεκτρικά συνδεδεμένων άλλα ξεχωριστών στοιχείων και στο τέλος γίνεται η ενσωμάτωσή τους σε μια φωτοβολταϊκή μονάδα.

2.2.11. Υβριδικά

Για να επιτευχθεί ουσιώδης βελτίωση της απόδοσης των φωτοβολταϊκών κυψελών έπρεπε να γίνει κάποια σημαντική αλλαγή. Σε μια προσπάθεια να γίνει αυτό έγινε μελέτη στην χρήση υβριδικών δομών, στις οποίες κυψέλες με διαφορετικά χαρακτηριστικά απορρόφησης του φωτός συνδέονται μαζί. Αυτό επιτρέπει να πετύχουμε καλύτερα χαρακτηριστικά χρησιμοποιώντας τα ήδη υπάρχοντα υλικά και διαδικασίες.

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης μιας δομής με πολλά στρώματα είναι τα εξής:

- Είναι δυνατόν να απορροφηθεί το φως σε μια πιο πλατιά φασματική περιοχή.

- Είναι δυνατόν να επιτευχθούν υψηλότερες τάσεις ανοιχτού κυκλώματος.
- Είναι δυνατό να πέσει σε κάποιο βαθμό ο ρυθμός μείωσης της απόδοσης των κυψελών, ο οποίος οφείλεται σε φαινόμενα οπτικής υποβάθμισης που παρατηρούνται όταν χρησιμοποιούνται υλικά άμορφου πυριτίου.

2.3. Ανάλυση δόμησης ενός φωτοβολταϊκού συστήματος

Το φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από τα ακόλουθα τμήματα:

- Τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια (φωτοβολταϊκό πλαίσιο) με τη βάση στήριξης και ίσως (tracker), σύστημα παρακολούθησης της ηλιακής τροχιάς.
- Μπαταρίες - συσσωρευτές φωτοβολταϊκών.
- Ρυθμιστή φόρτισης για τον έλεγχο και προστασία των μπαταριών.
- Μετατροπέα τάσεως dc (12v/24v/48v) inverter για μετασχηματισμό στα 220V AC.

2.3.1. Φωτοβολταϊκή Γεννήτρια

Το βασικό χαρακτηριστικό συστατικό κάθε φωτοβολταϊκού εγκατάστασης είναι η φωτοβολταϊκή γεννήτρια, που αποτελείται από τους ηλιακούς συλλέκτες με τα φωτοβολταϊκά ηλιακά στοιχεία. Θα μπορούσε να θεωρηθεί ως μια «μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας» κατά αναλογία με τις συμβατικές μεθόδους παραγωγής από θερμοηλεκτρικά εργοστάσια. Μια φωτοβολταϊκή γεννήτρια αποτελείται από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που ενώνονται και συγκροτούν τις συστοιχίες.

2.3.2. Φωτοβολταϊκό Πλαίσιο

Η τάση και η ισχύς ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου είναι πολύ μικρή για να ανταποκριθεί στην τροφοδότηση των συνηθισμένων ηλεκτρικών καταναλώσεων ή για τη φόρτιση των συσσωρευτών. Για αυτό το λόγο τα φωτοβολταϊκά στοιχεία τοποθετούνται σε ένα ενιαίο πλαίσιο με κοινή ηλεκτρική έξοδο. Στο πλαίσιο αυτό, τα στοιχεία συνδέονται σε σειρά, σε ομάδες κατάλληλου πλήθους για την απόκτηση επιθυμητής τάσης.

Τα πλαίσια είναι προκατασκευασμένα στο εργοστάσιο. Τα ηλιακά στοιχεία στερεώνονται με κολλητική ουσία σε ένα ανθεκτικό φύλλο από μέταλλο (συνήθως αλουμίνιο) ή από ενισχυμένο πλαστικό, που αποτελεί την πλάτη του πλαισίου, ενώ η εμπρός όψη τους καλύπτεται από ένα προστατευτικό φύλλο γυαλιού ή διαφανούς πλαστικού. Το εμπρός και πίσω φύλλο συγκροτούνται μεταξύ τους, στεγανά και μόνιμα, με τη βοήθεια μιας ταινίας από φυσικό ή συνθετικό ελαστικό και συσφίγγονται με ένα περιμετρικό μεταλλικό περίβλημα. Διαμορφώνεται έτσι το φωτοβολταϊκό πλαίσιο (module), που είναι η δομική μονάδα που κατασκευάζεται βιομηχανικά και κυκλοφορεί στο εμπόριο για να χρησιμοποιηθεί ως συλλέκτης στη συγκρότηση των φωτοβολταϊκών γεννητριών.

Λόγω των απαιτούμενων υλικών και εργασιών για την κατασκευή του, το κόστος προκύπτει μεγαλύτερο από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία που περιέχουν.

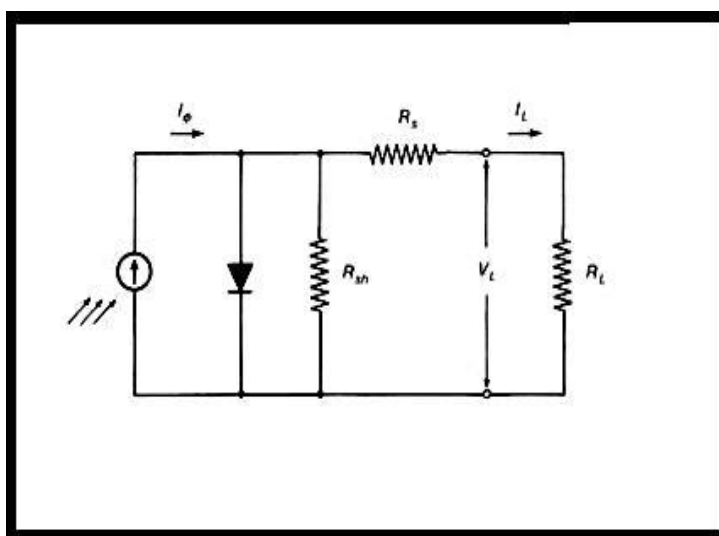
Συνώνυμο σχεδόν με το φωτοβολταϊκό πλαίσιο είναι το φωτοβολταϊκό πανέλο (panel). Όπως και το πλαίσιο, έχει συναρμολογηθεί και προκατασκευαστεί στο εργοστάσιο και είναι έτοιμο για τοποθέτηση σε φωτοβολταϊκή εγκατάσταση, αλλά με τη διαφορά ότι ένα πανέλο μπορεί να αποτελείται από περισσότερα χωριστά πλαίσια (το ένα δίπλα στο άλλο) που είναι σε κοινή συσκευασία και κοινή ηλεκτρική σύνδεση μεταξύ τους. Τα τελευταία χρόνια σχεδόν όλες οι εταιρίες που κατασκευάζουν φωτοβολταϊκά στοιχεία, δεν διαχωρίζουν τα πλαίσια από τα πανέλα. Το προϊόν που παράγεται ονομάζεται φωτοβολταϊκό πλαίσιο και διατίθεται σε ποικιλία, όσον αφορά την ισχύ που παράγει, την τάση και τελικά τις διαστάσεις του. Για αυτό το λόγο παρακάτω θα γίνεται αναφορά μόνο σε φωτοβολταϊκά πλαίσια.

2.3.3. Φωτοβολταϊκή συστοιχία

Σε μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση που έχει σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή λειτουργεί ως σταθμός παραγωγής, μπορεί να χρησιμοποιηθούν εκατοντάδες ή και χιλιάδες φωτοβολταϊκά πλαίσια. Όπως είναι αναμενόμενο τα φωτοβολταϊκά πλαίσια πρέπει να ομαδοποιηθούν και να συνδεθούν κατάλληλα. Για την αύξηση της αξιοπιστίας ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι σκόπιμο οι συνδέσεις των φωτοβολταϊκών στοιχείων μέσα στα πλαίσια, αλλά και ανάμεσα στα πλαίσια να μην είναι μόνο στη σειρά αλλά και παράλληλες. Με αυτόν τον τρόπο, αν ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο σκιαστεί ή αν πάθει βλάβη δεν θα μηδενιστεί η ισχύς που παράγει το σύστημα.

Έτσι τα φωτοβολταϊκά πλαίσια ομαδοποιούνται σε φωτοβολταϊκές συστοιχίες και τοποθετούνται σε κοινή βάση στήριξης, η οποία είναι συνήθως μεταλλική. Η σύνδεση των πλαισίων στη σειρά ή παράλληλα γίνεται έτσι ώστε η τάση εξόδου της γεννήτριας να αποκτήσει την επιθυμητή τιμή.

2.3.4. Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των Φωτοβολταϊκών στοιχείων



Εικόνα. Ηλεκτρικό κύκλωμα φωτοβολταϊκού στοιχείου

Παρατηρούμε ότι το φωτοβολταϊκό αποτελεί μια πηγή ρεύματος που ελέγχεται από μια δίοδο. Το ισοδύναμο κύκλωμα περιέχει ακόμα την αντίσταση

σειράς R_s , η οποία εμποδίζει την κίνηση των φορέων μέσα στον ημιαγωγό και την παράλληλη αντίσταση R_{sh} , η οποία εμφανίζεται λόγω διαρροών ρεύματος κάνοντας την αντίσταση διαμέσου της διόδου μη άπειρη.

Το παραγόμενο φωτόρευμα από το στοιχείο δίνεται από την σχέση:

$$I_{\varphi} = I_0 \{ \exp (eV / \gamma kT) - 1 \}$$

Όπου: I_0 το ανάστροφο ρεύμα κόρου,

V η τάση που δημιουργείται στα άκρα της διόδου,

γ ο συντελεστής ποιότητας της διόδου (μεταξύ 1 και 2),

k η σταθερά Boltzmann,

T η απόλυτη θερμοκρασία.

2.3.5. Απόδοση Φωτοβολταϊκού πλαισίου

Ο συντελεστής απόδοσης ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου εκφράζει τον λόγο της μέγιστης ηλεκτρικής ισχύος που παράγει το φωτοβολταϊκό πλαίσιο, προς την ισχύ της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται στην επιφάνεια. Επειδή όμως η επιφάνεια ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου δεν είναι καλυμμένη εξολοκλήρου από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία η απόδοση διαφέρει από την απόδοση των στοιχείων που αποτελείται.

Ορίζεται ο συντελεστής κάλυψης (σ_k) ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου ως ο λόγος της συνολικής ενεργού επιφάνειας των ηλιακών στοιχείων, δηλαδή της επιφάνειας του ημιαγωγού όπου γίνεται η απορρόφηση και μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας, προς τη συνολική επιφάνεια του φωτοβολταϊκού πλαισίου. Οι δείκτες που χρησιμοποιούνται παραπέμπουν στο αν το μέγεθος αφορά το πλαίσιο (m->module) ή το στοιχείο (c->cell).

2.3.6. Επίδραση της θερμοκρασίας στην απόδοση

Ένας σημαντικός παράγοντας, ο οποίος μπορεί να μεταβάλλει αξιοσημείωτα την απόδοση ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου είναι η θερμοκρασία των φωτοβολταϊκών στοιχείων του.

Έχει μετρηθεί ότι κυρίως λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχονται, αλλά και λόγω των ηλεκτρικών απωλειών που πραγματοποιούνται πάνω τους, στις αντιστάσεις σειράς, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αποκτούν κατά την λειτουργία τους μια θερμοκρασία αρκετά μεγαλύτερη από αυτή του περιβάλλοντος.

Η θερμοκρασία αυτή ακόμα επηρεάζεται από την ταχύτητα του ανέμου και γίνεται καλύτερη απαγωγή της θερμότητας όσο η ταχύτητα είναι μεγαλύτερη. Ως γενικός κανόνας στους υπολογισμούς των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων, λαμβάνεται συνήθως η αύξηση της θερμοκρασίας του φωτοβολταϊκού πλαισίου κατά 30 °C από αυτή του περιβάλλοντος.

2.3.7. Επίδραση της ρύπανσης στην απόδοση

Ένας άλλος παράγοντας που μπορεί να μειώσει την ηλεκτροπαραγωγή των φωτοβολταϊκών πλαισίων, ιδίως όταν έχουν μια μικρή κλίση, είναι η ρύπανση της

επιφάνειας τους από τη επικάθηση της ατμοσφαιρικής σκόνης, φύλλων, χιονιού κ.ά. Η μείωση είναι σημαντικότερη σε αστικές περιοχές λόγω της αιθάλης που αιωρείται στην ατμόσφαιρα και προσκολλάται ισχυρά στην γυάλινη ή πλαστική επιφάνεια των φωτοβολταϊκών πλαισίων, χωρίς να μπορεί η βροχή εύκολα να τα ξεπλύνει, οπότε χρειάζεται πιο σχολαστικός καθαρισμός.

Επομένως είναι σημαντικό όταν η φωτοβολταϊκή γεννήτρια πρόκειται να εγκατασταθεί σε μια περιοχή, όπου εκτιμάται ότι η ρύπανση της θα είναι σημαντική να προβλεφθεί στους υπολογισμούς η αντίστοιχη μείωση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, με τη χρησιμοποίηση ενός αδιάστατου συντελεστή καθαρότητας (σ_p). Ο συντελεστής αυτός ορίζεται ως ο λόγος της ηλεκτρικής ισχύος που παράγει το ρυπασμένο φωτοβολταϊκό πλαίσιο προς την ηλεκτρική ισχύ που παράγει όταν η επιφάνεια του είναι τελείως καθαρή. Η τιμή του (σ_p) είναι τόσο μικρότερη από τη μονάδα, όσο εντονότερη είναι η ρύπανση του περιβάλλοντος, τόσο μικρότερη είναι και η κλίση του φωτοβολταϊκού πλαισίου, και τόσο σπανιότερες είναι οι βροχές στην περιοχή κλπ. Τελικά η απόδοση ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου, λαμβάνοντας υπόψη την ρύπανση της επιφάνειας του, προκύπτει:

$$\eta_m = \sigma_p \chi \eta_{m,k}$$

όπου: $\eta_{m,k}$ η απόδοση του, όταν είναι καθαρό.

2.3.8. Γήρανση Φωτοβολταϊκού πλαισίου

Αφορά στη μείωση της απόδοσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων στο χρόνο της ζωής τους και εκφράζεται, συνήθως, με το ποσοστό γήρανσης ανά έτος χρήσης. Επίσης προσδιορίζει την ελάττωση της απόδοσης του φωτοβολταϊκού, άρα και της ισχύος αιχμής του.

Στο κρυσταλλικό πυρίτιο εμφανίζονται αλλοιώσεις στη δομή του υλικού των κρυσταλλικών φωτοβολταϊκών στοιχείων του πλαισίου, που οφείλονται σε διάφορα αιτία, κυρίως σε υπερθέρμανση. Μετρήσεις μακράς διάρκειας μας δίδουν μείωση της αποδοτικότητας του κάτω από πρότυπες συνθήκες STC, ~1% ανά έτος χρήσης (ρυθμός γήρανσης).

2.3.9. Οπτικές ενεργειακές απώλειες

Καθορίζονται από την απόκλιση της απόδοσης, σε σχέση με αυτή των πρότυπων συνθηκών, λόγω των επόμενων αιτιών:

- Η διαφοροποίηση της ανακλαστικότητας του φωτοβολταϊκού πλαισίου σε σχέση με την αντίστοιχη σε STC.
- Η διαφοροποίηση του φάσματος ακτινοβολίας σε σχέση με την κάθετη πρόσπτωση.
- Η διαφοροποίηση της πόλωσης της προσπίπτουσας – διερχόμενης ακτινοβολίας κατά την διάρκεια της ημέρας. Η μέση ετήσια επίδραση του παράγοντα αυτού προσδιορίζεται σε ~2%.
- Στις χαμηλές τιμές ηλιακής ακτινοβολίας, ιδιαίτερα κάτω από 200 W/m², μειώνεται η απόδοση του φωτοβολταϊκού στοιχείου. Στα φωτοβολταϊκά

πλαίσια καλής ποιότητας οι απώλειες είναι μικρής σημασίας. Σε άλλες όμως περιπτώσεις αποδεικνύονται σχετικά σημαντικές, υπολογίζονται σε 3%, κατά μέσο όρο κάθε έτος.

- Η καθαριότητα όψεως του φωτοβολταϊκού πλαισίου είναι πολύ σημαντική γιατί η επικάλυψη σκόνης στην όψη του φωτοβολταϊκού πλαισίου και διάφορων άλλων αντικειμένων, π.χ. φύλλων, κλαδιών ή νάιλον κ.α., που σκιάζουν ένα ή περισσότερα φωτοβολταϊκά στοιχεία ενός πλαισίου δημιουργούν εντονότατο πρόβλημα λειτουργίας και απόδοσης. Η μείωση της απόδοσης είναι ιδιαίτερα αισθητή.
- Είναι σημαντικό να αποφεύγεται η ολική και η μερική σκίαση ενός φωτοβολταϊκού Συστήματος
- Η χρήση διόδων παράκαμψης (Bypass diodes) μειώνει και την επίδραση από τη σκίαση.
- Η μερική σκίαση μπορεί να προκαλέσει υπερθέρμανση και καταστροφή του φωτοβολταϊκού πλαισίου (hot spot effect).

2.3.10. Κατάσταση θερμής κηλίδας

Ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο αποτελείται από φωτοβολταϊκά στοιχεία ίδιων, κατά το δυνατόν ηλεκτρικών χαρακτηριστικών, συνδεδεμένων σε σειρά. Συνεπώς, η σκίαση ή βλάβη ενός και μόνο φωτοβολταϊκού στοιχείου του, θα μπορούσε να επιφέρει ολική αχρήστευση του.

Στην πράξη, για τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, που αποτελούνται από 36 ή 72 φωτοβολταϊκά στοιχεία σε σειρά, η σκιασμένη κυψελίδα λειτουργεί ως μια μεγάλη αντίσταση, όπου αποδίδεται η ενέργεια, που προσφέρουν οι υπόλοιπες.

Παρατεταμένος σκιασμός της, σε συνδυασμό με έντονο φωτισμό των υπόλοιπων κυψελίδων, μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή του στοιχείου αυτού και κατά συνέπεια στην αχρήστευση όλου του πλαισίου, επειδή δεν υπάρχει δυνατότητα αντικατάστασης ενός κατεστραμμένου στοιχείου του.

2.3.11. Εισχώρηση υγρασίας

Η εισχώρηση της υγρασίας στο εσωτερικό τους και οι συνακόλουθες αλλοιώσεις δομής της φωτοβολταϊκής κυψελίδας, μειώνουν σταδιακά την ενεργειακή απόδοσή τους. Το μέγεθος της επίδρασης εξαρτάται από το υλικό του φωτοβολταϊκού στοιχείου τον τύπο του και τη διαχρονική αξιοπιστία της μηχανικής κατασκευής και των ηλεκτρολογικών και μονωτικών υλικών.

2.4. Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών συστημάτων

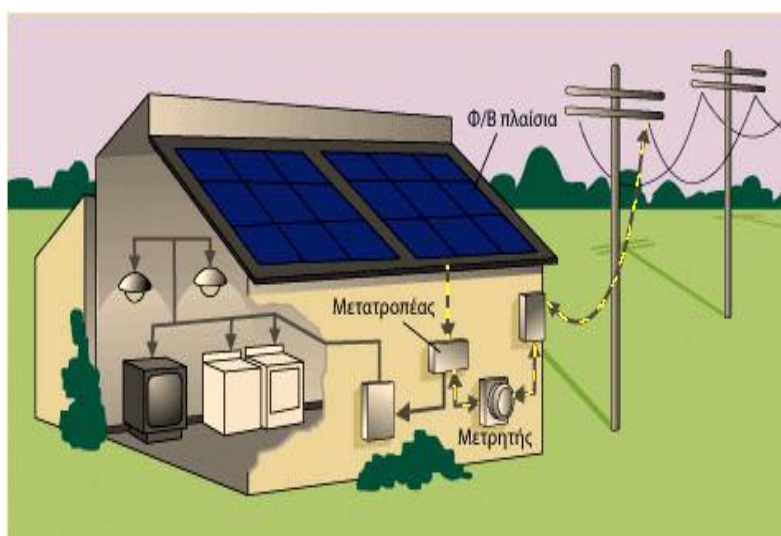
Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες:

- Τα διασυνδεδεμένα στο δίκτυο συστήματα,
- Τα αυτόνομα συστήματα.

Και στις δυο έχουμε πολλές ομοιότητες μεταξύ τους. Η κύρια διαφορά τους είναι ότι στα πρώτα υπάρχει σύνδεση με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. και η ενέργεια που παράγεται περνάει σε αυτό, ενώ στα δεύτερα δεν υπάρχει τέτοια σύνδεση και η ενέργεια που παράγεται χρησιμοποιείται για ίδια κατανάλωση.

2.5. Διασυνδεδεμένο στο δίκτυο Φωτοβολταϊκό σύστημα

Το σύστημα αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με το δίκτυο της ΔΕΗ. Σε ένα τέτοιο σύστημα δεν υπάρχει ανάγκη για αποθήκευση της ενέργειας διότι η παραγόμενη ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά πάνελ καταναλώνεται από τον ιδιοκτήτη ή την πουλάει στη ΔΕΗ έναντι μιας ορισμένης από το νόμο τιμής και συνεχίζει να αγοράζει ενέργεια από τη ΔΕΗ όπως και σήμερα. Έχει δηλαδή ένα διπλό μετρητή για την καταμέτρηση της εισερχόμενης και της εξερχόμενης ενέργειας. Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα φωτοβολταϊκά χρησιμοποιούνται για παροχή ηλεκτρικής ενέργειας εφεδρείας (δηλαδή ως συστήματα αδιάλειπτης παροχής - UPS). Στην περίπτωση αυτή, το σύστημα είναι μεν διασυνδεδεμένο με τη ΔΕΗ, αλλά διαθέτει και μπαταρίες (και όλα τα απαραίτητα ηλεκτρονικά) για να αναλαμβάνει την κάλυψη των αναγκών σε περίπτωση διακοπής του ρεύματος και για όσο θα διαρκεί αυτή.



Εικόνα. Διασυνδεδεμένο στο δίκτυο φωτοβολταϊκό σύστημα

2.6. Αυτόνομο Φωτοβολταϊκό σύστημα

Το αυτόνομο σύστημα (ή σύστημα εκτός δικτύου) αποσκοπεί στο να προσφέρει ενεργειακή αυτονομία σε μια εγκατάσταση. Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες απομονωμένων από το δίκτυο συστημάτων.

Κάποιες από αυτές είναι:

- Οικίες απομακρυσμένες από το δίκτυο σε τέτοια απόσταση που το κόστος διασύνδεσης με το δίκτυο της ΔΕΗ είναι απαγορευτικά υψηλό,
- Οικίες που για κάποιους λόγους δεν δύναται να ηλεκτροδοτηθούν,
- Κτηνοτροφικές ή γεωργικές μονάδες απομακρυσμένες από το δίκτυο της ΔΕΗ,
- Τηλεπικοινωνιακές εγκαταστάσεις,
- Αντλητικά συστήματα υδροδότησης,
- Κινητές εγκαταστάσεις (τροχόσπιτα, πλωτά κ.α),
- Εγκαταστάσεις που απαιτούν υψηλή διαθεσιμότητα (αμυντικές εφαρμογές διαστημικές εφαρμογές),



Εικόνα. Αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα

Σε αυτό το φωτοβολταϊκό σύστημα η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια αποθηκεύεται σε μπαταρίες. Το σύστημα μπορεί και λειτουργεί ανεξάρτητα από το κεντρικό δίκτυο.

Το ηλεκτρικό ρεύμα (DC) που παράγεται από το φωτοβολταϊκό πλαίσιο, φορτίζει τις μπαταρίες, με τη βοήθεια του ρυθμιστή φόρτισης. Ο μετατροπέας αλλάζει το ρεύμα των συσσωρευτών από συνεχές DC, σε εναλλασσόμενο AC 220V.

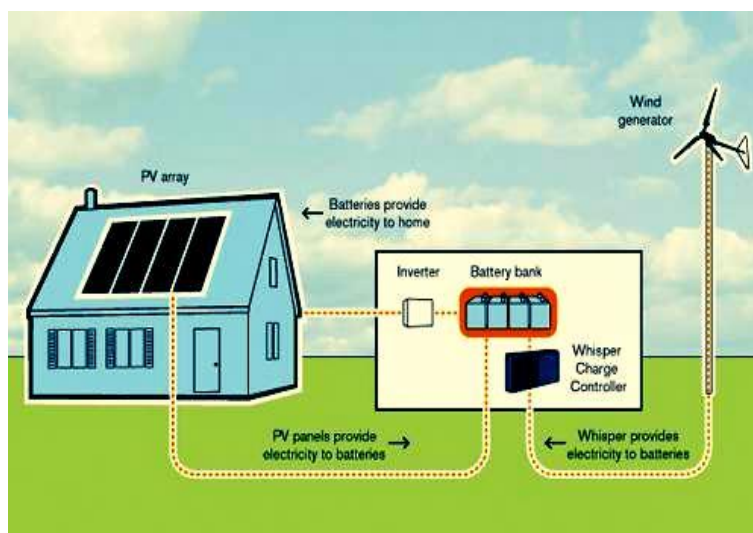
2.7. Υβριδικό σύστημα

Συνδυάζουν ηλεκτρικό ρεύμα που προέρχεται από πετρελαιογεννήτριες, ανεμογεννήτριες, μικρές υδροηλεκτρικές γεννήτριες και φωτοβολταϊκά συστήματα, ανάλογα με τις ενεργειακές ανάγκες που υπάρχουν, αξιοποιώντας τα γεωγραφικά πλεονεκτήματα της περιοχής.

Είναι ιδανικά συστήματα για εφαρμογές σε απομακρυσμένες τοποθεσίες όπως:

- τηλεπικοινωνιακοί σταθμοί και αναμεταδότες,
- στρατιωτικές εγκαταστάσεις και παραμεθόρια χωριά.

Με το υβριδικό σύστημα στην περίπτωση που δεν έχουμε ηλιοφάνεια για ένα διάστημα 4 ημερών, με την εγκατάσταση, της ανεμογεννήτριας και σύμφωνα με τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής έχουμε την δυνατότητα να καλύψουμε τις ανάγκες μας σε ενέργεια από τον άνεμο, είναι πολύ δύσκολο να έχουμε συνεχή άπνοια και συννεφιά για μια εβδομάδα. Συνεπώς κάθε τεχνολογία στην περίπτωση των υβριδικών συστημάτων καλύπτει τα κενά που δημιουργεί η άλλη.



Εικόνα. Υβριδικό σύστημα

2.8. Προϋποθέσεις εγκατάστασης Φωτοβολταϊκών Πλαισίων

Αρχικά θα πρέπει να γίνει υπολογισμός της ηλιακής ακτινοβολίας στην περιοχή για όλη την διάρκεια του έτους και σε κάποιες περιπτώσεις και κατά μήνα του έτους. Σε αντίθεση με τα διασυνδεδεμένα συστήματα όπου στόχος είναι η μέγιστη ετήσια ενεργειακή απολαβή, στα απομονωμένα συστήματα υπάρχουν εφαρμογές όπου η ενεργειακές ανάγκες είναι μεγαλύτερες σε κάποιους συγκεκριμένους μήνες του χρόνου ή ακόμα και σε κάποιες συγκεκριμένες ώρες της ημέρας. Να υπάρχει επαρκής ελεύθερος και ασκίαστος χώρος. Ως ένα πρόχειρο κανόνα υπολογίστε πως χρειάζεστε περίπου 0,8 τετραγωνικά μέτρα για κάθε 100Watt. Προσέξτε ιδιαίτερα ο χώρος να είναι κατά το δυνατόν 100% ασκίαστος καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Διαφορετικά το σύστημα θα λειτουργεί με μικρότερη απόδοση.

Επίσης πρέπει να υπολογιστεί η απόσταση που πρέπει να έχουν μεταξύ τους οι συστοιχίες των πλαισίων για την επισκευσιμότητα και την αποφυγή σκίασης. Η σωστή κλίση του φωτοβολταϊκού σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο. Σχεδόν πάντα επιλέγεται μια κλίση που να δίνει καλύτερα αποτελέσματα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Ένας γενικός κανόνας είναι ότι η σωστή κλίση είναι ίση με τον γεωγραφικό παράλληλο του τόπου. Επειδή βέβαια κάθε κανόνας έχει και την εξαίρεσή του, την βέλτιστη κλίση θα την αποφασίσει ο τεχνικός που θα κάνει την εγκατάσταση.

Να είστε σίγουροι ότι έχετε τον απαιτούμενο χώρο για τα ηλεκτρονικά συστήματα και τις μπαταρίες, αν επιλέξετε το αυτόνομο σύστημα. Λάβετε υπ' όψιν τις κατασκευές στις οποίες θα τοποθετηθούν τα φωτοβολταϊκά στοιχεία, εκτός από το δικό τους βάρος (περίπου 15-20 κιλά ανά τετραγωνικό μέτρο), πρέπει να είναι ικανές να αντέξουν στο βάρος των φωτοβολταϊκών στοιχείων, καθώς και των φορτίων που

οφείλονται στη δυναμική δράση του ανέμου και στη συσσώρευση του χιονιού.

Πρόκειται για μεταλλικά προφίλ από αλουμίνιο και γαλβανισμένο ή ανοξείδωτο χάλυβα. Καλό είναι να γνωρίζουμε εάν υπάρχουν ενδείξεις για διαφοροποίηση του μικροκλίματος στην περιοχή (πχ. αυξημένες βροχοπτώσεις, αυξημένη υγρασία - ομίχλες λόγω γειτονικού ποταμού, ενδεχόμενη ύπαρξη έλους κλπ), αυτό γιατί θα επηρεάσουν την απόδοση του φωτοβολταϊκού συστήματος.

2.9. Τρόποι στήριξης των συλλεκτών

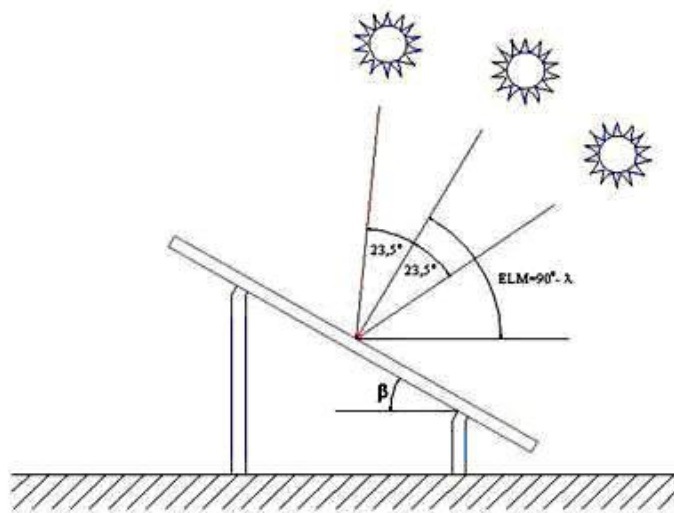
Διακρίνουμε τρεις διαφορετικούς τρόπους στήριξης συλλεκτών:

- Σταθερής στήριξης,
- Εποχιακά ρυθμιζόμενης στήριξης
- Συνεχούς παρακολούθησης της θέσης του ηλίου, με διάταξη που ονομάζεται ηλιοτρόπιο (Tracker).

- **Στήριξη του συλλέκτη με σταθερή γωνία κλίσης**

Με την απουσία κινητών μερών στη στήριξη της συστοιχίας με σταθερή κλίση, προσδίδουμε στη διάταξη περισσότερη μηχανική αντοχή, χαρακτηριστικό που συμβάλλει στην αναξιόπιστη συμπεριφορά της, ιδιαίτερα αν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε περιοχές όπου επικρατούν ισχυροί άνεμοι. Χρησιμοποιούνται επίσης στατικές συλλεκτικές επιφάνειες, ενσωματωμένες σε κτίρια.

Την πιο απλή περίπτωση την έχουμε όταν ο χώρος εγκατάστασης της συστοιχίας των συλλεκτών δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία, καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, όλο το έτος. Κατά κανόνα επιλέγουμε νότιο αζιμουθιακό προσανατολισμό για τη συστοιχία και κλίση κοντά στο γεωγραφικό πλάτος του τόπου εγκατάστασης.



Εικόνα. Συλλέκτης με σταθερή γωνία κλίσης

Όταν η κλίση ισούται ακριβώς με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, οι ακτίνες του ηλίου πέφτουν κάθετα στο συλλέκτη δύο φορές το χρόνο. Σημαντικό ρόλο στον προσδιορισμό της βέλτιστης γωνίας συλλέκτη με σταθερή κλίση, παίζουν οι επικρατούσες στην περιοχή μετεωρολογικές συνθήκες και η ανακλαστικότητα του

εδάφους. Έτσι για να βρούμε τη βέλτιστη γωνία του συλλέκτη, χρειάζεται να συλλέξουμε στοιχεία σχετικά με τους παράγοντες αυτούς και ιδιαίτερα μετρήσεις της ολικής ακτινοβολίας, τουλάχιστον σε οριζόντια προσανατολισμένο αισθητήρα, για μια σειρά ετών για αυτή την περιοχή. Μπορούμε επίσης να χρησιμοποιήσουμε μετρήσεις που έχουν συλλεχθεί στην πλησιέστερη προς αυτή περιοχή, εμπλουτισμένες με πρόσφατες μετρήσεις στην περιοχή αυτή.

Με βάση τώρα τις μετρήσεις αυτές αλλά και με χρήση κατάλληλων προγραμμάτων, προσδιορίζουμε την ολική ακτινοβολία σε κάθε γωνία κλίσης ενός συλλέκτη, απ' όπου προκύπτει η βέλτιστη γωνία κλίσης του συλλέκτη για συγκεκριμένη περιοχή.

Τέλος, αν τώρα υπάρχουν φυσικά εμπόδια που σκιάζουν το συλλέκτη ορισμένη περίοδο της ημέρας, για παράδειγμα από το μεσημέρι και μετά, τότε προσανατολίζουμε το συλλέκτη αζιμουθιακά, μετά από σχετική μελέτη του κλίματος και των στοιχείων ηλιοφάνειας της περιοχής, σε ορισμένη νοτιοανατολική κατεύθυνση. Αν τώρα η σκίαση γίνεται το πρωί και από το μεσημέρι και μετά δεν υπάρχει πρόβλημα σκίασης, τότε η συστοιχία προσανατολίζεται νοτιοδυτικά.

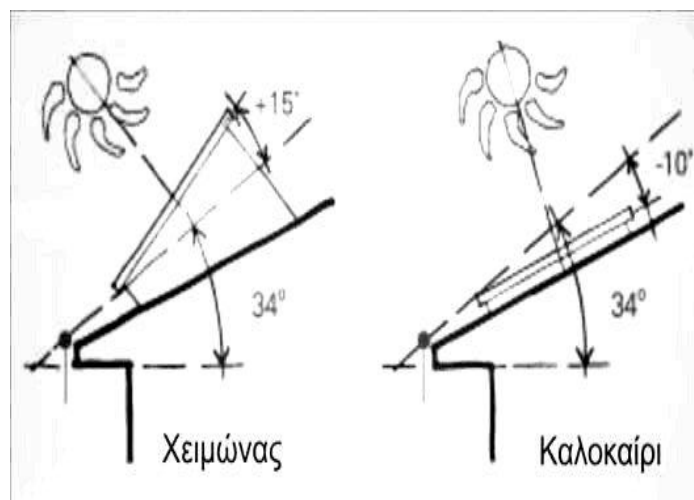
- **Στήριξη με δυνατότητα εποχικής ρύθμισης κλίσης του συλλέκτη**

Υπάρχει μια διάταξη συλλεκτών με νότιο προσανατολισμό, η οποία εκ κατασκευής έχει τη δυνατότητα εποχιακής ρύθμισης της κλίσης της. Προσδιορίζονται οι κατάλληλες κλίσεις και ο χρόνος αλλαγών.

Οι θέσεις του συλλέκτη είναι δύο :

- μια για το θερινό εξάμηνο,
- και μια για το χειμερινό.

Όπως και στην περίπτωση συλλέκτη σταθερής κλίσης όλο το έτος, έτσι και στην περίπτωση επιλογής χειμερινής και θερινής θέσης, η επιλογή της βέλτιστης γωνίας για το συλλέκτη σε κάθε περίοδο απαιτεί γνώση των τοπικών μετεωρολογικών συνθηκών και της μορφολογίας και κάλυψης του εδάφους, που καθορίζει την ανακλαστικότητά του.

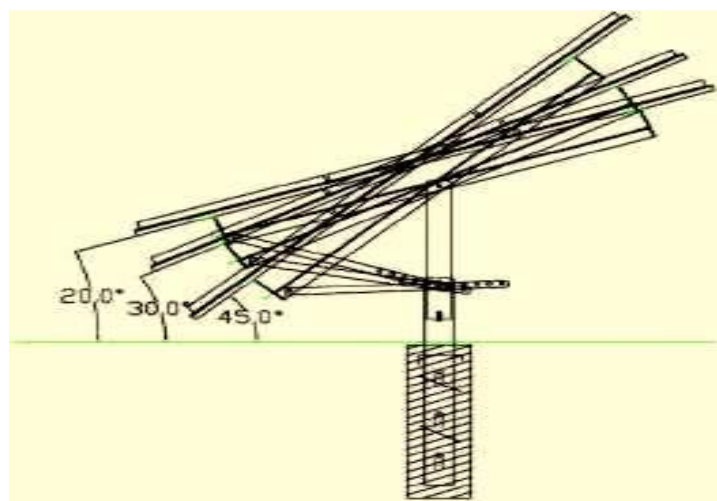


Εικόνα. Συλλέκτης με ρύθμιση κλίσης της γωνίας

- **Στήριξη σε κινητές βάσεις**

Οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες τοποθετούνται σε κινητές βάσεις. Στόχος της κατασκευής είναι η βελτιστοποίηση του αποτελέσματος όπως προκύπτει από την συνεχή παρακολούθηση του ηλίου με περιστροφή κατά το επίπεδο που ορίζεται από τους άξονες X και Ψ (οριζόντια), στον άξονα Z η κλίση της κατασκευής είναι 30 °C. Η περιστροφή γίνεται πάνω σε σιδηροτροχιά η οποία εδράζεται σε κυκλικό θεμέλιο από οπλισμένο σκυρόδεμα πλάτους 0,40 m και βάθους 0,80 m.

