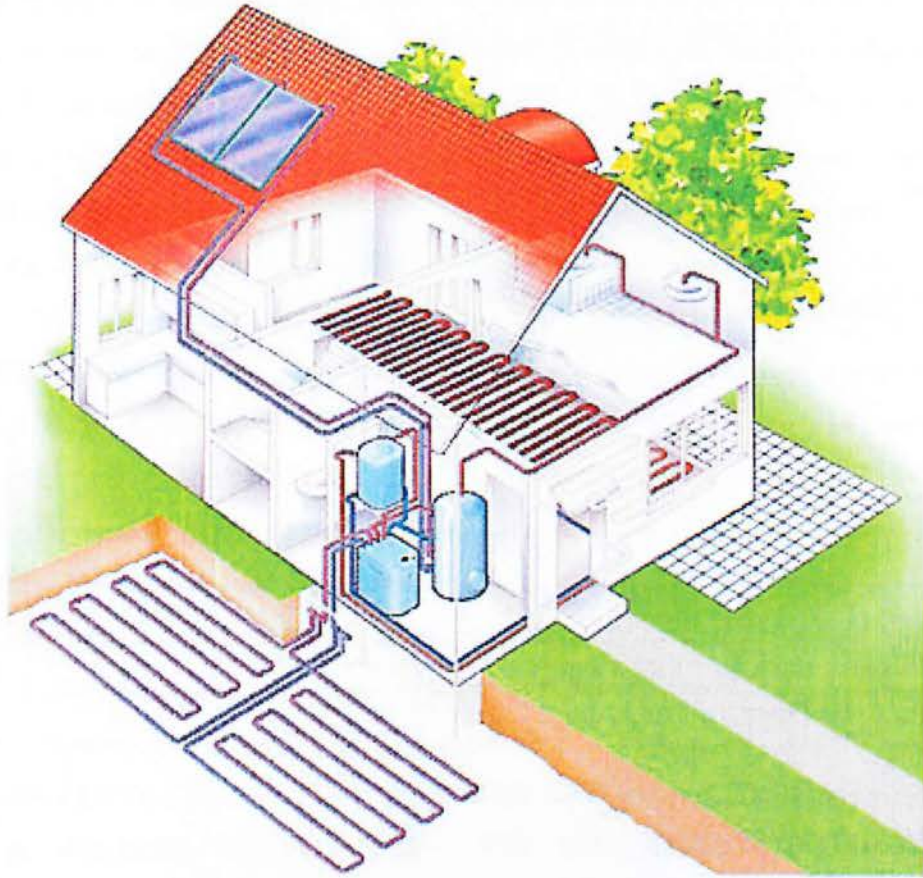


ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ

619

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΜΕ
ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΝ ΚΤΙΡΙΑΚΟ
ΤΟΜΕΑ

ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ



Σπουδαστές: Πλούταρχος Μπλάτζας 35363
Ευθύμιος Γιαννακάκης 35325

Υπ.καθηγητής : Νικόλαος Νικολόπουλος

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	01
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	03
I. Α. ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ.....	03
I. Β. ΤΟ ΗΛΙΑΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ.....	12
I. Γ. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ	13
<i>I. Γ. 1. Η αρχή λειτουργίας: Δομή & Βασική Θεωρία Ημιαγωγών.....</i>	<i>16</i>
<i>I. Γ. 2. Τεχνολογίες παραγωγής φωτοβολταϊκών.....</i>	<i>24</i>
<i>I. Δ.1. Η Γεωθερμική Ενέργεια.....</i>	<i>27</i>
II. ΤΟ ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.....	37
II. Α. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ.....	38
II. Β. ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ.....	41
II. Γ. ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΦΙΛΙΚΑ ΠΡΟΣ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	43
III. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (Φ/Β)	47
III. Α. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ.....	47
III. Β. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....	51
<i>III. Β. 1. Προσανατολισμός ΦΒ πλαισίων.....</i>	<i>52</i>
III. Γ. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	54
<i>III. Γ. 1. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Φ/Β συστημάτων.....</i>	<i>55</i>
<i>III. Γ. 2. Τρόποι εγκατάστασης Φ/Β συστημάτων.....</i>	<i>57</i>
IV. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ Φ/Β ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ.....	60
IV. Α. ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ.....	62
IV. Β. ΜΕΓΕΘΟΣ ΕΝΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	64
IV. Γ. ΚΙΝΗΤΡΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ.....	66
IV. Δ. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΒ ΠΛΑΙΣΙΩΝ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ.....	67
IV. Ε. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	68
<i>IV. Ε.1. Επίδραση της ρύπανσης στην απόδοση.....</i>	<i>71</i>
<i>IV. Ε.3. Οπτικές ενεργειακές απώλειες.....</i>	<i>72</i>
<i>IV. Ε.2. Γήρανση Φ/Β πλαισίου.....</i>	<i>72</i>
<i>IV. Ε.4. Κατάσταση θερμής κηλίδας και Εισχώρηση υγρασίας.....</i>	<i>72</i>
IV. ΣΤ. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗΣ.....	72

IV. Ζ. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΚΤΙΡΙΑΚΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ.....	74
<i>IV. Ζ. 1. Εγκατάσταση στο δώμα και τη στέγη.....</i>	<i>75</i>
<i>IV. Ζ. 2. Τρόποι στήριξης των συλλεκτών.....</i>	<i>78</i>
V. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ	83
V. Α. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.....	84
V. Β. ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.....	85
V. Γ. ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	86
V.Δ. ΤΥΠΟΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ ΓΙΑ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΛΗΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.....	87
V.Ε. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	90
V.ΣΤ. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΕΝΑΛΛΑΚΤΗ.....	92
V.Ζ. ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	93
VI. ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	95
VI.Α. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ.....	97
<i>VI.Α. 1. Το παράδειγμα της Σητείας.....</i>	<i>100</i>
<i>VI.Α. 2. Απαραίτητη λύση για τα Ελληνικά νησιά.....</i>	<i>100</i>
VI.Β. ΚΟΣΤΟΣ <u>ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΗΣ</u> ΚΑΙ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	108
<i>VI.Β. 1. Εξωτερικό κόστος παραγωγής και χρήσης ενέργειας.....</i>	<i>108</i>
<i>VI.Β. 2. Τιμολόγηση της ενέργειας με συνυπολογισμό του εξωτερικού κόστους...111</i>	
<i>VI.Β. 3. Τιμολογιακή πολιτική στην Ελλάδα.....</i>	<i>112</i>
VI.Γ. ΕΞΕΛΙΞΗ ΝΟΜΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ.....	113
<i>VI.Γ. 1.Κατηγορίες πηγών χρηματοδότησης για τις ΑΠΕ.....</i>	<i>116</i>
<i>VI.Γ.2. Σύγχρονα χρηματοδοτικά εργαλεία για την προώθηση των ΑΠΕ στην Ελλάδα.....</i>	<i>117</i>
<i>VI.Γ. 3.Θέματα περιβαλλοντικής αδειοδοτικής διαδικασίας επενδύσεων στην ανανεώσιμη τεχνολογία.....</i>	<i>118</i>
ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	123
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	125

Σεπτέμβρης 2012

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στις αρχές του αιώνα που διανύουμε κανείς δεν μπορούσε να αντιληφθεί το μέγεθος των περιβαλλοντικών προβλημάτων, των κλιματικών μεταβολών και των διαταραχών στις ισορροπίες των οικοσυστημάτων του πλανήτη μας, αποτέλεσμα της υπερεκμετάλλευσης και εξάντλησης των φυσικών πόρων χωρίς κανένα μέτρο, με μοναδικό κριτήριο την τεχνολογική πρόοδο και την - άμεσα συνδεδεμένη με την αύξηση της κατανάλωσης - άνοδο του βιοτικού επιπέδου των λαών.

Με το πέρασμα των χρόνων και την συνεχόμενη αύξηση της παραγωγής και των απαιτήσεων διαβίωσης του πληθυσμού των ανεπτυγμένων κρατών, ο ρυθμός επιβάρυνσης από την ανθρώπινη δραστηριότητα ξεπέρασε κατά πολύ τις φυσικές δυνατότητες του πλανήτη μας για την εξουδετέρωση της οποιασδήποτε περιβαλλοντικής όχλησης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία τάσεων που δεν επιτρέπουν την επάνοδο των οικοσυστημάτων του πλανήτη στην φυσική τους ισορροπία.

Η ενέργεια, σε όλες της τις μορφές (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο, πυρηνική) και σε όλες της τις φάσεις (παραγωγή, μεταφορά, τελική χρήση, απόρριψη) αποτελεί σημαντική πηγή περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Το 90% των ανθρωπογενών εκπομπών SO₂ και NO_x, καθώς και το 75-90% των ανθρωπογενών εκπομπών CO₂, προέρχεται από την παραγωγή και χρήση της ενέργειας.

Το μήνυμα, λοιπόν, είναι σαφές: για να περιοριστούν τα σοβαρά αυτά περιβαλλοντικά προβλήματα, θα πρέπει να αντιμετωπίσουμε αποτελεσματικά τα ενεργειακά προβλήματα που σχετίζονται με αυτά.

Τα περιβαλλοντικά προβλήματα είναι στις μέρες μας ουσιαστικοί παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη χάραξη της ενεργειακής πολιτικής των κρατών.

Ενώ παλαιότερα η βασική παράμετρος λήψης των αποφάσεων ήταν η ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού, σήμερα θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη και η περιβαλλοντική υποβάθμιση, η οποία, μάλιστα, είναι «υπερσυννοριακού» χαρακτήρα. Τα προβλήματα αυτά, που εντείνονται περισσότερο με το πέρασμα των χρόνων, δεν άφησαν αδιάφορη τη διεθνή κοινότητα, ή τουλάχιστον ένα μέρος της (περιβαλλοντικές οργανώσεις, ελάχιστες ευαισθητοποιημένες κυβερνήσεις).

Για την αύξηση των εκπομπών CO₂ η διεθνής κοινότητα συμφώνησε (διάσκεψη του Ρίο - 1992, διάσκεψη του Κιότο - 1997, διάσκεψη της Χάγης - 2000) ότι αποτελεί επιτακτική ανάγκη η παγκόσμια αντίδραση στη διαφαινόμενη, εξαιτίας της αύξησης αυτής, κλιματική μεταβολή. Υπήρξαν βέβαια ισχυρές αντιδράσεις ορισμένων ανεπτυγμένων βιομηχανικά κρατών (π.χ. Η.Π.Α., Ιαπωνία), με αποτέλεσμα να μην αναληφθούν οι αναμενόμενες δεσμεύσεις, εκτός από εξαιρέσεις, όπως αυτή της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.), η οποία έχει θέσει μελλοντικούς στόχους.

Σε αυτά τα πλαίσια, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας(Α.Π.Ε) με στόχο την μείωση της εξάρτησής τους από το πετρέλαιο, είναι στο επίκεντρο της προσοχής τα τελευταία χρόνια. Στην παρούσα λοιπόν εργασία, παρουσιάζεται μια βιβλιογραφική μελέτη σχετικά με τη χρήση των φωτοβολταϊκών συστημάτων αλλά και των γεωθερμικών αντλιών, που ανήκουν στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Δίνεται έμφαση στη χρήση τους στον κτιριακό τομέα και γίνεται μια προσπάθεια εξοικίωσης με τις τεχνικές αυτές αλλά και κατανόησης της προσφοράς των συστημάτων αυτών σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας.

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

I. Α. ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Τον όρο ενέργεια το συναντάμε για πρώτη φορά στον Αριστοτέλη ο οποίος τον χρησιμοποιεί με πολύ ασάφεια. Έπρεπε να περάσουν 2500 περίπου χρόνια για να δώσει ο μεγάλος φυσικός του αιώνα μας Max Plank τον ακόλουθο συνοπτικό ορισμό: «Ενέργεια είναι αυτό που βρίσκεται μέσα στο σύστημα και το κάνει ικανό να προκαλεί εξωτερικές δράσεις» (Δρής, 1996).

Η πρώτη μορφή ενέργειας που χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο ήταν η ίδια η δικιά του ενέργεια. Η ανθρώπινη ενέργεια. Ο προϊστορικός άνθρωπος αυτήν χρησιμοποίησε για να μεταβάλει τον κόσμο γύρω του και να επιβιώσει. Αργότερα πρόσθεσε σε αυτήν την ζωική ενέργεια εξημερώνοντας, υποδουλώνοντας θα λέγαμε καλύτερα, τα ζώα. Όσο ο άνθρωπος αποκτούσε μεγαλύτερο έλεγχο πάνω στην φύση τόσο η ανάγκη για περισσότερη ενέργεια γινόταν επιτακτικότερη. Στο ενεργειακό οπλοστάσιο του πρωτόγονου ανθρώπου προστέθηκε η φωτιά. Η φωτιά σηματοδοτεί και την πρώτη σημαντική επέμβαση στο ενεργειακό ισοζύγιο της γης. Για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα οι ενεργειακές επεμβάσεις του ανθρώπου στο σύστημα της γης ήταν σχετικά ήπιες. Τα πράγματα όμως άλλαξαν δραματικά τον προηγούμενο αιώνα με την επανάσταση του ατμού και την βιομηχανική επανάσταση. Η ανάγκη του ανθρώπου για περισσότερη ενέργεια συμβαδίζει με το επίπεδο του τεχνολογικού πολιτισμού. Ο άνθρωπος στράφηκε στις πρωτογενείς μορφές ενέργειας όπως τις χαρακτηρίζουμε. Το πετρέλαιο, τα στερεά καύσιμα (λιγνίτες, λιθάνθρακες κ.λ.π.) και σε μικρότερο βαθμό στο φυσικό αέριο.

Η συγκέντρωση του κόσμου στα μεγάλα αστικά κέντρα, η ένταση των δραστηριοτήτων, τα μέσα μεταφοράς και γενικότερα ο τρόπος ζωής οδήγησαν στην αύξηση των ενεργειακών αναγκών. Αποτέλεσμα υπήρξε η αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας. Για να αποκτήσουμε μια εικόνα αυτής της ακόρεστης δίψας της ανθρωπότητας σε ενέργεια είναι χαρακτηριστική η ακόλουθη εικόνα:

Το 1929 ο πληθυσμός της γης ήταν 2 δισεκατομμύρια άνθρωποι και κάθε ένας, κατά μέσο όρο, δαπανούσε ενέργεια 12 ανθρώπων της προβιομηχανικής εποχής. Το 1979 ο πληθυσμός της γης ήταν 4 δισεκατομμύρια και κατά μέσο όρο κάθε άνθρωπος δαπανούσε ενέργεια 27 προβιομηχανικών ανθρώπων. Το 2020 ο πληθυσμός της γης προβλέπεται να είναι 9 δισεκατομμύρια περίπου και κάθε άνθρωπος θα καταναλώνει ενέργεια 43 προβιομηχανικών ανθρώπων (Δρής, 1996).

Η ενέργεια όμως αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την οικονομική και όχι μόνο ανάπτυξη σε τοπικό και διεθνές επίπεδο. Μάλιστα η σχέση μεταξύ ακαθάριστου εθνικού προϊόντος (που απεικονίζει τον πλούτο μιας χώρας) και της κατανάλωσης ενέργειας είναι ευθέως ανάλογη. Το περιβαλλοντικό κόστος όμως μιας τέτοιας ανάπτυξης υπήρξε ιδιαίτερα βαρύ. Πρέπει να παρατηρήσουμε ότι αυτό το κόστος ποτέ δεν αντιμετωπίστηκε σοβαρά. Τα τελευταία μόνο χρόνια έχει αρχίσει να επισημαίνεται δειλά το γεγονός ότι το εξωλογικό μέχρι τώρα κόστος της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης είναι απαγορευτικό προκειμένου να αποκατασταθούν οι ζημιές.

Η συνειδητοποίηση αυτών των προβλημάτων έκανε πιο επίκαιρη την λήψη των αναγκαίων μέτρων όσον αφορά στην κατανάλωση ορυκτών καυσίμων και στην ατμοσφαιρική ρύπανση.

Πως όμως μπορεί να αποτυπωθεί το παγκόσμιο ενεργειακό πρόβλημα σήμερα: Τα αποθέματα πετρελαίου και φυσικού αερίου επαρκούν για τα επόμενα 50 χρόνια, ίσως και για 100-150 χρόνια με τις πιο αισιόδοξες προβλέψεις. Λίγο περισσότερη διάρκεια προβλέπεται να έχει η επάρκεια σε κάρβουνο.

Η πυρηνική ενέργεια, ιδιαίτερα μετά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο, διαφημίστηκε σαν λύση φθηνής και καθαρής ενέργειας. Δυστυχώς με πολύ τραγικό τρόπο, μετά το ατύχημα του Τσερνομπίλ καθώς επίσης και το ατύχημα με τον πυρηνικό αντιδραστήρα στην Φουκοσίμα, αποδείχθηκε ακριβώς το αντίθετο. Αλλά ακόμα και αν ξεπεραστεί το πρόβλημα της ασφάλειας των πυρηνικών εργοστασίων τα ίδια τα πυρηνικά καύσιμα έχουν ορατό ορίζοντα εξάντλησης.

Οι λύσεις επομένως που έχουν μείνει είναι μόνο δύο:

1. Η προσπάθεια για αποτελεσματικότερη χρήση των πρωτογενών ενεργειακών πόρων και εξοικονόμηση ενέργειας. Και

2. Η χρήση των Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ή εναλλακτικές πηγές ενέργειας ή ήπιες μορφές ενέργειας είναι θεωρητικά ανεξάντλητες. Δεν παρουσιάζουν περιβαλλοντικά προβλήματα αλλά μόνο προς το παρόν, οικονομικούς και τεχνολογικούς περιορισμούς.

Οι κύριες ανανεώσιμες αυτές πηγές ενέργειας που έχουν μεγάλο ενδιαφέρον και εκτιμάται ότι αποτελούν την ενεργειακή λύση του μέλλοντος είναι η αιολική ενέργεια και η ηλιακή ενέργεια. Και για τις δύο αυτές μορφές ενέργειας ο χορηγός είναι ο ήλιος και ο άνεμος. Διαφέρουν μόνο στο μέσο, στο φορέα, δια μέσου του οποίου τις παίρνουμε και τις χρησιμοποιούμε. Η αιολική ενέργεια δεν είναι τίποτα άλλο από την εκμετάλλευση της δύναμης του ανέμου. Ο ήλιος μέρα και νύκτα θερμαίνει τη Γη. Η διαφορά θερμοκρασίας από το ένα μέρος του πλανήτη μας στο άλλο, μεταξύ στεριάς και θάλασσας και μεταξύ διαφόρων σημείων της στεριάς επάγει διαφορές στην πίεση. Τα γνωστά χαμηλά και υψηλά βαρομετρικά των δελτίων καιρού. Αυτές οι διαφορές πίεσης αναγκάζουν μεγάλες μάζες αέρα να κινούνται και η κίνηση αυτή του αέρα είναι ο άνεμος (Ζέρβος, 2005).

Η εκμετάλλευση του αέρα από τον άνθρωπο για παραγωγή χρήσιμου έργου δεν είναι σημερινή ανακάλυψη. Για πολλούς αιώνες οι ανεμόμυλοι άλεθαν τους καρπούς της γης ή αντλούσαν νερό για πότισμα. Το τελευταίο είναι αρκετά οικείο σε μας με τους ανεμόμυλους στο Οροπέδιο του Λασιθίου. Με την πρόοδο όμως της τεχνολογίας η εκμετάλλευση του αέρα είναι σήμερα πιο αποτελεσματική. Οι παλιοί ανεμόμυλοι έχουν σήμερα αντικατασταθεί από τις γνώριμες σε όλους μας ανεμογεννήτριες οι οποίες χρησιμοποιούν πλέον τις τελευταίες εξελίξεις της τεχνολογίας των αεροπλάνων και των ηλεκτρονικών για να μετατρέπουν πιο αποτελεσματικά την ενέργεια του αέρα σε ηλεκτρισμό. Δυστυχώς όμως μεγάλο μειονέκτημα της αιολικής ενέργειας είναι το υψηλό κόστος και κυρίως η αβεβαιότητα όσον αφορά τον ίδιο τον αέρα. Επιπλέον αυτό είναι συνάρτηση και της ελεύθερης επιφάνειας που μπορεί να διατεθεί για εγκατάσταση αιολικού πάρκου, όπως στην περίπτωση της Κρήτης, όπου

δεν μπορούν να εγκατασταθούν παραπάνω από 150 - 200 μεσαίου μεγέθους ανεμομηχανές σε ολόκληρο το νησί (Καλδέλλης, 2005).

Η δεύτερη πολλά υποσχόμενη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας είναι η ηλιακή ενέργεια. Η ενέργεια που έρχεται δηλαδή κατευθείαν από τον ήλιο, το φως του. Μπορούμε να διακρίνουμε δύο μορφές αυτής της ενέργειας όσον αφορά την εκμετάλλευσή της. Την θερμική και την φωτοβολταϊκή. Εφαρμογή της πρώτης είναι οι γνωστοί ηλιακοί θερμοσίφωνες. Η Ελλάδα έρχεται πρώτη στην Ευρώπη στην αναλογία ηλιακών θερμοσιφώνων ανά κάτοικο. Το κέρδος της χώρας, οικονομικό και κυρίως περιβαλλοντικό είναι αρκετά σημαντικό. Είναι χαρακτηριστικό ότι το 1996 πουλήθηκαν σε όλη την Ελλάδα 50.000 ηλιακοί θερμοσίφωνες. Αν σε αυτά τα νοικοκυριά, στα οποία τοποθετήθηκαν, είχαν μπει ηλεκτρικοί θερμοσίφωνες θα χρειαζόταν περίπου το ηλεκτρικό σύστημα της Κρήτης για να τους λειτουργήσει.

Η δεύτερη μορφή εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας είναι η φωτοβολταϊκή. Ονομάζεται έτσι λόγω του τρόπου απόκτησης της. Το φως μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια (βολτ) με την βοήθεια κατάλληλων διατάξεων, των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Παρόλο που ο τρόπος αυτός μετατροπής ενέργειας είναι από πολύ καιρό γνωστός δεν είχε, μέχρι πρόσφατα τουλάχιστον, βρει μεγάλη απήχηση. Ο λόγος είναι κυρίως δύο:

Το κόστος αφενός ήταν και παραμένει αρκετά υψηλό και αφετέρου απαιτούνται μεγάλες ελεύθερες επιφάνειες προκειμένου να τοποθετηθούν οι φωτοβολταϊκοί καθρέπτες. Και οι δύο όμως αυτοί ανασταλτικοί παράγοντες δεν πρέπει να παρερμηνευθούν. Εκφράζουν την σημερινή τεχνολογική ικανότητα.

Χωρίς καμιά αμφιβολία το ενεργειακό μέλλον του κόσμου είναι η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας. Στο παγκόσμιο συνέδριο ενέργειας το 1988 (Λουξεμβούργο, 9 Ιουνίου: Σύσταση του Συμβουλίου σχετικά με την ανάπτυξη της εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Κοινότητα) έγινε μια προβολή στο χρόνο των ενεργειακών αναγκών της ανθρωπότητας: Καμιά ενεργειακή πηγή δεν μπορεί να εξασφαλίσει την αναγκαία ενέργεια στη Γη πάνω από 15000 χρόνια εκτός από την ηλιακή ενέργεια. Επομένως, αν δεν είμαστε σαν είδος αρκετά εγωιστές και κοντόφθαλμοι, η χρησιμοποίηση της ηλιακής ενέργειας είναι μονόδρομος. Στο σημείο όμως αυτό θα θέλαμε να τονίσουμε ότι η συμβολή όλων μας στο μέλλον της ηλιακής ενέργειας είναι καθοριστική. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα που μπορεί να μας καταδείξει την περίεργη ίσως αλληλεπίδραση του ενδιαφέροντος μας στην διαθεσιμότητα και στο κόστος μιας τεχνολογίας είναι το παρακάτω.

Ένα ηλιακό σύστημα ισχύος 2 Kw μπορεί να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες μιας τριμελούς οικογένειας χωρίς καμιά μείωση των ανέσεων που προσφέρει η σύγχρονη ζωή. Το κόστος για αυτήν την εγκατάσταση φθάνει σήμερα στο ποσό των 20.000 ευρώ περίπου. Αν όμως είχαν επενδυθεί τα ίδια χρήματα και είχε αναλωθεί η ίδια προσπάθεια που επέτρεψαν την σημερινή επανάσταση των ηλεκτρονικών υπολογιστών, το κόστος του ίδιου συστήματος θα ήταν σήμερα πολύ μικρότερο των 1000 ευρώ.

Από αυτήν την άποψη, προσπάθειες που βοηθούν στην διάδοση της ηλιακής ενέργειας και την εδραίωση της κοινωνικής αποδοχής της πρέπει να επαινούνται και να ενισχύονται. Άλλωστε τα μηνύματα από τον υπόλοιπο κόσμο είναι αρκετά ενθαρρυντικά. Στην Αμερική ο αντιπρόεδρος της κυβέρνησης πρωτοστατεί σε πρόγραμμα για την εγκατάσταση 1.000.000 ηλιακών στεγών μέχρι το 2010. Στην Ιαπωνία η κυβέρνηση χρηματοδοτεί πρόγραμμα

για την τοποθέτηση 25.000 ηλιακών στεγών. Στην Ελλάδα σε αντίστοιχο πρόγραμμα 1000 ηλιακών στεγών πρωτοστατεί η γνωστή μας Green Peace έχοντας καταθέσει αντίστοιχο πρόγραμμα στο Υπουργείο Περιβάλλοντος (Αρκούδης, 2007).

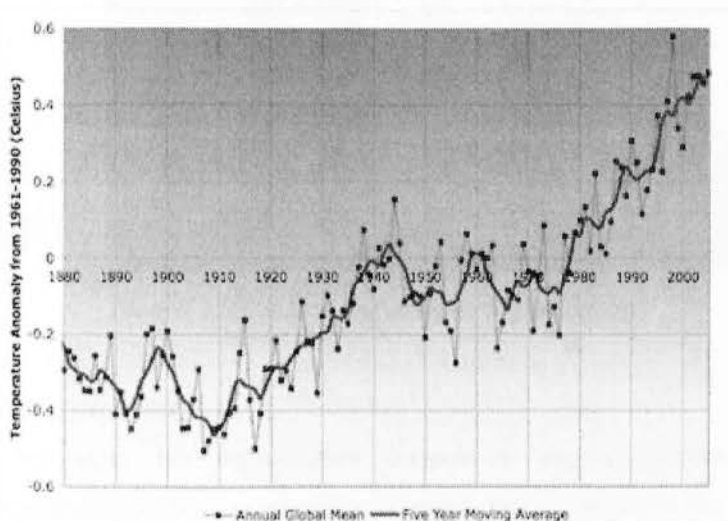
Το περιβαλλοντικό πρόβλημα έχει γίνει εδώ και αρκετά χρόνια αντιληπτό από την ανθρωπότητα. Ιστορικά η απαρχή της ολοκληρωτικής παρέμβασης του ανθρώπου έγινε πριν από δύο περίπου αιώνες κατά την εποχή της βιομηχανικής επανάστασης. Από εκείνο το σημείο και έπειτα ο άνθρωπος καταναλώνει ακατάπαυτα φυσικούς πόρους (ορυκτούς κυρίως) και μάλιστα με τρόπο τελείως ανεξέλεγκτο και μάλλον ανταγωνιστικό.

Το αποτέλεσμα αυτής της «εξέλιξης» συσσωρευτικά δημιούργησε στο περιβάλλον τα ακόλουθα προβλήματα:

- Παγκόσμια (υπερ)θέρμανση (global (over)warming)

Ο όρος παγκόσμια θέρμανση αναφέρεται στην αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της γης και των ωκεανών.

Σύμφωνα με την αρμόδια επιτροπή του ΟΗΕ ή μέση θερμοκρασία του πλανήτη τον τελευταίο αιώνα έχει αυξηθεί κατά 0,6 βαθμούς °C ($\pm 0,2$). Οι προβλέψεις της ίδιας επιτροπής για το τέλος του αιώνα που διανύουμε είναι πολύ χειρότερες μιας και πιθανολογείται επιπλέον αύξηση της θερμοκρασίας έως και 5,8 βαθμούς °C.



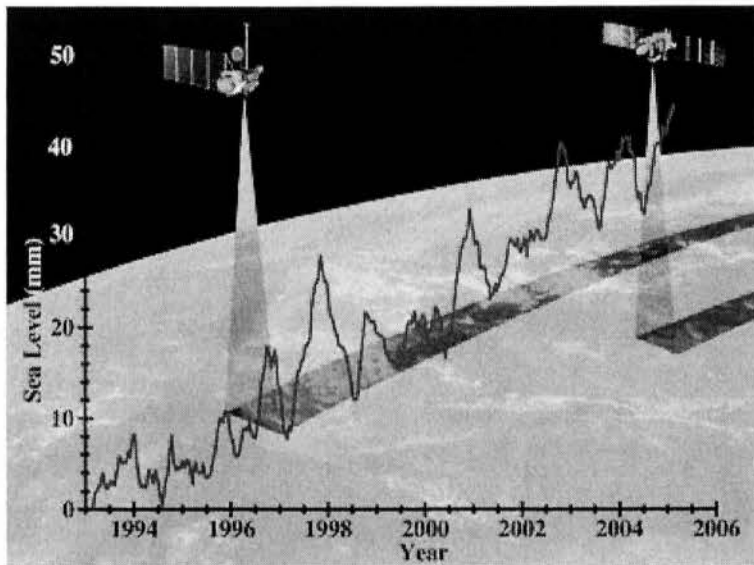
Εικόνα 1: Η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη μέχρι το 1990

Το φαινόμενο της παγκόσμιας θέρμανσης έχει άμεσα πλέον συνδεθεί με την παραγωγή των αερίων θερμοκηπίου από τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Τα αποτελέσματα αυτής της αύξησης έχουν γίνει πλέον αισθητά.

Στους πόλους της γης ήδη παρατηρείται λιώσιμο τεράστιων παγόβουνων με γρήγορο ρυθμό. Το επίπεδο της θάλασσας συνεπακόλουθα αναμένεται να ανεβεί και να επιφέρει ανάλογες καταστροφές. Ήδη με την χρήση δορυφόρων (1992) έχει διαπιστωθεί ότι η μέση αύξηση του επιπέδου της θάλασσας είναι 2,8 χιλιοστά/έτος αλλά διατηρούνται επιφυλάξεις για την αξιοπιστία (διακριτική ικανότητα) των μετρήσεων.

Άλλα αρνητικά φαινόμενα που οφείλονται στην παγκόσμια υπερθέρμανση είναι αλλαγές στους ρυθμούς βροχοπτώσεων, αυξημένη ένταση και συχνότητα ακραίων καιρικών φαινομένων. Μελλοντικά αναμένονται σε κάποιες περιοχές, παρατεταμένη ξηρασία, και προβλήματα υγείας λόγω των κλιματικών αλλαγών.



Εικόνα 2: Η αύξηση της στάθμης της θάλασσας

- Αέρια θερμοκηπίου (greenhouse gases)

Όπως προαναφέρθηκε τα αέρια του θερμοκηπίου θεωρούνται κυρίως υπεύθυνα για την παγκόσμια υπερθέρμανση. Τα αέρια αυτά απορροφούν (εγκλωβίζουν) ουσιαστικά ακτινοβολία την οποία κατά ένα ποσοστό την εκπέμπουν προς την γη, θερμαίνοντας έτσι την επιφάνειά τους.

Τα σημαντικότερα αέρια του θερμοκηπίου είναι οι υδρατμοί (H_2O), το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το μεθάνιο (CH_4), το οξείδιο του νατρίου (NO_2) και το όζον (O_3).

Η ανθρώπινη δραστηριότητα ευθύνεται για την αύξηση των CO_2 , CH_4 , NO_2 τα οποία αποβάλλονται με ραγδαίο ρυθμό στην ατμόσφαιρα λόγω της εξάρτησης της παγκόσμιας οικονομίας από τα ορυκτά καύσιμα.

- Όξινη βροχή

Η καύση ορυκτών καυσίμων παράγει θειικά, ανθρακικά και νιτρικά οξέα. Τα αέρια που εκπέμπονται από την καύση των ορυκτών καυσίμων συγκρατούνται από σταγονίδια στα σύννεφα τα οποία επανέρχονται στην επιφάνεια της γης με την μορφή κυρίως της όξινης βροχής (επίσης και με το χιόνι, τους υδρατμούς αλλά και



στερεά σωματίδια). Το αποτέλεσμα είναι να αυξάνεται η οξύτητα του φλοιού της γης καθώς επίσης να επηρεάζεται η χημική ισορροπία των ποταμών και των λιμνών.

Στον παρακάτω πίνακα υπάρχει μια γενική αξιολόγηση με κριτήριο τις περιβαλλοντολογικές επιπτώσεις που προκύπτουν από διάφορες παραγωγικές δραστηριότητες.

Επίπτωση *	SO ₂ NO ₂	CO ₂	CH ₄	ΥΠΕΙΝΗ	Αιωρούμενα σωματίδια	Βαριά μέταλλα	Καταστροφές	Απόβλητα	Αισθητικό πρόβλημα	Ηχορύπανση	Απαιτήσεις σε γη
Παθητικά ηλιακά									1		
Φωτοβολταϊκά					1	1			1		1
Αιολική									3	1	1
Βιομάζα	1		3	1	1	1			1	1	3
Γεωθερμία	1	1	1	1		1			1	1	
Υδροηλεκτρικά							2		3		3
Παλιρροιακή							1		3		1
Θαλάσσιων Κυμάτων									1		
Άνθρακας	4	4	2	1	2	2	1	2	2	1	3
Πετρέλαιο	3	4	1	1	2	1	2	1	1		1

* Ανόπακτη = . Ασήμαντη/Σημαντική =1 . Σημαντική =2 . Σημαντική/Μεγάλη =3 . Μεγάλη =4 .

{Bauman A. A And Hill R., Proc. 10 EC Photovoltaic's solar Energy Conference, Klover, Dordrecht, 1991, 843-837}

Έχει γίνει αντιληπτό ότι ο μόνος τρόπος για να αντιμετωπιστεί το περιγραφέν πρόβλημα είναι μέσω διαρθρωτικών κοινωνικοπολιτικών αλλαγών. Η χρησιμοποίηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας είναι σίγουρα ένα σημαντικό βήμα για την μείωση των περιβαλλοντολογικών προβλημάτων που μαστίζουν την ανθρωπότητα η τουλάχιστον για την επιβράδυνση του ρυθμού αύξησης (Αθανασοπούλου, 2002).

Το πρόβλημα

Οι όλο και μεγαλύτερες ενεργειακές ανάγκες της ανθρωπότητας οδηγούν συνεχώς σε μια τεράστια αύξηση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων. Οι ανάγκες αυτές αναμένεται να αυξηθούν ακόμη περισσότερο με την αύξηση του πληθυσμού της Γης και η ζήτηση πλέον θα υπάρχει κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες, καθώς στις

ανεπτυγμένες, με τα μέτρα εξοικονόμησης που εφαρμόζονται, υπάρχει μια τάση σταθεροποίησης. Τα βασικά προβλήματα λοιπόν (θα)είναι:

1. Η διαφαινόμενη έλλειψη καυσίμων σε μερικά χρόνια (σύμφωνα με τις πιο αισιόδοξες προβλέψεις, τα γνωστά αποθέματα πετρελαίου, μαζί με αυτά που πιθανόν να ανακαλυφθούν φθάνουν μετά βίας για ακόμη 30 χρόνια) και οι έντονες διακυμάνσεις στις τιμές του πετρελαίου, που ιδιαίτερα τον τελευταίο χρόνο έχουν γίνει το μόνιμο πρόβλημα στην ζωή εκατομμυρίων νοικοκυριών ανά τον κόσμο.

2. Η αλλαγή του κλίματος και το φαινόμενο του θερμοκηπίου (λόγω της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων), που οδηγούν αργά αλλά σταθερά τον πλανήτη στην καταστροφή. Συγκεκριμένα, κάθε kWh ηλεκτρισμού που προμηθευόμαστε από το δίκτυο της ΔΕΗ και που παράγεται από ορυκτά καύσιμα, επιβαρύνει την ατμόσφαιρα με 1 kg τουλάχιστον CO₂ (συν τις πάσης φύσεως άλλες επικίνδυνες ουσίες, όπως καρκινογόνα μικροσωματίδια, οξειδία αζώτου, ενώσεις θείου κλπ, που επιφέρουν σοβαρές βλάβες στην υγεία και το περιβάλλον).

Η λύση

Η παγκοσμία επιτροπή για το περιβάλλον και την ανάπτυξη διατύπωσε την εξής έννοια της βιώσιμης η αιεφόρου ανάπτυξης «βιώσιμη είναι η ανάπτυξη η οποία ικανοποιεί τις ανάγκες της σημερινής γενιάς χωρίς να χειροτερεύει την ικανότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιήσουν τις δικές τους ανάγκες» Η δυνατότητα της βιώσιμης ανάπτυξης είναι υπαρκτή όσο υπάρχουν ανανεώσιμοι πόροι συμπεριλαμβανομένων και των ανανεώσιμων ενεργειακών πηγών που αξιοποιούνται στο μέγιστο δυνατό βαθμό. Η ευρύτερη έννοια των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αναφέρεται σε κάθε πηγή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ανανεώνεται μέσω φυσικών φαινομένων μόνιμου κύκλου.

Πρόκειται για καθαρές" μορφές ενέργειας, πολύ φιλικές στο περιβάλλον, που δεν αποδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα. Ταυτόχρονα για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση όπως εξόρυξη, άντληση καύση αλλά απλώς η εκμετάλλευσή της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στην φύση. Αυτό σημαίνει πως πρόκειται για ανεξάντλητες πηγές ενέργειας που βασίζονται σε διάφορες φυσικές διαδικασίες όπως ο ήλιος, ο άνεμος, οι υδατοπτώσεις, η ενέργεια των κυμάτων, ρευμάτων, ωκεανών, η βιομάζα και η γεωθερμία. Οι Α.Π.Ε μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε άμεσα (κυρίως για θέρμανση), είτε μετατρέπόμενες σε άλλες μορφές ενέργειας (κυρίως ηλεκτρισμό ή μηχανική ενέργεια). Υπολογίζεται ότι το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο ενεργειακό δυναμικό απ' τις Α.Π.Ε. είναι πολλαπλάσιο της παγκόσμιας συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Η υψηλή όμως μέχρι πρόσφατα, τιμή των νέων ενεργειακών εφαρμογών, τα τεχνικά προβλήματα εφαρμογής, καθώς και οι πολιτικές και οικονομικές σκοπιμότητες που συνδέονται με τη διατήρηση του παρόντος επιπέδου ανάπτυξης στον ενεργειακό τομέα, εμπόδισαν την εκμετάλλευσή έστω και μέρους αυτού του δυναμικού.

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

Αποτελούν επίσης για τα κράτη στρατηγική επιλογή, αφού έχουν ωριμάσει και είναι ασφαλείς, ανταγωνιστικές και ελκυστικές σε ιδιώτες και επενδυτές. Επίσης η εφαρμογή τους συμβάλλει στη βελτίωση των περιβαλλοντικών δεικτών και ειδικότερα στη μείωση των εκπομπών CO₂ και στην απεξάρτηση από το εισαγόμενο πετρέλαιο. Μπορούν δηλαδή να απαντήσουν αποτελεσματικά στο τρίπτυχο των προβλημάτων που απασχολούν τον τομέα της ενέργειας:

- A) Επάρκεια αποθεμάτων
- B) ασφάλεια ανεφοδιασμού και
- Γ) προστασία του περιβάλλοντος.

Εξάλλου, στην προώθηση των Α.Π.Ε. στην παγκόσμια ενεργειακή αγορά συνέβαλε το γεγονός ότι μπορούν να συμβάλλουν στην ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, αποτελώντας την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου. Είναι προφανές ότι χώρες με μεγάλα αποθέματα στις πρωταρχικές μορφές ενέργειας έχουν συνήθως την τάση να χρησιμοποιούν αυτό το πλεονέκτημα ως μέσο για πολιτικό και οικονομικό έλεγχο των υπολοίπων (Βατάλης, 2007).

Παράδειγμα τέτοιων συνεπειών είναι η πολιτική και οικονομική κατάσταση που έχει εδραιωθεί στη Μέση Ανατολή.

Οι Α.Π.Ε. επιπλέον, αποτελούν ευέλικτες εφαρμογές που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του επί τόπου πληθυσμού, καταργώντας παράλληλα την ανάγκη για τεράστιες μονάδες ενεργειακής παραγωγής, αλλά και για μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις. Ταυτόχρονα, υποβοηθείται η αποκέντρωση και η ανάπτυξη της τοπικής οικονομίας σε κάθε περιοχή όπου εγκαθίστανται τέτοιου είδους μονάδες. Το πιο σημαντικό όφελος που μπορούν να προσφέρουν σε μια οικονομία σχετίζεται με την βελτίωση της απασχόλησης. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παρουσιάζουν καταπληκτικό δυναμικό ως προς την δημιουργία και διαφύλαξη θέσεων εργασίας. Μελέτη του WWF για τη Βιομάζα «Biomass Study» εντοπίζει ένα δυναμικό απασχόλησης της τάξεως των 170.000-290.000 θέσεων εργασίας πλήρους απασχόλησης στις χώρες του ΟΟΣΑ (Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης) μόνο και μόνο από αυτή την συγκεκριμένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Οι εν λόγω θέσεις εργασίας υπολογίζεται ότι θα δημιουργηθούν κυρίως σε αγροτικές, αδύναμες από πλευράς υποδομών, περιοχές και θα είναι ως εκ τούτου εξαιρετικά σημαντικές.

Ένα επιπρόσθετο πλεονέκτημα είναι ο απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση εξοπλισμός τους. Εξάλλου, το μηδενικό κόστος πρώτης ύλης, σε συνδυασμό με τις μικρές έως ελάχιστες απαιτήσεις συντήρησης που εμφανίζουν, συνεπάγεται περιορισμένο κόστος λειτουργίας. Έτσι, αντισταθμίζεται σε μεγάλο βαθμό το μέχρι σήμερα μειονέκτημα του αυξημένου κόστους που απαιτείται για την εγκατάσταση των μονάδων εκμετάλλευσής τους. Επιπρόσθετα, στα τεχνικά πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας περιλαμβάνονται:

- Η δυνατότητα διαφοροποίησης των ενεργειακών φορέων, τεχνολογιών και υποδομών παραγωγής θερμότητας, καυσίμων και ηλεκτρισμού και
- η αύξηση της ευελιξίας των συστημάτων ηλεκτροπαραγωγής, ώστε να ανταποκρίνονται στη μεταβαλλόμενη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας.

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

Για κάθε πόρο λοιπόν υπάρχει ένα κατώφλι της βέλτιστης απόδοσης. Παρακάτω αναφέρονται επιγραμματικά τα οικονομικά και κοινωνικά κριτήρια τα οποία είναι αναγκαία προκειμένου να πραγματοποιηθούν τεχνικά οι ανανεώσιμες πηγές σε μια χώρα.:

- A) Οικονομικός ανταγωνισμός (κόστος KWh)
- B) Επιπτώσεις στην απασχόληση
- Δ) Ευαισθησία στις τιμές των πρώτων υλών (πετρέλαιο, και άλλα ορυκτά)
- E) Περιβαλλοντικές επιπτώσεις
- Z) Κοινωνική αποδοχή (Βατάλης, 2007)

Η ηλιακή ενέργεια ως βοηθός στη λύση

Με την ηλιακή ενέργεια μπορούμε να βοηθήσουμε στην λύση και των δύο παραπάνω προβλημάτων:

1.Παράγουμε καθαρή και ανεξάντλητη ενέργεια από τον ήλιο, χωρίς την μεσολάβηση ρυπογόνων, θορυβωδών εγκαταστάσεων και μάλιστα δωρεάν(μετά το κόστος εγκατάστασης). Η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει πάνω στην Γη μας, είναι παγκοσμίως 1,54X10¹⁸ KWH/έτος, δηλ. περίπου 15.000 φορές περισσότερη από την παγκόσμια ζήτηση ενέργειας ανά έτος. Θεωρητικά θα έφθανε μόνο το 0,01% της ενέργειας αυτής για να καλύψουμε τις παγκόσμιες ενεργειακές ανάγκες.

2.Μειώνουμε τις εκπομπές CO₂ στον πλανήτη, άρα συμβάλουμε στην επιβράδυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Να σημειώσουμε εδώ, ότι 1 KW Φ/Β που παράγει στην Ελλάδα κατά μέσο όρο 1300 KWH το χρόνο, αποτρέπει την έκλυση 1450 kg CO₂, όσο δηλ. απορροφούν ετησίως 2 περ. στρέμματα δάσους ή 100 δέντρα.

I. B. ΤΟ ΗΛΙΑΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Βρισκόμαστε στη γειτονιά ενός αντιδραστήρα σύντηξης, στον Ήλιο μας, όπου, σε μια κόλαση φωτιάς, πυρήνες υδρογόνου μετατρέπονται σε πυρήνες ηλίου. Εξαιτίας της παραπάνω πυρηνικής αντίδρασης ο ήλιος μας χάνει 4,5 εκατομμύρια τόνους από τη μάζα του σε κάθε δευτερόλεπτο(!) και τη μετατρέπει σε ισοδύναμη ενέργεια, σύμφωνα με την αρχή της ισοδυναμίας μάζας - ενέργειας της Θεωρίας της Σχετικότητας.

Η ισχύς που ακτινοβολεί ο Ήλιος προς όλες τις κατευθύνσεις είναι ίση με 4×10^{26} W. Φυσικά η περισσότερη διασκορπίζεται στο αχανές σύμπαν και μόνο ένα πολύ μικρό μέρος φτάνει στη Γη. Συγκεκριμένα, σε κάθε τετραγωνικό μέτρο του πλανήτη μας προσπίπτει ισχύς μόνο 1 kW. Παρόλο το μικρό μέγεθος της ισχύος αυτής, η ενέργεια που δέχεται η Γη σε όλη της την επιφάνεια είναι 20.000 φορές μεγαλύτερη από την ενέργεια που ξοδεύει όλη η ανθρωπότητα για τις ανάγκες της με οποιαδήποτε μορφή.

Ένα τόσο μεγάλο ποσό ενέργειας είναι κρίμα να πάει χαμένο, για δύο βασικούς λόγους: διότι παρέχεται δωρεάν και δεν μολύνει το περιβάλλον. Η στροφή λοιπόν στην ηλιακή ενέργεια συμφέρει, όσον αφορά σε δύο τουλάχιστον ανάγκες. Την ανάγκη σε ενέργεια και την ανάγκη να προστατευτεί το περιβάλλον. Κάθε κιλοβατώρα ηλεκτρισμού που προμηθευόμαστε από το δίκτυο της ΔΕΗ και παράγεται από ορυκτά καύσιμα, επιβαρύνει την ατμόσφαιρα με ένα τουλάχιστον κιλό διοξειδίου του άνθρακα. $1 \text{ kWh} = 1 \text{ kg CO}_2$ (διοξείδιο του άνθρακα)

Το διοξείδιο του άνθρακα θεωρείται, ως γνωστόν, το κυριότερο "αέριο του θερμοκηπίου" που συμβάλλει στις επικίνδυνες κλιματικές αλλαγές. Η στροφή στις καθαρές πηγές ενέργειας, όπως η ηλιακή, αποτελεί τη μόνη διέξοδο για την αποτροπή των κλιματικών αλλαγών που απειλούν σήμερα τον πλανήτη. Επιπλέον, η χρήση της ηλιακής ενέργειας συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως τα καρκινογόνα μικροσωματίδια, τα οξείδια του αζώτου, οι ενώσεις του θείου, κ.λπ). Οι ρύποι αυτοί επιφέρουν σοβαρές βλάβες στην υγεία και το περιβάλλον.

Όλοι γνωρίζουμε ότι η Ελλάδα είναι ιδιαίτερα ευνοημένη από τον ήλιο καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Αν σκεφτεί κανείς ότι πολλά από τα συστήματα για τα οποία μιλάμε έχουν αναπτυχθεί και αποδίδουν πολλά χρόνια στην Β. Ευρώπη, καταλαβαίνει κανείς το πόσο πίσω έχουμε μείνει και το τι μπορούμε να κάνουμε με όλο αυτό το ηλιακό δυναμικό που απλόχερα (και δωρεάν) μας προσφέρει χειμώνα – καλοκαίρι ο Θεός. Το ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας καταγράφεται στον παρακάτω χάρτη:



Εικόνα 3: Το ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας

Ένα Φ/Β σύστημα στην Ελλάδα εν γένει παράγει ετησίως 1100-1500 kWh ανά εγκατεστημένο kW. Εννοείται ότι στις νότιες και πιο ηλιόλουστες περιοχές της χώρας μας, ένα Φ/Β παράγει περισσότερο ηλιακό ηλεκτρισμό απ' ότι στις βόρειες. Για παράδειγμα, αναφέρουμε ότι ένα Φ/Β σύστημα στην Αθήνα αποδίδει 1300-1400 kWh/έτος/kW, στη Θεσσαλονίκη 1150-1250 kWh/έτος/kW στην Κρήτη ή Ρόδο 1350-1500 kWh/έτος/kW και στην Ζάκυνθο 1350-1450 kWh/έτος/kW (Kreith and Kreider, 1978).

