

Α.Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ
Σ.Τ.ΕΦ.
ΤΜΗΜΑ ΕΝ.ΠΕ.Τ.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Θέμα

Μελέτη ενός φωτεινού σταυρού διαστάσεων 6,50 x 4,00 μ. με
χρήση ΦΙΒ πάνελ (αντοχή των χρησιμοποιούμενων υλικών,
ένταση ανέμου, αντικεραυνική προστασία)

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΣΦΑΚΙΑΝΑΚΗΣ ΚΩΣΤΑΣ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΧΑΤΖΗΓΙΑΝΝΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2005

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι Η Νέα Επαναστατική Πηγή Ηλεκτρικής Ενέργειας	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Φύση του Φωτός	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Ηλιακή ακτινοβολία και η ένταση της	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Τιμές έντασης και Ολικής Ενέργειας Ηλιακής Ακτινοβολίας στην Ελλάδα	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Ατομική και Κρυσταλλική Δομή της Ύλης	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 Ημιαγωγοί Φωτοβολταϊκών στοιχείων	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 Κατασκευή φωτοβολταϊκών στοιχείων και πλαισίων	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 Περιγραφή του Συστήματος και επιμέρους Συσκευών	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 Αतिकεραυνική προστασία συστήματος αλεξικέραυνα – κεραυνοί	80
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10 Οικονομική βιωσιμότητα των φ/β συστημάτων	85
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11 Προοπτικές της φ/β τεχνολογίας	89
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12 Ανεμολογικά δεδομένα - Υπολογιστικό πρόγραμμα WAsP 6.0	94
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	126
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ	128

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα διάφορα κεφάλαια της εργασίας αυτής εξηγούν τον τρόπο με τον οποίο βασικές αρχές της φυσικής δικαιολογούν τις μετατροπές της ηλιακής σε ηλεκτρική ενέργεια, τις σχέσεις μεταξύ της πηγής ενέργειας και τον καταναλωτή και τον τρόπο σχεδιασμού ενός φωτοβολταϊκού συστήματος ώστε να καλύπτει ορισμένες ενεργειακές ανάγκες.

Πρέπει να έχουμε υπόψη ότι μόλις αρχίσει η χρησιμοποίηση των φωτοβολταϊκών συσκευών και αποκτηθεί κάποια οικειότητα με αυτές θα θεωρούνται τόσο δεδομένες όσο όλες οι άλλες συσκευές νέων τεχνολογιών όπως το βίντεο, ο ηλεκτρονικός υπολογιστής, Το ραδιόφωνο κλπ. που ήδη υπάρχουν στην καθημερινή μας ζωή. Αλλά για να γίνει αυτό πρέπει να πεισθούμε όλοι πόσο σπουδαίο είναι να παίρνουμε ηλεκτρισμό από την "ηλιακή ενέργεια με συσκευές που δεν έχουν κινούμενα μέρη, είναι ελαφρές και αθόρυβες και που δε χρειάζονται καθόλου σχεδόν συντήρηση διότι η λειτουργία τους είναι βασισμένη στις θεμελιώδεις αρχές της στερεάς κατάστασης επί πλέον δε ρυπαίνουν καθόλου το περιβάλλον γιατί δεν χρησιμοποιούν τα ορυκτά καύσιμα, πετρέλαιο ή κάρβουνο που είναι υπεύθυνα για τη ρύπανση και υποβάθμιση του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο ζούμε.

Το σύνθημα "εξοικονόμηση ενέργειας" που ακούγεται τόσο πολύ το τελευταία χρόνια και κατέληξε σε επιτακτική ανάγκη τώρα με Γη νέα κρίση στον περσικό κόλπο t μπορεί, να υλοποιηθεί με την εισαγωγή της νέας τεχνολογίας των φωτοβολταϊκών . Την απάντηση στο ερώτημα "Σε τι κόσμο επιθυμούμε να ζήσουμε εμείς και τα παιδιά μας" μπορεί να μας τη δώσει σε μεγάλο βαθμό η ηλιακή ενέργεια που μας έρχεται με σταθερό ρυθμό, δωρεάν και αιώνια.

Ο καθένας μας πρέπει να πάρει θέση στο δίλημμα που αντιμετωπίζει σήμερα η ανθρωπότητα σχετικά με τους δύο εντελώς διαφορετικούς τρόπους παραγωγής ενέργειας. Με τον πρώτο χρησιμοποιείται η παλαιά κλασική τεχνολογία των ορυκτών πηγών ενέργειας που προκαλεί τόσα προβλήματα και ρύπανση του περιβάλλοντος και με το δεύτερο χρησιμοποιείται η νέα τεχνολογία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, μια από τις οποίες είναι η ηλιακή ενέργεια.

Με την τελευταία τεχνολογία περιορίζεται η κατανάλωση των πρώτων υλών του εσωτερικού της γης εκτός φυσικά εκείνων που χρειάζονται για την κατασκευή των φωτοβολταϊκών στοιχείων και των βοηθητικών συσκευών. Επί πλέον δεν παράγει προϊόντα που ρυπαίνουν το περιβάλλον και μπορεί να βοηθήσει στην οικονομική πρόοδο των υπό ανάπτυξη χωρών. Αυτό μάλιστα έρχεται σε αντίθεση με τη λανθασμένη θέση που ακούγεται τακτικά ότι δήθεν για να αυξηθεί το κατά κεφαλήν εισόδημα σε μια χώρα πρέπει οι άνθρωποι να δεχθούν τις καπνοδόχους με τα βλαβερά αέρια, την εκτεταμένη ρύπανση των θαλασσών με τη διαρροή πετρελαίου, την όξινη βροχή που καταστρέφει το περιβάλλον, την εξάλειψη του προστατευτικού στρώματος του όζοντος και τα επικίνδυνα ραδιενεργά απόβλητα.

Αλλά το μεγαλύτερο επίτευγμα της νέας τεχνολογίας είναι ότι θα βοηθήσει τις κοινωνίες να ξεπεράσουν δυο αιώνες συνεχούς ρύπανσης με καπνοδόχους και στάχτη που συνόδευαν μια εκτεταμένη συσσώρευση πλούτου και ενεργειακών πηγών προς το κέντρο και έτσι να βοηθήσει μια περιφερειακή ανάπτυξη με τη χρησιμοποίηση απ' ευθείας της ηλιακής ενέργειας σε απομακρυσμένες από το κέντρο περιοχές.

The various of this project explain how basic principles of physics justify the conversions of solar power to electricity, also the relations between the source of energy and the consumer and finally the way to plan a photovoltaic system so as to deal with some energy needs.

We must keep in mind that as soon as the use of photovoltaic devices begins and people have some kind of intimacy with them, they will be taken so much for granted as are the other devices of new technologies such as video, computers, radio etc which are already part of our everyday life. However, this can be done only when are of us are convinced of how important it is to produce electricity from solar power using devices which don't have moving parts are light and soundless and almost don't need maintenance as their function is based on basic principles of being firm. In addition to this they don't pollute the environment as they don't use mineral ole or carbon which cause pollution and demote the environment we live in.

"Save energy" – the sign we so much near during the last years which ended up to an imperative need especially with the crisis at the Persian Golf-can come true due to the important of photovoltaic cells. The solar power which come to us Armly, free and eternally can give the answer to the question "In what kind of world do we wish to live in with our children?".

Humanity cases today a dilemma regarding the two completely different ways of production energy and each one of us shoood take part.

The first way means using old classic technology of mineral energy sources which causes so many problems and poodle the

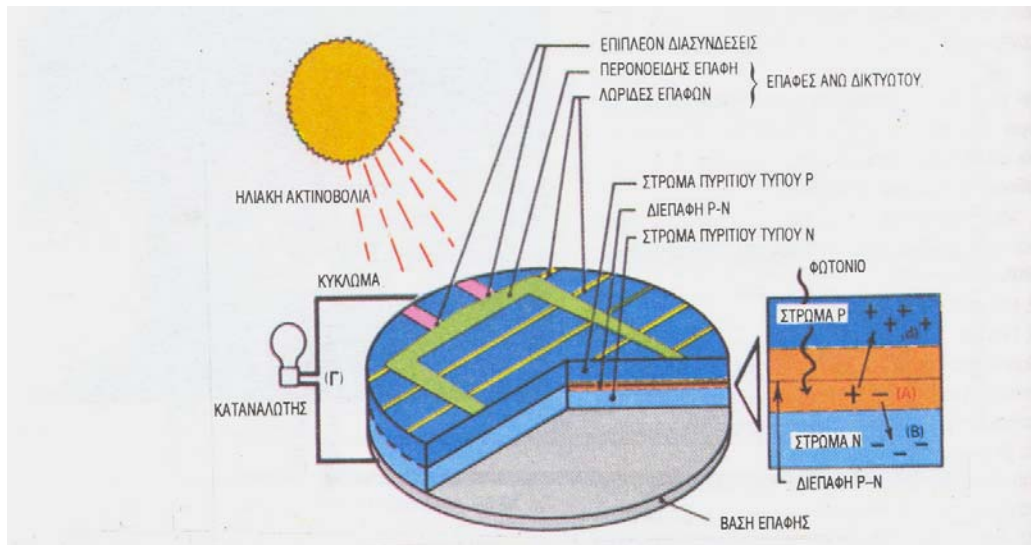
environment. According to the second way we use the new technology of renovative energy sources, including solar power.

This last kind of technology limits the consumption of raw materials we can find inside earth except for these which are used for the construction of photovoltaic cells and assisting devices. What's more, what new technology produces doesn't pollute the environment and helps the economical advance of countries that are under development.

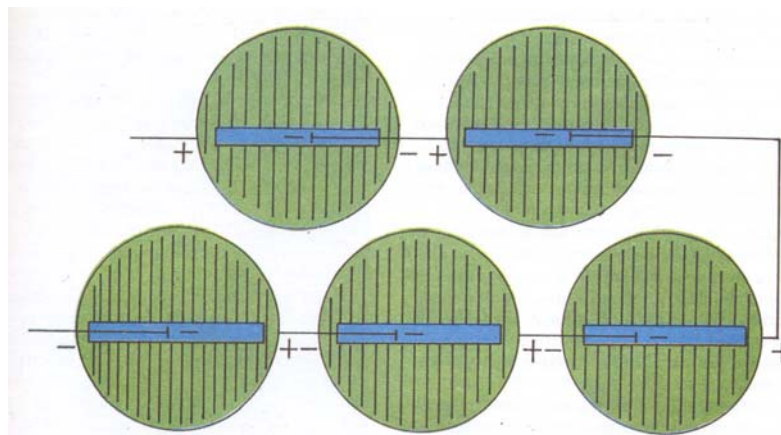
This is against some wrong but very often heard statement; it is so could that the increase of everyone's income presupposes that people accept not only chimneys and their harmful gases, but also the extended pollution of the sea caused by petrol's leakage, the toxic rain which destroys the environment, the extermination of the ozon's layer and of course all the dangerous radioactive refuses.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η νέα επαναστατική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας, τα Φωτοβολταϊκά



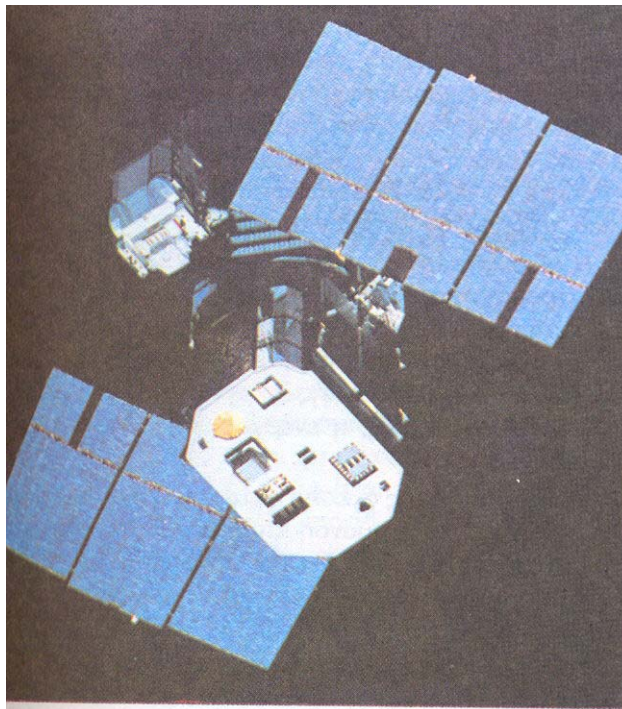
Σχ. 1. Αυτό το απλοποιημένο σχήμα δείχνει πως είναι κατασκευασμένο ένα ηλιακό στοιχείο και πως λειτουργεί (Solar Power Corp.)



Σχ. 2. Διάγραμμα διατάξεως ηλιακών κυττάρων συνδεδεμένων σε σειρά. Η συνολική τάση είναι το άθροισμα των επιμέρους τάσεων των κυττάρων.



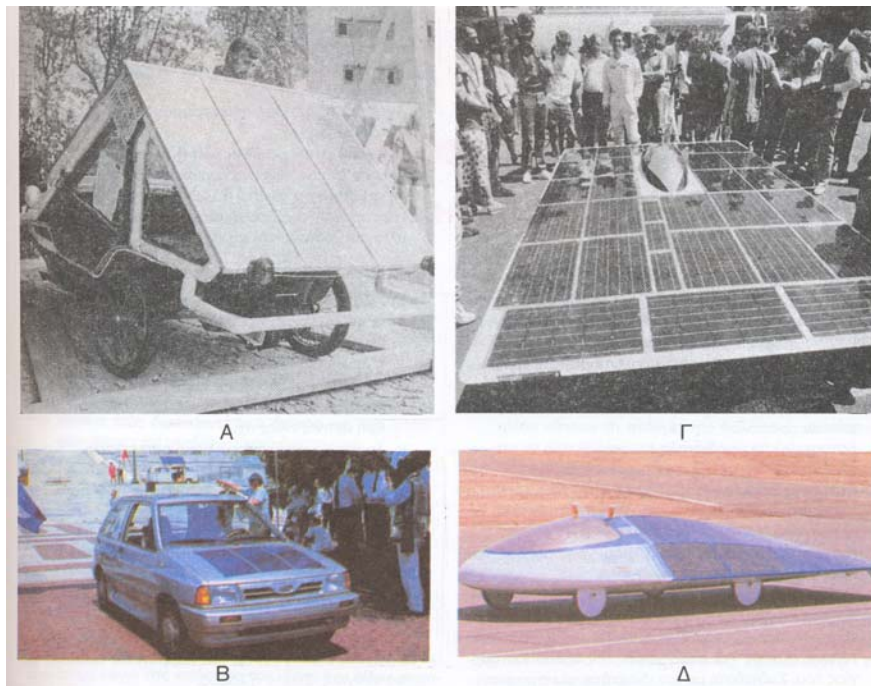
Σχ. 3. Ηλιακά κύτταρα (στοιχεία), συνδυάζονται σε μοντούλ, που αποτελούν διατάξεις κυττάρων. Τα κύτταρα πρέπει να είναι έγκλειστα, ώστε να προστατεύονται από κτυπήματα και την καταστροφική διάβρωση. Σειρές από συνδεδεμένα μεταξύ τους κύτταρα στρωματώνονται (τοποθετούνται) μεταξύ ανθεκτικών υαλοπινάκων ή φύλλων πλαστικού με βάθρο στο πίσω μέρος από άσπρο μέταλλο (PHOTOCOM, INC).



Σχ. 4 Ηλιακές συστοιχίες παρέχουν ηλεκτρική ισχύ για τη λειτουργία των ηλεκτρονικών διατάξεων τεχνητών δορυφόρων (NASA).



Σχ. 5 Τα ηλιακά κύτταρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παροχή ηλεκτρικής ισχύος σε πολλές περιπτώσεις όπου δεν χρειάζονται μεγάλες ποσότητες ηλεκτρισμού. Α-Διαφημιστικός πίνακας. Β-Σήμα τροχαίας σε περιοχή κοντά σε σχολείο (Bill Rush, Solar Electric Systems of Kanadas City, Inc.). Γ. –Φώτα καμπίνας σε ποταμοπλοιάριο (Hank Meels). Δ. Φωτισμός τροχόσπιτου.



Σχ. 6 Έχει δοθεί μεγάλη έμφαση στη χρήση ηλιακής ενέργειας στις μεταφορές. Α-Αυτοκίνητο με ηλιακή ενέργεια στην παγκόσμια Έκθεση του 1981. Β-Μια από τις συμμετοχές στους αγώνες του 1992 για την κάλυψη με ηλιακά (tour de Sol) της διαδρομής από το Albany, της Νέας Υόρκης, στο Greenfield της Μασαχουσέτης. Γ-Νικητής των προηγούμενων αγώνων του έτους 1990 εφοδιάζεται με ενέργεια σε ένα από τα σημεία στάσεως (Mark Morelli). Δ –Το όχημα Syngracer της εταιρείας GM (General Motors) των ΗΠΑ ήταν ο νικητής των αγώνων διαδρομής περίπου 3000 Km (World Solar Challenge), από το Darwin στην Adelaide, στην Αυστραλία. Κάλυψε τη διαδρομή σε 44 ώρες και 54 λεπτά (GM Hughes Electronics).

Τα ΦΙΒ στοιχεία βρήκαν πολλές εφαρμογές σε διάφορους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας όπως:

- Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
- Για τη λειτουργία φορτιστών μικρών επαναφορτιζόμενων συσσωρευτών.
- Για τη λειτουργία τηλεφωνικών επικοινωνιών.
- Λειτουργία αντλιών νερού
- Λειτουργία σημάτων φωτισμού σε οδικές και σιδηροδρομικές αρτηρίες.
- Λειτουργία ελαφρών ηλεκτρογεννητριών που παρέχουν ηλεκτρισμό από τον ήλιο σε πλοία και επίγεια οχήματα, όπως καρότσια του γκολφ.
- Ακόμα η χρήση τους είναι επιτυχής για να πετάξει ένα μικρό αεροπλάνο με μάζα 84 kg σε απόσταση 30 km.

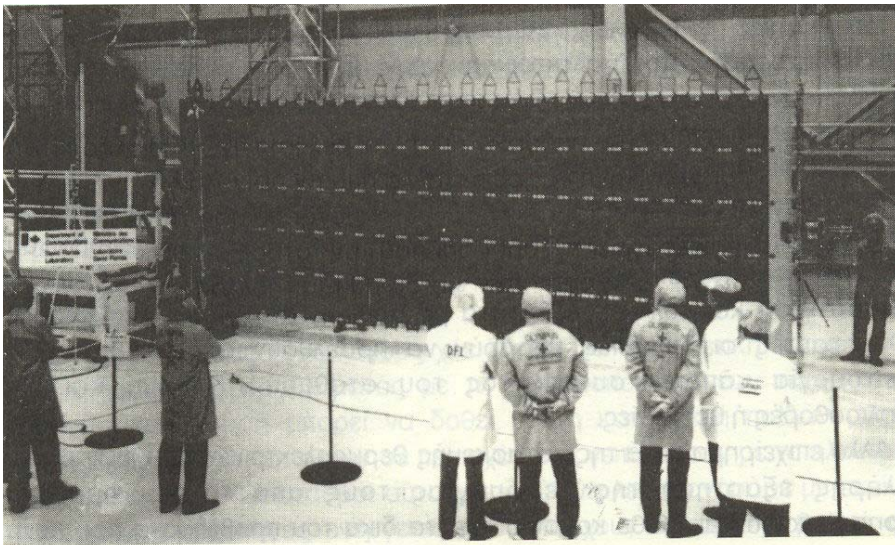
ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι

Η Νέα Επαναστατική Πηγή Ηλεκτρικής Ενέργειας

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας, μεγάλα ποσά ηλιακής ενέργειας μπορούν να μετατραπούν σε ηλεκτρική με την χρησιμοποίηση κατασκευών που αποτελούνται από φωτοβολταϊκά στοιχεία.

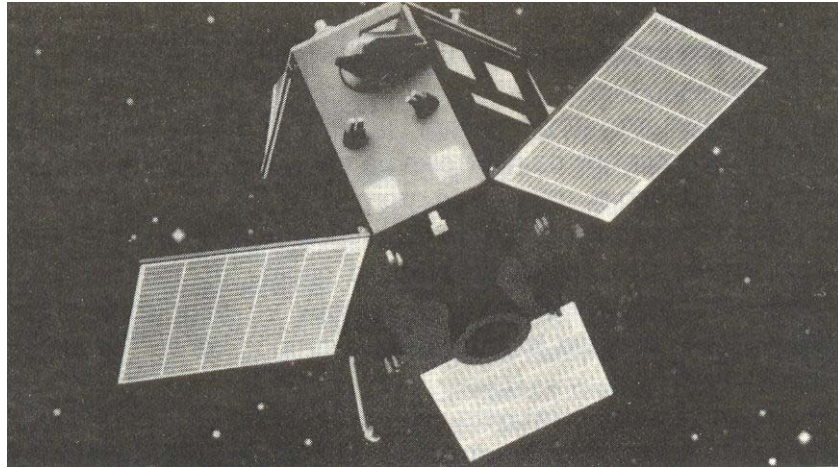
Όταν το ηλιακό φως προσπέσει στα φωτοβολταϊκά στοιχεία ελευθερώνει ηλεκτρικά φορτία στο εσωτερικό τους τα οποία, με την ενέργεια που παίρνουν, κινούνται ελεύθερα και μπορούν να περάσουν από έναν καταναλωτή όπως είναι μια λάμπα ή ένας κινητήρας και να τον θέσουν σε λειτουργία.

Τα Πρώτα φωτοβολταϊκά στοιχεία αναπτύχθηκαν από τη δεκαετία του '50 για να τροφοδοτήσουν τους διαστημικούς δορυφόρους με την απαραίτητη ηλεκτρική ενέργεια που χρειάζονταν για την λειτουργία των συσκευών τους. (Φωτογραφίες 1,2).



Φωτογραφία 1

Από τότε μέχρι σήμερα τα φωτοβολταϊκά στοιχεία βρήκαν πολλές επίγειες εφαρμογές σε διάφορους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας για δύο βασικούς λόγους. Ο ένας είναι η ευκολία με την οποία παράγουν την ηλεκτρική ενέργεια και ο άλλος τα διάφορα δισεπίλυτα προβλήματα που παρουσιάζει ο κλασικός τρόπος παραγωγής και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα

Πραγματικά, ο μεγάλος κεντρικός ηλεκτροπαραγωγικός σταθμός που παράγει τεράστια ποσά ηλεκτρικής ενέργειας με την καύση πετρελαίου, άνθρακα ή ακόμη και με τη διάσπαση Ουρανίου, και τα διανέμει με ένα εκτεταμένο ηλεκτρικό δίκτυο σε όλη τη χώρα, αντιμετωπίζει πολλά ερωτηματικά και κριτικές.

Ένα σοβαρό επιχείρημα κατά της κατασκευής τέτοιων μεγάλων σταθμών είναι οι καταστροφικές διακοπές παροχής ρεύματος που συμβαίνουν τακτικά και καλύπτουν συνήθως μεγάλες περιοχές προκαλώντας αναστάτωση και πολλά προβλήματα με σοβαρά οικονομικά επακόλουθα. Όλες αυτές οι διακοπές μπορούν να προέλθουν από βλάβη, κακή λειτουργία κάποιου συστήματος του σταθμού ή ακόμη και από δολιοφθορές ή θεομηνίες.

Άλλο επιχείρημα κατά της κατασκευής θερμοηλεκτρικών σταθμών είναι η πλήρης εξάρτηση της λειτουργίας τους από τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται. Κάθε καύσιμο έχει τα δικά του προβλήματα που με τη σειρά τους γίνονται και προβλήματα του σταθμού.

Σχετικά με το κάρβουνο, η ίδια η εξαγωγή του από το εσωτερικό της γης είναι επικίνδυνη. Το μεγάλο πρόβλημα όμως που προκαλεί είναι η ρύπανση του περιβάλλοντος. Κατά την καύση του τα οξείδια του θειαφίου που περιέχονται στο κάρβουνο προκαλούν την όξινη βροχή που θεωρείται η αιτία καταστροφής της βλάστησης και των δασών ακόμη και σε μεγάλη απόσταση από τον σταθμό. Επί πλέον το διοξείδιο του άνθρακα που εκλύεται προκαλεί γενική υποβάθμιση του περιβάλλοντος με την ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Για να αποφευχθούν τα καταστροφικά αυτά φαινόμενα απαιτείται τεράστια οικονομική δαπάνη κατά την κατασκευή του σταθμού για να αποκτήσει τη δυνατότητα να δεσμεύει όλα αυτά τα ανεπιθύμητα εκλυόμενα αέρια.

Όσον αφορά το πετρέλαιο, αυτό παρουσιάζει, εκτός των άλλων, το πρόβλημα ότι η προμήθεια του από τις διάφορες χώρες εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τις πολιτικές διαμάχες. Αυτό φάνηκε ξεκάθαρα από όσα συνέβησαν το φθινόπωρο του 1973 Καθώς και από την κρίση στην περιοχή του Περσικού κόλπου που άρχισε το Καλοκαίρι του 1990.

Σχετικά με την ενέργεια που ελευθερώνεται με τη διάσπαση των πυρήνων ουρανίου, η εξάρτηση από αυτή είναι πολύ δύσκολη λόγω του είδους της πρώτης ύλης. Είναι όμως και εξαιρετικά επικίνδυνη αν κρίνει κανείς από το ατύχημα που έγινε στον πυρηνικό σταθμό του Three Mile Island στην Πενσυλβάνια, το ατύχημα του Τσέρνομπιλ και τα τόσα άλλα γνωστά ή άγνωστα ατυχήματα που συνέβησαν στα διάφορα πυρηνικά εργοστάσια.

Άλλο μειονέκτημα του μεγάλου κεντρικού σταθμού είναι το τεράστιο οικονομικό κόστος που συνεπάγεται η κατασκευή του. Τεράστια ποσά πρέπει να δαπανηθούν και μάλιστα ο προϋπολογισμός της δαπάνης πρέπει να γίνει πολλά χρόνια πριν την τελική κατασκευή του σταθμού. Το χειρότερο όμως είναι ότι το ποσό που υπολογίζεται είναι συνήθως πολύ μικρότερο συγκριτικά με το ποσό που τελικά χρειάζεται να ξοδευτεί για την πλήρη και σωστή αποπεράτωση του σταθμού, κατά τρόπο που να μην προκαλεί ρύπανση του περιβάλλοντος.

Για όλους αυτούς τους λόγους χρειάζεται μια διαφορετική αντιμετώπιση του ενεργειακού προβλήματος με τη χρησιμοποίηση νέων τεχνολογιών. Πραγματικά η λύση μπορεί να δοθεί με τη κατασκευή πολλών μικρών ηλεκτροπαραγωγών σταθμών σε περιοχές που γειτονεύουν με το ηλεκτρικό δίκτυο διανομής. Οι σταθμοί αυτοί μπορούν να λειτουργήσουν με εκείνες τις εναλλακτικές πηγές ενέργειας που υπάρχουν σε μεγάλο βαθμό στη χώρα.

Για την Ελλάδα και την Κύπρο η ηλιακή ενέργεια παρέχει απεριόριστες δυνατότητες. Ο εναλλακτικός τρόπος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τη μέθοδο των φωτοβολταϊκών (φ/β) στοιχείων μπορεί να δώσει μεγάλα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας. Τα ποσά αυτά είναι αρκετά για να αντικαταστήσουν εκείνα που δίνει ένας θερμοηλεκτρικός σταθμός καθιστώντας τον αχρείαστο ή περιορίζοντας κατά πολύ την λειτουργία του.

Αυτό μπορεί να γίνει είτε με την κατασκευή διαφόρων μικρών ηλεκτροπαραγωγών σταθμών ή ακόμη και τη σύγχρονη εγκατάσταση ανεξαρτήτων αυτοτελών φ/β συστημάτων σε διάφορες κτιριακές εγκαταστάσεις και οικιακές μονάδες.

Ένα τέτοιο φ/β σύστημα αποτελείται βασικά από τα φ/β στοιχεία, τη συσκευή μετατροπής της τάσης που δίδουν τα φ/β στοιχεία, και τη συσκευή αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας για να υπάρχει δυνατότητα συνεχούς κατανάλωσης.

Τα φ/β στοιχεία κατασκευάζονται από διάφορα υλικά όπως είναι το δεύτερο στη σειρά διαδεδομένο στοιχείο Πυρίτιο, το στοιχείο Γερμάνιο, οι χημικές ενώσεις Αρσενιούχο Γάλλιο, Φωσφορούχο Γάλλιο, Φωσφορούχο ίνδιο και πολλά άλλα υλικά. Σε αυτά ενσωματώνονται τεχνητά, ίχνη διαφόρων άλλων στοιχείων (προσμίξεις) και έτσι αποκτούν την ιδιότητα να εμφανίζουν μια μικρή τάση στα άκρα τους όταν φωτίζονται. Η τάση αυτή που στη περίπτωση του φ/β στοιχείου από πυρίτιο είναι της τάξης των 0,5V, μπορεί να τροφοδοτήσει με ηλεκτρικό ρεύμα ένα καταναλωτή.

Επειδή οι διάφοροι καταναλωτές είναι κατασκευασμένοι να λειτουργούν με ορισμένη συνεχή ή εναλλασσόμενη τάση, είναι ανάγκη η συνεχής τάση των φ/β στοιχείων να μετατραπεί στην κατάλληλη τάση λειτουργίας των καταναλωτών.

Το φ/β σύστημα θα πρέπει να παρέχει επαρκή ηλεκτρική ενέργεια και στις περιόδους που δεν υπάρχει ηλιοφάνεια (νυκτερινές ώρες, συννεφιασμένες μέρες). Αυτό επιτυγχάνεται με τη συσκευή αποθήκευσης που αποτελείται από συσσωρευτές (μπαταρίες) πολύ καλής κατασκευής, ικανούς να αποθηκεύουν το περίσσειμα της παραγόμενης από τα φ/β στοιχεία ηλεκτρικής ενέργειας για να χρησιμοποιηθεί όταν η ζήτηση είναι μεγαλύτερη από την παραγωγή.

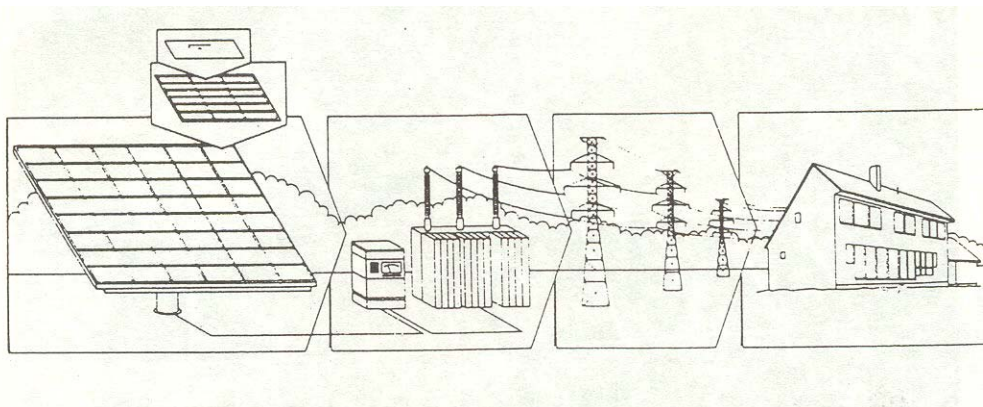
Ένα τέτοιο φ/β σύστημα μπορεί να είναι μικρό ώστε να ανάψει μόνο μια λάμπα ή να τροφοδοτήσει με ρεύμα την εγκατάσταση ενός σπιτιού ή συγκροτήματος κτιρίων. Είναι δυνατό όμως το σύστημα να είναι πιο μεγάλο ώστε να τροφοδοτήσει ένα χωριό ή μια κοινότητα.

Τα φ/β συστήματα μπορούν να λειτουργήσουν με δύο τρόπους. Με τον πρώτο τρόπο, το σύστημα λειτουργεί σαν ανεξάρτητο και αυτοτελές και τροφοδοτεί με όλο το ρεύμα που παράγει το οικοδόμημα ή σύμπλεγμα κτιρίων για το οποίο κατασκευάστηκε. Στην περίπτωση αυτή είναι απαραίτητη και η

συσκευή αποθήκευσης των περισσευμάτων της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

Με το δεύτερο τρόπο το σύστημα όπως είναι συνδεδεμένο με ένα σπίτι ή το συγκρότημα κτιρίων, συνδέεται συγχρόνως και με το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο διανομής. Με τον τρόπο αυτό, όταν το σύστημα παράγει περισσεύματα ηλεκτρικής ενέργειας αυτά διοχετεύονται σε άλλα κτιριακά συγκροτήματα που είναι συνδεδεμένα με το δίκτυο. Στην περίπτωση που το σύστημα δεν παράγει την απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια που χρειάζεται το συγκρότημα των κτιρίων, συμπληρώνει με ενέργεια που αντλεί από το δίκτυο.

Ένα μεγάλο φ/β σύστημα μπορεί να κατασκευαστεί σε κάποια περιοχή κοντά στο ηλεκτρικό δίκτυο και να συνδεθεί μόνο με αυτό, ώστε με την ηλεκτρική ενέργεια που παράγει να το ενισχύει και έμμεσα να τροφοδοτεί κτιριακά συγκροτήματα. Είναι φανερό ότι ένα τέτοιο σύστημα αποτελεί στην ουσία ένα μικρό σταθμό ηλεκτροπαραγωγής που λειτουργεί με ηλιακή ενέργεια (σχήμα 1).



Σχήμα 1

Ηλιακός ηλεκτροπαραγωγός σταθμός. Στο σχήμα φαίνονται από αριστερά προς τα δεξιά:

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία και πλαίσια. Συσκευή μετατροπής της παραγόμενης τάσης σε εναλλασσόμενη. Οι μετασχηματιστές που μετατρέπουν την τάση σε υψηλή εναλλασσόμενη. Το δίκτυο μεταφοράς της τάσης προς τον καταναλωτή.

Πολλοί τέτοιοι σταθμοί είναι δυνατό να κατασκευαστούν σε άγονες υπαίθριες περιοχές κατά μήκος του δικτύου και να συνδεθούν με αυτό. Έτσι, με τη συνολική ενέργεια που θα παράγουν μπορούν να αντικαταστήσουν ένα μεγάλο θερμοηλεκτρικό σταθμό πετρελαίου ή κάρβουνου.

Οι ηλιακοί σταθμοί φ/β στοιχείων έχουν πολλά πλεονεκτήματα έναντι των συμβατικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτά έχουν

αποδειχθεί στην πράξη με την πείρα που αποκτήθηκε από την λειτουργία των σταθμών που κατασκευάστηκαν μέχρι σήμερα.

Το σπουδαιότερο πλεονέκτημα τους είναι ότι δεν προκαλούν ρύπανση στο περιβάλλον και δεν δημιουργούν απόβλητα. Επίσης δεν έχουν κινητά μέρη ώστε να προκαλούνται φθορές από την τριβή, απώλειες ενέργειας σε θερμότητα, αλλά και θόρυβο. Η λειτουργία τους είναι σίγουρη και συνεχής διότι είναι βασισμένη στην τεχνολογία της στερεάς κατάστασης της ύλης που έχει οδηγήσει στην κατασκευή πολλών άλλων ηλεκτρονικών συσκευών.

Δε χρειάζονται τη συνεχή επιδιόρθωση και φροντίδα όπως γίνεται στους άλλους σταθμούς και έτσι τα έξοδα λειτουργίας είναι μηδαμινά διότι χρησιμοποιούν σαν καύσιμο την αιώνια και χωρίς κόστος ηλιακή ακτινοβολία. Με τα νέα υλικά που χρησιμοποιούνται για τη κατασκευή τους τα τελευταία χρόνια, η διάρκεια ζωής των φ/β σταθμών είναι πρακτικά απεριόριστη (γύρω στα 30 χρόνια).

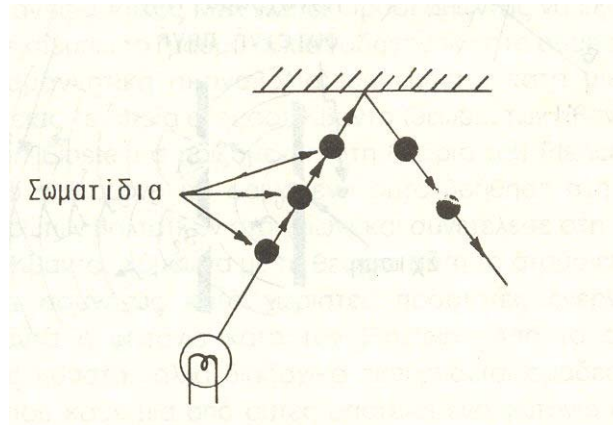
Ο χρόνος που χρειάζεται για να κατασκευαστεί ένας τέτοιος σταθμός είναι μόνο μερικοί μήνες και όχι μερικά χρόνια που απαιτούνται για την ανέγερση ενός θερμοηλεκτρικού σταθμού.

Γενικά η τεχνολογία της Παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από φ/β στοιχεία είναι βασισμένη σε συμπεράσματα που έχουν εξαχθεί μελετώντας τη φύση του φωτός και τη δομή της ύλης, θέματα που εξετάζονται πιο κάτω.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Φύση του Φωτός

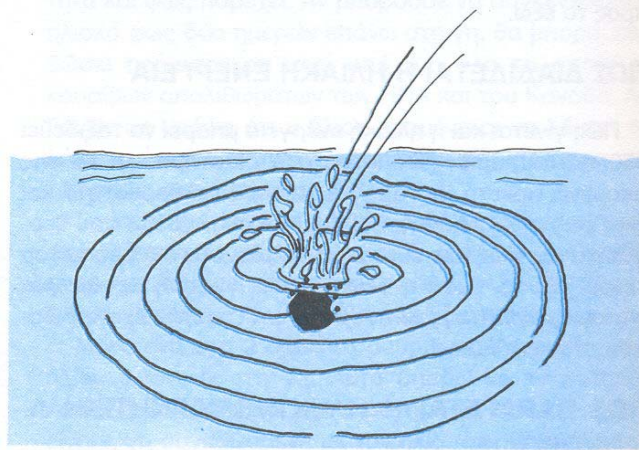
Η φύση του φωτός δεν είχε εξηγηθεί ικανοποιητικά μέχρι τις αρχές του αιώνα μας πριν από 300 περίπου χρόνια ο Νεύτωνας διατύπωσε τη σωματιδιακή Θεωρία (σχήμα2). Σύμφωνα με τη Θεωρία αυτή το φως εκπέμπεται κατά τρόπο ασυνεχή (μια ροή καθορισμένων ποσών μαζεμένης ενέργειας).



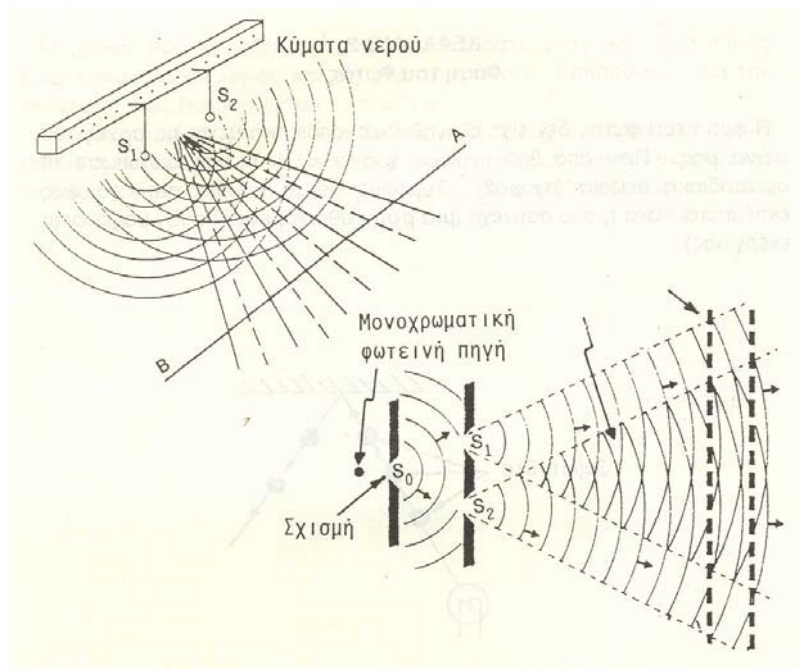
Σχήμα 2.

Κατά τη Θεωρία του Νεύτωνα κάθε πηγή φωτός είναι πηγή εκπομπής σωματιδίων.

Επειδή με τη Θεωρία του Νεύτωνα δεν ήταν δυνατό να εξηγηθούν τα μέχρι τότε γνωστά φαινόμενα (συμβολή, περίθλαση, πόλωση) επικράτησε η κυματική Θεωρία του Huygens. Κατά την κυματική Θεωρία το φως μεταφέρει την ενέργεια του με κύματα. Τα κύματα αυτά δημιουργούνται από τις φωτεινές πηγές και διαδίδονται μέσα στο υποθετικό διαφανές ελαστικό μέσο που λέγεται αιθέρας. Όπως δηλαδή συμβαίνει με τη μεταφορά ενέργειας από τα κύματα που δημιουργούνται μετά από μια διαταραχή που γίνεται στην οριζόντια επιφάνεια του νερού.(σχήμα3).



Σχ. 10-8. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα ενέργειας διαδίδονται από την πηγή προς τα έξω, όπως γίνεται με τα υδατηρά κύματα (ρυτιδώσεις), που κινούνται απομακρυνόμενα από το σημείο, όπου έπεσε μια πέτρα.

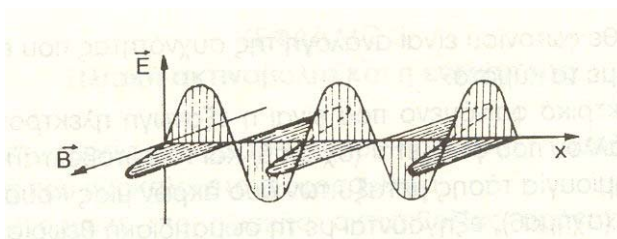


Σχήμα 3

Οι πηγές S_1, S_2 κυμάτων νερού (αριστερά) και μονοχρωματικών φωτεινών κυμάτων (δεξιά) δημιουργούν ενίσχυση και απόσβεση σε ορισμένες διευθύνσεις.

Αργότερα (στα μέσα του 19 αιώνα) Ο Maxwell έδειξε ότι το φως είναι ηλεκτρομαγνητικά κύματα, δηλαδή είναι διάδοση ηλεκτρομαγνητικού πεδίου (σχήμα 4), η οποία δεν προϋποθέτει την αυθαίρετη παραδοχή του αιθέρα. Η ηλεκτρομαγνητική Θεωρία του Maxwell ενώ εξηγεί όλα σχεδόν τα φαινόμενα της Οπτικής δεν μπορεί να εξηγήσει ορισμένα φαινόμενα που παρατηρούνται

κατά την επίδραση του φωτός επί της ύλης. Τέτοια φαινόμενα είναι το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, το φαινόμενο Compton, ο φθορισμός και η εκπομπή ακτινοβολίας από το “μαύρο σώμα”.



Σχήμα 4.

Το ηλεκτρομαγνητικό κύμα αποτελείται από δύο μεταβαλλόμενα πεδία το ηλεκτρικό και μαγνητικό. E είναι η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου και B η μαγνητική επαγωγή.

Το 1900 ο Γερμανός φυσικός Max Planck προσπαθώντας να εξηγήσει την ακτινοβολία που εκπέμπει το μαύρο σώμα οδηγήθηκε στο συμπέρασμα ότι το φως (ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία) εκπέμπεται κατά μικρό ποσό μαζεμένης ενέργειας τα οποία ονόμασε Κβαντα (Θεωρία των Κβαντα).