Στην κατασκευή αυτή τοποθετείται σκελετός από γαλβανισμένο εν θερμό χάλυβα. Η κίνηση του μηχανισμού γίνεται με την βοήθεια ενός κινητήρα ισχύος 0,37 kW. Ο μηχανισμός παρακολουθεί την κίνηση του ηλίου με βάση τα στοιχεία που είναι καταχωρημένα στο λογισμικό που συνοδεύει την συσκευή, ή δεν γίνεται χρήση αισθητήρων έντασης φωτός αλλά χρήση αστρονομικών δεδομένων.



Εικόνα. Στήριξη συλλέκτη σε κινητή βάση

- **Τρόποι στήριξης φωτοβολταϊκών πλαισίων σε κτήρια**

Οι κατασκευές στήριξης πρέπει να πληρούν συγκεκριμένα κριτήρια, όπως αντοχή στα φορτία που προέρχονται απ' το βάρος των πλαισίων και τους τοπικούς ανέμους, να μην προκαλούν σκίασμό στα πλαίσια, να επιτρέπουν την προσέγγιση στα πλαίσια, αλλά ταυτόχρονα να διασφαλίζουν την ασφάλειά τους. Η ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών πλαισίων στην οροφή ή στην πρόσοψη ενός κτιρίου γίνεται με πολλούς τρόπους. Στις καινοτόμες λύσεις που έχουν υιοθετηθεί κατά καιρούς περιλαμβάνεται και η χρήση φωτοβολταϊκών στοιχείων στη θέση άλλων δομικών στοιχείων στο κέλυφος του κτιρίου ή στα σκίαστρα.

Υπάρχουν τέσσερις βασικοί τρόποι για την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε ένα κτήριο:

- τοποθέτηση σε κεκλιμένα στηρίγματα

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία από ξύλινα ή μεταλλικά είδη στηριγμάτων και οι περισσότεροι κατασκευαστές φωτοβολταϊκών συστημάτων προσφέρουν στηρίγματα που ταιριάζουν ακριβώς στα φωτοβολταϊκά πλαίσια.

Σε μερικές περιπτώσεις, η κλίση είναι ρυθμιζόμενη. Η τοποθέτηση αυτή προσφέρει εύκολη πρόσβαση τόσο στο εμπρός όσο και στο πίσω μέρος των

φωτοβολταικών πλαισίων, όταν χρειάζεται να γίνει συντήρηση, βοηθά επίσης, στον καλό αερισμό και στο δροσισμό των στοιχείων, αυξάνοντας έτσι την απόδοσή τους. Εντούτοις, το κόστος είναι σχετικά υψηλό, γιατί απαιτείται η χρήση πρόσθετων υλικών και επιπλέον εργασία.



Εικόνα. Τοποθέτηση φωτοβολταικών σε κεκλιμένα στηρίγματα

- Τοποθέτηση σε ειδική βάση προσαρμοζόμενη στο εξωτερικό του κελύφους

Η κατασκευή αυτή στηρίζεται στο εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου. Χρειάζεται, όμως, προσοχή για την καλή μόνωση των σημείων στα οποία στηρίζεται η βάση.



Εικόνα. Τοποθέτηση φωτοβολταικών σε ειδική βάση προσαρμοζόμενη στο εξωτερικό του κελύφους

Η τοποθέτηση αυτή επιτρέπει επίσης τον καλό αερισμό και την ψύξη των Φ/Β στοιχείων. Το κόστος είναι συνήθως μικρότερο σε σύγκριση με το κόστος που απαιτεί η τοποθέτηση σε κεκλιμένα στηρίγματα, αλλά μεγαλύτερο από το κόστος των μεθόδων που περιγράφονται στη συνέχεια. Αποτελεί μια καλή λύση, ειδικά σε

ανακαινιζόμενα κτίρια, στα οποία δεν είναι δυνατόν να γίνουν μεγάλες αλλαγές στο εξωτερικό του κελύφους.

➤ Απευθείας τοποθέτηση

Στην περίπτωση αυτή, η εξωτερική επίστρωση του κτιρίου αντικαθίσταται από Φ/Β πλαίσια. Παραδείγματος χάριν, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία τοποθετούνται με τρόπο που το ένα να επικαλύπτει εν μέρει το άλλο, όπως ακριβώς τα κεραμίδια.

Το φωτοβολταϊκό κάλυμμα προστατεύει το κτήριο, αλλά δεν είναι πλήρως στεγανό και απαιτούνται μέτρα για τη στεγανοποίησή του. Το κόστος όμως αυτής της μεθόδου είναι σχετικά χαμηλό, γιατί απαιτεί ελάχιστα πρόσθετα υλικά. Επίσης, η υποκατάσταση ορισμένων δομικών υλικών που χρησιμοποιούνται για την εξωτερική κάλυψη του κελύφους του από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια μειώνει το συνολικό κόστος.



Εικόνα. Φωτοβολταϊκό πλαίσιο με απευθείας τοποθέτηση

➤ Ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών πλαισίων στο κέλυφος του κτηρίου

Η μέθοδος αυτή συνίσταται στην υποκατάσταση ολόκληρων τμημάτων του κτιριακού κελύφους από φωτοβολταϊκά πλαίσια. Η καλή εφαρμογή αυτής της τεχνικής απαιτεί τη στεγανή σύνδεση των φωτοβολταϊκών πλαισίων μεταξύ τους. Πχ. τα φωτοβολταϊκά στοιχεία χωρίς μεταλλικό σκελετό τοποθετούνται σε στηρίγματα παρόμοια με αυτά που χρησιμοποιούνται για τη στήριξη συμβατικών διαφανών οροφών ή προσόψεων. Τα νέα τύπου ημιδιαφανή στοιχεία είναι δυνατόν να τοποθετηθούν στη θέση υαλοπινάκων ή αδιαφανών στοιχείων, παρέχοντας στο σχεδιαστή τη δυνατότητα εφαρμογής τεχνικών φωτισμού και ηλιοπροστασίας παράλληλα με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών παρέχει δυνατότητες για σημαντική μείωση του κόστους, καθώς εξοικονομείται το κόστος των δομικών στοιχείων του κελύφους τα οποία αντικαθίστανται από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία.



Εικόνα. Ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών πλαισίων στο κέλυφος του κτηρίου

2.10. Τρόποι σύνδεσης Φωτοβολταϊκών πλαισίων

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια μπορούν να συνδεθούν σε σειρά, παράλληλα, είτε ταυτόχρονα και με τους δυο τρόπους. Στην περίπτωση της εν σειρά σύνδεσης ο στόχος είναι να επιτευχθεί τάση μεγαλύτερη από την τάση που παρέχει κάθε φωτοβολταϊκό πλαίσιο χωριστά. Έτσι ο θετικός πόλος του ενός στοιχείου συνδέεται με τον αρνητικό πόλο του επόμενου και η διαδικασία αυτή συνεχίζεται μέχρι να συνδεθούν μεταξύ τους όλα. Προσοχή θα πρέπει να δοθεί στο γεγονός ότι τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που θα συνδεθούν σε σειρά πρέπει να έχουν το ίδιο ρεύμα βραχυκυκλώματος και το ίδιο ρεύμα μέγιστης ισχύος.

Η σύνδεση φωτοβολταϊκών πλαισίων παράλληλα χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που θέλουμε να επιτύχουμε ρεύμα μεγαλύτερο από το ρεύμα που παρέχει κάθε φωτοβολταϊκό πλαίσιο χωριστά. Η σύνδεση πραγματοποιείται συνδέοντας τον θετικό πόλο του ενός στοιχείου με τον θετικό πόλο του αλλού και ο αρνητικός πόλος με τον αρνητικό του αλλού. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται μέχρι να συνδεθούν μεταξύ τους όλα. Προσοχή θα πρέπει να δοθεί ώστε τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που θα συνδεθούν παράλληλα να έχουν την ίδια τάση ανοικτού κυκλώματος.

Με την μικτή σύνδεση φωτοβολταϊκών πλαισίων μπορούμε να αυξήσουμε το ρεύμα και την τάση ταυτόχρονα, σε τιμές που δεν είναι διαθέσιμες από απλά φωτοβολταϊκά πλαίσια. Η μικτή σύνδεση στην ουσία είναι συνδυασμός της συνδέσεως σε σειρά και της παράλληλης σύνδεσης και κατά συνέπεια ισχύει ότι ισχύει σε αυτές τις συνδέσεις.

2.11. Πλεονεκτήματα των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων

Τα μεγάλα πλεονεκτήματα αυτής της πυρακτωμένης μάζας που καλείται ήλιος είναι ότι οι ακτίνες της είναι καθαρή ενέργεια που δεν αφήνει κατάλοιπα ούτε έχει κόστος εξόρυξης εν αντιθέσει με το πετρέλαιο. Και πιθανότατα το μεγαλύτερο πλεονέκτημα του εκτός του μηδενικού κόστους είναι ότι δεν καταστρέφει το

περιβάλλον. Εν αντιθέσει με το πετρέλαιο οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι αστείρευτες και με δυνατότητα ανανέωσης σε σύντομο χρονικό διάστημα .

Τα πλεονεκτήματα των Φωτοβολταϊκών έναντι των άλλων συστημάτων είναι τα εξής:

- Η δυνατότητα που έχουν να παράγουν ηλεκτρική ισχύ μεγάλου εύρους το οποίο κυμαίνεται από λίγα MW και μπορεί να φτάσει έως μερικά kW (συναρτώμενα πάντα και από τις κατάλληλες προϋποθέσεις [χώρος, ηλιοφάνεια, είδος φωτοβολταϊκό πάνελ κλπ] αλλά όσο περισσότερα μικρά αυτόνομα συστήματα υπάρχουν τόσο το καλύτερο για την ποιότητα ισχύος του δικτύου και για την σταθερότητα του).
- Οι απαιτήσεις λειτουργίας και συντήρησής τους είναι σχεδόν μηδαμινές (αφού αρκεί συνήθως ένας απλός τακτικός έλεγχος του φωτοβολταϊκού συστήματος και καθαρισμός των επιφανειών των φωτοβολταϊκών από τη σκόνη που ενδέχεται να υπάρχει).
- Εξομαλύνουν το φορτίο του δικτύου ιδίως τους καλοκαιρινούς μήνες μιας και η μέγιστη ζήτηση αιχμής του φορτίου συμπίπτει με τις μέγιστες αιχμές παραγωγής των φωτοβολταϊκών συστημάτων και αυτό συμβαίνει με 2 τρόπους στην περίπτωση της διασυνδεδεμένης με το δίκτυο κατοικίας αφενός δεν απορροφά ρεύμα από το δίκτυο αλλά και σε περίπτωση μη κατανάλωσης από την οικία του φωτοβολταϊκά παραγόμενου ηλεκτρικού ρεύματος αυτό διανέμεται στο δίκτυο με αποτέλεσμα την ανακούφιση της αιχμής του δικτύου.
- Είναι πολύ εύκολα επεκτάσιμα πράγμα ιδιαίτερος σημαντικό στη σημερινή εποχή όπου η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνθρωπο εξαιτίας της τεχνολογικής εξέλιξης συνεχώς αυξάνεται και είναι ιδιαίτερα δύσκολο να προβλεφθούν οι μελλοντικές ανάγκες του κάποια χρόνια μετά. Έτσι με την προσθήκη κάποιων επιπλέον φωτοβολταϊκών πλαισίων, και όχι με την καθολοκλήρου απόσυρση των υπαρχόντων, και ίσως την αντικατάσταση κάποιων υποσυστημάτων του συμπληρωματικού εξοπλισμού μπορεί με μικρό κόστος να επεκταθεί ένα φωτοβολταϊκό σύστημα).
- Δεν προσβάλλουν αισθητικά το περιβάλλον και μάλιστα η φωτοβολταϊκή γεννήτρια μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δομικό υλικό στην κατασκευή των κτιρίων, τα ενσωματωμένα σε κτίρια φωτοβολταϊκά συστήματα αποτελούν στις μέρες μας την πιο συνηθισμένη μορφή φωτοβολταϊκού συστήματος. Στα συστήματα αυτά η φωτοβολταϊκή γεννήτρια μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δομικό υλικό παρέχοντας την δυνατότητα για καινοτόμους αρχιτεκτονικούς σχεδιασμούς, καθώς διατίθενται σε ποικιλία χρωμάτων, μεγεθών, σχημάτων και μπορούν να παρέχουν ευελιξία και πλαστικότητα στη μορφή, ενώ δίνουν και δυνατότητα διαφορετικής διαπερατότητας στο φως ανάλογα με τις ανάγκες του σχεδιασμού. Αντικαθιστώντας άλλα δομικά υλικά συμβάλλουν έτσι στη μείωση του συνολικού κόστους μιας κατασκευής. Αντίθετα, για παράδειγμα η εγκατάσταση μιας τεράστιας ανεμογεννήτριας σε μια όχι και τόσο ανοιχτή περιοχή δημιουργεί σίγουρα άσχημη οπτική εντύπωση.
- Έχουν εντελώς αθόρυβη λειτουργία, μηδαμινές εκπομπές ρύπων, μηδενική ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση και γενικότερα είναι απολύτως φιλικά προς το περιβάλλον ίσως μάλιστα περισσότερο από οποιαδήποτε άλλη ΑΠΕ.
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, αυτό είναι λογικό εάν αναλογιστεί κανείς ότι ο χρόνος ζωής των φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι σήμερα μεγαλύτερος από 30 χρόνια, του αντιστροφέα 15 χρόνια , της μπαταρίας μολύβδου-οξέος 5 έως 8

χρόνια, ενώ κατά την σχεδίαση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος συνήθως υποτίθεται καθαρός χρόνος λειτουργίας του περίπου 70.000 -100.000 ώρες και χρόνος ζωής του (κύκλος ζωής) περίπου 15 έως 30 χρόνια. Με τον όρο κύκλος ζωής του φωτοβολταϊκού συστήματος εννοούμε το χρονικό διάστημα οικονομικής αξιολόγησής του το οποίο συνήθως επιλέγεται όσο και ο χρόνος ζωής των φωτοβολταϊκών πλαισίων.

- Έχουν σχετικά μικρές απώλειες στην παραγωγή τους εν αντιθέσει με το δίκτυο, του οποίου οι απώλειες κυμαίνονται έως και 10% (οι οποίες διαφέρουν ανάλογα τα εξαρτήματα του κυκλώματος δεδομένου ότι όσο πιο πολλά εξαρτήματα τόσο περισσότερες απώλειες).
- Τεχνολογία φιλική στο περιβάλλον: δεν προκαλούνται ρύποι από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Η ηλιακή ενέργεια είναι αποκεντρωμένο «καύσιμο», διατίθεται παντού και δεν στοιχίζει απολύτως τίποτα.
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως σκίαστρα παράγοντας ταυτόχρονα και ηλεκτρική ενέργεια μιας και η θερμοκρασία κάτω από τα πάνελ είναι περίπου 5 °C χαμηλότερη από μια αντίστοιχη φυσική σκίαση.
- Ακόμη και με το πέρας της ζωής τους είναι πλήρως ανακυκλώσιμα. Κάποιες εταιρείες μπορεί να σας πληρώσουν έτσι ώστε να ανακυκλώσουν τα πάνελ σας και να τα επαναχρησιμοποιήσουν.
- Δεν ρυπαίνουν το περιβάλλον.

2.12. Μειονεκτήματα των Φωτοβολταϊκών συστημάτων

- Μεγάλο αρχικό κόστος εγκατάστασης.
- Σε περίπτωση απουσίας του ηλιακού φωτός, για παράδειγμα κατά τη διάρκεια της νύχτας, δεν υπάρχει παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Για το λόγο αυτό, τα περισσότερα σπίτια θα πρέπει να διατηρήσουν μια σύνδεση με το κλασικό δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, την γνωστή σε όλους μας ΔΕΗ.
- Σε λιγότερο εύκρατα κλίματα, μια μεγαλύτερη επιφάνεια των ηλιακών κυττάρων παραγωγής ενέργειας θα απαιτηθεί.

2.13. Νομοθεσία

Οι πρώτες προσπάθειες για ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών στην Ελλάδα ξεκινούν το 1985 με τον πρώτο νόμο για θέματα ηλεκτροπαραγωγής από εναλλακτικές μορφές ενέργειας. Μετά η επόμενη ουσιαστική προσπάθεια έγινε το 1994 όπου θεσπίστηκαν ευνοϊκές ρυθμίσεις για τις Α.Π.Ε. και είχαμε την έντονη εμφάνιση επενδυτικού ενδιαφέροντος και από την πλευρά των ιδιωτών. Οι τελικές ρυθμίσεις και η κάλυψη των όποιων κενών υπήρχαν έγιναν από το 2001 μέχρι το 2006 όπου είχαμε και τον τελευταίο και ευνοϊκότερο νόμο για τις Α.Π.Ε. και ειδικά για τα φωτοβολταϊκά.

Οι νομοθετικές διατάξεις που αφορούν τις Α.Π.Ε. είναι οι εξής:

- Νόμος 1559/1985
- Νόμος 2244/1994
- Νόμος 2773/1999

- Νόμος 2941/2001
- ΥΑ 2000/2002
- ΥΑ 1726/2003
- Νόμος 3468/2006
- Νόμος 3734/2009

Με τον τελευταίο νόμο 3468/2006 το ελληνικό δίκαιο εναρμονίζεται με την κοινοτική οδηγία 2001/77/ΕΚ του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και προωθείται, κατά προτεραιότητα, στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας η παραγωγή από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) και μονάδες Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (ΣΗΘΥΑ).

2.14. Ανάλυση του Νόμου 3468/2006

Μετά από ενάμισι χρόνο διαβουλεύσεων τον Ιούνιο 2006 ψηφίστηκε ο Νόμος 3468/06 (ΦΕΚ Α' 129/27-6-06) με τίτλο: «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις».

Σε αυτόν περιέχεται το πλαίσιο διαδικασιών αδειοδότησης, μέτρων προώθησης των ΑΠΕ αλλά και ελέγχου της προέλευσης και προόδου διείσδυσης των ΑΠΕ στην Ελλάδα. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα πριμοδοτούνται με υψηλή τιμή πώλησης της kWh για τον ηλεκτρο-παραγωγό, ιδιαίτερα ελκυστική για τις συνθήκες ηλιοφάνειας της χώρας μας. Το μέτρο αυτό εφαρμόζεται ήδη σε χώρες όπως η Γερμανία, Ισπανία, Ιταλία, Κύπρος κλπ και πρόσφατα στην Ελλάδα, έχει στόχο να αυξηθεί η ζήτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων με αποτέλεσμα να γίνουν επενδύσεις για την μαζική παραγωγή τους που θα οδηγήσει σε οικονομικότερα προϊόντα λόγω της οικονομίας κλίμακας που θα πετύχουν.

Η προοπτική είναι τα διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα να παράγουν στην Νότια Ευρώπη ηλεκτρισμό σε τιμές ανταγωνιστικές των μονάδων βάσης συμβατικών. καυσίμων μέσα σε 15 με 20 χρόνια. Όσον αφορά το κόστος παραγωγής ενέργειας από τις μονάδες που χρησιμοποιούν οι ηλεκτρικές εταιρίες για να καλύψουν τα φορτία αιχμής εκεί τα φωτοβολταϊκά θα γίνουν συντομότερα ανταγωνιστικά στην Νότια Ευρώπη καθώς τώρα οι τιμές κόστους παραγωγής κυμαίνονται από 0,08-0,20 €/kWh.

Στα περισσότερα αυτόνομα ηλεκτρικά συστήματα των Ελληνικών νησιών η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι ήδη συμφέρουσα καθώς το κόστος παραγωγής για όλα τα νησιά με εγκατεστημένη ισχύ μηχανών μικρότερη των 10 GW, το κόστος παραγωγής για την ΔΕΗ ξεπερνά τα 0,20 €/kWh. Με τις σημερινές τιμές των φωτοβολταϊκών συστημάτων και χωρίς καμία επιχορήγηση το κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού από τον ήλιο στην Νότια Ευρώπη κυμαίνεται στα 0,25-0,35 €/kWh.

2.15. Ανάλυση Νέου Νόμου 3734/2009

Με τον νέο νόμο 3734/2009 ορίζεται χρονοδιάγραμμα για την αδειοδότηση από τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας. Συγκεκριμένα, οι αιτήσεις για χορήγηση άδειας παραγωγής από φωτοβολταϊκούς σταθμούς και για έκδοση απόφασης εξαίρεσης, αξιολογούνται και εξετάζονται αντίστοιχα, μέχρι την 28-2-2009 όσες έχουν

υποβληθεί έως και την 31-5-2007, μέχρι την 30-4-2009 όσες έχουν υποβληθεί έως και 30-6-2007 και μέχρι την 31-12-2009 όσες έχουν υποβληθεί έως 29-02-2008.

Επίσης, ορίζονται νέες τιμές πώλησης της παραγόμενης ηλιακής κιλοβατώρας. Οι τιμές αυτές θα είναι εγγυημένες για μια 20ετία (και για τα παλιά συμβόλαια που τρέχουν ήδη) και θα αναπροσαρμόζονται ετησίως με το 25% του πληθωρισμού της περασμένης χρονιάς. Οι τιμές αυτές κλειδώνουν με την υπογραφή της σύμβασης αγοροπωλησίας με τον ΔΕΣΜΗΕ (ή τη ΔΕΗ για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά) και στη συνέχεια έχει κανείς άλλους 18 μήνες για να υλοποιήσει το έργο κάνοντας χρήση αυτής της τιμής. Αν καθυστερήσει πάνω από 18 μήνες, θα πάρει την τιμή που ισχύει τη στιγμή της έναρξης λειτουργίας. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι οι τιμές παραμένουν σταθερές έως και το 2011. Ο νέος αυτός νόμος προβλέπει τη διενέργεια διαγωνισμών για έργα ισχύος άνω των 10 MWp.

Επιπλέον, οι άδειες παραγωγής ή αποφάσεις εξαίρεσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκούς σταθμούς δεν επιτρέπεται να μεταβιβασθούν πριν την έναρξη λειτουργίας των σταθμών.

Κεφάλαιο 3

3.1. Αιολική Ενέργεια

Ο άνεμος είναι μια μορφή ηλιακής ενέργειας. Οι άνεμοι προκαλούνται από την ανόμοια θέρμανση της ατμόσφαιρας από τον ήλιο, τις εδαφικές ανωμαλίες της επιφάνειας της γης και την περιστροφή της γης. Τα πρότυπα της ροής του ανέμου τροποποιούνται από το έδαφος της γης, από τους υδάτινους όγκους κ την βλάστηση. Οι όροι «αιολική ενέργεια» ή «αιολική ισχύς» περιγράφουν τη διαδικασία με την οποία ο άνεμος χρησιμοποιείται για να παράγει μηχανική ισχύ ή ηλεκτρισμό.

Γενικά αιολική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση του πνέοντος ανέμου. Η ενέργεια αυτή χαρακτηρίζεται «ήπια μορφή ενέργειας» και περιλαμβάνεται στις «καθαρές» πηγές, όπως συνηθίζονται να λέγονται οι πηγές ενέργειας που δεν εκπέμπουν ή δεν προκαλούν ρύπους. Η αρχαιότερη μορφή εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας ήταν τα ιστία (πανιά) των πρώτων ιστιοφόρων πλοίων και πολύ αργότερα οι ανεμόμυλοι στην ξηρά. Ονομάζεται αιολική γιατί στην ελληνική μυθολογία ο Αίολος ήταν ο θεός του ανέμου.

Η αιολική ενέργεια αποτελεί σήμερα μια ελκυστική λύση στο πρόβλημα της ηλεκτροπαραγωγής. Το «καύσιμο» είναι άφθονο, αποκεντρωμένο και δωρεάν. Δεν εκλύονται αέρια θερμοκηπίου και άλλοι ρύποι, και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι μικρές σε σύγκριση με τα εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα. Επίσης, τα οικονομικά οφέλη μιας περιοχής από την ανάπτυξη της αιολικής βιομηχανίας είναι αξιοσημείωτα.

Σύμφωνα με εμπειρογνώμονες, τα αιολικά πάρκα μπορούν να καλύψουν την ενεργειακή ανάγκη του πλανήτη. Σε μια μελέτη που έγινε τελευταία οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι πρέπει να κατασκευαστεί ένα παγκόσμιο δίκτυο χειρσαίων ανεμογεννητριών 2,5MW που να λειτουργούν ελάχιστα, περίπου στο 20%, και να μην βρίσκονται σε δασικές εκτάσεις ή σε παγωμένες περιοχές. Με αυτόν τον τρόπο οι ανεμογεννήτριες θα μπορούσαν να καλύψουν την τωρινή αλλά και τη μελλοντική ενεργειακή ζήτηση παγκοσμίως. Η αιολική ενέργεια έχει τεράστια δύναμη και μπορεί να συμβάλλει θετικά στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Αυτό που απομένει τώρα είναι να βρεθούν τρόποι να ξεπεραστούν τα αρνητικά της αιολικής ενέργειας έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί πιο αποτελεσματικά.

3.2. Η αιολική Ενέργεια στην Ελλάδα

Η Ελλάδα είναι μια χώρα προικισμένη με τεράστιο αιολικό δυναμικό. Αυτό το αιολικό δυναμικό αν το εκμεταλλευτούμε σωστά μπορεί να συνεισφέρει ουσιαστικά στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας και μάλιστα με συντηρητικές εκτιμήσεις έχει τη δυνατότητα να καλύψει έως και το 15% των αναγκών της χώρας σε ηλεκτρική ενέργεια. η εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού θα συμβάλλει στην ελάφρυνση της συνολικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης στη χώρα τουλάχιστον κατά 8% ετησίως. Η οργανωμένη και συστηματική εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού εκτός από τα πρωτεύοντα αποτελέσματα θα αποδώσει μεγάλα οφέλη δημιουργώντας νέες θέσεις εργασίας, αποκεντρωμένη ανάπτυξη, σημαντική απεξάρτηση από τα εισαγόμενα καύσιμα αλλά και ανάπτυξη της τεχνολογίας, της τεχνολογίας και της κατασκευαστικής δραστηριότητας σε διάφορους κλάδους.

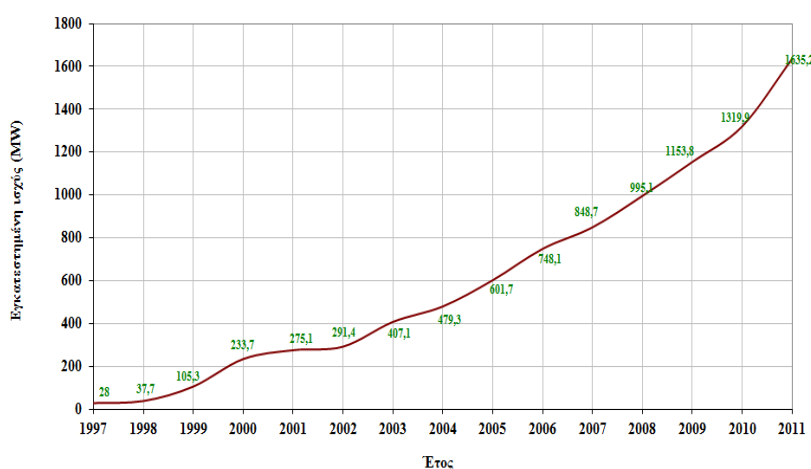
Από τεχνικής πλευράς η περαιτέρω ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα είναι εφικτή στο βαθμό που θα ξεπεραστεί το βασικό τεχνικό πρόβλημα των

ασθενών ηλεκτρικών δικτύων κυρίως στις περιοχές που διαθέτουν το κατάλληλο αιολικό δυναμικό.

Η Ελλάδα σύμφωνα με στοιχεία του Global Wind Energy Council καταλαμβάνει την όγδοη θέση παγκοσμίως στην εγκατεστημένη αιολική ισχύ. Παράλληλα, η χώρα μας καταλαμβάνει την έβδομη θέση παγκοσμίως στις νέες εγκαταστάσεις αιολικής ισχύος ανά εκατομμύριο κατοίκους. με 151,01 Μεγαβάτ. Όσον αφορά στη νέα εγκατεστημένη ισχύ ανά εκατομμύριο κατοίκους το 2011, η Ελλάδα βρίσκεται στην έβδομη θέση με νέα έργα 28.83 MW.

Παρόλα αυτά στην Ελλάδα, η ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας, αντιμετωπίζει μέχρι τώρα αρκετά προβλήματα. Παρά τη σημαντική αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος τα τελευταία χρόνια, είναι κοινά αποδεκτό ότι αυτή η αύξηση είναι πολύ μικρή δεδομένου του πλούσιου αιολικού δυναμικού της χώρας μας.

Εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα 1997-2011



Διάγραμμα 1: Εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα 1997- 2011

Κύριος λόγος για τη μικρή ανάπτυξη μέχρι το 2001 ήταν το νομοθετικό καθεστώς και το μονοπωλιακό μοντέλο της οικονομίας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Μετά τις νομοθετικές αλλαγές στο χώρο των ΑΠΕ και την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, η κατάσταση βελτιώθηκε σημαντικά. Η Ελλάδα εφαρμόζει το σύστημα feed-in και η νομοθεσία προσφέρει επιπλέον αρκετά ικανοποιητικά κίνητρα για τους επενδυτές. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το αυξημένο ενδιαφέρον των επενδυτών για ανάπτυξη πολλών MW αιολικής ενέργειας (μεταξύ των οποίων και η Eunice Energy Group). Όμως το επενδυτικό ενδιαφέρον είναι φανερό ότι δεν είναι αρκετό. Χαρακτηριστικά, ο στόχος της χώρας μας για το 2010 ως προς την ηλεκτροπαραγωγή από αιολική ενέργεια ήταν η εγκατεστημένη ισχύς να φτάσει περίπου τα 3500MW ενώ στο τέλος του 2010 η πραγματικά εγκατεστημένη ισχύς ανήλθε μόλις στα 1320 MW. Είναι φανερό ότι σε μια χώρα για την οποία υπάρχει στόχος και καλή θέληση ενώ και οι επενδυτικές προτάσεις δεν είναι λίγες, η ανάπτυξη των αιολικών πάρκων καθυστερεί σημαντικά, με αποτέλεσμα, ο στόχος να έχει πλέον μεταταθεί για το 2020 με εγκατεστημένη ισχύ που θα πρέπει να φτάσει περίπου τα 7500 MW. Οι προβλέψεις μέχρι τώρα δεν είναι ευοίωνες, οι καθυστερήσεις στην έκδοση αδειών παραγωγής και εγκατάστασης είναι σημαντικές και οι προβλέψεις είναι συγκρατημένες.

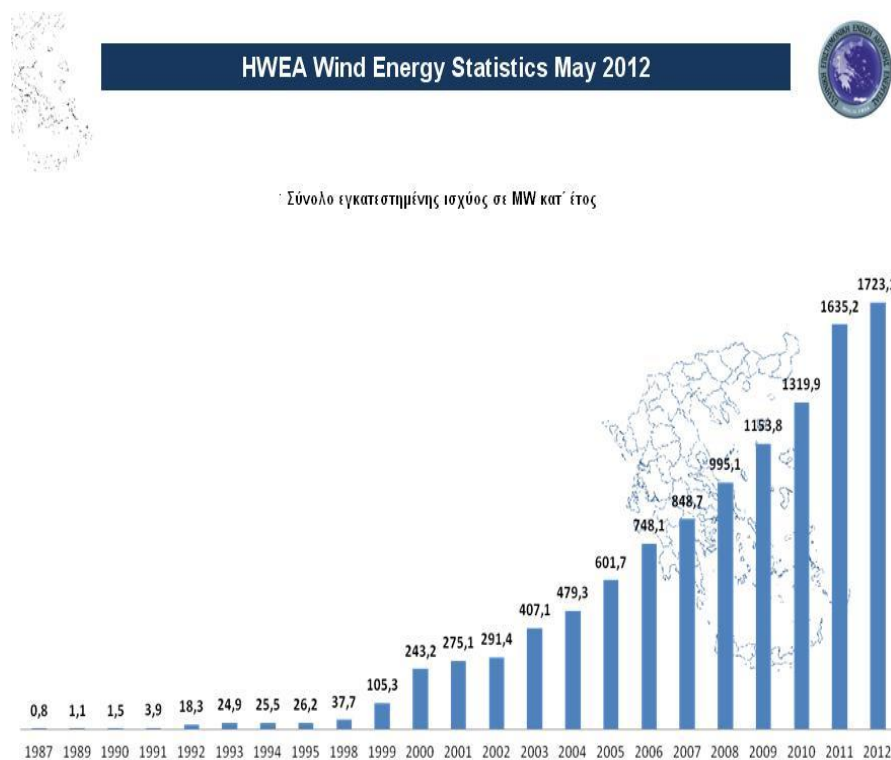
Κύριοι λόγοι για αυτές τις καθυστερήσεις είναι, η, τουλάχιστον μέχρι το 2009, μακροσκελής και περίπλοκη αδειοδοτική διαδικασία, η αδυναμία του δικτύου σε πολλές περιπτώσεις (πχ. Εύβοια, Κρήτη) να υποστηρίξει επιπλέον εγκατεστημένη

ισχύ, οι αντιδράσεις των κατοίκων κυρίως για θέματα οπτικής όχλησης και η έλλειψη χωροταξικού σχεδιασμού. Τα παραπάνω προβλήματα έχουν τεθεί υπό συζήτηση και έχουν καταβληθεί σημαντικές προσπάθειες για την επίλυση τους. Επίσης, έχουν δρομολογηθεί επεκτάσεις και ενισχύσεις του δικτύου μεταφοράς ρεύματος, ένα έργο το οποίο ενδέχεται να βοηθήσει μακροπρόθεσμα και την αδειοδότηση αλλά και την γρήγορη εισαγωγή των έργων αιολικής ενέργειας στο δίκτυο. Το θέμα του χωροταξικού σχεδιασμού οριοθετείται από το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού για τις ΑΠΕ το οποίο από τις αρχές του Δεκεμβρίου του 2008 βρίσκεται σε εφαρμογή και έχει ενταχθεί στην αδειοδοτική διαδικασία των αιολικών πάρκων. Με βάση τις στατιστικές, το σύνολο της αιολικής ισχύος που κατά τα τέλη του Μαΐου 2012 βρισκόταν σε εμπορική ή δοκιμαστική λειτουργία είναι: 1723,06 MW.

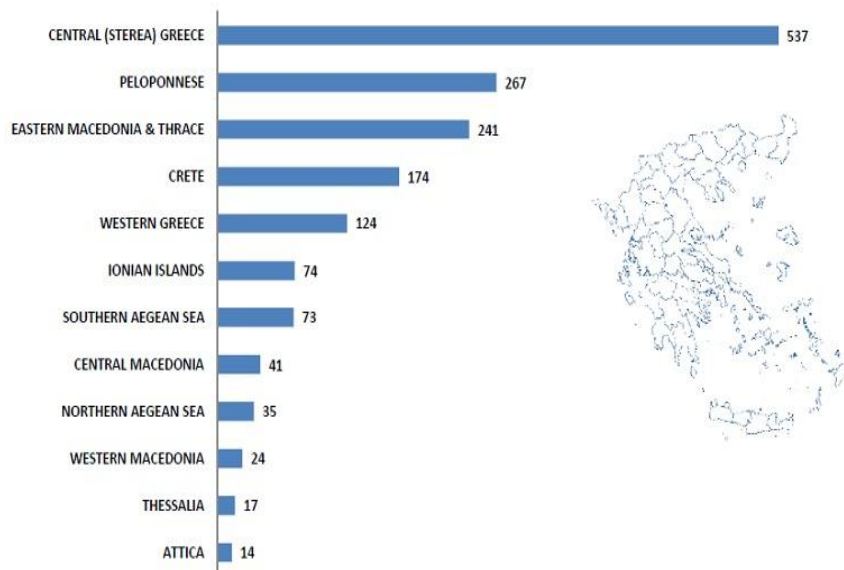
Η ισχύς αυτή κατανέμεται ως εξής:

Στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά : 275,92 MW

Στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα: 1447,14 MW



Διάγραμμα 3. Σύνολο εγκατεστημένης ισχύος σε MW κατά έτος μέχρι το 2012.



Διάγραμμα 3. Εγκατεστημένη ισχύ ανά περιοχή στην Ελλάδα το 2012.

3.3. Ανεμογεννήτριες

Ο άνθρωπος πρωτοχρησιμοποίησε την αιολική ενέργεια στα ιστιοφόρα πλοία, γεγονός που συνέβαλε αποφασιστικά στην ανάπτυξη της ναυτιλίας. Μια άλλη εφαρμογή της αιολικής ενέργειας είναι οι ανεμόμυλοι. Μαζί με τους νερόμυλους συγκαταλέγονται στους αρχικούς κινητήρες που αντικατέστησαν τους μυς των ζώων ως πηγές ενέργειας. Διαδόθηκαν πλατιά στην Ευρώπη επί 650 χρόνια, από τον 12^ο μέχρι τις αρχές του 19^{ου} αιώνα, οπότε άρχισε σταδιακά να περιορίζεται η χρήση τους, λόγω κυρίως της ατμομηχανής. Η οριστική τους εκτόπιση άρχισε μετά τον Α΄ Παγκόσμιο πόλεμο, παράλληλα με την ανάπτυξη του κινητήρα εσωτερικής καύσεως και την διάδοση του ηλεκτρισμού. Κατά τη δεκαετία του 1970, το ενδιαφέρον για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας με ανεμογεννήτριες και ανεμόμυλους ανανεώθηκε λόγω της ενεργειακής κρίσης και των προβλημάτων που δημιουργεί η ρύπανση του περιβάλλοντος.

3.4. Ιστορική Εξέλιξη

Μέση Ανατολή:

Οι ανεμογεννήτριες είναι συνέχεια των ανεμόμυλων. Ο ανεμόμυλος είναι μια διάταξη που χρησιμοποιεί ως κινητήρια δύναμη την κινητική ενέργεια του άνεμου (αιολική ενέργεια). Χρησιμοποιείται για την άλεση σιτηρών, την άντληση νερού και σε άλλες εργασίες.

