

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ

Τ. Ε. Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ

ΣΧΟΛΗ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ: ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

Επιβλέπων: ΠΕΤΡΟΣ Γ. ΒΕΡΝΑΔΟΣ, Ομότιμος Καθηγητής

Συνεπιβλέπουσα: ΕΡΙΕΤΤΑ Ι. ΖΟΥΝΤΟΥΡΙΑΔΟΥ, Εργ. Συνεργάτης

Εγκατάσταση Μικρής Ανεμογεννήτριας και Συστοιχίας Φωτοβολταϊκών σε Οικία

(Installation Design of a Small Wind Turbine and Photovoltaic System in a Residence)

**Πτυχιακή Εργασία:
Αλεξίου Β. Κωνσταντίνος (Α.Μ. 32797)
Βαρβέρης Χ. Δημήτριος (Α.Μ. 36566)**

ΑΙΓΑΛΕΩ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2014

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη ενός υβριδικού συστήματος ηλεκτροπαραγωγής αποτελούμενο από φωτοβολταϊκά πλαίσια και μία μικρή ανεμογεννήτρια. Το σύστημα είναι εγκατεστημένο σε οικία εμβαδού 120m² στο νομό Αττικής.

- Στο **Κεφάλαιο 1** αναλύονται συνοπτικά οι συμβατικές μορφές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Γίνεται επίσης μία αναφορά στο ενεργειακό πρόβλημα που θα κληθούμε να αντιμετωπίσουμε στο άμεσο μέλλον καθώς και στις επιπτώσεις της ρύπανσης του περιβάλλοντος.
- Στο **Κεφάλαιο 2** αναλύονται τα είδη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οι τρόποι αξιοποίησής τους και το θεσμικό πλαίσιο στη χώρα μας.
- Στο **Κεφάλαιο 3** γίνεται ανάλυση της θεωρίας της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας (Φ/Β φαινόμενο, ηλεκτρικά χαρακτηριστικά) και των διαφόρων τύπων φωτοβολταϊκών πλαισίων.
- Στο **Κεφάλαιο 4** εξηγείται η αρχή λειτουργίας των ανεμογεννητριών και γίνεται αναφορά στα κύρια μέρη τους. Επίσης παρουσιάζονται οι διάφοροι τύποι τους και πού αυτοί χρησιμοποιούνται.
- Το **Κεφάλαιο 5** ασχολείται με τους συσσωρευτές, όπου αναφέρεται η αρχή λειτουργίας, η δομή και τα χαρακτηριστικά τους και γίνεται κατηγοριοποίηση των τύπων τους. Τέλος, γίνεται εκτενής αναφορά στα διάφορα περιφερειακά τους συστήματα.
- Στο **Κεφάλαιο 6** ασχολούμαστε με τις ηλεκτρονικές διατάξεις των μετατροπέων DC-AC και τις τεχνικές ελέγχου τους.
- Το **Κεφάλαιο 7** περιλαμβάνει τη μελέτη του υβριδικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, με κύριο σκοπό την πώλησή της στο δίκτυο. Θα γίνει επίσης μελέτη αυτονομίας των κύριων καταναλώσεων για περιπτώσεις διακοπής τροφοδοσίας από τον πάροχο.

ABSTRACT

The purpose of this thesis is the study of a hybrid power system consisting of solar panels and a small wind turbine. The system is installed in a 120m² house in Attica district.

- **Chapter 1** briefly reviews the conventional forms of electricity generation. It is also a discussion of the energy problem that we will have to face in the near future and the impact of environmental pollution.
- **Chapter 2** analyzes the types of renewable energy, ways to use them and the institutional framework in our country.
- **Chapter 3** analyzes the theory of photovoltaics (photovoltaic phenomenon, electrical characteristics) and different types of photovoltaic panels.
- **Chapter 4** explains the operational principles of wind turbines and refers to their main parts. There is also an analysis of the different types of wind turbines and where these are utilized.
- **Chapter 5** deals with the batteries, indicating the operating principle, structure and characteristics and providing a categorization of their types. Finally, there is an extensive reference to the various regional systems.
- In **Chapter 6** we deal with electronic devices, the DC-AC conversion and applied control techniques.
- **Chapter 7** includes the study of the hybrid power system with main purpose selling the energy produced to the grid. It will also include an autonomy study of the main consumption part in the case of provider's power failure.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Πέτρο Βερνάδο και την συνεπιβλέπουσα καθηγήτρια κα. Εριέττα Ζουντουρίδου, για τη δυνατότητα που μας έδωσαν να πραγματοποιήσουμε την παρούσα εργασία, για την πολύτιμη βοήθεια που μας έδωσαν καθώς και για την εμπιστοσύνη που μας έδειξαν κατά τη διάρκεια εκπόνησης.

Επίσης, οφείλουμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειές μας, που μας στήριξαν και μας στηρίζουν όλα αυτά τα χρόνια και που χωρίς την πολύτιμη παρουσία τους δε θα είχαμε καταφέρει τίποτα από όσα έχουμε μέχρι σήμερα επιτύχει.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1: Ηλεκτρική Ενέργεια & Ηλεκτροπαραγωγή

1.1 Ενεργειακές Ανάγκες.....	9
1.2 Συμβατικές Μέθοδοι Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	10
1.2.1 Γαιάνθρακες.....	11
1.2.2 Πετρέλαιο.....	12
1.2.3 Το Φυσικό Αέριο.....	13
1.2.4 Η Πυρηνική Ενέργεια.....	14
1.3 Το Ενεργειακό Πρόβλημα.....	15
1.4 Περιβαλλοντική Ρύπανση.....	16
1.4.1 Επιπτώσεις Γαιανθράκων.....	16
1.4.2 Επιπτώσεις Πετρελαίου.....	16
1.4.3 Επιπτώσεις Φυσικού Αερίου.....	17
1.4.4 Επιπτώσεις Πυρηνικής Ενέργειας.....	17
1.4.5 Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου.....	17
1.4.6 Όξινη Βροχή.....	19

Κεφάλαιο 2: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

2.1 Περί Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας Γενικά.....	21
2.2 Είδη Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.....	23
2.2.1 Αιολική Ενέργεια.....	23
2.2.2 Βιομάζα.....	24
2.2.3 Γεωθερμική Ενέργεια.....	26
2.2.4 Ενέργεια από τη Θάλασσα.....	27
2.2.5 Ηλιακή Ενέργεια.....	29
2.2.6 Υδραυλική Ενέργεια.....	31
2.3 Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην Ελλάδα.....	32
2.3.1 Αξιοποίηση της Αιολικής Ενέργειας στην Ελλάδα.....	33
2.3.2 Αξιοποίηση της Βιομάζας στην Ελλάδα.....	34
2.3.3 Αξιοποίηση της Γεωθερμικής Ενέργειας στην Ελλάδα.....	35
2.3.4 Αξιοποίηση της Ενέργειας από τη Θάλασσα στην Ελλάδα.....	36
2.3.5 Αξιοποίηση της Ηλιακής Ενέργειας στην Ελλάδα.....	37
2.3.6 Αξιοποίηση της Υδραυλικής Ενέργειας στην Ελλάδα.....	38
2.4 Θεσμικό Πλαίσιο των Α.Π.Ε. στην Ελλάδα.....	39

Κεφάλαιο 3: Ηλιακή Ενέργεια & Φωτοβολταϊκά

3.1 Ηλιακή Ενέργεια.....	41
3.2 Ιστορική Αναδρομή της Εκμετάλλευσης της Ηλιακής Ενέργειας.....	41
3.2.1 Η Ανακάλυψη του Φωτοβολταϊκού Φαινομένου.....	42
3.2.2 Τα Πρώτα Σημαντικά Φωτοβολταϊκά Συστήματα.....	42
3.3 Λειτουργία Φωτοβολταϊκών Συστημάτων.....	43
3.3.1 Χαρακτηριστικά Ημιαγωγών.....	43
3.3.2 Η Επίδραση της Ηλιακής Ακτινοβολίας.....	44
3.3.3 Ισοδύναμο Κύκλωμα Φωτοβολταϊκού Στοιχείου.....	46
3.3.4 Χαρακτηριστική Καμπύλη Φωτοβολταϊκού Στοιχείου.....	46
3.4 Τύποι Φωτοβολταϊκών Στοιχείων.....	47
3.4.1 Τύποι Φωτοβολταϊκών Συστημάτων Πυριτίου "Μεγάλου Πάχους".....	48
3.4.2 Φωτοβολταϊκά Υλικά Λεπτών Επιστρώσεων, "Thin Film".....	49

3.4.3 Υβριδικά Φωτοβολταϊκά Στοιχεία και Άλλες Τεχνολογίες.....	51
3.5 Αυτόνομα Φωτοβολταϊκά Συστήματα.....	52
3.6 Φωτοβολταϊκά Πάρκα.....	54
3.6.1 Σταθερά Συστήματα.....	55
3.6.2 Συστήματα με Ηλιοστάτες (Solar Trackers).....	56
3.7 Πώληση/Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας Προς/Από το Ηλεκτρικό Δίκτυο.....	57

Κεφάλαιο 4: Αιολική Ενέργεια & Ανεμογεννήτριες

4.1 Δημιουργία Ανέμου.....	58
4.2 Ιστορική Ανάδρομη της Εκμετάλλευσης Αιολικής Ενέργειας.....	58
4.2.1 Οι Ανεμόμυλοι.....	59
4.2.2 Οι Πρώτες Ανεμογεννήτριες.....	60
4.3 Λειτουργία Ανεμογεννητριών.....	61
4.4 Μέρη Ανεμογεννήτριας.....	62
4.5 Τύποι Ανεμογεννητριών.....	64
4.5.1 Ανεμογεννήτριες Οριζοντίου Άξονα.....	64
4.5.2 Ανεμογεννήτριες Κάθετου Άξονα.....	65
4.6 Αιολικά Πάρκα.....	66
4.6.1 Κριτήρια για την Κατάλληλη Θέση Εγκατάστασης Ανεμογεννητριών.....	67
4.6.2 Εγκατάσταση Ανεμογεννητριών στην Ελλάδα.....	68

Κεφάλαιο 5: Συσσωρευτές

5.1 Ιστορική Αναδρομή Ηλεκτρικών Συσσωρευτών.....	69
5.1.1 Η Ανακάλυψη και η Εξέλιξη της Μπαταρίας.....	69
5.1.2 Οι Μπαταρίες Όπως τις Ξέρουμε Σήμερα.....	74
5.1.3 Η Μπαταρία της Βαγδάτης.....	75
5.2 Ανάλυση Δομής και Λειτουργίας των Συσσωρευτών.....	77
5.2.1 Δομή του Βασικού Στοιχείου.....	77
5.2.2 Αρχή Λειτουργίας.....	78
5.2.1.1 Η Διαδικασία της Εκφόρτωσης.....	79
5.2.1.2 Η Διαδικασία της Φόρτισης.....	79
5.3 Χαρακτηριστικά Συσσωρευτών.....	80
5.3.1 Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά.....	80
5.3.2 Βάθος Εκφόρτισης.....	81
5.3.3 Χρόνος Ζωής.....	82
5.3.4 Αυτοεκφόρτιση.....	83
5.3.5 Ρεύμα Φόρτισης.....	83
5.3.6 Αποδοτικότητα.....	84
5.4 Κατηγορίες και Εφαρμογές Συσσωρευτών.....	84
5.4.1 Πρωτεύουσες Μπαταρίες.....	85
5.4.2 Δευτερεύουσες Μπαταρίες.....	86
5.5 Περιφερειακά Συσσωρευτών.....	87
5.5.1 Ελεγκτής Φόρτισης.....	87
5.5.1.1 Παράλληλος Ελεγκτής Φόρτισης.....	88
5.5.1.2 Ελεγκτής Φόρτισης Εν Σειρά.....	89
5.5.2 Ισοσταθμιστής Φόρτισης.....	90
5.5.3 Συστήματα Παρακολούθησης.....	91
5.5.4 Φορτιστής.....	91
5.5.5 Συστήματα Ανάδευσης Ηλεκτρολύτη.....	91

Κεφάλαιο 6: Αντιστροφείς

6.1 Ιστορική Αναδρομή Μετατροπών DC - AC.....	92
6.2 Γενικά Περί Αντιστροφών.....	93
6.3 Κατηγορίες Αντιστροφών.....	95
6.3.1 Μονοφασικοί Αντιστροφείς.....	95
6.3.1.1 Μονοφασικός Αντιστροφέας Ημιγέφυρας.....	96
6.3.1.2 Μονοφασικός Αντιστροφέας Πλήρους Γέφυρας.....	97
6.3.2 Τριφασικός Αντιστροφέας.....	98
6.4 Έλεγχος Αντιστροφών Τάσης με τη Μέθοδο PWM.....	100
6.4.1 Μεταβολή Εύρους Παλμών Με Ημιτονοειδή Τρόπο - SPWM.....	100
6.4.2 Τεχνική Έκχυσης Αρμονικών - HIPWM.....	102
6.4.3 Μέθοδος Ανορθωμένων Ημιτόνων.....	103
6.4.4 Άλλες Τεχνικές Έλεγχου - Μέθοδος Patel και Hoft και Μέθοδος Space Vector.....	104
6.5 Φαινόμενο Νησίδα.....	105

Κεφάλαιο 7: Μελέτη Εγκατάστασης Υβριδικού Συστήματος σε Οικία

7.1 Εισαγωγή.....	107
7.2 Διάταξη & Υπολογισμοί των Φωτοβολταϊκών Συλλεκτών.....	108
7.2.1 Τοποθέτηση των Φωτοβολταϊκών Συλλεκτών.....	108
7.2.2 Συνδεσμολογία & Παραγόμενη Ενεργεία των Φωτοβολταϊκών Συλλεκτών.....	110
7.3 Εγκατάσταση & Υπολογισμοί της Ανεμογεννήτριας.....	112
7.3.1 Τοποθέτηση της Ανεμογεννήτριας.....	113
7.3.2 Παραγόμενη Ενεργεία της Ανεμογεννήτριας.....	115
7.4 Επιλογή Συσσωρευτών.....	116
7.5 Επιλογή Μετατροπών DC-AC.....	118
7.5.1 Επιλογή Αντιστροφέα της Φωτοβολταϊκής Συστοιχίας.....	118
7.5.2 Επιλογή Αντιστροφέα της Ανεμογεννήτριας.....	119
7.5.3 Επιλογή Inverter/Charger των Συσσωρευτών.....	120
7.6 Σχεδιάγραμμα Εγκατάστασης.....	120
7.7 Υπολογισμός Διατομής Καλωδίων.....	121
7.8 Γείωση Εγκατάστασης.....	125
7.9 Οικονομική Αξιολόγηση Συστήματος.....	127

Βιβλιογραφία

Έντυπη Βιβλιογραφία.....	130
Διαδικτυακή Βιβλιογραφία.....	130

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ & ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ

1.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ

Η ενέργεια αποτέλεσε και αποτελεί τον κινητήριο μοχλό κάθε ανθρώπινης δραστηριότητας. Σε όλη την ιστορική του πορεία, ο άνθρωπος χρησιμοποίησε με εφευρετικότητα τις δυνατότητες που του παρείχε απλόχερα η ίδια η φύση, τη δύναμη της φωτιάς, του νερού, του ανέμου και του ήλιου, με στόχο τη βελτίωση των συνθηκών της διαβίωσής του. Από τις αρχές του προηγούμενου αιώνα, όταν άρχισαν οι εφαρμογές του ηλεκτρισμού, μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του '70, παρατηρείται διεθνώς μία συνεχής συγκέντρωση της παραγωγής σε συνεχώς μεγαλύτερους σταθμούς παραγωγής και παράλληλα ανάπτυξη των δικτύων Μεταφοράς και Διανομής με συνεχώς μεγαλύτερες τάσεις, λόγω της ραγδαίας αύξησης της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας επιτυγχάνεται με την εκμετάλλευση διαφόρων πρωτογενών πηγών ενέργειας και παρουσιάζει μεγάλες διαφοροποιήσεις από χώρα σε χώρα, ανάλογα με τους διαθέσιμους εγχώριους Ενεργειακούς Πόρους, την Ενεργειακή Πολιτική της χώρας, τις γεωλογικές, γεωφυσικές και κλιματολογικές ιδιαιτερότητες αυτής. Οι πηγές παραγωγής ενέργειας διακρίνονται στις συμβατικές που βασίζονται σε ορυκτά στερεά, υγρά ή αέρια καύσιμα, όπως το πετρέλαιο, ο άνθρακας (λιθάνθρακας και λιγνίτης), το φυσικό αέριο, στην πυρηνική ενέργεια και στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Α.Π.Ε.) που χρησιμοποιούν ανεξάντλητες πηγές (άνεμος, ήλιος, νερό κλπ) και δεν καταναλώνουν τα περιορισμένα ενεργειακά ορυκτά αποθέματα.

Στους παρακάτω πίνακες μπορούμε να δούμε την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και τρόπο με τον οποίο παράχθηκε, σε παγκόσμιο επίπεδο αλλά και για τη χώρα μας, σε μια περίοδο είκοσι ετών.

Παραγωγή από:	1991	1996	2001	2006	2011
Γαιάνθρακα	4533681	5232421	6019739	7753020	9144320
Πετρέλαιο	1331865	1224835	1147063	1064018	1057865
Φυσικό αέριο	1759184	2080329	2893110	3850183	4852109
Βιοκαύσιμα	71971	94794	114194	180205	330372
Πυρηνική ενέργεια	2105787	2417193	2637685	2791471	2583679
Υδροηλεκτρικά	2268266	2584856	2640744	3121419	3565523
Γεωθερμία	37332	42077	51465	59610	69212
Φωτοβολταϊκά	26	166	1254	5604	61156
Αιολικά	4197	9446	38384	133072	434247
Άλλη πηγή	33601	43827	63865	73016	102511
Σύνολο	12145910	13729944	15607503	19031618	22200994

Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (KWh) σε παγκόσμιο επίπεδο.

Παραγωγή από:	1991	1996	2001	2006	2011
Γαιάνθρακα	23702	29298	35431	32264	31063
Πετρέλαιο	8847	8534	8477	9601	5915
Φυσικό αέριο	93	78	6133	10610	13938
Βιοκαύσιμα	0	0	79	114	207
Πυρηνική ενέργεια	0	0	0	0	0
Υδροηλεκτρικά	3171	4504	2725	6475	4275
Γεωθερμία	0	0	0	0	0
Φωτοβολταϊκά	0	0	0	1	610
Αιολικά	2	38	756	1699	3315
Άλλη πηγή	0	115	103	25	113
Σύνολο	35815	42567	53704	60789	59436

Παραγωγή ηλεκτρικής (KWh) ενέργειας στην Ελλάδα.

Από τους παραπάνω πίνακες μπορούμε να βγάλουμε αρκετά χρήσιμα συμπεράσματα. Αρχικά βλέπουμε ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έχει μια ανοδική τάση με τα χρόνια, πράγμα αναμενόμενο, αφού οι ενεργειακές απαιτήσεις αυξάνονται με την πάροδο των χρόνων. Στην Ελλάδα βέβαια, η συνολική παραγωγή το 2011 είναι λίγο μικρότερη. Αυτό συμβαίνει λόγω της οικονομικής κρίσης στη χώρα μας και μας δείχνει την αλληλένδετη σχέση που έχουν τα οικονομικά μιας χώρας με την ενέργεια που παράγει. Τέλος διαπιστώνουμε πως σε κάθε χώρα η ηλεκτροπαραγωγή μπορεί να έχει τεράστιες διαφορές. Η Ελλάδα για παράδειγμα είναι πλούσια σε λιγνίτη οπότε και είναι η κύρια πηγή μας. Επίσης τα τελευταία χρόνια, με την εξέλιξη της τεχνολογίας στις Α.Π.Ε., έχουμε αρχίσει να εκμεταλλευόμαστε την πλούσια και διαρκή ηλιοφάνεια της χώρας μας και τους δυνατούς ανέμους που πνέουν δυνατά σε συγκεκριμένες περιοχές. Χαρακτηριστικό είναι και το παράδειγμα της Ισλανδίας, όπου το 86% των σπιτιών θερμαίνονται χρησιμοποιώντας τη γεωθερμία, λόγω του εδάφους και των ηφαιστειών που έχει η χώρα.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα προέρχεται κυρίως από θερμοηλεκτρικούς σταθμούς. Στην Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας παράγεται περίπου το 50% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας. Η συγκέντρωση των θερμοηλεκτρικών σταθμών στο Βορρά της χώρας δημιουργεί αυξημένες απώλειες κατά τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας στα κέντρα κατανάλωσης και ανισορροπία στη λειτουργία. Ωστόσο ο σχεδιασμός τους βασίστηκε στην εγγύτητά τους στις περιοχές που υπάρχουν πλούσια κοιτάσματα λιγνίτη, ο οποίος αποτελεί την καύσιμη πρώτη ύλη για αυτούς τους σταθμούς. Στη χώρα μας υπάρχουν τέσσερις περιοχές με σημαντικά αποθέματα λιγνίτη, στη Δράμα, στη Δυτική Μακεδονία, στην Ελασσόνα και στη Μεγαλόπολη. Στη χώρα μας, η κύρια μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.) η οποία ιδρύθηκε το 1950 και από το 1956 έως το 1963 εξαγόρασε περίπου 400 ιδιωτικές και δημοτικές επιχειρήσεις παραγωγής και μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας, που υπήρχαν μέχρι τότε, ώστε να υπάρχει ένας ενιαίος φορέας διαχείρισης.

1.2 ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Συμβατικές πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ονομάζουμε εκείνες που βασίζονται σε υπάρχοντα αποθέματα μέσα στο στερεό φλοιό της Γης, με συγκεκριμένη διάρκεια ζωής. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο, φυσικό

αέριο, γαιάνθρακες), αναφερόμενα και ως συμβατικά καύσιμα και η χαρακτηριστικά μη ήπια μορφή ενέργειας, η πυρηνική ενέργεια.

1.2.1 ΓΑΙΑΝΘΡΑΚΕΣ



Οι **γαιάνθρακες** βρίσκονται στο υπέδαφος. Σχηματίστηκαν κατά στρώματα, κατά τη διάρκεια πολλών εκατομμυρίων ετών, από υπολείμματα φυτικής ύλης (δέντρα, φυτά, θάμνους, φύκια) που θάφτηκαν μετά από φυσικές καταστροφές (επιχωματώσεις, καθιζήσεις, σεισμούς, κατακρημνίσεις), ύστερα από τη συνδυασμένη δράση θερμότητας, πίεσης και βακτηριδίων σε απουσία αέρα (ανθρακοποίηση). Στη συνέχεια αντιδρώντας με την νεκρή ύλη δημιούργησαν τους υδρογονάνθρακες από τους οποίους έγινε στη συνέχεια το κάρβουνο. Η ηλιακή ενέργεια την οποία είχαν αρχικά δεσμεύσει οι φυτικοί οργανισμοί κατά την ανάπτυξή τους, αποδίδεται μέσω της καύσης των γαιανθράκων ως θερμική ενέργεια. Αποθέματα γαιανθράκων, που είναι γνωστοί και ως ορυκτοί άνθρακες, βρίσκονται σε αρκετό βάθος κάτω από την επιφάνεια της γης αλλά και κοντά στην επιφάνειά της (επιφανειακά αποθέματα). Έχουν χρώμα μαύρο ή καφέ ανάλογα με την ηλικία τους. Υπολογίζεται ότι άρχισαν να σχηματίζονται 300-500 εκατομμύρια χρόνια πριν, με το σχηματισμό τους να ολοκληρώνεται εντός χρονικής περιόδου 85 εκατομμυρίων ετών, δηλαδή πριν από 250 εκατομμύρια χρόνια περίπου.

Οι γαιάνθρακες διαδραμάτισαν καθοριστικό ρόλο στην πορεία της βιομηχανικής επανάστασης, λόγω της ικανοποιητικής θερμογόνου δύναμης (Kcal/Kg) που διαθέτουν ως καύσιμη ύλη. Έτσι χρησιμοποιήθηκαν για περισσότερο από έναν αιώνα, τροφοδοτώντας με ενέργεια τόσο την βιομηχανία, βιοτεχνία όσο και τις μεταφορές, συμβάλλοντας στην οικονομική ανάπτυξη των βιομηχανικών χωρών.

Η θερμότητα από την καύση γαιανθράκων χρησιμοποιείται στις μέρες μας κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Παρόλο που η συγκεκριμένη διεργασία χαρακτηρίζεται από χαμηλή απόδοση, σήμερα οι γαιάνθρακες χρησιμοποιούνται ευρέως στην ηλεκτροπαραγωγή σε παγκόσμια κλίμακα (41% της παγκόσμιας ηλεκτρικής ενέργειας παράγεται με καύσιμη ύλη τους γαιάνθρακες), εφόσον πρόκειται για μια αρκετά φθηνή πηγή ενέργειας.

1.2.2 ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ



Το **πετρέλαιο** είναι ένα παχύρρευστο, μαύρο ή βαθύ καφετί ή πρασινωπό υγρό ορυκτό. Σχηματίστηκε εκατοντάδες εκατομμύρια χρόνια πριν από τους γαιάνθρακες. Καθώς τα υπολείμματα φυτικών και ζωικών οργανισμών κατακάθονταν στον πυθμένα των θαλασσών, τα πρώτα στρώματα καταπλακώνονταν διαδοχικά από νεότερα στρώματα. Αυτά τα πρώτα στρώματα συμπιέστηκαν με ταυτόχρονη παραγωγή θερμότητας που, σε συνδυασμό με χημική και βακτηριακή δράση, βοήθησε να μετατραπεί η οργανική ύλη σε υδρογονάνθρακες, στην απουσία αέρα. Το πετρέλαιο που σχηματίστηκε, κατά τη διάρκεια χιλιάδων ετών, εγκλωβίστηκε μέσα σε διάφορα γεωλογικά στρώματα από όπου αντλείται σήμερα. Όπως και οι γαιάνθρακες, το πετρέλαιο με την καύση του ελευθερώνει σημαντικά ποσά ενέργειας υπό τη μορφή θερμότητας. Η ενέργεια του πετρελαίου προέρχεται από την ηλιακή ενέργεια που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη των οργανισμών που το δημιούργησαν.

Σημαντικότερες πετρελαιοπαραγωγές χώρες είναι οι ΗΠΑ, το Μεξικό, η Βενεζουέλα, το Ιράν, το Ιράκ, το Κουβέιτ, η Σαουδική Αραβία, η Ρωσία, ενώ έχουν εντοπιστεί κοιτάσματα και σε διάφορες θαλάσσιες περιοχές. Αντλείται από τις πετρελαιοπηγές με την μορφή του αργού (ακατέργαστου) πετρελαίου που είναι ένα παχύρρευστο υγρό μίγμα ημίρρευστων υγρών και αερίων υδρογονανθράκων. Μεγάλες ποσότητες αργού πετρελαίου βρίσκονται κάτω από τη θάλασσα οπότε η άντληση του γίνεται με ειδικές αντλίες που βρίσκονται πάνω σε μόνιμες εξέδρες (στηρίζονται σε κολόνες βυθισμένες μέχρι τον πυθμένα της θάλασσας) ή κινητές εξέδρες (στηρίζονται σε υποθαλάσσιους πλωτήρες) και μεταφέρεται με πετρελαιοαγωγούς και πετρελαιοφόρα πλοία (δεξαμενόπλοια ή τάνκερ).

Εκτός των διαφόρων υδρογονανθράκων, το πετρέλαιο περιέχει ενώσεις του θείου, του αζώτου και διάφορα οξείδια. Για να χρησιμοποιηθεί πρέπει να υποστεί επεξεργασία (δύλιση) σε ειδικές εγκαταστάσεις (δυλιστήρια) οπότε προκύπτουν τα διάφορα προϊόντα του (ντίζελ, βενζίνη, κηροζίνη, φωτιστικό πετρέλαιο, προπάνιο, νάφθα, άσφαλτος). Τα προϊόντα του πετρελαίου χρησιμοποιούνται κυρίως στις μεταφορές, στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και για σκοπούς θέρμανσης. Είναι, επίσης, η πρώτη ύλη για πολλά χημικά προϊόντα, συμπεριλαμβανομένων των διαλυτών, των λιπασμάτων, των φυτοφαρμάκων, καθώς και των

συνθετικών προϊόντων, όπως των πλαστικών και των απορρυπαντικών, ακόμη και ορισμένων εκρηκτικών υλών. Τα προϊόντα που προέρχονται από το πετρέλαιο λέγονται πετροχημικά.

Το πετρέλαιο είναι μια πηγή ενέργειας με περιορισμένο αριθμό αποθεμάτων. Λόγω της μεγάλης ενεργειακής πυκνότητας, της εύκολης σχετικά μεταφοράς του και των πολλών χρήσεων του, αποτελεί τη σημαντικότερη πηγή ενέργειας από τη δεκαετία του 1950 μέχρι σήμερα. Η ζήτηση πετρελαίου αυξάνεται κυρίως στον τομέα των μεταφορών, καθώς οι μεταφορές εξαρτώνται σχεδόν αποκλειστικά από το πετρέλαιο και αποτελούν τον κυριότερο καταναλωτή του. Η Ευρώπη εισάγει περίπου το 80% του πετρελαίου που καταναλώνει με τη Νορβηγία να αποτελεί τη μεγαλύτερη παραγωγό χώρα στην Ευρώπη.

1.2.3 ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ

Το **φυσικό αέριο** είναι ένα μείγμα αερίων υδρογονανθράκων που αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (85- 98%) και σε μικρότερες ποσότητες αιθάνιο, προπάνιο και βουτάνιο. Συνήθως βρίσκεται σε μεγάλα βάθη, σε υπόγειες κοιλότητες και σχεδόν πάντα συνδυάζεται με την εύρεση πετρελαίου, πάνω από το οποίο υπάρχει το φυσικό αέριο. Δημιουργήθηκε, είτε από θαλάσσιους οργανισμούς (όπως το πετρέλαιο) είτε από φυτική πρώτη ύλη. Τα παγκόσμια αποθέματα φυσικού αερίου συγκρινόμενα με αυτά του πετρελαίου είναι σχετικά καλύτερα κατανομημένα. Η Ρωσία διαθέτει τα περισσότερα αποθέματα φυσικού αερίου και η Μέση Ανατολή καταλαμβάνει τη δεύτερη θέση. Σημαντικές ποσότητες φυσικού αερίου υπάρχουν επίσης στην Αμερική, την Αφρική και την Ευρώπη.



Η αποθήκευση του φυσικού αερίου γίνεται σε ειδικές κρυογονικές εγκαταστάσεις (ψύξη στους -159°C) με σκοπό να διατηρείται υγροποιημένο και να καταλαμβάνει μικρό όγκο, αφού σε υγρή μορφή το φυσικό αέριο καταλαμβάνει 600 φορές λιγότερο όγκο σε σχέση με την αέρια του μορφή. Η μεταφορά του φυσικού αερίου εξαρτάται από την κατάσταση του. Σε αέρια κατάσταση μεταφέρεται με αγωγούς υπό υψηλή πίεση, ενώ σε υγρή κατάσταση μεταφέρεται με ειδικά διαμορφωμένα δεξαμενόπλοια. Οι μεγάλοι αγωγοί υψηλής πίεσης καθιστούν δυνατή τη μεταφορά του αερίου σε απόσταση χιλιάδων χιλιομέτρων, συνδέοντας ενεργειακά πολλές χώρες μεταξύ τους.

Το φυσικό αέριο αν και είναι ορυκτό καύσιμο, όπως οι γαιάνθρακες και το πετρέλαιο, θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως το «ευγενέστερο» εξ αυτών, όσον αφορά τις εκπομπές αερίων ρύπων κατά την καύση του. Αυτό συμβαίνει επειδή στη σύνθεσή του μετέχουν μικρού μοριακού βάρους υδρογονάνθρακες και περιέχει μικρές ποσότητες θείου και στερεών σωματιδίων. Επομένως, όταν καίγεται παράγει λιγότερους ρύπους σε σύγκριση με τους γαιάνθρακες και το πετρέλαιο. Επιπλέον, η αέρια κατάστασή του επιτρέπει πλήρη ανάμειξη με τον αέρα κατά την καύση, πράγμα που υποβοηθά την τέλεια καύση με αποτέλεσμα να μην υπάρχει αιθάλη στα καυσαέρια.

Οι εφαρμογές του φυσικού αερίου συνεχώς επεκτείνονται σε παγκόσμιο επίπεδο. Σήμερα το φυσικό αέριο προτιμάται όλο και περισσότερο ως καύσιμο στη βιομηχανία, στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, στις μεταφορές, για σκοπούς θέρμανσης κ.ο.κ, εξαιτίας των πολλών πλεονεκτημάτων που έχει έναντι των άλλων ορυκτών καυσίμων. Η βελτίωση του

βαθμού απόδοσης μειώνει τη συνολική κατανάλωση καυσίμου και συνεπώς περιορίζει την ατμοσφαιρική ρύπανση. Επιπλέον παρουσιάζει μεγαλύτερη ευκολία στη χρήση του και είναι σχετικά οικονομικότερο από το πετρέλαιο. Παρόλα αυτά αποτελεί και αυτό μια μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

1.2.4 Η ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ



Η **πυρηνική ενέργεια** είναι η ενέργεια που υπάρχει μέσα στον πυρήνα του ατόμου και μπορεί να απελευθερωθεί είτε με σχάση είτε με σύντηξη. Είναι δηλαδή η δυναμική ενέργεια που είναι εγκλωβισμένη στους πυρήνες των ατόμων λόγω της αλληλεπίδρασης των σωματιδίων που τα συνιστούν. Η πυρηνική ενέργεια απελευθερώνεται κατά τη σχάση ή σύντηξη των πυρήνων και εφόσον οι πυρηνικές αντιδράσεις είναι ελεγχόμενες η εκλυόμενη ενέργεια με τη μορφή θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κάλυψη ενεργειακών αναγκών.

Η σχάση (ή διάσπαση) των πυρήνων των ατόμων μερικών βαρέων στοιχείων, όπως είναι το ουράνιο γίνεται με φυσικό τρόπο, αλλά με πολύ αργούς ρυθμούς. Το ουράνιο αν και είναι μια μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας υπάρχει σε αφθονία στη φύση σε διάφορα πετρώματα. Εάν η διάσπαση του ουρανίου γίνει με τεχνητά μέσα και σε πολλά άτομα συγχρόνως, απελευθερώνονται μεγάλες ποσότητες ενέργειας με τη μορφή θερμότητας, ενώ εκλύεται και επικίνδυνη ακτινοβολία, γνωστή ως ραδιενέργεια. Μια ανεξέλεγκτη διάσπαση πολλών πυρήνων μπορεί να οδηγήσει σε μια πυρηνική έκρηξη, ενώ υπό ελεγχόμενες συνθήκες (στους πυρηνικούς αντιδραστήρες) είναι δυνατό, απομονώνοντας την ραδιενέργεια, να χρησιμοποιηθούν οι τεράστιες ποσότητες εκλυόμενης ενέργειας για σκοπούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Η σύντηξη πυρήνων είναι η αντίστροφη διαδικασία της σχάσης. Στον Ήλιο, η σύντηξη ελαφρών πυρήνων υδρογόνου σχηματίζει το αέριο ήλιο απελευθερώνοντας τεράστια ποσά ενέργειας που φθάνουν στη γη με τη μορφή ηλιακής ενέργειας. Η ελεγχόμενη σύντηξη πυρήνων με τεχνητά μέσα για σκοπούς εκμετάλλευσης της εκλυόμενης ενέργειας στην ηλεκτροπαραγωγή βρίσκεται ακόμα στο πεδίο της έρευνας, ενώ αξίζει να σημειωθεί ότι εάν κάτι τέτοιο επιτευχθεί, θα είναι δυνατή η παραγωγή τεραστίων ποσοτήτων ενέργειας χρησιμοποιώντας ως καύσιμο πυρήνες υδρογόνου, προϊόν της διάσπασης του νερού.

Σήμερα, παρόλο που η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από πυρηνική ενέργεια παρουσιάζει ορισμένα σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τη χρήση συμβατικών καυσίμων, όπως είναι οι μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, η μεγάλη σταθερότητα εφοδιασμού, η απεξάρτηση από τα συμβατικά καύσιμα και το χαμηλότερο κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, δεν έχει γίνει ακόμα αποδεκτή ως μια ασφαλής ως πηγή ενέργειας.

Η αλόγιστη χρήση και η κακοδιαχείριση των φυσικών πόρων της γης, η οποία είχε ως στόχο το κέρδος για μεγάλες εταιρίες εξόρυξης και διαχείρισής τους, μας έφερε αντιμέτωπους με δύο μεγάλα προβλήματα: το ενεργειακό πρόβλημα και τη ρύπανση του πλανήτη.

1.3 ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Από τα μέσα του 18ου αιώνα όταν κατασκευάστηκε η πρώτη ατμομηχανή σηματοδοτήθηκε η έναρξη της βιομηχανικής επανάστασης. Έκτοτε, με ταχύτατους ρυθμούς περνώντας από διάφορα στάδια (ηλεκτρισμός, ανάπτυξη των συγκοινωνιών, κλπ) φτάσαμε στη σημερινή εποχή, την εποχή των τεχνολογικών αλμάτων και της ενεργειακής πρόκλησης.

Η ουσία του ενεργειακού προβλήματος βρίσκεται στην συσχέτιση των ενεργειακών αποθεμάτων που τείνουν να μειώνονται με τις απαιτήσεις για κατανάλωση ενέργειας που διαρκώς αυξάνονται. 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, ας πούμε, πριν 30 χρόνια, ή τον αριθμό των αυτοκινήτων που κυκλοφορούν τώρα στους δρόμους σε σχέση με τότε.

Το 1973, όταν εκδηλώθηκε η πρώτη ενεργειακή κρίση όταν η τιμή του πετρελαίου πενταπλασιάστηκε μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα, διαπιστώνεται η άμεση σχέση της ενεργειακής πολιτικής και της εθνικής ανεξαρτησίας μιας χώρας και συνειδητοποιείται το γενικότερο πρόβλημα της εξάντλησης των ενεργειακών αποθεμάτων. Κατά την περίοδο αυτή εξαγγέλλονται για πρώτη φορά προγράμματα εξοικονόμησης ενέργειας και αναζητούνται εναλλακτικές πηγές αντί τα ορυκτά καύσιμα.

Η εξάντληση ενεργειακών πόρων επιφέρει ενεργειακές κρίσεις λόγω της γεωγραφικά άνιση κατανομής τους και αποτελεί μια από τις αιτίες γεωπολιτικών και οικονομικών κρίσεων. Η ενέργεια ως εμπορικό αγαθό με ανταλλακτική αξία αποτελεί μέχρι σήμερα αντικείμενο ανταγωνισμού επιχειρήσεων και κερδοσκοπίας με αποτέλεσμα οι συνεχείς διακυμάνσεις των τιμών των πετρελαιοειδών να μην οφείλονται σε ομαλή εφαρμογή της προσφοράς και της ζήτησης. Σε διεθνές επίπεδο οι τιμές του πετρελαίου φαίνεται να επηρεάζονται σημαντικά από στρατιωτικά, πολιτικά και οικονομικά συμφέροντα.

Με τα μέχρι στιγμής γνωστά στοιχεία τα παγκόσμια αποθέματα πετρελαίου είναι συγκεντρωμένα σε λίγες μόνον χώρες. Η Μέση Ανατολή προμηθεύει σήμερα το 30% της παγκόσμιας αγοράς σε πετρέλαιο, ενώ διαθέτει περισσότερο από τα μισά αποθέματα. Παράλληλα, τα μισά από τα συνολικά αποθέματα φυσικού αερίου ανήκουν σε δύο μόνο χώρες, τη Ρωσία και το Ιράν.

Θεωρείται βέβαιο ότι υπάρχουν ακόμη περιοχές του πλανήτη όπου κοιτάσματα υδρογονανθράκων δεν έχουν εντοπισθεί. Λαμβάνοντας υπ' όψιν τα γνωστά κοιτάσματα αλλά και παίρνοντας ως δεδομένο ότι οι ενεργειακές απαιτήσεις θα παραμείνουν σταθερές, διάφοροι επιστήμονες έχουν κάνει μελέτες ώστε να προβλέψουν το χρόνο εξάντλησής τους. Σύμφωνα με αυτές, το πετρέλαιο επαρκεί για να καλύψει τη ζήτηση τα επόμενα 43 περίπου χρόνια, το φυσικό αέριο εξασφαλίζει τις ανάγκες για τα επόμενα 55 χρόνια, ενώ οι γαιάνθρακες για περίπου 185 χρόνια.

1.4 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

Η ρύπανση του περιβάλλοντος είναι ένα θέμα που απασχολεί όλο και περισσότερο λόγω των επικίνδυνων διαστάσεων που έχει πάρει. Παρ' όλα αυτά το περιβαλλοντικό πρόβλημα δεν είναι καινούριο. Η ανθρώπινη παρέμβαση επιβαρύνει μαζικά το περιβάλλον εδώ και χιλιάδες χρόνια. Τα διάφορα υπολείμματα, παραπροϊόντα ή υποπροϊόντα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων είναι οι ρυπαντές, τους οποίους συναντάμε στον αέρα, στο έδαφος και στο νερό. Σήμερα γίνονται προσπάθειες για την προστασία του περιβάλλοντος από παγκόσμιες οργανώσεις, κρατικές νομοθεσίες και οικολογικές οργανώσεις. Ας δούμε λοιπόν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των συμβατικών μεθόδων παραγωγής ενέργειας.

1.4.1 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΓΑΙΑΝΘΡΑΚΩΝ

Οι επιπτώσεις της χρήσης γαιανθράκων εμφανίζονται τόσο κατά την εξόρυξη τους όσο και κατά την καύση τους. Συγκεκριμένα Κατά την επιφανειακή τους εξόρυξη αφενός δημιουργούνται τεράστιες τρύπες και αφετέρου συσσωρεύονται εκατομμύρια τόνοι χώματος με μορφή λόφων καταστρέφοντας το τοπίο και δημιουργώντας αισθητική άλλα και σωματιδιακή ρύπανση με τον τεράστιο αριθμό μικροσωματιδίων που αιωρούνται στην ατμόσφαιρα. Όποια προσπάθεια αποκατάστασης των λατομείων δεν επαναφέρει το τοπίο στην αρχική του μορφή, ούτε δημιουργεί μια αποδεκτή μορφολογία του εδάφους για δεκάδες χρόνια. Σοβαρό πρόβλημα είναι η ανάγκη χρήσης μεγάλων ποσοτήτων νερού για τον καθαρισμό του γαιάνθρακα, που οδηγεί σε μεγάλες ποσότητες υγρών αποβλήτων.

Κατά την καύση του γαιάνθρακα στα εργοστάσια παράγωγης ηλεκτρικής ενέργειας, στη βιομηχανία άλλα και σε άλλες εφαρμογές έχουμε τεράστια έκλυση ποσοτήτων αερίων αλλά και στερεών ρύπων. Σοβαρό πρόβλημα είναι και τα στερεά υπολείμματα-απόβλητα της καύσης που περιέχουν τοξικές ουσίες, χωρίς να αποκλείεται και η ύπαρξη ραδιενέργειας αν το κοίτασμα περιέχει ραδιενεργά ιχνοστοιχεία.

Το πλέον σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα από την καύση των γαιανθράκων είναι η έκλυση διοξειδίου του άνθρακα. Το διοξείδιο του άνθρακα αποτελεί τον υπ' αριθμό ένα επιβαρυντικό παράγοντα στη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου και η καύση των γαιανθράκων συνολικά ευθύνεται για περίπου το 25% των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στη γη. Λαμβάνοντας υπόψη την αδυναμία των τεχνολογιών αντιρύπανσης (οπού και σε όποιο βαθμό αυτές χρησιμοποιούνται) να συγκρατήσουν το διοξείδιο του άνθρακα μπορούμε να ισχυριστούμε πως η καύση των γαιανθράκων συμβάλλει στην αλλαγή του κλίματος.

Μια επιπλέον επίπτωση της καύσης των γαιανθράκων είναι η συμβολή στο φαινόμενο της όξινης βροχής που ευθύνεται για την καταστροφή, δασών, λιμνών αλλά και μνημείων, λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης με οξείδια του αζώτου, του διοξειδίου του θείου αλλά και της ιπτάμενης τέφρας.

1.4.2 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Τόσο κατά την άντληση, την επεξεργασία, την μεταφορά του αλλά και τη διανομή του πετρελαίου προκαλούνται περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ειδικά αν υπάρξει διαφυγή στην ξηρά και στην θάλασσα. Παρ' όλες τις προσπάθειες και τους διεθνείς κανονισμούς οι επιπτώσεις της χρήσης του πετρελαίου είναι σημαντικότερες και το τίμημα που πληρώνει η ανθρωπότητα παραμένει μεγάλο.

Οι επιπτώσεις της χρήσης πετρελαίου εμφανίζονται τόσο στην άντληση και τη μεταφορά όσο και σαν αποτελέσματα της χρήσης του. Στην άντληση και μεταφορά στην

ξηρά ενδέχεται να έχουμε, κοπή δέντρων, καταστροφή δασών, εκχερσώσεις, κατασκευή δρόμων σε προστατευόμενες περιοχές, ρύπανση μεγάλων εκτάσεων με τις λεγόμενες “λίμνες πετρελαίου” και καταστροφή ευαίσθητων οικοσυστημάτων. Στη θάλασσα έχουμε ρύπανση λόγω διαρροής στα πηγάδια άντλησης, καταστροφή του πλαγκτόν, ρύπανση της αιγιαλίτιδας ζώνης και καταστροφή χλωρίδας και πανίδας. Όταν καίγεται εκλύονται διάφοροι ρύποι αλλά κυρίως διοξείδιο του άνθρακα που επιβαρύνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Για την μείωση αυτών των επιπτώσεων έχουν θεσπιστεί κανονισμοί, ενώ έχει αναπτυχθεί κατάλληλες τεχνολογίες αντιρύπανσης (καταλύτες, φίλτρα) με σκοπό τη μείωση των παραγόμενων ρύπων χωρίς δυστυχώς την δυνατότητα εξάλειψης τους όσο και για τον καθαρισμό σε περίπτωση ατυχήματος.

1.4.3 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Η χρήση του φυσικού αερίου συνοδεύεται από τα ίδια προβλήματα με την άντληση των κοιτασμάτων πετρελαίου. Ειδικά για το φαινόμενο του θερμοκηπίου πρέπει να τονισθεί ότι το φυσικό αέριο ενώ θεωρείται καθαρό καύσιμο δεν είναι αφού η συνεισφορά του στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανέρχεται σε 17% έναντι 25% του πετρελαίου. Πρέπει όμως να τονισθεί πως το φυσικό αέριο συμβάλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και όταν λόγω ατυχημάτων διαρρέει από τους αγωγούς μεταφοράς επειδή αποτελείται κύρια από μεθάνιο, αέριο που επιβαρύνει την ατμόσφαιρα σε εικοσαπλάσιο βαθμό από το διοξείδιο του άνθρακα.

1.4.4 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η χρήση της πυρηνικής ενέργειας μειώνει την εξάρτηση από τα συμβατικά καύσιμα και αποφεύγεται η εξάντληση των αποθεμάτων τους ενώ παράλληλα φαίνεται να αποτελεί την λύση για το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Παρόλα αυτά η επαφή των ραδιενεργών υλικών με τον αέρα δημιουργεί αέρια που προκαλούν καρκίνο ενώ η ραδιενεργή σκόνη μεταφέρεται με τον άνεμο σε άλλες περιοχές. Όσοι εργάζονται ή κατοικούν κοντά σε πυρηνικούς σταθμούς δέχονται ραδιενέργεια από ακτινοβολία που προκαλεί καρκίνο, τερατογενέσεις και θάνατο. Τα πυρηνικά απόβλητα απαιτούν αιώνες για να φτάσουν σε ασφαλή επίπεδα ραδιενέργειας, για όλο αυτό το χρονικό διάστημα αποθηκεύονται σε ανοξείδωτα δοχεία με διπλά τοιχώματα, σφραγίζονται με τσιμέντο και μεταφέρονται σε ειδικές τοποθεσίες (στην ξηρά ή τη θάλασσα) οπού και θάβονται. Όμως δεν υπάρχει καμιά διασφάλιση ότι δεν θα υπάρξουν διαρροές που θα έχουν σαν αποτέλεσμα την μόλυνση της περιοχής και της διατροφικής αλυσίδας.

Τέλος δεν πρέπει να παραβλέψουμε τις καταστροφικές επιπτώσεις που έχει στο περιβάλλον και στον ίδιο τον άνθρωπο, η πιθανότητα ενός ατυχήματος. Η πυρηνική ενέργεια κρύβει πολλούς κινδύνους, γιατί ο άνθρωπος δεν έχει όλες τις γνώσεις που χρειάζονται για να την χρησιμοποιεί με ασφάλεια. Άρα είναι πάντα πιθανό ένα ατύχημα που θα γίνει από ανθρώπινο λάθος (όπως στο Τσερνόμπιλ στην Ουκρανία το 1986) ή από κάποιο φυσικό φαινόμενο (όπως στη Φουκουσίμα στην Ιαπωνία το 2011).

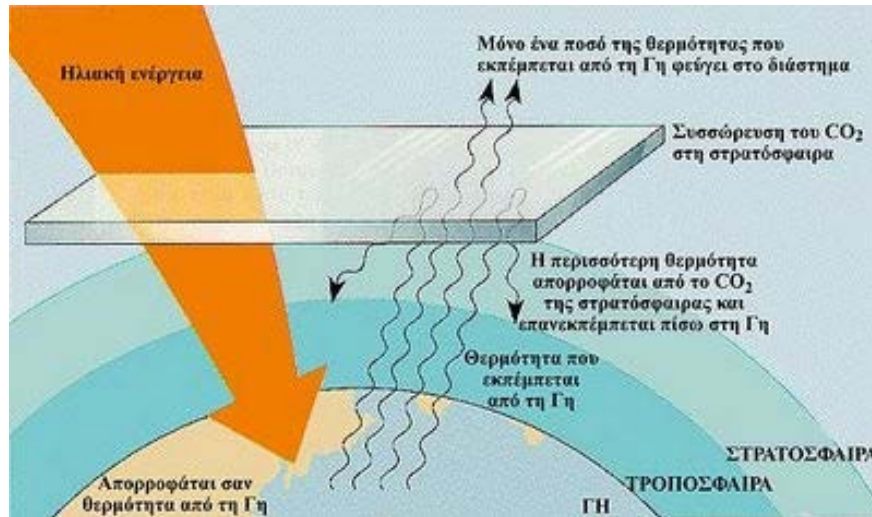
1.4.5 ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι μια φυσική διαδικασία. Δίχως αυτό, η Γη θα ήταν κρύα (περίπου στους -20oC) και δεν θα μπορούσε να υπάρχει ζωή. Αντιθέτως λόγω του φαινομένου αυτού, η μέση θερμοκρασία της γης διατηρείται στο επίπεδο των 15oC.

Σε απόσταση 25 χιλιομέτρων από την επιφάνεια της Γης υπάρχει ένα λεπτό στρώμα αποτελούμενο κυρίως από CO₂ και υδρατμούς, το οποίο δρα όπως το γυαλί ενός

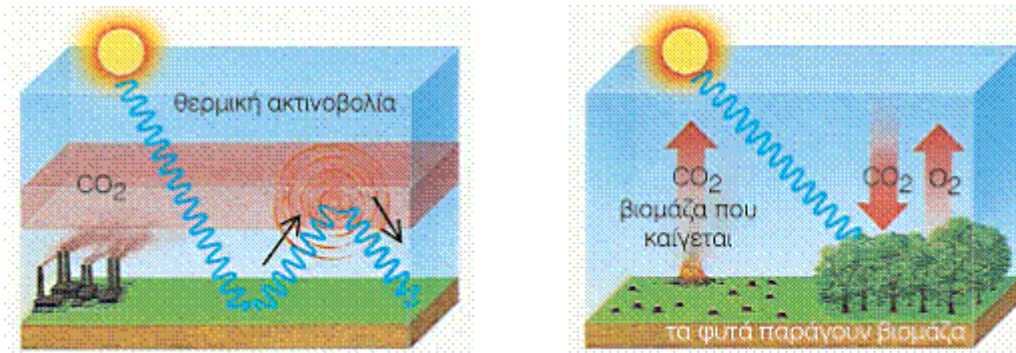
θερμοκηπίου. Δηλαδή, ενώ επιτρέπει την είσοδο της θερμότητας που μεταφέρει η υπεριώδης ακτίνα του ηλίου, εμποδίζει την έξοδο της θερμότητας προς το διάστημα. Έτσι η επιφάνεια της Γης συγκρατεί ένα ποσό θερμότητας και διατηρεί σταθερή τη μέση θερμοκρασία της, βασική συνθήκη για να μπορεί να διατηρείται η ζωή πάνω στην επιφάνεια της.

Περίπου το 86% της κατακρατούμενης από την ατμόσφαιρα γήινης ακτινοβολίας, οφείλεται στην παρουσία υδρατμών (H_2O), διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) και νεφών. Οι υδρατμοί αποτελούν το πλέον ενεργό συστατικό, κατά ποσοστό 60%, ενώ μικρότερη συνεισφορά έχουν και τα αέρια: μεθάνιο (CH_4), οξείδιο του νατρίου (N_2O) και όζον (O_3). Τα αέρια που έχουν την ιδιότητα να κατακρατούν την ηλιακή ακτινοβολία εντός της γήινης ατμόσφαιρας ονομάζονται αέρια του θερμοκηπίου.



Τα τελευταία χρόνια, καταγράφεται μία αύξηση στη συγκέντρωση αρκετών αερίων του θερμοκηπίου και ειδικότερα του διοξειδίου του άνθρακα. Τα τρία τέταρτα της ανθρωπογενούς παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα, οφείλεται σε χρήση ορυκτών καυσίμων (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, μεταφορές, βιομηχανία, οικιστικός τομέας κλπ) ενώ το υπόλοιπο μέρος προέρχεται από αλλαγές που συντελούνται στο έδαφος, κυρίως μέσω της αποδάσωσης. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες που σχετίζονται με τη χρήση ορυκτών καυσίμων όχι μόνο εκπέμπουν υψηλές συγκεντρώσεις CO_2 στην ατμόσφαιρα, αλλά δυσχεραίνουν την ικανότητα της Γης να το απορροφά και να το ενσωματώνει στους φυσικούς κύκλους ροής ενέργειας και ύλης, με την καταστροφή των δασών και του φυτοπλαγκτόν των ωκεανών.

Σήμερα λέγοντας φαινόμενο θερμοκηπίου δεν αναφερόμαστε στη φυσική διεργασία, αλλά στην έξαρση αυτής, λόγω της ρύπανσης της ατμόσφαιρας από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες που αυξάνουν την συγκέντρωση των αερίων του θερμοκηπίου και των χλωροφθορανθράκων (CFC's). Μελετητές υποστηρίζουν ότι στο μέλλον η παγκόσμια κλιματική αλλαγή θα επηρεάσει σημαντικά τη συχνότητα, το εύρος και την τοποθεσία εκδήλωσης των ακραίων καιρικών φαινομένων, αναφέροντας ότι αναμένονται περισσότερα κύματα καύσωνα και λιγότερες περιόδους παγετώνων, ενώ εντονότερες βροχοπτώσεις μπορούν να οδηγήσουν σε αυξημένες πλημμύρες σε μερικές περιοχές.



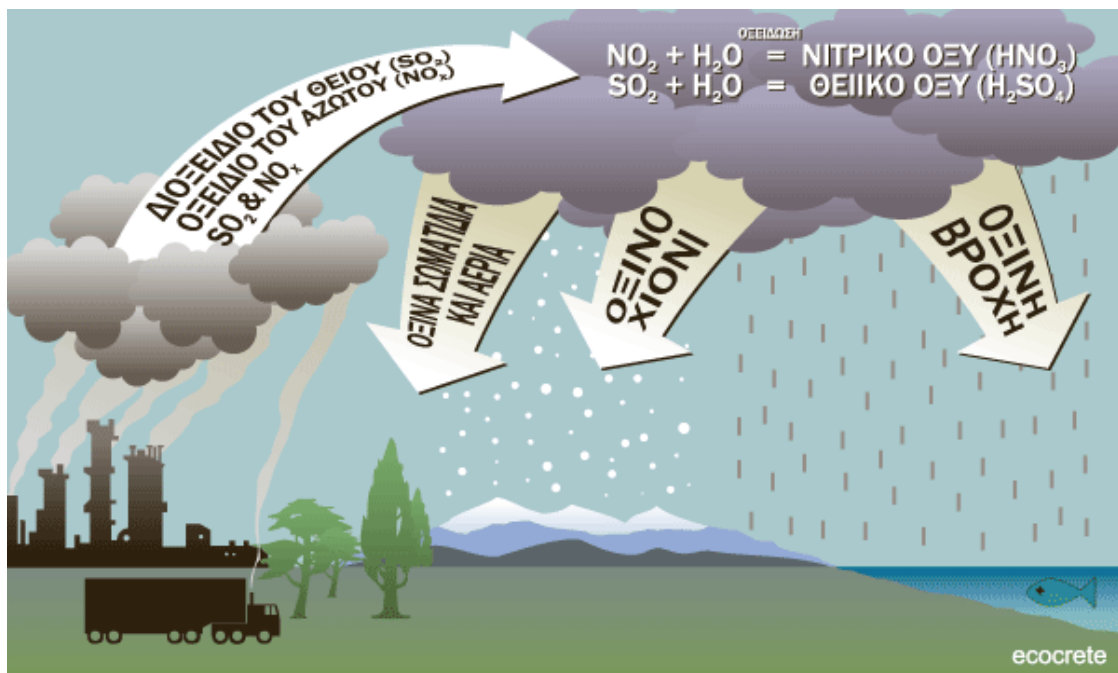
Το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Το στρώμα του διοξειδίου του άνθρακα που συσσωρεύεται στην ατμόσφαιρα από τις καύσεις εγκλωβίζει τις θερμικές ακτίνες του ηλίου στην επιφάνεια της γης και προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας της.

Η μείωση των τροπικών δασών εντείνει την ατμοσφαιρική ρύπανση και το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Αυξάνει το διοξείδιο του άνθρακα και μειώνει το οξυγόνο και την παραγωγή φυτικής βιομάζας.

1.4.6 ΟΞΙΝΗ ΒΡΟΧΗ

Όξινη βροχή ονομάζουμε το φαινόμενο που οφείλεται στη ρύπανση της ατμόσφαιρας και κατά το οποίο ποσότητες κυρίως θεικού και νιτρικού οξέος φτάνουν στο έδαφος σε υγρή μορφή, μεταφερόμενες με τη βροχή, το χιόνι, την ομίχλη, το χαλάζι κ.λπ., με καταστρεπτικές επιπτώσεις στη χλωρίδα και την πανίδα, καθώς και σε κτίρια και μνημεία.



Ο όρος "όξινη βροχή" χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά για να περιγράψει τη ρυπασμένη βροχή στο Μάντσεστερ της Βρετανίας στη διάρκεια της βιομηχανικής επανάστασης τον 19ο αιώνα και εξακολουθεί να χρησιμοποιείται παρά το ότι θεωρείται σωστότερος ο όρος "όξινη κατακρήμνιση". Κύρια αιτία για το σχηματισμό της όξινης βροχής είναι το διοξείδιο του θείου (SO₂), που εκλύεται από βιομηχανίες που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα, καθώς και τα οξείδια του αζώτου (NO_x), που περιέχονται κυρίως στα καυσαέρια

των αυτοκινήτων. Οι ενώσεις αυτές αντιδρούν με το οξυγόνο και τους υδρατμούς της ατμόσφαιρας και σχηματίζουν αντίστοιχα θειικό οξύ (H_2SO_4) και νιτρικό οξύ (HNO_3), τα οποία στη συνέχεια, διαλυμένα στο νερό της βροχής, στο χαλάζι, στο χιόνι ή στα σταγονίδια της ομίχλης, προσβάλλουν το έδαφος, το νερό, τα φυτά, τα ζώα και τα κτίσματα. Το SO_2 και τα NO_x μπορούν να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις με τη βοήθεια των ανέμων και να δημιουργήσουν όξινη βροχή χιλιόμετρα μακριά από τον τόπο εκπομπής τους. Το πρόβλημα της όξινης βροχής άρχισε να γίνεται ιδιαίτερα έντονο από τη δεκαετία του 1970 και μετά. Οι κύριες καταστροφές που προκαλεί είναι:

1) Καταστροφή φυτών και εδάφους

Ιδιαίτερα καταστρεπτική έχει θεωρηθεί η επίδρασή της στα φυτά και ειδικότερα στα δέντρα, που λόγω της μεγάλης διάρκειας ζωής τους εκτίθενται μακροχρόνια σε αυτήν. Τα φύλλα ή οι βελόνες των δέντρων κιτρινίζουν και πέφτουν, ο μεταβολισμός τους διαταράσσεται και το ριζικό σύστημα υφίσταται βλάβες, με αποτέλεσμα να προσλαμβάνονται μικρότερες ποσότητες θρεπτικών αλάτων και νερού. Επιπλέον, το ίδιο το έδαφος υποβαθμίζεται, γιατί τα οξέα που φτάνουν σ' αυτό σε μεγάλη ποσότητα καταστρέφουν τους ωφέλιμους μικροοργανισμούς, διαλύουν μεγάλες ποσότητες θρεπτικών αλάτων που κατόπιν απομακρύνονται με το νερό της βροχής και απελευθερώνουν τοξικά για τα φυτά βάρεια μέταλλα (κυρίως ιόντα αργιλίου και μαγγανίου). Ως συνέπεια όλων αυτών είναι, βέβαια, η εξασθένιση των δέντρων, που γίνονται ευάλωτα σε βακτήρια, ασθένειες κ.λπ. και τελικά πεθαίνουν.