1. Γ. ΤΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

Μέχρι σήμερα λοιπόν εκμεταλλευόμαστε κατά ένα πολύ μικρό μέρος την ηλιακή ενέργεια μόνο ως θερμότητα. Χαρακτηριστική συσκευή είναι αυτή του ηλιακού θερμοσίφωνα. Δεν έχουμε, όμως, ανάγκη μόνο από ζεστό νερό. Το ζεστό νερό δεν μπορεί να ικανοποιήσει τις ενεργειακές ανάγκες μας. Χρειαζόμαστε την ηλεκτρική ενέργεια όσο τίποτε άλλο. Για τον λόγο αυτό η επιστήμη αναζήτησε μεθόδους μετατροπής της ηλιακής ενέργειας κατευθείαν σε ηλεκτρική. Ήδη από τον προηγούμενο αιώνα, περίπου από το 1840, διαπιστώθηκε ότι αυτό είναι δυνατό με τη βοήθεια των ημιαγωγών. Το φαινόμενο της μετατροπής αυτής ονομάστηκε φωτοβολταϊκό και οι αντίστοιχες συσκευές φωτοβολταϊκές γεννήτριες.

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο ανακαλύφθηκε από τον Γάλλο Φυσικό Alexandre Edmond Becquerel το 1839, ο οποίος ανακάλυψε ότι μπορεί να παραχθεί ηλεκτρικό ρεύμα όταν συγκεκριμένες κατασκευές εκτεθούν στο φως. Οι Αμερικάνοι Adams και Day το 1876 χρησιμοποιώντας έναν κρύσταλλο σεληνίου είχαν κάνει επίδειξη αυτού

του φαινομένου. Η απόδοση σε αυτή την περίπτωση ήταν μόνο 1%. Το 1905 ο Albert Einstein διατύπωσε την εξήγηση του φωτοβολταϊκού φαινομένου (υπόθεση του φωτονίου).

Το 1949 οι Αμερικάνοι Shockley, Bardeen και Brattain ανακάλυψαν το τρανζίστορ διευκρινίζοντας τη φυσική των p και n ενώσεων των ημιαγωγικών υλικών. Το πρώτο φωτοβολταϊκό κύτταρο με απόδοση κοντά στο 6% κατασκευάστηκε το 1956, ενώ αργότερα κατασκευάστηκε το φωτοβολταϊκό κύτταρο από πυρίτιο , το οποίο λειτουργούσε με απόδοση του 10%.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Ιστορική Εξέλιξη των φωτοβολταϊκών

1839	Παρατήρηση του φωτοβολταϊκού φαινομένου σε μεταλλικά ηλεκτρόδια Pt, Ag μέσα σε ηλεκτρολύτη
1937	Κατασκευή φωτοβολταϊκού στοιχείου από PbS (Fischer & Godden)
1939	Κατασκευή φωτοβολταϊκού στοιχείου από Se με απόδοση 1%
1941	Κατασκευή του πρώτου φωτοβολταϊκού στοιχείου από Si (Ohl)
1954	Κατασκευή φωτοβολταϊκού στοιχείου από Si με σχηματισμό ένωσης p-n και με απόδοση 6%
1956	Η πρώτη εμπορική παραγωγή ηλιακών στοιχείων από την εταιρεία Hoffmann.
1958	Εκτόξευση του αμερικάνικου δορυφόρου Vanguard I ο οποίος έχει ως βοηθητική πηγή ενέργειας 6 στοιχεία Si.
1958	Εκτόξευση σοβιετικού δορυφόρου με μοναδική πηγή ενέργειας τα φωτοβολταϊκά στοιχεία.
1959	Κατασκευή φωτοβολταϊκού στοιχείου από CdS με απόδοση 5%
1972	Κατασκευή ιώδους ηλιακού στοιχείου Si με απόδοση 14% (Lindmayer & Allison)
1976	Κατασκευή φωτοβολταϊκού στοιχείου από άμορφο πυρίτιο (a-Si) με απόδοση 0,01% (Carlson & Wronski)
1977	Κατασκευή ηλιακού στοιχείου από GaAs με απόδοση 16% (Kameth)
1981	Πτήση πάνω από την Μάγχη του αεροπλάνου Solar Challenger εξοπλισμένου με 16.128 φωτοβολταϊκά στοιχεία Si συνολικής ισχύος 2,7kW
1981	Η πρώτη εγκατάσταση φωτοβολταϊκών ισχύος 100kWp στην Ελλάδα, η μεγαλύτερη στην Ευρώπη.
1983	Έναρξη λειτουργίας του πρώτου φωτοβολταϊκού σταθμού ισχύος 1MWp στην Βικτροβίλ.

Η γρήγορη ανάπτυξη της τεχνολογίας στην εξερεύνηση του διαστήματος διάνοιξε εξαιρετικές προοπτικές για την χρήση φωτοβολταϊκών κυττάρων. Το 1958, 108 ηλιακά κύτταρα είχαν σταλεί στο διάστημα για δοκιμή. Η σύνδεση σε σειρά άρχισε αργότερα σε μικρότερο αριθμό. Το 1970 η ετήσια παραγωγή φωτοβολταϊκών πλαισίων για διαστημικές εφαρμογές ήταν 500 m². Η επίγεια χρήση ξεκίνησε στα μέσα της δεκαετίας του '70, παίρνοντας δυναμική από την πετρελαϊκή κρίση του 1973-74 και δίνοντας ερεθίσματα για την εκπόνηση πληθώρας ερευνητικών μελετών. Η προσπάθεια της επιστημονικής κοινότητας ήταν να μειωθεί το κόστος των φωτοβολταϊκών πλαισίων, με την εύρεση νέων φθηνότερων υλικών.

Σήμερα τα φωτοβολταϊκά έχουν γίνει κομμάτι της καθημερινής μας ζωής. Το φάσμα των εφαρμογών τους κυμαίνεται από μικρής κλίμακας συστήματα σε ρολόγια και υπολογιστές τσέπης, μέχρι εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος και ισχύος. Η απόδοση τους κυμαίνεται από 12% ως 18% σε συγκεκριμένες συνθήκες αναφοράς.

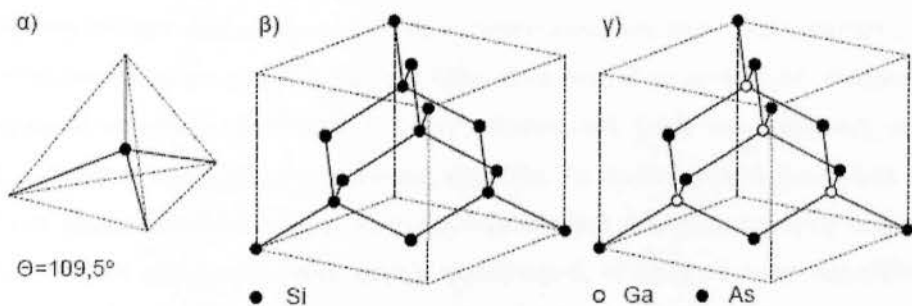
1. Γ. 1. Η αρχή λειτουργίας: Δομή & Βασική Θεωρία Ημιαγωγών

Ένα φωτοβολταϊκό κύτταρο από πυρίτιο είναι κατασκευασμένο από μία ειδική ημιαγωγική δίοδο (φωτοδίοδο), στην οποία παρατηρούμε μια ροή ηλεκτρικών φορέων όταν αυτό δεχθεί φως. Όταν το φως χτυπήσει το κύτταρο, τότε τα φωτόνια απορροφούνται από τα ηλεκτρόνια του πυριτίου. Η ενέργεια των φωτονίων διεγείρει τα ηλεκτρόνια σε μια υψηλότερη ενεργειακή στάθμη, οπότε αυτά κινούνται αφήνοντας πίσω τους μία οπή. Έτσι λοιπόν τα αναρροφούμενα φωτόνια δημιουργούν ζεύγη ηλεκτρονίων – οπών. Το ηλεκτρικό πεδίο διαχωρίζει τα ηλεκτρόνια από τις οπές και η διαφορά δυναμικού που αναπτύσσεται κυμαίνεται μεταξύ 0.5-0.6 Volts. Η ύπαρξη των ηλεκτρικών φορέων και της διαφοράς δυναμικού δημιουργούν ένα ρεύμα το οποίο μπορεί να διαρρέει ένα εξωτερικό κλειστό κύκλωμα.

Οι φωτοβολταϊκές κυψέλες κατασκευάζονται από ημιαγωγούς που αποτελούν σώματα με ενδιάμεση ηλεκτρική αγωγιμότητα, μεταξύ αγωγών (μέταλλα) και μονωτών (πολυμερή, κεραμικά υλικά).

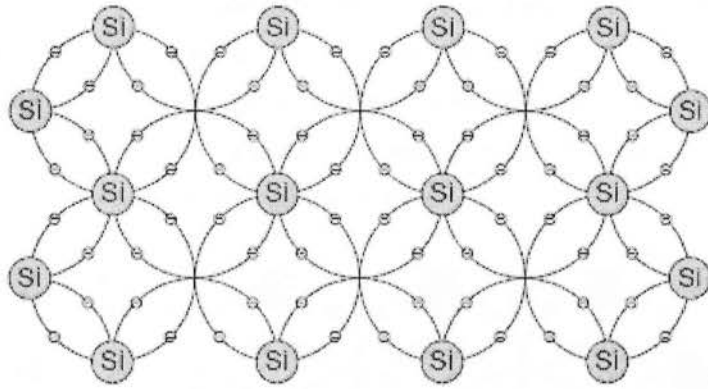
Οι κυριότεροι ημιαγωγοί είναι τετρασθενή στοιχεία, όπως το πυρίτιο (Si) και το γερμάνιο (Ge) ή ακόμα και χημικές ενώσεις με τετραεδρική δομή (εικόνα 1), όπως το αρσενιούχο γάλλιο και το θειούχο κάδμιο.

Η κρυσταλλική δομή των κυριότερων ημιαγωγών είναι τετραεδρική, δηλαδή τα γειτονικά άτομα βρίσκονται σε θέσεις του κρυσταλλικού πλέγματος που αντιστοιχούν στο κέντρο και στις κορυφές ενός κανονικού τετραέδρου. Στους στοιχειακούς αγωγούς (π.χ. Si) όλα τα άτομα του πλέγματος είναι ίδια, ενώ στις ημιαγώγιμες χημικές ενώσεις (π.χ. Si) τα άτομα που βρίσκονται σε γειτονικές θέσεις είναι διαφορετικά.



Εικόνα 4: Η κρυσταλλική δομή των κυριότερων ημιαγωγών

Συγκεκριμένα το πυρίτιο αποτελεί τον πιο διαδεδομένο τύπο ημιαγωγού στοιχείου, καθώς η χρήση του έχει επικρατήσει σχεδόν στο σύνολο των ηλεκτρονικών εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένων και των φωτοβολταϊκών. Όπως φαίνεται από την επίπεδη απεικόνιση του πλέγματος του πυριτίου (εικόνα 4), κάθε άτομο πυριτίου είναι ενωμένο με 4 γειτονικά άτομα με ομοιοπολικούς δεσμούς. (Στο πλέγμα τα ηλεκτρόνια σθένους αλλάζουν συνεχώς θέσεις μεταξύ τους κινούμενα από και προς τους γειτονικούς δεσμούς του Si.)



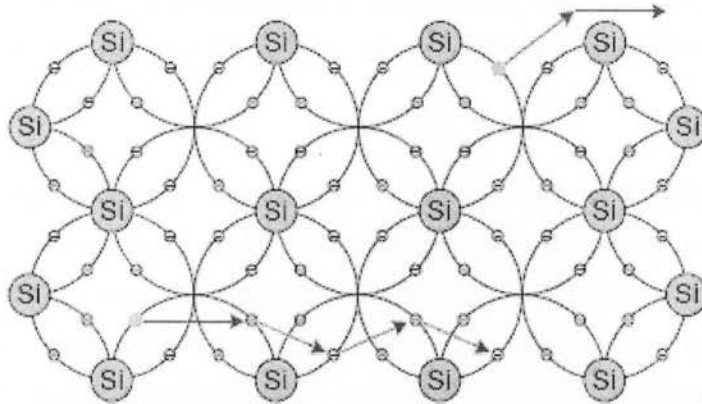
Εικόνα 5: Επίπεδη απεικόνιση του πλέγματος του πυριτίου

Επομένως όλα τα ηλεκτρόνια σθένους των ατόμων πυριτίου είναι δεσμευμένα στους ομοιοπολικούς δεσμούς, με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν ελεύθεροι φορείς του ηλεκτρικού ρεύματος και το σώμα να μη διαθέτει ηλεκτρική αγωγιμότητα. Αυτό συμβαίνει όμως μόνο στην περίπτωση που ο ημιαγωγός βρίσκεται στη θεμελιώδη ενεργειακή κατάσταση, δηλαδή στην κατάσταση εκείνη όπου το ενεργειακό του περιεχόμενο είναι πολύ χαμηλό (θερμοκρασιακή περιοχή απολύτου μηδενός). Στην κατάσταση αυτή οι ημιαγωγοί συμπεριφέρονται σαν μονωτές.

Όταν όμως οι ημιαγωγοί απορροφήσουν κάποιο ποσό ενέργειας, μέσω θερμότητας ή ακτινοβολίας, τότε διαταράσσονται οι ομοιοπολικοί δεσμοί μεταξύ ατόμων πυριτίου. Έτσι σε συνηθισμένες θερμοκρασίες περιβάλλοντος, η θερμική ενέργεια που παρέχεται στο σώμα και κατανέμεται στα άτομά του προκαλεί την απελευθέρωση πολλών ηλεκτρονίων από τους ομοιοπολικούς δεσμούς. Αναλυτικότερα, η συνεχής ανακατανομή της θερμικής ενέργειας από το ένα άτομο στο άλλο, είναι δυνατό να προκαλέσει, στιγμιαία και σε τυχαίες θέσεις, τη διέγερση δεσμευμένων ηλεκτρονίων (στην κρυσταλλική δομή του πυριτίου), με αποτέλεσμα αυτά να απελευθερωθούν και να αρχίσουν να κινούνται ελεύθερα. Τα ελεύθερα αυτά ηλεκτρόνια απομακρύνονται από την περιοχή του δεσμού τους, χάρη στην κινητική ενέργεια που απέκτησαν από τη θερμότητα. Κατά συνέπεια ο ημιαγωγός διαθέτει πλέον ευκίνητους φορείς ηλεκτρισμού, οι οποίοι και του προσδίδουν αξιόλογη ηλεκτρική αγωγιμότητα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η το ποσό της ελάχιστης απαιτούμενης ενέργειας για την απελευθέρωση ενός ηλεκτρονίου σθένους από το δεσμό στον οποίο ανήκει είναι συγκεκριμένο και ισούται με το ενεργειακό διάκενο E_g του ημιαγωγού. Ως ενεργειακό διάκενο ορίζεται η ενεργειακή διαφορά μεταξύ των εξής δυο ζωνών: – της ζώνης αγωγιμότητας η οποία περικλείει τις ενέργειες των ελεύθερων ηλεκτρονίων που είναι υπεύθυνες για την ύπαρξη ηλεκτρικού ρεύματος στον ημιαγωγό, και – της ζώνης σθένους, η οποία και περικλείει τις διάφορες ενεργειακές στάθμες των ατόμων των ημιαγωγικών στοιχείων.

Η απομάκρυνση ενός ηλεκτρονίου από κάποιο δεσμό δεν συνεπάγεται την καταστροφή του κρυσταλλικού πλέγματος (όπως φαίνεται και στην εικόνα 4), καθώς τα άτομα των οποίων έσπασε ο δεσμός εξακολουθούν να

συνδέονται με τα γειτονικά τους άτομα με τρεις άθικτους δεσμούς καθώς και μεταξύ τους με έναν ατελή δεσμό ενός ηλεκτρονίου. Οι τρεις και ο ήμισυ δεσμός είναι ικανοί να συγκρατήσουν σε συνοχή τον κρύσταλλο και μετά την ελευθέρωση του ηλεκτρονίου. Άλλωστε έχει αποδειχθεί ότι το πλήθος των ελεύθερων ηλεκτρονίων, δηλαδή το πλήθος των διασπασμένων δεσμών των σωμάτων που μας ενδιαφέρουν, είναι ένα πολύ μικρό ποσοστό του συνόλου των δεσμών των ατόμων του κρυσταλλικού πλέγματος.



Εικόνα 6: Τρεις άθικτοι δεσμοί στο πυριτικό πλέγμα

Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια (e) περιφέρονται άτακτα στο κρυσταλλικό σώμα, ανάμεσα στα άτομα και τους δεσμούς τους. Αυτό συμβαίνει για όσο χρονικό διάστημα διατηρούν την αυξημένη τους ενέργεια. Όταν η ενέργεια τους μειωθεί σημαντικά, δεσμεύονται στην κενή θέση κάποιου ατελούς δεσμού, που μπορεί να συναντήσουν στον δρόμο τους και παύουν να είναι ελεύθερα. Ο ατελής δεσμός στον οποίο θα επιστρέψουν τα ηλεκτρόνια δεν είναι απαραίτητο να αντιστοιχεί σε εκείνον από τον οποίο έφυγαν. Όσο χρονικό διάστημα τα ηλεκτρόνια αυτά είναι ελεύθερα, συμβάλλουν στην αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του σώματος, για αυτό και ονομάζονται ηλεκτρόνια αγωγιμότητας. Οι κενές ηλεκτρονικές θέσεις των χημικών δεσμών, που ονομάζονται οπές (h), λειτουργούν σαν παγίδες δέσμευσης για όσα ηλεκτρόνια έχουν χαμηλό ενεργειακό περιεχόμενο. Αλλά ακόμη και αν δεν υπάρχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια στην περιοχή γύρω από την οπή, δεν σημαίνει ότι η κενή θέση μένει αμετακίνητη, καθώς μπορεί να προσελκύσει κάποιο ηλεκτρόνιο σθένους γειτονικού δεσμού. Τότε το ηλεκτρόνιο αυτό αποδεσμεύεται από τον δεσμό που άνηκε, δημιουργώντας ταυτόχρονα μια κενή θέση, και συμπληρώνει την κενή θέση της γειτονικής οπής (εικόνα 4). Η μετατόπιση της οπής μπορεί να εξακολουθεί να πραγματοποιείται, εκτός εάν κάποια στιγμή δεσμευθεί από αυτή ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο. Τότε η οπή εξαφανίζεται, και ο ομοιοπολικός δεσμός γίνεται πλήρης. Οι οπές διαγράφουν και αυτές μια άτακτη κίνηση στο σώμα, από ένα δεσμό στον άλλο, αφού είναι τυχαία η κατεύθυνση από την οποία θα έρθει το γειτονικό ηλεκτρόνιο που θα συμπληρώνει τον ατελή δεσμό. Όταν όμως επιβάλλεται εξωτερικό πεδίο, το ηλεκτρόνιο θα προσέλθει από την κατεύθυνση που ευνοείται ενεργειακά. Τότε η κίνηση των οπών είναι προσανατολισμένη και αντίθετη αυτής των ηλεκτρονίων που κατευθύνονται προς υψηλότερα δυναμικά. Παρατηρούμε δηλαδή ότι στους ημιαγωγούς εκδηλώνονται δύο

μηχανισμοί: η απελευθέρωση των ηλεκτρονίων από τους δεσμούς, με ταυτόχρονη δέσμευση ελεύθερων ηλεκτρονίων στις οπές.

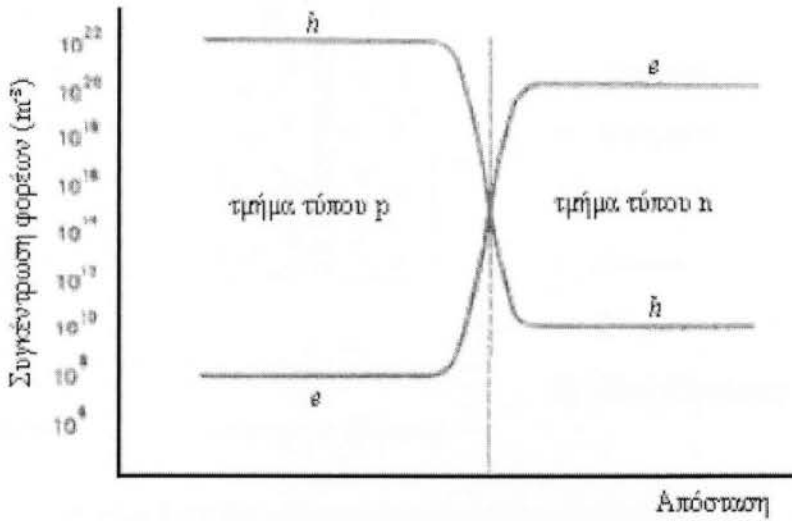
Η συγκέντρωση (πλήθος φορέων ανά μονάδα όγκου) των ελεύθερων ηλεκτρονίων ή των οπών ενός ημιαγωγού παραμένει αμετάβλητη και εξαρτάται μόνο από το υλικό και την θερμοκρασία του. Όσο ασθενέστεροι είναι οι δεσμοί μέσα στο υλικό και όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία του, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η συγκέντρωση των φορέων του, δηλαδή των ηλεκτρονίων και των οπών του (Remediakis, 2002).

Ένωση p-n - Δίοδος Ημιαγωγών

Όπως προαναφέρθηκε, χαρακτηριστική ιδιότητα των ημιαγωγών ενός στοιχείου είναι η εξίσωση της συγκέντρωσης των ελεύθερων ηλεκτρονίων (e) και της συγκέντρωσης των οπών (h). Όμως σε ημιαγωγούς προσμίξεων η συγκέντρωση του ενός είδους φορέων (φορείς πλειονότητας) είναι συνήθως πολύ μεγαλύτερη από αυτήν του άλλου είδους (φορείς μειονότητας), με αποτέλεσμα η συμβολή των φορέων μειονότητας στην αγωγιμότητα, συνήθως, να θεωρείται αμελητέα. Όταν οι φορείς πλειονότητας είναι ηλεκτρόνια τότε ο ημιαγωγός χαρακτηρίζεται ως τύπου “n”. Αντίθετα, όταν οι φορείς πλειονότητας είναι οπές τότε ο ημιαγωγός χαρακτηρίζεται ως τύπου “p”. Ο θεμέλιος λίθος όλων των ημιαγωγών διατάξεων είναι η ένωση p-n. Αυτή η ένωση σχηματίζεται όταν έρθουν σε επαφή ένα τεμάχιο ημιαγωγικού τύπου p με ένα τεμάχιο ημιαγωγικού τύπου n. Εκείνη τη χρονική στιγμή, ένα μέρος από τις οπές του τεμαχίου τύπου p διαχέεται προς το τεμάχιο τύπου n, όπου οι οπές είναι λιγότερες και συγχρόνως ένα μέρος από τα ελεύθερα ηλεκτρόνια του τεμαχίου n διαχέεται προς το τεμάχιο τύπου p, όπου τα ελεύθερα ηλεκτρόνια είναι λιγότερα. Η ανάμιξη αυτή των φορέων και η αύξηση της συγκέντρωσης των φορέων μειονότητας στις περιοχές κοντά στη διαχωριστική επιφάνεια των τεμαχίων τύπου p και n, ανατρέπουν την αρχική κατάσταση.

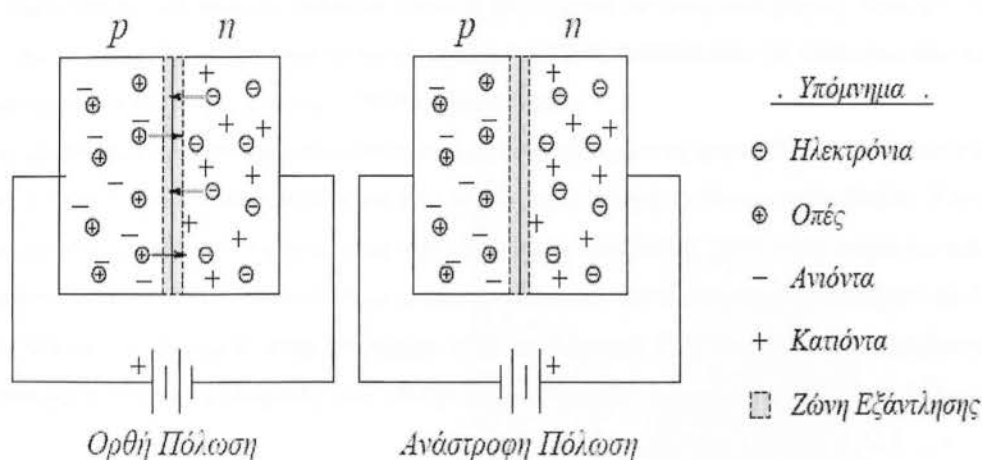
Η περιοχή μεταξύ του ημιαγωγού τύπου p και του ημιαγωγού τύπου n, καλείται ζώνη εξάντλησης. Η ζώνη αυτή αποτελεί την δίοδο διέλευσης των οπών και των ηλεκτρονίων από τον ένα ημιαγωγό στον άλλο.

Μετά από ένα χρονικό διάστημα και αφού έχουν ολοκληρωθεί οι αντίστοιχες μετατοπίσεις (ροές) φορέων, επέρχεται μια κατάσταση ισορροπίας όπου οι συγκεντρώσεις των οπών και των ηλεκτρονίων έχουν σταθεροποιηθεί όπως φαίνεται στην εικόνα 5.



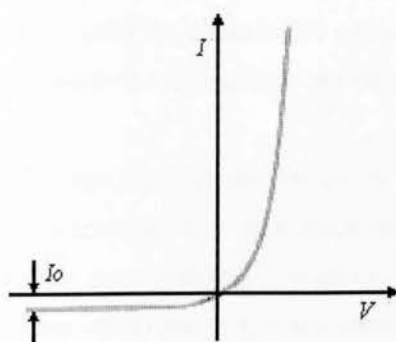
Εικόνα 7: Διάγραμμα συγκέντρωσης των οπών και των ηλεκτρονίων

Σε αντίθεση με τους ευκίνητους φορές των ημιαγωγών (ελεύθερα ηλεκτρόνια και οπές) που τείνουν να διαχέονται προς τις περιοχές με τη μικρότερη συγκέντρωσή τους, η συγκέντρωση των αρνητικών ιόντων στα οποία μετατράπηκαν οι αποδέκτες του τμήματος τύπου p και η συγκέντρωση των θετικών ιόντων στα οποία μετατράπηκαν οι δότες στο τμήμα τύπου n, παραμένουν αμετάβλητες, αφού τα ιόντα μένουν ακίνητα στο σώμα. Έτσι το υλικό χάνει τοπικά την ηλεκτρική του ουδετερότητα και οι πλευρές της ένωσης φορτίζονται με αντίθετα ηλεκτρικά φορτία, με αποτέλεσμα να εμφανίζεται μια διαφορά δυναμικού (συνήθως 0.6-0.8 Volts), της οποίας το ηλεκτροστατικό πεδίο εμποδίζει την παραπέρα διάχυση των φορέων προς το απέναντι τμήμα της ένωσης. Αποτέλεσμα όλων των παραπάνω είναι ότι η ένωση p-n, παρουσιάζει εντελώς διαφορετική συμπεριφορά στην ροή του ηλεκτρικού ρεύματος, ανάλογα με την φορά αυτού και άρα ανάλογα με την τάση που της επιβάλλεται εξωτερικά. Εξαιτίας αυτής της χαρακτηριστικής συμπεριφοράς της η ένωση p-n ονομάζεται και δίοδος.



Εικόνα 8: Οι δύο τρόποι επιβολής τάσεως σε μια ένωση p-n

Υπάρχουν δύο τρόποι επιβολής τάσεως σε μια ένωση p-n (δίοδο). Όταν εφαρμόσουμε τον θετικό πόλο της πηγής στον ημιαγωγό τύπου p και τον αρνητικό στον ημιαγωγό τύπου n, τότε η δίοδος είναι ορθά πολωμένη, οπότε και συμπεριφέρεται σαν κλειστός διακόπτης, ενώ όταν ο θετικός πόλος της πηγής εφαρμοστεί στον ημιαγωγό τύπου n και ο αρνητικός στον p ημιαγωγό, τότε η δίοδος όντας ανάστροφα πολωμένη λειτουργεί σαν ανοιχτός διακόπτης (εικόνα 7). Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία, αποτελούν διόδους που λειτουργούν σε συνθήκες ορθής πόλωσης. Στην εικόνα 7 φαίνεται η χαρακτηριστική καμπύλη μιας διόδου p-n.



Εικόνα 9: Η καμπύλη μιας διόδου p-n

Οι ημιαγωγοί

Από τα στοιχεία τα κυριότερα ημιαγωγικά υλικά είναι το Γερμάνιο (Ge), το Πυρίτιο (Si) και το Σελήνιο (Se). Από αυτά το πιο σημαντικό είναι το πυρίτιο, γιατί βρίσκεται σε μεγαλύτερη αφθονία στη φύση (25%) μετά το Οξυγόνο (50%). Γι αυτό θα αναφερθούμε στο πυρίτιο και θα περιγράψουμε μερικές από τις ιδιότητές του (Ασκερίδης και Παντελαΐος, 2008).

Από ηλεκτρικής απόψεως τα διάφορα σώματα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: τους αγωγούς, τους μονωτές και τους ημιαγωγούς. Οι ημιαγωγοί σε κατάλληλες συνθήκες εκδηλώνουν τις ιδιότητες των άλλων δύο κατηγοριών και μπορούν να λειτουργήσουν ως αγωγοί ή ως μονωτές.

Όπως ξέρουμε, η ύλη αποτελείται από άτομα. Κάθε άτομο, με τη σειρά του, αποτελείται από τον πυρήνα και από τα ηλεκτρόνια που περιφέρονται γύρω από αυτόν, τοποθετημένα πάνω σε στοιβάδες. Από τα ηλεκτρόνια τα πιο απομακρυσμένα από τον πυρήνα, αυτά της εξωτερικής στοιβάδας, λέγονται *ηλεκτρόνια σθένους* και η αντίστοιχη στοιβάδα *σθένους*. Κάθε άτομο επιδιώκει να συμπληρώσει την εξωτερική του στοιβάδα με 8 ηλεκτρόνια.

Το άτομο του πυριτίου στην στοιβάδα σθένους περιέχει 4 ηλεκτρόνια, που βρίσκονται στις κορυφές μιας κανονικής τριγωνικής πυραμίδας, στο κέντρο της οποίας βρίσκεται ο πυρήνας, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.

Για να συμπληρώσει τη στοιβάδα σθένους του με 8 ηλεκτρόνια, κάθε άτομο πυριτίου συνεργάζεται με άλλα 4 άτομα, που το περιβάλλουν στο χώρο και συνεισφέρουν ανά δύο από ένα ηλεκτρόνιο. Έτσι σχηματίζεται το κρυσταλλικό πλέγμα του πυριτίου.

Στους αγωγούς του ηλεκτρισμού τα ηλεκτρόνια σθένους είναι πολύ ευκίνητα και σε αυτήν την ευκινησία οφείλονται οι αγωγήμες ιδιότητες του υλικού. Αντίθετα στους μονωτές τα ηλεκτρόνια σθένους είναι πολύ ισχυρά συνδεμένα με τον πυρήνα και εδώ οφείλονται οι μονωτικές τους ιδιότητες. Στους ημιαγωγούς τα ηλεκτρόνια σθένους συνδέονται σχετικά χαλαρά με τον πυρήνα, χωρίς να έχουν την ευκινησία των ηλεκτρονίων των αγωγών. Αν όμως, ένα ηλεκτρόνιο πάρει με κάποιον τρόπο πρόσθετη ενέργεια, τότε μπορεί να σπάσει τους δεσμούς του με τον πυρήνα και να φύγει απ' αυτόν. Η θέση από την οποία φεύγει το ηλεκτρόνιο είναι περιοχή με ηλεκτρονικό έλλειμμα, παρουσιάζει θετικό φορτίο ίσο με αυτό του ηλεκτρονίου και ονομάζεται *οπή*, όπως φαίνεται στο σχήμα. Την πρόσθετη ενέργεια που πρέπει να πάρουν τα ηλεκτρόνια, για να φύγουν από το άτομο, μπορούμε να την προσφέρουμε με θερμότητα ή με φωτισμό.

Το φως αποτελείται από μικρά σωματίδια, που λέγονται *φωτόνια* και τα οποία μεταφέρουν ενέργεια. Φωτίζοντας τον ημιαγωγό, κάποια από τα φωτόνια συγκρούονται με τα ηλεκτρόνια σθένους και μεταβιβάζουν σ' αυτά όλη τους την ενέργεια. Αν, λοιπόν, φωτίσουμε έναν κρύσταλλο πυριτίου, στο εσωτερικό του θα "δούμε" κάποια ηλεκτρόνια να εγκαταλείπουν τα αντίστοιχα άτομα και να προσκολλώνται σε άλλα. Στον κρύσταλλο θα υπάρχουν άτομα με 9 ηλεκτρόνια στην εξωτερική στοιβάδα, που θα είναι αρνητικά φορτισμένα, και άτομα με 7 ηλεκτρόνια στην εξωτερική στοιβάδα ή, ισοδύναμη πρόταση, με μια οπή στην εξωτερική στοιβάδα, που θα είναι θετικά φορτισμένα. Στο μεταξύ ελευθερώνονται κι άλλα ηλεκτρόνια που προσκολλώνται σε άτομα ή καταλαμβάνουν τη θέση μιας οπής που χάνεται. Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι μια άτακτη μετακίνηση ηλεκτρονίων και οπών, η οποία όμως δεν ισοδυναμεί με ηλεκτρικό ρεύμα.

Το ηλεκτρικό ρεύμα είναι η κατευθυνόμενη και προς συγκεκριμένη φορά μετακίνηση ηλεκτρονίων ή οπών. Την κατευθυνόμενη κίνηση των ηλεκτρονίων και των οπών την πετυχαίνουμε με τους ημιαγωγούς πρόσμιξης.

Ημιαγωγοί πρόσμιξης

Ένας χημικά καθαρός ημιαγωγός δεν μπορεί να λειτουργήσει ως φωτοβολταϊκή γεννήτρια, εξαιτίας της άτακτης κίνησης των ηλεκτρονίων και των οπών στο κρυσταλλικό πλέγμα. Ας πάρουμε έναν κρύσταλλο Si και ας τον νοθεύσουμε με Φωσφόρο (P) από τη δεξιά και με Βόριο (B) από την αριστερή πλευρά του. Ο φωσφόρος και το βόριο έχουν στην εξωτερική στοιβάδα αντίστοιχα 5 και 3 ηλεκτρόνια. Το ποσοστό της νοθείας ανέρχεται σε 10^{14} ως 10^{17} άτομα P ή B ανά κυβικό εκατοστό κρυστάλλου Si. Ας δούμε τα επακόλουθα της νοθείας, παρατηρώντας και το διπλανό σχήμα.

Με την πρόσμιξη στο κρυσταλλικό πλέγμα κάποια άτομα Si αντικαθίστανται από άτομα P και B. Έτσι κάποια άτομα Si έχουν στη στοιβάδα σθένους 9 ηλεκτρόνια από την πλευρά που νοθεύσαμε με P και 7 ηλεκτρόνια από την πλευρά που νοθεύσαμε με B. Με άλλα λόγια, από την πλευρά του P έχουμε πλεονάζοντα ηλεκτρόνια στις στοιβάδες σθένους, ενώ από την πλευρά του B έχουμε ηλεκτρονικά ελλείμματα στις στοιβάδες σθένους, δηλαδή οπές. Όλος ο κρύσταλλος, όμως είναι ηλεκτρικά ουδέτερος. Αν φωτίσουμε τον νοθευμένο κρύσταλλο, από την πλευρά του P θα ελευθερωθούν ηλεκτρόνια, τα πλεονάζοντα, τα οποία με άλματα θα κινηθούν προς την πλευρά του B, για να καταλάβουν τα ηλεκτρονικά κενά, δηλ. τις οπές. Με αυτόν τον τρόπο θα διαπιστώσουμε στην περιοχή του B συσσώρευση ηλεκτρονίων, δηλ. αρνητικών φορτίων και στην περιοχή του P συσσώρευση οπών, δηλ. θετικών φορτίων.

Έτσι πια μεταξύ των δύο νοθευμένων επιφανειών θα εκδηλωθεί ηλεκτρική τάση. Ο νοθευμένος κρύσταλλος του Si λειτουργεί ως ηλεκτρική πηγή με το θετικό πόλο από την πλευρά του P και αρνητικό από την πλευρά του B.

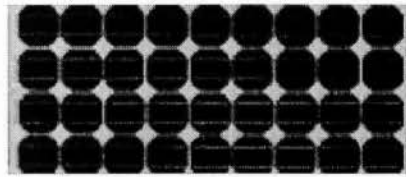
Η σύνδεση των ακροδεκτών μιας λάμπας με τις δύο νοθευμένες περιοχές του κρυσταλλικού Si, θα συνοδεύεται από μετακίνηση ηλεκτρονίων, δηλ. από ηλεκτρικό ρεύμα (Remediakis, 2002; Ασκερίδης και Παντελαίος, 2008).

1. Γ. 2. Τεχνολογίες παραγωγής φωτοβολταϊκών

Οι βασικότερες τεχνολογίες παραγωγής φωτοβολταϊκών στοιχείων που κυρίως χρησιμοποιούνται σήμερα είναι οι ακόλουθες:

Μονοκρυσταλλικού πυριτίου

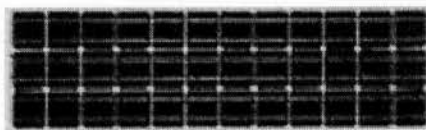
Είναι τα πιο διαδεδομένα στην αγορά και κατασκευάζονται σε κυλίνδρους ανεπτυγμένου πυριτίου. Οι κύλινδροι αυτοί κόβονται σε λεπτές φέτες, γνωστές ως wafers, με πάχος μόλις 200μm. Ο βαθμός απόδοσης τους στα εργαστήρια φθάνει το 24%, ενώ στο εμπόριο αγγίζει το 15%.



***Εικόνα 10:** Φωτοβολταϊκή γεννήτρια μονοκρυσταλλικού πυριτίου*

Πολυκρυσταλλικού πυριτίου

Κατασκευάζονται από χυτό πυρίτιο. Έχουν βαθμό απόδοσης γύρω στο 15%. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία γαλλίου – αρσενίου διακρίνονται για τον υψηλό βαθμό απόδοσης τους, γι' αυτό χρησιμοποιούνται κατά κόρον στις διαστημικές εφαρμογές και στα συστήματα εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας. Η απόδοσή τους αγγίζει το 25%, όταν δέχονται την άμεση ηλιακή ακτινοβολία και στο 28% όταν δέχονται και την διάχυτη ακτινοβολία. Σε ερευνητικό στάδιο ο βαθμός απόδοσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων GaAs έχει ξεπεράσει το 30%.

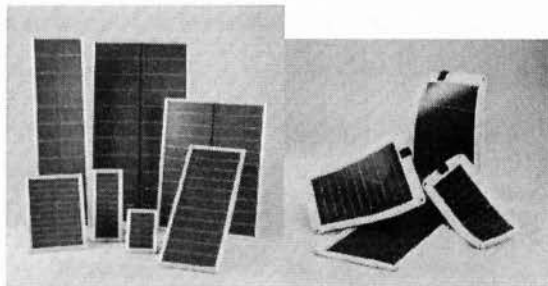


***Εικόνα 11:** Φωτοβολταϊκή γεννήτρια πολυκρυσταλλικού πυριτίου*

Άμορφου πυριτίου (a-Si)

Τα φωτοβολταϊκά αυτά στοιχεία κατασκευάζονται από άμορφο πυρίτιο. Διακρίνονται από την πολύ μικρή κατανάλωση πυριτίου κατά την κατασκευή τους, ενώ ευκολότερες είναι και οι κατασκευαστικές διαδικασίες με αποτέλεσμα το κόστος τους να είναι πολύ μικρότερο. Το κυριότερο μειονέκτημα τους είναι η πολύ χαμηλή τους απόδοση που δεν ξεπερνά το 10%. Χρησιμοποιούνται συνήθως σε ηλιακά ρολόγια και σε αριθμητικούς υπολογιστές. Ιδιαίτερα ενδιαφέρονσα είναι η χρήση της τεχνολογίας άμορφου πυριτίου σε μεγάλα κτήρια, γνωστά και ως Κτηριακά Ολοκληρωμένα φ/β στοιχεία (BIPVs-Building Integrated Photovoltaics), όπου αντικαθιστούν τα

τζάμια (μετά από επεξεργασία για την αύξηση της διαφάνειάς τους) συμβάλλοντας έτσι στην τροφοδοσία ηλεκτρικής ενέργειας στο κτήριο



Εικόνα 12: Φωτοβολταϊκές γεννήτριες a-Si



Εικόνα 13: Κτήρια με ενσωματωμένα BIPVs

Οι άλλες τεχνολογίες φ/β στοιχείων αποτελούν μόνο το 9 - 10% της συνολικής παγκόσμιας παραγωγής και αναφέρονται σε τεχνολογίες άμορφου πυριτίου και λεπτού στρώματος Duffie and Beckman, 1991).

I. Δ. ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ

Με τον όρο «Γεωθερμία», θα μπορούσε να δημιουργηθεί σύγχυση, διότι ο όρος αναφέρεται στη θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, ως γεωθερμία ορίζεται η εκμετάλλευση της ενέργειας από το εσωτερικό της γης από όπου με τη χρήση μιας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας επιτρέπεται η μεταφορά θερμότητας από και προς το έδαφος για παραγωγή ψύξης, θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης για οικιακές αλλά και ευρύτερης κλίμακας εφαρμογές. Πρακτικά, η Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας δεν είναι τίποτε άλλο από μια μηχανή που μπορεί να μεταφέρει τη θερμότητα από τον ψυχρό χώρο στον θερμό, ή στη γλώσσα των μηχανικών, από τη «θερμή δεξαμενή» στην «ψυχρή δεξαμενή». Ακριβώς την ίδια δουλειά εκτελεί το οικιακό ψυγείο και το κλιματιστικό μηχανήματα που απαντάται στα σπίτια και στα γραφεία. Μια διαφορά που έχει το ψυγείο με το κλιματιστικό είναι το ότι στο δεύτερο μπορεί να οριστεί από το χρήστη η θερμή και ψυχρή δεξαμενή. Το καλοκαίρι ορίζουμε θερμή δεξαμενή το περιβάλλον και ψυχρή τον εσωτερικό χώρο (επιλέγοντας λειτουργία ψύξης) και το μηχανήματα αποβάλλει στο περιβάλλον τη θερμότητα του σπιτιού. Το χειμώνα ορίζουμε θερμή δεξαμενή τον εσωτερικό χώρο και ψυχρή το περιβάλλον (επιλέγοντας λειτουργία θέρμανσης) και το μηχανήματα αποβάλλει τη θερμότητα που υπάρχει στο περιβάλλον μέσα στο σπίτι.

Η Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας (Geothermal Heat Pump ή για συντομία GHP) αντί να χρησιμοποιεί τον αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος για να αποβάλλει (καλοκαίρι) ή να αντλήσει (χειμώνας) θερμότητα, χρησιμοποιεί τη θερμότητα που περικλείουν τα υπόγεια νερά, τα νερά των λιμνών και της θάλασσας, ή ακόμα και τη θερμότητα που περικλείει το χώμα!

Έχει επαληθευτεί το γεγονός ότι λίγα μέτρα κάτω από την επιφάνεια του εδάφους η θερμοκρασία είναι σχεδόν σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η GHP χρησιμοποιώντας ένα δίκτυο σωληνώσεων, όπου κυκλοφορεί νερό, κατάλληλα τοποθετημένων ανταλλάζει θερμότητα με το έδαφος ή με τη θάλασσα αναλόγως την εγκατάσταση.

Η ιδέα της εκμετάλλευσης της μεγάλης θερμοκρασίας που επικρατεί στο εσωτερικό της Γης προήλθε από την ανάβλυση μεγάλης ποσότητας θερμού νερού ή/και ατμών ή, απλώς, θερμού αέρα (τα επονομαζόμενα γεωθερμικά ρευστά) σε πολλές περιοχές της Γης. Σε άλλες πάλι περιοχές, που δεν έχουν αυτό το προνόμιο, γίνονται γεωτρήσεις σε μεγάλα βάθη, για να βρεθούν τα γεωθερμικά αυτά ρευστά. Η γεωθερμία είναι μια ήπια και ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή, που μπορεί, με τις σημερινές τεχνολογικές δυνατότητες, να καλύψει ενεργειακές ανάγκες θέρμανσης, αλλά και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, σε ορισμένες περιπτώσεις. Η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού ποικίλλει από περιοχή σε περιοχή και μπορεί να έχει τιμές από 25 °C μέχρι 350 °C.

Στις περιπτώσεις που τα γεωθερμικά ρευστά έχουν υψηλή θερμοκρασία (πάνω από 150 °C), η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη, η γεωθερμική ενέργεια αξιοποιείται για τη θέρμανση κατοικιών και άλλων κτιρίων ή κτιριακών εγκαταστάσεων, θερμοκηπίων, κτηνοτροφικών μονάδων, ιχθυοκαλλιεργειών κ.λπ. (Ψαρράς, 2006).

Η χώρα μας λόγω της διαμόρφωσης του υπεδάφους της, είναι πλούσια σε γεωθερμική ενέργεια. Η ενέργεια αυτή αξιοποιείται σήμερα με αυξανόμενους ρυθμούς. Στην περιοχή του Νότιου Αιγαίου οι θερμοκρασίες των γεωθερμικών ρευστών είναι πολύ ψηλές, ενώ περιοχές πλούσιες σε γεωθερμία, με ρευστά χαμηλότερων θερμοκρασιών, είναι διάσπαρτες σε ολόκληρη τη χώρα.

Τα κύρια χαρακτηριστικά της γεωθερμικής ενέργειας χαμηλής θερμοκρασίας είναι τα εξής:

- Σε σύγκριση με τις συμβατικές μεθόδους θέρμανσης – ψύξης είναι 50-70% πιο αποτελεσματική στη θέρμανση και 20-40% στην ψύξη
- Δωρεάν ζεστό νερό το καλοκαίρι
- Αξιοπίστη και διαρκής
- Μία μόνο μονάδα για θέρμανση και ψύξη
- Μεγαλύτερη ευκολία / άνεση
- Πολύ ήσυχη λειτουργία
- Φιλική προς το περιβάλλον
- Ανεξάντλητη και φυσικά καθαρή

Οι πιο σημαντικές παράμετροι για την επιλογή συστήματος θέρμανσης – ψύξης είναι η ευκολία / άνεση και η οικονομία. Συχνά, η οικονομία μπορεί να στερήσει την ευκολία / άνεση. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, επιτυγχάνουν και τα δύο. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας παρέχουν μέγιστη ευκολία / άνεση όλο το χρόνο και ταυτόχρονα μειώνουν το κόστος ενέργειας. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας απλά χρησιμοποιούν τη γη ως μέσο θέρμανσης και ψύξης. Με τις γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να μειωθεί από 20% έως 50%, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η μείωση στα έξοδα συντήρησης, διατηρώντας ένα σύστημα αξιόπιο ταυτόχρονη εξοικονόμηση φυσικών πόρων.

Περιβαλλοντικά οφέλη των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας

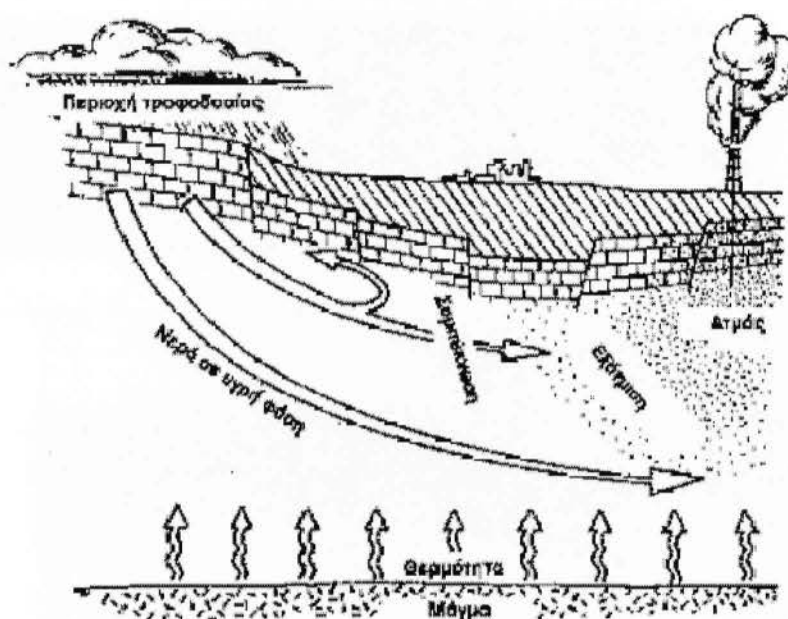
Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας εξοικονομούν ενέργεια, γιατί μεταδίδουν θερμότητα που προϋπάρχει αντί να καίνε κάποιο καύσιμο για να δημιουργήσουν θερμότητα, και μειώνουν την έκλυση τοξικών ουσιών στην ατμόσφαιρα. Χρησιμοποιούν ανανεώσιμη ενέργεια από τον ήλιο, και επειδή το σύστημα δε βασίζεται στον εξωτερικό αέρα, διατηρούν τον αέρα μέσα στα κτίρια καθαρό και χωρίς σκόνες ή μικρόβια (Καράγιωργας και συν., 2008).

1.1.1. Η Γεωθερμική Ενέργεια

Η Γεωθερμική Ενέργεια προέρχεται από το εσωτερικό της γης είτε μέσω ηφαιστειακών εκροών είτε μέσω ρηγμάτων του υπεδάφους, που αναβλύζουν ατμούς και θερμό νερό. Ανάλογα με τη θερμοκρασία των ρευστών που ανέρχονται στην επιφάνεια, η γεωθερμική ενέργεια χαρακτηρίζεται ως υψηλής ενθαλπίας (για θερμοκρασίες πάνω από 150 °C), μέσης ενθαλπίας (για θερμοκρασίες 100 - 150 °C), και χαμηλής ενθαλπίας (για θερμοκρασίες μικρότερες από 100 °C). Η γεωθερμική ενέργεια υψηλής ενθαλπίας χρησιμοποιείται για παραγωγή ηλεκτρισμού σ' όλο τον κόσμο.