Φαίνεται ότι οι αρχαίοι λαοί της Ανατολής χρησιμοποιούσαν ανεμόμυλους, αν και η πρώτη αναφορά σε ανεμόμυλο (ένα περσικό συγκρότημα ανεμόμυλων του 644 μ.Χ.) εμφανίζεται σε έργα Αράβων συγγραφέων του 9^{ου} μ.Χ. αιώνα. Αυτό το συγκρότημα των ανεμόμυλων βρισκόταν στο Σειστάν, στα σύνορα της Περσίας και Αφγανιστάν και ήταν «οριζόντιου τύπου» δηλαδή με ιστία (φτερά) τοποθετημένα ακτινικά σε έναν «κατακόρυφο άξονα». Ο άξονας αυτός στηριζόταν σε ένα μόνιμο κτίσμα με ανοίγματα σε αντιδιαμετρικά σημεία για την είσοδο και την έξοδο του αέρα. Κάθε μύλος έδινε απευθείας κίνηση σε ένα μόνο ζεύγος μολόπετρες. Οι πρώτοι

μύλοι είχαν τα ιστία κάτω από τις μυλόπετρες, όπως δηλαδή συμβαίνει και στους οριζόντιους νερόμυλους από τους οποίους φαίνεται ότι προέρχονταν. Σε μερικούς από τους μύλους που σώζονται σήμερα τα ιστία τοποθετούνται πάνω από τις μυλόπετρες. Τον 13^ο αιώνα οι μύλοι αυτού του τύπου ήταν γνωστοί στην Βόρεια Κίνα, όπου μέχρι και τον 16^ο αιώνα τους χρησιμοποιούσαν για εξάτμιση του θαλασσινού νερού στην παραγωγή αλατιού. Τον τύπο αυτό του μύλου χρησιμοποιούσαν επίσης στην Κριμαία, στις περισσότερες χώρες της Δυτικής Ευρώπης και στις ΗΠΑ, μόνο που λίγοι από αυτούς διασώζονται σήμερα. Ο πιο αντιπροσωπευτικός από όλους αυτούς τους τύπους των ανεμόμυλων είναι ο τύπος με το «στροφείο σχήματος S» (S-Rotor) (εφευρέτης ο Φιλανδός S.J.Savinious) που ακόμη και σήμερα χρησιμοποιείται σε φτωχές ή απομονωμένες περιοχές λόγω της φτηνής και εύκολης κατασκευής του.

Οι πρώτοι ευρωπαϊκοί ανεμόμυλοι:

Ο ανεμόμυλος έφτασε στην Ευρώπη από τους Άραβες, χρησιμοποιήθηκε δε στον τύπο του κατακόρυφου ρωμαϊκού υδραυλικού τροχού, με τη διαφορά ότι ο ανεμόμυλος είχε στην θέση του τροχού κατακόρυφα φτερά που μετέδιδαν την κίνηση στις μυλόπετρες με ένα ζεύγος οδοντωτών τροχών. Οι πρώτοι τέτοιοι περιστρεφόμενοι μύλοι εμφανίστηκαν στη Γαλλία το 1180, στην Αγγλία το 1191 και στη Συρία την εποχή των Σταυροφοριών (1190).

Στις αρχές του 14 ου αιώνα αναπτύχθηκε στη Γαλλία ο ανεμόμυλος σε σχήμα πύργου (ξετροχάρης), Σε αυτόν τον τύπο ανεμόμυλου οι μυλόπετρες και οι οδοντωτοί τροχοί ήταν τοποθετημένοι σε ένα σταθερό πύργο με κινητή οροφή ή «κάλυμμα», στην οποία στηρίζονταν τα ιστία και η οποία μπορούσε να στραφεί επάνω σε ειδική τροχιά, στην κορυφή του πύργου.

Ο «περιστρεφόμενος ανεμόμυλος με κοίλο εσωτερικά άξονα» επινοήθηκε στις Κάτω Χώρες στις αρχές του 15^{ου} αιώνα. Διέθετε έναν κατακόρυφο άξονα με γρανάζια στα δύο του άκρα ο οποίος περνούσε μέσα από τον κοίλο άξονα και κινούσε ένα τροχό με περιφερειακά διαταγμένα σκαφίδια που μετέφερε το νερό σε υψηλότερη στάθμη.

Ανεμογεννήτρια:

Ο ανεμόμυλος χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά ως ανεμογεννήτρια το 1890 όταν εγκαταστάθηκε πάνω σε χαλύβδινο πύργο ο ανεμόμυλος του Π. Λα Κούρ στη Δανία, με ισχία με σχισμές και διπλά πτερύγια αυτόματης μετάπτωσης προς τη διεύθυνση του ανέμου. Μετά τον Α' Παγκόσμιο πόλεμο, έγιναν πειράματα με ανεμόμυλους που είχαν ισχία αεροτομής, δηλαδή όμοια με πτερύγια αεροπορικής έλικας. Το 1931 μια τέτοια ανεμογεννήτρια εγκαταστάθηκε στην Κριμαία και η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς διοχετευόταν στο τμήμα χαμηλής τάσης του τοπικού δικτύου. Πραγματικές ανεμογεννήτριες με δύο πτερύγια λειτούργησαν κατά στις ΗΠΑ κατά τη δεκαετία του 1940, στην Αγγλία στη δεκαετία του 1950 καθώς και στη Γαλλία. Η πιο πετυχημένη ανεμογεννήτρια αναπτύχθηκε στη Δανία από τον J.Juul με τρία πτερύγια αλληλοσυνδεδεμένα μεταξύ τους και με έναν πρόβολο στο μπροστινό μέρος του άξονα περιστροφής. Στην Ολλανδία εκτελέστηκαν πειράματα από τον F.G. Pigeaud με αντικείμενο τη μετασκευή των παλαιών ανεμόμυλων άλεσης δημητριακών, έτσι ώστε η πλεονάζουσα ενέργεια να χρησιμοποιείται για ηλεκτροπαραγωγή. Χρησιμοποιήθηκε ένας ασύγχρονος ηλεκτροκινητήρας που κινούσε τον ανεμόμυλο (σε περίπτωση άπνοιας) ή λειτουργούσε σαν γεννήτρια, όταν φυσούσε.

Ο μηχανισμός μετάδοσης κίνησης περιλάμβανε συμπλέκτη παράκαμψης με σκοπό ο ηλεκτροκινητήρας να μην κινεί τα ιστία παρά μόνο να εκτελεί χρήσιμο έργο.

Η οροφή στρεφόταν με τη βοήθεια σερβοκινητήρα που ελεγχόταν από έναν ανεμοδείκτη.

Μετά τον Β' Παγκόσμιο πόλεμο πολλοί περίμεναν ότι η αιολική ενέργεια θα συνέβαλλε σημαντικά στην παραγωγή ηλεκτρισμού, αλλά οι προσπάθειες ανάπτυξης ανεμογεννητριών ατόνησαν μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1970. Οι προσπάθειες αυτές ξανάρχισαν πιο έντονες μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση (1973) και στηρίχθηκαν κατά μεγάλο μέρος στην σύγχρονη αεροδιαστημική τεχνολογία. Έτσι αναπτύχθηκαν διάφοροι τύποι ανεμογεννητριών και στις αρχές της δεκαετίας του 1980 διατίθονταν στο εμπόριο συγκροτήματα μικρής ισχύος (μέχρι 20-25 κιλοβάτ) ενώ είχαν κατασκευαστεί και ανεμογεννήτριες μεγαλύτερης ισχύος (3-4 μεγαβάτ). Οι ανεμογεννήτριες προηγμένης τεχνολογίας που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον είναι κυρίως δύο τύπων: ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα με πτερύγια και ανεμογεννήτριες Νταριέ με κατακόρυφο άξονα (από τον Γάλλο G.J.M.Darrieus που τις εφεύρε το 1925).

Οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα, που είναι πιο εξελιγμένες και διαδεδομένες, έχουν συνήθως δύο ή τρία πτερύγια και η ισχύς τους κυμαίνεται από λίγα κιλοβάτ έως μερικά μεγαβάτ. Οι ανεμογεννήτριες Νταριέ είναι απλούστερες και μικρότερης ισχύος.

3.5. Τρόπος Λειτουργίας

Η ισχύ που αποδίδει, κατ' επέκταση και η ενέργεια που παράγει, μια ανεμογεννήτρια είναι συνάρτηση του κύβου της ταχύτητας του ανέμου, της πυκνότητας του ανέμου και των τεχνικών χαρακτηριστικών του συγκροτήματος. Η ταχύτητα του ανέμου αυξάνει με το ύψος και γι αυτό οι ανεμογεννήτριες τοποθετούνται πάντα στην κορυφή υψηλών πύργων στήριξης. Παρ' όλα αυτά οι θεωρητικοί υπολογισμοί δείχνουν ότι για την παραγωγή ωφέλιμου έργου μπορεί να αξιοποιηθεί μόνο το 53,9% της συνολικής ενέργειας του ανέμου.

Η ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα με πτερύγια ανταποκρίνεται στις μεταβολές τα ταχύτητας του ανέμου με αυτόματη αλλαγή της κλίσης των πτερυγίων. Ο άξονας της παραλληλίζεται αυτόματα προς τη διεύθυνση του ανέμου έτσι ώστε ο άνεμος να προσβάλλει κάθετα την επιφάνεια που διαγράφουν τα πτερύγια. Μ' αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται τελικά η βέλτιστη παραγωγή ενέργειας από το άνεμο με συντελεστή 46% έως 48% και εξασφαλίζονται ικανοποιητικά όρια στα χαρακτηριστικά της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Η μηχανική ισχύς που αναπτύσσεται στον άξονα των πτερυγίων από τον άνεμο μεταδίδεται στην ηλεκτρική γεννήτρια με τις κατάλληλες στροφές. Η γεννήτρια, που μπορεί να είναι σύγχρονη ή ασύγχρονη, παράγει την ηλεκτρική ενέργεια και τροφοδοτεί την κατανάλωση.

Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι χρονικά ασυνεχής, επειδή ακολουθεί τη διαίτα του ανέμου, ενώ η ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτάται από τις ώρες της ημέρας, την εποχή, την οικονομική και κοινωνική δομή των καταναλωτών, κτλ.

Το αποτέλεσμα είναι στις ανεμογεννήτριες να παρουσιάζονται σημαντικές ταλαντώσεις ισχύος ακόμη και σε μικρά χρονικά διαστήματα, ενώ όταν επικρατεί άπνοια ή πολύ ισχυρός άνεμος παύει η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Για τον σχεδιασμό ενός αυτόνομου αιολικού ηλεκτρικού συστήματος θα πρέπει να προβλεφθεί αποθήκευση. Ο συνηθέστερος τρόπος είναι η εγκατάσταση συσσωρευτών, αλλά στο μέλλον ίσως χρησιμοποιηθούν και άλλοι μέθοδοι, όπως υδροδυναμική εκμετάλλευση, πεπιεσμένου αέρα, παραγωγή υδρογόνου, κλπ.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1980 είχαν επίσης διαπιστωθεί τα πολυάριθμα τεχνικά και οικονομικά πλεονάσματα που παρουσιάζει η εγκατάσταση αιολικών πάρκων, δηλαδή συγκροτημάτων πολλών ανεμογεννητριών εγκατεστημένων σε μια τοποθεσία. Για παράδειγμα σε αντίθεση με την ισχύ μεμονωμένων ανεμογεννητριών, το σύνολο της ισχύος ενός αιολικού πάρκου δεν παρουσιάζει μεγάλες ταλαντώσεις λόγω της ασυνεχούς πνοής του ανέμου. Από την άλλη μεριά, η εγκατάσταση αιολικού πάρκου απαιτεί μικρή σχετικά επιφάνεια σε σχέση με τις εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης άλλων μορφών ενέργειας, ενώ ταυτόχρονα δεν παρεμποδίζει την εκμετάλλευση της γης. Το πρώτο αιολικό πάρκο της Ευρώπης εγκαταστάθηκε το 1982 στην νήσο Κύθνο. Με ισχύ 100 κιλοβάτ (5 ανεμογεννήτριες των 20 κιλοβάτ, τύπου οριζόντιου άξονα με δύο πτερύγια) καλύπτει το 25% των ενεργειακών αναγκών του νησιού.

Υπάρχουν πολλών ειδών ανεμογεννήτριες οι οποίες κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες :

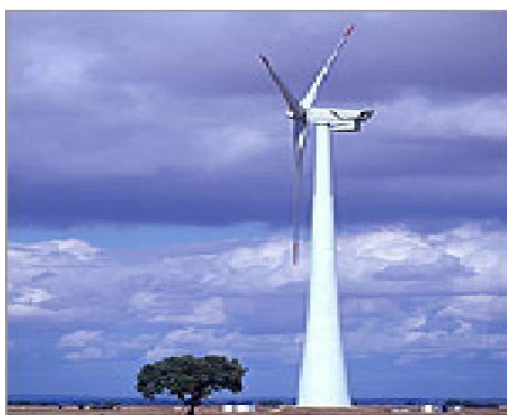
- Οριζόντιου άξονα, των οποίων ο δρομέας είναι τύπου έλικα και βρίσκεται συνεχώς παράλληλος με την κατεύθυνση του ανέμου και του εδάφους
- Κατακόρυφου άξονα, ο οποίος παραμένει σταθερός και είναι κάθετος προς την επιφάνεια του εδάφους

Η απόδοση μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από το μέγεθος της και την ταχύτητα του ανέμου . Το μέγεθος είναι συνάρτηση των αναγκών που καλείται να εξυπηρετήσει και ποικίλει από μερικές εκατοντάδες μέχρι μερικά εκατομμύρια Watt. Οι τυπικές διαστάσεις μιας ανεμογεννήτριας 500 kW είναι : Διάμετρος δρομέα, 40 μέτρα και ύψος 40-50 μέτρα , ενώ αυτής των τριών MW οι διαστάσεις είναι 80 και 80–100 μέτρα αντίστοιχα.

Παρόλο που δεν υφίσταται κανένας καθοριστικός λόγος, εκτός ίσως από την εμφάνιση, στην αγορά έχουν επικρατήσει αποκλειστικά οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα , με δύο ή τρία πτερύγια.

3.6. Τύποι τουρμπινών αιολικής ενέργειας

Οι σύγχρονες τουρμπίνες αιολικής ενέργειας εμπίπτουν σε δυο βασικές ομάδες: την κατηγορία του οριζόντιου, όπως φαίνεται στην φωτογραφία, και το σχέδιο του κατακόρυφου άξονα, όπως το μοντέλο Darrieus, με τη μορφή ενός εργαλείου με το οποίο χτυπάμε αυγά και έχει το όνομα το Γάλλου που το εφηύρε.

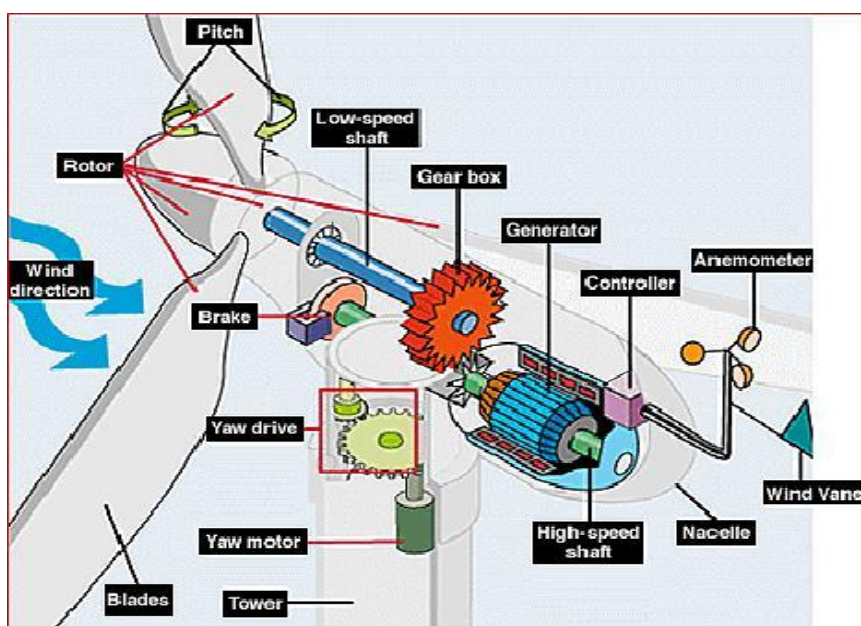


Στην φωτογραφία η τουρμπίνα αιολικής ενέργειας GE, των 3,6MW είναι ένα από τα μεγαλύτερα πρότυπα που στήθηκαν ποτέ. Οι μεγαλύτερες τουρμπίνες αιολικής ενέργειας είναι περισσότερο αποτελεσματικές και οικονομικές.

Οι τουρμπίνες οριζοντίου άξονα έχουν συνήθως δύο ή τρία πτερύγια. Αυτές με τα τρία πτερύγια λειτουργούν με την πνοή ανέμου προς τα πάνω, «upwind», με τα πτερύγια να είναι στραμμένα προς τη φορά του ανέμου.

Οι τουρμπίνες εμπορικής κλίμακας κυμαίνονται σε μέγεθος από 100kW έως αρκετά MW. Οι μεγαλύτερες τουρμπίνες τοποθετούνται σε ομάδες στα αιολικά πάρκα, τα οποία παρέχουν μεγάλες ποσότητες ενέργειας στο δίκτυο ηλεκτροδότησης. Οι μικρές μονές τουρμπίνες, κάτω των 100kW, χρησιμοποιούνται για σπίτια και για κυκλικές κεραίες τηλεπικοινωνιών, ή για άντληση νερού. Οι μικρές τουρμπίνες μερικές φορές χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με γεννήτριες πετρελαίου, μπαταρίες και φωτοβολταϊκά συστήματα. Αυτά τα συστήματα ονομάζονται υβριδικά αιολικά συστήματα και συνήθως χρησιμοποιούνται σε μακρινές περιοχές εκτός δικτύου ηλεκτροδότησης.

3.7. Εσωτερικό της τουρμπίνας Αιολικής Ενέργειας



Ανεμομετρητής (Anemometer): Μετρά την ταχύτητα του ανέμου και μεταφέρει τα δεδομένα στον ελεγκτή.

Πτερύγια (Blades): Οι περισσότερες ανεμογεννήτριες έχουν δύο ή τρεις λεπίδες. Ο άνεμος φυσώντας πάνω στις λεπίδες τις προκαλεί να «σηκωθούν» και να περιστραφούν. Τα πτερύγια είναι κατασκευασμένα από σύνθετα υλικά (υαλονήματα και ειδικές ρητίνες) και σχεδιασμένα να αντέχουν σε μεγάλες καταπονήσεις.

Φρένο (Brake): Ένας δίσκος φρένου, ο οποίος μπορεί να εφαρμοστεί κατά τρόπο μηχανικό, ηλεκτρικό ή υδραυλικό, ώστε να σταματά ο ρότορας (ηλεκτρικός κινητήρας) σε περιπτώσεις επείγουσας ανάγκης.

Ελεγκτής (Controller): Ο ελεγκτής εκκινεί την μηχανή για ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες από 8 με 16mph και την κλείνει όταν φτάσουν στα 55mph περίπου. Οι τουρμπίνες δεν λειτουργούν για ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες των 55mph γιατί κινδυνεύουν να καταστραφούν.

Κιβώτιο ταχυτήτων (Gear box): Το κιβώτιο ταχυτήτων είναι παρόμοιας κατασκευής με εκείνο του αυτοκινήτου με την διαφορά ότι έχει μόνο μια σχέση. Τα γρανάζια συνδέουν τον άξονα τον άξονα χαμηλής ταχύτητας με τον άξονα υψηλής ταχύτητας και αυξάνουν τις ταχύτητες περιστροφής από περίπου 30 με 60 περιστροφές το λεπτό (rpm = περιστροφή ανά λεπτό) σε 1000 έως 1800 περιστροφές το λεπτό, που είναι η ταχύτητα περιστροφής που οι περισσότερες ανεμογεννήτριες απαιτούν ώστε να παράγουν ηλεκτρισμό. Το κιβώτιο ταχυτήτων είναι ακριβό και βαρύ εξάρτημα της ανεμογεννήτριας και οι μηχανικοί ερευνούν προς την κατεύθυνση ανεμογεννητριών «άμεσης ώθησης» οι οποίες λειτουργούν σε χαμηλότερες ταχύτητες περιστροφής και δεν χρειάζονται κιβώτιο ταχυτήτων.

Γεννήτρια (Generator): Η ηλεκτρογεννήτρια είναι παρόμοια με αυτές που χρησιμοποιούνται από την ΔΕΗ στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ηλεκτροπαραγωγή ζεύγη ή με τις γεννήτριες που έχουμε στα εξοχικά μας, που εύκολα βρίσκει κανείς στο εμπόριο και παράγει ηλεκτρισμό 60-cycle AC.

Άξονας υψηλής ταχύτητας (High-speed shaft): Θέτει τη γεννήτρια σε κίνηση.

Άξονας χαμηλής ταχύτητας (Low-speed shaft): Ο ρότορας στρέφει τον άξονα χαμηλής ταχύτητας σε περίπου 30 έως 60 περιστροφές το λεπτό.

Ατρακτίδιο (Nacelle): Το ατρακτίδιο βρίσκεται στην κορυφή του πύργου και περιέχει το κιβώτιο ταχυτήτων, τους άξονες χαμηλής και υψηλής ταχύτητας, τη γεννήτρια, τον ελεγκτή και το φρένο. Μερικά ατρακτίδια είναι τόσο μεγάλα, ώστε ακόμη και ένα ελικόπτερο μπορεί να προσγειωθεί πάνω τους.

Στροφή πτερυγίων (Pitch): Οι λεπίδες στρέφονται, ή στρίβουν γύρω από τον άξονα τους, ανεξάρτητα από τον άνεμο, ώστε να ελέγχουν την ταχύτητα του ρότορα και να τον εμποδίζουν από το να στρίβει σε ανέμους οι οποίοι είναι υπερβολικά ισχυροί ή υπερβολικά ασθενείς για να παράγουν ηλεκτρισμό.

Ηλεκτρικός κινητήρας / Ρότορας (Rotor): Οι λεπίδες και η πλήμη (το κέντρο του άξονα) μαζί ονομάζονται ρότορας.

Πυλώνας / Πύργος (Tower): Οι πύργοι κατασκευάζονται από ατσάλι σε σωληνοειδή μορφή, τσιμέντο, ή από ατσάλι σε καφασωτή μορφή, σαν πλέγμα. Συνήθως αποτελούνται από δύο ή τρία συνδεδεμένα τμήματα. Είναι παρόμοιας κατασκευής με τους πύργους που στηρίζουν τα φώτα σε γήπεδα κ εθνικούς δρόμους. Επειδή η ταχύτητα του ανέμου αυξάνει με το ύψος, οι ψηλότεροι πύργοι δίνουν την δυνατότητα στις τουρμπίνες να «αιχμαλωτίσουν» περισσότερη ενέργεια και να παράγουν περισσότερο ηλεκτρισμό.

Κατεύθυνση του ανέμου (Wind direction): Υπάρχουν ανεμογεννήτριες με πνοή ανέμου προς τα πάνω “upwind” και ονομάζονται έτσι διότι λειτουργούν στραμμένες

προς τον άνεμο. Άλλες ανεμογεννήτριες είναι σχεδιασμένες να λειτουργούν με πνοή ανέμου προς τα κάτω, «downwind», στραμμένες μακριά από τον άνεμο.

Ανεμοδείκτης (Wind vane): Μετρά την κατεύθυνση του ανέμου και επικοινωνεί με το yaw drive για να προσανατολίσει την ανεμογεννήτρια σωστά, όσον αφορά τον άνεμο.

Οδηγός για την Αποφυγή Εκτροπής (Yaw drive): Οι ανεμογεννήτριες που λειτουργούν με πνοή ανέμου προς τα πάνω, «upwind», είναι στραμμένες προς τον άνεμο. Το yaw drive χρησιμοποιείται για να εξασφαλίσει ότι ο ρότορας θα είναι στραμμένος προς τον άνεμο καθώς ο άνεμος αλλάζει κατεύθυνση. Οι ανεμογεννήτριες που είναι σχεδιασμένες να λειτουργούν προς τα κάτω, «downwind», δεν χρειάζονται yaw drive, διότι ο άνεμος φυσά κ στρέφει τον ρότορα προς τα κάτω.

Κινητήρας του Οδηγού για την Αποφυγή Εκτροπής (Yaw motor): Δίνει ενέργεια στο yaw drive.

Ως απαραίτητο εξάρτημα λειτουργίας μιας ανεμογεννήτριας σε αιολικό πάρκο, θα μπορούσαμε να συμπεριλάβουμε και τον μετασχηματιστή μετατροπής της χαμηλής τάσης της ανεμογεννήτριας σε μέση τάση προκειμένου να μεταφερθεί η ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο της ΔΕΗ. Ο μετασχηματιστής είναι συνήθως εγκατεστημένος δίπλα στην ανεμογεννήτρια και δεν διαφέρει κατασκευαστικά από τους μετασχηματιστές που είναι εγκατεστημένοι πάνω στους στύλους της ΔΕΗ και μάλιστα συνήθως λίγα μέτρα από τα σπίτια μας.

Από την παραπάνω περιγραφή φαίνεται καθαρά ότι μια ανεμογεννήτρια αποτελείται από απλά υποσυστήματα και δεν είναι παρά μια μηχανή που σκοπό έχει τη μετατροπή της ενέργειας του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια (αυτός είναι, άλλωστε, και ο ορισμός της). Θα μπορούσαμε μάλιστα να παρομοιάσουμε την ανεμογεννήτρια και σαν ένα μικρό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας - με «καύσιμη ύλη» όμως τον άνεμο.

Ο τύπος και τα μεγέθη των ανεμογεννητριών που εγκαθίστανται στην Ελλάδα, ακολουθούν μέχρι στιγμής τις διεθνείς εξελίξεις και είναι κυρίως εισαγωγής από Ευρωπαϊκές χώρες. Ωστόσο, υπάρχει μια σημαντική προστιθέμενη αξία από Ελληνικές κατασκευαστικές επιχειρήσεις τόσο για την κατασκευή επιμέρους τμημάτων των ανεμογεννητριών όσο και για την εγκατάσταση και τη δημιουργία της κατάλληλης υποδομής για τη λειτουργία τους. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί ότι η Ελληνική Βιομηχανία είναι αναγκαίο να συνεισφέρει και να δημιουργήσει νέες τεχνολογίες ώστε η Ελληνική προστιθέμενη αξία να γίνει ακόμα μεγαλύτερη.

3.8. Μειονεκτήματα και Πλεονεκτήματα Ανεμογεννητριών

Προκαλούν προβλήματα θορύβου οι ανεμογεννήτριες ;

Πρόκειται για το μόνο ουσιαστικό πρόβλημα, αλλά συγχρόνως και το ευκολότερο να ελεγχθεί και να προληφθεί. Στις ανεμογεννήτριες ο εκπεμπόμενος θόρυβος μπορεί να υπαχθεί σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με την προέλευση του: δηλαδή μηχανικός και αεροδυναμικός.

- Ο πρώτος προέρχεται από τα περιστρεφόμενα μηχανικά τμήματα (κιβώτιο ταχυτήτων, ηλεκτρογεννήτρια, έδρανα κλπ.)
- Ο δεύτερος προέρχεται από την περιστροφή των πτερυγίων.

Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες είναι μηχανές πολύ ήσυχες συγκριτικά με την ισχύ τους και με συνεχείς βελτιώσεις από τους κατασκευαστές γίνονται όλο και πιο αθόρυβες. Η αντιμετώπιση του θορύβου γίνεται είτε στην πηγή είτε στη διαδρομή του. Οι μηχανικοί θόρυβοι έχουν ελαχιστοποιηθεί με εξαρχής σχεδίαση (γρανάζια πλάγιας οδόντωσης), ή με εσωτερική ηχομονωτική επένδυση στο κέλυφος της κατασκευής. Επίσης ο μηχανικός θόρυβος αντιμετωπίζεται στη διαδρομή του με ηχομονωτικά πετάσματα και αντικραδασμικά πέλματα στήριξης. Αντίστοιχα ο αεροδυναμικός θόρυβος αντιμετωπίζεται με προσεκτική σχεδίαση των πτερυγίων από τους κατασκευαστές, που δίνουν άμεση προτεραιότητα στην ελάττωση του .

Το επίπεδο του αντιληπτού θορύβου από μία ανεμογεννήτρια σύγχρονων προδιαγραφών σε απόσταση 200 μέτρων, είναι μικρότερο από αυτό που αντιστοιχεί στο επίπεδο θορύβου περιβάλλοντος μιας μικρής επαρχιακής πόλης και βεβαίως δεν αποτελεί πηγή ενόχλησης. Με δεδομένη δε τη νομοθετημένη απαίτηση να εγκαθίστανται οι ανεμογεννήτριες σε ελάχιστη απόσταση 500 μέτρων από τους οικισμούς, το επίπεδο είναι ακόμη χαμηλότερο και αντιστοιχεί πλέον σε αυτό ενός ήσυχου καθιστικού δωματίου. Επιπλέον, στις ταχύτητες ανέμου που λειτουργούν οι ανεμογεννήτριες ο φυσικός θόρυβος (θόρυβος ανέμου σε δένδρα και θάμνους) υπερκαλύπτει οποιονδήποτε θόρυβο που προέρχεται από τις ίδιες.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω και σε συνδυασμό με τη θέση των «οικοπέδων» που συνήθως εγκαθίστανται τα αιολικά πάρκα στην Ελλάδα για να έχουν καλύτερη απόδοση, μπορούμε να πούμε με σιγουριά ότι τα αιολικά πάρκα δεν προκαλούν:

- αύξηση της υπάρχουσας στάθμης θορύβου εκτός των ορίων τους και ακόμη περισσότερο σε κατοικημένες περιοχές
- έκθεση ανθρώπων σε υψηλή στάθμη θορύβου.

Ο πιο εύκολος και αποτελεσματικός τρόπος, για να πεισθεί κανείς για το ζήτημα του θορύβου είναι μια επίσκεψη σε ένα αιολικό πάρκο μια μέρα που οι ανεμογεννήτριες βρίσκονται σε κανονική λειτουργία.

Δημιουργούν προβλήματα ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών οι ανεμογεννήτριες ;

Η ανησυχία αυτή συνήθως αναφέρεται αφενός σε προβλήματα που προκαλούν οι ανεμογεννήτριες λόγω της θέσης τους σε σχέση με ήδη υπάρχοντες σταθμούς τηλεόρασης ή ραδιοφώνου και αφετέρου σε πιθανές ηλεκτρομαγνητικές εκπομπές από τις ίδιες.

Είναι γεγονός ότι , η διάδοση των εκπομπών στις συχνότητες της τηλεόρασης ή και του ραδιοφώνου (κυρίως στις συχνότητες εκπομπών FM) επηρεάζεται από εμπόδια που παρεμβάλλονται μεταξύ πομπού και δέκτη. Το κυριότερο πρόβλημα από τις ανεμογεννήτριες προέρχεται από τα κινούμενα πτερύγια που μπορούν να προκαλέσουν αυξομείωση σήματος λόγω αντανακλάσεων. Αυτό ήταν πολύ εντονότερο στην πρώτη γενιά ανεμογεννητριών που έφερε μεταλλικά πτερύγια. Τα πτερύγια των συγχρόνων ανεμογεννητριών κατασκευάζονται αποκλειστικά από συνθετικά υλικά, τα οποία έχουν ελάχιστη επίπτωση στη μετάδοση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Η Ελληνική νομοθεσία προβλέπει την προώθηση αδειοδότησης ενός αιολικού πάρκου μόνον εφόσον τηρούνται κάποιες ελάχιστες αποστάσεις από τηλεπικοινωνιακούς ή ραδιοτηλεοπτικούς σταθμούς. Οποιαδήποτε πιθανά προβλήματα παρεμβολών μπορούν να προληφθούν με σωστό σχεδιασμό και χωροθέτηση ή να διορθωθούν με μικρό σχετικά κόστος από τον κατασκευαστή του πάρκου με μια σειρά απλών τεχνικών μέτρων, όπως π.χ. η εγκατάσταση επιπλέον αναμεταδοτών. Σε σχέση με την συμβατότητα και τις παρεμβολές στις τηλεπικοινωνίες, αξίζει να αναφέρουμε, ότι σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες οι πύργοι των ανεμογεννητριών όχι μόνον δεν δημιουργούν εμπόδια, αλλά χρησιμοποιούνται ήδη για την εγκατάσταση κεραιών προς διευκόλυνση υπηρεσιών επικοινωνιών, όπως η κινητή τηλεφωνία.

Όσον αφορά τις εκπεμπόμενες ακτινοβολίες, όπως φαίνεται και από την περιγραφή των τμημάτων της ανεμογεννήτριας, τα μόνα υποσυστήματα που θα μπορούσαμε να πούμε ότι «εκπέμπουν» ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία χαμηλού επιπέδου, είναι η ηλεκτρογεννήτρια και ο μετασχηματιστής μέσης τάσης. Το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο της ηλεκτρογεννήτριας είναι εξαιρετικά ασθενές και περιορίζεται σε μια πολύ μικρή απόσταση γύρω από το κέλυφος της που είναι τοποθετημένο τουλάχιστον 40-50 μέτρα πάνω από το έδαφος. Για το λόγο αυτό δεν υφίσταται πραγματικό θέμα έκθεσης στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ούτε καν στη βάση της ανεμογεννήτριας. Ο μετασχηματιστής, πάλι, περιβάλλεται πάντα από περίφραξη ασφαλείας ή είναι κλεισμένος σε μεταλλικό υπόστεγο. Η περίφραξη είναι τοποθετημένη σε τέτοια απόσταση που το επίπεδο της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι αμελητέο. Μπορούμε λοιπόν να ισχυριστούμε με βεβαιότητα, ότι αυτά που ακούγονται για εκπομπή ραδιενέργειας η ακτινοβολιών άλλου τύπου από τις ανεμογεννήτριες δεν ευσταθούν.

Δημιουργούν αισθητικά προβλήματα και προσβολή του φυσικού τοπίου οι ανεμογεννήτριες;

Αυτό είναι ένα θέμα στο οποίο έχει δοθεί μεγάλη δημοσιότητα. Η οπτική όχληση είναι κάτι υποκειμενικό και δύσκολα μπορούν να τεθούν κοινά αποδεκτοί κανόνες. Από έρευνες σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης προκύπτει ότι κάποιος που είναι ευνοϊκά διατεθειμένος απέναντι στην ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας, αποδέχεται τις ανεμογεννήτριες και οπτικά πολύ πιο εύκολα από κάποιον που είναι αρνητικός εξαρχής. Από τις ίδιες μελέτες, προκύπτει ότι τα αιολικά πάρκα είναι πιο αποδεκτά από αισθητικής άποψης σε ανθρώπους που είναι ενημερωμένοι για τα οφέλη που προέρχονται από την χρήση τους. Αν κάνουμε μια απλή σύγκριση μεταξύ ενός θερμικού σταθμού παραγωγής (πχ. λιγνιτικού), και ενός αιολικού πάρκου είναι φανερό ότι η οπτική όχληση που προκύπτει από το πρώτο είναι εμφανώς και αντικειμενικά πολύ μεγαλύτερη. Δεδομένου βεβαίως ότι οι ανεμογεννήτριες είναι κατ' ανάγκη ορατές από απόσταση, είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη οι ιδιαιτερότητες κάθε τύπου εγκατάστασης και να γίνεται προσπάθεια ενσωμάτωσης τους στο τοπίο.

Έχουν επίδραση οι ανεμογεννήτριες στις γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες ;

Δεν υπάρχει καμία ένδειξη ότι τα αιολικά πάρκα επιβαρύνουν τη γεωργία ή την κτηνοτροφία. Δεδομένου ότι περίπου το 99% της γης που φιλοξενεί ένα αιολικό

πάρκο είναι διαθέσιμο για άλλες χρήσεις, μπορούμε να κατανοήσουμε ότι οι αγροτικές δραστηριότητες μπορούν να συνεχίζονται και μετά την εγκατάσταση του. Οι συνήθεις θέσεις αιολικών πάρκων είναι σε ορεινές περιοχές με θαμνώδη βλάστηση ακριβώς λόγω των υψηλών ταχυτήτων του ανέμου που ευνοούν την εγκατάσταση του. Σε αυτές τις περιοχές, η χρήση γης είναι κυρίως για βοσκή αιγοπροβάτων οι οποία μπορεί να συνεχισθεί χωρίς κανένα πρόβλημα και μετά την εγκατάσταση του αιολικού πάρκου. Χαρακτηριστικά, σε μερικά αιολικά πάρκα έχει παρατηρηθεί ότι οι ανεμογεννήτριες γίνονται πόλος έλξης αιγοπροβάτων που επωφελούνται από τη δροσιά της σκιάς που προσφέρουν οι πύργοι τους.

Έχουν επιπτώσεις στον πληθυσμό των πουλιών οι ανεμογεννήτριες ;

Τα πουλιά καθώς πετούν μερικές φορές συγκρούονται με κτίρια και άλλες σταθερές κατασκευές. Οι ανεμογεννήτριες όμως δεν προκαλούν ιδιαίτερο πρόβλημα όπως έχει φανεί από μελέτες που έχουν γίνει σε ευρωπαϊκές χώρες όπως η Γερμανία, η Ολλανδία, η Δανία και η Αγγλία. Συγκεκριμένα, υπολογίστηκε ότι στον συνολικό αριθμό πουλιών που σκοτώνονται ετησίως, μόνον 20 θάνατοι οφείλονται σε ανεμογεννήτριες (για εγκατεστημένη ισχύ 1000MW), ενώ αντίστοιχα 1.500 θάνατοι οφείλονται στους κυνηγούς και 2.000 σε πρόσκρουση με οχήματα και τις γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (καθότι είναι σχεδόν «αόρατες» για τα πουλιά). Ασφαλώς βέβαια, το θέμα της προστασίας του πληθυσμού των πουλιών σε ευαίσθητες οικολογικά και προστατευόμενες περιοχές πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη φάση σχεδιασμού και χωροθέτησης του αιολικού πάρκου.

Πλεονεκτήματα

Απορρέοντας από τον άνεμο, η αιολική ενέργεια είναι μια καθαρή πηγή ενέργειας. Η αιολική ενέργεια δεν μολύνει την ατμόσφαιρα όπως τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρισμού τα οποία στηρίζονται στην καύση ορυκτών καυσίμων, όπως άνθρακα ή φυσικό αέριο. Οι ανεμογεννήτριες δεν εκλύουν χημικές ουσίες στο περιβάλλον οι οποίες προκαλούν όξινη βροχή ή αέρια του θερμοκηπίου.

Στις Ηνωμένες Πολιτείες η αιολική ενέργεια είναι οικιακή πηγή ενέργειας, καθώς αφθονεί η διαθέσιμη πηγή, ο άνεμος. Η τεχνολογία που αναπτύσσεται περί την αιολική ενέργεια είναι μια από τις πιο οικονομικές που υπάρχουν σήμερα στον χώρο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Κοστίζει ανάμεσα σε 4 και 6 cents ανά κιλοβατώρα, η τιμή εξαρτάται από την ύπαρξη/παροχή ανέμου και από τη χρηματοδότηση ή μη του εκάστοτε προγράμματος παραγωγής αιολικής ενέργειας.