2) Καταστροφή των επιφανειακών νερών

Καταστρεπτικές είναι οι επιδράσεις της όξινης βροχής και στα επιφανειακά νερά, κυρίως λίμνες και μικρά ποτάμια, καθώς η αυξημένη συγκέντρωση οξέων καταστρέφει το πλαγκτόν, την υδάτινη χλωρίδα και τα αβγά αμφιβίων και ψαριών. Κατά καιρούς η όξινη βροχή έχει θεωρηθεί υπεύθυνη και για μαζικούς θανάτους ψαριών, όπως συνέβη σε σκανδιναβικές λίμνες στις αρχές της δεκαετίας του 1970 και σε μικρά ποτάμια της Γερμανίας στα τέλη της δεκαετίας του 1980. Επίσης, ιδιαίτερα αυξημένη ποσότητα όξινης βροχής δέχονται λίμνες και ποταμάκια κατά την άνοιξη με την τήξη των πάγων.

3) Καταστροφή μνημείων

Η όξινη βροχή καταστρέφει κτίρια, μνημεία και αγάλματα κατασκευασμένα από ορυκτό υλικό, που είναι συνήθως ανθρακικό ασβέστιο ($CaCO_3$), όπως ασβεστόλιθος, μάρμαρο κ.λπ. Έτσι, το ανθρακικό ασβέστιο μετατρέπεται σε γύψο, ο οποίος στη συνέχεια ενώνεται με τους υδρατμούς της ατμόσφαιρας ή το νερό της βροχής, φουσκώνει και σκάει, με τελικό αποτέλεσμα τη διάβρωση ή την αποσάθρωση του υλικού. Το θειικό οξύ επιδρά επίσης και στις εξωτερικές υαλογραφίες των κτιρίων, καθώς αποχρωματίζει και θαμπώνει το γυαλί. Καταστροφές μνημείων εξαιτίας της όξινης βροχής έχουν σημειωθεί σε πάρα πολλές χώρες σε όλο τον κόσμο.

ΚΑΦΑΛΑΙΟ 2

ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

2.1 ΠΕΡΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΕΝΙΚΑ

“Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.) είναι οι μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δηλαδή η αιολική, η ηλιακή και η γεωθερμική ενέργεια, η ενέργεια κυμάτων, η παλιρροϊκή ενέργεια, η υδραυλική ενέργεια, τα αέρια τα εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής, από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και τα βιοαέρια, όπως ορίζει η ΟΔΗΓΙΑ 2001/77/ΕΚ.”

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Α.Π.Ε.) ή ήπιες μορφές ενέργειας, ή νέες πηγές ενέργειας, ή πράσινη ενέργεια 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. Καταρχάς, 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 αποδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα, όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα. Έτσι οι Α.Π.Ε. 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 (π.χ. 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 Α.Π.Ε. 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 Α.Π.Ε. 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 ήπιες μορφές 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 βασιζόμενες στην ηλιακή ακτινοβολία ήπιες πηγές ενέργειας είναι ανανεώσιμες, μιας και δεν πρόκειται να εξαντληθούν όσο υπάρχει ο ήλιος, δηλαδή για μερικά ακόμα δεκατομμύρια 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 μετατρεπόμενες 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 πολιτικές και οικονομικές σκοπιμότητες που έχουν να κάνουν με τη διατήρηση του παρόντος στάτους κβο στον ενεργειακό τομέα εμπόδισαν την εκμετάλλευση έστω και μέρους αυτού του δυναμικού.

Το ενδιαφέρον για τις ήπιες μορφές ενέργειας ανακινήθηκε τη δεκαετία του 1970, ως αποτέλεσμα κυρίως των απανωτών πετρελαϊκών κρίσεων της εποχής, αλλά και της αλλοίωσης του περιβάλλοντος και της ποιότητας ζωής από τη 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 και, αν και αποτελούν πολύ μικρό ποσοστό της ενεργειακής παραγωγής, ετοιμάζονται βήματα για παραπέρα αξιοποίησή τους. Το κόστος δε των εφαρμογών ήπιων μορφών ενέργειας πέφτει συνέχεια τα τελευταία είκοσι χρόνια και ειδικά η αιολική και υδροηλεκτρική ενέργεια, αλλά και η βιομάζα, μπορούν πλέον να ανταγωνίζονται στα ίσα παραδοσιακές πηγές ενέργειας όπως ο άνθρακας και η πυρηνική ενέργεια. Ενδεικτικά, στις Η.Π.Α. ένα 6% της ενέργειας προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές, ενώ στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 2010 το 25% της ενέργειας προερχόταν από ανανεώσιμες πηγές (κυρίως υδροηλεκτρικά και βιομάζα).

Παρόλα αυτά όμως δεν παύει να υπάρχουν πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα ακόμα και σε αυτές τις περιπτώσεις των Α.Π.Ε.. Παρακάτω θα δούμε τις ευκολίες αλλά και τα προβλήματα που συναντάμε σε αυτές τις περιπτώσεις.

Παρακάτω βλέπουμε τα πλεονεκτήματα που συναντάμε καθώς κάνουμε χρήση και αξιοποίηση των Α.Π.Ε.:

- Είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα.
- Δεν πρόκειται να εξαντληθούν ποτέ, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα.
- Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
- Είναι ευέλικτες εφαρμογές που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του επί τόπου πληθυσμού, καταργώντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες παραγωγής ενέργειας (καταρχήν για την ύπαιθρο) αλλά και για μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.
- Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει πολύ μεγάλο χρόνο ζωής.
- Επιδοτούνται από τις περισσότερες κυβερνήσεις.

Εκτός όμως από τις ευκολίες που συναντάμε στην χρήση και την αξιοποίηση των Α.Π.Ε. δεν παύει να υπάρχουν και προβλήματα τα οποία και βλέπουμε παρακάτω:

- Έχουν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια της γης. Γι' αυτό το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται σαν συμπληρωματικές πηγές ενέργειας.
- Για τον παραπάνω λόγο προς το παρόν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.
- Η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται.

➤ Για τις αιολικές μηχανές υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη κι ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης (π.χ. σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα) αυτά τα προβλήματα έχουν σχεδόν λυθεί.

➤ Για τα υδροηλεκτρικά έργα λέγεται ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω απ' το νερό κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

2.2 ΕΙΔΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, έχουν κύρια γενεσιουργό αιτία την ηλιακή ακτινοβολία, με εξαίρεση εκείνη που αφορά στην ενέργεια των παλιροϊκών κινήσεων που οφείλονται στη βαρυτική δράση, κυρίως της Σελήνης, πάνω στους υδάτινους όγκους που καλύπτουν την επιφάνεια της Γης, καθώς και τη γεωθερμική, όπου η ηλιακή ακτινοβολία παίζει δευτερεύοντα ρόλο. Παρακάτω θα αναφέρουμε αλλά και αναλύσουμε ξεχωριστά το κάθε είδος από τις Α.Π.Ε..

2.2.1 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ



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.

Η σημερινή τεχνολογία βασίζεται σε ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα 2 ή 3 πτερυγίων, με αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύ 200 έως 400kW. Όταν εντοπιστεί μια ανεμώδης περιοχή, και εφόσον βέβαια έχουν προηγηθεί οι απαραίτητες μετρήσεις και μελέτες, για την αξιοποίηση του αιολικού της δυναμικού τοποθετούνται μερικές δεκάδες ανεμογεννήτριες, οι οποίες απαρτίζουν ένα «αιολικό πάρκο».

Η εγκατάσταση κάθε ανεμογεννήτριας διαρκεί 1-3 μέρες. Αρχικά ανυψώνεται ο πύργος και τοποθετείται τμηματικά πάνω στα θεμέλια. Μετά ανυψώνεται η άτρακτος στην κορυφή του πύργου. Στη βάση του πύργου συναρμολογείται ο ρότορας ή δρομέας (οριζοντίου άξονα, πάνω στον οποίο είναι προσαρτημένα τα πτερύγια), ο οποίος αποτελεί το κινητό μέρος της ανεμογεννήτριας. Η άτρακτος περιλαμβάνει το σύστημα μετατροπής της μηχανικής ενέργειας

σε ηλεκτρική. Στη συνέχεια ο ρότορας ανυψώνεται και συνδέεται στην άτρακτο. Τέλος, γίνονται οι απαραίτητες ηλεκτρικές συνδέσεις.

Τα πλεονεκτήματα από την χρήση και την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας είναι τα εξής:

- Εξοικονόμηση σημαντικών ποσοτήτων συμβατικών καυσίμων.
- Περιορισμός ρύπανσης του περιβάλλοντος.
- Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.

Τα μειονεκτήματα από την χρήση και την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας είναι τα εξής:

- Προβλήματα υγείας από ηχητικά κύματα χαμηλής συχνότητας και κινούμενες σκιές ορισμένης συχνότητας.
- Πιθανές ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές.
- Τραυματισμός ή θάνατος πουλιών.
- Διαλείπων χαρακτήρας, απαιτείται αποθήκευση.
- Αισθητική υποβάθμιση της περιοχής.

2.2.2 BIOMAZA

Με τον όρο **βιομάζα** αποκαλείται οποιοδήποτε υλικό παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς (όπως είναι το ξύλο και άλλα προϊόντα του δάσους, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων κ.λπ.) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας. Το καύσιμο βιομάζας είναι γνωστό στην Ελλάδα κι ως πέλετ.

Η ενέργεια που είναι δεσμευμένη στις φυτικές ουσίες προέρχεται από τον ήλιο. Με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα. Οι ζωικοί οργανισμοί αυτή την ενέργεια την προσλαμβάνουν με την τροφή τους και αποθηκεύουν ένα μέρος της. Αυτή την ενέργεια αποδίδει τελικά η βιομάζα, μετά την επεξεργασία και τη χρήση της. Είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας γιατί στην πραγματικότητα είναι αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια που δεσμεύτηκε από τα φυτά κατά τη φωτοσύνθεση.

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

Αλλά και μέχρι σήμερα, κυρίως οι αγροτικοί πληθυσμοί, τόσο της Αφρικής, της Ινδίας και της Λατινικής Αμερικής, όσο και της Ευρώπης, για να ζεσταθούν, να μαγειρέψουν και να φωτιστούν χρησιμοποιούν ξύλα, φυτικά υπολείμματα (άχυρα, πριονίδια, άχρηστους καρπούς ή κουκούτσια κ.ά.) και ζωικά απόβλητα (κοπριά, λίπος ζώων, άχρηστα αλιεύματα κ.ά.).

Όλα τα παραπάνω υλικά, που άμεσα ή έμμεσα προέρχονται από το φυτικό κόσμο, αλλά και τα υγρά απόβλητα και το μεγαλύτερο μέρος από τα αστικά απορρίμματα



(υπολείμματα τροφών, χαρτί κ.ά.) των πόλεων και των βιομηχανιών, μπορούμε να τα μετατρέψουμε σε ενέργεια.

Η ενέργεια της βιομάζας (βιοενέργεια ή *πράσινη ενέργεια*) είναι δευτερογενής ηλιακή ενέργεια. Η ηλιακή ενέργεια μετασχηματίζεται από τα φυτά μέσω της φωτοσύνθεσης. Οι βασικές πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται, είναι το νερό και το διοξείδιο του άνθρακα, που είναι άφθονα στη φύση.

Η μόνη φυσικά ευρισκόμενη πηγή ενέργειας με άνθρακα που τα αποθέματά της είναι ικανά ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο των ορυκτών καυσίμων, είναι η βιομάζα. Αντίθετα από αυτά, η βιομάζα είναι ανανεώσιμη καθώς απαιτείται μόνο μια σύντομη χρονική περίοδος για να αναπληρωθεί ό,τι χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας. Εν γένει, για τις διάφορες τελικές χρήσεις υιοθετούνται διαφορετικοί όροι. Έτσι, ο όρος "βιοισχύς" περιγράφει τα συστήματα που χρησιμοποιούν πρώτες ύλες βιομάζας αντί των συνήθων ορυκτών καυσίμων (φυσικό αέριο, άνθρακα) για ηλεκτροπαραγωγή, ενώ ως "βιοκαύσιμα" αναφέρονται κυρίως τα υγρά καύσιμα μεταφορών που υποκαθιστούν πετρελαϊκά προϊόντα, π.χ. βενζίνη ή ντίζελ.

Βασικό πλεονέκτημα της βιομάζας είναι ότι είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και ότι παρέχει ενέργεια αποθηκευμένη με χημική μορφή. Η αξιοποίηση της μπορεί να γίνει με μετατροπή της σε μεγάλη ποικιλία προϊόντων, με διάφορες μεθόδους και τη χρήση σχετικά απλής τεχνολογίας. Σαν πλεονέκτημά της καταγράφεται και το ότι κατά την παραγωγή και την μετατροπή της δεν δημιουργούνται οικολογικά και περιβαλλοντολογικά προβλήματα. Από την άλλη, σαν μορφή ενέργειας η βιομάζα χαρακτηρίζεται από πολυμορφία, χαμηλό ενεργειακό περιεχόμενο, σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα, λόγω χαμηλής πυκνότητας και/ή υψηλής περιεκτικότητας σε νερό, εποχικότητα, μεγάλη διασπορά, κλπ. Τα χαρακτηριστικά αυτά συνεπάγονται πρόσθετες, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα, δυσκολίες στη συλλογή, μεταφορά και αποθήκευσή της. Σαν συνέπεια το κόστος μετατροπής της σε πιο εύχρηστες μορφές ενέργειας παραμένει υψηλό.

Εντούτοις, η έρευνα και η τεχνολογική πρόοδος που έχει πραγματοποιηθεί τα τελευταία 10 χρόνια έχουν καταστήσει τις τεχνολογίες ενεργειακής μετατροπής της βιομάζας εξαιρετικά ελκυστικές σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι προοπτικές, μάλιστα, της βιοενέργειας καθίστανται διαρκώς μεγαλύτερες και πιο ελπιδοφόρες. Στις πιο προηγμένες οικονομικά χώρες, αναμένεται να καλύπτει σημαντικό τμήμα της ενεργειακής παραγωγής μελλοντικά.

Παρακάτω βλέπουμε τα πλεονεκτήματα που εμφανίζονται από την χρήση και την αξιοποίηση της βιομάζας:

➤ Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου - επειδή οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη δημιουργία της βιομάζας.

➤ Η μηδαμινή ύπαρξη του θείου στη βιομάζα συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου (SO₂) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή.

➤ Εφόσον η βιομάζα είναι εγχώρια πηγή ενέργειας, η αξιοποίησή της σε ενέργεια συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα και βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου, στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και στην εξοικονόμηση του συναλλάγματος.

➤ Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια περιοχή, αυξάνει την απασχόληση στις αγροτικές περιοχές με τη χρήση εναλλακτικών καλλιεργειών (διάφορα είδη ελαιοκράμβης, σόργο, καλάμι, κενάφ) τη δημιουργία εναλλακτικών αγορών για τις παραδοσιακές καλλιέργειες (ηλιάνθος κ.ά.), και τη συγκράτηση του πληθυσμού στις εστίες τους, συμβάλλοντας έτσι στη κοινωνικο-οικονομική ανάπτυξη της περιοχής. Μελέτες έχουν δείξει

ότι η παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων έχει θετικά αποτελέσματα στον τομέα της απασχόλησης τόσο στον αγροτικό όσο και στο βιομηχανικό χώρο.

➤ Είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

Παρακάτω βλέπουμε τα μειονεκτήματα που εμφανίζονται από την χρήση και την αξιοποίηση της βιομάζας:

➤ Ο αυξημένος όγκος και η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα δυσχεραίνουν την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.

➤ Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της βιομάζας δυσκολεύουν την συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.

➤ Βάσει των παραπάνω παρουσιάζονται δυσκολίες κατά τη συλλογή, μεταφορά, και αποθήκευση της βιομάζας που αυξάνουν το κόστος της ενεργειακής αξιοποίησης.

➤ Οι σύγχρονες και βελτιωμένες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού, συγκρινόμενες με αυτό των συμβατικών καυσίμων.

2.2.3 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Γεωθερμία ή **γεωθερμική ενέργεια** ονομάζουμε τη φυσική θερμική ενέργεια της Γης που διαρρέει από το θερμό εσωτερικό του πλανήτη προς την επιφάνεια. Η μετάδοση θερμότητας πραγματοποιείται με δύο τρόπους:

- Με αγωγή από το εσωτερικό προς την επιφάνεια με ρυθμό 0,04 - 0,06 W/m²
- Με ρεύματα μεταφοράς, που περιορίζονται όμως στις ζώνες κοντά στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών, λόγω ηφαιστειακών και υδροθερμικών φαινομένων.

Μεγάλη σημασία για τον άνθρωπο έχει η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας για την κάλυψη αναγκών του, καθώς είναι μια πρακτικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Ανάλογα με το θερμοκρασιακό της επίπεδο μπορεί να έχει διάφορες χρήσεις.

Η Υψηλής Ενθαλπίας (>150 °C) χρησιμοποιείται συνήθως για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ισχύς τέτοιων εγκαταστάσεων το 1979 ήταν 1.916 MW με παραγόμενη ενέργεια 12×10^6 kWh/yr.

Η Μέσης Ενθαλπίας (80 έως 150 °C) που χρησιμοποιείται για θέρμανση ή και ξήρανση ξυλείας και αγροτικών προϊόντων καθώς και μερικές φορές και για την παραγωγή ηλεκτρισμού (π.χ. με κλειστό κύκλωμα φρέον που έχει χαμηλό σημείο ζέσεως).

Η Χαμηλής Ενθαλπίας (25 έως 80 °C) που χρησιμοποιείται για θέρμανση χώρων, για θέρμανση θερμοκηπίων, για ιχθυοκαλλιέργειες, για παραγωγή γλυκού νερού.

Οι εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας ποικίλουν ανάλογα με τη θερμοκρασία και περιλαμβάνουν:

- Ηλεκτροπαραγωγή ($\theta > 90$ °C), (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με δυαδικό κύκλο).
- Θέρμανση χώρων (με καλοριφέρ για $\theta > 60$ °C, με αερόθερμα για $\theta > 40$ °C, με ενδοδαπέδιο σύστημα ($\theta > 25$ °C)).



- Ψύξη και κλιματισμό (με αντλίες θερμότητας απορρόφησης για $\theta > 60$ °C, ή με υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας για $\theta < 30$ °C).
- Θέρμανση θερμοκηπίων και εδαφών επειδή τα φυτά αναπτύσσονται γρηγορότερα και γίνονται μεγαλύτερα με τη θερμότητα ($\theta > 25$ °C), ή και για αντιπαγετική προστασία.
- Ιχθυοκαλλιέργειες ($\theta > 15$ °C) επειδή τα ψάρια χρειάζονται ορισμένη θερμοκρασία για την ανάπτυξή τους.
- Βιομηχανικές εφαρμογές όπως αφαλάτωση θαλασσινού νερού ($\theta > 60$ °C), ξήρανση αγροτικών προϊόντων, κλπ.
- Θερμά λουτρά για $\theta = 25-40$ °C.

Τα πλεονεκτήματα από την χρήση και την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας είναι τα εξής:

- Μείωση εισαγωγών πετρελαίου.
- Εξοικονόμηση φυσικών πόρων.
- Λιγότερες εκπομπές διοξειδίου άνθρακα και ελάχιστες έως μηδενικές οξειδίων του αζώτου και του θείου.

Τα μειονεκτήματα από την χρήση και την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας είναι τα εξής:

- Προβλήματα από την απόρριψη των γεωθερμικών ρευστών στο περιβάλλον της περιοχής ή δύσοσμα αέρια (π.χ. υδρόθειο)
- Προβλήματα διάβρωσης και δημιουργίας αποθέσεων, κυρίως στις σωληνώσεις μεταφοράς των ρευστών.

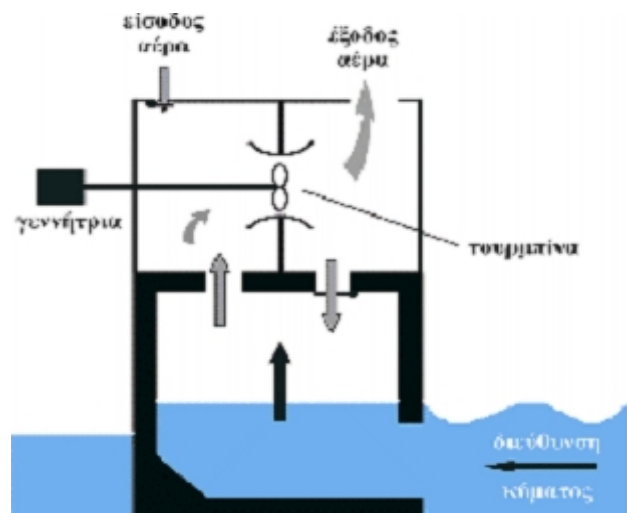
2.2.4 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ

Οι ωκεανοί μπορούν να μας προσφέρουν τεράστια ποσά ενέργειας. Υπάρχουν τρεις βασικοί τρόποι για να εκμεταλλευτούμε την ενέργεια της θάλασσας:

- Ενέργεια από τα κύματα.
- Ενέργεια από τις παλίρροιες (μικρές και μεγάλες).
- Ενέργεια από τις θερμοκρασιακές διαφορές του νερού.

- Ενέργεια από τα κύματα

Η κινητική ενέργεια των κυμάτων μπορεί να περιστρέψει την τουρμπίνα, όπως φαίνεται στο σχήμα. 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. Η παραγόμενη ενέργεια είναι σε θέση να καλύψει τις ανάγκες μιας οικίας, ενός φάρου, κ.τ.λ.



ii) Ενέργεια από τις παλίρροιες

Η αξιοποίηση της παλιρροϊκής ενέργειας χρονολογείται από εκατοντάδες χρόνια πριν, αφού με τα νερά που δεσμεύονταν στις εκβολές ποταμών από την παλίρροια, κινούνταν νερόμυλοι. Ο τρόπος είναι απλός: Τα εισερχόμενα νερά της παλίρροιας στην ακτή κατά την πλημμυρίδα μπορούν να παγιδευτούν σε φράγματα, οπότε κατά την άμπωτη 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. Η διαφορά μεταξύ της στάθμης του νερού κατά την άμπωτη και την πλημμυρίδα πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 μέτρα. Σήμερα οι μικροί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το θαλασσινό νερό βρίσκονται σε πειραματικό στάδιο. Η ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να παραχθεί είναι ικανή να καλύψει τις ανάγκες μιας πόλης μέχρι και 240 χιλιάδων κατοίκων. Ο πρώτος παλιρροϊκός σταθμός κατασκευάστηκε στον ποταμό La Rance στις ακτές της Βορειοδυτικής Γαλλίας το 1962 και οι υδροστρόβιλοί του μπορούν να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια καθώς το νερό κινείται κατά τη μια ή την άλλη κατεύθυνση. Άλλοι τέτοιοι σταθμοί λειτουργούν στη Ρωσία, στη θάλασσα Barents και στον κόλπο Fuhdy της Νέας Σκωτίας.

iii) Ενέργεια από τις θερμοκρασιακές διαφορές του νερού

Η θερμική ενέργεια των ωκεανών μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί με την εκμετάλλευση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του θερμότερου επιφανειακού νερού και του ψυχρότερου νερού του πυθμένα. Η διαφορά αυτή πρέπει να είναι τουλάχιστον 3,5 °C.

Τα πλεονεκτήματα από την χρήση και την αξιοποίηση της ενέργειας από την θάλασσα είναι τα εξής:

- Η ενέργεια είναι δωρεάν καθώς δεν χρησιμοποιείται κανένα είδος καύσιμης ύλης.
- Δεν είναι ακριβή η λειτουργία και η συντήρηση των μονάδων παραγωγής ενέργειας μέσω των θαλάσσιων κυμάτων.
- Είναι φιλικά προς το περιβάλλον καθώς κατά την λειτουργία των μονάδων δεν παράγονται απόβλητα.
- Δίνεται η δυνατότητα παραγωγής ενός μεγάλου ποσού ενέργειας.
- Αποθέματα της πρώτης ύλης (νερό) υπάρχουν σε αφθονία σε παγκόσμια κλίμακα, μιας και το υδάτινο στοιχείο είναι το 75% της επιφάνειας του πλανήτη μας.
- Μικρό χρονικό διάστημα ανάμεσα στην έρευνα, την εγκατάσταση και την λειτουργία της μονάδας.
- Προστατεύουν την ακτή στην οποία βρίσκονται, πράγμα πολύ χρήσιμο σε λιμάνια.
- Δεν δημιουργούν προβλήματα στις μετακινήσεις των ψαριών (εκτός από τα παλιρροϊκά φράγματα).

Τα μειονεκτήματα από την χρήση και την αξιοποίηση της ενέργειας από την θάλασσα είναι τα εξής:

- Η παραγωγή ενέργειας εξαρτάται από την δύναμη των κυμάτων, όπου άλλες φορές παίρνουμε μεγάλα ποσά ενέργειας και άλλες φορές μηδενικά (αντίστοιχα στην παλίρροια εξαρτάται από την κίνηση των υδάτων).
- Απαιτείται προσεκτική επιλογή της τοποθεσίας εγκατάστασης της μονάδας καθώς θα πρέπει να έχουμε δυνατά κύματα.
- Πολλές από τις εγκαταστάσεις είναι θορυβώδεις.

- Οι εγκαταστάσεις πρέπει να κατασκευάζονται με ειδικό τρόπο ώστε να αντέχουν στις δύσκολες καιρικές συνθήκες.
- Το κόστος μεταφοράς της παραγόμενης ενέργειας στη στεριά είναι πολύ υψηλό.

2.2.5 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

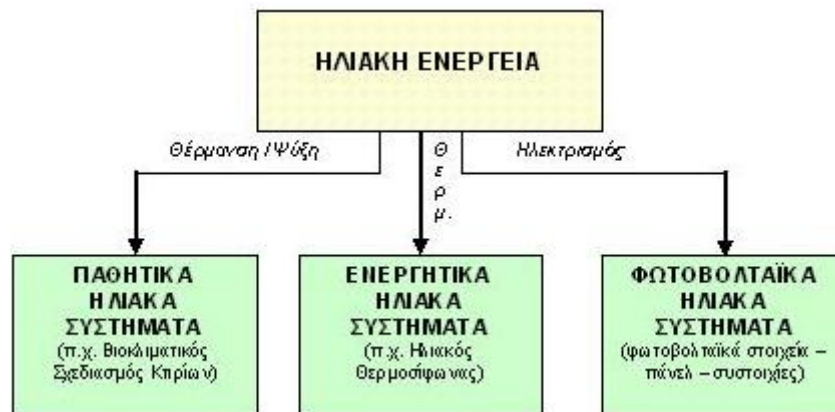
Ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Τέτοιες είναι το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα ή θερμική ενέργεια καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας.

Η ηλιακή ενέργεια στο σύνολό της είναι πρακτικά ανεξάντλητη, αφού προέρχεται από τον ήλιο, και ως εκ τούτου δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της.

Όσον αφορά την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, θα μπορούσαμε να πούμε ότι χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες εφαρμογών:



- Τα παθητικά ηλιακά συστήματα
- Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα ή ηλιοθερμικά συστήματα
- Τα φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα.



- Παθητικά ηλιακά συστήματα

Τέτοια συστήματα είναι τα δομικά στοιχεία ενός κτιρίου που βοηθούν την καλύτερη, άμεση ή έμμεση, εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση ή το δροσισμό του κτιρίου. Προϋπόθεση για την εφαρμογή παθητικών ηλιακών συστημάτων σε ένα κτίριο είναι η θερμομόνωσή του έτσι ώστε να περιοριστούν οι θερμικές απώλειες. Η αρχή λειτουργίας των παθητικών συστημάτων θέρμανσης βασίζεται στο "φαινόμενο του θερμοκηπίου" ενώ τα παθητικά συστήματα δροσισμού βασίζονται στην προστασία του κτιρίου από τον ήλιο, δηλαδή στην παρεμπόδιση της εισόδου των ανεπιθύμητων, κατά τη θερινή περίοδο, ακτίνων του ήλιου στο κτίριο. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση μόνιμων ή κινητών σκιάστρων καθώς και με τη διευκόλυνση της φυσικής κυκλοφορίας του αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων. Ένα κτίριο που περιλαμβάνει παθητικά συστήματα θέρμανσης, δροσισμού ή ακόμη και φυσικού φωτισμού, κατασκευασμένο εξ αρχής ή τροποποιημένο, ονομάζεται "βιοκλιματικό κτήριο"

και είναι δυνατό να καλύψει μεγάλο μέρος των ενεργειακών του αναγκών από την άμεση ή έμμεση αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας.

ii) Ενεργητικά ηλιακά συστήματα

Η "καρδιά" ενός ενεργητικού ηλιακού συστήματος είναι ο ηλιακός συλλέκτης. Ο συλλέκτης αυτός περιλαμβάνει μια μαύρη, συνήθως επίπεδη μεταλλική επιφάνεια, η οποία απορροφά την ακτινοβολία και θερμαίνεται. Πάνω από την απορροφητική επιφάνεια βρίσκεται ένα διαφανές κάλυμμα (συνήθως από γυαλί ή πλαστικό) που παγιδεύει τη θερμότητα (φαινόμενο θερμοκηπίου). Σε επαφή με την απορροφητική επιφάνεια τοποθετούνται λεπτοί σωλήνες μέσα στους οποίους διοχετεύεται κάποιο υγρό, που απάγει την θερμότητα και τη μεταφέρει, με τη βοήθεια μικρών αντλιών (κυκλοφορητές), σε μια μεμονωμένη δεξαμενή αποθήκευσης. Το πιο απλό και διαδεδομένο σήμερα ενεργητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης νερού είναι ο ηλιακός θερμοσίφωνας.

iii) Φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα

Η λειτουργία των φωτοβολταϊκών ηλιακών συστημάτων στηρίζεται στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο, δηλαδή την άμεση μετατροπή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα. Μερικά υλικά, όπως το πυρίτιο με πρόσμιξη άλλων στοιχείων, γίνονται ημιαγωγοί (άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα προς μια μόνο διεύθυνση), έχουν δηλαδή τη δυνατότητα να δημιουργούν διαφορά δυναμικού όταν φωτίζονται και κατά συνέπεια να παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα. Συνδέοντας μεταξύ τους πολλά μικρά κομμάτια τέτοιων υλικών (φωτοβολταϊκές κυψέλες ή στοιχεία), τοποθετώντας τα σε μία επίπεδη επιφάνεια (φωτοβολταϊκό σύστημα) και στρέφοντάς τα προς τον ήλιο, γίνεται δυνατή η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος το οποίο μπορεί να καλύψει ανάγκες όπως: λειτουργία επιστημονικών συσκευών (δορυφόρων), κίνηση ελαφρών αυτοκινήτων (ηλιακά αυτοκίνητα), λειτουργία φάρων, ή την κάλυψη έστω και μέρους των ενεργειακών αναγκών μικρών κατοικιών όπως φωτισμός, τηλεπικοινωνίες, ψύξη κτλ. Η μέγιστη απόδοση των φωτοβολταϊκών στοιχείων (Φ/Β), ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους κυμαίνεται από 7% (ηλιακά στοιχεία άμορφου πυριτίου) έως 12-15% (ηλιακά στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου). Το σημαντικό είναι ότι η ενέργεια που παράγεται με αυτό τον τρόπο, μπορεί να αποθηκευτεί σε ηλεκτρικούς συσσωρευτές (μπαταρίες) με αποτέλεσμα να υπάρχει ανεξάντλητη, ανανεώσιμη, φθηνή και κυρίως "καθαρή" ενέργεια.

Τα πλεονεκτήματα από την χρήση και την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας είναι τα εξής:

- Μηδενική ρύπανση.
- Αθόρυβη λειτουργία.
- Αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής.
- Απεξάρτηση από την τροφοδοσία καυσίμων για την παραγωγή της ενέργειας.
- Δυνατότητα επέκτασης.
- Μηδενικό κόστος παραγωγής ενέργειας.
- Ελάχιστη συντήρηση.

Τα μειονεκτήματα από την χρήση και την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας είναι τα εξής:

- Υψηλό κόστος κατασκευής.
- Έλλειψη επιδοτήσεων.
- Προβλήματα στην αποθήκευση.

2.2.6 ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Υδραυλική και εν μέρει **υδροηλεκτρική ενέργεια** είναι η ενέργεια που αποταμιεύεται ως δυναμική ενέργεια μέσα σε βαρυντικό πεδίο με τη συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων νερού σε υψομετρική διαφορά από τη συνέχιση της ροής του ελεύθερου νερού, και αποδίδεται ως κινητική μέσω της υδατόπτωσης. Η κινητική ενέργεια, στη συνέχεια, μπορεί είτε να χρησιμοποιείται αυτούσια επιτόπου (π.χ. νερόμυλοι), είτε να μετατρέπεται σε ηλεκτρική ή άλλες, που την αποθηκεύουν, ώστε τελικά να μεταφέρεται σε μεγάλες αποστάσεις. Στον γήινο κύκλο του νερού η ενέργεια προέρχεται κυρίως από τον ήλιο που εξατμίζει, σηκώνει ψηλά δηλαδή (στην ατμόσφαιρα), μεγάλες ποσότητες νερού. Η εκμετάλλευση της ενέργειας στον κύκλο αυτό γίνεται με τη χρήση υδροηλεκτρικών έργων (υδατοταμιευτήρες, φράγματα, κλειστοί αγωγοί πτώσεως, υδροστρόβιλοι, ηλεκτρογεννήτριες, διάφυγες φυγής).



Η λειτουργία των υδροηλεκτρικών μονάδων βασίζεται στην κίνηση του νερού λόγω διαφοράς μανομετρικού ύψους μεταξύ των σημείων εισόδου και εξόδου. Για το σκοπό αυτό κατασκευάζεται ένα φράγμα που συγκρατεί την απαιτούμενη ποσότητα νερού στον δημιουργούμενο ταμιευτήρα. Κατά τη διέλευσή του από τον αγωγό πτώσεως κινεί έναν στρόβιλο ο οποίος θέτει σε λειτουργία τη γεννήτρια.

Η ποσότητα της παραγόμενης ενέργειας καθορίζεται από τον όγκο του νερού που ρέει, τη διαφορά μανομετρικού ύψους μεταξύ της ελεύθερης επιφάνειας του ταμιευτήρα και του στρόβιλου, κ.α.. Συνεπώς, ο παραγόμενος ηλεκτρισμός εξαρτάται από την ποσότητα του νερού του ταμιευτήρα. Για το λόγο αυτόν μόνο σε περιοχές με σημαντικές βροχοπτώσεις, πλούσιες πηγές και κατάλληλη γεωλογική διαμόρφωση είναι δυνατόν να κατασκευαστούν υδροηλεκτρικά έργα. Συνήθως η ενέργεια που τελικώς παράγεται, χρησιμοποιείται μόνο συμπληρωματικά ως προς άλλες συμβατικές πηγές ενέργειας, καλύπτοντας φορτία αιχμής. Στην Ελλάδα η υδροηλεκτρική ενέργεια ικανοποιεί περίπου το 9% των ενεργειακών μας αναγκών σε ηλεκτρισμό.

Τα υδροηλεκτρικά έργα ταξινομούνται σε μεγάλης και μικρής κλίμακας. Τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά έργα διαφέρουν σημαντικά από της μεγάλης κλίμακας σε ότι αφορά τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον.

- Οι μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικές μονάδες απαιτούν τη δημιουργία φραγμάτων και τεράστιων δεξαμενών με σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η κατασκευή φραγμάτων περιορίζει τη μετακίνηση των ψαριών, της άγριας ζωής και επηρεάζει ολόκληρο το οικοσύστημα καθώς μεταβάλλει ριζικά τη μορφολογία της περιοχής.

- Αντίθετα, τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά εγκαθίστανται δίπλα σε ποτάμια ή κανάλια και η λειτουργία τους παρουσιάζει πολύ μικρότερη περιβαλλοντική όχληση. Για το λόγο αυτό, οι υδροηλεκτρικές μονάδες μικρότερης δυναμικότητας των 30 MW

χαρακτηρίζονται ως μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά έργα και συμπεριλαμβάνονται μεταξύ των εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Κατά τη λειτουργία τους, μέρος της ροής ενός ποταμού οδηγείται σε στρόβιλο για την παραγωγή μηχανικής ενέργειας και συνακόλουθα ηλεκτρικής μέσω της γεννήτριας. Η χρησιμοποιούμενη ποσότητα νερού κατόπιν επιστρέφει στο φυσικό ταμιευτήρα ακολουθώντας τη φυσική της ροή.

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να ξέρουμε τον ρόλο και τις διαφορές αυτών καθώς παίζουν μεγάλο ρόλο ανάλογα με το σκοπό μας.

Τα πλεονεκτήματα από την χρήση και την αξιοποίηση της υδραυλικής ενέργειας είναι τα εξής:

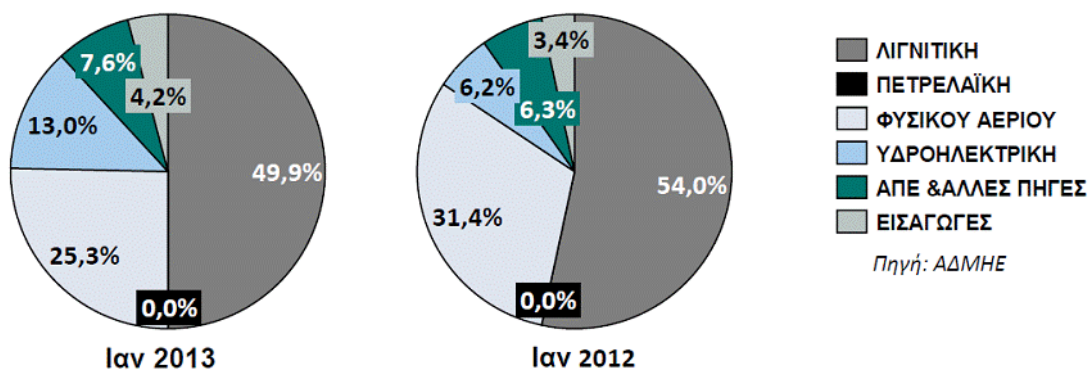
- Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί είναι δυνατό να τεθούν σε λειτουργία αμέσως μόλις απαιτηθεί, σε αντίθεση με τους θερμικούς σταθμούς που απαιτούν σημαντικό χρόνο προετοιμασίας.
- Είναι μία "καθαρή" και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, με τα προαναφερθέντα συνακόλουθα οφέλη (εξοικονόμηση συναλλάγματος, φυσικών πόρων, προστασία περιβάλλοντος).
- Μέσω των υδατοταμιευτήρων δίνεται η δυνατότητα να ικανοποιηθούν και άλλες ανάγκες, όπως ύδρευση, άρδευση, ανάσχεση χειμάρρων, δημιουργία υγροτόπων, περιοχών αναψυχής και αθλητισμού.

Τα μειονεκτήματα από την χρήση και την αξιοποίηση της υδραυλικής ενέργειας είναι τα εξής:

- Μεγάλο κόστος κατασκευής φραγμάτων και εγκατάστασης εξοπλισμού, καθώς και ο συνήθως μεγάλος χρόνος που απαιτείται για την αποπεράτωση του έργου.
- Η έντονη περιβαλλοντική αλλοίωση της περιοχής του έργου (συμπεριλαμβανομένων της γεωμορφολογίας, της πανίδας και της χλωρίδας), καθώς και η ενδεχόμενη μετακίνηση πληθυσμών, η υποβάθμιση περιοχών, οι απαιτούμενες αλλαγές χρήσης γης. Επιπλέον, σε περιοχές δημιουργίας μεγάλων έργων παρατηρήθηκαν αλλαγές του μικροκλίματος, αλλά και αύξηση της σεισμικής επικινδυνότητας τους.

2.3 ΟΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η χώρα μας στην προσπάθεια της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και την εξοικονόμηση φυσικών πόρων, έχει θέσει ως στόχο έως το 2020 οι Α.Π.Ε. να αποτελούν το 20% της παραγόμενης ενέργειας.



2.3.1 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η Ελλάδα είναι μια χώρα με μεγάλη ακτογραμμή και τεράστιο πλήθος νησιών. Ως εκ τούτου, οι ισχυροί άνεμοι που πνέουν κυρίως στις νησιωτικές και παράλιες περιοχές προσδίδουν ιδιαίτερη σημασία στην ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στη χώρα. Το εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό εκτιμάται ότι αντιπροσωπεύει το 13,6% του συνόλου των ηλεκτρικών αναγκών της χώρας.

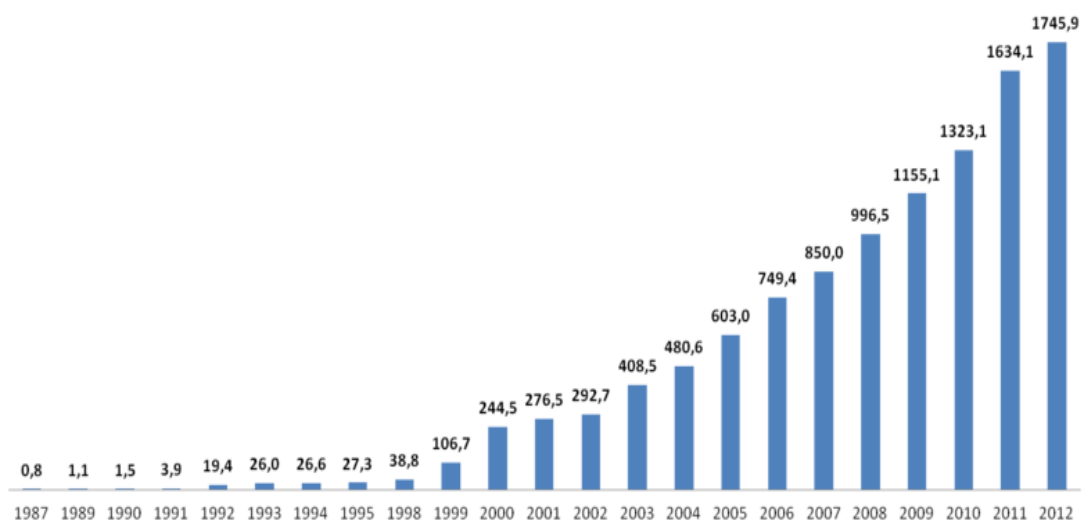
Ενέργειες για την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας έχουν γίνει σε ολόκληρη τη χώρα, ενώ στο γεγονός αυτό έχει συμβάλει και η πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις Α.Π.Ε., η οποία ενθαρρύνει και επιδοτεί επενδύσεις στις ήπιες μορφές ενέργειας. Αλλά και σε εθνική κλίμακα, ο νέος αναπτυξιακός νόμος 3299/04, σε συνδυασμό με το νόμο για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας 3468/06, παρέχει ισχυρότατα κίνητρα ακόμα και για επενδύσεις μικρής κλίμακας.

Η περιφέρεια της Δυτικής Ελλάδας αν και έχει μικρότερο αιολικό δυναμικό σε σύγκριση με άλλες περιοχές, διαθέτει ένα ισχυρό ηλεκτρικό δίκτυο και το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την ύπαρξη ανεμωδών «νησίδων» (λόφοι, υψώματα κλπ. με εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό) την καθιστούν ενδιαφέρουσα για την ανάπτυξη αιολικών πάρκων.

Αιολικά πάρκα υπάρχουν και σε πλήθος νησιών, όπως το Αιολικό Πάρκο «Μανολάτη - Ξερολίμπα» του Δ.Δ. Διλινάτων Δήμου Αργοστολίου στην Κεφαλονιά. Στο ίδιο νησί έχουν ήδη δημιουργηθεί δύο ακόμη αιολικά πάρκα: το Αιολικό Πάρκο "Αγία Δυνατή" του Δήμου Πυλαρέων, και το Αιολικό Πάρκο "Ημεροβίγλι" στα διοικητικά όρια των Δήμων Αργοστολίου και Πυλαρέων. Με τη λειτουργία των τριών αιολικών πάρκων ο Νομός Κεφαλληνίας τροφοδοτεί το δίκτυο ηλεκτροδότησης της χώρας με σύνολο 75,6 MW ηλεκτρικής ισχύος. Επιπλέον, σε διαδικασία αδειοδότησης βρίσκονται πέντε ακόμη μονάδες. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι ανάγκες του νησιού σε ηλεκτρική ενέργεια και σε περίοδο αιχμής (Αύγουστος) ανέρχονται σε 50MW. Η αντιστοιχία μεταξύ της ισχύος που αποδίδει η Κεφαλονιά στο δίκτυο και της ισχύος που καταναλώνει είναι εξαιρετικά ενθαρρυντική για την εξάπλωση της αιολικής ενέργειας και σε πολλά ακόμη νησιά της επικράτειας.

Παρακάτω βλέπουμε έναν πίνακα με τη συνολική εγκαταστημένη ισχύ των αιολικών πάρκων στην Ελλάδα ανά χρόνο.

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΑΝΑ ΧΡΟΝΟ



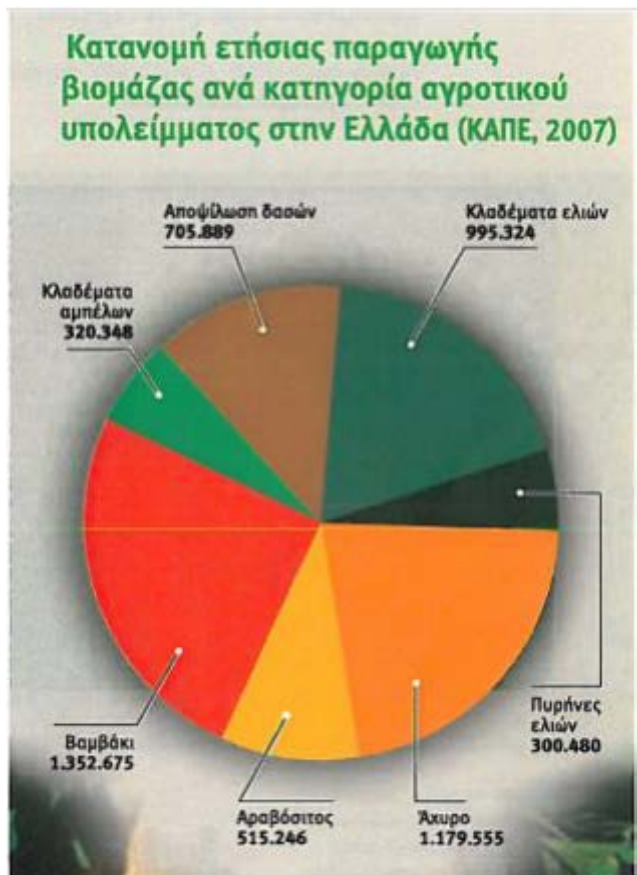
2.3.2 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η βιομάζα στη χώρα μας χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή, κατά τον παραδοσιακό τρόπο, θερμότητας στον οικιακό τομέα (μαγειρική, θέρμανση), για την θέρμανση θερμοκηπίων, σε ελαιουργεία, καθώς και με τη χρήση πιο εξελιγμένων τεχνολογιών, στη βιομηχανία (εκκοκκιστήρια βαμβακιού, παραγωγή προϊόντων ξυλείας, ασβεστοκάμινοι κ.α.), σε περιορισμένη όμως κλίμακα. Ως πρώτη ύλη σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται υποπροϊόντα της βιομηχανίας ξύλου, ελαιοπυρηνόξυλα, κουκούτσια ροδάκινων και άλλων φρούτων, τσόφλια αμυγδάλων, βιομάζα δασικής προέλευσης, άχυρο σιτηρών, υπολείμματα εκκοκκισμού κ.α..

Τα τελευταία χρόνια ορισμένες επιχειρήσεις που διέθεταν σημαντικές ποσότητες βιομάζας σαν υποπροϊόν της κύριας δραστηριότητας τους, εκμεταλλεύτηκαν τις ενισχύσεις του 3^{ου} Κ.Π.Σ. και πραγματοποίησαν επενδύσεις για παραγωγή θερμότητας ή ηλεκτρισμού.

Στην Ελλάδα ο αγροτικός τομέας αποτελεί άνω του 5% του Α.Ε.Π., σχεδόν το τριπλάσιο του μέσου όρου 1,8% της Ε.Ε.. Επομένως οι εταιρείες που ασχολούνται με βιομάζα και βιοκαύσιμα θα βρουν άφθονες πηγές πρώτων υλών. Στη χώρα μας, τα κατ' έτος διαθέσιμα γεωργικά και δασικά υπολείμματα ισοδυναμούν ενεργειακά με 3 - 4 εκατομμύρια τόνους πετρελαίου, ενώ το δυναμικό των ενεργειακών καλλιεργειών μπορεί, με τα σημερινά δεδομένα, να ξεπεράσει άνετα εκείνο των γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων. Το ποσό αυτό αντιστοιχεί στο 30 - 40% της ποσότητας του πετρελαίου που καταναλώνεται ετησίως στη χώρα μας. Σημειώνετε ότι 1 τόνος βιομάζας ισοδυναμεί με περίπου 0,4 τόνους πετρελαίου. Εντούτοις, με τα σημερινά δεδομένα, καλύπτεται μόλις το 3% περίπου των ενεργειακών αναγκών της με τη χρήση της διαθέσιμης βιομάζας.

Παρ' όλα αυτά, οι προοπτικές αξιοποίησης της βιομάζας στη χώρα μας είναι εξαιρετικά ευοίωτες, καθώς υπάρχει σημαντικό δυναμικό, μεγάλο μέρος του οποίου είναι άμεσα διαθέσιμο. Όμως το μεγαλύτερο ποσοστό αυτής της βιομάζας δυστυχώς παραμένει αναξιοποίητο, πολλές φορές αποτελεί αιτία πολλών δυσάρεστων καταστάσεων (πυρκαγιές, δυσκολία στην εκτέλεση εργασιών, διάδοση ασθενειών κ.α.). Από τις παραπάνω ποσότητες βιομάζας, το ποσοστό τους εκείνο που προκύπτει σε μορφή υπολειμμάτων κατά τη δευτερογενή παραγωγή προϊόντων (εκκοκκισμός βαμβακιού, μεταποίηση γεωργικών προϊόντων, επεξεργασία ξύλου κ.α.) είναι άμεσα διαθέσιμο, δεν απαιτεί ιδιαίτερη φροντίδα συλλογής, 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



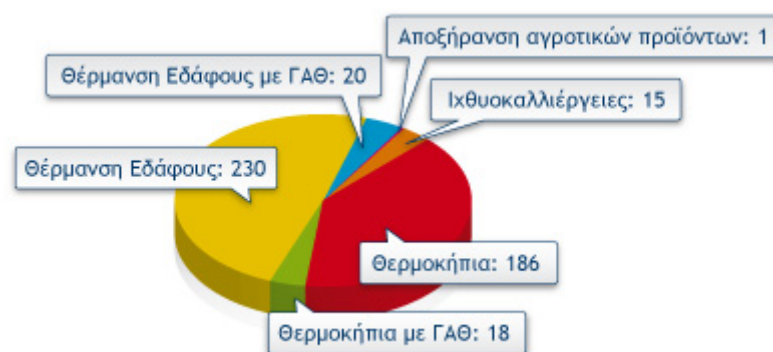
δασικών υπολειμμάτων, σημαντικές ποσότητες βιομάζας είναι δυνατό να ληφθούν από τις ενεργειακές καλλιέργειες.

Στο σημείο αυτό, αξίζει να σημειωθεί ότι οι ενεργειακές καλλιέργειες αποκτούν τα τελευταία χρόνια ιδιαίτερη σημασία για τις ανεπτυγμένες χώρες, που προσπαθούν, μέσω των καλλιεργειών αυτών, να περιορίσουν, πέραν των περιβαλλοντικών και ενεργειακών τους προβλημάτων, και το πρόβλημα των γεωργικών πλεονασμάτων. Όπως είναι γνωστό, στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης τα γεωργικά πλεονάσματα, και τα οικονομικά προβλήματα που αυτά δημιουργούν, οδηγούν αναπόφευκτα στη μείωση της γεωργικής γης και της αγροτικής παραγωγής. Υπολογίζεται ότι, την προσεχή δεκαετία, θα μπορούσαν να αποδοθούν στις ενεργειακές καλλιέργειες 100 - 150 εκατομμύρια στρέμματα γεωργικής γης, προκειμένου να αποφευχθούν τα προβλήματα των επιδοτήσεων των γεωργικών πλεονασμάτων και της απόρριψης αυτών στις χωματερές, με ταυτόχρονη αύξηση των ευρωπαϊκών ενεργειακών πόρων. Στη χώρα μας, για τους ίδιους λόγους, 10 εκατομμύρια στρέμματα καλλιεργήσιμης γης έχουν ήδη περιθωριοποιηθεί ή προβλέπεται να εγκαταλειφθούν στο άμεσο μέλλον. Εάν η έκταση αυτή αποδοθεί για την ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών, το καθαρό όφελος σε ενέργεια που μπορεί να αναμένεται υπολογίζεται σε 5 - 6 Μ.Τ.Ι.Π. (1 Μ.Τ.Ι.Π. = 10^6 Τ.Ι.Π., όπου Τ.Ι.Π. σημαίνει: Τόνοι Ισοδύναμου Πετρελαίου) δηλαδή στο 50 - 60% της ετήσιας κατανάλωσης πετρελαίου στην Ελλάδα.

2.3.3 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Λόγω κατάλληλων γεωλογικών συνθηκών, ο Ελλαδικός χώρος διαθέτει σημαντικές γεωθερμικές πηγές και των τριών κατηγοριών (υψηλής, μέσης και χαμηλής ενθαλπίας) σε οικονομικά βάθη (100 - 1500 μ). Σε μερικές περιπτώσεις τα βάθη των γεωθερμικών ταμειυτήρων είναι πολύ μικρά, κάνοντας ιδιαίτερα ελκυστική, από οικονομική άποψη, τη γεωθερμική εκμετάλλευση.

Η έρευνα για την αναζήτηση γεωθερμικής ενέργειας άρχισε ουσιαστικά το 1971 με βασικό φορέα το Ι.Γ.Μ.Ε. και μέχρι το 1979 (πριν από τη δεύτερη ενεργειακή κρίση) αφορούσε μόνο τις περιοχές υψηλής ενθαλπίας. Κατά την εξέλιξη των εργασιών η Δ.Ε.Η., σαν άμεσα ενδιαφερόμενη για την ηλεκτροπαραγωγή, ανέλαβε τις παραγωγικές γεωτρήσεις υψηλής ενθαλπίας και την ανάπτυξη των πεδίων, χρηματοδοτώντας επιπλέον τις έρευνες στις πιθανές για τέτοια ρευστά γεωθερμικές περιοχές. Συντάχθηκε ο προκαταρκτικός χάρτης γεωθερμικής ροής του ελληνικού χώρου, όπου φάνηκε ότι η γεωθερμική ροή στην Ελλάδα είναι σε πολλές περιοχές εντονότερη από τη μέση γήινη. Από το 1971 ερευνήθηκαν οι περιοχές: Μήλος, Νίσυρος, Λέσβος, Μέθανα, Σουσάκι Κορινθίας, Καμένα Βούρλα, Θερμοπύλες, Υπάτη, Αιδηψός, Κίμωλος, Πολύαιγος, Σαντορίνη, Κως, Νότια Θεσσαλία, Αλμωπία, περιοχή Στρυμόνα, περιοχή Ξάνθης, Σαμοθράκη και άλλες.



Η αυξημένη ροή θερμότητας, λόγω της έντονης τεκτονικής και μαγματικής δραστηριότητας, δημιούργησε εκτεταμένες θερμικές ανωμαλίες, με μέγιστες τιμές γεωθερμικής βαθμίδας που πολλές φορές ξεπερνούν του 100° C/km. Σε κατάλληλες γεωλογικές συνθήκες, η ενέργεια αυτή θερμαίνει «ρηχούς» υπόγειους ταμιευτήρες ρευστών σε θερμοκρασίες μέχρι 100 °C. Τα γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας είναι διάσπαρτα στη νησιωτική και ηπειρωτική Ελλάδα. Η συμβολή τους στο ενεργειακό ισοζύγιο μπορεί να γίνει σημαντική, καθώς αποτελούν ενεργειακό πόρο φιλικό στο περιβάλλον, κοινωνικά αποδεκτό και παρουσιάζουν σημαντικό οικονομικό και αναπτυξιακό ενδιαφέρον.

Στην Μήλο και Νίσυρο έχουν ανακαλυφθεί σπουδαία γεωθερμικά πεδία και έχουν γίνει γεωτρήσεις παραγωγής (5 και 2 αντίστοιχα). Στην Μήλο μετρήθηκαν θερμοκρασίες μέχρι 325 °C σε βάθος 1000 m. και στην Νίσυρο 350° C σε βάθος 1500 m. Οι γεωτρήσεις αυτές θα μπορούσαν να στηρίζουν μονάδες ηλεκτροπαραγωγής 20 και 5 MW, ενώ το πιθανό συνολικό δυναμικό υπολογίζεται να είναι την τάξης των 200 και 50 MW αντίστοιχα.

Στην Βόρεια Ελλάδα η γεωθερμία προσφέρεται για θέρμανση, θερμοκήπια, ιχθυοκαλλιέργειες κ.τ.λ. Στην λεκάνη του Στρυμόνα έχουν εντοπισθεί τα πολύ σημαντικά πεδία Θερμών-Νιγρίτας, Λιθότροπου-Ηράκλειας, Θερμοπηγής-Σιδηρόκαστρο και Αγγίστρου. Πολλές γεωτρήσεις παράγουν νερά μέχρι 75 °C, συνήθως αρτεσιανά και πολύ καλής ποιότητας και παροχής. Μεγάλα και μικρότερα γεωθερμικά θερμοκήπια λειτουργούν στην Νιγρίτα και το Σιδηρόκαστρο.

Στην πεδινή περιοχή του Δέλτα Νέστου έχουν εντοπισθεί δύο πολύ σημαντικά γεωθερμικά πεδία, στο Ερατεινό Χρυσούπολης και στο Ν. Εράσμιο Μαγγάνων Ξάνθης. Νερά άριστης ποιότητας μέχρι 70 °C και σε πολύ οικονομικά βάθη παράγονται από γεωτρήσεις στις εύφορες αυτές πεδινές περιοχές. Στην Ν. Κεσσάνη και στο Πόρτο Λάγος Ξάνθης, σε μεγάλης έκτασης γεωθερμικά πεδία, παράγονται νερά θερμοκρασίας μέχρι 82 °C.

Στην λεκάνη των λιμνών Βόλβης και Λαγκαδά έχουν εντοπισθεί τρία πολύ ρηχά πεδία με θερμοκρασίες μέχρι 56 °C. Στην Σαμοθράκη υπάρχουν ενθαρρυντικά στοιχεία καθώς γεωτρήσεις βάθους μέχρι 100 μ. συνάντησαν νερά της τάξης των 100° C.

2.3.4 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η εταιρεία Renes Development υπέβαλε τον Ιούνιο Αίτηση στη Ρ.Α.Ε. για την κατασκευή έργου Α.Π.Ε. το οποίο θα εκμεταλλεύεται τα υποθαλάσσια ρεύματα για να παράγει ηλεκτρισμό. Πρόκειται για ένα πρωτοποριακό σχέδιο για τα ελληνικά δεδομένα, τη στιγμή που και στο εξωτερικό η σχετική τεχνολογία κάνει τα πρώτα της βήματα με δοκιμαστικά έργα σε ορισμένες χώρες.

Η αίτηση αναφέρει ότι ο σταθμός θα εγκατασταθεί στο στενό μεταξύ της Άνδρου και της Τήνου και θα έχει ισχύ 2 MW. Η εταιρεία θεωρεί ότι το συγκεκριμένο σημείο προσφέρεται για ένα τέτοιου είδους έργο λόγω της ύπαρξης υποθαλάσσιων ρευμάτων.

Από εκεί και πέρα, η υλοποίηση του έργου θα εξαρτηθεί σε μεγάλο βαθμό από την αδειοδοτική διαδικασία, καθώς πρόκειται για την πρώτη φορά που δοκιμάζεται κάτι αντίστοιχο στην Ελλάδα. Η διοίκηση



σημειώνει ότι δεν υπάρχει συγκεκριμένο ρυθμιστικό καθεστώς για αυτά τα έργα στη χώρα μας, άρα θα αναγκαστεί να κινηθεί με βάση το Ν. 3851 και την ευρύτερη περιβαλλοντική νομοθεσία.

Η Repes πάντως σημειώνει ότι θα χρηματοδοτήσει την επένδυση με ίδια μέσα και αν εξασφαλιστούν οι απαραίτητες άδειες, τότε θα χρειαστούν περί τα δύο χρόνια για να ολοκληρωθεί η κατασκευή του φιλόδοξου έργου. Επίσης, σημειώνεται ότι η ταρίφα που θα ισχύσει για τη συγκεκριμένη μονάδα θα είναι αυτή που αφορά τις «λοιπές Α.Π.Ε.».