Το 1905 ο Albert Einstein στηριζόμενος στη Θεωρία του Planck εξήγησε το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο (το φαινόμενο αυτό βοήθησε στη σταδιακή κατασκευή των πρώτων βολταϊκών στοιχείων) και συνετέλεσε στη γενίκευση της θεωρίας των Κβαντα. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή το άτομο εκπέμπει τη φωτεινή ενέργεια ασυνεχώς κατά χωριστές ποσότητες ενέργειας που ονομάζονται κβαντα ή φωτόνια κατά τον Einstein. Από το άτομο δεν φεύγουν συνεχώς κύματα, αλλά διαδοχικά εκπέμπονται ομάδες κυμάτων (κυματοσυρμοί) που κάθε μια από αυτές αποτελεί ένα φωτόνιο και κλείνει μέσα της ορισμένη ενέργεια.

Επίσης όταν πάνω στην ύλη πέφτει φωτεινή ακτινοβολία τα άτομα την απορροφούν ασυνεχώς, δηλαδή κατά φωτόνια. Κάθε φωτόνιο μιας ακτινοβολίας που έχει συχνότητα ν , έχει ενέργεια E που είναι ίση με $E=h \cdot \nu$. Η συχνότητα ν είναι ο αριθμός των ταλαντώσεων που εκτελεί κάθε σημείο που βρίσκεται στη διεύθυνση μετάδοσης του κύματος. Το h λέγεται σταθερά του Planck.

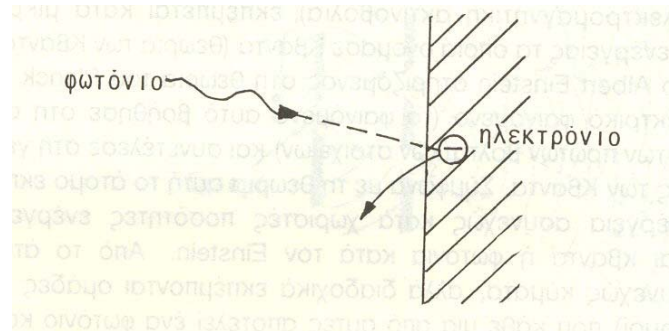
Έτσι η ενέργεια που έχει μια συγκεκριμένη ποσότητα φωτός μπορεί να θεωρηθεί ή ότι είναι η συνολική ενέργεια που έχει το κύμα του, ή η συνολική ενέργεια όλων των φωτονίων που βρίσκονται μέσα σε αυτή την ποσότητα.

Με την εξήγηση του φωτοηλεκτρικού φαινομένου καθιερώθηκε και η σωματιδιακή Θεωρία του φωτός δίπλα από την κυματική θεωρία. Σε

φαινόμενα όπου το φως έχει φωτόνια μεγάλης ενέργειας η σωματιδιακή εμφάνιση του φωτός υπερέχει και η εξήγηση γίνεται με τη σωματιδιακή Θεωρία, ενώ σε περιπτώσεις φωτός με φωτόνια χαμηλής ενέργειας η κυματική εμφάνιση υπερέχει και η εξήγηση γίνεται με την κυματική Θεωρία.

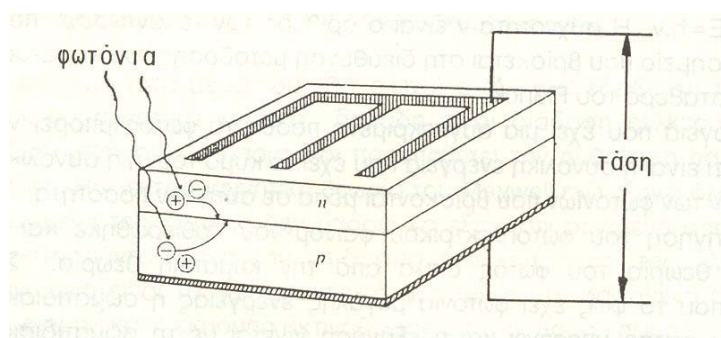
Οι δύο Θεωρίες συμπληρώνουν η μια την άλλη και αυτό φαίνεται από το ότι η ενέργεια κάθε φωτονίου είναι ανάλογη της συχνότητας που είναι μέγεθος συνδεδεμένο με τα κύματα.

Το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο που είναι η εξαγωγή ηλεκτρονίων από την επιφάνεια μετάλλου που φωτίζεται (σχήμα 5) και το φωτοβολταϊκό φαινόμενο που είναι η δημιουργία τάσης μεταξύ των δύο άκρων μιας κρυσταλλοδιόδου που φωτίζεται (σχήμα 6), εξηγούνται με τη σωματιδιακή Θεωρία. Οτι δηλαδή η ενέργεια του φωτός που προσπίπτει στο υλικό κατανέμεται σε φωτόνια και σε περίπτωση που ένα φωτόνιο συναντήσει ένα ηλεκτρόνιο στο εσωτερικό του υλικού, του δίνει όλη την ενέργεια του. Φυσικά το αποτέλεσμα όλης αυτής της διαδικασίας εξαρτάται από το είδος του υλικού και από την ενέργεια της προσπίπτουσας ακτινοβολίας που είναι ανάλογη προς τη συχνότητα της.



Σχήμα 5

Το ηλεκτρόνιο εξέρχεται από την επιφάνεια του μετάλλου αφού πάρει την ενέργεια του προσπίπτοντος φωτονίου (φωτοηλεκτρικό φαινόμενο).



Σχήμα 6

Όταν φωτόνια προσπίπτουν στην κρυσταλλοδίοδο, στα άκρα της εμφανίζεται τάση (φωτοβολταϊκό φαινόμενο).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Ηλιακή ακτινοβολία και η ένταση της

Η ηλιακή ακτινοβολία έχει ορισμένα χαρακτηριστικά τα οποία επηρεάζουν τις μεταβολές που προκαλεί στα διάφορα υλικά.

Γενικά η ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας προέρχεται από τις θερμοπυρηνικές αντιδράσεις που συμβαίνουν στο εσωτερικό του ήλιου. Σαν αποτέλεσμα των αντιδράσεων αυτών μεγάλες ποσότητες υδρογόνου μετατρέπονται σε ήλιο με τη σύγχρονη ελευθέρωση μεγάλων ποσών ενέργειας και με συνέπεια την ελάττωση της μάζας του ήλιου που συντελείται με ρυθμό 4.000.000 τόνους το δευτερόλεπτο. Σε αυτά τα ποσά ενέργειας που έφτασαν στη γη κατά το παρελθόν, οφείλεται και η δημιουργία όλων των ποσοτήτων πετρελαίου και άνθρακα που υπάρχουν στο εσωτερικό της γης.

Η ηλιακή ακτινοβολία ταξιδεύει προς τη γη με ταχύτητα 300.000 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο και μεταφέρει ενέργεια με τα κύματα (ή φωτόνια) της. Όταν γίνει φασματοσκοπική ανάλυση της ακτινοβολίας, εμφανίζονται τα διάφορα χρώματα που περιέχονται σε αυτή. Το σύνολο αυτών των χρωμάτων αποτελεί το ηλιακό φάσμα. Σε κάθε χρώμα αντιστοιχεί μια συχνότητα. Στο ένα άκρο του φάσματος υπάρχει το κόκκινο χρώμα με συχνότητα $4,3 \cdot 10^{14}$ εις την 14 ταλαντώσεις το δευτερόλεπτο και στο άλλο άκρο το ιώδες χρώμα με συχνότητα $7,5 \cdot 10^{14}$ εις την 14 ταλαντώσεις το δευτερόλεπτο.

Ο χρόνος μιας ταλάντωσης ενός σημείου που βρίσκεται στη διεύθυνση μετάδοσης του κύματος ονομάζεται περίοδος (T). Η Περίοδος για το ιώδες είναι $1,3 \cdot 10^{-15}$ δευτερόλεπτα και για το κόκκινο $2,3 \cdot 10^{-15}$ δευτερόλεπτα. Η σχέση μεταξύ συχνότητας και περιόδου είναι:

$$T = \frac{1}{\nu}$$

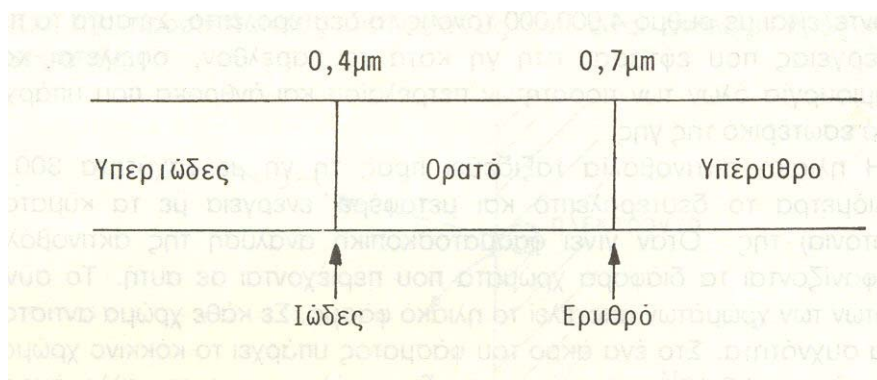
Το μήκος κύματος λ είναι η απόσταση που διανύει το κύμα μέσα στο χρόνο της περιόδου και βρίσκεται από τον Τύπο $\lambda = u \cdot T$

(Απόσταση = Ταχύτητα \times Χρόνο).

Έτσι το μήκος κύματος για το ιώδες είναι $4 \cdot 10^{-7}$ m = 0,4 μ m και το μήκος κύματος για το κόκκινο είναι $7 \cdot 10^{-7}$ μ m (1 μ m = 10^{-6} m).

Μεταξύ του κόκκινου και του ιώδους χρώματος περιλαμβάνεται το ορατό ηλιακό φάσμα που αποτελείται από όλα τα γνωστά χρώματα και περιλαμβάνει μόνο τα 44% περίπου της ηλιακής ακτινοβολίας.

Το φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας δεν περιορίζεται μεταξύ του κόκκινου και ιώδους άκρου. Αυτό σημαίνει ότι εκτός από τις ακτινοβολίες της ορατής περιοχής υπάρχουν και ακτινοβολίες αόρατες. Έτσι μετά το άκρο που βρίσκεται το κόκκινο, υπάρχει η αόρατη υπέρυθη ακτινοβολία με μήκος κύματος μεγαλύτερο των 0,7 μm , που αποτελεί το 50% περίπου της ηλιακής ακτινοβολίας. Τέλος μετά το άκρο του ιώδους χρώματος υπάρχει η αόρατη υπεριώδης ακτινοβολία, με μήκος κύματος μικρότερο των 0,4 μm , που αποτελεί το 6% περίπου της ηλιακής ακτινοβολίας. (σχήμα7).



Σχήμα 7.

Η υπέρυθη ακτινοβολία βρίσκεται στην περιοχή με μήκη κύματος μεγαλύτερα του 0,7 μm . Η υπεριώδης ακτινοβολία βρίσκεται στην περιοχή με μήκη κύματος μικρότερα του 0,4 μm .

Η ενέργεια $E_{\text{φ}}$ κάθε φωτονίου βρίσκεται, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, από τον τύπο $E_{\text{φ}} = h\nu$. Η σταθερά του Planck έχει την τιμή $6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$. Το ν είναι η συχνότητα του κύματος στο οποίο ανήκει το φωτόνιο.

Εφαρμόζοντας τον τύπο βρίσκεται ότι η ενέργεια κάθε φωτονίου του ορατού ηλιακού φάσματος κυμαίνεται μεταξύ της τιμής $2,85 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ που έχει το φωτόνιο του κόκκινου χρώματος και της τιμής $4,97 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ που έχει το φωτόνιο του ιώδους χρώματος.

Από όλες τις συχνότητες του ηλιακού φάσματος μόνο οι μεγάλες συχνότητες στις οποίες αντιστοιχούν φωτόνια μεγάλης ενέργειας είναι δυνατό να προκαλέσουν ηλεκτρικό ρεύμα σε ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο.

Οι συχνότητες αυτές αποτελούν το 75% του φάσματος. Περίπου ενώ οι υπόλοιπες δεν προκαλούν αξιοσημείωτα αποτελέσματα στα φωτοβολταϊκά στοιχεία.

Ένα μέγεθος που έχει μεγάλη σημασία για την αποτελεσματικότητα των φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Σαν ένταση B της ηλιακής ακτινοβολίας ορίζεται το ποσό της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει σε 1m^2 επιφάνειας σε 1 δευτερόλεπτο (s) με βάση τον τύπο:

$$B = \frac{E}{S \cdot t} = \frac{P}{S}$$

όπου E είναι ενέργεια και P η ισχύς που προσπίπτει στην επιφάνεια S σε χρόνο t . Η ένταση της B μετράται σε:

$$\frac{\text{J}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \quad \text{ή} \quad \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας στα διάφορα σημεία μεταξύ του ήλιου και της επιφάνειας της γης βρίσκεται από τον τύπο:

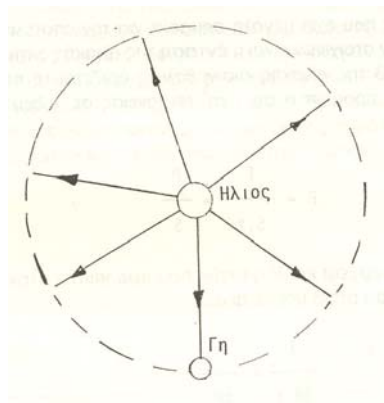
$$B_0 = \frac{E_0}{4\pi r^2 t} = \frac{P_0}{4\pi r^2}$$

όπου E_0 είναι η ολική ενέργεια που εκπέμπεται από τον ήλιο σε χρόνο t και φτάνει στην εσωτερική επιφάνεια $4\pi r^2$ νοητής σφαίρας που έχει ακτίνα r .

Η ένταση δηλαδή ελαττώνεται αντιστρόφως ανάλογα με το τετράγωνο της απόστασης από τον ήλιο. Στην αρχή της ατμόσφαιρας της γης η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι:

$$B_0 = \frac{E_0}{4\pi R^2 t} = \frac{P_0}{4\pi R^2} \quad \text{με } R \text{ η απόσταση ήλιου}$$

- γης (σχήμα 8)

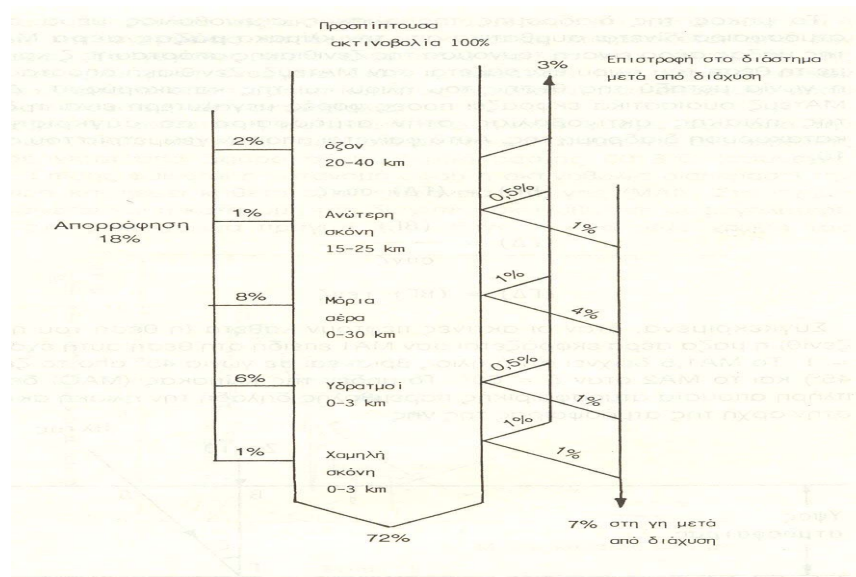


Σχήμα 8. Η ολική ενέργεια E που εκπέμπεται από τον ήλιο φθάνει την εσωτερική επιφάνεια $4\pi R^2$ νοητής σφαίρας που έχει ακτίνα R την απόσταση ήλιου γης.

Ελάττωση της έντασης συμβαίνει σε όλη τη διαδρομή της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα στην ατμόσφαιρα της γης λόγω απορρόφησης.

Όταν η ατμόσφαιρα είναι καθαρή και ο ήλιος αρκετά ψηλά ώστε οι ακτίνες να προσπίπτουν σχεδόν κάθετα στην επιφάνεια της γης, το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια απ' ευθείας είναι γύρω στα 72%. Εκτός από το ποσοστό αυτό αλλά 7% φτάνουν στην επιφάνεια μετά από διάχυση στα σωματίδια της ατμόσφαιρας. Το υπόλοιπο 18% απορροφάται από το όζον, τους υδρατμούς, τον αέρα και την σκόνη ενώ 3% επιστρέφει πίσω στο διάστημα (σχήμα9).

Φυσικά σε περίπτωση που οι ποσότητες των υδρατμών και της σκόνης είναι περισσότερες, η απορρόφηση είναι μεγαλύτερη και έτσι φτάνει μικρότερο ποσοστό από το 79% στην επιφάνεια της γης. Επίσης η απορρόφηση εξαρτάται από τη μάζα αέρα που συναντά η ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διαδρομή της προς την επιφάνεια της γης. Αυτό έχει σχέση με το μήκος της διαδρομής της μέσα στη γήινη ατμόσφαιρα που είναι άμεση συνέπεια της θέσης του ήλιου.



σχήμα 9

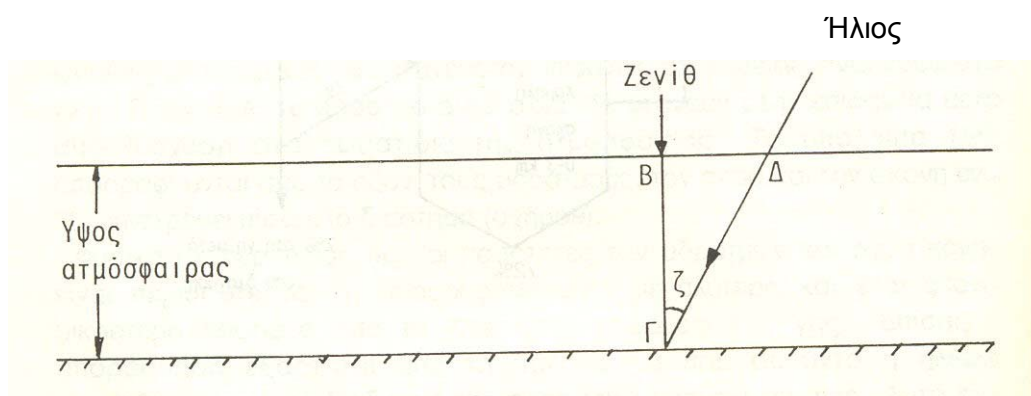
Από το σύνολο της ακτινοβολίας, στην επιφάνεια της γης φτάνει 72% απευθείας και 7% μετά από διάχυση. Το υπόλοιπο 21% χάνεται μετά από απορρόφηση 18% και διάχυση 3%.

Το μήκος της διαδρομής της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα στη γήινη ατμόσφαιρα δίνεται συμβατικά από την κλίμακα μάζας αέρα MA. Μέτρο της μάζας αέρα είναι η τέμνουσα της ζενιθιακής απόστασης (ζ) και ανάλογα με τη

Θέση του ήλιου εκφράζεται σαν ΜΑτεμζ. Ζενιθιακή απόσταση (ζ) είναι η γωνία μεταξύ της Θέσης του ήλιου και της κατακορύφου. Δηλαδή η ΜΑτεμζ ουσιαστικά εκφράζει πόσες φορές μεγαλύτερη είναι η διαδρομή της ηλιακής ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα σε σύγκριση με την κατακόρυφη διαδρομή της. Αυτό φαίνεται από την γεωμετρία του σχήματος 10.

$$\begin{aligned} (B\Gamma) &= (G\Delta) \text{ συν}\zeta \\ (G\Delta) &= \frac{(B\Gamma)}{\text{συν}\zeta} \\ (G\Delta) &= (B\Gamma) \text{ τεμ}\zeta \end{aligned}$$

Συγκεκριμένα, όταν οι ακτίνες πέφτουν κάθετα (η Θέση του ήλιου στο ζενίθ) η μάζα αέρα εκφράζεται σαν ΜΑ1 επειδή στη θέση αυτή έχουμε τεμζ = 1. Το ΜΑ 1,5 δείχνει ότι ο ήλιος βρίσκεται σε γωνία 45° από τα ζενίθ (ζ = 45° και το ΜΑ2 όταν ζ= 60°. Το μηδέν της κλίμακας (ΜΑ0) δείχνει την πλήρη απουσία ατμοσφαιρικής παρεμβολής δηλαδή την ηλιακή ακτινοβολία στην αρχή της ατμόσφαιρας της γης.

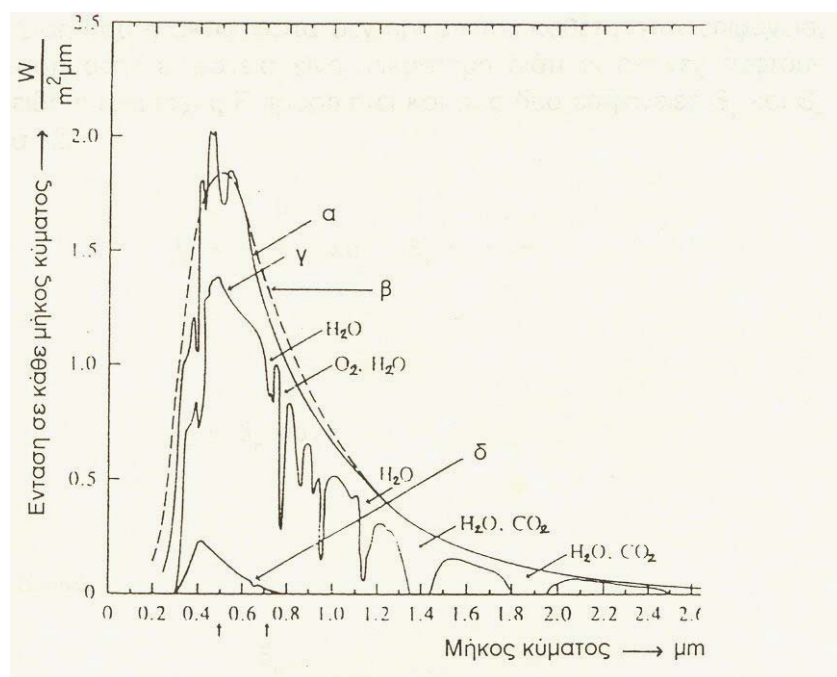


Σχήμα 10.

Η ΜΑ τεμζ εκφράζει πόσες φορές μεγαλύτερη είναι η διαδρομή της ηλιακής ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα ΓΔ από την κατακόρυφη διαδρομή της ΒΓ. Η γωνία ζ είναι η ζενιθιακή απόσταση.

Εκτός από την ένταση της ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια και η κατανομή της ενέργειας κατά μήκος κύματος επηρεάζεται από την ατμόσφαιρα. Το γεγονός αυτό είναι πολύ βασικό στη μετατροπή της ηλιακής σε ηλεκτρική ενέργεια διότι η απόδοση των φωτοβολταϊκών στοιχείων εξαρτάται από τα μήκη κύματος (χρώματα) που υπάρχουν μέσα στην προσπίπτουσα η ακτινοβολία.

Στο σχήμα 11 φαίνεται η κατανομή στο ηλιακό φάσμα έξω από την ατμόσφαιρα (MAO) που είναι παρόμοια με την κατανομή της ακτινοβολίας που προέρχεται από μαύρο σώμα Θερμοκρασίας 6016°C (ασυνεχής γραμμή). Επίσης φαίνεται η κατανομή αφού η ακτινοβολία διαπεράσει την ατμόσφαιρα και πέσει κάθετα στην επιφάνεια της γης (MA1). Στο σχήμα επίσης φαίνεται και η κατανομή της διάχυτης ακτινοβολίας με μεγαλύτερη διάχυση στο μπλε χρώμα πράγμα που εξηγεί και το μπλε χρώμα του ουρανού.



Σχήμα 11.

Καμπύλες φασματικής κατανομής.

α. ηλιακό φάσμα έξω από την ατμόσφαιρα MAO.

β. Κατανομή ακτινοβολίας από μαύρο σώμα 6016°C.

γ. MA1 η ακτινοβολία έχει διαπεράσει την ατμόσφαιρα κάθετα προς την επιφάνεια της γης.

δ. Διάχυτη ακτινοβολία.

Παρατηρείται ότι η απορρόφηση που προκάλεσε το όζον κάλυψε όλα τα μήκη κύματος μικρότερα του 0,3 μm που αποτελούν μεγάλο μέρος της υπεριώδους ακτινοβολίας. Σε περίπτωση που ο ουρανός καλύπτεται με νέφη επηρεάζεται πολύ η δίοδος και η διάχυση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Παρά το γεγονός ότι η ποσότητα υδρατμών στα σύννεφα αποτελεί μικρό ποσοστό της ολικής ποσότητας υδρατμών στην ατμόσφαιρα, η υγροποιημένη κρυσταλλική μορφή του νερού που υπάρχει στα σύννεφα προκαλεί πολύ μεγάλη απορρόφηση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Τιμές έντασης και Ολικής Ενέργειας Ηλιακής Ακτινοβολίας στην Ελλάδα

Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας σε μια επιφάνεια τοποθετημένη στην αρχή της ατμόσφαιρας της γης κάθετα στις ακτίνες θα είναι γύρω στα 1350 W/m^2 . Με την ύπαρξη όμως της ατμόσφαιρας υπάρχει απορρόφηση και ανάκλαση και έτσι η ακτινοβολία μέχρι να φτάσει στην επιφάνεια της γης διαμέσου της ατμόσφαιρας έχει ένταση γύρω στα 1000 W/m^2 σε επιφάνεια κάθετη στην ακτινοβολία. Επειδή μάλιστα η ακτινοβολία διανύει μεγαλύτερο διάστημα στην ατμόσφαιρα για να φτάσει στην επιφάνεια της γης τις πρωινές και τις απογευματινές ώρες, παθαίνει περισσότερη απορρόφηση και έτσι η τιμή της έντασης είναι μικρότερη των 1000 W/m^2 κατά τις ώρες αυτές.

Σε περίπτωση που η ακτινοβολία δεν προσπίπτει κάθετα στην επιφάνεια, τότε η ένταση στην επιφάνεια είναι μικρότερη διότι οι ακτίνες πέφτουν πλάγια. Επειδή η ίδια ισχύς P προσπίπτει και στις δύο επιφάνειες S και τότε (σχήμα 12).

$$B_{\Pi} \frac{P}{S_{\Pi}} \text{ και } B_{\kappa} \frac{P}{S_{\kappa}}$$

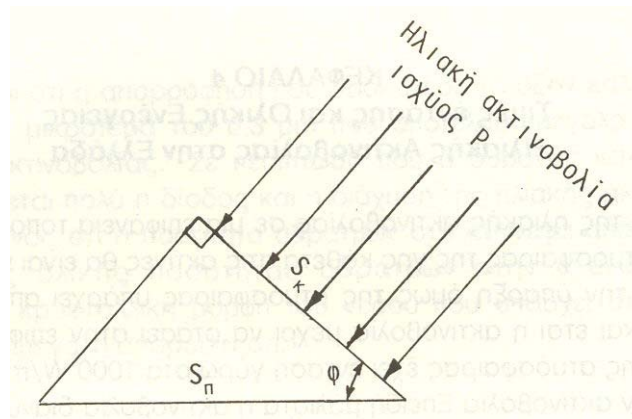
και επειδή

$$S_{\kappa} = S_{\Pi} \text{ συν}\varphi$$

Θα έχουμε τελικά

$$B_{\kappa} = \frac{B_{\Pi}}{\text{συν } \varphi}$$

Για να βρούμε δηλαδή την ένταση στην κάθετη επιφάνεια διαιρούμε την τιμή της στη πλάγια επιφάνεια με το συνημίτονο της γωνίας που σχηματίζεται μεταξύ των δύο επιφανειών.

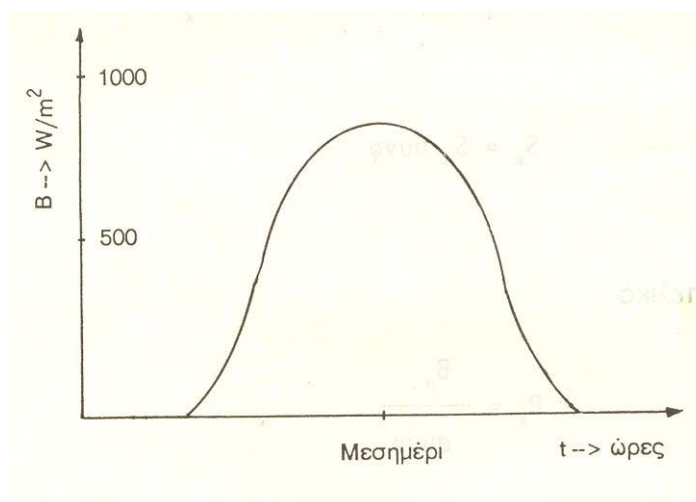


Σχήμα 12.

S_{κ} = κάθετη επιφάνεια. S_{π} = πλάγια επιφάνεια.

Η ένταση στην κάθετη επιφάνεια είναι μεγαλύτερη από αυτή στην πλάγια επιφάνεια.

Η ηλιακή ακτινοβολία παρουσιάζει μεγάλες μεταβολές κατά τη διάρκεια της ημέρας. Στο σχήμα 13 φαίνεται πως μεταβάλλεται η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται μια επιφάνεια κατά τη διάρκεια μιας ημέρας, υποθέτοντας ότι υπάρχει συνεχής ηλιοφάνεια (καθαρή μέρα). Η μέγιστη τιμή της έντασης που είναι γύρω στα 1000 W/m^2 συμβαίνει το ηλιακό μεσημέρι όταν δηλαδή ο ήλιος βρίσκεται στο Zenith (το ηλιακό μεσημέρι δεν συμπίπτει αναγκαστικά με το ωρολογιακό μεσημέρι).

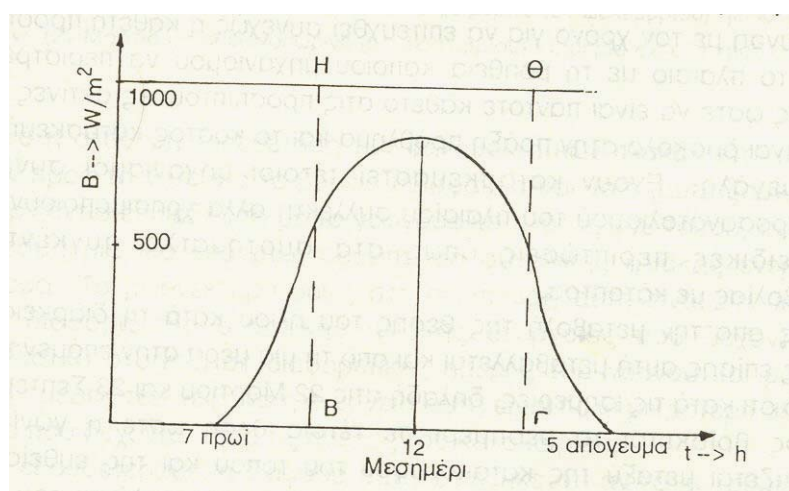


Σχήμα 13.

Μεταβολή της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται κάθετα μια επιφάνεια κατά τη διάρκεια μιας μέρας.

Ένα μέγεθος που ορίζεται ώστε να αποτελεί μέτρο της ηλιακής ενέργειας που δέχεται μια περιοχή είναι ο ισοδύναμος αριθμός ωρών. Είναι ο αριθμός των ωρών που θα έπρεπε να υπάρχει συνεχώς ακτινοβολία έντασης 1000 W/m^2 ώστε η συνολική ενέργεια να είναι ίση με την ενέργεια που δέχθηκε η κάθετη επιφάνεια σε όλη τη διάρκεια της ημέρας.

Το σχήμα 14 δείχνει ένα παράδειγμα μεταβολής της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας B κατά τη διάρκεια μιας μέρας του Γενάρη από τις 7 το πρωί μέχρι τις 5 το απόγευμα και όταν υπάρχει συνεχής ηλιοφάνεια. Το εμβαδόν που περιλαμβάνεται μεταξύ της καμπύλης και του άξονα t παριστάνει την ολική ενέργεια ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας κάθετης στις ακτίνες. Αλλά και το εμβαδόν του ορθογώνιου $B\Gamma\Theta K$, που είναι ίσο με το προηγούμενο, παριστάνει την ολική ενέργεια ανά m^2 επιφάνειας κάθετης στις ακτίνες. Κατά συνέπεια ο χρόνος $B\Gamma$ σε ώρες δίνει τον ισοδύναμο αριθμό ωρών.



Σχήμα 14.

Παράδειγμα μεταβολής της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας B κατά τη διάρκεια μίας μέρας του Γενάρη από τις 7 Το πρωί μέχρι τις 5 το απόγευμα. Ο χρόνος $B\Gamma$ σε ώρες παριστάνει τον ισοδύναμο αριθμό ωρών.

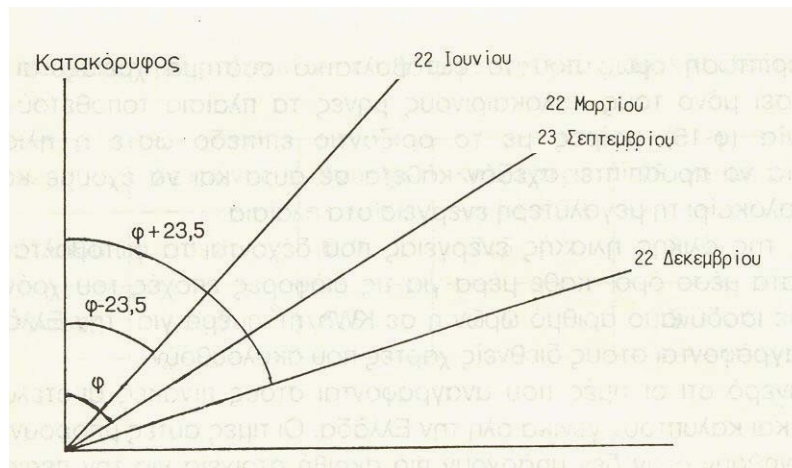
Επειδή η ένταση και η ολική ενέργεια μεταβάλλεται μέρα με τη μέρα ένα πιο αντιπροσωπευτικό μέγεθος είναι ο ισοδύναμος αριθμός ωρών για κάθε εποχή του έτους. Το μέγεθος αυτό δίνει το σύνολο των ωρών που θα έπρεπε να υπάρχει συνεχώς ακτινοβολία 1000 W/m^2 ώστε η συνολική ενέργεια να είναι ίση με την ενέργεια που δέχθηκε η περιοχή σε όλη τη διάρκεια της εποχής. Άλλωστε η ενέργεια μπορεί να αποθηκευτεί κατά τις μέρες μεγάλης ηλιοφάνειας και να δοθεί στον καταναλωτή τις μέρες που υπάρχει μικρή ή που δεν υπάρχει καθόλου ηλιοφάνεια.

Η συνολική ενέργεια που δέχεται ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο εξαρτάται από την ένταση B σε κάθετη επιφάνεια, τον προσανατολισμό του πλαισίου που καθορίζεται από την γωνία φ μεταξύ του πλαισίου και της επιφάνειας που είναι κάθετη στην ακτινοβολία, το εμβαδό S του πλαισίου και τον χρόνο t σύμφωνα με τον τύπο

$$E = B S t \sin\varphi$$

Αν οι ηλιακές ακτίνες προσπίπτουν συνεχώς κάθετα στο πλαίσιο σε όλη τη διάρκεια της ημέρας τότε $\varphi=0$, $\sin\varphi=1$ και η συνολική ενέργεια που δέχεται το πλαίσιο είναι μέγιστη. Επειδή οι ηλιακές ακτίνες αλλάζουν κατεύθυνση με τον χρόνο για να επιτευχθεί συνεχώς η κάθετη πρόσπτωση πρέπει το πλαίσιο με τη βοήθεια κάποιου μηχανισμού να περιστρέφεται συνεχώς ώστε να είναι πάντοτε κάθετο στις προσπίπτουσες ακτίνες. Αυτό όμως είναι δύσκολο στην πράξη πρόβλημα και το κόστος κατασκευής του πολύ μεγάλο. Έχουν κατασκευαστεί τέτοιοι μηχανισμοί συνεχούς επαναπροσανατολισμού του πλαισίου συλλέκτη αλλά χρησιμοποιούνται σε πολύ ειδικές περιπτώσεις όπως στα συστήματα συγκέντρωσης ακτινοβολίας με κάτοπτρα.

Εκτός από την μεταβολή της θέσης του ήλιου κατά τη διάρκεια μιας ημέρας επίσης αυτή μεταβάλλεται και από τη μια μέρα στην επόμενη. Είναι γνωστό ότι κατά τις ισημερίες, δηλαδή στις 22 Μαρτίου και 23 Σεπτεμβρίου ο ήλιος βρίσκεται το μεσημέρι σε τέτοια θέση ώστε η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της κατακορύφου του τόπου και της ευθείας που ενώνει τον τόπο με τον ήλιο, είναι ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου. Μετά τις 23 Σεπτεμβρίου με την πάροδο των ημερών η γωνία αυτή αυξάνεται επειδή ο ήλιος κατεβαίνει χαμηλότερα και τέλος κατά τις 22 Δεκεμβρίου ο ήλιος έχει τη χαμηλότερη θέση και η γωνία αυξάνεται κατά 23,5 μοίρες. Μετά τις 22 Δεκεμβρίου ο ήλιος ανεβαίνει πάλι ψηλότερα και στις 22 Μαρτίου η γωνία γίνεται πάλι ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου. Μετά τις 22 Μαρτίου ο ήλιος συνεχίζει να ανεβαίνει ψηλότερα και η γωνία μικραίνει σταδιακά μέχρι τις 22 Ιουνίου οπότε γίνεται 23,5 μοίρες μικρότερη από το γεωγραφικό πλάτος. (σχήμα 15)



Σχήμα 15.

Η Θέση του ήλιου στο Θερινό (21 Ιουνίου) και το χειμερινό (21 Δεκεμβρίου) ηλιοστάσιο και στη εαρινή (21 Μαρτίου) και φθινοπωρινή (21 Δεκεμβρίου) ισημερία σε ένα τόπο με γεωγρ. πλάτος φ .

Γι αυτό η σταθερή τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών πλακών έτσι που να βλέπουν προς το νότο για το βόρειο ημισφαίριο και να σχηματίζουν γωνία με το οριζόντιο επίπεδο ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, έχει σαν αποτέλεσμα μια ικανοποιητική πρόσπτωση συνολικής ηλιακής ενέργειας κάθε μέρα. Το μειονέκτημα όμως στη περίπτωση αυτή είναι ότι υπάρχει μεγάλη διαφορά της συνολικής ηλιακής ενέργειας που δέχονται τα φωτοβολταϊκά στοιχεία σε διαφορετικές ημέρες του χρόνου και μάλιστα κατά τις ημέρες του χειμώνα η ενέργεια αυτή είναι πολύ μικρότερη από την ενέργεια που δέχονται κατά τις ημέρες του καλοκαιριού.

Για να εξουδετερωθεί η διαφορά αυτή, βρέθηκε ότι αν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια τοποθετηθούν έτσι ώστε να σχηματίζουν γωνία με το οριζόντιο επίπεδο ίση με $(\varphi + 15)$ μοίρες (φ το γεωγραφικό πλάτος του τόπου) η συνολική ηλιακή ενέργεια που απορροφάται από τα πλαίσια γίνεται μεγαλύτερη τον Χειμώνα και μικρότερη το Καλοκαίρι με αποτέλεσμα να υπάρχει σχεδόν σταθερότητα για όλη τη διάρκεια του έτους.

Δηλαδή η μικρότερη ηλιοφάνεια κατά τις χειμερινές μέρες αντισταθμίζεται με την πιο κάθετη τοποθέτηση των πλαισίων προς τις ηλιακές ακτίνες και η μεγάλη ηλιοφάνεια κατά τις καλοκαιρινές μέρες δίνει λιγότερη ηλιακή ενέργεια με την πιο πλάγια τοποθέτηση τους στις ηλιακές ακτίνες. Έτσι πρακτικά η ηλιακή ενέργεια που δέχονται τα πλαίσια το χειμώνα είναι ίση περίπου με εκείνη που δέχονται το καλοκαίρι. Επί πλέον η ενέργεια αυτή είναι ίση περίπου με εκείνη που δέχονται τα πλαίσια την άνοιξη και το φθινόπωρο και έτσι διατηρείται η σταθερότητα για όλο τον χρόνο.

Στην περίπτωση όμως που το φωτοβολταϊκό σύστημα χρειάζεται να λειτουργήσει μόνο τους καλοκαιρινούς μήνες τα πλαίσια τοποθετούνται κατά γωνία ($\varphi-15$) μοίρες με το οριζόντιο επίπεδο ώστε η ηλιακή ακτινοβολία να προσπίπτει σχεδόν κάθετα σε αυτά και να έχουμε κάθε μέρα το καλοκαίρι τη μεγαλύτερη ενέργεια στα πλαίσια.

Οι τιμές της ολικής ηλιακής ενέργειας που δέχονται τα φωτοβολταϊκά πλαίσια κατά μέσο όρο κάθε μέρα για τις διάφορες εποχές του χρόνου δίνονται σε ισοδύναμο αριθμό ωρών η σε KWh/m^2 για την Ελλάδα όπως καταγράφονται στους διεθνείς χάρτες.

Είναι φανερό ότι οι τιμές που αναγράφονται στους πίνακες αποτελούν μέσο όρο και καλύπτουν γενικά όλη την Ελλάδα. Οι τιμές αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν όταν δεν υπάρχουν πιο ακριβή στοιχεία για την περιοχή που θα εγκατασταθεί το φωτοβολταϊκό σύστημα. Τέτοια στοιχεία παρέχονται από τους κοντινούς μετεωρολογικούς σταθμούς ή άλλα αρμόδια τμήματα του κράτους.

Μέση Ολική ηλιακή ενέργεια σε KWh/m^2 ή σε ισοδύναμο αριθμό ωρών κατά τις διάφορες εποχές.

Προσανατολισμός πλαισίων κατά φ (φ γεωγραφικό πλάτος).

Χώρα	Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
Ελλάδα	3	5,5	6,5	4
Κύπρος	4	6	7	6

Προσανατολισμός πλαισίων κατά $\varphi+15$ (φ γεωγραφικά πλάτος).

Χώρα	Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
Ελλάδα	3,5	5,0	5,5	4,5
Κύπρος	4,5	5,5	6	5

Προσανατολισμός πλαισίων κατά $\varphi-15$ (φ γεωγραφικά πλάτος).

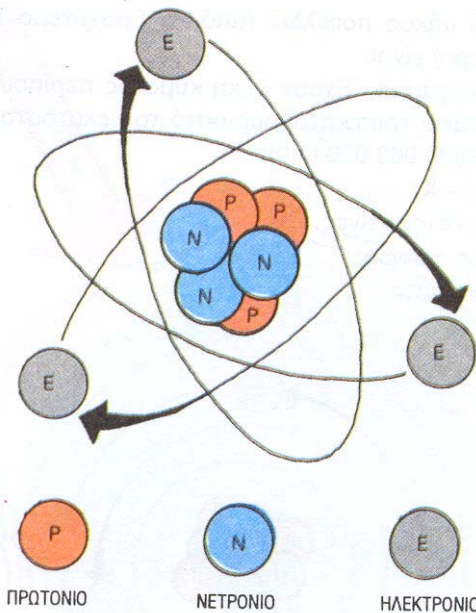
Χώρα	Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
Ελλάδα	3,0	6,0	7,5	4,5
Κύπρος	3,5	6,5	7,5	5

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Ατομική και Κρυσταλλική Δομή της Ύλης

Κάθε στοιχείο από αυτά που υπάρχουν στη φύση χαρακτηρίζεται από διαφορετική ατομική δομή. Για παράδειγμα το αλουμίνιο διαφέρει από το χαλκό γιατί η δομή του ατόμου του πρώτου στοιχείου είναι διαφορετική από αυτή του ατόμου του δεύτερου.

Ως προς τη δομή του, το άτομο μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται από ένα θετικά φορτισμένο πυρήνα, γύρω από τον οποίο περιφέρονται τα ηλεκτρόνια που είναι φορτισμένα αρνητικά (σχήμα 16).