Η προέλευση της θερμότητας της γης δεν είναι με ακρίβεια γνωστή. Υπάρχουν διάφορες θεωρίες που αναφέρονται στους μηχανισμούς που συμμετέχουν στην παραγωγή της. Επικρατέστερη θεωρείται αυτή που αναφέρεται στη διάσπαση των ραδιενεργών ισotόπων του ουρανίου, του θορίου, του καλίου και άλλων στοιχείων. Η μάζα της γης είναι πολύ μεγάλη σε σχέση με την επιφάνειά της και καλύπτεται από υλικά χαμηλής θερμικής αγωγιμότητας, με αποτέλεσμα η θερμότητά της να συγκρατείται στο εσωτερικό της.

Ο ρυθμός θερμικών απωλειών από την επιφάνεια του πλανήτη μας είναι πολύ μικρός, περίπου 8×10^{-2} W/m . Η θερμοκρασία της γης αυξάνεται με το βάθος, η μέση δε γεωθερμική βαθμίδα στις ηπειρούς για μάζες που βρίσκονται σχετικά κοντά στην επιφάνεια είναι 300 °C/km, δηλαδή για κάθε χιλιόμετρο βάθους η θερμοκρασία αυξάνεται κατά 300 °C. Σε πολύ μεγάλα βάθη, η θερμοκρασία δεν είναι με ακρίβεια γνωστή.



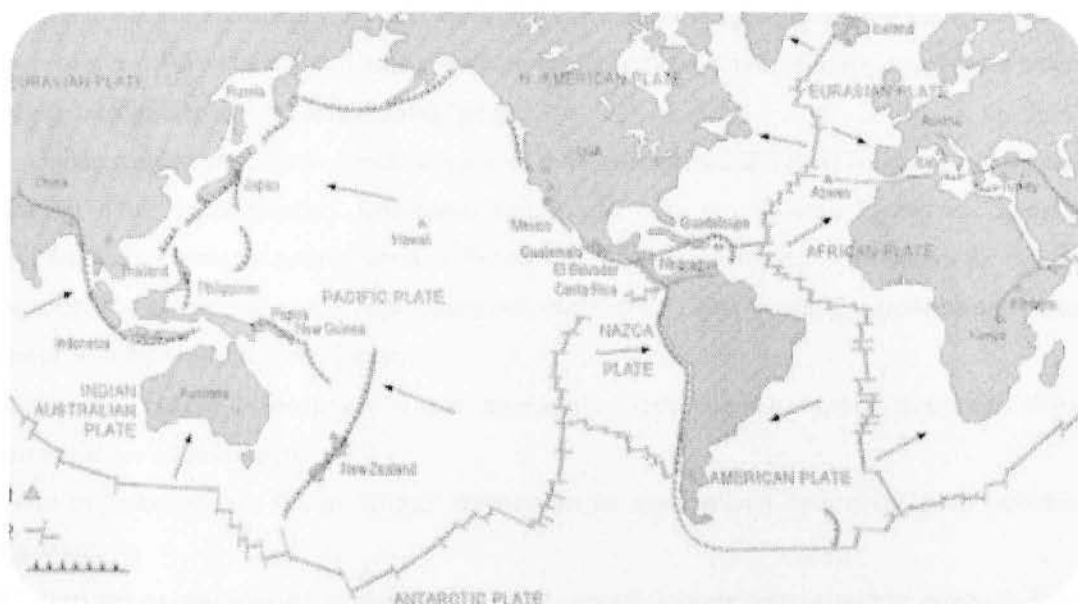
Εικόνα 14: Ο Κύκλος της Γεωθερμικής Ενέργειας

Στα όρια μεταξύ μανδύα και φλοιού, στην ασυνέχεια Μοχογονίσις, πιστεύεται ότι η θερμοκρασία φτάνει στους 6000 °C, ενώ στο κέντρο της γης στους 60000 °C. Φαίνεται ότι η παραγωγή θερμότητας από ραδιενεργά ισότοπα είναι συγκεντρωμένη περισσότερο στο φλοιό παρά στον πυρήνα, με αποτέλεσμα η γεωθερμική βαθμίδα να μειώνεται με το βάθος (Makrigiannis et al., 2006).

Η θερμική μηχανή της γης

Η γεωθερμική βαθμίδα ορίζεται ως ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας της γης σε συνάρτηση με το βάθος, μέσα στο γήινο φλοιό. Σε βάθη που είναι προσβάσιμα με τις σύγχρονες γεωτρητικές μεθόδους, δηλαδή μέχρι τα 10.000 m, η μέση γεωθερμική βαθμίδα κυμαίνεται περίπου στους 2,5-3°C/100 m. Για παράδειγμα, εάν η θερμοκρασία στα πρώτα μέτρα κάτω από την επιφάνεια του εδάφους ανταποκρίνεται κατά μέσο όρο στη μέση ετήσια θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα, δηλ. στους 15°C, τότε μπορούμε να υποθέσουμε ότι η θερμοκρασία στο βάθος των 2000 m θα είναι περίπου 65-75°C, στα 3000 m 90-105°C, κ.ο.κ. για μερικά ακόμα χιλιάδες μέτρα.

Παρόλα αυτά, υπάρχουν πολλές περιοχές στις οποίες η γεωθερμική βαθμίδα αποκλίνει πολύ από τη μέση τιμή. Εκεί όπου το γεωλογικό υπόβαθρο έχει υποστεί πολύ γρήγορη βύθιση και η λεκάνη έχει πληρωθεί με γεωλογικά «πολύ νέα» ιζήματα, η γεωθερμική βαθμίδα μπορεί να είναι μικρότερη και από 1°C/100 m. Αντίθετα, σε μερικές «γεωθερμικές» καλούμενες περιοχές, η τιμή της γεωθερμικής βαθμίδας μπορεί να είναι και δεκαπλάσια της μέσης γήινης.



Εικόνα 16: Τεκτονικές πλάκες, μεσσοκεάνιες ράχες, ωκεάνιες τάφροι, ζώνες καταβύθισης και γεωθερμικά πεδία. Τα βέλη δείχνουν την κατεύθυνση κίνησης των λιθοσφαιρικών πλακών προς τις ζώνες καταβύθισης.

1. Γεωθερμικά πεδία όπου παράγεται ηλεκτρική ενέργεια
2. Μεσσοκεάνιες ράχες που τέμνονται από μεγάλα ρήγματα μετασχηματισμού
3. Ζώνες καταβύθισης, όπου η βυθιζόμενη πλάκα κάμπτεται προς τα κάτω και λιώνει μέσα στην ασθενόσφαιρα.

Η θερμοκρασία αυξάνεται με το βάθος, και τα ηφαίστεια, οι θερμοπίδακες, οι θερμές πηγές κλπ, αποτελούν κατά μία έννοια την ορατή εκδήλωση της θερμότητας του εσωτερικού της γης. Η θερμότητα αυτή όμως προκαλεί και τη δημιουργία άλλων φαινομένων, που είναι λιγότερο διακριτά από τον άνθρωπο, τέτοιου μεγέθους όμως ώστε η ύπαρξή τους να οδηγεί στην παρομοίωση της γης με μια τεράστια «θερμική μηχανή». Τα φαινόμενα αυτά αναφέρονται συνοπτικά στη «θεωρία των τεκτονικών πλακών».

Συνθήκες που ευνοούν τη δημιουργία γεωθερμικών πεδίων

Η συγκεντρωμένη στο εσωτερικό της γης θερμότητα μεταφέρεται κοντά στην επιφάνειά της μέσω γεωλογικών φαινομένων, δημιουργώντας έτσι υπέρθερμες περιοχές με γεωθερμική βαθμίδα μεγαλύτερη από 700 °C/km. Το σημαντικότερο από αυτά τα γεωλογικά φαινόμενα είναι αυτό των λιθοσφαιρικών πλακών: Το εξωτερικό κέλυφος της γης, η λιθόσφαιρα, δεν είναι ενιαίο αλλά αποτελείται από πολλά κομμάτια, τις λιθοσφαιρικές πλάκες. Οι πλάκες αυτές βρίσκονται σε μια διαρκή κίνηση που πραγματοποιείται με πολύ μικρή ταχύτητα, μερικά μόλις εκατοστά το χρόνο. Ανάλογα με τη σχετική κίνηση των πλακών, στα όριά τους παρατηρούνται τρία διαφορετικά φαινόμενα:

1. Οι δύο πλάκες αποκλίνουν, δηλαδή κινούνται έτσι που να απομακρύνονται η μια από την άλλη. Στο κενό που αφήνουν, αναβλύζει μάγμα που στερεοποιείται, γεμίζει το κενό και δημιουργεί καινούργια λιθόσφαιρα. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται οι λεγόμενες "ράχες".

2. Οι δύο πλάκες συγκλίνουν έτσι που η μια να βυθίζεται κάτω από την άλλη και τελικά να απορροφάται από το μανδύα ή να καταστρέφεται. Φαινόμενα τριβής στα όρια των πλακών έχουν σαν αποτέλεσμα, μέρος της μηχανικής ενέργειας να μετατρέπεται σε θερμότητα. Αυτή η θερμότητα εκτονώνεται με τη μορφή ηφαιστειακής δράσης. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται οι "τάφροι". Στις τάφρους η λιθόσφαιρα καταστρέφεται με το ρυθμό που δημιουργείται στις ράχες.

3. Οι δύο πλάκες "γλιστρούν" η μια παράλληλα στην άλλη με τρόπο που ούτε δημιουργείται ούτε καταστρέφεται λιθόσφαιρα.

Τόσο οι "τάφροι" όσο και οι "ράχες" συνδέονται με ηφαιστειακή δράση και κατά συνέπεια με υπέρθερμες περιοχές.

Γι' αυτό και τα σημαντικότερα γεωθερμικά πεδία εντοπίζονται σε συγκεκριμένες περιοχές, δηλαδή στα όρια των λιθосφαιρικών πλακών, τις λεγόμενες "ζώνες σεισμικών εστιών". Περιοχές με μικρότερο γεωθερμικό ενδιαφέρον, δηλαδή με γεωθερμική βαθμίδα λίγο υψηλότερη από τη μέση, μπορεί να βρεθούν και εκτός των εν λόγω ζωνών. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε κάποιον από τους ακόλουθους παράγοντες:

1. Τοπικά υψηλή θερμική ροή από το μανδύα και τη βάση του φλοιού προς την επιφάνεια, σε μεγάλες περιοχές.

2. Αυξημένες συγκεντρώσεις των ραδιενεργών στοιχείων ουρανίου, θορίου και καλίου σε ορισμένες περιοχές στο φλοιό της γης, που συντελούν στην παραγωγή θερμότητας και κατά συνέπεια στην αύξηση της γεωθερμικής βαθμίδας. Πετρώματα με αυξημένες αυτές τις συγκεντρώσεις είναι τα γρανιτικά με 5-10 ppm σε ουράνιο και 80 ppm σε θόριο.

3. Φαινόμενα συναγωγής που προκαλούνται από κυκλοφορία νερού διαμέσου πορωδών σχηματισμών ή μέσα από συστήματα ρηγμάτων. Με αυτό τον τρόπο μεταφέρεται η θερμότητα σε μικρότερα βάθη και αυξάνεται η γεωθερμική βαθμίδα.

4. Σε μια περιοχή με δεδομένη θερμική ροή στη βάση του φλοιού και απουσία άλλης θερμής πηγής μέσα στο φλοιό, η γεωθερμική βαθμίδα ποικίλλει ανάλογα με τη θερμική αγωγιμότητα των πετρωμάτων που αποτελούν το φλοιό. Τα αργιλικά πετρώματα έχουν τη χαμηλότερη θερμική αγωγιμότητα, ενώ τα κρυσταλλικά χαρακτηρίζονται από υψηλή θερμική αγωγιμότητα (περίπου 6 φορές αυτή των αργίλων) (Ψαρράς, 2006).

Οι παραπάνω μηχανισμοί μπορεί να δημιουργήσουν δευτερεύουσας σημασίας γεωθερμικές ανωμαλίες μακριά από τα όρια των λιθосφαιρικών πλακών. Έτσι, ενώ σημαντικές θερμικές ανωμαλίες εντοπίζονται σε συγκεκριμένες περιοχές, περιοχές με ελαφρά αυξημένη γεωθερμική βαθμίδα απαντώνται σε όλη τη γη. Δεδομένου ότι η θερμότητα του πλανήτη μας βρίσκεται στο εσωτερικό του, πρέπει να γίνουν γεωτρήσεις προκειμένου να προσπελαστεί στις ζώνες σεισμικών εστιών, θερμοκρασίες κατάλληλες για

παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να βρεθούν σε βάθη 2-3 km, ενώ σ' αυτά τα βάθη, σε περιοχές με μέση γεωθερμική βαθμίδα, οι θερμοκρασίες είναι πολύ χαμηλότερες, ικανές μόνο για κάλυψη θερμικών αναγκών.

Σ' αυτές τις περιοχές χρειάζονται γεωτρήσεις βάθους 6- 7 km για να βρεθούν θερμοκρασίες κατάλληλες για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτά είναι και τα μέγιστα βάθη γεωτρήσεων που πραγματοποιούνται επειδή οι βαθιές γεωτρήσεις κοστίζουν πολύ, δεν είναι ιδιαίτερα ασφαλείς και επιπλέον σ' αυτά τα βάθη είναι πιθανόν να μη υπάρχει υδροφορία.

Φυσικά Γεωθερμικά πεδία

Η ύπαρξη υψηλής γεωθερμικής βαθμίδας σε κάποια περιοχή δεν είναι η μοναδική συνθήκη-προϋπόθεση για την ύπαρξη εκμεταλλεύσιμου γεωθερμικού πεδίου. Η γεωθερμική ενέργεια είναι πρωτογενώς αποθηκευμένη μέσα στα πετρώματα, είναι διασκορπισμένη μέσα στη μάζα τους και πρέπει να συγκεντρωθεί και να μεταφερθεί στην επιφάνεια της γης προκειμένου να χρησιμοποιηθεί το μεταλλικό νερό (σε υγρή ή αέρια φάση) που περιέχεται μέσα σε πορώδη πετρώματα ή σε συστήματα ρηγμάτων αποτελεί το μέσο που μεταφέρει τη θερμότητα από τα πετρώματα αυτά στην επιφάνεια της γης.

Έτσι, η παραγωγικότητα μιας θερμικής περιοχής προσδιορίζεται και συχνά καθορίζεται από την υδρολογία των γεωλογικών σχηματισμών. Δεν έχουν όμως όλες οι θερμικές περιοχές κατάλληλη υδρολογία που αποτελεί τη δεύτερη συνθήκη για την ύπαρξη εκμεταλλεύσιμου γεωθερμικού πεδίου. Κατά συνέπεια, ένα φυσικό γεωθερμικό πεδίο είναι συνδυασμός θερμών πετρωμάτων και ύπαρξης νερού που να κυκλοφορεί μέσα σ' αυτά.

Τα γεωθερμικά πεδία χωρίζονται σε δύο ομάδες: στα πεδία "υψηλής ενθαλπίας", όπου το ρευστό (άνω των 1500 °C) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και/ή για θέρμανση, και στα πεδία "χαμηλής ενθαλπίας" όπου το ρευστό (κάτω των 150 °C) μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για θέρμανση.

Στις ζώνες σεισμικών εστιών, υπάρχουν πεδία χαμηλής και υψηλής ενθαλπίας που σχετίζονται μεταξύ τους. Χαρακτηριστικό τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η Ισλανδία, που βρίσκεται πάνω στη μεσο-ωκεάνια ράχη του Ατλαντικού. Το γεωθερμικό ρευστό έχει μετεωρική προέλευση, δηλαδή προέρχεται από τις κατακρημνίσεις. Το νερό από τις βροχές και τα χιόνια εισχωρεί στο έδαφος και σιγά-σιγά προχωρεί στο εσωτερικό της γης φτάνοντας σε βάθη μέχρι και 5 km. Στην πορεία του θερμαίνεται λόγω της υψηλής θερμικής ροής και στη συνέχεια βρίσκεται διόδους μέσα από ρήγματα και ρωγμές και επιστρέφει στην επιφάνεια. Από αναλύσεις βασισμένες σε ραδιοϊσότοπα βρέθηκε ότι ο κύκλος του νερού σε ένα γεωθερμικό σύστημα διαρκεί περίπου 500 χρόνια. Η περιοχή τροφοδοσίας του συστήματος μπορεί να βρίσκεται πολύ κοντά στο πεδίο ή σε μεγάλη απόσταση μέχρι και 200 km, οπότε και η διαδρομή του ρευστού ποικίλλει ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες. Το νερό, λόγω της μεγάλης του θερμοχωρητικότητας, λειτουργεί και σαν "συμπυκνωτής" θερμότητας. Η μέση θερμοχωρητικότητα των πετρωμάτων που βρίσκονται στα πρώτα 10 km από την επιφάνεια της γης είναι 85 kJ/kg, ενώ του νερού στην ίδια μέση θερμοκρασία (1300 °C) είναι 420 kJ/kg, δηλαδή πενταπλάσια. Η θερμοχωρητικότητα του κορεσμένου ατμού στους 2360 °C είναι 2.790 kJ/kg δηλαδή τριακονταπλάσια αυτής των πετρωμάτων. Για να απορροφήσει το νερό αυτή τη θερμότητα, είτε πρέπει να έρθει σε επαφή με πολύ μεγάλες μάζες πετρωμάτων που βρίσκονται σε υψηλή θερμοκρασία είτε να διανύσει πολύ μεγάλη διαδρομή μέχρι να

φτάσει στις γεωτρήσεις. Και στις δύο περιπτώσεις, οι μάζες των πετρωμάτων που συμμετέχουν στο σύστημα πρέπει να είναι πολύ μεγάλες, της τάξης των εκατοντάδων κυβικών χιλιομέτρων (Ψαρράς, 2006; Καράγιωργας και συν., 2008).

Εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας

Οι εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες: την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και τη θέρμανση. Το 1988, η εγκατεστημένη ισχύς για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε όλο τον κόσμο ήταν 5, 15 GW, ενώ η εγκατεστημένη θερμική ισχύς ήταν 7 GW.

Οι πιο σημαντικές θερμικές εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας είναι η θέρμανση κτιρίων και θερμοκηπίων. Πολλοί επιστήμονες συζητούν την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας και στο βιομηχανικό τομέα. Ο B. Lindal προτείνει τη χρήση της στη διαδικασία παραγωγής χαρτιού στο Kawerau στη Ν. Ζηλανδία καθώς και στην αποξήρανση της γης διατόμων στη λίμνη Matn στην Ισλανδία. Οι κλάδοι της βιομηχανίας στους οποίους η γεωθερμία έχει ήδη εφαρμοστεί με επιτυχία είναι η βιομηχανία τροφίμων και οι ιχθυοκαλλιέργειες. Παρόλο που είναι κοινός τόπος ότι οι βιομηχανικές εφαρμογές αποτελούν το πεδίο μελλοντικής ανάπτυξης της γεωθερμίας, τα βήματα παραμένουν πολύ αργά, ενώ παρατηρείται σημαντική αύξηση στις εφαρμογές που αφορούν τη θέρμανση οικιών, δημόσιων και εμπορικών κτιρίων.

Στη δεκαετία του 1970, λόγω της πετρελαϊκής κρίσης, δόθηκε σημαντική ώθηση στην ανάπτυξη της γεωθερμίας, ακόμα και σε περιοχές με σχετικά χαμηλή γεωθερμική βαθμίδα, όπως είναι η λεκάνη του Παρισιού. Η παρουσία θερμού νερού στους γεωλογικούς σχηματισμούς της λεκάνης του Παρισιού είχε ανακαλυφθεί ήδη από τη δεκαετία του 1950 ενώ διεξάγονταν έρευνες για πετρέλαιο, αλλά η πρώτη γεωθερμική γεώτρηση έγινε μόλις το 1962 στο Carriers-surseine.

Το πρόβλημα που ανέκυψε και έπρεπε να λυθεί ήταν αυτό της διάθεσης του γεωθερμικού ρευστού μετά τη χρήση του λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε άλατα. Αυτό αντιμετωπίστηκε με τη διάνοιξη και δεύτερης γεώτρησης. Το νερό εξέρχεται από τη μια γεώτρηση (production well) και, αφού αφαιρεθεί από αυτό η περιεχόμενη θερμότητα, επιστρέφει στο έδαφος μέσω της άλλης γεώτρησης (injection well). Αφού λύθηκε το πρόβλημα, ο δρόμος ήταν ανοικτός για την αξιοποίηση της λεκάνης του Παρισιού.

Σημαντική ανάπτυξη σημειώθηκε στα επόμενα χρόνια, με αποτέλεσμα σε 200.000 κατοικίες που καλύπτουν τις θερμικές τους ανάγκες από τη γεωθερμική ενέργεια να επιτυγχάνεται εξοικονόμηση 200.000 τόννων ισοδύναμου πετρελαίου ετησίως. Το 1986, με την πτώση της τιμής του πετρελαίου, μειώθηκαν και οι ρυθμοί ανάπτυξης της γεωθερμίας.

Ενέργεια χαμηλής ενθαλπίας χρησιμοποιείται στη βιομηχανία, για τηλεθέρμανση κτιρίων. Η παραγωγή ζεστού νερού για θέρμανση κατοικιών με την εκμετάλλευση της κανονικής γεωθερμικής βαθμίδας (70 °C στα 2.000 μέτρα) είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στο Παρίσι. Στην Ισλανδία το 50% των κτιρίων θερμαίνεται με τη χρήση

ζεστού νερού. Το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμία ποικίλλει από 0,024 έως 0,064 ECU/kWh.

Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μπορούμε να έχουμε αν μεταδώσουμε ένα μέρος της θερμότητας των ρευστών, που έχουν μικρή σχετικά ενθαλπία, σε ειδικά υγρά με πολύ χαμηλό σημείο βρασμού, όπως είναι πχ το φρέον, το ισοβουτάνιο, το προπάνιο και το χλωριούχο αιθύλιο. Στη Ρωσία λειτουργεί πειραματικός σταθμός 680 KW με φρέον και στις ΗΠΑ σταθμός με ισοβουτάνιο, που θερμαίνεται με νερό θερμοκρασίας 81,5 °C. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μπορούμε να έχουμε αν μεταδώσουμε ένα μέρος της θερμότητας των ρευστών, που έχουν μικρή σχετικά ενθαλπία, σε ειδικά υγρά με πολύ χαμηλό σημείο βρασμού, όπως είναι πχ το φρέον, το ισοβουτάνιο, το προπάνιο και το χλωριούχο αιθύλιο. Στη Ρωσία λειτουργεί πειραματικός σταθμός 680 KW με φρέον και στις ΗΠΑ σταθμός με ισοβουτάνιο, που θερμαίνεται με νερό θερμοκρασίας 81,5 °C. Οι δυνατότητες που προσφέρει ο τρόπος αυτός της εκμετάλλευσης είναι τεράστιες και οι προοπτικές για το μέλλον θα είναι ακόμη μεγαλύτερες με την ανάπτυξη της σχετικής τεχνολογίας. Η ολική εγκατεστημένη ισχύς με εκμετάλλευση γεωθερμικής ενέργειας στον κόσμο για παραγωγή ηλεκτρισμού πλησιάζει σήμερα τα 3000 MW με πρόβλεψη να αυξηθεί σε 5000 MW το 2000. ισοβουτάνιο, που θερμαίνεται με νερό θερμοκρασίας 81,5 °C. Οι δυνατότητες που προσφέρει ο τρόπος αυτός της εκμετάλλευσης είναι τεράστιες και οι προοπτικές για το μέλλον θα είναι ακόμη μεγαλύτερες με την ανάπτυξη της σχετικής τεχνολογίας.

Η ολική εγκατεστημένη ισχύς με εκμετάλλευση γεωθερμικής ενέργειας στον κόσμο για παραγωγή ηλεκτρισμού πλησιάζει σήμερα τα 3000 MW με πρόβλεψη να αυξηθεί σε 5000 MW το 2000.

Η εκμετάλλευση ενός γεωθερμικού πεδίου δεν εξαρτάται μόνο από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του, αλλά και από την οικονομικότητα της επένδυσης που πρέπει να γίνει. Η οικονομικότητα αυτή σχετίζεται με το "περιβάλλον" μέσα στο οποίο θα πραγματοποιηθεί η επένδυση. Για παράδειγμα, οι τιμές των ορυκτών καυσίμων καθώς και οι δυσμενείς επιπτώσεις που έχουν αυτά τα καύσιμα στο περιβάλλον καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την οικονομικότητα μιας τέτοιας επένδυσης. Η αξιοποίηση ενός γεωθερμικού πεδίου που σε κάποια δεδομένη χρονική στιγμή θεωρείται αντιοικονομική, ενδέχεται στο μέλλον να αποδειχθεί συμφέρουσα. Ένας παράγοντας που ενισχύει αυτή την άποψη είναι το γεγονός ότι η γεωθερμία έχει το πλεονέκτημα ότι δεν μολύνει το περιβάλλον και δεν συμμετέχει στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Άρα, όταν κάποτε το κοινωνικό κόστος της μόλυνσης του περιβάλλοντος ενσωματωθεί στο κόστος των ορυκτών καυσίμων, θα δοθεί σημαντική ώθηση στην ανάπτυξη της γεωθερμίας, ακόμα και σε περιοχές με μέση γεωθερμική βαθμίδα (Makrigiannis *et al.*, 2006).

Το πρόβλημα επάρκειας νερού για οικιακή, γεωργική και βιομηχανική χρήση γίνεται καθημερινά οξύτερο. Τα γεωθερμικά ρευστά μπορούν οικονομικά να συμβάλλουν στη λύση του προβλήματος, ιδιαίτερα σε περιοχές όπου άλλες λύσεις είτε είναι ουσιαστικά ανεφάρμοστες, είτε υπερβολικά δαπανηρές. Η αφαλάτωση μπορεί να γίνει με συμπύκνωση του παραγόμενου ρευστού (ξερού ή υγρού ατμού) ή χρησιμοποιώντας την ενέργεια για την αφαλάτωση του θαλασσινού νερού.

Τα γεωθερμικά πεδία περιέχουν μερικές φορές, χρήσιμα άλατα, ή αέρια. Μεταξύ των πρώτων σημειώνουμε τη χρησιμοποίηση των αλάτων του Καλίου και Μαγνησίου όπου παράγονται από γεωθερμικές ενέργειες. Παρόμοια ρευστά, πολύ πλούσια σε θειικό κάλιο βρέθηκαν τελευταία στο καινούργιο γεωθερμικό πεδίο Cesano Ιταλίας.

Ένα αέριο που έχει τεράστια σημασία για τα θερμοκήπια είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) που παράγεται συνήθως σε αφθονία στα γεωθερμικά πεδία. Είναι γνωστό ότι με τη θερμότητα καλύτερεύουμε την απόδοση στις καλλιέργειες, γι' αυτό κατασκευάζουμε τα θερμοκήπια. Είναι επίσης γνωστό ότι το (CO_2) έχει ζωτική σημασία στη δημιουργία των οργανικών ουσιών και επομένως στην ανάπτυξη των φυτών. Λίγοι όμως γνωρίζουν ότι η τεχνητή αύξηση της περιεκτικότητας σε CO_2 σε κλειστούς χώρους, όπως τα θερμοκήπια, αποτελεί το καλύτερο χημικό λίπασμα και μπορεί ακόμα να διπλασιάσει την παραγωγή. Σε μερικές περιπτώσεις τα γεωθερμικά ρευστά περιέχουν σε ελάχιστες ποσότητες, πολύτιμα ορυκτά που μπορούν να αξιοποιηθούν σαν υποπροϊόντα της όλης εκμετάλλευσης.

Η Γεωθερμία στην Ελλάδα

Οι γεωλογικές συνθήκες στην Ελλάδα ευνόησαν γενικά τη δημιουργία ενός πολύ σημαντικού γεωθερμικού δυναμικού χαμηλής ενθαλπίας. Η έρευνα για τον εντοπισμό αξιοποιήσιμων γεωθερμικών ρευστών χαμηλής ενθαλπίας άρχισε από το ΙΓΜΕ (Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών) το 1980 και εντατικοποιείται όλο και περισσότερο τα τελευταία χρόνια. Από αυτήν την έρευνα προκύπτει ότι το γεωθερμικό δυναμικό χαμηλής ενθαλπίας στην Ελλάδα είναι σίγουρα πολύ σημαντικό. Τα περισσότερα από τα γεωθερμικά πεδία που ερευνήθηκαν βρίσκονται σε περιοχές με ευνοϊκές αναπτυξιακές συνθήκες, ενώ οι προοπτικές άμεσης εκμετάλλευσης των ρευστών είναι πολύ ευοίωνες. Τα γεωθερμικά ρευστά φαίνεται ότι έχουν συνήθως μικρή έως μηδαμινή περιεκτικότητα σε διαβρωτικά άλατα και αέρια και δεν δημιουργούν σοβαρά τεχνικά προβλήματα εκμετάλλευσης ούτε βέβαια περιβαλλοντικά προβλήματα.

Σε κάποιες περιοχές η έρευνα προχώρησε αρκετά έτσι ώστε σήμερα να έχουν αναπτυχθεί αξιόλογες εφαρμογές. Στο Σιδηρόκαστρο, η Συνεταιριστική Επιχείρηση του Δήμου Σιδηροκάστρου προχώρησε στην κατασκευή ενός θερμοκηπίου 5 στρεμμάτων που χρησιμοποιεί νερά μιας γεώτρησης του ΙΓΜΕ. Στη Ν. Κεσσάνη βρίσκεται σε εξέλιξη ένα μεγάλο πρόγραμμα ανάπτυξης του πεδίου που χρηματοδοτείται από το πρόγραμμα VALOREN της ΕΕ. Στο Λαγκαδά, στη Νυμφόπετρα και στη Νέα Απολλωνία λειτουργούν ήδη δεκάδες στρέμματα πλαστικών "γεωθερμικών" θερμοκηπίων, ενώ στο Λαγκαδά λειτούργησε για δύο χρόνια μικρή πειραματική μονάδα εκτροφής χελιών. Στα Ελαιχώρια Χαλκιδικής λειτουργούν 6 μικρά πειραματικά θερμοκήπια. Τα αποτελέσματα από αυτές τις εφαρμογές είναι αισιόδοξα και δίνουν ώθηση για παραπέρα έρευνα σε γεωθερμικά πεδία που έχουν εντοπιστεί αλλά δεν έχουν μελετηθεί διεξοδικά.

Το ΚΑΠΕ (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ελλάδος) συμβάλλει στην προσπάθεια αξιοποίησής τους. Η προσπάθεια εκμετάλλευσης γεωθερμικών πεδίων στη Μήλο και στη Νίσυρο δεν ευδοκίμησε, λόγω έκλυσης στο περιβάλλον δύσσομων αερίων, γεγονός που προκάλεσε την αντίδραση των κατοίκων.

Η γεωθερμική ενέργεια έχει και αγροτικές εφαρμογές. Ενέργεια χαμηλής ενθαλπίας, π.χ. θερμοκρασίας 20 - 25 °C απαιτείται για τις ιχθυοκαλλιέργειες, 40-60 °C για θέρμανση εδάφους και περίπου 80 °C για θέρμανση θερμοκηπίων. Τέτοια πεδία χαμηλής ενθαλπίας αξιοποιούνται στην Κεντρική Μακεδονία, Θράκη και Λέσβο. Με δεδομένο την ύπαρξη πλούσιου γεωθερμικού δυναμικού στη χώρα μας, θετική θα ήταν η ενημέρωση με σκοπό την ευρύτερη αποδοχή και την αξιοποίησή του (Makrigiannis *et al.*, 2006).

II. ΤΟ ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Ο τομέας των κτιρίων αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους οικονομικούς χώρους της Ευρώπης, παρουσιάζοντας ετήσιο κύκλο εργασιών που ξεπερνά τα 400 δις Ευρώ. Ταυτόχρονα, σε ημερήσια βάση, η παγκόσμια πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση που σχετίζεται με τα κτίρια ξεπερνάει τα 17 εκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου, ποσότητα περίπου ίση με την συνολική παραγωγή των χωρών του ΟΠΕΚ.

Στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ο τομέας των κτιρίων απορροφά, κατά μέση τιμή, το 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης. Η ανά χώρα διακύμανση ποικίλει από 20% για την Πορτογαλία, έως και 45% για την Ιρλανδία, ενώ στην Ελλάδα κυμαίνεται περίπου στο 30%.

Δεδομένου ότι ο κάτοικος των αστικών κυρίως κέντρων βιώνει το 80% της ζωής του στο εσωτερικό των κτιρίων, είναι προφανής η επίδραση της ποιότητας του εσωτερικού κλίματος τόσο στην υγεία και την άνεση όσο και την παραγωγικότητά του. Η κατά τα τελευταία χρόνια δραματική υποβάθμιση του ατμοσφαιρικού προβλήματος καθώς και χρήση υλικών και συσκευών μη φιλικών προς το περιβάλλον έχουν συντελέσει στην εμφάνιση σημαντικών, ποιοτικά και ποσοτικά, περιβαλλοντικών και ενεργειακών προβλημάτων στα κτίρια.

Ειδικότερα, η αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος στα μεγάλα αστικά κέντρα έχει συντελέσει στην δραματική αύξηση της απαιτούμενης ενέργειας για τον δροσισμό των κτιρίων κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι η απαιτούμενη ενέργεια για τον δροσισμό ενός κτιρίου στο κέντρο της Αθήνας είναι σχεδόν διπλάσια από την απαιτούμενη στην περιφέρεια της πόλης.

Παράλληλα η αύξηση των επιπέδων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης εξαιτίας της παραγωγής σύγχρονων δομικών υλικών συντελούν στην αύξηση της συγκέντρωσης ρυπαντών στο εσωτερικό των κτιρίων, με ιδιαίτερα σημαντικές συνέπειες τόσο στην υγεία όσο και την παραγωγικότητα των ενοίκων.

Μετρήσεις σε κτίρια γραφείων και νοσοκομεία στην ευρύτερη περιοχή των Αθηνών κατέδειξαν ιδιαίτερα αυξημένες συγκεντρώσεις ρύπων στο εσωτερικό των κτιρίων καθώς και αυξημένα ποσοστά παθολογίας των ενοίκων.

Τα παραπάνω καθορίζουν το πλαίσιο εξέτασης και ανάλυσης του όλου ενεργειακού και περιβαλλοντικού προβλήματος των κτιρίων. Η ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων δεν θα πρέπει να αποσυνδέεται από τα προβλήματα περιβάλλοντος και θα πρέπει να μελετάται σαν μια ενότητα μαζί με το συγκεκριμένο εξωτερικό μικροκλίμα στον χώρο του κτιρίου, καθώς και το διαμορφούμενο εσωτερικό περιβάλλον (Sick and Ergle, 1996).

II.A. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ

Τα κτίρια καταναλώνουν ενέργεια για την επίτευξη θερμικής και οπτικής άνεσης εντός των χώρων, καθώς και για την χρήση ειδικών συσκευών.

Η τελική ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι της τάξης των 350 Mtoe ανά έτος, χωρίς να υπολογίζεται η συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Το μεγαλύτερο μέρος της

ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων καλύπτεται από το φυσικό αέριο, 116 Mtoe, το πετρέλαιο 99 Mtoe, τον ηλεκτρισμό 91 Mtoe, και τα στερεά καύσιμα με 11 Mtoe.

Οι πραγματικές ενεργειακές ανάγκες των κτιρίων στην Ευρώπη καλύπτονται σε μεγάλο ποσοστό από την έμμεση χρήση της ηλιακής ακτινοβολίας και των άλλων ατμοσφαιρικών πηγών. Στην περίπτωση αυτή το σύνολο της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων υπολογίζεται σε 740 Mtoe πρωτογενούς ενέργειας. Η κατανομή των διαφόρων πλέον καυσίμων είναι 43% διάφορα καύσιμα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, 20% από άμεση χρήση πετρελαίου, 18% από άμεση χρήση φυσικού αερίου, 6% από άλλα στερεά καύσιμα και κατά 15% από ηλιακή ενέργεια.

Με βάση τα παραπάνω προκύπτει ότι αντιστοιχεί περίπου ένας τόνος ισοδύναμου πετρελαίου ανά έτος και ανά κάτοικο για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων στην Ευρώπη.

Η διαχρονική μεταβολή κατά τα τελευταία χρόνια είναι ελαφρά αυξητική και η ετήσια αύξηση του ρυθμού κατανάλωσης στα κτίρια είναι ίση με 0.7%.

Η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων στην Ελλάδα, είναι της τάξης των 4.6 Mtoe, και αντιστοιχούν σε 0.55 Mtoe ενέργειας ανά κάτοικο το έτος, δηλαδή περίπου το μισό της αντίστοιχης κατανάλωσης στην υπόλοιπη Ευρώπη. Η διαχρονική μεταβολή της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων στην Ελλάδα είναι καθαρά αυξητική και ο ετήσιος ρυθμός αύξησης της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων είναι περίπου 1,8% (Herde and Bodart, 2002).

Τύπος Κτιρίου	Δροσισμός	Θέρμανση	Φωτισμός	Συσκευές	Σύνολο
Γραφεία	24	95	20	48	187
Εμπορικά	18	74	19	41	152
Σχολεία	2	66	16	8	92
Νοσοκομεία	3	299	52	53	407
Ξενοδοχεία	11	198	24	40	273

Πίνακας 1. Μέση ενεργειακή κατανάλωση διαφόρων τύπων κτιρίων ανά είδος χρήσης. Όλες οι τιμές είναι σε kWh ανά τετραγωνικό μέτρο το χρόνο.

Η ειδική ενεργειακή κατανάλωση των διαφόρων τύπων κτιρίων στην Ελλάδα, μετρήθηκε στα πλαίσια πρόσφατου ερευνητικού προγράμματος. (ΕΘΝΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΡΡΥΘΜΙΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ, 2008-2010). Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής επέτρεψαν την γνώση της τελικής κατανάλωσης ανά χρήση.

Όπως αναφέρεται η θέρμανση των χώρων αποτελεί την σημαντικότερη ειδική ενεργειακή κατανάλωση για όλα τα κτίρια στην χώρα.

Το γεγονός αυτό οφείλεται σε μια σειρά από παραμέτρους που σχετίζονται με το πλήθος των εγκαταστημένων συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού, το είδος της προστασίας των κτιρίων κατά την διάρκεια του χειμώνα και του θέρους, καθώς και στο γεγονός ότι για τον δροσισμό των χώρων χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια και συσκευές με συντελεστή απόδοσης κατά πολύ μεγαλύτερο της μονάδας.

Μια πλέον ρεαλιστική εικόνα της πραγματικής σημασίας κάθε επιμέρους κατανάλωσης καταδεικνύεται εάν η σύγκριση περιορισθεί μόνο για τα κτίρια που διαθέτουν σύστημα θέρμανσης και δροσισμού. Στοιχεία μια τέτοιας σύγκρισης δίνονται και για τα σχολικά κτίρια. Όπως παρατηρείται η ύπαρξη συστημάτων μηχανικού κλιματισμού αυξάνει δραματικά την συνολική ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων.

Τύπος Κτιρίου	Δροσισμός	Θέρμανση	Φωτισμός	Συσκευές	Σύνολο
Μέση κατανάλωση των Σχολείων	2	67	16	8	93
Κατανάλωση των Σχολείων με θέρμανση και κλιματισμό	42	99	30	9	180

Πίνακας 2. Κατανομή της άμεσης ενεργειακής κατανάλωσης των σχολικών κτιρίων, καθώς και των συγκροτημάτων με παράλληλη εγκατάσταση θέρμανσης και κλιματισμού. Όλες οι τιμές είναι σε kWh ανά τετραγωνικό μέτρο το χρόνο.

Συγκεκριμένα παρατηρείται ότι η κατανάλωση των κλιματιστικών συσκευών επιφέρει αύξηση της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης κατά 40 kWh ανά τετραγωνικό μέτρο και έτος. Η κατανάλωση αυτή αποτελεί και την μέση ενεργειακή κατανάλωση των κλιματιστικών συσκευών στην χώρα.

Παρακάτω παρουσιάζονται και αναλύονται θέματα σχετικά με την αλληλεπίδραση του εσωτερικού και ατμοσφαιρικού χώρου με την όλη ενεργειακή και ατμοσφαιρική ποιότητα των κτιρίων.

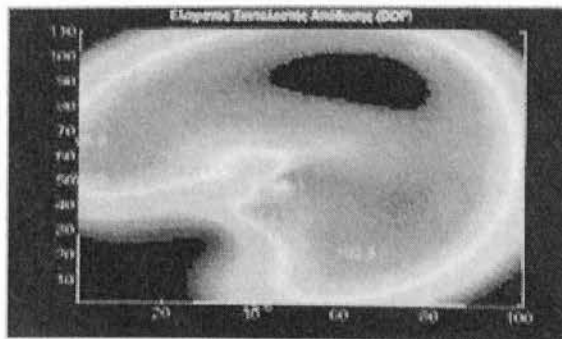
Μετρήσεις της θερμοκρασίας περιβάλλοντος στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας, έδειξαν ότι η κεντρική περιοχή των Αθηνών είναι κατά πολύ θερμότερη στις ημιαστικές περιοχές περίξ της Αθήνας . Οι καταγραφείσες θερμοκρασιακές διαφορές κυμαίνονται κατά την διάρκεια της ημέρας περί τους 5 - 12 °C και 2 - 5 °C κατά τη διάρκεια της νύκτας. Χρησιμοποιώντας τις θερμοκρασιακές καταγραφές υπολογίσθηκε το φορτίο δροσισμού για ένα τυπικό κτίριο γραφείου σε όλη την ευρύτερη περιοχή της Αθήνας.



Εικόνα 17: Η κατανομή του φορτίου κλιματισμού

Όπως διαπιστώνεται το φορτίο κλιματισμού στις κεντρικές περιοχές της Αθήνας είναι σχεδόν διπλάσιο από ότι στις αντίστοιχες περιφερειακές περιοχές. Ο διπλασιασμός του ενδεικτικού αυτού φορτίου οφείλεται αποκλειστικά και μόνο στην αύξηση της θερμοκρασίας στις κεντρικές αστικές περιοχές (Kreith and Kreider, 1978; Καραβασίλη, 2000).

Η αύξηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε συνδυασμό με την χρήση δομικών υλικών και προϊόντων καθημερινής χρήσης που επιβαρύνουν το περιβάλλον έχουν συντελέσει στην αύξηση της συγκέντρωσης ειδικών χημικών ρυπαντών και βιολογικών παραμέτρων στο εσωτερικό του κτιρίου. Το **φαινόμενο αυτό γνωστό σαν φαινόμενο του άρρωστου κτιρίου**, είναι υπεύθυνο για μια σειρά από προβλήματα υγείας και αδιαθεσίας των ενοίκων (Βαρουτά, 2009).



Εικόνα 18: Η αύξηση της θερμοκρασίας

Ικανοποιητική ποιότητα αέρα και υγιεινό εσωτερικό περιβάλλον στο εσωτερικό των κτιρίων μπορεί να επιτευχθεί εάν εξασφαλισθεί η παρακάτω προϋπόθεση: Να μην υπάρχουν ή να απομακρυνθούν πηγές που προκαλούν εσωτερική ρύπανση, όπως πηγές φορμαλδεΐδης, πτητικών οργανικών ουσιών κλπ. Οι πηγές αυτές είναι γνωστές και περιγράφονται στις αντίστοιχες προδιαγραφές της Ευρωπαϊκής Ένωσης και την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας.

II.B. ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ

Ο κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο. Η κατανάλωση αυτή, είτε σε μορφή θερμικής (κυρίως πετρέλαιο) είτε σε μορφή ηλεκτρικής ενέργειας, έχει ως αποτέλεσμα, εκτός της σημαντικής οικονομικής επιβάρυνσης λόγω του υψηλού κόστους της ενέργειας, τη μεγάλη επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με ρύπους, κυρίως διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), που ευθύνεται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Στην Ελλάδα οι ανάγκες για θέρμανση των κατοικιών ανέρχονται περίπου στο 70% της συνολικής ενεργειακής τους κατανάλωσης. Η κατανάλωση ενέργειας για τις οικιακές συσκευές, το φωτισμό και τον κλιματισμό ανέρχεται στο 18% του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου.

Οι κατοικίες με κεντρικό σύστημα θέρμανσης, το οποίο χρησιμοποιεί ως καύσιμο αποκλειστικά το πετρέλαιο αντιστοιχούν στο 35,5% του συνόλου.

Το υπόλοιπο 64% είναι αυτόνομα θερμαινόμενες κατοικίες που χρησιμοποιούν σε ποσοστό 25% πετρέλαιο, 12% ηλεκτρισμό και 18% καυσόξυλα.

Η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια στην Ελλάδα παρουσιάζει αυξητική τάση, λόγω της αύξησης της χρήσης κλιματιστικών και μικροσυσκευών. Η χρήση των κλιματιστικών αποτελεί σημαντικό παράγοντα αύξησης του ηλεκτρικού φορτίου αιχμής στη χώρα, με τεράστιες οικονομικές συνέπειες και σημαντική επιβάρυνση του καταναλωτή (Καραβασίλη, 2000).

Επί πλέον τα κλιματιστικά επιδεινώνουν το φαινόμενο της υπερθέρμανσης των αστικών κέντρων και τις συνεπαγόμενες δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν το καλοκαίρι. Η εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτίριο εξασφαλίζεται εν μέρει με τον κατάλληλο σχεδιασμό του κτιρίου και τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών δομικών στοιχείων και συστημάτων και εν μέρει μέσω της υψηλής αποδοτικότητας των εγκατεστημένων ενεργειακών συστημάτων η οποία προϋποθέτει την άριστη ποιότητα του σχετικού εξοπλισμού και της εγκατάστασής του καθώς και των σχετικών τεχνικών μελετών που τον προδιαγράφουν.

Άλλος ένας καθοριστικός παράγοντας εξοικονόμησης ενέργειας είναι η ενεργειακή διαχείριση του κτιρίου, μία συστηματική, οργανωμένη και συνεχής δραστηριότητα που αποτελείται από ένα προγραμματισμένο σύνολο διοικητικών, τεχνικών και οικονομικών δράσεων.

Οι επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα κτίριο μπορεί να αφορούν: g f j g f y m j n i u

- Το κτιριακό κέλυφος (π.χ. θερμομόνωση, κατάλληλα συστήματα ανοιγμάτων, παθητικά ηλιακά συστήματα)
- Τον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου (π.χ. χρήση βλάστησης)

- Τις εγκαταστάσεις θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού, ζεστού νερού και τις ηλεκτρικές συσκευές
- Την ορθολογική χρήση του κτιρίου και την αξιοποίηση των δομικών του στοιχείων (π.χ. ενεργειακή διαχείριση, φυσικός αερισμός, αξιοποίηση της θερμικής μάζας)

Η επίτευξη θερμικής και οπτικής άνεσης εντός των χώρων είναι ο πρωταρχικός στόχος του ενεργειακού σχεδιασμού. Η έννοια της θερμικής άνεσης σ' ένα χώρο σχετίζεται με το ενεργειακό ισοζύγιο των ενοίκων. Κάθε οργανισμός παράγει, δέχεται και αποβάλλει θερμότητα κύρια με διαδικασίες μεταφοράς, εκπομπής και εξάτμισης. Θετικό θερμικό ισοζύγιο αντιστοιχεί σε αίσθημα θερμικής δυσφορίας, ενώ αρνητικό ισοζύγιο προκαλεί το αίσθημα. Κρύου (Βαρουτά - Φλώρου, 2010).

Στην περίπτωση όπου το φυσικό περιβάλλον του κτιρίου δεν εξασφαλίζει την θερμική ουδετερότητα του ατόμου, τότε επιβάλλεται η μεταβολή των παραμέτρων, προσωπικών ή κλιματικών, χωρίς να είναι απαραίτητη κατ' ανάγκη η προσθήκη η αφαίρεση θερμότητας από τον χώρο.

Η επίτευξη των βέλτιστων τιμών των κλιματικών παραμέτρων στο κτίριο και κύρια της εσωτερικής θερμοκρασίας σχετίζεται πλέον με το ενεργειακό ισοζύγιο του ίδιου του κτιρίου.

Μείωση των θερμικών απωλειών του κτιρίου επιτυγχάνεται κύρια με την μείωση της μεταφερόμενης θερμότητας δια μέσω του κελύφους και την ανάκτηση θερμότητας κατά τον αερισμό. Η θερμική προστασία του κελύφους με χρήση θερμομόνωσης εξασφαλίζει την μείωση των απωλειών μέσω του κελύφους, ενώ η χρήση ειδικών εναλλακτών θερμότητας μειώνει δραματικά τις απώλειες μέσω αερισμού.

Η αύξηση της εισερχόμενης στο κτίριο ηλιακής ακτινοβολίας κατά την διάρκεια της ψυχρής περιόδου συντελεί στην βελτίωση του θερμικού ισοζυγίου του και την μείωση των ενεργειακών αναγκών για θέρμανση. Η ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται στο κτίριο μέσω των διάφανων ανοιγμάτων και αποθηκεύεται στην μάζα του κτιρίου η οποία την επαναεκπέμπει με την μορφή θερμικής ακτινοβολίας που πλέον δεν μπορεί να διαφύγει από κτίριο (φαινόμενο θερμοκηπίου). Το φυσικό αυτό φαινόμενο αποτελεί την σχεδιαστική αρχή των λεγόμενων παθητικών ηλιακών κτιρίων.