Η Repes δίνει έμφαση στις νέες τεχνολογίες των Α.Π.Ε., καθώς στο παρελθόν έχει καταθέσει στη Γ.Γ.Ε.Τ. προτάσεις για δοκιμαστικά προγράμματα υδρογόνου. Την ίδια στιγμή όμως, η εταιρεία τονίζει ότι το περιβάλλον δεν είναι φιλικό στη χώρα μας για τέτοιου είδους πρωτοβουλίες που σχετίζονται με την έρευνα και την δοκιμή νέων τεχνολογιών στην πράξη, πράγμα που δυσχεραίνει τις προσπάθειές της.

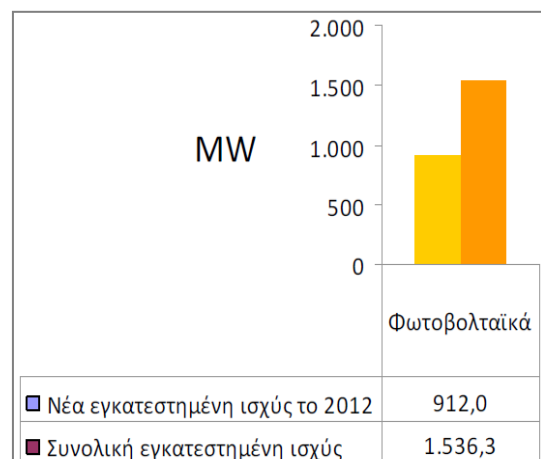
Όσον αφορά την ταυτότητα της Repes, αναλαμβάνει έργα στα φωτοβολταϊκά και τα αιολικά, με έμφαση και στις νέες τεχνολογίες. Ο όμιλος έχει στόχο την εγκατάσταση έργων συνολικής ισχύος 40 MW μέσα στην επόμενη διετία και ευελπιστεί να αλλάξει το οικονομικό κλίμα στην ελληνική οικονομία, προκειμένου να κυριαρχήσουν πιο ευνοϊκές συνθήκες στην αγορά.

2.3.5 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία στη χώρα μας κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα τόσο κατά τη καλοκαιρινή όσο και κατά την χειμερινή περίοδο. Όλα τα πλεονεκτήματα όμως που προσφέρουν τα φωτοβολταϊκά συστήματα δεν στάθηκαν ικανά μέχρι σήμερα να απογειώσουν την αγορά των φωτοβολταϊκών και παρά το γεγονός ότι η Ελλάδα είναι η πιο πλούσια χώρα της Ευρώπης σε ηλιοφάνεια κατατάσσεται μεταξύ των τελευταίων στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων. Αιτία το σχετικά υψηλό κόστος συγκριτικά με τις συμβατικές πηγές ενέργειας. Η αγορά Φ/Β θα ευδοκιμήσει όταν πέσει το κόστος τους, αλλά για να πέσει το κόστος χρειάζεται μια οικονομία κλίμακας, δηλαδή μια σχετικά δυναμική αγορά.

Προσπαθώντας να ενισχύσουν την χρήση των φωτοβολταϊκών συστημάτων και στην χώρα μας, έχουν ήδη ξεκινήσει σημαντικά προγράμματα ενίσχυσης των Φ/Β, με γενναίες επιδοτήσεις τόσο της αγοράς και εγκατάστασης Φ/Β, όσο και της παραγόμενης ηλιακής κилоβατώρας. Έτσι λοιπόν, στην Ελλάδα, τον Ιούνιο του 2006 ψηφίστηκε νέος νόμος που ενισχύει σημαντικά την ενέργεια που παράγεται από φωτοβολταϊκά και τροφοδοτείται στο δίκτυο. Λόγω αυτών των ευνοϊκών κινήτρων που δίνονται τόσο σε ιδιώτες, αλλά κυρίως στις επιχειρήσεις που σκοπεύουν να επενδύσουν στην παραγωγή ηλιακής ενέργειας έχουν αυξησει το επενδυτικό ενδιαφέρον σε έναν κλάδο, ο οποίος μέχρι πρότινος βρισκόταν στο περιθώριο έναντι άλλων εναλλακτικών μορφών ενέργειας όπως η αιολική. Συγκεκριμένα επιδοτείται αρχική εγκατάσταση σε ποσοστό από 30% έως 55% της αξίας του συστήματος, ενώ επιδοτούμενο είναι και το επιτόκιο σε περίπτωση δανεισμού.

Το σημαντικότερο κίνητρο όμως για επενδύσεις είναι ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των φωτοβολταϊκών συστημάτων θα μπορεί να πωλείται στη Δ.Ε.Η. εγγυημένα για



μία 20ετία σε τιμή η οποία θα αναπροσαρμόζεται με βάση τον πληθωρισμό ή τις αυξήσεις των τιμολογίων της Δ.Ε.Η.. Το νέο νομοθετικό πλαίσιο εγγυάται γρήγορη απόσβεση των επενδύσεων και σημαντικά κέρδη.

Η Ελλάδα, σε ότι αφορά την νέα εγκατεστημένη ισχύ φωτοβολταϊκών το 2012, κατέλαβε την τέταρτη θέση στην Ευρώπη και την έβδομη διεθνώς. Συγκεκριμένα, εγκαταστάθηκαν 912 νέα μεγαβάτ (MW) φωτοβολταϊκών το 2012 ή αντίστοιχα το 88% όλης της νέας ισχύος ΑΠΕ που προστέθηκε τη χρονιά που πέρασε.

Τα φωτοβολταϊκά κάλυψαν πάνω από το 3% των αναγκών της χώρας σε ηλεκτρική ενέργεια, παράγοντας 1,7 δισ. κιλοβατώρες (1,7 TWh) ή αλλιώς το 30% όλης της πράσινης ενέργειας το 2012. Χάρη στα φωτοβολταϊκά, το 2012 αποφεύχθηκε η έκλυση 1,12 εκατ. τόνων διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

2.3.6 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ



Στην Ελλάδα, οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί χωρίζονται στους μεγάλους υδροηλεκτρικούς σταθμούς όταν η ισχύς είναι μεγαλύτερη των 10MW και στους μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς όταν η ισχύς είναι μικρότερη των 10MW.

Τα τέσσερα σημαντικότερα μεγάλα υδροηλεκτρικά συγκροτήματα στην Ελλάδα είναι:

- Το συγκρότημα Αχελώου, που περιλαμβάνει τους σταθμούς Κρεμαστών-Καστρακίου-Στράτου (ισχύς 907MW)
- Το συγκρότημα Αλιάκμονα, που περιλαμβάνει τους σταθμούς Πολυφύτου-Σφηκιάς-Ασωμάτων (ισχύς 789MW)
- Το συγκρότημα Αράχθου, που περιλαμβάνει τους σταθμούς Πουρναρίου I&II (ισχύς 333,5MW)

- Το συγκρότημα Νέστου που περιλαμβάνει τους σταθμούς Θησαυρού-Πλατανοβρύσης (ισχύς 489MW)

Σε αντίθεση με τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα, δεν έχει γίνει συστηματική αξιοποίηση των μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών. Σε λειτουργία υπάρχουν 14 μικροί υδροηλεκτρικοί σταθμοί. Το μέλλον όμως προβλέπεται, καθώς έχουν υποβληθεί αιτήσεις για 110 μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς.

2.4 ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΩΝ Α.Π.Ε. ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Το θεσμικό πλαίσιο για την στήριξη των Α.Π.Ε. στην Ελλάδα αποτελείται από δύο βασικές παραμέτρους. Η πρώτη παράμετρος έχει να κάνει με οικονομική στήριξη της παραγόμενης κιλοβατώρας από Α.Π.Ε. (feed-in-tariff system), ενώ η δεύτερη παράμετρος με την οικονομική στήριξη των επενδύσεων για Α.Π.Ε., μέσω παροχής επιδοτήσεων για την υλοποίηση έργων για παραγωγή ηλεκτρισμού.

Ο πρώτος νόμος που έδωσε λύση σε παρατεταμένα προβλήματα των Α.Π.Ε. τέθηκε σε ισχύ το 1994 (Νόμος 2244/94 “Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις) αλλά πρακτικά εφαρμόστηκε το 1998, όταν ψηφίστηκε ο Εθνικός Αναπτυξιακός Νόμος (2601/98) και δεσμεύτηκαν από το 2ο Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης κονδύλια για τους τομείς των Ανανεώσιμων, της Εξοικονόμησης Ενέργειας και της Συμπαράγωγής. Το Επιχειρησιακό Πλαίσιο Στήριξης των Α.Π.Ε., απέδωσε θετικά αποτελέσματα κατά τη διάρκεια ισχύος του. Συγκεκριμένα η εγκατεστημένη ισχύς από Α.Π.Ε. αυξήθηκε από 71 MW το 1997 (ίδια κατάσταση με το 1994) σε 500 MW το 2004 και 1.100MWe το 2007. Το μεγαλύτερο μέρος της εγκατεστημένης ισχύος των Α.Π.Ε. αφορά αιολικά πάρκα.

Ο νόμος 2773/1999 για την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και ο νόμος 3468/2006 , που συμπλήρωσε και αντικατέστησε τον 2244/1994, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και συμπαράγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας υψηλής απόδοσης, αποτελούν μέχρι σήμερα το βασικό νομοθετικό πλαίσιο της σημερινής αγοράς Α.Π.Ε. Με τους νόμους αυτούς έγινε η ενσωμάτωση των Ευρωπαϊκών Οδηγιών 96/92/EK και 2001/77/EK στο εθνικό δίκαιο. Δυστυχώς στην παρούσα φάση δεν υπάρχει κάποιος νόμος που να αναφέρεται ειδικότερα στην παραγωγή θέρμανσης/ ψύξης από Α.Π.Ε. Οι σημαντικότερες διατάξεις των νόμων 2773/1999 και 3468/2006 που αφορούν τις Α.Π.Ε. συνοψίζονται παρακάτω:

- Σύμφωνα με το νόμο 2773/1999 ιδρύεται η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) και ο Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ). Και τα δύο αυτά σώματα είναι βασικοί φορείς της απελευθερωμένης ηλεκτρικής αγοράς.
- Σύμφωνα με το νόμο 2773/99 ορίζεται η άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία είναι απαραίτητη για τη λειτουργία ενός σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, είτε συμβατικού είτε με Α.Π.Ε. Η χορήγηση της άδειας παραγωγής δεν απαλλάσσει τον κάτοχο της από την υποχρέωση να λαμβάνει άλλες άδειες ή εγκρίσεις που προβλέπονται από την ισχύουσα νομοθεσία, όπως οι άδειες εγκατάστασης και λειτουργίας.
- Ο Διαχειριστής του Συστήματος (ΔΕΣΜΗΕ) υποχρεούται να δίνει προτεραιότητα, κατά την κατανομή του Φορτίου, σε διαθέσιμες εγκαταστάσεις παραγωγής, στις οποίες η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από Α.Π.Ε., ανεξάρτητα από την

εγκατεστημένη ισχύ τους, καθώς και σε υδροηλεκτρικές μονάδες με εγκατεστημένη ισχύ μέχρι 15 MW.

- Ο Διαχειριστής του συστήματος (ΔΕΣΜΗΕ) είναι υποχρεωμένος να συνάπτει σύμβαση πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας με τον κάτοχο άδειας παραγωγής της για 10 έτη, η οποία μπορεί να παρατείνεται για 10 επιπλέον έτη.
- Ο νόμος 3468/06 προσπαθεί να απλοποιήσει και να επιταχύνει την αδειοδοτική διαδικασία και επιπλέον θέτει ένα τιμολόγιο για επιδότηση της παραγόμενης κιλοβατώρας (feed-in-tariff system). Όπως προαναφέρθηκε στο θεσμικό πλαίσιο στήριξης των ΑΠΕ, πέρα από την επιδότηση της παραγόμενης κιλοβατώρας προβλέπεται και η παροχή επιδοτήσεων για την υλοποίηση έργων Α.Π.Ε. (προβλέπονται επιδοτήσεις και για άλλου τύπου επενδύσεις). Οι επιδοτήσεις αυτές προβλέπονται κυρίως μέσω:

1. Του νόμου 3299/2004, που συχνά καλείται και Αναπτυξιακός Νόμος.
2. Επιχειρησιακού Προγράμματος Ανταγωνιστικότητας (ΕΠΑΝ), υπό την στήριξη του 3ου Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης (ΚΠΣ ΙΙΙ, 2000-2006).
3. Του Εθνικού Στρατηγικού Πλαισίου Αναφοράς (ΕΣΠΑ) 2007-2013 υπό την στήριξη του 4ου Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης (ΚΠΣ ΙV, 2007-2013).

Ο επενδυτικός νόμος (3299/2004) χορηγεί ελκυστικά κίνητρα για επενδύσεις, σε όλους τους τομείς της οικονομίας, όπως είναι ο πρωτογενής τομέας (π.χ. θερμοκήπια, ιχθυοτροφεία), ο δευτερογενής (π.χ. κατασκευές, ενέργεια), ο τριτογενής (π.χ. υπηρεσίες) και ο τουρισμός. Ο συγκεκριμένος νόμος έχει ισχυρό γεωγραφικό χαρακτήρα, καθώς το επίπεδο της επιδότησης που δίνεται κάθε φορά εξαρτάται από τη γεωγραφική θέση που θα υλοποιηθεί η επένδυση. Έτσι γίνεται διαίρεση της επικράτειας σε τέσσερις ζώνες, ενώ οι δραστηριότητες που εμπίπτουν στις παροχές του χωρίζονται σε πέντε κατηγορίες.

Όσον αφορά τώρα τις επενδύσεις Α.Π.Ε., ο νόμος 3299/2004 δίνει επιδοτήσεις για επενδύσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας από Α.Π.Ε., καθώς και για επενδυτικά σχέδια παραγωγής βιοκαυσίμων ή στερεών καυσίμων από βιομάζα, επενδυτικά σχέδια παραγωγής βιομάζας από φυτά, με σκοπό τη χρήση της ως πρώτης ύλης για την παραγωγή ενέργειας. Η πιο συνηθισμένη περίπτωση από τις παραπάνω επενδύσεις είναι βέβαια η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε.

Το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανταγωνιστικότητας (ΕΠΑΝ), έχει πλέον κλείσει αλλά ως συνέχειά του έρχεται το Εθνικό Στρατηγικό Πλαίσιο Αναφοράς (ΕΣΠΑ) 2007-2013, το οποίο μόλις ξεκίνησε και καλύπτει όλους τους τομείς της οικονομίας, συμπεριλαμβανομένου και του ενεργειακού τομέα. Σύμφωνα και με ένα πρόσφατο δελτίο τύπου από το Υπ. Ανάπτυξης η ιεραρχία στον ενεργειακό τομέα είναι ως εξής: ηλεκτροπαραγωγή από Α.Π.Ε., εξοικονόμηση ενέργειας και ενεργειακή αποδοτικότητα, παραγωγή θέρμανσης και ψύξης από Α.Π.Ε., βιομάζα και συμπαραγωγή.

Οι εθνικοί στόχοι με βάση την οδηγία 2009/28/ΕΚ για το 2020 είναι:

- Συμμετοχή των Α.Π.Ε. σε ποσοστό 20% (από 18% της οδηγίας) στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας.
- Συμμετοχή των Α.Π.Ε. στη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό τουλάχιστον 40%. Σήμερα περί το 10% (το 2007 στο 7%, το 2006 στο 13%).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ & ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ

3.1 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

“ Με τον όρο Ηλιακή Ενέργεια χαρακτηρίζουμε το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Το φώς και η θερμότητα που ακτινοβολούνται, απορροφούνται από στοιχεία και ενώσεις στη Γη και μετατρέπονται σε άλλες μορφές ενέργειας. Η τεχνολογία σήμερα αξιοποιεί ένα μηδαμινό ποσοστό της καταφθάνουσας στην επιφάνεια του πλανήτη μας ηλιακής ενέργειας με τριών ειδών συστήματα: τα θερμικά ηλιακά, τα παθητικά ηλιακά και τα φωτοβολταϊκά συστήματα.”

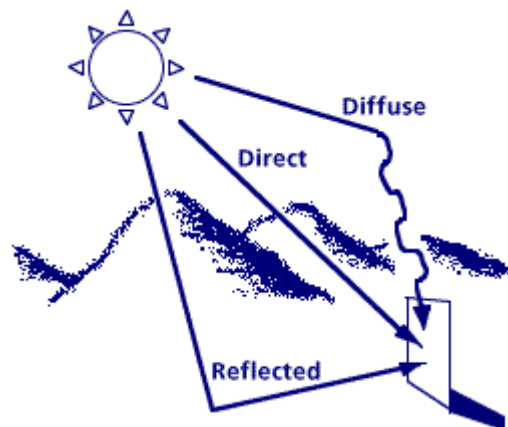
Η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στην επιφάνεια της Γης είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που παράγεται στον Ήλιο. Φτάνει σχεδόν αμετάβλητη στο ανώτατο στρώμα της ατμόσφαιρας του πλανήτη μας, διαμέσου του διαστήματος, και στη συνέχεια κατά τη διέλευσή της από την ατμόσφαιρα υποκύπτει σε σημαντικές αλλαγές, που οφείλονται στη σύσταση της ατμόσφαιρας.

Η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε ένα σημείο στην επιφάνεια της Γης μια δεδομένη χρονική στιγμή χαρακτηρίζεται από την ένταση και την διεύθυνση πρόσπτωσης.

Στην επιφάνεια της Γης φτάνει μόνο ένα μέρος της ακτινοβολίας που προέρχεται άμεσα από τον Ήλιο (άμεση ηλιακή ακτινοβολία), ενώ το υπόλοιπο είτε απορροφάται από τα συστατικά της ατμόσφαιρας είτε ανακλάται πάλι προς το διάστημα ή προς την επιφάνεια της Γης.

Η ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνεια της Γης μετά από διαδοχικές ανακλάσεις δεν έχει συγκεκριμένη διεύθυνση και καλείται διάχυτη ακτινοβολία.

Η ηλιακή ενέργεια είναι πρωτογενής, ήπια και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας η οποία έμμεσα δίνει γένεση σε άλλες τρεις ήπιες και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, την υδραυλική, την αιολική και την ενέργεια της βιομάζας.



3.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Από τα αρχαία κιόλας χρόνια οι άνθρωποι είχαν αντιληφθεί την αξία της ηλιακής ενέργειας. Στην προσπάθειά τους να καλύψουν την ανάγκη της θέρμανσης, παρατήρησαν ότι τα βράχια εκλύουν θερμότητα. Αυτό βέβαια, όπως γνωρίζουμε σήμερα, οφείλεται στο ότι τα βράχια απορροφάνε και κρατάνε περισσότερο σε σχέση με το έδαφος, την υπέρυθη ακτινοβολία.

Αρκετά χρόνια αργότερα, και συγκεκριμένα το 212 π.Χ., Ο Αρχιμήδης, ο οποίος αναφέρεται ανάμεσα στους πρώτους εφευρέτες, με τα κοίλα κάτοπτρα που κατασκευάζει, εκμεταλλεύεται την ηλιακή ενέργεια και κατακαίει τα ρωμαϊκά πλοία κατά την πολιορκία των Συρακουσών.

3.2.1 Η ΑΝΑΚΑΛΗΨΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ

Η πρώτη γνωριμία του ανθρώπου με το φωτοβολταϊκό φαινόμενο έγινε το 1839 όταν ο Γάλλος φυσικός Edmond Becquerel (1820 - 1891) ανακάλυψε το φωτοβολταϊκό φαινόμενο κατά την διάρκεια πειραμάτων του με μια ηλεκτρολυτική επαφή φτιαγμένη από δύο μεταλλικά ηλεκτρόδια.

Το επόμενο σημαντικό βήμα έγινε το 1876 όταν οι Adams (1836 - 1915) και ο φοιτητής του Day παρατήρησαν ότι μια ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος παραγόταν από το σελήνιο (Se) όταν αυτό ήταν εκτεθειμένο στο φως.

Το 1918 ο Πολωνός Czochralski (1885 - 1953) πρόσθεσε την μέθοδο παραγωγής ημιαγωγού μονοκρυσταλλικού πυριτίου (Si) με την σχετική έρευνα του και η οποία μάλιστα χρησιμοποιείται βελτιστοποιημένη ακόμα και σήμερα.

Μια σημαντική ανακάλυψη έγινε επίσης το 1949 όταν οι Mott και Schottky ανέπτυξαν την θεωρία της διόδου σταθερής κατάστασης. Στο μεταξύ η κβαντική θεωρία είχε ξεδιπλωθεί. Ο δρόμος πλέον για τις πρώτες πρακτικές εφαρμογές είχε ανοίξει.

Το πρώτο ηλιακό κελί ήταν γεγονός στα εργαστήρια της Bell το 1954 από τους Chapin, Fuller και Pearson. Η απόδοση του ήταν 6% εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.

3.2.2 ΤΑ ΠΡΩΤΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τέσσερα χρόνια μετά, το 1958 η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών συστημάτων προσαρτάται στον χώρο των διαστημικών εφαρμογών όταν τοποθετήθηκε ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα στον δορυφόρο Vanguard I, όπως φαίνεται στην παρακάτω φωτογραφία.

Το σύστημα αυτό λειτούργησε επιτυχώς για 8 ολόκληρα χρόνια και ήταν ένα από τα πρώτα φωτοβολταϊκά συστήματα. Από το χρονικό αυτό σημείο και μετά, τα φωτοβολταϊκά συστήματα άρχισαν να ενσωματώνονται σταδιακά σε διάφορες εφαρμογές και η τεχνολογία να βελτιώνεται συνεχώς. Το 1962 η μεγαλύτερη Φ/Β εγκατάσταση στον κόσμο γίνεται στην Ιαπωνία από την Sharp, σε έναν φάρο. Η εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος είναι 242Wp.



Τα φωτοβολταϊκά ξεκίνησαν λοιπόν να κάνουν την εμφάνιση τους αλλά λόγω του υψηλού κόστους παραγωγής η εφαρμογή τους ήταν δυνατή μόνο σε ειδικές περιπτώσεις αυτόνομων συστημάτων. Η έρευνα όμως προχωρούσε και η απόδοση των Φ/Β συνεχώς βελτιωνόταν. Κυριότερος πελάτης των φωτοβολταϊκών τις δεκαετίες που ακολούθησαν είναι η NASA.

Οι υψηλές τιμές στα φωτοβολταϊκά ήταν ο σημαντικότερος λόγος που δεν υπήρχε περισσότερο ενθουσιώδης αποδοχή από την αγορά. Ενδεικτικά η τιμή των φωτοβολταϊκών ξεκινάει από τα 500\$ ανά εγκατεστημένο Watt το 1956, ενώ μετά από 14 χρόνια, το 1970 αγίζει τα 100\$/Watt. Το 1973 οι βελτιώσεις στις μεθόδους παραγωγής φέρνουν το κόστος των φωτοβολταϊκών στα 50\$/Watt.

Η πρώτη εγκατάσταση PV που φτάνει στα επίπεδα του 1MW (μεγαβάτ) γίνεται στην Καλιφόρνια το 1980 από την ARCO Solar χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα και σύστημα

παρακολούθησης της τροχιάς του ηλίου 2 αξόνων (dual-axis trackers). Η εξέλιξη αρχίζει πλέον να γίνεται με ταχύτερους ρυθμούς. Το 1983 η παγκόσμια παραγωγή Φ/Β φτάνει τα 22MW και ο συνολικός τζίρος τα 250.000.000\$. Το 1999 η εταιρία Spectrolab σε συνεργασία με το NREL αναπτύσσουν ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο με απόδοση 32,3%!!!. Το στοιχείο αυτό είναι συνδυασμός τριών υλικών (στρώσεων) και ειδικό για εφαρμογές σε συγκεντρωτικά συστήματα CPV. Την ίδια χρονιά το ρεκόρ στην απόδοση των Thin Films φτάνει στο 18.8%. Η παραγωγή όλων των τεχνολογιών των Φ/Β πάνελ φτάνει συνολικά τα 200 MegaWatt.

Από το 2004 και μετά η πορεία των φωτοβολταϊκών έγινε πια ασταμάτητη. Η μαζική είσοδος μεγάλων εταιρειών στον χώρο των Φ/Β φέρνει την μαζική παραγωγή και αυτή με την σειρά της την τιμή των διασυνδεδεμένων συστημάτων στα 6,5 ευρώ/Wp. Γερμανία και Ιαπωνία κυριαρχούν στην κατασκευή Φ/Β πάνελ και πλέον σε όλες τις αναπτυγμένες χώρες αρχίζουν, με τον έναν (παραγωγή εξοπλισμού) ή τον άλλον τρόπο (κατασκευή Φ/Β εγκαταστάσεων), να υιοθετούν τις τεχνολογίες των φωτοβολταϊκών και να τις παγιώνουν στην συνείδηση των επενδυτών αλλά και των καταναλωτών ενέργειας. Η συνολική παραγωγή το 2004 έφτασε τα 1.200 MegaWatt Φ/Β στοιχείων ενώ ο τζίρος της ίδιας χρονιάς άγγιξε τα 6.500.000.000\$.

Σήμερα με οικονομίες μεγάλης κλίμακας έχουν επιτευχθεί μεγάλες αποδόσεις στα κρυσταλλικά κυρίως υλικά και αρκετές χώρες με πρωτοπόρες την Γερμανία και την Ιαπωνία έχουν ήδη επενδύσει τεράστια κονδύλια με σκοπό την ευρύτερη εκμετάλλευση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας. Ήδη βέβαια οι χώρες αυτές έχουν αρχίσει και απολαμβάνουν τους καρπούς της εξελισσόμενης τεχνολογίας τους.

3.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο και η λειτουργία του φωτοβολταϊκού συστήματος στηρίζεται στις βασικές ιδιότητες των ημιαγωγών υλικών σε ατομικό επίπεδο.

Όταν το φως προσπίπτει σε μια επιφάνεια είτε ανακλάται, είτε την διαπερνά (διαπερατότητα) είτε απορροφάται από το υλικό της επιφάνειας. Η απορρόφηση του φωτός ουσιαστικά σημαίνει την μετατροπή του σε μια άλλη μορφή ενέργειας (σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της ενέργειας) η οποία συνήθως είναι η θερμότητα. Παρόλα αυτά όμως υπάρχουν κάποια υλικά τα οποία έχουν την ιδιότητα να μετατρέπουν την ενέργεια των προσπιπτόντων φωτονίων (πακέτα ενέργειας) σε ηλεκτρική ενέργεια. Αυτά τα υλικά είναι οι ημιαγωγοί και σε αυτά οφείλεται επίσης η τεράστια τεχνολογική πρόοδος που έχει συντελεστεί στον τομέα της ηλεκτρονικής και συνεπακόλουθα στον ευρύτερο χώρο της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών.

Γενικότερα τα υλικά στην φύση σε σχέση με τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά τους εμπίπτουν σε τρεις κατηγορίες, τους αγωγούς του ηλεκτρισμού, τους μονωτές και τους ημιαγωγούς. Ένας ημιαγωγός έχει την ιδιότητα να μπορεί να ελεγχθεί η ηλεκτρική του αγωγιμότητα είτε μόνιμα είτε δυναμικά.

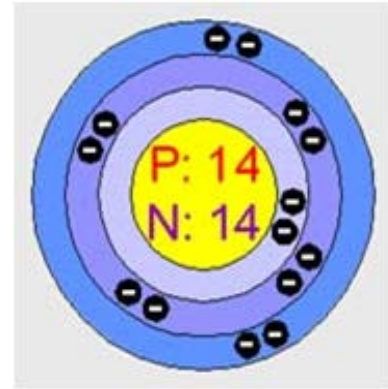
3.3.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΗΜΙΑΓΩΓΩΝ

Το χαρακτηριστικό στοιχείο ενός ημιαγωγού που το διαφοροποιεί από τα υπόλοιπα υλικά είναι ο αριθμός των ηλεκτρονίων ενός ατόμου που βρίσκεται στην εξωτερική του στοιβάδα (σθένους). Ο περισσότερο γνωστός ημιαγωγός είναι το πυρίτιο (Si) για αυτό και θα επικεντρωθούμε σε αυτό.

Το πυρίτιο έχει ατομικό αριθμό 14 και έχει στην εξωτερική του στοιβάδα 4 ηλεκτρόνια. Όλα τα άτομα που έχουν λιγότερα η περισσότερα ηλεκτρόνια στην εξωτερική στοιβάδα (είναι

"γενικά" συμπληρωμένη με 8 e) ψάχνουν άλλα άτομα με τα οποία μπορούν να ανταλλάξουν ηλεκτρόνια ή να μοιραστούν κάποια με σκοπό τελικά να αποκτήσουν συμπληρωμένη εξωτερική στοιβάδα σθένους.

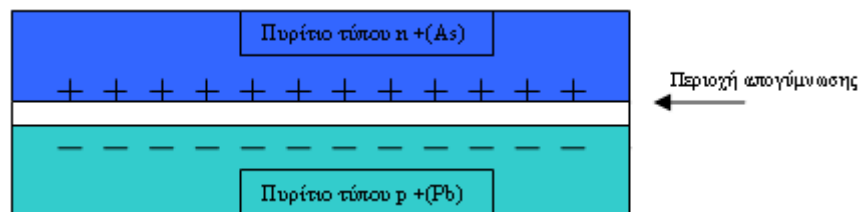
Σε αυτήν την τάση οφείλεται και η κρυσταλλική δομή του πυριτίου αφού όταν συνυπάρχουν πολλά άτομα μαζί διατάσσονται με τέτοιο τρόπο ώστε να συνεισφέρουν ηλεκτρόνια με όλα τα γειτονικά τους άτομα και τελικά με αυτόν τον τρόπο να αποκτούν μια συμπληρωμένη εξωτερική στοιβάδα και κρυσταλλική δομή. Αυτή είναι και η καθοριστική ιδιότητα που έχουν τα κρυσταλλικά υλικά. Στην κρυσταλλική του μορφή όμως το πυρίτιο είναι σταθερό. Δεν έχει ανάγκη ούτε να προσθέσει ούτε να διώξει ηλεκτρόνια κάτι που ουσιαστικά του δίνει ηλεκτρικά χαρακτηριστικά πολύ κοντά σε αυτά ενός μονωτή αφού δεν υπάρχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια για την δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος στο εσωτερικό του.



Άτομο πυριτίου (Si)

Τις ημιαγωγές ιδιότητες του το πυρίτιο τις αποκτά με τεχνικό τρόπο. Αυτό πρακτικά γίνεται με την πρόσμειξη με άλλα στοιχεία τα οποία είτε έχουν ένα ηλεκτρόνιο περισσότερο είτε ένα λιγότερο στην στοιβάδα σθένους των. Αυτή η πρόσμειξη τελικά κάνει τον κρύσταλλο δεκτικό είτε σε θετικά φορτία (υλικό τύπου p) είτε σε αρνητικά φορτία (υλικό τύπου n). Για να φτιαχτεί λοιπόν ένας ημιαγωγός τύπου n ή αλλιώς ένας αρνητικά φορτισμένος κρύσταλλος πυριτίου θα πρέπει να γίνει πρόσμειξη ενός υλικού με 5e στην εξωτερική του στοιβάδα όπως για παράδειγμα το Αρσενικό (As). Αντίστοιχα για να δημιουργήσουμε έναν ημιαγωγό τύπου p ή αλλιώς θετικά φορτισμένος κρύσταλλος πυριτίου χρειάζεται να γίνει πρόσμειξη στον κρύσταλλο κάποιου υλικού όπως το βόριο (B) που έχει 3e στην εξωτερική του στοιβάδα.

Εάν φέρουμε σε επαφή δύο κομμάτια πυριτίου **τύπου n** και **τύπου p** το ένα απέναντι από το άλλο δημιουργείται μια διόδος ή αλλιώς ένα ηλεκτρικό πεδίο στην επαφή των δύο υλικών το οποίο επιτρέπει την κίνηση ηλεκτρονίων προς μια κατεύθυνση μόνο.



Τα επιπλέον ηλεκτρόνια της επαφής n έλκονται από τις «οπές» τις επαφής p. Αυτό το ζευγάρι των δύο υλικών είναι το δομικό στοιχείο του φωτοβολταϊκού κελιού και η βάση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας.

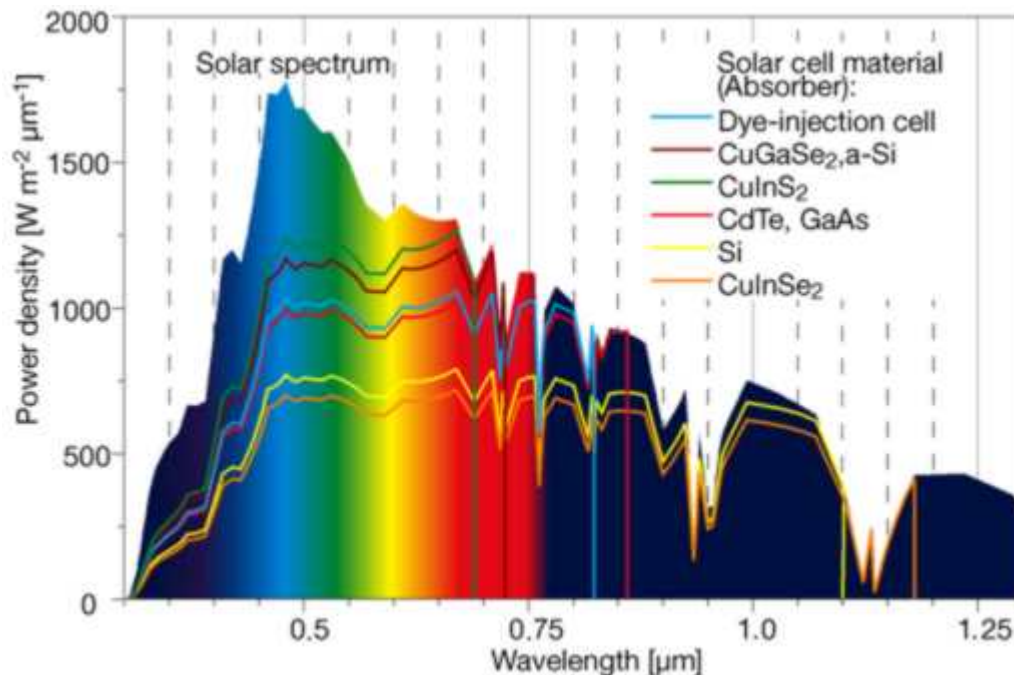
3.3.2 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Η ηλιακή ακτινοβολία έρχεται με την μορφή πακέτων ενέργειας ή φωτονίων. Τα φωτόνια όταν προσπίπτουν σε μια διάταξη φβ κελιού περνούν αδιατάραχτα την επαφή τύπου n και χτυπούν τα άτομα της περιοχής τύπου p. Τα ηλεκτρόνια της περιοχής τύπου p αρχίζουν και κινούνται μεταξύ των οπών ώσπου τελικά φτάνουν στην περιοχή της διόδου όπου και έλκονται πλέον από το θετικό πεδίο της εκεί περιοχής.

Αφού ξεπεράσουν το ενεργειακό χάσμα αυτής της περιοχής μετά είναι αδύνατον να επιστρέψουν. Στο κομμάτι της επαφής n πλέον έχουμε μια περίσσεια ηλεκτρονίων που μπορούμε να εκμεταλλευτούμε. Αυτή η περίσσεια των ηλεκτρονίων μπορεί να παράγει

ηλεκτρικό ρεύμα εάν τοποθετήσουμε μια διάταξη όπως ένας μεταλλικός αγωγός στο πάνω μέρος της επαφής n και στο κάτω της επαφής p και ένα φορτίο ενδιάμεσα με τέτοιο τρόπο ώστε να κλείσει ένας αγωγίμος δρόμος για το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται. Αυτή είναι απλοποιημένα η γενική αρχή λειτουργίας του φωτοβολταϊκού φαινομένου.

Γιατί όμως δεν μπορούμε να εκμεταλλευτούμε όλη την προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια; Το κάθε ημιαγωγό υλικό αντιδρά σε διαφορετικά μήκη κύματος της ακτινοβολίας. Κάποια υλικά αντιδρούν σε ευρύτερα φάσματα ακτινοβολίας από κάποια άλλα.



Έτσι ανάλογα με το υλικό που χρησιμοποιούμε μπορούμε να εκμεταλλευτούμε μόνο εκείνο το φάσμα της ακτινοβολίας που αντιδρά με το συγκεκριμένο υλικό.

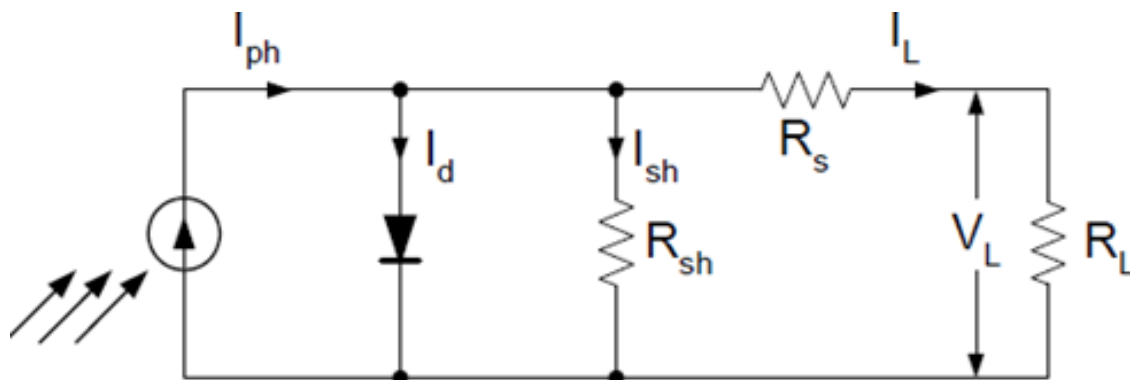


Το ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται σε σχέση με την προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια συμβολίζει τον συντελεστή απόδοσης του υλικού. Οι δύο βασικοί

παράγοντες για την απόδοση ενός φωτοβολταϊκού υλικού είναι το ενεργειακό χάσμα του υλικού και ο συντελεστής μετατροπής.

3.3.3 ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ

Το ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα ενός Φ/Β στοιχείου περιλαμβάνει μια πηγή σταθερού ρεύματος (I_L) σε συνδυασμό με μια ιδανική δίοδο. Στη συνέχεια τοποθετείται το μη ιδανικό τμήμα του Φ/Β στοιχείου, το οποίο περιλαμβάνει, αφενός, την αντίσταση απωλειών διαρροής του ρεύματος μεταξύ των άκρων του Φ/Β στοιχείου, η οποία τίθεται παράλληλα συνδεδεμένη, στα άκρα της δίοδου, που αντιπροσωπεύεται από αντίσταση συνδεδεμένη σε σειρά με τη δίοδο.



Ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα Φ/Β στοιχείου.

Όπου:

- I_{ph} : Το φωτορεύμα.
- R_{sh} : Η ισοδύναμη παράλληλη αντίσταση διαρροής του Φ/Β.
- R_s : Η αντίσταση σειράς.

3.3.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΗΣΤΙΚΗ ΚΑΜΠΥΛΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ

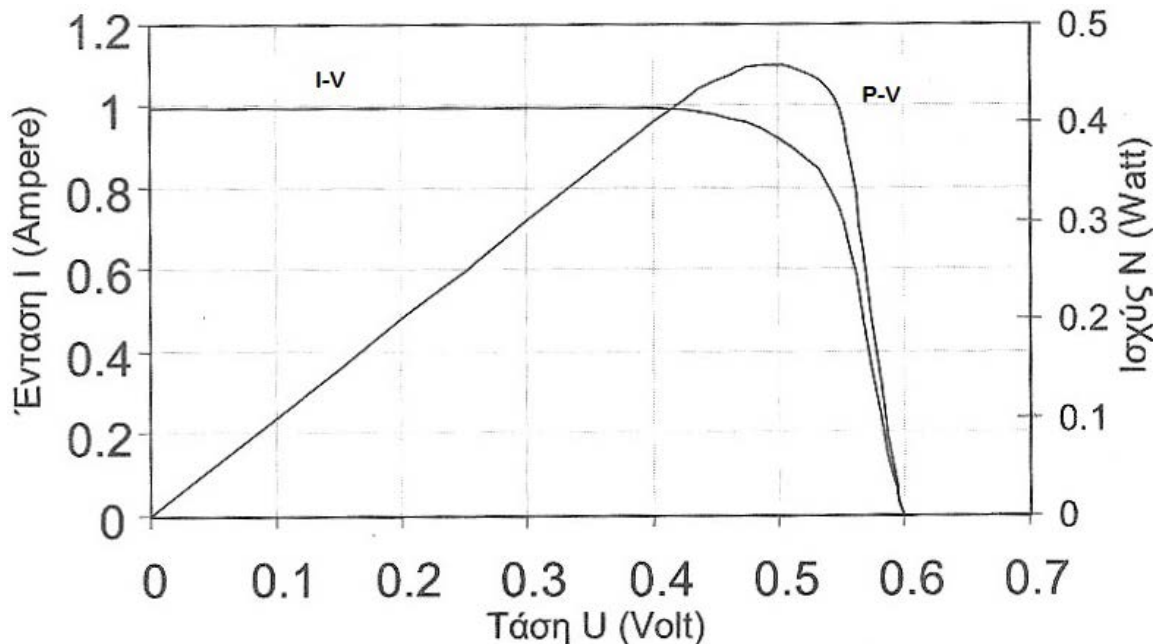
Το φωτοβολταϊκό στοιχείο ως πηγή παραγωγής ηλεκτρική ενέργειας έχει αρκετά ασυνήθιστη συμπεριφορά. Ενώ οι περισσότερες ηλεκτρικές πηγές διατηρούν τη τάση τους σταθερή στην περιοχή κανονικής λειτουργίας τους, στα φωτοβολταϊκά στοιχεία η τάση μεταβάλλεται ριζικά και μη γραμμικά σε συνάρτηση με την ένταση του ρεύματος που παρέχουν στο κύκλωμα ακόμα και αν η ακτινοβολία παραμένει σταθερή.

Για σταθερές συνθήκες ακτινοβολίας και θερμοκρασίας και για μεταβαλλόμενες τιμές της αντίστασης του κυκλώματος που τροφοδοτεί το φωτοβολταϊκό στοιχείο, η τάση και η ένταση του ρεύματος του φωτοβολταϊκού στοιχείου παίρνουν ενδιάμεσες τιμές ανάμεσα στις ακραίες που αντιστοιχούν σε μηδενική αντίσταση και σε άπειρη αντίσταση.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την καμπύλη I-V είναι:

- Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας.
- Η θερμοκρασία του φωτοβολταϊκού στοιχείου.
- Ο συντελεστής κατασκευής και ποιότητας.

- Η αντίσταση σειράς R_s .
- Η παράλληλη αντίσταση R_{sh} .
- Το ανάστροφο ρεύμα κόρου.



Χαρακτηριστικές καμπύλες I-V και P-V Φ/Β στοιχείου.

3.4 ΤΥΠΟΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Το υλικό που χρησιμοποιείται περισσότερο για την κατασκευή φωτοβολταϊκών στοιχείων στην βιομηχανία είναι το πυρίτιο. Είναι ίσως και το μοναδικό υλικό που παράγεται με τόσο μαζικό τρόπο. Οι μεγάλες (συγκριτικά) αποδόσεις των φωτοβολταϊκών πλαισίων πυριτίου στο εμπόριο δίνουν και ένα σημαντικό πλεονέκτημα στο συγκεκριμένο υλικό. Το πυρίτιο σήμερα αποτελεί την πρώτη ύλη για το 90% της αγοράς των φωτοβολταϊκών.

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του πυριτίου είναι:

➤ Μπορεί να βρεθεί πάρα πολύ εύκολα στην φύση. Είναι το δεύτερο σε αφθονία υλικό που υπάρχει στον πλανήτη μετά το οξυγόνο. Το διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2) (ή κοινώς η άμμος) και ο χαλαζίτης αποτελούν το 28% του φλοιού της γης. Είναι ιδιαίτερα φιλικό προς το περιβάλλον.

➤ Μπορεί εύκολα να λιώσει και να μορφοποιηθεί. Επίσης είναι σχετικά εύκολο να μετατραπεί στην μονοκρυσταλλική του μορφή.

➤ Οι ηλεκτρικές του ιδιότητες μπορούν να διατηρηθούν μέχρι και στους $125^\circ C$ κάτι που επιτρέπει την χρήση του πυριτίου σε ιδιαίτερα δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες. Αυτός είναι και ο λόγος που τα φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου ανταπεξέρχονται σε ένα ιδιαίτερα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών.

➤ Πολύ σημαντικό στοιχείο, που συνέβαλε στην γρήγορη ανάπτυξη τα φωτοβολταϊκά στοιχεία τα τελευταία χρόνια, ήταν η ήδη αναπτυγμένη τεχνολογία, στην βιομηχανία της επεξεργασίας του πυριτίου, στον τομέα της ηλεκτρονικής (υπολογιστές, τηλεοράσεις κλπ). Το 2007 μάλιστα ήταν η πρώτη χρονιά που υπήρχε μεγαλύτερη ζήτηση (σε τόνους κρυσταλλικού πυριτίου) στην αγορά των φωτοβολταϊκών στοιχείων σε σχέση με αυτήν των ημιαγωγών της ηλεκτρονικής.

➤ Μια κατηγοριοποίηση για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία θα μπορούσε να γίνει με βάση το πάχος του υλικού που χρησιμοποιείται.

3.4.1 ΤΥΠΟΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΥΡΙΤΙΟΥ "ΜΕΓΑΛΟΥ ΠΑΧΟΥΣ"

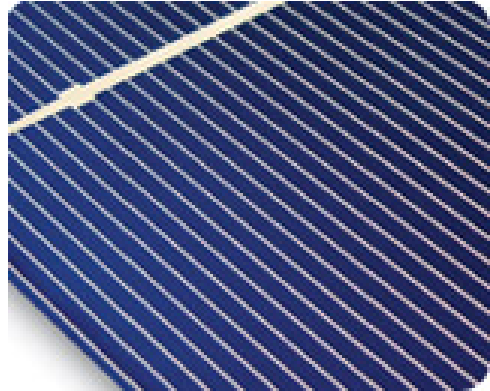
1. Φωτοβολταϊκά στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου (Single Crystalline Silicon, sc-Si)

Το πάχος τους είναι γύρω στα 0,3 χιλιοστά. Η απόδοσή τους στην βιομηχανία κυμαίνεται από 15 - 18% για το πλαίσιο. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί ακόμα μεγαλύτερες αποδόσεις έως και 24,7%.

Το μονοκρυσταλλικό φωτοβολταϊκό στοιχείο χαρακτηρίζεται από το πλεονέκτημα της καλύτερης σχέσης απόδοσης/επιφάνειας ή "ενεργειακής πυκνότητας". Ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι το υψηλό κόστος κατασκευής σε σχέση με τα πολυκρυσταλλικά.

Βασικές τεχνολογίες παραγωγής μονοκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών είναι η μέθοδος CZ (Czochralski) και η μέθοδος FZ (float zone). Αμφότερες βασίζονται στην ανάπτυξη ράβδου πυριτίου.

Το μονοκρυσταλλικό φωτοβολταϊκό με την υψηλότερη απόδοση στο εμπόριο σήμερα, είναι της SunPower με απόδοση πλαισίου 18,5%. Είναι μάλιστα το μοναδικό που έχει τις μεταλλικές επαφές στο πίσω μέρος του πάνελ αποκομίζοντας έτσι μεγαλύτερη επιφάνεια αλληλεπίδρασης με την ηλιακή ακτινοβολία.



2. Φωτοβολταϊκά κελιά πολυκρυσταλλικού πυριτίου (Multi Crystalline Silicon, mc-Si)

Το πάχος τους είναι επίσης περίπου 0,3 χιλιοστά. Η μέθοδος παραγωγής τους είναι φθηνότερη από αυτήν των μονοκρυσταλλικών γι' αυτό και η τιμή τους είναι συνήθως λίγο χαμηλότερη. Βασικότερες τεχνολογίες παραγωγής είναι: η μέθοδος απ' ευθείας στερεοποίησης DS (directional solidification), η ανάπτυξη λιωμένου πυριτίου ("χύτευση"), και η ηλεκτρομαγνητική χύτευση EMC.

Οπτικά μπορεί κανείς να παρατηρήσει τις επιμέρους μονοκρυσταλλικές περιοχές. Όσο μεγαλύτερες είναι σε έκταση οι μονοκρυσταλλικές περιοχές τόσο μεγαλύτερη είναι και η απόδοση για τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά κελιά.

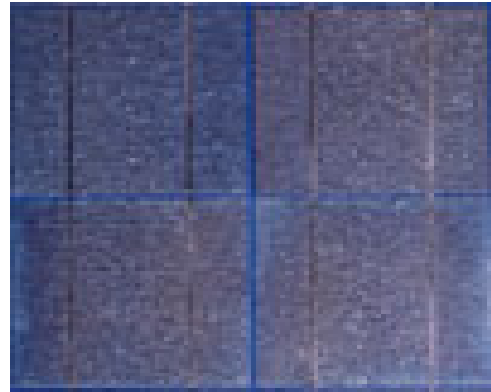
Σε εργαστηριακές εφαρμογές έχουν επιτευχθεί αποδόσεις έως και 20% ενώ στο εμπόριο τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία διατίθενται με αποδόσεις από 13 έως και 15% για τα φωτοβολταϊκά πλαίσια (πάνελ).



3. Φωτοβολταϊκά στοιχεία ταινίας πυριτίου (Ribbon Silicon)

Πρόκειται για μια σχετικά νέα τεχνολογία φωτοβολταϊκών στοιχείων. Αναπτύσσεται από την Evergreen Solar. Προσφέρει έως και 50% μείωση στην χρήση του πυριτίου σε σχέση με τις "παραδοσιακές τεχνικές" κατασκευής μονοκρυσταλλικών και πολυκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών κυψελών πυριτίου.

Η απόδοση για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία του έχει φτάσει πλέον γύρω στο 12-13% ενώ το πάχος του είναι περίπου 0,3 χιλιοστά. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις της τάξης του 18%.

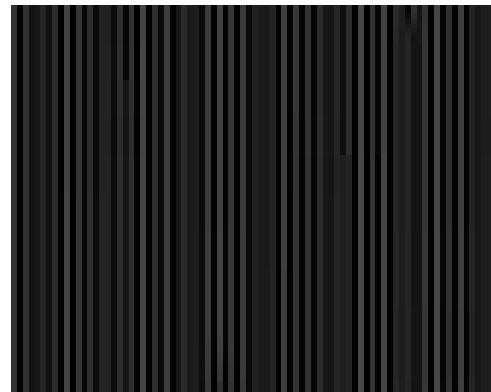


3.4.2 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΛΕΠΤΩΝ ΕΠΙΣΤΡΩΣΕΩΝ, "THIN FILM"

1. Δισεληνοϊνδιούχος χαλκός (CuInSe₂ ή CIS, με προσθήκη γάλλιου CIGS)

Ο δισεληνοϊνδιούχος χαλκός έχει εξαιρετική απορροφητικότητα στο προσπίπτον φως αλλά παρόλα αυτά η απόδοση του με τις σύγχρονες τεχνικές κυμαίνεται στο 11% (πλαίσιο).

Εργαστηριακά έγινε εφικτή απόδοση στο επίπεδο του 18,8% η οποία είναι και η μεγαλύτερη που έχει επιτευχθεί μεταξύ των φωτοβολταϊκών τεχνολογιών λεπτής επιστρώσεως. Με την πρόσμιξη γάλλιου η απόδοση του μπορεί να αυξηθεί ακόμα περισσότερο CIGS. Το πρόβλημα που υπάρχει είναι ότι το ίνδιο υπάρχει σε περιορισμένες ποσότητες στην φύση. Στα επόμενα χρόνια πάντως αναμένεται το κόστος του να είναι αρκετά χαμηλότερο.



2. Φωτοβολταϊκά στοιχεία άμορφου πυριτίου (Amorphous ή Thin film Silicon, a-Si)

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αυτά, έχουν αισθητά χαμηλότερες αποδόσεις σε σχέση με τις δύο προηγούμενες κατηγορίες. Πρόκειται για ταινίες λεπτών επιστρώσεων οι οποίες παράγονται με την εναπόθεση ημιαγωγού υλικού (πυρίτιο στην περίπτωση μας) πάνω σε υπόστρωμα υποστήριξης, χαμηλού κόστους όπως γυαλί ή αλουμίνιο. Έτσι και λόγω της μικρότερης ποσότητας πυριτίου που χρησιμοποιείται η τιμή τους είναι γενικότερα αρκετά χαμηλότερη.



Ο χαρακτηρισμός άμορφο φωτοβολταϊκό προέρχεται από τον τυχαίο τρόπο με τον οποίο είναι διατεταγμένα τα άτομα του πυριτίου. Οι επιδόσεις που επιτυγχάνονται με χρησιμοποιώντας φωτοβολταϊκά thin films πυριτίου κυμαίνονται για το πλαίσιο από 6 έως 8% ενώ στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις ακόμα και 14%.

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα για το φωτοβολταϊκό στοιχείο a-Si είναι το γεγονός ότι δεν επηρεάζεται πολύ από τις υψηλές θερμοκρασίες. Επίσης, πλεονεκτεί στην αξιοποίηση της απόδοσης του σε σχέση με τα κρυσταλλικά ΦΒ, όταν υπάρχει διάχυτη ακτινοβολία (συννεφιά).

Το μειονέκτημα των άμορφων πλαισίων είναι η χαμηλή τους ενεργειακή πυκνότητα κάτι που σημαίνει ότι για να παράγουμε την ίδια ενέργεια χρειαζόμαστε σχεδόν διπλάσια επιφάνεια σε σχέση με τα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία. Επίσης υπάρχουν αμφιβολίες όσον αφορά την διάρκεια ζωής των άμορφων πλαισίων μιας και δεν υπάρχουν στοιχεία από παλιές εγκαταστάσεις αφού η τεχνολογία είναι σχετικά καινούρια. Παρόλα αυτά οι κατασκευαστές πλέον δίνουν εγγυήσεις απόδοσης 20 ετών. Το πάχος του πυριτίου είναι περίπου 0,0001 χιλιοστά ενώ το υπόστρωμα μπορεί να είναι από 1 έως 3 χιλιοστά.

3. Τελουριούχο Κάδμιο (CdTe)

Το Τελουριούχο Κάδμιο έχει ενεργειακό διάκενο γύρω στο 1eV το οποίο είναι πολύ κοντά στο ηλιακό φάσμα κάτι που του δίνει σοβαρά πλεονεκτήματα όπως την δυνατότητα να απορροφά το 99% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Οι σύγχρονες τεχνικές όμως μας προσφέρουν αποδόσεις πλαισίου γύρω στο 6-8%. Στο εργαστήριο η απόδοση στα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχει φθάσει το 16%.

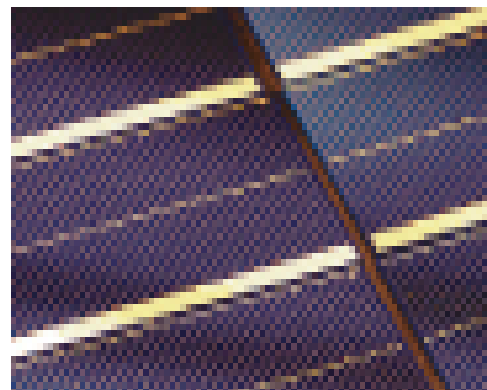
Μελλοντικά αναμένεται το κόστος του να πέσει αρκετά. Σημαντικότερος κατασκευαστής

για φωτοβολταϊκά στοιχεία CdTe είναι η First Solar. Τροχοπέδη για την χρήση του αποτελεί το γεγονός ότι το κάδμιο σύμφωνα με κάποιες έρευνες είναι καρκινογόνο με αποτέλεσμα να προβληματίζει το ενδεχόμενο της εκτεταμένης χρήσης του. Ήδη η Greenpeace έχει εναντιωθεί στην χρήση του. Επίσης προβληματίζει ή έλλειψη του Τελλουρίου. Σημαντικότερη χρήση του είναι ή ενθυλάκωση του στο γυαλί ως δομικό υλικό (BIPV Building Integrated Photovoltaic).



4. Αρσενικούχο Γάλλιο (GaAs)

Το Γάλλιο είναι ένα παραπροϊόν της ρευστοποίησης άλλων μετάλλων όπως το αλουμίνιο και ο ψευδάργυρος. Είναι πιο σπάνιο ακόμα και από τον χρυσό. Το Αρσενικό δεν είναι σπάνιο αλλά έχει το μειονέκτημα ότι είναι δηλητηριώδες. Το αρσενικούχο γάλλιο έχει ενεργειακό διάκενο 1,43eV που είναι ιδανικό για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η απόδοση του στην μορφή πολλαπλών συνενώσεων (multijunction) είναι η

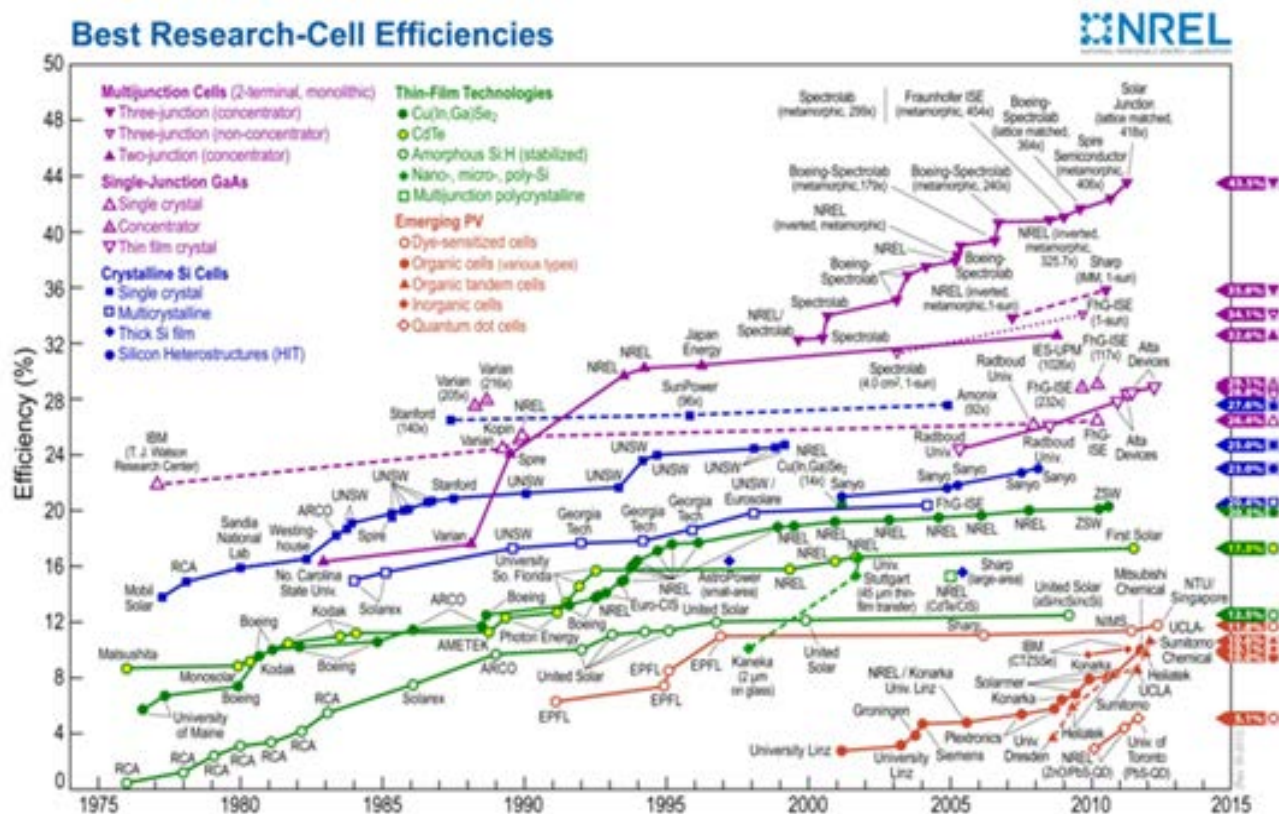


υψηλότερη που έχει επιτευχθεί και αγγίζει το 29%. Επίσης τα φωτοβολταϊκά στοιχεία GaAs είναι εξαιρετικά ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες γεγονός που επιβάλλει σχεδόν την χρήση τους σε εφαρμογές ηλιακών συγκεντρωτικών συστημάτων (solar concentrators). Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία GaAs έχουν το πλεονέκτημα ότι αντέχουν σε πολύ υψηλές ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας, για αυτό αλλά και λόγω της πολύ υψηλής απόδοσης του ενδείκνυται για διαστημικές εφαρμογές. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι το υπερβολικό κόστος του μονοκρυσταλλικού GaAs υποστρώματος.

3.4.3 ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΑΛΛΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

Ένα υβριδικό φωτοβολταϊκό στοιχείο αποτελείται από στρώσεις υλικών διαφόρων τεχνολογιών. Τα πιο γνωστά εμπορικά υβριδικά φωτοβολταϊκά στοιχεία αποτελούνται από δύο στρώσεις άμορφου πυριτίου (πάνω και κάτω) ενώ ενδιάμεσα υπάρχει μια στρώση μονοκρυσταλλικού πυριτίου (Heterojunction with Intrinsic Thin-layer ή HIT).