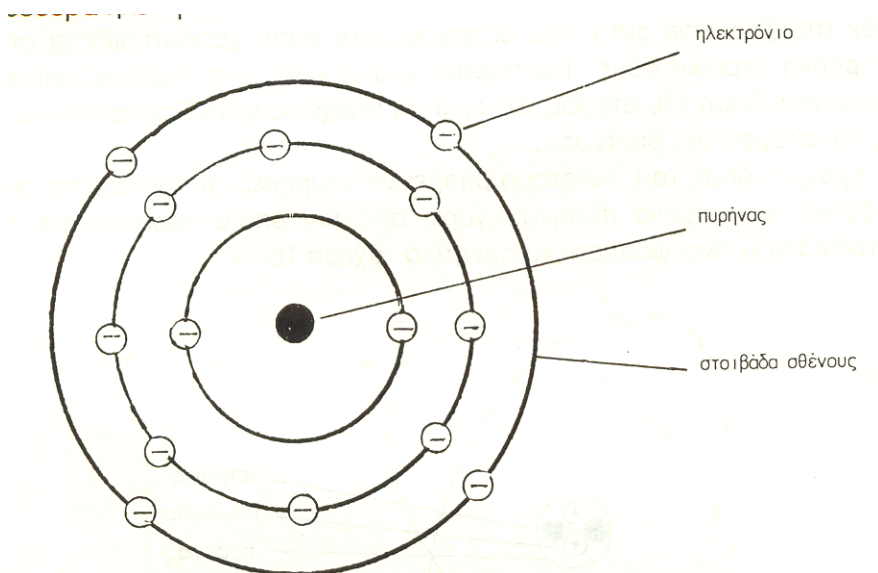
Σχ. 10-3. Το άτομο έχει έναν πυρήνα (στο κέντρο του) που αποτελείται από σωματίδια, που λέγονται πρωτόνια και νετρόνια. Γύρω από αυτόν τον πυρήνα περιστρέφονται συνεχώς πολλά ηλεκτρόνια.

Σχήμα 16

Το άτομο αποτελείται από τον πυρήνα και τα ηλεκτρόνια που περιφέρονται γύρω από αυτόν. Ο πυρήνας δεν είναι ένα απλό σωματίδιο αποτελείται από τα θετικά πρωτόνια και τα ουδέτερα νετρόνια. Τα άτομα είναι ηλεκτρικώς ουδέτερα πράγμα που σημαίνει ότι ο αριθμός των πρωτονίων του πυρήνα είναι ίσος με τον αριθμό των ηλεκτρονίων.

Τα ηλεκτρόνια που περιφέρονται γύρω από τον πυρήνα βρίσκονται (διατάσσονται) σε στιβάδες. Η εξωτερική στιβάδα των ηλεκτρονίων ονομάζεται στιβάδα σθένους (σχήμα 17), και είναι τα ηλεκτρόνια της

στοιβάδας αυτής (ηλεκτρόνια σθένους) που επηρεάζουν την αγωγιμότητα του ηλεκτρικού ρεύματος. Αν λόγω κάποιου εξωτερικού αιτίου (π.χ. θέρμανσης ή ακτινοβολίας), κάποια ηλεκτρόνια σθένους αποκτήσουν αρκετή ενέργεια για να ξεφύγουν από την έλξη του πυρήνα, μεταπηδούν στη στοιβάδα αγωγιμότητας που είναι στοιβάδα μεγαλύτερης ενέργειας. Τα ηλεκτρόνια αυτά κινούνται άτακτα μεταξύ των ατόμων και λέγονται ελεύθερα ηλεκτρόνια.



Σχήμα 17.

Το άτομο του Πυριτίου.

Με κριτήριο την ηλεκτρική αγωγιμότητα τα στοιχεία χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες.

α) **Καλοί αγωγοί.** Τα στοιχεία που είναι καλοί αγωγοί έχουν άτομα με ένα ή δύο ηλεκτρόνια στη στοιβάδα σθένους τα οποία μπορούν να ελευθερωθούν στη στοιβάδα αγωγιμότητας και να κινούνται στο χώρο μεταξύ των ατόμων. Αυτά είναι τα ηλεκτρόνια (ελεύθερα ηλεκτρόνια) που συνεισφέρουν στο ηλεκτρικό ρεύμα που δημιουργείται στα μέταλλα.

β) **Μονωτές.** Τα στοιχεία που ανήκουν στην κατηγορία αυτή έχουν άτομα με 6 ή 7 ηλεκτρόνια στη στοιβάδα σθένους. Τα ηλεκτρόνια αυτά παραμένουν δέσμια στο άτομο και έτσι δεν μπορούν να συνεισφέρουν στο ηλεκτρικό ρεύμα.

γ) **Ημιαγωγοί.** Είναι στοιχεία που βρίσκονται από πλευράς ηλεκτρικής αγωγιμότητας μεταξύ καλών αγωγών και μονωτών. Τα άτομα τους έχουν 3, 4

ή 5 ηλεκτρόνια στην στοιβάδα σθένους και γι' αυτό μπορούν να συνεισφέρουν κατά μικρά μεταβλητά ποσά στο ηλεκτρικό ρεύμα ανάλογα με τα αίτια που το προκαλούν.

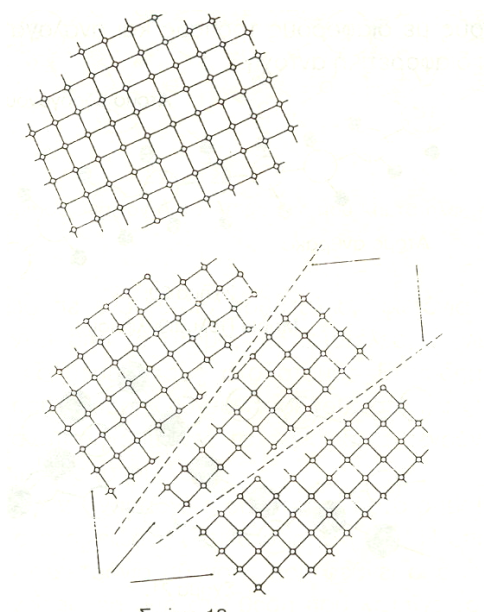
Οι ημιαγωγοί είναι τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των ηλεκτρονικών υπολογιστών, των φωτοανιχνευτών και στα υπό μελέτη φωτοβολταϊκά στοιχεία.

Σε όλα τα στερεά τα άτομα έχουν καθορισμένες θέσεις και ταλαντεύονται λίγο, ανάλογα με την ενέργεια που τους έχει δοθεί. Γι αυτό, τα στερεά έχουν καθορισμένο σχήμα το οποίο πολύ δύσκολα μπορεί να μεταβληθεί. Ο τρόπος με τον οποίο συμπεριφέρονται τα στερεά εξαρτάται από την εσωτερική δομή των ατόμων τους και τον τρόπο που συγκρατούνται τα άτομα μεταξύ τους. Διακρίνονται τρεις κατηγορίες στερεών ανάλογα με την δομή τους.

α) Κρυσταλλικά και Πολυκρυσταλλικά στερεά.

Στην κρυσταλλική δομή υπάρχει κανονικότητα και τα άτομα κατέχουν ορισμένες θέσεις στο χώρο ώστε να σχηματίζουν κρύσταλλο γεωμετρικού σχήματος όπως για παράδειγμα είναι το κρυσταλλικό πυρίτιο.

Στη πολυκρυσταλλική δομή υπάρχουν πολλοί μικροί κρύσταλλοι προσανατολισμένοι κατά διαφορετικές διευθύνσεις όπως για παράδειγμα είναι τα μέταλλα και το πολυκρυσταλλικό πυρίτιο (σχήμα 18).

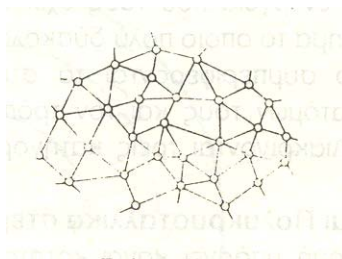


Σχήμα 18.

Κρυσταλλική και πολυκρυσταλλική δομή στο πυρίτιο.

β) Άμορφα στερεά

Στα στερεά αυτά δεν υπάρχει κανονική εσωτερική δομή και παρομοιάζονται με υγρά που έχουν πολύ μεγάλη εσωτερική τριβή ώστε να μη κινούνται σχεδόν καθόλου όπως για παράδειγμα είναι το γυαλί και το άμορφο πυρίτιο (σχήμα 19).

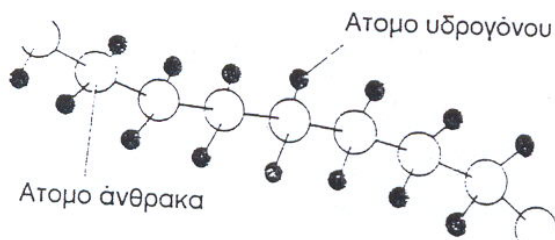


Σχήμα 19

Θέσεις ατόμων στο άμορφο πυρίτιο.

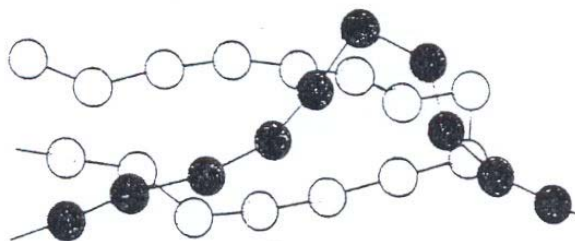
γ) Πολυμερή στερεά

Στα στερεά αυτά τα μόρια σχηματίζουν μεγάλες αλυσίδες και κάθε μια περιέχει πολύ μεγάλο αριθμό ατόμων που μπορεί να φθάσουν και στα 10.000. Παράδειγμα τέτοιων μορίων είναι το πολυαιθυλένιο (σχήμα 20) και το λάστιχο (σχήμα 21). Οι αλυσίδες των μορίων συγκρατούνται μεταξύ τους με διάφορους τρόπους και ανάλογα με τη σύνδεση τους έχουν και διαφορετική αντοχή.



Σχήμα 20.

Μόριο πολυαιθυλενίου.



Σχήμα 21.

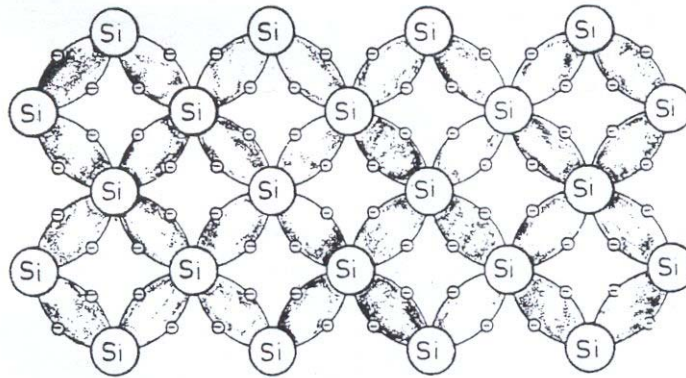
Στο λάστιχο τα άτομα του άνθρακα σχηματίζουν μεγάλες αλυσίδες που μπλέκονται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Ημιαγωγοί Φωτοβολταϊκών στοιχείων

Το πυρίτιο, που έχει άτομα με 4 ηλεκτρόνια στην εξωτερική στοιβάδα, ικανοποιεί την απαραίτητη προϋπόθεση για ημιαγωγιμότητα στο ηλεκτρικό ρεύμα και είναι το υλικό που χρησιμοποιείται στην κατασκευή των φωτοβολταϊκών στοιχείων που έχουν τη μεγαλύτερη εμπορική κατανάλωση.

Σε ένα κρύσταλλο πυριτίου κάθε άτομο έχει γύρω του 4 άλλα άτομα που συγκρατούνται με το κεντρικό άτομο με 4 ζεύγη ηλεκτρονίων (4 δεσμοί). Έτσι το κεντρικό άτομο έχει στην εξωτερική του στοιβάδα τη σταθερή δομή των 8 ηλεκτρονίων (σχήμα 22).



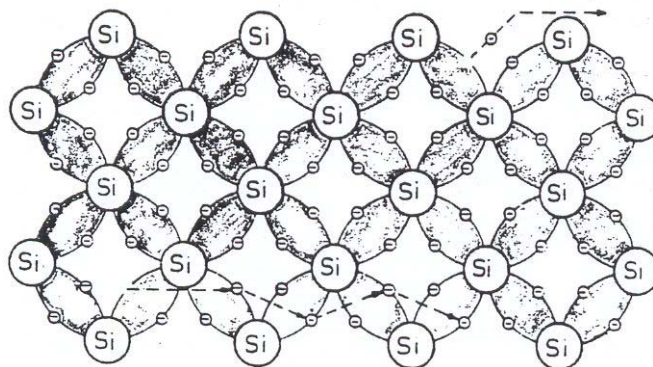
Σχήμα 22

Κρυσταλλική δομή του Πυριτίου. Φαίνονται τα άτομα πυριτίου και τα ηλεκτρόνια σθένους στους δεσμούς.

Όταν προσπίπτει φως σε ένα τέτοιο κρύσταλλο, φωτόνια κατάλληλης ενέργειας απορροφώνται από τα άτομα, με αποτέλεσμα ηλεκτρόνια να απομακρυνθούν από τις θέσεις τους στο άτομο. Έτσι δημιουργούνται ελεύθερα ηλεκτρόνια που μπορούν να συνεισφέρουν στο ηλεκτρικό ρεύμα. Οι θέσεις που κατείχαν προηγουμένως τα ηλεκτρόνια μένουν προσωρινά κενές και ονομάζονται **οπές** (σχήμα 23).

Τα άτομα των ημιαγωγών είναι αρχικά ουδέτερα. Αυτό σημαίνει ότι κάθε οπή ισοδυναμεί με ένα στοιχειώδες θετικό φορτίο (+e). Η οπή μπορεί να συμπληρωθεί από ένα ηλεκτρόνιο σθένους που φεύγει από ένα γειτονικό άτομο.

Τότε δημιουργείται νέα οπή στη θέση που κατείχε το ηλεκτρόνιο αυτό. Η νέα οπή συμπληρώνεται από άλλο γειτονικό ηλεκτρόνιο αφήνοντας πάλι νέα οπή και ο μηχανισμός αυτός συνεχίζεται απεριόριστα (23)

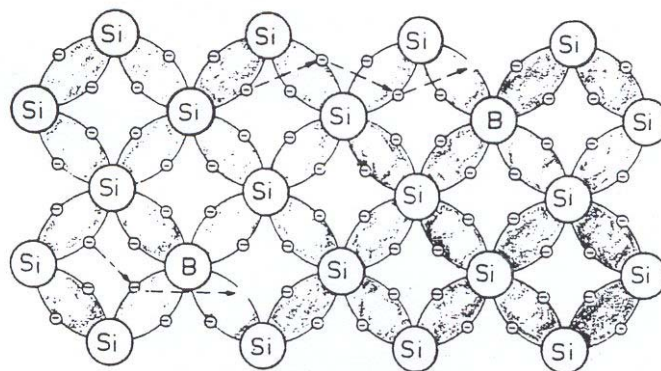


Σχήμα 23.

Μηχανισμός δημιουργίας ελευθέρων ηλεκτρονίων και οπών. Πάνω φαίνεται η ελευθέρωση ενός ηλεκτρονίου από ένα δεσμό. Κάτω ένα ηλεκτρόνιο μετακινείται προς τα δεξιά με αποτέλεσμα τη μετατόπιση μιας οπής προς τα αριστερά.

Εάν στα άκρα του ημιαγωγού εφαρμοστεί μια τάση, τότε δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο υπό την επίδραση του οποίου τα ελεύθερα ηλεκτρόνια και οι θετικές οπές κινούνται με αντίθετη φορά. Η αγωγιμότητα δηλαδή των ημιαγωγών οφείλεται και στα ελεύθερα ηλεκτρόνια και στις θετικές οπές. Για να δημιουργηθούν περισσότερες οπές ή περισσότερα ηλεκτρόνια, ενσωματώνονται ανάλογα στον κρύσταλλο του πυριτίου ίχνη διαφόρων άλλων στοιχείων.

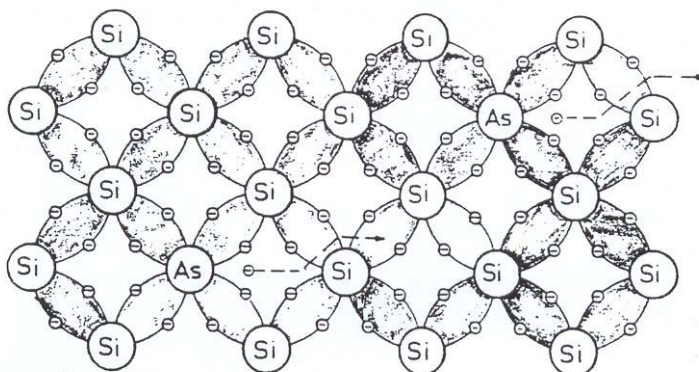
Για παράδειγμα όταν εισαχθεί στο τετρασθενές πυρίτιο μικρή ποσότητα τρισθενούς στοιχείου όπως είναι το Βόριο (B), τα τρία ηλεκτρόνια σθένους κάθε ατόμου Βορίου δημιουργούν δεσμούς με τα τρία μόνο από τα τέσσερα άτομα πυριτίου που το περιβάλλουν. Έτσι δημιουργούνται κενές θέσεις ηλεκτρονίων στους δεσμούς, δηλαδή οπές. Τέτοια είναι η περίπτωση του P-πυριτίου με πλειονότητα οπών. (σχήμα24).



Σχήμα 24.

Με την εισαγωγή του τρισθενούς Βορίου στο τετρασθενές Πυρίτιο σχηματίζεται το Πυρίτιο τύπου ρ με πλειονότητα οπών.

Στην περίπτωση που εισαχθεί πεντασθενές στοιχείο όπως είναι το Αρσενικό (As) τα τέσσερα από τα πέντε ηλεκτρόνια σθένους κάθε ατόμου (As) σχηματίζουν δεσμούς με ηλεκτρόνια σθένους των γειτονικών ατόμων πυριτίου. Το πέμπτο ηλεκτρόνιο που περισσεύει συμπεριφέρεται σαν ελεύθερο ηλεκτρόνιο. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται το η-πυρίτιο με πλειονότητα ηλεκτρονίων. (σχήμα 25).



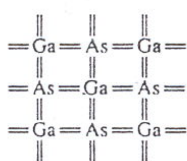
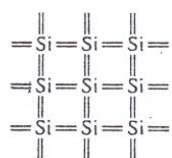
Σχήμα 25.

Με την εισαγωγή του πεντασθενούς Αρσενικού στο τετρασθενές Πυρίτιο σχηματίζεται το Πυρίτιο τύπου η με πλειονότητα ηλεκτρονίων.

Το φωτοβολταϊκό στοιχείο πυριτίου αποτελείται από δύο στρώματα, το ένα η-πυριτίου και το άλλο ρ-πυριτίου που ενωμένα μεταξύ τους αποτελούν την **κρυσταλλοδίοδο**. Το στρώμα του η-πυριτίου είναι πολύ λεπτότερο του στρώματος ρ-πυριτίου. Το πάχος όλου του φωτοβολταϊκού στοιχείου πυριτίου είναι περίπου 0,25 χιλιοστά και το στρώμα του η-πυριτίου καταλαμβάνει πάχος μόνο μερικών χιλιοστών του χιλιοστομέτρου.

Ένα άλλο φωτοβολταϊκό στοιχείο είναι εκείνο του αρσενιούχου γαλλίου GaAs που έχει όμως περιορισμένη εμπορική κατανάλωση. Και σε αυτό το φ/β στοιχείο υπάρχουν τα στρώματα η-αρσενιούχου γαλλίου και ρ-αρσενιούχου γαλλίου ενωμένο μεταξύ τους.

Το Γάλλιο είναι τρισθενές στοιχείο, το Αρσενικό είναι πεντασθενές στοιχείο και η ένωσή τους GaAs έχει δομή παρόμοια με εκείνη του πυριτίου (σχήμα 26).



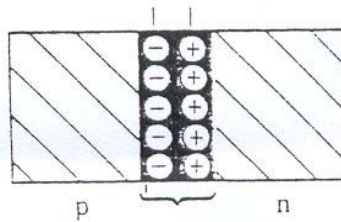
Σχήμα 26.

Η δομή του GaAs είναι ίδια με τη δομή του Πυριτίου

Για να δημιουργηθεί το n-GaAs ενσωματώνονται ίχνη του εξασθενούς θείου (8) του οποίου άτομα αντικαθιστούν άτομα As με αποτέλεσμα στον κρύσταλλο να δημιουργηθεί πλειονότητα ελευθέρων ηλεκτρονίων. Στο ρ- GaAs έχουν εισαχθεί ίχνη του δισθενούς Τελλουρίου (Te) του οποίου άτομα έχουν αντικαταστήσει άτομα Ga με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί πλειονότητα οπών.

Άλλος τρόπος κατασκευής του κατάλληλου τύπου ημιαγωγού GaAs είναι με την εισαγωγή στον κρύσταλλο GaAs μικρής ποσότητας πυριτίου σε κατάλληλη θερμοκρασία. Ανάλογα με τη θερμοκρασία στην οποία γίνεται η εισαγωγή του πυριτίου στο GaAs, τα άτομα πυριτίου μπορούν να αντικαταστήσουν ή άτομα Γαλλίου ή άτομα Αρσενικού και να σχηματιστεί στη μια περίπτωση ημιαγωγός τύπου η και στην άλλη ημιαγωγός τύπου ρ.

Η εμφάνιση ρεύματος σε ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο που φωτίζεται καθίσταται δυνατή λόγω της παρουσίας στατικού ηλεκτρικού φορτίου που εμφανίζεται μόλις υπάρξει επαφή μεταξύ η-στρώματος και ρ-στρώματος. Αυτή η περιοχή φορτίου που έχει πάχος μόνο μερικών ατόμων ονομάζεται φραγμός, διότι παρουσιάζει αντίσταση στα διερχόμενα ηλεκτρόνια και διαρκεί όλο το χρόνο ζωής του φωτοβολταϊκού στοιχείου (σχήμα 27).



Σχήμα 27.

Η περιοχή γύρω από τη διαχωριστική επιφάνεια των στρωμάτων p και n έχει ακίνητα αρνητικά ιόντα στο p -στρώμα και ακίνητα θετικά ιόντα στο n -στρώμα. Αυτό δημιουργεί φραγμό δυναμικού για τις οπές που κινούνται προς το n -στρώμα και για τα ηλεκτρόνια που κινούνται προς p -στρώμα.

Η λειτουργικότητα του φραγμού οφείλεται στο γεγονός ότι δεν παρουσιάζει την ίδια αντίσταση σε όλα τα ελεύθερα ηλεκτρόνια που εμφανίζονται σαν αποτέλεσμα της απορρόφησης φωτονίων ηλιακού φωτός που προσπίπτει στο φωτοβολταϊκό στοιχείο. Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι από την αρχή στο n -στρώμα υπάρχει μεγάλος αριθμός ελευθέρων ηλεκτρονίων και πολύ μικρός αριθμός οπών.

Λόγω του μεγάλου αριθμού ηλεκτρονίων στο στρώμα αυτό εμποδίζεται η κίνησή τους και έτσι κινούνται με μικρές ταχύτητες. Στο p -στρώμα όμως υπάρχουν λιγότερα ηλεκτρόνια και εφόσον εμποδίζονται λιγότερο στην κίνησή τους έχουν μεγαλύτερες ταχύτητες. Εκείνα τα ηλεκτρόνια στο p -στρώμα που έχουν τη μεγαλύτερη ταχύτητα καταφέρνουν να περάσουν την αντίσταση του φραγμού, ενώ τα ηλεκτρόνια του n -στρώματος απωθούνται από τον φραγμό και εμποδίζονται να τον περάσουν.

Η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στην εξωτερική επιφάνεια του n -στρώματος σε μικρό χρονικό διάστημα, γεμίζει τη περιοχή με τόσα πολλά ελεύθερα ηλεκτρόνια ώστε μεταξύ των επιφανειών των δύο στρωμάτων δημιουργείται μια τάση έτοιμη να δώσει ρεύμα.

Αν συνδεθεί εξωτερικά μια αντίσταση (καταναλωτής) μεταξύ της εξωτερικής επιφάνειας του p -στρώματος και της εξωτερικής του n -στρώματος, τότε αρχίζει να ρέει ηλεκτρικό ρεύμα, διότι ηλεκτρόνια από την επιφάνεια του n -στρώματος επιστρέφουν δια μέσου της αντίστασης στο p -στρώμα και από εκεί περνούν εύκολα το φραγμό προς το n -στρώμα.

Συνεπώς παρατηρούμε ότι η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στο n -στρώμα, με την ενέργεια των φωτονίων της δίνει ενέργεια στα ηλεκτρόνια που ελευθερώνονται και στη συνέχεια μαζεύονται στην επιφάνεια του n -στρώματος

από την οποία φεύγουν διατρέχοντας το ηλεκτρικό κύκλωμα με την αντίσταση που περιέχει. Το ηλεκτρικό ρεύμα των ηλεκτρονίων δίνει όλη την ενέργεια στην αντίσταση προτού επιστρέψει πάλι στην άλλη πλευρά του φωτοβολταϊκού στοιχείου για να επαναληφθεί η ίδια διαδικασία. Και όλα αυτά γίνονται χωρίς καμιά αλλοίωση ή μεταβολή στη δομή του ημιαγωγού.

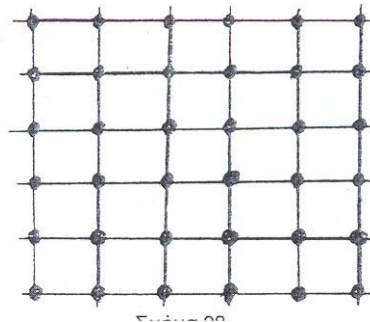
Η τάση που δημιουργείται σε ένα στοιχείο πυριτίου είναι περίπου 0,5 V και δεν μεταβάλλεται με το εμβαδό του στοιχείου, ενώ η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος εξαρτάται από το εμβαδό του στοιχείου και από την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε αυτό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

Το στοιχείο που χρησιμοποιείται στην κατασκευή φ/β στοιχείων ευρείας κατανάλωσης είναι το πυρίτιο σε όλες τις μορφές του κρυσταλλικό, πολυκρυσταλλικό και άμορφο.

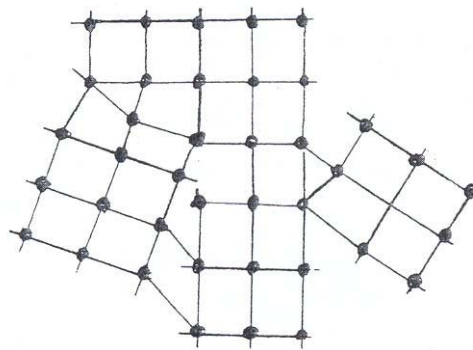
Στο κρυσταλλικό πυρίτιο τα άτομα είναι τοποθετημένα σε ορισμένη κανονική δομή που επαναλαμβάνεται σε όλο το στερεό. (σχήμα 28)



Σχήμα 28.

Στο κρυσταλλικό Πυρίτιο τα άτομο είναι τοποθετημένα σε ορισμένη κανονική δομή.

Στο πολυκρυσταλλικό πυρίτιο η κρυσταλλική δομή δεν είναι η ίδια σε όλο το στερεό αλλά παίρνει διαφορετικό προσανατολισμό σε διάφορες περιοχές του στερεού που χωρίζονται μεταξύ τους με συγκεκριμένες νοητές γραμμές. (σχήμα 29).



Σχήμα 29.

Στο πολυκρυσταλλικό πυρίτιο η κρυσταλλική δομή παίρνει διαφορετικό προσανατολισμό στις διάφορες περιοχές του στερεού.

Στο άμορφο πυρίτιο τα άτομα καταλαμβάνουν τυχαίες θέσεις και η δομή του είναι εντελώς ακανόνιστη. (σχήμα 30).



Σχήμα 30

Η δομή του άμορφου πυριτίου είναι εντελώς ακανόνιστη.

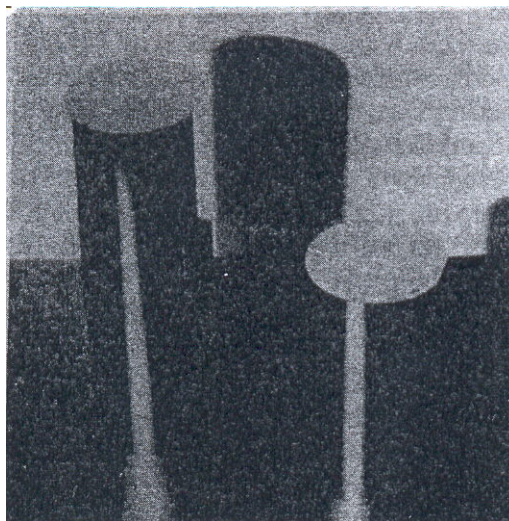
Γενικά ακολουθούνται τέσσερα στάδια κατά την κατασκευή φ/β στοιχείων πυριτίου και πλαισίων. Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει την κατασκευή των κρυστάλλων, πολυκρυστάλλων ή άμορφου πυριτίου. Ακολουθεί η αποκοπή ή σχηματισμός λεπτών στρωμάτων από τα υλικά αυτά και η εισαγωγή σε αυτά μικρών ποσοτήτων άλλων στοιχείων (προσμίξεις) για να σχηματιστεί το η-πυρίτιο ή ρ-πυρίτιο.

Μετά ακολουθεί η συγκόλληση μεταλλικών ηλεκτροδίων στις δύο επιφάνειες των στρωμάτων και η επικάλυψή τους με κατάλληλο υλικό που εμποδίζει την ανάκλαση του φωτός. Το τελευταίο στάδιο περιλαμβάνει την κατασκευή πλαισίου φ/β στοιχείων με σκοπό την προστασία τους από τις φυσικές και χημικές μεταβολές που γίνονται συνεχώς στην ατμόσφαιρα.

Για την παρασκευή γενικά του πυριτίου χρησιμοποιούνται πυριτική άμμος περιεκτικότητας 99,5% σε διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2) και άνθρακας (C), που αναμειγνύονται μεταξύ τους και θερμαίνονται σε υψηλή θερμοκρασία. Το αποτέλεσμα είναι η πρόκληση αναγωγής από τον άνθρακα στο διοξείδιο του πυριτίου και στη συνέχεια η λήψη μετά από σχετικό καθαρισμό, του πυριτίου σε λιωμένη κατάσταση.

Για να σχηματισθεί μεγάλη ποσότητα στερεού κρυσταλλικού πυριτίου, ένα πολύ μικρό κομμάτι κρυσταλλικού πυριτίου τοποθετείται σε επαφή με την επιφάνεια του λιωμένου πυριτίου που βρίσκεται σε κατάλληλο περιστρεφόμενο δοχείο. Το κομμάτι πυριτίου δρα σαν πυρήνας κρυστάλλωσης και έτσι πυρίτιο επικάθεται σε αυτό με αποτέλεσμα να μεγαλώσει και να σχηματισθεί σταδιακά ένας νέος μεγάλος κρύσταλλος πυριτίου με την συνεχή ανύψωση από το λιωμένο πυρίτιο.

Το τελικό σχήμα και μέγεθος του κρυσταλλικού πυριτίου που λαμβάνεται είναι κυλινδρικό, διαμέτρου 7,5 cm μέχρι 12 cm και μήκους 1m περίπου (φωτογραφία 12).



Φωτογραφία 12.

Κρυσταλλικό πυρίτιο σε κυλινδρικό σχήμα. Για την κατασκευή των φ/β στοιχείων αποκόπτονται από τον κύλινδρο φέτες πάχους 0,25mm

Για να κατασκευαστούν τα φ/β στοιχεία, αποκόπτονται από τον κύλινδρο κυκλικές φέτες πάχους 0,25mm δηλαδή όσο το πάχος ενός συνηθισμένου ξυραφιού. Η μέθοδος αυτή είναι πολύ δαπανηρή για τους πιο κάτω λόγους. Η διαδικασία κατασκευής του κρυστάλλου είναι χρονοβόρα και ο κρύσταλλος που κατασκευάζεται είναι πολύ πιο καθαρός από ότι απαιτεί η κανονική λειτουργία του φ/β στοιχείου.

Είναι τόσο καθαρός ώστε περιέχει ένα ανεπιθύμητο άτομο ακαθαρσίας σε 10^{12} άτομα πυριτίου. Αυτό μπορεί να είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την κατασκευή ολοκληρωμένων κυκλωμάτων των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Για την κανονική λειτουργία όμως των φ/β στοιχείων και ένα άτομο ακαθαρσίας σε 10 εις την 6 άτομα πυριτίου δεν επηρεάζει αισθητά το τελικό αποτέλεσμα της αποδοτικής μετατροπής ηλιακής προς ηλεκτρική ενέργεια.

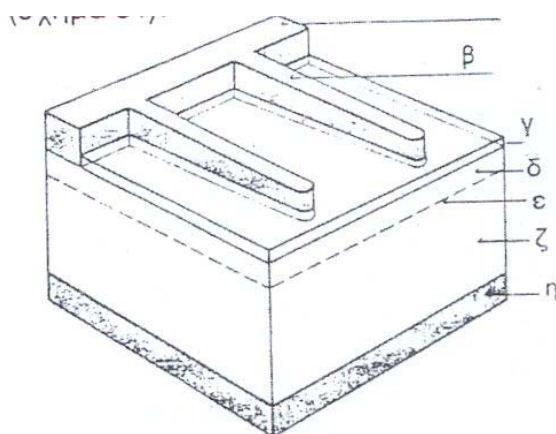
Επίσης κατά την αποκοπή του κρυστάλλου σε πολύ λεπτές φέτες, η μισή ποσότητα του πυριτίου μετατρέπεται σε σκόνη. Εξ άλλου κατά την κατασκευή των πλαισίων, οι κυκλικές φέτες τοποθετούνται η μία κοντά στην άλλη, αλλά αφήνουν ανεκμετάλλευτη επιφάνεια, Πράγμα που δεν συμβαίνει αν οι φέτες έχουν σχήμα ορθογωνίου ή τετραγώνου.

Για να μετατραπεί η φέτα αυτή σε μια ρ-η κρυσταλλοδίοδο που αποτελεί το βασικό μέρος του φ/β στοιχείου, πρέπει να εισαχθούν σε αυτή τα σχετικά στοιχεία (Βόριο και Φωσφόρος) σε κατάλληλη αναλογία. Το βόριο ρίχνεται από την αρχή στο λιωμένο Πυρίτιο ώστε ο κρύσταλλος που θα σχηματισθεί να έχει την αναλογία του βορίου που χρειάζεται για να είναι ρ-πυρίτιο.

Για να μετατραπεί η περιοχή κάτω από τη μια επιφάνεια της φέτας σε η-πυρίτιο, ο φωσφόρος διαβιβάζεται με τη βοήθεια ενός αερίου Πάνω από την επιφάνεια που θερμαίνεται οπότε άτομα φωσφόρου διαχέονται μέσα στο ρ-πυρίτιο μέχρι βάθος μερικών δεκάτων του μικρού ($1 \mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$). Για να εισχωρήσουν σε μεγαλύτερο βάθος, ο ημιαγωγός θερμαίνεται περισσότερο με αποτέλεσμα να διεισδύσουν σε βάθος $1\mu\text{m}$.

Φυσικά εισάγονται τόσα άτομα φωσφόρου ώστε τα ηλεκτρόνια που θα δώσουν, να καλύψουν όλες τις οπές που έχουν δημιουργήσει τα άτομα βορίου και επιπλέον να δώσουν τον κατάλληλο αριθμό ηλεκτρονίων για να σχηματισθεί επιφανειακά το η-πυρίτιο. Έτσι το η-πυρίτιο βρίσκεται σε επαφή με το ρ-πυρίτιο. Στην επιφάνεια επαφής μεταξύ των δύο εμφανίζεται ο φραγμός που εμποδίζει τη δίοδο φωτοηλεκτρονίων από το η-πυρίτιο στο ρ-πυρίτιο.

Η κατασκευή του φωτοβολταϊκού στοιχείου συμπληρώνεται με τις μεταλλικές επαφές στις δύο επιφάνειες. Η ρ-επιφάνεια επικαλύπτεται πλήρως με μεταλλικό στρώμα που δρα σαν ηλεκτρόδιο και η η-επιφάνεια έρχεται σε επαφή με ηλεκτρόδιο σχήματος Π ή πλεγματικής μορφής ώστε το μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας του η-πυριτίου να μένει ελεύθερο για να δέχεται το φως. (σχήμα 31).



Σχήμα 31.

Φωτοβολταϊκό στοιχείο. Φαίνονται:

- α) Ηλεκτρόδιο β) Προέκταση ηλεκτροδίου γ) Αντανεκλαστικό επίχρισμα δ) Περιοχή ε)Επαφή ρ-η ζ)Περιοχή ρπ)Ηλεκτρόδιο

Τα ηλεκτρόδια κατασκευάζονται από τα πλέον αγωγιμα μέταλλα όπως είναι το αλουμίνιο, ο χρυσός, ο άργυρος και ο χαλκός. Κάτω από τα ηλεκτρόδια τοποθετείται ειδικό μεταλλικό στρώμα για να εμποδίζει τη διάχυση του ηλεκτροδίου μέσα στον ημιαγωγό γεγονός που θα είχε σαν αποτέλεσμα τη βραχυκύκλωσή του και την ελεύθερη κίνηση των ηλεκτρικών φορέων μέσα στον ημιαγωγό. Στη περίπτωση ηλεκτροδίου από αλουμίνιο, τοποθετείται πρώτα στρώμα κράματος αλουμινίου με 5% πυρίτιο ή στρώμα χρωμίου ή τιτανίου και πάνω σ' αυτό επικάθεται το ηλεκτρόδιο αλουμινίου.

Σε όλη την επιφάνεια του η-στρώματος, περιλαμβανομένης και της επιφάνειας του ηλεκτροδίου, τοποθετείται ένα στρώμα από κατάλληλο αντιανακλαστικό υλικό (SiO_2 ή Al_2O_3) που περιορίζει την ανάκλαση και βοηθά στην είσοδο όσο το δυνατό μεγαλύτερης φωτεινής ενέργειας. Αυτό ακριβώς γίνεται και με το επίχρισμα των φακών των φωτογραφικών μηχανών. Αφού κατασκευασθούν τα φ/β στοιχεία πρέπει να συναρμολογηθούν για να σχηματίσουν το φ/β πλαίσιο. Γι' αυτό, τοποθετούνται σε μια πλαστική βάση και συνδέονται μεταξύ τους με σύρματα ή λεπτές μεταλλικές λωρίδες.

Επειδή η υγρασία του περιβάλλοντος μπορεί να προκαλέσει φθορά στις ηλεκτρικές συνδέσεις των στοιχείων, τα συναρμολογημένα στοιχεία καλύπτονται με μια γυάλινη ή άλλη διαφανή πλαστική πλάκα και στεγανοποιούνται με μια περιμετρική ελαστική ταινία.

Η απόδοση των φ/β στοιχείων κρυσταλλικού πυριτίου είναι γύρω στα 22% με θεωρητική τιμή 30%. Η κατασκευή φ/β στοιχείων από πολυκρυσταλλικό πυρίτιο είναι πολύ πιο απλή, γρήγορη και οικονομική.

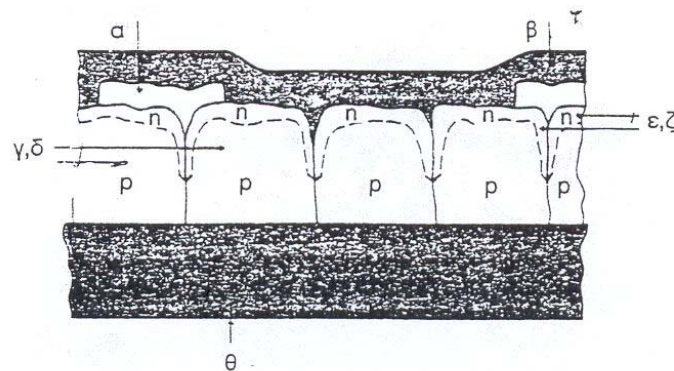
Το λιωμένο πυρίτιο τοποθετείται σε κατάλληλα δοχεία και στερεοποιείται ώστε να σχηματιστούν ράβδοι ορθογώνια ή τετραγωνική βάση.

Από κάθε ράβδο αποκόπτονται λεπτές φέτες του ίδιου πάχους όπως στο κρυσταλλικό πυρίτιο. Στην περίπτωση όμως αυτή το πυρίτιο που χάνεται σαν σκόνη με την αποκοπή δεν στοιχίζει τόσο όσο εκείνη που χάνεται με την αποκοπή κρυσταλλικού πυριτίου.

Η απόδοση των πλαισίων από τετράγωνο ή ορθογώνια στοιχεία είναι μεγαλύτερη επειδή στην ίδια επιφάνεια μπορούν να τοποθετηθούν περισσότερα τέτοια φ/β στοιχεία παρά κυκλικά. Μάλιστα κατασκευαστές φ/β στοιχείων από κρυσταλλικό πυρίτιο, έφθασαν στο σημείο να μετατρέπουν τον

κυλινδρικό κρύσταλλο σε ορθογώνιο ή τετραγωνικό ώστε τα πλαίσια που θα κατασκευασθούν να έχουν μεγαλύτερη απόδοση.

Η παρουσία στο πολυκρυσταλλικό πυρίτιο διαφόρων περιοχών με διαφορετικό προσανατολισμό κρυστάλλωσης δεν επηρεάζει σοβαρά την απόδοση του φ/β στοιχείου που είναι γύρω στα 11% ενώ η θεωρητική τιμή τους είναι 25%. Ο λόγος είναι ότι κατά μήκος των διαχωριστικών γραμμών των διαφόρων περιοχών εισάγονται άτομα φωσφόρου που δημιουργούν μια συνεχή η-περιοχή όπως δείχνει το σχήμα 32.



Σχήμα 32.

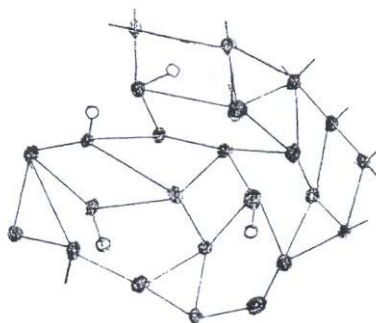
φ/β στοιχείο από πολυκρυσταλλικό πυρίτιο.

- | | |
|------------------------|--------------------------------|
| α) Ηλεκτρόδιο | γ,δ) Περιοχές κρυστάλλωσης |
| β) Προφυλακτικό στρώμα | ε,ζ) Περιοχές διάχυσης τύπου η |
| | θ) Μεταλλική βάση |

Σχετικά με το άμορφο πυρίτιο (συμβολίζεται α-Si) βρέθηκε ότι όταν είναι εντελώς καθαρό και σχηματίζει ένα λεπτό στρώμα, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή φ/β στοιχείων. Η τυχαία θέση των ατόμων πυριτίου στην όμορφη δομή δημιουργεί στο λεπτό στρώμα μεγάλη αγωγιμότητα που το κάνει ακατάλληλο για τον σκοπό αυτό.

Μεγάλη βελτίωση των ηλεκτρικών ιδιοτήτων του α-Si γίνεται με την προσθήκη υδρογόνου (30-40% σε ατομική αναλογία). Σχηματίζεται έτσι ένα κράμα πυριτίου και υδρογόνου που συμβολίζεται α-Si: H. Το κράμα α-Si: H κατασκευάζεται με τη διάσπαση του υδρογονούχου πυριτίου Si H₄ ή με απευθείας εισαγωγή υδρογόνου μέσα στο πυρίτιο.

Τα άτομα του υδρογόνου σχηματίζουν δεσμούς με όσα άτομα πυριτίου έχουν ηλεκτρόνια αζευγάρωτα με άλλα άτομα πυριτίου, πράγμα που δεν συμβαίνει στο κρυσταλλικό πυρίτιο (σχήμα33).



Σχήμα 33.