Η οπτική άνεση σε ένα χώρο απαιτεί την εξασφάλιση τεσσάρων επιμέρους προϋποθέσεων:

1. Την επίτευξη των απαραίτητων φωτιστικών επιπέδων για το είδος των εργασιών που επιτελούνται στο χώρο.
2. Την αποφυγή οπτικής θάμβωσης
3. Την εξασφάλιση οπτικής επαφής με το εξωτερικό περιβάλλον
4. Την οπτική επαφή με εξωτερικά στοιχεία ευχάριστα στο άτομο

Εκατοντάδες χιλιάδες κτίρια έχουν ήδη κατασκευασθεί με βάση τις αρχές αυτές σε όλο τον κόσμο και παρουσιάζουν ιδιαίτερα ικανοποιητικά αποτελέσματα. Στην Ελλάδα, τα υπάρχοντα βιοκλιματικά κτίρια λειτουργούν με εξαιρετική επιτυχία και με βάση τις υπάρχουσες μετρήσεις καταναλώνουν κατά πολύ λιγότερη ενέργεια από ότι τα αντίστοιχα συμβατικά κτίρια. Ήδη σημαντικά νέα κτίρια όπως το νέο Μουσείο της Ακρόπολης, το νέο Μουσείο των Δελφών, το νέο κτίριο των κεντρικών γραφείων της ΔΕΗ κλπ. έχουν σχεδιασθεί

και κατασκευάζονται ώστε να καλύπτουν όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος των ενεργειακών αναγκών τους με ηλιακή ενέργεια και άλλες ατμοσφαιρικές πηγές.

Τα κτίρια λοιπόν αποτελούν τον μεγαλύτερο καταναλωτή ενέργειας στην Ευρώπη, καλύπτοντας το 40% του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου της. Παράλληλα, ο κτιριακός χώρος, σαν πλήρες στοιχείο του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος επηρεάζεται από τα σύγχρονα προβλήματα του και συντελεί στην διαμόρφωσή τους. Η ένταση των προβλημάτων του εξωτερικού περιβάλλοντος έχει διαμορφώσει ένα πλαίσιο προβλημάτων για το κτίριο όπου τα προβλήματα ποιότητας του εσωτερικού κλίματος και περιβάλλοντος καθώς και τα ποσοτικά προβλήματα κατανάλωσης και εξοικονόμησης ενέργειας, συμπλέουν και απαιτούν κοινή αντιμετώπιση και προοδευτική αντίληψη αντιμετώπισης.

Η σημαντική έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί κατά τα τελευταία χρόνια έχει επιτρέψει την ανάπτυξη επιστημονικών μεθόδων, τεχνικών και τεχνολογιών που αφενός εξασφαλίζουν βέλτιστο εσωτερικό περιβάλλον καθώς και την μέγιστη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας. Οι τεχνικές αυτές που κατά βάση κάνουν χρήση ηλιακής ενέργειας καθώς και των άλλων ανανεώσιμων πηγών του περιβάλλοντος έχουν ήδη αποδείξει σε πρακτικό επίπεδο ότι είναι ιδιαίτερα αποδοτικές τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά. Η ευρύτερη εφαρμογή τους αποτελεί αίτημα για ένα καλύτερο κτιριακό περιβάλλον, εντός του οποίου βέβαια διαβιώνουμε το 80% περίπου της όλης μα ζωής (Oliver and Jackson, 2001).

II.Γ. ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΦΙΛΙΚΑ ΠΡΟΣ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Ξεκινώντας από τα πρώτα ήδη χρόνια της δεκαετίας του 70, με την περίφημη έκθεση "Τα όρια της ανάπτυξης" που δημοσιεύθηκε από το Κλαμπ της Ρώμης, η διεθνής επιστημονική κοινότητα είχε προγραμματίσει το ασυμβίβαστο των τάσεων για ανάπτυξη της σύγχρονης κοινωνίας με τις περιορισμένες δυνατότητες των φυσικών πηγών που υπάρχουν στη Γη. Επρόκειτο τότε, για ένα πρώτο σήμα κινδύνου μιας οικολογικής συνείδησης που αντιδρούσε στη χωρίς διάκριση εκθετική αύξηση της βιομηχανικής παραγωγής και των δραστηριοτήτων του χωροταξικού μετασχηματισμού που χαρακτήριζε τις δεκαετίες του 50 και του 60 (Μεσσίνας, 2008).

Η μείωση της περιβαλλοντικής επίπτωσης από την εξάπλωση της ανθρωποκεντρικής μεταμόρφωσης του πλανήτη, έχοντας υπόψη ότι η Γη αποτελεί ένα κλειστό σύστημα, έγινε έτσι το αναγνωριστικό σύνθημα του ποικιλόχρωμου οικολογικού "γαλαξία", ο οποίος όχι τυχαία, έχει στρέψει μεγάλο μέρος της προσοχής του στις επιδράσεις που προέρχονται από τον τομέα αυτόν. Αυτός, πράγματι, μαζί με τις πιο φανερές αλλοιώσεις του φυσικού περιβάλλοντος που πάντα συνδέονται με οποιαδήποτε οικοδομική δραστηριότητα και είναι σχετικές με τις αλλαγές στον τόπο της εγκατάστασης, προκαλεί επίσης και άλλες συνέπειες, πριν και μετά την εκτέλεση του έργου, που είναι δύσκολο να εκτιμηθούν, όπως είναι η κατανάλωση πρώτων υλών και ενέργειας (αναγκαίας για τις διάφορες κατεργασίες) και η παραγωγή στερεών απορριμμάτων (που παράγονται από τις ίδιες κατεργασίες).

Μια σειρά λοιπόν από ζητήματα κάθε μορφής που αφορούν την κατασκευή η οποία, από την πετρελαϊκή κρίση του 1973, ακολουθεί ένα ρεύμα από έρευνες στον χώρο της τεχνικής φυσικής, που έχουν σκοπό να ετοιμάσουν

μοντέλα μικροκλιματικού ελέγχου των εσωτερικών χώρων των κτιρίων ώστε να είναι σε θέση να ελαχιστοποιήσουν τις ποσότητες ενέργειας οι οποίες είναι απαραίτητες για την επίτευξη συνθηκών άνεσης.

Υπάρχει έτσι μια εμπλοκή του θέματος της κατοικίας στη συζήτηση για τη σπατάλη των ενεργειακών πηγών και μια τακτοποίηση στη συνέχεια των επιστημονικών εννοιών που αφορούν τη βιοκλιματική σφαίρα.

Τώρα λοιπόν αρχίζουμε να μιλάμε για κόστος life - cycle, για το κόστος διαχείρισης και τη διάρκεια της ωφέλιμης ζωής των έργων, εισάγοντας μια χρονική διάσταση στις οικονομικές εκτιμήσεις των επεμβάσεων που μέχρι τώρα προοριζόνταν σταθερά στη φάση του προγραμματισμού των εργασιών και του εργοταξίου.

Σήμερα, που η τιμή της αγοράς πετρελαίου βρίσκεται υπό έλεγχο και η προμήθειά του δεν αποτελεί πλέον πρόβλημα, το σύνολο των σκέψεων και των μελετών, των σχετικών με την επιλεκτική-συντηρητική αρχιτεκτονική, κατάλληλα ενημερωμένο, διατηρεί αναλλοίωτη την ισχύ του σε σχέση με τις περιβαλλοντικές ανάγκες.

Για να προσδιοριστούν οι συνθήκες άνεσης ενός πιθανού χρήστη μιας οποιασδήποτε μονάδας κατοικίας, οι παράμετροι της περιβαλλοντικής φυσικής είναι μόνον ένα μέρος των παραγόντων που πρέπει να λάβουμε υπόψη. Γίνεται όλο και περισσότερο εμφανής η επίδραση της ενόχλησης, ακόμα και όταν δεν είναι ιδιαίτερα επιβλαβής, που προκαλούν στους χρήστες των κατασκευαζόμενων χώρων ορισμένα από τα λεγόμενα προηγμένα υλικά και προϊόντα (κόλλες, ρητίνες, βερνίκια, μονωτικά υλικά ...) των οποίων γίνεται ευρεία χρήση στις σημερινές οικοδομές κάτω από την πίεση της επιτακτικής ανάγκης να σμικρυνθούν οι χρόνοι τοποθέτησης και το ανάλογο εργατικό κόστος.

Η εξάπλωση του γνωστού sick building syndrome (σύνδρομο των άρρωστων κτηρίων) και η διαπίστωση της σχέσης που υπάρχει ανάμεσα στην παρουσία υλικών πιθανώς βλαβερών για την υγεία του ανθρώπου στους χώρους κατοικίας και στην εμφάνιση παθολογικών καταστάσεων στους εργαζομένους, (αναφέρουμε την περίπτωση του αμιάντου για τον οποίο διαπιστώθηκε πλήρως ότι είναι καρκινογόνος), είναι το καμπανάκι του κινδύνου για μια κατασκευαστική τεχνολογία η οποία έσκυψε περισσότερο στα ζητήματα της παραγωγής, ξεχνώντας τον τελικό σκοπό των εργασιών της, την ανθρώπινη άνεση.

Για την επαναφορά αυτού του στόχου, αρχικά στη Γερμανία και στη συνέχεια σιγά - σιγά στον υπόλοιπο δυτικό κόσμο, ενισχύεται και παγιώνεται μια "βιο-οικολογική" προσέγγιση στην οικοδομική, που έχει σκοπό να καταγγέλλει τις στρεβλώσεις μιας μελέτης εξαιρετικά στραμμένης προς την κοινωνία της κατανάλωσης και του εύκολου κέρδους, market - oriented και να προτείνει εναλλακτικές οδούς και γι αυτές της "ανανέωσης για την ανανέωση".

Από την ανάγκη να δοθεί μια συνθετική απάντηση (αναγκαστικά διεπιστημονική) στα διάφορα προβλήματα που περιληπτικά παρουσιάστηκαν, γεννήθηκε η βιο-οικοδομική, ακριβώς σαν πεδίο σύγκρισης και πειραματισμού από τεχνικούς, μελετητές και τον κόσμο της παραγωγής, οι οποίοι ενεργοποιούνται στους διάφορους τομείς, ερευνώντας για μια καλύτερη ποιότητα στην κατασκευή.

Οι αρχικές αιτίες ενός μεγάλου μέρους των παθολογικών φαινομένων (αλλεργικές εκδηλώσεις, πονοκέφαλοι, δυσχέρεια συγκέντρωσης, εκνευρισμός κ.λ.π.) που προσβάλλουν τους χρήστες του σύγχρονου κτηρίου, υπάρχουν

πράγματι στα ίδια τα υλικά κατασκευής, είτε λόγω της εσωτερικής τους σύνθεσης είτε λόγω των διαδικασιών παραγωγής τους είτε λόγω της τελικής επεξεργασίας (φινιρίσματα) στην οποία υποβάλλονται.

Μια μελέτη συνειδητά βιο-οικολογική πρέπει λοιπόν να ξεκινά εξετάζοντας κατά προτεραιότητα θέματα σχετικά με τη "φυσικότητα" της κατασκευής, τόσο στην περίπτωση ενός νέου κτηρίου όσο και σε εκείνη μιας ανακατασκευής.

Στην τελευταία περίπτωση πρέπει στην πρώτη θέση να βάλουμε την εργασία αναγνώρισης της υλικής σύστασης του έργου στο οποίο πρόκειται να γίνει η επέμβαση, ώστε να προβλεφθεί η αντικατάσταση των στοιχείων εκείνων που είναι ενδεχομένως επιβλαβή για την υγεία των ενοίκων (και είναι άφθονα τα κτίσματα των δεκαετιών του 60 και του 70 με προϊόντα αβλαβή και αν είναι δυνατόν υγιεινά).

Αναγράφουμε λοιπόν στη συνέχεια έναν **κατάλογο από δέκα προϊόντα που οι ειδικοί θεωρούν σαν εγγυημένα "πράσινα"**:

- *Ωστενιτικός χάλυβας*: Ο κανονικός δομικός χάλυβας, προκαλεί μια μεταβολή του γήινου ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, όπως μπορεί εύκολα να διαπιστωθεί μετακινώντας μια μαγνητική πυξίδα κατά μήκος μιας ράβδου του σιδηροπλισμού. Χωρίς να υπερβάλλουμε τονίζοντας τις πιθανές επιδράσεις αυτής της μεταβολής στον ανθρώπινο οργανισμό (κάτι που είναι πραγματικά δύσκολο να εκτιμηθεί), παραμένει το γεγονός ότι πολλές κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα γερνούν πρόωρα λόγω της διαδικασίας της ενανθράκωσης και της επακόλουθης οξείδωσης των εκτεθειμένων ράβδων του σιδηροπλισμού.

Ο ωστενιτικός χάλυβας, λόγω της χαρακτηριστικής του σύνθεσης, είναι αμαγνητικός και ανοξειδωτός, περιορίζοντας έτσι τα προβλήματα που μόλις αναφέραμε. Μοναδικό μειονέκτημα το υψηλό του κόστος.

- *Ωμή άργιλος*: Η ωμή άργιλος κατάλληλα σχηματισμένη με τη μορφή ωμοπλίνθων ή χυτή σε καλούπια που μοιάζουν με αυτά του σκυροδέματος, αποκαλύπτεται ότι είναι ένα άριστο δομικό υλικό, όσον αφορά τη μηχανική ανοχή, τη θερμική μόνωση και τη δυνατότητα "αναπνοής" των εξωτερικών τοίχων. Εξάλλου, σε ολόκληρη την περιοχή της Μεσογείου υπάρχει μακρά παράδοση στη χρήση αυτού του υλικού.

Υλικό	Απορροφητικότητα της ηλιακής ακτινοβολίας %
Άσφαλτος	93
Έρημος	75
Γρασίδι	67
Λεπτή στρώση χιονιού	31
Χιόνι φρέσκο	43
Χιόνι παγωμένο	33
Φύλλα οξιάς	71
Ξηρή άμμος	82
Υγρή άμμος	91
Λευκή άμμος	45
Νερό, όταν η γωνία του ήλιου ως προς την κατακόρυφο είναι:	
50°	90
60°	84
70°	74
80°	53
Αγροτικές καλλιέργειες	75
Φυλλοβόλα δάση	85
Κωνοφόρα δάση	95
Οπλισμένο σκυρόδεμα	55-80

Ένα σπίτι από ωμοπλίνθους μπορεί επίσης να χρησιμοποιήσει το ίδιο σκάμμα για την θεμελίωση της ανωδομής, περιορίζοντας την επίπτωση των οικοδομικών εργασιών στο περιβάλλον.

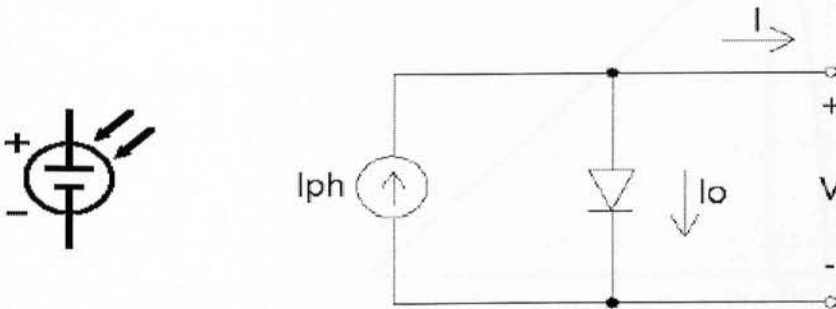
- *Ασβέστης*: Ο ασβέστης είναι ένα προϊόν που προτείνεται από τους υποστηρικτές της βιο-οικοδομικής για κάθε τύπο επιφανειακών τελειωμάτων των τοίχων, επειδή "αναπνέει", επιτρέποντας έτσι μια σταθερή ανταλλαγή αέρα μεταξύ εσωτερικού χώρου και εξωτερικού περιβάλλοντος, ενώ, εξάλλου, είναι εύκολη η συντήρηση και η ανακατασκευή του στις ζώνες που υφίσταται φθορές με τον χρόνο.
- *Κόλλα από καουτσούκ*: Οι κόλλες από συνθετικές ρητίνες μπορούν να γίνουν πηγές επιβλαβών αναθυμιάσεων για τον άνθρωπο. Αντίθετα, η κόλλα από καουτσούκ είναι φυσικό προϊόν, ατοξικό, αρκετά σταθερή, που διατηρεί τις συγκολλητικές της ιδιότητες στον χρόνο.
- *Κετσές από καρύδα*: Συνίσταται από το εξειδικευμένο Ινστιτούτο Οικοδομικής Βιολογίας (Institut fur Baubiologie) του Ρόχενχάιμ (Γερμανία), σαν ένα από τα "πράσινα" υλικά. Ο κετσές από καρύδα έχει πολλά πλεονεκτήματα σαν ηχομονωτικό υλικό σε επενδύσεις οροφών, όπου συμβάλλει σημαντικά στην απόσβεση των ταλαντώσεων και στην εξασθένιση της μετάδοσης των θορύβων (Lawson, 1996; Lotka, 1925).

III. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (Φ/Β)

III.A. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

Τα Φ/Β στοιχεία μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική, με τη βοήθεια του φωτοηλεκτρικού φαινομένου. Κάθε φωτοβολταϊκό στοιχείο αποτελείται από δύο στρώματα ημιαγωγού υλικού, συνήθως πυριτίου. Όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει στην ένωση αυτών των δύο στρωμάτων, παράγεται συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα. Η απόδοση των Φ/Β στοιχείων εξαρτάται από το υλικό και τον τρόπο κατασκευής τους. Οι πιο συνηθισμένοι τύποι Φ/Β στοιχείων είναι τα μονοκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου και τα άμορφα πολυκρυσταλλικά στοιχεία. Τα στοιχεία αυτά διαφέρουν τόσο στο ως προς τον τρόπο κατασκευής τους όσο και ως προς τα χαρακτηριστικά τους (χρώμα, εμφάνιση, ανακλαστικότητα, και ούτω καθεξής).

Ένα *ιδανικό ΦΒ* στοιχείο μπορεί να παρασταθεί στο ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα του από μία πηγή σταθερού ρεύματος συνδεδεμένης παράλληλα με μία ιδανική δίοδο.

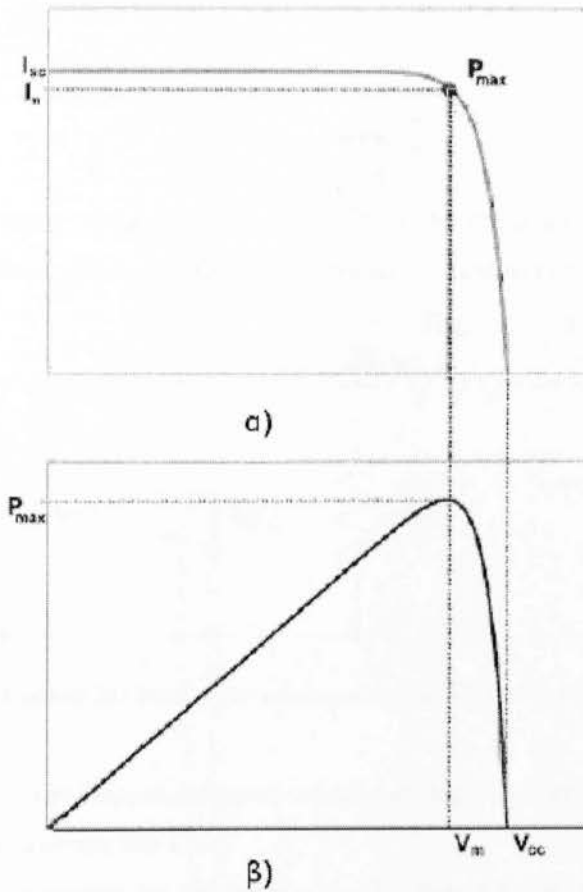


Εικόνα 19: Το ιδανικό Φ/Β

Η χαρακτηριστική καμπύλη ρεύματος – τάσης ($I - V$) του στοιχείου περιγράφεται από την εξίσωση του Shockley ως εξής :

$$I = I_{ph} - I_0 \left(e^{\frac{qV}{k_B T}} - 1 \right)$$

Όπου: I_{ph} , φωτόρευμα; I_0 , το ανάστροφο ρεύμα κόρου, q : το φορτίο του ηλεκτρονίου; k_B , η σταθερά του Boltzman T , η απόλυτη θερμοκρασία του Φ/Β στοιχείου σε βαθμούς K. Η καμπύλη ($I - V$) παρουσιάζεται στην εικόνα 20.



Εικόνα 20: Χαρακτηριστική καμπύλη $I-V$ και $P-V$

Στην ιδανική περίπτωση το ρεύμα βραχυκυκλώσεως I_{sc} είναι ίσο με το φωτόρρευμα I_{ph} και η τάση ανοικτού κυκλώματος V_{oc} είναι:

$$V_{oc} = \frac{k_B T}{q} \ln \left(I + \frac{I_{ph}}{I_0} \right)$$

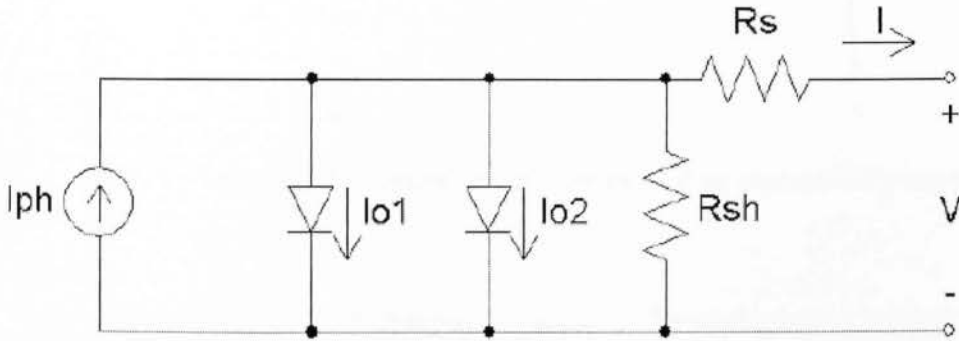
Η ισχύς $P = IV$ η οποία παράγεται από το στοιχείο παρουσιάζεται στην εικόνα 20. Η μέγιστη ισχύς P_{max} παρατηρείται για ρεύμα και τάση I_m και V_m αντίστοιχα. Επιπλέον ορίζεται ο συντελεστής πλήρωσης FF από την σχέση:

$$FF = \frac{I_m V_m}{I_{sc} V_{oc}} = \frac{P_{max}}{I_{sc} V_{oc}}$$

Ο συντελεστής πλήρωσης παίρνει τιμές μικρότερες του ένα και μπορεί να υπολογιστεί για το ιδανικό στοιχείο με την εμπειρική σχέση:

$$FF_o = \frac{v_{oc} - \ln(v_{oc} + 0.72)}{V_{oc} + 1} \quad \text{όπου } v_{oc} = \frac{V_{oc}}{k_B T}$$

Για την περιγραφή του ισοδύναμου κυκλώματος του μη ιδανικού ΦΒ στοιχείου χρησιμοποιείται μία διάταξη η οποία αποτελείται από δύο διόδους, μία παράλληλη αντίσταση Rsh και μία αντίσταση σειράς Rs

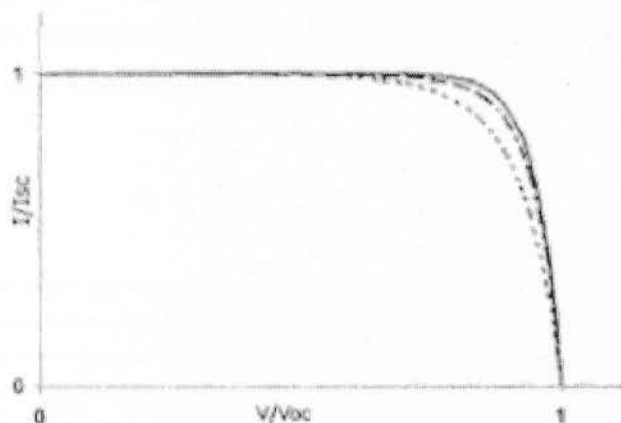


Εικόνα 21: Ισοδύναμο κύκλωμα του μη ιδανικού ΦΒ

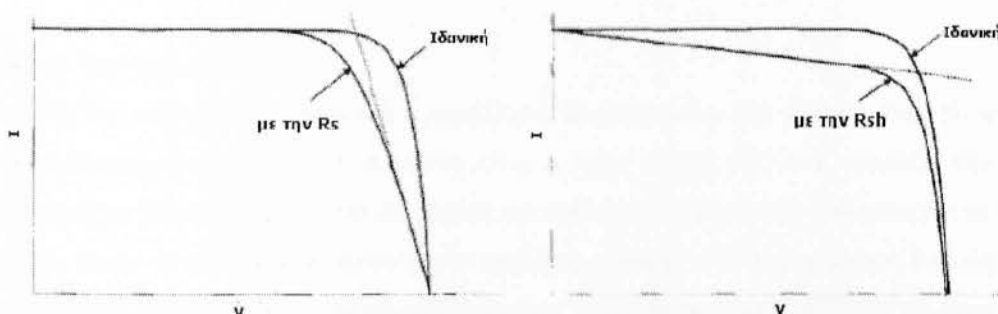
- Η αντίσταση Rsh είναι αφορά στην διαρροή ρεύματος μεταξύ των άκρων της επαφής p-n και η τιμή της υψηλής απόδοσης ΦΒ στοιχεία είναι μεγαλύτερη του 1 k.
- Η αντίσταση Rs αφορά στην αντίσταση της επαφής κατά τη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος από την διόδο και στο σύνολο των ωμικών αντιστάσεων των σημείων πρόσφυσης των ηλεκτροδίων της επαφής και των μεταλλικών κλάδων τους. Η τιμή της υψηλής απόδοσης ΦΒ στοιχεία είναι 0,1- 0,3. Η χαρακτηριστική καμπύλη ρεύματος – τάσης (I – V) του μη ιδανικού ΦΒ στοιχείου περιγράφεται από την εξίσωση:

$$I = I_{ph} - I_{o1} \left\{ \exp\left(\frac{V + IR_s}{k_B T}\right) - 1 \right\} - I_{o2} \left\{ \exp\left(\frac{V + IR_s}{2k_B T}\right) - 1 \right\} - \left(\frac{V + IR_s}{R_{sh}}\right)$$

Στην εικόνα 22 παρουσιάζεται η καμπύλη για τρεις διαφορετικούς λόγους ρευμάτων Io2/Io1 και στην εικόνα 23 οι επιδράσεις των αντιστάσεων Rs και Rsh αντίστοιχα.



Εικόνα 22: Χαρακτηριστική καμπύλη $I-V$ μη ιδανικού ΦΒ στοιχείου



Εικόνα 23: Οι επιδράσεις των αντιστάσεων R_s και R_{sh}

Ο συντελεστής πλήρωσης FF όπως διαμορφώνεται από τις αντιστάσεις υπολογίζεται από την σχέση:

$$FF = FF_o (1 - r_s) \left[1 - \frac{(V_{oc} + 0.7) FF_o (1 - r_s)}{V_{oc} r_p} \right] \quad \text{όπου } r_s = \frac{R_s I_{sc}}{V_{oc}} \text{ και } r_p = \frac{R_p I_{sc}}{V_{oc}}$$

Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά είναι ο βαθμός απόδοσης. ο βαθμός απόδοσης ορίζεται το πηλίκο της ηλεκτρικής ισχύος P_m που αποδίδει το ΦΒ στοιχείο προς την προσπίπτουσα ισχύ ακτινοβολίας στη επιφάνεια του P_{in} και καθορίζει την απόδοση της ενεργειακής μετατροπής:

Η απόδοση του ΦΒ στοιχείου εξαρτάται από:

- το υλικό του ημιαγωγού
- την πυκνότητα ισχύος της ακτινοβολίας στην οποία εκτίθεται
- την θερμοκρασία του ΦΒ στοιχείου.

Από τους κοινούς τύπους ΦΒ στοιχείων μεγαλύτερο συντελεστή απόδοσης παρουσιάζει αυτό του μονοκρυσταλλικού, έπειτα του πολυκρυσταλλικού και τέλος του άμορφου πυριτίου. Η ονομαστική τιμή της απόδοσης του ΦΒ στοιχείου υπολογίζεται κάτω από τις πρότυπες συνθήκες και αναφέρεται ως η_c, stc .

$$\eta_c = \frac{P_{sc}}{P_{in}} = \frac{I_m V_m}{P_{in}} = \frac{FF I_{sc} V_{oc}}{P_{in}}$$

Μέγεθος	Τιμή
Πυκνότητα Ακτινοβολίας E	1000 W/m ²
Μάζα Αέρα AM *	1.5
Θερμοκρασία Στοιχείου T _a	25 °C

(Ασκερίδης και Παντελαίος, 2008; Oliver and Jackson, 2001)

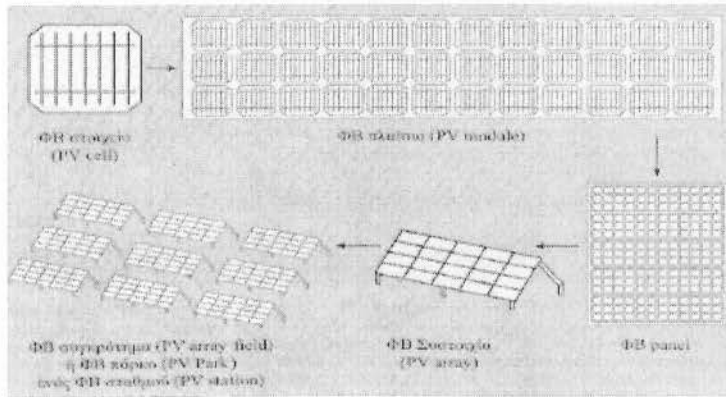
III.B. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Ομάδες Φ/Β στοιχείων συνδεδεμένες σε σειρά ή παράλληλα διαμορφώνουν ένα Φ/Β πλαίσιο. Το πιο σημαντικό από τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός Φ/Β πλαισίου είναι η ισχύς αιχμής (W) που εκφράζει την παραγόμενη ηλεκτρική ισχύ όταν το Φ/Β πλαίσιο εκτεθεί σε ηλιακή ακτινοβολία 1 kW/m². Με δεδομένο ότι τα Φ/Β πλαίσια που κυκλοφορούν αυτήν τη στιγμή στην αγορά έχουν απόδοση περίπου 11% (μετατρέπουν, δηλαδή, το 11% της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια), ένα πλαίσιο επιφάνειας 1 m² παράγει περίπου 110 W ηλεκτρικής ισχύος. Αν, παραδείγματος χάριν, θεωρήσουμε ότι στην Ελλάδα η μέση ετήσια προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία είναι περίπου 1.800 kWh/m², ένα Φ/Β σύστημα ονομαστικής ισχύος kW (και επιφάνειας περίπου 30 m²) έχει τη δυνατότητα παραγωγής 4.500 kWh/έτος, ενέργεια ικανή να καλύψει την κατανάλωση μιας τετραμελούς οικογένειας. Για την κάλυψη φορτίων μεγαλύτερης ισχύος, είναι δυνατή η δημιουργία Φ/Β συστοιχιών συνδέοντας πολλά Φ/Β στοιχεία μεταξύ τους σε σειρά και παράλληλα.

Οι συνηθισμένες ηλεκτρικές ενεργειακές καταναλώσεις δεν είναι δυνατόν να τροφοδοτηθούν από την μικρή ισχύ του ΦΒ στοιχείου. Η σύνδεση πολλών ΦΒ στοιχείων σε σειρά, με την ίδια λογική σύνδεσης ηλεκτρικών πηγών αποτελούν τη λύση στο παραπάνω πρόβλημα. Η παραπάνω διάταξη στην τελική της κατασκευή με συγκεκριμένα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά και μηχανική αντοχή, αποτελεί το ΦΒ πλαίσιο. Το ΦΒ πλαίσιο μπορεί να περιέχει περισσότερα ΦΒ στοιχεία στη σειρά και παράλληλη εσωτερική σύνδεση, με σκοπό την αύξηση της ισχύος αιχμής του. Χαρακτηριστικό των ΦΒ πλαισίων είναι πως παρουσιάζουν βαθμό απόδοσης αρκετά μικρότερο από τον εργαστηριακό. Περισσότερα για τον βαθμό απόδοσης του πλαισίου αναφέρονται στο κεφάλαιο για τον υπολογισμό της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Πλαισίου	Μονοκρυσταλλικό	Πολυκρυσταλλικό	Άμορφο
Απόδοση %	13-16	12-14	6-8

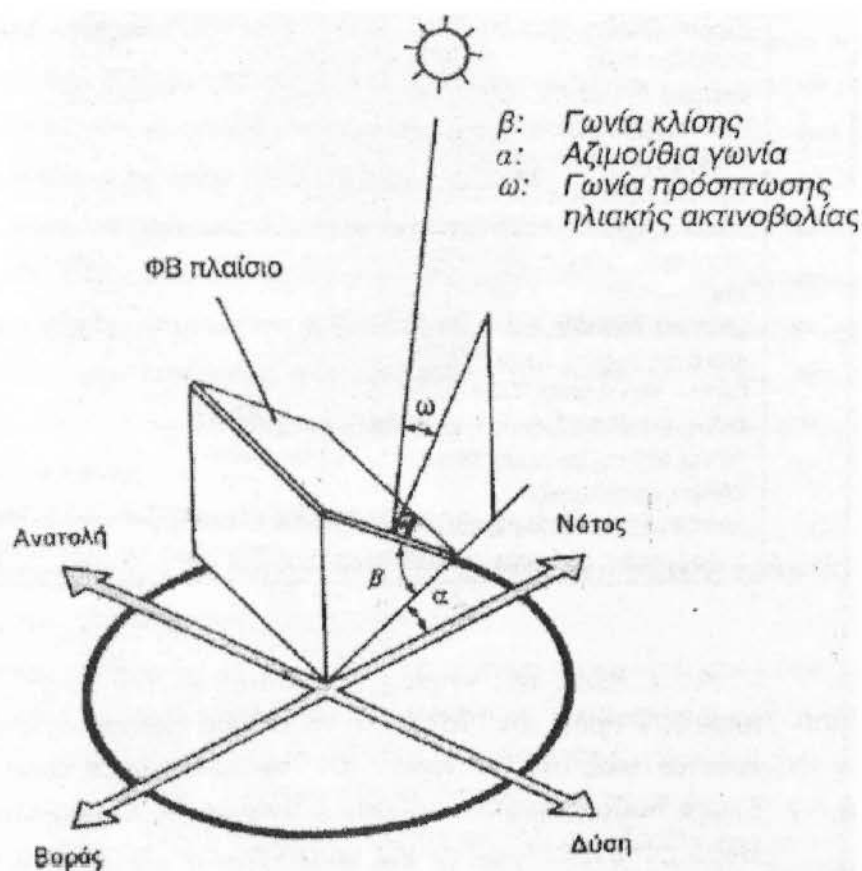
Με τη σειρά του το ΦΒ πλαίσιο αποτελεί τη βασική μονάδα, μιας ομάδας πλαισίων σε ενιαία κατασκευή έτοιμη για εγκατάσταση, το ΦΒ πανέλο (panel). Τέλος ένα σύνολο από ΦΒ συστοιχίες ονομάζεται ΦΒ πάρκο, το οποίο μαζί με τις απαραίτητες διατάξεις δημιουργούν έναν ΦΒ σταθμό.



Εικόνα 24: ΦΒ σταθμός

III.B. 1. Προσανατολισμός ΦΒ πλαισίων

Η αποδοτική λειτουργία των ΦΒ συστημάτων εξαρτάται κατά μεγάλο βαθμό από τη σωστή τοποθέτηση και διάταξη των πλαισίων. Ο προσανατολισμός τους στην επιφάνεια της γης, περιγράφεται από την αζιμούθια γωνία (α) και την γωνία κλίσης (β). Η αζιμούθια γωνία σχηματίζεται από την προβολή της κατακόρυφου του ΦΒ πλαισίου πάνω στο οριζόντιο επίπεδο και από τον Νότο. Συνεπώς όταν έχουμε $\alpha = 0^\circ$, αυτό αντιστοιχεί σε τοποθέτηση του ΦΒ πλαισίου με νότιο προσανατολισμό (βέλτιστη κλίση). Με γωνία α ίση με 90° έχουμε προσανατολισμό προς τη Δύση, με $\alpha = -90^\circ$ προς την Ανατολή και με γωνία $\alpha = -180^\circ$, ο προσανατολισμός είναι προς το Βορρά. Η γωνία κλίσης σχηματίζεται από το επίπεδο του ΦΒ πλαισίου και το οριζόντιο επίπεδο και δείχνει την κλίση του πλαισίου.



Εικόνα 25: Προσανατολισμός πλαισίου

Στις περιοχές του βόρειου ημισφαιρίου τα πλαίσια τοποθετούνται προς το Νότο ($\alpha = 0$), ενώ στο νότιο ημισφαίριο, τοποθετούνται προς το Βορρά ($\alpha = -180^\circ$). Αν η θέση του κτιρίου δεν επιτρέπει τον προσανατολισμό των πλαισίων προς το Νότο (βόρειο ημισφαίριο), τότε αυτά τοποθετούνται είτε προς την Ανατολή, είτε προς τη Δύση, όχι όμως προς το Βορρά, γιατί τότε έχουν πολύ χαμηλή απόδοση. Μόνο για οριζόντια πλαίσια επιτρέπεται ο προσανατολισμός προς το Βορρά. Στις περιπτώσεις που η τοποθέτηση δεν καθορίζεται από την κλίση της επιφάνειας που τοποθετούνται (π.χ. πλαϊνοί τοίχοι), η βέλτιστη γωνία κλίσης στο βόρειο ημισφαίριο εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου και την περίοδο λειτουργίας του συστήματος. Στο μεγαλύτερο ποσοστό των περιπτώσεων, τα πλαίσια τοποθετούνται με σταθερή γωνία κλίσης και λόγω της συνεχούς μετακίνησης του ήλιου κατά τη διάρκεια του έτους, η βέλτιστη γωνία κλίσης των ΦΒ πλαισίων διαφέρει από εποχή σε εποχή. Γενικά ισχύει ανάλογα με την απαίτηση ισχύος κατά εποχή ανά γεωγραφικό πλάτος λ :

- $\beta = \lambda + 15^\circ$ Μεγαλύτερη παραγωγή κατά τους χειμερινούς μήνες
- $\beta = \lambda - 15^\circ$ Μεγαλύτερη παραγωγή κατά τους θερινούς μήνες
- $\beta = \lambda - 10^\circ$ έως -15° Μέγιστη ετήσια παραγωγή και αποδοτικότητα (Marsden *et al.*, 1990)

συνεχούς ρεύματος που χρησιμοποιούνται για την κυκλοφορία του αέρα ή του νερού στους ηλιακούς συλλέκτες. Έχει ενσωματωμένο ρυθμιστή ισχύος ο οποίος διακόπτει τη λειτουργία του Φ/Β συστήματος, όταν η ηλιακή ενέργεια δεν επαρκεί, και δεν απαιτεί τη χρήση συσσωρευτών για την αποθήκευση της ενέργειας. Σε ορισμένες περιπτώσεις, αποτελείται από μόνο ένα Φ/Β πλαίσιο, το οποίο τροφοδοτεί έναν μικρό ανεμιστήρα που το χειμώνα χρησιμεύει για την κυκλοφορία του θερμού αέρα από ένα θερμοκήπιο στο υπόλοιπο κτίριο ή τον αερισμό των υπερθερμαινόμενων χώρων το καλοκαίρι.

Η τάση που παράγεται κυμαίνεται από 0,5-1,2 V, ανάλογα με τον τύπο του Φ/Β στοιχείου. Τα Φ/Β στοιχεία είναι πολύ λεπτά (~0,3 mm) άρα και πολύ ευαίσθητα, γι' αυτό πρέπει να προστατεύονται από τις εξωτερικές επιδράσεις. Τοποθετούνται λοιπόν μέσα σε πλαίσια, που αποτελούνται από σκληρυμένο γυαλί κάτω από το οποίο απλώνονται τα Φ/Β στοιχεία και συνδέονται ηλεκτρονικά μεταξύ τους. Τα Φ/Β στοιχεία παράγουν συνεχή τάση (D.C). Όταν ηλιακή ακτινοβολία προσπέσει σε ένα Φ/Β στοιχείο, ανάλογα με το υλικό και τον τρόπο κατασκευής του, μετατρέπεται ένα 5-16% αυτής σε ηλεκτρική ενέργεια (με τη σημερινή τεχνολογία). Ήδη υπάρχουν βάσιμες ελπίδες σε νέες έρευνες που γίνονται, ότι σύντομα θα φτάσει το 40%, ενώ το υπόλοιπο μετατρέπεται σε θερμότητα. Το ποσοστό εξαρτάται από την χρησιμοποιούμενη τεχνολογία, η οποία σήμερα είναι κυρίως τριών ειδών:

α) Μονοκρυσταλλικά

β) Πολυκρυσταλλικά

γ) Αμορφα

Τα τελευταία έχουν χαμηλότερη απόδοση, αλλά είναι φθηνότερα. Να αναφέρουμε επίσης ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας δεν επηρεάζεται από χαμηλές εξωτερικές θερμοκρασίες. Κρύα Φ/Β δουλεύουν καλύτερα από τα θερμά δηλ. με ηλιοφάνεια το χειμώνα η απόδοση μπορεί να είναι καλύτερη από το καλοκαίρι (Masoum and Dehbonei, 2002).

III.Γ. 1. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Φ/Β συστημάτων

Πλεονεκτήματα

1. Παράγουν «δωρεάν» ηλεκτρική ενέργεια από τον ήλιο.
2. Δεν έχουν κινούμενα μέρη και λειτουργούν αθόρυβα.
3. Όχι μόνο δεν ρυπαίνουν το περιβάλλον με αέρια ή άλλα κατάλοιπα, αλλά αποτρέπουν κατά μέσο όρο την έκλυση 1,5 tn CO₂ κατ' έτος, όσο δηλ. θα απορροφούσαν περίπου δύο στρέμματα δάσους.
4. Μπορούν να λειτουργήσουν αυτόνομα και αξιόπιστα, χωρίς την παρουσία χειριστή.
5. Μπορούν να εγκατασταθούν και να λειτουργήσουν σε απομονωμένες περιοχές.
6. Δεν καταναλώνουν κάποιο είδος καυσίμου.
7. Μπορούν να λειτουργήσουν παράλληλα με άλλα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

8. Λειτουργούν χωρίς προβλήματα κάτω από όλες τις καιρικές συνθήκες.
9. Χρειάζονται ελάχιστη συντήρηση.
10. Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής(που φθάνει τα 30 έτη).
11. Είναι λειτουργικά, καθώς προσφέρουν επεκτασιμότητα ανάλογα με τις ανάγκες σε φορτίο και δυνατότητα αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας (σε δίκτυο ή συσσωρευτές).
12. Δεν ελέγχονται από κανένα(ή καμία εταιρεία) και αποτελεί ανεξάντλητο εγχώριο ενεργειακό πόρο που δίνει ανεξαρτησία, προβλεψιμότητα και ασφάλεια στην ενεργειακή τροφοδοσία.
13. Βοηθούν στην ορθολογική χρήση και εξοικονόμηση ενέργειας, κάνοντας τον καταναλωτή που διαθέτει φωτοβολταϊκά πιο προσεκτικό και ενήμερο στον τρόπο που καταναλώνει την ενέργεια, αλλά και στα στοιχεία που αφορούν την παραγόμενη και καταναλισκόμενη ενέργεια.
14. Βοηθούν στην αποκέντρωση της ενέργειας σε μικρές τοπικές μονάδες που δεν έχουν τις μεγάλες ενεργειακές απώλειες που αντιμετωπίζει το κυρίως ηλεκτρικό δίκτυο(~12% στην Ελλάδα). Η εφαρμογή τους σε νησιά με αδύναμα δίκτυα είναι ιδιαίτερα σημαντική.
15. Βοηθούν στην αποφυγή black out, εφ' όσον η μέγιστη παραγωγή γίνεται καλοκαίρι και μεσημέρι, ώρες δηλ. που έχουμε τις ημερήσιες αιχμές ζώνης, βοηθώντας στην εξομάλυνση των αιχμών φορτίου(μέχρι και 20%) και τη μείωση του συνολικού κόστους ηλεκτροπαραγωγής από την ΔΕΗ, δεδομένου ότι η κάλυψη των αιχμών είναι ιδιαίτερα δαπανηρή.
16. Δίνουν κύρος στον χρήστη τους(τουλάχιστον στις προηγμένες χώρες!) και βελτιώνουν το «πρόσωπο» των επιχειρήσεων που τα χρησιμοποιούν.
Στις πιο ανεπτυγμένες αγορές η εγκατάσταση Φ/Β αποτελεί πλέον τον κανόνα σε κάθε νέα κτιριακή εφαρμογή.
17. Δημιουργούν σήμερα περισσότερες θέσεις εργασίας ανά MW ή /και ανά επενδυμένο € από οποιαδήποτε άλλη ενεργειακή τεχνολογία. Η εγχώρια παραγωγή Φ/Β συνεπάγεται εκατοντάδες θέσεις εργασίας.
18. Αποτελούν μέσο εισόδου ξένων επενδύσεων στην Ελλάδα.
19. Συμβάλουν στην Περιφερειακή Ανάπτυξη και την τοπική απασχόληση, λόγω του αποκεντρωμένου χαρακτήρα της.

Μειονεκτήματα

1. Έχουν ακόμα υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης(που επιδεινώνεται με την έλλειψη επιδοτήσεων-αυτό για την Ελλάδα!)
2. Απαιτούν σχετικά μεγάλες επιφάνειες εγκατάστασης.
3. Έχουν ακόμη (σήμερα) σχετικά μικρό βαθμό απόδοσης.

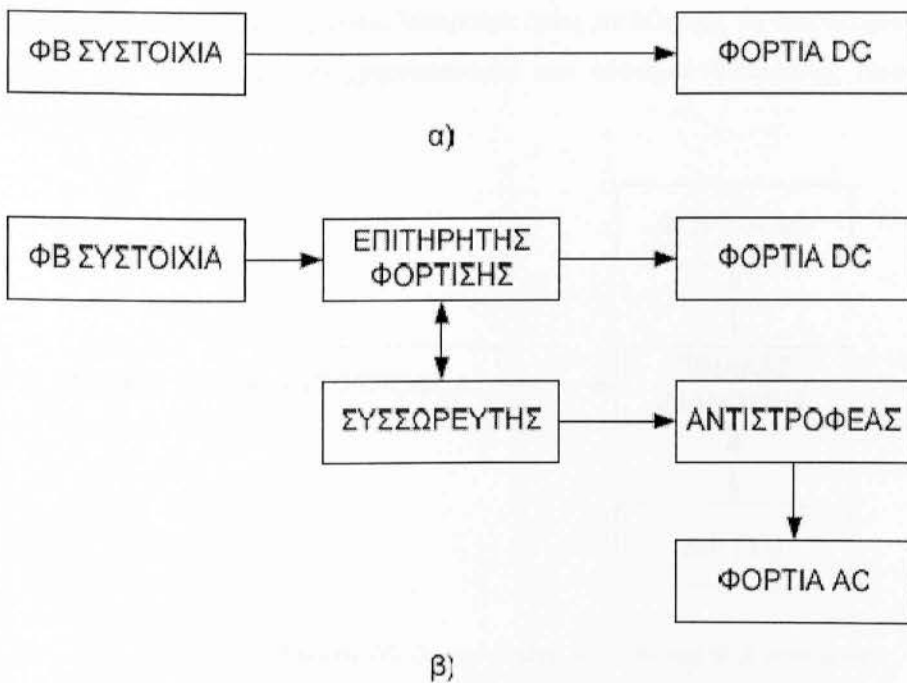
4. Η λειτουργία τους εξαρτάται από τις συνθήκες νέφωσης και ως εκ τούτου δεν μπορούν να θεωρηθούν αυτόνομα συστήματα συνεχούς παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος και θα πρέπει να συνδυάζεται η λειτουργία τους με επιπλέον συστήματα, ώστε να εξασφαλίζεται αδιάλειπτη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Pacca *et al.*, 2007).

III.G. 2. Τρόποι εγκατάστασης Φ/Β συστημάτων

Σήμερα χρησιμοποιούνται οι παρακάτω τρόποι εγκατάστασης Φ/Β συστημάτων:

α) Αυτοδύναμα ή Αυτόνομα Φ/Β συστήματα (off-grid systems/inselanlagen)

Είναι ιδανικά για απομακρυσμένες περιοχές όπου δεν υπάρχει τρόπος σύνδεσης με το δίκτυο και όπου είναι δύσκολη η μεταφορά καυσίμου σε περίπτωση χρήσης γεννήτριας ντίζελ. Το σύστημα απαιτεί και την ύπαρξη μονάδας αποθήκευσης (μπαταρίας) για την συνεχή λειτουργία του κατά τις νυκτερινές ώρες ή ώρες συννεφιάς. Ένας ειδικός ρυθμιστής φόρτισης ρυθμίζει την ενέργεια των Φ/Β για να εξασφαλίσει την άριστη φόρτιση των μπαταριών. Σε απλές εγκαταστάσεις, η ενέργεια απορροφάται κατ'ευθείαν από τις μπαταρίες από DC καταναλωτές, ενώ σε εγκαταστάσεις με συνήθεις AC καταναλωτές, το ρεύμα της μπαταρίας μετατρέπεται από συνεχές σε εναλλασσόμενο με αντιστροφέα (inverter).