Οι ανεμογεννήτριες μπορούν να στηθούν σε αγροκτήματα ή ράντσα, έτσι ωφελώντας την οικονομία των αγροτικών περιοχών, όπου βρίσκονται οι περισσότερες από τις καλύτερες τοποθεσίες από την άποψη του ανέμου. Οι αγρότες μπορούν να συνεχίσουν να εργάζονται στη γη, καθώς οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούν μόνον ένα μικρό μέρος της γης. Οι ιδιοκτήτες των εγκαταστάσεων για την παραγωγή αιολικής ενέργειας πληρώνουν ενοίκιο στους αγρότες για τη χρήση της γης.

Ποία είναι όμως τα γενικότερα οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση της αιολικής ενέργειας ;

- Ο άνεμος είναι μια ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, η οποία μάλιστα παρέχεται δωρεάν.

- Η Αιολική ενέργεια είναι μια τεχνολογικά ώριμη, οικονομικά ανταγωνιστική και φιλική προς το περιβάλλον ενεργειακή επιλογή.
- Προστατεύει τη Γη καθώς κάθε μία κιλοβατώρα που παράγεται από τον άνεμο αντικαθιστά μία κιλοβατώρα που παράγεται από συμβατικούς σταθμούς και ρυπαίνει την ατμόσφαιρα με αέρια του θερμοκηπίου.
- Δεν επιβαρύνει το τοπικό περιβάλλον με επικίνδυνους αέριους ρύπους, μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του θείου, καρκινογόνα μικροσωματίδια κ.α., όπως γίνεται με τους συμβατικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
- Ενισχύει την ενεργειακή ανεξαρτησία και ασφάλεια κάτι ιδιαίτερα σημαντικό για τη χώρα μας και την Ευρώπη γενικότερα.
- Βοηθά στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος μειώνοντας τις απώλειες μεταφοράς ενέργειας.
- Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χώρων, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
- Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και την συντήρηση και έχει μεγάλο χρόνο ζωής.
- Η αιολική ενέργεια ενισχύει την ενεργειακή ανεξαρτησία και ασφάλεια.
- Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες είναι αισθητά αθόρυβες. Το επίπεδο της έντασης του ήχου σε απόσταση 40 μέτρων από μια ανεμογεννήτρια είναι 50 - 60 db(A), που είναι αντίστοιχο με την ένταση μιας συζήτησης. Δεδομένης δε της απαιτούμενης ελάχιστης απόστασης των ανεμογεννητριών από γειτονικούς οικισμούς το επίπεδο αυτό είναι ακόμη χαμηλότερο, της τάξης των 30 db(A) περίπου, που αντιστοιχεί στο επίπεδο θορύβου ενός ήσυχου καθιστικού.

Η αιολική ενέργεια πάνω από όλα έχει φέρει έναν άνεμο αλλαγής στα ενεργειακά και περιβαλλοντικά δεδομένα, ενώ δημιουργεί τις προϋποθέσεις για την οικονομική ανάπτυξη περιοχών με υψηλό αιολικό δυναμικό και τη διασφάλιση ενός βιώσιμου μέλλοντος για εμάς και τα παιδιά μας.

Μειονεκτήματα

Παρόλα τα πολλά προαναφερθέντα πλεονεκτήματα, η αιολική ενέργεια έχει και κάποια σημαντικά μειονεκτήματα που είναι ως ένα σημαντικό βαθμό αποτρεπτικά για την άπλωσή τους:

- Οι ανεμογεννήτριες μπορεί να προκαλέσουν τραυματισμούς ή θανατώσεις πουλιών, κυρίως αποδημητικών γιατί τα ενδημικά «συνηθίζουν» την παρουσία των μηχανών και τις αποφεύγουν. Γι' αυτό καλύτερα να μην κατασκευάζονται αιολικά πάρκα σε δρόμους μετανάστευσης πουλιών. Σε κάθε περίπτωση, πριν τη δημιουργία ενός αιολικού πάρκου ή και οποιασδήποτε εγκατάστασης ΑΠΕ θα πρέπει να έχει προηγηθεί Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.).
- Οπτικοαισθητική επίδραση: Η εγκατάσταση μιας τεράστιας ανεμογεννήτριας σε μια όχι και τόσο ανοιχτή περιοχή δημιουργεί άσχημη οπτική εντύπωση. Αντίθετα η εγκατάσταση της ίδιας ανεμογεννήτριας σε μια αχανή έκταση περνά σχεδόν απαρατήρητη.

- Ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση: Το πρόβλημα της ηλεκτρομαγνητικής αλληλεπίδρασης δημιουργείται από την ανάκλαση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων πάνω στα περιστρεφόμενα πτερύγια της πτερωτής.
- Τα αιολικά συστήματα έχουν υψηλό κόστος έρευνας και εγκατάστασης.
- Απαιτούν πολύ χρόνο για την έρευνα και τη χαρτογράφηση του αιολικού δυναμικού των μεγάλων περιοχών, ώστε να εντοπιστούν τα ευνοϊκά σημεία.
- Παρουσιάζουν διακυμάνσεις ως προς την απόδοση ισχύος, διακύμανση που οφείλεται στη μεταβαλλόμενη -κατά τη διάρκεια της ημέρας, του μήνα και του έτους- ένταση του ανέμου. Η αιολική ενέργεια δεν μπορεί να αποθηκευτεί (εκτός αν χρησιμοποιηθούν μπαταρίες που όμως αυξάνουν κατά πολύ το κόστος). Επιπλέον δεν μπορούν όλοι οι άνεμοι να τιθασευτούν ώστε να καλυφτούν, τη στιγμή που προκύπτουν, οι ανάγκες του ηλεκτρισμού.
- Ως μορφή ενέργειας παρουσιάζει χαμηλή πυκνότητα και έχει αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτούνται πολλές ανεμογεννήτριες για την παραγωγή αξιόλογης ισχύος και αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια γης. Γι' αυτό το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιείται σαν συμπληρωματική πηγή ενέργειας.

Η αιολική ενέργεια πρέπει να συναγωνιστεί τις συμβατικές πηγές ενέργειας σε επίπεδο κόστους. Ανάλογα με το πόσο ενεργητική, ως προς τον άνεμο, είναι μια τοποθεσία, το αιολικό πάρκο μπορεί ή δεν μπορεί να είναι ανταγωνιστικό ως προς το κόστος. Παρότι το κόστος της αιολικής ενέργειας έχει μειωθεί δραματικά τα τελευταία 10 χρόνια, η τεχνολογία απαιτεί μια αρχική επένδυση υψηλότερη από εκείνη των γεννητριών που λειτουργούν με καύση ορυκτών.

Η ισχυρότερη πρόκληση στη χρησιμοποίηση του ανέμου ως πηγή ενέργειας είναι ότι ο άνεμος είναι περιοδικά διακοπτόμενος και δεν φυσά πάντα όταν ο ηλεκτρισμός απαιτείται. Η αιολική ενέργεια δεν μπορεί να αποθηκευτεί (εκτός αν χρησιμοποιηθούν μπαταρίες). Επιπλέον, δεν μπορούν όλοι οι άνεμοι να τιθασευτούν ώστε να καλυφθούν, τη στιγμή που προκύπτουν, οι ανάγκες σε ηλεκτρισμό.

Τα κατάλληλα σημεία για αιολικά πάρκα συχνά βρίσκονται σε απομακρυσμένες περιοχές, μακριά από πόλεις όπου χρειάζεται ο ηλεκτρισμός.

Η ανάπτυξη της εκμετάλλευσης του ανέμου ως φυσικού πόρου μπορεί ίσως να συναγωνιστεί άλλες χρήσεις της γης και αυτές οι εναλλακτικές χρήσεις ίσως χαίρουν μεγαλύτερης εκτιμήσεως απ' ό,τι η παραγωγή ηλεκτρισμού.

Αν και τα αιολικά πάρκα έχουν σχετικά μικρή επίπτωση στο περιβάλλον σε σύγκριση με άλλες συμβατικές εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας, υπάρχει ένας προβληματισμός για τον θόρυβο που παράγεται από τις λεπίδες του ηλεκτρικού κινητήρα (ρότορα), για την αισθητική (οπτική) επίπτωση και για τα πουλιά που μερικές φορές έχουν σκοτωθεί καθώς πετούσαν προς τους ηλεκτρικούς κινητήρες. Τα περισσότερα από αυτά τα προβλήματα έχουν επιλυθεί ή έχουν σε σημαντικό βαθμό μειωθεί μέσω της τεχνολογικής ανάπτυξης ή μέσω της επιλογής κατάλληλων περιοχών για τη δημιουργία αιολικών πάρκων.

3.9. Ανεμολόγιο

Το παρακάτω ανεμολόγιο το λάβαμε από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία για την εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Τα δεδομένα που μας δόθηκαν έχουν συλλεχθεί από τον μετεωρολογικό σταθμό στην Αίγινα, ο οποίος είναι ο κοντινότερος σταθμός από το σημείο που μας ενδιαφέρει να τοποθετήσουμε τις ανεμογεννήτριες για την τροφοδοσία του Βιολογικού Σταθμού.

HELLENIC NATIONAL METEOROLOGICAL SERVICE
DIRECTION OF CLIMATOLOGY
SECTION OF STATISTICAL CLIMATOLOGY

CLIMATOLOGICAL DATA BASE

; D A T C L I M ;

STATION AIGINA 736
LATITUDE 37° 58' N LONGITUDE 23° 25' E ALTITUDE OF BAROMETER 1.5 METERS

PERIOD 1974-1997

ANNUAL FREQUENCY (PER CENT) OF WIND DIRECTION AND FORCES IN BEAUFORT SCALE
FROM OBSERVATIONS 06H, 12H, 18H GMT

	MONTH = yy										YEAR = yy	
BEAUF	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CAIM	SUM		
0											12.326	12.326
1	2.518	.209	.055	.429	.088	.330	.165	.341				4.135
2	3.596	3.684	.792	4.575	.374	3.838	.880	4.872				22.611
3	3.563	6.148	1.210	8.633	.506	1.968	1.969	7.313				31.300
4	3.563	5.400	.319	2.243	.253	1.111	2.134	2.452				17.475
5	2.375	2.837	.088	.660	.176	.506	.726	.924				8.292
6	.979	1.122	.022	.363	.165	.220	.110	.242				3.223
7	.143	.176	.011	.077	.011	.055	.011	.033				.517
8	.033	.022	.011	.011	.011	.011	.011	.011				.121
9	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000				.000
10	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000				.000
>11	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000				.000
=												
SUM	16.770	19.598	2.508	16.991	1.584	8.029	6.006	16.188	12.326			100.000

HELLENIC NATIONAL METEOROLOGICAL SERVICE
DIRECTION OF CLIMATOLOGY
SECTION OF STATISTICAL CLIMATOLOGY

CLIMATOLOGICAL DATA BASE

; D A T C L I M ;

STATION AIGINA 736
LATITUDE 37° 58' N LONGITUDE 23° 25' E ALTITUDE OF BAROMETER 1.5 METERS

PERIOD 1974-1997

MONTHLY FREQUENCY (PER CENT) OF WIND DIRECTION AND FORCES IN BEAUFORT SCALE
FROM OBSERVATIONS 06H, 12H, 18H GMT

	MONTH = 1										YEAR = yy	
BEAUF	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CAIM	SUM		
0											12.038	12.038
1	3.691	.119	.173	.000	.119	.119	.054	.173				4.448
2	4.662	5.223	.885	1.986	.173	3.464	.712	3.972				21.077
3	2.644	7.436	.961	2.666	.173	2.784	.712	3.864				21.240
4	3.324	7.975	.594	2.245	.594	1.532	1.112	2.666				20.042
5	3.270	5.223	.259	.885	.572	1.166	.486	1.047				12.908
6	2.417	2.666	.086	.367	.281	.421	.140	.259				6.637
7	.227	.799	.000	.119	.000	.119	.000	.119				1.383
8	.000	.119	.000	.000	.054	.000	.000	.054				.227
9	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000				.000
10	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000				.000
>11	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000				.000
=												
SUM	20.235	29.560	2.958	8.268	1.966	9.605	3.216	12.154	12.038			100.000

HELLENIC NATIONAL METEOROLOGICAL SERVICE
 DIRECTION OF CLIMATOLOGY
 SECTION OF STATISTICAL CLIMATOLOGY

CLIMATOLOGICAL DATA BASE

|| D A T C L I M ||
 |-----|

STATION AIRPINA 736
 LATITUDE 37° 58' N LONGITUDE 23° 25' E ALTITUDE OF BAROMETER 1.5 METERS

PERIOD 1974-1997

MONTHLY FREQUENCY (PER CENT) OF WIND DIRECTION AND FORCES IN BEAUFORT SCALE
 FROM OBSERVATIONS 06H, 12H, 18H GMT
 MONTH = 2 YEAR =yy

BEAUF	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CAIM	SUM
0									11.199	11.199
1	2.502	.357	.060	.179	.179	.060	.119	.536		3.992
2	1.966	3.813	.417	1.430	.298	2.919	.477	3.456		14.776
3	2.884	8.580	1.072	5.422	.477	1.847	1.049	5.541		26.872
4	2.717	8.198	.262	2.204	.417	1.513	1.513	3.015		19.839
5	2.586	6.768	.155	1.585	.298	.834	.381	1.692		14.299
6	1.764	3.098	.000	1.049	.453	.298	.203	.596		7.461
7	.453	.381	.000	.179	.060	.238	.000	.000		1.311
8	.179	.000	.000	.000	.036	.036	.000	.000		.251
9	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
10	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
>11	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
=										
SUM	15.051	31.195	1.966	12.048	2.218	7.745	3.742	14.836	11.199	100.000

HELLENIC NATIONAL METEOROLOGICAL SERVICE
 DIRECTION OF CLIMATOLOGY
 SECTION OF STATISTICAL CLIMATOLOGY

CLIMATOLOGICAL DATA BASE

|| D A T C L I M ||
 |-----|

STATION AIRPINA 736
 LATITUDE 37° 58' N LONGITUDE 23° 25' E ALTITUDE OF BAROMETER 1.5 METERS

PERIOD 1974-1997

MONTHLY FREQUENCY (PER CENT) OF WIND DIRECTION AND FORCES IN BEAUFORT SCALE
 FROM OBSERVATIONS 06H, 12H, 18H GMT
 MONTH = 3 YEAR =yy

BEAUF	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CAIM	SUM
0									12.279	12.279
1	3.232	.485	.162	.323	.269	.162	.054	.215		4.902
2	3.587	3.738	.948	3.663	.409	2.876	1.002	3.016		19.239
3	2.101	7.164	2.068	6.496	.733	2.208	2.241	7.217		30.228
4	2.585	6.270	.614	1.993	.302	1.433	1.702	3.318		18.217
5	2.510	2.693	.032	1.131	.162	.560	1.131	1.217		9.436
6	1.831	2.047	.000	.539	.000	.269	.054	.323		5.063
7	.237	.183	.000	.054	.000	.108	.000	.054		.636
8	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
9	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
10	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
>11	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
=										
SUM	16.083	22.580	3.824	14.199	1.875	7.616	6.184	15.360	12.279	100.000

HELLENIC NATIONAL METEOROLOGICAL SERVICE
 DIRECTION OF CLIMATOLOGY
 SECTION OF STATISTICAL CLIMATOLOGY

CLIMATOLOGICAL DATA BASE

=====
 ; D A T C L I M ;
 =====

STATION AIFINA 736
 LATITUDE 37° 58' N LONGITUDE 23° 25' E ALTITUDE OF BAROMETER 1.5 METERS

PERIOD 1974-1997

MONTHLY FREQUENCY(PER CENT) OF WIND DIRECTION AND FORCES IN BEAUFORT SCALE
 FROM OBSERVATIONS 06H,12H,18H GMT

MONTH = 4 YEAR =yy

BEAUF	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALM	SUM
0									14.732	14.732
1	.245	.067	.000	.368	.123	.189	.312	.435		1.739
2	2.752	3.967	1.114	5.661	.468	3.688	.992	4.145		22.787
3	1.605	4.613	1.148	12.815	.624	2.630	3.154	8.881		35.470
4	2.162	2.663	.312	3.900	.123	1.671	3.778	2.596		17.205
5	1.181	1.047	.089	1.237	.067	.312	1.203	.869		6.005
6	.245	.189	.000	.435	.067	.067	.212	.212		1.427
7	.067	.000	.000	.189	.000	.123	.067	.067		.513
8	.089	.033	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.122
9	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
10	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
>11	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
=										
SUM	8.346	12.579	2.663	24.605	1.472	8.680	9.718	17.205	14.732	100.000

HELLENIC NATIONAL METEOROLOGICAL SERVICE
 DIRECTION OF CLIMATOLOGY
 SECTION OF STATISTICAL CLIMATOLOGY

CLIMATOLOGICAL DATA BASE

=====
 ; D A T C L I M ;
 =====

STATION AIFINA 736
 LATITUDE 37° 58' N LONGITUDE 23° 25' E ALTITUDE OF BAROMETER 1.5 METERS

PERIOD 1974-1997

MONTHLY FREQUENCY(PER CENT) OF WIND DIRECTION AND FORCES IN BEAUFORT SCALE
 FROM OBSERVATIONS 06H,12H,18H GMT

MONTH = 5 YEAR =yy

BEAUF	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALM	SUM
0									14.362	14.362
1	3.653	.000	.054	.670	.151	.465	.313	.411		5.717
2	3.058	2.702	.540	5.382	.259	4.885	.929	6.074		23.829
3	2.702	3.912	.746	13.304	.389	3.134	3.091	8.181		35.459
4	1.978	2.270	.076	3.188	.108	1.470	3.783	2.723		15.596
5	.746	.540	.022	.151	.022	.130	.973	.951		3.535
6	.519	.259	.000	.108	.000	.151	.108	.205		1.350
7	.076	.022	.000	.000	.000	.000	.000	.054		.152
8	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
9	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
10	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
>11	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
=										
SUM	12.732	9.705	1.438	22.803	.929	10.235	9.197	18.599	14.362	100.000

HELLENIC NATIONAL METEOROLOGICAL SERVICE
 DIRECTION OF CLIMATOLOGY
 SECTION OF STATISTICAL CLIMATOLOGY

CLIMATOLOGICAL DATA BASE

! D A T C L I M !

STATION AIIINA 736
 LATITUDE 37° 58' N LONGITUDE 23° 25' E ALTITUDE OF BAROMETER 1.5 METERS

PERIOD 1974-1997

MONTHLY FREQUENCY (PER CENT) OF WIND DIRECTION AND FORCES IN BEAUFORT SCALE
 FROM OBSERVATIONS 06H, 12H, 18H GMT
 MONTH = 6 YEAR =yy

BEAUF	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALM	SUM
0									15.363	15.363
1	.526	.123	.000	.470	.123	.235	.179	.414		2.070
2	2.527	2.650	.526	6.944	.414	3.589	1.677	7.033		25.360
3	3.299	3.444	.649	14.917	.291	1.711	3.712	10.477		38.500
4	2.415	2.057	.145	3.556	.123	.291	3.623	2.672		14.882
5	.850	.503	.000	.034	.034	.145	1.085	.939		3.590
6	.056	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.179		.235
7	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
8	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
9	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
10	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
>11	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
=										
SUM	9.673	8.777	1.320	25.921	.985	5.971	10.276	21.714	15.363	100.000

HELLENIC NATIONAL METEOROLOGICAL SERVICE
 DIRECTION OF CLIMATOLOGY
 SECTION OF STATISTICAL CLIMATOLOGY

CLIMATOLOGICAL DATA BASE

! D A T C L I M !

STATION AIIINA 736
 LATITUDE 37° 58' N LONGITUDE 23° 25' E ALTITUDE OF BAROMETER 1.5 METERS

PERIOD 1974-1997

MONTHLY FREQUENCY (PER CENT) OF WIND DIRECTION AND FORCES IN BEAUFORT SCALE
 FROM OBSERVATIONS 06H, 12H, 18H GMT
 MONTH = 7 YEAR =yy

BEAUF	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALM	SUM
0									13.974	13.974
1	.355	.118	.032	.871	.064	.355	.064	.602		2.461
2	2.300	2.483	.419	6.837	.150	4.902	1.258	7.105		25.454
3	3.848	6.600	1.043	11.287	.602	.774	2.451	7.374		33.979
4	4.633	6.955	.355	1.344	.064	.183	2.870	1.580		17.984
5	1.881	2.892	.000	.000	.000	.000	.957	.118		5.848
6	.236	.064	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.300
7	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
8	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
9	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
10	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
>11	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
=										
SUM	13.253	19.112	1.849	20.339	.880	6.214	7.600	16.779	13.974	100.000

HELLENIC NATIONAL METEOROLOGICAL SERVICE
 DIRECTION OF CLIMATOLOGY
 SECTION OF STATISTICAL CLIMATOLOGY

CLIMATOLOGICAL DATA BASE

=====
 : D A T C L I M :
 =====

STATION AIFINA 736
 LATITUDE 37° 58' N LONGITUDE 23° 25' E ALTITUDE OF BAROMETER 1.5 METERS

PERIOD 1974-1997

MONTHLY FREQUENCY(PER CENT) OF WIND DIRECTION AND FORCES IN BEAUFORT SCALE
 FROM OBSERVATIONS 06H,12H,18H GMT
 MONTH = 8 YEAR =yy

BEAUF	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALM	SUM
0									10.457	10.457
1	4.202	.281	.000	.735	.000	.346	.227	.054		5.845
2	3.813	2.247	.508	5.542	.573	5.002	.886	4.807		23.378
3	7.335	4.548	1.221	10.889	.573	1.048	1.674	9.949		37.237
4	6.654	5.542	.194	1.275	.000	.119	2.193	1.426		17.403
5	2.247	1.761	.032	.054	.000	.000	.821	.140		5.055
6	.259	.194	.000	.054	.000	.000	.000	.054		.561
7	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
8	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.032	.032		.064
9	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
10	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
>11	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
=										
SUM	24.510	14.573	1.955	18.549	1.146	6.515	5.833	16.462	10.457	100.000

HELLENIC NATIONAL METEOROLOGICAL SERVICE
 DIRECTION OF CLIMATOLOGY
 SECTION OF STATISTICAL CLIMATOLOGY

CLIMATOLOGICAL DATA BASE

=====
 : D A T C L I M :
 =====

STATION AIFINA 736
 LATITUDE 37° 58' N LONGITUDE 23° 25' E ALTITUDE OF BAROMETER 1.5 METERS

PERIOD 1974-1997

MONTHLY FREQUENCY(PER CENT) OF WIND DIRECTION AND FORCES IN BEAUFORT SCALE
 FROM OBSERVATIONS 06H,12H,18H GMT
 MONTH = 9 YEAR =yy

BEAUF	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALM	SUM
0									11.327	11.327
1	4.209	.367	.067	.557	.000	.679	.189	.490		6.558
2	4.944	2.572	.768	7.272	.679	3.964	.624	6.648		27.471
3	4.978	3.898	.523	10.546	.557	1.269	1.481	10.768		34.020
4	4.644	3.742	.156	1.581	.033	.122	1.303	1.670		13.251
5	2.350	2.506	.000	.000	.067	.189	.490	.902		6.504
6	.212	.212	.000	.000	.000	.122	.189	.067		.802
7	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.067	.000		.067
8	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
9	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
10	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
>11	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
=										
SUM	21.337	13.297	1.514	19.956	1.336	6.345	4.343	20.545	11.327	100.000

HELLENIC NATIONAL METEOROLOGICAL SERVICE
 DIRECTION OF CLIMATOLOGY
 SECTION OF STATISTICAL CLIMATOLOGY

CLIMATOLOGICAL DATA BASE

DATA CLIM

STATION AIFINA 736
 LATITUDE 37° 58' N LONGITUDE 23° 25' E ALTITUDE OF BAROMETER 1.5 METERS

PERIOD 1974-1997

MONTHLY FREQUENCY(PER CENT) OF WIND DIRECTION AND FORCES IN BEAUFORT SCALE
 FROM OBSERVATIONS 06H,12H,18H GMT

MONTH =10 YEAR =yy

BEAUF	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALM	SUM
0									11.357	11.357
1	2.906	.215	.054	.538	.000	.484	.000	.269		4.466
2	4.790	5.080	1.130	4.521	.269	4.144	1.055	6.081		27.070
3	4.338	7.728	2.153	5.683	.215	.915	1.055	6.350		28.437
4	4.467	6.426	.301	1.367	.086	.409	1.431	2.798		17.285
5	4.273	2.745	.032	.215	.000	.161	.215	.753		8.394
6	1.022	.969	.000	.161	.032	.032	.054	.323		2.593
7	.086	.086	.000	.108	.000	.000	.000	.000		.280
8	.000	.000	.000	.086	.032	.000	.000	.000		.118
9	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
10	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
>11	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
=										
SUM	21.882	23.249	3.670	12.679	.634	6.145	3.810	16.574	11.357	100.000

HELLENIC NATIONAL METEOROLOGICAL SERVICE
 DIRECTION OF CLIMATOLOGY
 SECTION OF STATISTICAL CLIMATOLOGY

CLIMATOLOGICAL DATA BASE

DATA CLIM

STATION AIFINA 736
 LATITUDE 37° 58' N LONGITUDE 23° 25' E ALTITUDE OF BAROMETER 1.5 METERS

PERIOD 1974-1997

MONTHLY FREQUENCY(PER CENT) OF WIND DIRECTION AND FORCES IN BEAUFORT SCALE
 FROM OBSERVATIONS 06H,12H,18H GMT

MONTH =11 YEAR =yy

BEAUF	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALM	SUM
0									11.019	11.019
1	3.894	.278	.000	.167	.000	.389	.111	.389		5.228
2	4.261	4.729	1.446	3.527	.445	3.026	.478	2.670		20.582
3	3.894	7.510	1.502	5.507	.634	2.092	1.480	4.417		27.036
4	4.261	6.264	.278	2.470	.612	1.780	.979	2.281		18.925
5	2.948	3.672	.089	1.279	.389	1.001	.423	1.168		10.969
6	1.413	1.691	.056	.834	.445	.701	.245	.334		5.719
7	.111	.056	.000	.167	.089	.033	.000	.000		.456
8	.000	.000	.000	.000	.033	.033	.000	.000		.066
9	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
10	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
>11	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
=										
SUM	20.782	24.200	3.371	13.951	2.647	9.055	3.716	11.259	11.019	100.000

HELLENIC NATIONAL METEOROLOGICAL SERVICE
 DIRECTION OF CLIMATOLOGY
 SECTION OF STATISTICAL CLIMATOLOGY

CLIMATOLOGICAL DATA BASE

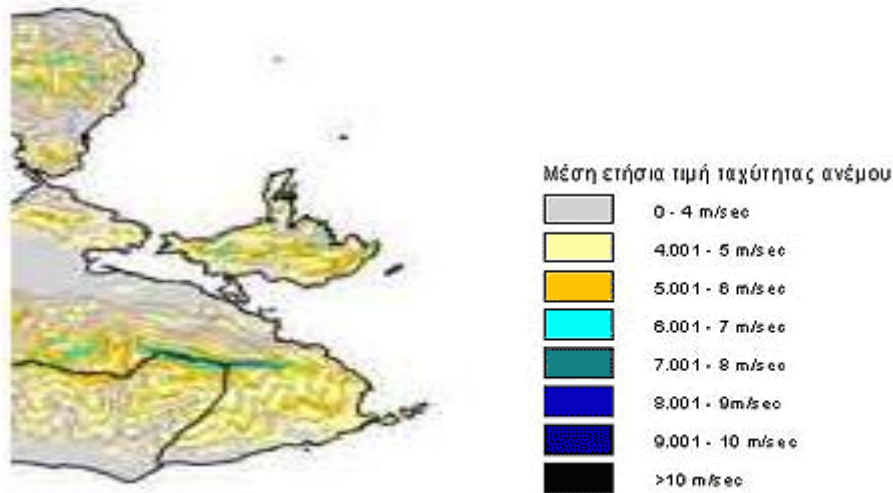
=====
 : D A T C L I M :
 =====

STATION AIFINA 736
 LATITUDE 37° 58' N LONGITUDE 23° 25' E ALTITUDE OF BAROMETER 1.5 METERS

PERIOD 1974-1997

MONTHLY FREQUENCY (PER CENT) OF WIND DIRECTION AND FORCES IN BEAUFORT SCALE
 FROM OBSERVATIONS 06H, 12H, 18H GMT
 MONTH =12 YEAR =YY

BEAUF	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALM	SUM
0									10.432	10.432
1	.347	.173	.000	.282	.000	.423	.368	.119		1.712
2	4.366	4.908	.737	2.449	.423	3.564	.455	3.564		20.466
3	3.196	8.126	1.224	4.594	.823	2.904	1.571	5.222		27.660
4	2.969	6.381	.542	1.766	.509	2.741	1.430	2.481		18.819
5	3.597	3.879	.347	1.311	.509	1.538	.509	1.203		12.893
6	1.658	1.939	.119	.769	.715	.509	.173	.282		6.164
7	.488	.596	.033	.119	.000	.119	.000	.141		1.496
8	.173	.119	.033	.000	.000	.000	.000	.033		.358
9	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
10	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
>11	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
=										
SUM	16.794	26.121	3.035	11.290	2.979	11.798	4.506	13.045	10.432	100.000



Εικόνα. Χάρτης Αιολικού δυναμικού για τον νησί Ρόδος

Κεφάλαιο 4

4.1. Υπολογιστικό Μέρος

4.1.1 Σκοπός μελέτης

Σκοπός της συγκεκριμένης μελέτης είναι η εγκατάσταση ενός Υβριδικού (ηλιακή-αιολική ενέργεια) Σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που θα έχει ονομαστική ισχύ 200kW σε ήδη υπάρχον Βιολογικό καθαρισμό που βρίσκεται στον Πόρο Τροιζηνίας.

Όπως είναι φανερό και στα ακόλουθα σχέδια του Βιολογικού Σταθμού, το μοναδικό κριτήριο που θα καθορίσει το μέγεθος της ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου είναι η ονομαστική ισχύς της εγκατάστασης.

Η υπάρχουσα άδεια της εγκατεστημένη ισχύς του Βιολογικού Σταθμού είναι 292,5 Kw όπως αναφέρετε αναλυτικά πιο κάτω, αλλά η ονομαστική ισχύς (ζητήσιμη ενέργεια από την ΔΕΗ) ανέρχεται στα 200 Kw, σύμφωνα με τα σχέδια και την ενημέρωση από την ΔΕΗ.

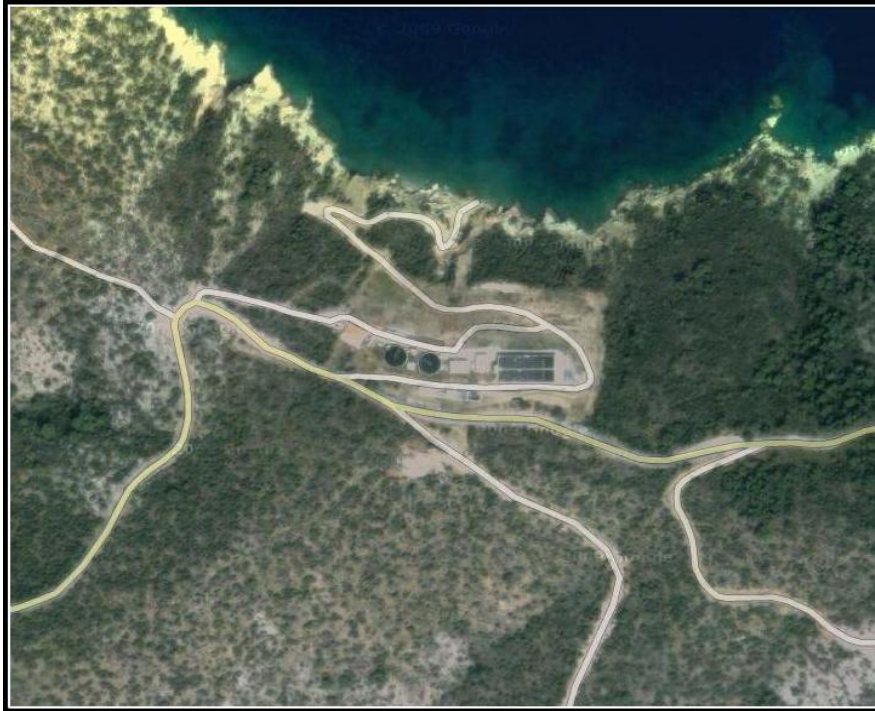
Για το λόγο ότι τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι πιο ακριβά από τις ανεμογεννήτριες στις περιπτώσεις Υβριδικών Συστημάτων όπως και στη δικιά μας, υπάρχουν 3 κατηγορίες:

- Για ταχύτητες αέρα μικρότερες από 4m/sec χρησιμοποιούμε το 90% ήλιο και το 10 % αέρα.
- Για ταχύτητες αέρα μεγαλύτερες από 4 m/sec και μικρότερες από 5 m/sec χρησιμοποιούμε το 50 % ήλιο και το 50% αέρα.
- Για ταχύτητες μεγαλύτερες από 5,4 m/sec χρησιμοποιούμε το 30% ήλιο και το 70 % αέρα.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση του Βιολογικού καθαρισμού η αναλογία με βάσει τα ανεμολόγια που μας δόθηκαν από την ΕΜΥ είμαστε στην δεύτερη κατηγορία όπου χρησιμοποιούμε 50% τον ήλιο και 50% τον αέρα οπότε τα 100 KW θα καλυφθούν με Φωτοβολταϊκά Συστήματα και τα υπόλοιπα 100 KW θα καλυφθούν με Ανεμογεννήτριες μιας και το σύστημα για το οποίο γίνεται η μελέτη είναι Υβριδικό.

Ο λόγος που επιλέχθηκε το σύστημα να είναι Υβριδικό, είναι ότι η τοποθεσία εγκατάστασης του Βιολογικού καθαρισμού πληρεί τις απαραίτητες προϋποθέσεις γιατί στην περιοχή υπάρχει αρκετό ηλιακό και αιολικό δυναμικό, οπότε έχουμε την δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε και τις δύο μορφές ενέργειας. Επίσης ένας σημαντικός παράγοντας είναι ότι στην συγκεκριμένη περιοχή δεν υπάρχουν φυσικά σκίαστρα όπως ψηλά κτήρια και δέντρα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στη διάθεση μας έχουμε όση έκταση είναι απαραίτητη για την τοποθέτηση όλων των φωτοβολταϊκών συστημάτων και των ανεμογεννητριών όπως μπορείτε να δείτε και στην παρακάτω πανοραμική εικόνα που είναι τραβηγμένη από το google earth.



Εικόνα. Πανοραμική φωτογραφία του Βιολογικού καθαρισμού στον Πόρο (πηγή φωτογραφίας google earth.

4.2. Σύστημα Βιολογικού καθαρισμού

Το συγκεκριμένο σύστημα Βιολογικού καθαρισμού χωρίζετε ως εξής με βάση τα ηλεκτρολογικά σχέδια που μας δόθηκαν :

- Μονάδα αερισμού.
- Αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας ιλύος.
- Κτήριο αφυδάτωσης.
- Οικίσκος χλωρίωσης.