Δομή υδρογονούχου πυριτίου

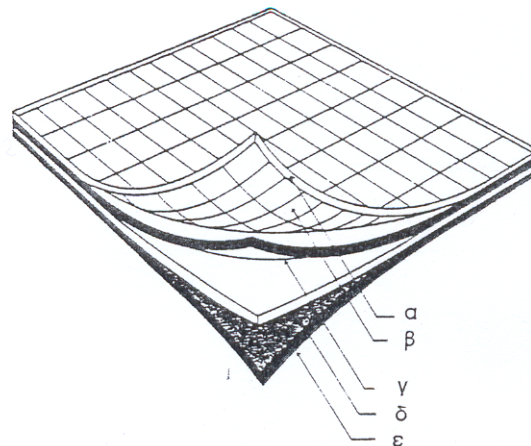
Με τη δέσμευση των ηλεκτρονίων αυτών η ηλεκτρική αγωγιμότητα του άμορφου πυριτίου πέφτει κατακόρυφα. Βρέθηκε ότι 6% υδρογόνο σε καθαρό άμορφο πυρίτιο προκαλεί πτώση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας κατά 10^7 .

Η μετατροπή του άμορφου πυριτίου σε η και ρ τύπου γίνεται με την προσθήκη φωσφόρου ή βορίου.

Η απόδοση των φ/β στοιχείων από άμορφο πυρίτιο είναι γύρω στα 10% ενώ θεωρητικά μπορεί να φθάσει και το 25%.

Η κατασκευή του φ/β στοιχείου αμόρφου πυριτίου διακρίνεται στο σχήμα 34. Η προφυλακτική πλάκα αποτελείται από γυαλί πάνω στο οποίο προσκολλάται το φ/β στοιχείο. Το αντιανακλαστικό επίχρισμα είναι παρόμοιο με εκείνο που χρησιμοποιείται στα άλλα φ/β στοιχεία για να βοηθήσει τη δίοδο του φωτός στο εσωτερικό. Η διαφανής επαφή είναι το ηλεκτρόδιο που έχει συνήθως τη μορφή πλέγματος και είναι φτιαγμένο από αγωγίμο υλικό όπως είναι ο άργυρος, χρυσός, γραφίτης, χαλκός, νικέλιο ή κράματα μετάλλων.

Φωτοβολταϊκό στοιχείο άμορφου πυριτίου. Διακρίνονται:



Σχήμα 34

- | | | |
|------------------------|--------------------|------------------------|
| α) Προφυλακτικό στρώμα | β) Διαφανής επαφή | γ) Απορροφητικό στρώμα |
| δ) Συλλέκτης | ε) Αδιαφανής επαφή | |

Το απορροφητικό στρώμα ημιαγωγού είναι το μέρος στο οποίο το φως δημιουργεί τους ηλεκτρικούς φορείς του φορτίου.

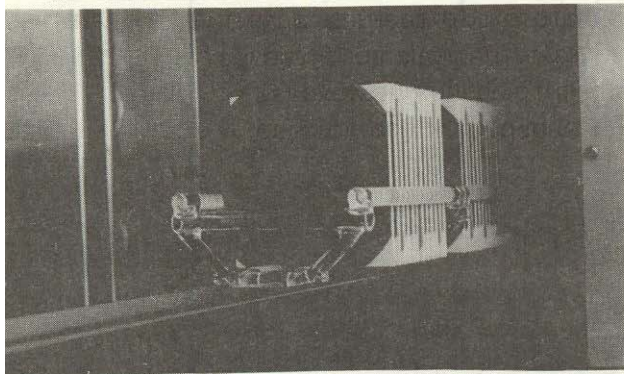
Ο συλλέκτης είναι το στρώμα του ημιαγωγού στο οποίο καταλήγουν οι φορείς του φορτίου αφού περάσουν από τον καταναλωτή στον οποίο δίνουν την ενέργεια που πήραν από το φως.

Η αδιαφανής επαφή είναι το ηλεκτρόδιο που κατασκευάζεται από υλικό μεγάλης ηλεκτρικής αγωγιμότητας όπως είναι ο χαλκός. Μπορεί να είναι η βάση πάνω στην οποία σχηματίσθηκε το φ/β στοιχείο ή να είναι ένα λεπτό στρώμα του μετάλλου. Η επαφή αυτή πρέπει να έχει μεγάλη ανακλαστικότητα ώστε τα φωτόνια που τυχόν πέρασαν από τον ημιαγωγό και κτύπησαν σε αυτή, να μην απορροφηθούν αλλά να επιστρέψουν πίσω ώστε να δώσουν την ενέργεια τους.

Οι φωτογραφίες 14, 15, 16 δείχνουν τρία στάδια κατά τη διαδικασία κατασκευής φ/β στοιχείου.



Φωτογραφία 14



Φωτογραφία 15



Φωτογραφία 16

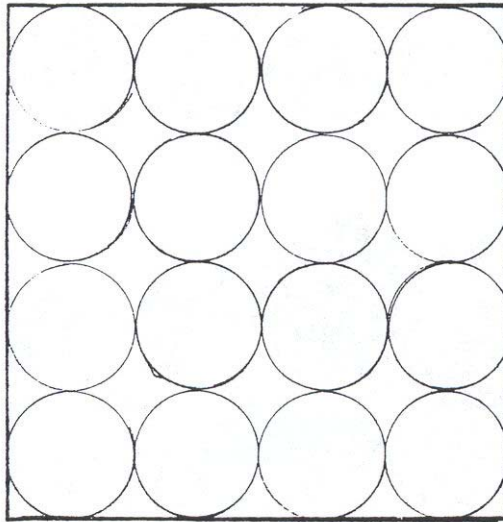
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΤΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Στο κεφάλαιο αυτό θα μελετηθούν χωριστά τα πιο βασικά μέρη ενός φ/β συστήματος που είναι το φ/β πλαίσιο, ο ρυθμιστής τάσης, η μπαταρία, ο καταναλωτής.

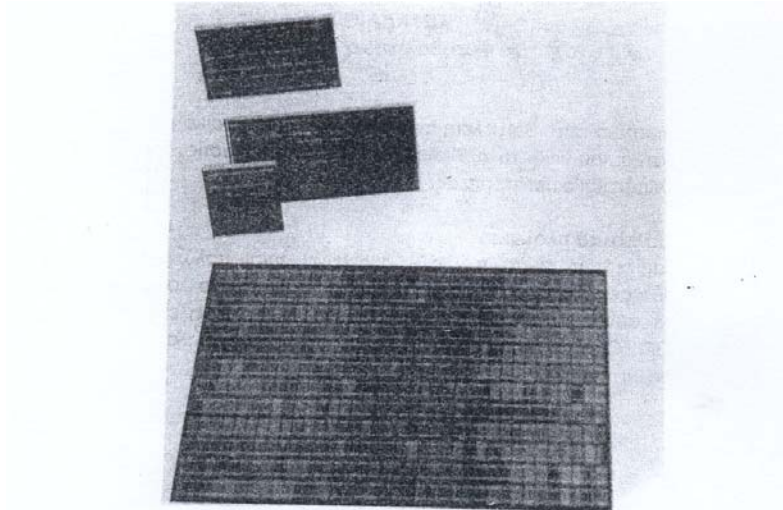
Ι Φωτοβολταϊκά πλαίσια

Η τάση και η ισχύς των φ/β στοιχείων είναι πολύ μικρή για να τροφοδοτήσει ένα συνηθισμένο καταναλωτή. Γι αυτό το λόγο πολλά φ/β στοιχεία συνδέονται μαζί σε ένα πλαίσιο με κοινή ηλεκτρική έξοδο (σχήμα35). Οι φωτογραφίες 17,18 και 19 δείχνουν φ/β πλαίσια διαφόρων μεγεθών

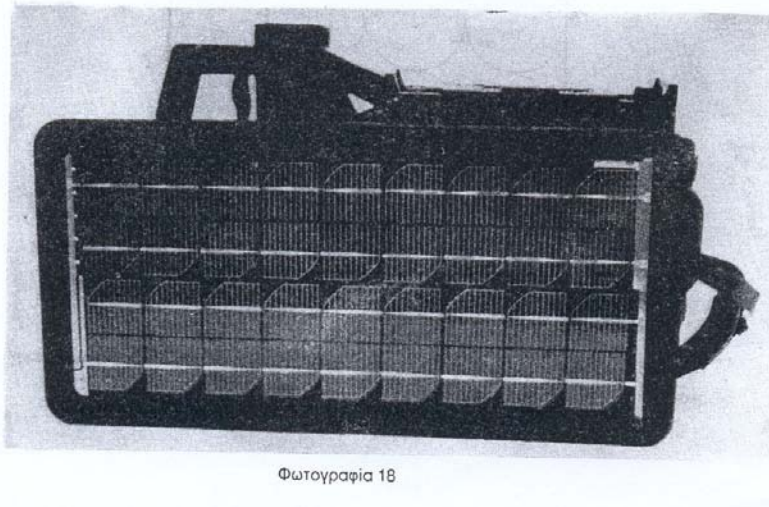


Σχήμα 35.

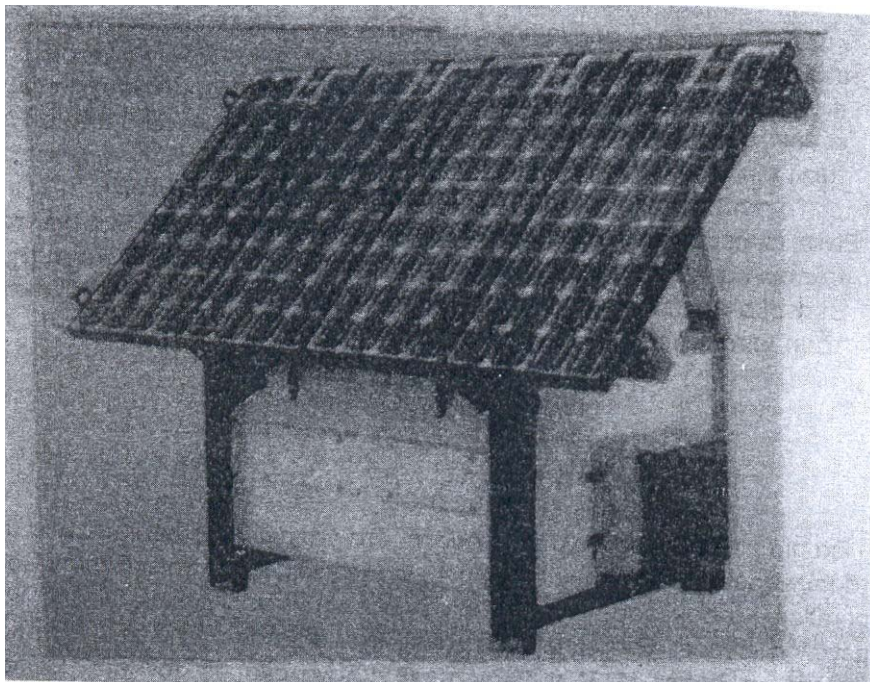
Το φωτοβολταϊκό Πλαίσιο αποτελείται από πολλά ηλιακάστοιχεία που έχουν κοινή ηλεκτρική έξοδο.



Φωτογραφία 17



Φωτογραφία 18



Τα χαρακτηριστικό κάθε πλαισίου είναι:

α) Η μέγιστη ισχύς (Peak Power). Είναι η ισχύς που θα δώσει το πλαίσιο όταν φωτίζεται με ένταση ηλιακής ακτινοβολίας 1000 W σε κάθε τετραγωνικό μέτρο, όταν η θερμοκρασία του πλαισίου είναι 25°C.

Είναι φανερό ότι η ισχύς που θα δώσει ένα πλαίσιο εξαρτάται από το εμβαδό του, το είδος του που καθορίζει την απόδοση και από την θερμοκρασία. Η μέγιστη ισχύς του πλαισίου δίνεται πάντοτε από τον κατασκευαστή.

Βρέθηκε ότι όταν αυξάνεται η θερμοκρασία, η ισχύς που δίνει το πλαίσιο ελαττώνεται κατά 0,4% για κάθε βαθμό Κελσίου πάνω από τους 25°C. Για παράδειγμα ένα πλαίσιο με μέγιστη ισχύ 40W στους 25°C, θα δώσει μόνο 36,8W στους 45°C. Εάν μάλιστα η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι 800 W/m² που αποτελεί τη μέση ημερήσια πραγματική τιμή, τότε η μέγιστη ισχύς του πλαισίου πέφτει στα 28W.

β) Η τάση λειτουργίας του πλαισίου (Operating Voltage).

Τα περισσότερα πλαίσια που κυκλοφορούν σήμερα στην αγορά είναι κατασκευασμένα ώστε να παρέχουν τάση λίγο μεγαλύτερη από 12 V και έτσι να μπορούν να φορτίζουν μπαταρία των 12 V. Για την κατασκευή των πλαισίων αυτών χρησιμοποιούνται 35 φωτοβολταϊκά στοιχεία για κάθε πλαίσιο. Εφόσον κάθε στοιχείο δίνει τάση 0,5 V είναι επόμενο ότι η τάση του πλαισίου είναι γύρω στα 17 V.

γ) Το ρεύμα λειτουργίας του πλαισίου (operating current)

Είναι το ρεύμα που καθορίζεται από την μέγιστη ισχύ που παρέχει το πλαίσιο και την τάση που δημιουργείται στα άκρα του όταν η ένταση της ακτινοβολίας είναι 1000 W/m². Για ένα πλαίσιο με μέγιστη ισχύ 40W και τάση λειτουργίας 17 V, το ρεύμα λειτουργίας θα είναι:

$$\frac{40W}{17V} = 2,3A$$

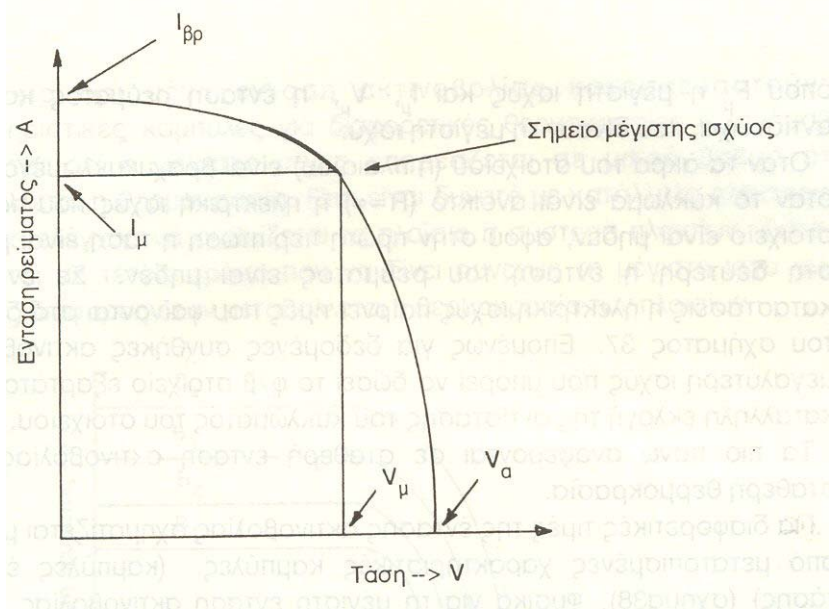
Για πιο μεγάλα φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούνται πλαίσια με τάση λειτουργίας 24 V ή και ακόμη 48 V. Η εταιρία Mobil Solar Energy Corporation κατασκεύασε πλαίσια μεγάλης επιφάνειας, υψηλής τάσης και μεγάλης ισχύος. Ένα εμπορικό πλαίσιο έχει διαστάσεις 1,3 m x 2 m και μπορεί να δώσει 12 V ή 24 V ή 48V ανάλογα με τον αριθμό των

φωτοβολταϊκών στοιχείων και τον τρόπο σύνδεσης τους.

Στο πλαίσιο με κωδικό Ra-39-12 υπάρχουν 72 στοιχεία από τα οποία 36 ενώνονται σε σειρά και οι δύο σειρές ενώνονται μεταξύ τους παράλληλα. Έτσι το πλαίσιο δίνει συνολικά τάση λειτουργίας 16,5 V και μέγιστη ισχύ 39 W. Στο πλαίσιο με κωδικό Ra-220-24 υπάρχουν 432 στοιχεία με τα οποία δημιουργούνται 6 σειρές των με 72 στοιχεία η κάθε σειρά. Η 6 σειρές ενώνονται παράλληλα μεταξύ τους και έτσι το πλαίσιο δίνει τάση λειτουργίας 33,3 V και μέγιστη ισχύ 220 W. Το πλαίσιο με κωδικό Ra-220-48 έχει και αυτό 432 στοιχεία με τα οποία δημιουργούνται 3 σειρές με 144 στοιχεία η κάθε σειρά. Οι 3 σειρές ενώνονται μεταξύ τους παράλληλα και το πλαίσιο αυτό δίνει τάση λειτουργίας 66,5 V και μέγιστη ισχύ 220 W.

Παρατηρούμε ότι και τα δύο πλαίσια δίνουν την ίδια μέγιστη ισχύ διότι έχουν τον ίδιο αριθμό στοιχείων αλλά διαφορετική τάση λειτουργίας διότι η σειρά του κάθε πλαισίου περιέχει διαφορετικό αριθμό στοιχείων.

Κάθε στοιχείο, πλαίσιο ή ακόμη και σειρά πλαισίων έχει τη **χαρακτηριστική καμπύλη** που δίνει τη σχέση μεταξύ τάσης και έντασης του ρεύματος, για ορισμένη ένταση ακτινοβολίας (σχήμα 36).



Σχήμα 36

Χαρακτηριστική καμπύλη του φ/β στοιχείου, V_{μ} και I_{μ} είναι η τάση και ένταση που αντιστοιχεί στη μέγιστη παραγόμενη ισχύ $I_{\beta\rho}$ είναι το ρεύμα βραχυκύκλωσης και V_{α} η τάση ανοικτού κυκλώματος.

Στην καμπύλη αυτή φαίνονται δύο άλλα χαρακτηριστικά μεγέθη που είναι

το ρεύμα βραχυκύκλωσης $I(\beta\rho)$ και η τάση ανοικτού κυκλώματος $V \alpha$.

Ρεύμα βραχυκύκλωσης (Short-Circuit Current) είναι το ρεύμα που δίνει το στοιχείο ή πλαίσιο, όταν τα άκρα του βραχυκυκλώνονται, δηλαδή ενώνονται με σύρμα μηδαμινής αντίστασης.

Τάση ανοικτού κυκλώματος (Open-Circuit Voltage) είναι η τάση που εμφανίζεται στα άκρα του στοιχείου ή πλαισίου, όταν δεν ενώνονται μεταξύ τους ή ενώνονται με τη βοήθεια μιας πολύ μεγάλης αντίστασης.

Σε κάθε χαρακτηριστική καμπύλη υπάρχει ένα σημείο στο οποίο η τάση και η ένταση του ρεύματος έχουν τέτοιες τιμές ώστε το γινόμενο τους δηλαδή η ηλεκτρική ισχύς ($P=V \cdot I$) να παίρνει τη μεγαλύτερη τιμή. Είναι φανερό ότι για το σημείο αυτό, το ορθογώνιο που σχηματίζεται έχει το μεγαλύτερο εμβαδόν από όλα τα ορθογώνια που μπορούν να σχηματιστούν για άλλα σημεία. Το σημείο αυτό ονομάζεται σημείο μέγιστης ισχύος και ισχύει ο τύπος

$$P_{\mu} = I_{\mu} \cdot V_{\mu}$$

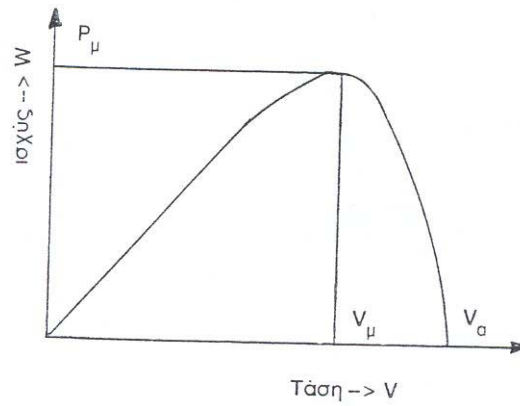
όπου P_{μ} η μέγιστη ισχύς και I_{μ} , V_{μ} η ένταση ρεύματος και η τάση αντίστοιχα, που δίνουν τη μέγιστη ισχύ.

Όταν τα άκρα του στοιχείου (η πλαισίου) είναι βραχυκυκλωμένα ($R=0$) ή όταν το κύκλωμα είναι ανοικτό ($R=\infty$) η ηλεκτρική ισχύς που παράγει το στοιχείο είναι μηδέν, αφού στην πρώτη περίπτωση η τάση είναι μηδέν και στη δεύτερη η ένταση του ρεύματος είναι μηδέν. Σε ενδιάμεσες καταστάσεις η ηλεκτρική ισχύς παίρνει τιμές που φαίνονται στο διάγραμμα του σχήματος 37. Επομένως για δεδομένες συνθήκες ακτινοβολίας, η μεγαλύτερη ισχύς που μπορεί να δώσει το φ/β στοιχείο εξαρτάται από την κατάλληλη εκλογή της αντίστασης του κυκλώματος του στοιχείου.

Τα πιο πάνω αναφέρονται σε σταθερή ένταση ακτινοβολίας (B) και σταθερή θερμοκρασία.

Για διαφορετικές τιμές της έντασης ακτινοβολίας σχηματίζεται μια ομάδα από μετατοπισμένες χαρακτηριστικές καμπύλες. (καμπύλες έντασης - τάσης) (σχήμα37). Φυσικά για τη μέγιστη ένταση ακτινοβολίας των $1000W/m^2$

το σημείο μέγιστης ισχύος δίνει τη μέγιστη ισχύ που παράγει το φ/β στοιχείο ή πλαίσιο.



Σχήμα 37.

Μεταβολή της ισχύος σε συνάρτηση με την τάση στα άκρα του στοιχείου. Στην βραχυκυκλωμένη ή ανοικτοκυκλωμένη κατάσταση η ισχύς είναι μηδέν

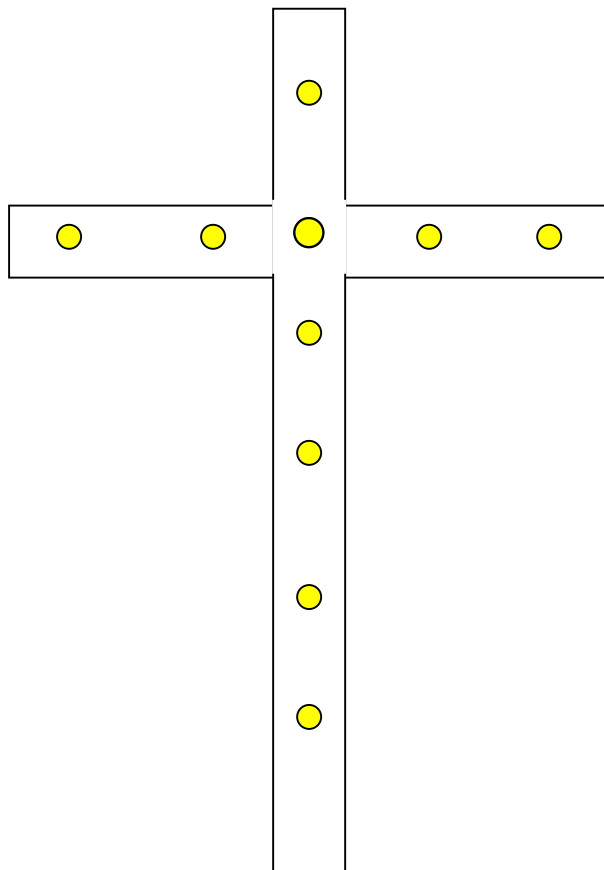
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΛΟΓΟΙ ΠΟΥ ΒΡΗΚΑΝ ΕΥΡΕΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΑ ΦΙΒ ΕΙΝΑΙ

- Η ευκολία που παράγουν την ηλεκτρική ενέργεια
- Τα δισεπίλυτα προβλήματα που παρουσιάζει ο κλασικός τρόπος παραγωγής και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας (ρύπανση και καταστροφή του περιβάλλον
- Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα χρήσης του ΦΙΒ εμφανίζεται στην περίπτωση που απαιτείται ηλεκτρική ενέργεια σε περιοχές όπου δεν υπάρχει δίκτυο της ΔΕΗ και το κόστος κατασκευής δικτύου είναι τεράστιο, π.χ. απομακρυσμένες κατοικίες, εξωκλήσια, ή η κατασκευή δικτύου είναι αδύνατη.
π.χ. δορυφόροι

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΤΟΥ

Καλούμαστε να μελετήσουμε τη λειτουργία ενός φωτεινού σταυρού που βρίσκεται σε εκκλησία, προκειμένου να φωτίζεται κατά τη διάρκεια της νύχτας όλο το έτος. Σύντομη περιγραφή



Ο σταυρός θα είναι μεταλλικός από κοίλους γαλβανισμένους δοκούς διατομής 120X120 χιλιοστών του μέτρου. Το ύψος του σταυρού θα είναι 5 μέτρα το δε άνοιγμα του θα είναι 3 μέτρα.

Επί της όψεως του σταυρού θα τοποθετηθούν στεγανά φωτιστικά σώματα χαμηλής τάσεως 12V ανά 70 εκατοστά του μέτρου, ανάλογα με το επιδιωκόμενο φωτοτεχνικό αποτέλεσμα.

Θα ληφθούν όλα τα απαιτούμενα μέτρα για την αντικεραυνική προστασία του σταυρού και της εκκλησίας σε σχέση με την τελική θέση του σταυρού.

Η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια θα λαμβάνεται από τον ήλιο την ημέρα με φωτοβολταϊκά πάνελ, θα αποθηκεύεται σε συσσωρευτές και θα αποδίδεται την νύκτα.

ΟΟ φωτισμός θα πραγματοποιείται με λάμπες κατανάλωσης συνεχούς ρεύματος ισχύος 11W/12V αφού δεν απαιτείται να λειτουργήσουν άλλες συσκευές.

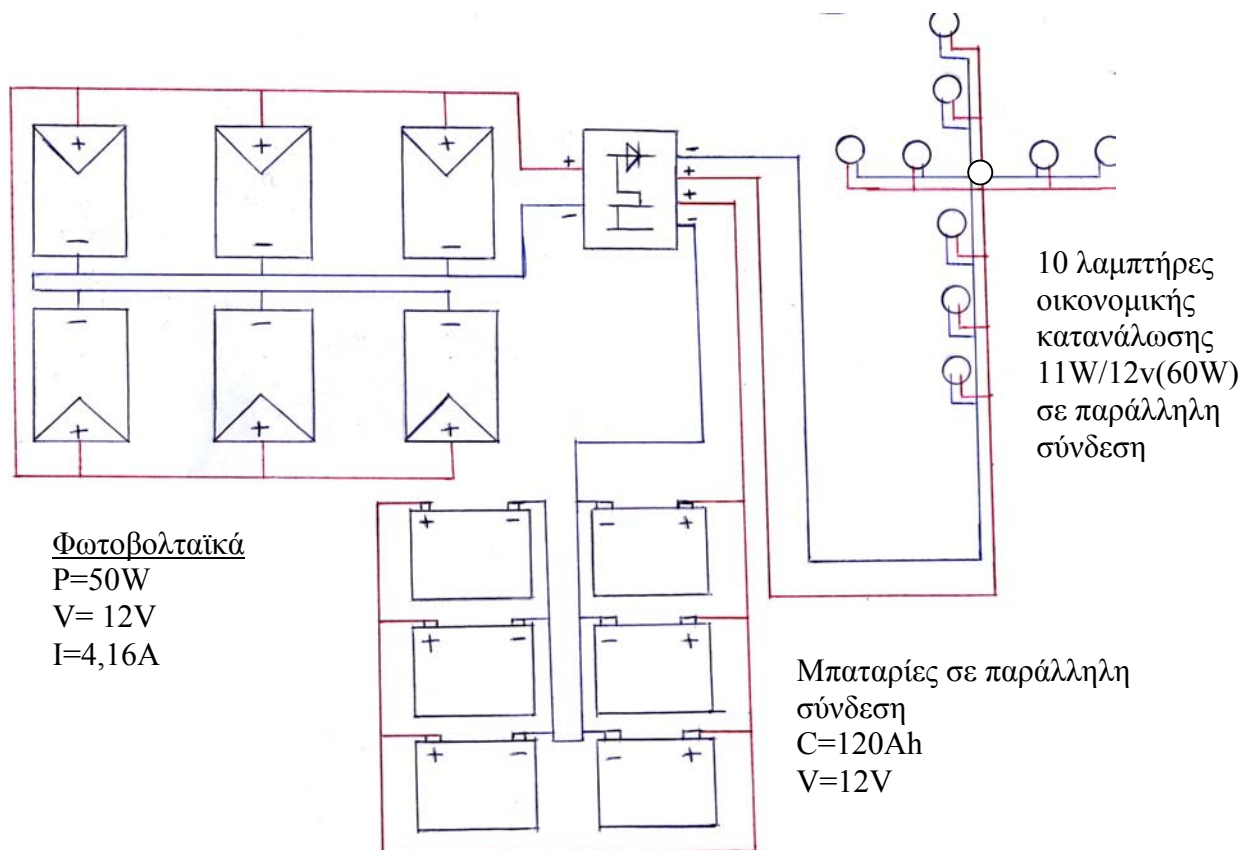
Η ενέργεια που απαιτούν οι λάμπες για να φωτίσουν, θα συλλέγεται με χρήση ΦΙΒ, όπου θα μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική, κατά τη διάρκεια της ημέρας και θα αποθηκεύεται σε συσσωρευτές (μπαταρίες).

Προκειμένου να προστατευθούν οι μπαταρίες από υπερφόρτιση ή πλήρη εκφόρτιση, χρησιμοποιούμε ένα ελεγκτή τάσης.

Επίσης μια φωτοαντίσταση θα ανοίγει και θα κλείνει το κύκλωμα του συστήματος ανάλογα με την στάθμη της ηλιακής ακτινοβολίας.

ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Ελεγκτής Φόρτισης



**ΑΠΟΨΗ ΤΟΥ ΣΤΑΥΡΟΥ ΤΗΝ ΝΥΧΤΑ (ΦΩΤΙΣΜΕΝΟΣ) ΚΑΙ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ
ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΑ**



Τεχνικά χαρακτηριστικά συσκευών

Ηλεκτρονικοί λαμπτήρες 12,24VDC 11,15W

Συνδέονται απ'ευθείας στην μπαταρία

Ιδανικοί για Φ/Β συστήματα



Τάση λειτουργίας	12, 24VDC
Ισχύς	11W (~60W)
Κατανάλωση	920mA
Διάρκεια ζωής	10.000 ώρες
Κάλυκας	E27
Χρώμα	Ψυχρό λευκό 6400K Θερμό λευκό 2700K

Ρυθμιστές φόρτισης μπαταριών PSR10 LS

Με φωτοδιακόπτη και χρονοδιακόπτη

Το νέο μοντέλο της σειράς σχεδιάστηκε για εφαρμογές όπου η ενεργοποίηση των φορτίων πρέπει να γίνεται αυτόματα, όπως ηλιακά φωτιστικά κήπου ή δρόμων, μετεωρολογικούς σταθμούς, φάρους, επιγραφές κ.α.

Διαθέτει φωτοδιακόπτη με ρύθμιση της ευαισθησίας για αυτόματη ενεργοποίηση των φορτίων μόλις σκοτεινιάσει και χρονοδιακόπτη για την αποκοπή τους μετά από τον καθορισμένο χρόνο.

- Τάση συστήματος 12/24V
- Έλεγχος θερμοκρασίας και ρύθμιση φόρτισης με ελεγκτή αερίων
- Προστασία βαθιάς εκφόρτισης της μπαταρίας με προειδοποίηση (DDP)
- Αυτόματη αποσύνδεση φορτίων και Φ/Β συλλεκτών
- 2 Ενδεικτικά Led λειτουργίας

model	PSR10 LS
Μέγιστο ρεύμα φόρτισης	10A
Μέγιστη ισχύς φορτίων	10 A
Τάση λειτουργίας	12 / 24V
Βάρος	240 gr
Διαστάσεις	95 x 95 x 35 mm
Αυτοκατανάλωση (max)	3 mA
Θερμοκρασία λειτουργίας	-25°C...+50°C
Αποκοπή φόρτισης (25°C)	13,8V / 27,6V
Ενεργοποίηση ελέγχου αερίων	12,4V / 24,8V
Αποκοπή φορτίων	10,5V / 21,0V
Επανασύνδεση φορτίων	12,5V / 25,0 V
Ρύθμιση χρόνου	0,5 ... 5,5h με trimmer

Ρυθμιστές φόρτισης μπαταριών Steca

- Οθόνη LCD
- Αυτόματη αναγνώριση τάσης συστήματος 12/24V
- Έλεγχος θερμοκρασίας και ρύθμιση φόρτισης
- Προστασία βαθιάς εκφόρτισης της μπαταρίας με προειδοποίηση (DDP)
- Προστασία αντίθετης πολικότητας
- Αυτόματη αποσύνδεση φορτίων και Φ/Β συλλεκτών
- Νυχτερινή λειτουργία. Ενεργοποίηση φορτίων αυτόματα μόλις σκοτεινιάσει.
- Ενδεικτικά led λειτουργίας

Στην οθόνη LCD (σειρά M) 16 χαρακτήρων εμφανίζονται αυτόματα

- η τάση της μπαταρίας και ο τύπος φόρτισης
- η ένταση φόρτισης (A) από φωτοβολταϊκούς συλλέκτες
- η ένταση εκφόρτισης (A)
- η κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας (SOC)
- Όλα τα μηνύματα σφαλμάτων του συστήματος

model	SR8	SR12	SR20	SR30
Μέγιστο ρεύμα φόρτισης 50°C	8	12A	20A	30A
Μέγιστη ισχύς φορτίων 50°C	8	12A	20A	30A
Τάση λειτουργίας	12 / 24V			
Βάρος	420 gr			
Διαστάσεις	188 x 106 x 49 mm			
Αυτοκατανάλωση (max)	mA			
Θερμοκρασία λειτουργίας	-25°C...+50°C			
Αποκοπή φόρτισης (25°C)	13,7V / 27,4V			
Ενεργοποίηση ελέγχου αερίων	-			
Αποκοπή φορτίων	11,1V / 22,2V			
Επανασύνδεση φορτίων	12,6V / 25,2 V			

Φωτοβολταϊκοί συλλέκτες μονοκρυσταλλικού πυριτίου

- Υψηλής απόδοσης φωτοβολταϊκοί συλλέκτες μονοκρυσταλλικού πυριτίου.
- Με την τεχνολογία PowerMax οι κυψέλες αποδίδουν μέγιστη ισχύ με χαμηλές συνθήκες φωτισμού, σε υψηλές θερμοκρασίες.
- Ιδανικοί σε εγκαταστάσεις όπου ο χώρος είναι περιορισμένος.
- Το γυαλί τους είναι υψηλής διαφάνειας και ταυτόχρονα προστατεύει τον συλλέκτη από χαλάζι, χιόνι, πάγο και καταιγίδες.
- Πιστοποιητικά IEC61215, UL-Listing, TUV Safety Class II, FM
- 25 χρόνια εγγύηση από την shell με 30 χρόνια εμπειρία και εγκατεστημένη ισχύ περισσότερο από 300MW παγκοσμίως.

Τύπος	SM-50	SM110-12	SM110-24	SQ-75	SQ-150
Όνομαστική ισχύς [Wp]	50	110	110	75	150
Τάση συστήματος [V]	12	12	24	12	24
Τάση φόρτισης [V]	15,9	17,5	35	17	34
Τάση ανοιχτού κυκλ. [V]	19,8	21,7	43,5	21,7	43,4
Ένταση βραχυκυκλ. [A]	3,40	6,9	3,45	4,8	4,8
Διαστάσεις [mm]	1220x329x35	1316x660x40	1316x660x40	1200x527x34	1622x814x40
Βάρος [kgr]	5,2	11,5	11,5	7,6	17,2
	pdf	pdf	pdf	pdf	pdf

Νέα σειρά Φ/Β συλλεκτών μονοκρυσταλλικού πυριτίου υψηλής απόδοσης για αυτόνομα συστήματα

Ρυθμιστές φόρτισης μπαταριών PSR10 LS

Με φωτοδιακόπτη και χρονοδιακόπτη

Το νέο μοντέλο της σειράς σχεδιάστηκε για εφαρμογές όπου η ενεργοποίηση των φορτίων πρέπει να γίνεται αυτόματα, όπως ηλιακά φωτιστικά κήπου ή δρόμων, μετεωρολογικούς σταθμούς, φάρους, επιγραφές κ.α.

Διαθέτει φωτοδιακόπτη με ρύθμιση της ευαισθησίας για αυτόματη ενεργοποίηση των φορτίων μόλις σκοτεινιάσει και χρονοδιακόπτη για την αποκοπή τους μετά από τον καθορισμένο χρόνο.

- Τάση συστήματος 12/24V
- Έλεγχος θερμοκρασίας και ρύθμιση φόρτισης με ελεγκτή αερίων
- Προστασία βαθιάς εκφόρτισης της μπαταρίας με προειδοποίηση (DDP)
- Αυτόματη αποσύνδεση φορτίων και Φ/Β συλλεκτών
- 2 Ενδεικτικά Led λειτουργία

Τεχνικά χαρακτηριστικά

model	PSR10 LS
Μέγιστο ρεύμα φόρτισης	10A
Μέγιστη ισχύς φορτίων	10A
Τάση λειτουργίας	12 / 24V
Βάρος	240 gr
Διαστάσεις	95 x 95 x 35 mm
Αυτοκατανάλωση (max)	3 mA
Θερμοκρασία λειτουργίας	-25°C...+50°C
Αποκοπή φόρτισης (25°C)	13,8V / 27,6V
Ενεργοποίηση ελέγχου αερίων	12,4V / 24,8V
Αποκοπή φορτίων	10,5V / 21,0V
Επανασύνδεση φορτίων	12,5V / 25,0 V
Ρύθμιση χρόνου	0,5 ... 5,5h με trimmer

Σωληνωτοί συσσωρευτές Pb Solar PzS – OPzS

Οι σωληνωτοί συσσωρευτές Pb αποτελούνται από στοιχεία 2V συνδεδεμένα μεταξύ τους ανάλογα με την τάση του συστήματος. Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και είναι κατάλληλοι για Φ/Β συστήματα ή ανεμογεννήτριες.

- Μόνιμοι συσσωρευτές βιομηχανικού-σωληνωτού τύπου PzS (DIN 43595)
- Ιδανικοί για φωτοβολταϊκά συστήματα, ανεμογεννήτριες
- Αδιαφανή (μαύρα) δοχεία με θετικές πλάκες χαμηλού αντιμονίου (Sb<3%)
- Βιδωτές συνδέσεις με γέφυρα μολύβδου ή εύκαμπτο καλώδιο
- Ελάχιστη συντήρηση
- Αντοχή σε πολλούς κύκλους φόρτισης – εκφόρτισης, μεγάλη διάρκεια ζωής
- Αντοχή σε ακραίες συνθήκες λειτουργίας
- Εγγύηση 3 χρόνια

model	Τάση Volts	Ονομαστική χωρητικότητα C-10	Χωρητικότητα C-72h Ah	Μήκος Length mm	Πλάτος Width mm	Ύψος Height mm	Βάρος Weight kgr
2 PzS-160	2V	160	202	47	198	495	11,4
3 PzS-240		240	302	65	198	495	15,8
4 PzS-320		320	403	83	198	495	20,5
5 PzS-400		400	504	101	198	495	25,0
6 PzS-480		480	605	119	198	495	29,6
7 PzS-560		560	706	137	198	495	34,2
8 PzS-640		640	806	155	198	495	39,2
9 PzS-720		720	907	173	198	495	44,0
10 PzS-800		800	1008	191	198	495	48,9

Οι συσσωρευτές παραδίδονται φορτισμένοι σε παλέτα, με συνδέσεις, βίδες, μονωτικό κανάλι συνδέσεων, 1 ζεύγος ακροδεκτών και καλύμματα ακροδεκτών

Φωτοδιακόπτης



Φωτοδιακόπτης

Η κατασκευή αυτή είναι ένας διακόπτης που διεγείρεται με το φως που πέφτει πάνω στην φωτοαντίσταση. Είναι ένα πολύ χρήσιμο κύκλωμα με πολλές εφαρμογές όπως συστήματα συναγερμού και ασφάλειας, αυτόματο άναμα και σβήσιμο φώτων ανάλογα με τον εξωτερικό φωτισμό, έλεγχο παραγωγής κ.λ.π. Στα σημεία 1(+) και 2(-) γίνεται η τροφοδοσία του κυκλώματος και στα 3, 4, 5 είναι η επαφή του ρελαί.

Η φωτοαντίσταση και το τρίμερ λειτουργούν σαν διαιρετές τάσης και ταυτόχρονα πολώνουν το TR1. Το TR1 διεγείρει το TR3 και αυτό με την σειρά του το TR2 που οδηγεί το ρελαί. Με το τρίμερ R7 ρυθμίζουμε την ευαισθησία του κυκλώματος. Η επαφή του ρελαί είναι 2A/250V.