Κατασκευάζεται από την Sanyo Solar. Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι ο υψηλός βαθμός απόδοσης του πλαισίου που φτάνει σε εμπορικές εφαρμογές στο 17,2% και το οποίο σημαίνει ότι χρειαζόμαστε μικρότερη επιφάνεια για να έχουμε την ίδια εγκατεστημένη ισχύ. Τα αντίστοιχα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν απόδοση 19,7%. Άλλα πλεονεκτήματα για τα υβριδικά φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι η υψηλή τους απόδοση σε υψηλές θερμοκρασίες αλλά και η μεγάλη τους απόδοση στην διαχεόμενη ακτινοβολία. Φυσικά, αφού προσφέρει τόσα πολλά, το υβριδικό φωτοβολταϊκό είναι και κάπως ακριβότερο σε σχέση με τα συμβατικά φωτοβολταϊκά πλαίσια.



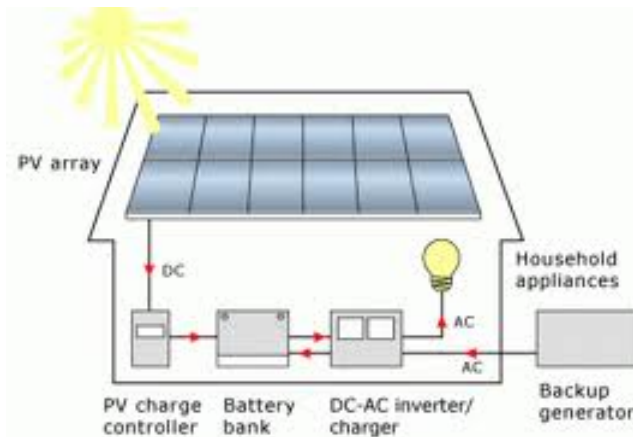
Η εξέλιξη της απόδοσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων.

Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών εξελίσσεται με ραγδαίους ρυθμούς και διάφορα εργαστήρια στον κόσμο παρουσιάζουν νέες πατέντες. Κάποιες από τις τεχνολογίες στα φωτοβολταϊκά στοιχεία που φαίνεται να ξεχωρίζουν και μελλοντικά πιθανώς να γίνει ευρεία η χρήση τους είναι:

- Νανοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου (nc-Si).
- Οργανικά/Πολυμερή στοιχεία.

3.5 ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

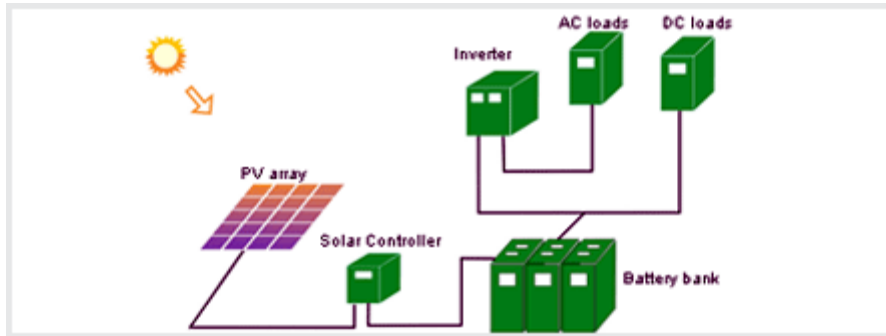
Σε ένα απομακρυσμένο από το δημόσιο ηλεκτρικό δίκτυο σύστημα οι ενεργειακές ανάγκες μιας εγκατάστασης π.χ. ενός σπιτιού μπορούν να τροφοδοτούνται από ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα. Παρόλα αυτά θα μπορούσαμε να διακρίνουμε και μια ακόμη κατηγορία τα υβριδικά συστήματα στα οποία συνεισφέρουν ενέργεια, τα φωτοβολταϊκά πάνελ και άλλες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας όπως η αιολική ή κάποια γεννήτρια πετρελαίου.



Ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα είναι μια μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αποκλειστικά από φωτοβολταϊκές γεννήτριες. Παραπέρα τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε αυτά που έχουν κάποια αποθηκευτική διάταξη ενέργειας (συνήθως μπαταρίες) και σε αυτά που είναι άμεσα συνδεδεμένα μόνο με τα φορτία που τροφοδοτούν χωρίς αποθηκευτική διάταξη (παράδειγμα: εξοχικό σπίτι με μια μικρή dc αντλία νερού συνδεδεμένη απ' ευθείας με ένα φωτοβολταϊκό πάνελ).

Τα βασικά μέρη ενός αυτόνομου συστήματος είναι:

- Τα φωτοβολταϊκά πάνελ
- Οι συσσωρευτές
- Ο ρυθμιστής φόρτισης
- Ο αντιστροφέας dc/ac (για τις καταναλώσεις των 230V)
- Οι ασφάλειες
- Οι διακόπτες dc
- Τα όργανα μέτρησης χωρητικότητας συσσωρευτών



Τα φωτοβολταϊκά μπορούν να τροφοδοτήσουν οποιαδήποτε εγκατάσταση (όπως ένα εξοχικό σπίτι) αλλά το κόστος μπορεί να είναι μεγάλο. Για τον λόγο αυτό τα φωτοβολταϊκά μπορούν να συνδυαστούν και με άλλες πηγές ενέργειας. Για παράδειγμα υπάρχουν περιοχές με καλό αιολικό δυναμικό και μάλιστα συνήθως όταν υπάρχει συννεφιά ο αέρας είναι ισχυρότερος. Έτσι μπορεί μια ανεμογεννήτρια και μια φωτοβολταϊκή συστοιχία να αλληλοσυμπληρώνονται σε μια εγκατάσταση. Σε αυτήν την περίπτωση οι δύο πηγές ενέργειας τροφοδοτούν τις συστοιχίες των συσσωρευτών μέσω ρυθμιστών φόρτισης και από εκεί η ενέργεια διοχετεύεται στις καταναλώσεις της εγκατάστασης για παράδειγμα ενός αυτόνομου φωτοβολταϊκού σπιτιού. Γενικότερα οι τεχνολογίες που μπορεί να συμμετέχουν σε μια υβριδική εγκατάσταση για την επίτευξη ενεργειακής αυτονομίας (ηλεκτρικής), είναι συνήθως οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες, οι ανεμογεννήτριες, και οι πετρελαιοκινητήρες Η/Ζ. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι ενεργειακές πηγές μπαίνουν παράλληλα στο τοπικό δίκτυο με σκοπό την αδιάκοπη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας. Η επιλογή ενός τέτοιου συστήματος προέρχεται από έναν συγκερασμό μετεωρολογικών και οικονομοτεχνικών δεδομένων.

Για τις εγκαταστάσεις που δεν έχουν άμεση πρόσβαση στο δίκτυο της ΔΕΗ υπάρχει η λύση των αυτόνομων αλλά και των υβριδικών συστημάτων. Τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα (ή συστήματα εκτός δικτύου) αποσκοπούν στο να προσφέρουν ενεργειακή αυτονομία σε μια εγκατάσταση. Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες απομονωμένων από το δίκτυο φωτοβολταϊκών 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)
- Εγκαταστάσεις που απαιτούν υψηλή διαθεσιμότητα (αμυντικές εφαρμογές, διαστημικές εφαρμογές)

Η μεθοδολογία για την ηλεκτροδότηση μιας τέτοιας εγκατάστασης είναι η ακόλουθη:

1. Ανάλυση της περιοχής (ακτινοβολία, σκίαση κ.τ.λ.)

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. Για παράδειγμα στην περιοχή της Καβάλας η βέλτιστη κλίση των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο για ένα σύστημα με γνώμονα την μέγιστη ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι 31°. Εάν όμως θέλουμε να ηλεκτροδοτήσουμε μια παραθεριστική κατοικία μόνο για τους θερινούς μήνες η βέλτιστη κλίση είναι από 5 έως 20 μοίρες ανάλογα τον μήνα της μέγιστης ζήτησης ενέργειας. Ένα άλλο ζήτημα επίσης είναι και το σημείο που θα τοποθετηθούν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια.

2. Καταγραφή των ενεργειακών απαιτήσεων

Κάθε εγκατάσταση έχει διαφορετικά φορτία (συσκευές, μηχανήματα κ.τ.λ.). Για να γίνει ένας σωστός σχεδιασμός θα πρέπει να καταγραφούν όλα τα φορτία, επίσης να γίνει μια αναλυτική περιγραφή της διάρκειας χρήσης της κάθε συσκευής καθώς και του επιθυμητού χρόνου αυτονομίας. Η διάρκεια αυτονομίας θα καθορίσει και την διαστασιολόγηση των συσσωρευτών που θα χρησιμοποιηθούν. Επίσης πολύ σημαντικό είναι και το είδος των συσκευών που χρησιμοποιούνται εάν δηλαδή καταναλώνουν εναλλασσόμενο ή συνεχές ρεύμα. Στις περισσότερες περιπτώσεις μάλιστα προτείνονται συσκευές χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης οι οποίες έχουν υψηλότερο κόστος αγοράς αλλά σε βάθος χρόνου είναι ασφαλώς περισσότερο συμφέρουσες. Επιπρόσθετα υπάρχει η δυνατότητα του συνδυασμού των φωτοβολταϊκών με κάποια άλλη πηγή ενέργειας, όπως ανεμογεννήτριες ή μηχανές diesel. Σε αυτήν την περίπτωση στο υβριδικό σύστημα που προκύπτει μπορούν να γίνουν διάφοροι συνδυασμοί όσον αφορά την συμμετοχή της κάθε πηγής ενέργειας και την διαστασιολόγηση τους.

3. Οικονομοτεχνική μελέτη

Αφού γίνει η ανάλυση των παραπάνω τεχνικών χαρακτηριστικών ακολουθεί η οικονομοτεχνική μελέτη της εγκατάστασης. Η μελέτη αυτή είναι ο συγκερασμός των παραπάνω τεχνικών απαιτήσεων, της οικονομικής δυνατότητας καθώς και των πιθανών επιδοτήσεων. Σκοπός είναι τελικά να επιτευχθεί η βέλτιστη τεχνική και οικονομική λύση.

3.6 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΑΡΚΑ

Τα διασυνδεδεμένα συστήματα ή φωτοβολταϊκά πάρκα έχουν ως βασικό χαρακτηριστικό το γεγονός ότι υπάρχει φυσική ένωση με το δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Η σχέση μιας εγκατεστημένης μονάδας με το δημόσιο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας είναι αμφίδρομη. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να απορροφά ενέργεια αλλά και να διαχέει ενέργεια προς το δίκτυο.

Όταν μια εγκατάσταση έχει ως αποκλειστικό σκοπό την έγχυση ενέργειας προς το δίκτυο, στόχος είναι η μέγιστη ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και η πώληση της σε κάποιον προμηθευτή (καταναλωτή). Τέτοιου είδους μονάδες ονομάζονται και Φ/Β σταθμοί, φωτοβολταϊκά πάρκα κ.τ.λ.. Συνήθως τα φωτοβολταϊκά πάρκα εγκαθίστανται σε αγροτεμάχια, χωράφια, οικόπεδα κ.τ.λ..

Η ισχύς σε αυτές τις περιπτώσεις μπορεί να είναι από μερικά KW έως και αρκετά MW και ανάλογες ανάγκες προκύπτουν αναφορικά με την έκταση του Φ/Β σταθμού. Στην Ελλάδα η συνηθέστερη επένδυση σε αυτά τα επίπεδα είναι αυτή των 100KW (γιατί συνδυάζει τα πλεονεκτήματα της υψηλής απόδοσης της KWh αναλογικά με το κόστος εγκατάστασης και της ευκολότερης αδειοδότησης του Φ/Β σταθμού). Τελευταία με την ΠΑΕ να μην δέχεται

άλλες αιτήσεις πολλοί επενδυτές έχουν στραφεί και σε φωτοβολταϊκούς σταθμούς 20KW όπου η διαδικασία αδειοδότησης είναι πολύ απλή και μπορεί μάλιστα να ολοκληρωθεί άμεσα και γρήγορα.

Τα διασυνδεδεμένα συστήματα ή φωτοβολταϊκά πάρκα χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες έχοντας μοναδικό τους κριτήριο τα συστήματα στήριξής τους. Παρακάτω βλέπουμε τις κατηγορίες στις οποίες χωρίζονται:

- Στήριξη με σταθερό σύστημα στο έδαφος.
- Στήριξη με σταθερό σύστημα σε επικλινή στέγη.
- Στήριξη με σταθερό σύστημα σε επίπεδη οροφή κτιρίου.
- Στήριξη με σύστημα ηλιοστατών στο έδαφος (πολύ σπάνια σε οροφές αν επαρκούν τα κριτήρια στατικότητας).



3.6.1 ΣΤΑΘΕΡΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Γενικά τα σταθερά συστήματα πλεονεκτούν σε σχέση με τα συστήματα ηλιοστατών (tracker) στην απλότητα της κατασκευής, στο κόστος εγκατάστασης, στην ταχύτητα εγκατάστασης, στο κόστος συντήρησης, στην μεγαλύτερη ανεξάρτηση του επενδυτή από τον κατασκευαστή και σε θέματα αξιοπιστίας.

Η απουσία κινητών μερών κατά τη στήριξη της συστοιχίας με σταθερή κλίση, προσδίδει στη διάταξη επαρκή μηχανική αντοχή, ιδιαίτερα αν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε περιοχές όπου επικρατούν ισχυροί άνεμοι. Η πιο απλή περίπτωση είναι εκείνη κατά την οποία ο χώρος εγκατάστασης της συστοιχίας των συλλεκτών, δέχεται την ηλιακή

ακτινοβολία, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Κατά κανόνα επιλέγουμε νότιο προσανατολισμό για τη συστοιχία και γωνία κλίσης κοντά στο γεωγραφικό πλάτος του τόπου εγκατάστασης.

3.6.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕ ΗΛΙΟΣΤΑΤΕΣ (SOLAR TRACKERS)

Στα φωτοβολταϊκά πάρκα πολλές φορές συνηθίζεται η χρήση συστημάτων παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου. Τα συστήματα αυτά ονομάζονται ηλιοστάτες ή trackers. Το πλεονέκτημα αυτής της τεχνικής είναι ότι η άμεση ακτινοβολία (direct irradiation) προσπίπτει στα πάνελ κάθετα με αποτέλεσμα την αυξημένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Υπάρχουν 3 βασικά είδη τέτοιων συστημάτων:

- Παρακολούθηση της τροχιάς στον κάθετο άξονα, τα οποία παρουσιάζουν μικρή αύξηση της απόδοσης (vertical one axis tracker).
- Παρακολούθηση της τροχιάς στον οριζόντιο άξονα, τα οποία παρουσιάζουν μέση αύξηση της απόδοσης (horizontal one axis tracker).
- Παρακολούθηση της τροχιάς και στους δύο άξονες, τα οποία παρουσιάζουν μέγιστη αύξηση της απόδοσης (dual axis tracker).

Επίσης ανάλογα με την μέθοδο που δίνει κίνηση στους άξονες του συστήματος διακρίνονται σε:

- Υδραυλικά συστήματα κίνησης
- Ηλεκτρικά συστήματα κίνησης

Τα tracker πλεονεκτούν συνολικά στην απόδοση της επένδυσης του φωτοβολταϊκού συστήματος και αποδίδουν μεγαλύτερα οικονομικά οφέλη (όταν όμως ισχύουν και αρκετοί άλλοι παράμετροι). Υπάρχει ένα αυξημένο κόστος γενικότερα στην κατασκευή και την εγκατάσταση αλλά οι ηλιοστάτες μπορούν να αυξήσουν αρκετά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Φυσικά αυτό και μόνο το γεγονός αποτελεί βασικό κριτήριο για πολλούς επενδυτές που επιθυμούν το μέγιστο όφελος από την επένδυση τους.

Η αύξηση αυτή μπορεί ξεκινάει από 10% (για συστήματα μονού άξονα) να φτάσει ακόμα και το 40% (αλλά για κάποιες μόνο εποχές του χρόνου). Ο υπολογισμός της μέσης ετήσιας αύξησης στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ενός συστήματος είναι το κρίσιμο μέγεθος που θα πρέπει να υπολογίσει κανείς για να βγάλει χρήσιμα συμπεράσματα.

Η χρήση των tracker πάντως συστήνεται μόνο σε περιοχές που έχουν υψηλό ποσοστό άμεσης ακτινοβολίας (όπως στην Ελλάδα). Εγκαθίστανται σε εκτάσεις αγροτεμαχίων, χωραφιών, οικοπέδων κλπ, μεγαλύτερων διαστάσεων σε σχέση με τα σταθερά συστήματα.

Για αυτόν ακριβώς τον λόγο μπορεί να παρατηρήσει κανείς ότι στην Ισπανία και την Γερμανία (οι 2 περισσότερο ώριμες αγορές του κόσμου) όπου έχουν τοποθετηθεί πολλά φωτοβολταϊκά πάρκα χρησιμοποιούνται διαφορετικές πρακτικές όσον αφορά τα συστήματα στήριξης. Στην μεν συννεφιασμένη Γερμανία τα συντριπτικά περισσότερα εγκατεστημένα συστήματα είναι σταθερά, ενώ στην Ισπανία τα trackers έχουν κατακτήσει ένα πολύ σημαντικό μερίδιο της αγοράς. Συμπερασματικά υπάρχουν αρκετοί παράμετροι που θα πρέπει κανείς να σταθμίσει για να προχωρήσει στην επιλογή ενός σταθερού συστήματος στήριξης σε σχέση με ένα σταθερό.

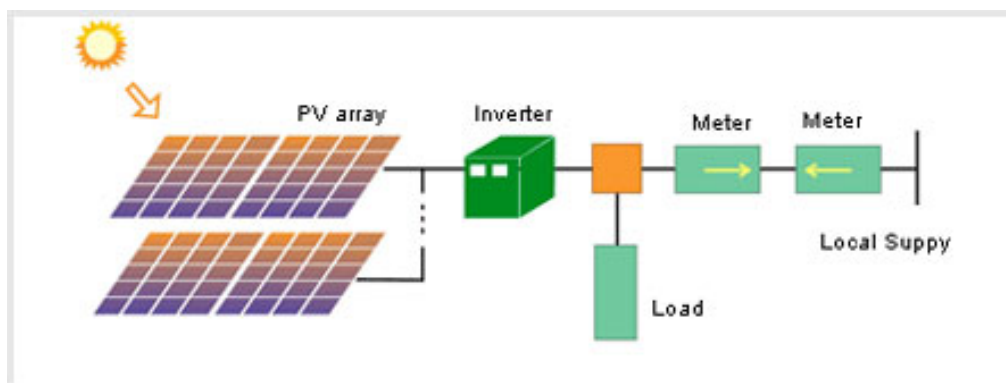
Στα μειονεκτήματα των κινητών συστημάτων μπορούν να αναφερθούν:

- Το αυξημένο κόστος της επένδυσης
- Η ύπαρξη κινητών μερών όπου και αυξάνει την πολυπλοκότητα του συστήματος
- Η ανάγκη για αυτοκατανάλωση κάποιας ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας για την περιστροφή (κίνηση) των συστημάτων
- Το αυξημένο κόστος συντήρησης.
- Η μεγαλύτερη ανάγκη για απομακρυσμένο (τηλεπικοινωνιακά) έλεγχο του συστήματος μιας και η πιθανότητα αστοχίας είναι μεγαλύτερη.
- Μεγαλύτερος κίνδυνος καταστροφής σε περίπτωση ακραίων καιρικών φαινομένων.
- Υπάρχει ανάγκη μεγαλύτερων εκτάσεων.

Συμπερασματικά υπάρχουν αρκετοί παράμετροι που θα πρέπει κανείς να σταθμίσει για να προχωρήσει στην επιλογή ενός σταθερού συστήματος στήριξης σε σχέση με ένα σταθερό.

3.7 ΠΩΛΗΣΗ/ΑΓΟΡΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΡΟΣ/ΑΠΟ ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Όταν μια εγκατάσταση χρησιμοποιεί το δίκτυο ως εναλλακτική πηγή τροφοδότησης ηλεκτρικής ενέργειας σε περίπτωση που η παραγωγή του τοπικού Φ/Β σταθμού δεν επαρκεί κάποιες ώρες της ημέρας (ή γενικότερα δεν επαρκεί) για να τροφοδοτήσει την ενεργειακές ανάγκες της εγκατάστασης. Στις πιο πάνω περιπτώσεις η εγκατάσταση μπορεί να απορροφά ενέργεια από το δίκτυο για να πληρώσει τις ενεργειακές τις ανάγκες. Επίσης μπορεί να συμβαίνει και το αντίστροφο. Δηλαδή όταν η ενέργεια που παράγεται από την μονάδα είναι περισσότερη από αυτήν που καταναλώνεται, η περίσσεια της ενέργειας μπορεί να διοχετευτεί (πωλείται) στο δίκτυο. Ένα τέτοιο σύστημα θα πρέπει να διαθέτει δύο μετρητικά συστήματα, το ένα από τα οποία θα μετρά την εξερχόμενη ενέργεια και το άλλο την εισερχόμενη. Τα συστήματα αυτά ονομάζονται και grid interactive.



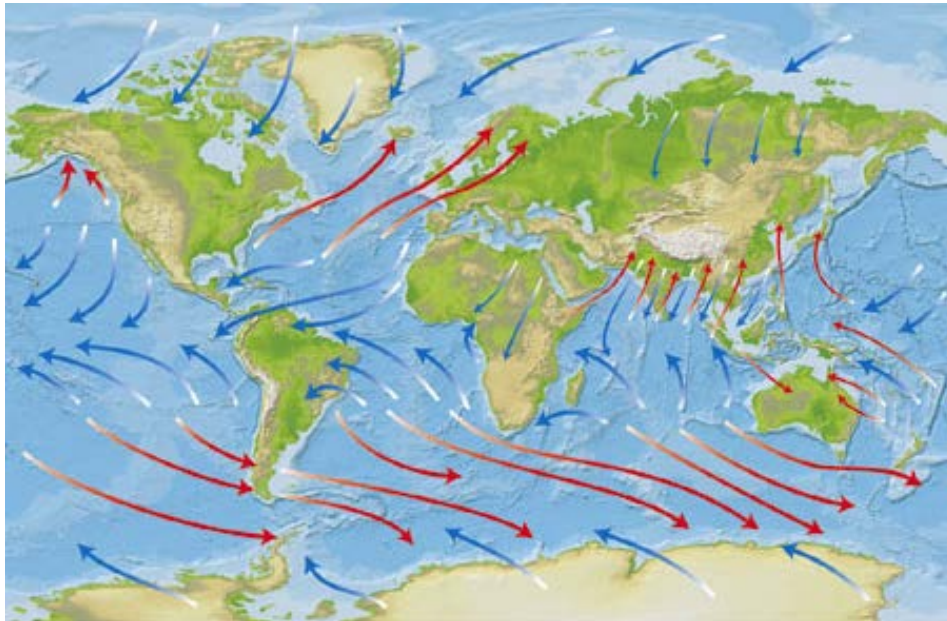
Όταν μια μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έχει ως αποκλειστικό στόχο την απορρόφηση ενέργειας από το ηλεκτρικό δίκτυο γιατί η ποσότητα ενέργειας που παράγει εξ ορισμού δεν καλύπτει τις ενεργειακές τις ανάγκες. Αυτά τα συστήματα ονομάζονται και grid back up. Ουσιαστικά σε αυτήν την περίπτωση ο σχεδιασμός του συστήματος γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται ότι το σύνολο της ενέργειας που παράγεται θα απορροφάται από τις ηλεκτρικές καταναλώσεις της εγκατάστασης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ & ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

4.1 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΝΕΜΟΥ

Ο αέρας κινείται λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ δυο διαφορετικών αέριων μαζών. Προκαλείται με την ανώμαλη θέρμανση της γήινης επιφάνειας από τον ήλιο καθ' όλη τη διάρκεια του 24ωρου. Δεδομένου ότι η γήινη επιφάνεια αποτελείται από ξηρά και νερό, ερήμους και δάση, η επιφάνεια απορροφά τη θερμότητα του ήλιου διαφορετικά σε κάθε περίπτωση. Οι πιο δροσερές μάζες αέρα που είναι και βαρύτερες, παίρνουν τη θέση του θερμότερου αέρα, ο οποίος ανεβαίνει ψηλότερα. Δηλαδή σε μια περιοχή που ο αέρας είναι θερμός, παρατηρούμε χαμηλή πίεση, ενώ, αντίθετα, σε μια περιοχή με κρύο υπάρχει υψηλή πίεση. Λίγος αέρας στη μια πλευρά, πολύς στην άλλη. Ο αέρας, για να γεμίσει τα κενά του, δημιουργεί ένα ρεύμα από την περιοχή με υψηλή ατμοσφαιρική πίεση προς την περιοχή όπου η πίεση είναι χαμηλή. Έτσι, στη Γη τα ρεύματα του αέρα ταξιδεύουν από τις κρύες περιοχές προς τις θερμές. Επομένως η αιολική ενέργεια δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία. Αυτή η κίνηση των αέριων μαζών δημιουργεί τους ανέμους. Με τον ίδιο τρόπο, έχουμε κίνηση της ατμόσφαιρας που περιβάλλει τη γη, επειδή το έδαφος κοντά στο γήινο ισημερινό θερμαίνεται περισσότερο από τον ήλιο, από ότι το έδαφος κοντά στους πόλους.



Παγκόσμιος χάρτης ανέμων λόγω της ανομοιόμορφης θέρμανσης της Γης

4.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η αιολική ενέργεια είναι μια από τις παλαιότερες μορφές φυσικής ενέργειας. Αξιοποιήθηκε από πολύ νωρίς για την παραγωγή μηχανικού έργου. Χρησιμοποιείται από τους ανθρώπους πολλούς αιώνες και έπαιξε αποφασιστικό ρόλο στην εξέλιξη της ανθρωπότητας. Ο άνθρωπος πρωτοχρησιμοποίησε την αιολική ενέργεια στα ιστιοφόρα πλοία, γεγονός που συνέβαλε αποφασιστικά στην ανάπτυξη της ναυτιλίας.

4.2.1 ΟΙ ΑΝΕΜΟΜΥΛΟΙ

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 12ο μέχρι τις αρχές του 19ου 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.

Ο ανεμόμυλος είναι μια διάταξη που χρησιμοποιεί ως κινητήρια δύναμη την κινητική ενέργεια του άνεμου. 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 9ου μ.Χ. αιώνα. Αυτό το συγκρότημα των ανεμόμυλων βρισκόταν στο Σειστάν, στα σύνορα της Περσίας και Αφγανιστάν και ήταν “οριζόντιου τύπου” δηλαδή με πτερύγια 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 μυλόπετρες.

Οι πρώτοι μύλοι είχαν τα πτερύγια 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 πτερύγια τοποθετούνται πάνω από τις μυλόπετρες. Τον 13ο αιώνα οι μύλοι αυτού του τύπου ήταν γνωστοί στην Βόρεια Κίνα, όπου μέχρι και τον 16ο 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 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 πτερύγια 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 14ου αιώνα αναπτύχθηκε στη Γαλλία ο ανεμόμυλος σε σχήμα πύργου. 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 πτερύγια 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 15ου 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.

Στην Ελλάδα η χρήση των ανεμόμυλων υπήρξε αρκετά εκτεταμένη, λόγω του πλούσιου αιολικού δυναμικού της χώρας. Αν και είχαν εμφανιστεί πολλούς αιώνες πριν, η χρήση τους καθιερώθηκε κατά τη Βυζαντινή περίοδο, γνωρίζοντας ακόμα μεγαλύτερη διάδοση κατά την περίοδο της Φραγκοκρατίας, κυρίως στο ανατολικό Αιγαίο αλλά και στην ενδοχώρα. Κατά κανόνα στεγαζόταν σε κυλινδρικά πέτρινα διάωροφα κτίρια. Στον επάνω όροφο βρισκόταν ο άξονας και το σύστημα μετάθεσης της κίνησης, ενώ στον κάτω όροφο γινόταν η άλεση και αποθήκευση των σιτηρών. Τα πτερύγια τους ήταν πάνινα, 5-15 μέτρα σε μήκος και πλάτος το 1/5 του μήκους του. Ένας ανεμόμυλος μπορούσε να αλέσει 20-70 κιλά σιτηρών την ώρα, ανάλογα με την ένταση και την φόρα του ανέμου. Όταν δεν είχαν σιτάρι ή κριθάρι ν’ αλέσουν, τότε έδεσαν τα πανιά, για να μην γυρνάνε και σπάσουν. Σήμερα οι περισσότεροι ανεμόμυλοι έχουν ερειπωθεί και διατηρούνται ελάχιστα, κυρίως για τουριστικούς λόγους.



4.2.2 ΟΙ ΠΡΩΤΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

Το 1860 η Δανία στρέφει το ενδιαφέρον της προς τον άνεμο, αρχίζοντας μάλιστα ένα ειδικό πρόγραμμα για την κατασκευή ανεμοκινητήρων που θα παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα. 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. Οι ανεμογεννήτριες της Δανίας απέδιδαν 25 KW. Η πρώτη ανάλογη προσπάθεια έγινε στην Ελλάδα το 1982, και πιο συγκεκριμένα στο νησί της Κύθνου.

Οι πρώτες σύγχρονες ανεμογεννήτριες εμφανίστηκαν στη Γαλλία το 1929. Μια ηλεκτρομηχανική εταιρεία κατασκεύασε την αιολική μηχανή Bonquet, διαμέτρου 20 μέτρων με δυο πτερύγια, η οποία όμως καταστράφηκε από τον άνεμο. Η επόμενη προσπάθεια έγινε από τους Ρώσους, οι οποίοι το 1931 δημιούργησαν μια παρόμοια μηχανή διαμέτρου 30 μέτρων. Στόχος τους ήταν η παραγωγή 100 Kw, όμως τα σχέδιά τους ναυάγησαν δεδομένου ότι η κατασκευή τους άντεξε μόνο για δυο χρόνια και η ετήσια παραγωγή δεν ξεπέρασε τα 32 Kw.

Οι ουσιαστικότερες μελέτες στον κλάδο της αιολικής ενέργειας ξεκίνησαν μετά το Β΄ Παγκόσμιο πόλεμο σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες. Ποικίλες μελέτες στη Γαλλία οδήγησαν στην κατασκευή πολλών μεγάλων πειραματικών αιολικών μηχανών. Ένα από τα πιο γνωστά παραδείγματα είναι η ανεμογεννήτρια Best Romani, η οποία διέθετε τρία πτερύγια, είχε διάμετρο 30 μέτρων και παρήγαγε 800 Kw. Το πιο σημαντικό συμπέρασμα της μελέτης ήταν ότι οι μεγάλες αιολικές μηχανές που έχουν κατασκευαστεί σωστά (βάση υπολογισμών της θέσης του εδάφους και της ροής των τοπικών ανέμων) δεν κάνουν καθόλου θόρυβο. Η μεγαλύτερη ανεμογεννήτρια της εποχής κατασκευάστηκε τη δεκαετία του 50 στις ΗΠΑ. Εμπνευστές και σχεδιαστές του μεγάλου αυτού εγχειρήματος ήταν το επιστημονικό προσωπικό του Τεχνολογικού Ιδρύματος της Μασαχουσέτης. Η ισχύς της έφτανε τα 1,25 Mw και η λειτουργία της διακόπηκε μετά από πέντε χρόνια λόγω ανεπανόρθωτης βλάβης.

Μέχρι την περίοδο αυτή, ανάλογη ήταν και η εξέλιξη στον ευρωπαϊκό χώρο. Αξίζει να σημειωθεί, όμως, πως στις αρχές της δεκαετίας του 1950 η χαμηλή τιμή του πετρελαίου οδήγησε σε στασιμότητα τις όποιες ερευνητικές προσπάθειες. Ο ανταγωνισμός ήταν έντονος και το φθηνό κόστος των καυσίμων ήταν δυσανάλογο με την απόσβεση μιας ανεμογεννήτριας.

4.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Οι ανεμογεννήτριες (ή Α/Γ) εκμεταλλεύονται την κινητική ενέργεια του ανέμου, δηλαδή τις δυνάμεις που αναπτύσσονται στα πτερύγιά τους, και την μετατρέπουν σε μηχανική. Οι δυνάμεις αυτές είναι η αντίσταση και η άνωση. Η αντίσταση είναι η δύναμη που ασκείται σε ένα αντικείμενο από τον άνεμο και έχει κατεύθυνση ίδια με τη ροή του ανέμου. Άνωση ονομάζουμε τη δύναμη που ασκείται στο αντικείμενο από τον άνεμο έχοντας κατεύθυνση κάθετη στη ροή του ανέμου.

Ο άνεμος περιστρέφει τα πτερύγια μιας ανεμογεννήτριας, τα οποία είναι συνδεδεμένα με ένα περιστρεφόμενο άξονα. Ο άξονας περνάει μέσα σε ένα κιβώτιο μετάδοσης της κίνησης όπου αυξάνεται η ταχύτητα περιστροφής. Το κιβώτιο συνδέεται με έναν άξονα μεγάλης ταχύτητας περιστροφής ο οποίος κινεί μια γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Αν η ένταση του ανέμου αυξηθεί επικίνδυνα, η τουρμπίνα έχει ένα φρένο που περιορίζει την υπερβολική αύξηση περιστροφής των πτερυγίων για να περιοριστεί η φθορά της και να αποφευχθεί η καταστροφή της.



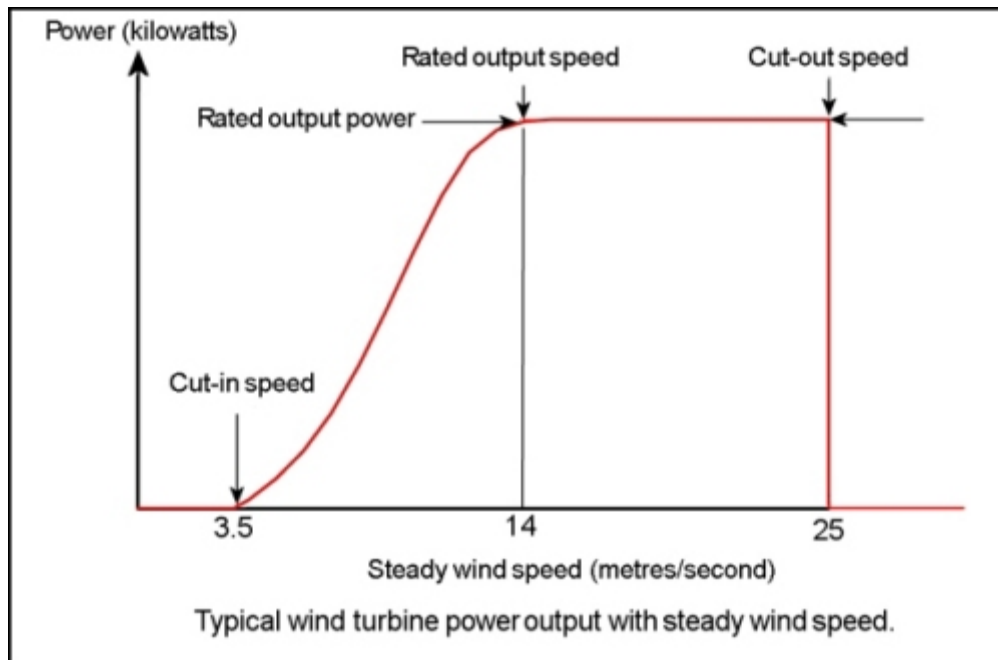
Η παραγωγή ισχύος μιας ανεμογεννήτριας μεταβάλλεται με την ταχύτητα του ανέμου: διπλασιασμός της ταχύτητάς του ισοδυναμεί με οκταπλασιασμό της παραγόμενης ισχύος. Άλλος σημαντικός παράγοντας είναι το μήκος των πτερυγίων: διπλασιάζοντας το μήκος των πτερυγίων, τετραπλασιάζουμε την ισχύ.

Κάθε ανεμογεννήτρια χαρακτηρίζεται από την καμπύλη ισχύος, που εξαρτάται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και το σχεδιασμό της (ταχύτητα έναρξης λειτουργίας, ταχύτητα διακοπής λειτουργίας ονομαστική ταχύτητα λειτουργίας). Έτσι η παραγόμενη ισχύς της μηχανής εξαρτάται από την καμπύλη ισχύος της και τον άνεμο της περιοχής.

Πρόσθετοι παράγοντες που επηρεάζουν την παραγόμενη ενέργεια είναι η διαθεσιμότητα της μηχανής, οι απώλειες μεταφοράς και σε περίπτωση που μιλάμε για αιολικό πάρκο, ο βαθμός απόδοσής του (δηλαδή οι απώλειες που έχουμε λόγο αλληλεπίδρασης ανεμογεννητριών, οι οποίες οφείλονται κατά κύριο λόγο στο έλλειμμα ταχύτητας).

Οι ανεμογεννήτριες μπορούν να διαμορφώσουν αυτόνομα συστήματα για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών μιας μικρής εγκατάστασης (σπίτι, αγρόκτημα, κ.τ.λ.) ή να

συνδεθούν στο δημόσιο δίκτυο ώστε η ηλεκτρική ενέργεια να διανεμηθεί σε περισσότερους καταναλωτές.



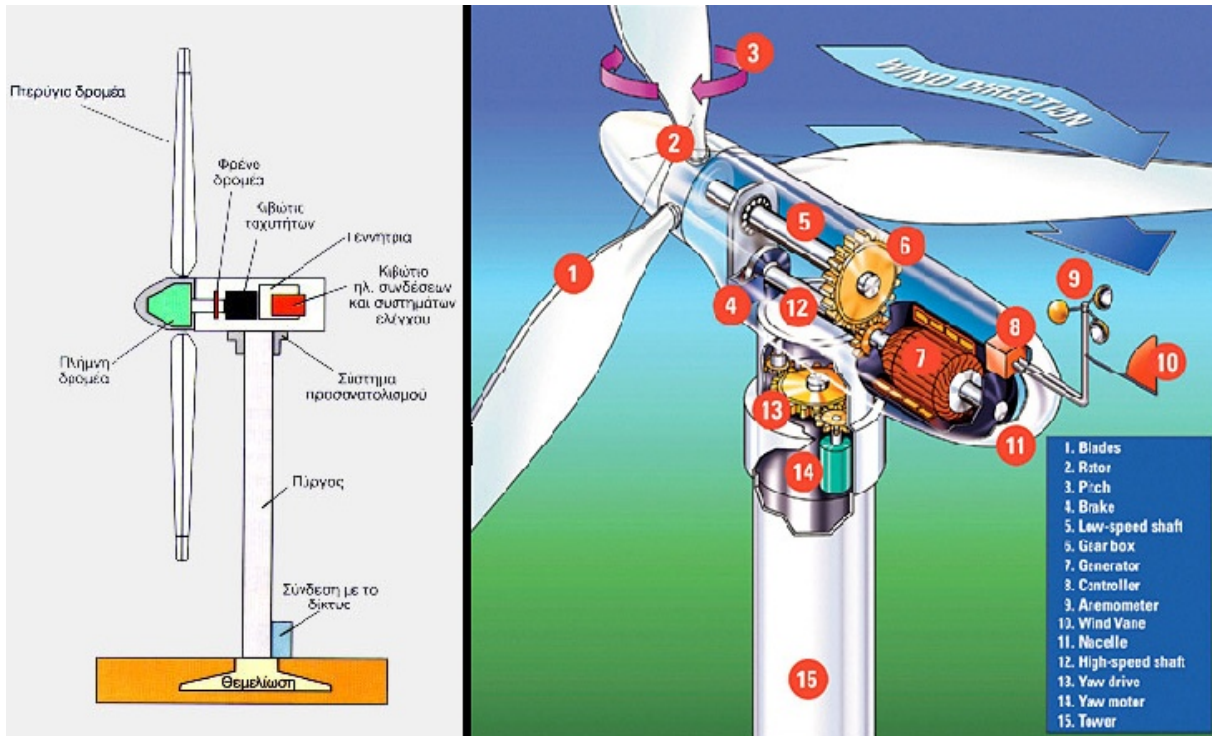
Καμπύλη ισχύος ανεμογεννήτριας

4.4 ΜΕΡΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Μια ανεμογεννήτρια αποτελείται συνήθως από τα παρακάτω μέρη:

1. Θεμέλια (Base): Οι εκσκαφές των βάσεων των ανεμογεννητριών οφείλουν να γίνονται σε υγιή και βραχώδη ως επί των πλείστων εδάφη. Χρησιμοποιείται ενισχυμένο σκυρόδεμα και ο οπλισμός για μεγάλη αντοχή.
2. Πύργος (Tower): Οι πύργοι είναι κατασκευασμένοι από χαλύβδινο κέλυφος ή τσιμέντο. Επειδή η ταχύτητα του ανέμου αυξάνει με το ύψος, οι ψηλότεροι πύργοι δίνουν τη δυνατότητα στις τουρμπίνες να "αιχμαλωτίσουν" περισσότερη ενέργεια και να παραγάγουν περισσότερο ηλεκτρισμό.
3. Πτερύγια (Blades): Οι περισσότερες ανεμογεννήτριες έχουν δύο ή τρία πτερύγια. Ο άνεμος πάνω στα πτερύγια δημιουργεί άνοση (lift) που έχει σαν αποτέλεσμα μια ροπή γύρω από τον άξονα περιστροφής και αναγκάζει τα πτερύγια να περιστρέφονται.
4. Ρότορας (Rotor): Οι λεπίδες και η πλήμνη (κέντρο άξονα) μαζί ονομάζονται ρότορας.
5. Κλίση (Pitch): Τα πτερύγια περιστρέφονται, ή στρίβουν γύρω από τον άξονά τους, ανεξάρτητα από τον άνεμο, ώστε να ελέγχουν την ταχύτητα του ρότορα και να τον εμποδίζουν από το να στρίβει όταν οι άνεμοι είναι υπερβολικά ισχυροί ή υπερβολικά ασθενείς για να παραγάγουν ηλεκτρισμό.

6. Κέλυφος (ή Ατρακτίδιο) (Nacelle): Ο ρότορας συνδέεται με το κέλυφος, το οποίο βρίσκεται στην κορυφή του πύργου και περιλαμβάνει το κιβώτιο ταχυτήτων, τους άξονες υψηλής και χαμηλής ταχύτητας, τη γεννήτρια, το φρένο και τον ελεγκτή. Ένα κάλυμμα προστατεύει τα μέρη εντός του κελύφους. Μερικά κελύφη είναι αρκετά μεγάλα ώστε να μπορεί ένας τεχνικός να κάθεται όρθιος μέσα σε αυτό ενώ δουλεύει.



7. Κιβώτιο ταχυτήτων (Gear box): Οι ταχύτητες συνδέουν τον άξονα χαμηλής ταχύτητας με τον άξονα υψηλής ταχύτητας και αυξάνει την ταχύτητα περιστροφής από τις 30 με 60 στροφές ανά λεπτό στις 1200 με 1500 στροφές ανά λεπτό. Η ταχύτητα περιστροφής απαιτείται από τις περισσότερες γεννήτριες για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Το κιβώτιο ταχυτήτων είναι ένα ακριβό και βαρύ μέρος μιας ανεμογεννήτριας.
8. Άξονας υψηλής ταχύτητας (High-speed Shaft): Οδηγεί τη γεννήτρια.
9. Άξονας χαμηλής ταχύτητας (Low-speed Shaft): Ο ρότορας κινεί τον άξονα χαμηλής ταχύτητας περίπου στις 30 με 60 στροφές ανά λεπτό.
10. Φρένο (Brake): Ένα δισκόφρενο το οποίο μπορεί να λειτουργεί μηχανικά, ηλεκτρικά ή υδραυλικά για να σταματήσει τον κινητήρα σε περίπτωση ανάγκης.
11. Ελεγκτής (Controller): Ο ελεγκτής ξεκινά τη μηχανή σε ταχύτητες ανέμου περίπου 8-16 μίλια την ώρα και κλείνει τη μηχανή περίπου στα 65 μίλια την ώρα. Οι ανεμογεννήτριες δε μπορούν να δουλεύουν σε ταχύτητες ανέμου πάνω απ' τα 65 μίλια την ώρα γιατί οι γεννήτριές τους μπορούν να υπερθερμανθούν ή/και τα πτερύγιά τους να σπάσουν.

12. Ανεμόμετρο (Anemometer): Μετράει την ταχύτητα του ανέμου και μεταβιβάζει τα ανεμολογικά δεδομένα στον ελεγκτή.
13. Ανεμοδείκτης (Wind vane): Υπολογίζει την διεύθυνση και επικοινωνεί με τον οδηγό εκτροπής ώστε να προσανατολίζεται στον άνεμο.
14. Οδηγός εκτροπής (Yaw drive): Φέρνει τις ανεμογεννήτριες προς τον άνεμο. Χρησιμοποιείται για να αφήνει το ρότορα να βρίσκεται προς τον άνεμο καθώς αυτός αλλάζει κατεύθυνση. Οι ανεμογεννήτριες που λειτουργούν υπήνεμα δεν απαιτούν οδηγό εκτροπής. Ο άνεμος μόνος φέρνει υπήνεμα το ρότορα.
15. Κινητήρας εκτροπής (Yaw motor): Δίνει ενέργεια στον οδηγό εκτροπής
16. Γεννήτρια (Generator): Συνήθως μια γεννήτρια εισαγωγής που εύκολα βρίσκει κανείς στο εμπόριο και παράγει εναλλασσόμενο ρεύμα.

4.5 ΤΥΠΟΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΗΤΡΙΩΝ

Οι ανεμογεννήτριες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τον τύπο του άξονα που χρησιμοποιούν: οριζόντιου και κάθετου άξονα.

4.5.1 ΑΝΕΜΟΓΕΝΗΤΡΙΕΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΑΞΟΝΑ

Ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα ονομάζουμε εκείνες των οποίων ο δρομέας είναι τύπου έλικα και βρίσκεται σε θέση παράλληλη με την κατεύθυνση του ανέμου και του εδάφους. Έχουν μεγάλη απόδοση (περίπου 30%-40%). Μπορούν να έχουν ένα, δύο, τρία ή ακόμα και πέντε πτερύγια, ενώ η πτερωτή τους μπορεί να τοποθετηθεί είτε σε προσήνεμη διάταξη (up wind), δηλαδή μπροστά από τον πύργο στήριξης, είτε σε υπήνεμη διάταξη (down wind), δηλαδή πίσω από τον πύργο στήριξης σε σχέση με τη διεύθυνση του ανέμου.

Στην παγκόσμια αγορά έχουν επικρατήσει οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα για την ηλεκτροπαραγωγή, σε ποσοστό 90 %. Η ισχύς τους φτάνει τα 5 MWatt, η διάμετρος του δρομέα κυμαίνεται μεταξύ 40 και 120 μέτρων, το ύψος του πύργου εγγίζει τα 120 μέτρα και λειτουργούν σε ένα παράθυρο ταχυτήτων ανέμου 3 ως 30 m/s.

Αναλόγως τον αριθμό των πτερυγίων έχουμε και διαφορετικά αποτελέσματα. Χρησιμοποιώντας Α/Γ με λίγα πτερύγια έχουμε μικρότερη αδράνεια, άρα και μεγαλύτερες ταχύτητες. Αποτέλεσμα αυτού είναι το ρεύμα που θα παραχθεί να είναι υψηλής ισχύος, οπότε είναι καλύτερες για παραγωγή ισχύος. Αντίθετα, οι Α/Γ με πολλά πτερύγια έχουν μεγαλύτερη αδράνεια, πράγμα που τις κάνει ποιο αργές. Έτσι το ρεύμα που θα παράξουν είναι χαμηλής συχνότητας. Αυτό τις κάνει καλύτερες για τη φόρτιση μπαταριών και για την άντληση υδάτων. Γενικότερα, έχουν επικρατήσει οι τρίπτερες Α/Γ, οι οποίες έχουν ευρύ φάσμα ταχυτήτων ανέμου, και κόστος κατασκευής και συντήρησης μικρό καθώς τα προβλήματα αντοχής και δυναμικής καταπόνησης μηχανικών μερών είναι περιορισμένα στις μηχανές αυτής της κατηγορίας.

Το μειονέκτημα των ανεμογεννητριών οριζοντίου άξονα, σε σχέση με του κάθετου άξονα, είναι ότι χρειάζονται σύστημα ευθυγράμμισης με τον αέρα. Αυτό το πρόβλημα πάντως, λύνεται εύκολα με τη χρήση ενός ανεμοδείκτη, ο οποίος δίνει εντολή στον οδηγό εκτροπής να προσανατολίσει την Α/Γ στη διεύθυνση του ανέμου.

4.5.2 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΚΑΘΕΤΟΥ ΑΞΟΝΑ

Ανεμογεννήτριες καθέτου άξονα ονομάζουμε εκείνες των οποίων ο δρομέας παραμένει σταθερός και είναι κάθετος προς την επιφάνεια του εδάφους. Έχουν συνήθως χαμηλότερη απόδοση (περίπου 15%-20%) σχετικά με τις ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα, γι' αυτό δεν είναι και ιδιαίτερα διαδεδομένες. Ωστόσο, παρουσιάζουν μεγάλο αρχιτεκτονικό ενδιαφέρον, ενώ είναι πιθανό να είναι πιο αποτελεσματικές στο αστικό περιβάλλον, καθώς έχουν τη δυνατότητα να εκμεταλλεύονται τους ανέμους διαφορετικών κατευθύνσεων.

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι κατασκευής ανεμογεννητριών κατακόρυφου άξονα: η Savonius και η Darrieus. Οι Α/Γ τύπου Savonius έχουν σχήμα S στην κάτοψη, και απαιτούν χαμηλή ροπή εκκίνησης με αποτέλεσμα να μπορούν να εκμεταλλευτούν για την κίνηση τους και μικρές ταχύτητες ανέμου. Αντίθετα οι Α/Γ τύπου Darrieus απαιτούν μεγάλη ροπή εκκίνησης, με αποτέλεσμα να απαιτείται υποβοήθηση για την εκκίνηση τους με χαμηλή ταχύτητα ανέμου. Ωστόσο, υπάρχουν και ανεμογεννήτριες που είναι συνδυασμός των δύο αυτών τύπων.



Savonius



Darrieus



Μεικτή



Ελικοειδής - Quiet Revolution



Ελικοειδής - Turby

Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένες ενδιαφέρουσες κατασκευές ελικοειδών ανεμογεννητριών, σε μορφή DNA, όπως η Quiet Revolution και η Turby. Αυτά τα συστήματα έχουν, συνήθως, ύψος 5 μέτρα και διάμετρο 3 μέτρα περίπου. Κατά συνέπεια έχουν τη δυνατότητα να παράξουν μεγαλύτερες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας. Τέλος, η συντήρηση των ανεμογεννητριών της συγκεκριμένης κατηγορίας είναι περισσότερο περίπλοκη, καθώς θα πρέπει να αποσυναρμολογηθεί ολόκληρο το σύστημα για να υπάρξει πρόσβαση στα έδρανα.

Οι ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα περιστροφής είναι πιο αθόρυβες και επηρεάζονται λιγότερο από τις αναταράξεις και τις δονήσεις, συγκριτικά πάντα με τις ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα, επειδή δεν χρειάζονται άνεμο συγκεκριμένης διεύθυνσης για να περιστραφούν. Από την άλλη πλευρά, απαιτούν, σε γενικές γραμμές, μεγαλύτερη αιολική ενέργεια για να τεθούν σε κίνηση και ελαφρώς υψηλότερες ταχύτητες ανέμου για να λειτουργήσουν αποτελεσματικά. Βασικό μειονέκτημά τους είναι ότι τα μικρά συστήματα εκμετάλλευσης αιολικής ενέργειας, υστερούν σε απόδοση, καθώς η παραγόμενη ισχύς είναι ανάλογη με την επιφάνεια σάρωσης. Για παράδειγμα μια ανεμογεννήτρια Savonius, ύψους 1 μέτρο και διαμέτρου 0,3 μέτρα είναι σε θέση να παράγει μόλις 50-100 kWh ενέργειας ετησίως.

4.6 ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ

Η σημερινή τεχνολογία βασίζεται σε ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα 2 ή 3 περυγίων, με αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύ 200-400 KW. Όταν εντοπιστεί μια ανεμώδης περιοχή και εφόσον βέβαια έχουν προηγηθεί οι απαραίτητες μετρήσεις και μελέτες για την αξιοποίηση του αιολικού πάρκου, εκεί τοποθετούνται δεκάδες ανεμογεννήτριες και έτσι δημιουργούν ένα αιολικό πάρκο. Για την ιστορία, το πρώτο αιολικό πάρκο της Ευρώπης εγκαταστάθηκε το 1982 στην νήσο Κύθνο. Με ισχύ 100 κιλοβάτ καλύπτει το 25% των ενεργειακών αναγκών του νησιού.

Υπάρχουν κυρίως δύο ειδών αιολικά πάρκα:

- i) Τα χερσαία αιολικά πάρκα, τα οποία βρίσκονται σε μεγάλο υψόμετρο και κυρίως στις κορφές των βουνών.
- ii) Τα παράκτια αιολικά πάρκα, τα οποία τοποθετούνται σε περιοχές πέρα των δέκα χιλιομέτρων από την ακτή.



4.6.1 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΛΛΗΛΗ ΘΕΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΗΤΡΙΩΝ

Για την επιλογή της κατάλληλης θέσης εγκατάστασης αιολικών συστημάτων θα πρέπει να λάβουμε υπ όψιν μας τις παρακάτω παραμέτρους:

i) Χαρακτηριστικές παράμετροι του ανέμου.

Οι χαρακτηριστικές παράμετροι του αέρα είναι εκείνες που θα μας δώσουν όλα τα χαρακτηριστικά που χρειάζεται να ξέρουμε για την ποιότητα του αέρα, αφού γίνουν πρώτα βέβαια όλες οι απαραίτητες μελέτες στη συγκεκριμένη περιοχή. Αναλυτικά, τα προς μελέτη στοιχεία είναι:

1. Η ταχύτητα του ανέμου.
2. Η διεύθυνση του ανέμου.
3. Η Επικρατούσα στην περιοχή ανατάραξη.
4. Ο Στροβιλισμός.
5. Η μεταβολή με το ύψος ταχύτητας του ανέμου (κατανομή του ανέμου).

ii) Τραχύτητα του εδάφους.

Η τραχύτητα του εδάφους μας ενδιαφέρει άμεσα, καθώς όπως εύκολα καταλαβαίνουμε, ένα επίπεδο έδαφος προσφέρει μεγαλύτερη απόδοση στην εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού σε σχέση με έναν τραχύτερο γεμάτο εξογκώματα τύπο εδάφους. Αναλυτικά έχουμε:

1. Επίπεδο έδαφος.
 - Ομοιόμορφη τραχύτητα.
 - Ανομοιόμορφη τραχύτητα - γίνεται καταγραφή εμποδίων και έπειτα αλλαγή τραχύτητας αν είναι εφικτό.
2. Σύνθετο έδαφος.
 - Προσδιορισμός τοπογραφικών χαρακτηριστικών - γίνεται καταγραφή εμποδίων και έπειτα αλλαγή τραχύτητας αν είναι εφικτό.

iii) Ανατάραξη του αέρα.

Οι αναταράξεις του αέρα επηρεάζουν αρνητικά την απόδοση μιας ανεμογεννήτριας. Οι κλασικές ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα πρέπει να τοποθετούνται σε "καθαρά" ρεύματα αέρα χωρίς αναταράξεις. Για το λόγο αυτό, αναρτώνται συνήθως σε ύψη από 7 έως και 15 μ. Οι ανεμογεννήτριες καθέτου άξονα δεν επηρεάζονται ιδιαίτερα από τις αναταράξεις γι' αυτό και συνήθως τοποθετούνται χαμηλότερα. Καλό είναι η βάση της ανεμογεννήτριας να απέχει από τα όρια του οικοπέδου ή τα όρια κτιρίων, απόσταση τουλάχιστον ίση με το ύψος του ιστού ή του πυλώνα στήριξης.

iv) Περιβαλλοντικοί.

Μια ακόμη παράμετρος που πρέπει να εξετάσουμε, είναι και η περιβαλλοντική. Οι ανεμογεννήτριες πρέπει να:

1. Βρίσκονται εκτός κατοικημένων περιοχών, λόγο παραγωγής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και μεγάλου θορύβου (αφορά κυρίως μεγάλες ανεμογεννήτριες και αιολικά πάρκα).
2. Εξετάσουμε τα αισθητικά προβλήματα και την αλλοίωση του φυσικού τοπίου, ιδιαίτερος σε τουριστικές περιοχές.
3. Λάβουμε υπ' όψιν τις επιπτώσεις των Α/Γ στον πληθυσμό των πουλιών, στις περιπτώσεις που έχουμε προστατευόμενα είδη.

Τέλος, κάποιες άλλες παράμετροι που πρέπει να συμπεριληφθούν στην εξέταση είναι οι παρακάτω:

- Τα γειτονικά δίκτυα με τη ΔΕΗ ανάλογης ισχύος και η ύπαρξη δρόμων πρόσβασης.
- Αποστάσεις από τις κοντινότερες κοινότητες.
- Το αρχαιολογικό ενδιαφέρον για την εξεταζόμενη περιοχή.
- Η θέση της Α/Κ σε σχέση με τους αναμεταδότες της ΕΡΤ και του ΟΤΕ.
- Αποστάσεις από τα αεροδρόμια.

4.6.2 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Οι πρώτες δραστηριότητες για την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα άρχισαν το 1975, με την πραγματοποίηση μετρήσεων των ανεμολογικών στοιχείων από τη ΔΕΗ σε πολλές περιοχές της χώρας. Η κίνηση αυτή ήταν η ενδεδειγμένη, δεδομένου ότι η ύπαρξη καλών ανεμολογικών στοιχείων για μια σειρά πιθανών περιοχών εγκατάστασης, είναι βασικός παράγοντας για την ορθή επιλογή της θέσης των αιολικών πάρκων. Η χώρα μας διαθέτει εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό και η αιολική ενέργεια μπορεί να γίνει σημαντικός μοχλός ανάπτυξής της. Από τις πλέον πρόσφορες περιοχές για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών είναι οι παράλιες περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδας και, κυρίως, τα νησιά του Αιγαίου, όπου συχνά πνέουν ισχυροί άνεμοι εντάσεως 8 και 9 Μποφόρ.

Το πολυσχιδές ανάγλυφο της Ελλάδας (βουνά, πεδιάδες, λόφοι, νησιά) κάνουν περίπλοκη την κατανομή των ανέμων ως προς την ταχύτητα και την διεύθυνση. Υπάρχουν περιοχές όπως το στενό Ρίου – Αντιρρίου που είναι γνωστές για τους πολύ ισχυρούς τους ανέμους, όμως αυτό δεν βοηθά πολύ την αξιοποίηση, αφού αυτό συμβαίνει για σχετικά μικρό ποσοστό ημερών. Αντίθετα, η παράκτια και λοφώδης ζώνη της Αιγαλίας, έχει μεγάλη συχνότητα επικράτησης σταθερών ΒΔ ανέμων, με καλύτερες προοπτικές αξιοποίησης ως προς το αιολικό δυναμικό.

Οι πιο ευνοημένες, από πλευράς αιολικού δυναμικού, περιοχές στην Ελλάδα βρίσκονται στο Αιγαίο, κυρίως στην περιοχή των Κυκλάδων, της Κρήτης, στην Νοτιανατολική Πελοπόννησο και στην Εύβοια. Εκεί επικεντρώνονται οι προσπάθειες ανάπτυξης των αιολικών πάρκων. Από πλευράς οικονομικών συνθηκών όμως το πρόβλημα των νησιών είναι η μη ύπαρξη διασύνδεσης με το εθνικό δίκτυο, ώστε να υπάρξει απορρόφηση της παραγόμενης ενέργειας κατά την εποχή χαμηλής ζήτησης αυτής, έξω από την τουριστική περίοδο.

Περιοχές με αιολικό ενδιαφέρον όμως υπάρχουν και στη λοφώδη παράκτια ζώνη της Δυτικής Ελλάδας αλλά και σε αρκετά βουνά. Σε κάθε περίπτωση όμως πρέπει να υπάρχει εμπεριστατωμένη περιβαλλοντική μελέτη, όπου θα συνεκτιμάται η επίδραση στην πανίδα και χλωρίδα και στην γενικότερη αισθητική του τοπίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ

5.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

Μία από τις πιο σημαντικές και καινοτόμες ανακαλύψεις ήταν αναμφισβήτητα η ανακάλυψη του ηλεκτρισμού. Όμως, η πρώτη σημαντική χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας, ήρθε πολύ αργότερα και σε περιορισμένη αρχικά έκταση, με την ανακάλυψη της μπαταρίας στα μέσα με τέλη του 1800. Πολύ πριν εφευρεθούν οι ηλεκτρικές γεννήτριες και πριν αναπτυχθούν τα ηλεκτρικά δίκτυα, την κύρια πηγή ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούσαν οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές ή πιο απλά μπαταρίες.

Η αρχή λειτουργίας των ηλεκτρικών συσσωρευτών στηρίζεται στην αποθήκευση περίσσιας ηλεκτρικής ενέργειας σε χημική μορφή, την αποδίδει ξανά στην αρχική της μορφή όταν υπάρξει ζήτηση.