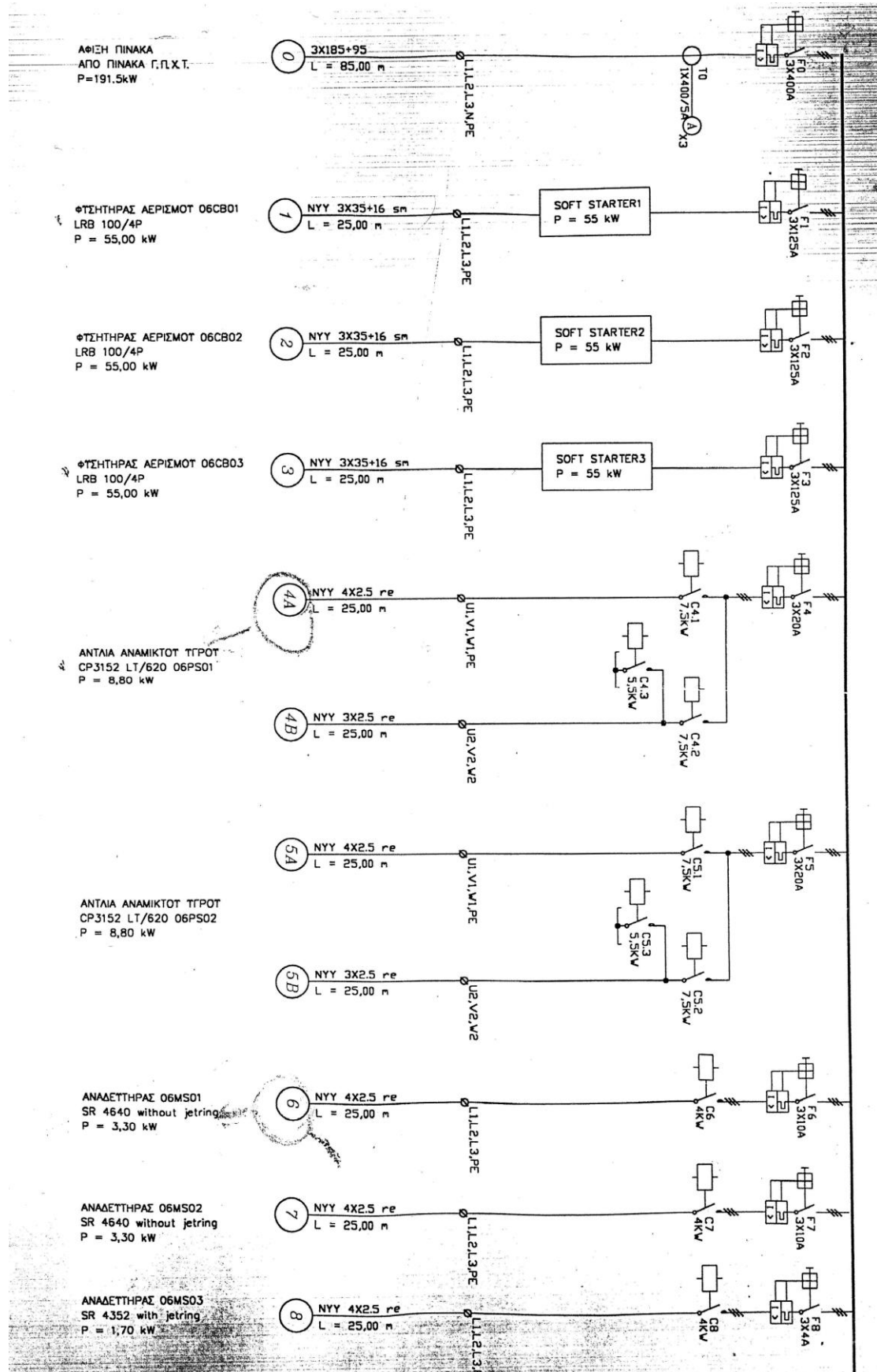
4.3. Μονάδα Αερισμού

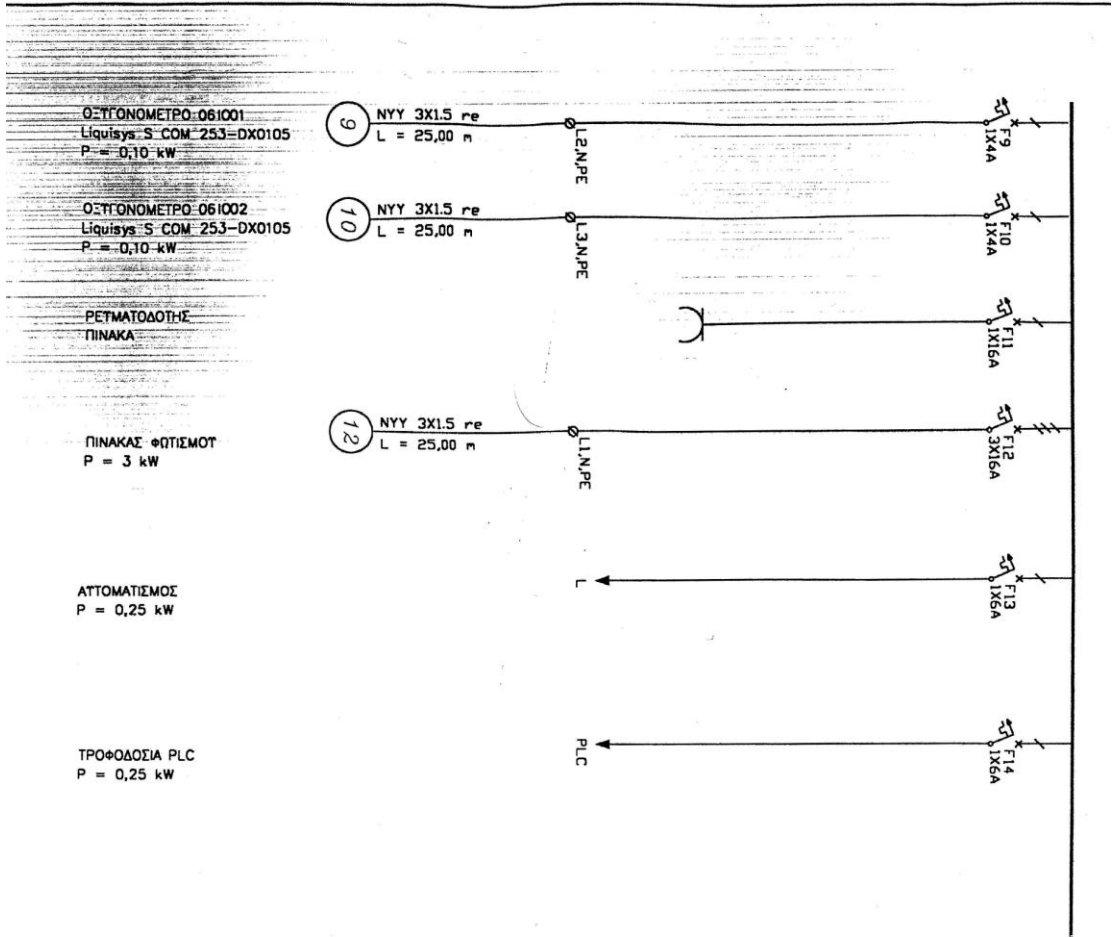
Η μονάδα αερισμού αναλυτικά αποτελείται από τα παρακάτω :

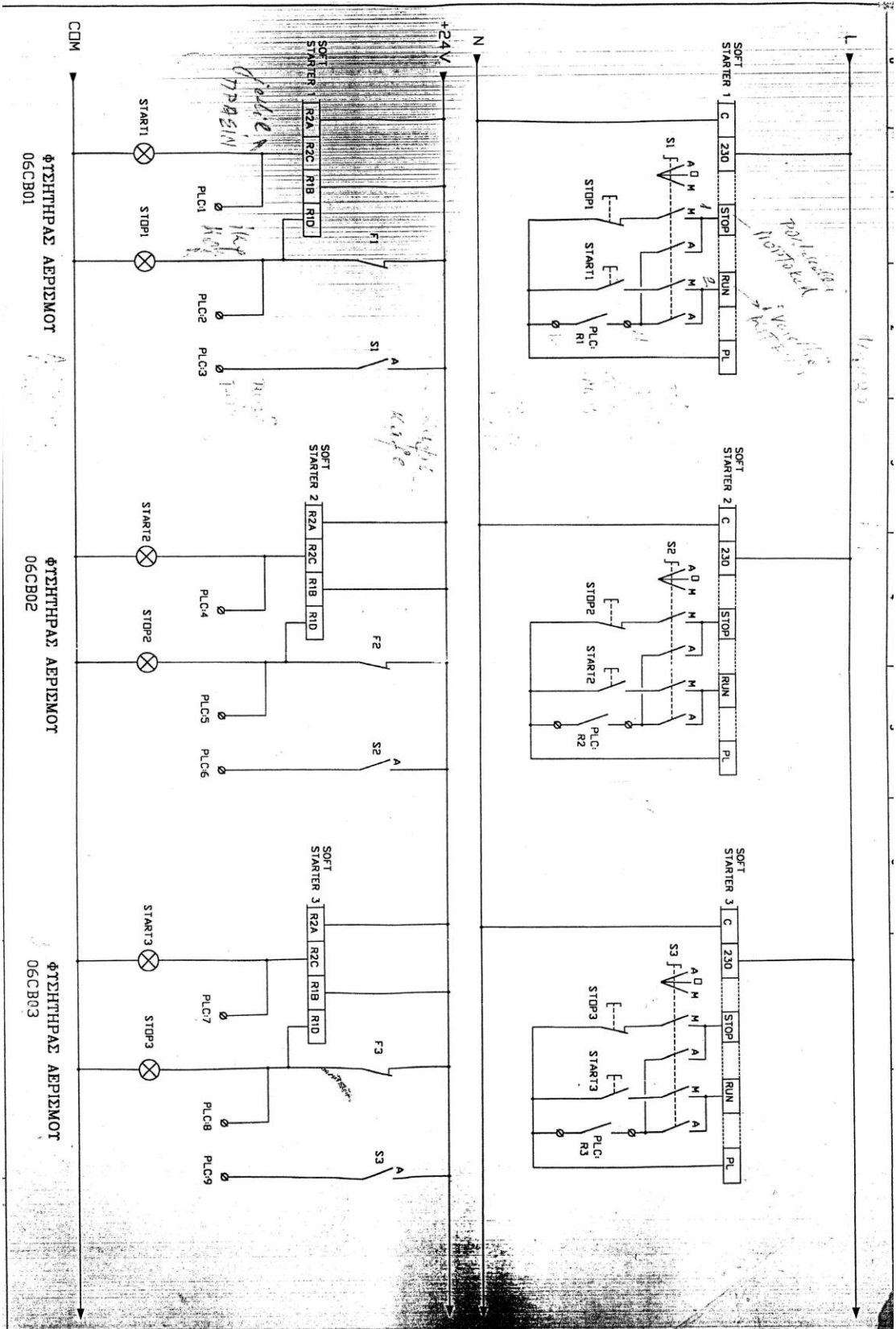
- Φυσητήρας αερισμού 06CB01 LRB 100 / 4P, P = 55,00 KW
- Φυσητήρας αερισμού 06CB02 100 / 4P, P = 55,00 KW
- Φυσητήρας αερισμού 06CB03 100 / 4P, P = 55,00 KW
- Αντλία ανάμεικτου υγρού CP3152 LT / 620 06PS01, P = 8,80 KW
- Αντλία ανάμεικτου υγρού CP3152 LT / 620 06PS02, P = 8,80 KW
- Αναδευτήρας 06MS01 SR 4640, P = 3,30 KW
- Αναδευτήρας 06MS01 SR 4640, P = 3,30 KW
- Αναδευτήρας 06MS03 SR 4352, P = 1,70 KW
- Οξυγονόμετρο 06I001 Iyquisys S COM 253-DX0105, P = 0,10 KW
- Οξυγονόμετρο 06I002 Iyquisys S COM 253-DX0105, P = 0,10 KW
- Πίνακας φωτισμού, P = 3 KW
- Αυτοματισμός, P = 0,25 KW
- Τροφοδοσία PLC, P = 0,25 KW

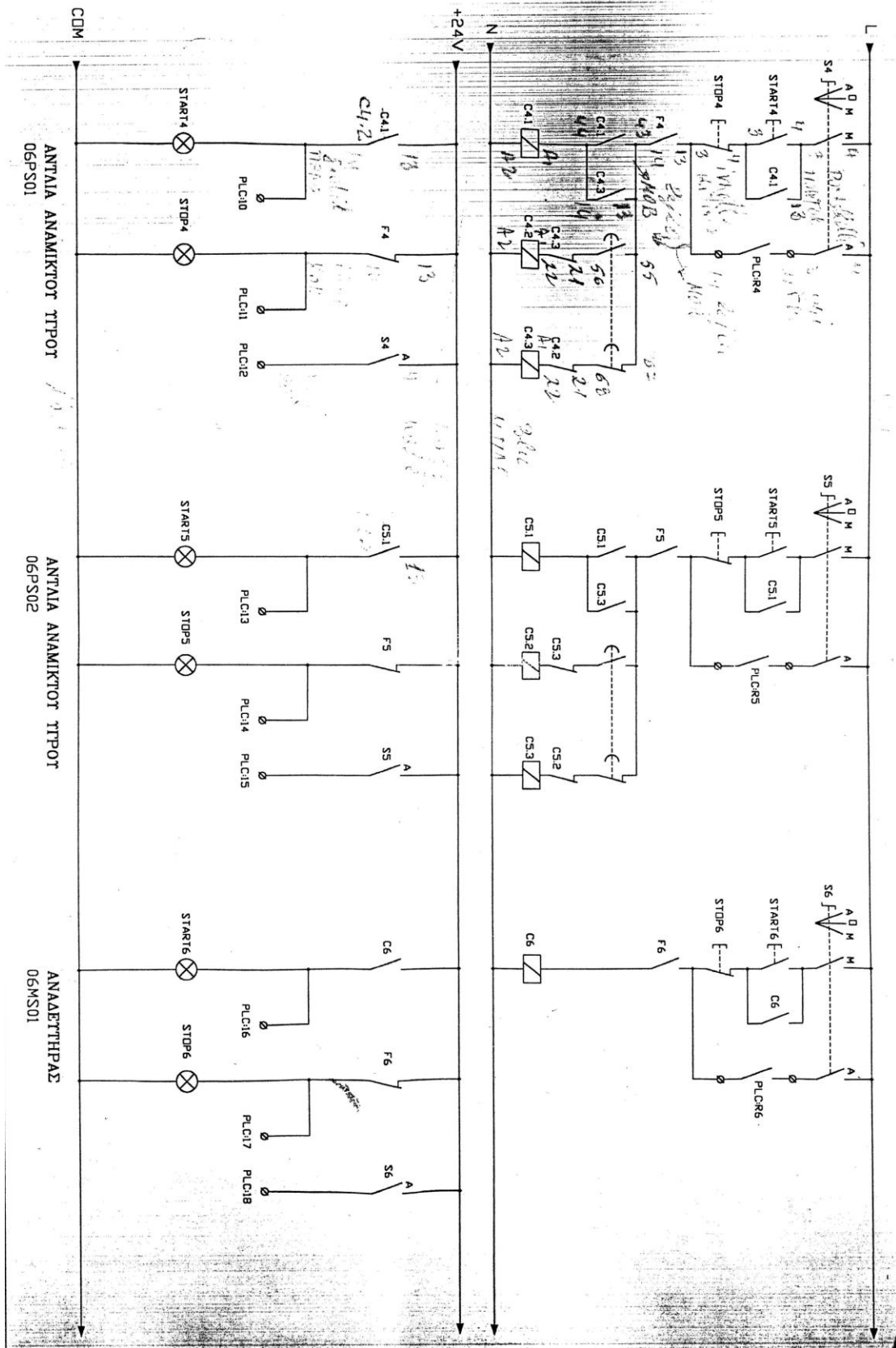
Η συνολική ισχύς της γραμμής αυτής είναι **191,5 KW**.

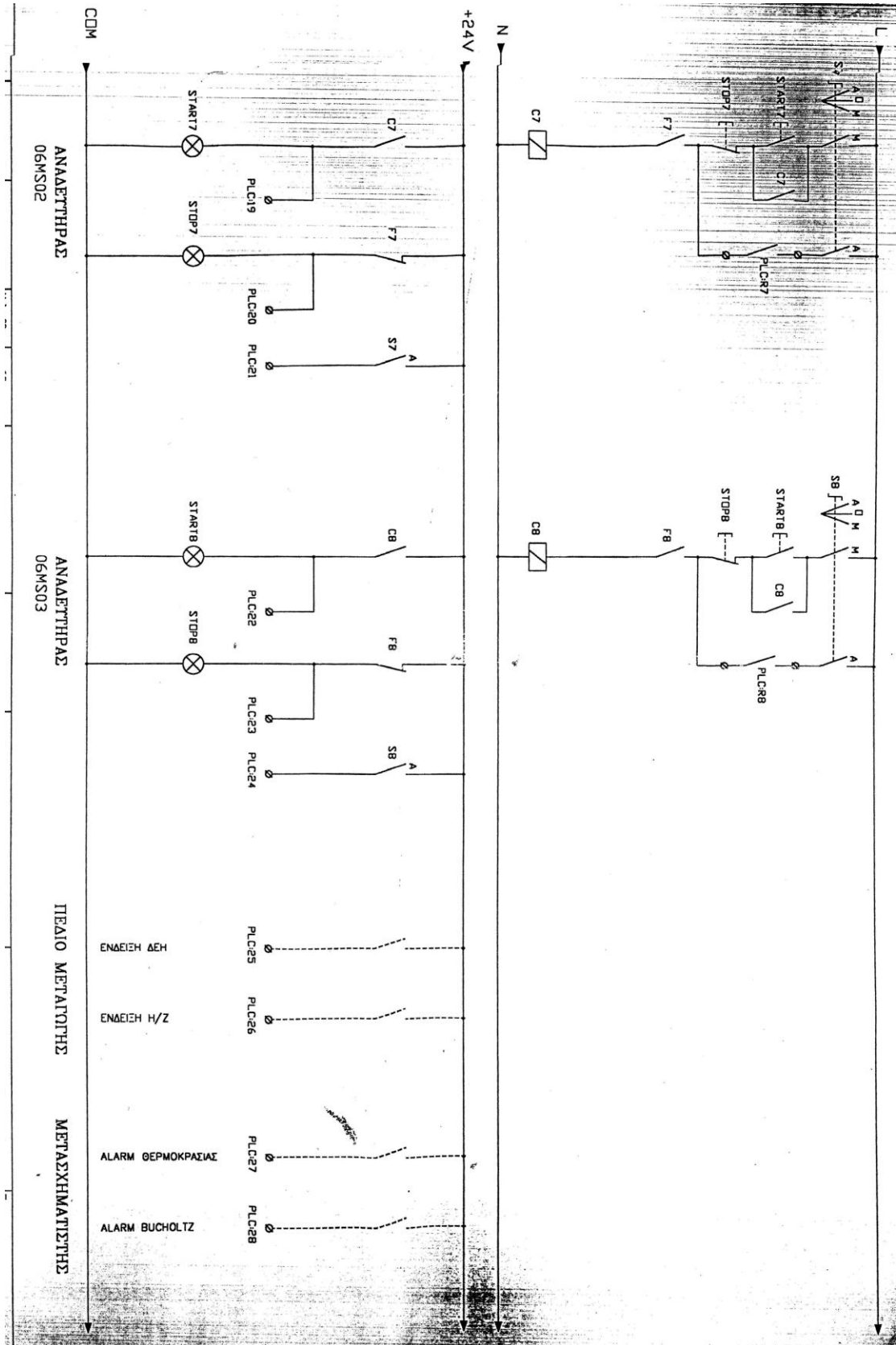
4.4. Μονογραμμικό σχέδιο ηλεκτρικού πίνακα της μονάδας αερισμού











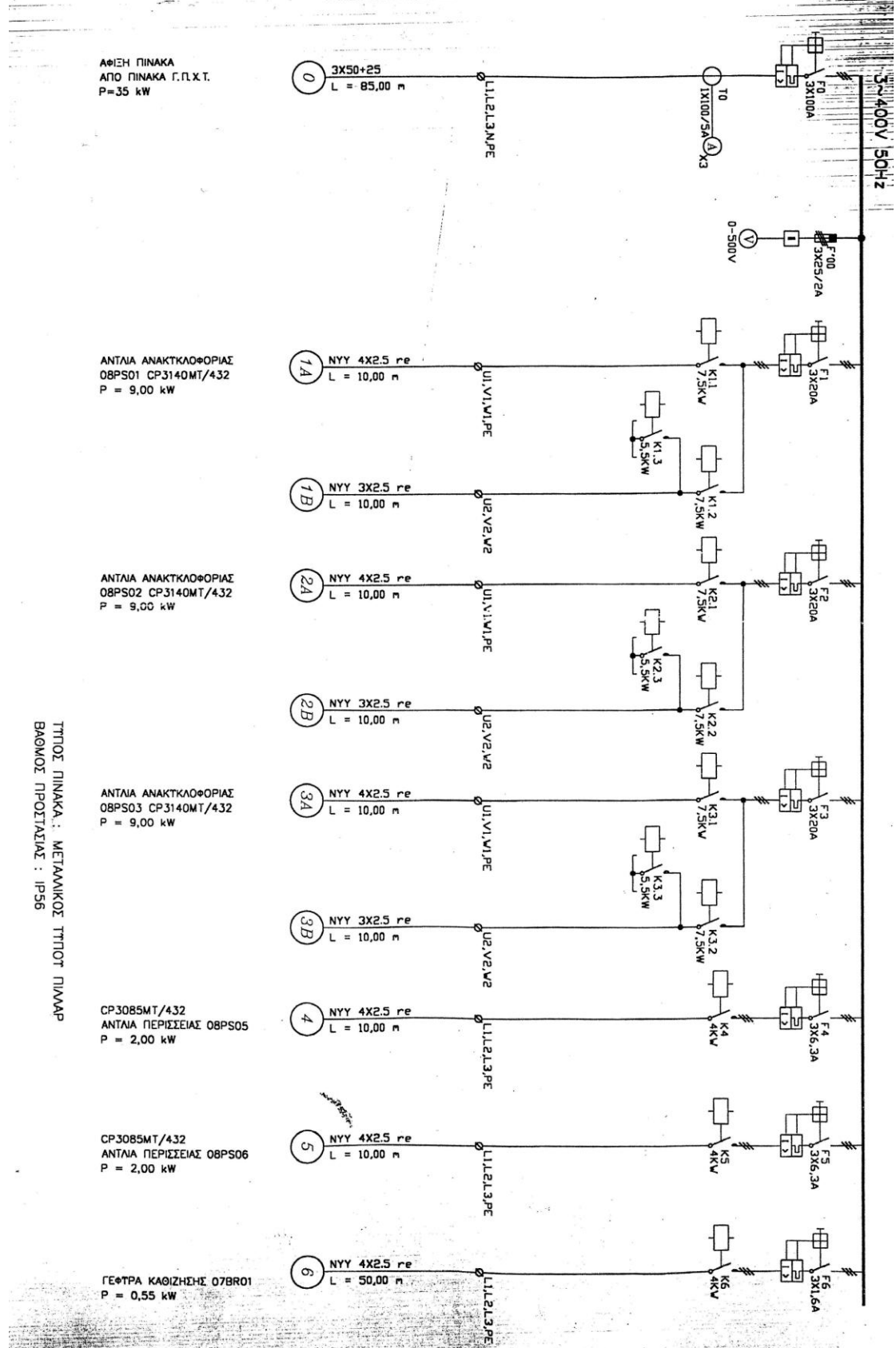
4.5. Αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας ιλύος

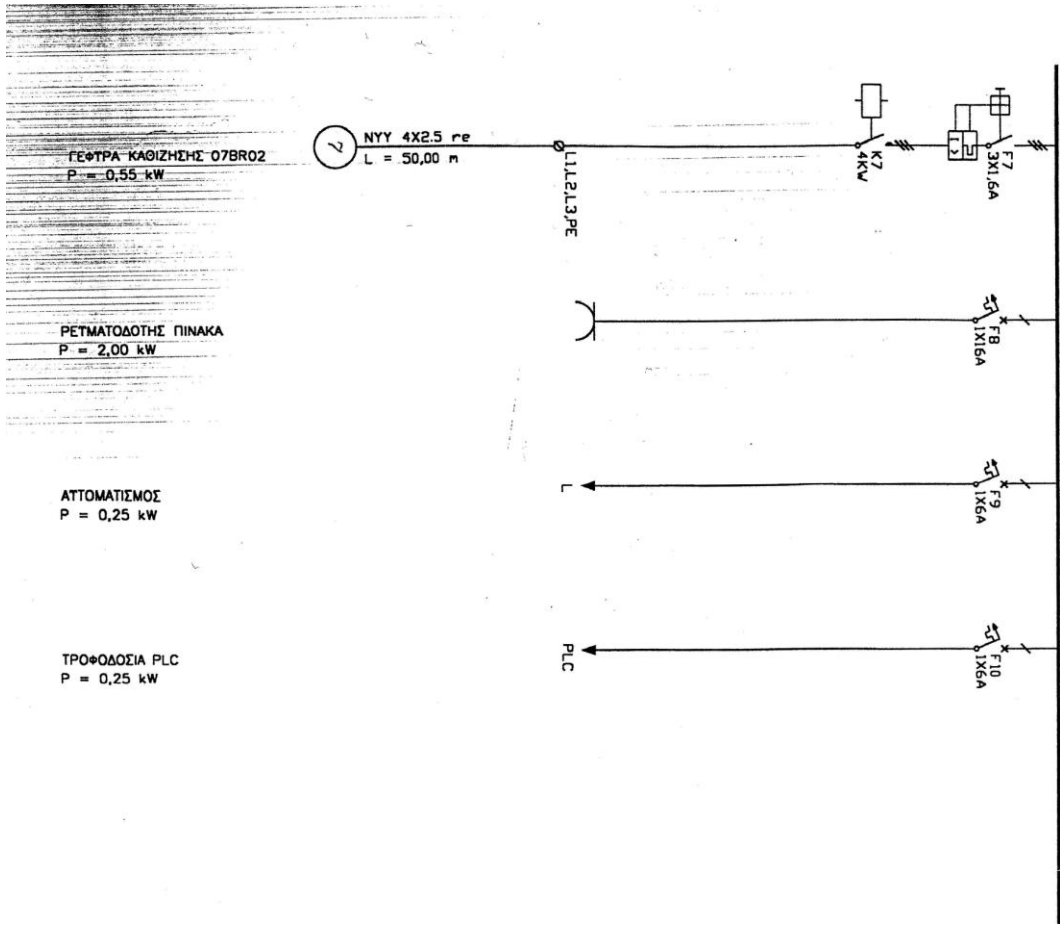
Το Αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας ιλύος αναλυτικά αποτελείται από τα παρακάτω :

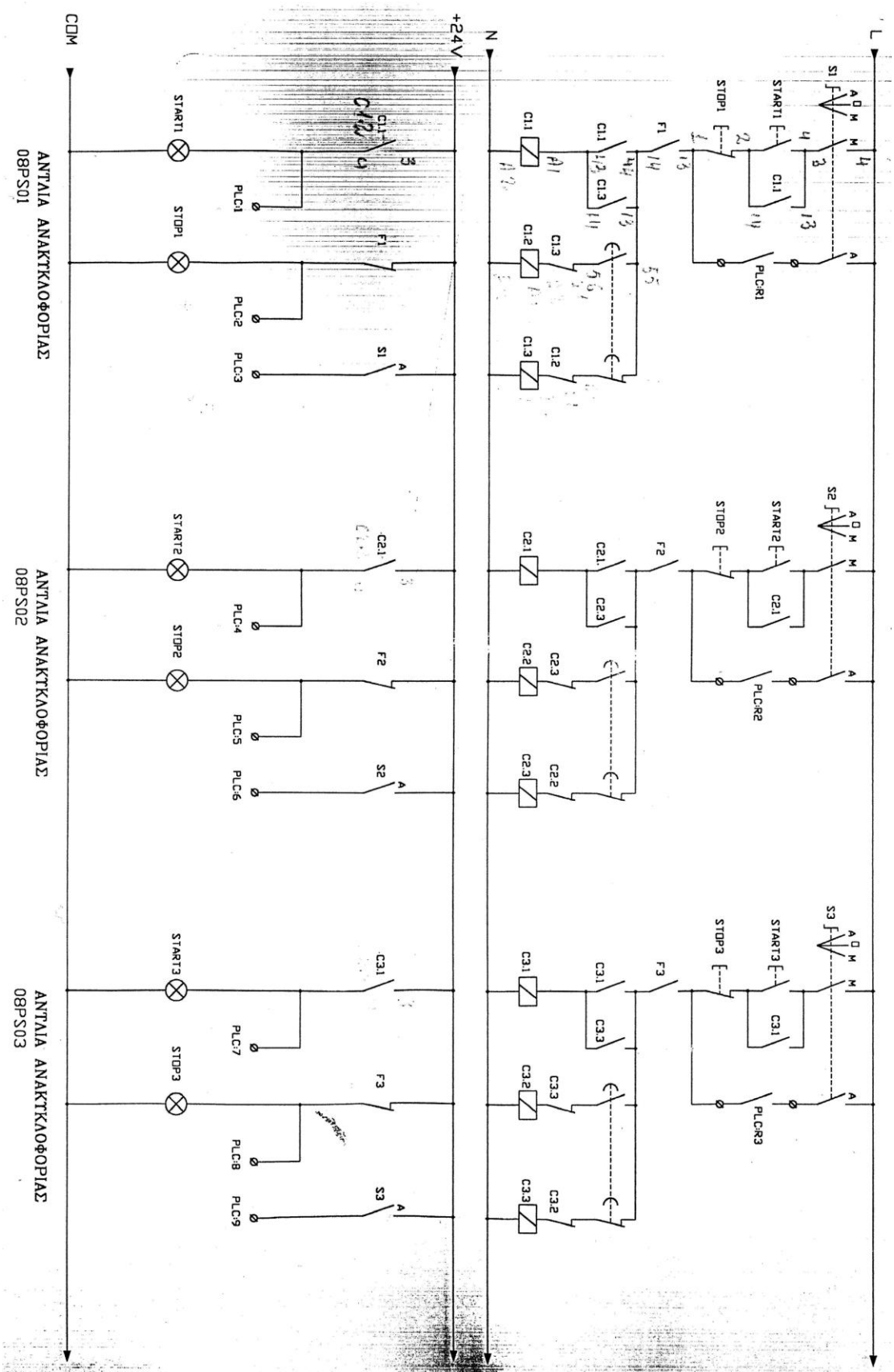
- Αντλία ανακυκλοφορίας 08PS01 CP3140MT / 432, P = 9,00 KW
- Αντλία ανακυκλοφορίας 08PS02 CP3140MT / 432, P = 9,00 KW
- Αντλία ανακυκλοφορίας 08PS03 CP3140MT / 432, P = 9,00 KW
- Αντλία περισσείας 08PS05 CP3085MT / 432, P = 2,00 KW
- Αντλία περισσείας 08PS06 CP3085MT / 432, P = 2,00 KW
- Γέφυρα κάθιξης 07BR01, P = 0,55 KW
- Γέφυρα κάθιξης 07BR01, P = 0,55 KW
- Ρευματοδότης πίνακα, P = 2,00 KW
- Αυτοματισμός, P = 0,25 KW
- Τροφοδοσία PLC, P = 0,25 KW

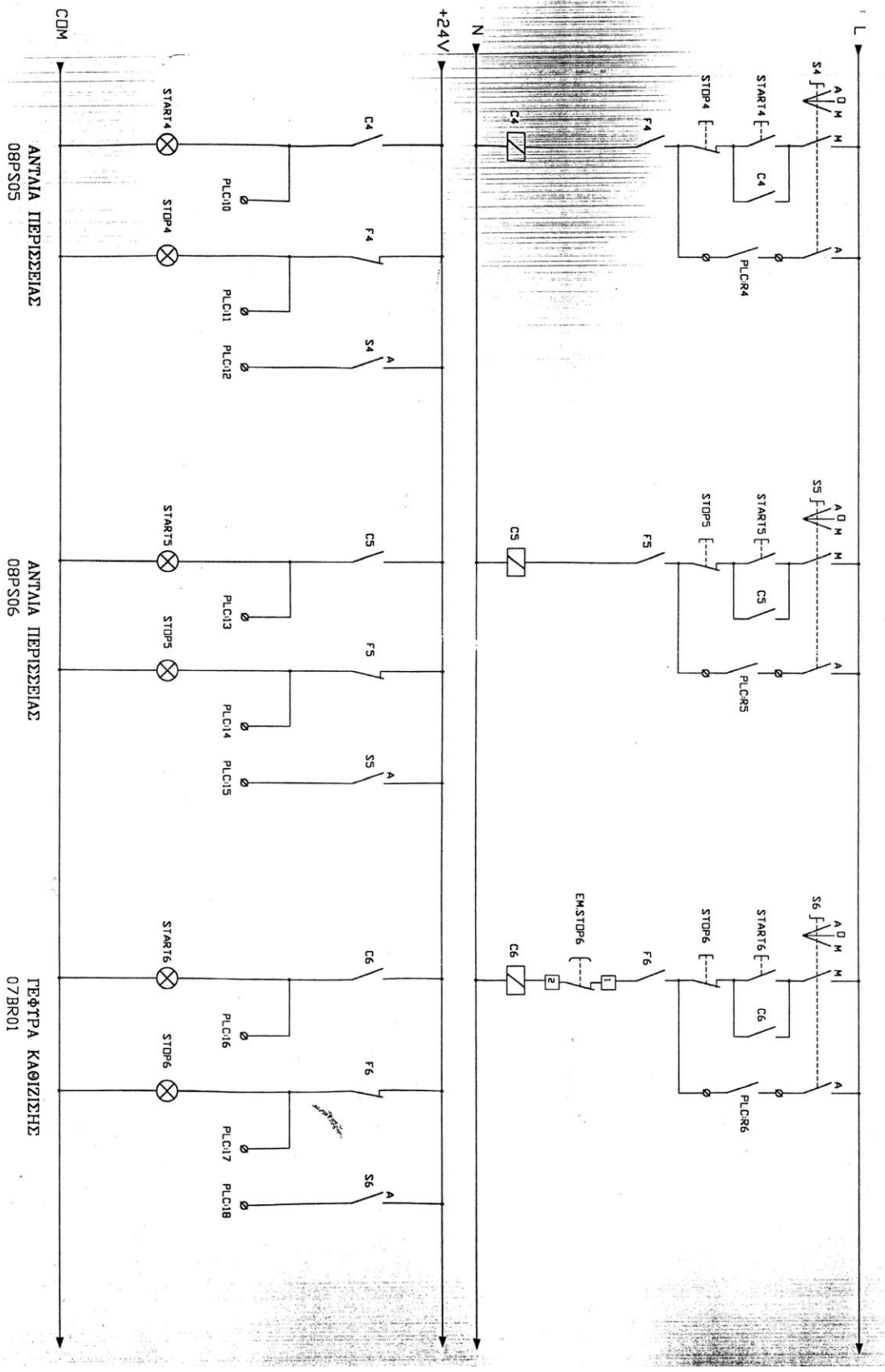
Η συνολική ισχύς της γραμμής αυτής είναι **35 KW**.

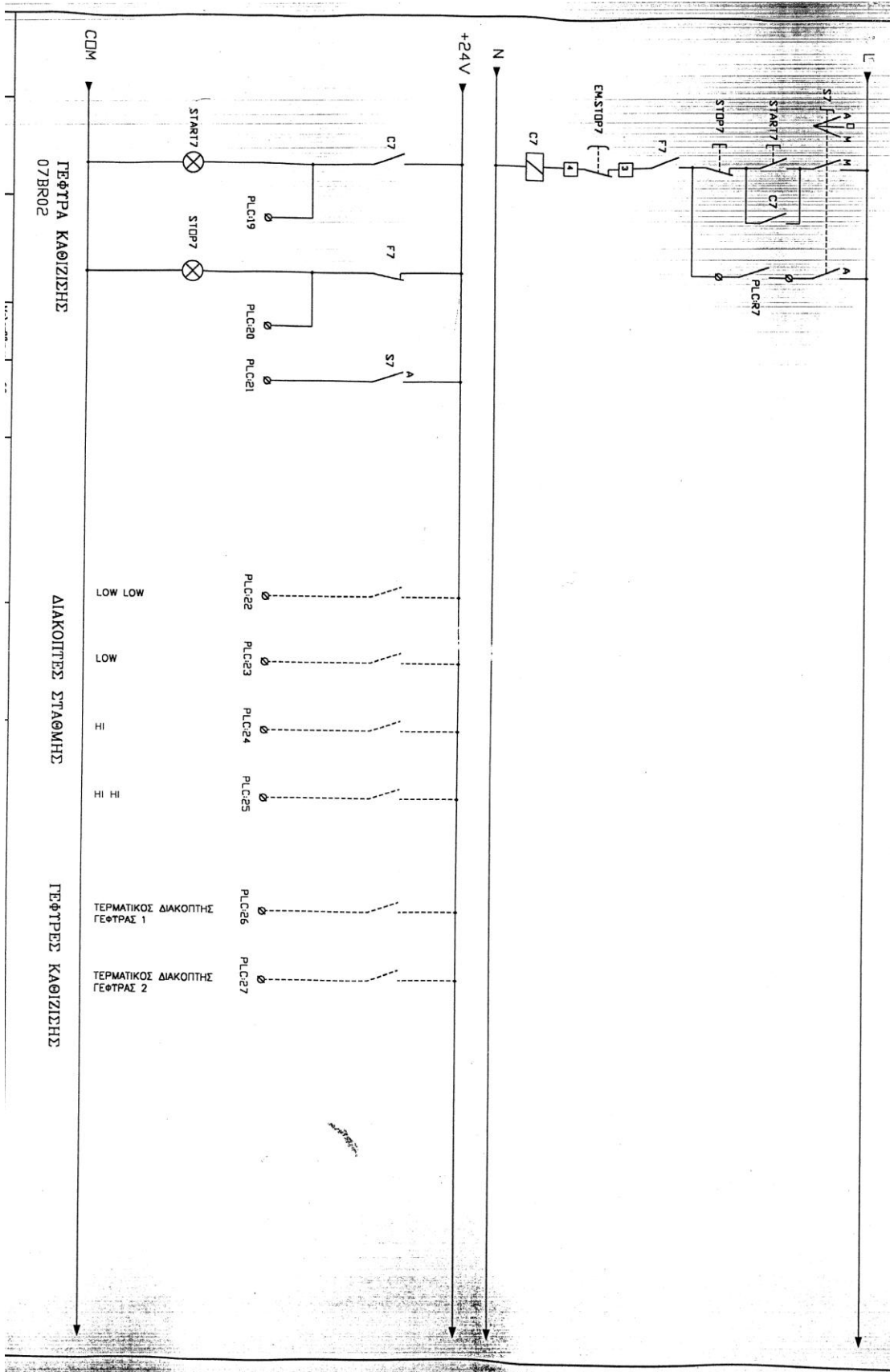
4.6. Μονογραμμικό σχέδιο ηλεκτρικού πίνακα του αντλιοστασίου ανακυκλοφορίας ιλύος.