Εικόνα 27: Αυτόνομο Φ/Β σύστημα άμεσης τροφοδοσίας του φορτίου και με αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας

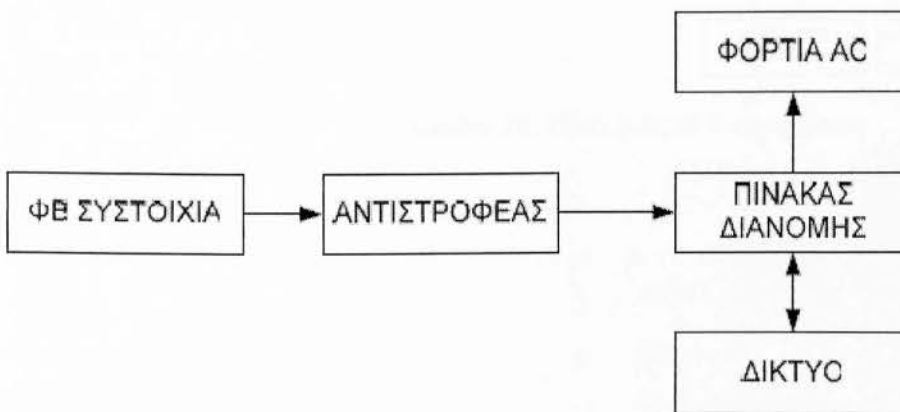
Τέτοια συστήματα χρησιμοποιούνται σήμερα σε αναμεταδότες (ραδιοφώνου ή TV), σε συστήματα επιτήρησης, σε τηλεφωνικούς θαλάμους, σε κεραιές κινητής τηλεφωνίας, σε φάρους, σε διαφημιστικές πινακίδες, στάσεις συγκοινωνίας και σε φωτισμό δρόμων και εθνικών οδών. Επίσης σε βάρκες και τροχόσπιτα, σε αρδεύσεις,

γεωτρήσεις και σε. Όλες αυτές οι εφαρμογές χρησιμοποιούν μπαταρίες για αποθήκευση, αλλά αν απαιτούνται μεγαλύτερα ποσά ενέργειας, μπορούν να συνδυαστούν με γεννήτριες βιομάζας, με ανεμογεννήτριες ή με γεννήτριες ντίζελ, ώστε να έχουμε ένα υβριδικό σύστημα τροφοδότησης ενέργειας (Chojnacki and Teneta, 2000).

β) Διασυνδεδεμένα με το δίκτυο Φ/Β συστήματα (grid-connected systems/netzgekoppelte anlage)

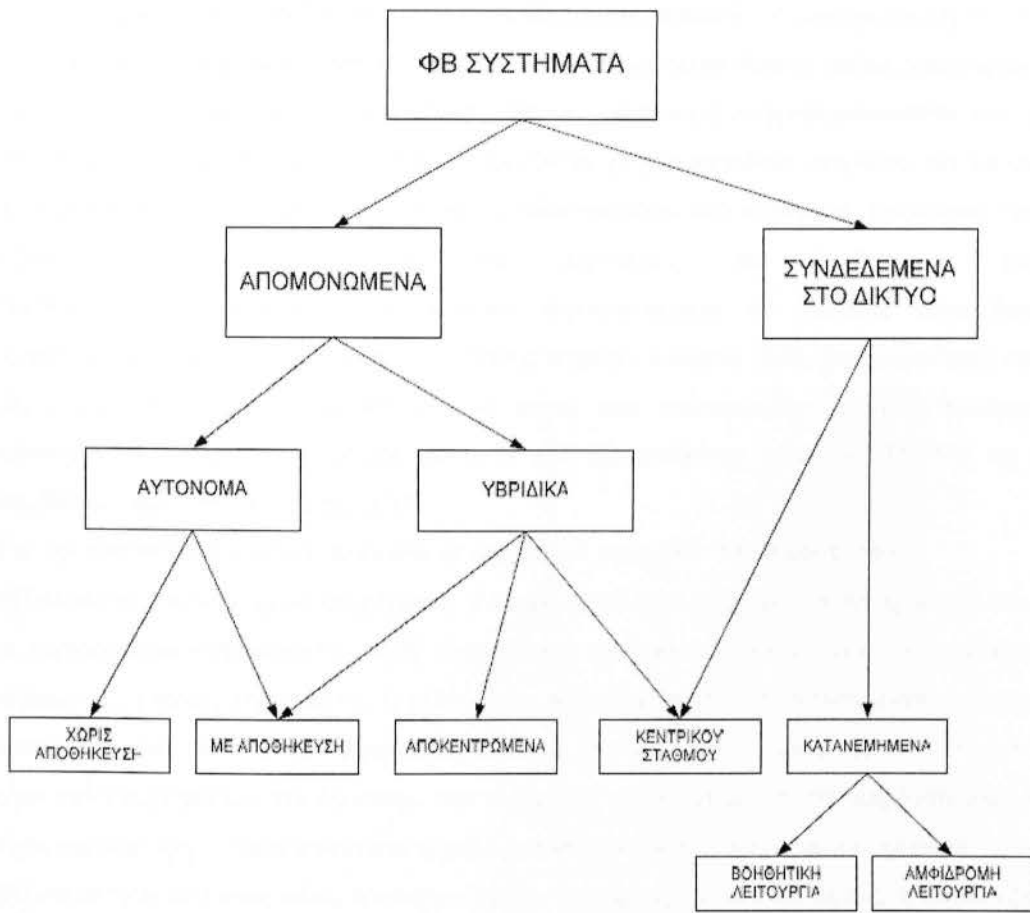
Θεωρούμε ότι θα αποτελέσουν, την κύρια περιοχή ενδιαφέροντος για τα επόμενα χρόνια, όταν επιτέλους αλλάξει η ελληνική νομοθεσία και δώσει κίνητρα, όπως σε όλες τις προηγμένες χώρες, και στις μικρές οικιακές Φ/Β εγκαταστάσεις (<5KW).

Αυτά τα συστήματα συνδέονται με το τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο. Αυτό σημαίνει ότι κατά την διάρκεια της ημέρας ο ηλεκτρισμός που παράγεται από ένα Φ/Β σύστημα μπορεί ή να χρησιμοποιηθεί άμεσα (κάτι που είναι σύνηθες για συστήματα που εγκαθίστανται σε κτίρια γραφείων και άλλων εμπορικών χρήσεων) ή μπορεί να πωληθεί στην ΔΕΗ (κάτι που είναι σύνηθες για οικιακά συστήματα που ο ιδιοκτήτης μπορεί να λείπει κατά τη διάρκεια της ημέρας). Τη νύχτα, όταν το Φ/Β δεν μπορεί πια να παράγει ενέργεια, μπορεί να αγοραστεί πλέον ενέργεια από τη ΔΕΗ. Στην πράξη δηλ. η ΔΕΗ λειτουργεί σαν μια αποθήκη ενέργειας, γι' αυτό αυτά τα συστήματα δεν χρειάζονται μπαταρίες για αποθήκευση. Μπορούμε όμως, αν θέλουμε, να τοποθετήσουμε μπαταρίες, οπότε πλέον το Φ/Β μας σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν σύστημα Αδιάλειπτης Παροχής Ενέργειας (UPS), σε περίπτωση διακοπής ρεύματος.



Εικόνα 28: Διασυνδεδεμένα με το δίκτυο Φ/Β συστήματα

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι στην αντιμετώπιση από την ηλεκτρική εταιρεία ενός διασυνδεδεμένου συστήματος Φ/Β. Για παράδειγμα, στην Γερμανία, όλη η ενέργεια που παράγεται πωλείται στην ηλεκτρική εταιρεία και ο καταναλωτής αγοράζει για τις ανάγκες του. Αντίθετα στην Αυστρία, η ενέργεια που παράγεται, πρώτα καλύπτει τις ανάγκες του παραγωγού και το περίσσειμα δίνεται (πωλείται) στο ηλ. Δίκτυο (Calais and Agelidis, 1998).



Εικόνα 29: Κατηγορίες Φ/Β συστημάτων

IV. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ Φ/Β ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ

Τα Φ/Β μπορούν να τοποθετηθούν σε οικοπέδα, στέγες (επίπεδες ή κεκλιμένες) ή και σε προσόψεις κτιρίων. Παρέχονται σε διάφορα μεγέθη και μπορούν π.χ. να υποκαταστήσουν τμήμα μιας κεραμοσκεπής (μειώνοντας αντίστοιχα και το κόστος) ή τα υαλοστάσια σε μια πρόσοψη ή να χρησιμοποιηθούν σαν φωταγωγοί (skylights). Ήδη παράγονται και Φ/Β κεραμίδια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη θέση των κανονικών κεραμιδιών. Τα Φ/Β μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως σκίαστρα πάνω από παράθυρα (βοηθώντας έτσι και στη μείωση των εξόδων κλιματισμού). Επίσης σε πέργκολες και στέγαστρα χώρων στάθμευσης. Παρέχονται σε διάφορα χρώματα (κατόπιν παραγγελίας) και σε διάφορα πάχη διαφάνειας για ειδικές αρχιτεκτονικές εφαρμογές. Διατίθενται επίσης σήμερα διαφανή Φ/Β, για προσόψεις εμπορικών κτιρίων, με θερμομονωτικές ιδιότητες αντίστοιχες με αυτές των υαλοστασίων χαμηλής εκπεμπιμότητας (low-e) που επιτυγχάνουν πέραν της ηλεκτροπαραγωγής και εξοικονόμηση ενέργειας 15-30% σε σχέση με κτίριο με συμβατικά υαλοστάσια (Bjarne, 2010).

Για την τοποθέτηση των Φ/Β πλαισίων σε ένα κτίριο, υπάρχουν 4 βασικοί τρόποι:

α) Τοποθέτηση σε κεκλιμένα στηρίγματα, Υπάρχει μεγάλη ποικιλία από ξύλινα ή μεταλλικά είδη στηριγμάτων και οι περισσότεροι κατασκευαστές Φ/Β συστημάτων προσφέρουν στηρίγματα που ταιριάζουν ακριβώς στα Φ/Β πλαίσια. Σε μερικές περιπτώσεις, η κλίση είναι ρυθμιζόμενη. Η τοποθέτηση αυτή προσφέρει εύκολη πρόσβαση τόσο στο εμπρός όσο και στο πίσω μέρος των Φ/Β πλαισίων, όταν χρειάζεται να γίνει συντήρηση βοηθά, επίσης, στον καλό αερισμό και στο δροσισμό των στοιχείων, αυξάνοντας έτσι την απόδοσή τους. Εντούτοις, το κόστος είναι σχετικά υψηλό, γιατί απαιτείται η χρήση πρόσθετων υλικών και επιπλέον εργασία.

β) Τοποθέτηση σε ειδική βάση προσαρμοζόμενη στο εξωτερικό του κελύφους, η οποία εξέρχει από την οροφή ή την πρόσοψη του κτιρίου. Η κατασκευή αυτή στηρίζεται στο εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου. Χρειάζεται, όμως, προσοχή για την καλή μόνωση των σημείων στα οποία στηρίζεται η βάση. Η τοποθέτηση αυτή επιτρέπει επίσης τον καλό αερισμό και την ψύξη των Φ/Β στοιχείων. Το κόστος είναι συνήθως μικρότερο σε σύγκριση με το κόστος που απαιτεί η τοποθέτηση σε κεκλιμένα στηρίγματα, αλλά μεγαλύτερο από το κόστος των μεθόδων που περιγράφονται στη συνέχεια. Αποτελεί μια καλή λύση, ειδικά σε ανακαινιζόμενα κτίρια, στα οποία δεν είναι δυνατόν να γίνουν μεγάλες αλλαγές στο εξωτερικό του κελύφους.

γ) Απ' ευθείας τοποθέτηση. Στην περίπτωση αυτή, η εξωτερική επίστρωση του κτιρίου αντικαθίσταται από Φ/Β πλαίσια. Παραδείγματος χάριν, τα Φ/Β στοιχεία τοποθετούνται με τρόπο που το ένα να επικαλύπτει εν μέρει το άλλο, όπως ακριβώς τα κεραμίδια. Το φωτοβολταϊκό κάλυμμα προστατεύει το κτίριο, αλλά δεν είναι πλήρως στεγανό και απαιτούνται μέτρα για τη στεγανοποίησή του. Το κόστος όμως αυτής της μεθόδου είναι σχετικά χαμηλό, γιατί απαιτεί ελάχιστα πρόσθετα υλικά. Επίσης, η υποκατάσταση ορισμένων δομικών υλικών που χρησιμοποιούνται για την εξωτερική κάλυψη του κελύφους του από τα Φ/Β πλαίσια μειώνει το συνολικό κόστος.

δ) Ενσωμάτωση των Φ/Β στο κέλυφος του κτιρίου. Η μέθοδος αυτή συνίσταται στην υποκατάσταση ολόκληρων τμημάτων του κτιριακού κελύφους από Φ/Β πλαίσια. Η καλή εφαρμογή αυτής της τεχνικής απαιτεί τη στεγανή σύνδεση των Φ/Β πλαισίων μεταξύ τους. Παραδείγματος χάριν, Φ/Β στοιχεία χωρίς μεταλλικό σκελετό

τοποθετούνται σε στηρίγματα παρόμοια με αυτά που χρησιμοποιούνται για τη στήριξη συμβατικών διαφανών οροφών ή προσόψεων. Φα νέα τύπου ημιδιαφανή στοιχεία είναι δυνατόν να τοποθετηθούν στη θέση υαλοπινάκων ή αδιαφανών στοιχείων, παρέχοντας στο σχεδιαστή τη δυνατότητα εφαρμογής τεχνικών φωτισμού και ηλιοπροστασίας παράλληλα με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ενσωμάτωση των Φ/Β παρέχει δυνατότητες για σημαντική μείωση του κόστους, καθώς εξοικονομείται το κόστος των δομικών στοιχείων του κελύφους τα οποία αντικαθίστανται από τα Φ/Β στοιχεία.

Τα Φ/Β μπορεί να είναι με ή χωρίς πλαίσιο(συνήθως από αλουμίνιο).Τα πρώτα χρησιμοποιούνται σε κεκλιμένες στέγες(ενσωματωμένα ή πρόσθετα) ή σε επίπεδες οροφές, ενώ τα δεύτερα σε προσόψεις(σαν κοινός υαλοπίνακας) ή τοιχώματα (Markvart and Castaner, 2003).

Το κόστος

Για την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων προβλέπεται και επιδότηση, δυστυχώς όμως αφορά στα σχετικά μεγάλα συστήματα και αποκλείονται, μέχρι στιγμής τουλάχιστον, οι μικροί καταναλωτές. Υπάρχουν δύο διαφορετικοί τρόποι για να πάρει κανείς επιδοτήσεις. Ο ένας είναι ο αναπτυξιακός νόμος 1892/90 που αφορά σε επιχειρήσεις και καλύπτει ένα ποσοστό 40-55% του συνολικού κόστους του συστήματος. Η δεύτερη οδός είναι μέσω του ΕΠΕ, που ξεκίνησε από τις αρχές του '97 και έχει τριετή διάρκεια. Το πρόγραμμα αυτό επιδοτεί το 55% του συνολικού κόστους του συστήματος, αλλά για επένδυση μεγαλύτερη των 58.694 ευρώ.

Φωτεινό παράδειγμα είναι το «ηλιακό ξενοδοχείο» Elounda Island Villas στην Κρήτη, του κ. Ηλία Αλεξόπουλου, ο οποίος επωφελήθηκε του αναπτυξιακού νόμου και επένδυσε το ποσό των 51.470 ευρώ σε φωτοβολταϊκά (το 43% του ποσού καλύφθηκε από την επιδότηση). Αυτό σημαίνει ότι μετά από 4 χρόνια, οπότε υπολογίζεται ότι θα έχει αποσβεστεί το επενδεδυμένο ποσό, και για τα υπόλοιπα 30 χρόνια το ξενοδοχείο θα έχει εξασφαλίσει δωρεάν ρεύμα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ΔΕΗ ζητούσε 102.000 ευρώ για να συνδέσει το απομακρυσμένο ξενοδοχείο με το δίκτυό της. Το φωτοβολταϊκό σύστημα που έχει τοποθετηθεί είναι ισχύος 6,5 kW και έχει σχεδιαστεί για να ηλεκτροδοτεί με 220 V το φωτισμό του συγκροτήματος, 11 οικιακά ψυγεία και 3 επαγγελματικά, καταψύκτη, φούρνο μικροκυμάτων και διάφορες μικροσυσκευές.

Το κόστος των Φ/Β συστημάτων εκφράζεται συνήθως σε euro./W αιχμής. Η κυριότερη συνιστώσα του συνολικού κόστους είναι το κόστος των Φ/Β πλαισίων.

Από υπολογισμούς προκύπτει ότι το κόστος για ένα Φ/Β σύστημα κατανέμεται ως εξής:

- Φ/Β πλαίσια: 40-60%.
- Συσσωρευτές: 15-25%.
- Αντιστροφείς: 10-15%.
- Υποδομή στήριξης: 10-15%.
- Σχεδιασμός και εγκατάσταση: 8-12%.

Τα Φ/Β πλαίσια έχουν διάρκεια ζωής έως και 20 ετών χωρίς ιδιαίτερη συντήρηση, ενώ σε αυτό το διάστημα οι συσσωρευτές αντικαθίστανται 4-5 φορές.

Σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος ενός συστήματος είναι το είδος της εφαρμογής και το αν το σύστημα είναι συνδεδεμένο ή όχι. Το κόστος είναι συνήθως χαμηλότερο για συστήματα συνδεδεμένα με το δίκτυο και η διαφορά οφείλεται στο γεγονός ότι, σε αντίθεση με τα αυτόνομα συστήματα, δεν απαιτούν συσσωρευτές. Επίσης, το κόστος ανά W μειώνεται με την αύξηση του μεγέθους του Φ/Β συστήματος.

Το κόστος στην Ελλάδα των αυτόνομων Φ/Β συστημάτων, συμπεριλαμβανομένων των συσσωρευτών είναι της τάξεως των 8.217 με 9.391 ευρώ/kW, ενώ το κόστος των συνδεδεμένων με το δίκτυο Φ/Β συστημάτων είναι της τάξεως των 7.336 ευρώ/kW. Πρόσφατες εκτιμήσεις αναφέρουν ότι το κόστος παραγόμενης ενέργειας από Φ/Β ανέρχεται στα 0,44 ευρώ/kWh για συνδεδεμένο σύστημα και στα 0,65 ευρώ/kWh για αυτόνομο σύστημα λίγων kW εγκατεστημένης ισχύος. Υπάρχουν, επίσης, επιδοτήσεις (όχι ακόμα σε ατομικούς καταναλωτές) στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ενέργειας (ΕΠΕ) (Oliver and Jackson, 2001).

IV. Α. ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

1. Σκίαση

Πρέπει να υπάρχει επαρκής ελεύθερος και ασκίαστος χώρος. Χονδρικά απαιτούνται 8 m²/KW για μονοκρυσταλλικά Φ/Β, 10 m² για πολυκρυσταλλικά και περίπου το διπλάσιο για τα άμορφα.

2. Προσανατολισμός

Τα Φ/Β πρέπει να έχουν Νότιο προσανατολισμό. Αν τοποθετηθούν σε κάθετη επιφάνεια, ο προσανατολισμός είναι καλύτερα να είναι Νοτιοανατολικός ή Νοτιοδυτικός. Αν είναι κεκλιμένα, μια μεγαλύτερη ποικιλία προσανατολισμών θα δίνει ανεκτά ενεργειακά αποτελέσματα. Ο Βόρειος προσανατολισμός πρέπει οπωσδήποτε να αποφεύγεται.

3. Κλίση

Μία κεκλιμένη Φ/Β μονάδα θα δέχεται περισσότερο φως από μία κατακόρυφη. Κάθε γωνία μεταξύ της ορθής και αυτής των 150 μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Οι 150 προτείνονται για να επιτρέπουν στη βροχή να ξεπλένει τη σκόνη. Η βέλτιστη γωνία είναι 30-40ο για ένα Φ/Β που βλέπει Νότια. Κανονικά πρέπει να είναι ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου στον οποίο εγκαθίσταται.

4. Υπαρξη κατάλληλου χώρου για τα ηλεκτρικά συστήματα και τις μπαταρίες.

5. Βάρος (αν τοποθετηθεί σε στέγη)

Ένα πλήρες Φ/Β ζυγίζει 15-20 kg/m². Αυτό δεν αποτελεί κάποιο ιδιαίτερο πρόβλημα, αλλά καλό είναι να το γνωρίζουμε και να ληφθεί υπ' όψη.

6. Αερισμός

Η αύξηση της θερμοκρασίας ελαττώνει την απόδοση, γι' αυτό η πίσω μεριά του Φ/Β πρέπει να αερίζεται επαρκώς (Yoo and Lee, 2002).

IV. B. ΜΕΓΕΘΟΣ ΕΝΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Αναφέραμε πριν ότι στην Ελλάδα ένα Φ/Β σύστημα μπορεί να δώσει 1100-1500 kWh/έτος /kW. Αυτό σημαίνει ότι σε γενικές γραμμές ένα αυτόνομο Φ/Β 2-3 KW εγκατεστημένης ισχύος, μπορεί να καλύψει τις ανάγκες μιας τριμελούς οικογένειας. Παίζει όμως πολύ σημαντικό ρόλο ,το πώς θα χρησιμοποιηθεί αυτή η ενέργεια και πού. Παίζει ρόλο επίσης ,αν το σπίτι χρησιμοποιείται σαν κύρια κατοικία ή εξοχικό, η περιοχή που βρίσκεται, ο αριθμός των ατόμων που κατοικούν και οι ώρες που βρίσκονται στο σπίτι, ακόμα και οι συνθήκες τους. Σε περίπτωση διασυνδεδεμένου συστήματος, δεν υπάρχει κανένα πρόβλημα. Το δίκτυο καλύπτει πάντα τη ζήτηση αιχμής μιας κατοικίας. Αλλά στα αυτόνομα συστήματα, θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη οι επί μέρους καταναλώσεις, σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα. Βέβαια, μεγάλες καταναλώσεις(κουζίνα, φούρνος, θερμοσίφωνα) θα πρέπει να καλύπτονται με άλλο τρόπο (π.χ αέριο για την κουζίνα, ηλιακός θερμοσίφωνα για το ζεστό νερό, αβαθής γεωθερμία για θέρμανση-ψύξη κλπ). Ομως ο φωτισμός με λάμπες εξοικονόμησης ενέργειας και η χρήση ηλεκτρονικών συσκευών(υπολογιστές, ηχητικά συγκροτήματα, ψυγεία, τηλεοράσεις, τηλεπικοινωνίες κλπ)αποτελούν ανάγκες που καλύπτονται εύκολα και οικονομικά με Φ/Β.

Για να υπολογίσουμε ένα Φ/Β σύστημα πρέπει να γνωρίζουμε:

α)τις τιμές ηλιοφάνειας στη θέση που θα εγκατασταθεί, και

β)τις απαιτήσεις φορτίου που θέλουμε να εξυπηρετήσει.

α)Ηλιοφάνεια και «ώρες αιχμής»

Η ηλιοφάνεια δίνεται σε Langleys/day ($1 \text{ Langley}=1 \text{ cal/cm}^2=10 \text{ kcal/m}^2$) και οι ημερήσιες τιμές δίνονται ανά μήνα. Για απλοποίηση όμως των υπολογισμών τα Langleys/day μετατρέπονται σε “ώρες αιχμής” διαιρούμενα δια του 0.0116, όπου “ώρες αιχμής” είναι ο ισοδύναμος μέσος αριθμός ωρών ηλιοφάνειας ανά ημέρα σε σταθερές συνθήκες.

β)Απαιτήσεις φορτίου- Μέγεθος Φ/Β συστήματος

Οι απαιτήσεις φορτίου εξαρτώνται από την τάση (Volt)και το ρεύμα σε ΑΗ/ημέρα του φορτίου. Ανάλογα με τη απαιτούμενη τάση ή ένταση ,συνδέουμε τα Φ/Β στοιχεία σε σειρά ή παράλληλα αντίστοιχα. Ο συνολικός αριθμός στοιχείων θα είναι το γινόμενο του αριθμού των σε σειρά επί τον αριθμό των παράλληλα συνδεδεμένων στοιχείων. Αυτά για τα στοιχεία .Για την εκτίμηση του μεγέθους των μπαταριών πολλαπλασιάζουμε το ημερήσιο φορτίο (ΑΗ/ημέρα) με ένα σταθερό αριθμό ημερών αποθήκευσης (Borowy and Salameh, 2002).

Παράδειγμα

Να υπολογισθεί το Φ/Β σύστημα τροφοδότησης μιάς κατοικίας στην Κρήτη, της οποίας όλες οι ηλεκτρικές καταναλώσεις έχουν συνολική ισχύ 1150 W και λειτουργούν κατά μέσο όρο 10h.

Λύση

α) Το ημερήσιο φορτίο της κατοικίας θα είναι: $(1150\text{W}/230\text{V}) \times 10\text{h} = 50 \text{ AH} / \text{ημέρα}$.

β) Η μέση ηλιοφάνεια της Κρήτης είναι $383 \times 0.00116 = 4.4$ ώρες /ημέρα.

γ) Θα χρησιμοποιήσουμε στοιχεία με ονομαστική τάση 12V και ρεύμα 2 A.

δ) Για να πάρουμε τα 230V της κατοικίας, συνδέουμε σε σειρά: τάση συστήματος / τάση στοιχείων $= 230/12 = 19$ στοιχεία.

ε) Το φορτίο που παράγεται από κάθε στοιχείο θα είναι: ώρες αιχμής X ρεύμα στοιχείου = $4,4 \text{ H} / \text{ημέρα} \times 2 \text{ A} = 8,8 \text{ AH} / \text{ημέρα}$ Αρα, αριθμός στοιχείων παράλληλα : $50 \text{ AH} / \text{ημέρα} : 8,8 \text{ AH} / \text{ημέρα} = 6$ στοιχεία Ολικός αριθμός στοιχείων: $19 \times 6 = 114$

Μέγεθος μπαταριών: $20 \text{ ημέρες} \times 50 \text{ AH} / \text{ημέρα} = 1000 \text{ AH}$.

IV. Γ. ΚΙΝΗΤΡΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

Παρά την τεράστια ανάπτυξη που παρουσιάζει η αγορά των Φ/Β σε ορισμένες ευρωπαϊκές χώρες, στην Αμερική και την Ιαπωνία, η Ελλάδα, η χώρα με τη μεγαλύτερη ηλιοφάνεια στην Ευρώπη, βρίσκεται ακόμη στην ... βρεφική ηλικία και ψάχνει ακόμα τον δρόμο προς τον ήλιο!!

Επειδή ο βασικός σκοπός αυτής της παρουσίασης είναι η εφαρμογή των Φ/Β σε κτίρια(κατοικιών, γραφείων, καταστημάτων κλπ),σας αναφέρω ότι επί του παρόντος, δυστυχώς, δεν υπάρχει κανένα κίνητρο για τον τομέα αυτό δηλ. για μικρές εγκαταστάσεις έως 5 kW. Συγκριτικά αναφέρουμε ότι στη Γερμανία υπάρχει το καθεστώς της ενισχυμένης ηλιακής KWH(αγορά από την ηλεκτρική εταιρεία 0,434-0,64 €/kWH),στην Αυστρία το ίδιο(0,47-0,60 €/kWH), στο Λουξεμβούργο το ίδιο(0,55 €/kWH) και 50% επιδότηση, στην Ισπανία ενισχυμένη ηλιακή kWh(0,21-0,40 €/kWH) και επιδότηση 2070-2250 € /KkWh(ένα από τα τρία σχήματα ενίσχυσης που προσφέρονται),στην Κύπρο ενισχ.ηλ.kWh 0,26 € /kWh και 40% επιδότηση. Αναφέρουμε, το τι ισχύει αυτή τη στιγμή στην Ελλάδα: αγορά ηλιακής kWh από τη ΔΕΗ: 0,06-0,08 €/ kWh (!!!) και επιδότηση 40-50% του συνολικού κόστους, και πάντα για εμπορικές εφαρμογές (> 5 kW). Ταυτόχρονα, η διαδικασία έκδοσης των απαραίτητων αδειών παραμένει δαιδαλώδης, αργή και αποτρεπτική για τους επενδυτές, καθ' όσον για έργα λίγων KW απαιτούνται μερικές φορές έως και δύο(!) έτη για την αδειοδότηση, ενώ για την πραγματοποίηση(κατασκευή) μιας τέτοιας εγκατάστασης δεν απαιτούνται παρά μόνο λίγες ημέρες.

Εδώ αξίζει επίσης να αναφέρουμε, ότι η Γερμανία και η Ιαπωνία εγκατέστησαν μέσα στο 2004, 366 και 277 MW εκάστη φτάνοντας συνολικά τα 700 και 1100 MW περίπου αντίστοιχα, ενώ η Ελλάδα μας εγκατέστησε 1,3 MW μέσα στο 2004,φτάνοντας την συνολικά εγκατεστημένη ισχύ των Φ/Β στα 4,5 MW (!!!).

Η ενσωμάτωση ΦΒ συστημάτων σε κτίρια διακρίνεται για επιπρόσθετα πλεονεκτήματα εκτός των γενικών πλεονεκτημάτων των ΦΒ συστημάτων. Αυτά είναι:

- Άμεση παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας στον τόπο της ζήτησης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση των ηλεκτρικών απωλειών μεταφοράς.
- Αντικατάσταση συμβατικών οικοδομικών υλικών. Τα ΦΒ πλαίσια μπορούν να αντικαταστήσουν συμβατικά οικοδομικά υλικά με επιπρόσθετο όφελος την μείωση του κόστους ενσωμάτωσής τους
- Ενσωμάτωση σε υπάρχουσες επιφάνειες του κτιρίου χωρίς την απαίτηση επιπλέον γης. Οπότε η εφαρμογή τους μπορεί να γίνει και σε πυκνοκατοικημένες περιοχές.
- Είναι ικανή να καλύψει, αν όχι ολόκληρο, μεγάλο μέρος της ηλεκτρικής κατανάλωσης.
- Ο έλεγχος και η συντήρηση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης είναι εφικτό να ενσωματωθεί με τον έλεγχο και την συντήρηση του υπολοίπου ηλεκτρολογικού εξοπλισμού.
- Σε συνδυασμό με τον βιοκλιματικό σχεδιασμό κυρίως στην ανέγερση νέου κτιρίου μπορεί να συμβάλλει στην περαιτέρω μείωση της απαιτούμενης ηλεκτρικής ισχύος.
- Μπορεί να συμβάλλει στην βελτίωση της αισθητικής του κτιρίου με καινοτόμο τρόπο.

Τα ενσωματωμένα σε κτίρια ΦΒ πλαίσια μπορούν να αποτελούν ταυτόχρονα ενεργά στοιχεία με την ηλεκτροπαραγωγή αλλά και παθητικά στοιχεία που συντελούν στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης του

κτιρίου. Το παραπάνω πραγματοποιείται κυρίως από ΦΒ πλαίσια τα οποία επιτρέπουν την διέλευση φωτός, προκαλούν σκίαση ή ενισχύουν τον αερισμό των εσωτερικών χώρων. Ακόμα, υπάρχουν υβριδικά ΦΒ - θερμικά συστήματα, τα οποία αξιοποιούν την θερμοκρασία που αναπτύσσεται στα ΦΒ πλαίσια για την θέρμανση αέρα ή νερού βελτιώνοντας ταυτόχρονα τον στιγμιαίο συντελεστή απόδοσης του πλαισίου.

Η διττή λειτουργικότητα επιτυγχάνεται εν μέρει και με συμβατικά ΦΒ πλαίσια με την σωστή αξιοποίησή τους. Όμως, υπάρχουν ειδικά πολυχρηστικά ΦΒ πλαίσια τα οποία είναι κατασκευασμένα για ορισμένα τρόπο χρήσης, ώστε να μπορούν να ανταπεξέλθουν στις μηχανολογικές και πρακτικές απαιτήσεις ενός κτιρίου πληρώντας πάντα τις οδηγίες περί κατασκευής κτιρίων (Shafer and Schueler, 1982; Luque and Hegedus, 2003).

IV. Δ. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΒ ΠΛΑΙΣΙΩΝ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ.

Η εγκατάσταση ΦΒ πλαισίων σε ορισμένη επιφάνεια του κτιρίου, συγκεκριμένου υλικού κατασκευής και προσανατολισμού, προϋποθέτει την ύπαρξη του κατάλληλου συστήματος προσαρμογής. Υπάρχουν συστήματα τα οποία εγκαθίστανται είτε πάνω στην επιφάνεια των ήδη υπάρχοντων συμβατικών υλικών των επιφανειών του κτιρίου (υπάρχοντα κτίρια) είτε αποτελούν μέρη της κατασκευής του κυρίως στην περίπτωση νεοανεγερθέντων κτιρίων. Επίσης, υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες μπορεί να γίνει κάποια μετατροπή ήδη υπάρχοντων υλικών του κτιρίου για την εγκατάσταση ΦΒ πλαισίων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν ορισμένα συστήματα κουφωμάτων-στήριξης υαλοπινάκων στα οποία είναι εφικτό να ενσωματωθούν με ελάχιστες τροποποιήσεις συγκεκριμένα ΦΒ πλαίσια. Ένα σύστημα εγκατάστασης θα πρέπει να εξασφαλίζει:

- Μηχανική αντοχή για το συνολικό βάρος που είναι εγκατεστημένο σε αυτό με γνώμονα τα τοπικά έντονα καιρικά φαινόμενα.
- Επαρκή αερισμό του πίσω μέρους των ΦΒ πλαισίων στην περίπτωση των αδιαφανών πλαισίων με σκοπό την βελτίωση του βαθμού απόδοσης τους. Το παραπάνω εξασφαλίζεται διατηρώντας απόσταση από την επιφάνεια του κτιρίου.
- Κατάληψη όσο το δυνατόν μικρότερου επιπλέον μέρους της επιφάνειας δεδομένου ότι είναι ιδιαίτερα περιορισμένη στα κτίρια.
- Ομοιομορφία στην συνολική επιφάνεια των ΦΒ πλαισίων. Μέσω του παραπάνω εξασφαλίζεται ομοιόμορφη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα ΦΒ πλαίσια που ανήκουν στην ίδια συστοιχία.
- Εύκολη εξαγωγή και αντικατάσταση ΦΒ πλαισίου σε περίπτωση σφάλματος (Markvart and Castaner, 2003).



Εικόνα 30: ΦΒ πλαίσια εγκατεστημένα σε κεκλιμένη οροφή μερικώς καλυμμένα από χιόνι

IV. Ε. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η συνολική παραγόμενη ενέργεια ενός ΦΒ συστήματος περιορίζεται σημαντικά από μια σειρά απωλειών οι οποίες εκφράζονται μέσω του ολικού συντελεστή απόδοσης, ο οποίος ορίζεται από την σχέση:

$$\eta_{\Phi\text{B}\Sigma} = \frac{E_{\Phi\text{B}\Sigma}}{H_t \cdot S} = \eta_{\text{μετ}} \cdot \overline{\eta_{\sigma}}$$

όπου H_t είναι η μέση ημερήσια τιμή της πυκνότητας ενέργειας ηλιακής ακτινοβολίας στο επίπεδο της ΦΒ συστοιχίας, S , το εμβαδό της επιφάνειας της και $E_{\Phi\text{B}\Sigma}$ η αποδιδόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τη ΦΒ συστοιχία και το ΦΒ σύστημα αντίστοιχα. Ο συντελεστής μεταφοράς $\eta_{\text{μετ}}$ προκύπτει από τους βαθμούς απόδοσης του αντιστροφέα η_{inv} και των καλωδιώσεων η_{ws} . Ο στιγμιαίος συντελεστής απόδοσης ενός ΦΒ πλαισίου προσδιορίζεται από το πηλίκο της αποδιδόμενης μέγιστης ηλεκτρικής ισχύος, P_m , προς την προσπίπτουσα στο πλαίσιο, ισχύ της ηλιακής ακτινοβολίας $E \cdot S$, όπου E , η πυκνότητα ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας στο επίπεδο του ΦΒ πλαισίου:

$$\eta_m = \frac{P_m}{E \cdot S}$$

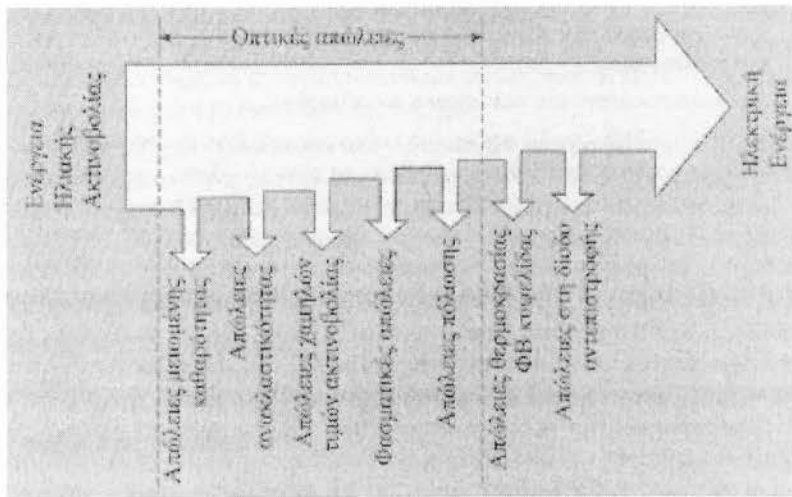
Εξαρτάται από τις φυσικές ιδιότητες των υλικών παρασκευής του, τη θερμοκρασία των κυψελίδων και την πυκνότητα ισχύος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Σε συνθήκες διαφορετικές από τις πρότυπες, η τιμή του καθορίζεται από τη διαφορά $\theta_c - \theta_{\text{STC}}$, των θερμοκρασιών της κυψελίδας στη δεδομένη κατάσταση φωτισμού και στην κατάσταση STC (25°C), αντίστοιχα καθώς και από την πυκνότητα ισχύος E , της προσπίπτουσας ΗΜ ακτινοβολίας. Η απόδοση των ΦΒ πλαισίων είναι μικρότερη της αντίστοιχης του ΦΒ στοιχείου εργαστηριακής παρασκευής. Οι βασικότεροι λόγοι είναι:

- η μη πλήρης κάλυψη της γεωμετρικής επιφάνειάς του από επιφάνεια ΦΒ στοιχείων, η οποία καθορίζεται από τον παράγοντα κάλυψης

- η ανομοιογένεια των χαρακτηριστικών των ΦΒ στοιχείων που συνθέτουν το ΦΒ πλαίσιο και
- η ανακλαστικότητα του υαλοπίνακα του πλαισίου

Η αναπτυσσόμενη υψηλή θερμοκρασία των ΦΒ στοιχείων του πλαισίου, η εισχώρηση υγρασίας στο εσωτερικό τους και οι συνακόλουθες αλλοιώσεις δομής της ΦΒ κυψελίδας, μειώνουν σταδιακά την ενεργειακή απόδοσή τους. Το μέγεθος της επίδρασης εξαρτάται από το υλικό του ΦΒ στοιχείου, τον τύπο του και τη διαχρονική αξιοπιστία της μηχανικής κατασκευής. Η τιμή του στιγμιαίου συντελεστή απόδοσης η_m , καθορίζεται από τις αποκλίσεις που υφίσταται από την τιμή $\eta_{m,STC}$ που προσδιορίζεται σε πρότυπες συνθήκες ελέγχου (STC). Εν συντομία οι απώλειες αυτές αφορούν:

- Στη γήρανση του ΦΒ πλαισίου, δηλαδή στη μείωση της απόδοσής του λόγω αλλοίωσης των υλικών κατασκευής των κυψελίδων.



Εικόνα 31: Οι ενεργειακές απώλειες δείχνονται με το διάγραμμα Sankey

- Στις απώλειες οπτικού δρόμου και θερμοκρασίας κυψελίδας, που προκύπτουν λόγω της διαφοροποίησης των χαρακτηριστικών της ηλιακής ακτινοβολίας και της θερμοκρασίας περιβάλλοντα αέρα, των πραγματικών συνθηκών λειτουργίας του ΦΒ πλαισίου σε σχέση με αυτά των πρότυπων συνθηκών.
- Στις απώλειες στη δίοδο αντεπιστροφής του ΦΒ πλαισίου (εικόνα 28).

Ο συντελεστής απόδοσης η_m , μπορεί να αποδοθεί ως γινόμενο των επιμέρους στιγμιαίων συντελεστών ενεργειακών απωλειών, που προσδιορίζουν την απόκλιση της απόδοσης απ' αυτή των προτύπων συνθηκών με την παρακάτω σχέση:

$$\eta_m = \eta_{καθ} \cdot \eta_R \cdot \eta_{ΓΔ} \cdot \eta_{γ,m} \cdot \eta_S \cdot \eta_P \cdot \eta_T \cdot \eta_D \cdot \eta_{m,STC}$$

Όπου:

$\eta_{καθ}$ = συντελεστής καθαρότητας υαλοπίνακα ΦΒ πλαισίου. Τυπική τιμή: 0,9

η_R = συντελεστής απόκλισης λόγω διαφοροποίησης της ανακλαστικότητας, σε γωνίες πρόσπτωσης διάφορες της καθέτου στο ΦΒ πλαίσιο. Τυπική τιμή: 0,99

η_{LI} = συντελεστής απόκλισης στην περιοχή χαμηλών τιμών πυκνότητας ισχύος ΗΜ ακτινοβολίας (Low Irradiance losses) Τυπική τιμή:0,99

$\eta_{\gamma,m}$ = συντελεστής γήρανσης. Τυπική τιμή: 0,9

η_S = συντελεστής φασματικής απόκλισης λόγω διαφορετικού φάσματος (spectrum) σε σχέση με το φάσμα AM 1,5 (STC) Τυπική τιμή: 1

η_P = συντελεστής απόκλισης εξαιτίας της πόλωσης της ηλιακής ακτινοβολίας (polarization) Τυπική τιμή:0,98

η_T = συντελεστής απόκλισης της απόδοσης του ΦΒ πλαισίου εξαιτίας της διαφοροποίησης της θερμοκρασίας κυψελίδας σε σχέση με τη θερμοκρασία αναφοράς, 25οC Τυπική τιμή:0,9

η_D = συντελεστής απωλειών στη δίοδο αντεπιστροφής. Τυπική τιμή:0.99

$\eta_{m, STC}$ = συντελεστής απόδοσης ΦΒ πλαισίου σε πρότυπες συνθήκες.

Επικεντρώνοντας στην επίδραση της θερμοκρασίας, μια προσεγγιστική έκφραση του δίνεται από τη σχέση:

$$\eta_T = 1 + \gamma_{MP} \cdot (T_c - T_{STC})$$

Όπου $\gamma_{m,p}$ είναι ο θερμικός συντελεστής απόδοσης της κυψελίδας του πλαισίου. Τυπική τιμή για το πυρίτιο - 0,0045/K και T_C η θερμοκρασία της κυψελίδας.

Στην παρούσα εφαρμογή, για τον προσδιορισμό της θερμοκρασίας κυψελίδας, χρησιμοποιήθηκε ο τύπος του Evans, ο οποίος αφορά πλαίσια με βέλτιστη κλίση.

$$T_c - T_a = (219 + 832K_t) \frac{NOCT - 20}{800}$$

Όπου K_t ο μέσος συντελεστής αιθριότητας της περιοχής.

Σε περίπτωση διαφορετικής κλίσης, εφαρμόζεται ο διορθωτικός συντελεστής:

$$C_f = 1 - 1.17 \cdot 10^{-4} (\beta_m - \beta)^2$$

Έχει αποδειχτεί πως στη περίπτωση μη επαρκούς αερισμού της πίσω όψης του πλαισίου η τιμή της θερμοκρασίας NOCT αυξάνεται περίπου κατά 17οC ενώ στη περίπτωση πλήρους εφαρμογής στην επιφάνεια μπορεί να αυξηθεί μέχρι και 35οC . Παράγοντας ιδιαίτερα σημαντικός για την περίπτωση της ενσωμάτωσης σε κτίρια (Lu and Yang, 2004).

IV. E.1. Επίδραση της ρύπανσης στην απόδοση

Ένας άλλος παράγοντας που μπορεί να μειώσει την ηλεκτροπαραγωγή των Φ/Β πλαισίων, ιδίως όταν έχουν μικρή κλίση, είναι η ρύπανση της επιφάνειας τους από τη επικάλυψη σκόνης, φύλλων, χιονιού κ.ά. Η μείωση είναι σημαντικότερη σε αστικές περιοχές λόγω της αιθάλης που αιωρείται στην ατμόσφαιρα και προσκολλάται ισχυρά στην γυάλινη ή πλαστική επιφάνεια των Φ/Β πλαισίων, χωρίς να μπορεί η βροχή εύκολα να τα ξεπλύνει.

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

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

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

IV. E.2. Γήρανση Φ/Β πλαισίου

Αφορά στη μείωση της απόδοσης των Φ/Β πλαισίων στο χρόνο της ζωής τους και εκφράζεται, συνήθως, με το ποσοστό γήρανσης ανά έτος χρήσης. Προσδιορίζει την ελάττωση της απόδοσης του Φ/Β, άρα και της ισχύος αιχμής του.

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

IV. E.3. Οπτικές ενεργειακές απώλειες

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

- Διαφοροποίηση ανακλαστικότητας Φ/Β πλαισίου σε σχέση με την αντίστοιχη σε STC.
- Επίδραση διαφοροποίησης φάσματος ακτινοβολίας σε σχέση με κάθετη πρόσπτωση.
- διαφοροποίηση της πόλωσης της προσπίπτουσας – διερχόμενης ακτινοβολίας κατά την διάρκεια της ημέρας. Η μέση ετήσια επίδραση του παράγοντα αυτού προσδιορίζεται σε ~2%.
- Στις χαμηλές τιμές ηλιακής ακτινοβολίας, ιδιαίτερα κάτω από 200 W/m², μειώνεται η απόδοση του Φ/Β στοιχείου. Στα Φ/Β πλαίσια καλής ποιότητας οι απώλειες είναι μικρής σημασίας. Σε άλλες όμως περιπτώσεις αποδεικνύονται σχετικά σημαντικές, υπολογίζονται σε 3%, κατά μέσο όρο στο έτος.

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

IV. E.4. Κατάσταση θερμής κηλίδας και Εισχώρηση υγρασίας

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

Στην πράξη, για τα Φ/Β πλαίσια, που αποτελούνται από 36 ή 72 Φ/Β στοιχεία σε σειρά, η σκιασμένη κυψελίδα λειτουργεί ως μια μεγάλη αντίσταση, όπου αποδίδεται η ενέργεια, που προσφέρουν οι υπόλοιπες. Παρατεταμένος σκιασμός της, σε συνδυασμό με έντονο φωτισμό των υπόλοιπων κυψελίδων, μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή του στοιχείου αυτού και κατά συνέπεια στην αχρήστευση όλου του πλαισίου, επειδή δεν υπάρχει δυνατότητα αντικατάστασης ενός κατεστραμμένου στοιχείου του.

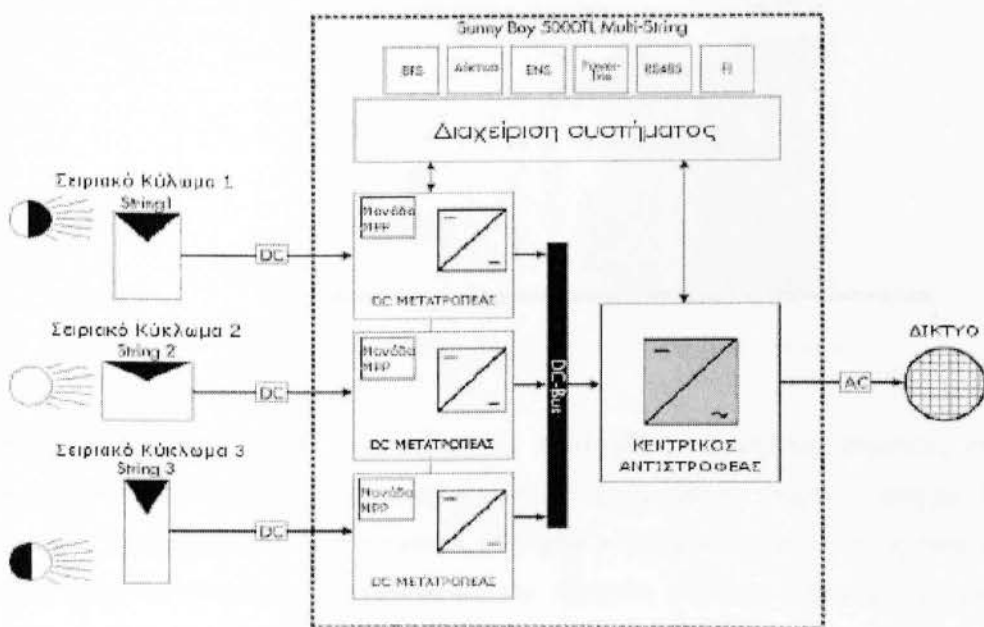
Η εισχώρηση της υγρασίας στο εσωτερικό τους και οι συνακόλουθες αλλοιώσεις δομής της Φ/Β κυψελίδας, μειώνουν σταδιακά την ενεργειακή απόδοσή τους. Το μέγεθος της επίδρασης εξαρτάται από το υλικό του Φ/Β στοιχείου τον τύπο του και τη διαχρονική αξιοπιστία της μηχανικής κατασκευής και των ηλεκτρολογικών και μονωτικών υλικών (Hirata and Tani, 1995).