Οι διαδοχικές βελτιώσεις της τεχνολογίας των συσσωρευτών οδήγησαν στην άνθηση πολλών σημαντικών ηλεκτρικών ανακαλύψεων, ξεκινώντας από τις πρώιμες επιστημονικές μελέτες, φθάνοντας στις απλές τεχνολογικές εφευρέσεις όπως αυτή του τηλεφώνου και του τηλεγράφου και καταλήγοντας σε φορητούς υπολογιστές, κινητά τηλέφωνα και ηλεκτρικά οχήματα. Οι μπαταρίες χρησιμοποιούνται στις μέρες μας κατά κόρον σχεδόν σε όλα τα ηλεκτρικά-ηλεκτρονικά προϊόντα που υπάρχουν, ακόμη και σε διάφορες μεγάλες εφαρμογές (ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οχήματα, κ.λπ.).

Γεγονός είναι ότι η εξέλιξη στην τεχνολογία των μπαταριών δεν ακολουθεί τον ίδιο ρυθμό με εκείνο άλλων "συστατικών" των ηλεκτρονικών συσκευών και εν πολλοίς οι υπάρχουσες μπαταρίες εμποδίζουν την ανάπτυξη μιας νέας γενιάς συσκευών που θα έχουν ακόμη μικρότερο μέγεθος αλλά που θα είναι το ίδιο ή και περισσότερο αποτελεσματικά από τα υπάρχοντα. Παρ' όλα αυτά η ιστορική τους εξέλιξη παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον λόγω των σταδίων που πέρασαν για να φτάσουμε να έχουμε σήμερα συσσωρευτές τόσων πολλών διαφορετικών ιδιοτήτων ώστε να μπορούν να εξυπηρετήσουν τις απαιτήσεις του εκάστοτε συστήματος.

5.1.1 Η ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ ΚΑΙ Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ

Το 1786, ο Luigi Galvani ενώ εργαζόταν στο Πανεπιστήμιο της Μπολόνια, κάνοντας πειράματα με τους μύες ενός νεκρού βατράχου ανακάλυψε ότι αν έφερνε σε επαφή τα νεύρα των μηρών με δύο διαφορετικά μέταλλα (π.χ. σίδηρο και χαλκό), ο μυς έκανε μία σύσπαση. Ο Galvani απέδωσε το φαινόμενο σε κάποιο είδος ηλεκτρισμού στο μυϊκό σύστημα, τον οποίο ονόμασε "ζωικό ηλεκτρισμό". Ο Galvani κάνει τις ανακοινώσεις του για τον γαλβανισμό και το ζωικό ηλεκτρισμό και ο Alessandro Volta είναι από τους πρώτους που κατανοούν την τεράστια αξία αυτής της ανακάλυψης. Όμως, δεν παραδέχεται την εξήγηση που δίνει ο Galvani στο φαινόμενο αυτό.

Ο Volta ξεκίνησε μια σειρά πειραμάτων χρησιμοποιώντας ψευδάργυρο, μόλυβδο, κασσίτερο ή σίδηρο σαν θετικά ηλεκτρόδια και χαλκό, ασήμι, χρυσό ή γραφίτη σαν αρνητικά ηλεκτρόδια. Το 1800 ανακάλυψε ότι χρησιμοποιώντας συγκεκριμένα υγρά ως αγωγούς για την πρόκληση χημικής αντίδρασης μεταξύ των πλακών-ηλεκτροδίων, παραγόταν μία συνεχής ροή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό οδήγησε στην εφεύρεση της πρώτης μπαταρίας: τη «βολταϊκή στήλη». Ανακάλυψε επίσης ότι η τάση θα αυξανόταν όταν βολταϊκά στοιχεία τοποθετούνταν το ένα πάνω στο άλλο. Ο Volta συναρμολόγησε μια σειρά από δίσκους αργύρου και ψευδαργύρου εναλλάξ, μονώνοντας τα ζεύγη μεταξύ τους με φύλλο από χαρτόνι, βρεγμένο σε αγωγικό υγρό (αλατόνερο). Όταν ο ακραίος δίσκος αργύρου συνδεόταν μέσω εξωτερικού καλωδίου με τον ακραίο δίσκο ψευδαργύρου, παραγόταν ρεύμα. Ο Volta πίστευε ότι το ρεύμα προερχόταν από την επαφή των δύο μετάλλων, ενώ στην πραγματικότητα αναπτυσσόταν διαμέσου του βρεγμένου χαρτονιού, που ήταν ένας ηλεκτρολύτης. Κατασκεύασε στήλες με μέχρι 60 ζεύγη δίσκων, αλλά με τη χρήση, η στήλη στέγνωσε και ετίθετο έτσι εκτός λειτουργίας. Αυτό οδήγησε τον Volta στην επινόηση μιας τροποποίησης, την οποία ονόμασε «στέμμα κυπέλλων». Κάθε κύπελλο περιείχε ένα κομμάτι από άργυρο και ψευδάργυρο και ένα διάλυμα άλατος. Ο ψευδάργυρος κάθε κυπέλλου συνδεόταν ηλεκτρικώς με τον άργυρο του γειτονικού κυπέλλου, τα οποία ήταν διατεταγμένα κυκλικά. Ο Volta μετρούσε την ισχύ της μπαταρίας τοποθετώντας απλώς τα δάκτυλά του στα δύο άκρα.

Η Γαλλία ήταν από τις πρώτες χώρες που αναγνώρισε επίσημα τις ανακαλύψεις του Volta. Εκείνη την περίοδο, η Γαλλία κατείχε υψηλή θέση στις επιστημονικές εξελίξεις και οι νέες ιδέες βρήκαν θερμή υποδοχή για να υποστηρίξουν την πολιτική ατζέντα. Μετά από πρόταση, ο Volta παρευρέθηκε στο Γαλλικό Ινστιτούτο σε μια σειρά από διαλέξεις στις οποίες ήταν παρών ο Ναπολέων Βοναπάρτης ως μέλος του Ινστιτούτου.

Νέες ανακαλύψεις έγιναν όταν ο Sir Humphry Davy, εφευρέτης του λαμπτήρα ασφαλείας των ανθρακωρύχων, εγκατέστησε τη μεγαλύτερη και πιο ισχυρή ηλεκτρική μπαταρία στα θησαυροφυλάκια του Βασιλικού Ινστιτούτου του Λονδίνου. Συνέδεσε τη μπαταρία σε ηλεκτρόδια από κάρβουνο και παρήγαγε το πρώτο ηλεκτρικό φως. Όπως αναφέρθηκε από μάρτυρες ο βολταϊκός λαμπτήρας τόξων του παρήγαγε «τη λαμπρότερη ανερχόμενη ασίδα φωτός που είχαν ποτέ δει».

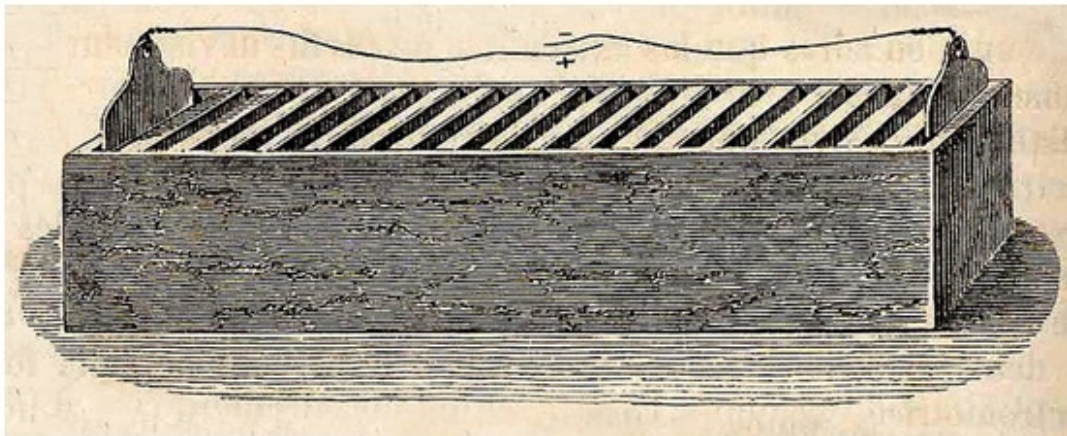
Μετά από τα πειράματα του Galvani και την ανακάλυψη του βολταϊκού στοιχείου, το ενδιαφέρον για το γαλβανικό ηλεκτρισμό είχε εξαπλωθεί αρκετά. Ο Davy άρχισε να εξετάζει



Η βολταϊκή στήλη του Alessandro Volta

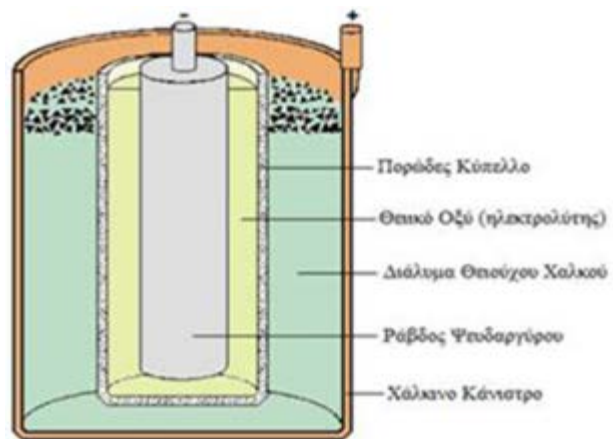
τα χημικά αποτελέσματα του ηλεκτρισμού το 1800. Σύντομα βρήκε ότι περνώντας ηλεκτρικό ρεύμα μέσα από κάποιες ουσίες, αυτές οι ουσίες αποσυντίθενται, μια διαδικασία που αργότερα ονομάστηκε ηλεκτρόλυση. Η παραγόμενη τάση σχετιζόταν άμεσα με την ικανότητα αντίδρασης του ηλεκτρολύτη με το μέταλλο. Προφανώς, ο Davy κατάλαβε ότι οι ενέργειες της ηλεκτρόλυσης και του βολταϊκού στοιχείου ήταν οι ίδιες.

Το 1802, ο χημικός William Cruickshank σχεδίασε την πρώτη ηλεκτρική μπαταρία για μαζική παραγωγή. Τοποθέτησε τετράγωνα φύλλα χαλκού, τα οποία συγκόλλησε στα άκρα μεταξύ τους με φύλλα ψευδαργύρου ίσου μεγέθους. Αυτά τα φύλλα τοποθετήθηκαν μέσα σε ένα μακρύ ορθογώνιο ξύλινο κουτί το οποίο ήταν σφραγισμένο με τσιμέντο. Εσοχές μέσα στο κουτί κρατούσαν τις πλάκες χαλκού στη θέση τους. Το κουτί στη συνέχεια γέμιζε με έναν ηλεκτρολύτη άλμης ή με αραιωμένο οξύ. Ο συγκεκριμένος συσσωρευτής έλυσε το πρόβλημα της στήλης του Volta, στην οποία λόγω του βάρους των πλακών παρατηρούταν διαρροή ηλεκτρολύτη. Όσο το ξύλινο κουτί παρέμενε ανέπαφο, δεν υπήρχε κίνδυνος διαρροής. Επίσης, η μπαταρία του Cruickshank παρήγαγε περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια.



Η μπαταρία του William Cruickshank

Το 1836, ένας άλλος χημικός, ο John F. Daniell καθηγητής στο Βασιλικό Κολλέγιο του Λονδίνου, ανέπτυξε την κλασική μορφή του απλού, μη επαναφορτιζόμενου στοιχείου, δηλαδή ενός συσσωρευτή που δεν ήταν δυνατό να επαναφορτιστεί μετά την πρώτη της αποφόρτιση. Στο στοιχείο αυτό, γνωστό και ως στοιχείο Daniell, το αρνητικό ηλεκτρόδιο ή άνοδος, ήταν μια ράβδος από καθαρό ψευδάργυρο τοποθετημένη μέσα σε θειικό οξύ (ηλεκτρολύτης). Για προστασία του από προσβολή του οξέως, ο ψευδάργυρος καλυπτόταν με στρώμα υδραργύρου. Το θετικό ηλεκτρόδιο ή κάθοδος συνίστατο από ένα χάλκινο κάνιστρο (δοχείο) που περιείχε θειικό οξύ κορεσμένο με θειούχο χαλκό. Το στοιχείο Daniell παρήγαγε πιο σταθερό ρεύμα από τις προηγούμενες μπαταρίες που είχαν κατασκευασθεί. Επίσης ήταν κάπως πιο ασφαλής και λιγότερο διαβρωτική από αυτή του Volta.



Η μπαταρία του John F. Daniell

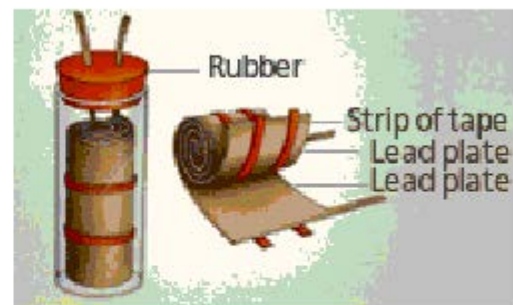
Το 1839, ο Άγγλος Sir William Robert Grove γνωστός και ως «Πατέρας της κυψέλης καυσίμου» (Fuel Cell) παράγει την πρώτη κυψελίδα καυσίμου. Το πρώτο κελί του

αποτελούνταν από ψευδάργυρο σε αραιό θειικό οξύ και από πλατίνα σε πυκνό νιτρικό οξύ και χωρίζονταν από ένα πορώδες δοχείο (κυψέλη Grove). Αυτό το κύτταρο είχε σχεδόν διπλάσια τάση από την τάση του πρώτου κελιού του Daniel. Το δεύτερο κελί του ήταν από ένα «φυσικό αέριο βολταϊκής μπαταρίας» που ήταν ο πρόδρομος των σύγχρονων κυψελών καυσίμου. Ο Grove έστειλε ένα ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του νερού που χώριζε το νερό με τα συστατικά του υδρογόνου και του οξυγόνου. Έτσι, προσπάθησε αντιστρέφοντας την αντίδραση που συνδυάζει το υδρογόνο και το οξυγόνο να παράγει ηλεκτρική ενέργεια και νερό. Το στοιχείο Grove έγινε για αρκετό καιρό ο «αγαπημένος» συσσωρευτής του αμερικανικού τηλεγραφικού δικτύου. Ωστόσο, όταν λειτουργούσε, εξέπεμπε δηλητηριώδεις αναθυμιάσεις μονοξειδίου του αζώτου, η τάση έπεφτε δραστικά με τη μείωση της φόρτισης του συσσωρευτή, ενώ είχε και υψηλό κόστος κατασκευής. Έτσι, με την αύξηση της πολυπλοκότητας του τηλεγραφικού δικτύου, το στοιχείο Grove αντικαταστάθηκε.

Μετά από 20 χρόνια, το 1859 ο Γάλλος εφευρέτης Gaston Planté παρήγαγε την πρώτη ηλεκτρική μπαταρία αποθήκευσης ή αλλιώς συσσωρευτή. Μετά από πειράματα που έκανε, ανέπτυξε ένα μοντέλο μπαταρίας για την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας. Το στοιχείο του Planté αποτελούνταν από δύο φύλλα μολύβδου χωριζόμενα από μια ταινία καουτσούκ και τυλιγμένα σε μια σπείρα. Το στοιχείο αυτό, όταν βυθιζόταν σε υδαρές διάλυμα 10% θειικού οξέος και φορτιζόταν, μπορούσε να αποθηκεύσει ηλεκτρική ενέργεια. Ένα χρόνο αργότερα παρουσίασε μια μπαταρία για την ακαδημία επιστημών που αποτελείτο από εννέα από τα στοιχεία που περιγράφονται πιο πάνω, τα οποία ήταν τοποθετημένα σε ένα προστατευτικό κουτί με διάλυμα οξέος, με τα τερματικά να συνδέονται παράλληλα. Η μπαταρία του θα μπορούσε να παραδώσει εντυπωσιακά μεγάλα ρεύματα.



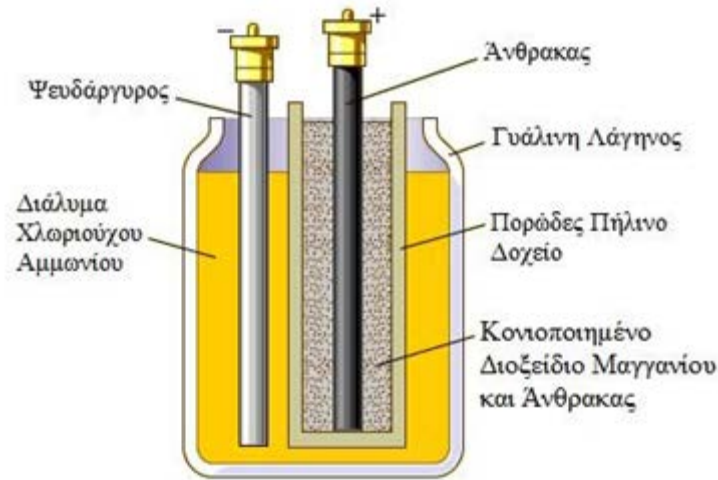
Ο συσσωρευτής του Gaston Planté



Αρχή σχεδίασης της μπαταρίας του Gaston Planté

Το 1866, ο γάλλος χημικός Γεώργιος Leclanché ανέπτυξε το πρώτο «ξηρό» στοιχείο και παραμένει ως ένα από τα πλέον χρησιμοποιούμενα μη επαναφορτιζόμενα στοιχεία. Στην αρχική του μορφή αποτελούνταν από μια γυάλινη λάγνη (στάμνα) που περιείχε ως ηλεκτρολύτη διάλυμα χλωριούχο αμμωνίου. Η άνοδος ήταν ράβδος ψευδαργύρου προστατευόμενη από τη διάβρωση με στρώμα υδραργύρου. Με την πρόσδοση ηλεκτρικού ρεύματος παράγονταν ιόντα υδραργύρου, που κινούνταν προς το διάλυμα. Στο κέντρο της λάγνης ήταν τοποθετημένο ένα πορώδες πήλινο δοχείο, που περιείχε μίγμα κονιοποιημένου διοξειδίου του μαγγανίου και άνθρακα, και το οποίο λειτουργούσε ως αγωγίμο υλικό για να συνδέει τη σκόνη του διοξειδίου του μαγγανίου με την κάθοδο. Η κάθοδος ήταν ράβδος από

άνθρακα και ήταν τοποθετημένη στο κέντρο του πήλινου δοχείου. Με τη ροή του ρεύματος, το διοξείδιο του μαγγανίου μετατρέπεται σε οξείδιο.



Το ξηρό στοιχείο του Georges Leclanché

Το 1886, ο Carl Gassner έλαβε ένα γερμανικό δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για μία παραλλαγή του στοιχείου του Leclanché, που έγινε γνωστή ως το ξηρό στοιχείο καθώς δεν περιείχε κάποιο ελεύθερο υγρό ηλεκτρολύτη. Αντίθετα, το χλωριούχο αμμώνιο αναμίχθηκε με γύψο δημιουργώντας μια μάζα στην οποία προσθέτοντας μια μικρή ποσότητα χλωριούχο ψευδαργύρου παρατεινόταν η χρονική διάρκεια αποθήκευσης. Το διοξείδιο του μαγγανίου (κάθοδος) βυθιζόταν σε αυτή τη μάζα, και στη συνέχεια και τα δύο μαζί σφραγίζονταν σε ένα κέλυφος ψευδαργύρου, το οποίο λειτουργούσε ως άνοδος. Σε αντίθεση με τα προηγούμενα υγρά στοιχεία, το στοιχείο του Gassner ήταν περισσότερο ανθεκτικό, δεν απαιτούσε ιδιαίτερη συντήρηση, δεν χυνόταν και μπορούσε να χρησιμοποιηθεί με οποιονδήποτε προσανατολισμό. Παρήγαγε δυναμικό 1.5V. Η πρώτη μαζική παραγωγή του στοιχείου έγινε το 1896 από τη National Carbon Company, η οποία βελτίωσε το στοιχείο του Gassner, αντικαθιστώντας το γύψο με χαρτόνι τυλιγμένο σε σπείρα, μία καινοτομία που άφηνε περισσότερο χώρο για την κάθοδο και διευκόλυνε στην κατασκευή του. Ήταν η πρώτη εύχρηστη μπαταρία για το κοινό και έκανε τις φορητές ηλεκτρονικές συσκευές περισσότερο πρακτικές. Ο συσσωρευτής ψευδαργύρου-άνθρακα, όπως ονομάζεται σήμερα, συνεχίζει να κατασκευάζεται.

Το 1899, ο Σουηδός Waldemar Jungner επινόησε την επαναφορτιζόμενη μπαταρία νικελίου-καδμίου (NiCd), η οποία χρησιμοποιούσε ως ηλεκτρόδια νικέλιο για την άνοδο και κάδμιο για την κάθοδο, σε διάλυμα υδροξειδίου του καλίου. Ήταν η πρώτη μπαταρία με αλκαλικό ηλεκτρολύτη. Εμπορευματοποιήθηκε στη Σουηδία το 1910, ενώ στην Αμερική έφτασε πολύ αργότερα, το 1946. Τα πρώτα μοντέλα της μπαταρίας νικελίου-καδμίου ήταν ανθεκτικά και είχαν σημαντικά καλύτερη πυκνότητα ενέργειας από τις προηγούμενες μπαταρίες που είχαν κατασκευασθεί. Το υψηλό κόστος υλικών συγκριτικά με την μπαταρία μολύβδου-οξέος έκανε περιορισμένη την χρήση της.

Το 1901, ο αμερικανός εφευρέτης, επιστήμονας και επιχειρηματίας Thomas Alva Edison παράγει ένα εναλλακτικό σχέδιο αντικαθιστώντας το κάδμιο με σίδηρο. Η χαμηλή ενέργεια που παρουσίαζε, η κακή απόδοση σε χαμηλή θερμοκρασία και η γρήγορη αυτοεκφόρτιση περιόρισαν την επιτυχία των μπαταριών νικελίου-σιδήρου.

Το 1932 που ο Schlecht και ο Ackermann κατάφεραν να δημιουργήσουν υψηλότερα ρεύματα φορτίου και βελτίωσαν τη μακροζωία των μπαταριών νικελίου-καδμίου (NiCd), επινοώντας την πορώδη πλάκα του πόλου της μπαταρίας.

5.1.2 ΟΙ ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ ΟΠΩΣ ΤΙΣ ΞΕΡΟΥΜΕ ΣΗΜΕΡΑ

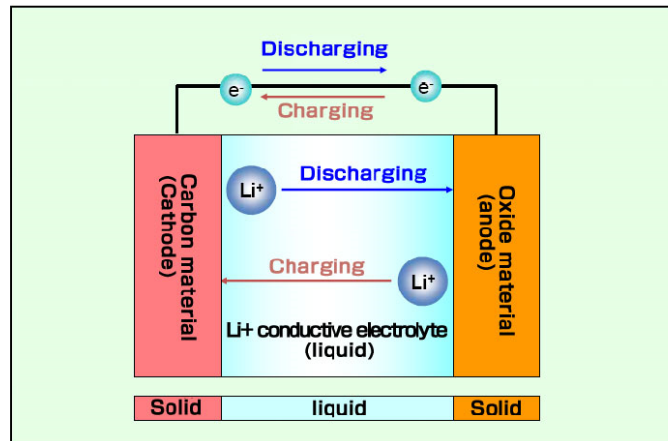
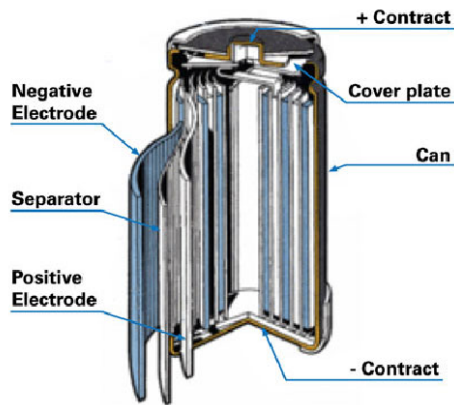
Η μπαταρία νικελίου-καδμίου όπως την ξέρουμε σήμερα, εμφανίστηκε το 1947 όταν ο George Neumann κατάφερε το αεροστεγές κλείσιμο του κελιού της μπαταρίας. Για πολλά χρόνια η μπαταρία νικελίου-καδμίου ήταν η μόνη επαναφορτιζόμενη μπαταρία για φορητές εφαρμογές.

Μετά την λήξη του Β' παγκόσμιου πολέμου, οι ερευνητές και πάλι θεώρησαν ότι η μπαταρία ήταν ένα αξιόλογο θέμα έρευνας. Το 1955 ο μηχανικός Lewis Urry, εργαζόμενος στην Eveready, θυγατρική εταιρεία της National Carbon Company που αργότερα μετονομάστηκε σε Energizer, επωμίστηκε με την εξεύρεση ενός τρόπου που θα αύξανε τη διάρκεια ζωής των συσσωρευτών ψευδαργύρου-άνθρακα. Αντί αυτού όμως, ο Urry αποφάσισε ότι οι αλκαλικοί συσσωρευτές ήταν πολλά υποσχόμενοι. Μέχρι τότε, οι μεγάλης διάρκειας αλκαλικοί συσσωρευτές ήταν ανυπέρβλητα ακριβοί. Οι μπαταρίες του Urry αποτελούνταν από διοξείδιο του μαγγανίου στην κάθοδο, σκόνη ψευδαργύρου στην άνοδο και αλκαλικό ηλεκτρολύτη. Η σκόνη ψευδαργύρου έδωσε στην κάθοδο μεγαλύτερη έκταση επιφάνειας. Οι εν λόγω μπαταρίες έπληξαν την αγορά το 1959, και απέδειξαν ότι ήταν ένα τεράστιο βήμα, στην εξέλιξη της μπαταρίας.

Η μπαταρία νικελίου-υδρογόνου εισήλθε στην αγορά ως ένα υποσύστημα αποθήκευσης ενέργειας για εμπορικούς δορυφόρους επικοινωνίας μέσα στη δεκαετία του 1970.

Στα τέλη της δεκαετίας του 1980, από μια ομαδική συνεργασία, ερευνητές δημιούργησαν και πέτυχαν την εμπορευματοποίηση της μπαταρίας νικελίου-υδριδίου μετάλλου (NiMH), μια παραλλαγή της μπαταρίας νικελίου-καδμίου (NiCd) της οποίας το ηλεκτρόδιο του καδμίου αντικαταστάθηκε από ένα κατασκευασμένο από υδρογόνο απορρόφησης κράμα. Οι μπαταρίες NiMH διαρκούσαν πολύ περισσότερο από ότι οι NiCd και ήταν πολύ πιο φιλικές προς το περιβάλλον, λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι το κάδμιο είναι ένα πολύ τοξικό υλικό. Το 1989 ήταν διαθέσιμες για χρήση για μικρές εφαρμογές. Επιπλέον, τη δεκαετία του '90, περιβαλλοντολόγοι στην Ευρώπη άρχισαν να εκφράζουν ανησυχίες για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά την απόρριψη των συσσωρευτών νικελίου-καδμίου. Έτσι, ξεκίνησε μια εκστρατεία περιορισμού της χρήσης των συγκεκριμένων μπαταριών, ζητώντας από τους καταναλωτές να προτιμούν τις μπαταρίες NiMH ως πιο φιλικές προς το περιβάλλον.

Το 1991, η γνωστή ιαπωνική εταιρία Sony έβγαλε στην αγορά την μπαταρία ιόντων λιθίου (Li-ion) η οποία είχε μεγαλύτερη διάρκεια. Το λίθιο είναι το μέταλλο με τη μικρότερη πυκνότητα και το μεγαλύτερο ηλεκτροχημικό δυναμικό και αναλογία ενέργειας προς βάρος και επομένως θεωρητικά αποτελεί το ιδανικό υλικό για την κατασκευή συσσωρευτών. Η ιστορία για μπαταρία ιόντων λιθίου, αρχίζει το 1912, όταν ο G.N.Lewis ξεκινάει τα πρώτα πειράματα. Τη δεκαετία του '70 πουλήθηκαν οι πρώτες μπαταρίες λιθίου. Το 1980, ο Αμερικανός χημικός John B. Goodenough χρησιμοποίησε το οξείδιο λιθίου-κοβαλτίου για το ηλεκτρόδιο της καθόδου των μπαταριών λιθίου (θετικό άκρο) και ο ερευνητής Rachid Yazami το γραφίτη για την άνοδο (αρνητικό άκρο). Αυτά, οδήγησαν μία ομάδα ερευνητών υπό τον Akira Yoshino να κατασκευάσουν το πρώτο πρότυπο της μπαταρίας ιόντων λιθίου (Li-ion) το 1985, μία επαναφορτιζόμενη και περισσότερο σταθερή εκδοχή της μπαταρίας λιθίου. Η μπαταρία ιόντων λιθίου χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα στα κινητά τηλέφωνα, στους φορητούς υπολογιστές, στις ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, σε ιατρικές συσκευές, καθώς και στα ηλεκτρικά οχήματα.



Τα μέρη του συσσωρευτή ιόντων λιθίου και η λειτουργία του

Οι περισσότερες ερευνητικές δραστηριότητες αρχίζουν σχετίζονται με τη βελτίωση των συσσωρευτών λιθίου. Το 1994, μια αμερικανική εταιρία, η Bellcore, παρουσιάζει μια βελτιωμένη μπαταρία λιθίου πολυμερών ιόντων (Li-Pol). Αυτές οι μπαταρίες έχουν τους ηλεκτρολύτες τους σε ένα στερεό σύνθετο πολυμερές αντί σε ένα υγρό διαλύτη και τα ηλεκτρόδια με τους διαχωριστές σε ελάσματα μεταξύ τους. Αυτές οι διαφορές επιτρέπουν τους συσσωρευτές να «εγκλωβίζονται» μέσα σε ένα σταθερό περιτύλιγμα αντί μέσα σε ένα άκαμπτο μεταλλικό περίβλημα, πράγμα που σημαίνει ότι οι εν λόγω συσσωρευτές μπορούν να είναι ειδικά διαμορφωμένοι για να τοποθετηθούν σε μια συγκεκριμένη συσκευή. Επίσης, έχουν υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα συγκριτικά με τις απλές μπαταρίες ιόντων λιθίου. Αυτά τα πλεονεκτήματα, τις καθιστούν τις ιδανικές μπαταρίες για φορητές ηλεκτρονικές συσκευές, καθώς επιτρέπουν μεγαλύτερη ευελιξία και συμπαγή σχεδιασμό.

Δύο χρόνια αργότερα, το 1996, η εταιρία Moli Energy από τον Καναδά προωθεί στο εμπόριο την μπαταρία ιόντων λιθίου με μαγγάνιο (κάθοδος). Την ίδια χρονιά το πανεπιστήμιο του Texas ανακαλύπτει την μπαταρία ιόντων λιθίου του φωσφόρου (Li-phosphate, LiFePO_4). Τέλος, το 2002 το πανεπιστήμιο του Montreal, μια канаδική εταιρία διαχείρισης ηλεκτρισμού Quebec Hydro και το πανεπιστήμιο MIT βελτιώνουν και εμπορευματοποιούν την μπαταρία Li-phosphate και την νανοτεχνολογία.

5.1.3 Η ΜΠΑΤΑΡΙΑ ΤΗΣ ΒΑΓΔΑΤΗΣ

Η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των μπαταριών μπορεί να πηγαίνει ακόμα πιο πίσω στο χρόνο. Το 1936 κατά την κατασκευή ενός σιδηροδρόμου κοντά στη Βαγδάτη, εργάτες ανακάλυψαν μια «προϊστορική μπαταρία», γνωστή ως μπαταρία της Βαγδάτης ή μπαταρία της Παρθίας. Το εύρημα αυτό έγινε ευρέως γνωστό το 1938, όταν το βρήκε και μελέτησε ο Γερμανός αρχαιολόγος Wilhelm Konig.

Η χρονολόγηση έδειξε ότι το εύρημα είναι περίπου του 200 π.Χ. και πιστεύεται ότι είναι από την Παρθία. Η αυτοκρατορία των Πάρθων, θεωρείται από τους μεγαλύτερους πολιτισμούς στην περιοχή της Μεσοποταμίας και από τους πιο ενδιαφέροντες αρχαιολογικά.

Πρόκειται για ένα μικρό πήλινο βάζο, ύψους 15cm και διαμέτρου 13cm, το οποίο περιείχε ένα χάλκινο κύλινδρο στερεωμένο στο χείλος της οπής και μια μικρή σιδερένια ράβδο στο εσωτερικό του, στερεωμένη σε καπάκι με τη χρήση πίσσας.



Η μπαταρία της Βαγδάτης και η τομή της.

Το 1940, ο Γερμανός αρχαιολόγος δημοσίευσε μια εργασία με την οποία ισχυριζόταν και τεκμηριώνει ότι το αντικείμενο ήταν μια πρωτόγονη μπαταρία. Ο συλλογισμός του φαντάζει απόλυτα ορθός καθώς τα αντικείμενα έχουν τη χαρακτηριστική διαμόρφωση ενός γαλβανικού στοιχείου: 2 ηλεκτρόδια από μέταλλα διαφορετικού δυναμικού βυθισμένα μέσα σε ηλεκτρολυτικό υγρό (κρασί, ξύδι ή χυμό λεμονιού). Η διαφορά δυναμικού ανάμεσα στα ηλεκτρόδια δημιουργεί τις προϋποθέσεις για την ανταλλαγή ηλεκτρονίων ενώ το ηλεκτρολυτικό υγρό εξασφαλίζει την «οδό» μετακίνησης αυτών των ηλεκτρονίων.

Αντίγραφα των μπαταριών της Βαγδάτης έχουν κατασκευασθεί και μελετηθεί από διάφορες επιστημονικές ομάδες. Τα αντίγραφα αυτά μπορούν να παράγουν τάση 0,8-2 Volt, ενώ η παράλληλη σύνδεση ενός αριθμού μπαταριών μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερες τάσεις. Είναι λοιπόν αναμφισβήτητο ότι τα ευρήματα ήταν ή μπορούσαν να λειτουργήσουν ως μπαταρίες παραγωγής χαμηλής τάσης.

Τίθεται πλέον το ερώτημα ποιός, πώς και με τι χρήσεις είχε γνώση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, έστω και σε αυτή την κλίμακα, το 200 π.Χ.; Υπάρχουν πολλές θεωρίες, όπως ότι οι Πάρθοι χρησιμοποιούσαν τα στοιχεία αυτά, για την επιχρύσωση κοσμημάτων και άλλων σκευών ή η χρήση των μπαταριών σε σειρά, ώστε να παράγουν ρεύμα μεγαλύτερης τάσης, αν και χαμηλής έντασης, για «θαυματοουργές» εφαρμογές, δηλαδή για μικρά τρικ μέσα σε ναούς όπως μικρές εκκενώσεις από αγαλματίδια και άλλα εφέ, με στόχο τον εντυπωσιασμό των πιστών. Οι θεωρίες όμως αυτές αντικρούονται για διάφορους λόγους από ειδικούς.

Οι πιθανές χρήσεις δεν έχουν διερευνηθεί επαρκώς, σε όλο το εύρος των πιθανών εφαρμογών. Είναι πολύ πιθανό οι συσκευές αυτές να χρησιμοποιήθηκαν για κάτι που απλά είναι έξω από την πορεία σκέψης των σημερινών ερευνητών. οι κατασκευαστές τους, πιθανώς κατά τύχη, όπως άλλωστε έχει συμβεί και για πολλές άλλες ανακαλύψεις, αντιλήφθηκαν το φαινόμενο της ηλεκτροαπόθεσης, ή απλά της κυκλοφορίας ηλεκτρικού ρεύματος μέσα στη συσκευή και τη χρησιμοποίησαν για κάποια απλοϊκή εφαρμογή, για την οποία μόνο εικασίες μπορούν να γίνουν.

5.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΟΜΗΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

Υπάρχουν πολλών ειδών μπαταρίες, από μια απλή μπαταρία ρολογιού έως μια πολύ μεγάλη μπαταρία βιομηχανίας. Όλες όμως διαθέτουν κάποια χαρακτηριστικά ως προς τη δομή τους.

5.2.1 ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΒΑΣΙΚΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ

Αν και χρησιμοποιούνται οι όροι συσσωρευτής ή μπαταρία, η βασική ηλεκτροχημική μονάδα είναι το "στοιχείο". Ένας συσσωρευτής αποτελείται από ένα ή περισσότερα στοιχεία τα οποία συνδέονται μεταξύ τους σε σειρά ή παράλληλα ανάλογα με την επιθυμητή χωρητικότητα ή την επιθυμητή τάση εξόδου.

Ένα στοιχείο αποτελείται από τρία βασικά συστατικά:

- Την άνοδο ή το αρνητικό ηλεκτρόδιο, το οποίο δίνει ηλεκτρόνια στο εξωτερικό κύκλωμα και είναι αυτό που οξειδώνεται (αποβάλλει ηλεκτρόνια) κατά την ηλεκτροχημική αντίδραση.
- Την κάθοδο ή θετικό ηλεκτρόδιο, το οποίο δέχεται ηλεκτρόνια από το εξωτερικό κύκλωμα και ανάγεται (προσλαμβάνει ηλεκτρόνια) κατά την ηλεκτροχημική αντίδραση.
- Τον ηλεκτρολύτη, ο οποίος παρέχει το μέσο για τη μεταφορά των ηλεκτρονίων στο εσωτερικό του στοιχείου μεταξύ ανόδου και καθόδου. Ο ηλεκτρολύτης είναι συνήθως ένα υγρό, όπως νερό ή κάποιος άλλος διαλύτης, με διαλυμένα άλατα, οξέα ή αλκάλια, που μεταδίδει την ιοντική αγωγιμότητα. Μερικοί συσσωρευτές χρησιμοποιούν στερεούς ηλεκτρολύτες, οι οποίοι είναι ιοντικοί αγωγοί στη θερμοκρασία λειτουργίας του στοιχείου.

Η άνοδος επιλέγεται έχοντας υπόψη τις ακόλουθες ιδιότητες: αποτελεσματικότητα ως αναγωγικό μέσο (δηλαδή να προκαλεί αναγωγή, ενώ η ίδια οξειδώνεται), υψηλή απόδοση αμπερωρίων (Ah/g, πρακτική μονάδα μέτρησης του ηλεκτρικού φορτίου, εκφράζει την ποσότητα ηλεκτρικού φορτίου που μεταφέρεται από έναν αγωγό όταν διαρρέεται από ρεύμα έντασης ενός αμπερ σε χρόνο μίας ώρας), καλή αγωγιμότητα, σταθερότητα, ευκολία κατασκευής και χαμηλό κόστος. Κατάλληλα υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί έως τώρα ως αρνητικά ηλεκτρόδια είναι το υδρογόνο, ο ψευδάργυρος και το λίθιο.

Η κάθοδος πρέπει να είναι ένας αποτελεσματικός οξειδωτικός παράγοντας (δηλαδή να προκαλεί οξείδωση, ενώ η ίδια ανάγεται), να είναι σταθερή όταν έρχεται σε επαφή με τον ηλεκτρολύτη και να έχει ικανοποιητική τάση λειτουργίας. Το οξυγόνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας από ατμοσφαιρικό αέρα που έχει εισέλθει μέσα στο στοιχείο, όπως συμβαίνει στους συσσωρευτές ψευδαργύρου-αέρα. Βέβαια, τα πιο συνηθισμένα υλικά για την κάθοδο είναι μεταλλικά οξείδια, ενώ για ειδικά συστήματα συσσωρευτών χρησιμοποιούνται αλογόνο, θείο και τα οξειδιά του και άλλα χημικά συστατικά που περιέχουν οξυγόνο και υδρογόνο ενωμένα με κάποιο άλλο χημικό στοιχείο.

Τέλος, ο ηλεκτρολύτης πρέπει να έχει καλή ιοντική αγωγιμότητα, αλλά να μην είναι ηλεκτρικά αγώγιμος, καθώς τότε θα δημιουργούνταν εσωτερικά βραχυκυκλώματα. Επίσης, σημαντικό είναι ο ηλεκτρολύτης να μην αντιδρά με τα ηλεκτρόδια, να μην επηρεάζεται από τη θερμοκρασία, να είναι ασφαλής και χαμηλού κόστους. Οι περισσότεροι ηλεκτρολύτες είναι υδατικά διαλύματα, αλλά υπάρχουν σημαντικές εξαιρέσεις, όπως για παράδειγμα οι «θερμικές μπαταρίες» ή οι συσσωρευτές με λίθιο στην άνοδο, όπου ο ηλεκτρολύτης είναι

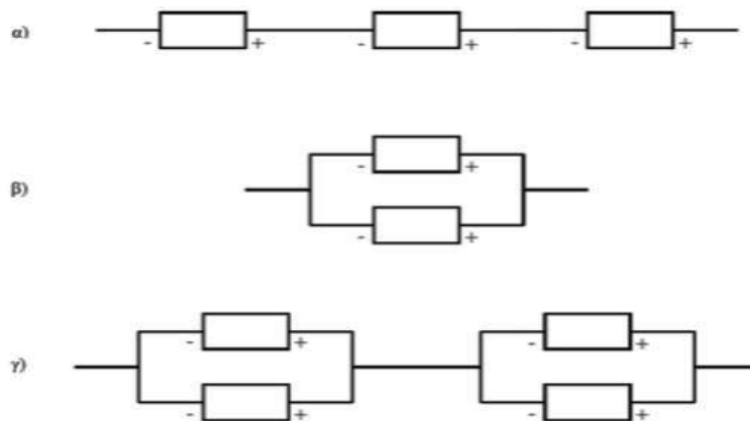
τήγμα άλατος ή άλλοι μη υδατικοί ηλεκτρολύτες οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την αποφυγή αντίδρασης με την άνοδο.

Τα ηλεκτρόδια της ανόδου και της καθόδου είναι ηλεκτρικά απομονωμένα στα στοιχεία της μπαταρίας για να αποφεύγονται τα εσωτερικά βραχυκυκλώματα, αλλά περιβάλλονται από τον ηλεκτρολύτη.

Κάθε στοιχείο μπορεί να κατασκευασθεί σε διάφορες διατάξεις και σχήματα (κυλινδρικό, επίπεδο, πρισματικό) και για αυτό τα ηλεκτρόδια και ο ηλεκτρολύτης κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να χωρούν στο επιθυμητό σχήμα του στοιχείου του συσσωρευτή. Τα στοιχεία στη συνέχεια σφραγίζονται με διάφορους τρόπους για την αποφυγή διαρροής ή ξήρανσης των υλικών τους. Μερικά είναι εξοπλισμένα με συσκευές εξαερισμού ή άλλα μέσα που επιτρέπουν στα συγκεντρωμένα αέρια να διαφύγουν. Η κατασκευή των ηλεκτροχημικών στοιχείων ολοκληρώνεται με κατάλληλα κιβώτια ή δοχεία, με μέσα σύνδεσης του ακροδέκτη και με τη σήμανσή τους.

Οι πιο επωφελής συνδυασμοί των υλικών της ανόδου και της καθόδου είναι εκείνοι που θα δώσουν υψηλή τάση στο στοιχείο και θα είναι οι ελαφρύτεροι. Ωστόσο τέτοιοι συνδυασμοί μπορεί να μην είναι πάντα πρακτικοί εξαιτίας διαφόρων παραγόντων, όπως η αντίδραση του υλικού με άλλα υλικά του στοιχείου, η πόλωση, η δυσκολία στο χειρισμό και το υψηλό κόστος.

Σε γενικές γραμμές, μια μπαταρία αποτελείται από μία ή περισσότερες κυψέλες συνδεδεμένες σε σειρά ή και παράλληλα. Με τη σύνδεση των κυττάρων παράλληλα, η συνολική χωρητικότητα της μπαταρίας αυξάνεται, αλλά η τάση παραμένει ίδια. Η σύνδεση των κυττάρων σε σειρά έχει ως συνέπεια την αύξηση της συνολικής τάσης, ενώ η χωρητικότητα παραμένει η ίδια. Συνδυασμοί σε σειρά και παράλληλα είναι κοινά και έχουν σχεδιαστεί για να ταιριάζουν σε εφαρμογές χειρισμού.



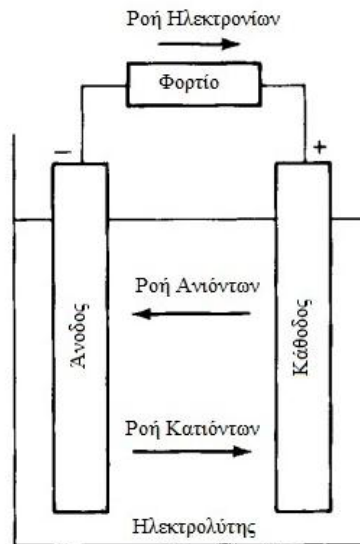
α) Συνδεσμολογία σε σειρά, β) Παράλληλη συνδεσμολογία, γ) Μεικτή συνδεσμολογία

5.2.2 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Η αρχή λειτουργίας των συσσωρευτών βασίζεται στην δημιουργία διαφοράς δυναμικού ανάμεσα σε δύο διαφορετικά ηλεκτρόδια όταν αυτά βρίσκονται σε ένα διάλυμα ηλεκτρολύτη. Μία μπαταρία μετατρέπει την χημική σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω μιας ηλεκτροχημικής αντίδρασης οξειδοαναγωγής. Αυτός ο τύπος αντίδρασης περιλαμβάνει τη μεταφορά ηλεκτρονίων από το ένα υλικό στο άλλο μέσω ενός ηλεκτρικού κυκλώματος. Η διεργασία αυτή μπορεί να συνεχίζεται έως ότου διακοπεί το κύκλωμα ή κάποιο από τα αντιδρώντα στοιχεία εκλείψει. Στις περιπτώσεις των επαναφορτιζόμενων συστημάτων, οι συσσωρευτές φορτίζονται ξανά, ακολουθώντας την αντίστροφη διαδικασία.

5.2.1.1 Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΕΚΦΟΡΤΙΣΗΣ

Όταν το ηλεκτροχημικό στοιχείο είναι συνδεδεμένο με ένα εξωτερικό φορτίο, ηλεκτρόνια ρέουν μέσω του εξωτερικού φορτίου από την άνοδο, η οποία οξειδώνεται, προς την κάθοδο, όπου δέχεται τα ηλεκτρόνια. Το ηλεκτρικό κύκλωμα ολοκληρώνεται με τον ηλεκτρολύτη και τη ροή ανιόντων (αρνητικών ιόντων) και κατιόντων (θετικών ιόντων) προς την άνοδο και την κάθοδο, αντίστοιχα.



Η διαδικασία εκφόρτισης ενός στοιχείου

5.2.1.2 Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Κατά τη διάρκεια της επαναφόρτισης ενός επαναφορτιζόμενου στοιχείου, η ροή του ρεύματος (ροή των ηλεκτρονίων) αντιστρέφεται, η οξείδωση λαμβάνει χώρα στο θετικό ηλεκτρόδιο (άνοδος) και αυτό που ανάγεται τώρα είναι το αρνητικό ηλεκτρόδιο (κάθοδος). Καθώς εξορισμού, η άνοδος είναι το ηλεκτρόδιο στο οποίο γίνεται η οξείδωση και η κάθοδος το ηλεκτρόδιο στο οποίο γίνεται η αναγωγή, το θετικό ηλεκτρόδιο είναι τώρα η άνοδος και το αρνητικό η κάθοδος.



Η διαδικασία φόρτισης ενός επαναφορτιζόμενου στοιχείου

5.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

Κάθε συσσωρευτής χαρακτηρίζεται από διάφορα βασικά μεγέθη που αποτελούν τα χαρακτηριστικά του και συμβάλλουν μεταξύ άλλων στη δυνατότητα της σύγκρισης των διαφόρων τύπων συσσωρευτών και στην διαδικασία της επιλογής του κατάλληλου συσσωρευτή για κάθε εφαρμογή. Παρακάτω, αναλύονται κάποια από τα βασικά χαρακτηριστικά των συσσωρευτών και η σημασία τους.

5.3.1 ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Όλοι οι συσσωρευτές διακρίνονται από τα εξής ηλεκτρικά χαρακτηριστικά:

1. Τάση: Η διαφορά δυναμικού που παρατηρείται μεταξύ του θετικού και του αρνητικού ηλεκτροδίου ονομάζεται τάση του ηλεκτροχημικού στοιχείου ή του συσσωρευτή. Η μονάδα μέτρησης της τάσης είναι τα Volts (V). Η τιμή της τάσης εξαρτάται από τη χημική σύνθεση των ηλεκτροδίων, τη συγκέντρωση των υλικών των ηλεκτροδίων και τη θερμοκρασία.
2. Χωρητικότητα: Οι συσσωρευτές χαρακτηρίζονται από την χωρητικότητά τους, δηλαδή την ποσότητα ηλεκτρικού φορτίου που μπορούν να αποθηκεύσουν. Ως χωρητικότητα μιας μπαταρίας θεωρείται η ποσότητα των ελεύθερων ηλεκτρικών φορτίων που παράγονται από το ενεργό υλικό του αρνητικού ηλεκτροδίου και καταναλώνονται από το ενεργό υλικό του θετικού ηλεκτροδίου. Η μονάδα μέτρησης της χωρητικότητας είναι το Coulomb (C), επειδή όμως το 1 Coulomb είναι μικρή μονάδα, χρησιμοποιούνται τα Αμπερώρια ($1 \text{ Ah} = 3600 \text{ C}$). Η χωρητικότητα εξαρτάται από την ποσότητα των ενεργών υλικών του συσσωρευτή. Επίσης, η χωρητικότητα επηρεάζεται από τις συνθήκες εκφόρτισης όπως είναι ο ρυθμός εκφόρτισης, το ρεύμα εκφόρτισης, η τάση και η θερμοκρασία.
3. Εσωτερική αντίσταση: Η εσωτερική αντίσταση της μπαταρίας συνήθως διαφέρει στη φόρτιση και την εκφόρτιση (χαμηλότερη στην εκφόρτιση και υψηλότερη στη φόρτιση). Εξαρτάται από τη χημική σύσταση της μπαταρίας και επηρεάζεται από τη θερμοκρασία, το μέγεθος της μπαταρίας, την ηλικία της και το ρεύμα εκφόρτισης. Είναι απαραίτητο η εσωτερική αντίσταση κάθε συσσωρευτή να είναι σημαντικά μικρότερη της αντίστασης του φορτίου, διαφορετικά, καθώς αυξάνεται η εσωτερική αντίσταση του συσσωρευτή, η απόδοση του μειώνεται ενώ και η θερμική του ευστάθεια ελαττώνεται, διότι η ενέργεια που παρέχει η μπαταρία μετατρέπεται σε θερμότητα.
4. Ενεργειακή πυκνότητα μάζας (ή ειδική ενέργεια): Ως ενεργειακή πυκνότητα μάζας ενός συσσωρευτή ορίζεται η ενεργειακή χωρητικότητα ανά μονάδα βάρους του συσσωρευτή (Wh/kg). Η θεωρητική ειδική ενέργεια είναι η μέγιστη ενέργεια που μπορεί να παραχθεί ανά μονάδα βάρους του ενεργού υλικού του συσσωρευτή. Οι πρακτικές τιμές της ειδικής ενέργειας είναι αρκετά χαμηλότερες από τις θεωρητικές.
5. Ενεργειακή πυκνότητα όγκου: Είναι το συνολικό φορτίο που μπορεί να αποθηκεύσει μία μπαταρία ανά μονάδα του όγκου της (Wh/m^3). Ισχύει για

συγκεκριμένη περίοδο φόρτισης-εκφόρτισης και καθορίζει το μέγεθος της. Όσο μεγαλύτερη η ενεργειακή πυκνότητα τόσο μικρότερος ο όγκος της μπαταρίας.

6. Πυκνότητα ισχύος (ή ειδική ισχύς): Η ειδική ισχύς ενός συσσωρευτή ορίζεται ως η μέγιστη ισχύς ανά μονάδα βάρους που μπορεί να παραχθεί σε ένα μικρό χρονικό διάστημα (W/kg). Είναι χαρακτηριστικό της χημικής σύστασης του συσσωρευτή και εξαρτάται κυρίως από την εσωτερική του αντίσταση. Επίσης καθορίζει το βάρος του συσσωρευτή που απαιτείται για να επιτευχθεί η απαιτούμενη απόδοση. Σε εφαρμογές ηλεκτροκίνητων οχημάτων, βάση αυτού εξαρτώνται οι επιδόσεις ενός οχήματος (επιτάχυνση, τελική ταχύτητα).
7. Βαθμός απόδοσης: Οι απώλειες ενέργειας και ισχύος κατά την εκφόρτιση ή τη φόρτιση εμφανίζονται με τη μορφή απώλειας τάσης. Έτσι, η απόδοση του συσσωρευτή κατά την εκφόρτιση ή τη φόρτιση μπορεί να οριστεί ως ο λόγος της τάσης λειτουργίας του συσσωρευτή προς τη θερμοδυναμική του τάση. Η θερμοδυναμική τάση ορίζεται ως η τάση ανοιχτού κυκλώματος του συσσωρευτή σε θερμοκρασία 25°C και πίεση 1atm.

5.3.2 ΒΑΘΟΣ ΕΚΦΟΡΤΙΣΗΣ

Το βάθος εκφόρτισης (depth of discharge - DOD) είναι το ποσοστό της χωρητικότητας που έχει αφαιρεθεί από την πλήρως φορτισμένη μπαταρία. Το ποσοστό, δηλαδή, της χωρητικότητας που είναι ακόμα διαθέσιμη στη μπαταρία.

Συνήθως καταδεικνύεται από την τάση αποκοπής ή τάση βάθους εκφόρτισης και από τον ρυθμό εκφόρτισης. Στα τυπικά φωτοβολταϊκά συστήματα, προβλέπεται μία τάση αποκοπής του φορτίου από τη συσκευή του ρυθμιστή φόρτισης συσσωρευτών και έτσι καθορίζεται το επιτρεπόμενο βάθος εκφόρτισης για δεδομένο ρυθμό εκφόρτισης. Οι τιμές του επιτρεπόμενου DOD μπορούν να είναι από 80% έως και 15% της χωρητικότητας ανάλογα με τον τύπο της μπαταρίας.

Οι τιμές για το βάθος εκφόρτισης συνήθως αναφέρονται στην ονομαστική χωρητικότητα (π.χ. τη χωρητικότητα για το ρυθμό των 10 ωρών). Για χαμηλότερα ρεύματα εκφόρτισης, μπορεί να συναντήσουμε αναφορές για DOD μεγαλύτερο του 100%. Αυτό απλά σημαίνει ότι η μπαταρία μπορεί να παράγει περισσότερο από το 100% της ονομαστικής της χωρητικότητας σε ρυθμούς εκφόρτισης χαμηλότερους από τον ονομαστικό ρυθμό εκφόρτισης. Καθώς ο συσσωρευτής εκφορτίζεται, το διάλυμα του ηλεκτρολύτη αραιώνεται, οπότε και μειώνεται η πυκνότητα του διαλύματος του ηλεκτρολύτη, δηλαδή μειώνεται το ειδικό του βάρος. Το φαινόμενο της μείωσης του ειδικού βάρους του ηλεκτρολύτη πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη για λειτουργία του συσσωρευτή σε θερμοκρασίες που πλησιάζουν τη θερμοκρασία στερεοποίησης του νερού (0°C), διότι υπάρχει το ενδεχόμενο της στερεοποίησης του με αποτέλεσμα τη διαστολή και την πιθανή διάρρηξη των τοιχωμάτων του δοχείου της κυψελίδας.

Για να αποφευχθεί αυτή η εξέλιξη, το επιτρεπόμενο βάθος εκφόρτισης πρέπει να μειώνεται θέτοντας την τάση αποκοπής του φορτίου στην συσκευή ρυθμιστή φόρτισης σε κατάλληλο σημείο. Το αποτέλεσμα θα είναι ο συσσωρευτής να μην εκφορτίζεται πλήρως και η θερμοκρασία στερεοποίησης να διατηρείται χαμηλά. Χρησιμοποιώντας βέβαια τον ρυθμιστή φόρτισης, χάνουμε σημαντικό κομμάτι της αυτονομίας του συσσωρευτή. Για να διατηρείται η αυτονομία, η χωρητικότητα του συσσωρευτή πρέπει να επιλέγεται λαμβάνοντας υπόψη, τόσο τη μείωση της σε χαμηλές θερμοκρασίες όσο και το DOD στις θερμοκρασίες αυτές. Η τάση του βάθους εκφόρτισης σχετίζεται με τον ρυθμό εκφόρτισης για τον οποίο είναι καθορισμένη η χωρητικότητα.

5.3.3 ΧΡΟΝΟΣ ΖΩΗΣ

Ο χρόνος ζωής ενός συσσωρευτή εκφράζεται σε κύκλους λειτουργίας. Με τον όρο κύκλος, περιγράφουμε την επαναλαμβανόμενη διαδικασία εκφόρτισης και φόρτισης που συμβαίνει σε μια μπαταρία σε λειτουργία. Ένας κύκλος ισοδυναμεί με μια εκφόρτιση που ακολουθείται από μια φόρτιση. Ο χρόνος ζωής είναι ένα μέτρο του πόσους κύκλους μια μπαταρία μπορεί να δώσει κατά τη διάρκεια της χρήσιμης ζωής της.

Ο κύκλος ζωής εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από το βάθος του κάθε κύκλου. Χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή όταν αναλύουμε τον κύκλο ζωής που δίνεται από τους κατασκευαστές μπαταρίας. Συνήθως μετريέται σε σχετικά μεγάλα ρεύματα (μικρούς χρόνους εκφόρτισης) και το αναγραφόμενο DOD συχνά αναφέρεται στη χωρητικότητα που είναι διαθέσιμη σε αυτό το μικρό χρόνο εκφόρτισης.

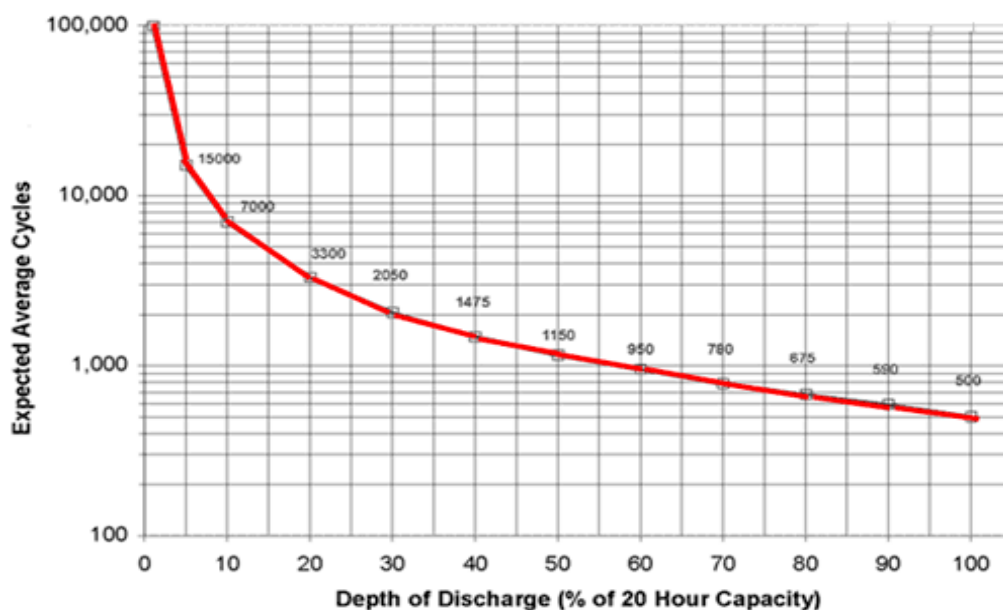
Η χωρητικότητα του συσσωρευτή (C) δεν παραμένει σταθερή, καθώς μειώνεται όσο αυξάνουν οι κύκλοι λειτουργίας. Αν το βάθος εκφόρτισης αυξηθεί κατά 40%, οι κύκλοι λειτουργίας ελαττώνονται κάτω από τους μισούς. Ένας κανόνας που προσεγγίζει την πραγματική συμπεριφορά των συσσωρευτών και πρακτικά περιγράφει το χρόνο ζωής τους, είναι ότι το γινόμενο βάθους εκφόρτισης επί τους κύκλους λειτουργίας είναι, με καλή προσέγγιση, σταθερό. Δηλαδή:

$$\beta_{\text{εκφ}} * N_{\text{κ}} = \text{σταθερό}$$

Όπου:

- $N_{\text{κ}}$: Το πλήθος των κύκλων λειτουργίας του συσσωρευτή.
- $\beta_{\text{εκφ}}$: Βάθος εκφόρτισης

Για να μη μειώσουμε το χρόνο ζωής τους, θα πρέπει να προσέξουμε ότι οι συσσωρευτές δεν πρέπει να υφίστανται παρατεταμένη φόρτιση σε πολύ υψηλή τάση για αυτούς (overcharging), ούτε να εκφορτίζονται κάτω από ένα όριο (overdischarging). Η υπερφόρτιση έχει ως επακόλουθο την ηλεκτρόλυση, δηλαδή την παραγωγή υδρογόνου, με ταυτόχρονη έντονη ελάττωση της στάθμης του ηλεκτρολύτη.