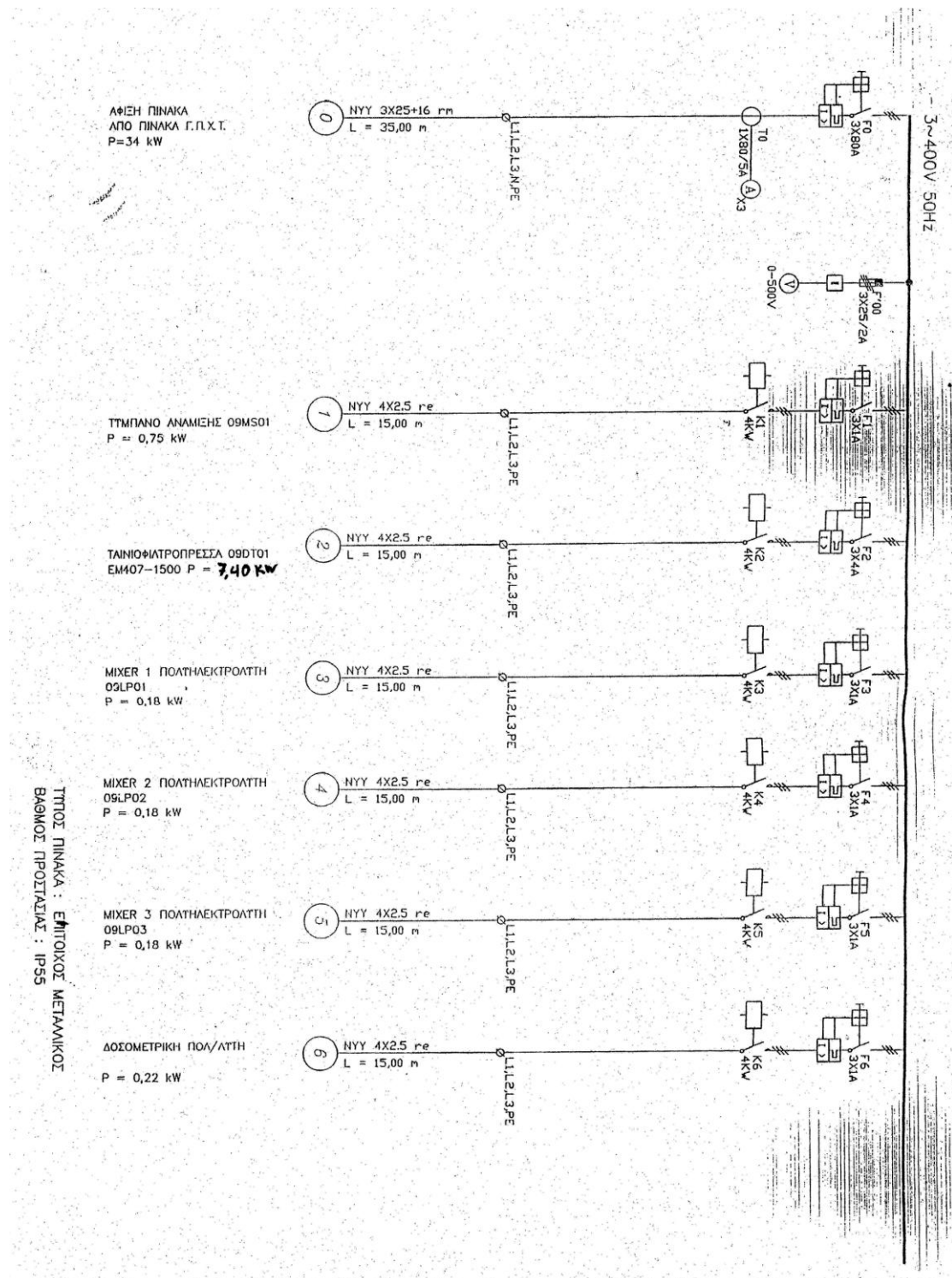
4.7. Κτήριο αφυδάτωσης

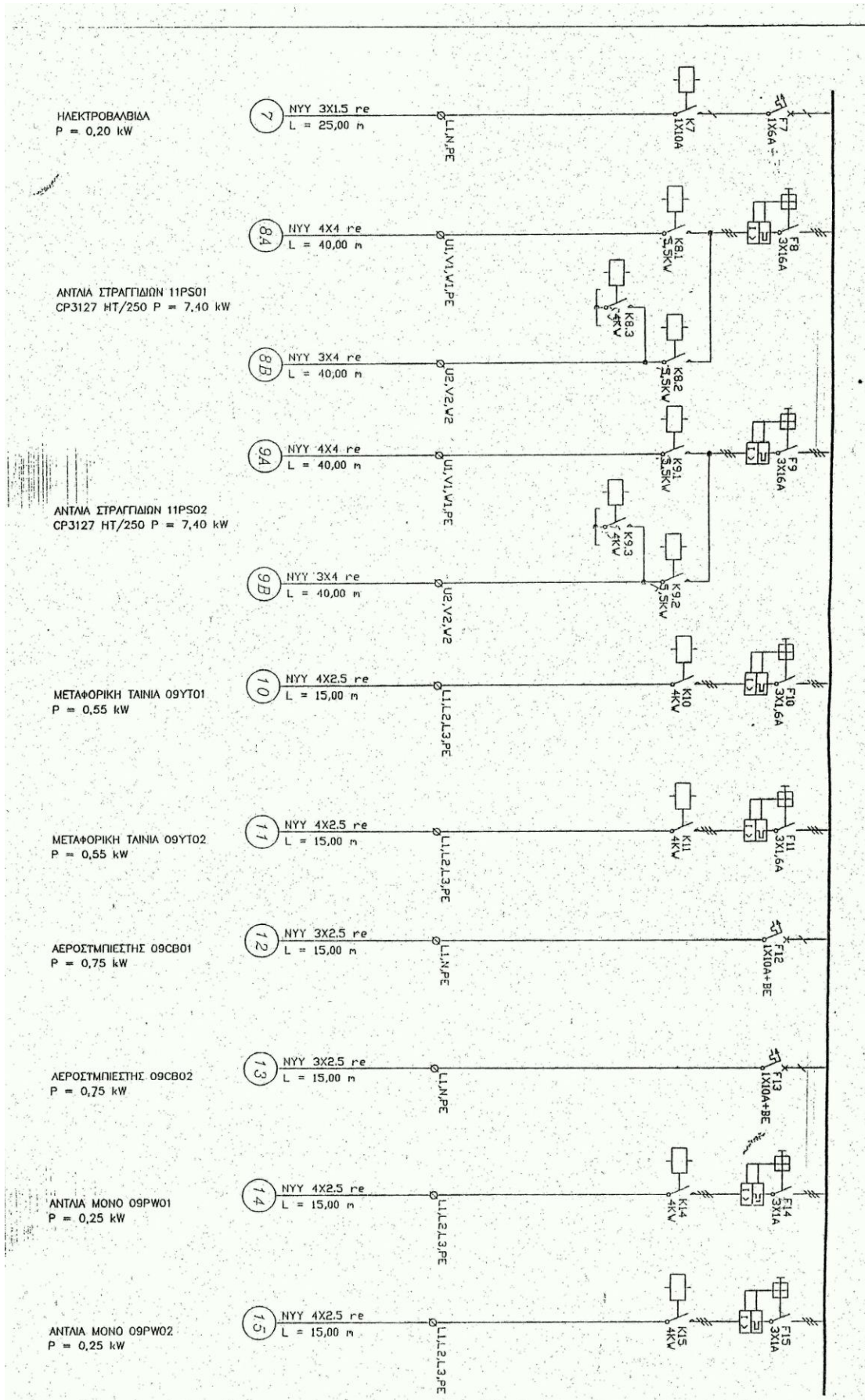
Το κτήριο αφυδάτωσης αναλυτικά αποτελείται από τα παρακάτω :

- Τύμπανο ανάμειξης 09MA01, P = 0,75 KW
- Ταινιοφιλτροπρεσσα 09DT01 EM407-1500, P = 7,40 KW
- Μίξερ 1 πολυηλεκτρολύτη 09LP01
- Μίξερ 2 πολυηλεκτρολύτη 09LP02
- Μίξερ 3 πολυηλεκτρολύτη 09LP03
- Οδομετρική πολυηλεκτρολύτη
- Ηλεκτροβαλίδα
- Αντλία στραγγιδίων 11PS01 CP3127 HT / 250, P = 7,40 KW
- Αντλία στραγγιδίων 11PS02 CP3127 HT / 250, P = 7,40 KW
- Μεταφορική ταινία 09YT01, P = 0,55 KW
- Μεταφορική ταινία 09YT02, P = 0,55 KW
- Αεροσυμπιεστής 09CB01, P = 0,75 KW
- Αεροσυμπιεστής 09CB01, P = 0,75 KW
- Αντλία μόνο 09PW01, P = 0,25 KW
- Αντλία μόνο 09PW02, P = 0,25 KW
- Εξαεριστήρας 09CX01, P = 0,3 KW
- Ρευματοδότης πίνακα, P = 2,00 KW
- Πίνακας φωτισμού, P = 4,00 KW
- Αυτοματισμός, P = 0,25 KW
- Τροφοδοσία PLC, P = 0,25 KW

Η συνολική ισχύς της γραμμής αυτής είναι **34 KW**.

4.8. Μονογραμμικό σχέδιο ηλεκτρικού πίνακα του κτηρίου αφυδάτωσης.





ΕΞΑΕΡΙΣΤΗΡΑΣ
09CΧ01
P = 0,3 kW

16 NYY 4X2,5 re
L = 15,00 m

ΡΕΓΜΑΤΟΔΟΤΗΣ 16A/380V

17 NYY 5X2,5 re
L = 25,00 m

ΡΕΓΜΑΤΟΔΟΤΗΣ ΠΙΝΑΚΑ
P = 2,00 kW

ΠΙΝΑΚΑΣ ΦΟΤΙΣΜΟΥ
P=4,00 kW

19 NYY 5X4 re
L = 25,00 m

ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ
P = 0,25 kW

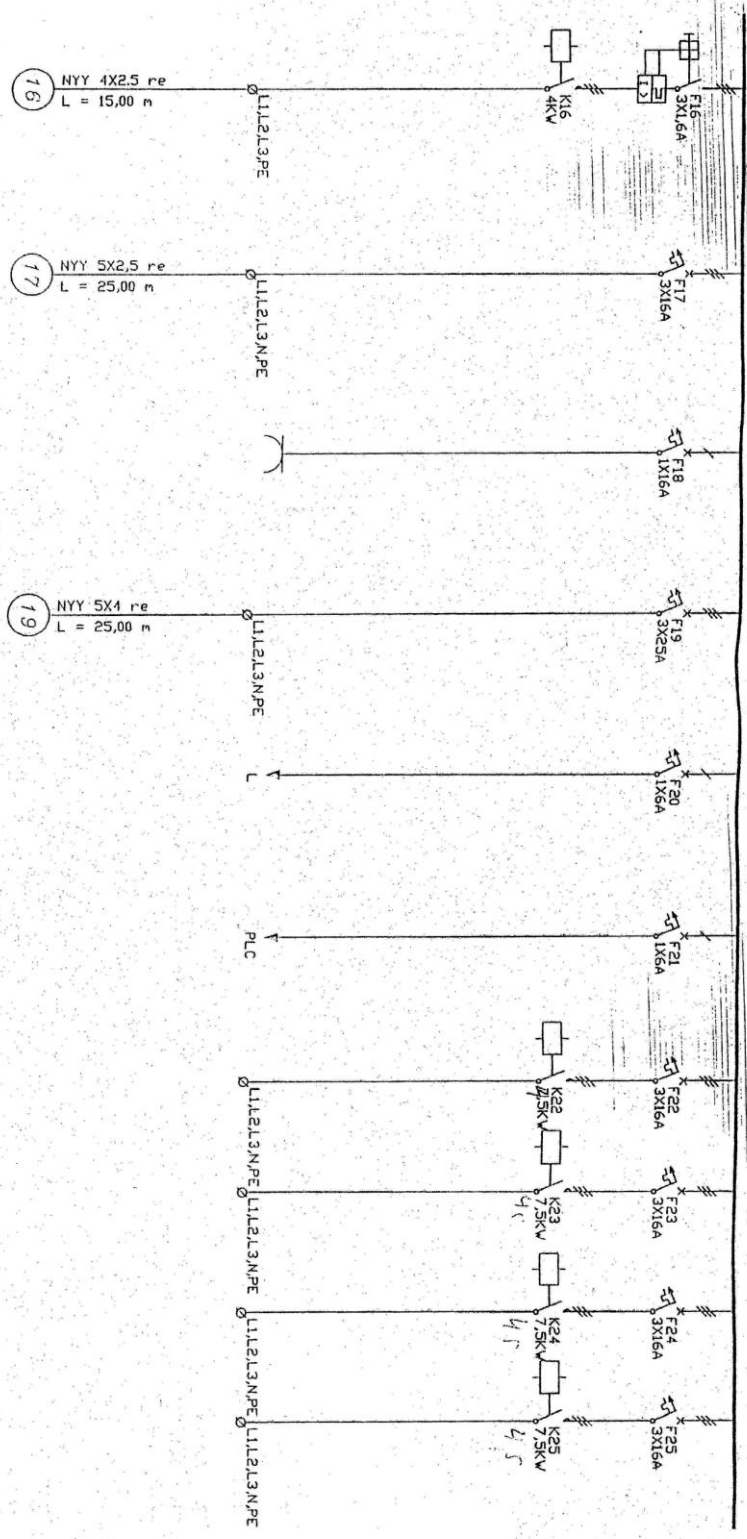
ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ PLC
P = 0,25 kW

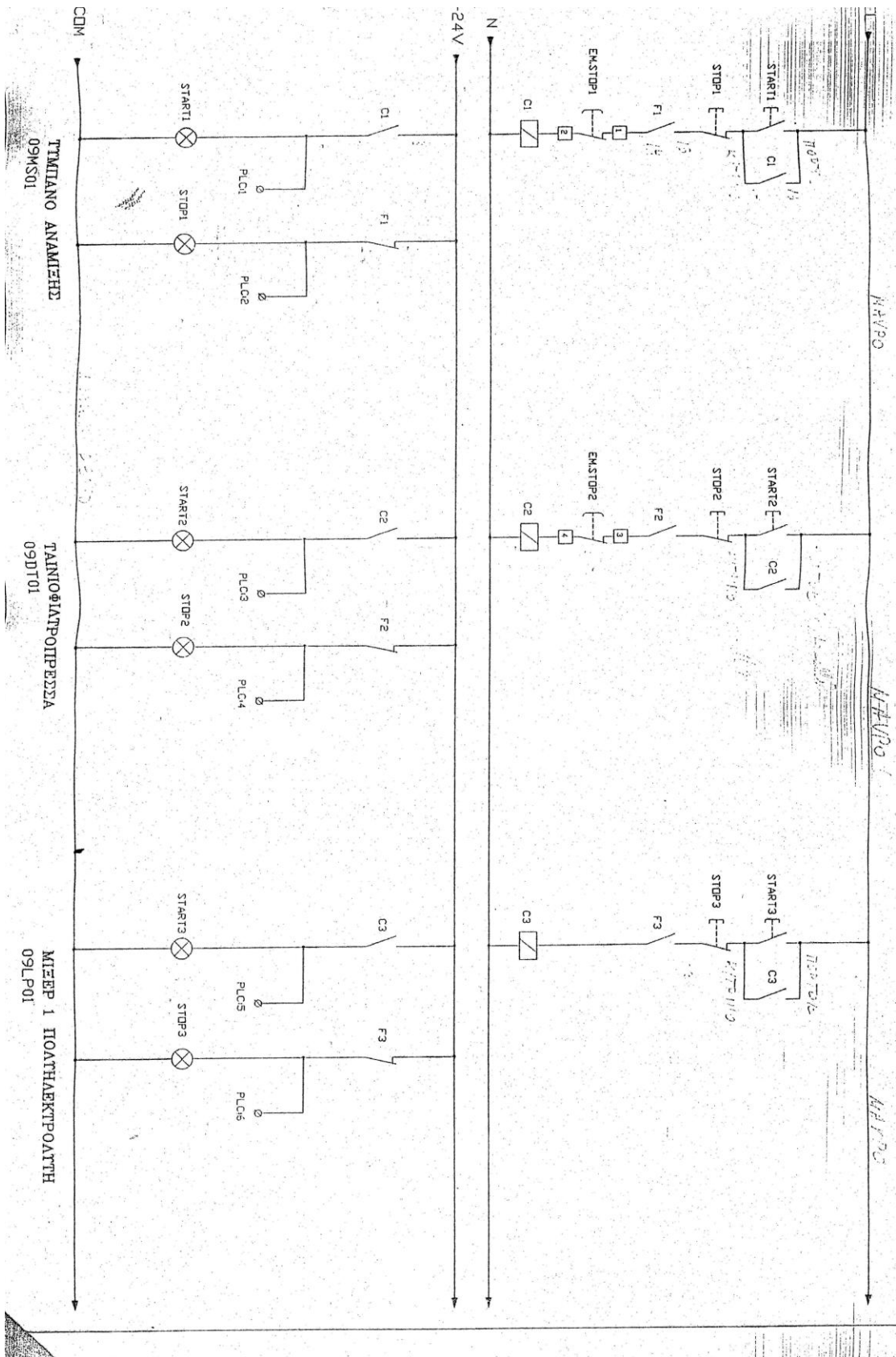
ΕΦΕΔΡΕΙΑ
P = 0,00 kW

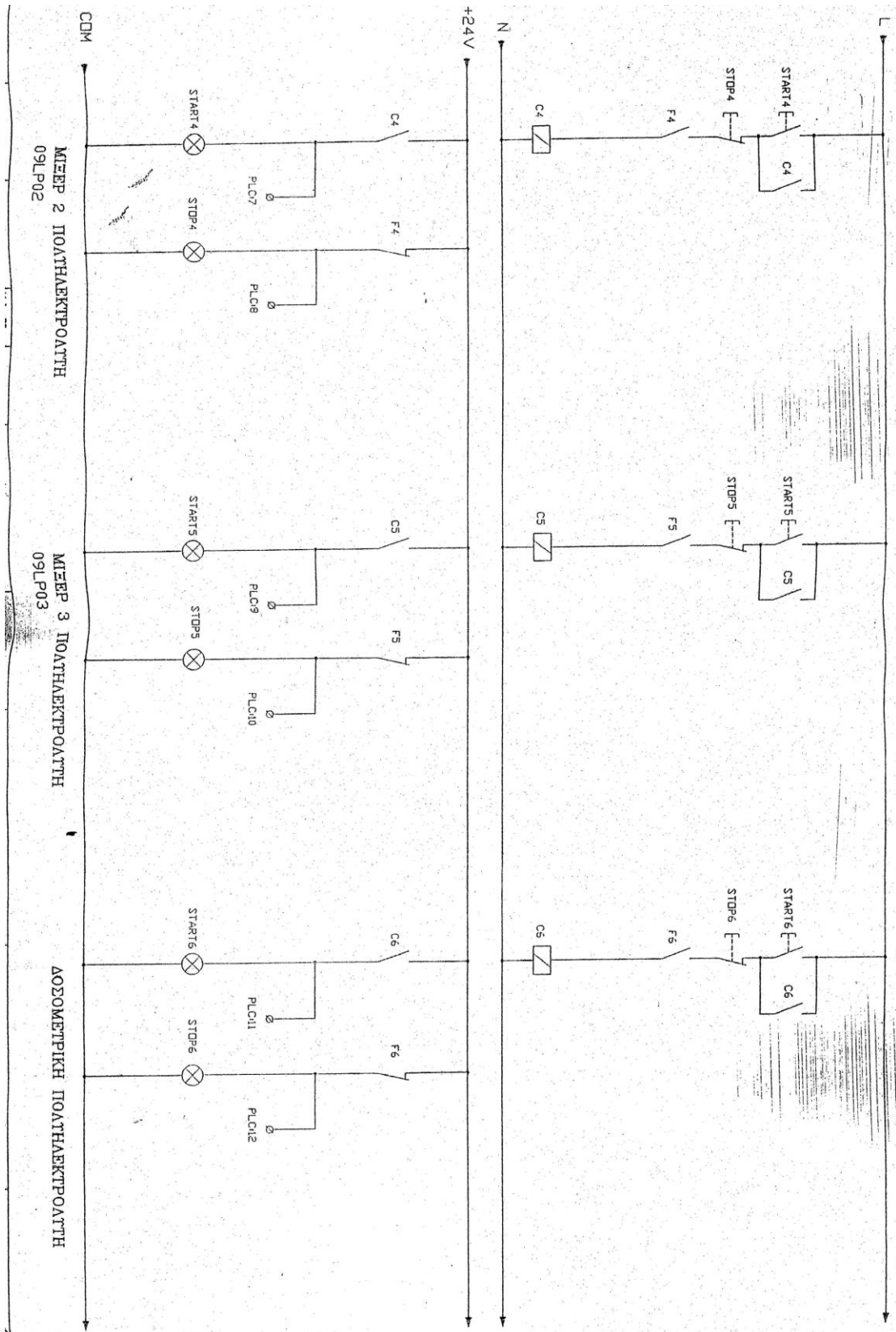
ΕΦΕΔΡΕΙΑ
P = 0,00 kW

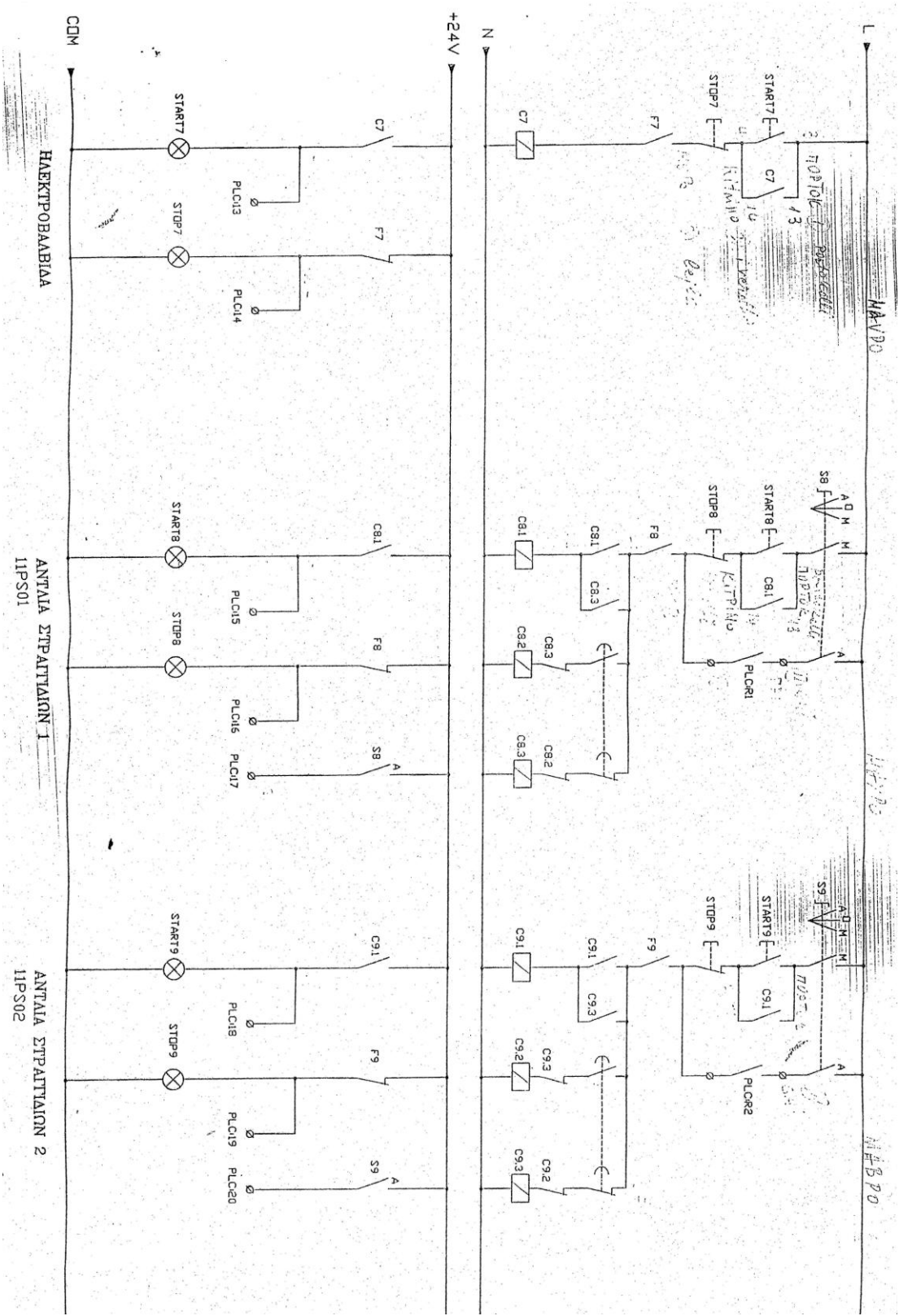
ΕΦΕΔΡΕΙΑ
P = 0,00 kW

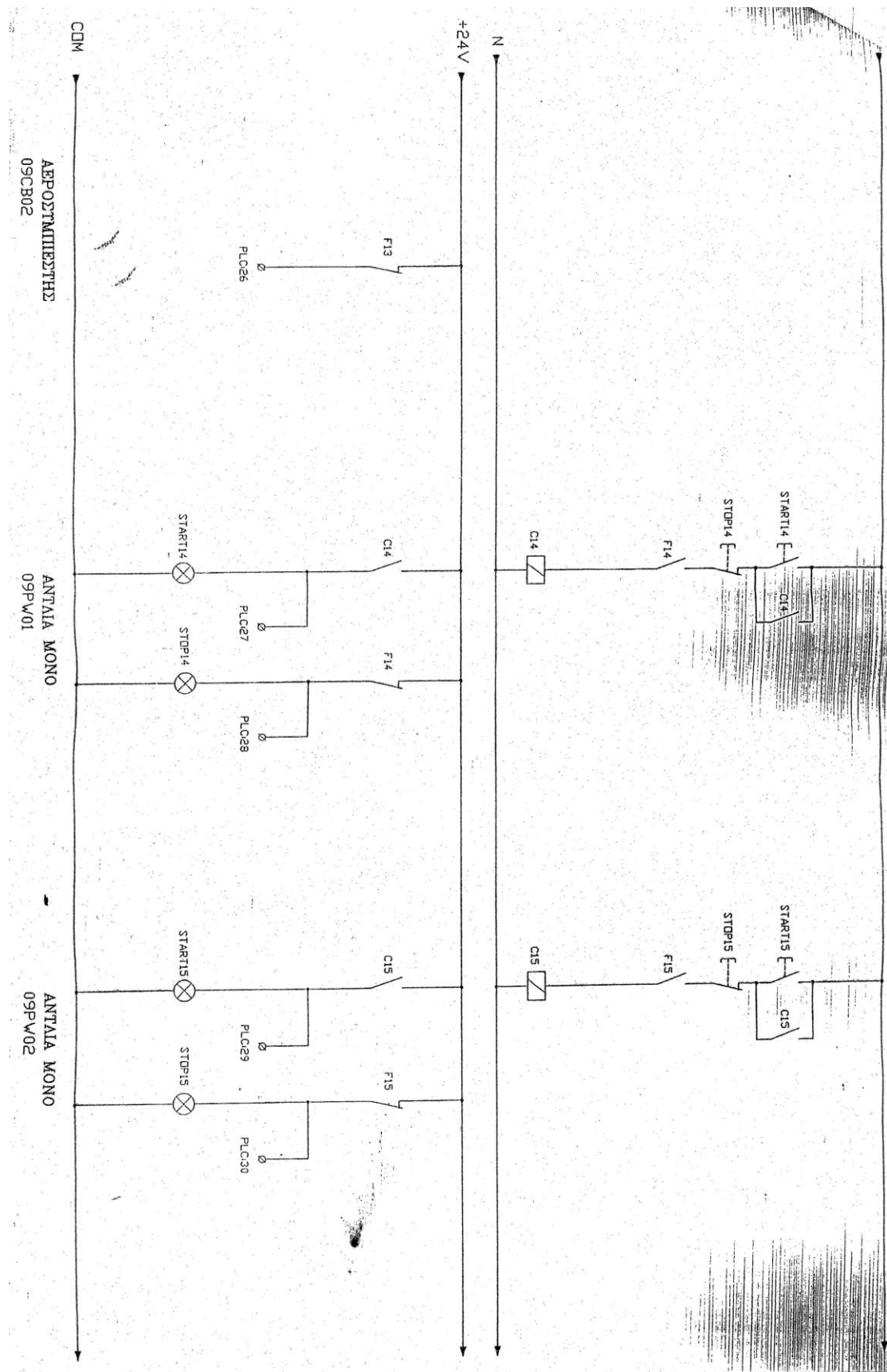
ΕΦΕΔΡΕΙΑ
P = 0,00 kW

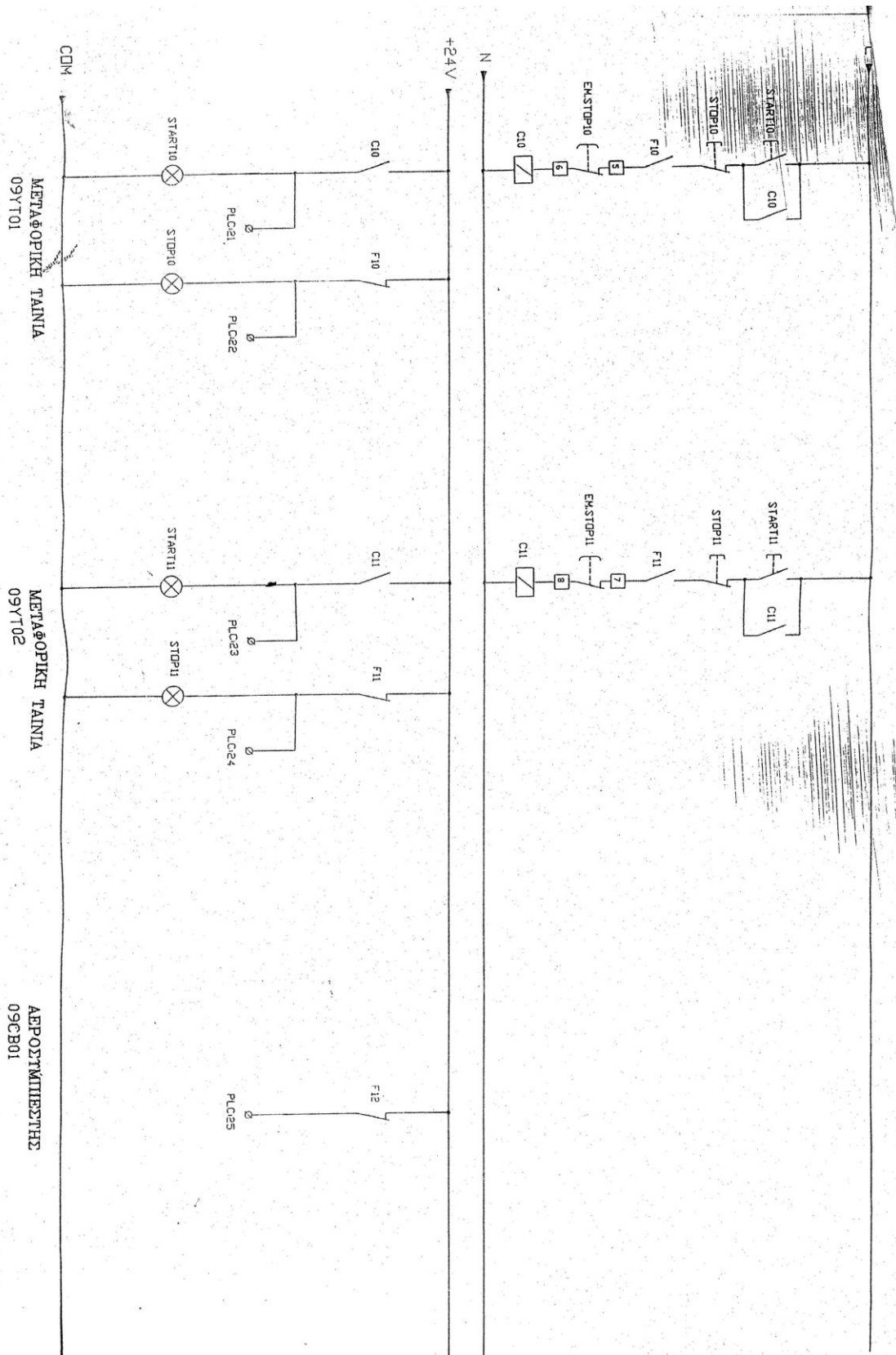








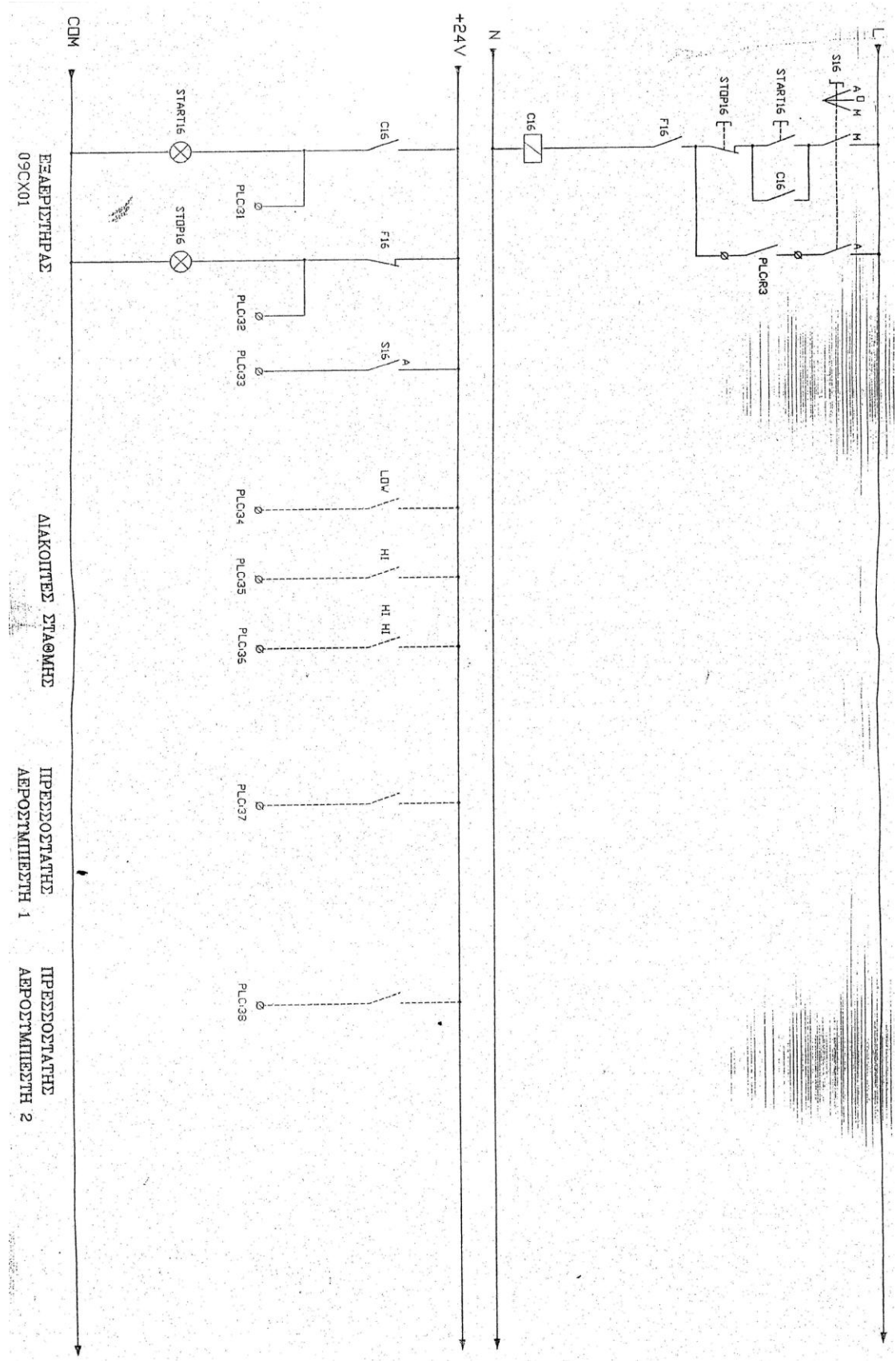




ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΗ ΤΑΙΝΙΑ
09YT01

ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΗ ΤΑΙΝΙΑ
09YT02

ΑΕΡΟΣΤΗΜΜΙΕΣΤΗΣ
09CB01



ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ
09CX01

ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ΣΤΑΘΜΗΣ

ΠΡΟΒΟΔΟΤΑΤΗΣ
ΑΕΡΟΣΤΜΗΕΣΤΗ 1

ΠΡΟΒΟΔΟΤΑΤΗΣ
ΑΕΡΟΣΤΜΗΕΣΤΗ 2

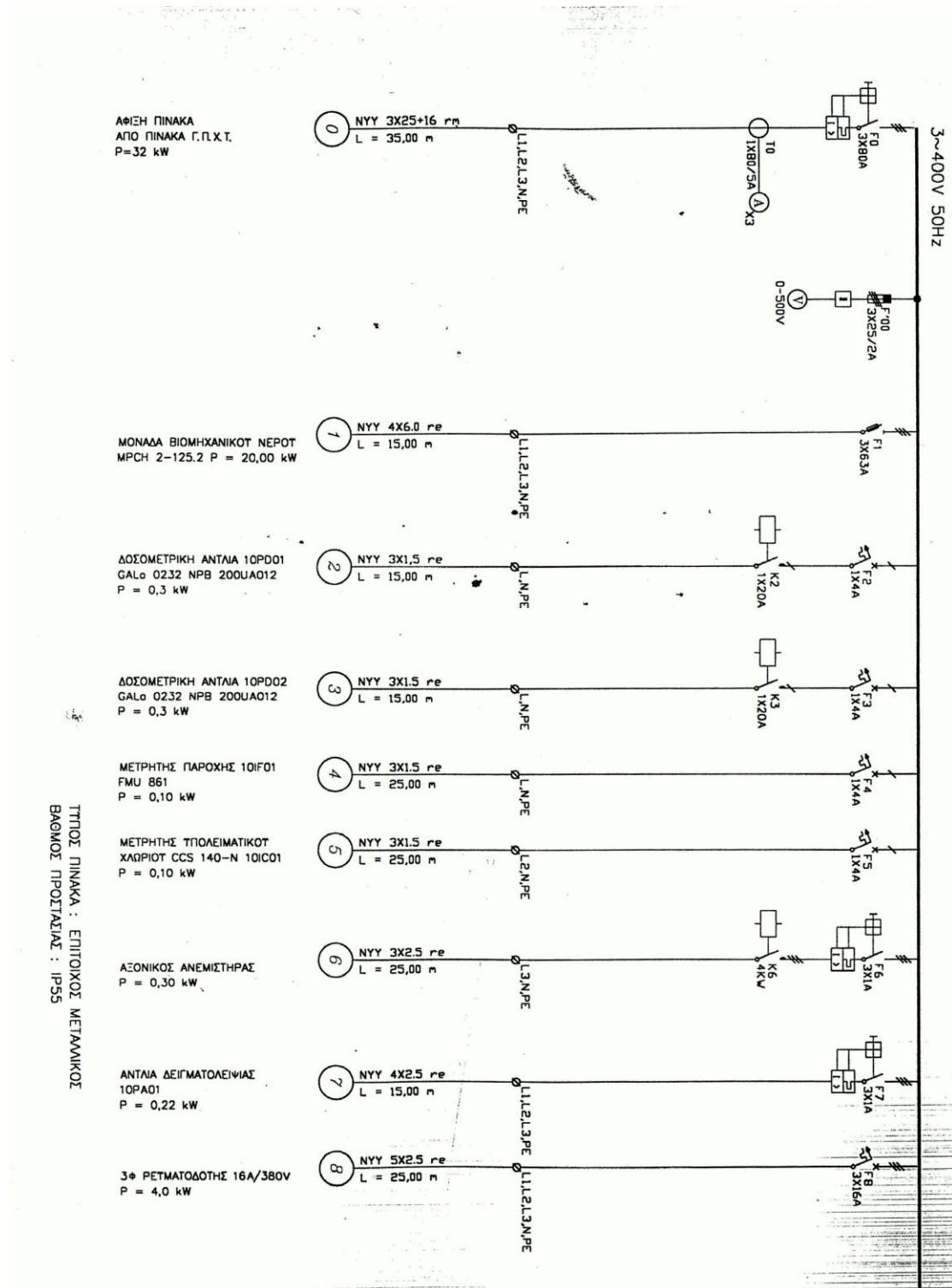
4.9. Οικίσκος Χλωρίωσης

Ο οικίσκος χλωρίωσης αναλυτικά αποτελείται από τα παρακάτω :

- Μονάδα βιομηχανικού νερού MPCH 2-125.2, P= 20,00 KW
- Δοσομετρική αντλία 10PD01 CALo 0232 NPB 200UA012, P = 0,3 KW
- Δοσομετρική αντλία 10PD02 CALo 0232 NPB 200UA012, P = 0,3 KW
- Μετρητής παροχής 10IF01 FMU 861, P = 0,10 KW
- Μετρητής υπολειματικού χλωρίου CCS 140-N 10IC01, P = 0,10 KW
- Αξονικός ανεμιστήρας, P = 0,30 KW
- Αντλία δειγματοληψίας 10PA01, P = 0,22 KW
- 3Φ Ρευματοδότης 16A / 380V , P = 4,0 KW
- Ρευματοδότης πίνακα, P = 2,00 KW
- Πίνακας φωτισμού, P = 4,00 KW
- Αυτοματισμός, P = 0,25 KW
- Τροφοδοσία PLC , P = 0,25KW

Η συνολική ισχύς της γραμμής αυτής είναι **32 KW**.