IV. ΣΤ. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗΣ

Κατά την λειτουργία ενός ενσωματωμένου ΦΒ συστήματος εντοπίζονται μια σειρά προβλημάτων τα οποία οφείλονται στην χωροταξία του κτιρίου και στη μορφή του ηλεκτρικού δικτύου. Στην πρώτη κατηγορία εντάσσονται τα προβλήματα που προκαλούνται από μερική σκίαση, διαφορετικό προσανατολισμό αλλά και δυσκολία φυσικής πρόσβασης σε ένα τμήμα της εγκατάστασης ενώ στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα προβλήματα της μεταβολής της τάσης και της συχνότητας του δικτύου καθώς και το πρόβλημα της «νησιδοποίησης». Η μερική σκίαση και ο διαφορετικός προσανατολισμός σε μια ΦΒ εγκατάσταση είναι σημαντικές τόσο σε μεγάλα κτίρια. Τα παραπάνω, προκαλούν διαφοροποίηση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας στις συστοιχίες των ΦΒ πλαισίων του ίδιου συστήματος με αποτέλεσμα την εμφάνιση απωλειών. Οι απώλειες αυτές οφείλονται στο γεγονός ότι τα πλαίσια, τα οποία είναι συνδεδεμένα παράλληλα ή σε σειρά, αδυνατούν να λειτουργήσουν στο σημείο μέγιστης ισχύος διότι η τάση τους (στην περίπτωση της παράλληλης σύνδεσης) ή το ρεύμα τους (στην περίπτωση της εν σειράς σύνδεσης) θα πρέπει να είναι ίσες. Συνεπώς, η συνολική τους ισχύς είναι μικρότερη από το επί μέρους άθροισμα της θεωρητικής ισχύος του κάθε πλαισίου, για τις δεδομένες

συνθήκες λειτουργίας. Στη βιβλιογραφία, το φαινόμενο αυτό ονομάζεται κακός συνδυασμός (“mismatch”). Η δυσκολία πρόσβασης σε ένα ΦΒ πλαίσιο το οποίο μπορεί να έχει υποστεί βλάβη, ενδεχομένως μπορεί να θέσει σε κίνδυνο την λειτουργία του όλου συστήματος. Οι επιπτώσεις αυτής της μορφής των απωλειών εξαρτώνται από την κυκλωματική μορφή της ΦΒ εγκατάστασης, δηλαδή από το αν υπάρχουν παρακαμπτήριες δίοδοι και από το μήκος του σειριακού κυκλώματος (string). Εάν δεν λάβουμε υπόψη τους παράγοντες του κόστους και της αξιοπιστίας, ο βέλτιστος τρόπος για να μειώσουμε τις απώλειες λόγω των προηγούμενων φαινομένων, είναι η χρήση όσο το δυνατόν μικρότερων σειριακών κυκλωμάτων (string). Φυσικά, το μικρότερο δυνατό σειριακό κύκλωμα είναι αυτό που αποτελείται από ένα και μόνο ΦΒ πλαίσιο. Αυτό, οδηγεί στην συγκεκριμένη μονάδα που κυκλοφορεί ευρέως στην αγορά. παράλληλη σύνδεση των πλαισίων. Πιθανοί τρόποι σύνδεσης πολλών πλαισίων, σύμφωνα με το προηγούμενο συμπέρασμα, είναι οι εξής:

- Όλα τα πλαίσια συνδέονται απ’ ευθείας, μέσω ενός καλωδίου χαμηλής αντίστασης, σε έναν κεντρικό αντιστροφέα (δίαυλος DC χαμηλής τάσης)
- Όλα τα πλαίσια έχουν «ατομικό» αντιστροφέα (δίαυλος AC)
- Όλα τα πλαίσια έχουν «ατομικό» MPP (ανιχνευτή βέλτιστου σημείου λειτουργίας) και ο DC/DC ατομικό μετατροπέα συνδεδεμένο σε έναν δίαυλο DC υψηλής τάσης και στη συνέχεια, σε έναν κεντρικό αντιστροφέα DC/AC ο DC/AC ατομικό αντιστροφέα συνδεδεμένο σε έναν δίαυλο AC υψηλής τάσης και στη συνέχεια, σε έναν κεντρικό μετατροπέα AC/AC

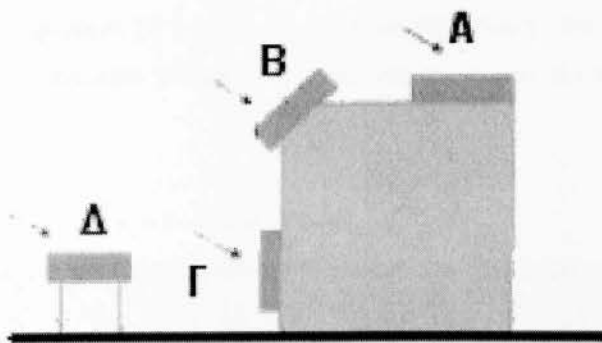


Εικόνα 32: Η μονάδα ENS αποτελεί το σύστημα προστασίας έναντι της νησιδοποίησης

Όσον αφορά τη νησιδοποίηση, την μη επιθυμητή τροφοδοσία του δικτύου σε χρονική στιγμή ανοίγματος διακόπτη σε σημείο του δικτύου λόγω σφάλματος ή μη, έχουν αναπτυχθεί συστήματα τα οποία αποτρέπουν τέτοιου είδους φαινόμενα. Στις ίδιες συσκευές επίσης προβλέπονται διατάξεις προστασίας από τις μεταβολές της τάσης και της συχνότητας του δικτύου. Σαν παράδειγμα παρατίθεται το διάγραμμα που ακολουθεί και αφορά συγκεκριμένη μονάδα που κυκλοφορεί ευρέως στην αγορά (Awerbuch, 1993).

IV. Z. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΚΤΙΡΙΑΚΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ

Η συνολική ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από ΦΒ συστήματα εξαρτάται αρχικά από την συνολική ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας η οποία προσπίπτει σε δεδομένη επιφάνεια. Αντίστοιχα, στην περίπτωση των ενσωματωμένων σε ένα κτίριο ΦΒ συστημάτων η συνολική απολαβή ηλιακής ενέργειας, για συγκεκριμένα μετεωρολογικά στοιχεία της περιοχής, εξαρτάται με την σειρά της από τον προσανατολισμό του κτιρίου καθώς και από την συνολική επιφάνεια των ΦΒ πλαισίων που υπάρχουν εγκατεστημένα στην επιφάνεια του. Ο τρόπος ενσωμάτωσης ΦΒ συστημάτων σε κτίρια αναφέρεται, κυρίως, στην ενσωμάτωση ΦΒ πλαισίων στις επιφάνειες ενός κτιρίου. Δηλαδή στις όψεις του και στο δώμα ή σκεπή. Επίσης, συμπεριλαμβάνονται και ενδεχόμενες κεκλιμένες επιφάνειες, όπως σκίαστρα, καθώς και εξωτερικές ανεξάρτητες κατασκευές, όπως θέσεις στάθμευσης, οι οποίες μπορούν να συνυπολογιστούν.



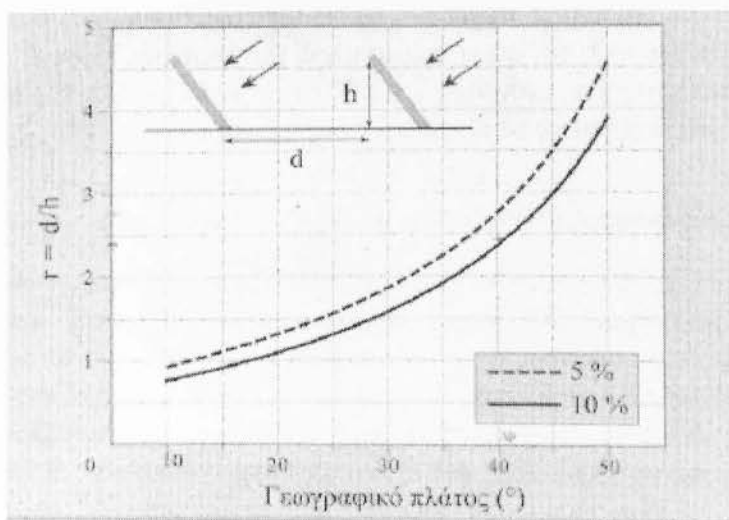
Εικόνα 33: Διαθέσιμες επιφάνειες κτιρίου

Κάθε επιφάνεια του κτιρίου είναι πιθανό να περιλαμβάνει επιμέρους επιφάνειες στις οποίες μπορούν να εγκατασταθούν ΦΒ στοιχεία. Για παράδειγμα, στο δώμα μπορεί να υπάρχουν φεγγίτες ή παράθυρα οροφής και στις όψεις γυάλινες επιφάνειες ή σκίαστρα. Ιδιαίτερα σε γυάλινα κτίρια, οι όψεις είναι πιθανό να αποτελούνται αποκλειστικά από αδιαφανείς, ημιδιαφανείς και διάφανες γυάλινες επιφάνειες. Τα ΦΒ πλαίσια μπορούν να αντικαταστήσουν τα συμβατικά υλικά των παραπάνω επιφανειών ανάλογα με τον τύπο τους (Mondol *et al.*, 2005).

IV. Z. 1. Εγκατάσταση στο δώμα και τη στέγη

Η εγκατάσταση ΦΒ πλαισίων στην αδιαφανή επιφάνεια του δώματος διακρίνεται από το πλεονέκτημα της επιλογής του προσανατολισμού τους. Επομένως μπορούν να ενσωματωθούν οριζόντια ή με κλίση. Όπως είναι γνωστό, με την τοποθέτηση με συγκριμένο προσανατολισμό δίνεται η δυνατότητα της καλύτερης δυνατής απολαβής ηλεκτρικής ακτινοβολίας. Δηλαδή με νότιο προσανατολισμό και κλίση ανάλογη με το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής και την επιθυμία της περιόδου μέγιστης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η χωροθέτηση των ΦΒ πλαισίων με κλίση είναι πολύ σημαντική καθώς πρέπει να εξασφαλίζει την μη σκίαση των συστοιχιών μεταξύ τους. Το παραπάνω εξασφαλίζεται με τον υπολογισμό της ελάχιστης απόστασης μεταξύ των συστοιχιών. Η ελάχιστη απόσταση αποτελεί συνήθως και την απόσταση εγκατάστασης για καλύτερη εκμετάλλευση. Αφού υπολογιστούν οι επιφάνειες οι οποίες δεν σκιάζονται από άλλα εμπόδια μπορούν να υπολογιστούν οι αποστάσεις των συστοιχιών. Επίσης πρέπει να συνυπολογίζεται και μία απόσταση από τα όρια της εγκατάστασης για λόγους ασφαλείας (συνήθης τιμή 1.5m). Συνεπώς, η ελάχιστη απόσταση μεταξύ των συστοιχιών καθορίζει τον αριθμό των πλαισίων και κατά συνέπεια της συνολική επιφάνεια των ΦΒ πλαισίων. Η ελάχιστη απόσταση (s) υπολογίζεται βάσει του λόγου του διακένου (d) μεταξύ δύο συστοιχιών προς το ύψος τους (h). Ο λόγος προκύπτει βάσει της γραφικής παράστασης του σε συνάρτηση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου και αναφέρεται στην κλίση για μέγιστη απόδοση το χειμώνα ($\beta = \lambda + 15^\circ$). Η γραφική παράσταση δίνει δύο τιμές ανάλογα με τον επιθυμητό μέγιστο ποσοστό των απωλειών 5% και 10% κατά την παραπάνω κλίση. Η απόσταση υπολογίζεται από την σχέση:

$$s = r \cdot h + b \cdot \text{συν}\beta$$


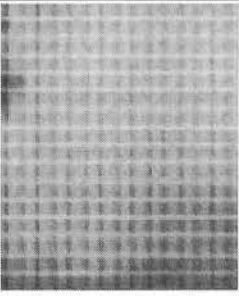
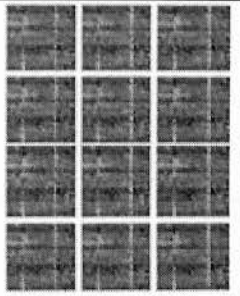
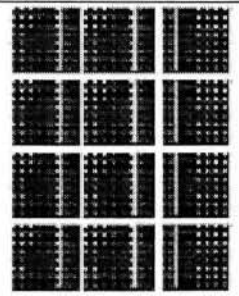
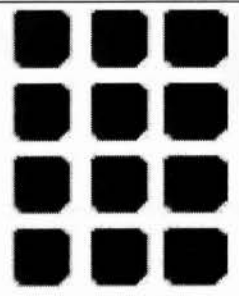
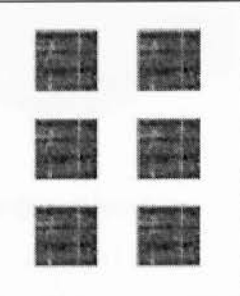


Εικόνα 34: Γραφική παράσταση του λόγου r σε συνάρτηση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου

Τα ΦΒ πλαίσια, σε μεγάλη πλειοψηφία των εφαρμογών, είναι κατασκευασμένα για εξωτερική χρήση. Δηλαδή χαρακτηρίζονται από αντοχή στην έκθεση σε καιρικά φαινόμενα όπως η ιδιαίτερα χαμηλή ή υψηλή θερμοκρασία, η βροχή, ο αέρας, η υγρασία, η χαλαζόπτωση και το χιόνι, στις εργαστηριακές συνθήκες των οποίων δοκιμάζονται. Επίσης, οι προδιαγραφές τους περιλαμβάνουν σε αρκετές περιπτώσεις, εκτός των ηλεκτρικών, την μηχανική αντοχή σε ορισμένα από τα παραπάνω.

Θερμοκρασία περιβάλλοντος	-40°C έως + 90°C
Ταχύτητα αέρα	Έως 130KM/H=800Pa
Χαλαζόπτωση	Έως 25mm διάμετρο και 23 m/s
Φορτίο χιονιού	5400Pa = 550kg/m ²
Σχετική υγρασία	0 έως 100%

Στην περίπτωση της ενσωμάτωσης ΦΒ πλαισίων σε κτίρια δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοσδήποτε τύπος πλαισίου για τις διάφορες επιφάνειες του. Η κατάλληλη επιλογή πλαισίου, σε συνδυασμό με τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του, εξαρτάται κυρίως από την επιθυμητή διαφάνεια, την ποικιλία των διαστάσεων στις οποίες είναι εφικτό να κατασκευαστεί, την μηχανική αντοχή, συμπεριλαμβανομένου του συστήματος εγκατάστασης, και, ενδεχομένως, την όψη (Eiffert and Kiss, 2000).

ΕΙΚΟΝΑ			
ΤΥΠΟΣ Si	Άμορφο	Άμορφο	Πολυκρυσταλλικό
ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ	1%	10%	13%
ΙΣΧΥΣ (STC)	53 W/m ²	42 W/m ²	125 W/m ²
ΕΙΚΟΝΑ			
ΤΥΠΟΣ Si	Μονοκρυσταλλικό	Μονοκρυσταλλικό	Πολυκρυσταλλικό
ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ	22%	36%	43%
ΙΣΧΥΣ (STC)	122 W/m ²	134 W/m ²	84 W/m ²

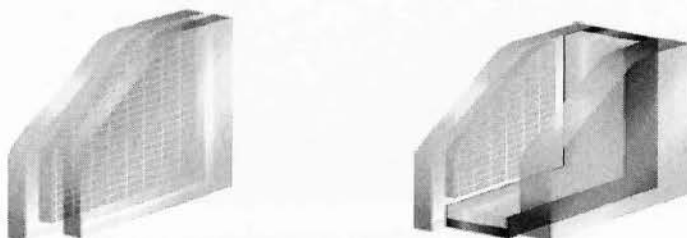
Εικόνα 35: ΦΒ πλαίσια διαφόρων διαβαθμίσεων ημιδιαφάνειας και ισχύος

Δώμα και αδιαφανείς επιφάνειες: Στις συγκεκριμένες επιφάνειες, εκτός των υαλοπινάκων, ενδείκνυται οι συνήθεις τύποι ΦΒ πλαισίων. Δηλαδή τα ευρέως γνωστά πλαίσια μονοκρυσταλλικού, πολυκρυσταλλικού και άμορφου πυριτίου. Τα τελευταία έχουν σαν σημαντικό πλεονέκτημα το μικρό πάχος και βάρος και μικρές απώλειες λόγω αύξησης της θερμοκρασίας, η οποία παρατηρείται λόγω ελλιπούς αερισμού κυρίως στην εγκατάσταση πάνω ή σε μικρή απόσταση από την επιφάνεια. Συχνά, όμως, οι κατασκευαστές δημιουργούν μια συγκεκριμένη κατηγορία ΦΒ πλαισίων των παραπάνω τύπων η οποία χαρακτηρίζεται κυρίως από μεγαλύτερο συντελεστή πλήρωσης καθώς και από τη δυνατότητα τοποθέτησης στο σύστημα εγκατάστασης χωρίς το περίβλημα τους κάνοντας καλύτερη χρήση της επιφάνειας. Το παραπάνω τα καθιστά ιδανικότερα λόγω της περιορισμένης επιφάνειας.

Διαφανείς επιφάνειες: Η διαφάνεια ενός ΦΒ πλαισίου εξαρτάται από το υλικό κατασκευής του και από την απόσταση μεταξύ των ΦΒ κυψελών. Στην πρώτη περίπτωση περιλαμβάνονται τα ΦΒ πλαίσια άμορφου πυριτίου ενώ στην δεύτερη μονοκρυσταλλικού και πολυκρυσταλλικού. Σύμφωνα με τα παραπάνω μπορεί να

κατασκευαστεί ένα μεγάλο εύρος διαφορετικών ΦΒ πλαισίων ποικίλων διαβαθμίσεων διαφάνειας και, κυρίως, βαθμών απόδοσης.

Τα πλαίσια αυτά διαθέτουν ειδικό τύπου γυαλιού στις δύο όψεις τους, το οποίο τα καθιστά ιδανικά για μόνωση. Επιλέγονται για να αντικαταστήσουν κυρίως τους υαλοπίνακες των κτιρίων σύμφωνα με την ποσότητα φωτός, η οποία είναι επιθυμητή να διαπερνά στο εσωτερικό, σε συνδυασμό με τον βαθμό απόδοσης καθώς και της ικανότητας μόνωσης τους.



Εικόνα 36: Δομή ΦΒ πλαισίου για γυάλινες όψεις

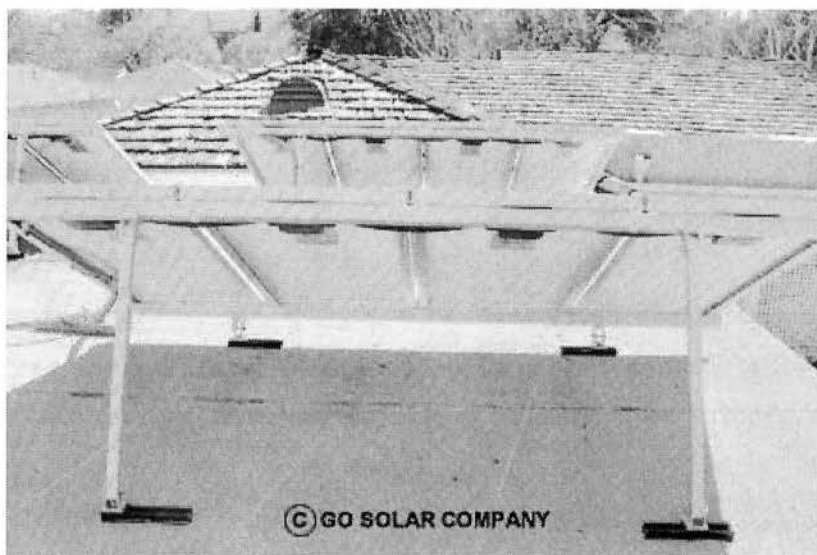
IV. Z. 2. Τρόποι στήριξης των συλλεκτών

Διακρίνουμε τρεις διαφορετικούς τρόπους στήριξης συλλεκτών:

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

Στήριξη του συλλέκτη με σταθερή γωνία κλίσης

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



Εικόνα 37: Συλλέκτης με σταθερή γωνία κλίσης

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

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

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

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

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

Στήριξη με δυνατότητα εποχικής ρύθμισης κλίσης του συλλέκτη

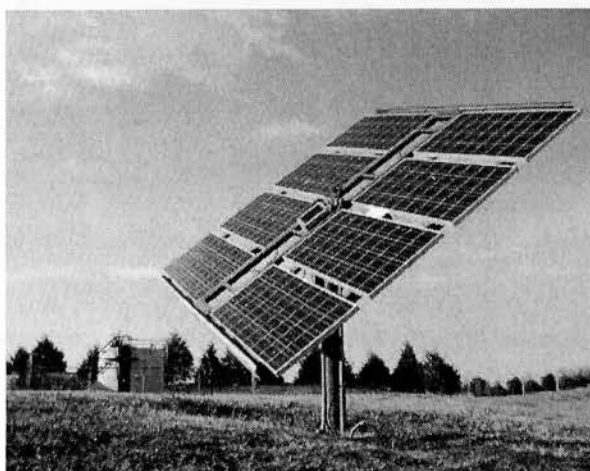
Υπάρχει μια διάταξη συλλεκτών με νότιο προσανατολισμό, η οποία εκ κατασκευής έχει τη δυνατότητα εποχιακής ρύθμισης της κλίσης της. Προσδιορίζονται οι κατάλληλες κλίσεις και ο χρόνος αλλαγών. Οι θέσεις του συλλέκτη είναι δύο :

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

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

Στήριξη σε κινητές βάσεις

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



Εικόνα 38: Στήριξη σε κινητές βάσεις

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

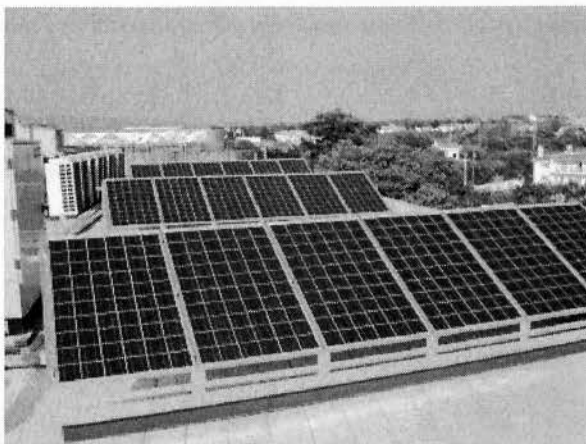
Τρόποι στήριξης φωτοβολταϊκών πλαισίων σε κτήρια

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

Υπάρχουν τέσσερις βασικοί τρόποι για την τοποθέτηση των Φ/Β πλαισίων σε ένα κτήριο:

- τοποθέτηση σε κεκλιμένα στηρίγματα

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

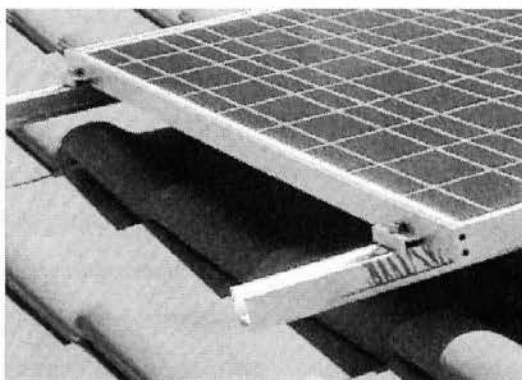


Εικόνα 39: Φωτοβολταϊκά πλαίσια σε κτίριο σε κεκλιμένο επίπεδο

Σε μερικές περιπτώσεις, η κλίση είναι ρυθμιζόμενη. Η τοποθέτηση αυτή προσφέρει εύκολη πρόσβαση τόσο στο εμπρός όσο και στο πίσω μέρος των Φ/Β πλαισίων, όταν χρειάζεται να γίνει συντήρηση, βοηθά επίσης, στον καλό αερισμό και στο δροσισμό των στοιχείων, αυξάνοντας έτσι την απόδοσή τους. Εντούτοις, το κόστος είναι σχετικά υψηλό, γιατί απαιτείται η χρήση πρόσθετων υλικών και επιπλέον εργασία.

- Τοποθέτηση σε ειδική βάση προσαρμοζόμενη στο εξωτερικό του κελύφους

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



Εικόνα 40: Φωτοβολταϊκό πλαίσιο σε ειδική βάση προσαρμοζόμενη στο εξωτερικό του κελύφους

Η τοποθέτηση αυτή επιτρέπει επίσης τον καλό αερισμό και την ψύξη των Φ/Β στοιχείων. Το κόστος είναι συνήθως μικρότερο σε σύγκριση με το κόστος που απαιτεί η τοποθέτηση σε κεκλιμένα στηρίγματα, αλλά μεγαλύτερο από το κόστος των μεθόδων που περιγράφονται στη συνέχεια. Αποτελεί μια καλή λύση, ειδικά σε ανακαινιζόμενα κτίρια, στα οποία δεν είναι δυνατόν να γίνουν μεγάλες αλλαγές στο εξωτερικό του κελύφους.

- Απευθείας τοποθέτηση

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



Εικόνα 41: Φωτοβολταϊκό πλαίσιο με απευθείας τοποθέτηση

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

- Ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών πλαισίων στο κέλυφος του κτηρίου

Η μέθοδος αυτή συνίσταται στην υποκατάσταση ολόκληρων τμημάτων του κτιριακού κελύφους από Φ/Β πλαίσια. Η καλή εφαρμογή αυτής της τεχνικής απαιτεί τη στεγανή σύνδεση των Φ/Β πλαισίων μεταξύ τους. Παραδείγματος χάριν, Φ/Β στοιχεία χωρίς μεταλλικό σκελετό τοποθετούνται σε στηρίγματα παρόμοια με αυτά που χρησιμοποιούνται για τη στήριξη συμβατικών διαφανών οροφών ή προσόψεων.

Τα νέα τύπου ημιδιαφανή στοιχεία είναι δυνατόν να τοποθετηθούν στη θέση υαλοπινάκων ή αδιαφανών στοιχείων, παρέχοντας στο σχεδιαστή τη δυνατότητα εφαρμογής τεχνικών φωτισμού και ηλιοπροστασίας παράλληλα με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ενσωμάτωση των Φ/Β παρέχει δυνατότητες για σημαντική μείωση του κόστους, καθώς εξοικονομείται το κόστος των δομικών στοιχείων του κελύφους τα οποία αντικαθίστανται από τα Φ/Β στοιχεία (Luque and Hegedus, 2003).

V. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ

Οι αντλίες θερμότητας προερχόμενης από γεωθερμική ενέργεια —μερικές φορές αποκαλούμενες γεω-μετατροπείς, χρησιμοποιούνται από το τέλος της δεκαετίας του '40. Οι GHPs χρησιμοποιούν τη συνεχή θερμοκρασία της γης ως μέσον μετατροπής αντί της εξωτερικής θερμοκρασίας του αέρα. Αυτό επιτρέπει στο σύστημα να φθάσει αρκετά υψηλά επίπεδα αποτελεσματικότητας (300%-600%) τις πιο κρύες νύχτες του χειμώνα, σε σύγκριση με το 175%-250% τις ψυχρές μέρες για αγωγούς θερμότητας με πηγή τον αέρα.

Ενώ σε πολλά σημεία της χώρας μπορεί να υπάρχουν ισχυρές διακυμάνσεις στη θερμοκρασία αναλόγως της εποχής, από καύσωνα το καλοκαίρι σε θερμοκρασίες υπό του μηδενός τον χειμώνα, μερικά μόλις μέτρα κάτω από την επιφάνεια της γης το έδαφος παραμένει σε μια σχετικά σταθερή θερμοκρασία. Σε εξάρτηση από το γεωγραφικό πλάτος, οι θερμοκρασίες εδάφους κυμαίνονται από 10°C σε 21°C. Σαν μια σπηλιά, αυτή η θερμοκρασία εδάφους είναι θερμότερη από τον αέρα πάνω από το έδαφος κατά τη διάρκεια του χειμώνα και ψυχρότερη από τον αέρα το καλοκαίρι. Όπως με κάθε αντλία θερμότητας, οι αντλίες θερμότητας προερχόμενης από γεωθερμική ενέργεια (geothermal heat pumps) ή νερό (water-source heat pumps) μπορούν να ζεστάνουν, να δροσίσουν, και, αν υπάρχει ο εξοπλισμός, να προμηθεύσουν στο σπίτι ζεστό νερό.

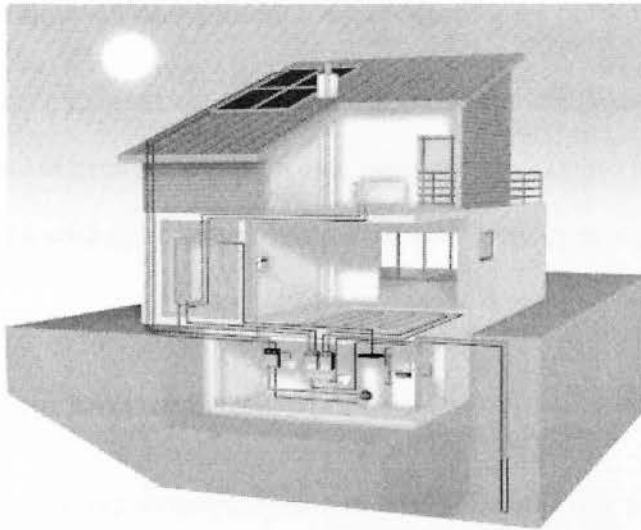
Μερικά μοντέλα γεωθερμικών συστημάτων διατίθενται με συμπιεστές δύο ταχυτήτων και ποικίλους ανεμιστήρες για μεγαλύτερη άνεση και εξοικονόμηση ενέργειας. Ως προς τις αντλίες θερμότητας με πηγή των αέρα, αυτές είναι πιο ήσυχες, διαρκούν περισσότερο, απαιτούν λίγη συντήρηση και δεν εξαρτώνται από τη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα.

Μια αντλία θερμότητας με διπλή πηγή ενέργειας (dual-source heat pump) συνδυάζει μια αντλία θερμότητας με πηγή των αέρα (air-source heat pumps) και μια αντλία θερμότητας προερχόμενης από γεωθερμική ενέργεια. Αυτές οι συσκευές συνδυάζουν τα καλύτερα χαρακτηριστικά των δύο συστημάτων.

Οι αντλίες θερμότητας με διπλή πηγή ενέργειας έχουν υψηλότερους δείκτες αποδοτικότητας από τις αντίστοιχες αιολικές, αλλά δεν είναι τόσο αποδοτικές όσο οι γεωθερμικές. Το κύριο πλεονέκτημα των συστημάτων διπλής

πηγής είναι ότι στοιχίζει πολύ λιγότερο να τα εγκαταστήσεις απ' όσο μια μονάδα γεωθερμική, και λειτουργούν περίπου το ίδιο καλά.

Παρ' ότι η τιμή της εγκατάστασης ενός γεωθερμικού συστήματος μπορεί να είναι αρκετές φορές υψηλότερη από αυτήν ενός συστήματος με πηγή το αέρα της ίδιας θερμαντικής και ψυκτικής δυνατότητας, τα επιπρόσθετα κόστη επιστρέφονται σε εσάς, υπό μορφήν εξοικονόμησης ενέργειας, μέσα σε 5-10 χρόνια. Η διάρκεια ζωής του συστήματος υπολογίζεται στα 25 έτη για τα εσωτερικά εξαρτήματα και 50 έτη και πλέον για το κύκλωμα εδάφους.



Εικόνα 42: Εφαρμογές γεωθερμικών αντλιών σε κτίρια

Η Αντλία Θερμότητας ανήκει στην κατηγορία των *Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας*. Για την *θέρμανση*, το ζεστό νερό χρήσης και για την *ψύξη*, το 70 - 80% της ενέργειας παρέχεται δωρεάν από το περιβάλλον (γεωθερμική ενέργεια ή θερμική ενέργεια του αέρα). Ένα γεωθερμικό σύστημα αξιοποιεί την εντός του εδάφους υπάρχουσα σταθερή θερμοκρασία. Έτσι, το χειμώνα, ένα ρευστό που κυκλοφορεί στον γεωεναλλάκτη απορροφά τη θερμότητα του εδάφους και μέσω της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας την αποδίδει στο κτίριο. Το δε καλοκαίρι, λειτουργώντας αντίστροφα, *απάγει* την θερμότητα από το κτίριο και μέσω του γεωεναλλάκτη την αποδίδει στο πιο δροσερό έδαφος (Hanold, 1983).

V. Α. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ/ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΝΤΙΑΙΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

- Το 70 - 80% της ενέργειας παρέχεται δωρεάν από το περιβάλλον
- Το κόστος λειτουργίας μειώνεται πάνω από 60% σε σχέση με τους συμβατικούς τρόπους θέρμανσης και ψύξης
- Καταργείται η χρήση πετρελαίου και έχουμε μηδενικές εκπομπές CO₂
- Δεν απαιτείται δεξαμενή καυσίμων και καμινάδα

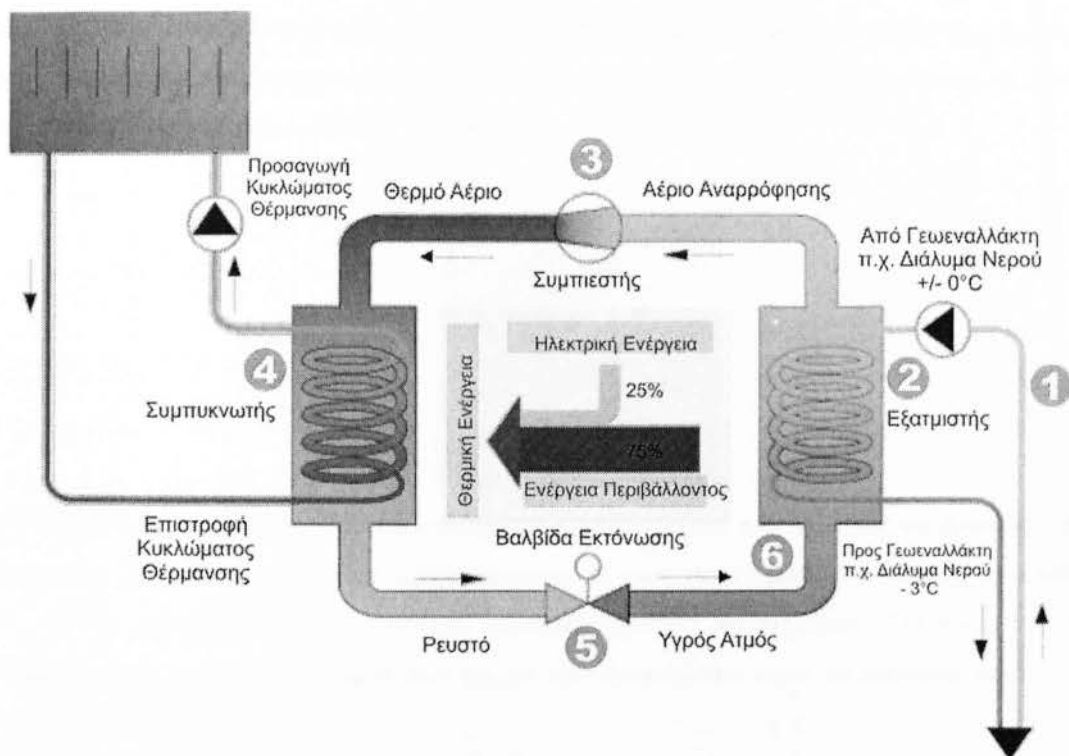
- Μεγάλη εξοικονόμηση χώρου, γιατί χρειάζεται μόνο μια μικρή και συμπαγής αντλία για θέρμανση και ψύξη
- Δεν απαιτείται καμία συντήρηση στους γεωεναλλάκτες, ενώ η Αντλία Θερμότητας χρειάζεται περιοδικό έλεγχο
- Λειτουργεί αθόρυβα και δε χρειάζεται πυροπροστασία
- Το σύστημα της Αντλίας Θερμότητας συνδυάζεται μέσω θερμοδοχείου (Boiler) και με άλλες πηγές ενέργειας, όπως για παράδειγμα τους ηλιακούς συλλέκτες (Lund, 2001).

Μειονεκτήματα του Συστήματος Γεωθερμικού Κλιματισμού

- το αρχικό κόστος κατασκευής είναι υψηλότερο από του συμβατικού
- υπάρχει δυσκολία στην επιδιόρθωση μιας διαρροής στα κλειστά κυκλώματα
- για τα ανοικτού κυκλώματος συστήματα απαιτείται μεγάλη παροχή καθαρού νερού

V. B. ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Ο τρόπος λειτουργίας μίας Αντλίας θερμότητας μπορεί να συγκριθεί μ' αυτόν ενός ψυγείου, όπου με αλλαγή του επιπέδου πίεσης στον ψυκτικό κύκλο αλλάζει και η φάση του ψυκτικού υγρού από υγρό σε αέριο και ανάποδα, όπως και η θερμοκρασία του. Όμως εδώ χρησιμοποιείται η θερμότητα που κερδήθηκε, η οποία στην περίπτωση του ψυγείου χάνεται ως απόβλητο στο περιβάλλον.



Εικόνα 44: Αρχή Λειτουργίας

Β.Δ. ΤΥΠΟΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ ΓΙΑ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΑΛΗΞΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

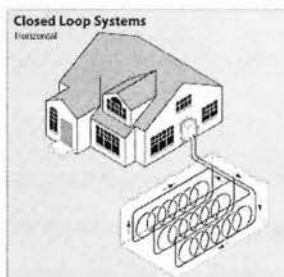
Υπάρχουν τέσσερις βασικοί τύποι κύκλωμα εδάφους. Τρία από αυτά το οριζόντιο, το κάθετο και το τύπου δεξαμενής / λίμνης είναι σύστημα κλειστού κυκλώματος. Το σύστημα του τέταρτου τύπου είναι η επιλογή του ανοικτού κυκλώματος. Ποιο από αυτά τα συστήματα είναι το καλύτερο εξαρτάται από το κλίμα, τις συνθήκες του εδάφους, τη διαθέσιμη γη και το κατά τόπους κόστος εγκατάστασης. Όλες αυτές οι προσεγγίσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εφαρμογές σε κτήρια οικιακής ή εμπορικής χρήσης.

Συστήματα κλειστού κυκλώματος:

Οριζόντιο

Αυτός ο τύπος της εγκατάστασης είναι γενικά πολύ ανταποδοτικός του κόστους για οικιακή εγκατάσταση, ιδιαίτερα για νέες κατασκευές όπου επαρκής έκταση γης είναι διαθέσιμη. Απαιτεί αυλάκια με τουλάχιστον 1 μέτρο βάθος. Οι πιο κοινές διατάξεις είτε χρησιμοποιούν δύο σωλήνες ο ένας θαμμένος στα δύο μέτρα βάθος, και ο άλλος στο ένα μέτρο ή δύο σωλήνες τοποθετημένους δίπλα-δίπλα σε 1,5 μέτρο βάθος στο έδαφος μέσα σε

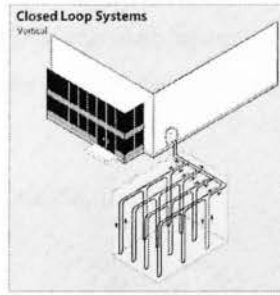
αυλάκι φάρδους 50 εκατοστών. Η μέθοδος SlinkyT επιτρέπει μεγαλύτερο μήκος σωλήνα σε ρηχότερο αυλάκι, πράγμα που μειώνει το κόστος εγκατάστασης και καθιστά την οριζόντια εγκατάσταση δυνατή σε περιοχές όπου δεν θα ήταν δυνατές οι συνηθισμένες οριζόντιες εφαρμογές.



Εικόνα 45: Εικόνα ενός οριζοντίου κλειστού συστήματος γείωσης δείχνει τους σωλήνες να ξεκινούν από το σπίτι και να εισέρχονται στο έδαφος, έπειτα να διακλαδώνονται σε τρεις σειρές μέσα στο έδαφος, με κάθε σειρά να αποτελείται από έξι αλληλεπικαλυπτόμενα κάθετα συστήματα-βρόγχοι σωληνώσεων. Στο τέλος των σειρών, οι σωλήνες κατευθύνονται πάλι προς την αρχή των σειρών και συνδυάζονται ώστε να αποτελέσουν έναν σωλήνα ο οποίος οδηγείται πίσω στο σπίτι.

Κάθετο

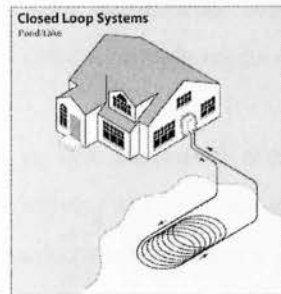
Μεγάλα εμπορικά κτήρια και σχολεία συχνά χρησιμοποιούν κάθετα συστήματα διότι η έκταση γης που απαιτείται για οριζόντια συστήματα θα ήταν απαγορευτικός παράγοντας. Τα κάθετα συστήματα χρησιμοποιούνται επίσης όπου το έδαφος είναι πάρα πολύ ρηχό για αυλάκια, και τα συστήματα αυτά ελαχιστοποιούν την αναστάτωση στο υπάρχον διαμορφωμένο τοπίο. Για ένα κάθετο σύστημα, τρύπες (με διάμετρο περίπου 15 εκ.) ανοίγονται σε απόσταση περίπου 6 μ. η μία από την άλλη και σε βάθος 30 έως 100 μέτρα. Μέσα σε αυτές τις τρύπες εισέρχονται δύο σωλήνες οι οποίοι συνδέονται στο κάτω μέρος με οριζόντιο σωλήνα που τοποθετείται σε αυλάκια και συνδέεται με την αντλία θερμότητας που βρίσκεται μέσα στο κτήριο.



Εικόνα 46: Εικόνα ενός κάθετου κλειστού συστήματος γείωσης δείχνει τους σωλήνες να ξεκινούν από ένα κτήριο και να εισέρχονται στο έδαφος, έπειτα να διακλαδώνονται σε τέσσερις σειρές μέσα στο έδαφος. Σε κάθε σειρά, το σύστημα των σωλήνων παραμένει οριζόντιο με εξαίρεση ότι εκτρέπεται σε τρεις βαθείς κάθετους σχηματισμούς-βρόγχοι. Στο τέλος της σειράς, η σωλήνωση κάνει καμπύλη και επιστρέφει στην αρχή της σειράς και μετατρέπεται σε έναν σωλήνα που οδηγεί πίσω στο κτήριο.

Δεξαμενής/Λίμνης

Αν η περιοχή έχει επαρκή όγκο νερού, αυτή ίσως είναι η επιλογή με το χαμηλότερο κόστος. Ένας σωλήνας παροχής τοποθετείται μέσα στο έδαφος, από το κτήριο έως το νερό και τυλίγεται σε σπείρες σε βάθος τουλάχιστον οκτώ ποδών κάτω από το έδαφος έτσι ώστε να αποφεύγεται το πάγωμα. Οι σπείρες θα πρέπει να τοποθετηθούν μόνον σε περιοχή νερού η οποία πληροί τα κριτήρια για τον ελάχιστο επιτρεπτό όγκο, βάθος και ποιότητα νερού.

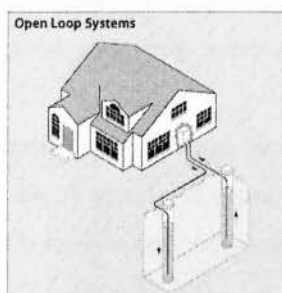


Εικόνα 47: Εικόνα ενός κλειστού κυκλώματος τύπου Δεξαμενής/Λίμνης δείχνει τους σωλήνες να ξεκινούν από το σπίτι και να εισέρχονται στο έδαφος, έπειτα να εκτείνονται έως τη λιμνούλα ή λίμνη. Η σωλήνωση βυθίζεται μέσα στη λιμνούλα ή τη λίμνη και έπειτα σχηματίζει οριζόντια συστήματα-βρόγχους αποτελούμενα από επτά μεγάλες αλληλεπικαλυπτόμενες βρόγχους, έπειτα επιστρέφει στην άκρη της υδάτινης περιοχής, εκτείνεται προς τα πάνω, κοντά στην επιφάνεια και επιστρέφει στο σπίτι.

Ανοιχτού κυκλώματος

Αυτός ο τύπος του συστήματος χρησιμοποιεί πηγαδίσιο νερό ή νερό επιφανείας ως το υγρό ανταλλαγής θερμότητας το οποίο κυκλοφορεί κατ' ευθείαν μέσω του GHP συστήματος. Άπαξ και έχει κυκλοφορήσει μέσα στο σύστημα, το νερό επιστρέφει στο έδαφος μέσω του πηγαδιού, μέσω ενός πηγαδιού αναφόρτισης ή μέσω

εκροής στο έδαφος. Αυτή η επιλογή είναι εμφανώς πρακτική μόνον όπου υπάρχει επαρκής παροχή σχετικά καθαρού νερού, και τηρούνται όλοι οι τοπικοί κώδικες και οι κανονισμοί που αφορούν την εκροή του νερού του εδάφους (Omer, 2008).



Εικόνα 48: Εικόνα ενός ανοιχτού κυκλώματος δείχνει έναν σωλήνα να μεταφέρει νερό από το σπίτι προς τα έξω, μέσα στο έδαφος, και από κει σε ένα πηγάδι, όπου αδειάζεται στο νερό του εδάφους. Ένας ξεχωριστός σωλήνας μέσα σε πηγάδι λίγο πιο πέρα αντλεί νερό από το πηγάδι και το επιστρέφει στο σπίτι.

V.E. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Η Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας (Geothermal Heat Pump ή για συντομία GHP) αντί να χρησιμοποιεί τον αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος για να αποβάλλει (καλοκαίρι) ή να αντλήσει (χειμώνας) θερμότητα, χρησιμοποιεί τη θερμότητα που περικλείουν τα υπόγεια νερά, τα νερά των λιμνών και της θάλασσας, ή ακόμα και τη θερμότητα που περικλείει το χώμα! Έχει επαληθευτεί το γεγονός ότι λίγα μέτρα κάτω από την επιφάνεια του εδάφους η θερμοκρασία είναι σχεδόν σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η GHP χρησιμοποιώντας ένα δίκτυο σωληνώσεων, όπου κυκλοφορεί νερό, κατάλληλα τοποθετημένων ανταλλάζει θερμότητα με το έδαφος ή με τη θάλασσα αναλόγως την εγκατάσταση.

Μπορεί να κάνει κάποιος τη σύγκριση με ένα συμβατικό σύστημα κλιματισμού με αερόψυκτες εξωτερικές μονάδες όπως πχ τα πολύ γνωστά σε όλους μας κλιματιστικά μηχανήματα διαιρούμενου τύπου, οι εξωτερικές μονάδες των οποίων είναι εμφανείς στα μπαλκόνια των διαμερισμάτων ή στα δώματα των κτιρίων. Όλοι όσοι τα έχουν χρησιμοποιήσει το καλοκαίρι κατά τη διάρκεια μιας πολύ ζεστής μέρας (35°C ή και 40°C), γνωρίζουν τη δραματική πτώση της απόδοσής τους και την αδυναμία τους να δροσίσουν ικανοποιητικά το χώρο. Αυτό συμβαίνει γιατί η συσκευή καλείται να αποβάλει θερμότητα σε ένα περιβάλλον ήδη κορεσμένο από θερμικό φορτίο και καταβάλλει μια μάταιη προσπάθεια καταναλώνοντας υπερβολικά ποσά ηλεκτρικής ενέργειας.

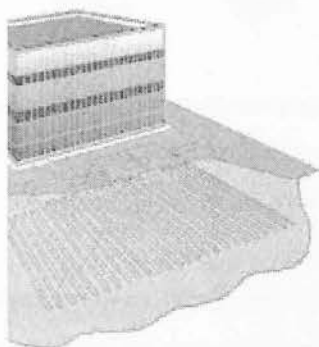
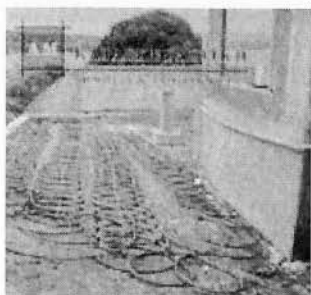
Αν όμως η κλιματιστική συσκευή απέβαλε τη θερμότητα σε ένα ψυχρότερο περιβάλλον, όπως αυτό του εσωτερικού του εδάφους, όπου ακόμη και στις θερμότερες μέρες του καλοκαιριού η θερμοκρασία δεν ξεπερνάει τους 20ο C, τότε η απόδοσή της θα ήταν πάρα πολύ μεγάλη και η οικονομία σε ηλεκτρική ενέργεια τεράστια.

Σε αυτή την αρχή της θερμοδυναμικής βασίζεται η χρήση των γεωθερμικών εναλλακτών, που κατά μια έννοια «μεταφέρουν», με τη βοήθεια της αντλίας θερμότητας, τους 20°C του εδάφους μέσα στο κτίριο, καταναλώνοντας έτσι την ελάχιστη δυνατή ηλεκτρική ενέργεια.

Κατ' ανάλογο τρόπο, το χειμώνα, το γεωθερμικό σύστημα καλείται να ανυψώσει τους 15-17°C του εδάφους μέχρι τους 20-22°C για να ζεστάνει το εσωτερικό του κτιρίου. Η οικονομία και εδώ είναι τεράστια σε σχέση με μία συμβατική αντλία θερμότητας αέρα. Να σημειωθεί ότι τα συμβατικά κλιματιστικά μηχανήματα αδυνατούν σχεδόν να ζεστάνουν το χώρο σε θερμοκρασίες κάτω των 0°C.

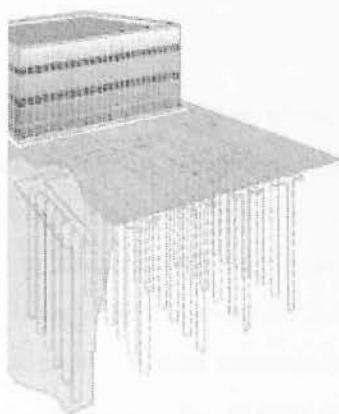
Υπάρχουν τρεις βασικές μέθοδοι εγκατάστασης του γεωθερμικού εναλλάκτη, τις οποίες παρουσιάζουμε παρακάτω:

1. Εγκατάσταση κλειστού βρόχου (ανακυκλοφορία του ψυκτικού) με *οριζόντιες* σπείρες σωληνώσεων. Ανοίγονται ορύγματα βάθους περίπου 2m ή γίνεται εξολοκλήρου εκσκαφή του χώρου και τοποθετείται ο γεωθερμικός εναλλάκτης. Χρησιμοποιείται σχεδόν κατ' αποκλειστικότητα όταν επαρκεί ο χώρος του οικοπέδου επειδή είναι η πιο οικονομική λύση.