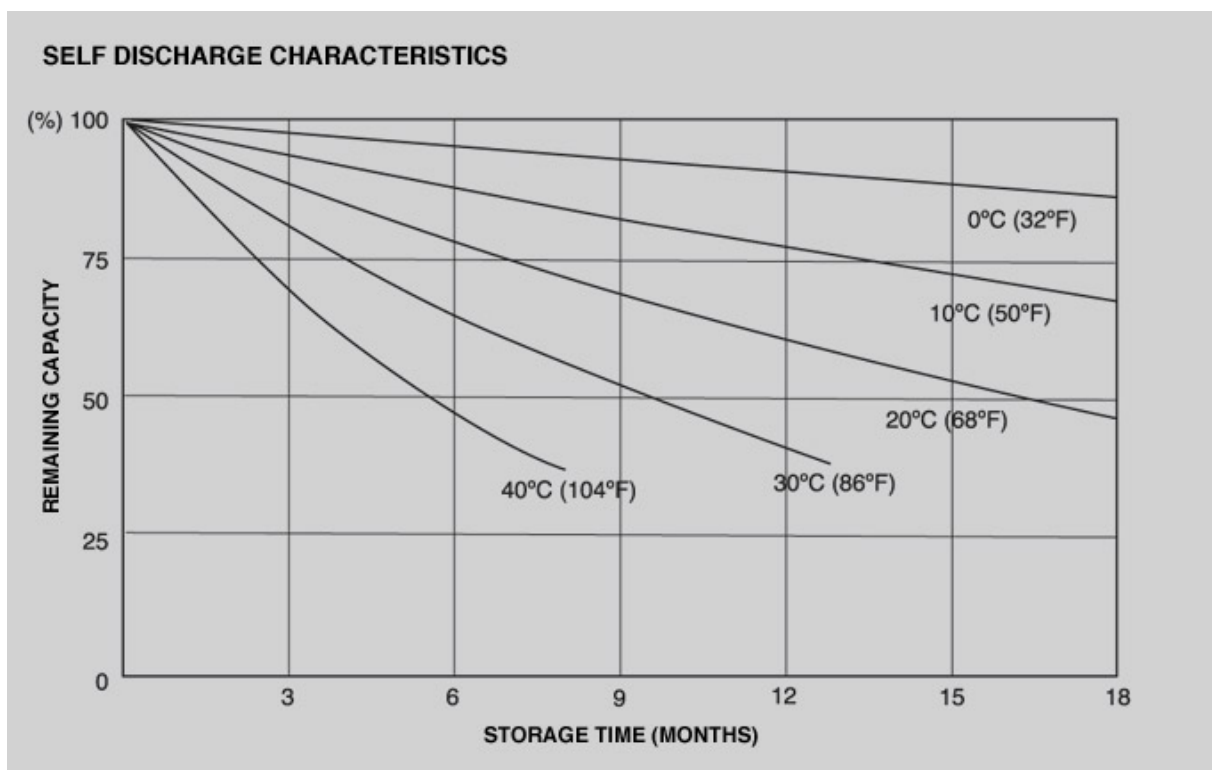


Καμπύλη κύκλων λειτουργίας - βάθους εκφόρτισης για συσσωρευτή μολύβδου - οξέος.

5.3.4 ΑΥΤΟΕΚΦΟΡΤΙΣΗ

Αυτοεκφόρτιση ονομάζεται η απώλεια φορτίου σε μια μπαταρία αν αυτή αφεθεί σε κατάσταση ανοικτού κυκλώματος για υπολογίσιμο χρονικό διάστημα. Για επαναφορτιζόμενες μπαταρίες, ο ρυθμός αυτοεκφόρτισης συνήθως αντιστοιχεί σε ένα ποσοστό χωρητικότητας που χάνεται ανά μήνα όταν αρχίζουμε με μια πλήρως φορτισμένη μπαταρία.

Τα αιτία είναι οι εσωτερικοί χημικοί μηχανισμοί ή άλλες απώλειες της μπαταρίας και σημαντικοί παράγοντες στη διαδικασία της αυτοεκφόρτισης είναι τα ενεργά υλικά και τα στοιχεία του κράματος του πλέγματος που επιλέχθηκαν κατά τον σχεδιασμό του συσσωρευτή. Η αυτοεκφόρτιση αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας του συσσωρευτή. Σε πολλές περιπτώσεις, ο ρυθμός αυτοεκφόρτισης διπλασιάζεται για κάθε αύξηση 10°C στη θερμοκρασία της μπαταρίας. Φυσικά στην αυτοεκφόρτιση παίζει ρόλο και ο τύπος της μπαταρίας.



Καμπύλες αυτοεκφόρτισης σε τυπικό συσσωρευτή μολύβδου - οξέος.

5.3.5 ΡΕΥΜΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Η φόρτιση του συσσωρευτή είναι η διαδικασία αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας με παροχή ηλεκτρικού ρεύματος προς τον συσσωρευτή. Οι μέθοδοι φόρτισης που εφαρμόζονται από τους ρυθμιστές φόρτισης στα φωτοβολταϊκά συστήματα διαφέρουν γενικά από αυτές που εφαρμόζουν οι κατασκευαστές για να καθορίσουν τις επιδόσεις της μπαταρίας. Οι προδιαγραφές δεν περιορίζουν κατά κανόνα το ρεύμα φόρτισης του συσσωρευτή εφόσον δεν γίνει υπέρβαση της τάσης εκλύσεως αερίων. Ωστόσο, η τάση εκλύσεως αερίων γίνεται μικρότερη καθώς το ρεύμα φόρτισης γίνεται μεγαλύτερο.

Γενικά η έκλυση αερίων είναι αναπόφευκτη αφού συμβαίνει τόσο κατά τη διάρκεια της φόρτισης όσο και μετά την υπέρβαση της τάσης εκλύσεως αερίων. Για σωστή φόρτιση του συσσωρευτή ένα σωστό σημείο ισορροπίας πρέπει να αναζητείται μεταξύ της μέγιστης

δυνατής φόρτισης και της τάσης εκλύσεως αερίων, αφού και οι δύο είναι παράγοντες που σχετίζονται με τη διάρκεια ζωής του συσσωρευτή.

Άλλος παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για την επιδιωκόμενη κατάσταση φόρτισης (state of charge - SOC) είναι η θερμοκρασία λειτουργίας του συσσωρευτή. Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία αυξάνεται η χωρητικότητα του συσσωρευτή, μειώνεται όμως η τάση εκλύσεως αερίων. Έτσι, το μέγιστο SOC που μπορεί να επιτευχθεί σε δεδομένη θερμοκρασία, κατά κάποιο τρόπο φράσσεται από την τάση εκλύσεως αερίων. Καταλαβαίνουμε λοιπόν ότι η μείωση της εκλύσεως αερίων για συσσωρευτές δεσμευμένου ηλεκτρολύτη είναι σημαντική και είναι αυτή που καθορίζει τη διάρκεια ζωής τους.

5.3.6 ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ

Με την φόρτιση ενός συσσωρευτή, ένα ποσοστό της τάξεως του 10-20% της προσφερόμενης σ' αυτόν ενέργειας χάνεται, θερμαίνοντας τον ηλεκτρολύτη ή προκαλώντας ηλεκτρόλυση. Έτσι, ένας συσσωρευτής χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένο βαθμό απόδοσης ενέργειας, η_E . Ορίζεται ως ο λόγος του ηλεκτρικού έργου που αποδίδει ο συσσωρευτής κατά την εκφόρτιση ($W=V \cdot I \cdot t$), προς το έργο που προσφέρθηκε κατά την προηγηθείσα φόρτιση του. Μία τυπική τιμή του βαθμού απόδοσης ενέργειας η_E , είναι περίπου 80-85%.

$$\eta_E = \frac{W_{\text{εκφόρτισης}}}{W_{\text{φόρτισης}}}$$

Εκτός από τον βαθμό ενεργειακής απόδοσης, χρησιμοποιείται επίσης, ο αντίστοιχος βαθμός απόδοσης φορτίου, η_Φ , ο οποίος ορίζεται ως ο λόγος του φορτίου κατά την εκφόρτιση, προς το φορτίο κατά τη φόρτιση. Μία τυπική τιμή του βαθμού απόδοσης φορτίου η_Φ , είναι περίπου 90%.

$$\eta_\Phi = \frac{Q_{\text{εκφόρτισης}}}{Q_{\text{φόρτισης}}}$$

5.4 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

Στις μέρες μας, είναι διαθέσιμα προηγμένα συστήματα συσσωρευτών που προσφέρουν υψηλή ενεργειακή πυκνότητα, είναι λεπτά σα χαρτί και αντέχουν 1000 κύκλους φόρτισης/εκφόρτισης. Δυστυχώς όμως, όλα αυτά τα χαρακτηριστικά δεν είναι εφικτά στην ίδια μπαταρία. Για παράδειγμα, ένας συγκεκριμένος συσσωρευτής μπορεί να σχεδιάσθηκε για να έχει μικρό μέγεθος και μεγάλη αυτονομία, όμως θα έχει περιορισμένη διάρκεια ζωής, κάποιος άλλος θα έχει ανθεκτικότητα αλλά θα είναι ογκώδης, ενώ ένας τρίτος θα έχει υψηλή ενεργειακή πυκνότητα αλλά θα είναι πολύ ακριβός για τους καταναλωτές. Υπάρχουν επομένως κατηγορίες και είδη συσσωρευτών με διαφορετικά χαρακτηριστικά ο καθένας, ανάλογα με τη χρήση για την οποία σχεδιάσθηκαν.

Οι συσσωρευτές διαχωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με την ικανότητα τους να επαναφορτίζονται ηλεκτρικά: πρωτεύουσες (μη επαναφορτιζόμενες) ή δευτερεύουσες (επαναφορτιζόμενες).

5.4.1 ΠΡΩΤΕΥΟΥΣΕΣ ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ

Αυτές οι μπαταρίες δεν έχουν τη δυνατότητα εύκολης ή αποτελεσματικής ηλεκτρικής επαναφόρτισης και, για το λόγο αυτό, εκφορτίζονται μια φορά και στη συνέχεια απορρίπτονται. Πολλά πρωτεύοντα στοιχεία στα οποία ο ηλεκτρολύτης περιέχεται σε ένα απορροφητικό ή διαχωριστικό υλικό (δεν υπάρχει ελεύθερος ή υγρός ηλεκτρολύτης) ονομάζονται "ξηρά στοιχεία".

Σημαντικά πλεονεκτήματα αυτής της κατηγορίας μπαταριών είναι ότι είναι βολικές, απλές και εύκολες στη χρήση, απαιτούν μικρή (ή καθόλου) ανάγκη για συντήρηση, και μπορούν να έχουν μέγεθος και σχήμα ανάλογα με την εφαρμογή. Επίσης έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, υψηλή ενεργειακή πυκνότητα σε χαμηλούς έως μέτριους ρυθμούς εκφόρτισης, μεγάλη αξιοπιστία και μικρό κόστος συγκριτικά με τις δευτερεύουσες μπαταρίες.

Παρόλο που μπορεί να χρησιμοποιηθούν διάφοροι συνδυασμοί μετάλλων για το σύστημα άνοδος-κάθοδος της κύριας μπαταρίας, μόνο ένα μέταλλο έχει καταφέρει να έχει επιτυχία στην πράξη. Αυτό είναι ο ψευδάργυρος (Zinc), που είναι το πιο δημοφιλές μέταλλο για την άνοδο πρωτογενούς μπαταρίας, λόγω της καλής ηλεκτροχημικής του συμπεριφοράς, της υψηλής ηλεκτροχημικής ισοδυναμίας, της συμβατότητας με τον υδατικό ηλεκτρολύτη όπως επίσης και της καλής διάρκειας ζωής που παρουσιάζει, το χαμηλό κόστος και την διαθεσιμότητα ως πρώτη ύλη. Το αλουμίνιο επίσης είναι ελκυστικό λόγω του υψηλού ηλεκτροχημικού δυναμικού και της ηλεκτροχημικής ισοδυναμίας και της διαθεσιμότητας. Όμως λόγω της παθητικότητάς του, έχει περιορισμένη ηλεκτροχημική απόδοση και δεν έχει αναπτυχθεί με επιτυχία σε ένα σύστημα κύριας μπαταρίας. Το μαγνήσιο έχει ελκυστικές ηλεκτρικές ιδιότητες και χαμηλό κόστος και έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία σε μια ενεργό κύρια μπαταρία, ιδιαίτερα για τις στρατιωτικές εφαρμογές, λόγω της υψηλής ενεργειακής πυκνότητάς του και της καλής διάρκειας ζωής του.

Τώρα υπάρχει μια αυξανόμενη εστίαση στην μπαταρία λιθίου, η οποία έχει την υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα και πρότυπο δυναμικό όλων των μετάλλων. Η άνοδος λιθίου στα συστήματα μπαταρίας, χρησιμοποιεί μια σειρά από διαφορετικούς μη υδατικούς ηλεκτρολύτες στα οποία το λίθιο είναι σταθερό στα διαφορετικά υλικά καθόδου. Προσφέρουν τη δυνατότητα για υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα και στα χαρακτηριστικά των επιδόσεων των συστημάτων πρωτοβάθμιων μπαταριών.

Όσον αφορά το κόστος η επιλογή κατάλληλης μπαταρίας γίνεται περιλαμβάνοντας την απόδοση της μπαταρίας κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες χρήσης, την λειτουργία στο πλαίσιο άλλων θερμοκρασιών και περιβαλλοντικών συνθηκών εάν υπάρχουν και την διάρκεια ζωής. Ο αντίκτυπος του ποσοστού εκφόρτισης και του κύκλου λειτουργίας επίσης καθορίζει το κόστος. Η αλκαλική μπαταρία είναι μακράν η πιο οικονομική μπαταρία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάτω από αυστηρές με μεγάλη κατανάλωση εφαρμογές όπως στα παιχνίδια και τα ηλεκτρονικά παιχνίδια.

Μία πρωτεύουσα μπαταρία είναι πηγή ενέργειας για φορητές, ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές, για φωτισμό, για φωτογραφικό εξοπλισμό, για εξοπλισμό επικοινωνίας, για βοηθήματα ακοής, για ρολόγια, παιχνίδια και πολλές άλλες συσκευές που χρησιμοποιούμε στην καθημερινότητά μας. Επίσης μεγάλες πρωτεύουσες μπαταρίες υψηλής χωρητικότητας χρησιμοποιούνται σε στρατιωτικές εφαρμογές, σηματοδότηση, ενέργεια αναμονής (standby power) και γενικά η χρήση της είναι για μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών.

Οι μπαταρίες αυτής της κατηγορίας είναι:

1. Μπαταρίες Ψευδαργύρου - Άνθρακα (Zinc-Carbon Batteries)
2. Μπαταρίες Μαγνησίου – Αλουμινίου (Magnesium and Aluminum Batteries)
3. Μπαταρίες αλκαλικών ηλεκτρικών στοιχείων με διοξείδιο του Μαγγανίου (Alkaline-Manganese Dioxide Batteries)

4. Μπαταρίες οξειδίου του Υδραργύρου (Mercuric Oxide Batteries)
5. Μπαταρίες οξειδίου του Αργύρου (Silver Oxide Batteries)
6. Μπαταρίες Ψευδαργύρου/Αέρα - μπαταρίες σε σχήμα κουμπιού (Zinc/Air Batteries - Button Configuration)
7. Μπαταρίες λιθίου (Lithium Batteries)
8. Μπαταρίες στερεού ηλεκτρολύτη (Solid-Electrolyte Batteries)

5.4.2 ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΕΣ ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ

Αυτές οι μπαταρίες μπορούν να επαναφορτιστούν ηλεκτρικά, μετά από την εκφόρτισή τους, στην αρχική τους κατάσταση με τη διαδικασία ροής ρεύματος μέσα από αυτές στην αντίθετη όμως κατεύθυνση από αυτή του ρεύματος εκφόρτισης. Είναι συσκευές αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας και είναι επίσης γνωστές σαν επαναφορτιζόμενες μπαταρίες ή μπαταρίες αποθήκευσης.

Χαρακτηρίζονται από υψηλή πυκνότητα ισχύος, καλή συμπεριφορά σε χαμηλές θερμοκρασίες και υψηλό ρυθμό εκφόρτισης. Η ενεργειακή τους πυκνότητα είναι γενικά χαμηλότερη από ότι στις περισσότερες πρωτεύουσες μπαταρίες, όπως και η διατήρηση της κατάστασης φόρτισης, κάτι που εξισορροπείται βέβαια από την δυνατότητά τους να επαναφορτίζονται.

Μερικές μπαταρίες, γνωστές σαν "μηχανικά επαναφορτιζόμενες", επαναφορτίζονται αντικαθιστώντας το εκφορτισμένο ή απεμπλουτισμένο ηλεκτρόδιο, συνήθως το μέταλλο της ανόδου με ένα καινούριο. Κάποιες από τις μπαταρίες μετάλλου/αέρος (metal/air) είναι χαρακτηριστικές αυτού του τύπου μπαταρίας.

Οι εφαρμογές των δευτεροβάθμιων μπαταριών χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Εφαρμογές στις οποίες η δευτερεύουσα μπαταρία χρησιμοποιείται σαν μια συσκευή αποθήκευσης ενέργειας, που συνήθως είναι ηλεκτρικά συνδεδεμένη και φορτίζεται από μια κύρια πηγή ενέργειας και μεταφέρει την ενέργειά της στο φορτίο όταν της ζητηθεί. Παραδείγματα αυτής της κατηγορίας είναι συστήματα αυτοκινήτων και αεροσκαφών, πηγές ενέργειας αναμονής (UPS) για να μην υπάρξει αποτυχία σε περίπτωση ανάγκης, υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα και συστήματα στάσιμης ενεργειακής αποθήκευσης (stationary energy storage – SES) για ηλεκτρική χρήση ανύψωσης φορτίου.
- Εφαρμογές στις οποίες η δευτερεύουσα μπαταρία χρησιμοποιείται ή εκφορτίζεται ουσιαστικά σαν μια πρωτεύουσα μπαταρία, αλλά αντί να απορρίπτεται μετά τη χρήση επαναφορτίζεται. Οι δευτερεύουσες μπαταρίες χρησιμοποιούνται κατ' αυτό τον τρόπο, για παράδειγμα, σε φορητές ηλεκτρονικές καταναλώσεις, ηλεκτρικά εργαλεία, ηλεκτρικά οχήματα κλπ, για μείωση του κόστους (αφού μπορούν να επαναφορτιστούν αντί να αντικατασταθούν) και σε εφαρμογές που απαιτούν άντληση ενέργειας πέρα από τα όρια μιας πρωτεύουσας μπαταρίας.

Το κόστος των δευτερευουσών μπαταριών περιλαμβάνει τον αριθμό κύκλων φόρτισης - εκφόρτισης σε μια εφαρμογή κατά τη διάρκεια ζωής τους, την συντήρηση και το κόστος ανά κιλοβατώρα. Η μπαταρία μολύβδου-οξέος είναι μακράν η λιγότερο δαπανηρή. Ωστόσο το κόστος εξαρτάται και από το μέγεθος των στοιχείων των μπαταριών αυτών καθώς και από την χωρητικότητα που διαθέτουν.

Οι δευτερεύουσες μπαταρίες χρησιμοποιούνται σε διάφορες εφαρμογές με πιο γνωστές τον φωτισμό, εφαρμογές έκτακτης ανάγκης και ετοιμότητας, σε αυτοκινητοβιομηχανίες, στην ανάφλεξη αυτοκίνησης ή και στον εξοπλισμό του. Ακόμη οι μικρότερες δευτερεύουσες μπαταρίες περιέχονται σε φορητές συσκευές όπως στα εργαλεία, στα παιχνίδια, στον φωτισμό

και φωτογραφικά, στο ραδιόφωνο και πιο σημαντικά, στις καταναλωτικές ηλεκτρονικές συσκευές (υπολογιστές, βιντεοκάμερες, κινητά τηλέφωνα).

Πιο πρόσφατα, οι δευτερεύουσες μπαταρίες έχουν λάβει περισσότερο ενδιαφέρον ως πηγή ενέργειας για τα ηλεκτρικά και υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα και σε εφαρμογές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ). Σημαντικά αναπτυξιακά προγράμματα έχουν κινηθεί προς τη βελτίωση των επιδόσεων των συγκεκριμένων τύπων μπαταριών και την ανάπτυξη νέων συστημάτων που να πληρούν τις αυστηρές προδιαγραφές των νέων αυτών εφαρμογών.

Οι μπαταρίες αυτής της κατηγορίας είναι:

1. Μπαταρίες Μολύβδου-οξέος (Lead-Acid Batteries)
2. Μπαταρίες ηλεκτροδίου Σιδήρου (Iron Electrode Batteries)
3. Βιομηχανικές και διαστημικές μπαταρίες Νικελίου-Καδμίου (Industrial and Aerospace Nickel-Cadmium Batteries)
4. Μπαταρίες Νικελίου-Ψευδάργυρου (Nickel-Zinc Batteries)
5. Μπαταρίες Νικελίου-Υδρογόνου (Nickel-Hydrogen Batteries)
6. Μπαταρίες ιόντων λιθίου (Lithium-Ion Batteries)

Να σημειώσουμε εδώ ότι οι μπαταρίες μολύβδου οξέος αποτελούν την πρώτη επιλογή για τα αυτόνομα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και με αρκετά καλή αποτελεσματικότητα και αυτό δε φαίνεται να αλλάζει άμεσα. Είναι μακράν ο φθηνότερος τύπος μπαταρίας συγκριτικά με όλα τα άλλα άμεσα διαθέσιμα συστήματα αποθήκευσης με κατάλληλα χαρακτηριστικά ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις που θέτει ένα αυτόνομο σύστημα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Παρά το γεγονός ότι η μπαταρία μολύβδου οξέος είναι η λιγότερο ακριβή μπαταρία αποθήκευσης για κάθε σχεδόν εφαρμογή, τα χαρακτηριστικά και η απόδοσή της είναι πολύ ικανοποιητικά. Ένα αρκετά σημαντικό μειονέκτημα των μπαταριών μολύβδου οξέος είναι το χαμηλό ειδικό σταθμικό ενεργειακό περιεχόμενο (specific gravimetric energy content) λόγω του υψηλού μοριακού βάρους του μολύβδου. Παρ' όλα αυτά, αυτή δεν είναι μια παράμετρος μεγάλης σημασίας για τα αυτόνομα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αφού η μπαταρία είναι σταθερή.

5.5 ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΑ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

Για την εύρυθμη λειτουργία των συσσωρευτών, καθώς και για τη σωστή συντήρησή τους είναι απαραίτητο να χρησιμοποιούνται ορισμένες περιφερειακές συσκευές. Παρακάτω παρουσιάζονται και περιγράφονται οι συσκευές αυτές και τη λειτουργία που η κάθε μια επιτελεί.

5.5.1 ΕΛΕΓΚΤΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Η κύρια λειτουργία ενός ελεγκτή φόρτισης σε ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα είναι να διατηρήσει την μπαταρία στην υψηλότερη δυνατή στάθμη φόρτισης ενώ ταυτόχρονα θα την προστατεύει από την υπερφόρτιση και από την υπερεκφόρτιση. Ο αλγόριθμος ή η στρατηγική ελέγχου ενός ελεγκτή φόρτισης της μπαταρίας καθορίζει την αποδοτικότητα της φόρτισης της μπαταρίας και της αξιοποίησης του συστήματος, άρα και της ικανοποίησης των απαιτήσεων του φορτίου. Επιπλέον χαρακτηριστικά όπως είναι η αντιστάθμιση της θερμοκρασίας, συναγερμοί, μετρητές, απομακρυσμένοι αισθητήρες τάσης και ειδικοί αλγόριθμοι, μπορούν να ενισχύσουν την ικανότητα ενός ελεγκτή φόρτισης να διατηρεί την καλή υγεία και να επιμηκύνει τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας, καθώς και να παρέχουν μια ένδειξη της λειτουργικής κατάστασης στον επιμελητή του συστήματος.

Η ρύθμιση του φορτίου είναι η πρωταρχική λειτουργία ενός ελεγκτή φόρτισης μιας μπαταρίας και ίσως το πιο σημαντικό θέμα που συνδέεται με τις επιδόσεις και τη ζωή της μπαταρίας. Όταν ένα αυτόνομο σύστημα λειτουργεί κάτω από καλές έως εξαιρετικές καιρικές συνθήκες (μεγάλη ηλιοφάνεια για τα φωτοβολταϊκά και υψηλής ταχύτητας άνεμοι για τις ανεμογεννήτριες), η ενέργεια που παράγεται συχνά υπερβαίνει τις απαιτήσεις του φορτίου. Για να αποφευχθεί βλάβη της μπαταρίας από υπερφόρτιση, χρησιμοποιείται ένας ελεγκτής φόρτισης για να την προστατέψει. Ο σκοπός ενός ελεγκτή φόρτισης είναι να τροφοδοτεί τη μπαταρία με ισχύ, με έναν τρόπο που να επαναφορτίζει πλήρως την μπαταρία αλλά να μην την υπερφορτίζει.

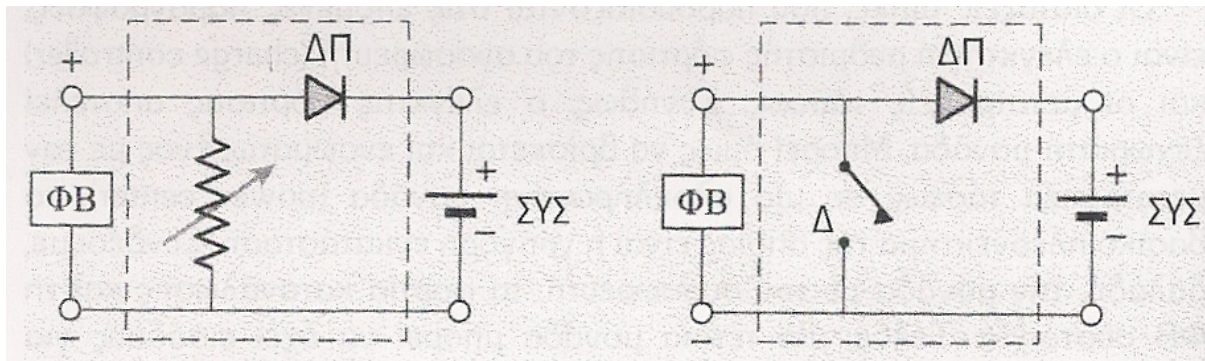
Οι ελεγκτές φόρτισης αποτρέπουν την υπέρμετρη φόρτιση της μπαταρίας διακόπτοντας ή περιορίζοντας τη ροή ρεύματος από τη συστοιχία στη μπαταρία όταν αυτή φτάνει στην κατάσταση πλήρους φόρτισης. Η ρύθμιση της φόρτισης επιτυγχάνεται συνήθως με τον περιορισμό της τάσης της μπαταρίας σε μια μέγιστη τιμή, που συχνά αναφέρεται ως σημείο ρύθμισης της τάσης (voltage regulation set point – VR). Κάποιες φορές, χρησιμοποιούνται άλλες μέθοδοι όπως η ενσωμάτωση των αμπερ – ωρών μέσα και έξω από τη μπαταρία. Ανάλογα με τη μέθοδο ρύθμισης, το ρεύμα μπορεί να περιορίζεται καθώς διατηρείται η τάση ρύθμισης, ή να παραμένει αποσυνδεδεμένο έως ότου η τάση της μπαταρίας πέσει στο σημείο τάσης επανασύνδεσης της συστοιχίας

Σε περιόδους που η ηλιακή ακτινοβολία είναι κάτω από το μέσο όρο και/ή σε περιόδους ανεμίας, η ενέργεια που παράγεται από τη μπορεί να μην επαρκεί για να διατηρεί την μπαταρία πλήρως επαναφορτισμένη. Όταν μια μπαταρία υπόκειται σε επαναλαμβανόμενη υπερβολική εκφόρτιση, θα υπάρξει απώλεια χωρητικότητας και ζωής τελικά. Για την προστασία των μπαταριών από την υπερεκφόρτιση, οι περισσότεροι ελεγκτές φόρτισης περιλαμβάνουν μια προαιρετική λειτουργία αποσύνδεσης των φορτίων του συστήματος όταν η μπαταρία φτάνει σε μια χαμηλή τάση ή σε μια χαμηλή στάθμη φόρτισης. Επίσης, σε μερικές περιπτώσεις, τα ηλεκτρικά φορτία πρέπει να έχουν επαρκώς υψηλή τάση για να λειτουργήσουν. Εάν οι μπαταρίες εκφορτίζονται πολύ βαθειά, η τάση πέφτει κάτω από το λειτουργικό εύρος των φορτίων και επομένως μπορεί να υπολειπθούν ή ακόμα να μη λειτουργούν και καθόλου. Αυτός είναι ένας ακόμα σημαντικός λόγος για τον οποίο πρέπει να περιορίζεται η υπερεκφόρτιση της μπαταρίας.

Η προστασία από υπερεκφόρτιση στους ελεγκτές φόρτισης συνήθως επιτυγχάνεται ανοικτοκυκλώνοντας τη σύνδεση μεταξύ της μπαταρίας και του ηλεκτρικού φορτίου όταν η μπαταρία φτάνει σε ένα προκαθορισμένο ή ρυθμιζόμενο σημείο χαμηλής τάσης αποσύνδεσης φορτίου (low voltage load disconnect set point– LVD). Οι περισσότεροι ελεγκτές φόρτισης έχουν μια λυχνία ένδειξης ή έναν ηχητικό συναγερμό για να ειδοποιεί το χρήστη/χειριστή του συστήματος στη συνθήκη αποσύνδεσης του φορτίου. Όταν η μπαταρία έχει επαναφορτιστεί σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο, τα φορτία συνδέονται εκ νέου στην μπαταρία.

5.5.1.1 ΠΑΡΑΛΛΗΛΟΣ ΕΛΕΓΚΤΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

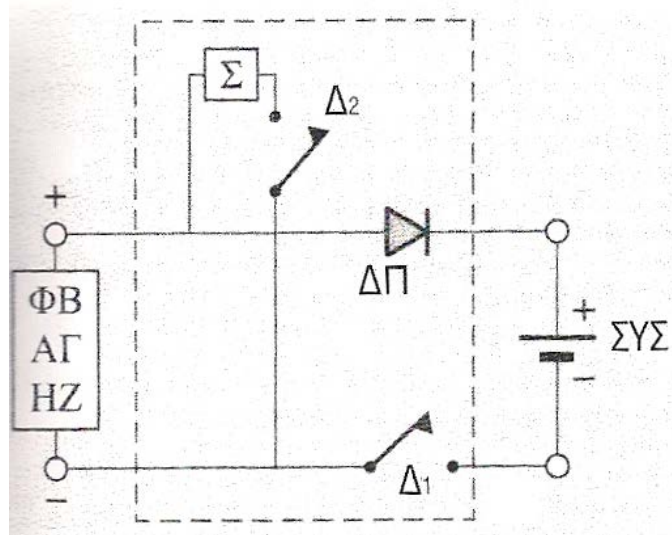
Στην ειδική περίπτωση ενός αυτόνομου συστήματος, το οποίο χαρακτηρίζεται ως πηγή σταθερού ρεύματος, χρησιμοποιούνται διατάξεις, των οποίων η συνδεσμολογία φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Χαρακτηριστικό αυτού του ρυθμιστή είναι ότι το ελεγχόμενο στοιχείο είναι συνδεδεμένο παράλληλα με το αυτόνομο σύστημα (shunt controller), με δυνατότητα να λειτουργεί, είτε μεταβαλλόμενο γραμμικά, ανάλογα με τη μέγιστη φόρτιση, είτε ως διακόπτης ON/OFF. Στην περίπτωση του παράλληλου ρυθμιστή, όταν επιτευχθεί η μέγιστη φόρτιση (όριο τάσης), το ελεγχόμενο στοιχείο βραχυκυκλώνει το σύστημα, δίχως να προκαλείται καμία απολύτως βλάβη σε αυτό. Έτσι, απομονώνεται το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το σύστημα αποθήκευσής της.



Παράλληλος ελεγκτής φόρτισης γραμμικός (αριστερά) και διακοπτικός (δεξιά).

5.5.1.2 ΕΛΕΓΚΤΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΕΝ ΣΕΙΡΑ

Η βασική αρχή λειτουργίας της διάταξης του παρακάτω σχήματος, βασίζεται στη χρήση δύο διακοπών, $\Delta 1$ και $\Delta 2$, εκ των οποίων ο πρώτος διακόπτει το ρεύμα από το σύστημα ενέργειας στο σύστημα αποθήκευσης, όταν η τάση φόρτισης φτάσει στο όριο τάσης. Την ίδια στιγμή ενεργοποιείται ο διακόπτης $\Delta 2$, ο οποίος εισάγει στην έξοδο του συστήματος ενέργειας, ένα στοιχείο απόδοσης (Σ) της επιπλέον ενέργειας, την οποία δεν έχει τη δυνατότητα να απορροφήσει το σύστημα αποθήκευσης. Το στοιχείο απόδοσης, πρέπει να μπορεί να αποβάλλει εύκολα την αποδιδόμενη σ' αυτό ενέργεια, προς το περιβάλλον (ροή ενέργειας με θερμοαγωγή από την ηλεκτρονική διάταξη προς το μεταλλικό ψυκτήρα και από εκεί προς το περιβάλλον με συναγωγή και ακτινοβολία). Ονομάζεται ρυθμιστής φόρτισης εν σειρά (series controller). Μπορεί να ελέγξει τη φόρτιση συσσωρευτών από Φ/Β σύστημα, από Α/Γ και από Η/Ζ.



Ελεγκτής φόρτισης εν σειρά.

Υπάρχουν διάφορες εκδόσεις αυτού του ρυθμιστή, με διαφορές που εντοπίζονται στο τρόπο που προσεγγίζεται η τελική κατάσταση φόρτισης, από κάθε μία απ' αυτές. Συνοπτικά, οι περισσότερο δημοφιλείς περιπτώσεις είναι:

- Ο απλός ρυθμιστής φόρτισης σειράς, με ένα όριο τάσης.
- Ο ρυθμιστής φόρτιση σειράς δύο βαθμίδων σταθερού ρεύματος (φτάνοντας στο όριο τάσης, η φόρτιση διατηρείται σε επίπεδα συντήρησης).

- Ο ρυθμιστής φόρτισης σειράς δύο βαθμίδων τάσεως. Επιτρέπει για μικρό χρονικό διάστημα, τη φόρτιση σε τάση λίγο μεγαλύτερη της οριακής (14,5 V , με οριακή τάση φόρτισης τα 14V, σε συσσωρευτή ονομαστικής τάσης 12V) και στην συνέχεια επιβάλλεται ως άνω όριο η οριακή τάση. Προκαλείται, έτσι, για λίγο ανάδευση του ηλεκτρολύτη και αποφυγή διαστρωμάτωσης (Stratification).
- Ο ρυθμιστής φόρτισης σειράς, με έλεγχο του διακοπτικού στοιχείου ($\Delta 1$), με παλμούς, είτε μεταβολής συχνότητας είτε μεταβλητού πλάτους (pulse frequency or width modulation).
- Ο γραμμικός ρυθμιστής φόρτισης σειράς, σταθερής τάσης (κατά τη φόρτιση προσαρμόζεται συνεχώς η ισοδύναμη αντίσταση του στοιχείου σε σειρά, ώστε η τάση φόρτισης να παραμένει σταθερή).

Η διάταξη φόρτισης συμπληρώνεται από παρόμοια διάταξη ελέγχου εκφόρτισης του συστήματος αποθήκευσης της ενέργειας, με σκοπό την προστασία του συσσωρευτή από υπερεκφόρτιση (overdischarging), και η οποία, συνήθως, ενσωματώνεται στην πρώτη. Διακόπτει το κύκλωμα παροχής ενέργειας από το συσσωρευτή στην κατανάλωση, όταν η τάση στα άκρα του συσσωρευτή μειωθεί και φτάσει σε μια ορισμένη τιμή (disconnect setpoint). Π.χ. σε ένα σύστημα συσσωρευτών με ονομαστική τάση 24V, τίθεται ως σημείο αποσύνδεσης, η τάση 22 - 23V. Το σύστημα ρυθμίζεται έτσι ώστε να παρουσιάζει χρονική αντοχή (5 - 10 sec) σε βυθίσεις τάσης που προκαλούνται κατά την είσοδο, στο κύκλωμα κατανάλωση, ενός φορτίου μεγάλης ισχύος.

5.5.2 ΙΣΟΣΤΑΘΜΙΣΤΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Σε μακριές σειρές εν σειρά συνδεδεμένων στοιχείων, μπορεί να εμφανιστούν προβλήματα σε μεμονωμένα στοιχεία, όπως υπερφόρτιση ή ανάστροφη φόρτιση, λόγω των διαφορετικών διαδικασιών γήρανσης ή λόγω διαφορετικής ανεκτικότητας στην παραγωγή. Οι ισοσταθμιστές φόρτισης βοηθούν στην αποφυγή των καταστροφικών επιπτώσεων μέσω ατομικής μεταχείρισης των στοιχείων.

Το πρόβλημα της αυξανόμενης απόκλισης στις ιδιότητες μεμονωμένων στοιχείων μέσα σε μια μπαταρία είναι γνωστό από τα πρώτα στάδια της ανάπτυξης της τεχνολογίας της μπαταρίας και έτσι έχουν αναπτυχθεί μια σειρά από διαφορετικές διεργασίες για την επίλυσή του. Οι περισσότερες από αυτές βασίζονται στην διάχυση της πλεονάζουσας ενέργειας των πλήρως φορτισμένων στοιχείων σε ένα στοιχείο παράκαμψης. Αυτή η προσέγγιση δεν είναι κατάλληλη για εφαρμογές στις οποίες η υψηλότερη απόδοση είναι ζωτικής σημασίας, όπως είναι τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Επιπλέον, είναι αποδοτική μόνο όταν η μπαταρία είναι πλήρως φορτισμένη. Δεν έχει καμία επίπτωση όταν η μπαταρία εκφορτίζεται.

Με βάση την εμπειρία από πολλά φωτοβολταϊκά συστήματα, έχουν αναπτυχθεί συστήματα ισοστάθμισης φορτίου που δεν βασίζονται στην προσέγγιση της διάχυσης. Αντίθετα με τα συμβατικά συστήματα διάχυσης, εδώ το πλεόνασμα ενέργειας από τα στοιχεία που έχουν υψηλότερη στάθμη φόρτισης αναδιανέμεται στα υπόλοιπα στοιχεία. Αυτή η αναδιανομή, δε συμβαίνει μόνο κατά τη διάρκεια ή στο τέλος της φόρτισης αλλά συνεχώς και κατά τη διάρκεια της εκφόρτισης.

Σαν αποτέλεσμα, τα στοιχεία με χαμηλότερη χωρητικότητα υποστηρίζονται από τα άλλα στοιχεία κατά την εκφόρτιση. Η σχετική τους στάθμη φόρτισης μειώνεται εξίσου με αυτή των στοιχείων με υψηλότερη χωρητικότητα. Με αυτό τον τρόπο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η διαθέσιμη χωρητικότητα όλων των στοιχείων. Κατά τη φόρτιση, ένα μέρος του ρεύματος φόρτισης αναδιανέμεται από τα πιο αδύναμα στοιχεία στα πιο ισχυρά, έτσι ώστε να φορτίζονται με υψηλότερο ρεύμα, με αποτέλεσμα ταχύτερη φόρτιση.

Η αναδιανομή ενέργειας επιτρέπει ακόμα στα στοιχεία με μεγαλύτερες ανοχές χωρητικότητας να συνδέονται μαζί σε σειρά. Έτσι μπορεί να αποφευχθεί η δαπανηρή επιλογή συνδεδεμένων στοιχείων κατά την κατασκευή της μπαταρίας. Σε ακραίες περιπτώσεις, είναι πιθανή ακόμα και η στήριξη της λειτουργίας από ένα μείγμα νέων και παλιών στοιχείων, μετά την αντικατάσταση των ελαττωματικών στοιχείων. Επιπροσθέτως, έχει αποδειχθεί ότι η ενεργειακή απόδοση μπορεί να αυξηθεί καθώς αποτρέπεται η υπερφόρτιση ή η ανάστροφη φόρτιση.

5.5.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ

Για τη λήψη πραγματικών πληροφοριών σχετικά με την κατάσταση της μπαταρίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν συστήματα παρακολούθησης, τα οποία είναι διαθέσιμα σε μια ευρεία γκάμα εμπορικών προϊόντων. Τα συστήματα αυτά μπορεί να είναι από απλά συστήματα παρακολούθησης τάσης ολόκληρης της μπαταρίας μέχρι συστήματα πλήρους παρακολούθησης της θερμοκρασίας, του ρεύματος και της τάσης μεμονωμένων στοιχείων καθώς και της αντίστασης της μπαταρίας.

Στα συστήματα παρακολούθησης, μπορούμε να προσθέσουμε και τον μετρητή στάθμης φόρτισης ο οποίος μας δίνει τις κατάλληλες πληροφορίες για την πραγματική στάθμη φόρτισης της μπαταρίας. Τη λειτουργία αυτή επιτελούν μερικές συσκευές και αλγόριθμοι, όμως μόνο πολύ λίγες είναι κατάλληλες για χρήση σε αυτόνομα συστήματα παραγωγής ενέργειας.

5.5.4 ΦΟΡΤΙΣΤΗΣ

Σε ένα αυτόνομο σύστημα (με φωτοβολταϊκά και/ή ανεμογεννήτριες) είναι σημαντικό να διασφαλίσουμε την αδιάκοπη παροχή των φορτίων μας με ρεύμα. Πολλές φορές χρησιμοποιούμε ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη ως εφεδρεία, έτσι ώστε στις περιόδους που οι καιρικές συνθήκες δε μας επιτρέπουν στο σύστημά μας να αποδώσει, να έχουμε τη δυνατότητα να παράξουμε την απαιτούμενη ισχύ.

Οι φορτιστές είναι AC/DC μετατροπείς, οι οποίοι χρησιμοποιούν την ισχύ από τη γεννήτρια για να επαναφορτίζουν τη μπαταρία. Η επιλογή του κατάλληλου φορτιστή για ένα αυτόνομο σύστημα πρέπει να γίνεται αφού ληφθούν υπ' όψιν ο τύπος της μπαταρίας, ο τρόπος με τον οποίο η μπαταρία θα εκφορτίζεται, ο διαθέσιμος για τη φόρτιση χρόνος, οι ακραίες θερμοκρασίες που μπορεί να αντιμετωπίσει η μπαταρία και ο αριθμός των στοιχείων στη μπαταρία (τάση εξόδου). Είναι σημαντικό, να συμβουλευόμαστε τον κατασκευαστή της μπαταρίας κατά την επιλογή του φορτιστή για να καθοριστεί η κατάλληλη μέθοδος φόρτισης.

Οι φορτιστές χρειάζονται έλεγχο φόρτισης για την αποφυγή της υπερφόρτισης της μπαταρίας. Ο έλεγχος αυτός επιτυγχάνεται με τους ελεγκτές φόρτισης, οι οποίοι έχουν αναλυθεί παραπάνω. Το καθεστώς φόρτισης πρέπει να είναι το ίδιο με αυτό του ελεγκτή φόρτισης

5.5.5 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΔΕΥΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΗ

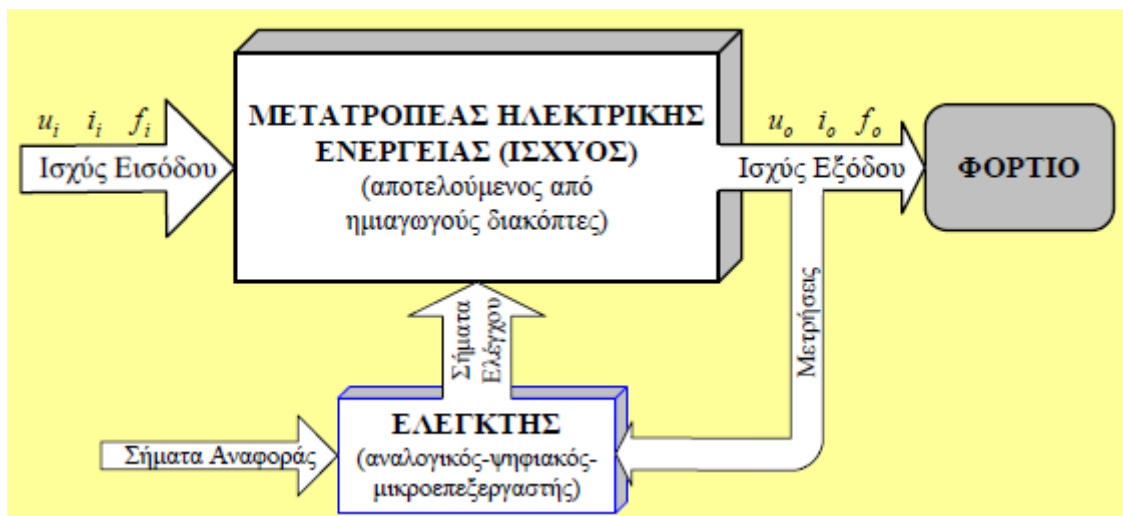
Για να αποφεύγονται οι καταστροφικές συνέπειες της στρωμάτωσης του οξέος στις ανοικτού τύπου μπαταρίες, τα συστήματα ανάδευσης του ηλεκτρολύτη είναι μια αποδοτική λύση. Τα περισσότερα συστήματα αυτού του είδους βασίζονται σε συμπιεσμένο αέρα που διοχετεύεται στο κάτω μέρος των στοιχείων. Οι φυσαλίδες αέρα που ανεβαίνουν προς τα πάνω προκαλούν την κυκλοφορία και ανάμειξη του ηλεκτρολύτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΙΣ

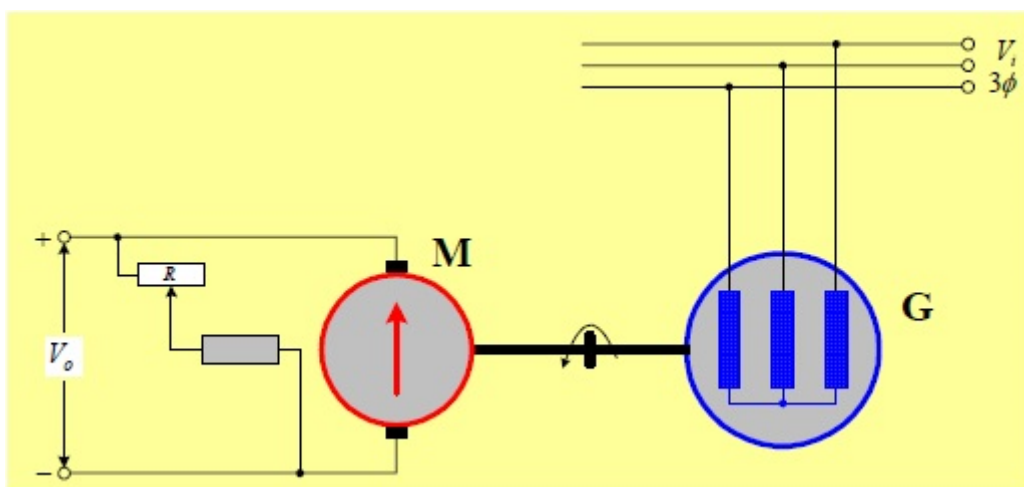
6.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΩΝ DC - AC

Τα ηλεκτρονικά ισχύος είναι μια ιδιαίτερη κατηγορία ηλεκτρονικών διατάξεων, οι οποίες χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία, τον έλεγχο και τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας.



Γενικό λειτουργικό διάγραμμα των μετατροπέων ηλεκτρικής ενέργειας.

Το πρόβλημα της δημιουργίας μιας πηγής εναλλασσόμενης τάσης (AC) με μεταβλητή συχνότητα και πλάτος προέκυψε πριν από πολλές δεκαετίες. Στη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιήθηκαν αρχικά οι ηλεκτρομηχανικοί ή στρεφόμενοι μετατροπείς οι οποίοι αποτελούνταν από το συνδυασμό κινητήρα συνεχούς ρεύματος (DC) με γεννήτρια εναλλασσομένου (AC).

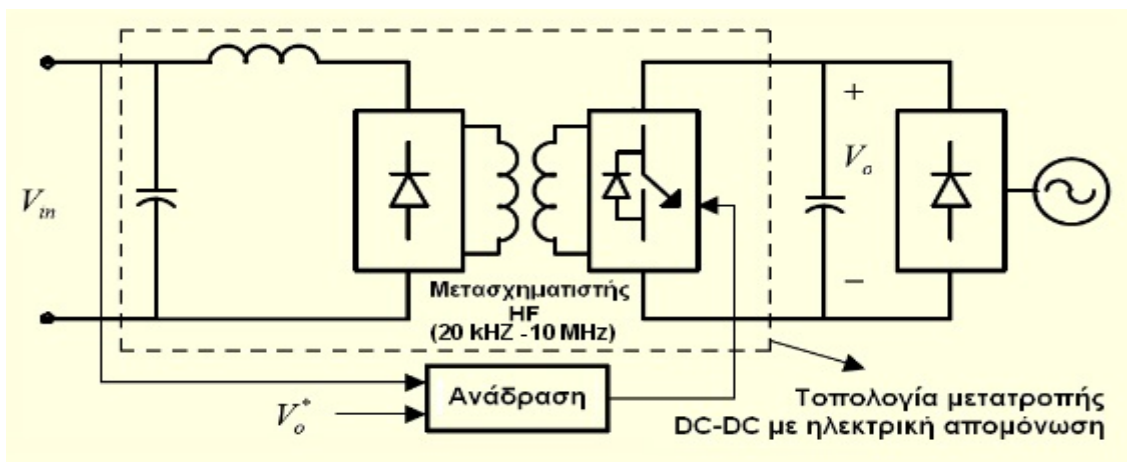


Στρεφόμενος μετατροπέας της συνεχούς τάσης σε εναλλασσόμενη.

Με τη συγκεκριμένη όμως μέθοδο παρουσιάστηκαν τα παρακάτω μειονεκτήματα:

- Μεγάλος όγκος και βάρος.
- Συχνή συντήρηση εξαιτίας των στρεφόμενων μερών.
- Μικρό βαθμό απόδοσης.
- Κακή δυναμική συμπεριφορά.

Τα μειονεκτήματα των στρεφόμενων μετατροπέων υπερνικήθηκαν με την ανάπτυξη των στατών μετατροπέων, δηλαδή μετατροπέων χωρίς κινούμενα μέρη. Οι στατοί μετατροπέες αποτελούνται αποκλειστικά από διακόπτες, για την επίτευξη υψηλού βαθμού απόδοσης. Έτσι φτάσαμε στη χρήση του κλασικού μηχανικού ή ηλεκτρονικού διακοπτικού συστήματος σε συνεργασία με μετασχηματιστή.



Λειτουργικό διάγραμμα διακοπτικού τροφοδοτικού.

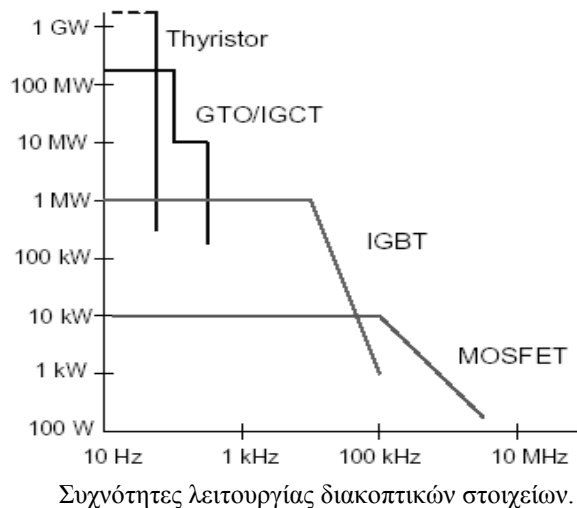
Παρ' όλο όμως την εξέλιξη του όλου συστήματος, του τρόπου λειτουργίας του αλλά και των μερών του, συνέχισαν να υπάρχουν βασικά μειονεκτήματα στην όλη αυτή συνδεσμολογία:

- Μεγάλος όγκος και βάρος.
- Χρειάζεται πολλή προσοχή στο σχεδιασμό για αποφυγή ηλεκτρομαγνητικής παρεμβολής (EMI).
- Έχουν πολύπλοκα κυκλώματα ελέγχου.

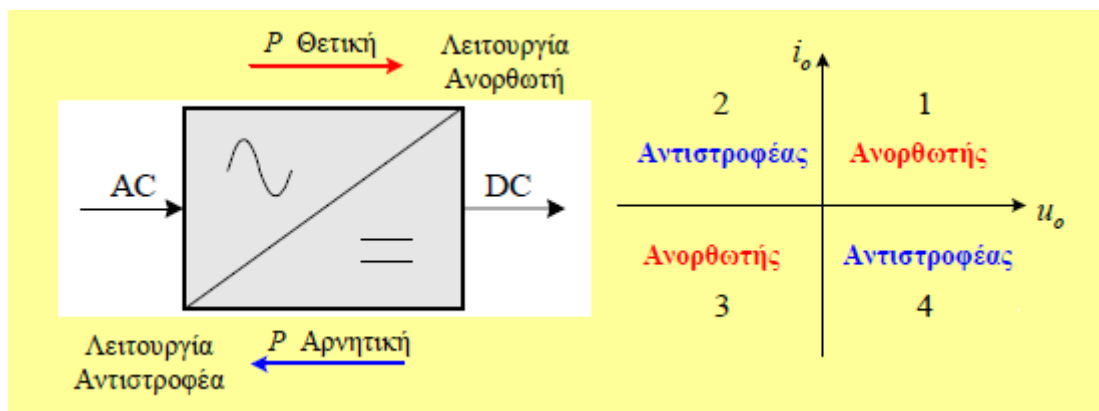
Σήμερα, η μετατροπή της τάσης γίνεται με τη χρήση αντιστροφέων (Inverters ή DC – AC Converters), οι οποίοι είναι ηλεκτρονικοί μετατροπέες μιας πηγής συνεχούς τάσης ή ρεύματος σε εναλλασσόμενη μονοφασική ή τριφασική. Με τους μετατροπέες αυτούς (αντιστροφείς), μας παρέχετε η δυνατότητα μεταβολής τόσο του πλάτους όσο και της συχνότητας της κυματομορφής εξόδου, είτε αυτή είναι τάση είτε είναι ρεύμα.

6.2 ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΩΝ

Τα κύρια στοιχεία, από τα οποία αποτελείται ένας αντιστροφέας είναι τα ελεγχόμενα ημιαγωγικά στοιχεία, τα οποία χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: στοιχεία στα οποία ελέγχουμε μόνο την έναυση (θυρίστορ) και στοιχεία που ελέγχουμε τόσο την έναυση όσο και τη σβέση (MOSFET, IGBT, GTO, IGCT). Ανάλογα με την ισχύ και τη συχνότητα της κάθε εφαρμογής, επιλέγουμε και το κατάλληλο διακοπτικό στοιχείο.



Η συνεχής τάση που τροφοδοτεί έναν αντιστροφέα μπορεί να προέρχεται από ένα συσσωρευτή ή από μία πηγή ενέργειας (π.χ. Φ/Β γεννήτρια, συσσωρευτή). Στις περισσότερες βιομηχανικές εφαρμογές παρέχεται από ένα ανορθωτικό σύστημα, που αποτελείται είτε από διόδους είτε από θυρίστορ. Η συνεχής αυτή τάση, επιτρέπει την ρύθμιση των μέσων τιμών της τάσης εισόδου και όπως εξυπακούεται και τη ρύθμιση τη ενεργούς τιμής της τάσης εξόδου. Η ρύθμιση της συχνότητας και του μεγέθους της τάσης, επιτυγχάνεται με τη μεταβολή της τάσης ελέγχου του αντιστροφέα. Θεωρώντας μόνο τις θεμελιώδεις συνιστώσες της τάσης και του ρεύματος στην έξοδο του αντιστροφέα, σε σχέση με τον χρόνο, κατά τη διάρκεια μίας περιόδου διακρίνονται τέσσερα τεταρτημόρια λειτουργίας:



Διάγραμμα λειτουργίας μετατροπέα ανά τεταρτημόριο.

Επομένως ο αντιστροφέας μπορεί να λειτουργεί, κατά τη διάρκεια κάθε περιόδου και στα τέσσερα τεταρτημόρια. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί, μόνο εάν ο αντιστροφέας αποτελείται από αμφίδρομα στοιχεία, τα οποία εξασφαλίζουν και τις δύο πολικότητες της τάσης ανεξάρτητα από τη φορά του ρεύματος. Πρακτικά, αυτό επιτυγχάνεται με την αντιπαράλληλη σύνδεση σε κάθε ηλεκτρονικό διακόπτη, μιας διόδου.

Η συχνότητα στην έξοδο του αντιστροφέα καθορίζεται από το ρυθμό έναυσης και σβέσης των ελεγχόμενων ημιαγωγικών στοιχείων ισχύος. Έτσι παρέχεται στο χρήστη η δυνατότητα ρύθμισης της συχνότητας αυτής μέσω του κυκλώματος παλμοδότησης του αντιστροφέα. Όμως η διακοπτική λειτουργία του αντιστροφέα έχει ως αποτέλεσμα μη ημιτονοειδής κυματομορφές τάσης και ρεύματος στην έξοδο του αντιστροφέα.

Στις εφαρμογές στις οποίες κάνουμε χρήση αντιστροφέων θέλουμε ημιτονοειδή κυματομορφή της τάσης εξόδου. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούμε διάφορες διατάξεις

φίλτρων για την αποφυγή των ανώτερων αρμονικών. Το φιλτράρισμα αυτό όμως δεν είναι εύκολο, ειδικότερα όταν η συχνότητα των ανώτερων αρμονικών μεταβάλλεται και βρίσκεται κοντά στη συχνότητα της βασικής αρμονικής της τάσης εξόδου του αντιστροφέα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνεται το βάρος, ο όγκος και το κόστος του φίλτρου εξόδου, άρα και του αντιστροφέα.

Οι αντιστροφείς έχουν εφαρμογές σε πολλές περιοχές, μερικές από τις οποίες είναι:

- Συστήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.)
 - Μετατροπή και έλεγχος της τάσης εξόδου αιολικών γεννητριών.
 - Μετατροπή και έλεγχος της τάσης εξόδου φωτοβολταϊκών γεννητριών.
- Συστήματα ελέγχου των στροφών (ή της ροπής) ηλεκτρικών κινητήρων εναλλασσομένου ρεύματος (Adjustable Speed AC Drives - ASD).
- Συστήματα αδιάλειπτης παροχής ισχύος (Uninterruptable Power Supplies - UPS).
- Συστήματα επαγωγικής θέρμανσης (Induction Heating).
- Συστήματα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας - ενεργά φίλτρα για μείωση των αρμονικών και βελτίωση της ποιότητας της ηλεκτρικής ενέργειας.
- Συστήματα διόρθωσης του Συντελεστή Ισχύος (Power Factor Correction – PFC).
- Συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κυψέλες από υδρογόνου (Fuel Cells).

6.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΩΝ

Ανάλογα με το είδος της πηγής εισόδου, οι αντιστροφείς μπορούν να διαιρεθούν σε δύο κυρίως κατηγορίες:

- Στους αντιστροφείς οι οποίοι τροφοδοτούνται από πηγή συνεχούς τάσης (Αντιστροφείς Τάσης – Voltage Source Inverters ή Voltage fed Inverters - VSI). Έχουν τις περισσότερες εφαρμογές στην πράξη.
- Στους αντιστροφείς οι οποίοι τροφοδοτούνται από πηγή συνεχούς ρεύματος (Αντιστροφείς Ρεύματος - Current Source Inverters ή Current fed Inverters - CSI). Κυρίως για έλεγχο μηχανών Ε.Ρ. μεγάλης ισχύος.

Κάθε μία από τις δύο παραπάνω κατηγορίες μπορεί, επίσης, να υποδιαιρεθεί στις εξής δύο κατηγορίες:

- Στους μονοφασικούς αντιστροφείς.
- Στους τριφασικούς αντιστροφείς (με έξι ελεγχόμενα ημιαγωγικά διακοπτικά στοιχεία).

Να τονίσουμε εδώ, ότι κατά κύριο λόγο στα συστήματα των Α.Π.Ε. χρησιμοποιούνται οι αντιστροφείς τάσης.

6.3.1 ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΙ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΙΣ

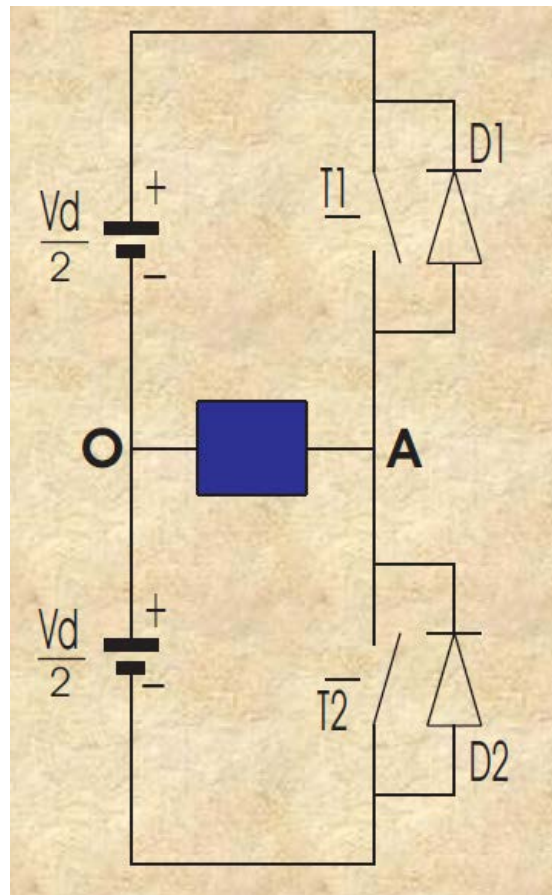
Τους μονοφασικούς αντιστροφείς τους συναντάμε σε δύο διαφορετικές συνδεσμολογίες:

- i. σε συνδεσμολογία ημιγέφυρας - Half-Bridge Inverter (με δύο ελεγχόμενα ημιαγωγικά διακοπτικά στοιχεία).
- ii. σε συνδεσμολογία πλήρους γέφυρας - Full-Bridge Inverter (με τέσσερα ελεγχόμενα ημιαγωγικά διακοπτικά στοιχεία).