Υλικά

R1 = 4K7

R2 = 1K2

R3 = 2K2

R4 = 1K2

R5 = 1K2

R6 = 2K7

R7 = 100KΩ

C1 = 10uF /16V

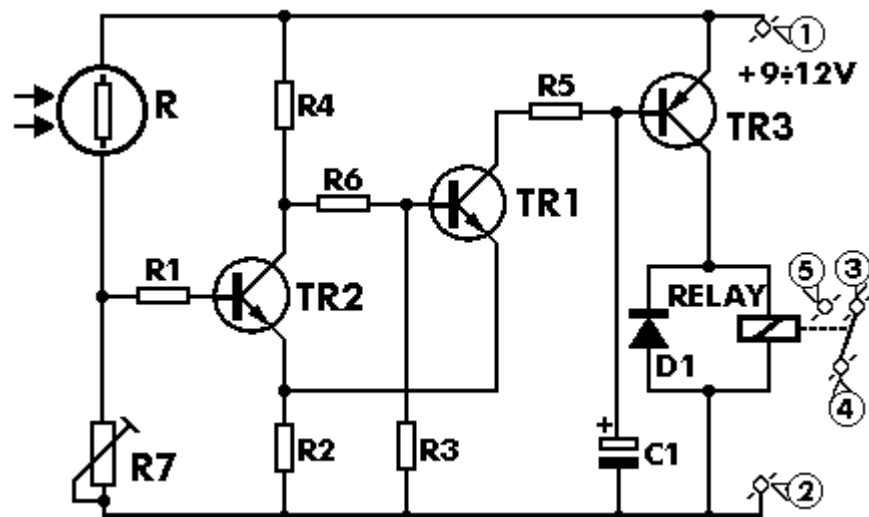
TR1=BC107-BC108 NPN(CV7644)

TR2 = BC107-BC108 NPN (CV7644)

TR3 = BC667-BC668

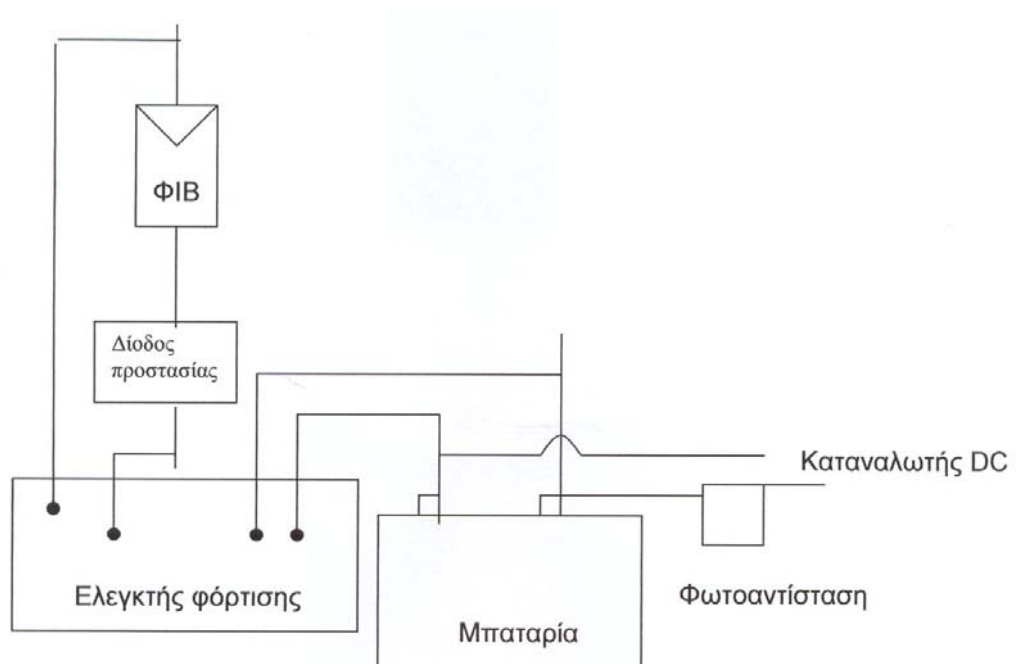
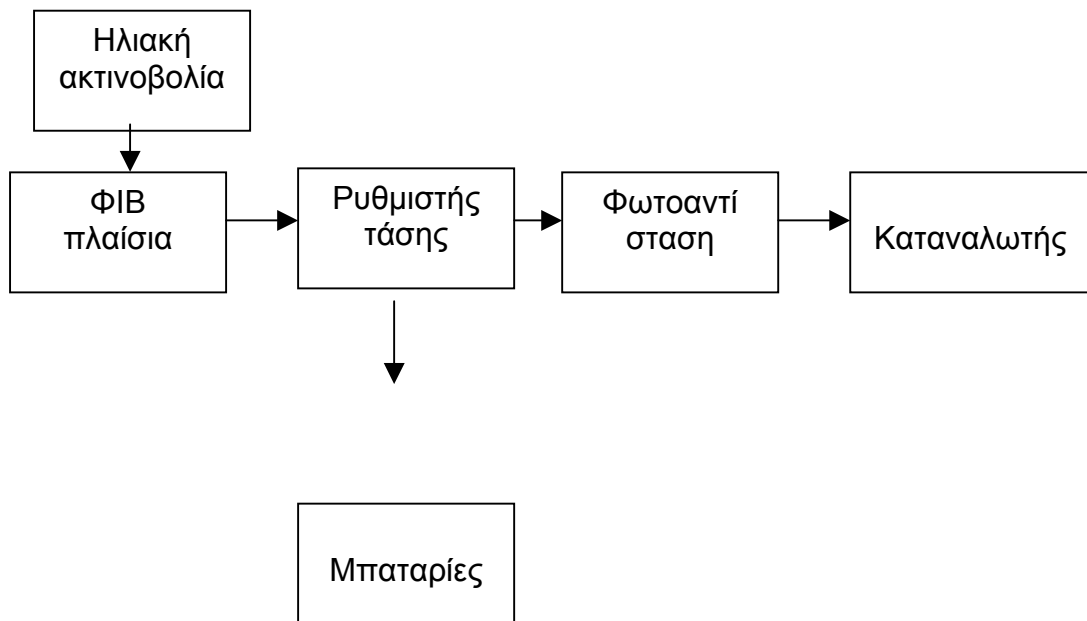
D1 = 1N4148

RELAY = 12V relay



Πηγή: Τεχνική Εκλογή

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΥΤΟΤΕΛΟΥΣ ΦΙΒ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ



Ηλεκτρολογικό διάγραμμα

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Η μέση ολική ηλιακή ενέργεια σε kWh/m^2 ημέρα ή σε ισοδύναμο αριθμό ωρών κατά τις διάφορες εποχές του έτους, φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Χώρα	Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
Ελλάδα	3,5	6	7,5	4,5

Με προσανατολισμό πλαισίων κατά $\Phi-15^\circ$

Όπου Φ : γεωγραφικό πλάτος

Στην περίπτωση μας $\Phi=35,5$ άρα η γωνία στήριξης των ΦΙΒ πλαισίων σε σχέση με το οριζόντιο έδαφος είναι $\alpha=35,5^\circ - 15^\circ \Rightarrow \alpha=20,5^\circ$.

Τύπος στήριξης ΦΙΒ πλαισίων:

σταθερής γωνίας σε όλη τη διάρκεια του έτους.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στο σταυρό υπάρχουν τοποθετημένες 10 λάμπες των 11W/12V οι οποίες πρέπει να φωτίζουν συνεχώς, σε όλη τη διάρκεια της νύχτας.

Άρα η απαιτούμενη ισχύς είναι:

$$10 \text{ λαμπτήρες} \times 11\text{W} = 77\text{W}$$

και η απαιτούμενη ενέργεια: E_k

$$77\text{W} \times 10\text{h} = 770 \text{ Wh}/24\omega\text{ρο}$$

$$\text{Άρα } E_k = 770\text{Wh}/24\omega\text{ρο}$$

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ (C:Ah)

Ο υπολογισμός της χωρητικότητας γίνεται με βάση τη σχέση:

$$C = \frac{h_n \cdot E_v}{n_{εκφ} \cdot \beta \cdot V_\beta}$$

Όπου C: η χωρητικότητα των συσσωρευτών

h_n: Συντελεστής ασφάλειας για περιπτώσεις έκτακτης ζήτησης ενέργειας και της αυτοεκφόρτισης.

Παίρνει τιμές από 1,25 – 1,50

E_k: Είναι η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για ένα 24ωρο σε Wh/24ωρο

n_{εκφ}: Συντελεστής εκφόρτισης. Ισχύει ότι η n_κ = i_{inverter} = 1 στην περίπτωση τροφοδοσίας του καταναλωτή με συνεχές ρεύμα, απ' ευθείας από τον συσσωρευτή.

β: Βάθος εκφόρτισης. Είναι η ποσοστιαία ελάττωση ανά κύκλο λειτουργίας, της αρχικής τιμής χωρητικότητας, C_{αρχ} στην αρχή της πρώτης εκφόρτισης.

V_β Ονομαστική τάση του συσσωρευτή.

Επομένως

Για

h_n: 1,25

E_k: 770Wh

n_{εκφ}: 1

β: 0,5 ή 50%

V_β 12V

Έχουμε ότι

$$C = \frac{1,25 \cdot 770Wh}{0,5 \cdot 12} = \frac{963Wh}{6V} = 160,5Ah$$

Για να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες 4 ημερών συννεφιάς την περίοδο του χειμώνα πρέπει να υπάρχουν στις μπαταρίες.

$$4 \text{ ημέρες} \times 160,5 \text{ Ah} = 642 \text{ Ah}$$

Συνδεσμολογία Μπαταριών

Θα χρησιμοποιήσουμε μπαταρίες των 120 Ah τάσεως 12V συνδεδεμένες παράλληλα. Θα χρειαστούμε 6 μπαταρίες διότι 642 Ah: 120 Ah=5,35 τεμάχια.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΙΣΧΥΟΣ ΦΙΒ

Η μέγιστη ισχύς των πλαισίων W_{peak} που θα τοποθετηθούν, λαμβάνοντας υπόψιν τον χρόνο ηλιασμού $t_{\eta\lambda}$ κατά τον χειμώνα (δυσμενέστερη περίπτωση) με $t_{\eta\lambda} = 3,5 \text{ h}$ προκύπτει ότι:

$$P_{\Phi IB} = \frac{E_{\kappa}}{t_{\eta\lambda} \cdot \eta_{\Phi IB}} = \frac{770}{3,5 \cdot 0,72} = \frac{770}{2,52} = 305W$$

η ΦΙΒ: συντελεστής ελάττωσης της αποδιδόμενης ισχύος αιχμής του πλαισίου, λόγω γήρανσης ενεργού υλικού.

Αν χρησιμοποιηθούν πλαίσια με χαρακτηριστικά 50W/12V τότε ο αριθμός των πλαισίων θα είναι:

$$\frac{305Watt}{50Watt} = 6 \text{ πλαίσια συνδεδεμένα παράλληλα.}$$

ΑΝΤΟΧΗ ΥΛΙΚΩΝ

Χρησιμοποιούμενα υλικά

- Πλαίσια στήριξης
- Φωτοβολταϊκά
- Μπαταρίες
- Ρυθμιστής τάσης
- Καλώδια

ΠΛΑΙΣΙΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ

Τα πλαίσια στήριξης είναι κατασκευασμένα από το ίδιο υλικό Αλουμίνιο που είναι κατασκευασμένο και το πλαίσιο του ΦΙΒ προκειμένου να αποφευχθούν φαινόμενα ηλεκτρόλυσης – διάβρωσης.

ΦΙΒ

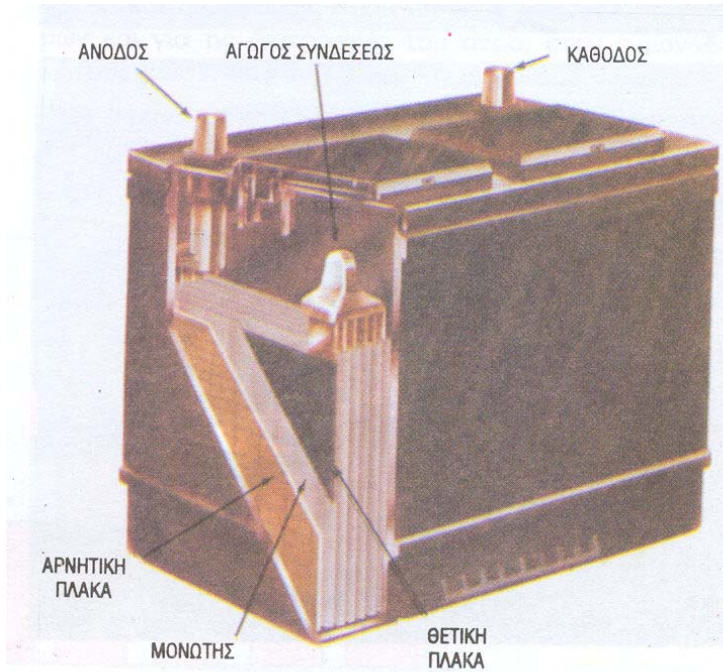
Τα ΦΙΒ δεν έχουν κινητά μέρη ώστε να προκαλούνται φθορές από τριβή, απώλειες ενέργειας σε θερμότητα αλλά και σε θόρυβο. Η λειτουργία τους είναι σίγουρη και συνεχής διότι είναι βασισμένη στην τεχνολογία της στερεάς κατάστασης της ύλης που έχει οδηγήσει στην κατασκευή πολλών άλλων ηλεκτρονικών υλικών.

Δεν χρειάζονται τη συνεχή επιδιόρθωση και φροντίδα όπως γίνεται στους άλλους σταθμούς και έτσι τα έξοδα λειτουργίας είναι μηδαμινά διότι χρησιμοποιούν σαν «καύσιμο» την αιώνια και χωρίς κόστος ηλιακή ακτινοβολία.

Με τα νέα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τους, τα τελευταία χρόνια, η διάρκεια ζωής των ΦΙΒ σταθμών είναι πρακτικά απεριόριστη (περίπου 30 χρόνια).

ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ

Οι Μπαταρίες είναι απαραίτητες σε ένα ΦΙΒ σύστημα για να αποθηκεύουν την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται στα ΦΙΒ πλαίσια και να τη δίνει στον καταναλωτή κατά τα χρονικά διαστήματα που δεν υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία (νυχτερινές ώρες, συννεφιασμένες μέρες).



Σχ. 11-42. Ο συσσωρευτής οξέος - μολύβδου του τύπου που χρησιμοποιείται στα αυτοκίνητα είναι κατάλληλος για αποθήκευση της επιπλέον ηλεκτρικής ενέργειας από το αιολικό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος.



Φωτογραφία 21



Φωτογραφία 22



Φωτογραφία 23

Ο χρόνος ζωής της μπαταρίας εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες.

α. Ολική χωρητικότητα: Δείχνει το συνολικό φορτίο που είναι αποθηκευμένο στη μπαταρία και μετριέται σε (Ah) αμπερώρια.

β. Η τάση: Εξαρτάται από το είδος ηλεκτρολύτη, το είδος και τον αριθμό των πλακών. Οι μπαταρίες περιέχουν πολλά ζεύγη πλακών στη σειρά και δίνουν ανάλογα, αυξημένη τάση. Κάθε ζεύγος πλακών μπαταρίας μολύβδου δίνει τάση 2V.

γ. Το βάθος εκφόρτισης: Είναι το ποσοστό εκφόρτισης, στο οποίο μπορεί να φτάνει καθημερινά η μπαταρία για να διατηρείται, σε καλή κατάσταση και να μην ελαττωθεί ο κανονικός χρόνος ζωής της.

Το βάθος εκφόρτισης εξαρτάται από τα διάφορα κράματα μετάλλων όπως μολύβδου ασβεστίου, μολύβδου – αντιμονίου.

Γενικά όσο πιο χοντρές είναι οι πλάκες τόσο περισσότερο μπορεί να εκφορτισθεί μια μπαταρία και μετά να ξαναφορτισθεί.

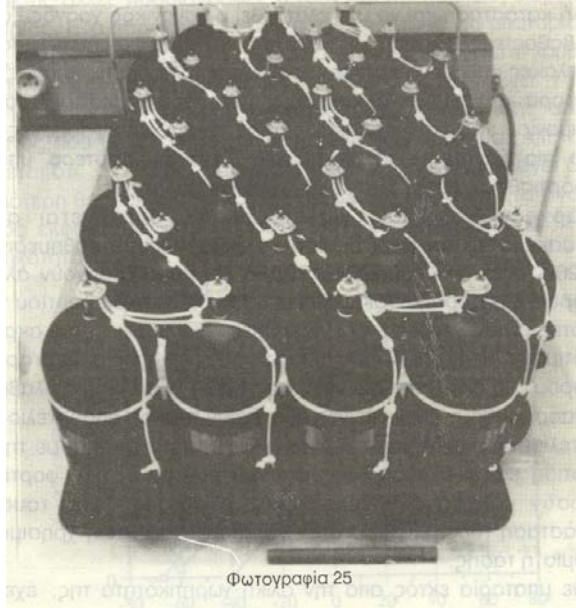
δ. Θερμοκρασία λειτουργίας. Η χωρητικότητα της μπαταρίας ελαττώνεται με την ελάττωση της θερμοκρασίας.

Ο χρόνος ζωής της μπαταρίας επομένως εξαρτάται από το ρυθμό φόρτισης εκφόρτισης, τον αριθμό φορτίσεων και εκφορτίσεων και τις ακραίες θερμοκρασίες.

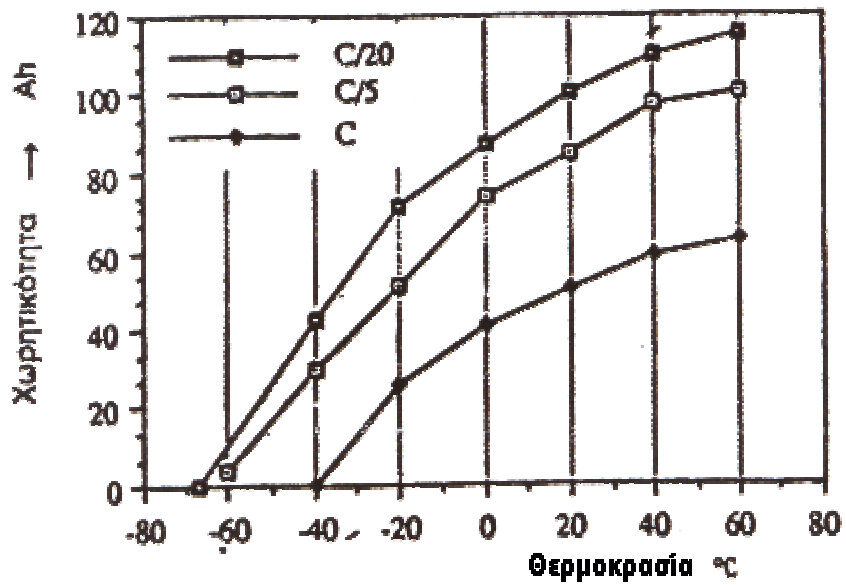
Σε ένα ΦΙΒ σύστημα μια μπαταρία μολύβδου έχει διάρκεια ζωής που δεν ξεπερνά τα 5-6 χρόνια ενώ οι μπαταρίες νικελίου – καδμίου διαρκούν πολύ περισσότερο όταν λειτουργούν με τις ίδιες συνθήκες.



Φωτογραφία 24



Φωτογραφία 25

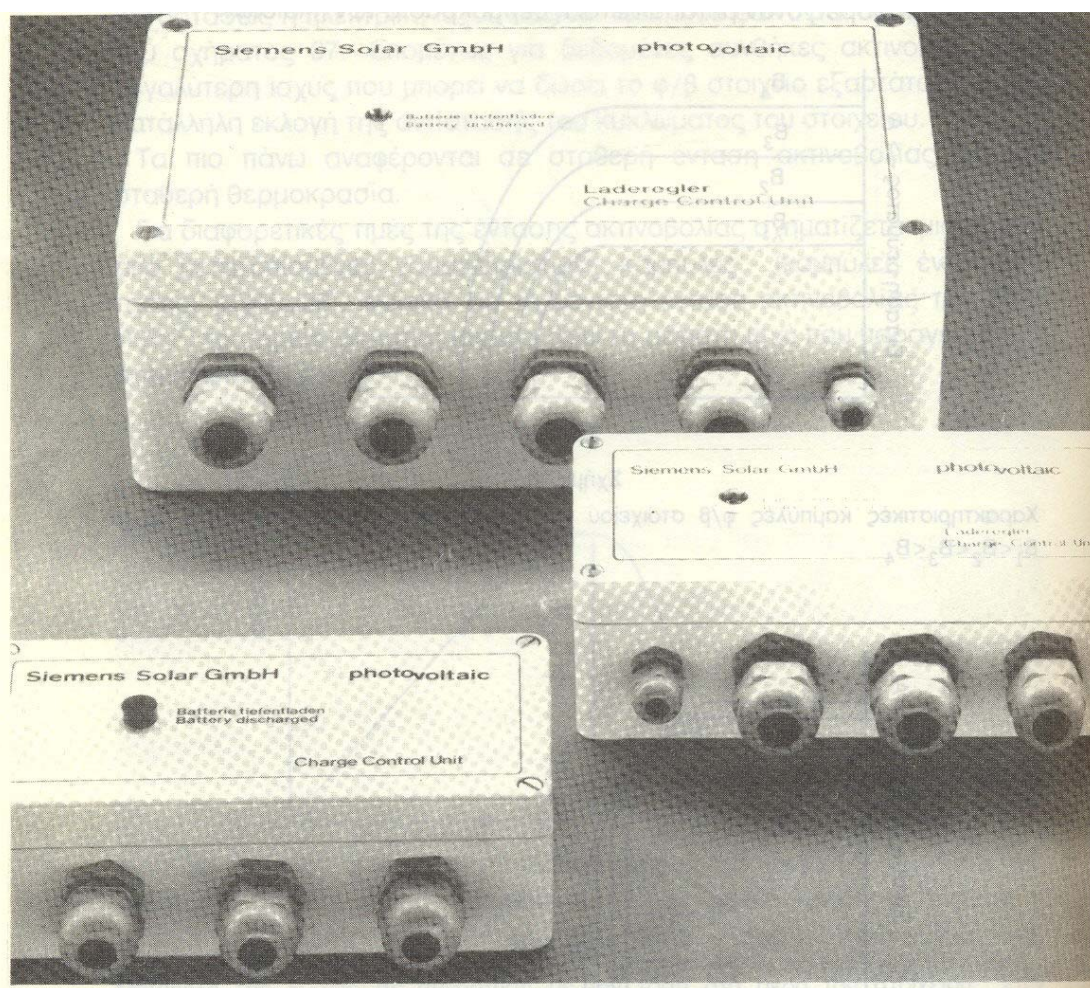


Σχ.θ Καμπύλη διόρθωσης για μπαταρία θειϊκού οξέος-μολύβδου

ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΤΑΣΗΣ (Controller)

Η συσκευή αυτή ρυθμίζει τη ροή του ρεύματος από τα ΦΙΒ πλαίσια προς τις μπαταρίες αποθήκευσης και διατηρεί την κανονική κατάσταση φόρτισης των μπαταριών. Όσο η μπαταρία πλησιάζει την πλήρη φόρτιση της ο ρυθμιστής ελαττώνει το ρεύμα που δίνουν τα πλαίσια προς την μπαταρία και εμποδίζει την υπερφόρτιση της. Είναι γνωστό ότι η υπερφόρτιση μιας μπαταρίας ελαττώνει το χρόνο ζωής της. Για την εκλογή του κατάλληλου ρυθμιστή τάσης που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε ένα ΦΙΒ σύστημα λαμβάνονται υπόψη τα πιο κάτω βασικά χαρακτηριστικά του:

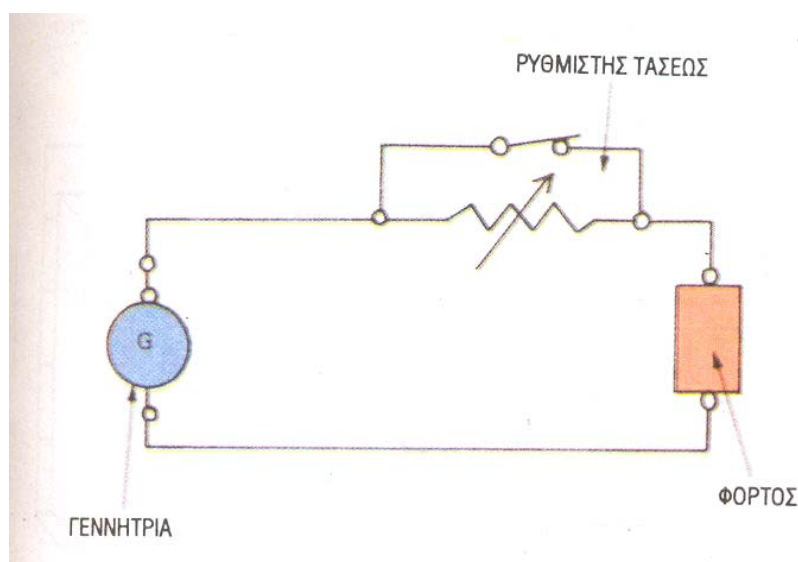
α. Η ισχύς. Αυτή καθορίζεται από την τάση που δίνουν τα ΦΙΒ πλαίσια και την ένταση του ρεύματος στον καταναλωτή. Η ισχύς του ρυθμιστή πρέπει να ξεπερνά την ισχύ που δίνουν τα πλαίσια και την ισχύ που καταναλώνει το φορτίο.



Γενικά ο ρυθμιστής πρέπει να έχει τέτοιο μέγεθος ώστε να μπορεί να δεχθεί ρεύμα τουλάχιστον 1,25 φορές μεγαλύτερο του ρεύματος βραχυκύκλωσης των πλαισίων και η τάση λειτουργίας του να είναι περίπου ίση με την τάση που δίνουν τα πλαίσια.

β. Χαμηλή τάση αποκοπής. Όταν η τάση πέσει αρκετά κάτω από την κανονική της τιμή, τότε ο ρυθμιστής αποσυνδέει την μπαταρία από το φορτίο ώστε να διατηρηθεί η καλή κατάσταση της μπαταρίας και να προληφθεί οποιαδήποτε βλάβη συμβεί στον καταναλωτή (φορτίο) όταν στα άκρα του εφαρμοσθεί τάση μικρότερη από την κανονική τάση λειτουργίας του. Σε μια μπαταρία 12V, η χαμηλή τάση αποκοπής του συνδεδεμένου ρυθμιστή είναι μεταξύ 11 και 12V.

γ. Υψηλή τάση αποκοπής. Όταν η τάση της μπαταρίας αυξηθεί αρκετά, τότε ο ρυθμιστής την αποσυνδέει από τα πλαίσια και έτσι εμποδίζει την υπερφόρτιση της. Σε μια μπαταρία 12V η υψηλή τάση αποκοπής είναι μεταξύ 14,5 και 15V.



Σχ. 11-41. Αυτό το διάγραμμα είναι ένα κύκλωμα, που περιλαμβάνει ρυθμιστή τάσεως. Όταν η τάση της γεννήτριας υπερβεί κάποια στάθμη, οι επαφές του ρυθμιστή ανοίγουν· έτσι το ρεύμα περνά μέσα από αντιστάτη και κατ' αυτόν τον τρόπο η τάση στο φόρτο ελαττώνεται σε ασφαλή στάθμη.

δ. Ρύθμιση της φόρτισης της μπαταρίας ανάλογα με τη θερμοκρασία της: Ο ρυθμιστής προσαρμόζει αυτόματα το σημείο τερματισμού της φόρτισης της μπαταρίας ώστε το φορτίο που θα διοχετευθεί στην μπαταρία να είναι μέγιστο σε σχέση με τη θερμοκρασία της.

ε. Προστασία πλαισίων από αντίθετο ρεύμα: Ο ρυθμιστής περιέχει αυτοματισμό που εμποδίζει κάποιο ρεύμα να κινηθεί από τη μπαταρία προς τα πλαίσια όταν δεν φωτίζονται.

Το μέγεθος του ρυθμιστή έχει επίσης σημασία ιδίως στην περίπτωση που θα τοποθετηθεί στον ίδιο κλειστό χώρο με τις μπαταρίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

ΑΛΕΞΙΚΕΡΑΥΝΑ – ΚΕΡΑΥΝΟΙ

Ένα σύννεφο μπορεί να αποκτήσει θετικό ή αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο. Τις περισσότερες φορές το ηλεκτρικό φορτίο είναι αρνητικό.

Κατά τη διάρκεια των καταιγίδων, το ηλεκτροστατικό πεδίο των νεφών αυξάνεται, με αποτέλεσμα να δημιουργείται τεράστια διαφορά δυναμικού, τόσο ανάμεσα σε διαφορετικά σύννεφα, όσο και ανάμεσα σ' ένα σύννεφο και τη γη. Αυτή η διαφορά δυναμικού μπορεί να φτάσει στα 100.000 V και καμιά φορά στο 1.000.000KV

Αυτές οι μεγάλες τάσεις, προκαλούν τις αστραπές ανάμεσα στα ίδια τα σύννεφα και τους κεραυνούς ανάμεσα σε ένα νέφος και τη γη.

Η μεταφορά του ηλεκτρικού φορτίου ενός νέφους στη γη ή αντίστροφα, συνοδεύεται από τεράστια λάμψη. Όλο αυτό το φαινόμενο είναι ο κεραυνός. Η πτώση ενός κεραυνού που γίνεται σ' ελάχιστο χρόνο προκαλεί ηλεκτρικό ρεύμα υψηλών εντάσεων 20.000 Αμπέρ έως 200.000 Αμπέρ με μέση ένταση τα 40.000 – 60.000 Α.

Η ηλεκτρική εκκένωση διαρκεί 0,002 μέχρι 3 δευτερόλεπτα, ενώ το κύριο φορτίο του κεραυνού έχει περάσει μέσα στο πρώτο χιλιοστό του δευτερολέπτου.

Ένα ηλεκτρικό φορτίο 5 Cb όταν μετακινηθεί με μορφή κεραυνού σε χρόνο 0,00003 sec (3×10^{-5} sec) θα προκαλέσει ηλεκτρικό ρεύμα που δίδεται από τη σχέση.

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{5}{3 \cdot 10^{-5}} = \frac{500.000}{3} = 167.000 A$$

Αποτέλεσμα αυτής της μεγάλης έντασης είναι η μεγάλη θερμότητα με δευτερεύουσες συνθήκες τη δημιουργία ηλεκτροχημικών φαινομένων και ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων.

ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΚΕΡΑΥΝΟΥ

Η υπερθέρμανση και η μεγάλη τάση μπορούν να προκαλέσουν μεγάλες ζημιές όπως:

α. Όταν προβάλλεται κάπως μεγάλη αντίσταση η θέρμανση είναι τόσο μεγάλη που μπορεί να προκαλέσει ακαριαία εξάτμιση δέντρων, στύλων και κτιριακών εγκαταστάσεων συνοδευόμενη από εκτινάξεις τεμαχίων τους.

Μετά από κεραυνό βλέπουμε δέντρα με σχισμένους κορμούς, στύλους δικτύων που είναι σχισμένοι κατά μήκος ή που τους λείπει ολόκληρη λωρίδα ή κτίρια που δίνουν την εντύπωση ότι δέχτηκαν βομβαρδισμό.

β. Η μεγάλη θέρμανση μπορεί να προκαλέσει ανάφλεξη δέντρων, κτιρίων ή αποθηκευμένων προϊόντων.

γ. Κάθε ζωντανός οργανισμός που θα βρεθεί στο πέρασμα του κεραυνού είναι καταδικασμένος, τόσο από το ηλεκτρικό φορτίο όσο και από την υψηλή θερμοκρασία.

δ. Τα εναέρια δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας και επικοινωνιών δεχόμενα μεγάλες τάσεις και εντάσεις, πολλές φορές καταστρέφονται τόσο από υπερθερμάνσεις, όσο και από διάσπαση των μονωτικών τους.



Τα ίδια τα τηλεφωνικά και ηλεκτρικά καλώδια μπορούν να μεταφέρουν τον κεραυνό μέσα στα κτίρια και εγκαταστάσεις και να προκαλέσουν σοβαρές ζημιές.

Για την προστασία προσώπων και πραγμάτων από την πτώση κεραυνών, κατασκευάζονται διάφορες διατάξεις που στο σύνολο τους ονομάζονται αλεξικέραυνα.

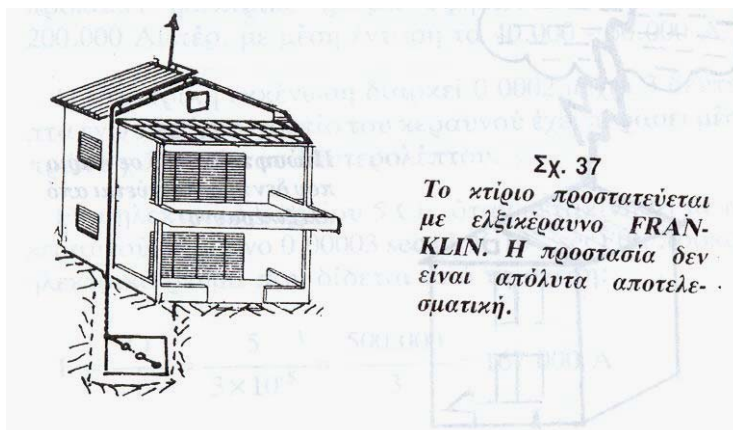
Τα αλεξικέραυνα έχουν σαν σκοπό να προσφέρουν στο φορτίο του νέφους άμεση δίοδο προς τη γη, ώστε να αποφύγουμε τις δυσάρεστες συνέπειες ενός κεραυνού.

Είδη Αλεξικέραυνων

- Τα αλεξικέραυνα διαφέρουν ανάλογα με την αρχή λειτουργίας τους και με το σκοπό που εξυπηρετούν.

- Διαφέρει π.χ. ένα αλεξικέραυνο κτιρίου από ένα αντίστοιχο ηλεκτρικού δικτύου ή υποσταθμού.

- Τα αλεξικέραυνα των κτιριακών εγκαταστάσεων τα διακρίνουμε σε αλεξικέραυνα τύπου ακίδων (Franklin ή Faraday) και αλεξικέραυνα ιονισμού (ραδιενεργά).



Ο σταυρός στον οποίο αναφερόμαστε είναι μεταλλικός, είναι τοποθετημένος στην οροφή του κτιρίου και χρησιμοποιείται ο ίδιος αντί ακίδας. Μέσω μεταλλικού αγωγού συνδέεται με τρεις χάλκινους ράβδους που βρίσκονται μέσα στο έδαφος, για την διοχέτευση των φορτίων σε περίπτωση κεραυνού.

Τα ΦΙΒ έχουν τοποθετηθεί στην οροφή του κτιρίου με προσανατολισμό προς Νότο και γωνία κλίσης $\alpha=20^{\circ},5'$ σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο, διότι σε αυτή τη γωνία τα ΦΙΒ έχουν την μεγαλύτερη μέση ετήσια απολαβή ίση με $5,37 \text{ Kw/m}^2$

Ο σταυρός εκτός του φωτισμό παρέχει και αντικεραυνική προστασία σε σχήμα κώνου, προστατεύοντας έτσι τις ηλεκτρονικές συσκευές.

Τέλος ο σταυρός πρέπει να είναι τοποθετημένος έτσι ώστε να δέχεται την μεγαλύτερη ένταση του ανέμου από την πλευρά που έχει την μικρότερη επιφάνεια. Δηλαδή ο οριζόντιος άξονας να έχει διεύθυνση ΒΑ όπως φαίνεται στην ροζέτα σχήμα 33 των Was P 6.0.

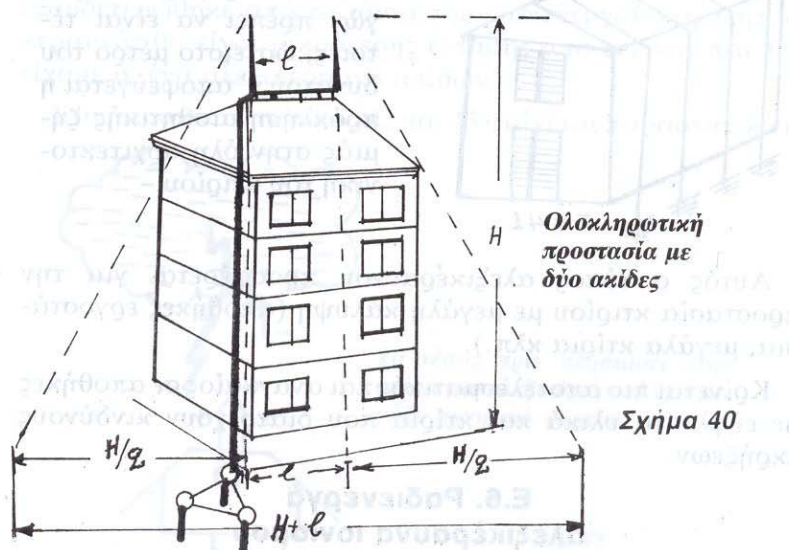
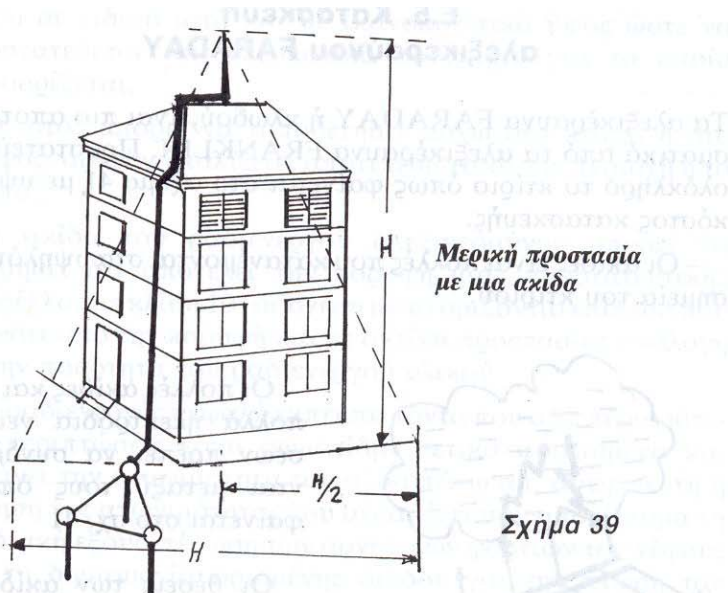
Κατασκευαστικά στοιχεία αλεξικέραυτου Φράνκλιν

Το αλεξικέραυνο αυτού του τύπου προσφέρεται για την προστασία κτιρίων με μεγάλο ύψος και μικρό εμβαδόν τέτοια κτίρια είναι οι καπνοδόχοι των εργοστασίων, οι υδατοπύργοι, τα κωδωνοστάσια των ναών, κλπ.

Ένα αλεξικέραυνο FRANKLIN προστατεύει μια περιοχή σε σχήμα ανάποδου κώνου, που έχει σαν κορυφή την ακίδα και σαν διάμετρο το ύψος της ακίδας από το έδαφος.

Στο σχήμα βλέπουμε ένα τέτοιο αλεξικέραυνο που στην πράξη δεν μπορεί να προστατέψει ολόκληρο το κτίριο. Όταν όμως του αυξήσουμε τις ακίδες η προστασία είναι πιο αποτελεσματική.

Ο αγωγός από την ακίδα μέχρι τη γείωση θα είναι χάλκινος, διατομής 50 τετρ. χιλ. και θα απομονώνεται από το κτίριο με κατάλληλους μονωτήρες.



Ο αγωγός πρέπει να είναι μονοκόμματος και να αποφεύγονται, οι συνδέσεις. Οι συνδέσεις πρέπει να γίνονται με τη χρήση ειδικών σφιγκτήρων. Η συγκόλληση των αγωγών με κασιτεροκολλήσεις πρέπει να αποφεύγεται, διότι το ρεύμα του κεραυνού μπορεί να ανυψώσει τη θερμοκρασία στον αγωγό σε σημείο τήξης της κόλλησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

Οικονομική βιωσιμότητα των φ/β συστημάτων

Για την εγκατάσταση ενός φ/β συστήματος πρέπει να ληφθούν υπόψη διάφοροι παράγοντες. Η μελέτη των παραγόντων αυτών θα βοηθήσει σε μια σωστή απόφαση για την τοποθέτηση φ/β συστήματος σε μια συγκεκριμένη περιοχή.

Παρά το γεγονός ότι πολλές φορές διάφοροι παράγοντες είναι αποτρεπτικοί, πρέπει να έχουμε υπόψη ότι, είναι δυνατό ένας μόνο τέτοιος παράγοντας, όπως για παράδειγμα είναι η μεγάλη απόσταση της περιοχής από το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο, να είναι καθοριστικός στη θετική απόφαση για την κατασκευή του φ/β συστήματος.

Οι πιο βασικοί παράγοντες για τη σχετική απόφαση, είναι η ηλιοφάνεια στη περιοχή, τα έξοδα της εγκατάστασης και η τιμή της Κιλοβατώρας που παρέχεται στον ενδιαφερόμενο από το ηλεκτρικό δίκτυο.

Ο πιο απλός τρόπος για να βρει κανείς κατά πόσο συμφέρει οικονομικό η εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος σε μια περιοχή είναι ο ακόλουθος.

- (α) Να υπολογισθεί ο αριθμός (η)των κιλοβατώραν που θα παρέχει το φ/β σύστημα κατά τη διάρκεια ενός έτους.
- (β) Να πολλαπλασιαστεί Ο αριθμός αυτός με τα 25 χρόνια ζωής του φ/β συστήματος για να βρεθεί το σύνολο (25χη) των κιλοβατώραν που θα δώσει.
- (γ) Να υπολογισθεί το συνολικό κόστος Κ στο οποίο να περιλαμβάνεται το δάνειο με τους τόκους του και τα έξοδα συντήρησης, και να αφαιρεθούν οι τυχόν φορολογικές απαλλαγές οι άλλες διευκολύνσεις ή κίνητρα που παρέχει το κράτος για εισαγωγή και εγκατάσταση φ/β συστημάτων.
- (δ) Να βρεθεί η τιμή της κιλοβατώρας που δίνει το φ/β σύστημα, με τον υπολογισμό του λόγου $K/25\chi$ για να συγκριθεί με την τιμή α της κιλοβατώρας που παρέχει το ηλεκτρικό δίκτυο.

Παρατηρούμε ότι η τιμή $K/25\chi$ μπορεί να γίνει πιο μικρή και επομένως πιο συμφέρουσα, ή με την ελάττωση του κόστους Κ λόγω πτώσης των τιμών των φ/β πλαισίων, ή με την αύξηση του αριθμού η λόγω μεγαλύτερης ηλιοφάνειας στην περιοχή της εγκατάστασης. Επίσης η οικονομική πολιτική της κυβέρνησης σχετικό με φορολογικές απαλλαγές στα φ/β πλαίσια ή άλλες

συσκευές που έχουν σχέση με την παραγωγή ενέργειας από εναλλακτικές πηγές, θα επηρεάσει την τιμή της κιλοβατώρας από φ/β συστήματα.

Σχετικά με το θέμα της χρησιμοποίησης φ/β συστημάτων πρέπει να έχουμε υπό όψη ότι η τιμή α της κιλοβατώρας από το ηλεκτρικό δίκτυο έχει τάση αύξησης που γίνεται μάλιστα τελευταία πολύ μεγαλύτερη με τη κρίση στον Περσικό κόλπο. Στο άμεσο μέλλον η αύξηση θα είναι ακόμη πιο αισθητή λόγω της σταδιακής ελάττωσης των αποθεμάτων πετρελαίου. Εξ άλλου με τη τελειοποίηση των φ/β στοιχείων το κόστος κατασκευής είναι μικρότερο ενώ η απόδοση μεγαλύτερη με αποτέλεσμα η τιμή της κιλοβατώρας των φ/β συστημάτων να φτάσει σε τόσο χαμηλά επίπεδα ώστε να αρχίσει η μαζική εγκατάσταση αυτών.

Εκτός από τη σχέση μεταξύ των δύο τιμών της κιλοβατώρας, υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που καθορίζουν την οικονομική βιωσιμότητα του φ/β συστήματος σε κάποια συγκεκριμένη περιοχή. Πράγματι η πιο συμφέρουσα εφαρμογή φ/β πλαισίων είναι σε περιοχές που δεν εξυπηρετούνται από το ηλεκτρικό δίκτυο. Στη περίπτωση αυτή είναι θέμα σύγκρισης της τιμής της Kw από το φ/β σύστημα με την αντίστοιχη τιμή της KWh μιας γεννήτριας που τυχόν θα εγκατασταθεί στο σπίτι, ή την τιμή της από το δίκτυο αφού ληφθούν υπόψη όλα τα έξοδα που θα πληρωθούν από τον ενδιαφερόμενο στην Αρχή Ηλεκτρισμού για να επεκταθεί το δίκτυο μέχρι την περιοχή του σπιτιού.

Επίσης δεν πρέπει να μας διαφεύγει ότι η γεννήτρια είναι μια πολύ ακριβή συσκευή με περιορισμένο χρόνο ζωής. Γενικά η συντήρηση της και η αντικατάσταση των διαφόρων εξαρτημάτων της, όπως και η συνεχής κατανάλωση καυσίμων, δημιουργεί μεγάλα έξοδα. Ο χρόνος ζωής μιας γεννήτριας ισχύος 8 Kw και 1800 στροφών το λεπτό που λειτουργεί με ακάθαρτο πετρέλαιο ποικίλει ανάλογα με την ισχύ που αναπτύσσει. Όταν εργάζεται με πλήρη ισχύ ο χρόνος ζωής της είναι 5000 ώρες, ενώ όταν λειτουργεί με ισχύ 4 K ο χρόνος ζωής της είναι 7500 ώρες, δηλαδή 2-3 χρόνια.

Ενώ, όπως ξέρουμε, ο χρόνος ζωής του φ/β συστήματος είναι 25 χρόνια. Η κατανάλωση καυσίμων δεν είναι ανάλογη με την ισχύ που αναπτύσσει η γεννήτρια. Αν μια ηλεκτρική εγκατάσταση 800 W τροφοδοτείται από γεννήτρια ισχύος 8000 W, δεν σημαίνει ότι η κατανάλωση καυσίμων θα είναι το 1/10 εκείνων που χρειάζεται όταν λειτουργεί υπό 8 Kw αλλά πολύ μεγαλύτερη.

Εξάλλου για τη χρησιμοποίηση της γεννήτριας πρέπει να ληφθούν υπόψη η ρύπανση της γύρω περιοχής από τη καύση του πετρελαίου όπως και η ηχορύπανση από το συνεχές θόρυβο κατά τη λειτουργία της.