4.10. Μονογραμμικό σχέδιο ηλεκτρικού πίνακα του οικίσκου χλωρίωσης.



ΡΕΤΜΑΤΟΔΟΤΗΣ ΠΙΝΑΚΑ
P = 2,00 kW

ΠΙΝΑΚΑΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ
P = 4,00 kW

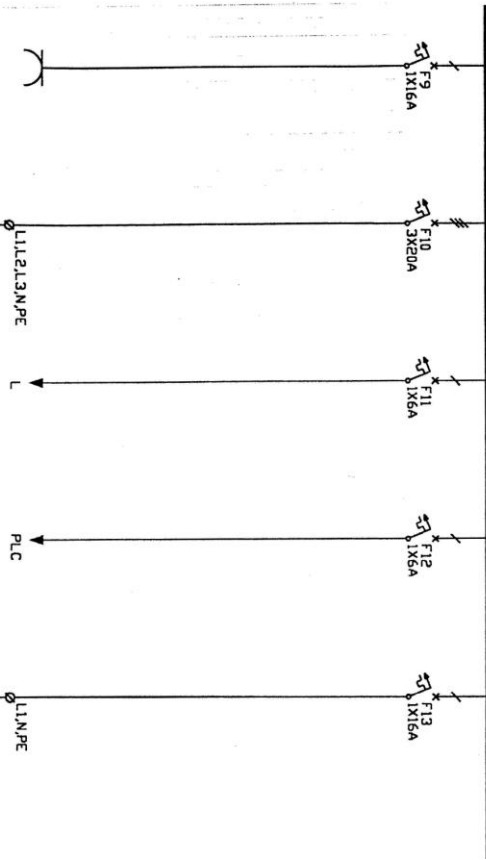
ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ
P = 0,25 kW

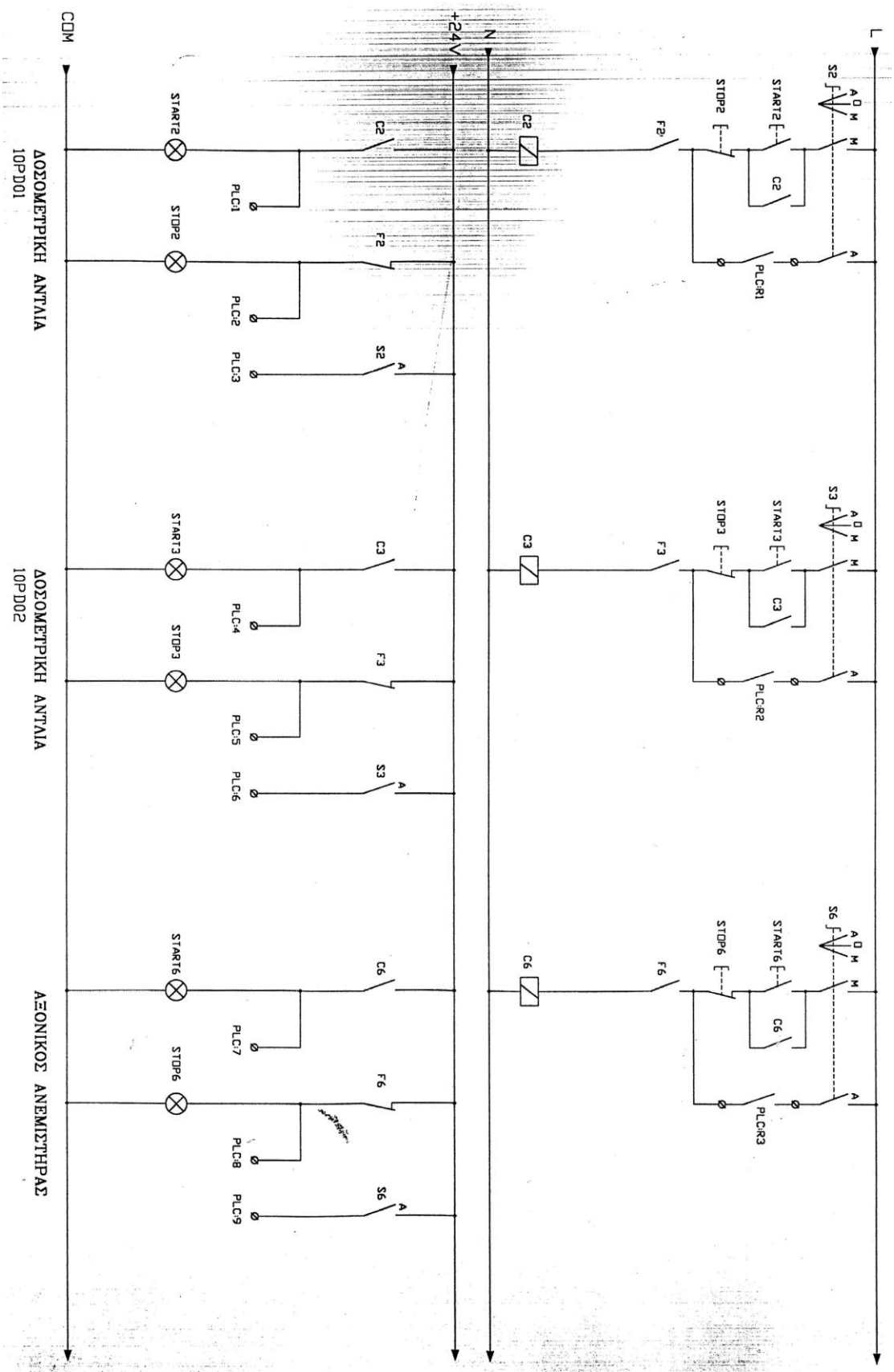
ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ PLC
P = 0,25 kW

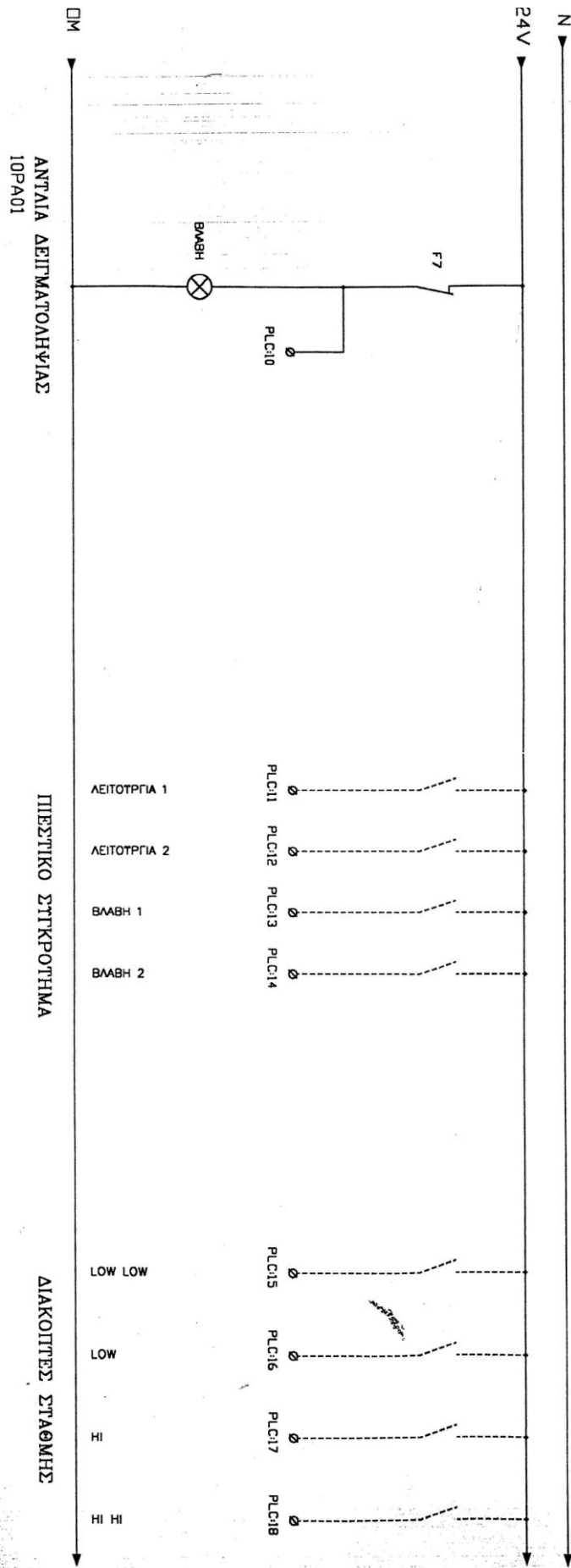
ΕΦΕΔΡΕΙΑ

NY 5X2,5 re
L = 25,00 m

NY 3X2,5 re
L = 25,00 m







4.11. Τιμολόγια του Βιολογικού καθαρισμού από την ΔΕΗ

Στις παρακάτω εικόνες βλέπουμε τα τιμολόγια της ΔΕΗ με τις καταναλώσεις τους, για το χρονικό διάστημα ενός έτους για τον Βιολογικό καθαρισμό του Δήμου Πόρου.

```

ΙΣΤΟ Π 3 ΑΠ 83534004 01 Γ/Δ 53 01 Ε/Ε 110102 ΚΤΣΤ 1 ΒΚ Ω1 ΕΞ- 06
ΟΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΘ/ΣΜΟΣ ΔΗΜΟΣ ΠΟΡΟΥ ΤΗΛ 0298022250
ΔΘ ΠΟΡΟΣ _____ Κ ____ Δ ____ ΚΕΛ 2
ΠΑ ΠΟΡΟΣ _____ 18020 ΣΤΥΛ _____
ΑΛΛΑ ΗΜΕΡ _____ ΤΙΜ. _____ ΜΗΝΥΜΑ Ν
#ΜΤΡ 06 ΚΥΡ 00 ΕΝΔ 00 ΓΔΤ 02 ΑΛΛ 04 ΔΜΤ 00 ΔΚΤ.ΕΛΧ ΚΟΔ 4210 ΠΛΟΓ Δ001343
Α.ΜΕΤΡ ΣΩΧΒ ΣΧΒ ΤΜ ΚΕΣ ΚΑ ΠΡ12 Σ.Ι. Ε.Ι. ΕΛΙΣ ΠΟΛ Τ Ν ΕΙΣ/ΕΞ
84423141 800 1 91 5190 86,7 400,0 250,0 Κ Ν 02052010

ΗΜΕΡ ΗΜ ΜΟ ΕΝΔ ΩΧΒ ΑΞΙΑ ΕΝΡΓ ΦΠΑ ΕΡΤ-Α ΔΙΑΦ ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΚ
060209 2466 692 37600 3538,91 341,91 0,00 0,00 4140,93
ΣΠ00,850ΕΚ00,000ΚΑΖ 88,0 ΣΥΝ 01,0000 ΧΖ 59,8 ΙΣΧ 260,11 ΕΤ.ΕΛΧ
ΖΑ 88 Η000000 Ω0000 ΖΗ 88 Η000000 Ω0000 ΖΝ 0 Η000000 Ω0000 ΣΧΡ ,741
ΗΜΕΡ ΗΜ ΜΟ ΕΝΔ ΩΧΒ ΑΞΙΑ ΕΝΡΓ ΦΠΑ ΕΡΤ-Α ΔΙΑΦ ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΚ
120109 3384 645 42400 3990,69 385,71 0,00 0,00 4671,42
ΣΠ00,850ΕΚ04,605ΚΑΖ 76,0 ΣΥΝ 01,0000 ΧΖ 71,1 ΙΣΧ 295,02 ΕΤ.ΕΛΧ
ΖΑ 69 Η000000 Ω0000 ΖΗ 76 Η000000 Ω0000 ΖΝ 0 Η000000 Ω0000 ΣΧΡ ,704
ΗΜΕΡ ΗΜ ΜΟ ΕΝΔ ΩΧΒ ΑΞΙΑ ΕΝΡΓ ΦΠΑ ΕΡΤ-Α ΔΙΑΦ ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΚ
091208 2979 592 40000 3764,80 363,96 0,00 0,00 4408,01
ΣΠ00,851ΕΚ00,000ΚΑΖ 78,0 ΣΥΝ 00,9990 ΧΖ 64,2 ΙΣΧ 279,25 ΕΤ.ΕΛΧ
ΖΑ 78 Η000000 Ω0000 ΖΗ 78 Η000000 Ω0000 ΖΝ 0 Η000000 Ω0000 ΣΧΡ ,736

ΤΙΜΟΛ 20 91 20Α 91Α 20Α 60 59 91Α
ΚΥΡΙΟΙ/ΕΝΔ: ΜΚΛ04 0 ΜΚΛ03 00 * ΜΚΛ06 0 ΜΚΛ05 00 * ΜΚΛ09 0 ΜΚΛ08 00
    
```

```

ΙΣΤΟ Π 3 ΑΠ 83534004 01 Γ/Δ 53 01 Ε/Ε 110102 ΚΤΣΤ 1 ΒΚ Ω1 ΕΞ- 06
ΟΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΘ/ΣΜΟΣ ΔΗΜΟΣ ΠΟΡΟΥ ΤΗΛ 0298022250
ΔΘ ΠΟΡΟΣ _____ Κ ____ Δ ____ ΚΕΛ 2
ΠΑ ΠΟΡΟΣ _____ 18020 ΣΤΥΛ _____
ΑΛΛΑ ΗΜΕΡ _____ ΤΙΜ. _____ ΜΗΝΥΜΑ Ν
#ΜΤΡ 06 ΚΥΡ 00 ΕΝΔ 00 ΓΔΤ 02 ΑΛΛ 04 ΔΜΤ 00 ΔΚΤ.ΕΛΧ ΚΟΔ 4210 ΠΛΟΓ Δ001343
Α.ΜΕΤΡ ΣΩΧΒ ΣΧΒ ΤΜ ΚΕΣ ΚΑ ΠΡ12 Σ.Ι. Ε.Ι. ΕΛΙΣ ΠΟΛ Τ Ν ΕΙΣ/ΕΞ
84423141 800 1 91 5190 86,7 400,0 250,0 Κ Ν 02052010

ΗΜΕΡ ΗΜ ΜΟ ΕΝΔ ΩΧΒ ΑΞΙΑ ΕΝΡΓ ΦΠΑ ΕΡΤ-Α ΔΙΑΦ ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΚ
020409 0 0 805 0 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 03
ΣΠ00,000ΕΚ00,000ΚΑΖ ,0 ΣΥΝ 00,0000 ΧΖ ,0 ΙΣΧ 0,00 ΕΤ.ΕΛΧ
ΖΑ 0 Η030409 Ω1000 ΖΗ 0 Η030409 Ω1000 ΖΝ 0 Η030409 Ω2100 ΣΧΡ ,000
ΗΜΕΡ ΗΜ ΜΟ ΕΝΔ ΩΧΒ ΑΞΙΑ ΕΝΡΓ ΦΠΑ ΕΡΤ-Α ΔΙΑΦ ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΚ
020409 3154 805 54400 5120,13 490,22 0,00 0,00 5937,12
ΣΠ00,850ΕΚ03,933ΚΑΖ 89,0 ΣΥΝ 01,0000 ΧΖ 78,2 ΙΣΧ 326,77 ΕΤ.ΕΛΧ
ΖΑ 82 Η000000 Ω0000 ΖΗ 89 Η000000 Ω0000 ΖΝ 0 Η000000 Ω0000 ΣΧΡ ,821
ΗΜΕΡ ΗΜ ΜΟ ΕΝΔ ΩΧΒ ΑΞΙΑ ΕΝΡΓ ΦΠΑ ΕΡΤ-Α ΔΙΑΦ ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΚ
010309 2540 737 36000 3388,32 329,34 0,00 0,00 3988,65
ΣΠ00,850ΕΚ00,000ΚΑΖ 88,0 ΣΥΝ 01,0000 ΧΖ 62,3 ΙΣΧ 270,99 ΕΤ.ΕΛΧ
ΖΑ 88 Η000000 Ω0000 ΖΗ 88 Η000000 Ω0000 ΖΝ 0 Η000000 Ω0000 ΣΧΡ ,681

ΤΙΜΟΛ 20 91 20Α 91Α 20Α 60 59 91Α
ΚΥΡΙΟΙ/ΕΝΔ: ΜΚΛ04 0 ΜΚΛ03 00 * ΜΚΛ06 0 ΜΚΛ05 00 * ΜΚΛ09 0 ΜΚΛ08 00
    
```

ΙΣΤΟ Π 3 ΑΠ 83534004 01 Γ/Δ 53 01 Ε/Ε 110102 ΚΤΣΤ 1 ΒΚ Ω1 ΕΞ- 06
 ΟΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΘ/ΣΜΟΣ ΔΗΜΟΣ ΠΟΡΟΥ ΤΗΛ 0298022250
 ΔΘ ΠΟΡΟΣ _____ Κ Δ _____ ΚΕΛ 2
 ΠΑ ΠΟΡΟΣ _____ 18020 ΣΤΥΛ _____
 ΑΛΛΑ ΗΜΕΡ _____ ΤΙΜ. _____ ΜΗΝΥΜΑ Ν
 #ΜΤΡ 06 ΚΥΡ 00 ΕΝΔ 00 ΓΔΤ 02 ΑΛΛ 04 ΔΜΤ 00 ΔΚΤ.ΕΛΧ ΚΟΔ 4210 ΠΛΟΓ Δ001343
 Α.ΜΕΤΡ ΙΧΒ ΙΧΒ ΤΜ ΚΕΣ ΚΑ ΠΡ12 Σ.Ι. Ε.Ι. ΕΛΙΣ ΠΟΛ Τ Ν ΕΙΣ/ΕΞ
 84423141 800 1 91 5190 86,7 400,0 250,0 Κ Ν 02052010

ΗΜΕΡ	ΗΜ ΜΟ	ΕΝΔ	ΩΧΒ	ΑΞΙΑ ΕΝΡΓ	ΦΠΑ	ΕΡΤ-Α	ΔΙΑΦ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΚ
010709	3046	985	46400	4367,17	421,02	0,00	0,00	5098,97
ΣΠ00,850ΕΚ03,448ΚΑΖ		87,0	ΣΥΝ 01,0000	ΧΖ 74,0	ΙΣΧ		310,78	ΕΤ.ΕΛΧ
ΖΑ	81	H300609 Ω1330	ZH	87	H190609 Ω1000	ZN	0	H000000 Ω0000 ΙΧΡ ,740
ΗΜΕΡ	ΗΜ ΜΟ	ΕΝΔ	ΩΧΒ	ΑΞΙΑ ΕΝΡΓ	ΦΠΑ	ΕΡΤ-Α	ΔΙΑΦ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΚ
010609	3080	927	50400	4743,65	452,05	0,00	0,00	5474,84
ΣΠ00,850ΕΚ00,658ΚΑΖ		76,0	ΣΥΝ 01,0000	ΧΖ 64,6	ΙΣΧ		279,14	ΕΤ.ΕΛΧ
ΖΑ	75	H040509 Ω1345	ZH	76	H030509 Ω0830	ZN	0	H000000 Ω0000 ΙΧΡ ,921
ΗΜΕΡ	ΗΜ ΜΟ	ΕΝΔ	ΩΧΒ	ΑΞΙΑ ΕΝΡΓ	ΦΠΑ	ΕΡΤ-Α	ΔΙΑΦ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΚ
010509	2927	864	47200	4442,46	426,70	0,00	0,00	5167,83 70
ΣΠ00,850ΕΚ01,765ΚΑΖ		85,0	ΣΥΝ 01,0000	ΧΖ 69,9	ΙΣΧ		298,67	ΕΤ.ΕΛΧ
ΖΑ	82	H210409 Ω1230	ZH	85	H220409 Ω0515	ZN	0	H000000 Ω0000 ΙΧΡ ,797

ΤΙΜΟΛ 20 91 20Α 91Α 20Α 60 59 91Α
 ΚΥΡΙΟΙ/ΕΝΔ: ΜΚΛ04 0 ΜΚΛ03 00 * ΜΚΛ06 0 ΜΚΛ05 00 * ΜΚΛ09 0 ΜΚΛ08 00

ΙΣΤΟ Π 3 ΑΠ 83534004 01 Γ/Δ 53 01 Ε/Ε 110102 ΚΤΣΤ 1 ΒΚ Ω1 ΕΞ- 06
 ΟΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΘ/ΣΜΟΣ ΔΗΜΟΣ ΠΟΡΟΥ ΤΗΛ 0298022250
 ΔΘ ΠΟΡΟΣ _____ Κ Δ _____ ΚΕΛ 2
 ΠΑ ΠΟΡΟΣ _____ 18020 ΣΤΥΛ _____
 ΑΛΛΑ ΗΜΕΡ _____ ΤΙΜ. _____ ΜΗΝΥΜΑ Ν
 #ΜΤΡ 06 ΚΥΡ 00 ΕΝΔ 00 ΓΔΤ 02 ΑΛΛ 04 ΔΜΤ 00 ΔΚΤ.ΕΛΧ ΚΟΔ 4210 ΠΛΟΓ Δ001343
 Α.ΜΕΤΡ ΙΧΒ ΙΧΒ ΤΜ ΚΕΣ ΚΑ ΠΡ12 Σ.Ι. Ε.Ι. ΕΛΙΣ ΠΟΛ Τ Ν ΕΙΣ/ΕΞ
 84423141 800 1 91 5190 86,7 400,0 250,0 Κ Ν 02052010

ΗΜΕΡ	ΗΜ ΜΟ	ΕΝΔ	ΩΧΒ	ΑΞΙΑ ΕΝΡΓ	ΦΠΑ	ΕΡΤ-Α	ΔΙΑΦ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΚ
011009	30 6	1150	39200	3689,50	361,19	0,00	0,00	4374,41
ΣΠ00,850ΕΚ01,685ΚΑΖ		89,0	ΣΥΝ 01,0000	ΧΖ 75,7	ΙΣΧ		323,72	ΕΤ.ΕΛΧ
ΖΑ	86	H150909 Ω1130	ZH	89	H150909 Ω1100	ZN	0	H000000 Ω0000 ΙΧΡ ,611
ΗΜΕΡ	ΗΜ ΜΟ	ΕΝΔ	ΩΧΒ <th>ΑΞΙΑ ΕΝΡΓ</th> <th>ΦΠΑ</th> <th>ΕΡΤ-Α</th> <th>ΔΙΑΦ</th> <th>ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΚ</th>	ΑΞΙΑ ΕΝΡΓ	ΦΠΑ	ΕΡΤ-Α	ΔΙΑΦ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΚ
010909	3020	1101	45600	4291,87	411,08	0,00	0,00	4978,61
ΣΠ00,850ΕΚ03,247ΚΑΖ		77,0	ΣΥΝ 01,0000	ΧΖ 65,5	ΙΣΧ		275,66	ΕΤ.ΕΛΧ
ΖΑ	72	H070809 Ω1330	ZH	77	H010809 Ω0845	ZN	0	H000000 Ω0000 ΙΧΡ ,822
ΗΜΕΡ	ΗΜ ΜΟ	ΕΝΔ	ΩΧΒ <th>ΑΞΙΑ ΕΝΡΓ</th> <th>ΦΠΑ</th> <th>ΕΡΤ-Α</th> <th>ΔΙΑΦ</th> <th>ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΚ</th>	ΑΞΙΑ ΕΝΡΓ	ΦΠΑ	ΕΡΤ-Α	ΔΙΑΦ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΚ
010809	3073	1044	47200	4442,46	433,76	0,00	0,00	5253,34
ΣΠ00,850ΕΚ00,000ΚΑΖ		102,0	ΣΥΝ 01,0000	ΧΖ 86,7	ΙΣΧ		377,12	ΕΤ.ΕΛΧ
ΖΑ	102	H210709 Ω1345	ZH	102	H210709 Ω1345	ZN	0	H000000 Ω0000 ΙΧΡ ,642

ΤΙΜΟΛ 20 91 20Α 91Α 20Α 60 59 91Α
 ΚΥΡΙΟΙ/ΕΝΔ: ΜΚΛ04 0 ΜΚΛ03 00 * ΜΚΛ06 0 ΜΚΛ05 00 * ΜΚΛ09 0 ΜΚΛ08 00

ΙΣΤΟ Π 3 ΑΠ 83534004 01 Γ/Δ 53 01 Ε/Ε 110102 ΚΤΣΤ 1 ΒΚ Ω1 ΕΞ- 06
 ΟΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΘ/ΣΜΟΣ ΔΗΜΟΣ ΠΟΡΟΥ ΤΗΛ 0298022250
 ΔΘ ΠΟΡΟΣ _____ Κ Δ _____ ΚΕΛ 2
 ΠΑ ΠΟΡΟΣ _____ 18020 ΣΤΥΛ _____
 ΑΛΛΑ ΗΜΕΡ _____ ΤΙΜ. _____ ΜΗΝΥΜΑ Ν
 #ΜΤΡ 06 ΚΥΡ 00 ΕΝΔ 00 ΓΔΤ 02 ΑΛΛ 04 ΔΜΤ 00 ΔΚΤ.ΕΛΧ ΚΟΔ 4210 ΠΛΟΓ Δ001343
 Α.ΜΕΤΡ ΙΧΒ ΙΧΒ ΤΜ ΚΕΣ ΚΑ ΠΡ12 Σ.Ι. Ε.Ι. ΕΛΙΣ ΠΟΛ Τ Ν ΕΙΣ/ΕΞ
 84423141 800 1 91 5190 86,7 400,0 250,0 Κ Ν 02052010

ΗΜΕΡ	ΗΜ ΜΟ	ΕΝΔ	ΩΧΒ	ΑΞΙΑ ΕΝΡΓ	ΦΠΑ	ΕΡΤ-Α	ΔΙΑΦ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΚ
010110	3026	1268	24800	2334,18	232,22	0,00	0,00	2812,48
ΣΠ00,850ΕΚ00,746ΚΑΖ		67,0	ΣΥΝ 01,0000	ΧΖ 57,0	ΙΣΧ		246,08	ΕΤ.ΕΛΧ
ΖΑ	66	H161209 Ω1130	ZH	67	H161209 Ω1015	ZN	0	H000000 Ω0000 ΙΧΡ ,514
ΗΜΕΡ	ΗΜ ΜΟ	ΕΝΔ	ΩΧΒ <th>ΑΞΙΑ ΕΝΡΓ</th> <th>ΦΠΑ</th> <th>ΕΡΤ-Α</th> <th>ΔΙΑΦ</th> <th>ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΚ</th>	ΑΞΙΑ ΕΝΡΓ	ΦΠΑ	ΕΡΤ-Α	ΔΙΑΦ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΚ
011209	3040	1237	31200	2936,54	285,96	0,00	0,00	3463,25
ΣΠ00,851ΕΚ01,515ΚΑΖ		66,0	ΣΥΝ 00,9990	ΧΖ 56,2	ΙΣΧ		240,75	ΕΤ.ΕΛΧ
ΖΑ	64	H021109 Ω1345	ZH	66	H031109 Ω0300	ZN	0	H000000 Ω0000 ΙΧΡ ,656
ΗΜΕΡ	ΗΜ ΜΟ	ΕΝΔ	ΩΧΒ <th>ΑΞΙΑ ΕΝΡΓ</th> <th>ΦΠΑ</th> <th>ΕΡΤ-Α</th> <th>ΔΙΑΦ</th> <th>ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΚ</th>	ΑΞΙΑ ΕΝΡΓ	ΦΠΑ	ΕΡΤ-Α	ΔΙΑΦ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΚ
011109	3080	1198	38400	3614,21	348,57	0,00	0,00	4221,59
ΣΠ00,850ΕΚ00,000ΚΑΖ		70,0	ΣΥΝ 01,0000	ΧΖ 59,5	ΙΣΧ		258,81	ΕΤ.ΕΛΧ
ΖΑ	70	H101009 Ω1245	ZH	70	H101009 Ω1100	ZN	0	H000000 Ω0000 ΙΧΡ ,761

ΤΙΜΟΛ 20 91 20Α 91Α 20Α 60 59 91Α
 ΚΥΡΙΟΙ/ΕΝΔ: ΜΚΛ04 0 ΜΚΛ03 00 * ΜΚΛ06 0 ΜΚΛ05 00 * ΜΚΛ09 0 ΜΚΛ08 00

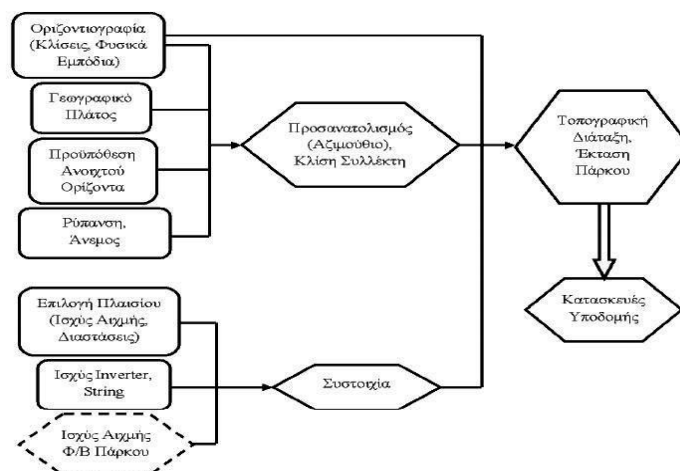
Υπολογισμοί Φωτοβολταϊκού Συστήματος

4.12. Κριτήρια επιλογής ισχύος

Ο σχεδιασμός ενός φωτοβολταϊκού πάρκου όπως και ο σχεδιασμός κάθε τεχνικού έργου προαπαιτεί την επιλογή συγκεκριμένων μεγεθών. Μέγεθος αφετηρία για τη σχεδίαση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου αποτελεί η ισχύς του, μη οποία καθορίζεται κατά περίπτωση από τα παρακάτω κριτήρια:

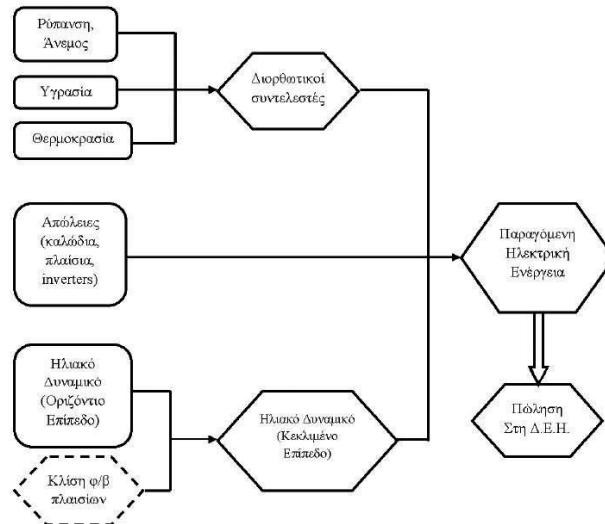
- Οικονομοτεχνικά κριτήρια (απαιτήσεις επενδυτή, μέγεθος επένδυσης). Στην περίπτωση αυτή, στην οποία απαιτείται οικονομοτεχνική μελέτη, εμπίπτουν κυρίως οι αυτοπαραγωγοί, με απευθείας διασυνδεδεμένα στο δίκτυο φωτοβολταϊκά συστήματα.
- Κριτήρια με βάση την διαθέσιμη επιφάνεια κάλυψης. Στην περίπτωση αυτή η ισχύς του πάρκου είναι ίση με την ισχύ που προκύπτει αν «καλύψουμε» πλήρως με συλλέκτες την διαθέσιμη επιφάνεια (εννοείται ότι συνυπολογίζονται οι ζώνες σκίασης και επισκεψιμότητας). Το σύστημα μπορεί να λειτουργεί αυτόνομα με συσσωρευτές ή χωρίς, με απευθείας διασύνδεση στο δίκτυο.
- Καθαρά τεχνικά κριτήρια. Τα κριτήρια αυτά αφορούν τον καθορισμό συγκεκριμένου μεγέθους ισχύος που απορρέει από συγκεκριμένες απαιτήσεις κατανάλωσης (αυτόνομα συστήματα μη διασυνδεδεμένα, είτε αυτοπαραγωγοί όπως στο πρώτο κριτήριο). Το μειονέκτημα του αυτόνομου συστήματος είναι ότι δεν αξιοποιεί την ενέργεια όταν δεν υπάρχει κατανάλωση, πράγμα που δεν ισχύει με το απευθείας διασυνδεδεμένο σύστημα.

Για να υπολογιστεί η τοπογραφική διάταξη και η έκταση ενός φωτοβολταϊκού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, που θα καθορίσουν και την κατασκευή των απαραίτητων υποδομών, πρέπει να ληφθούν υπόψη πολλοί παράγοντες. Όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα τα κυρίαρχα μεγέθη που το καθορίζουν είναι ο προσανατολισμός και η κλίση των συλλεκτών, η μορφολογία του εδάφους και η κυκλωματική διάταξη της συστοιχίας, που με τη σειρά τους καθορίζονται από την επιλογή πλαισίου, αντιστροφέα και φυσικά την ισχύ της εγκατάστασης.



Εικόνα. Αλγόριθμος υπολογισμού διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

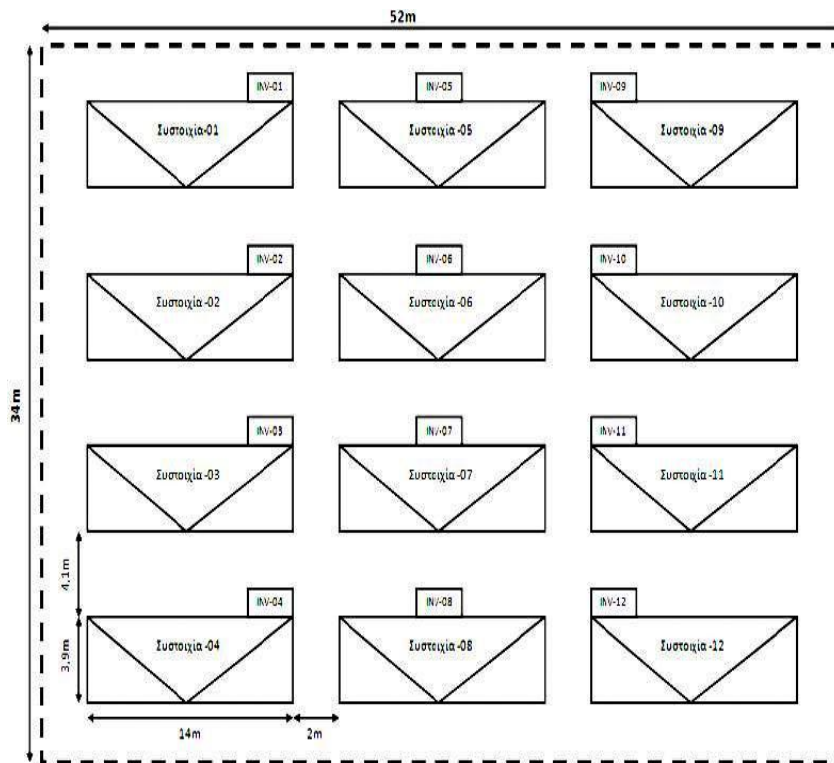
Το ζητούμενο σε κάθε εγκατάσταση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι η μεγιστοποίηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Για να γίνει αυτό πρέπει να είναι κατανοητό από ποιούς παράγοντες εξαρτάται. Σε μία φωτοβολταϊκή εγκατάσταση προφανώς τον πρωταρχικό ρόλο παίζει το διαθέσιμο ηλιακό δυναμικό της περιοχής. Έπειτα σημαντικότερη είναι η συνεισφορά της φωτοβολταϊκής γεννήτριας στην καλή απόδοση του συστήματος. Επομένως λαμβάνονται υπόψη οι αποδόσεις των πλαισίων, των αντιστροφέων, οι απώλειες των καλωδίων κτλ. Τέλος δεν πρέπει να παραληφθούν διάφοροι διορθωτικοί συντελεστές όπως η θερμοκρασία, ο άνεμος και η ρύπανση.



Εικόνα. Αλγόριθμος υπολογισμού παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας φωτοβολταϊκού πάρκου

Η τοποθεσία ενός φωτοβολταϊκού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας επηρεάζει την παραγόμενη ισχύ, λόγω των καιρικών φαινομένων της συγκεκριμένης περιοχής και της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται. Το ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας θεωρείται από τα υψηλότερα της Ευρώπης, κάνοντας τα φωτοβολταϊκά ελκυστικά για αξιοποίηση. Όμως δεν μπορούν να εξαχθούν ανάλογα συμπεράσματα για όλες τις περιοχές τις χώρας, καθώς κάποια σημεία δέχονται υψηλά ποσά ηλιακής ακτινοβολίας.