6.3.1.1 ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑΣ ΗΜΙΓΕΦΥΡΑΣ

Ανάβοντας και σβήνοντας εναλλάξ τους ελεγχόμενους ημιαγωγικούς διακόπτες T1 και T2 παράγεται μια τετραγωνική εναλλασσόμενη κυματομορφή τάσης πάνω στους ακροδέκτες του φορτίου. Η μέγιστη τιμή τάσης που εφαρμόζεται πάνω στο φορτίο είναι $V_d / 2$ και η ελάχιστη $-V_d / 2$.

Κάθε ημιαγωγικό στοιχείο επιτρέπει τη ροή ρεύματος, όταν αυτό άγει, κατά τη μία φορά, ενώ η αντιπαράλληλη διάδος επιτρέπει στο ρεύμα να ρέει κατά την αντίθετη κατεύθυνση. Η παρουσία των αντιπαράλληλων διόδων είναι απαραίτητη όταν το φορτίο είναι επαγωγικής φύσης διότι δίνουν ένα δρόμο επιστροφής του ρεύματος, άρα και της ενέργειας, από το φορτίο στη συνεχή τάση τροφοδοσίας, στην είσοδο του αντιστροφέα.



Συνδεσμολογία μονοφασικού αντιστροφέα ημιγέφυρας.

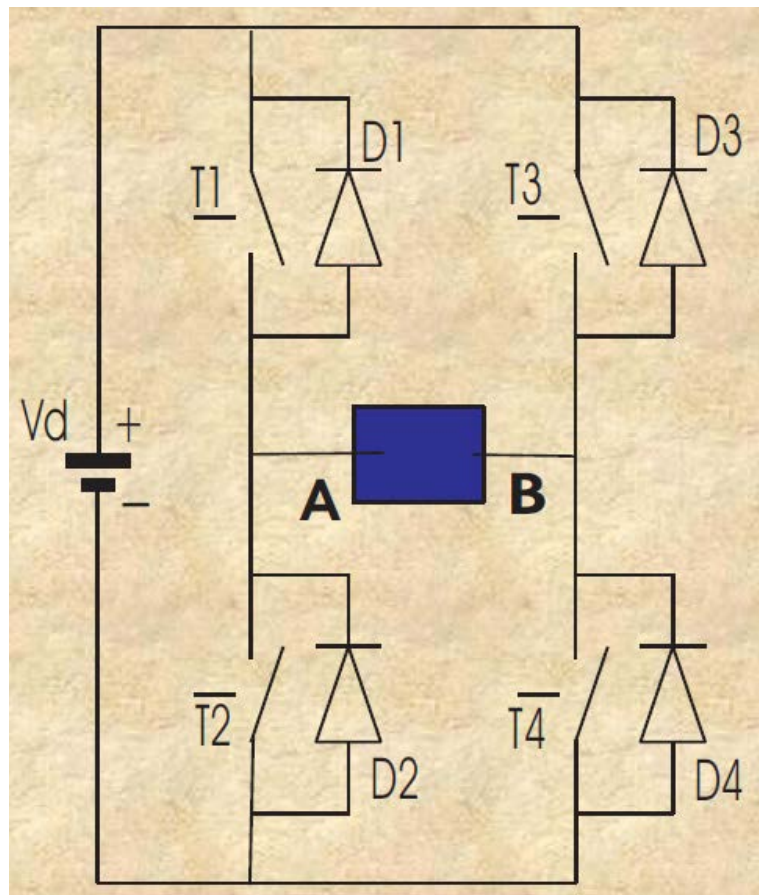
Τα μειονεκτήματα της συνδεσμολογίας μονοφασικού αντιστροφέα ημιγέφυρας είναι τα ακόλουθα:

- Απαιτούνται δύο πυκνωτές μέσης λήψης.
- Το δυναμικό της μεσαίας λήψης δεν σταθεροποιείται.
- Το πλάτος της τάσης εξόδου έχει τη μισή τιμή της τάσης εισόδου.
- Δεν είναι εφικτό να δημιουργηθούν διαστήματα μηδενικής τάσης στην κυματομορφή της τάσης εξόδου, για μη ωμικά φορτία.

6.3.1.2 ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑΣ ΠΛΗΡΟΥΣ ΓΕΦΥΡΑΣ

Αποτελείται από δύο ημιγέφυρες. Έτσι αποφεύγεται η μεσαία λήψη στη συνεχή τροφοδοσία, αλλά χρειάζονται περισσότερα ημιαγωγικά στοιχεία.

Οι ελεγχόμενοι ημιαγωγικοί διακόπτες αναβοσβήνουν σε διαγώνια ζευγάρια. Δηλαδή, όταν T1 και T4 είναι σε αγωγή, T3 και T2 είναι σε αποκοπή και το αντίθετο. Συνεπώς, πάνω στο φορτίο εμφανίζεται μία τετραγωνική τάση $+V_d$ ως $-V_d$.

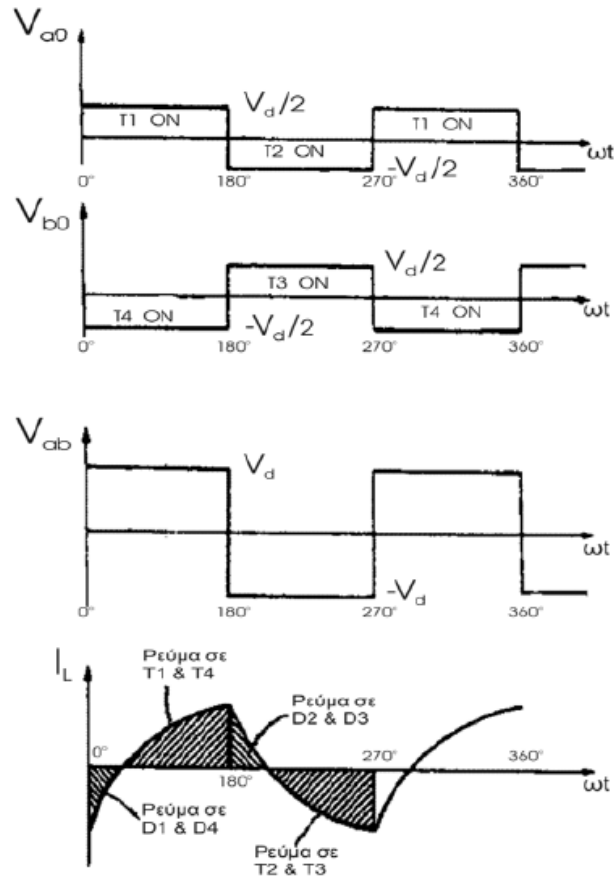


Συνδεσμολογία μονοφασικού αντιστροφέα πλήρους γέφυρας.

Στην περίπτωση φορτίου ωμικής φύσης, Το ρεύμα έχει παρόμοια μορφή με την τάση και οι αντιπαράλληλες διόδους δεν έχουν ενεργό ρόλο στη λειτουργία του κυκλώματος.

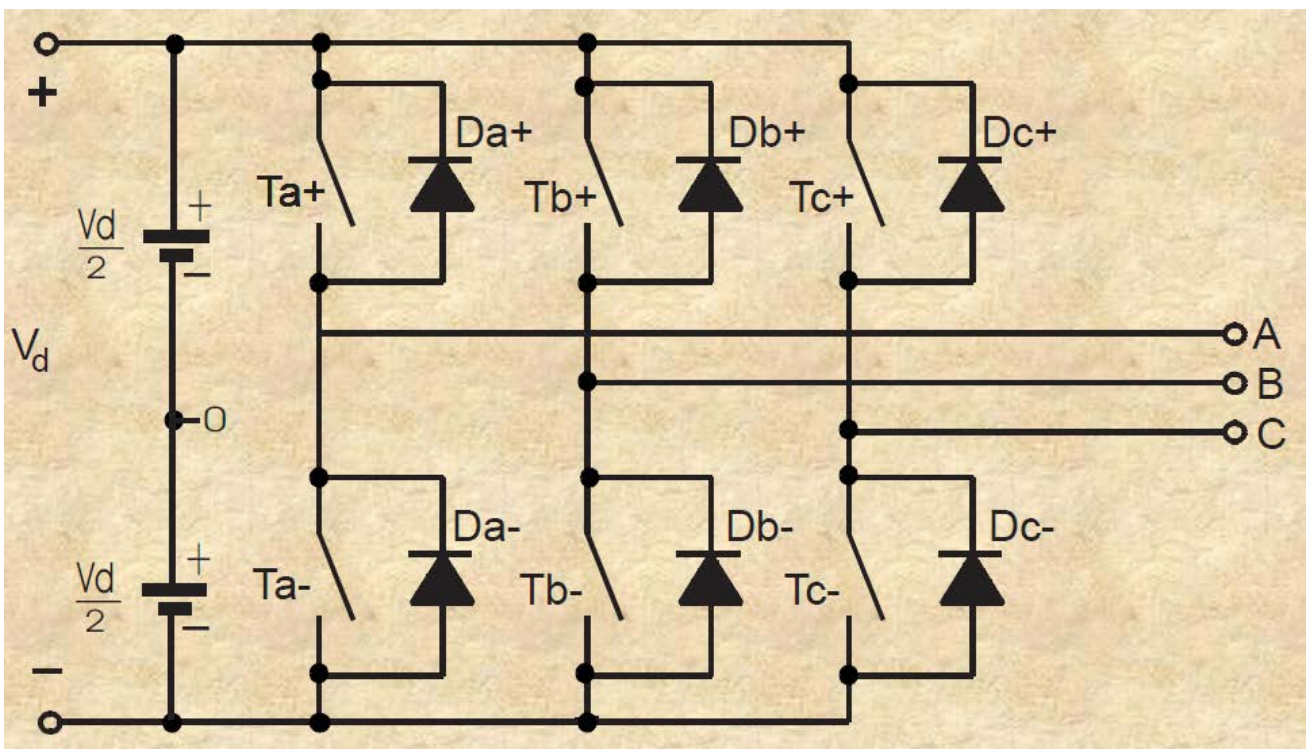
Στην περίπτωση φορτίου επαγωγικής φύσης, οι αντιπαράλληλες διόδους έχουν ενεργό ρόλο. Έστω ότι άγουν τα ημιαγωγικά στοιχεία T1 και T4. Όταν τα στοιχεία αυτά σβήσουν και έρθουν σε αγωγή τα T3 και T2, η πολικότητα της τάσης πάνω στο φορτίο θ' αλλάξει. Το ρεύμα όμως θα συνεχίσει να ρέει με την ίδια φορά, λόγω της καθυστέρησης που εισάγει το επαγωγικό φορτίο. Για το διάστημα μέχρι το μηδενισμό του ρεύματος αυτό θα ρέει μέσω των διόδων D3 και D2, επιστρέφοντας ενέργεια στην πηγή τροφοδοσίας.

Θεωρώντας ως "ο" ένα νοητό σημείο στην πηγή με δυναμικό $V_d / 2$ και ελέγχοντας τον μονοφασικό αντιστροφέα πλήρους γέφυρας, με τετραγωνικούς παλμούς σε ένα ωμικοεπαγωγικό φορτίο, θα πάρουμε την ακόλουθη κυματομορφή:



Κυματομορφή τάσης και ρεύματος μονοφασικού αντιστροφέα πλήρους γέφυρας για ωμικοεπαγωγικό φορτίο.

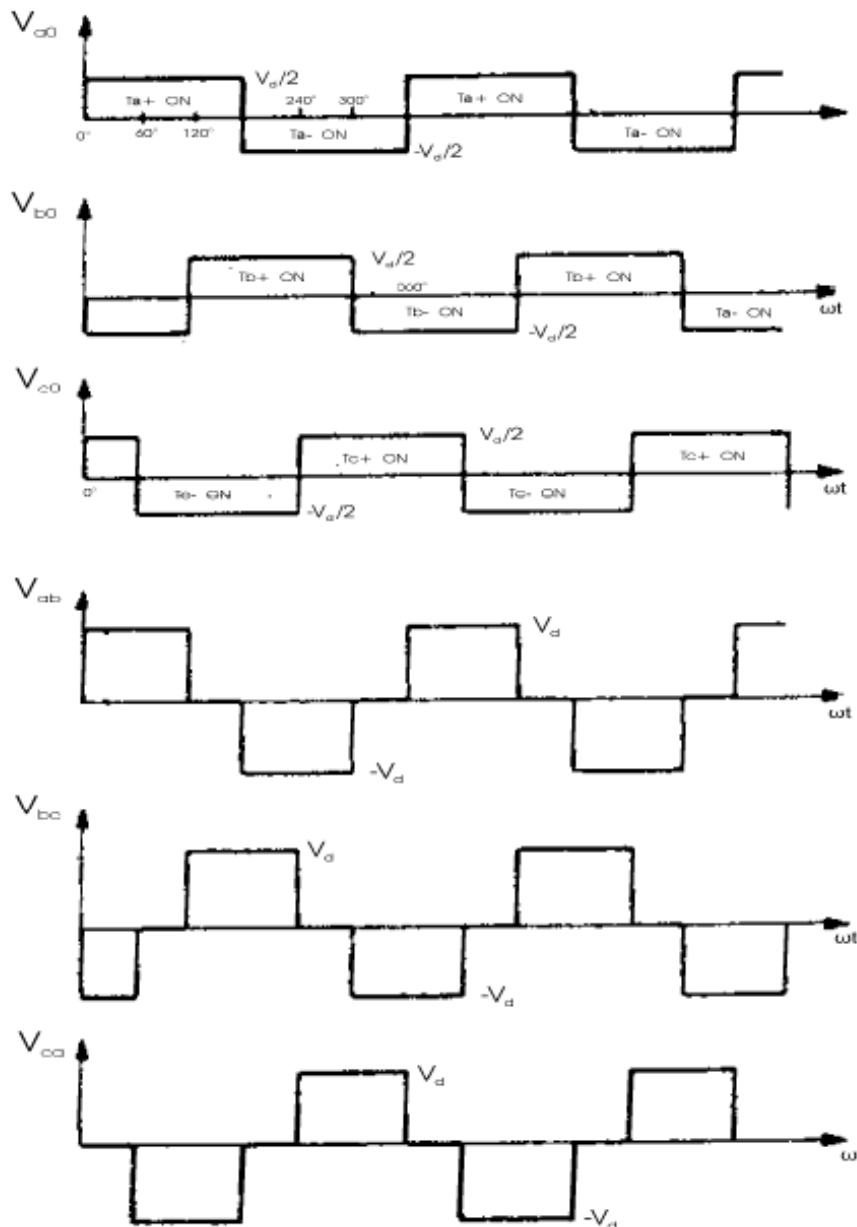
6.3.2 ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑΣ



Τριφασικός αντιστροφέας.

Η λειτουργία του τριφασικού αντιστροφέα, είναι ανάλογη με αυτή του μονοφασικού αντιστροφέα. Κάθε ημιαγωγικό στοιχείο βρίσκεται είτε σε αγωγή είτε σε αποκοπή για 180° . Κάθε ακροδέκτης εξόδου (A, B, και C) συνδέεται εναλλάξ για κάθε ημιπερίοδο στο θετικό ή στον αρνητικό πόλο της πηγής τροφοδοσίας συνεχούς τάσης. Η τριφασική έξοδος επιτυγχάνεται προκαλώντας μια καθυστέρηση φάσεως 120° μεταξύ των παλμών έναυσης του κάθε κλάδου της γέφυρας.

Παρακάτω βλέπουμε τις κυματομορφές τάσης ενός τριφασικού αντιστροφέα ελεγχόμενου από τετραγωνικούς παλμούς:



Κυματομορφές τάσης τριφασικού αντιστροφέα.

Με τον έλεγχο με τετραγωνικούς παλμούς δεν είναι δυνατό να μεταβληθεί η βασική αρμονική της τάσης εξόδου του αντιστροφέα, αλλά μόνο η συχνότητα. Το πρόβλημα όμως αυτό μπορεί να λυθεί με τη μεταβολή της τάσης εισόδου, με τη βοήθεια ενός δεύτερου μετατροπέα.

6.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΩΝ ΤΑΣΗΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PWM

Ένα βασικό πρόβλημα που εμφανίζουν οι αντιστροφείς τάσης, είναι η ατελής εκμετάλλευση της τάσης εισόδου, φαινόμενο που παρουσιάζεται τόσο στους μονοφασικούς όσο και στους τριφασικούς μετατροπείς.

Ο έλεγχος της βασικής αρμονικής της τάσης εξόδου του αντιστροφέα, μπορεί να επιτευχθεί με τη μεταβολή του εύρους των παλμών, μεταβάλλοντας δηλαδή τα χρονικά διαστήματα κατά τα οποία τα ημιαγωγικά στοιχεία ισχύος του αντιστροφέα άγουν ή όχι. Η τεχνική αυτή, με την οποία επιτυγχάνεται ο έλεγχος της βασικής αρμονικής της τάσης εξόδου του αντιστροφέα, μέσω της αυξομείωσης του εύρους των παλμών της τάσης εξόδου, ονομάζεται Διαμόρφωση Εύρους Παλμών (Pulse Width Modulation - PWM).

6.4.1 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΕΥΡΟΥΣ ΠΑΛΜΩΝ ΜΕ ΗΜΙΤΟΝΟΕΙΔΗ ΤΡΟΠΟ - SPWM

Η βασική αρχή είναι η μεταβολή του εύρους των παλμών με ημιτονοειδή τρόπο (Sinusoidal Pulse Width Modulation - SPWM). Με τη μέθοδο αυτή δημιουργούμε δύο κυματομορφές: την κυματομορφή αναφοράς (ημιτονοειδής κυματομορφή) και την κυματομορφή φορέα (τριγωνική κυματομορφή). Οι δύο παραπάνω κυματομορφές συγκρίνονται μεταξύ τους. Το αποτέλεσμα της σύγκρισης είναι μια λογική στάθμη 0, όταν το τρίγωνο είναι μεγαλύτερο του ημιτόνου και μια λογική στάθμη 1, όταν συμβαίνει το αντίθετο.

Οι δύο βασικές σχέσεις που ισχύουν είναι:

$$M_A = \frac{A_{\sin}}{A_{\text{tri}}} \quad , \quad M_F = \frac{F_{\text{tri}}}{F_{\sin}}$$

όπου:

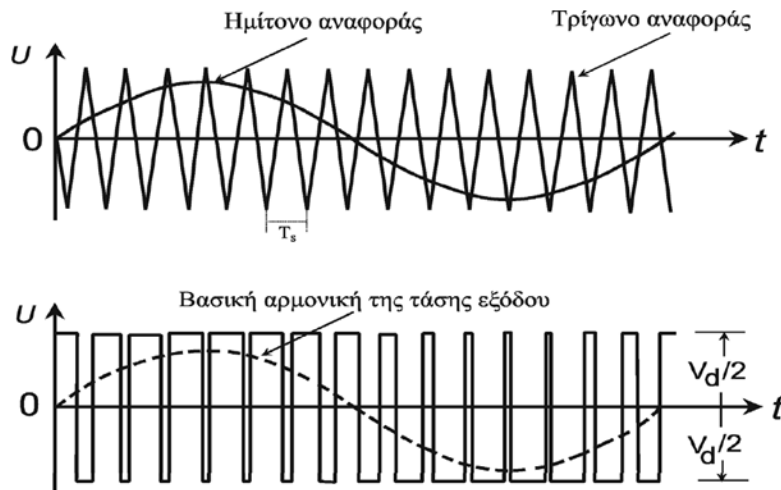
- A_{\sin} = Το πλάτος της κυματομορφής αναφοράς.
- A_{tri} = Το πλάτος της κυματομορφής φορέα.
- F_{\sin} = Η συχνότητα της κυματομορφής αναφοράς.
- F_{tri} = Η συχνότητα της κυματομορφής φορέα.
- M_A = Ο συντελεστής διαμόρφωσης πλάτους.
- M_F = Ο συντελεστής διαμόρφωσης συχνότητας.

Αυξομειώνοντας το συντελεστή διαμόρφωσης πλάτους M_A (από 0 έως 1) μεταβάλλεται το εύρος των παλμών της κυματομορφής που προκύπτει από τη σύγκριση.

Υπάρχουν δύο είδη ημιτονοειδούς PWM: η ασύγχρονη και η σύγχρονη. Στην ασύγχρονη PWM, επιλέγεται αρχικά μια συχνότητα φορέα (συχνότητα τριγώνου) και παραμένει σταθερή, καθώς η συχνότητα της κυματομορφής αναφοράς (συχνότητα ημιτόνου) μεταβάλλεται. Στη σύγχρονη PWM επιλέγεται αρχικά ένας λόγος διαμόρφωσης συχνότητας (M_F), ο οποίος διατηρείται σταθερός καθώς η συχνότητα αναφοράς μεταβάλλεται. Αυτό ουσιαστικά σημαίνει πως η συχνότητα του φορέα πρέπει να μεταβάλλεται μαζί με τη συχνότητα της κυματομορφής αναφοράς. Η μέθοδος της σύγχρονης SPWM είναι χρήσιμη, διότι αποκλείει την εμφάνιση υποαρμονικών (αρμονικές σε συχνότητες κάτω από τη συχνότητα της βασικής). Ωστόσο η χρησιμοποίησή της έχει νόημα, μόνο όταν η συχνότητα

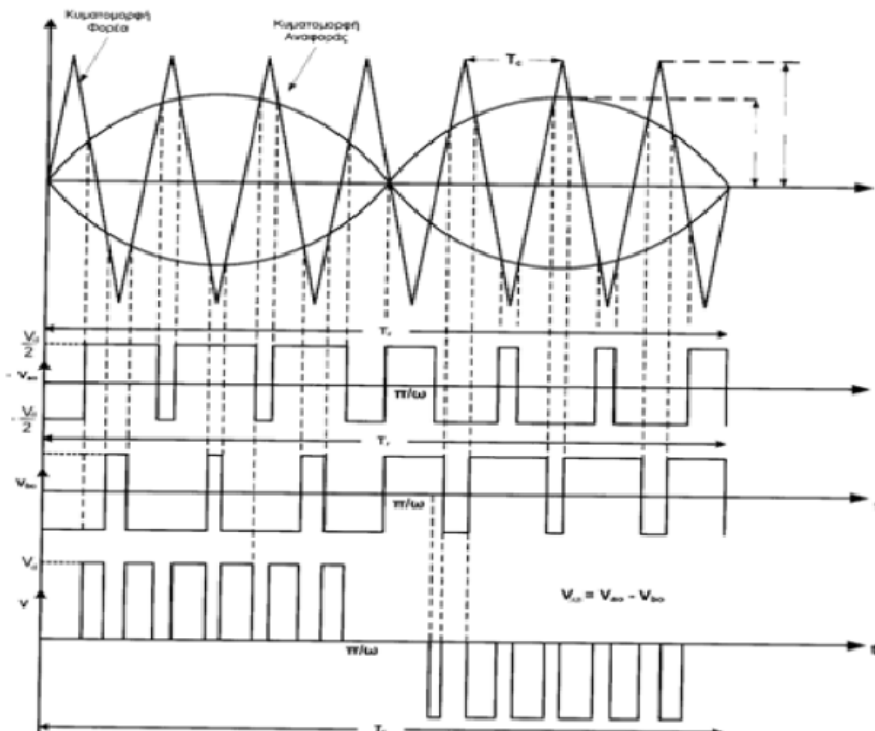
του φορέα είναι μικρή (κάτω του 1KHz). Αντίθετα όταν η F_{tri} είναι αρκετά υψηλή (ή για την ακρίβεια όταν $F_{tri} \gg F_{sin}$) τότε δεν προκύπτει πρόβλημα υποαρμονικών αφού το πλάτος των υψηλών αρμονικών που πλησιάζουν τη βασική είναι τόσο μικρό που πρακτικά θεωρείται μηδενικό.

Στην περίπτωση μονοφασικών αντιστροφέων, κάνοντας χρήση της SPWM, με διπολική τάση εξόδου, η διακοπτική συχνότητα της κυματομορφής SPWM είναι ίση με F_{tri} . Κάνοντας ανάλυση Fourier στην κυματομορφή που προκύπτει από την σύγκριση τριγώνου-ημιτόνου, διαπιστώνουμε ότι η βασική της αρμονική έχει συχνότητα F_{sin} (τη συχνότητα κυματομορφής αναφοράς) και πλάτος ανάλογο του M_A (του συντελεστή διαμόρφωσης πλάτους).



Κυματομορφή τάσης εξόδου μονοφασικού αντιστροφέα με χρήση SPWM με διπολική τάση εξόδου.

Στην περίπτωση μονοφασικών αντιστροφέων, κάνοντας χρήση της SPWM, με μονοπολική τάση εξόδου, το πλεονέκτημα ο διπλασιασμός της συχνότητας στην οποία εμφανίζονται οι ανώτερες αρμονικές σε σχέση με την φέρουσα συχνότητα.

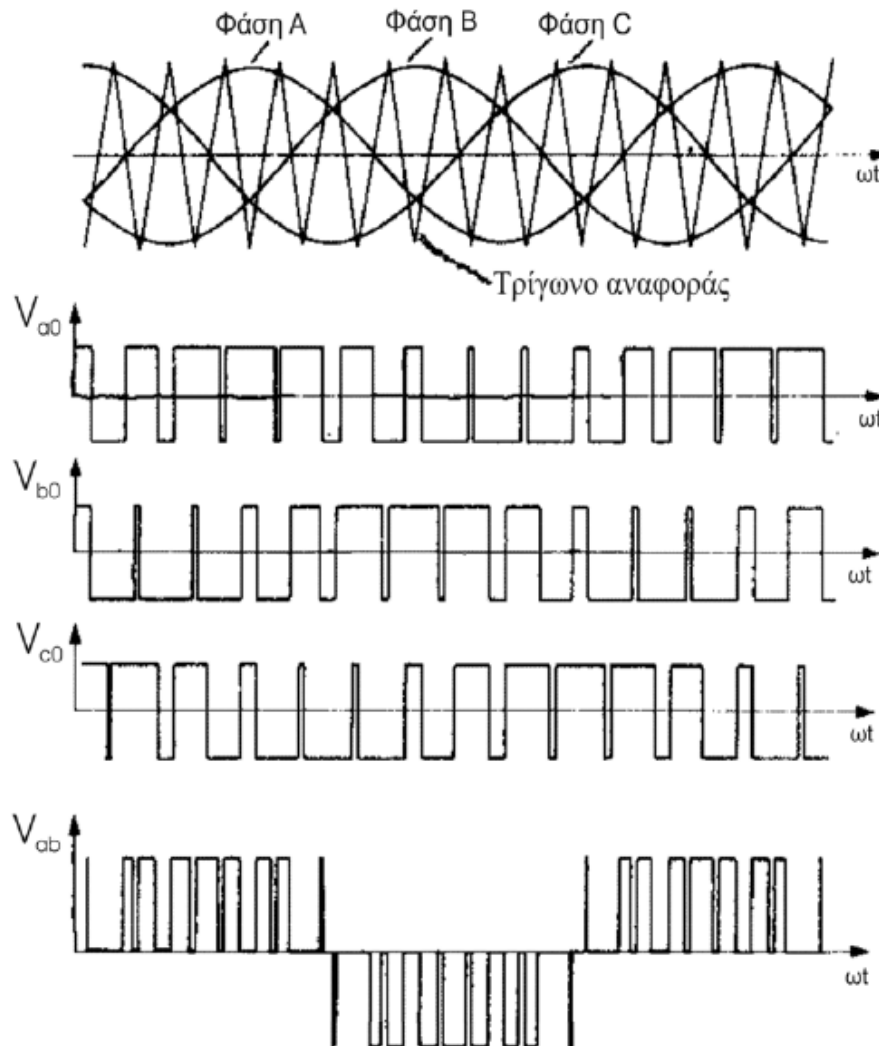


Κυματομορφή τάσης εξόδου μονοφασικού αντιστροφέα με χρήση SPWM με μονοπολική τάση εξόδου.

Στην περίπτωση τριφασικών αντιστροφέων, κάνοντας χρήση της SPWM, η βασική αρχή είναι η δημιουργία τριών ημίτονων αναφοράς (ένα για κάθε φάση), με διαφορά φάσης 120° μεταξύ τους, τα οποία συγκρίνουμε με την ίδια τριγωνική κυματομορφή.

Όπως προκύπτει από την ανάλυση Fourier, η ενεργός τιμή της βασικής αρμονικής της πολικής τάσης, συναρτήσει της συνεχούς τάσης τροφοδοσίας είναι:

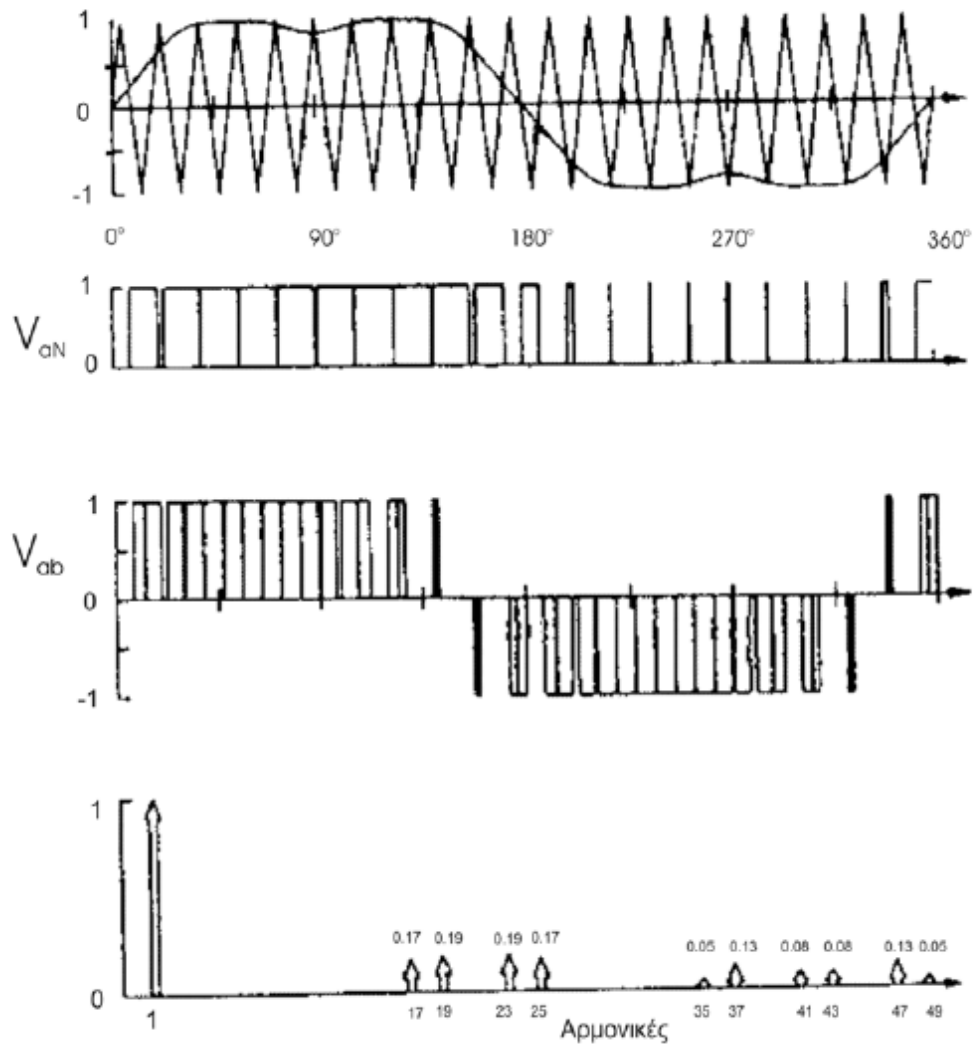
$$V_{o,ll,rms} = 0,61 \cdot V_{dc} \cdot M_A$$



Κυματομορφή τάσης εξόδου τριφασικού αντιστροφέα με χρήση SPWM.

6.4.2 ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΧΥΣΗΣ ΑΡΜΟΝΙΚΩΝ - HIPWM

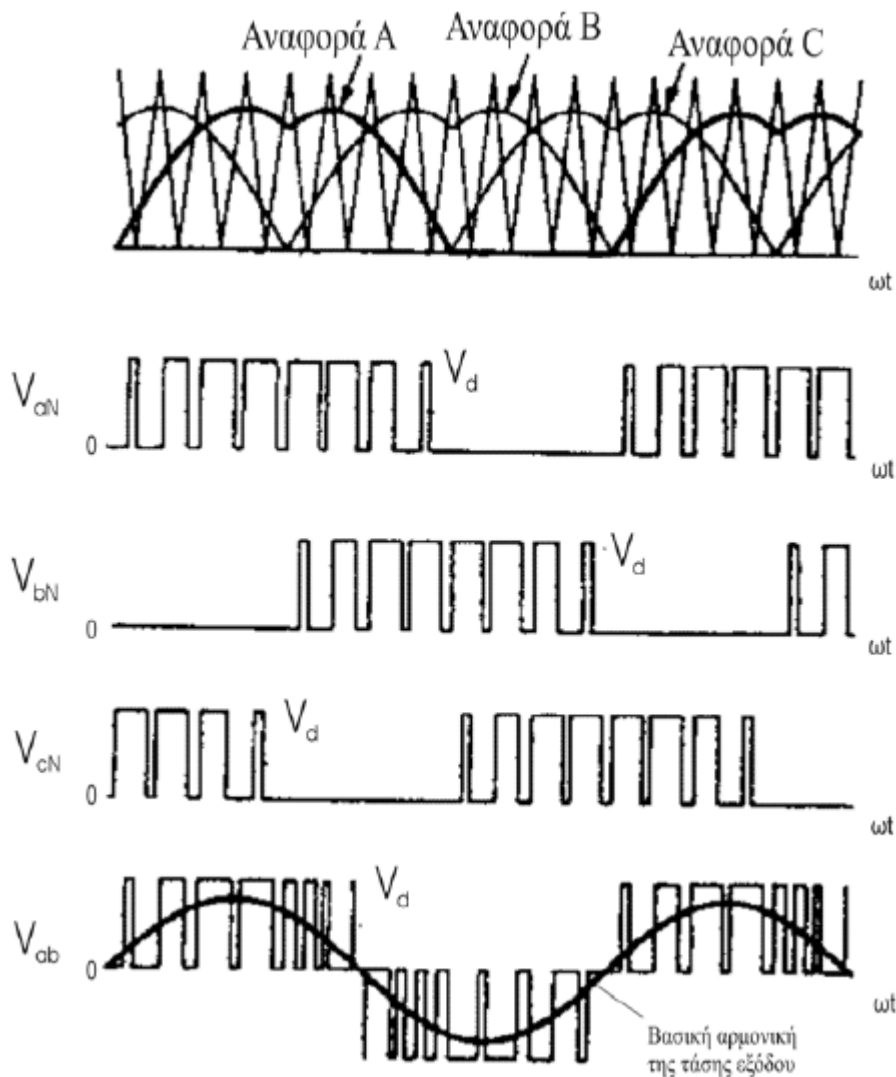
Η τεχνική έγχυσης αρμονικών (Harmonic Injection PWM Technique - HIPWM) προκύπτει από την κλασική SPWM, εισάγοντας στην κυματομορφή αναφοράς αρμονικές, των οποίων οι συχνότητες είναι τριπλά πολλαπλάσια της βασικής αρμονικής. Το αποτέλεσμα είναι μια ημιτονοειδής κυματομορφή με σχεδόν επίπεδη κορυφή, η οποία όταν εφαρμοστεί, επιτρέπει υπερδιαμόρφωση (σε σχέση με την κλασική μέθοδο) και βελτιώνει το αρμονικό περιεχόμενο της πολικής τάσης. Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής, είναι τόσο η αύξηση του πλάτους της βασικής αρμονικής της πολικής τάσης όσο και η μείωση του πλάτους των ανώτερων αρμονικών.



Κυματομορφή τάσης εξόδου με χρήση HIPWM.

6.4.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΟΡΘΩΜΕΝΩΝ ΗΜΙΤΟΝΩΝ

Στην κυματομορφή αναφοράς για ένα τριφασικό αντιστροφέα μπορούν να προστεθούν 3n-πλάσιες αρμονικές στη κλασική τριφασική ημιτονοειδή κυματομορφή. Οι πολικές τάσεις του αντιστροφέα γίνονται ημιτονοειδείς PWM κυματομορφές, το πλάτος της βασικής αρμονικής αυξάνεται κατά 15% σε σχέση με την κλασική μέθοδο και ο αριθμός των μεταβάσεων του αντιστροφέα (ένανση - σβέση) μειώνεται κατά 2/3 σε σχέση με την SPWM. Άρα η πηγή τροφοδοσίας χρησιμοποιείται αποτελεσματικότερα και μειώνονται δραστικά οι διακοπτικές απώλειες, γεγονός που συνεπάγεται τη μείωση της θερμότητας των ημιαγωγικών στοιχείων.



Κυματομορφή τάσης εξόδου με τη μέθοδο ανορθωμένων ημιτόνων.

6.4.4 ΑΛΛΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ - ΜΕΘΟΔΟΣ PATEL ΚΑΙ HOFT ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ SPACE VECTOR

Με τη μέθοδο Patel και Hoft, μπορούν να απαλειφθούν από το φάσμα συχνοτήτων της τάσης εξόδου επιλεγμένες αρμονικές, προϋπολογίζοντας τις χρονικές στιγμές των μεταβάσεων. Η εφαρμογή της μεθόδου αυτής απαιτεί τη χρήση μικροεπεξεργαστή.

Για την εφαρμογή της τεχνικής Space Vector ορίζονται οι οκτώ επιτρεπόμενες καταστάσεις των διακοπών του αντιστροφέα. Η βάση της τεχνικής αυτής είναι ότι κάθε τριφασικό σύστημα μεταβλητών με μηδενικό άθροισμα, παριστάνεται στο μιγαδικό επίπεδο με ένα άνυσμα το οποίο περιστρέφεται. Με την τεχνική Space Vector προσεγγίζεται το επιθυμητό άνυσμα αναφοράς, που αντιπροσωπεύει τη βασική συνιστώσα των τάσεων εξόδου του αντιστροφέα, χρησιμοποιώντας τις οκτώ καταστάσεις, που προαναφέρθηκαν. Και η εφαρμογή της μεθόδου αυτής απαιτεί τη χρήση μικροεπεξεργαστή.

6.5 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΝΗΣΙΔΑΣ

Με τον όρο «φαινόμενο νησίδας» ορίζεται μια μη επιθυμητή κατάσταση κατά την οποία ένα τμήμα του ηλεκτρικού δικτύου, όπου εμπεριέχονται τόσο ηλεκτρικά φορτία όσο και διεσπαρμένες μονάδες παραγωγής, παραμένει ηλεκτροδοτημένο λόγω των παραπάνω μονάδων, παρότι το υπόλοιπο ηλεκτρικό δίκτυο είναι ανενεργό. Αιτίες εμφάνισης του φαινομένου αυτού είναι η ηθελμημένη αποσύνδεση ενός μέρους του δικτύου από τα μέσα προστασίας λόγω ανίχνευσης κάποιου σφάλματος, η προγραμματισμένη διακοπή του δικτύου για την συντήρηση του, η διακοπή της ηλεκτροδότησης λόγω εξωγενών περιβαλλοντικών αιτιών, η πιθανή αστοχία ενός μέρους του εξοπλισμού του Σ.Η.Ε. αλλά και το ανθρώπινο λάθος.



Η ανίχνευση του «φαινομένου της νησίδας», αποτελεί ένα από τα βασικά κριτήρια που πρέπει να ικανοποιούνται προκειμένου να επιτραπεί η σύνδεση ενός οικιακού φωτοβολταϊκού συστήματος στο Ελληνικό Σ.Η.Ε., όπως και των άλλων διεσπαρμένων πηγών ενέργειας. Οι λόγοι που επιβάλλουν την ανίχνευση αυτών των καταστάσεων εμπίπτουν στη διασφάλιση υψηλής ποιότητας παρεχόμενης ενέργειας στους καταναλωτές και κυρίως στην ασφάλεια εγκαταστάσεων και προσώπων.

Σε περιπτώσεις προγραμματισμένης συντήρησης, ενώ οι Διαχειριστές θέτουν ηθελμημένα εκτός λειτουργίας τμήματα του ηλεκτρικού συστήματος για να τελεστούν εργασίες συντήρησης, η ενδεχόμενη ηλεκτροδότηση αυτού του τμήματος από διεσπαρμένες πηγές ενέργειας (λόγω αδυναμίας ανίχνευσης της διακοπής), θέτει σε θανάσιμο κίνδυνο το προσωπικό που διενεργεί τις απαραίτητες εργασίες αφού δουλεύει υπό τάση εν αγνοία του. Επιπλέον, αν οι προστασίες ενός δικτύου ανοίξουν τους διακόπτες προστασίας μιας γραμμής (λόγω ανίχνευσης τυχαίων σφαλμάτων, πιθανής βλάβης του εξοπλισμού, εξωγενών περιβαλλοντικών αιτιών, ανθρώπινων λαθών χειρισμού κλπ), και δεν καταστεί εφικτό από τις διεσπαρμένες πηγές να εντοπίσουν τη διακοπή της ηλεκτροδότησης, θα συνεχίσουν να τροφοδοτούν τα φορτία που είναι συνδεδεμένα στην ίδια γραμμή με αυτές. Το γεγονός αυτό μπορεί να επιφέρει δύο πολύ σημαντικά προβλήματα:

- Κατά το χρονικό διάστημα της διακοπής, στο κομμάτι της γραμμής που τέθηκε εκτός λειτουργίας δεν υφίσταται κάποιος κεντρικός έλεγχος της συχνότητας και της τάσης, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει σοβαρές ζημιές στους υπόλοιπους συνδεδεμένους χρήστες σε περίπτωση που οι διεσπαρμένες πηγές ενέργειας δεν μπορέσουν να τροφοδοτήσουν τα φορτία με τα απαραίτητα ποσά ενεργού και άεργου ισχύος.
- Στην περίπτωση που οι διεσπαρμένες μονάδες παραγωγής μπορέσουν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις των φορτίων, όταν οι διακόπτες των συστημάτων προστασίας επανασυνδέσουν τη γραμμή στο κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο ενδέχεται να υπάρξουν σημαντικές διαφορές μεταξύ της τάσης στους ακροδέκτες των διεσπαρμένων πηγών και αυτής του υπολοίπου Σ.Η.Ε. (διαφορά φάσης και πλάτους, απώλεια συγχρονισμού με το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο). Οι διαφορές αυτές είναι δυνατό να έχουν καταστροφικές συνέπειες τόσο για την ίδια την εγκατάσταση όσο στους υπόλοιπους συνδεδεμένους καταναλωτές.

Για τους παραπάνω λόγους υπάρχει η απαίτηση το φαινόμενο να εντοπίζεται και να παύεται έγκαιρα. Με το ρόλο αυτό επιφορτίζονται οι σύγχρονοι αντιστροφείς ως σημείο διεπαφής του δικτύου με το φωτοβολταϊκό σύστημα. Η ΔΕΗ απαιτεί από τους διασυνδεδεμένους παραγωγούς να χρησιμοποιούν αντιστροφείς που είναι εφοδιασμένοι με τα κατάλληλα συστήματα «αντινησιδοποίησης».

Οι μονοφασικοί φωτοβολταϊκοί αντιστροφείς μπορεί και να μην παρουσιάσουν κάποιο πρόβλημα σχετικά με τη νησιδοποίηση αν αυτή προκλήθηκε από ανοικτοκύκλωμα του δικτύου λόγω ενός σφάλματος της γραμμής. Αντίθετα, οι τριφασικοί αντιστροφείς παρουσιάζουν πάντα μια διαταραχή της τάσης που συνδέεται με το σφάλμα. Η πλειοψηφία των οικιακών φωτοβολταϊκών συστημάτων συνδέεται σε μια φάση του δικτύου. Ενώ η πλειοψηφία των συσκευών που χρησιμοποιούν τα δίκτυα για εκκαθάριση σφαλμάτων είναι τριφασικές. Ο συνδυασμός μονοφασικών αντιστροφέων και τριφασικών διακοπών σφάλματος οδηγεί στην πιθανή κατάσταση όπου ένα σφάλμα μπορεί να υπάρχει σε μια γραμμή που προέρχεται από το άνοιγμα ενός διακόπτη, αλλά χωρίς να υπάρχει διαταραχή της τάσης ώστε να υπάρχει επίπτωση στο μονοφασικό αντιστροφέα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

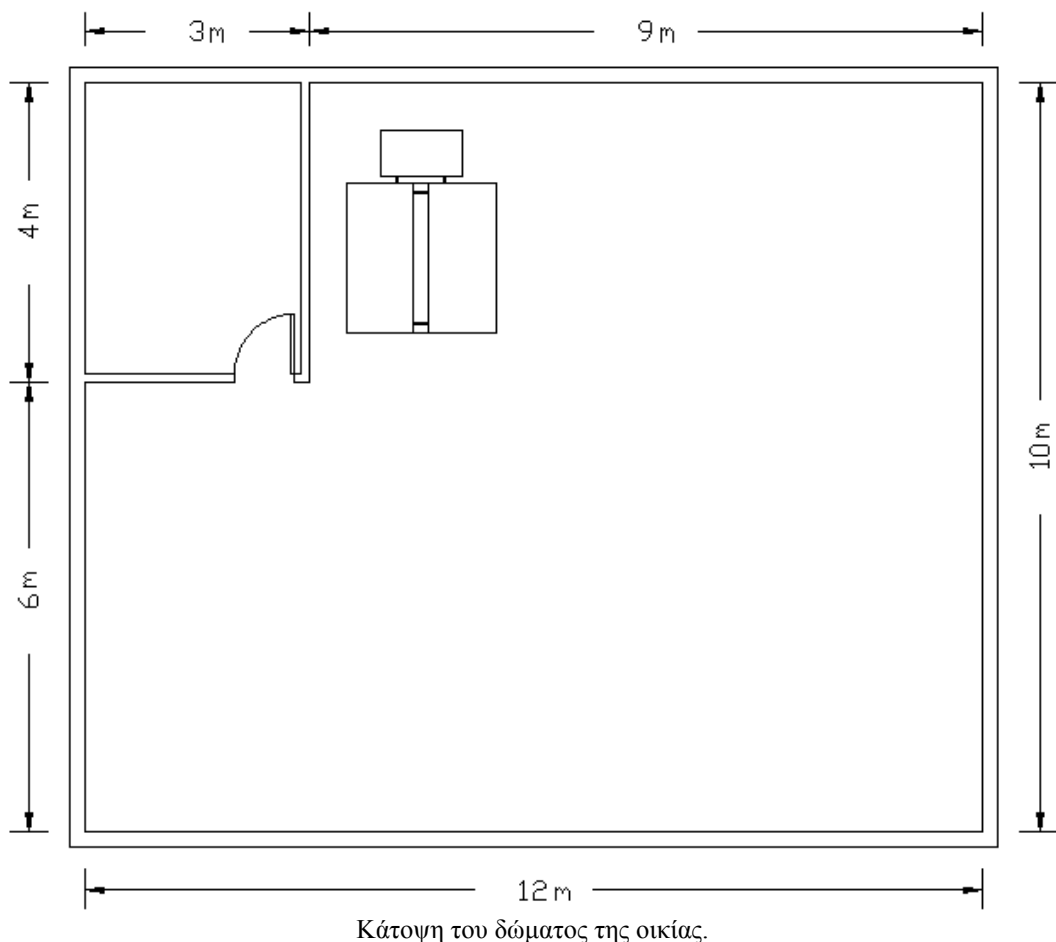
ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΟΙΚΙΑ

7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με πολλούς εμπειρογνώμονες των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ένα μικρό υβριδικό ηλεκτρικό σύστημα που συνδυάζει την αιολική και ηλιακή ενέργεια προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με μονό σύστημα. Σε πολλές περιοχές, η ταχύτητα ανέμου είναι χαμηλή το καλοκαίρι, όταν ο ήλιος λάμπει, και ισχυρότερη το χειμώνα, όταν το ηλιακό φως είναι λιγότερο διαθέσιμο. Επειδή ο χρόνος λειτουργίας αιχμής για τα αιολικά και τα ηλιακά συστήματα συμβαίνουν σε διαφορετικές ώρες της ημέρας και του έτους, τα υβριδικά αυτά συστήματα είναι πιο αποδοτικά.

Στο ακόλουθο κεφάλαιο μελετάται η εγκατάσταση υβριδικού συστήματος (συστοιχία φωτοβολταϊκών και μικρή ανεμογεννήτρια), σε ισόγεια μονοκατοικία στην περιοχή της Βούλας του νομού Αττικής. Η οικία είναι 120 m^2 , βρίσκεται στο βόρειο τμήμα της περιοχής και είναι πλακοσκεπής.

Η τοποθέτηση των ηλεκτρονικών διατάξεων, του πίνακα επιλογής και ζεύξης με την κυρίως ηλεκτρική εγκατάσταση και των συσσωρευτών, θα γίνει σε ιδιαίτερο χώρο (ηλεκτροστάσιο) στο ισόγειο της οικίας. Η οικία είναι συνδεδεμένη με το κεντρικό δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Παρακάτω βλέπουμε την κάτοψη του δώματος της οικίας.



7.2 ΔΙΑΤΑΞΗ & ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ

Για την μελέτη μας θα τοποθετηθούν Φ/Β συλλέκτες της εταιρίας Sopray, πολυκρυσταλλικού πυριτίου και ισχύος 230 Watt στα 24V. Παρακάτω βλέπουμε τον Φ/Β συλλέκτη καθώς και τον πίνακα με τα ηλεκτρικά του μεγέθη, τα οποία ισχύουν για στάνταρ συνθήκες (STC), ακτινοβολίες 1000 W/m^2 , πυκνότητα αέρα AM 1,5 και θερμοκρασία κυψελών 25° C .



Sopray SR - 230 P	
Ονομαστική ισχύς (P_{mpp})	230 Watt
Τάση στο σημείο μέγιστης ισχύος (U_{mpp})	30 Volt
Ένταση στο σημείο μέγιστης ισχύος (I_{mpp})	7,66 Ampere
Τάση ανοιχτού κυκλώματος (U_{oc})	37 Volt
Ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_{sc})	8,18 Ampere
Απόκλιση ισχύος	-0% , +3%
Διαστάσεις (μήκος, πλάτος, πάχος)	1650 x 992 x 46 mm
Βάρος	20 kg

Τεχνικά χαρακτηριστικά του Φ/Β συλλέκτη Sopray SR – 230 P.

Σύμφωνα με τα στοιχεία τα οποία φαίνονται στον παραπάνω πίνακα, ο βαθμός απόδοσης του συλλέκτη είναι:

$$n_{\sigma} = \frac{P_{mpp}}{E * F_{\pi\lambda}} = \frac{230}{1000 * 1,650 * 0,992} = 0,1405 = 14,05 \%$$

7.2.1 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ

Οι συλλέκτες θα τοποθετηθούν με μόνιμο προσανατολισμό το νότο και σύμφωνα με τη βέλτιστη ετήσια μόνιμη κλίση και με βάση τα στοιχεία του παρακάτω πίνακα:

Κλίση σε μοίρες												
Νομός Κλίση Β Συντελεστής h_1 Συντελεστής h_2		- 5°	- 4°	- 3°	- 2°	- 1°	Ετήσια Βέλτιστη Κλίση	+ 1°	+ 2°	+ 3°	+ 4°	+ 5°
	ΑΤΤΙΚΗ	B° κ	23,00	24,00	25,00	26,00	27,00	28,00	29,00	30,00	31,00	32,00
h_1		1,637	1,659	1,681	1,702	1,723	1,743	1,763	1,782	1,801	1,819	1,837
h_2		0,921	0,914	0,906	0,899	0,891	0,883	0,875	0,866	0,857	0,848	0,839

Τιμές του συντελεστή h_1 και h_2 για τον υπολογισμό της απόστασης ανάμεσα στις παράλληλες σειρές των Φ/Β πλαίσια με μόνιμο προσανατολισμό το νότο και για μόνιμη κλίση ίση με τη βέλτιστη ετήσια μόνιμη κλίση για ασκίαστα πλαίσια, στην Αττική.

Για τη βέλτιστη ετήσια κλίση και με βάση τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα έχουμε τις ακόλουθες τιμές:

$$\beta = 28^\circ$$

$$h_1 = 1,743$$

$$h_2 = 0,883$$

Για την πλήρη εκμετάλλευση της επιφάνειας του δώματος και λαμβάνοντας υπόψη μας τους κανονισμούς, τα χαρακτηριστικά των Φ/Β συλλεκτών (το μήκος $L = 1,65\text{m}$ και το πλάτος $W = 0,992\text{m}$), το πλήθος των σειρών των Φ/Β στοιχείων (v), το πλήθος των Φ/Β συλλεκτών για κάθε σειρά (K) και τις τιμές για τη βέλτιστη ετήσια κλίση, θα έχουμε τους εξής υπολογισμούς:

- Ελάχιστη περιμετρική ελεύθερη απόσταση πλάτους:

$$\Pi \geq 0,5 \text{ m}$$

- Απόσταση ανάμεσα στις σειρές:

$$x = W * h_1 = 0,992 * 1,743 = 1,729 \text{ m}$$

- Απόσταση που καταλαμβάνει η κάθε σειρά στο δώμα:

$$x' = W * h_2 = 0,992 * 0,883 = 0,876 \text{ m}$$

- Το μήκος της κάθε σειράς, με προσανατολισμό το νότο, θα είναι:

$$y_1 = K_1 * L = 6 * 1,65 = 9,9 \text{ m}$$

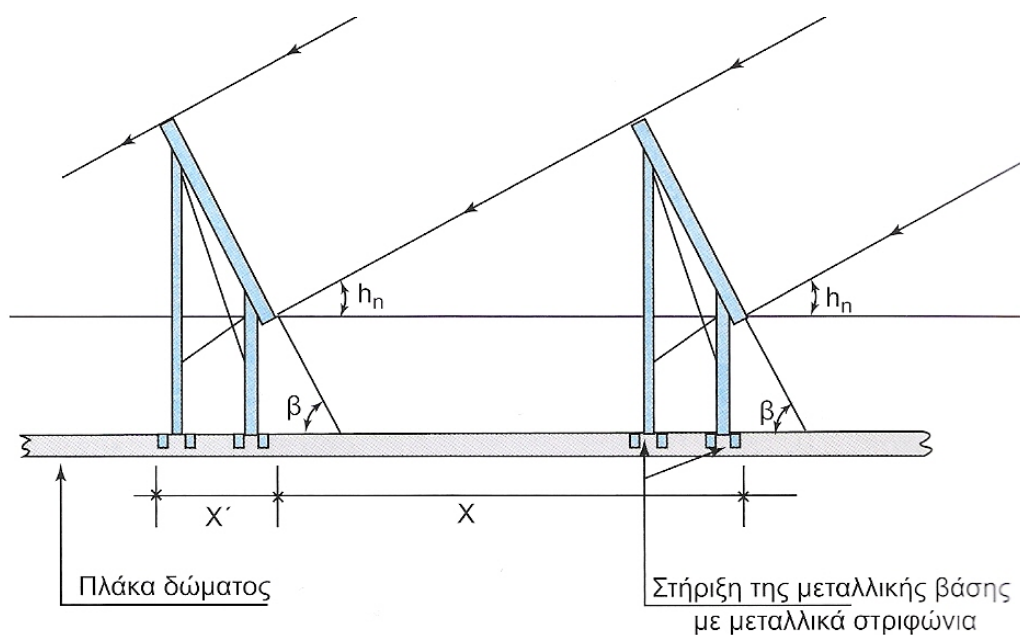
$$y_2 = K_2 * L = 3 * 1,65 = 4,95 \text{ m}$$

- Το πλάτος που καταλαμβάνουν στο δώμα οι σειρές, είναι:

$$y'_1 = [(v_1 - 1) * x + x'] = [(3 - 1) * 1,729 + 0,876] = 4,334 \text{ m}$$

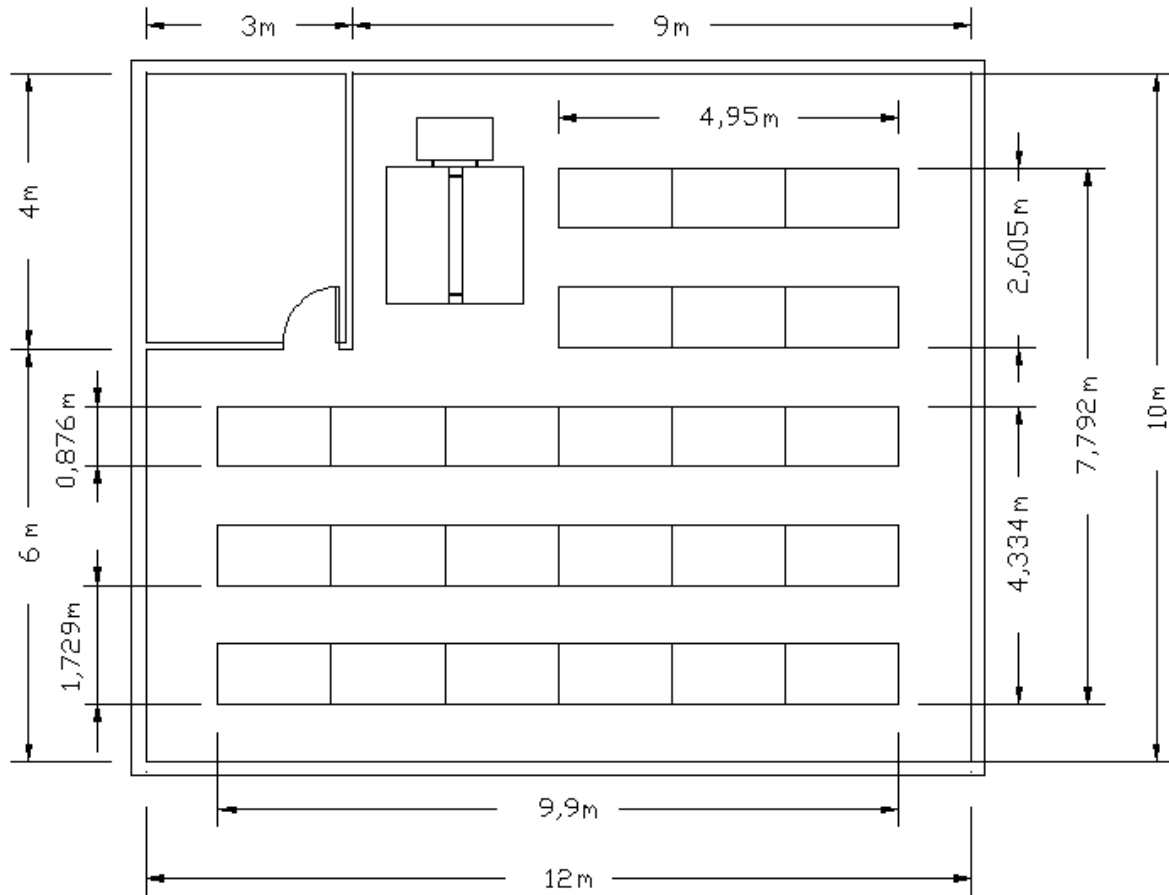
$$y'_2 = [(v_2 - 1) * x + x'] = [(2 - 1) * 1,729 + 0,876] = 2,605 \text{ m}$$

$$y'_{ολ} = [(v_{ολ} - 1) * x + x'] = [(5 - 1) * 1,729 + 0,876] = 7,792 \text{ m}$$



Πλάγια όψη στήριξης των Φ/Β συλλεκτών στο δώμα.

Παρακάτω φαίνεται η κάτοψη του δώματος της οικίας με τους Φ/Β συλλέκτες τοποθετημένους σύμφωνα με τους παραπάνω υπολογισμούς.



Κάτοψη του δώματος της οικίας με τους Φ/Β συλλέκτες.

Σύμφωνα με τη διάταξη των Φ/Β συλλεκτών στο δώμα της οικίας θα τοποθετηθούν συνολικά εικοσιτέσσερις συλλέκτες (δώδεκα παράλληλες σειρές των δύο στοιχείων συνδεδεμένα σε σειρά).

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς της Φ/Β εγκατάστασης θα είναι:

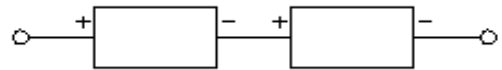
$$P_{\Phi/B} = v * P_{mpp} = 24 * 230 = 5520 \text{ W ή } 5,52 \text{ kW}$$

Η τοποθέτηση των μεταλλικών βάσεων των Φ/Β συλλεκτών, θα γίνει με μεταλλικό πλέγμα στη βάση κάθε γωνιακής διατομής και με τη χρήση τεσσάρων μεταλλικών στριφωνιών σε κάθε πλέγμα. Οι βάσεις θα αποτελούνται από διάφορα τμήματα μεταλλικής γωνιακής διατομής και θα έχουν τη δυνατότητα χειροκίνητης ρύθμισης της γωνίας β , για την δυνατότητα αλλαγής της κλίσης από ετήσια βέλτιστη (κλίση εγκατάστασης) στην εκάστοτε μηνιαία βέλτιστη.