Υπάρχει ακόμη ένα πλεονέκτημα που δε φαίνεται σοβαρό εκ πρώτης όψεως αλλά πρέπει να ληφθεί υπόψη στην απόφαση για εγκατάσταση φ/β συστήματος σε απομακρυσμένη περιοχή. Είναι η τιμή της γης στην απομακρυσμένη περιοχή που είναι συγκριτικά χαμηλή και έτσι τα χρήματα που θα εξοικονομηθούν από την αγορά της γης μπορεί να χρησιμοποιηθούν στην εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος. Μην ξεχνάμε ακόμη ότι με την εκλογή φ/β συστήματος για την τροφοδότηση μιας εξοχικής κατοικίας σε απομακρυσμένη περιοχή, ο καθένας έχει μεγαλύτερη ελευθερία να αποφασίσει την περιοχή στην οποία θέλει να ζήσει.

Φυσικά, αν το κτίσιμο γίνει σε μια περιοχή με πολλές κατοικίες που τροφοδοτούνται από το ίδιο φ/β σύστημα, τα έξοδα της εγκατάστασης θα κατανέμονται σε όλους τους ιδιώτες με αποτέλεσμα κάθε ιδιοκτήτης να πληρώνει λιγότερα για την ενεργειακή τροφοδότηση του.

Έχουν κτισθεί μέχρι τώρα σε διάφορες χώρες πολλά τέτοια συγκροτήματα κατοικιών και όπως φαίνεται, στο μέλλον πολλοί συνοικισμοί θα κτίζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην έχουν ενεργειακή εξάρτηση από το δίκτυο αλλά να έχουν ένα κοινό ηλιακό ηλεκτροπαραγωγό σταθμό φ/β στοιχείων.

Συμπερασματικά για την οικονομική βιωσιμότητα ενός φ/β συστήματος πρέπει να έχουμε υπόψη τα εξής: Η τιμή της Kw από το φ/β σύστημα είναι πολύ χαμηλή συγκρινόμενη με αυτή από το ηλεκτρικό δίκτυο.

Το κόστος της KW από το φ/β σύστημα πρέπει να υπολογίζεται για όλη τη διάρκεια ζωής του δηλαδή για 28 χρόνια, και όχι για τον πρώτο χρόνο της εγκατάστασης του.

Από την άλλη μεριά πρέπει να εξετασθεί αν υπάρχουν διευκολύνσεις από το κράτος. Αυτές μπορεί να περιλαμβάνουν, πιστώσεις από το κράτος, ευκολία δανείου με χαμηλά επιτόκια, απαλλαγή του φ/β συστήματος στον υπολογισμό των περιουσιακών στοιχείων για επιβολή φόρου, απαλλαγή από το φόρο εισαγωγής του φ/β συστήματος και τέλος αφαίρεση από το φορολογητέο εισόδημα των τόκων δανείου που μπορεί να χρησιμοποιήθηκε για την εγκατάσταση του.

Είναι φανερό ότι αυτές οι διευκολύνσεις από το κράτος αποτελούν κίνητρα για την επέκταση της χρησιμοποίησης φ/β συστημάτων με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας και τον περιορισμό, σε μεγάλο βαθμό, της ποσότητας του διοξειδίου του άνθρακα και του θειαφίου που προκαλούν καταστροφική ρύπανση στο περιβάλλον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΗΣ Φ/Β ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Παρά το γεγονός ότι η φ/β τεχνολογία έχει φθάσει σε ψηλά επίπεδα ώστε να δίνει προϊόντα και πρακτικές εφαρμογές ευρείας εμπορικής κατανάλωσης, οι έρευνες στον τομέα αυτό συνεχίζονται, όπως συμβαίνει πάντα για οποιαδήποτε νέα τεχνολογία με μεγάλες προοπτικές.

Οι έρευνες που γίνονται έχουν σκοπό να οδηγήσουν στην πλήρη αντίληψη και κατανόηση όλων των λεπτομερειών κατασκευής των φ/β στοιχείων και των ιδιοτήτων των υλικών που ήδη χρησιμοποιούνται σ' αυτήν. Τα συμπεράσματα θα βοηθήσουν στη δυνατότητα χρησιμοποίησης νέων υλικών με ακόμη καλύτερα αποτελέσματα.

Ο στόχος είναι να ξεπεραστούν εμπόδια που περιορίζουν την απόδοση των φ/β στοιχείων με αποτέλεσμα την αύξηση της. Μεγαλύτερη όμως απόδοση σημαίνει περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια για ορισμένη ποσότητα ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει στο φ/β στοιχείο. Αυτό τελικά συνεπάγεται χαμηλότερο κόστος της παραγόμενης κιλοβατώρας.

Το Κόστος κατασκευής των φωτοβολταϊκών συστημάτων εξαρτάται από τη ποσότητα του υλικού που χρησιμοποιείται για την κατασκευή των ηλιακών στοιχείων και από τις εργασίες και τα πρόσθετα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Γι' αυτό, οι έρευνες που γίνονται στοχεύουν στην ανακάλυψη πιο φτηνών πρώτων υλών και γενικά λιγότερο δαπανηρών διαδικασιών κατασκευής.

Η τεχνολογία κατασκευής ηλιακής φ/β στοιχείων κρυσταλλικού πυριτίου είναι η πιο μελετημένη και προχωρημένη σε σχέση με την κατασκευή ηλιακών στοιχείων από άλλα υλικά. Οι παράγοντες που περιορίζουν την απόδοση των ηλιακών στοιχείων πυριτίου έχουν προσδιορισθεί και γίνονται προσπάθειες για να επιτευχθεί καλύτερη απόδοση από το 22% που υπάρχει σήμερα. Όπως είδαμε όμως, κατά την αποκοπή του κρυσταλλικού πυριτίου σε λεπτές φέτες για την κατασκευή των φ/β στοιχείων, ένα μεγάλο ποσοστό του αρχικού κρυστάλλου μετατρέπεται σε σκόνη που αχρηστεύεται.

Κατασκευάσθηκαν γι' αυτό τα φ/β στοιχεία με τη χρησιμοποίηση του υδρογονομένου άμορφου πυριτίου (α -Si:H) με απόδοση που δεν ξεπερνά το

12% αλλά οι έρευνες που γίνονται σ' αυτόν τον τομέα δημιουργούν πολύ καλές προοπτικές για βελτίωση της απόδοσης αυτής.

Επίσης έρευνες γίνονται για την κατασκευή φ/β ηλιακών στοιχείων από πολυκρυσταλλικούς ημιαγωγούς που φαίνεται ότι έχουν την ίδια απόδοση με το άμορφο πυρίτιο αλλά η κατασκευή τους είναι πιο εύκολη και παρουσιάζουν μεγαλύτερη σταθερότητα σε ψηλές θερμοκρασίες.

Μεγάλες προοπτικές παρουσιάζει και η έρευνα που γίνεται με το κρυσταλλικό και πολυκρυσταλλικό Αρσενιούχο Γάλλιο GaAs το οποίο μελετήθηκε από τις αρχές του 1970 από μεγάλη ερευνητική ομάδα στο πανεπιστήμιο του Salford στην Αγγλία. Η απόδοση των φ/β στοιχείων από το υλικό αυτό είναι 19% αλλά φαίνεται ότι με τις προσπάθειες που γίνονται θα φθάσει και το 25%.

Ενας νέος ημιαγωγός που χρησιμοποιήθηκε τελευταία και έχει μεγάλες προοπτικές πλατειάς κατανάλωσης είναι ο Δισεληνιούχο ίνδιο - Χαλκός $CuInSe_2$ (Copper Indium diselenide CIS) ελάχιστη ποσότητα από τον ημιαγωγό αυτό είναι δυνατή η κατασκευή πολύ λεπτού φ/β στοιχείου που όμως παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερη απορροφητικότητα ηλιακής ακτινοβολίας από αυτή που παρουσιάζει το φ/β στοιχείο κρυσταλλικού πυριτίου.

Μετά από μεγάλες προσπάθειες τα φ/β στοιχεία CIS αποτελούν σήμερα ένα βασικό συμπλήρωμα του φ/β στοιχείου αμόρφου πυριτίου.

Με συνδυασμό διαφόρων ημιαγωγών με το καθένα να έχει κατάλληλα χαρακτηριστικά, επιτυγχάνεται η κατασκευή διπλών φ/β στοιχείων στα οποία ο ένας ημιαγωγός επικάθεται στον άλλο ώστε να αλληλοσυμπληρώνονται ως προς την απορροφητικότητα των διαφόρων χρωμάτων του ηλιακού φάσματος με αποτέλεσμα να αυξάνεται πολύ η απόδοσή τους. Δύο τέτοια υλικά που χρησιμοποιούνται τώρα και με μεγάλες Προοπτικές για εμπορική κατανάλωση είναι το πυρίτιο και το CIS. Προβλέπεται ότι σε περίπτωση που η τιμή των διπλών φ/β στοιχείων - πλαισίων πέσει κάτω από 3 δολάρια για κάθε ένα δεν θα συμφέρει πλέον η κατασκευή φ/β στοιχείων κρυσταλλικού πυριτίου.

Με την εισαγωγή των στοιχείων αυτών και την πείρα που έχει αποκτηθεί μέχρι σήμερα, φαίνεται ότι ο στόχος της τιμής του ενός δολλαρίου για κάθε βατ (Wp) του φ/β πλαισίου δεν θα αργήσει να επιτευχθεί. Με την τιμή αυτή, με ένα ισοδύναμο αριθμό ωρών 4 ώρες την ημέρα και με χρόνο ζωής φ/β συστημάτων 25 χρόνια, η κιλοβατώρα θα στοιχίζει 3 αμερικάνικα σέντς και

έτσι θα βρίσκεται μέσα στα πλαίσια της τιμής της από το ηλεκτρικό δίκτυο και μάλιστα θα τη συναγωνίζεται.

Με τη χρησιμοποίηση υλικών που αντέχουν περισσότερο στις μεταβολές των καιρικών συνθηκών που συμβαίνουν συνεχώς στην ατμόσφαιρα, υπάρχει προοπτική να αυξηθεί ο χρόνος ζωής των φ/β πλαισίων από το 25 χρόνια που είναι τώρα στα 30 χρόνια.

Είναι γνωστό ότι για να είναι σε θέση τα φ/β συστήματα να συναγωνισθούν τα υπάρχοντα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να έχουν φτηνό και αποδοτικό πλαίσιο με μεγάλο χρόνο ζωής, να έχουν βοηθητικές συσκευές καλής κατασκευής και απόδοσης, ο δε σχεδιασμός του συστήματος να γίνεται με μεγάλη προσοχή.

Επιδίωξη των υποστηρικτών της χρησιμοποίησης της ηλιακής ενέργειας είναι η απόκτηση ανεξαρτησίας από πλευράς ηλεκτρικής ενέργειας και αν είναι δυνατό η αποκοπή ακόμη και της σύνδεσης με το ηλεκτρικό δίκτυο και η τροφοδότηση από δικό τους ανεξάρτητο και αυτοτελές φ/β σύστημα. Πολλοί όμως καταναλωτές α προτιμήσουν να διατηρήσουν τη σύνδεση τους με το δίκτυο και με την χρησιμοποίηση του φ/β συστήματος, να αγοράζουν από το δίκτυο λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια. Σε περίπτωση μάλιστα που έχουν μεγάλο φ/β σύστημα και υπάρχει συνεχής ηλιοφάνεια είναι δυνατό και να πωλούν ενέργεια στο δίκτυο.

Προϋπόθεση για μεγαλύτερη ανάπτυξη της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας είναι να γίνουν προσπάθειες για την προσαρμογή των υπό κατασκευή φ/β πηγών ενέργειας προς τα χαρακτηριστικά των διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών που ήδη υπάρχουν.

Επίσης θα πρέπει να κατασκευάζονται νέες συσκευές με χαρακτηριστικά προσαρμοσμένα στις φωτοβολταϊκές πηγές ενέργειας. Αυτό ήδη γίνεται σε κάποιο βαθμό και έτσι μπορεί να βρει κανείς σήμερα τηλεοράσεις, ψυγεία, λαμπτήρες φθορισμού που λειτουργούν με την χαμηλή τάση που δίνουν οι φωτοβολταϊκές πηγές.

Θα προσπαθήσουμε στη συνέχεια να κάνουμε μια πρόβλεψη για τη σχέση μεταξύ της Αρχής ή Εταιρείας Ηλεκτρισμού και των ιδιοκτητών κατοικιών εφοδιασμένων με φ/β συστήματα, και γενικά τη θέση της έναντι της συνεχούς αύξησης εγκαταστάσεων φ/β συστημάτων και των προβλημάτων που θα δημιουργηθούν.

Γενικά η μέχρι τώρα στάση των διαφόρων αρχών ή εταιρειών ηλεκτρισμού στις αναπτυσσόμενες χώρες ήταν πάντα Θετική ως προς το θέμα της εγκατάστασης φ/β συστημάτων συνδεδεμένων με το ηλεκτρικό δίκτυο και αναμένεται ότι και στάση της ΔΕΗ και ΑΗΚ (Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου) θα είναι παρόμοια. Είναι φανερό ότι τα συστήματα αυτά θα καλύπτουν βασικές ανάγκες διότι μπορούν να εγκατασταθούν γρήγορα και έτσι να αντιμετωπίσουν τυχόν μεγάλη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας κατά τις περιόδους αιχμής.

Η λειτουργία τους είναι δυνατό να ελέγχεται με σήματα που θα στέλλονται σε αυτά δια μέσου του δικτύου ώστε να παράγουν ενέργεια χαμηλού κόστους κατά τις περιόδους αιχμής. Φυσικά τα συστήματα αυτά είναι δυνατό να λειτουργούν και σε περιόδους που δεν υπάρχει αιχμή, και η ενέργεια που θα παράγεται να χρησιμοποιείται για θέρμανση νερού σε καλά μονωμένα ντεπόζιτα ώστε να χρησιμοποιηθεί όταν χρειαστεί. Επίσης η Αρχή ή Εταιρεία θα διοχετεύει δια μέσου του δικτύου της την ενέργεια που περισσεύει σε άλλους καταναλωτές που δεν έχουν φ/β συστήματα.

Μεγάλα ποσά ενέργειας που θα παράγονται κατά τα Σαββατοκύριακα θα αποθηκεύονται σε μεγάλες μπαταρίες, που θα βρίσκονται κοντά στους χώρους κατανάλωσης, ώστε να αποφεύγονται μεγάλες απώλειες στα σύρματα μεταφοράς του δικτύου. Η μέθοδος αυτή τροφοδότησης του δικτύου με ηλεκτρική ενέργεια παραγόμενη από φ/β συστήματα δεν θα παρουσιάζει κανένα πρόβλημα σε τάσης ή συχνότητας ακόμη και σε περίπτωση που προέρχεται από φ/β συστήματα πολύ μεγάλης ισχύος που κατά βάση θα αποτελούν ηλιακούς ηλεκτροπαραγωγούς σταθμούς.

Τέτοιοι σταθμοί είναι δυνατό να κατασκευασθούν σε διάφορες άγονες περιοχές κατά μήκος του δικτύου μεταφοράς από την ίδια την ΔΕΗ ή ΛΗΚ όπως επίσης και μεγάλα φ/β συστήματα σε κτιριακά συγκροτήματα στα οποία οι ιδιοκτήτες δεν θα θέλουν ίσως να εγκαταστήσουν με δικά τους έξοδα.

Στις αναπτυσσόμενες χώρες η εγκατάσταση φ/β συστημάτων σε απομακρυσμένες περιοχές θα είναι μεγάλη εξυπηρέτηση διότι η κατασκευή μεγάλου Θερμοηλεκτρικού σταθμού για την τροφοδότηση των περιοχών αυτών είναι δύσκολη και δαπανηρή.

Αντιθέτως η τοποθέτηση φ/β συστημάτων είναι γρήγορη και τα έξοδα είναι ανάλογα με το μέγεθος της εγκατάστασης. Εξάλλου το φ/β σύστημα στην

αρχή μπορεί να είναι μικρό και να επεκτείνεται με την τοποθέτηση νέων φ/β ανάλογα με τη ζήτηση.

Η κατασκευή των φ/β πλαισίων είναι δυνατό να αναληφθεί από την ίδια τη χώρα που πρόκειται να προωθήσει την εγκατάσταση φ/β συστημάτων ώστε αυτά να στοιχίζουν λιγότερο. Έτσι η τιμή της κιλοβατώρας που θα παράγεται από τα φ/β συστήματα θα είναι μικρότερη της αντίστοιχης από το ηλεκτρικό δίκτυο.

Φυσικά όλες οι προοπτικές που αναφέραμε εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την περαιτέρω εξέλιξη της φ/β τεχνολογίας ως προς την οικονομική βιωσιμότητα της και τις θέσεις που θα πάρουν για τα φ/β συστήματα οι κυβερνήσεις κατά κύριο λόγο, αλλά και τα άτομα που ανήκουν σε διαφορετικές ομάδες του πληθυσμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12 ΑΝΕΜΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Υπολογιστικό πρόγραμμα WAsP 6.0

Το υπολογιστικό πρόγραμμα WAsP 6.0 αναπτύχθηκε για την εκτίμηση του αιολικού δυναμικού περιοχών, οι οποίες είναι υποψήφιας για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων. Έχει τη δυνατότητα να υπολογίσει ανεμολογικά στοιχεία όπως μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου και ετήσια παραγωγή ενέργειας, λαμβάνοντας υπόψη την τοπογραφία του εδάφους και τα ανεμολογικά δεδομένα της περιοχής καθώς και άλλες σχετικές παραμέτρους που επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά του ανέμου. Η εισαγωγή των αναγκαίων δεδομένων καθώς και των υπολογισμών των μεγεθών που μας ενδιαφέρουν αναφέρονται επιγραμματικά παρακάτω.

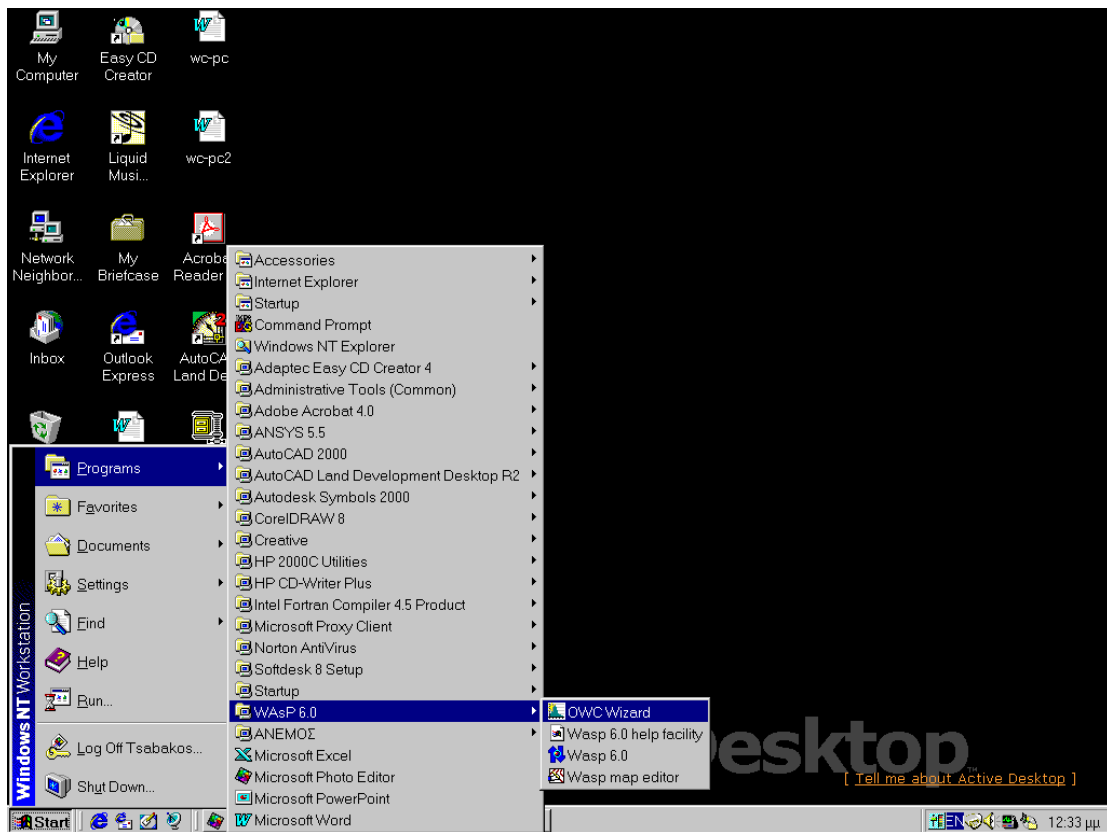
- **Εισαγωγή ανεμολογικών μετρήσεων (raw data)**

Τα ανεμολογικά δεδομένα (raw data) που προέρχονται από μετρήσεις μπορούν να εισαχθούν στο πρόγραμμα με τη μορφή αρχείων δεδομένων (.dat), αρχείων κειμένου (.txt) ή σαν αρχεία μορφοποιημένου κειμένου (.prn). Η εισαγωγή γίνεται με την βοήθεια του OWC Wizard (Σχήμα α,β), ενός προγράμματος ειδικά για αυτό το σκοπό, το οποίο συνοδεύει το WasP 6.0. Το OWC Wizard δημιουργεί έτσι μια ροζέτα ανέμου που αντιστοιχεί στις μετρήσεις. Για την εισαγωγή των raw data πρέπει να γνωρίζουμε το ύψος του ανεμογράφου από τον οποίο προέρχονται και το γεωγραφικό πλάτος και μήκος του. Η διαδικασία έχει ως εξής :

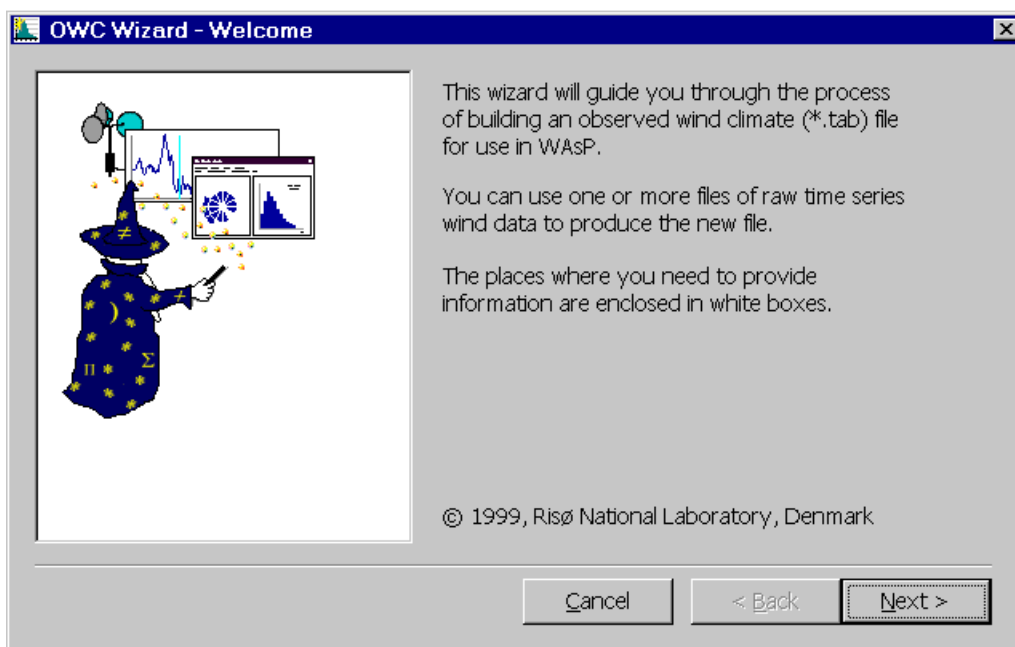
- Καθορισμός ύψους ιστού ανεμογράφου, γεωγραφικού πλάτους και μήκους του και περιγραφή της περιοχής (προαιρετικό) (Σχήμα 1)
- Εισαγωγή των raw data με την επιλογή Add. (Σχήμα 2, 2α, 2β, 2γ)
- Καθορισμός των raw data για την σωστή ανάγνωσή τους από το πρόγραμμα. (καθορισμός της στήλης δεδομένων που αντιστοιχούν στην ταχύτητα του ανέμου κ.τ.λ.) (Σχήμα 3)

- Το πρόγραμμα δίνει μια μικρή αναφορά για τα δεδομένα και στη συνέχεια ζητάει τυχόν προσαρμογές που πρέπει να γίνουν στα δεδομένα της ταχύτητας του ανέμου και της διεύθυνσης. (Ζητούνται δύο συντελεστές που καθορίζουν τυχόν αυξομειώσεις ή αποκλίσεις των μεγεθών αυτών από τα δεδομένα) (Σχήματα 4 και 5)
- Καθορισμός μέγιστης ταχύτητας και διεύθυνσης ανέμου (Σχήμα 6)
- Σύντομη περιγραφή των δεδομένων από το πρόγραμμα (Σχήμα 7)
- Επιλογή για την εισαγωγή επόμενου αρχείου raw data (Σχήμα 8)
- Καθορισμός αριθμού τομέων (sectors) ροζέτας ανέμου και γωνίας διεύθυνσης πρώτου sector (Σχήμα 9)
- Αποθήκευση αρχείου ροζέτας. (Σχήμα 10)

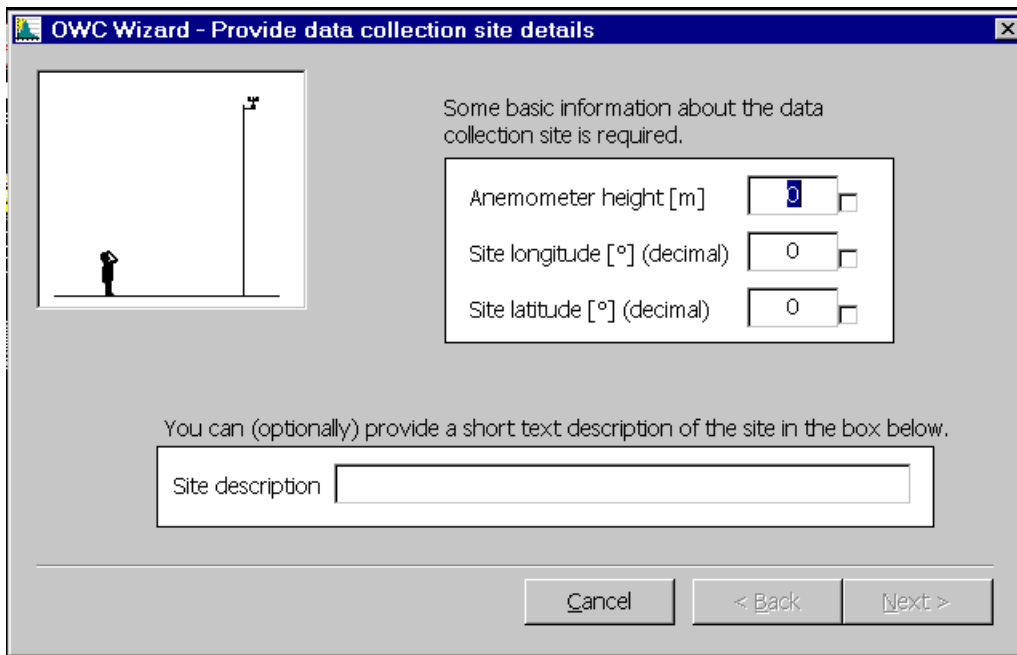
Η μετάβαση από την αρχή προς το τέλος της διαδικασίας και αντίστροφα γίνεται με τα ' κουμπιά ' NEXT και BACK που βρίσκονται στη κάτω δεξιά άκρη του 'παράθυρου' που εμφανίζει το πρόγραμμα.



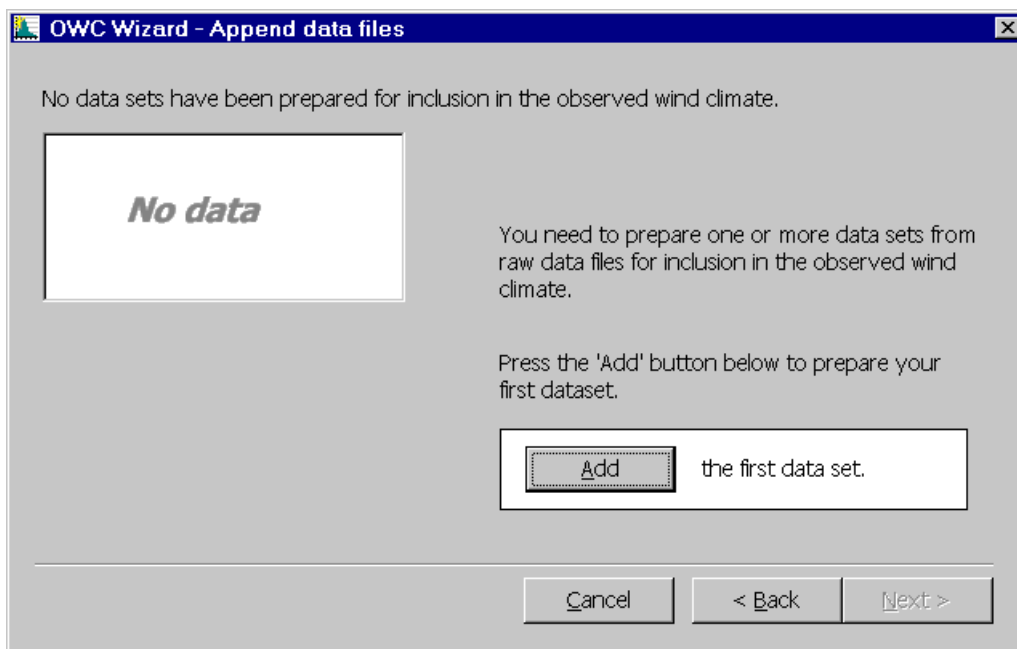
Σχήμα α. Το πρόγραμμα OWC που συνοδεύει το WasP 6.0 βρίσκεται στο μενού εκκίνησης.



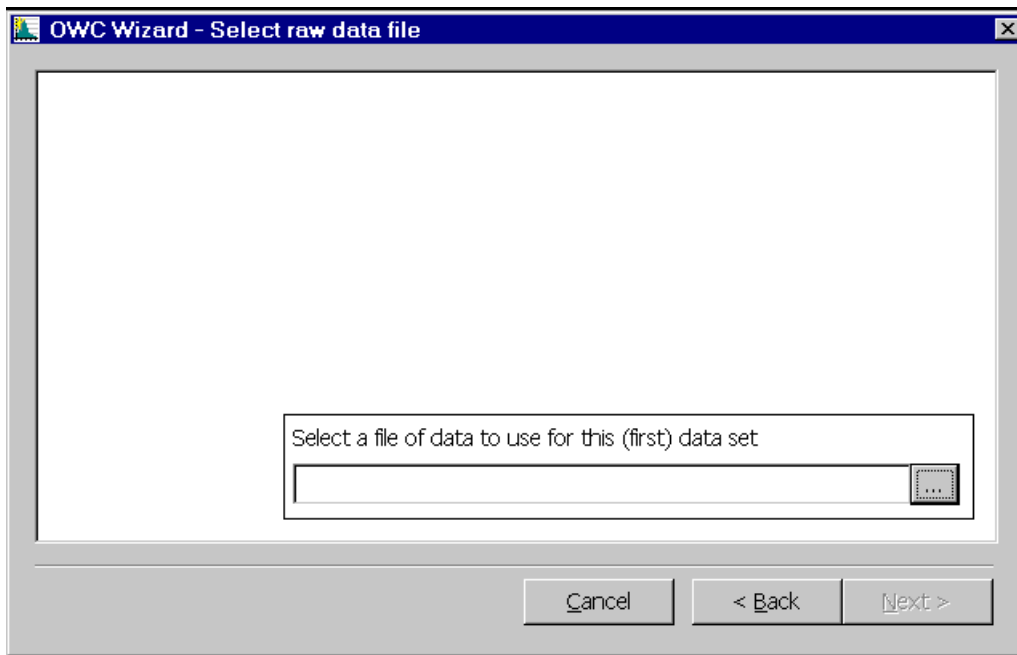
Σχήμα β. Το κουτί διαλόγου που εμφανίζεται με την εκκίνηση του OWC.



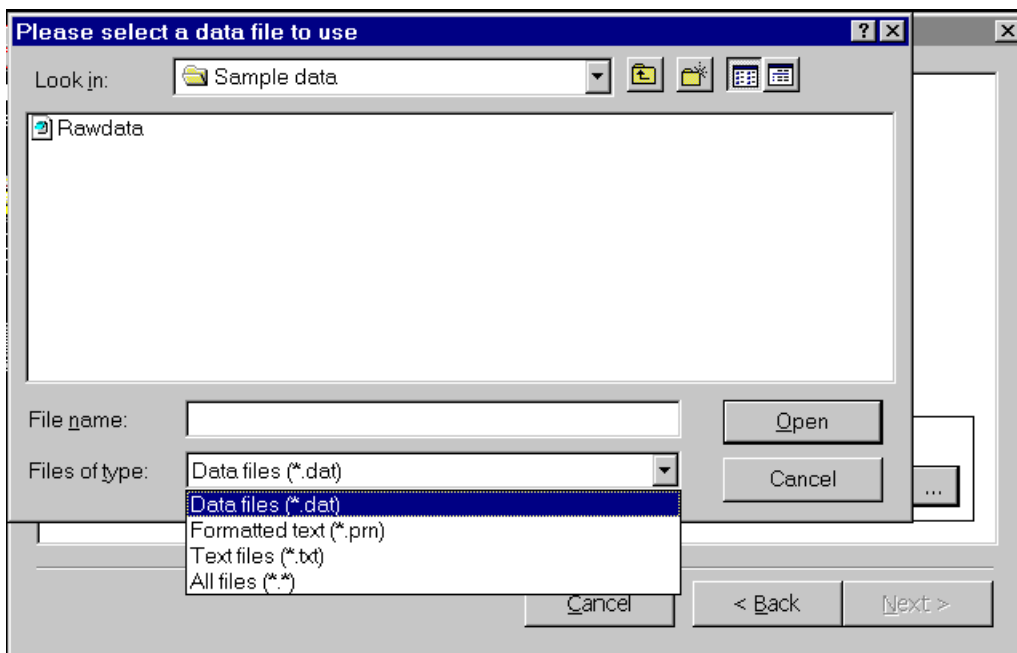
Σχήμα 1. Εισαγωγή ύψους ανεμογράφου και γεωγραφικού πλάτους και μήκους του. Η εισαγωγή περιγραφής του site του ανεμογράφου είναι προαιρετική.



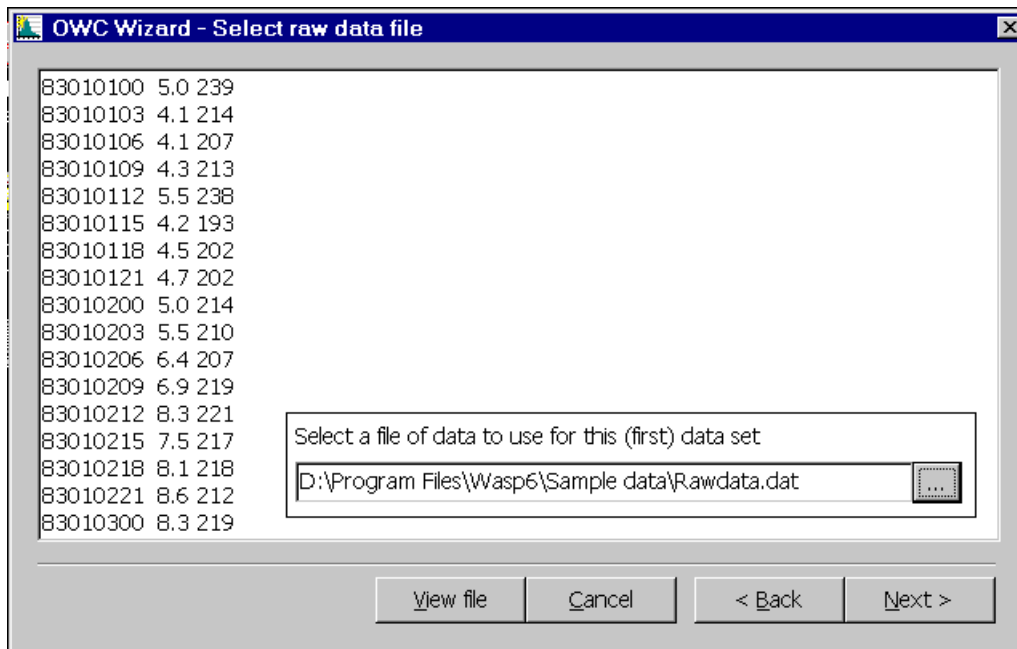
Σχήμα 2. Πιέζοντας την επιλογή Add μπορούμε να εισάγουμε το πρώτο αρχείο ανεμολογικών μετρήσεων (raw data).



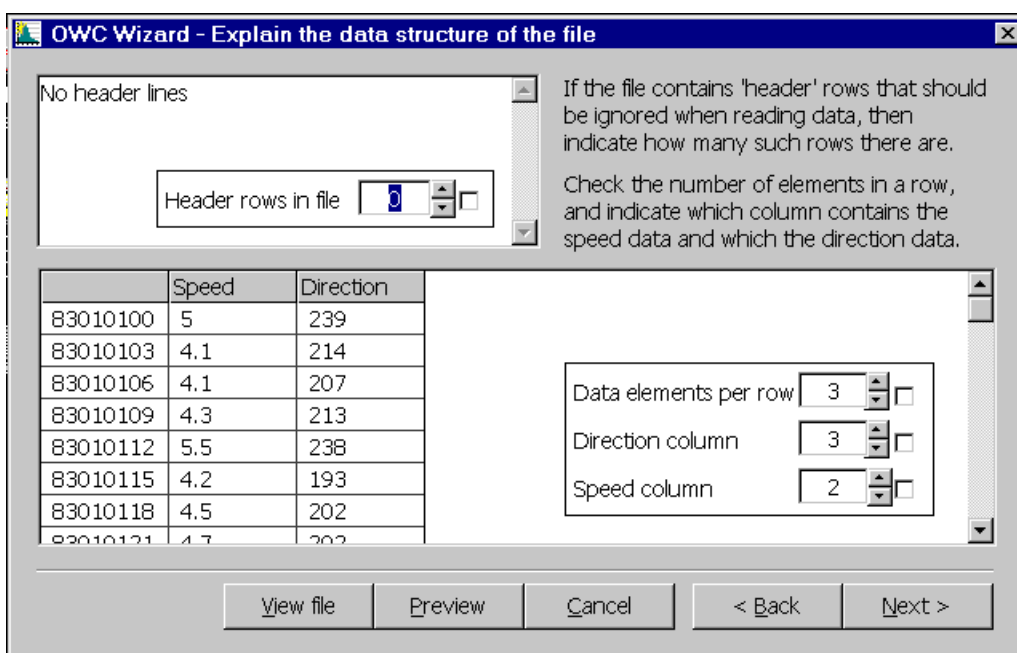
Σχήμα 2α. Εισαγωγή του αρχείου. Η επιλογή (...) δίνει το παρακάτω κουτί διαλόγου (Σχήμα 2β)



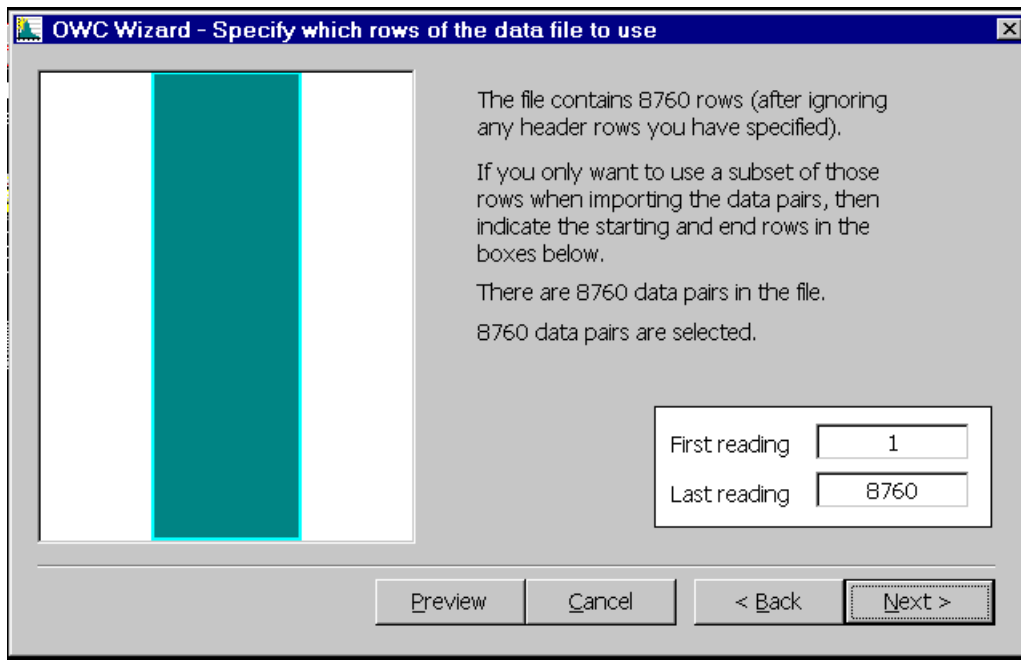
Σχήμα 2β. Επιλογή ειδους αρχείου.



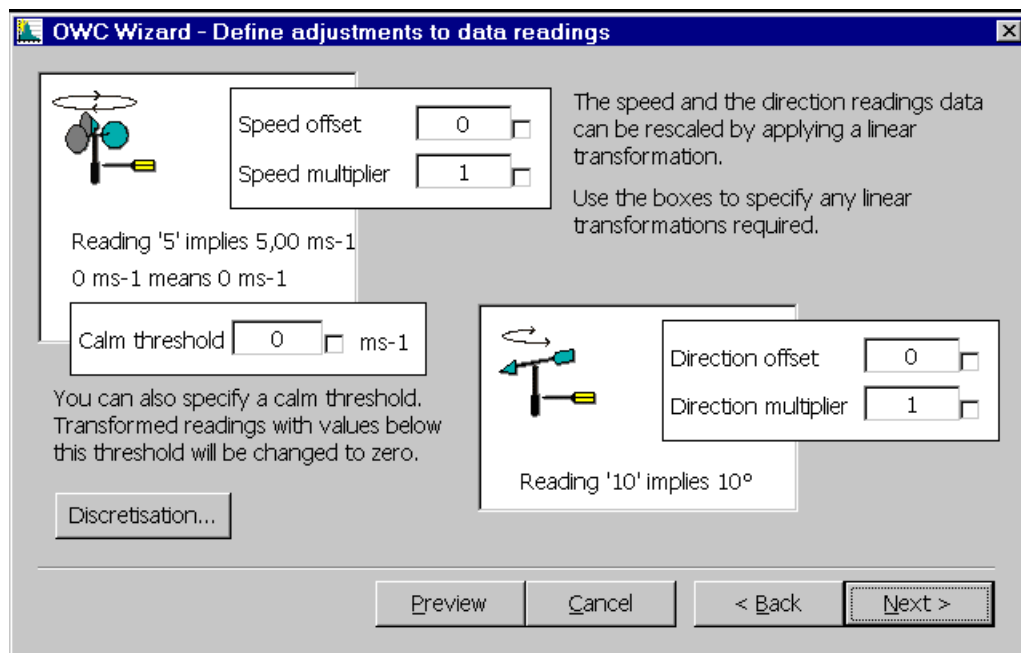
Σχήμα 2γ. Το αρχείο έχει επιλεγεί και μπορούμε να δούμε τις στήλες των δεδομένων. Η δεύτερη στήλη περιέχει τιμές ταχύτητας ανέμου και η τρίτη διεύθυνσης ανέμου (σε μοίρες). Οι στήλες σε αυτό το αρχείο χωρίζονται με κενό.