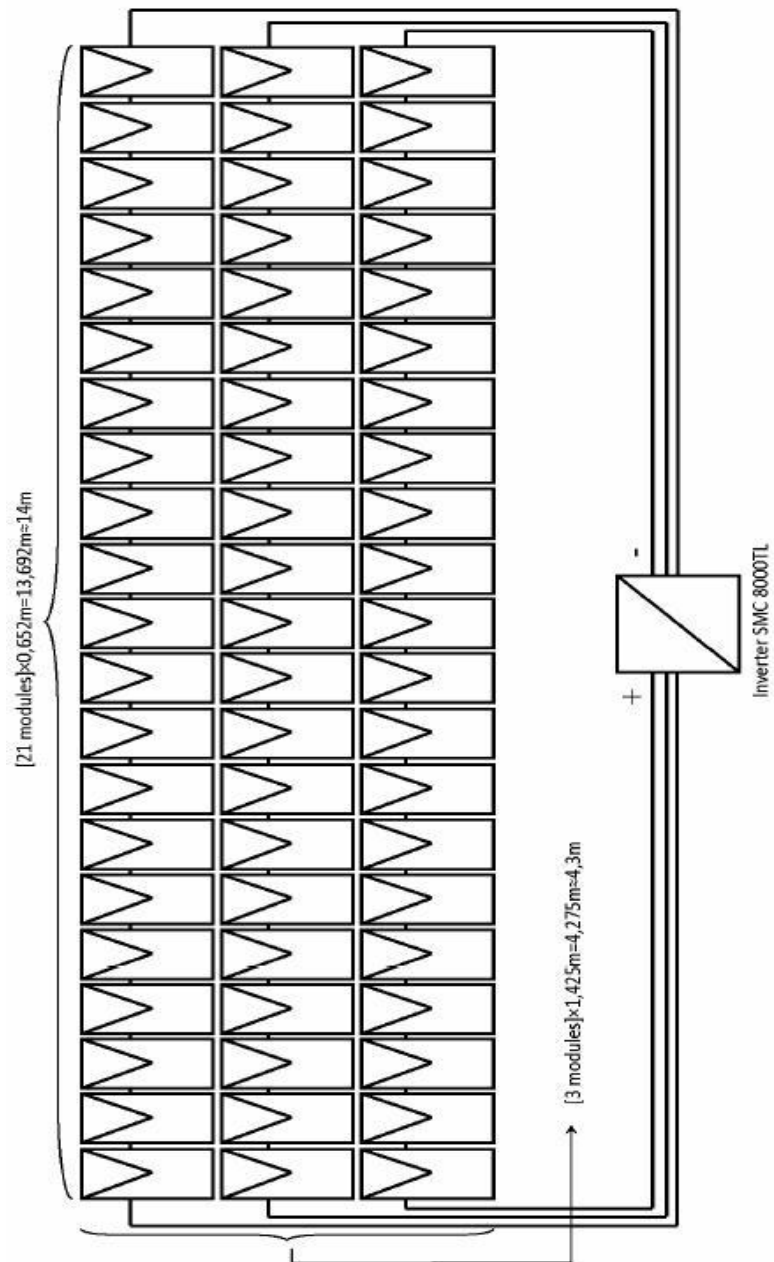
4.13. Τοπογραφικό Διάγραμμα Φωτοβολταϊκού Πάρκου



Η κάθε συστοιχία περιλαμβάνει **63** πλαίσια φωτοβολταϊκών των **130Wr**.
Άρα θα έχουμε **12 συστοιχίες X 63 φωτοβολταϊκά πλαίσια = 756 συνολικά πλαίσια**.

Το συνολικό εμβαδόν του οικοπέδου θα πρέπει είναι **34m X 52m = 1.768 m²**

4.14. Κυκλωματική Διάταξη Συστοιχίας



Υπολογίζουμε ότι σε κάθε ένα αντιστροφέα συνδέονται **63** φωτοβολταικά πλαίσια των **130Wp**.

Άρα θα έχουμε **130 Wp × 63 φωτοβολταικά πλαίσια = 8190Wp**.

Τα πλαίσια αυτά οργανώνονται σε 3 παράλληλα string των **21** πλαισίων το καθένα.

4.15. Τεχνικά στοιχεία των αντιστροφών SUNNY MINI CENTRAL της εταιρίας SMA

	<i>SMC 6000TL</i>	<i>SMC 7000TL</i>	<i>SMC 8000TL</i>
Τιμές Εισόδου			
Μέγιστη ισχύς DC	6200W	7200W	8250W
Εύρος τάσης DC	335V-700V	700V- 335V	335V - 700V
Ονομαστική τάση DC	350V	350V	350V
Μέγιστη τάση DC	700V	700V	700V
Μέγιστο ρεύμα εισόδου	19A	22A	25A
Διακύμανση τάσης DC	<10%	<10%	<10%
Μέγιστος αριθμός παράλληλων string	4	4	4
Τιμές Εξόδου			
Μέγιστη ισχύς AC στους 40°C	6000W	7000W	8000W
Ονομαστική ισχύς AC	6000W	7000W	8000W
Μέγιστο ρεύμα εξόδου	27A	31A	35A
THD ρεύματος AC	<4%	<4%	<4%
Ονομαστική τάση AC	220V- 240V	220V- 240V	220V- 240V
Ονομαστική συχνότητα AC	50Hz	50Hz	50Hz
Απόδοση			
Μέγιστη απόδοση	98%	98%	98%
Euro-eta	97,7%	97,7%	97,7%
Μηχανολογικά στοιχεία			
Βάρος	31kg	32kg	33kg
Ύψος/Μήκος/Πλάτος/ (mm)	613/468/242	613/468/242	613/468/242

SILCIO – SC 175 GEO 1			
Ηλεκτρική απόδοση υπό στάνταρ συνθήκες (STC*)			
Ονομαστική μέγιστη ισχύς Pmax	130W	175W	200W
Ονομαστική τάση φόρτισης Vmp	17,6V	23,6V	26,3V
Ονομαστικό ρεύμα φόρτισης Imp	7,39A	7,42A	7,61A
Τάση ανοικτού κυκλώματος Voc	21,9V	29,2V	32,9V
Ρεύμα βραχυκύκλωσης Isc	8,02A	8,09A	8,21A
Τάση μέγιστης ισχύος συστήματος	750V	1000V	1000V

Πλήθος φ/β στοιχείων ανά πλαίσιο	36	48	54
Τεχνολογία φ/β στοιχείων	Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο	Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο	Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο
Μορφή φ/β στοιχείων	πολυγωνική	πολυγωνική	πολυγωνική
Διαστάσεις (μήκος×πλάτος×ύψος) mm	1425×652×36	1290×990×36	1425×990×36
Βάρος	11,9kg	16,0kg	18,5kg
*STC Ηλιακή ακτινοβολία=1kW/m ² , AM=1.5, θερμοκρασία πλαισίου=25°C			

Πρέπει να τονιστεί ότι η επιλογή του αντιστροφέα εξαρτάται άμεσα από την επιλογή του φωτοβολταϊκού πλαισίου και ουσιαστικά δεν μπορεί να γίνει χωρίς να ληφθούν υπόψη τα τεχνικά χαρακτηριστικά του. Από την άποψη της ισχύος συμφέρει περισσότερο η επιλογή ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου με μεγάλη ισχύ αντί πολλών πλαισίων με μικρότερες ισχύς ειδικά για μεγάλες φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις, που λειτουργούν ως σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Τα μεγάλα πλαίσια δουλεύονται πιο εύκολα στην εγκατάστασή τους, απαιτούνται λιγότερες συνδέσεις και το κόστος εγκατάστασης είναι μικρότερο.

Επίσης το κόστος ανά Wp μειώνεται ελαφρά με την αύξηση της ισχύος ενός πλαισίου, αλλά για πλαίσια μεγαλύτερα των 120Wp είναι ουσιαστικά σταθερό. Από την άλλη η επιλογή ενός πλαισίου με πολύ μεγάλη ισχύ μπορεί να έχει και αρνητικές επιπτώσεις, γιατί μια ενδεχόμενη σκίαση ενός μέρους του, θα έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη μείωση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ότι σε ένα πλαίσιο μικρότερης ισχύος. Συμπεραίνουμε ότι η ισχύς του πλαισίου θα κυμαίνεται μεταξύ 120Wp και 200Wp.

4.16. Φωτοβολταϊκό πλαίσιο και ο αντιστροφέας

Με βάση την επιλογή των αντιστροφέων και των φωτοβολταϊκών πλαισίων, που έγινε παραπάνω, εξετάζονται όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί για την υλοποίηση του φωτοβολταϊκού πάρκου.

Ο υπολογισμός έγινε με βάση τα εξής:

- Τα πλαίσια που συνδέονται σε έναν αντιστροφέα πρέπει να έχουν τα ίδια ακριβώς χαρακτηριστικά, σε διαφορετική περίπτωση δεν υπάρχει η καλύτερη δυνατή εκμετάλλευση των δυνατοτήτων τους.
- Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, προτιμήθηκε οι αντιστροφείς που θα χρησιμοποιηθούν στην εγκατάσταση να είναι οι ίδιοι (κυρίως να έχουν την ίδια ισχύ) και ο συνολικός αριθμός τους να είναι πολλαπλάσιο του 3.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι όλα τα πλαίσια, που θα χρησιμοποιηθούν σε όλη την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση θα είναι τα ίδια.

Περίπτωση 1

Έστω ότι επιλέγονται 15 αντιστροφείς SMC 6000TL, ο καθένας εκ των οποίων πρέπει να δέχεται στην είσοδο του 6667Wp για να φτάσουμε τα 100kWp που είναι η

επιθυμητή τιμή της εγκατάστασης. Εξετάζοντας τα πλαίσια που έχουμε στη διάθεσή μας καταλήγουμε στο γεγονός ότι το πλαίσιο, το οποίο είναι το πιο ιδανικό από τα 3 να συνδυαστεί με τον συγκεκριμένο αντιστροφέα (σκοπός πάντα είναι, η εγκατεστημένη ισχύς να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στα 100kWp, χωρίς όμως να τα ξεπερνάει) είναι το SC 175 GEO-1.

Το επόμενο βήμα είναι να βρεθεί ο κατάλληλος αριθμός των πλαισίων και η κυκλωματική σύνδεσή τους. Υπολογίζεται ότι σε κάθε αντιστροφέα συνδέονται 38 πλαίσια των 175Wp.

Άρα θα έχουμε $(175\text{Wp} \times 38 = 6650\text{Wp})$.

Τα πλαίσια αυτά οργανώνονται σε 2 παράλληλα string των 19 πλαισίων το καθένα.

Αυτό σημαίνει ότι η είσοδος του αντιστροφέα δέχεται:

19 πλαίσια σε συνδεσμολογία σειράς $\times 23,6\text{V} = 448,4\text{V}$ από ένα string (επί συνόλου 2 string ανά αντιστροφέα), που είναι η απαραίτητη τάση εισόδου προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η ισχύς εξόδου.

Ακόμη έχουμε: **2 παράλληλα string $\times 7,42\text{A} = 14,84\text{A}$** που παρατηρούμε ότι βρίσκεται μέσα στα όρια του αντιστροφέα.

Ο συνολικός αριθμός των φωτοβολταϊκών πλαισίων της εγκατάστασης είναι: **38 πλαίσια / αντιστροφέα $\times 15$ αντιστροφείς = 570 φωτοβολταϊκά πλαίσια.**

Τέλος η **συνολική ισχύς** της εγκατάστασης είναι:

6650Wp / αντιστροφέα $\times 15$ αντιστροφείς = 99.750Wp

Βλέπουμε ότι είναι πολύ κοντά στο επιθυμητό. Πρέπει να τονιστεί ότι ο συνδυασμός με τα άλλα 2 πλαίσια που εξετάστηκαν, έδιναν συνολική ισχύ εγκατάστασης είτε μεγαλύτερη από το επιθυμητό είτε αρκετά μικρότερη. Για αυτό τον λόγο επιλέγεται ο συγκεκριμένος συνδυασμός πλαισίου-αντιστροφέα.

Περίπτωση 2

Έστω ότι επιλέγονται 13 αντιστροφείς SMC 7000TL, ο καθένας εκ των οποίων πρέπει να δέχεται στην είσοδο του 8333Wp για να φτάσουμε τα 100kWp που είναι η επιθυμητή τιμή της εγκατάστασης.

Εξετάζοντας τα πλαίσια που έχουμε στη διάθεσή μας καταλήγουμε στο γεγονός ότι **κανένα** από τα 3 φωτοβολταϊκά πλαίσια δεν μπορεί να συνδυαστεί με τον συγκεκριμένο αντιστροφέα καθώς προκύπτει η συνολική επιτρεπτή ισχύς στην είσοδό του κατά πολύ **μικρότερη** από το επιθυμητό.

Με τη ίδια λογική εξετάστηκε και η τρίτη περίπτωση και τα αποτελέσματα που προέκυψαν φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

4.17. Συνδυασμοί πλαισίων-αντιστροφέων

	1η περίπτωση	2η περίπτωση	3η περίπτωση
Αντιστροφέας (INV)	SMC6000TL (6kW)	SMC 7000TL (7kW)	SMC 8000TL (8kW)
Πλαίσιο	SC 175 GEO-1 (175Wp)	SC 200 GEO-1 (200Wp)	SC 130 GHT-2 (100Wp)
Πλήθος αντιστροφέων	15	13	12

Πλαίσια/ Αντιστροφέα	38	38	63
Ισχύς PV στην είσοδο αντιστροφέα $P_{in,dc}$	6650Wp	7600Wp	8190Wp
Παράλληλα String/αντιστροφέα	2	2	3
Πλαίσια εν σειρά/αντιστροφέα	19	19	21
Τάση στην είσοδο αντιστροφέα $V_{in,dc}$	448,4V	499,7V	369,6V
Ένταση ρεύματος στην είσοδο αντιστροφέα $I_{in,dc}$	14,84A	15,22A	22,17A
Συνολικός αριθμός πλαισίων	570	456	756
Συνολική ισχύς εγκατ.	99.750Wp	91.200Wp	98.280Wp
Κόστος αντιστροφέων	$15 \times 2.750\text{€} = 41.250\text{€}$	$13 \times 2.850\text{€} = 37.050\text{€}$	$12 \times 2.950\text{€} = 35.400\text{€}$
Κόστος Πλαισίων	$570 \times 270\text{€} = 153.900\text{€}$	$456 \times 330\text{€} = 150.480\text{€}$	$756 \times 415\text{€} = 313.740\text{€}$

Συνεπώς από τις 3 παραπάνω περιπτώσεις αποκλείεται η 2η περίπτωση καθώς η συνολική εγκατεστημένη ισχύς είναι μόλις 91.200Wp, δηλαδή αρκετά μακριά από τον στόχο των 100kWp και ανάμεσα στις άλλες δύο περιπτώσεις προτιμάται η **περίπτωση 3**, καθώς το κόστος των αντιστροφέων σε αυτή τη περίπτωση προκύπτει αρκετά μικρότερο.

4.18. Ρυθμιστής φόρτισης

Ο ρυθμιστής φόρτισης είναι μια απλή ηλεκτρονική συσκευή που φροντίζει για τη σωστή φόρτιση των συσσωρευτών (μπαταριών) του συστήματος. Ελέγχει τη διαδικασία φόρτισης και σταματά τη φόρτιση όταν διαπιστώσει ότι η μπαταρία έχει φορτιστεί πλήρως, αλλιώς θα υπήρχε ο σοβαρός κίνδυνος να καταστραφεί η μπαταρία. Επειδή οι μπαταρίες έχουν την τάση να αποφορτίζονται σταδιακά ακόμα κι αν δεν τροφοδοτούν με ρεύμα κάποια συσκευή, ο ρυθμιστής φόρτισης φροντίζει αυτόματα να ξαναρχίσει η διαδικασία φόρτισης της μπαταρίας όταν διαπιστώσει ότι η τάση της έπεσε κάτω από το επίπεδο της πλήρους φόρτισης. Για το σύστημα των ανεμογεννητριών θα χρειαστούμε έναν ρυθμιστή φόρτισης. Το κόστος του ανέρχεται στα **200 €**.



Εικόνα. Ρυθμιστής φόρτισης

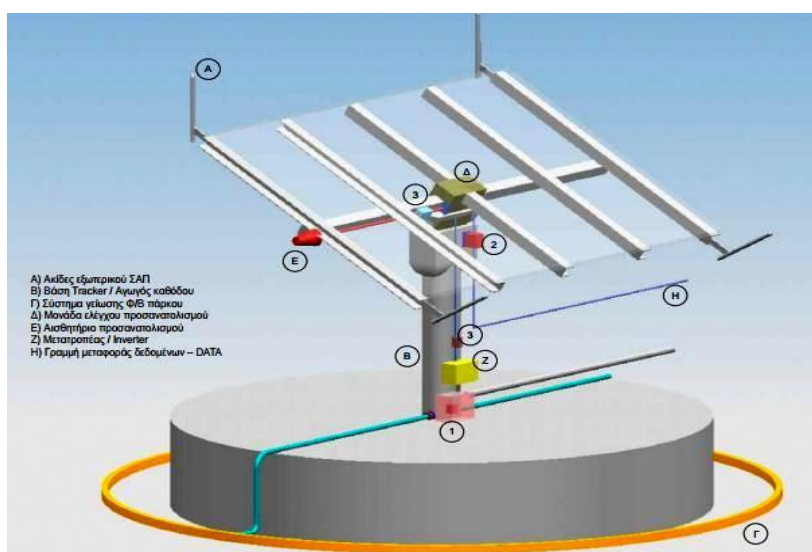
4.19. Αντικεραυνική προστασία Φωτοβολταικών Συστημάτων

Ακολουθώντας και τις οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και την αναγκαιότητα δημιουργίας τους, περιμένουμε και στην Ελλάδα μία σημαντική ανάπτυξη εγκαταστάσεων φωτοβολταικών (Φ/Β) πάρκων. Στη μεγάλη τους πλειοψηφία οι εγκαταστάσεις αυτές είναι σε απομονωμένες περιοχές, καταλαμβάνοντας μεγάλες εκτάσεις, με τους φωτοβολταικούς συλλέκτες εγκατεστημένους στην ύπαιθρο και τις αναγκαίες ευαίσθητες ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές λειτουργίας και ελέγχου εγκατεστημένες εντός οικίσκου. Κάτω από τις συνθήκες αυτές τα φωτοβολταικά συστήματα είναι εκτεθειμένα σε άμεσα κεραυνικά πλήγματα και επιρρεπή σε κρουστικές υπερτάσεις που δημιουργούνται από τον κεραυνό ή από χειρισμούς του ηλεκτρικού δικτύου (ΔΕΗ).

Ο κίνδυνος εστιάζεται στην ολική απώλεια του εξοπλισμού όταν δεχτεί άμεσο κεραυνικό πλήγμα η εγκατάσταση ή το ηλεκτρικό δίκτυο που τροφοδοτεί, καθώς και εκτεταμένες ζημιές των ηλεκτρικών και των ηλεκτρονικών συστημάτων τους όταν κεραυνός πλήξει θέσεις πλησίον της εγκατάστασης ή του δικτύου που τροφοδοτεί. Σε όλες τις περιπτώσεις οι οικονομικές απώλειες, αντικατάσταση εξοπλισμού και απώλεια παραγωγής ενέργειας, είναι τόσο σημαντικές και μεγάλες που το κόστος εγκατάστασης ενός πλήρους Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας (ΣΑΠ) αποτελούμενο από το εξωτερικό και το εσωτερικό σύστημα σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο σειράς ΕΛΟΤ EN 62305 να συμφέρει οικονομικά.

Η εγκατάσταση του Εξωτερικού ΣΑΠ των φωτοβολταικών συλλεκτών και του οικίσκου σχεδιάζεται σύμφωνα με τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα ΕΛΟΤ EN 62305-3 και την απαιτούμενη κλάση προστασίας η οποία υπολογίζεται από το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN62305-2.

Το εξωτερικό ΣΑΠ των συλλεκτών αποτελείται συνήθως από σύστημα ιστών βασιζόμενο στη μέθοδο της γωνίας προστασίας, του δε οικίσκου με συλλεκτήριους αγωγούς βασιζόμενο στη μέθοδο των βρόχων. Όλα τα εξαρτήματα εγκατάστασης του εξωτερικού ΣΑΠ πρέπει να έχουν επιτυχώς δοκιμαστεί σύμφωνα με τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα σειράς ΕΛΟΤ EN 50164



Εικόνα. Αντικεραυνική προστασία φωτοβολταικού συστήματος

4.20. Υπολογισμοί Ανεμογεννητριών

Παρακάτω θα δούμε τον τύπο με τον οποίο μπορούμε να υπολογίσουμε την ισχύ που μπορεί να δώσει μια ανεμογεννήτρια. Προκύπτει από το συνδυασμό της κινητικής ενέργειας που υπάρχει στον άνεμο και του ανώτατου ορίου αυτής που μπορούμε να μετατρέψουμε σε μηχανική/ηλεκτρική, όπως το όρισε ο Γερμανός επιστήμονας Albert Betz.

Ο Albert Betz υπολόγισε ότι το μέγιστο που μπορούμε να μετατρέψουμε από την κινητική ενέργεια του ανέμου σε μηχανική ενέργεια με την κίνηση ενός ρότορα (όπως σε μια ανεμογεννήτρια) είναι 59,3%. Επομένως πρέπει να υπολογίσουμε και το όριο του 59,3% αλλά και τις απώλειες της ανεμογεννήτριας (τριβής, καλωδίων κ.α.). Έτσι συνήθως η τελική ισχύς που παίρνουμε από τις ανεμογεννήτριες οριζώντιου άξονα είναι το 30-40% της ισχύος του ανέμου που υπολογίσαμε. Στις ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα το αντίστοιχο ποσοστό είναι 15-30%.

Με βάση το ανεμολόγιο που παρουσιάζεται στην παράγραφο 1.5, προκύπτει ότι η πιο συχνή ένταση του αέρα για την περιοχή μας είναι τα 3 Beaufort. Μελετώντας τον ακόλουθο πίνακα όπου δίνεται η αντιστοιχία της κλίμακας Beaufort με τα m/s, τα km/h και τους κόμβους, διαπιστώνουμε πως η μέγιστη και πιο συχνή ταχύτητα του ανέμου κυμαίνεται μεταξύ 3,4 και 5,4 m/s.

ΚΑΙΜ. BEAUFORT	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΑΝΕΜΟΥ	ΣΕ m/sec	ΣΕ km/h	κόμβοι	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗ ΞΗΡΑ
0	Άπνοια Calm	0 - 0.2	1	< 1	Ο καπνός υψώνεται κατακόρυφα
1	Σχεδόν άπνοια Light Air	0.3 - 1.5	1 - 5	< 3	Η διεύθυνση του ανέμου φαίνεται από τον καπνό και όχι από τον ανεμοδείκτη.
2	Πολύ ασθενής Light breeze	1.6 - 3.3	6-11	4-6	Άνεμος αισθητός στο πρόσωπο. Τα φύλλα των δένδρων θροϊζουν και ο ανεμοδείκτης κινείται.
3	Ασθενής Gentle Breeze	3.4 - 5.4	12-19	7-10	Τα φύλλα και τα μικρά κλωνάρια των δένδρων βρίσκονται σε συνεχή κίνηση. Ο άνεμος τεντώνει μικρή σημαία.
4	Σχεδόν Μέτριος Moderate breeze	5.5 - 7.9	20 - 28	11-16	Ο άνεμος σηκώνει σκόνη και φύλλα χαρτιού. Κινεί μικρά δέντρα.
5	Μέτριος Fresh Breeze	8.0 - 10.7	29 - 38	17-21	Μικρά δένδρα με φύλλα αρχίζουν να κινούνται. Σχηματίζονται κυματίδια σε λίμνες.
6	Ισχυρός Strong breeze	10.8 - 13.8	39 - 49	22-27	Κινούνται μεγάλα κλαδιά δένδρων. Ακούγεται συριγμός στα τηλεγραφικά σύρματα. Οι ομπρέλες χρησιμοποιούνται με

					δυσκολία.
7	Σχεδόν θυελλώσης Near Gale	13.9 - 17.1	50 - 61	28-33	Τα δένδρα κινούνται ολόκληρα. Το αντίθετο στον άνεμο βάδισμα γίνεται δύσκολα.
8	Θυελλώδης Gale	17.2 - 20.7	62 - 74	34-40	Θραύει μικρά κλωνάρια δένδρων. Γενικά εμποδίζει το αντίθετο στον άνεμο βάδισμα.
9	Πολύ θυελλώδης Strong gale	20.8 - 24.4	75 - 88	41-47	Προκαλούνται μικρές ζημιές σε κατασκευές. Αναρπάζονται πήλινι καπνοδόχοι και κεραμίδια.
10	Θύελλα Storm	24.5 - 28.4	89 - 102	48-55	Σπάνια παρατηρείται στο εσωτερικό της ξηράς. Ξεριζώνει δένδρα και προξενεί μεγάλες ζημιές σε κατασκευές.
11	Ισχυρή θύελλα Violent Storm	28.5 - 32.6	103 - 117	56-63	Πολύ σπάνια παρατηρείται. Γίνονται πολύ μεγάλες ζημιές.
12	Τυφώνας Hurricane	32.7 και περισσότερο	>= 118	>= 64	...

Αντιστοιχία της κλίμακας Beaufort με τα m/s, τα km/h και τους κόμβους

Ο υπολογισμός της ισχύς προκύπτει από τους εξής τύπους,

Κινητική ενέργεια: 0,5 X Μάζα X (Ταχύτητα στο τετράγωνο)

Η μάζα υπολογίζεται σε A και η ταχύτητα σε m/s (μέτρα ανά δευτερόλεπτο). Η κινητική ενέργεια είναι σε Joules.

Η πυκνότητα του αέρα σε μηδέν υψόμετρο είναι 1,23 Kg ανά κυβικό μέτρο. Έτσι λοιπόν η μάζα του αέρα που περνά από την επιφάνεια που καλύπτουν τα πτερύγια μιας ανεμογεννήτριας, προκύπτει από τον τύπο:

$$\text{Μάζα/δευτερόλεπτο (kg/s)} = \text{Ταχύτητα (m/s)} \times \text{Επιφάνεια (m}^2\text{)} \times \text{Πυκνότητα (kg/m}^3\text{)}$$

Συνδυάζοντας τους παραπάνω τύπους, προκύπτει η ισχύς του ανέμου στα πτερύγια της ανεμογεννήτριας (σε Watt):

$$\text{Ισχύς (Watt)} = 0.5 \times \text{επιφάνεια (m}^2\text{)} \times 1,23 \times \text{τρεις φορές την ταχύτητα του ανέμου σε m/sec}$$

Το 1,23 ισχύει για ανεμογεννήτριες τοποθετημένες στο ίδιο επίπεδο με τη θάλασσα - όσο ανεβαίνουμε σε υψόμετρο αυτό αλλάζει, όχι όμως τόσο ώστε να επηρεάζει ιδιαίτερα το αποτέλεσμα.

Παρόλα αυτά μια καλύτερη εικόνα θα μας δώσει αν βρούμε την ταχύτητα του ανέμου σαν συνάρτηση του ύψους από την επιφάνεια του εδάφους.

Οι ταχύτητες του ανέμου που φαίνονται στο ανεμολόγιο προκύπτουν από μετρήσεις σε ύψος 1,5m από την επιφάνεια της θάλασσας. Το σημείο στο οποίο προορίζεται η εγκατάσταση των ανεμογεννητριών βρίσκεται σε ύψος 50m από την επιφάνεια της θάλασσας.

Η ταχύτητα του ανέμου αυξάνεται με το ύψος από την επιφάνεια του εδάφους. Το φαινόμενο είναι αποτέλεσμα της επιβράδυνσης που ασκεί το έδαφος μέσω της τριβής στον άνεμο. Ανωμαλίες στη μορφολογία του εδάφους, δάση και πόλεις επηρεάζουν (μειώνουν) την ταχύτητα του ανέμου.

Όσο πιο έντονες είναι οι ανωμαλίες που παρουσιάζει η μορφολογία του εδάφους, τόσο ισχυρότερη είναι η επιβράδυνση που ασκείται στον άνεμο. Αντίθετα εκτάσεις όπως τα αεροδρόμια, η θάλασσα ή ο πάγος ασκούν μικρή επίδραση στην ταχύτητα του ανέμου. Η επίδραση αυτή που ασκεί το έδαφος στην ταχύτητα εκφράζεται μαθηματικά με την σχέση,

$$V_h = V_{ref} * \{ h / h_{ref} \}^a$$

Όπου,

- V_h η ταχύτητα του ανέμου σε ύψος h ,
- V_{ref} η ταχύτητα του ανέμου στο ύψος αναφοράς,
- h το ύψος από την επιφάνεια του εδάφους στο οποίο ζητείται η ταχύτητα του ανέμου,
- h_{ref} το ύψος από την επιφάνεια του εδάφους όπου είναι γνωστή η ταχύτητα του ανέμου v_{ref} ,
- a συντελεστής ο οποίος εξαρτάται από την μορφολογία του εδάφους και παίρνει τιμές από 0,08 έως 0,4.

	Τύπος επιφάνειας	Συντελεστής a
Ομαλή	Πάγος	0.08
	Χιόνι	0.11
	Θάλασσα	0.12
Μέτριας Τραχύτητας	Κοντό γρασίδι	0.13
	Καλλιέργειες Φυτών	0.14
Κανονικής Τραχύτητας	Επαρχιακή Περιοχή	0.20
	Δασική Περιοχή	0.23
Ισχυρής Τραχύτητας	Αστική Περιοχή	0.25 – 0.4

Η προβλεπόμενη θέση εγκατάστασης των ανεμογεννητριών βρίσκεται σε δασική περιοχή, επομένως ο συντελεστής a θα έχει την τιμή 0,23.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι,

$$V_{237} = 4 * (50/1,5)^{0,23} \approx 8,96 \text{ m/s}$$

Όπου 4m/s είναι η ταχύτητα του ανέμου, όπως προκύπτει από το ανεμολόγιο, και είναι η συχνότερη ταχύτητα σε ποσοστό περίπου 30% σε ένα μήνα και γι' αυτό το λόγο την χρησιμοποιήσαμε ως ταχύτητα αναφοράς για τους υπολογισμούς.

Η ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα της Qingdao Hengfeng Wind Power Generator Co.,Ltd με ονομαστική ισχύς **50kW** και διάμετρο ρότορα 15m έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:


Τεχνικά χαρακτηριστικά (Technical Specification)

	Ον. Ισχύς (Rated Power)	50KW
	Μεγ. Ισχύς (Max Power)	60KW
	Διάμετρος Λεπίδων (Diameter of Blades)	15.0M
	Ταχύτητα Ρότορα (Rated Rotor SpeedON)	100(r/m)
	Ον. Ταχύτητα Ανέμου (Rated Speed)	10m/s
	Τάση Εξόδου (Output Voltage)	380V
	Ταχύτητα Ανέμου Εκκίνησης (Start up wind speed)	3(m/s)
	Ταχύτητα Ανέμου Λειτουργίας (Work Speed)	3-30(m/s)
	Μέγιστη Ταχύτητα Ανέμου (Security wind speed)	50(m/s)

Χαρακτηριστικά πύργου (Tower specification)

	Ύψος (Height)	18m
	Πάχος (Thickness)	8mm
	Διάμετρος Πύργου (Tower Diameter)	450 (mm)
	Τμήματα Πύργου (Sections of tower)	3
	Υλικό (Material)	Q450 Steel pipe

Inverter και Controller

	Controller
	Ον. Ισχύς Εισόδου Ανέμου (Rated Wind Input Power)
	Ον. Τάση Μπαταρίας (Rated Battery Voltage)
	Έλεγχος Λειτουργίας (Control Mode)
	Inverter
	Ον. Χωρητικότητα Εξόδου (Rated Output Capacity)
Ον. Τάση Εξόδου (Rated Output Voltage)	



Όπως διαπιστώνουμε η συγκεκριμένη ανεμογεννήτρια, για ταχύτητα ανέμου 8,96m/s, έχει ισχύ 45kW. Λαμβάνοντας υπόψη και το όριο του Betz (59,3%), βλέπουμε ότι η ισχύς αυτής της ανεμογεννήτριας σε ταχύτητα ανέμου 8,96m/s δεν μπορεί να ξεπεράσει τα $45000 * 0,593 = 26685\text{Watt}$.

Θέλοντας να καλύψουμε το μέγεθος των **100kW** θα χρειαστούμε **4** ανεμογεννήτριες αυτού του τύπου.

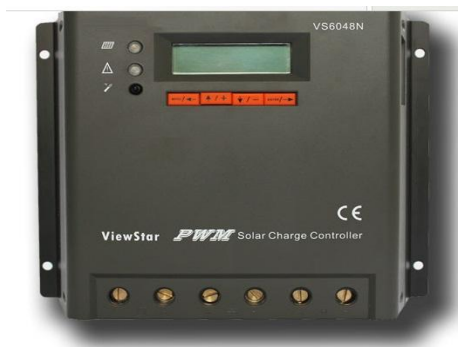
Ένα ενδεικτικό κόστος της κάθε ανεμογεννήτριας ανέρχεται στα 80.000€.

Συνολικά για τις τέσσερις το κόστος είναι **320.000€**.

Ρυθμιστής φόρτισης

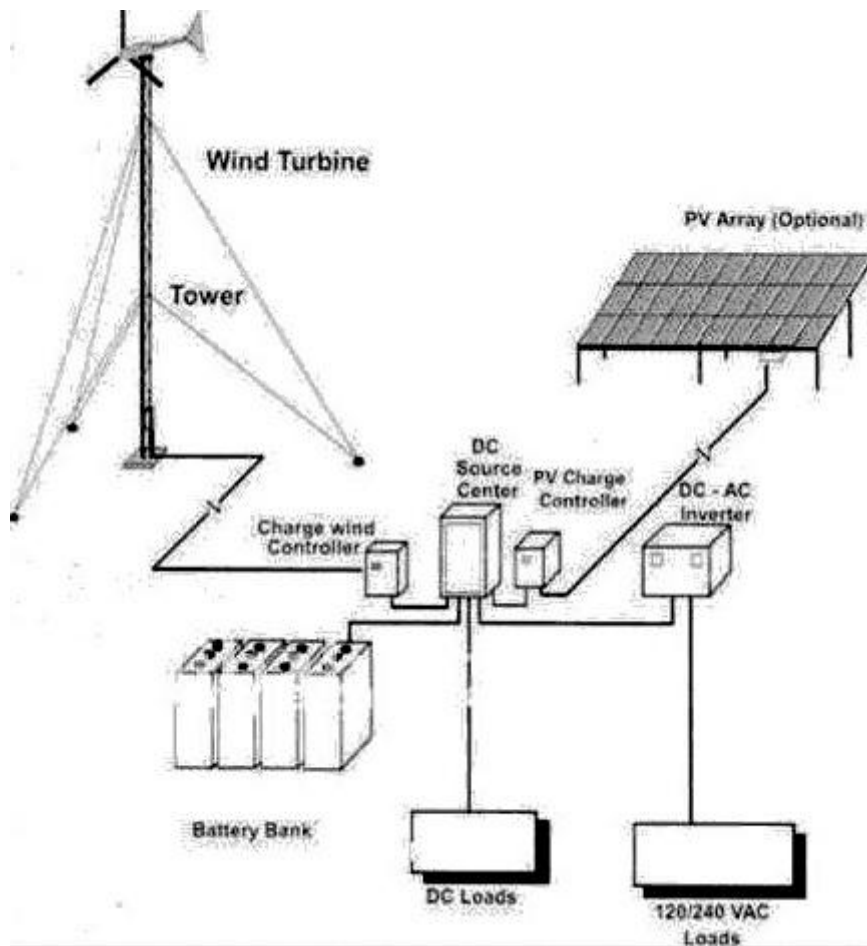
Ο ρυθμιστής φόρτισης είναι μια απλή ηλεκτρονική συσκευή που φροντίζει για τη σωστή φόρτιση των συσσωρευτών (μπαταριών) του συστήματος. Ελέγχει τη διαδικασία φόρτισης και σταματά τη φόρτιση όταν διαπιστώσει ότι η μπαταρία έχει φορτιστεί πλήρως, αλλιώς θα υπήρχε ο σοβαρός κίνδυνος να καταστραφεί η μπαταρία. Επειδή οι μπαταρίες έχουν την τάση να αποφορτίζονται σταδιακά ακόμα κι αν δεν τροφοδοτούν με ρεύμα κάποια συσκευή, ο ρυθμιστής φόρτισης φροντίζει αυτόματα να ξαναρχίσει η διαδικασία φόρτισης της μπαταρίας όταν διαπιστώσει ότι η τάση της έπεσε κάτω από το επίπεδο της πλήρους φόρτισης. Για το σύστημα των

ανεμογεννητριών θα χρειαστούμε έναν ρυθμιστή φόρτισης. Το κόστος του ανέρχεται στα 200 €.



Ρυθμιστής φόρτισης

Σχεδιάγραμμα εγκατάστασης



Με βάση τα χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας και το σχεδιάγραμμα θα χρειαστούμε ένα ρυθμιστή τάσης των 100kW

Μπαταρίες του Συστήματος

Στο παρόν Υβριδικό Σύστημα θα χρησιμοποιήσουμε μπαταρίες τύπου Gel 12V βαθιάς εκφόρτωσης 220Ah, C20.



Μπαταρία gel 12V220Ah-200Ah

Μπαταρία τύπου Gel βαθιάς εκφόρτωσης

Διαστάσεις μπαταρίας :

Μήκος : 522.00 mm

Πλάτος : 238.00 mm

Ύψος : 240.00 mm

Βάρος ; 66.00 Kg

Ο δείκτης C20 σημαίνει ότι οι 220Ah επιτυγχάνονται όταν η σταδιακή εκφόρτωση διαρκεί 20 ώρες.

Η απαιτούμενη ενέργεια του Συστήματος μας, είναι **200KW**.
Άρα θα έχουμε,

$$200.000 \text{ Watt} / 12 \text{ V} = 16666.66 * 1.5 \text{ (Συντελεστής ασφαλείας)} = \mathbf{25000 \text{ Ah}}$$

$$\mathbf{25000 \text{ Ah} / 220 \text{ Ah} = 113.63 \text{ μπαταρίες} = 114 \text{ μπαταρίες.}$$

$$\mathbf{114 \text{ μπαταρίες} * 418 \text{ €} = 47.652 \text{ €}}$$

Το συνολικό κόστος μπαταριών θα είναι 47.652 €.

Το συνολικό ενδεικτικό κόστος της όλης εγκατάστασης είναι 752.192€.

Βιβλιογραφία

1. Brusic Sharon A., «Ενέργεια και Περιβάλλον», Μακεδονικές Εκδόσεις, 2002.
2. Samuel Pierre, «Το φαινόμενο του θερμοκηπίου», Εναλλακτικές Εκδόσεις, 1992.
3. Στάμου Αναστάσιος Ι., «Βιολογικός καθαρισμός αστικών αποβλήτων», Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 2004.
4. Αλεξάκης Αλέξανδρος Σ., «Ηλιακή Ενέργεια», Εκδόσεις Σιδέρη Μιχάλη, 2001.
5. Φραγκιαδάκης Ιωάννης, «Φωτοβολταικά Συστήματα», Εκδόσεις Ζήτη, 2009.
6. Κρητικός Αθανάσιος, «Ανεμογεννήτριες και Φωτοβολταικά», Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, 2010.
7. Ιωάννη Κλεάνθη Καλδέλλης, «Διαχείριση της Αιολικής Ενέργειας», Εκδόσεις Σταμούλης Αθ., 2005.
8. Αλεξάκης Αλέξανδρος Σ., «Αιολική Ενέργεια», Εκδόσεις Σιδέρη Μιχάλη, 2001.
9. Walker John F. , «Αιολική Ενέργεια και Ανεμογεννήτριες», Εκδόσεις Ίων, 2008.
10. Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας, www.rae.gr
11. Υπουργείο Ανάπτυξης, www.ypan.gr
12. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, www.cres.gr
13. Οδηγός αναζήτησης στο διαδίκτυο, www.google.com
14. Ελεύθερη Εγκυκλοπαίδεια διαδικτύου, www.el.wikipedia.org