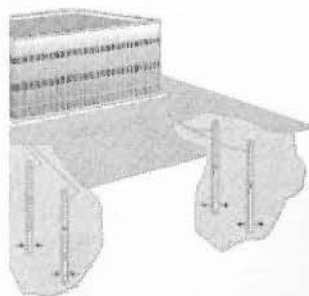
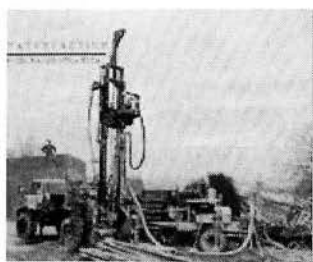
Εικόνα 49: Εγκατάσταση κλειστού βρόχου με οριζόντιες σπείρες σωληνώσεων

2. Εγκατάσταση κλειστού βρόχου (ανακυκλοφορία του ψυκτικού) με *κατακόρυφες* σπείρες σωληνώσεων. Γίνονται γεωτρήσεις σε μικρά σχετικά βάθη και εισάγονται σωλήνες που αποτελούν το γεωθερμικό εναλλάκτη. Χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου η επιφάνεια του οικοπέδου είναι μικρή και δεν μπορεί να εφαρμοσθεί η 1η μέθοδος.



Εικόνα 50: Εγκατάσταση κλειστού βρόχου με κατακόρυφες σπείρες σωληνώσεων

3. Εγκατάσταση με γεωτρήσεις άντλησης και επαναφοράς υπογείων υδάτων. Το νερό αντλείται από τον υδροφόρο ορίζοντα διέρχεται από την αντλία θερμότητας όπου απορροφά ή αποδίδει θερμότητα και κατόπιν επανεισάγεται στη γη. Το σύστημα αυτό ενδείκνυται σε περιοχές με ρηχό βάθος υδροφόρου ορίζοντα. Βασικό του πλεονέκτημα είναι οι ελάχιστες απαιτήσεις σε χώρο στο οικοπέδο.



Εικόνα 51: Εγκατάσταση κλειστού βρόχου με κατακόρυφες σπείρες σωληνώσεων

Το σύστημα με GHP αποτελεί μια πρωτοποριακή μέθοδο ψύξης και θέρμανσης, ευρέως διαδεδομένη στο εξωτερικό, η οποία εκμεταλλεύεται μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Τι συμβαίνει όμως με το κόστος εγκατάστασης;

Κάθε εγκατάσταση περιλαμβάνει τρία υποσύνολα: Τον κλιματιζόμενο χώρο, το μηχανοστάσιο, όπου τοποθετείται η GHP με τον βοηθητικό της εξοπλισμό και τον περιβάλλοντα χώρο όπου βρίσκεται το υδραυλικό κύκλωμα του γεωθερμικού εναλλάκτη. Θα πρέπει να τονιστεί ότι ανάλογα με την εκάστοτε ισχύουσα νομοθεσία, είναι εφικτή επιδότηση της εγκατάστασης GHP ως παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμη πηγή.

Μία ηλεκτρική GHP καταναλώνει ετησίως ηλεκτρική ενέργεια κόστους ίσου περίπου με το 50-60% του κόστους πετρελαίου για το λέβητα. Με τις τρέχουσες τιμές πετρελαίου και ηλεκτρικής ενέργειας, σε μία οικία 200τμ εξοικονομούνται 2660€ ετησίως κατά την περίοδο θέρμανσης. Το όφελος από τη χρήση και το καλοκαίρι, για ψύξη, ανέρχεται για το ίδιο σπίτι σε 200€. Η απόσβεση του αρχικού κόστους εγκατάστασης γίνεται σε διάστημα 4-5 ετών (Lambert, 1997)

V.ΣΤ. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΕΝΑΛΛΑΚΤΗ

1. Σύστημα Οριζόντιου Γεωεναλλάκτη Ένας κατάλληλος χώρος του οικοπέδου σκάβεται σε 1,20 – 1,50 μ βάθος, όπου διαστρώνονται οριζόντια τα κυκλώματα σωληνώσεων, μέσα στα

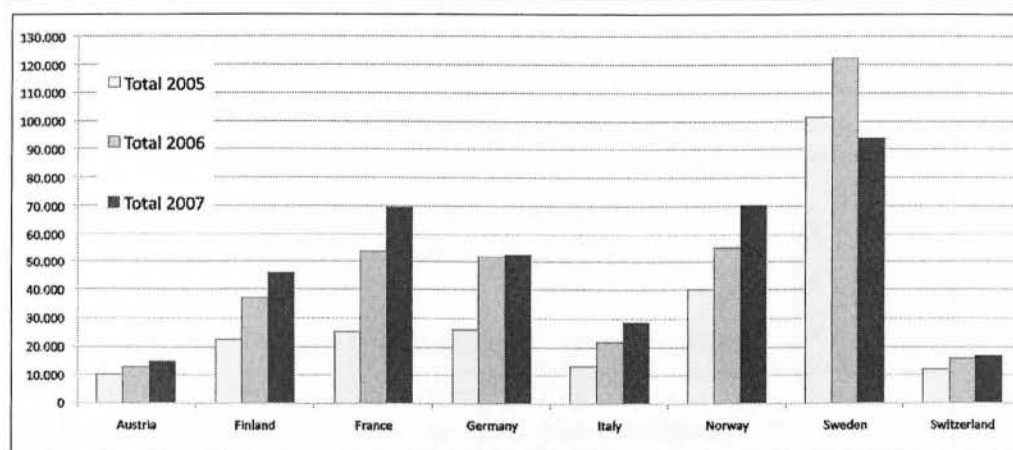
οποία κυκλοφορεί διάλυμα νερού με αντιψυκτικό υγρό. Αυτά τα κυκλώματα αποτελούν τον γεωεναλλάκτη, το μέγεθος του οποίου προσδιορίζεται από τη μελέτη εγκατάστασης ανάλογα με τις ανάγκες κάθε κατοικίας.

2. Σύστημα Κατακόρυφου Γεωεναλλάκτη Εδώ τα κυκλώματα βυθίζονται γύρω στα 30 έως 100 μέτρα κάθετα στο υπέδαφος, με την ίδια αρχή όπως και στον οριζόντιο γεωεναλλάκτη. Ο κατακόρυφος γεωεναλλάκτης απαιτεί λίγο χώρο και είναι ως σύστημα πιο κατάλληλο για περιπτώσεις εκσυγχρονισμού θέρμανσης με αντλίες θερμότητας, αφού δε χρειάζεται σκάψιμο όλου του ήδη διαμορφωμένου κήπου.

3. Σύστημα Υδατοσυλλέκτη Στο σύστημα αυτό χρησιμοποιούνται δύο

πηγάδια. Από το πρώτο αντλείται το νερό και οδηγείται στην αντλία θερμότητας, όπου αφού παραληφθεί η ενέργεια διοχετεύεται πίσω στον υδροφόρο ορίζοντα μέσω του δεύτερου πηγαδιού. Είναι ιδανική λύση σε περίπτωση υπαρχής υπόγειων

Figure 1: Changes in heat pump sales for 8 European countries



νερών.

Εικόνα 52: Πωλήσεις Αντλιών Θερμότητας οχτώ ευρωπαϊκών χωρών από το 2005 μέχρι το 2007

Από το διάγραμμα συμπεραίνονται τα εξής:

- Πωλήσεις Αντλιών Θερμότητας κατά το 2006: 370.447 μονάδες
- Πωλήσεις Αντλιών Θερμότητας κατά το 2007: 392.756 μονάδες
- Από το 2005 μέχρι το 2007 πωλήθηκαν πάνω από 1 εκατομμύριο Αντλίες Θερμότητας στις παραπάνω χώρες
- Οι πωλήσεις των Αντλιών Θερμότητας παρουσιάζουν συνεχή αύξηση όσο σε χώρες με θερμό κλίμα τόσο και σε χώρες με χαμηλές θερμοκρασίες

V.Z. ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται οι διαθέσιμες τεχνολογίες αξιοποίησης της γεωθερμικής ενέργειας και η τεχνο-οικονομική κατάσταση τους που αφορά στην ωριμότητα της τεχνολογίας και στην οικονομικότητα της. Στις ήδη ανεπτυγμένες και οικονομικά εφαρμοσμένες τεχνολογίες διακρίνουμε επομένως τη χρήση γεωθερμικών ρευστών υψηλής ενθαλπίας για ηλεκτροπαραγωγή (η χρήση ρευστών μέσης ενθαλπίας παρουσιάζει οριακή οικονομικότητα) αλλά και τη χρήση γεωθερμικών ρευστών χαμηλής ενθαλπίας για εφαρμογές θέρμανσης

(κτιρίων, θερμοκηπίων, διεργασιών, δεξαμενών κ.α) Η αξιοποίηση των θερμών Ξηρών Πετρωμάτων είναι πολλά υποσχόμενη τεχνολογία αλλά ακόμα στο στάδιο της έρευνας.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ	Τεχνική και οικονομική κατάσταση
1. Μονάδες Ηλεκτροπαραγωγής από Ρευστά Υψηλής Ενθαλπίας (>150)	
Εφαρμογές - ηλεκτροπαραγωγή με σύνδεση σε δίκτυο	****
2. Χρήση Γεωθερμικών Ρευστών Χαμηλής Ενθαλπίας	
Εφαρμογές - τηλεθέρμανση	****
- θερμότητα διεργασιών για βιομηχανικές / εμπορικές χρήσεις	****
3. Μονάδες ηλεκτροπαραγωγής από Θερμά Ξηρά Πετρώματα	
εφαρμογές - ηλεκτροπαραγωγή με σύνδεση σε δίκτυο	*
- τηλεθέρμανση	*
- θερμότητα διεργασιών για βιομηχανικές / εμπορικές χρήσεις	*
**** τεχνολογίες ανεπτυγμένες οικονομικά	
*** ανεπτυγμένες τεχνολογίες, αλλά οικονομικές μόνο με επιδότηση	
** τεχνολογίες ακόμα στο στάδιο της έρευνας και ανάπτυξης	
* μελλοντικές, δίχως, ακόμα πρακτική εφαρμογή	

Παρά το πλούσιο γεωθερμικό δυναμικό, η χρήση γεωθερμικών πηγών για σκοπούς ηλεκτροπαραγωγής είναι αμελητέα στην Ελλάδα. Οι ελάχιστες εφαρμογές της γεωθερμίας περιορίζονται στη χρήση ζεστού νερού. Η χρήση ζεστού νερού μέχρι 90° Κελσίου γίνεται κυρίως σε αγροτικές εφαρμογές (θερμοκήπια, υδατοκαλλιέργειες, ξηραντήρια κλπ) ή για λουτροθεραπευτικό τουρισμό. Στην Ελλάδα, γεωθερμία κατάλληλη για ηλεκτροπαραγωγή βρίσκεται σε προσιτά βάθη στα νησιά του ηφαιστειακού τόξου του Αιγαίου: Μήλος-Κίμωλος, Σαντορίνη, Νίσυρος, αλλά και στη Λέσβο, τη Χίο, τη Σαμοθράκη, την Αλεξανδρούπολη και αλλού. Τα νησιά Μήλος-Κίμωλος, Σαντορίνη και Νίσυρος αντιστοιχούν σε περιοχές γεωλογικά πρόσφατης ηφαιστειακής δράσης και περιλαμβάνουν γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας με θερμοκρασίες 120-350 °C με συνολικό γεωθερμικό δυναμικό τουλάχιστον 300 MW_e, το οποίο όμως μέχρι σήμερα παραμένει παντελώς ανεκμετάλλευτο. Στις υπόλοιπες περιοχές απαντώνται γεωθερμικά πεδία χαμηλής-μέσης ενθαλπίας με θερμοκρασίες 90-120 °C και δυναμικό ηλεκτροπαραγωγής της τάξεως των 20-30 MW(e).

Ενώ η γεωθερμία κατάλληλη για θέρμανση και αγροτικές εφαρμογές απαντάται σε μικρά βάθη σε πολλές περιοχές στις πεδιάδες της Μακεδονίας και της Θράκης, αλλά και στη γειτονιά κάθε μιας από τις 56 θερμές πηγές της χώρας μας. Εκεί απαντώνται γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας με θερμοκρασίες 25-100°C. Τέτοια είναι: Θερμά Σαμοθράκης, Πολυχνίτος-Άργενος Λέσβου, Νένιτα Χίου, Αριστινό Αλεξανδρούπολης, Αιδηψός και Σουσάκι Κορινθίας (80-100°C), Νέο Εράσμιο, Νέα Κεσσάνη Ξάνθης, Νιγρίτα, Σιδηρόκαστρο και Ηράκλεια Σερρών, Λαγκαδάς, Νέα Απολλωνία, Θέρμη Θεσσαλονίκης, Νέα Τρίγλια Χαλκιδικής (30-60°C) και πολλά άλλα.

Οι αντίστοιχες γεωθερμικές εφαρμογές έχουν συνολική θερμική ισχύ μόλις 70 MW(th), και περιλαμβάνουν κυρίως θερμά και ιαματικά λουτρά (45%), και θέρμανση θερμοκηπίων και εδαφών (55%) (Kanolu and Çengel, 1999).

VI. ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΑΠΕ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Παρόλο που το ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας είναι ιδανικό για την εκμετάλλευση της Φ/Β τεχνολογίας, μέχρι και το τέλος του 20ου αιώνα, η συνεισφορά της ηλιακής ενέργειας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν ουσιαστικά ανύπαρκτη. Παλαιότερα περιοριζόταν κυρίως σε αυτόνομα Φ/Β συστήματα για απομακρυσμένες από το κεντρικό δίκτυο περιοχές, ενώ και σε αυτή τη περίπτωση ο αριθμός και το μέγεθος ήταν πολύ περιορισμένα.

Όμως τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια πολύ μεγάλη αλλαγή. Ο κλάδος της Φ/Β τεχνολογίας γνωρίζει μια έκρηξη επενδυτικού ενδιαφέροντος, απόρροια της αλλαγής της πολιτείας ως προς την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών γενικότερα και της Φ/Β τεχνολογίας πιο συγκεκριμένα. Οι γενναίες επιδοτήσεις σε συνδυασμό με την αυξημένη τιμή αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β συστήματα είχαν ως αποτέλεσμα αυξημένο επενδυτικό ενδιαφέρον, καθώς η Φ/Β τεχνολογία κατέστη όχι μόνο βιώσιμη, αλλά και κερδοφόρα επένδυση με ελάχιστο ρίσκο.

Το αποτέλεσμα ήταν μια χωρίς προηγούμενο εκτίναξη του αριθμού των αιτήσεων για την χορήγηση άδειας Φ/Β πάρκων. Ο στόχος των 700MW που είχε τεθεί για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β συστήματα, καλύφθηκε πολύ γρήγορα (τέλος του 2007). Όπως είναι φανερό, σε μια χώρα όπου η περιβαλλοντική συνείδηση των πολιτών και των επιχειρήσεων δεν είναι πολύ μεγάλη, ο κρατικός παρεμβατισμός μοιάζει ίσως ο μοναδικός τρόπος για την εκδήλωση επενδυτικού ενδιαφέροντος στη συγκεκριμένη τεχνολογία. Όμως τα πράγματα μπορούν να αλλάξουν σημαντικά, όχι μόνο με την αλλαγή της κοινής γνώμης πάνω σε περιβαλλοντικά ζητήματα, αλλά και από την εξέλιξη της τεχνολογίας, η οποία μοιάζει ικανή στο άμεσο μέλλον να κάνει τα Φ/Β μια βιώσιμη και εφικτή λύση στο παγκόσμιο ενεργειακό πρόβλημα.

Η μακρόχρονη προσπάθεια της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για τη δημιουργία μιας ενιαίας ενεργειακής πολιτικής πήρε, μετά από απόφαση των ηγετών της Ευρωπαϊκής Ένωσης στη Συνάντηση Κορυφής της 8ης Μαρτίου 2007, τη μορφή ενός καθορισμένου και συνολικού Σχεδίου Δράσης.

Ενός σχεδίου που θα σταθεί απέναντι στην επιτακτική και αδιαπραγμάτευτη πλέον ανάγκη για προστασία του περιβάλλοντος και θα οδηγήσει σε ένα καλύτερο μέλλον.

Η εγκατεστημένη ισχύς από Φωτοβολταϊκούς Σταθμούς το 2009 φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Μήνας	Εγκατεστημένη ισχύς (MW)
Ιανουάριος	14.084
Φεβρουάριος	17.057
Μάρτιος	19.207
Απρίλιος	20.297

Μάιος	24.307
Ιούνιος	27.758
Ιούλιος	29.843
Αύγουστος	33.532

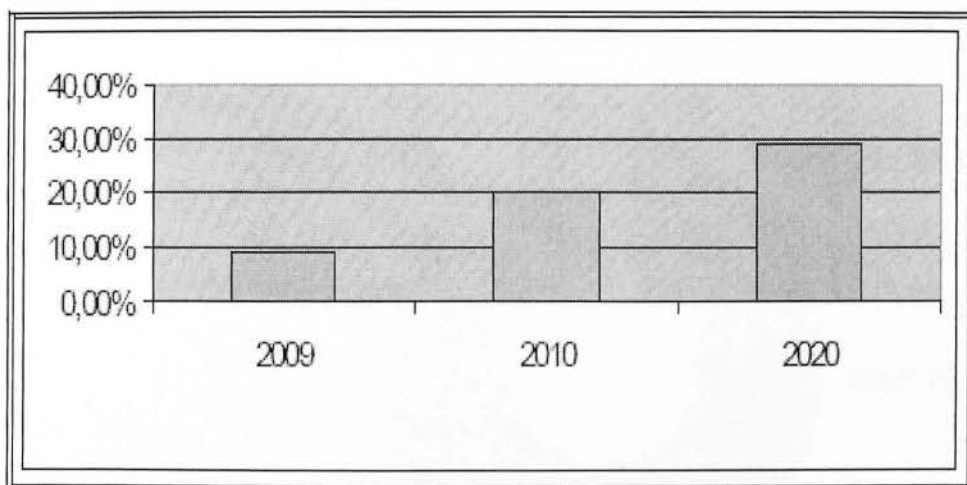
Τα Ποσοστά ενέργειας από Α.Π.Ε για τον Αύγουστο του 2009, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Αιολική ενέργεια	78%
Υδραυλική ενέργεια	15%
Ενέργεια από βιομάζα	3.5%
Ηλιακή ενέργεια	2.8%

Στο επίκεντρο αυτής της νέας Ευρωπαϊκής Ενεργειακής Πολιτικής βρίσκεται ένας κύριος στρατηγικός στόχος: η μείωση των εκπομπών των αερίων θερμοκηπίου της Ε.Ε. κατά 20% μέχρι το 2020 (20-20-20), σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εστιάζει σε τρία σημεία:

- (α) στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 20%,
- (β) στην αύξηση του ποσοστού διείσδυσης των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας στο ενεργειακό μείγμα κατά 20% και τέλος,
- (γ) στην αύξηση του ποσοστού των βιοκαυσίμων στις μεταφορές κατά 10%.

Σήμερα η εγκατεστημένη ισχύς που διαθέτουμε είναι 1.100MW (το 2004 ήταν 480MW) και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας 2.400GWh (το 2004 ήταν 1.400GWh). Ακόμη ολοκληρώνονται 329 νέες εγκαταστάσεις, συνολικής ισχύς 919MW. Συνεπώς σύμφωνα με τα προηγούμενα στοιχεία φαίνεται ότι ποσοστό για να επιτευχθούν οι εθνικοί στόχοι είναι να ανέλθει από 9% που είναι σήμερα σε 20,1% μέχρι το 2010 και σε 29% μέχρι το 2020, ενώ η παραγόμενη ισχύς τους αναμένεται να αυξηθεί κατά 352% φθάνοντας το 2010 τα 2386MW. Η χαμηλότερη, στην Ελλάδα, των προσδοκιών διείσδυση των ΑΠΕ οφείλεται σε πολλούς παράγοντες. Εκτός των κοινών αντικειμενικών δυσκολιών που παρατηρούνται σε παγκόσμιο επίπεδο, τα προβλήματα που εξακολουθούν να εμποδίζουν την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην χώρα μας είναι η ελλείψεις και ατελής νομοθεσία, τα διαδικαστικά και γραφειοκρατία κόστη και δυσκολίες, και οι περιορισμοί γης.

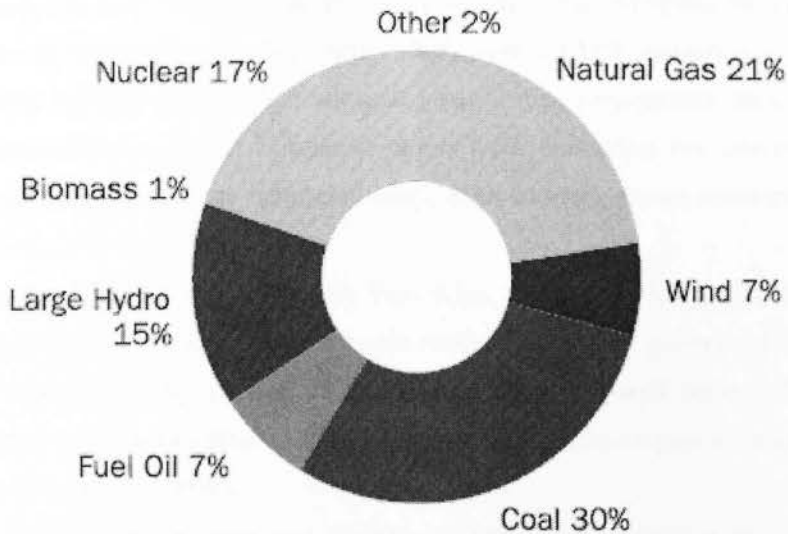


Εικόνα 53: Συμμετοχή των ΑΠΕ στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας

Ειδικότερα, η ελληνική νομοθεσία έχει ενσωματώσει τις οδηγίες της ΕΕ αλλά το συνολικό πλαίσιο είναι ασαφές και υπερεπιδοτεί τις επενδύσεις σε ΑΠΕ. Οι τιμές αγοράς ηλεκτρισμού από ΑΠΕ από το κεντρικό δίκτυο στην Ελλάδα είναι συγκρίσιμες με αυτές του εξωτερικού. Πέραν όμως αυτού, στην Ελλάδα οι επενδύσεις σε ΑΠΕ επιδοτούνται και μέσα από τον Επενδυτικό νόμο. Το αποτέλεσμα είναι η υπερπληθώρα αιτήσεων για μικρά έργα ΑΠΕ τα οποία διαφορετικά δεν θα καθίσταντο οικονομικά και δεδομένων των δημοσιονομικών περιορισμών δεν περισσεύουν κεφάλαια για πολύ μεγαλύτερες και πολύ αποδοτικότερες επενδύσεις σε ΑΠΕ. Ακόμη, η απαραίτητη γη, ή τα δικαιώματα επί των υδάτων (υδροηλεκτρικά) ή του υπεδάφους (γεωθερμία) δεν είναι εύκολα εξασφαλίσιμα και μερικές φορές καθόλου. Για παράδειγμα, μεγάλης κλίμακας φωτοβολταϊκά (5 MW) απαιτούν περί τα 150 στρέμματα ενιαίας γης με κατάλληλο προσανατολισμό κοντά στο δίκτυο. Γη με τέτοια χαρακτηριστικά δεν είναι εύκολο να βρεθεί, με αποτέλεσμα την συστηματική καθυστέρηση σημαντικού μεγέθους επενδύσεων.

Ιδιαίτερες δυσκολίες συναντούν οι επενδυτές και σε θέματα αδειοδότησης. Οι διαδικαστικές ιδιομορφίες και η γραφειοκρατία για την εξασφάλιση των απαραίτητων αδειών καθυστερούν την έγκριση των επενδύσεων. Ως αποτέλεσμα, επενδύσεις μεγάλου μεγέθους ακυρώνονται και τα κεφάλαια κατευθύνονται σε άλλες χώρες όπου μπορούν να εξασφαλίσουν μικρότερη ίσως απόδοση αλλά πολύ ταχύτερα.

EU Energy mix end 2007 (Total 775 GW)



Εικόνα 54: Συνεισφορά όλων των πηγών ενέργειας μέχρι τα τέλη του 2007

VI.A. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

Τα οφέλη που προκύπτουν από την λειτουργία μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας δεν αφορούν μόνο το κοινωνικοοικονομικό γίνεσθαι σε επίπεδο χώρας αλλά και σε επίπεδο τοπικής κοινωνίας. Η ίδρυση και λειτουργία έργων ΑΠΕ εμπορικής κλίμακας δημιουργεί ισχυρούς πόλους τοπικής ανάπτυξης και περιβαλλοντικής αναβάθμισης και προσπορίζει πολλαπλά, μετρήσιμα και ουσιαστικά οφέλη στις τοπικές κοινωνίες, στις περιοχές των οποίων εγκαθίστανται τα έργα αυτά. Πιο συγκεκριμένα, και με βάση τα καταγεγραμμένα απολογιστικά στοιχεία των εν λειτουργία έργων ΑΠΕ στην Ελλάδα, τα έργα αυτά: Συμβάλλουν σημαντικά στην τοπική απασχόληση. Έτσι π.χ. για ένα τυπικό αιολικό πάρκο των 10 MW απαιτούνται:

A) 120 ανθρωπομήνες απασχόλησης στη φάση της κατασκευής του. Το 30 – 40 % αυτής της απασχόλησης προέρχεται από το ντόπιο εργατικό δυναμικό.

B) 3-5 μόνιμοι εργαζόμενοι στη φάση λειτουργίας του, οι περισσότεροι από τους οποίους είναι ντόπιοι. Αλλά και τα αντίστοιχα απολογιστικά στοιχεία απασχόλησης στην κατασκευή και λειτουργία μικρών υδροηλεκτρικών έργων στη χώρα μας, είναι και αυτά σημαντικά. Συγκεκριμένα, στη μεν φάση κατασκευής ενός τυπικού μικρού υδροηλεκτρικού ισχύος 5 MW, απασχολούνται περίπου 50 άτομα. Στη δε φάση λειτουργίας/συντήρησής του απασχολούνται μόνιμα περίπου 6-10 άτομα. Η συμβολή των έργων ΑΠΕ στην απασχόληση, τόσο την τοπική όσο και αυτήν σε εθνικό επίπεδο, γίνεται πραγματικά εντυπωσιακή εάν συμπεριληφθούν οι προοπτικές εγχώριας κατασκευής/συναρμολόγησης μεγάλων τμημάτων του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού των έργων αυτών, όπως είναι οι πυλώνες των ανεμογεννητριών, οι μετασχηματιστές, κ.α.

Οι προοπτικές αυτές, οι οποίες έχουν ήδη αρχίσει να υλοποιούνται στην Ελλάδα(εργοστάσιο ΡΟΚΑΣ στην Τρίπολη, εργοστάσιο ΒΙΟΜΕΚ στο Αλιβέρι), μπορούν να εκτοξεύσουν τη σχετιζόμενη με τις ΑΠΕ απασχόληση, ιδιαίτερα την τοπική, στα ύψη : σύμφωνα με τα έγκυρα και απόλυτα τεκμηριωμένα απολογιστικά στοιχεία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής ("Wind Energy: The Facts", 1999), κάθε 10 MW αιολικής ενέργειας που εγκαθίστανται δημιουργούν σήμερα 150-190 νέες θέσεις εργασίας, κυρίως στη βιομηχανική παραγωγή του απαιτούμενου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού. Η λειτουργία έργων ΑΠΕ προσφέρει ένα μόνιμο και σημαντικό ετήσιο έσοδο στους τοπικούς Δήμους (2% επί του τζίρου τους), αλλά και στην τοπική οικονομία γενικότερα. Έτσι π.χ., ένα τυπικό αιολικό πάρκο των 10 MW :

Α) Έχει κόστος κατασκευής 11 εκατ. Ευρώ Β) Έχει τζίρο, από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγει, περίπου 2 εκατ. Ευρώ το χρόνο, από τα οποία τα 40.000 Ευρώ το χρόνο (το 2%) εισφέρονται δια νόμου ως έσοδο στους τοπικούς Δήμους, για όλη τη διάρκεια ζωής του αιολικού πάρκου, δηλ. για τουλάχιστον 20 χρόνια (περίπου διπλάσιο είναι το σχετικό έσοδο των Δήμων από τη λειτουργία στην περιοχή τους ενός μικρού υδροηλεκτρικού έργου ισχύος 10 MW).

Γ) Απαιτεί, για τις ανάγκες λειτουργίας του, 35.000 - 50.000 Ευρώ το χρόνο σε τοπικές δαπάνες (μισθούς τοπικού μόνιμου προσωπικού, τοπικές εργολαβίες συντήρησης και επισκευών, κ.α.).

Η κατασκευή έργων ΑΠΕ σε μία περιοχή συνοδεύεται από την παράλληλη υλοποίηση σειράς αντισταθμιστικών οφελών, πέραν των άμεσων και μετρήσιμων οικονομικών εισροών και των δημιουργούμενων θέσεων απασχόλησης. Έτσι :

Α) Κατασκευάζονται ή και βελτιώνονται, χωρίς κόστος για τους δημότες, σημαντικά έργα υποδομής στην ευρύτερη περιοχή (οδικό δίκτυο, τηλεπικοινωνίες, ηλεκτρικό δίκτυο).

Β) Κατασκευάζονται, ως αντισταθμιστικά οφέλη (χωρίς κόστος) για τους τοπικούς Δήμους, διάφορα κοινωφελή έργα, όπως κοινοτικοί δρόμοι, σχολεία, παιδικοί σταθμοί κ.α., ενώ προσφέρονται από τους επενδυτές και ανάλογες χορηγίες.

Γ) Προωθούνται νέες, εναλλακτικές και ιδιαίτερα κερδοφόρες μορφές τουρισμού στην περιοχή, όπως π.χ. ο οικοτουρισμός (επισκέψεις σε εγκαταστάσεις οικολογικών μορφών ενέργειας, όπως είναι τα αιολικά πάρκα). Συντελούν αποφασιστικά στην προστασία του περιβάλλοντος μιας περιοχής, αφού περιορίζουν σε σημαντικό βαθμό τις εκπομπές επιβλαβών για την υγεία ρυπαντικών ουσιών, που προκαλούνται από την καύση ορυκτών καυσίμων (άνθρακα, πετρελαίου, αερίου). **Έτσι, η κατασκευή και λειτουργία ενός αιολικού πάρκου 10 MW στη χώρα μας, έχει ως αποτέλεσμα την αποτροπή έκλυσης στην ατμόσφαιρα περίπου 465 τόνων το χρόνο διοξειδίου του θείου, 36 τόνων το χρόνο οξειδίων του αζώτου, 24 τόνων το χρόνο αιωρούμενων σωματιδίων και 25.500 τόνων το χρόνο διοξειδίου του άνθρακα (αερίου που είναι υπεύθυνο για το φαινόμενο του θερμοκηπίου).** Έγκυρες μελέτες της Ευρωπαϊκής Ένωσης έδειξαν ότι μία σημαντική υποκατάσταση των συμβατικών καυσίμων με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, και κυρίως με αιολικά πάρκα που βρίσκονται ήδη στο στάδιο σχεδιασμού ή υλοποίησης, θα μπορούσε να συμβάλει στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα

στην ηλεκτροπαραγωγή τουλάχιστον κατά 11%, και επομένως να περιορίσει αντίστοιχα και τις δυσμενείς επιπτώσεις από το φαινόμενο του θερμοκηπίου

VI.A. 1. Το παράδειγμα της Σητείας

Η Σητεία της Κρήτης έχει καταστεί το πρώτο επίκεντρο ανάπτυξης των αιολικών πάρκων στην Ελλάδα και ολόκληρη την Ανατολική Μεσόγειο. Από το 1988 η αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ανήκει στις προτεραιότητες του δήμου της Σητείας με πολλαπλά και σημαντικά οφέλη για την Εθνική και Περιφερειακή και την Τοπική ανάπτυξη. Το 1989 εγκαταστάθηκε στην Ζήρο της Σητείας η πρώτη μεγάλη Ανεμογεννήτρια στην Ελλάδα με εγκατεστημένη ισχύ 500 MW και λειτούργησε με εξαιρετικά αποτελέσματα . Η ανεμογεννήτρια αυτή μαζί με τις 2 όμοιες ανεμογεννήτριες της ΔΕΗ που έγιναν αμέσως μετά ενθάρρυναν την ανάπτυξη μιας πληθώρας έργων που ακολούθησαν και αφορούσαν εναλλακτικές πηγές ενέργειας. Μέσο αυτών των πρώτων επενδύσεων αποκτήθηκε πολύτιμη εμπειρία που βοήθησε στην καλύτερη επίλυση των τεχνικών προβλημάτων και επιπλέον δοκιμάστηκαν στην πράξη οι τοπικές συνθήκες παραγωγής ηλεκτρισμού από τον άνεμο σε εμπορική βάση. Τα οφέλη του τόπου από τα έργα αυτά είναι πολύ μεγάλα:

- A) Δημιουργήθηκαν 20 μόνιμες νέες θέσεις εργασίας και 200 προσωρινές κατά την κατασκευή των έργων.
- B) Δημιουργήθηκαν πολλά νέα εισοδήματα στον τόπο σε ιδιοκτήτες γης, μηχανικούς, εργολάβους, τεχνίτες, εργάτες, συμβολαιογράφους, δικηγόρους, ξενοδόχους, εστιατόρες, εμπόρους κ.α.
- Γ) Επιτεύχθηκε σοβαρή βελτίωση του ενεργειακού ισοζυγίου της Κρήτης και τώρα αποφεύγονται οι διακοπές ρεύματος που είχαν ολέθριες συνέπειες στον τουρισμό και την οικονομία.
- Ε) Επήλθε τεχνολογικός εκσυγχρονισμός και αναβάθμιση της περιοχής, αφού εδώ εκπαιδεύτηκαν κοντά στους Έλληνες και ξένους μηχανικούς πολλοί ντόπιοι μηχανικοί και τεχνίτες και βρήκαν δουλειά.
- Δ) Υπήρξε επίσης ανάπτυξη της τοπικής επιχειρηματικότητας και οικονομικής ζωής.
- Ζ) Δημιουργήθηκαν σοβαρά έσοδα στους Δήμους της περιοχής (ύψους άνω των 270.000 Ευρώ, αφού το 2% των ακαθάριστων εσόδων των εταιριών Αιολικών Πάρκων αποδίδεται σ' αυτούς.

VI.A. 2. Απαραίτητη λύση για τα Ελληνικά νησιά

Είναι γνωστό ότι τα Ελληνικά νησιά αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα και ελλείψεις όσο αναφορά την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε αυτά. Η χρήση όμως των ΑΠΕ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στα Ελληνικά νησιά εξασφαλίζει άφθονη και φθηνή ενέργεια για τους κάτοικους, και απαραίτητη εισροή για την οικονομική και κοινωνική ευημερία. Παράλληλα το κόστος λειτουργίας των τοπικών δικτύων της ΔΕΗ θα μειωθεί σημαντικά , ενώ η ίδια η ΔΕΗ θα απαλλαγεί σε σημαντικό βαθμό από την ευθύνη της αποκλειστικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και νέων επενδύσεων για την ίδρυση θερμικής βάσης σταθμών παραγωγής. Επιπλέον η μείωση στις εισαγωγές πετρελαίου αλλά και η ενίσχυση των τοπικών οικονομιών των νησιών με επαναδραστηριοποίηση των εγκαταλελειμμένων παραγωγικών τους δραστηριοτήτων θα ενισχύσει τη θέση της χώρας μας και θα αποδώσει άμεσα εθνικά οφέλη. Ωστόσο πριν την εγκατάστασή τους

πρέπει να γίνει η απαραίτητη μελέτη ώστε να χρησιμοποιηθούν οι κατάλληλες πηγές ενέργειας που δεν θα προκαλέσουν προβλήματα και αλλοιώσεις στο τοπίο. Για παράδειγμα σε πολύ μικρά νησιά δεν είναι δυνατόν να εγκατασταθούν ανεμογεννήτριες τεραστίων διαστάσεων γιατί σ αυτήν την περίπτωση οι αντιδράσεις των κατοίκων θα είναι δικαιολογημένες. Άλλωστε αυτό είναι και το πιο ουσιαστικό πλεονέκτημα της ανανεώσιμης τεχνολογίας ότι δηλαδή διαθέτει πολλές μορφές και σε κάθε περίπτωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί η κατάλληλη.

Με βάση τα προαναφερθέντα, κύρια πλεονεκτήματα των ΑΠΕ έναντι των συμβατικών πηγών είναι ότι ανανεώνονται από τη φύση και δεν προκαλούν μόλυνση της ατμόσφαιρας. Όμως ο ρυθμός με τον οποίο παρέχεται η ενέργεια από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν είναι ελεγχόμενος, ώστε η ηλεκτρική ενέργεια να παρέχεται όταν το απαιτούν οι ανθρώπινες ανάγκες. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το ότι η ηλεκτρική ενέργεια δύσκολα αποθηκεύεται σε μεγάλες ποσότητες, θα μπορούσε να δημιουργήσει προβλήματα εισόδου στην αγορά των ανανεώσιμων. Αντίθετα οι συμβατικές μέθοδοι παραγωγής υπερέχουν στο ζήτημα της ελεγχιμότητας αλλά και του χαμηλότερου κόστους διαθέτοντας με αυτόν τρόπο μεγαλύτερη ευελιξία εισόδου στην αγορά.

Ωστόσο παγκοσμίως, πολλές κυβερνήσεις έχουν την τάση να αξιολογούν καλύτερα τα οφέλη των Α.Π.Ε. καθώς αποδεικνύεται ότι μπορούν να σχετίζονται σε μεγάλο βαθμό με την οικονομική ευημερία, παρόλο που οι απολαβές των οφελών δεν είναι άμεσες αλλά μελλοντικές και μακροχρόνιες. Έτσι ολοένα και περισσότερο εφαρμόζονται πολιτικές που υποστηρίζουν την αύξηση του μεριδίου των εναλλακτικών πηγών ενέργειας στην κάλυψη της ζήτησης με διάφορους τρόπους, οι οποίοι αποσκοπούν κυρίως στη μείωση του κόστους και την επίτευξη αυξημένης ελεγχιμότητας. Το μειονέκτημα του κόστους περιορίζεται τις περισσότερες φορές με κάποια μορφή κρατικής επιχορήγησης, όπως για παράδειγμα η πίεση που ασκείται στις ηλεκτρικές εταιρείες να αγοράζουν από Α.Π.Ε. σε μία εγγυημένη τιμή που δε βασίζεται στην πραγματική τιμή της ενέργειας, αλλά η οποία υπολογίζεται έτσι ώστε η παραγωγική διαδικασία του σταθμού ανανεώσιμης πηγής ενέργειας να είναι κερδοφόρα. Διακανονισμοί σαν αυτόν θα οδηγήσουν σε μία γενική αύξηση της τιμής του ηλεκτρισμού, σαν αποτέλεσμα του οποίου όλοι οι καταναλωτές πληρώνουν το πρόσθετο κόστος του ηλεκτρισμού που παράγεται από Α.Π.Ε., εκτός εάν οι ηλεκτρικές εταιρείες είναι σε θέση να πουλήσουν αυτήν την ενέργεια σαν πράσινη ενέργεια σε μια έξτρα τιμή. Άλλο παράδειγμα είναι οι επιχορηγήσεις που δίνονται στους παραγωγούς, οι οποίες διαμοιράζουν την επιβάρυνση που σχετίζεται με τις Α.Π.Ε. σε όλους τους φορολογούμενους.

Μια ακόμη προσέγγιση του προβλήματος αυτού είναι μέσω της αυξημένης φορολογίας των συμβατικών μεθόδων παραγωγής ηλεκτρισμού, αυξάνοντας έτσι το κόστος παραγωγής τους, και άρα κάνοντας πιο εύκολο το πεδίο ανταγωνισμού για τις Α.Π.Ε. Ειδικότερα για την Ευρώπη τα μέτρα στήριξης που έχουν χρησιμοποιηθεί από τα κράτη-μέλη περιλαμβάνουν επιδότηση των επενδύσεων η φοροαπαλλαγές, αλλά η κύρια ενίσχυση προέρχεται από την άμεση στήριξη της τιμής της ενέργειας που καταβάλλεται στους παραγωγούς ΑΠΕ. Τα μέτρα στήριξης των τιμών που εφαρμόζονται μπορούν να διακριθούν σε δυο κατηγορίες.

Α. Τα συστήματα σταθερών τιμών: που εφαρμόζονται ιδίως στην Γερμανία και

την Ισπανία όπου συνέβαλαν σημαντικά στη ραγδαία προώθηση των ΑΠΕ καθώς και στην Ελλάδα. Τα συστήματα αυτά χαρακτηρίζονται από τη συγκεκριμένη τιμή της ενέργειας που καταβάλλεται από τις επιχειρήσεις ηλεκτρικής ενέργειας στους παραγωγούς ΑΠΕ.

Β. Τα συστήματα ποσοτώσεων: τα οποία εφαρμόζονται ιδίως στην Αγγλία, την Ιρλανδία και τις Κάτω χώρες, με μικρή συμβολή στην ανάπτυξη των ΑΠΕ και βασίζονται στον καθορισμό της τιμής της ενέργειας μέσω του ανταγωνισμού μεταξύ των παραγώγων ΑΠΕ για τη στήριξη που θα γίνει αφού προηγουμένως το κράτος αποφασίσει για το επιθυμητό ποσό ενέργειας από ΑΠΕ. Υλοποιούνται με δυο κυρίως μηχανισμούς:

α. *Τα πράσινα πιστοποιητικά*: Είναι εμπορεύσιμα πιστοποιητικά που εγγυώνται

ότι η αναγραφόμενη σε αυτά ηλεκτρική ενέργεια έχει παραχθεί από ανανεώσιμες πηγές.

Τα π.π εκδίδονται ξεχωριστά από κάθε χώρα μέλος της Ε.Ε, και ο συνολικός αριθμός τους αντιστοιχεί στην συνολική ηλεκτρική ενέργεια που έχει παραχθεί στην συγκεκριμένη χώρα από ΑΠΕ. Εκδίδονται και παραχωρούνται δωρεάν στους παραγωγούς ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας, με αναλογία ένα πιστοποιητικό για κάθε μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας που έχει αποδεδειγμένα παραχθεί από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι παραγωγοί από ΑΠΕ μπορούν να διαθέτουν τα πιστοποιητικά τους προς πώληση στα συγκεκριμένα κράτη μέλη της Ε.Ε στα οποία δραστηριοποιούνται, και μελλοντικά σε όλη την επικράτεια της Ε.Ε.

Ένα σημαντικό στοιχείο που τα κάνει ενδιαφέροντα για την μελλοντική αγορά των ΑΠΕ είναι ότι η ζήτηση για τα π.π ξεκινά με μια πολιτική απόφαση, όπως την επίτευξη εθνικού στόχου ή ποσοστού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και για συγκεκριμένους παίκτες που συμμετέχουν στην αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας. Οι υποψήφιοι παίκτες που θα είναι νομικά υπόλογοι για την επίτευξη του στόχου είναι, οι καταναλωτές, οι συμβατικοί παραγωγοί, οι ιδιοκτήτες των συστημάτων μεταφοράς και διανομής, οι διαχειριστές του δικτύου και οι προμηθευτές. Ουσιαστικά, οι πιο πάνω ομάδες θα καλούνται να προσκομίζουν αποδείξεις ότι καταναλώνουν ή παράγουν ένα συγκεκριμένο ποσοστό ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας, ούτως ώστε να επιτευχθεί το τελικό ποσοστό του εθνικού στόχου.

β. *Τα διαγωνιστικά συστήματα*: σύμφωνα με τα οποία προκηρύσσονται από το κράτος διαγωνισμοί για την προμήθεια ενέργειας ΑΠΕ, η οποία διοχετεύεται στην τοπική κατανάλωση στην τιμή του διαγωνισμού. Το επιπλέον κόστος της ενέργειας ΑΠΕ μετακυλύεται στους καταναλωτές μέσω ειδικού τέλους.

Το θέμα της επιλογής του κατάλληλου συστήματος στήριξης των ΑΠΕ, έτσι

ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή αύξηση της παραγωγής από ΑΠΕ στα πλαίσια μιας ανταγωνιστικής απελευθερωμένης αγοράς ενέργειας, χωρίς όμως σημαντική επιβάρυνση των καταναλωτών απασχολεί έντονα όλα τα κράτη μέλη. Η πολυπλοκότητα του θέματος αυξάνεται από το γεγονός ότι οι ΑΠΕ αποτελούν Διανεμημένη Παραγωγή σε πολλά επίπεδα του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας και με διαφορετική η κάθε μορφή ΑΠΕ, συμπεριφορά οπότε και ο καθορισμός της συνεισφοράς τους καθώς και η εκτίμηση των επιβαρύνσεων που συνεπάγεται η σύνδεση τους στο δίκτυο δεν εύκολη. Τέλος βασικής σημασίας είναι και το επίπεδο στο οποίο βρίσκεται σε κάθε χώρα η ανάπτυξη των ΑΠΕ. Από τη μέχρι σήμερα πρακτική προκύπτει ότι συστήματα που

βασίζονται στον ανταγωνισμό προσφέρονται όταν οι ΑΠΕ έχουν ήδη αναπτυχτεί σε αρκετό βαθμό και όχι κατά το στάδιο ανάπτυξης τους. Αυτό δε διότι οι συνθήκες που δημιουργούνται στα πλαίσια του ανταγωνισμού μπορεί να αποτελέσουν εμπόδιο στην «απογείωση» τους.

Όσον αναφορά το μειονέκτημα της μη ελεγχιμότητας, αυτό αντιμετωπίζεται με την εξαίρεση αυτών των σταθμών παραγωγής από τη διαδικασία ελέγχου της ισορροπίας του συστήματος. Όλοι οι παραγωγοί που θέλουν να συνδεθούν στο δίκτυο πρέπει να πληρούν τα λεγόμενα «κριτήρια σύνδεσης» της εταιρείας που ελέγχει το δίκτυο. Αυτά περιλαμβάνουν απαιτήσεις σχετικά με την αλληλεπίδραση μεταξύ γεννήτριας και δικτύου. Για να εξασφαλιστεί η ισορροπία μεταξύ παραγωγής και ζήτησης, η οποία είναι απαραίτητη για την ισορροπία του συστήματος, μεταξύ άλλων στα παραπάνω κριτήρια περιλαμβάνεται και η δυνατότητα ελέγχου των γεννητριών. Παρ' όλα αυτά, κάποιες φορές οι Α.Π.Ε. εξαιρούνται από αυτόν τον περιορισμό που έχει να κάνει με τον έλεγχο της παραγόμενης ενέργειας. Με αυτόν τον τρόπο, το μειονέκτημα της μη ελεγχιμότητας ακυρώνεται, τουλάχιστον από την πλευρά του παραγωγού, ο οποίος δεν είναι υποχρεωμένος να λάβει πρόσθετα μέτρα για τον έλεγχο της παραγωγής προκειμένου να συνδεθεί στο δίκτυο, π.χ. μέσω συστήματος αποθήκευσης ή εφεδρικής γεννήτριας. Στην πραγματικότητα, το πρόβλημα μεταφέρεται στους διαχειριστές των ελεγχόμενων μονάδων, καθώς η τεχνική προαπαιτήση για ισορροπία μεταξύ ζήτησης και παραγωγής δεν επηρεάζεται από την αλλαγή των απαιτήσεων σύνδεσης.

Το έργο στην Πυλαία ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Ο Ενεργειακός Τομέας του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης ασχολείται, όπως είναι γνωστό, συστηματικά με τη διάδοση και αξιοποίηση των ήπιων μορφών ενέργειας με πάρα πολλούς τρόπους, όπως διαλέξεις, συνέδρια, αλλά και μελέτες και συγκεκριμένες εφαρμογές. Μια πρόσφατη εφαρμογή αξιοποίησης της αβαθούς γεωθερμίας αποτελεί η μελέτη και η κατασκευή του Νέου Δημαρχείου Πυλαίας. Η πρωτοποριακή εφαρμογή του συστήματος αυτού κατασκευάστηκε με τη συνεργασία των εταιρειών ΓΕΩΕΡΕΥΝΑ ΟΕ & ΠΟΣΕΙΔΩΝ ΑΕ

Το Νέο Δημαρχείο έχει συνολική επιφάνεια περίπου 2.500 τ.μ. και είναι θερμομονωμένο, έτσι ώστε να ανταποκρίνεται στον Εθνικό Κανονισμό θερμομόνωσης, που είναι ως γνωστόν από τους αυστηρότερους του κόσμου. Για τη θέρμανση και ψύξη των χώρων έχουν προβλεφθεί μονάδες αντλιών θερμότητας, οι οποίες είναι συνδεδεμένες με ένα δίκτυο 21 τυφλών γεωτρήσεων η καθεμιά από τις οποίες φθάνει σε βάθος 80 μ. Το νερό θέρμανσης ή ψύξης κυκλοφορεί σε δίκτυο σωλήνων, που έχουν προβλεφθεί στις γεωτρήσεις και τροφοδοτεί τις αντλίες θερμότητας, έτσι ώστε τελικώς η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από τις αντλίες θερμότητας να μειώνεται περίπου στο 50% εκείνης που απαιτείται για θέρμανση το χειμώνα και ψύξη το καλοκαίρι αν δεν υπήρχαν οι γεωτρήσεις και φυσικά το δίκτυο των σωλήνων μέσα από αυτές. Όπως γίνεται αντιληπτό, εδώ πρόκειται για πολύ σημαντική βελτίωση και εξοικονόμηση ενέργειας με απλά μέσα, δεδομένου ότι οι γεωτρήσεις δεν είναι σωληνωμένες, πράγμα που θα τις έκανε ακριβές, έχουν διάμετρο το πολύ 15 εκατοστά του μέτρου και τσιμεντάρονται μετά την τοποθέτηση πλαστικού σωλήνα σε σχήμα ύψιλον για την κυκλοφορία του νερού του συστήματος.