7.2.2 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ & ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ

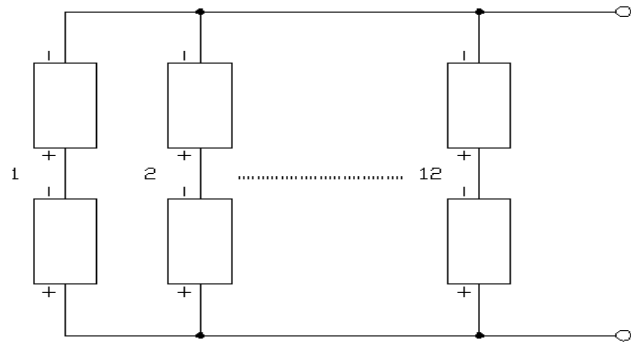
Οι συλλέκτες θα συνδεθούν ανά δυο σε σειρά, οπότε θα έχουμε δώδεκα υποομάδες των δυο στοιχείων. Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά στοιχεία της κάθε υποομάδας των Φ/Β συλλεκτών θα είναι:

- $U_{αρχ} = 2 * U_{mpp} = 2 * 30 = 60 \text{ V}$
- $I_{αρχ} = I_{mpp} = 7,66 \text{ A}$
- $P_{αρχ} = 2 * P_{mpp} = 2 * 230 = 460 \text{ W}$



Στη συνέχεια θα συνδέσουμε τις δώδεκα υποομάδες των δύο στοιχείων παράλληλα. Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης των Φ/Β συλλεκτών θα είναι:

- $U_{τελ} = U_{αρχ} = 60 \text{ V}$
- $I_{τελ} = 12 * I_{αρχ} = 12 * 7,66 = 91,92 \text{ A}$
- $P_{τελ} = 12 * P_{αρχ} = 12 * 460 = 5.520 \text{ W}$ ή $5,52 \text{ kW}$

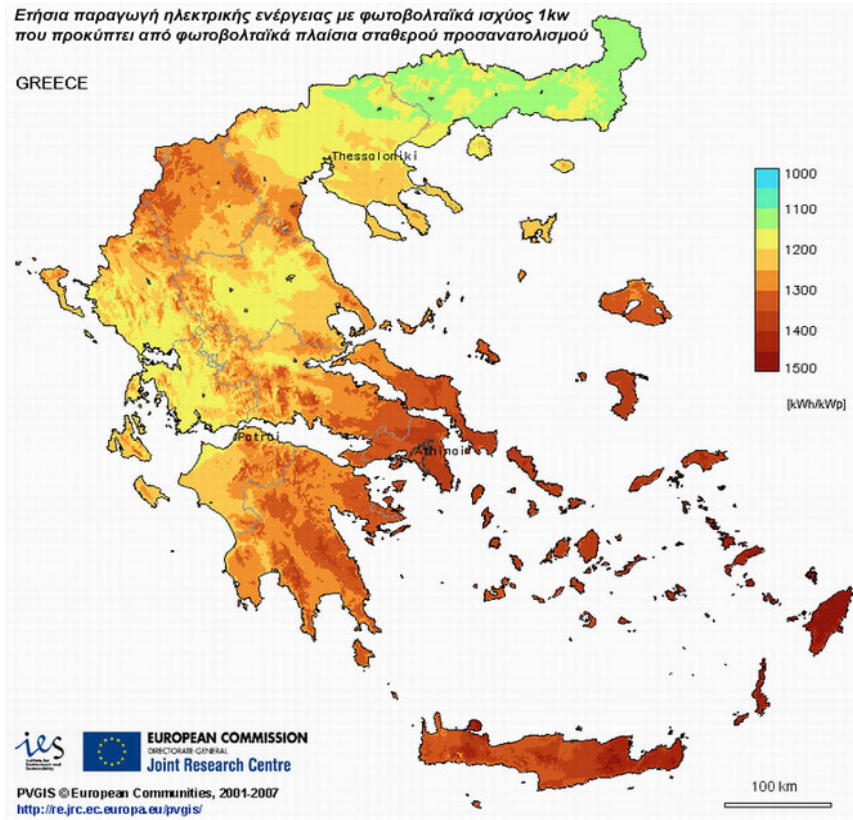


Οι γραμμές θα οδεύουν μέσα σε ηλεκτρικούς μεταλλικούς σωλήνες εξωτερικά του κτιρίου προς το ηλεκτροστάσιο, που βρίσκεται στο ισόγειο της οικίας. Οι συνδέσεις των συλλεκτών μεταξύ τους θα γίνουν σε στεγανά κουτιά με χρήση διατάξεων σύνδεσης (ειδικές κλέμενες) και στις είσοδο – έξοδο των καλωδίων θα γίνεται χρήση στεγανών στυπιοθλιπτών.

Τέλος, υπολογίζουμε την ενέργεια (kWh) που παράγει η εγκατάσταση των Φ/Β συλλεκτών για κάθε μήνα του έτους. Ο υπολογισμός αυτός θα γίνει βάση της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος λαμβάνοντας υπόψη τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής με τη βοήθεια του ηλιακού χάρτη. Η διαδικασία αυτή είναι πλέον αυτοματοποιημένη χάρη μιας μεγάλης γκάμας προγραμμάτων. Για τους δικούς μας υπολογισμούς χρησιμοποιήσαμε την εφαρμογή της εταιρίας *HELIOSYSTEMS* (<http://www.selasenergy.gr/solar-panel-production-monthly.php>). Τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα και έχουν συνυπολογιστεί σε αυτά συνολικές απώλειες 25% (καλωδίων, ανακλάσεις, θερμοκρασία κ.τ.λ.):

ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΝΑ ΜΗΝΑ	
Ιανουάριος	418,42 kWh
Φεβρουάριος	421,73 kWh
Μάρτιος	607,20 kWh
Απρίλιος	701,40 kWh
Μάιος	772,80 kWh
Ιούνιος	789,36 kWh
Ιούλιος	811,44 kWh
Αύγουστος	789,36 kWh
Σεπτέμβριος	723,12 kWh
Οκτώβριος	574,08 kWh
Νοέμβριος	395,78 kWh
Δεκέμβριος	360,46 kWh
Σύνολο:	7.364,78 kWh

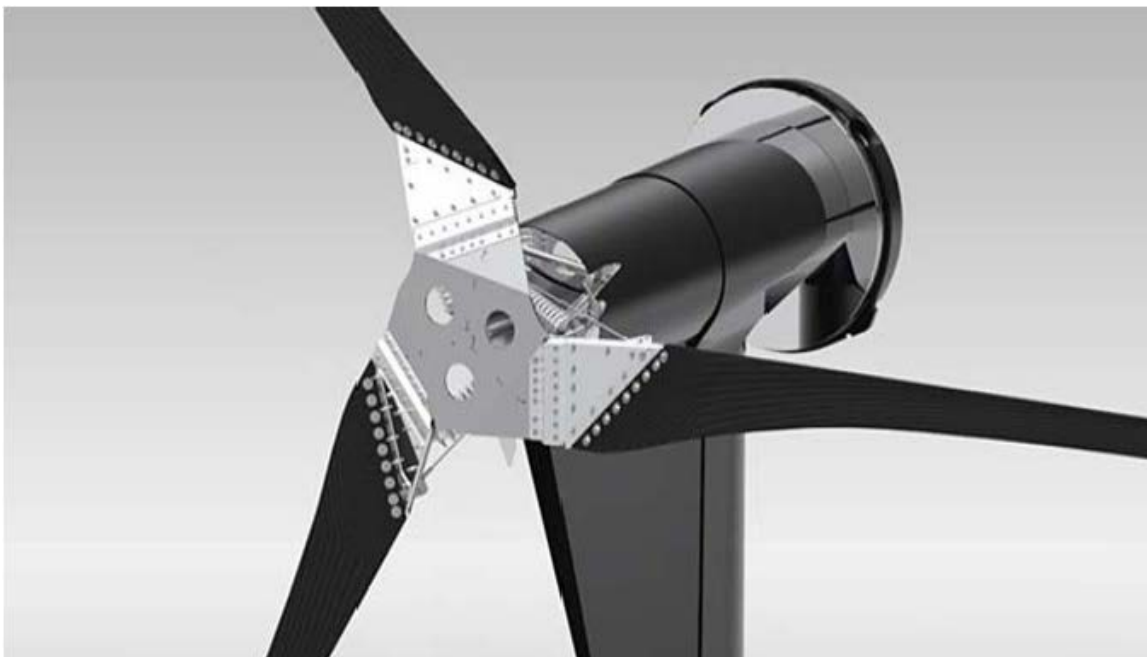
Πίνακας παραγόμενης ενέργειας Φ/Β εγκατάστασης.



Ο ηλιακός χάρτης της Ελλάδας.

7.3 ΕΓΚΑΤΑΣΤΗ & ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Για την μελέτη μας θα τοποθετηθεί Α/Γ της εταιρίας Proven, οριζοντίου άξονα και ισχύος 2500 Watt στα 48V. Παρακάτω βλέπουμε την Α/Γ καθώς και τον πίνακα με τα ηλεκτρικά της μεγέθη.

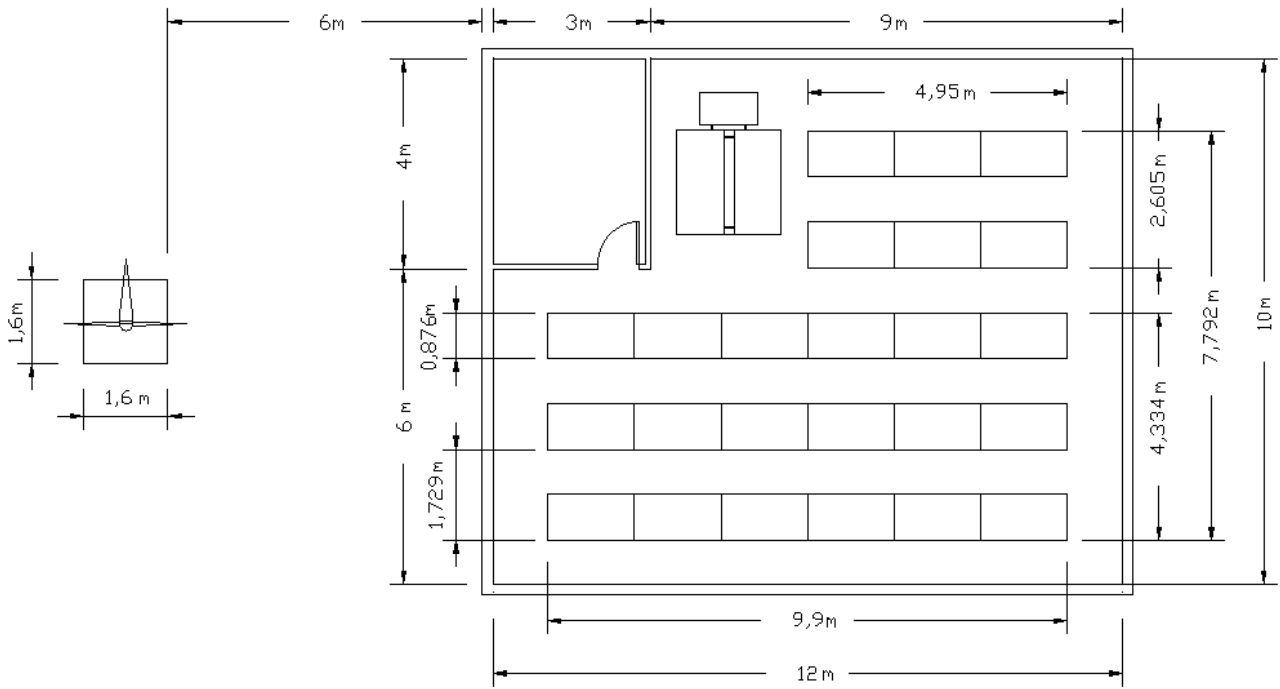


Proven 2.5 48Volt 2.500 Watt		
A	Γενικά χαρακτηριστικά	
1	Ονομαστική ισχύς	2500 W
2	Ταχύτητα εκκίνησης	2,5 m/s
3	Ονομαστική ταχύτητα	12 m/s
4	Ταχύτητα αποκοπής	—
5	Μέγιστη ταχύτητα αντοχής	70 m/s
6	Διαθέσιμες τάσεις εξόδου	24V / 48V / 120V / 240V / 300V
7	Επίπεδα θορύβου	40 dBA στα 5 m/s, 60 dBA στα 20 m/s
B	Ρότορας	
1	Αριθμός πτερυγίων	3
2	Διάμετρος πτερυγίων	3,5 m
3	Ονομαστική ταχύτητα περιστροφής	300 rpm
4	Υλικό κατασκευής πτερυγίων	Πολυπροπυλένιο
Γ	Γεννήτρια	
1	Τύπος	Σύγχρονη γεννήτρια μόνιμου μαγνήτη (PMA)
2	Τάση γεννήτριας και συχνότητα	1x230 V, 3x400 V, 50 Hz
Δ	Σύστημα ασφαλείας	
1	Έλεγχος ισχύος	Παθητικός
2	Σύστημα φρένου	Μηχανικό φρένο
Ε	Πύργος	
1	Ύψος πύργου	6,5 m
2	Τύπος	Αυτοστηριζόμενος σωλήνας
3	Υλικό πύργου	Χάλυβας
4	Διαστάσεις θεμελίων πύργου	1,6m x 1,6m x 1,0m
ΣΤ	Βάρος	
1	Άτρακτος με ρότορα	190 kg
2	Πύργος	241 kg
3	Συνολικό βάρος	431 kg

Τεχνικά χαρακτηριστικά της Α/Γ Proven 2.5 48Volt 2500Watt.

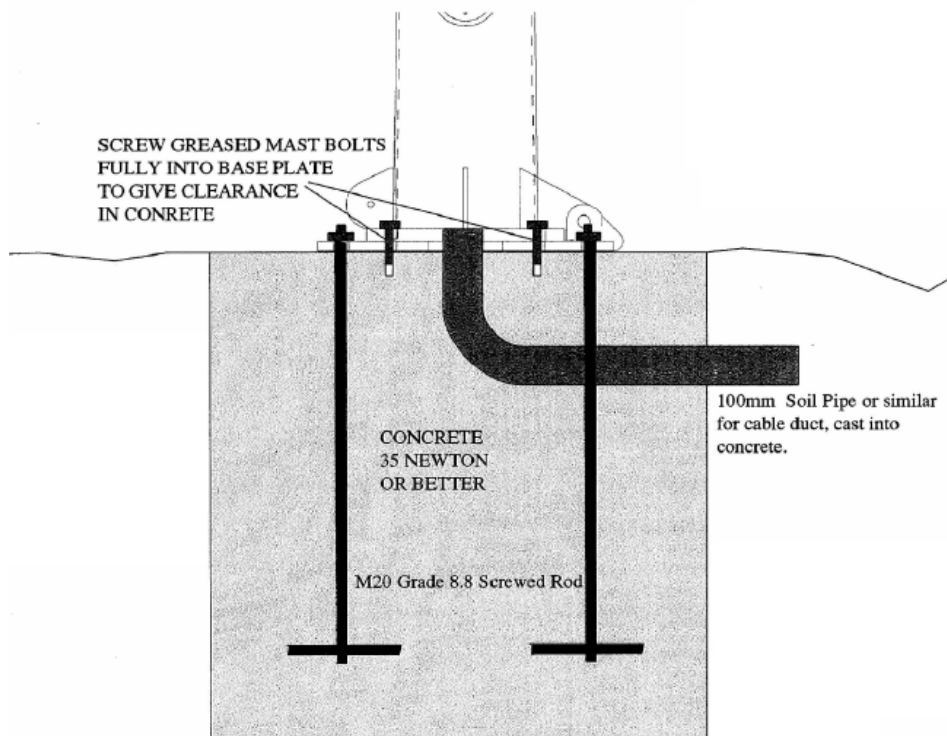
7.3.1 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Η ανεμογεννήτρια θα τοποθετηθεί δίπλα από την μονοκατοικία σε απόσταση έξι μέτρων από την οικία, στον ελεύθερο χώρο του κήπου. Παρακάτω φαίνεται η κάτοψη της οικίας με την ολοκληρωμένη εγκατάσταση του υβριδικού συστήματος.



Κάτοψη της οικίας με εγκατεστημένο το υβριδικό σύστημα των Φ/Β και την Α/Γ.

Για τη δημιουργία των θεμελίων της Α/Γ θα χρειαστεί να σκάσουμε το έδαφος σε ελάχιστο βάθος 1m και μήκος και πλάτος 1,6m. Ο χώρος αυτός θα γεμίσει με σκυρόδεμα μέσα στο οποίο θα βρίσκονται πακτωμένες οι ντίζες, πάνω στις οποίες θα βιδωθεί η χαλύβδινη βάση της Α/Γ. Τέλος θα τοποθετηθεί στο σκυρόδεμα ένας σωλήνας διαμέτρου 100mm για να περαστούν τα καλώδια της συνδεσμολογίας της Α/Γ. Η σωλήνα αυτή θα εφάπτεται στο κέντρο της βάσης και θα βγαίνει η άλλη άκρη της στα πλάγια του σκυροδέματος οδεύοντας προς το ηλεκτροστάσιο.



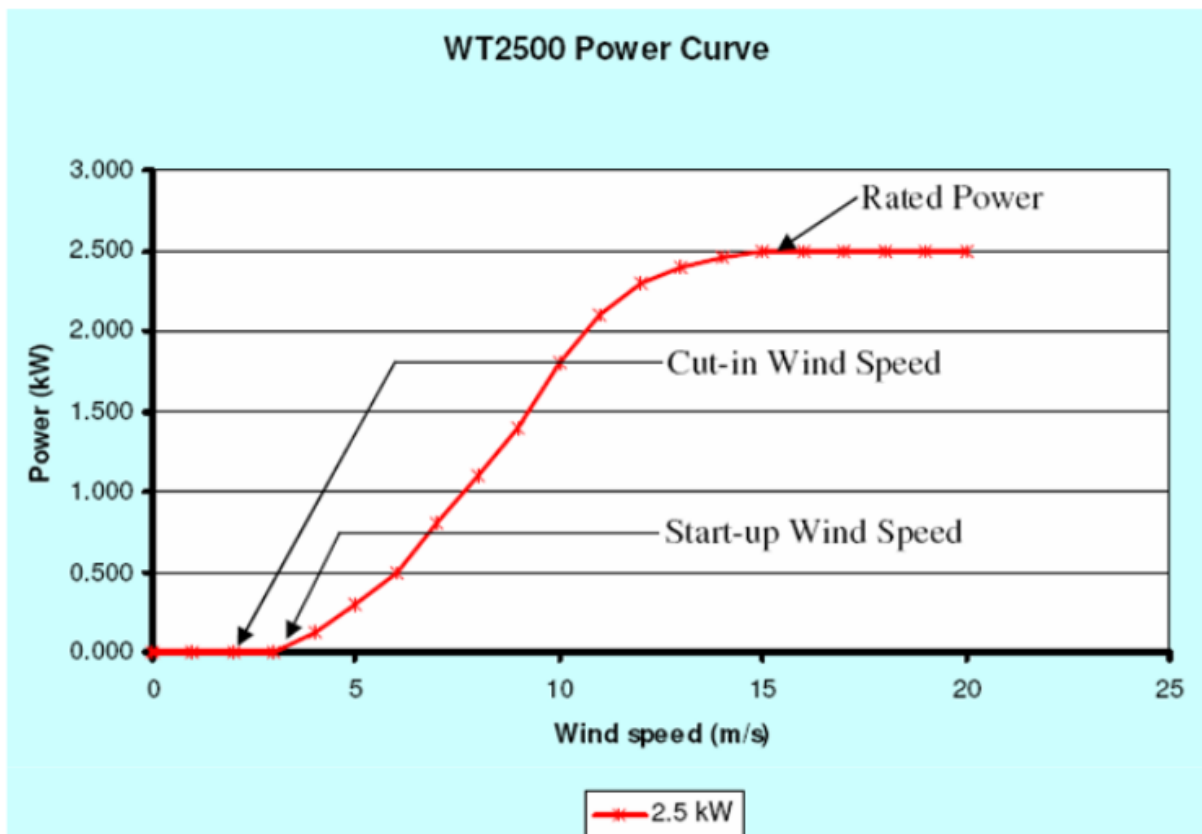
Θεμελίωση της ανεμογεννήτριας.

Πάνω στη βάση αυτή θα τοποθετηθεί ο χαλύβδινος πύργος ύψους 6,5m στον οποίο θα στηρίζεται η άτρακτος. Ο πύργος αυτός είναι αυτοστηριζόμενος, πράγμα που σημαίνει ότι δεν απαιτούνται βοηθητικές αντηρίδες στήριξης.



7.3.2 ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Όπως αναλύσαμε στο Κεφάλαιο 4 (Παράγραφος - 4.3 Λειτουργία Ανεμογεννήτριας) κάθε Α/Γ χαρακτηρίζεται από τη δικιά της καμπύλη ισχύος, η οποία μας δείχνει την ενέργεια που παράγει η Α/Γ στα διάφορα διαστήματα ταχύτητας του ανέμου. Παρακάτω βλέπουμε την χαρακτηριστική καμπύλη της Α/Γ που εμείς χρησιμοποιούμε.



Χαρακτηριστική καμπύλη ισχύος της Α/Γ Proven 2.5 48Volt 2500Watt.

Για να υπολογιστεί η ενέργεια που παράγει η Α/Γ σε ετήσια βάση πρέπει να γίνουν πρώτα κάποιες μετρήσεις στη συγκεκριμένη περιοχή. Συγκεκριμένα υπολογίζουμε την ταχύτητα του ανέμου και τη διάρκεια αυτής μέσα στο έτος. Στη συνέχεια με τη βοήθεια των ανεμολογικών δεδομένων της περιοχής και βάση της χαρακτηριστικής καμπύλης της Α/Γ

υπολογίσαμε την παραγόμενη ενέργεια της Α/Γ για τα διάφορα διαστήματα της ταχύτητας του ανέμου. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα ετήσια ανεμολογικά δεδομένα της περιοχής καθώς και η παραγόμενη ενέργεια της Α/Γ.

α/α	Διάστημα ταχύτητας ανέμου (m/s)	Αριθμός ωρών εμφάνισης του ανέμου (h)	Ισχύς (kW)	Ετήσια παραγόμενη ενέργεια (kWh)
1	0 – 1	290	0,00	0
2	1 – 2	780	0,00	0
3	2 – 3	700	0,00	0
4	3 – 4	680	0,10	68
5	4 – 5	650	0,30	195
6	5 – 6	770	0,50	385
7	6 – 7	820	0,85	697
8	7 – 8	740	1,10	814
9	8 – 9	750	1,40	1050
10	9 – 10	620	1,80	1116
11	10 – 11	530	2,13	1128,9
12	11 – 12	380	2,23	847,4
13	12 – 13	240	2,38	571,2
14	13 – 14	180	2,45	441
15	14 – 15	190	2,50	475
16	15 – 16	160	2,50	400
17	16 – 17	90	2,50	225
18	17 – 18	60	2,50	150
19	18 – 19	40	2,50	100
20	19 – 20	20	2,50	50
21	20 – 21	20	2,50	50
22	21 – 22	0	2,50	0
23	22 – 23	0	2,50	0
24	23 – 24	0	2,50	0
25	24 – 25	0	2,50	0
26	25 – 26	0	2,50	0
Σύνολο:				8.763,5

Πίνακας ετήσιας παραγόμενης ενέργειας της Α/Γ.

7.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

Το υβριδικό μας σύστημα, έχει ως σκοπό την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο. Για να εκμεταλλευτούμε όμως πλήρως τις δυνατότητες του συστήματός μας, θα χρησιμοποιήσουμε μια συστοιχία συσσωρευτών, έτσι ώστε να έχουμε τη δυνατότητα ηλεκτροδότησης των βασικών καταναλώσεων της οικίας μας (φωτισμός και ψυγείο), σε περίπτωση διακοπής ρεύματος ή βλάβης του δικτύου.

Αρχικά θα υπολογίσουμε την ενέργεια που χρειάζονται οι καταναλώσεις μας, για 6 ώρες αυτονομίας. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι καταναλώσεις της οικίας σε λειτουργία υπό κανονικές συνθήκες και σε κατάσταση αυτονομίας.

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΥΠΟ ΚΑΝΟΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ				
α/α	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΥΣΚΕΥΩΝ	ΙΣΧΥΣ	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΟ 24-ΩΡΟ
1	Ψυγείο	1	100 W	8
2	Εσωτερικός Φωτισμός	20	100 W	7
3	Εξωτερικός Φωτισμός	6	60 W	1

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΥΤΟΝΟΜΙΑΣ					
α/α	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΥΤΟΝΟΜΙΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΙΣΜΟΥ	ΤΕΛΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ
1	Ψυγείο	2	200 (Wh)	1	200 (Wh)
2	Εσωτερικός Φωτισμός	6	12000 (Wh)	0,75	9000 (Wh)
3	Εξωτερικός Φωτισμός	1	360 (Wh)	0,75	270 (Wh)
ΣΥΝΟΛΟ:					9.470 (Wh)

Επόμενο βήμα είναι η επιλογή του συσσωρευτή. Ο συσσωρευτής που θα επιλέξουμε είναι ο PVX-2580L της εταιρείας Concorde με ονομαστική τάση 12V και χωρητικότητα 236 Ah. Οι προδιαγραφές του οποίου φαίνονται παρακάτω:



Concorde PVX - 2580 L	
Μήκος	527 mm
Πλάτος	277 mm
Ύψος	247 mm
Βάρος	75 kg
Ονομαστική τάση	12 V
Χωρητικότητα C ₁₀	236 Ah

Τεχνικά χαρακτηριστικά συσσωρευτή Concorde PVX – 2580 L.

Έχοντας ως δεδομένο ότι επιλέξαμε τάση για το υβριδικό μας σύστημα 48V, θα πρέπει να συνδεθούν 4 συσσωρευτές εν σειρά, για κάθε κλάδο, αφού η ονομαστική τάση των συσσωρευτών είναι 12V. Θεωρούμε πως ο βαθμός απόδοσης είναι ίσος με $\alpha = 0,9$, και το βάθος εκφόρτισης των συσσωρευτών είναι $\beta_{εκ} = 40\%$, ώστε να επιτύχουμε αύξηση του χρόνου ζωής τους. Το σύστημα θα σχεδιαστεί έτσι ώστε σε κατάσταση αυτονομίας να παράγει ενέργεια ίση με $E_K = 9,47$ kWh. Η ονομαστική χωρητικότητα των συσσωρευτών θα είναι:

$$C_N = \frac{n * E_K}{\alpha * \beta_{εκ} * V_B} = \frac{0,4 * 9470}{0,9 * 0,4 * 48} = 219,2 \text{ Ah}$$

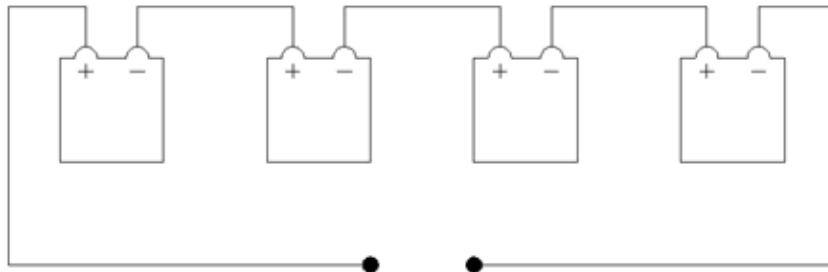
Όπου:

- E_K : ηλεκτρική κατανάλωση σε κατάσταση αυτονομίας
- β_{EK} : βαθμός εκφόρτισης συσσωρευτή
- α : βαθμός απόδοσης συσσωρευτή
- n : αριθμός ημερών αυτονομίας
- V_B : τάση κλάδου συστοιχίας συσσωρευτών

Τέλος θα υπολογίσουμε το πλήθος των κλάδων που θα χρησιμοποιήσουμε:

$$N_K = \frac{C_N}{C_{\text{συσσωρ.}}} = \frac{219,2}{236} = 0,929$$

Οπότε θα χρησιμοποιήσουμε έναν κλάδο των τεσσάρων συσσωρευτών συνδεδεμένους σε σειρά.



7.5 ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΩΝ DC-AC

Ο μετατροπέας DC-AC όπως αναφέραμε στο Κεφάλαιο 6, μετατρέπει την συνεχή τάση σε εναλλασσόμενη. Έτσι, από τους συσσωρευτές του συστήματος μπορούμε να τροφοδοτήσουμε τις οικιακές συσκευές που απαιτούν εναλλασσόμενη AC τροφοδοσία, αλλά και να πουλήσουμε ρεύμα στο δίκτυο.

7.5.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑ ΤΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑΣ

Για να καθοριστεί το είδος του μετατροπέα της Φ/Β συστοιχίας θα πρέπει να λάβουμε υπ' όψιν τα παρακάτω:

- Ονομαστική τάση: Η ονομαστική τάση του μετατροπέα πρέπει να είναι ίση με την ονομαστική τάση της Φ/Β συστοιχίας, δηλαδή 48V.
- Τάση εξόδου: Η τάση εξόδου του μετατροπέα πρέπει να είναι ίση με την τάση των φορτίων κατανάλωσης, αλλά και του δικτύου, δηλαδή 230V.
- Ονομαστική ισχύς: Η ονομαστική ισχύ του μετατροπέα θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση της ονομαστικής εγκατεστημένης ισχύος των Φ/Β στοιχείων, δηλαδή τουλάχιστον 5,52 kW.

Ο μετατροπέας που επιλέξαμε είναι ο Combi Xantrex XW6048 της εταιρίας Schneider Xantrex. Τα στοιχεία του φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.



Schneider Xantrex Combi XW6048	
Ονομαστική ισχύς	6.000 W
Τάση εισόδου	48 V
Ρεύμα εισόδου	131 A
Τάση εξόδου	230 V
Ρεύμα εξόδου	26,1 A
Συχνότητα εξόδου	50 Hz
Τύπος σήματος	Καθαρού ημιτονίου
Βαθμός απόδοσης	95,4 %

Τεχνικά χαρακτηριστικά του αντιστροφέα Schneider Xantrex Combi XW6048.

7.5.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑ ΤΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Για να καθοριστεί το είδος του μετατροπέα της ανεμογεννήτριας θα πρέπει να λάβουμε υπ' όψιν τα παρακάτω:

- Ονομαστική τάση: Η ονομαστική τάση του μετατροπέα πρέπει να είναι ίση με την ονομαστική τάση της ανεμογεννήτριας, δηλαδή 48V.
- Τάση εξόδου: Η τάση εξόδου του μετατροπέα πρέπει να είναι ίση με την τάση των φορτίων κατανάλωσης, αλλά και του δικτύου, δηλαδή 230V.
- Ονομαστική ισχύς: Η ονομαστική ισχύ του μετατροπέα θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση της ονομαστικής ισχύος της ανεμογεννήτριας, δηλαδή τουλάχιστον 2,5 kW.

Ο μετατροπέας που επιλέξαμε είναι ο VFX 3048e της εταιρίας Outback. Τα στοιχεία του φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.



Outback VFX 3048e	
Ονομαστική ισχύς	3.000 W
Τάση εισόδου	48 V
Τάση εξόδου	230 V
Ρεύμα εξόδου	13 A
Συχνότητα εξόδου	50 Hz
Τύπος σήματος	Καθαρού ημιτονίου
Βαθμός απόδοσης	90%

Τεχνικά χαρακτηριστικά του αντιστροφέα Outback VFX 3048e.

7.5.3 ΕΠΙΛΟΓΗ INVERTER/CHARGER ΤΩΝ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

Για να καθοριστεί το είδος του inverter/charger της συστοιχίας των συσσωρευτών θα πρέπει να λάβουμε υπ' όψιν τα παρακάτω:

- Ονομαστική τάση: Η ονομαστική τάση του μετατροπέα πρέπει να είναι ίση με την ονομαστική τάση των συσσωρευτών, δηλαδή 48 V.
- Ισχύς εξόδου: Η ισχύς εξόδου πρέπει να είναι ίση με την ισχύ των φορτίων κατανάλωσης, δηλαδή τουλάχιστον 2.460 W.
- Τάση εξόδου: Η τάση εξόδου του μετατροπέα πρέπει να είναι ίση με την τάση των φορτίων κατανάλωσης, δηλαδή 230 V.

Ο inverter/charger που επιλέξαμε είναι ο GS 3548E της εταιρίας Outback. Τα στοιχεία του φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.



Outback Radian GS 3548E	
Ονομαστική ισχύς	3.500 W
Τάση συσσωρευτών	48 V
Τάση παροχής	230 V
Ρεύμα παροχής	30 A
Συχνότητα παροχής	50 Hz
Εύρος AC τάσης εισόδου	170 - 290 V
Εύρος AC συχνότητας εισόδου	45 - 55 Hz
Τύπος σήματος	Καθαρού ημιτονίου
Βαθμός απόδοσης	92%

Τεχνικά χαρακτηριστικά του αντιστροφέα
Outback Radian GS 3548E.

7.6 ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Το σχηματικό διάγραμμα της εγκατάστασης, που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, περιλαμβάνει:

- 24 Φ/Β πλαίσια, 12 παραλλήλων κλάδων με 2 πλαίσια εν σειρά.
- 1 ανεμογεννήτρια.
- 4 συσσωρευτές εν σειρά, για την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας.
- 2 μετατροπείς DC-AC για την μετατροπή της συνεχούς τάσης που παράγεται, σε εναλλασσόμενη, με σκοπό την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο καθώς και για την ασφαλή τροφοδότηση του inverter/charger.

αντιστροφέα, από την Α/Γ έως τον αντιστροφέα και τέλος από τον inverter/charger έως και τους συσσωρευτές.

Ο τύπος του καλωδίου που θα πραγματοποιήσουμε τις συνδεσμολογίες της εγκατάστασης είναι ο H07RN-F, σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ 623.4, HD 22.4. Επιλέξαμε το συγκεκριμένο καλώδιο για την ανθεκτικότητά του σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις που βρίσκονται σε εξωτερικούς χώρους.

- Κλάδος 1: Φωτοβολταϊκά στοιχεία εν σειρά.

$$I_1 = I_{sc} = 8,18 A$$

$$S_1 = 3 \times 1,5 mm^2$$

- Κλάδος 2: Φωτοβολταϊκά στοιχεία – Αντιστροφέας φωτοβολταϊκής συστοιχίας.

$$I_2 = 12 * I_1 = 98,16 A$$

$$S_2 = 3 \times 25 mm^2$$

- Κλάδος 3: Ανεμογεννήτρια – Αντιστροφέας ανεμογεννήτριας.

$$I_3 = \frac{P_{avn.}}{V_{DC}} = \frac{2.500}{48} = 52,08 A$$

$$S_3 = 3 \times 10 mm^2$$

- Κλάδος 4: Συσσωρευτές – Inverter/Charger.

$$I_4 = \frac{P_{κατ.}}{V_{DC}} = \frac{(1 * 100) + (20 * 100) + (6 * 60)}{48} = \frac{2.460}{48} = 51,25 A$$

$$S_4 = 2 \times 10 mm^2$$

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (ΠΕΡΙΠΟΥ)	ΒΑΡΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (ΠΕΡΙΠΟΥ)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΩΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΕ DC ΣΕ 20 °C	ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΣΥΝΕΧΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗ	ΠΤΩΣΗ ΤΑΣΗΣ	
					1 ΦΑΣΗ AC ή DC	3 ΦΑΣΕΙΣ AC
mm ²	mm	kg/km	Ω/km	A	mV/A/m	mV/A/m
1x1,5	6,1	50	13,7	22	31,0	
1x2,5	6,7	65	8,21	31	19,0	
1x4,0	7,7	90	5,09	41	12,0	
1x6,0	8,9	120	3,39	53	7,8	
1x10	10,4	185	1,95	73	4,6	
1x16	12,3	260	1,24	98	2,9	
1x25	14,4	375	0,795	129	1,85	
1x35	16,0	495	0,565	158	1,37	
1x50	18,6	685	0,393	198	1,02	
1x70	20,9	910	0,277	245	0,71	
1x95	23,0	1170	0,210	292	0,53	
1x120	26,5	1485	0,164	344	0,44	
1x150	28,8	1820	0,132	391	0,37	
1x185	30,2	2180	0,108	448	0,33	
1x240	32,9	2735	0,0817	528	0,26	
1x300	35,7	3400	0,0654	608	0,24	
1x400	44,8	4575	0,0495	715	0,19	
1x500	48,8	5715	0,0391	820	0,15	
2x1,0	8,4	90	20,0	15	48,0	
2x1,5	9,4	115	13,7	18	31,0	
2x2,5	11,1	160	8,21	26	19,0	
2x4,0	12,8	220	5,09	34	12,0	
2x6,0	15,2	305	3,39	44	7,8	
2x10	19,6	550	1,95	61	4,6	
2x16	23,4	790	1,24	82	2,9	
2x25	27,8	1080	0,795	108	1,85	
3x1,0	9,1	110	20,0	15	48,0	
3x1,5	10,1	140	13,7	18	31,0	
3x2,5	12,0	205	8,21	26	19,0	
3x4,0	13,7	280	5,09	34	12,0	
3x6,0	16,3	395	3,39	44	7,8	
3x10	21,1	680	1,95	61	4,6	
3x16	25,1	980	1,24	82	2,9	
3x25	29,9	1415	0,795	108	1,85	
3x35	33,2	1840	0,565	135	1,37	
3x50	38,7	2545	0,393	168	1,02	
3x70	43,5	3350	0,277	207	0,71	
3x95	49,0	4335	0,210	250	0,53	

Τεχνικά χαρακτηριστικά του καλωδίου H07RN-F.

2. Πλευρά εναλλασσομένου ρεύματος (AC):

Η καλωδίωση στην πλευρά του εναλλασσομένου ρεύματος περιλαμβάνει τις συνδέσεις μεταξύ των αντιστροφών και του inverter/charger με το πεδίο ζεύξης, λειτουργίας και ελέγχου, από το πεδίο ζεύξης προς τον μετρητή ηλ. ενέργειας αλλά και προς τα επιλεγμένα φορτία της οικίας.

Ο τύπος του καλωδίου που θα πραγματοποιήσουμε τις συνδεσμολογίες της εγκατάστασης είναι ο J1VV-U, σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384.

- Κλάδος 5: Αντιστροφέας φωτοβολταϊκής συστοιχίας – Πεδίο ζεύξης.

$$I_5 = I_{Aντ.Φ/B} = 26,1 A$$

$$S_5 = 3 \times 4 mm^2$$

- Κλάδος 6: Αντιστροφέας ανεμογεννήτριας – Πεδίο ζεύξης.

$$I_6 = I_{Aντ.Α/Γ} = 13 A$$

$$S_6 = 3 \times 2,5 mm^2 \text{ (ελάχιστη επιτρεπόμενη διατομή)}$$

- Κλάδος 7: Inverter/Charger – Πεδίο ζεύξης.

$$I_7 = I_{Παρ.} = 30 A$$

$$S_3 = 3 \times 4 mm^2$$

- Κλάδος 8: Πεδίο ζεύξης – Μετρητής ηλ. ενέργειας.

$$I_8 = I_5 + I_6 = 26,1 + 13 = 39,1 A$$

$$S_8 = 3 \times 6 mm^2$$

- Κλάδος 9: Πίνακας λειτουργίας και ελέγχου – Επιλεγμένα φορτία οικίας.

$$I_9 = \frac{P_{κατ.}}{V_{AC}} = \frac{2.460}{230} = 10,7 A$$

$$S_9 = 3 \times 2,5 mm^2 \text{ (ελάχιστη επιτρεπόμενη διατομή)}$$

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (ΠΕΡΙΠΟΥ)	ΒΑΡΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (ΠΕΡΙΠΟΥ)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΩΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΕ DC ΣΕ 20°C	ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΣΥΝΕΧΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΣΤΟΝ ΑΕΡΑ		ΠΤΩΣΗ ΤΑΣΗΣ	
				1 ΦΑΣΗ AC ή DC	3 ΦΑΣΕΙΣ AC	mV/A/m	mV/A/m
mm ²	mm	Kg/Km	Ω/Km	A	A	mV/A/m	mV/A/m
2x1,5	9,5	130	12,10	30	21	29	—
2x2,5	10,3	160	7,41	40	29	18	—
2x4,0	12,0	225	4,61	51	38	11	—
2x6,0	13,0	280	3,08	63	48	7,3	—
2x10	15,1	405	1,83	85	66	4,4	—
2x16	17,1	560	1,15	110	90	2,8	—
2x25	20,2	830	0,727	144	120	1,75	—
2x35	18,4	845	0,524	177	150	1,25	—
2x50	21,4	1135	0,387	201	180	0,94	—
2x70	24,2	1565	0,268	249	230	0,65	—
2x95	27,5	2125	0,193	297	280	0,49	—
2x120	30,1	2585	0,153	336	320	0,40	—
2x150	32,0	3150	0,124	374	360	0,34	—
2x185	36,6	3970	0,0991	436	405	0,29	—
2x240	42,3	5215	0,0754	488	470	0,24	—
2x300	45,0	6420	0,0601	546	550	0,21	—
3x1,5	9,6	145	12,10	24	18	29	25
3x2,5	10,4	185	7,41	32	25	18	15
3x4,0	12,3	270	4,61	40	34	11	9,5
3x6,0	13,4	340	3,08	50	44	7,3	6,4
3x10	15,7	510	1,83	67	60	4,4	3,8
3x10+1,5	15,7	510	1,83	67	60	4,4	3,8
3x16	18,2	735	1,15	87	80	2,8	2,4
3x25	21,6	1110	0,727	114	105	1,75	1,5
3x35	21,3	1225	0,524	135	130	1,25	1,1
3x50	24,9	1650	0,387	161	160	0,94	0,81
3x70	28,6	2300	0,268	201	200	0,65	0,57
3x95	32,5	3130	0,193	240	245	0,49	0,42
3x120	35,8	3815	0,153	274	285	0,40	0,35
3x150	38	4650	0,124	309	325	0,34	0,29
3x185	43,6	5865	0,0991	348	370	0,29	0,25
3x240	50,5	7710	0,0754	404	435	0,24	0,21
3x300	54	9525	0,0601	452	500	0,21	0,18

Τεχνικά χαρακτηριστικά του καλωδίου JIVV-U.

Για λόγους ασφαλούς λειτουργίας απαιτείται ιδιαίτερος χώρος (ηλεκτροστάσιο) για την τοποθέτηση των ηλεκτρονικών διατάξεων. Ο χώρος αυτός θα πρέπει να έχει φυσικό αερισμό και για τους θερινούς μήνες τη δυνατότητα χρήσης και τεχνητού αερισμού. Οι διαστάσεις του χώρου έχουν σχέση με το μέγεθος και τον αριθμό των ηλεκτρονικών διατάξεων της εγκατάστασης.

Για την εφαρμογή που μελετάμε θα ήταν επαρκής ένας χώρος με επιφάνεια δαπέδου περίπου 8 m² και ύψους 2,5 m, με φυσικό και τεχνητό αερισμό, κατά προτίμηση στο υπόγειο της οικίας. Οι συσσωρευτές αποθήκευσης είναι προτιμότερο να βρίσκονται πάνω σε ειδικές βάσεις που καθιστούν και ευκολότερη τη μεταφορά τους.

7.8 ΓΕΙΩΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Το δυναμικό της γης είναι συμβατά μηδενικό. Έτσι, κάθε αγωγός που συνδέει κάποιο σημείο ενός κυκλώματος ή ένα μεταλλικό αντικείμενο με το έδαφος ονομάζεται γειωμένος και το σημείο ή το αντικείμενο αποκτούν το ίδιο δυναμικό με τη γη. Η αγωγήμη σύνδεση του

σημείου ή του αντικειμένου με το έδαφος ονομάζεται γείωση και ο αγωγός που τοποθετείται μέσα στο έδαφος και το επάνω μέρος του συνδέεται με τον γειωμένο αγωγό, λέγεται γειωτής.

Τα Φ/Β συστήματα και οι Α/Γ πρέπει να γειώνονται για τους παρακάτω λόγους:

- Αποφυγή ζημιών που μπορεί να υποστεί ο ηλεκτρονικός εξοπλισμός λόγω κρουστικών υπερτάσεων, δηλαδή, λόγω απότομων αυξήσεων της απόλυτης τιμής του δυναμικού από μερικά Volt μέχρι χιλιάδες Volt, των οποίων η διάρκεια δεν ξεπερνάει τα 10-3 sec. Οι κρουστικές υπερτάσεις δημιουργούνται από κεραυνούς, αστραπές, βραχυκυκλώματα κ.τ.λ.
- Ασφάλεια του προσωπικού συντήρησης από ηλεκτροπληξία λόγω διαρροής ρευμάτων.

Στις συνήθεις κτιριακές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις διακρίνει κανείς τρεις κατηγορίες γειώσεων:

- 1) Γείωση λειτουργίας. Ονομάζεται η γείωση που γίνεται για λειτουργικούς λόγους (π.χ. γείωση του κόμβου του μετασχηματιστή). Αυτή διακρίνεται σε:
 - Άμεση, εφόσον δεν περιλαμβάνει άλλη αντίσταση πλην της αντίστασης γείωσης.
 - Έμμεση, εφόσον εκτός από την αντίσταση γείωσης περιλαμβάνει και ωμικές, επαγωγικές και χωρητικές αντιστάσεις.
- 2) Γείωση προστασίας. Ονομάζεται η αγωγή σύνδεση των μεταλλικών μερών μιας εγκατάστασης, που δεν ανήκουν στο κύκλωμα λειτουργίας, και εξασφαλίζει την προστασία των ανθρώπων που μπορεί να έρθουν σε επαφή με αυτά.
- 3) Γείωση ασφαλείας ή αντικεραυνικής προστασίας. Η γείωση ασφαλείας χρησιμεύει για την ασφάλεια των παρευρισκόμενων στο περιβάλλον που έχει κατασκευαστεί. Ενδεικτικά παραδείγματα του είδους αυτού είναι οι γειώσεις των αλεξικέραυνων, οι γειώσεις των αντιστατικών δαπέδων των χώρων επείγουσας ιατρικής και των χώρων με μηχανήματα προηγμένης τεχνολογίας.

Οι μέθοδοι γείωσης που χρησιμοποιούνται στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις είναι οι παρακάτω:

- Η ουδετέρωση, δηλαδή η αγωγή σύνδεση με τον ουδέτερο αγωγό ή άλλο γειωμένο αγωγό φάσης δικτύου.
- Η άμεση γείωση, με απευθείας αγωγή σύνδεση με το σύστημα γείωσης το οποίο μπορεί να είναι μια πλάκα γείωσης, ένα ηλεκτρόδιο, ένα τρίγωνο κ.τ.λ.
- Η γείωση μέσω διακόπτη διαφυγής, για την αυτόματη απομόνωση του προβληματικού μέρους της εγκατάστασης. Υπάρχουν δυο ειδών διακόπτες διαφυγής, τάσης (Δ.Δ.Τ.) και έντασης (Δ.Δ.Ε.). Ο διακόπτης διαφυγής τάσης παρακολουθεί την τάση ως προς γη των μεταλλικών περιβλημάτων όπου είναι συνδεδεμένος και αν αυτή υπερβεί τα 50V τότε αποσυνδέει το κύκλωμα. Το γειωμένο άκρο του Δ.Δ.Τ. συνδέεται με ιδιαίτερο ηλεκτρόδιο γείωσης. Ο διακόπτης διαφυγής έντασης παρακολουθεί το ρεύμα διαρροής ως προς τη γη. Αν αυτό υπερβεί μία τιμή, συνήθως 30 mA, τότε αποζεύει το κύκλωμα. Σε αντιδιαστολή με τους Δ.Δ.Τ., έχουμε εδώ και μία προστασία κατά της πυρκαγιάς, γιατί περιορίζεται άμεσα το ρεύμα διαρροής προς γη.

Για την γείωση της εγκατάστασης προβλέπεται γείωση προστασίας των μεταλλικών μερών και γείωση των μετατροπέων ισχύος. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια γειώνονται στο σασί τους, όπως και οι ανεμογεννήτρια, ενώ οι αντιστροφείς έχουν ειδική υποδοχή για καλώδιο γείωσης. Δημιουργείται ένας κοινός κόμβος γείωσης για όλη την εγκατάσταση. Με δύο αγωγούς χάλκινους μονωμένους πολύκλωνους διατομής 100 mm² συνδέονται οι αντιστροφείς στον κόμβο γείωσης. Με αγωγό χάλκινο μονωμένο πολύκλωνο διατομής 100 mm² γειώνουμε τα μεταλλικά μέρη στον ίδιο κόμβο γείωσης και ο κόμβος γείωσης καταλήγει σε ένα τρίγωνο ηλεκτροδίων στο έδαφος. Ο αγωγός αυτός θα συνδέεται με το τρίγωνο γείωσης, συνολικής αντίστασης περίπου 6,5 Ω, το οποίο αποτελείται από 3 ράβδους γαλβανισμένους (χαλκού) μήκους 3,5 m ο καθένας.

7.9 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΙΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το συνολικό κόστος της συγκεκριμένης εγκατάστασης περιλαμβάνει τα κόστη εξοπλισμού, τα κόστη εγκατάστασης και τα κόστη έκδοσης αδειών. Το κόστος εξοπλισμού αφορά τη δαπάνη για αγορά του εξοπλισμού, συμπεριλαμβανομένων των φόρων και των τελών μεταφοράς. Τα βασικά μέρη που αναλύσαμε στο κεφάλαιο αυτό είναι:

- Φωτοβολταϊκά πλαίσια.
- Ανεμογεννήτρια.
- Αντιστροφείς.
- Συσσωρευτές.

Για το τελικό κόστος των υλικών, θα λάβουμε υπ' όψιν μας τα επιμέρους κόστη των παραπάνω υλικών, αλλά θα πρέπει προσθέσουμε το κόστος του πύργου, της θεμελίωσης και ανέγερσης της Α/Γ καθώς και τα υπόλοιπα ηλεκτρολογικά έξοδα (πίνακες, καλωδιώσεις, βάσεις στήριξης των Φ/Β πλαισίων, κ.τ.λ.).

Τέλος, πρέπει να υπολογίσουμε το κόστος των εργασιών. Εκτιμάται ότι ένα εξειδικευμένο συνεργείο τοποθέτησης θα χρειαστεί περίπου 7 εργάσιμες μέρες αν δουλεύουν 4 άτομα. Ο ημερήσιος μισθός κάθε υπαλλήλου, μαζί με την ασφάλειά του υπολογίζεται στα 80€. Έτσι το κόστος των εργασιών ανέρχεται στα 2.240 €

Είδος	Ποσότητα	Εταιρία - Μοντέλο	Τιμή μονάδος (€)	Τελική τιμή (€)
Φωτοβολταϊκοί συλλέκτες	24	Sopray SR - 230 P	305,53	7.332,72
Ανεμογεννήτρια	1	Proven 2.5 48 Volt 2500 Watt	5.372,85	5.372,85
Πύργος ανεμογεννήτριας	1	Proven TM650 / 2500	2.388,75	2.388,75
Θεμελίωση και ανέγερση Α/Γ	—	—	—	1.500,00
Αντιστροφέας Φ/Β	1	Schneider Xantrex Combi XW6048	3.699,00	3.699,00
Αντιστροφέας Α/Γ	1	Outback VFX 3048e	1.842,34	1.842,34
Inverter/Charger	1	Outback Radian GS 3548E	3.104,31	3.104,31
Συσσωρευτές	4	Concorde PVX - 2580 L	593,00	2.372,00
Λοιπός ηλ. εξοπλισμός	—	—	—	2.800,00
Αδειοδότηση	—	—	—	5.000,00
Κόστος εργασίας	—	—	—	2.240,00
			Σύνολο:	37.651,97 €

Πίνακας συνολικού κόστους της εγκατάστασης.

Στη συνέχεια θα υπολογίσουμε τα ετήσια λειτουργικά κόστη συντήρησης της εγκατάστασης. Αυτά είναι:

- Συντήρηση Φ/Β πλαισίων: 150 €
- Συντήρηση Α/Γ: 700 €
- Συντήρηση λοιπού εξοπλισμού: 150 €

Αφού υπολογίσαμε τα συνολικά κόστη για την πραγματοποίηση και τη συντήρηση της εγκατάστασης μας, θα υπολογίσουμε τα ετήσια έσοδα που μας αποφέρει το υβριδικό μας σύστημα. Τα έσοδα αυτά θα υπολογιστούν ανάλογα με την ηλ. ενέργεια που παράγει το σύστημά μας συναρτήσει της τιμής που το δίκτυο την αγοράζει από εμάς (διάρκεια 25 έτη).

Η τιμή 0,55€/kWh ήταν σταθερή μέχρι το 2012. Από το 2013 και έπειτα η τιμή αυτή μειώνεται κατά 5% ανά έτος. Να διευκρινίσουμε όμως ότι αυτό δεν σημαίνει ότι αν κάποιος είχε εγκαταστήσει ένα σύστημα το 2010 η τιμή πώλησης μετά από 3 χρόνια θα αρχίσει να μειώνεται κατά 5% κάθε έτος. Η τιμή θα είναι σταθερή και μάλιστα θα προσαυξάνεται σύμφωνα με τον Δείκτη Τιμών Καταναλωτή (ακολουθεί τον πληθωρισμό). Αν κάποιος είχε συνδεθεί το 2012 η τιμή αγοράς του είναι 0,55€/kWh. Η τιμή αγοράς για το 2013 θα είναι $0,55 \times 0,95 = 0,5225$ €/kWh. Ενώ αν συνδεθεί το 2014 η τιμή θα είναι $0,5225 \times 0,95 = 0,4963$ €/kWh.

Οπότε με βάση τα παραπάνω στοιχεία και με την βοήθεια των πινάκων της ετήσιας παραγόμενης ηλ. ενέργειας της κάθε μονάδας θα υπολογίσουμε τα έσοδα που θα έχουμε από το 2014 έως και το 2039.

- Αρχικά θα υπολογίσουμε την ετήσια παραγωγή του συστήματος:

$$E_{ολ} = E_{\Phi/B} + E_{A/\Gamma} = 7.364,78 + 8.763,5 = 16.128,28 \text{ kWh/έτος}$$

- Οπότε τα έσοδα κάθε έτους θα είναι:

$$\text{Ετήσια έσοδα} = E_{ολ} \times 0,4963 = 16.128,28 \times 0,4963 = 8.004,465 \text{ €/έτος}$$

- Τα ετήσια λειτουργικά έξοδα συντήρησης θα είναι:

$$\text{Έξοδα}_{\text{συντ.}} = \text{Συντ.}_{\Phi/B} + \text{Συντ.}_{A/\Gamma} + \text{Συντ.}_{\Lambda.E.} = 150 + 700 + 150 = 1.000 \text{ €}$$

- Άρα τα καθαρά ετήσια έσοδα θα είναι:

$$\text{Ετήσια έσοδα}_{\text{καθ.}} = \text{Ετήσια έσοδα} - \text{Έξοδα}_{\text{συντ.}} = 8.004,465 - 1.000 = 7.004,465 \text{ €}$$

- Τα έσοδα που θα μας αποφέρει το υβριδικό μας σύστημα στη διάρκεια των 25 ετών θα είναι:

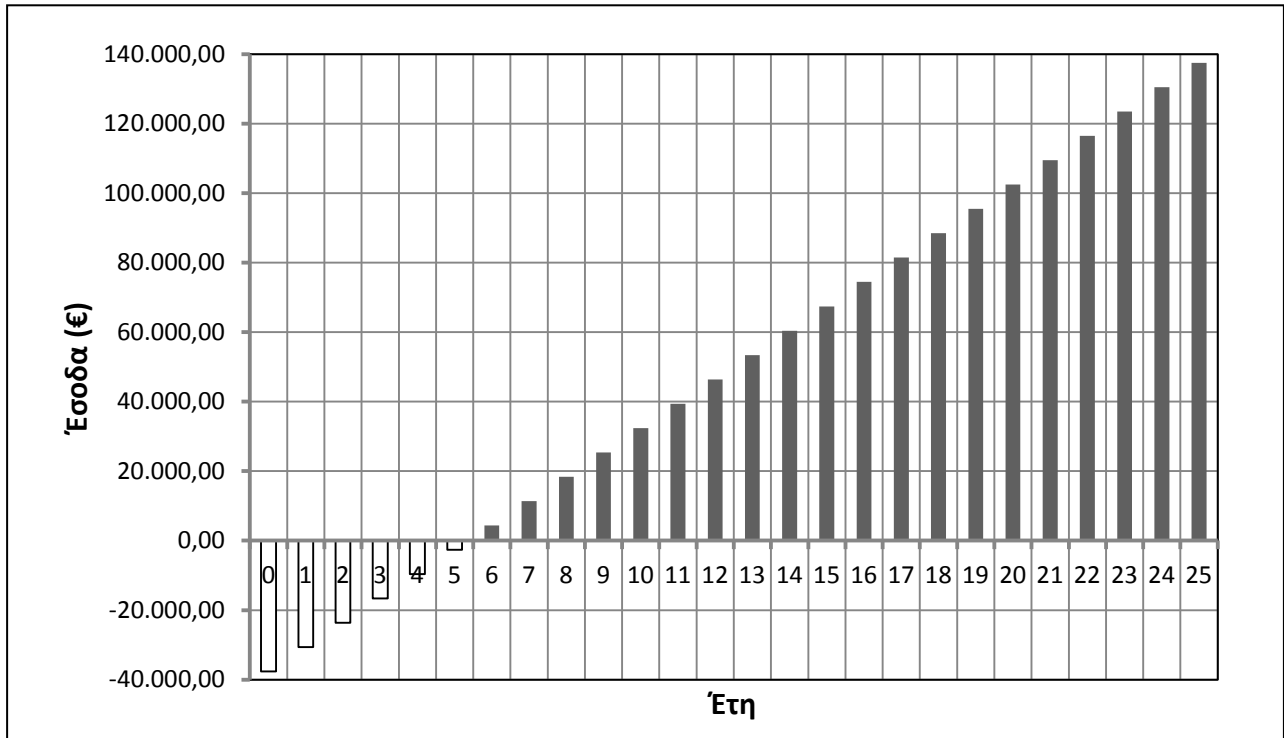
$$\text{Έσοδα}_{25} = 25 \times \text{Έσοδα}_{\text{έτους}} = 25 \times 8.004,465 = 200.111,625 \text{ €}$$

- Τα καθαρά έσοδα που θα προκύψουν κατά τη διάρκεια των 25 ετών είναι:

$$\begin{aligned} \text{Έσοδα}_{\text{καθ.25}} &= \text{Έσοδα}_{25} - \text{Έξοδα}_{\text{εγκ.}} - (25 \times \text{Έξοδα}_{\text{συντ.}}) \\ &= 200.111,625 - 37.651,97 - (25 \times 1.000) = 137.459,655 \text{ €} \end{aligned}$$

- Τέλος υπολογίζουμε τη χρονική διάρκεια που θα γίνει η απόσβεση της εγκατάστασης μας:

$$\text{Χρόνος Απόσβεσης} = \frac{\text{Έξοδα}_{\text{εγκ.}}}{\text{Ετήσια έσοδα}_{\text{καθ.}}} = \frac{37.651,97}{7.004,465} = 5,375 \approx 5 \text{ χρόνια και } 4,5 \text{ μήνες}$$



Γράφημα εσόδων ανά έτος συμπεριλαμβανομένης της απόσβεσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΝΤΥΠΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Β.Δ. Μπιτζιώνης, Δ.Β. Μπιτζιώνης, "Εναλλακτικές Μορφές Ενέργειας", Εκδόσεις Τζιόλα (2011).
- [2] Ι.Ε. Φραγκιαδάκης, "Φωτοβολταϊκά Συστήματα", Εκδόσεις Ζήτη (2009).
- [3] Σ. Περδίδος, "Φωτοβολταϊκές Εγκαταστάσεις", Εκδόσεις ΣΕΛΚΑ-4Μ (2010).
- [4] Ι. Καλδέλλης, Κ. Καβαδίας, "Εργαστηριακές Εφαρμογές Ήπιων Μορφών Ενέργειας", Εκδόσεις Σταμούλη (2001).
- [5] Σ.Ν. Καπλάνης, "Ήπιες Μορφές Ενέργειας ΙΙΙ, Μηχανική των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων. Τεχνολογία, Μελέτες, Εφαρμογές", Εκδόσεις ΙΩΝ (2004).
- [6] Σ. Μανιάς, "Ηλεκτρονικά Ισχύος", Εκδόσεις Συμεών (2007).

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [01] www.dei.gr
- [02] www.rae.gr
- [03] www.ypeka.gr
- [04] www.hlektrologia.gr
- [05] www.world-electricity-generation.findthedata.org/
- [06] www.cie.org.cy
- [07] www.energia.gr
- [08] www.renewablegreece.wikispaces.com
- [09] www.allaboutenergy.gr
- [10] www.users.sch.gr
- [11] www.cres.gr
- [12] www.aenaon.net/gr
- [13] www.anemogennitria.gr
- [14] www.eletaen.gr

- [15] www.zeroenergybuildings.org
- [16] www.selasenergy.gr
- [17] www.batteryuniversity.com
- [18] www.nrel.gov
- [19] www.allaboutbatteries.com
- [20] www.mit.edu
- [21] www.inventors.about.com
- [22] www.cocoon.gr
- [23] www.energymatters.com.au
- [24] www.docstoc.com
- [25] www.altestore.com
- [26] www.prismsolar.co.uk
- [27] www.bimblesolar.com
- [28] www.cablel.gr
- [29] www.windipedia.info
- [30] www.wikipedia.org