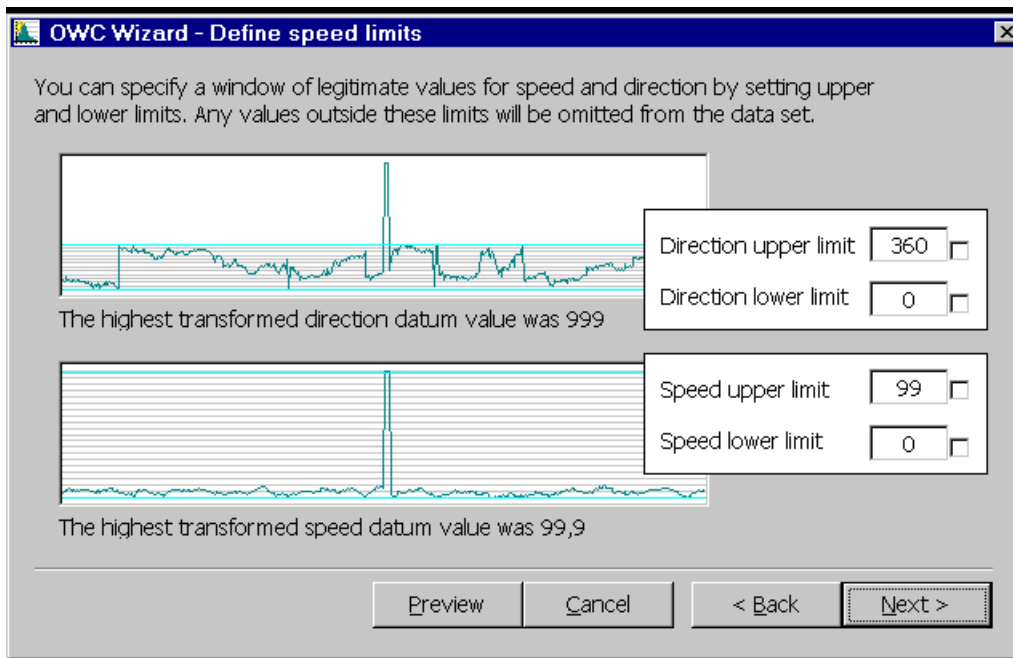
Σχήμα 3. Διαχωρισμός στηλών δεδομένων. Header rows in the : Ορίζουμε τυχόν γραμμές που δεν περιέχουν δεδομένα αλλά άλλες πληροφορίες. Έπειτα καθορίζουμε αριθμό στηλών και τη ταυτότητα των δεδομένων. (Direction και Speed).



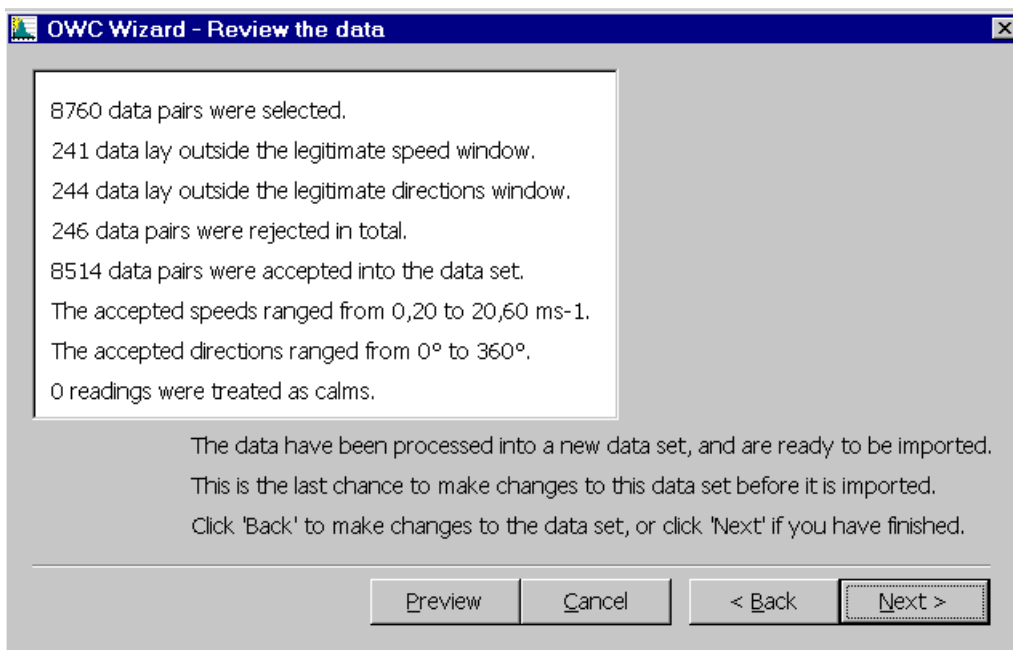
Σχήμα 4. Αναφορά του OWC για το αρχείο. Μπορούμε να επιλέξουμε το εύρος των δεδομένων που θα χρησιμοποιήσει το πρόγραμμα (δηλ. τον αριθμό στηλών)



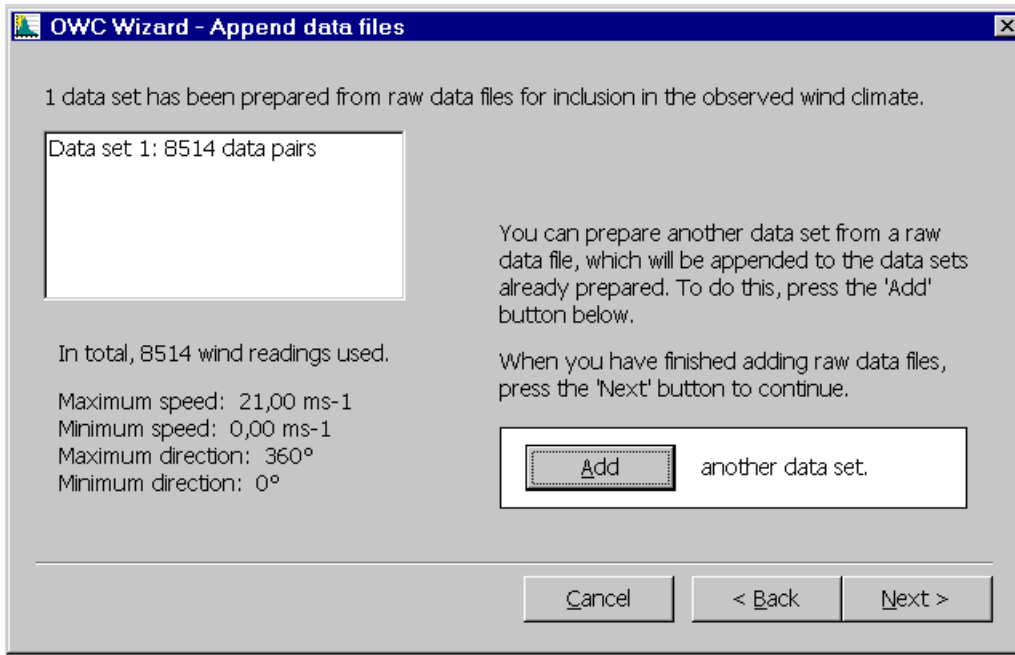
Σχήμα 5. Εισαγωγή τυχόν αποκλίσεων από τις τιμές του αρχείου (για την ταχύτητα και την διεύθυνση του ανέμου). Επίσης είναι μπορούμε να δώσουμε την τιμή 0 σε τιμές ταχύτητας για τις οποίες θεωρούμε ότι έχουμε άπνοια (Επιλογή Calm threshold). Τέλος με την επιλογή Dscretisation δηλώνουμε τυχόν διακριτοποίηση των δεδομένων του αρχείου (δηλ. χωρισμό τους σε bin).



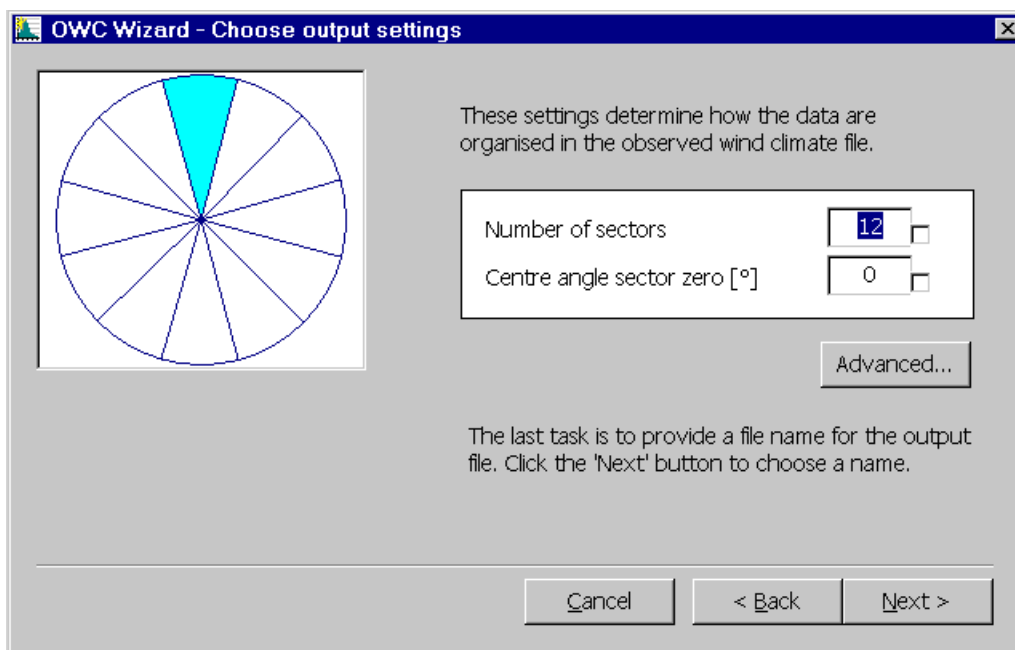
Σχήμα 6. Ορισμός μέγιστη και ελάχιστης τιμής για τα δεδομένα ταχύτητας και διεύθυνσης του ανέμου.



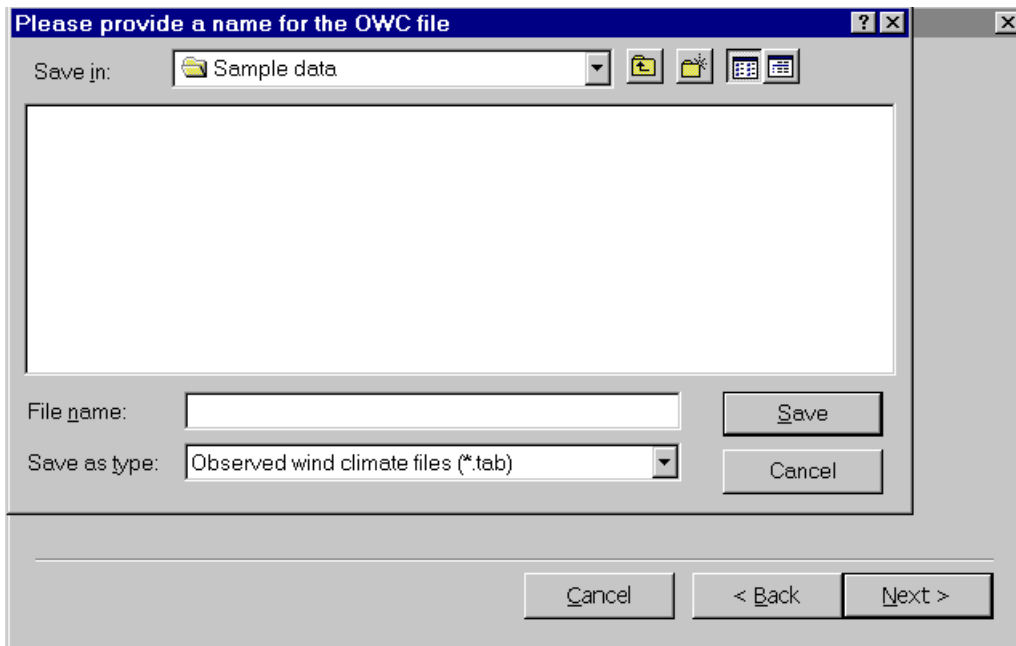
Σχήμα 7. Αναφορά για το αρχείο δεδομένων.



Σχήμα 8. Μπορούμε να εισάγουμε και κάποιο άλλο αρχείο δεδομένων εφόσον υπάρχει. Διαφορετικά επιλέγουμε Next.



Σχήμα 9. Μορφοποίηση της ροζέτας ανέμου που θα χρησιμοποιήσει το WasP 6.0. Επιλέγουμε αριθμό τομέων διεύθυνσης ανέμου (sectors) και από ποια γωνία θα αρχίσει να μετράει ο πρώτος τομέας. Η επιλογή advanced επιτρέπει το καθορισμό των bin της ταχύτητας.



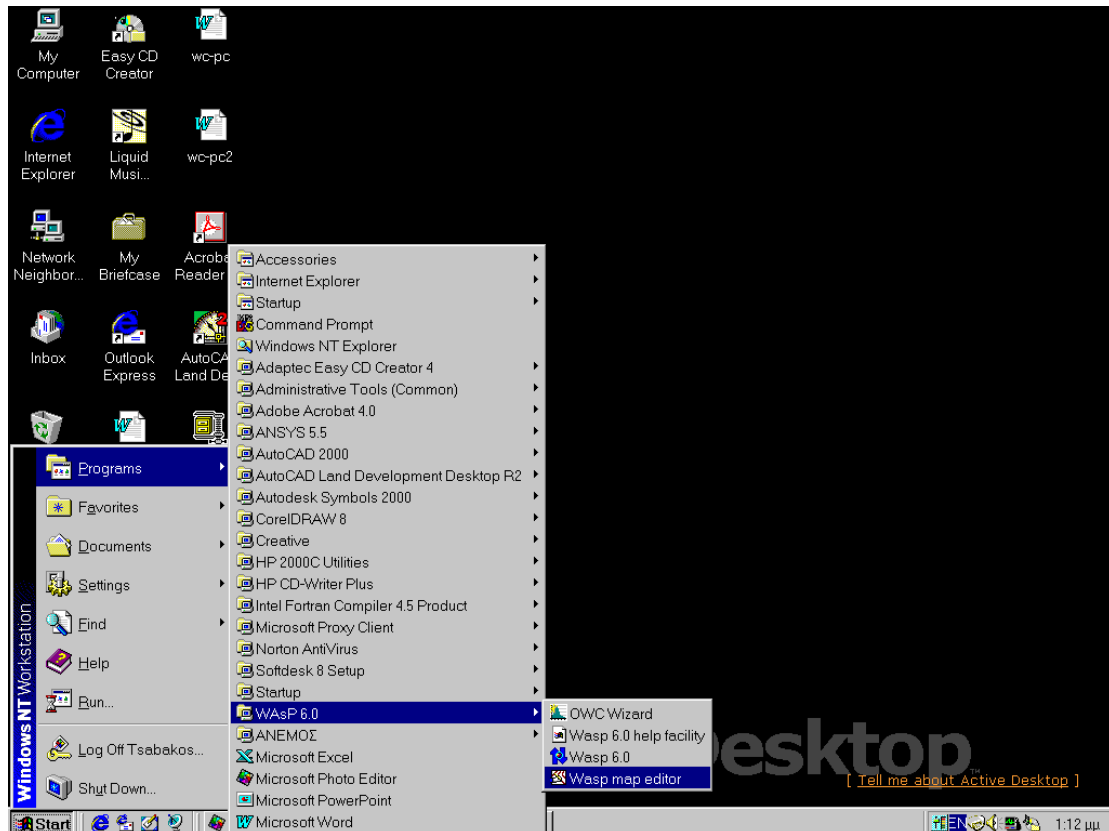
Σχήμα 10. Αποθήκευση της ροζέτας ανέμου και τέλος της διαδικασίας εισαγωγής δεδομένων.

Το WasP για να υπολογίσει την επίδραση της μορφολογίας του εδάφους χρησιμοποιεί ψηφιοποιημένους χάρτες. Οι χάρτες αυτοί μπορούν να είναι διάφορων μορφών αρχεία όπως αρχεία .dxf (του Autocad) κ.α. Η μετατροπή αυτών των ψηφιοποιημένων χαρτών σε αναγνώσιμη από το WasP μορφή, γίνεται μέσα από το πρόγραμμα WasP Map Editor (Σχήματα 11, 12 και 13). Τα αρχεία που δημιουργούνται από αυτό το πρόγραμμα έχουν κατάληξη .map. Μέσω του map editor μπορούμε να κάνουμε αλλαγές στον χάρτη και να ορίσουμε χαρακτηριστικά τα οποία είναι απαραίτητα για τους περαιτέρω υπολογισμούς. Ένα από αυτά τα χαρακτηριστικά είναι η τραχύτητα του εδάφους. Ο ορισμός της τραχύτητας του εδάφους γίνεται μέσω των ισουψών και η διαδικασία έχει ως εξής :

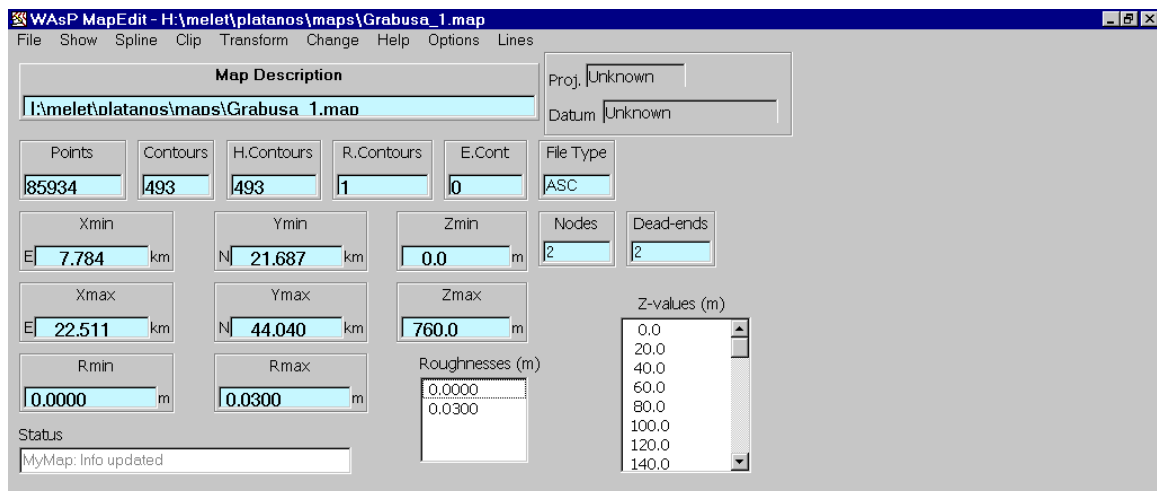
- Από το μενού File εισάγουμε τον χάρτη επιλέγοντας Open.
- Όταν γίνει η εισαγωγή του χάρτη ο map editor εμφανίζει κάποιες πληροφορίες στα πλαίσια που φαίνονται στο σχήμα 12. Οι πληροφορίες αυτές είναι χρήσιμες για τον έλεγχο της ορθότητας του χάρτη.
- Για να δούμε τον χάρτη επιλέγουμε Map Image από το μενού Show.
- Το παράθυρο του ψηφιοποιημένου χάρτη που εμφανίζεται διαθέτει ένα μενού επιλογών από όπου μεταξύ άλλων μπορούμε να κάνουμε zoom σε σημεία που μας ενδιαφέρουν. Για να κάνουμε zoom επιλέγουμε την κλίμακα από το μενού zoom control και κάνουμε αριστερό κλικ στο σημείο που μας ενδιαφέρει (Σχήματα 14, 15).
- Ο ορισμός της τραχύτητας του εδάφους γίνεται κάνοντας δεξί κλικ σε κάποια από τις ισουψείς οπότε εμφανίζεται το μενού Line edit options (Σχήμα 16).
- Επιλέγουμε property change οπότε εμφανίζεται το μενού contour property change (Σχήμα 16).
- Για να καθορίσουμε την τραχύτητα τσεκάρουμε την επιλογή roughness. Το πρόγραμμα μας ζητάει δύο τιμές τραχύτητας δεξιά και αριστερά της ισουψούς που επιλέξαμε. Ο λόγος που δίνουμε δύο τιμές είναι ότι μπορεί να χρειαστεί να ξεχωρίσουμε τα γεωγραφικά όρια της περιοχής (π.χ. την στεριά από την θάλασσα) στα οποία οι τιμές της τραχύτητας διαφέρουν. Εάν θέλουμε να δώσουμε την ίδια τιμή τραχύτητας σε όλη την περιοχή

τότε δίνουμε την τιμή αυτή δεξιά και αριστερά της ισοΰψους (Σχήμα 17, 18, 19).

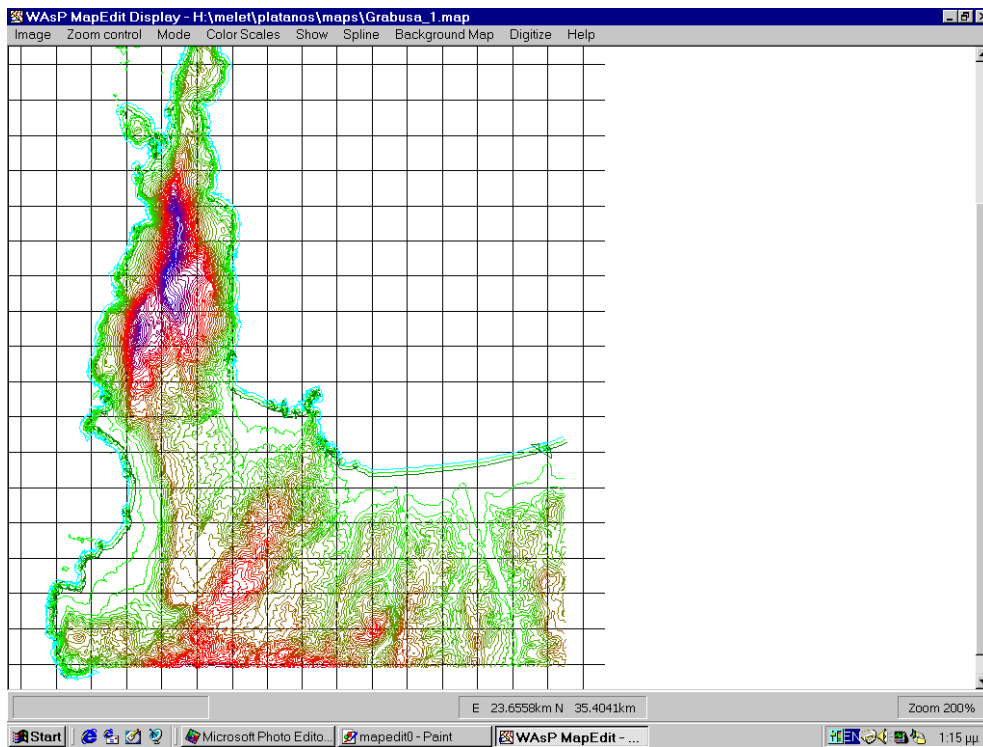
Αφού οριστεί η τραχύτητα 'σώζουμε' το αρχείο του χάρτη αλλιώς οι αλλαγές θα χαθούν.



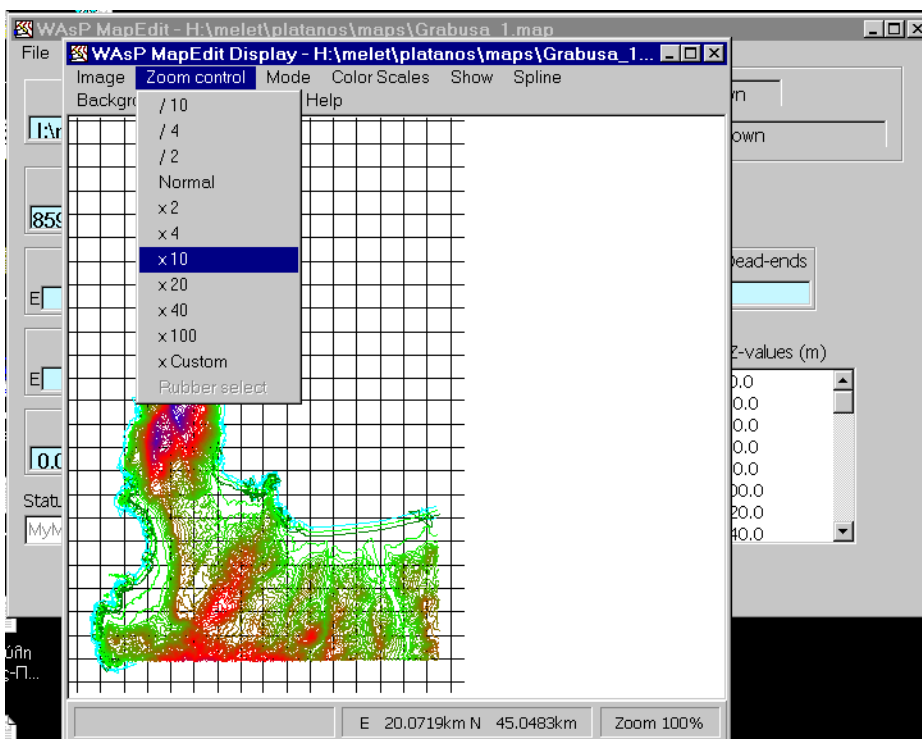
Σχήμα 11. Επιλογή του WasP map editor από το μενού έναρξης.



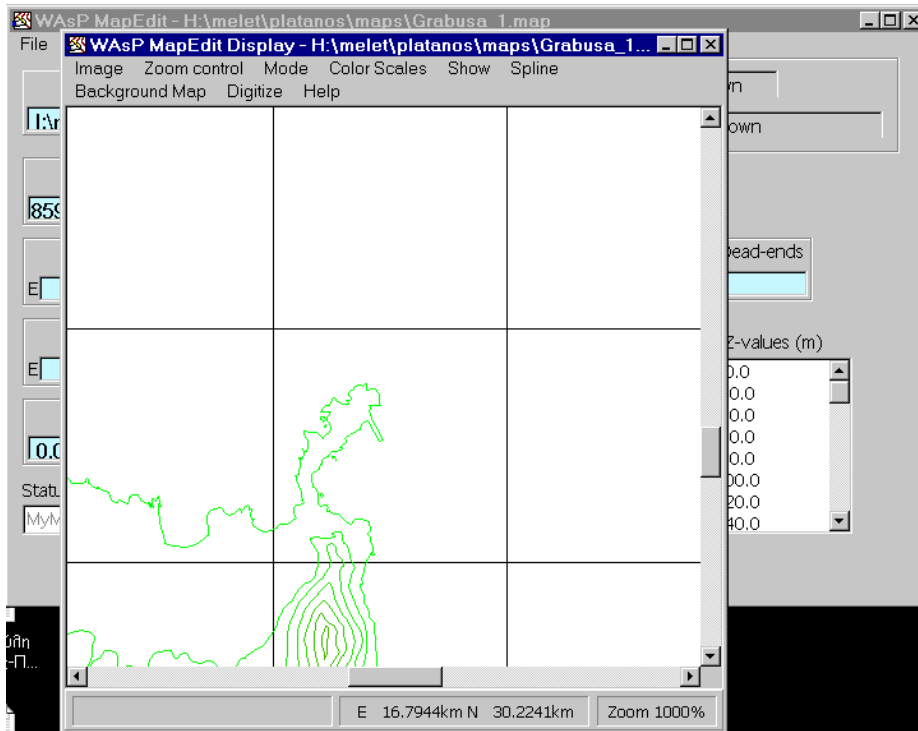
Σχήμα 12. Το WasP map editor.



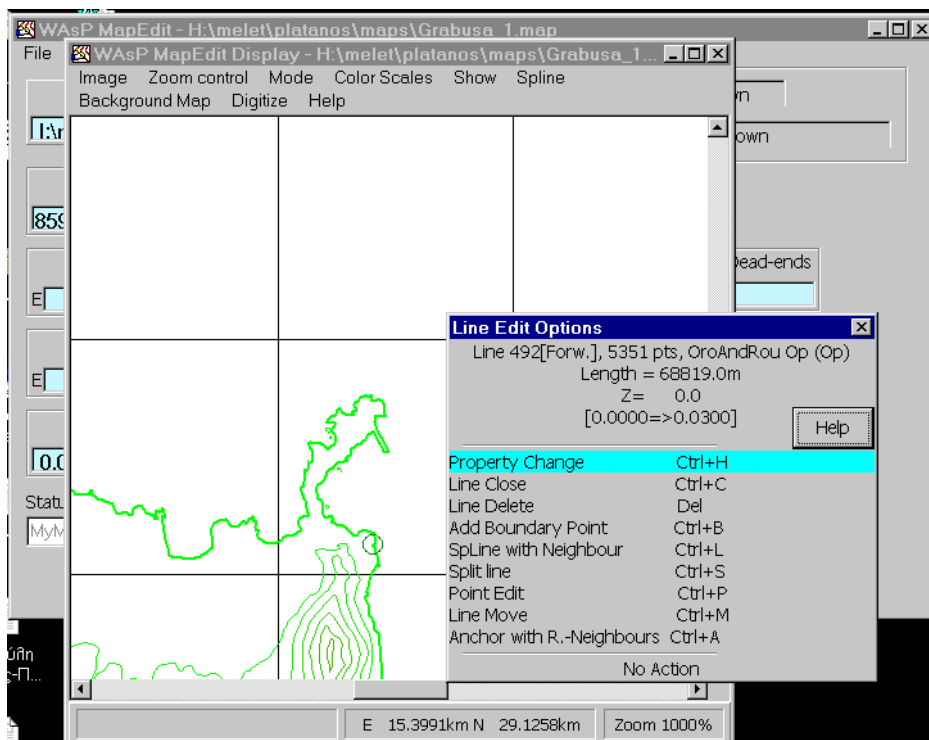
Σχήμα 13. Ψηφιοποιημένος χάρτης όπως φαίνεται από τον map editor.



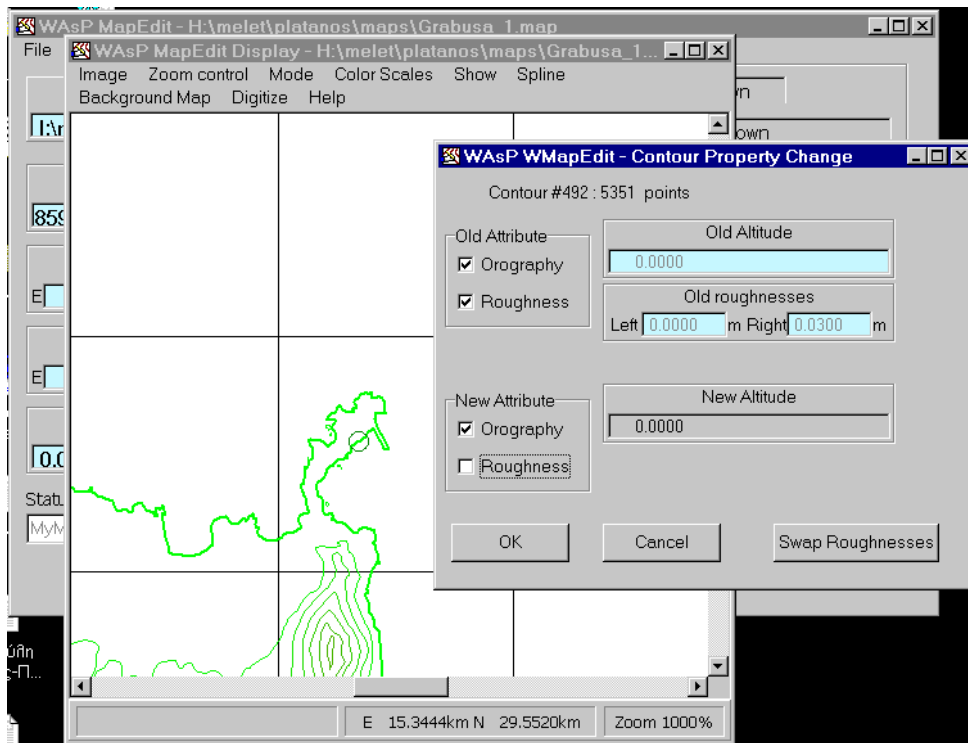
Σχήμα 14. Επιλογή κλίμακας από το μενού zoom control.



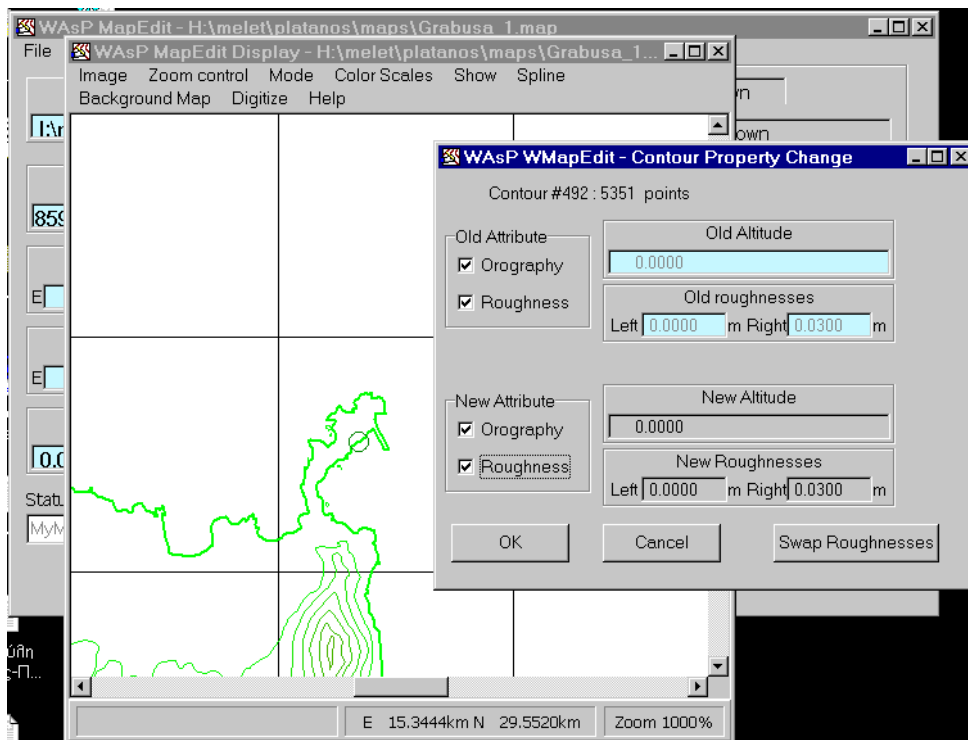
Σχήμα 15. Μεγενθυμένος χάρτης.



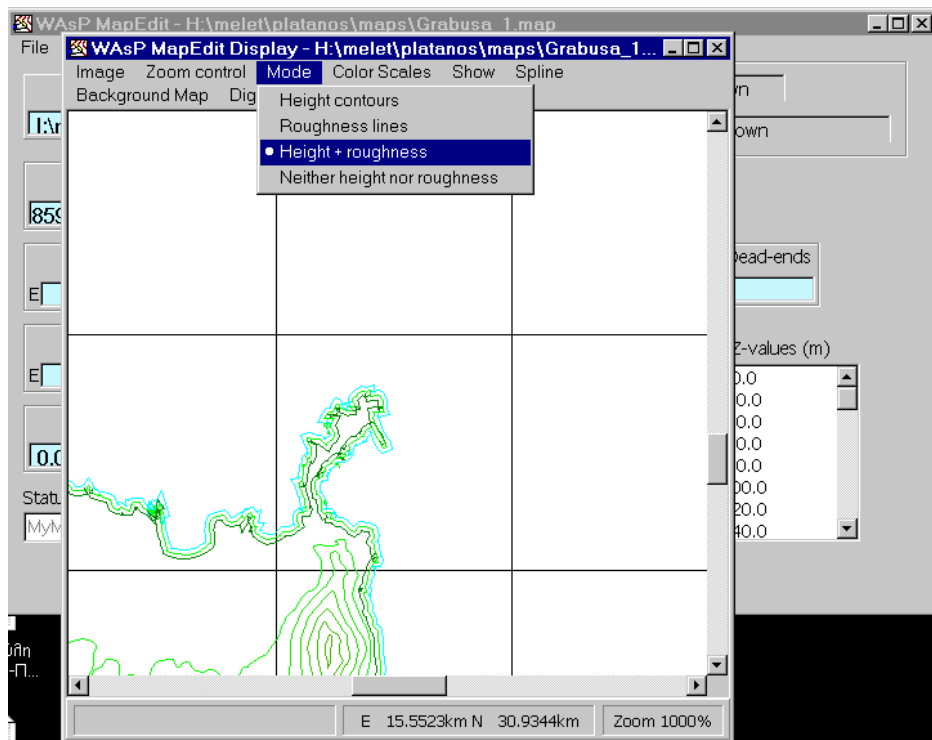
Σχήμα 16. Το μενού Line edit options. Η ισουψής που επιλέχθηκε σημειώνεται με κύκλο.



Σχήμα 17. Το μενού Contour change property. Για την εισαγωγή των τιμών τραχύτητας τσεκάρουμε την επιλογή roughness στο τελευταίο κουτί.



Σχήμα 18. Εισαγωγή τιμών τραχύτητας.



Σχήμα 19. Η απόδοση της ισοψούς, μέσω της οποίας έχει καθοριστεί η τραχύτητα, στον χάρτη. Για να μπορέσουμε να δούμε την τραχύτητα επιλέγουμε από το μενού Mode το Height – roughness.

- Ο χώρος εργασίας του προγράμματος WasP 6.0.

Το περιβάλλον εργασίας του WasP χωρίζεται σε τρεις περιοχές (Σχήμα 20):

- Στην περιοχή εισαγωγής των εικονιδίων που περιγράφουν την διαδικασία υπολογισμού (αριστερά πάνω στην οθόνη)
- Στην περιοχή όπου βρίσκονται οι βιβλιοθήκες του προγράμματος (κάτω αριστερά)
- Στην περιοχή όπου δίνονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών (δεξιά πλευρά της οθόνης).

Σε γενικές γραμμές το WasP λειτουργεί δημιουργώντας χώρους εργασίας (Workspaces) οι οποίοι αποτελούνται από υποκατηγορίες υπολογισμών που ονομάζονται Projects. Κάθε Project αποτελείται από μια σειρά δεδομένων και υπολογισμών ανάλογα την επιθυμητή εργασία. Γενικά ακολουθείται μια ιεραρχία εισαγωγής δεδομένων και υπολογισμών. Κάθε μέρος υπολογισμού ή εισαγωγής δεδομένων μπορεί να ανήκει σε συγκεκριμένη ομάδα και μπορεί να εισαχθεί μόνο ιεραρχικά. Π.χ. ένα Project ανήκει σε ένα Workspace αλλά δεν μπορεί να ανήκει σε ένα άλλο Project. Για την διευκόλυνση του χρήστη η δημιουργία μιας σειράς υπολογισμών γίνεται με μια σειρά εικονιδίων που αντιπροσωπεύουν το είδος το υπολογισμού ή των δεδομένων που εισάγονται. Κάνοντας δεξί κλικ σε κάθε εικονίδιο μπορεί να δει τις επιλογές που έχει. Επίσης τα εικονίδια δίνονται με τέτοιο τρόπο στην οθόνη ώστε να φαίνεται η σειρά των υπολογισμών.

Η γενική αρχή για τον οποιονδήποτε υπολογισμό στο WasP είναι ότι χρειάζονται δύο βασικά δεδομένα : η μορφολογία του εδάφους και οι μετρήσεις ανέμου.

- Υπολογισμός αιολικού δυναμικού περιοχής.

Για την δημιουργία ενός νέου Workspace επιλέγουμε από το μενού File, New Workspace. Όταν δημιουργούμε ένα νέο Workspace το WasP δημιουργεί αυτόματα ένα Project (Σχήμα 20). Μπορούμε ανάλογα με τις ανάγκες μας να δημιουργήσουμε ένα ή περισσότερα Project. Όπως

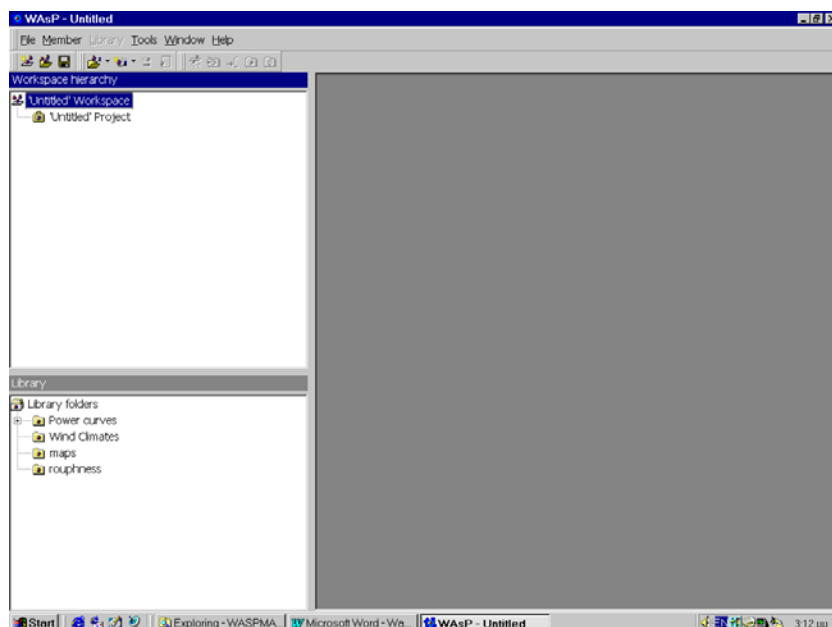
αναφέραμε η εισαγωγή εικονιδίων υπολογισμών ή δεδομένων σε κάποιο μέλος της διαδικασίας υπολογισμού γίνεται από το μενού που εμφανίζεται κάνοντας δεξί κλικ στο εικονίδιό του (Σχήμα 21). Μπορούμε να εισάγουμε νέα μέλη ή μέλη που έχουμε αποθηκεύσει από παλιότερους υπολογισμούς.

Η διαδικασία για τον υπολογισμό του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής έχει σε γενικές γραμμές τα εξής βήματα :

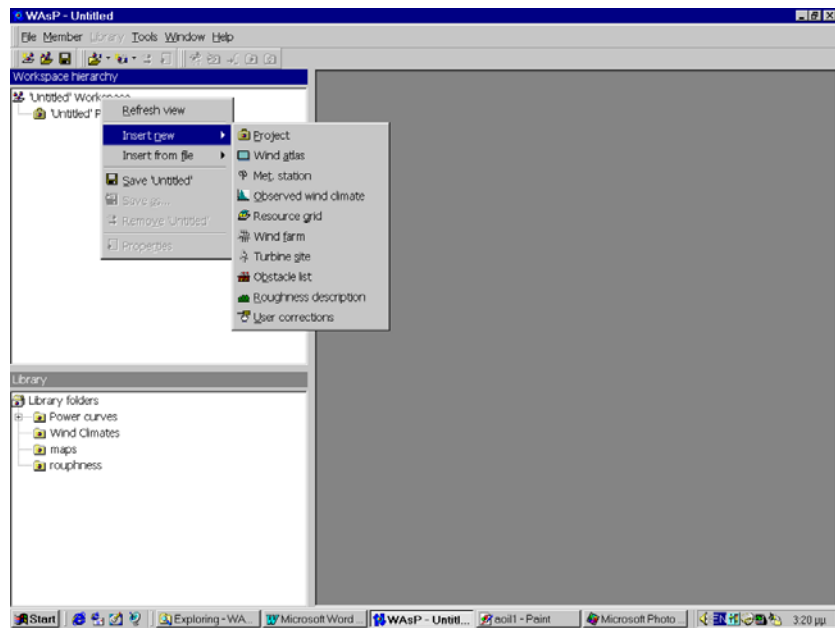
1. Εισάγουμε τον χάρτη της περιοχής. Ο χάρτης της περιοχής μπορεί να εισαχθεί είτε στο Project είτε στο Workspace. Σε περίπτωση που έχουμε πολλά Projects τότε εισάγοντας τον χάρτη στο Workspace τον καθιστούμε κοινό για όλα τα Projects. Κάνοντας αριστερό διπλό κλικ στο εικονίδιο του χάρτη μπορούμε να τον δούμε (Σχήματα 22α, β, γ, δ).
2. Εισαγωγή ανεμολογικών δεδομένων (μετρήσεων). Για τους υπολογισμούς που θα ακολουθήσουν το WasP δημιουργεί ένα 'αιολικό άτλαντα' δηλαδή μια ροζέτα ανέμου που χαρακτηρίζει όλη την περιοχή λαμβάνοντας υπόψη την μορφολογία του εδάφους, την τραχύτητα και άλλους παράγοντες. Για τον υπολογισμό του αιολικού άτλαντα (Wind atlas) χρειάζεται να προσδιορίσουμε την θέση του ανεμογράφου (Met. Station) και να δώσουμε τις μετρήσεις με τη μορφή του αρχείου που δημιουργούμε μέσω του OWC. (Observed wind climate). Τα αποτελέσματα του υπολογισμού του Wind Atlas μπορούμε να τα δούμε κάνοντας διπλό κλικ στο αντίστοιχο εικονίδιο. Η σειρά είναι η εξής :
 - A. Εισαγωγή στο Project νέου Wind atlas (Σχήμα 23).
 - B. Εισαγωγή Met. Station στο Wind atlas για τον καθορισμό της θέσης του ανεμογράφου. Ο καθορισμός της θέσης του ανεμογράφου γίνεται κάνοντας διπλό κλικ στο εικονίδιο του Met. Station οπότε στο εικονίδιο που εμφανίζεται δίνουμε τις γεωγραφικές συντεταγμένες. (Σχήματα 24α, β).
 - Γ. Εισαγωγή του Observed wind climate στο Met. Station για την εισαγωγή των ανεμολογικών μετρήσεων. (Σχήμα 25).
3. Εισαγωγή υπολογισμού του αιολικού δυναμικού. Για τον υπολογισμό του αιολικού δυναμικού πρέπει να οριστεί η περιοχή ενδιαφέροντος, το ύψος από το έδαφος όπου θέλουμε να γνωρίζουμε το αιολικό δυναμικό και η ακρίβεια των υπολογισμών. Το WasP δημιουργεί ένα πλέγμα πάνω από την περιοχή υπολογισμού όπου αποδίδει τα διάφορα

μεγέθη, όπως η ταχύτητα του ανέμου, με χρωματική κλίμακα. Ο βαθμός διακριτοποίησης της περιοχής υπολογισμού είναι ανάλογος της ακρίβειας της χρωματικής απόδοσης. Για να εισάγουμε στο WasP τον υπολογισμό του αιολικού δυναμικού επιλέγουμε Resource Grid με δεξί κλικ στο Project. (Σχήμα 26). Η εισαγωγή των δεδομένων γίνεται επιλέγοντας configure grid setup από το μενού του grid. (Σχήμα 27). Συμπληρώνουμε το πίνακα που εμφανίζεται δίνοντας τις γεωγραφικές συντεταγμένες x και y (min, max) του πλέγματος, την ανάλυση του πλέγματος και το ύψος από το έδαφος. (Σχήμα 28). Η ανάλυση πρέπει να συμφωνεί με τις διαστάσεις του πλέγματος.

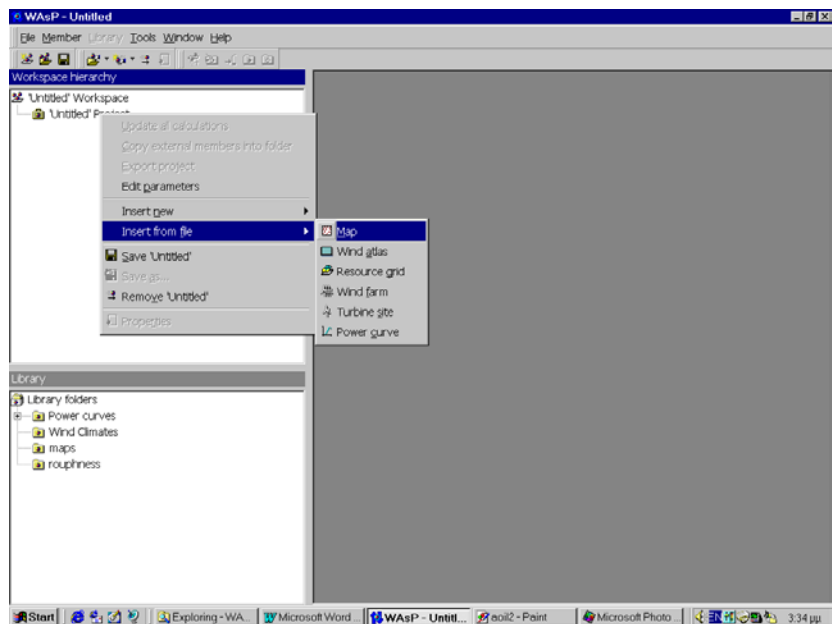
Τα μέρη εκείνα του Workspace που δεν έχουν υπολογιστεί έχουν τα εικονίδια τους σημειωμένα με ένα κόκκινο κύκλο. Ο κάθε υπολογισμός γίνεται επιλέγοντας calculate από το μενού του αντίστοιχου εικονιδίου. Μετά τον υπολογισμό μπορούμε να δούμε το αιολικό δυναμικό είτε πάνω στο χάρτη (επιλέγοντας την αντίστοιχη εντολή από το μενού του resource grid), είτε μεμονωμένα κάνοντας διπλό κλικ στο εικονίδιο του resource grid. (Σχήμα 29).



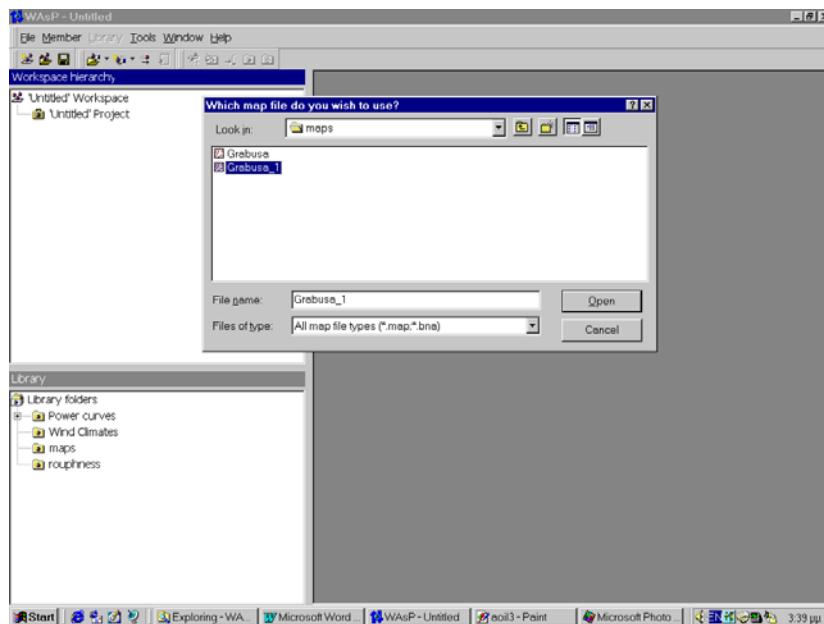
Σχήμα 20. Το περιβάλλον εργασίας του WasP.



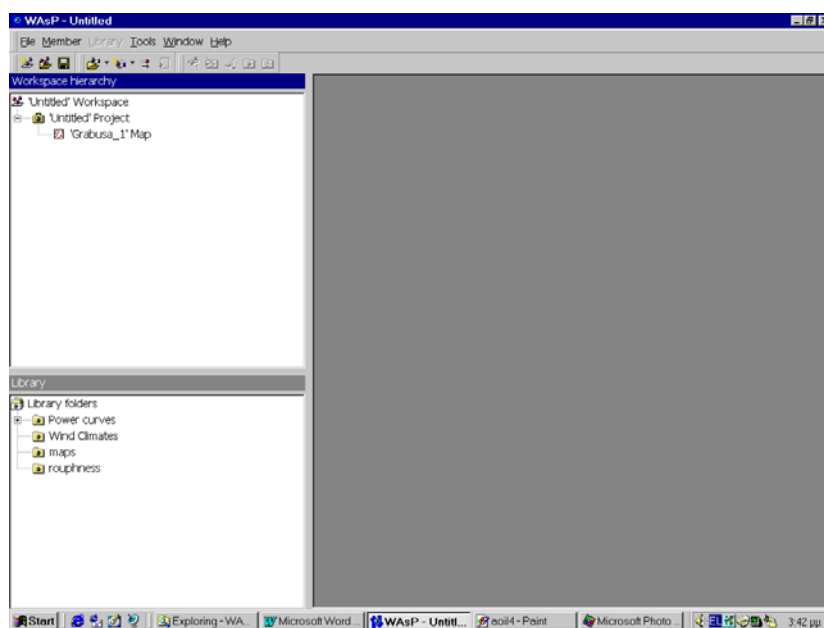
Σχήμα 21. Το μενού που εμφανίζεται κάνοντας δεξί κλικ στο εικονίδιο του Workspace.



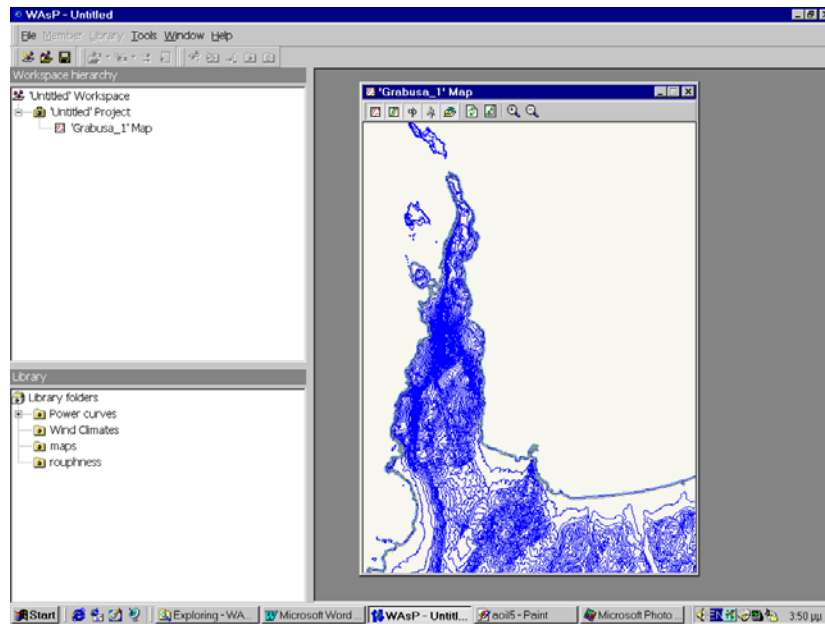
Σχήμα 22α. Εισαγωγή χάρτη στο Project.



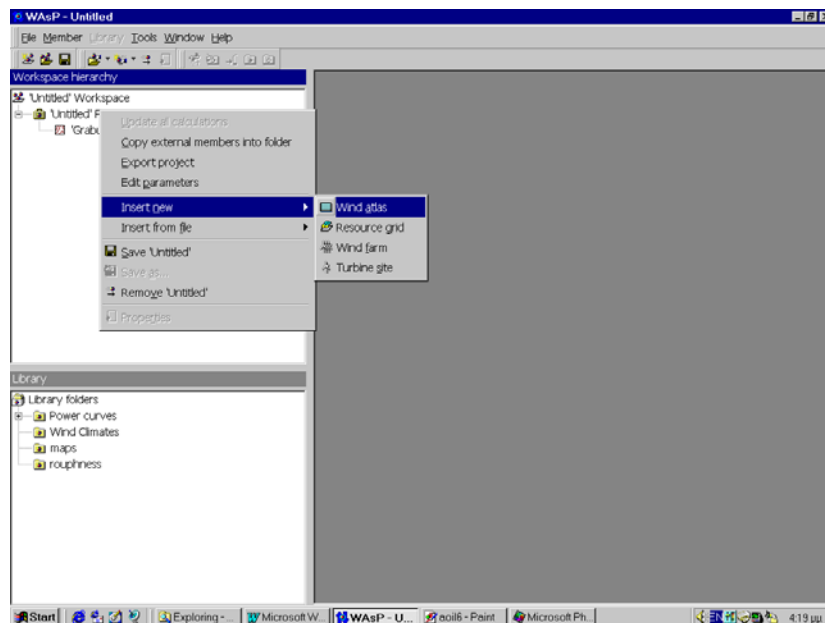
Σχήμα 22β. Επιλογή του αρχείου.



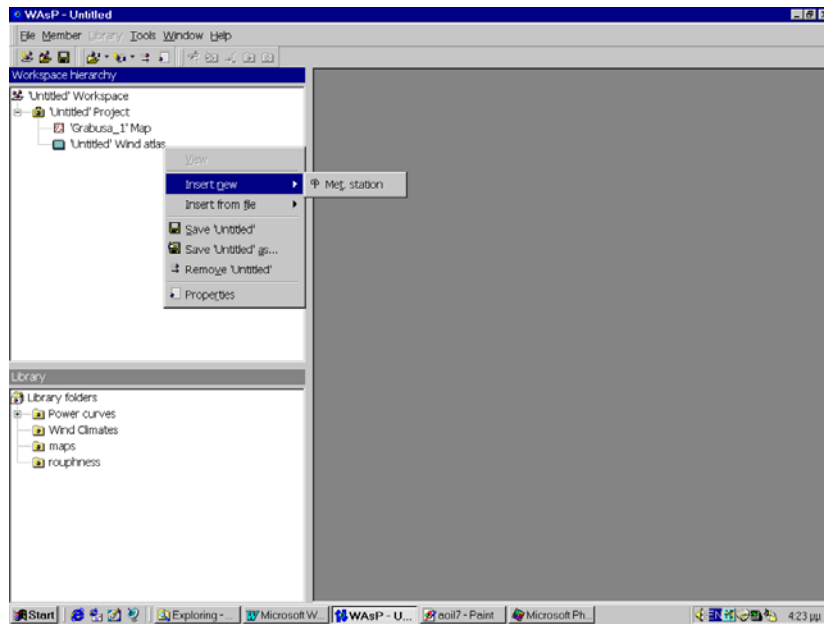
Σχήμα 22γ. Το εικονίδιο του χάρτη δηλώνει ότι το αρχείο φορτώθηκε και ιεραρχικά ανήκει στο Project.



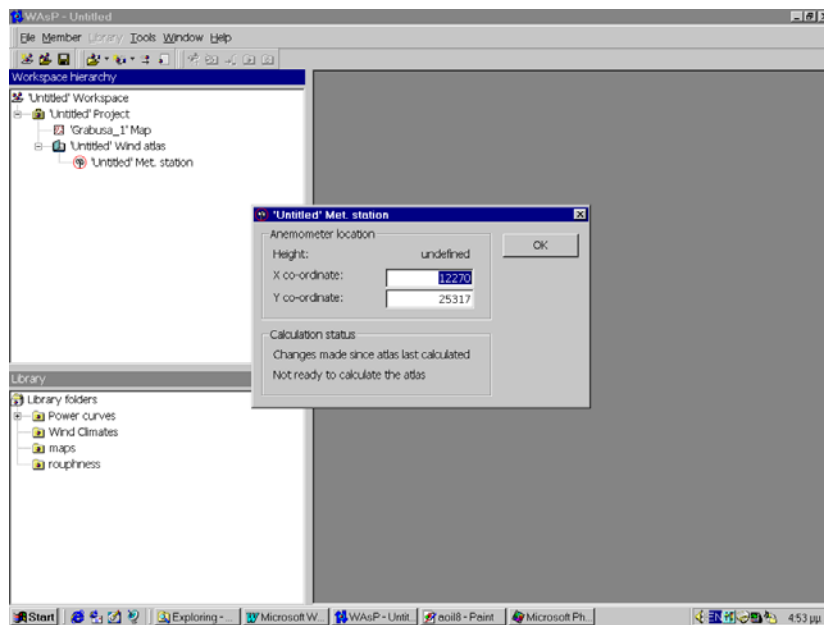
Σχέδιο 22δ. Μπορούμε να δούμε τον χάρτη κάνοντας διπλό κλικ στο εικονίδιό ΤΟΥ.



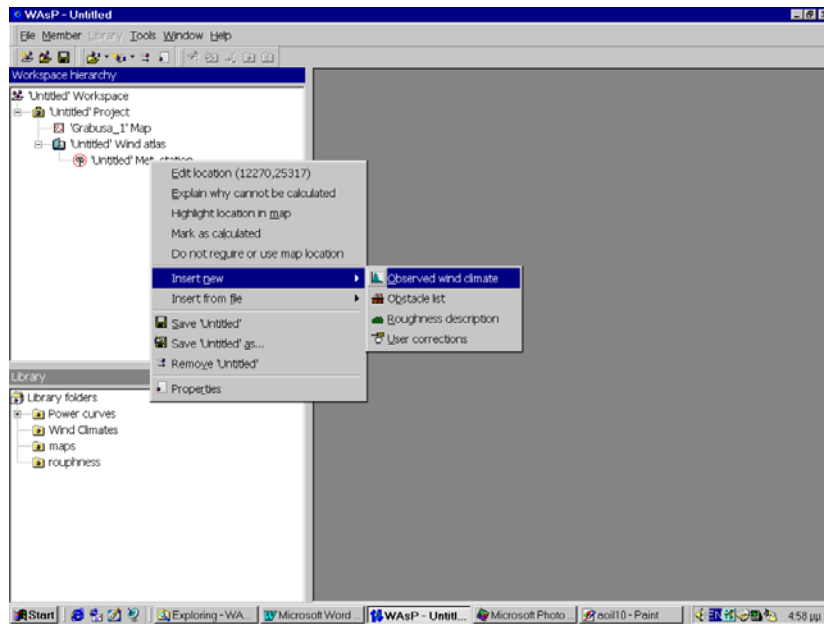
Σχήμα 23. Εισαγωγή Wind atlas.



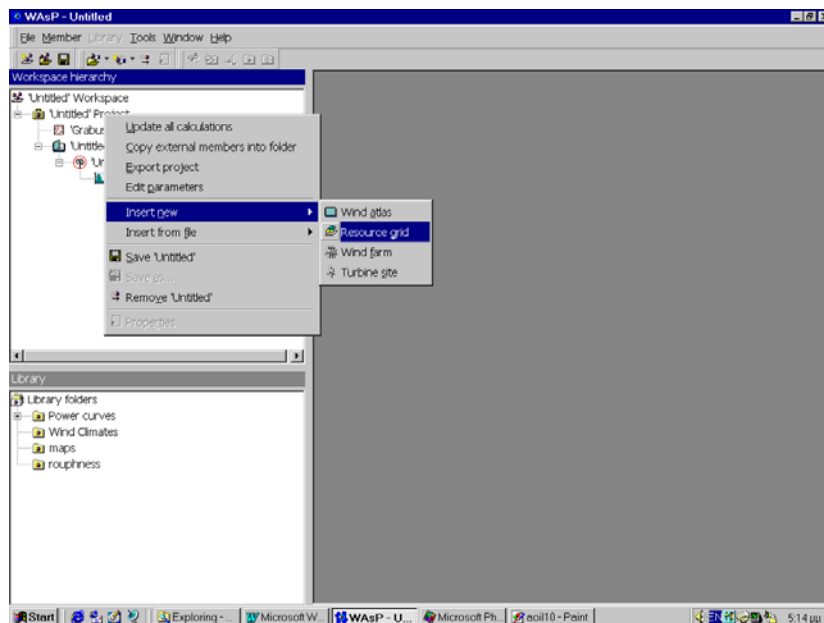
Σχήμα 24α. Εισαγωγή του Met. Station.



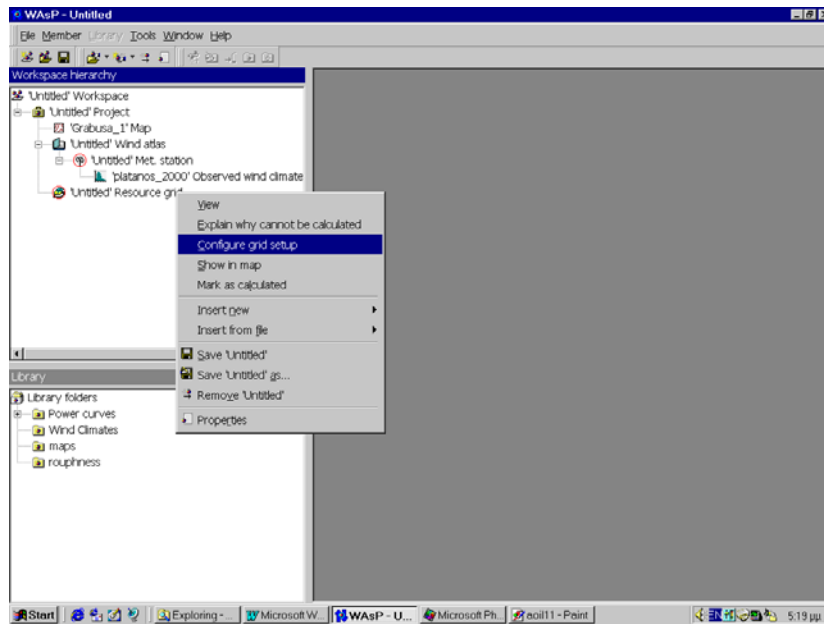
Σχήμα 24β. Εισαγωγή συντεταγμένων ανεμογράφου.



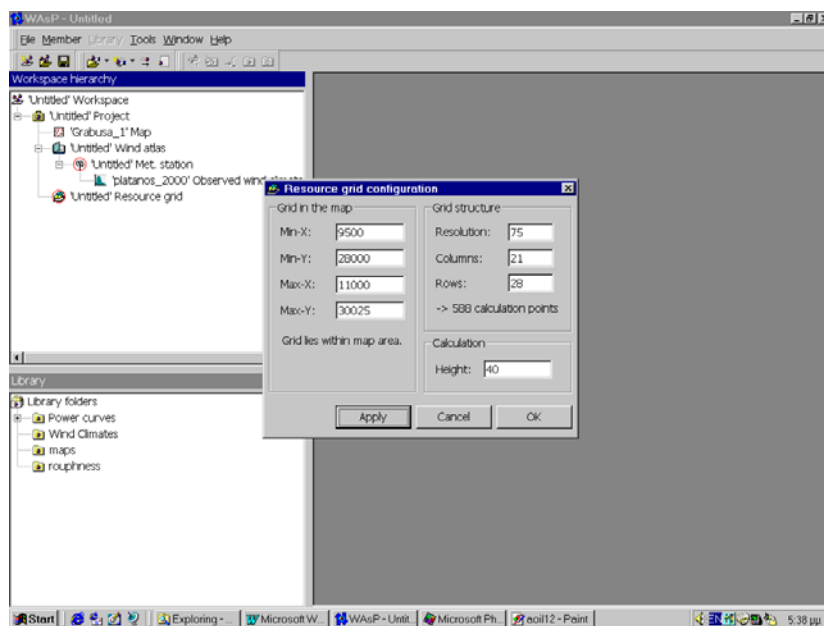
Σχήμα 25. Εισαγωγή observed wind climate (ροζέτα μετρήσεων) στο Met. Station.



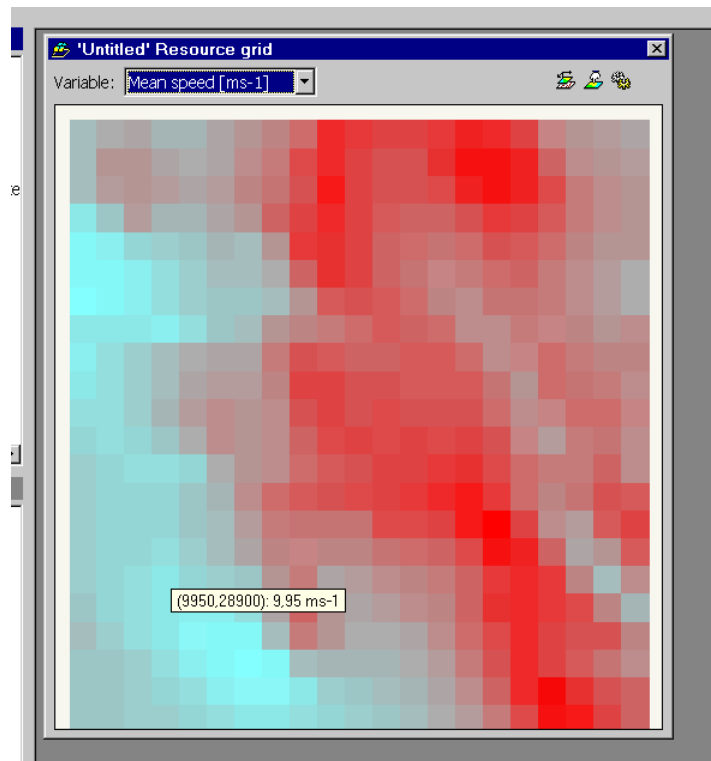
Σχήμα 26. Εισαγωγή Resource Grid στο Project.



Σχήμα 27.



Σχήμα 28. Ορισμός των παραμέτρων του Resource Grid.



Σχήμα 29. Η απόδοση του αιολικού δυναμικού σε χρωματική κλίμακα με ελάχιστη τιμή το γαλάζιο και μέγιστη το κόκκινο. Αφήνοντας το κέρσορα σε κάποιο σημείο μπορούμε να δούμε την τιμή της ταχύτητας του ανέμου στις αντίστοιχες συντεταγμένες. Μπορούμε να δούμε και την μεταβολή άλλων μεγεθών όπως της ενέργειας του ανέμου κτλ.

**- Υπολογισμός παραγωγής ισχύος από μια ανεμογεννήτρια.
Υπολογισμός ανεμολογικών συνθηκών σε ένα site.**

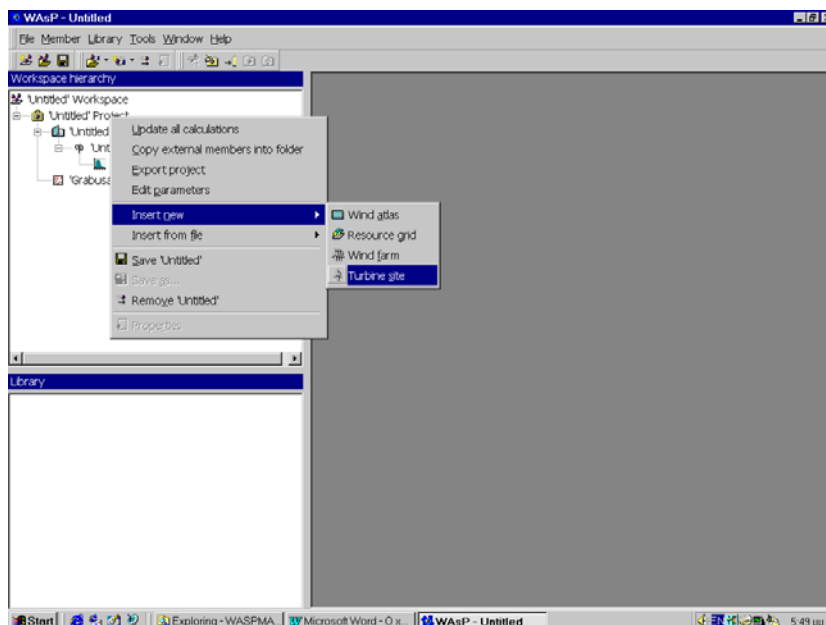
Η διαδικασία του υπολογισμού της μέσης ετήσιας παραγωγής ενέργειας από μια ανεμογεννήτρια γίνεται αφού προσδιοριστεί η θέση και ο τύπος της ανεμογεννήτριας (ουσιαστικά η καμπύλη ισχύος της). Το WasP διαθέτει βιβλιοθήκες όπου είναι αποθηκευμένες οι καμπύλες ισχύος γνωστών ανεμογεννητριών. Επίσης είναι εύκολη η δημιουργία καινούργιων αρχείων καμπύλων ισχύος από τον χρήστη. Η διαδικασία υπολογισμού είναι η εξής : Εφόσον έχουν εισαχθεί στο Project ο χάρτης και τα ανεμολογικά δεδομένα (Wind atlas), εισάγουμε την θέση της ανεμογεννήτριας επιλέγοντας από το μενού του Project το Turbine site. (Σχήμα 30). Το εικονίδιο της

ανεμογεννήτριας συνοδεύεται από το εικονίδιο Predicted Wind Climate το οποίο δίνει τα αποτελέσματα των υπολογισμών. (Σχήματα 31α, 31β)

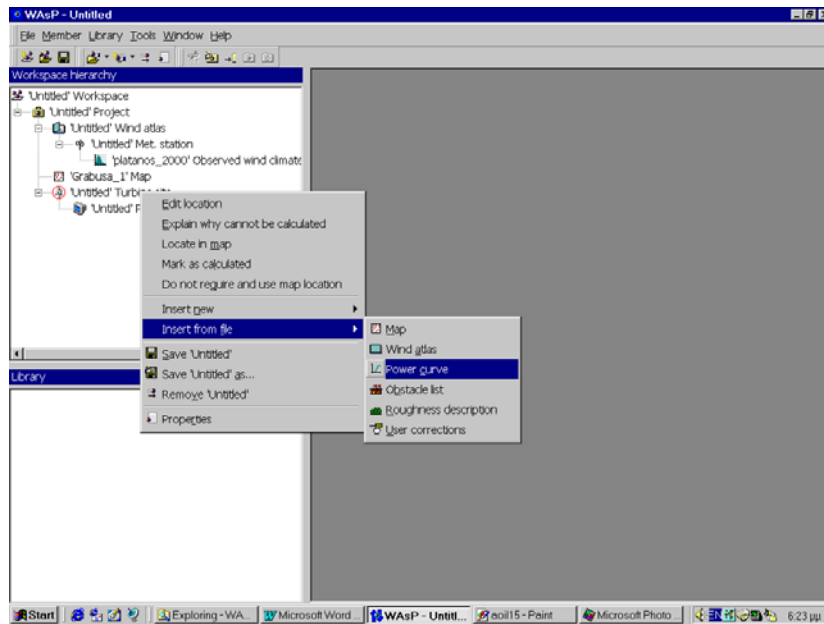
Εισάγουμε την καμπύλη ισχύος από το μενού του Turbine site. (Σχήματα 31α, 31β)

Προσδιορίζουμε τις γεωγραφικές συντεταγμένες του site (διπλό κλικ στο Turbine site. Σχήμα 32).

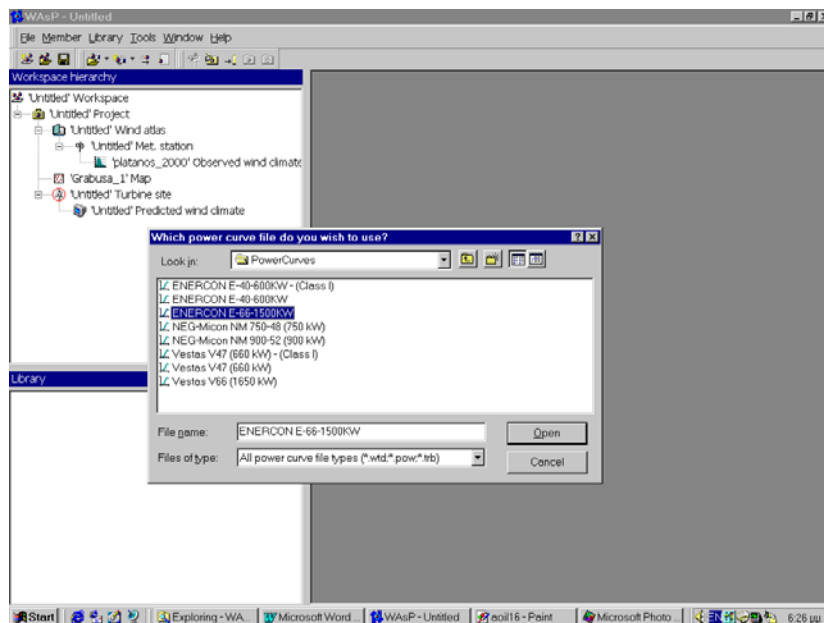
Όταν ο υπολογισμός του Turbine site γίνει χωρίς να εισαχθεί κάποια καμπύλη ισχύος τότε δεν μπορεί να γίνει υπολογισμός παραγωγής ενέργειας. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να προσδιορίσουμε και το ύψος στο οποίο θέλουμε να γίνουν οι υπολογισμοί. Στην περίπτωση που εισαχθεί καμπύλη ισχύος το ύψος υπολογισμού ορίζεται αυτόματα σε αυτό της πλήμνης της ανεμογεννήτριας. (μπορεί όμως να αλλάξει εάν το επιθυμούμε). Αφού γίνει ο υπολογισμός μπορούμε να δούμε τα αποτελέσματα κάνοντας διπλό κλικ στο εικονίδιο του Predicted Wind climate (Σχήμα 33).



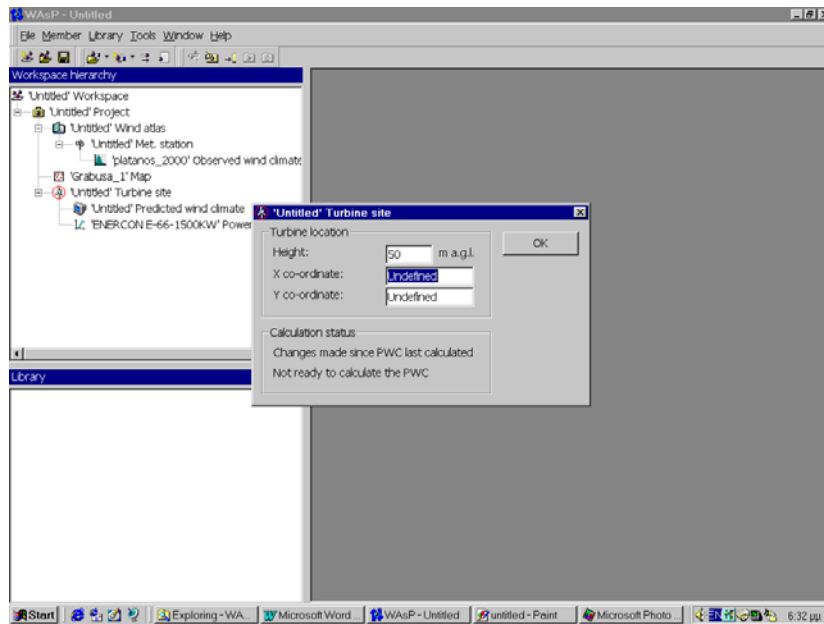
Σχήμα 30.



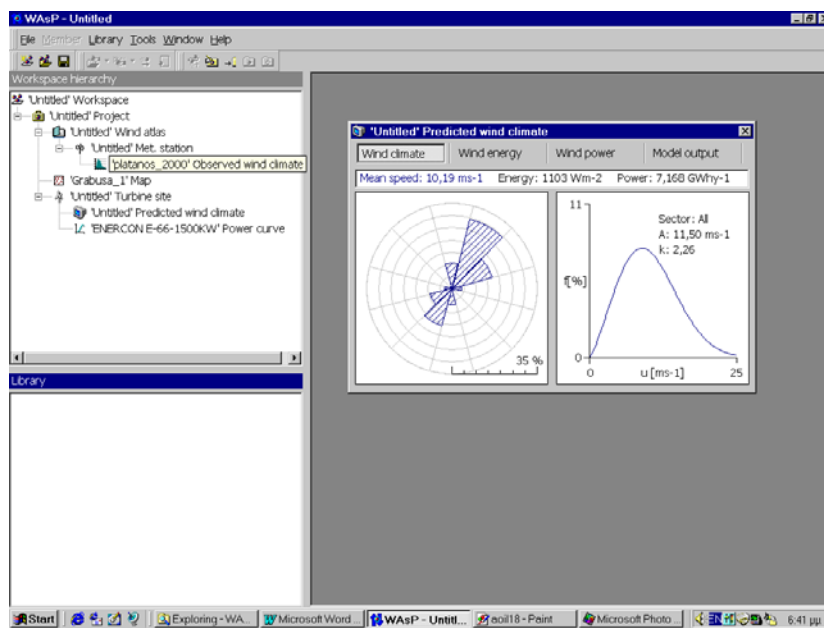
Σχήμα 31α.



Σχήμα 31β.



Σχήμα 32.



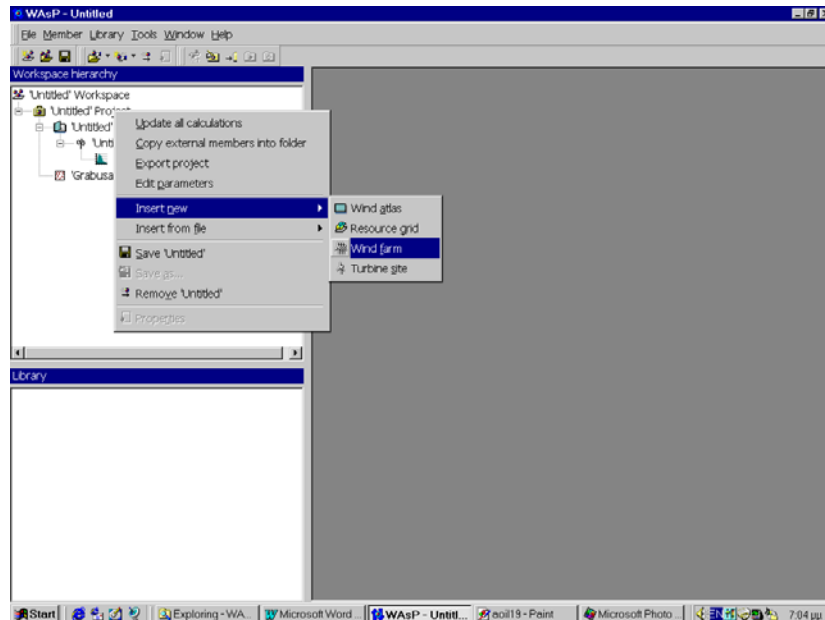
Σχήμα 33.

- **Υπολογισμός ετήσιας παραγωγής ενέργειας αιολικού πάρκου.**
- Για τον υπολογισμό παραγωγής ενέργειας αιολικού πάρκου εισάγουμε στο Project το μέλος Wind Farm.(Σχήμα 34)
- Εισάγουμε την καμπύλη ισχύος των μηχανών από τις οποίες αποτελείται το αιολικό πάρκο.
- Κάνοντας δεξί κλικ στο εικονίδιο του Wind Farm εμφανίζεται ένας κατάλογος όπου θα πρέπει να οριστεί η θέση και το όνομα κάθε ανεμογεννήτριας. (Σχήμα 35). Σε αυτόν τον κατάλογο δίνονται και τα αποτελέσματα των υπολογισμών (Σχήμα 36).

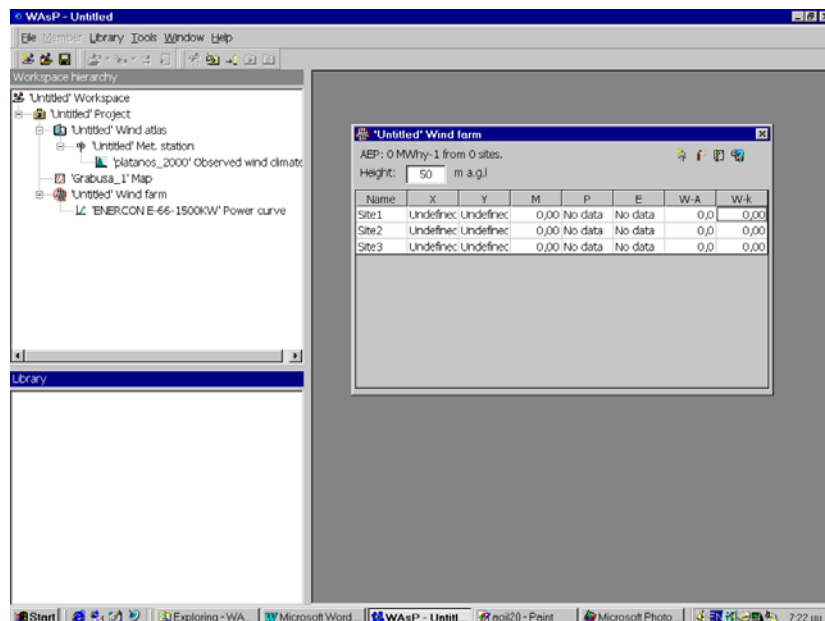
Η εισαγωγή του ονόματος και της θέσης κάθε ανεμογεννήτριας στον παραπάνω κατάλογο γίνεται κάνοντας κλικ στο εικονίδιο της ανεμογεννήτριας που υπάρχει στην πάνω δεξιά γωνία του. Η κατάργηση μιας θέσης γίνεται με το εικονίδιο ακριβώς δίπλα. Για δώσουμε τις συντεταγμένες κάνουμε κλικ στο ανάλογο πλαίσιο και Πατάμε ENTER.

- **Χρήσιμες πληροφορίες.**
- Τα αποτελέσματα σε κάθε πίνακα μπορούν να μεταφερθούν σε κείμενο του Word ή του Excel κάνοντας κλικ πάνω τους και μετά Copy – Paste.
- Όταν αποθηκεύουμε την εργασία το Wasp δημιουργεί ένα directory. Οι υπολογισμοί και τα δεδομένα αποθηκεύονται σε συγκεκριμένες θέσεις του directory και τυχόν μεταφορά των αρχείων μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα όταν χρειαστεί να τα ‘ξαναφορτώσουμε’.
- Οποιοσδήποτε χάρτης μπορεί να διορθωθεί μέσω του map editor και μέσα από το περιβάλλον του WasP χωρίς να χρειαστεί να βγούμε από το πρόγραμμα.

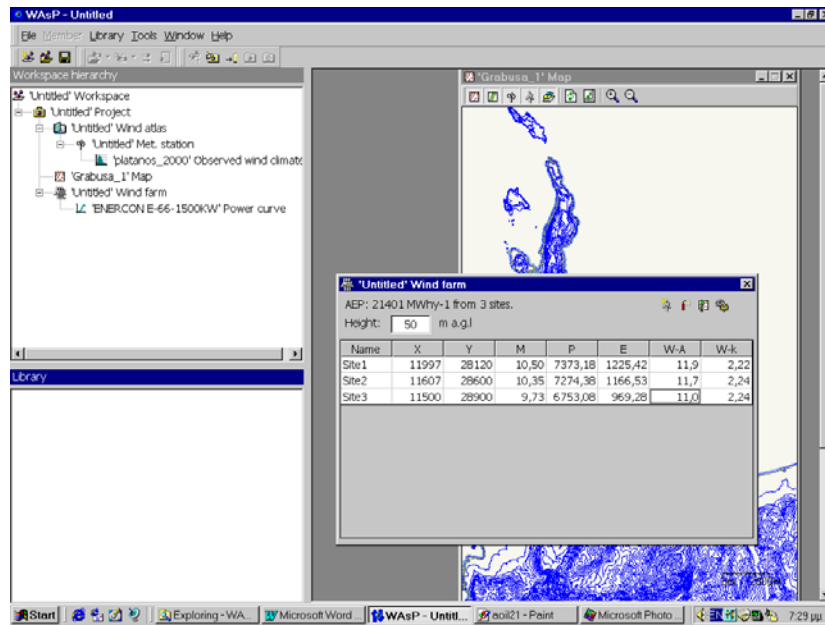
- Τα ανεμολογικά δεδομένα μπορούν να εισαχθούν μέσω Wind atlas που έχει ήδη υπολογιστεί χωρίς να χρειάζεται καινούργιος υπολογισμός του από Met. Station και Observed Wind Climate δεδομένα.



Σχήμα 34.



Σχήμα 35.



Σχήμα 36.

Βιβλιογραφία

1. ΕΝΕΡΓΕΙΑ. (Πηγές – Εφαρμογές – Εναλλακτικές λύσεις). Ίδρυμα Ευγενίδου 1954.

2. Μετατροπή της Ηλιακής Ενέργειας σε Ηλεκτρική με Φωτοβολταϊκά συστήματα (Α. Νεοκλέους MSc). Εκδόσεις «ΙΩΝ».

3. ΓΕΙΩΣΕΙΣ κ. ΑΛΕΞΙΚΕΡΑΥΝΑ (Μιλτ. Μ. Καπου)

4. Σημειώσεις Μαθήματος ΦΙΒ Π.Σ.Ε. Ε.Μ.Ε.Τ.

(Φραγκιαδάκης Ιωάννης)

5. Internet: www.helapco.gr

6. Νομοθεσία

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