Ο αριθμός, το βάθος των γεωτρήσεων, καθώς και η επιλογή των αντλιών θερμότητας εξαρτώνται από το μέγεθος του κτιρίου και τις ενεργειακές του ανάγκες. Για το σκοπό αυτό εκπονείται σχετική μελέτη.

Ο ΓΕΩΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ

Ο Γεωεναλλάκτης αξιοποιεί τη θερμοχωρητικότητα του εδάφους, παρέχοντας ενέργεια προκειμένου να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις θέρμανσης και ψύξης κτιρίων. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται σημαντική μείωση της ανάγκης των κτιρίων σε πρωτογενή ενέργεια.

Ο γεωεναλλάκτης μπορεί να τοποθετηθεί σχετικά εύκολα, σε οποιοδήποτε κτίριο (υπάρχον ή υπό κατασκευή). Το κόστος κατασκευής αποσβένεται σε χρονικό διάστημα 3 – 5 ετών, ενώ η διάρκεια ζωής του προβλέπεται να ξεπερνά τα 25 χρόνια.

Ο ΓΕΩΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΠΥΛΑΙΑΣ

Αποτελείται από το πρίσμα γης κάτω από τον πεζόδρομο, εμπρός από το νέο Δημαρχείο Πυλαίας, και έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

30=450 τ.μ. Βάθος: 80 μ. Όγκος: 36.000 κ.μ. Βάρος: 70.000 ton×Επιφάνεια: 15 4,5 μ. Μήκος σωληνώσεων: 3.500μ.×περίπου. Τυφλές γεωτρήσεις: 21, σε κάναβο 4,5 περίπου.

Ο Γεωεναλλάκτης Πυλαίας τέθηκε σε λειτουργία τον Σεπτέμβριο του 2002, και είναι σε θέση να προσφέρει ενέργεια για την θέρμανση και την ψύξη του κτιρίου, μειώνοντας το κόστος κλιματισμού στο 50% της δαπάνης λειτουργίας της συμβατικής εγκατάστασης.

ΑΝΤΑΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ

Το νερό που έρχεται από τον γεωεναλλάκτη, ενώ θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί απ' ευθείας π.χ. σε υποδαπέδια συστήματα για ψύξη, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί απ' ευθείας για θέρμανση (αν εξαιρέσουμε ορισμένες χρήσεις όπως θερμοκήπια, γυμναστήρια κ.α). Απαιτείται αλλαγή θερμοκρασιακής στάθμης, πράγμα που επιτυγχάνεται με τη βοήθεια των αντλιών θερμότητας.

Για την συγκεκριμένη χρήση, προσφέρονται ουσιαστικά δύο συστήματα εγκαταστάσεων:

Σύστημα με αντλίες θερμότητας που εξυπηρετούν ορισμένες ζώνες, όπως δείχνει το Σχήμα 1, όπου οι αντλίες θερμότητας είναι τύπου νερού/νερού (μονάδες 1 και 3), στο πρωτεύον κύκλωμα του οποίου κυκλοφορεί το νερό του γεωεναλλάκτη, ενώ το δευτερεύον τροφοδοτεί fan coil units, ή και μονάδες κλιματισμού αέρα.

Σύστημα με αντλίες θερμότητας ενσωματωμένες στα fan coils στο χώρο της θέρμανσης ή ψύξης, όπως δείχνει το Σχήμα 3b. Αυτές οι αντλίες θερμότητας είναι νερού/αέρος και συνδέονται απ' ευθείας στο κύκλωμα του γεωεναλλάκτη.

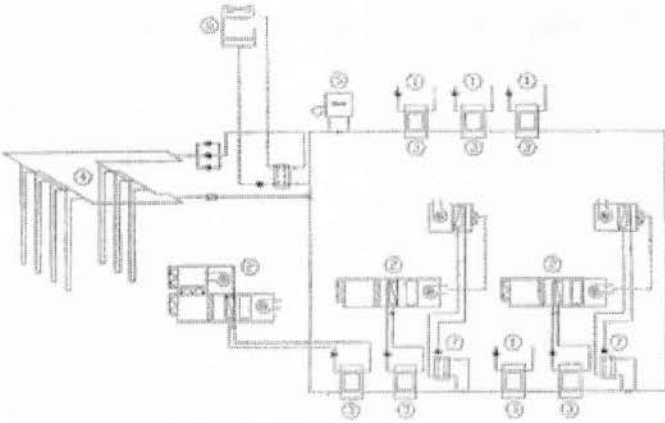
Το Σχήμα 3a δείχνει μια κλασική εγκατάσταση με ψύκτη, πύργο ψύξης και τοπικά fan coil units. Η υποκατάσταση αυτού του συστήματος με ένα από τα δύο προηγούμενα με λειτουργία γεωεναλλάκτη, επιτρέπει τις σημαντικές βελτιώσεις που αναφέρθηκαν νωρίτερα. Το ίδιο ισχύει και για το αρχικό σύστημα που εμφανίζεται στο Σχήμα 1, όπου με τη τοποθέτηση του γεωεναλλάκτη 4 δεν απαιτούνται πλέον ούτε ο πύργος ψύξης 6 ούτε ο λέβητας πετρελαίου/αερίου 5.

Τελικά η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται με τη χρήση του γεωεναλλάκτη οφείλεται αφ' ενός μεν στο ότι η απαιτούμενη ενέργεια παραλαμβάνεται από τη γη, αφ' ετέρου δε στο ότι η θερμοκρασία του γεωεναλλάκτη μεταβάλλεται σε πολύ στενή περιοχή, σε αντίθεση με τις μεταβολές της θερμοκρασίας του αέρα του περιβάλλοντος (με τον οποίο εργάζονται οι πύργοι ψύξης). Για τον τελευταίο αυτό λόγο ο συντελεστής συμπεριφοράς COP βελτιώνεται σε περίπου 4,0 αντί 2,0 των κλασικών εγκαταστάσεων.

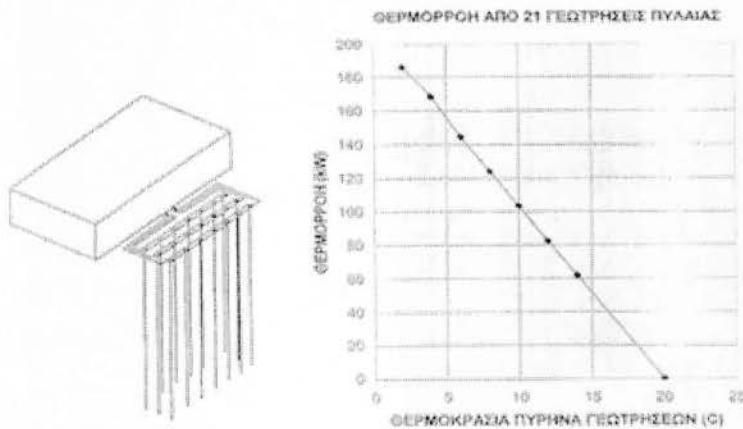
Πέραν αυτών το σύστημα με γεωεναλλάκτη μειώνει τις αιχμές ηλεκτρικής ενέργειας κίνησης των αντλιών θερμότητας κατά 30% περίπου και επιπλέον εξαφανίζει την τοπική ρύπανση της ατμόσφαιρας και συμβάλλει στη μείωση του CO₂, κυρίως υπεύθυνου του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Εκτιμάται ότι αύξηση της τιμής του πετρελαίου σε συνδυασμό με τον κανονισμό της ΕΕ για μείωση του CO₂ και αύξηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, θα οδηγήσουν σε σημαντικές εφαρμογές του γεωεναλλάκτη κατά τα προσεχή χρόνια, ιδιαίτερα σε δημόσια κτίρια.

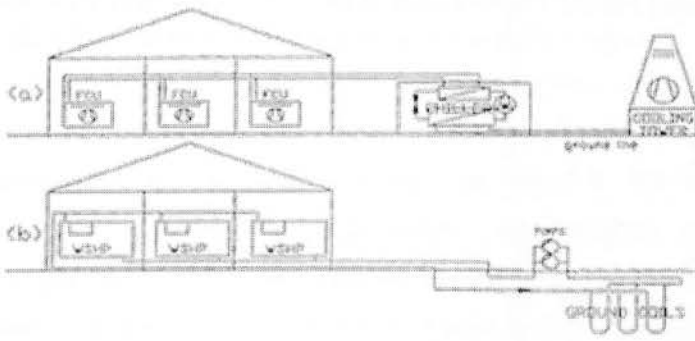
Στο Σχήμα 2a παρουσιάζεται σε απλοποιημένη παραστατική μορφή η περίπτωση του Νέου Δημαρχείου Πυλαίας. Οι γεωτρήσεις έχουν γίνει εμπρός από το κτίριο, κάτω από τον πεζόδρομο. Στο Σχήμα 2b δίδεται η χειμερινή φόρτιση συναρτήσεως της θερμοκρασίας του πυρήνα των γεωτρήσεων. Μετρήσεις της συμπεριφοράς του γεωεναλλάκτη που ήδη πραγματοποιούνται από τους συνεργαζόμενους φορείς επιβεβαιώνουν την θερμοκρασιακή συνάρτηση του διαγράμματος



Σχήμα 1: Εγκατάσταση θέρμανσης-ψύξης κλιματισμού με προσθήκη του Γεωεναλλάκτη στο νέο Δημαρχείο Πυλαίας.



Σχήμα 2: (a) Σχηματική παράσταση και (b) απόδοση του γεωεναλλάκτη Πυλαίας



Σχήμα 3: Σχηματική παράσταση συστήματος κλιματισμού, μέσω αντλιών θερμότητας νερού- αέρα και γεωτρήσεων, σε σύγκριση με συμβατικό υδρονικό σύστημα.

VI.B. ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

VI.B. 1. Εξωτερικό κόστος παραγωγής και χρήσης ενέργειας

Η ελκυστικότητα μιας ενεργειακής επένδυσης συνήθως υπολογίζεται με βάση τις άμεσες οικονομικές απολαβές που θα προσφέρει αυτή χωρίς να προσμετρούνται παράγοντες κόστους που προέρχονται από την επίδραση της επένδυσης αυτής στο περιβάλλον και στην κοινωνία. Με λίγα λόγια η άξια μιας ενεργειακής επένδυσης εκφράζεται σε χρηματικές μονάδες πράγμα δικαιολογημένο, εφόσον το σύγχρονο σύστημα αξιών επιβάλλει η ευημερία της κοινωνίας να εξαρτάται αποκλειστικά από την οικονομική ευμάρεια χωρίς να συνυπολογίζονται παράγοντες όπως η υγεία του φυσικού περιβάλλοντος. Καθώς όμως ο ρυθμός κατανάλωσης ενέργειας συνεχίζει να αυξάνεται οι πιέσεις προς το περιβάλλον αναμένονται ολοένα και πιο ισχυρές. Στις νέες συνθήκες που δημιουργούνται κάνουν την εμφάνιση τους στοιχεία κόστους που προέρχονται από την περιβαλλοντική υποβάθμιση και φαίνεται να επηρεάζουν άμεσα την οικονομική ζωή. Αυτό το κόστος ονομάζεται εξωτερικό κόστος της ενέργειας και οφείλεται στην μείωση της ευημερίας του κοινωνικού συνόλου (για αυτό και ονομάζεται κοινωνικό) όταν η μείωση αυτή δεν αποζημιώνεται.

Η διαδικασία αποτίμησης του εξωτερικού κόστους δεν είναι νέα και ένα από τα πρώτα πεδία στα οποία γίνεται συστηματική προσπάθεια υπολογισμού του εξωτερικού κόστους είναι ο ενεργειακός τομέας. Το ενδιαφέρον αυτό τεκμηριώνεται τόσο από τον αναντικατάστατο και πολυδιάστατο ρόλο της ενέργειας μέσα στην οικονομία όσο και από το πλήθος και τη σοβαρότητα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνεπάγεται η παραγωγή και η χρήση της ενέργειας. Το εξωτερικό κόστος της ενέργειας μας δείχνει πως είναι πια αναγκαίο να επεκταθούν οι βασικές αρχές της οικονομικής επιστήμης έτσι ώστε να γίνει δυνατή μια ριζική αναθεώρηση του τρόπου τιμολόγησης της ενέργειας και παράλληλα με αυτόν τον τρόπο να διαφαίνονται τα πραγματικά οικονομικά οφέλη μιας επένδυσης στην καθαρή ενέργεια.

Μέσα στην έννοια του περιβαλλοντικού κόστους περιέχεται η επιβάρυνση του φυσικού περιβάλλοντος από τη διαδικασία παραγωγής, μεταφοράς και χρήσης της ενέργειας. Οι βασικότερες επιδράσεις της παραγωγής ενέργειας από τη χρήση συμβατικών καυσίμων περιλαμβάνουν, την καταστροφή της χλωρίδας και της πανίδας στην περιοχή εξόρυξης, ή στους διάφορους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς, την ψυχοσωματική επίδραση στο ανθρώπινο είδος, την καταστροφή των οικοδομικών υλικών και των μνημείων, καθώς και τη μεταβολή του κλίματος. Σε αντίθεση με τις συμβατικές, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν προκαλούν καμία σχεδόν επιβάρυνση στο περιβάλλον, με αποτέλεσμα συχνά τα ανανεώσιμα ενεργειακά συστήματα να μην εμφανίζουν αξιόλογο να μετρηθεί περιβαλλοντικό κόστος. Με τον τρόπο αυτό γίνεται σαφής η πλασματικότητα της σύγκρισης της ισχύουσας τιμής διάθεσης μιας ανανεώσιμης και μιας συμβατικής KWh, δεδομένου ότι στη σημερινή τιμή της ενέργειας συμπεριλαμβάνεται μόνο το ποσοτικό κόστος παραγωγής ενέργειας ενώ αγνοείται παντελώς η περιβαλλοντική συνιστώσα του κόστους παραγωγής ενέργειας.

Η επιβάρυνση του εμπορικού ισοζυγίου, η εξάρτηση της χώρας μας από τις χώρες που ελέγχουν τα παγκόσμια ενεργειακά αποθέματα, μαζί με την εξάντληση των εγχωρίων αλλά και παγκόσμιων ενεργειακών αποθεμάτων

από τη μια πλευρά και η μείωση της ανεργίας, η αύξηση του ακαθάριστου εθνικού προϊόντος και η υψηλή εγχώρια προστιθέμενη αξία από την άλλη πλευρά, αποτελούν τα κυριότερα παραδείγματα μακροοικονομικού κόστους από τη χρήση συμβατικών πηγών ενέργειας και μακροοικονομικού οφέλους, από την πιθανή εγχώρια κατασκευή, εγκατάσταση και χρήση συμβατικών ή ανανεώσιμων σταθμών και μηχανών παραγωγής ενέργειας. Σε αντίθεση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας, τα ανανεώσιμα συστήματα παραγωγής ενέργειας προκαλούν κατά κύριο λόγο θετικά μακροοικονομικά αποτελέσματα, που βασίζονται στη δημιουργία προϊόντων (μηχανών) υψηλής ΕΠΑ, και στη μείωση της ανεργίας .

Τέλος οι κρατικές επιδοτήσεις στον τομέα παραγωγής ενέργειας περιλαμβάνουν άμεσες χρηματοδοτήσεις, όπως για παράδειγμα οι επιδοτήσεις για έρευνα και ανάπτυξη ενεργειακών συστημάτων, αλλά και έμμεσες όπως η τεχνολογική και διοικητική υποδομή, που η πολιτεία παρέχει σε μονάδες παραγωγής ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, στις άμεσες επιδοτήσεις περιλαμβάνονται εκτός από τις δαπάνες για την έρευνα και ανάπτυξη συμβατικών αλλά και πυρηνικών κατά κύριο λόγο μορφών ενέργειας, οι επιταχυνόμενες αποσβέσεις και επιδοτήσεις για την αγορά μηχανημάτων περιορισμού της ρύπανσης καθώς και για την αγορά μηχανημάτων αντιρρυπαντικής τεχνολογίας. Από την άλλη πλευρά οι έμμεσες κρατικές επιδοτήσεις περιλαμβάνουν το κόστος των σταθμών μετρήσεως και ελέγχου της ρύπανσης, το κόστος της αυξημένης υλικοτεχνικής υποδομής, το κόστος ενίσχυσης των διοικητικών υπηρεσιών καθώς και το κόστος επιπλέον προσωπικού όπως πυροσβέστες αστυνομικές δυνάμεις αλλά και αυξημένες νοσοκομειακής υποστήριξης κοντά σε μονάδες παραγωγής ενέργειας. Πρέπει να ληφθούν όμως υπ' όψιν οι κρατικές επιδοτήσεις και χρηματοδοτήσεις που δίνονται για την ενίσχυση και των εφαρμογών των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας.

Από πρόσφατα στοιχεία προκύπτει ότι η πολιτεία επιδοτεί έμμεσα η άμεσα την παραγωγή ενέργειας από θερμικούς σταθμούς με ποσά που κυμαίνονται απ 6,7 Ecu/MWh για το φυσικό αέριο, έως 17 Ecu/MWh για λιγνιτικής βάσης μονάδες. Η αντίστοιχη επιδότηση των αιολικών και των ηλιακών σταθμών υπερβαίνει οριακά τα 3,5 Ecu/MWh. Η την αντικειμενική σύγκριση των θερμικών και των ανανεώσιμων σταθμών παραγωγής υπολογίζεται στη συνέχεια και το αντίστοιχο εξωτερικό κόστος της παραγόμενης ενέργειας, οπότε από την προηγηθείσα ανάλυση προκύπτει ότι για την περίπτωση χρήσης λιγνίτη το κοινωνικό κόστος της παραγόμενης ενέργειας είναι 45,38 Ecu/MWh. Αντίστοιχα το εξωτερικό κόστος μιας πετρελαϊκής MWh αποκομίζει στο κοινωνικό σύνολο τελικά όφελος ίσο με 3,03 Ecu/MWh και η αντίστοιχη ηλιακή MWh 1,31 Ecu/MWh. Συνεπώς κατά την τελική σύγκριση μιας μονάδας ενέργειας με πραγματικούς όρους συμπεριλαμβανομένου και του κοινωνικού κόστους μια πετρελαϊκή μονάδα στοιχίζει στις περισσότερες περιπτώσεις στον καταναλωτή 165,2 Ecu/MWh.

Στην παρακάτω εικόνα όπου φαίνεται το κόστος παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες και συμβατικές πηγές, δεν έχει ενσωματωθεί το εξωτερικό κόστος της ενέργειας. Έτσι το κόστος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας φαινομενικά είναι μεγαλύτερο κάτι που όμως ανατρέπεται αν ληφθούν υπ όψιν όλοι οι πραγματικοί συντελεστές

κόστους. Αυτό σημαίνει πως μπορεί να στρεβλώνεται σε καθοριστικό βαθμό ο ανταγωνισμός των διαφόρων μορφών ενέργειας στην εγχώρια αλλά και στη διεθνή αγορά.

Τεχνολογία παραγωγής ενέργειας	Κόστος παραγωγής (eurocents/Kwh)
Άνθρακας	2.7-4.7
Φυσικό αέριο	3.2
Πυρηνική	3.4
Ηλιακή-Φωτοβολταϊκά	20.1-128.8
Αιολικά πάρκα στη στεριά	5.5-8
Αιολικά πάρκα στη θάλασσα	8-10
Υδροηλεκτρικά	2-8
Γεωθερμική	2-8
Βιομάζα	10

Σύμφωνα με μια έγκυρη μελέτη EXTERNE(2001) η οποία εκπονήθηκε επί μια δεκαετία από ερευνητές από όλα τα κράτη –μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης και από τις Ηνωμένες Πολιτείες, υπολόγισε ποσοτικά το εξωτερικό κόστος των διαφόρων χρησιμοποιούμενων μορφών ενέργειας, για κάθε κράτος χωριστά. Σύμφωνα λοιπόν με τη μελέτη αυτή το εξωτερικό κόστος των διαφόρων μορφών ενέργειας που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα ως συνολικό αποτέλεσμα των ποσοτικοποιήσιμων μόνο εξωτερικών τους επιπτώσεων έχει ως εξής:

- Λιγνίτης 50-80 €/1000kWh
- Πετρέλαιο 30-50 €/1000kWh
- Φυσικό αέριο 10 €/1000kWh
- ΑΠΕ (αιολικά) 2.5 €/1000kWh

Είναι φανερό ότι εάν οι παραπάνω τιμές ενσωματωθούν, όπως είναι εύλογο, στο κόστος των διαφόρων ενεργειακών μορφών που χρησιμοποιούνται σήμερα στη χώρα μας τότε η ανταγωνιστική τους θέση ανατρέπεται πλήρως υπέρ των ΑΠΕ.

VI.B. 2. Τιμολόγηση της ενέργειας με συνυπολογισμό του εξωτερικού κόστους

Όπως φαίνεται η επίδραση του εξωτερικού κόστους στην οικονομική ανάπτυξη και στην προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι πολύ μεγάλη. Για αυτό είναι σημαντικό να διορθωθεί η μεροληπτική κοστολόγηση των διαφόρων συστημάτων παραγωγής ενέργειας λαμβάνοντας υπ όψιν και τους μη μετρήσιμους μέχρι σήμερα συντελεστές κόστους –οφέλους. Έτσι υπάρχουν δυο επιλογές ώστε να γίνει αυτό εφικτό και να

μπορέσει το οικονομικό όφελος να συγκλίνει υπέρ των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η πρώτη επιλογή βασίζεται στην επιδότηση της τιμής αγοράς μια ανανεώσιμης εγκατάστασης παραγωγής ενέργειας με το ποσό του εξοικονομούμενου περιβαλλοντικού και μακροοικονομικού κόστους καθώς και των αντίστοιχων κρατικών επιδοτήσεων στον ωφέλιμο χρόνο ζωής της εγκατάστασης. Η δεύτερη επιλογή βασίζεται στην εφαρμογή του λογικού κανόνα «ο ρυπαίνων πληρώνει» και προτείνει επιβάρυνση της τιμής της συμβατικής ενέργειας κατά το ισόποσο του λεγόμενου «μη ποσοτικού κόστους» .

Το βασικό πρόβλημα που συνδέεται με τη δεύτερη επιλογή είναι ο καθορισμός του φορέα συγκέντρωσης και διαχείρισης των εισπράξεων του «μη ποσοτικού οφέλους» που θα προστεθεί στην σημερινή τιμή αγοράς των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ειδική μέριμνα πρέπει να ληφθεί ώστε το επιπλέον αυτό χρηματικό ποσό να χρησιμοποιηθεί αποκλειστικά για την κάλυψη των μη ποσοτικών συνιστωσών του κόστους παραγωγής συμβατικής ενέργειας, όπως για παράδειγμα η προστασία του περιβάλλοντος και η διατήρηση των εγχώριων ενεργειακών αποθεμάτων. Όμως οι δυο παραπάνω επιλογές αν και οδηγούν σε βελτίωση της ανταγωνιστικής θέσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε σχέση με τις συμβατικές μορφές ενέργειας δεν είναι ισοδύναμες. Η επιβάρυνση της τιμής της συμβατικής ενέργειας οδηγεί (πέραν της αντικατάστασης μέρους της παραγωγής συμβατικής ενέργειας από ανανεώσιμη) σε τελική μείωση της ζήτησης ενέργειας μέσα από το μηχανισμό προσφοράς και ζήτησης με αποτέλεσμα να επιτευχθεί το μακροοικονομικό βέλτιστο στην ενεργειακή αγορά.

Αντίθετα η επιδότηση της τιμής αγοράς μιας ανανεώσιμης εγκατάστασης, αν και βελτιώνει την ανταγωνιστικότητα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, δεν επηρεάζει τη συνολική ζήτηση αφήνοντας αναλλοίωτη στην πραγματικότητα την τιμή αγοράς της μονάδας ενέργειας. Η καλύτερη λοιπόν επιλογή για την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας φαίνεται να είναι η επιβάρυνση της τιμής της συμβατικής ενέργειας. Κάτι που άλλωστε έχει κατά κάποιο τρόπο εφαρμοστεί μέσα από το πρωτόκολλο του Κιότο και τις επιταγές της Ευρωπαϊκής Επιτροπής όπου υποχρεώνονται οι επιχειρήσεις που ρυπαίνουν να πληρώνουν για το περιβαλλοντικό κόστος που προκαλούν. Μια ακόμη πιο αποδοτική λύση θα ήταν ένας κατάλληλος συνδυασμός των δυο επιλογών έτσι ώστε να επιτευχθεί αφ ενός ο μερικός περιορισμός της συνολικής ζήτησης της ενέργειας αφ έτερου η ευκολότερη αποδοχή από το κοινωνικό σύνολο μιας ενδεχόμενης μερικής εξωτερίκευσης της επιβάρυνσης της τιμής αγοράς της ενέργειας.

Για παράδειγμα θεωρώντας ένα τυπικό μικρό-μεσαίο αιολικό σύστημα ονομαστικής ισχύος περίπου 70KW εγκατεστημένο σε μια περιοχή αιολικού δυναμικού υψηλής ποιότητας, εκτιμάται περίπου ότι ο χρόνος απόσβεσης μιας τέτοιας επένδυσης χωρίς να ληφθούν υπόψη τα «μη ποσοτικά» οφέλη είναι ίσος με οκτώ έτη λειτουργίας της ανεμογεννήτριας. Το γεγονός αυτό και μόνο κάνει προφανή την ανταγωνιστικότητα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Παρόλα αυτά η παράληψη των «μη ποσοτικών» συνιστωσών οφέλους από τη χρήση ανεμογεννητριών για την αντικατάσταση σταθμών παραγωγής συμβατικής ενέργειας αυξάνει σημαντικά το χρόνο απόσβεσης, μειώνοντας την ελκυστικότητα παρόμοιων επενδύσεων.

VI.B. 3. Τιμολογιακή πολιτική στην Ελλάδα

Η τιμολογιακή πολιτική είναι βασικός παράγοντας για την ανάπτυξη της ανανεώσιμης ενέργειας σε μια χώρα αφού σχετίζεται με τα έσοδα που μπορούν να απολαμβάνουν οι επιχειρήσεις από μια επένδυση σε αυτήν την ενέργεια. Έτσι είναι απαραίτητο οι νομοί μιας χώρας να προωθούν το κατάλληλο τιμολογιακό πλαίσιο που μπορεί να ευνοήσει την στροφή προς τις ΑΠΕ . Ανέκαθεν στην Ελλάδα παραγωγός και αγοραστής της ηλεκτρικής ενέργειας ήταν η ΔΕΗ. Σε προηγούμενα έτη η νομοθεσία επέτρεπε στην ΔΕΗ να αγοράζει την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από ΑΠΕ σε ένα τιμολογιακό καθεστώς που ευνοούσε την ίδια. Συγκεκριμένα για όλες τις περιπτώσεις ανεξάρτητης παραγωγής από ΑΠΕ τα τιμολόγια διαμορφώνονταν με βάση ένα συγκεκριμένο ποσοστό επί των ισχυόντων σε κάθε περίπτωση τιμολογίων της ΔΕΗ στη μέση τάση γενικής χρήσης. Για παράδειγμα για ανανεώσιμες πηγές εγκατεστημένες σε νησιά το τιμολόγιο διαμορφώνονταν στο 90% του τιμολογίου γενικής χρήσης. Αυτό πρακτικά σήμαινε κέρδος για την ΔΕΗ αφού η ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ που αγόραζε ήταν πάντα σε ένα ποσοστό μικρότερο από το τιμολόγιο γενικής χρήσης και έτσι μπορούσε να την αγοράζει φθηνότερα.

Το πρόβλημα που δημιουργούσαν αυτές οι συνθήκες μονοπωλιακής αγοράς εμπόδιζε τις επενδύσεις στην ανανεώσιμη τεχνολογία εξαιτίας της έντονης εξάρτησης από τα τιμολόγια της ΔΕΗ. Ταυτόχρονα δεν υπήρχε καμιά διάθεση να επιδοτηθεί η τιμή αγοράς της ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας. Σήμερα ένα νέο θεσμικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ (Νόμος 3468/2006), επιδιώκει σε μια καταλληλότερη τιμολογιακή πολιτική με σκοπό την διασφάλιση των επενδύσεων. Παράλληλα επιδιώκεται η μείωση της εξάρτησης από τα τιμολόγια της ΔΕΗ εφόσον διαμορφώνεται συγκεκριμένος πίνακας τιμών για την παραγομένη ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ, όπου οι τιμές διαφοροποιούνται ανάλογα με την χρησιμοποιούμενη τεχνολογία. Αυτό σημαίνει πως οι τιμές μπορεί να είναι και μεγαλύτερες των γενικών τιμολογίων της ΔΕΗ και επιπλέον παρέχονται οικονομικά κίνητρα για την ενίσχυση συγκεκριμένων τεχνολογιών ανανεώσιμης ενέργειας. Τέλος υπάρχει πρόβλεψη για την εγγύηση της διάρκειας της σύμβασης πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. για 10 χρόνια, με δυνατότητα επέκτασης για άλλα 10 χρόνια.

Ακόμη προβλέπονται σύμφωνα με τον νόμο διάφορα φορολογικά κίνητρα για

την χρήση των ΑΠΕ που είναι τα εξής :

- έκπτωση δαπάνης, μέχρι ποσοστού 20%, για την αγορά ηλιακών συλλεκτών και για την εγκατάσταση κεντρικού κλιματισμού, με χρήση ηλιακής ενέργειας.
- έκπτωση δαπάνης, μέχρι ποσοστού 20%, για την αγορά αποκεντρωμένων συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που βασίζονται σε Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

Παραγωγή ενέργειας απο:	Τιμή ενέργειας (€/MWh)	
	Διασυνδεδεμένο σύστημα	Μη διασυνδεδεμένα νησιά
Αιολική ενέργεια	75.82	87.42
Αιολικά πάρκα στη θάλασσα	92.82	

Υδραυλική ενέργεια από μικρά υδροηλεκτρικά	75.82	87.42
Ηλιακή ενέργεια από φωτοβολταϊκά με ισχύ μεγαλύτερη από 100KW	452.82	502.82
Ηλιακή ενέργεια από φωτοβολταϊκά με ισχύ μεγαλύτερη από 100KW	402.82	452.82
Ηλιακή ενέργεια από μονάδες άλλης τεχνολογίας	232.82	252.82
Γεωθερμική ενέργεια, βιομάζα	75.82	87.42

Στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνονται τα Φωτοβολταϊκά, οι μικρές ανεμογεννήτριες, καθώς και οι δαπάνες για τη θερμομόνωση σε κτήρια. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές πώλησης ενέργεια από ΑΠΕ που ισχύουν από το Σεπτέμβριο του 2007, σύμφωνα και με τον Νόμο 3468/06. Βλέπουμε ότι υπάρχει εγγυημένη τιμή πώλησης που δεν διαμορφώνεται από την αγορά, αλλά είναι καθορισμένη έτσι ώστε να εξασφαλίζει κέρδος για τον επενδυτή από την αρχή της λειτουργίας μιας ανανεώσιμης εγκατάστασης. Όσο πιο υψηλό είναι το κόστος μιας τεχνολογίας τόσο μεγαλύτερη είναι και η τιμή της με σκοπό όσο το δυνατόν μεγαλύτερες αποδόσεις κεφαλαίου για τις ακριβές τεχνολογίες.

Το πλεονέκτημα των εγγυημένων τιμών διάθεσης της ηλεκτρικής ενέργειας έγκειται στο γεγονός ότι δίνει την ευκαιρία στον επενδυτή να προβλέπει με κάποια σχετική ακρίβεια το χρόνο απόσβεσης μιας ανανεώσιμης εγκατάστασης άρα και την βιωσιμότητα της επένδυσης. Εάν ο χρόνος απόσβεσης της ενεργειακής επένδυσης είναι μικρότερος του ωφέλιμου χρόνου ζωής της εγκατάστασης τότε η επένδυση θεωρείται οικονομικά βιώσιμη. Όσο πιο αυξημένες είναι οι τιμές διάθεσης της ηλεκτρικής ενέργειας τόσο τείνει να μειώνεται και ο χρόνος απόσβεσης της ενεργειακής εγκατάστασης.

VI.Γ. ΕΞΕΛΙΞΗ ΝΟΜΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

Ένα κρίσιμο σημείο που καθορίζει τις οικονομικές συνθήκες στον κλάδο της ηλεκτροπαραγωγής αποτελεί το ζήτημα του ιδιοκτησιακού καθεστώτος των μέσων παραγωγής και διανομής. Από την αρχή υπήρξε ένα θέμα μακράς συζήτησης, αναφορικά με το κατά πόσον ο πλήρης κρατικός έλεγχος, στηριζόμενος στη μονοπωλιακή δύναμη, μπορεί να λειτουργήσει προς όφελος του καταναλωτή ή εάν οι νόμοι μιας ελεύθερης αγοράς μπορούν να αυξήσουν την αποδοτικότητα του τομέα, με ευεργετούμενο τελικά τον καταναλωτή.

Παρότι, λοιπόν, το θέμα της ιδιοκτησίας των μέσων παραγωγής και διανομής αποτέλεσε για μεγάλο διάστημα σημείο τριβής, επί δεκαετίες ο κρατικός παράγοντας ήταν αυτός που ασκούσε τον έλεγχο της όλης διαδικασίας. Από τις αρχές όμως της δεκαετίας του '80, οπότε και πρώην μονοπωλιακές αγορές τέθηκαν στο καθεστώς της

απελευθέρωσης, αντίστοιχες εξελίξεις άρχισαν να δρομολογούνται και για την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Μεγάλη ώθηση προς αυτή την κατεύθυνση έδωσε η πτώση της τιμής του φυσικού αερίου, ενθαρρύνοντας ιδιωτικές επιχειρήσεις να πραγματοποιήσουν επενδύσεις στον ενεργειακό τομέα. Έτσι, το Φεβρουάριο του 1999, η Ευρωπαϊκή Ένωση έθεσε τα θεμέλια για την απελευθέρωση της ενεργειακής αγοράς, δίνοντας τη δυνατότητα σε μεγάλους καταναλωτές (βιομηχανίες με κατανάλωση άνω των 40 MWh το χρόνο) να διαλέγουν οι ίδιοι τον προμηθευτή τους, χωρίς να δεσμεύονται από την κρατική εταιρεία. Αυτό συνεπάγεται ότι η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας διαμορφώνεται πλέον από τον ελεύθερο ανταγωνισμό μεταξύ ανεξάρτητων παραγωγών.

Η απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας αποτέλεσε ισχυρό παράγοντα στην Ευρώπη ώστε να στραφεί το επενδυτικό ενδιαφέρον των ιδιωτών στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Στην Ελλάδα η πρώτη προσπάθεια για μια απελευθερωμένη αγορά ενέργειας που θα προσέλκυε επενδύσεις σε ΑΠΕ έγινε με τον νόμο Ν.1559/85 με τον οποίο δόθηκε η δυνατότητα σε αυτοπαραγωγούς (ΟΤΑ) να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ μέχρι το τριπλάσιο της ισχύος των εγκαταστάσεών τους και την πώληση της περίσσειας στη ΔΕΗ.

Ο νόμος αυτός σίγουρα μπορεί να θεωρηθεί πρωτοποριακός για την εποχή του

αφού καθόριζε ρυθμίσεις στα θέματα ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. ωστόσο εμφάνισε αρκετές τεχνικές αδυναμίες αφού έδωσε την ευκαιρία στον γραφειοκρατικό χαρακτήρα της ΔΕΗ να καθυστερήσει τις εφαρμογές των ΑΠΕ στη χώρα μας με την παροχή δικαιοδοσίας καθορισμού χαμηλών τιμών πώλησης της περίσσειας ενέργειας προς αυτήν. Το γεγονός αυτό θα έπρεπε να είχε προβλεφθεί καθώς η ίδια η ΔΕΗ αποτελούσε παραγωγό ηλεκτρικής ενέργειας. Συνεπώς η διοίκηση της επιχείρησης δεν είχε κανένα λόγο να ενθαρρύνει τους νέους ανταγωνιστές της ΔΕΗ να αμφισβητήσουν το μονοπώλιο της. Έτσι η συνεισφορά του νόμου στην ανάπτυξη των ΑΠΕ ήταν μηδαμινή. Το 1993 λειτουργούσαν ανεμογεννήτριες συνολικής ισχύος 27 MW από τις οποίες μόνο 3 MW άνηκαν σε ιδιώτες τους ΟΤΑ και τον ΟΤΕ ενώ οι λοιπές στην ΔΕΗ. Το μονοπώλιο της ΔΕΗ ήταν ακόμη πραγματικότητα και αυτό δεν άλλαξε ούτε με τον νόμο 2244/94 με τον οποίο ναι μεν απελευθερώθηκε η ανεξάρτητη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, περιορισμένης όμως ισχύος μέχρι 50MW διατηρήθηκε δε το αποκλειστικό δικαίωμα της ΔΕΗ κατασκευής και λειτουργίας, μεταφοράς και διανομής, όλων των μεγάλων έργων .

Αξίζει να σημειωθεί η διαφορά μεταξύ αυτοπαραγωγών και ανεξάρτητων παραγωγών που όριζε ο νόμος. Ανεξάρτητος παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας θεωρείται εκείνος που παράγει ηλεκτρική ενέργεια και την διαθέτει αποκλειστικά στην ΔΕΗ ενώ αυτοπαραγωγός θεωρείται εκείνος που παράγει ηλεκτρική ενέργεια για την κάλυψη των δικών του αναγκών. Η διάθεση σε τρίτους (εκτός δηλαδή της ΔΕΗ) της ηλεκτρικής ενέργειας απαγορεύεται τόσο στους ανεξάρτητους παραγωγούς όσο και στους αυτοπαραγωγούς.

Παρόλα αυτά ο νόμος αυτός είχε κάποια θετικά αποτελέσματα που ισχύουν μέχρι σήμερα. Καθόρισε σταθερές τιμές πώλησης της ανανεώσιμης ενέργειας σε επίπεδα ίσο με το 90% του γενικού τιμολογίου στη μέση τάση και υποχρεώνει της ΔΕΗ να συνάπτει 10ετες σταθερό συμβόλαιο αγοράς της παραγόμενης από ΑΠΕ ηλεκτρικής ενέργειας. Το γεγονός ότι ορίστηκαν επαρκείς τιμές πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας αποτέλεσε εγγύηση για

τον επενδύτη ότι θα έχει κέρδος αμέσως μετά την επένδυση. Επιπλέον εκείνη την περίοδο θεσπιστήκαν αναπτυξιακά κίνητρα (Επιχειρησιακό πρόγραμμα ενέργειας, Αναπτυξιακός νόμος) τα οποία περιλάμβαναν επιδοτήσεις των δαπανών εγκατάστασης ΑΠΕ και συνέβαλλαν στην περαιτέρω προώθηση των ΑΠΕ. Το 1999 ψηφίζεται ένας νέος νόμος που επιχειρεί έμμεσα να αποδυναμώσει το ευνοϊκό τιμολογιακό καθεστώς των ΑΠΕ (περιέργως) δίνοντας ουσιαστικά την ευκαιρία στον υπουργό Ανάπτυξης να ζητά την μείωση των εγγυημένων τιμών αφού αυτές πλέον θεωρούνταν ως οι «μέγιστες» και άρα θα μπορούσαν να υποστούν εκπτώσεις. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει περίτρανα πως μερικά από τα εμπόδια εισόδου των ΑΠΕ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας ήταν κατά καιρούς και νομοθετικού περιεχομένου.

Παράλληλα ο νόμος αυτός είχε ένα θετικό στοιχείο και αφορούσε την επιβολή 2% επί των πωλήσεων ανανεώσιμης ενέργειας υπέρ των οικείων οργανισμών τοπικής αυτοδιοίκησης. Αρκετές νομοθετικές αλλαγές ακλούθησαν τα επόμενα χρόνια, όμως η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας δεν άνοιξε ποτέ πραγματικά, στον ανταγωνισμό. Οι επόμενοι νόμοι κυρίως προέβλεπαν διατάξεις που αφορούσαν το χωροταξικό πλαίσιο και την σχέση των ΑΠΕ με την χρήση γης. Δεν υπήρξε όμως ποτέ ουσιαστικά ένας νόμος που να καταργεί το μονοπώλιο της ΔΕΗ. Αν αυτό είχε συμβεί τότε κάθε νοικοκυριό θα είχε την δυνατότητα να επιλέξει άλλες εταιρείες εναλλακτικά της ΔΕΗ. Ωστόσο υπήρξαν κάποια θετικά στοιχεία αυτό το διάστημα όπως η δημιουργία διάφορων θεσμικών μηχανισμών που χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα και παίζουν καθοριστικό ρόλο στην λειτουργία της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ. Τέτοιοι θεσμικοί μηχανισμοί είναι: 1) Η ρυθμιστική αρχή Ενέργειας 2) Ο διαχειριστής συστήματος/δικτύου 3) Το Κέντρο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΚΑΠΕ.)

1. Ο ρόλος του κέντρου ανανεώσιμων πηγών ενέργειας: Η ίδρυση του κέντρου ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έγινε με σκοπό την προώθηση των ΑΠΕ, την εξοικονόμηση και την ορθολογική χρήση της ενέργειας καθώς και την κάθε είδους υποστήριξη δραστηριοτήτων στους εν λόγω τομείς. Το ΚΑΠΕ λειτουργεί ως εθνικό συντονιστικό κέντρο των παραπάνω δραστηριοτήτων και διαθέτει εργαστήρια πιστοποίησης τεχνολογιών ΑΠΕ. Ταυτόχρονα εκπονεί μελέτες προσδιορισμού του φυσικού και οικονομικού δυναμικού των ΑΠΕ και συμμετέχει ενεργά στην αξιολόγηση και παρακολούθηση των επενδύσεων του χώρου περιλαμβανομένου του τομέα εξοικονόμησης ενέργειας.

2. Ο ρόλος της ρυθμιστικής αρχής ενέργειας: Ιδρύθηκε με τον νόμο του 1999 και λειτουργεί ως ανεξάρτητη διοικητική αρχή επιφορτισμένη με την παρακολούθηση και έλεγχο της λειτουργίας της αγοράς ενέργειας και τη διατύπωση εισηγήσεων για την τήρηση των κανόνων του ανταγωνισμού και την προστασία των καταναλωτών. Επιπλέον η ΡΑΕ διατυπώνει γνωμοδοτήσεις προς τον Υπουργό Ανάπτυξης για την αδειοδότηση εγκαταστάσεων ανανεώσιμης ηλεκτροπαραγωγής και μετά την έκδοση αδειών παρακολουθεί την εξέλιξη της πορείας υλοποίησης έργων ΑΠΕ μέσω τριμηνιαίων δελτίων και εισηγείται την εκκαθάριση του χώρου από επενδυτές που επιδεικνύουν αδικαιολόγητη βραδύτητα. Στην ουσία η αξιολόγηση του συνόλου των αιτήσεων για επενδύσεις σε ΑΠΕ γίνεται από την ΡΑΕ με την τεχνική υποστήριξη του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας με βάση τα κριτήρια του άρθρου 9 του Κανονισμού Αδειών που εκδόθηκε σύμφωνα με το άρθρο 3 του Ν 2773/1999.

3. Ο ρόλος του Διαχειριστή Συστήματος δικτύου: Η δημιουργία του διαχειριστή του συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας προβλέφθηκε με τις διατάξεις του νόμου του 1999 και η σύσταση του έγινε με σκοπό τη διευθέτηση των αποκλίσεων παραγωγής και ζήτησης ενέργειας .Στο διαχειριστή συστήματος ανατίθεται η εφαρμογή των διατάξεων του νόμου που αποβλέπουν στη δημιουργία συνθηκών υγιούς ανταγωνισμού στη βάση μιας περισσότερο απελευθερωμένης και ευέλικτης ημερήσιας αγοράς. Έτσι μειώνεται ο επιχειρηματικός κίνδυνος και διασφαλίζεται η είσοδος νέων παικτών στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής μικρής κλίμακας. Περαιτέρω ο Διαχειριστής του Συστήματος είναι υποχρεωμένος να διασφαλίζει σε μακροχρόνια βάση περιθώριο δυναμικού εγχώρια παραγόμενης ενέργειας ώστε να καθίσταται δυνατή η αντιμετώπιση ελλείψεων ενέργειας στο μέλλον. Έτσι ο παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ δεν θα χρειάζεται να λάβει πρόσθετα μέτρα για τον έλεγχο της παραγωγής.

VI.G. 1.Κατηγορίες πηγών χρηματοδότησης για τις ΑΠΕ

Η ίδρυση και η λειτουργία μονάδων ανανεώσιμης ενέργειας αποτελούν επενδύσεις εντάσεως κεφαλαίου, δεδομένου ότι ο εκάστοτε επενδυτής πρέπει να διαθέσει σημαντικό αρχικό κεφάλαιο για την αγορά, εγκατάσταση και έναρξη λειτουργίας του σταθμού, ενώ το ετήσιο κόστος συντήρησης και λειτουργίας δεν ξεπερνά κατά μέσο όρο το 3-5% συνεκτιμώντας και την απουσία κόστους καύσιμου. Στην αντίπερα όχθη το κόστος ίδρυσης ενός ίσης ενεργειακής παραγωγής συμβατικού σταθμού είναι σαφώς χαμηλότερο, στην περίπτωση όμως αυτή το κόστος συντήρησης και λειτουργίας είναι ιδιαίτερα σημαντικό, υπάρχουν δε περιπτώσεις που το αντίστοιχο κόστος συντήρησης και λειτουργίας ενός θερμικού σταθμού πλησιάζει ακόμη και το αρχικό κόστος εγκατάστασης της μονάδας.

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος χρηματοδότησης των ΑΠΕ, η πολιτεία συνυπολογίζοντας τα σαφή περιβαλλοντικά αλλά και κοινωνικά οφέλη από τη λειτουργία αντίστοιχων μονάδων έχει θεσπίσει κατά καιρούς διάφορα χρηματοδοτικά κίνητρα. Οι εν λόγω χρηματοδοτήσεις προέρχονται αρκετά συχνά από τα αναπτυξιακά ταμεία της Ευρωπαϊκής Ένωσης μέσω των διαδοχικών προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας και διάδοσης των ΑΠΕ. Τα παρεχόμενα κίνητρα χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες.

Α) Άμεση επιδότηση αγοράς του εξοπλισμού και του κόστους εγκατάστασης, εκφραζόμενη συνήθως σαν ένα ποσοστό του αρχικού κόστους της επένδυσης (πχ 20- 60%)

Β) Εγγύηση του δημοσίου ή άλλων φερέγγυων οργανισμών για την παροχή δανείου στον επενδυτή , ώστε να ολοκληρώσει την εγκατάσταση του.

Γ) Επιδότηση επιτοκίου στα συναπτόμενα δάνεια, οπότε το κόστος του χρήματος για τους επενδυτές είναι μικρότερο από το επίσημο τραπεζικό κατά το ποσοστό της επιδότησης, το οποίο ποσοστό καταβάλλει στο χρηματοδοτικό οργανισμό το δημόσιο.

Δ) Επιδότηση της τιμής της παραγόμενης ενέργειας (πχ κατά ένα ποσοστό του κοινωνικού –περιβαλλοντικού κόστους). Η τακτική αυτή που εφαρμόζεται στη Γερμανία έχει σαν στόχο όχι μόνο την εγκατάσταση μιας

ανανεώσιμης πηγής ενέργειας αλλά και τη σωστή και μακροχρόνια λειτουργία του σταθμού , ώστε ο επενδυτής να εισπράξει ένα σημαντικό ποσό που θα επιταχύνει την απόσβεση και θα αυξήσει τα κέρδη της μονάδας.

Ε) Φορολογικές απαλλαγές των εισαγόμενων μηχανισμών, καθώς και επιταχυνόμενες αποσβέσεις του πάγιου εξοπλισμού του σταθμού. Η τακτική αυτή χρησιμοποίηθηκε κατά κόρον στις ΗΠΑ και ιδιαίτερα στην πολιτεία της Καλιφόρνια στις αρχές της δεκαετίας του 80 .

Στ) Εγγύηση μιας ελάχιστης τιμής αγοράς της παραγόμενης ενέργειας από ΑΠΕ για ένα χρονικό διάστημα (πχ δέκα ετών) καθώς και εξασφάλιση της αγοράς ενός ελάχιστου ικανού ποσού ενέργειας εκ μέρους των δημόσιων επιχειρήσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

VI.Γ.2. Σύγχρονα χρηματοδοτικά εργαλεία για την προώθηση των ΑΠΕ στην Ελλάδα

Οι Επενδυτικές ευκαιρίες για την προώθηση των εφαρμογών της ανανεώσιμης ενέργειας στην Ελλάδα περιλαμβάνουν διάφορα χρηματοδοτικά προγράμματα. Τέτοια προγράμματα είναι τα Επιχειρησιακά προγράμματα του Υπουργείου Ανάπτυξης και οι εκάστοτε Αναπτυξιακοί Νόμοι. Σήμερα χρησιμοποιούνται το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανταγωνιστικότητας και ο νέος Αναπτυξιακός Νόμος 3299/04. Επιπλέον πέραν τις επιδοτήσεις κεφαλαίου μέσω των προαναφερθέντων προγραμμάτων ένας νέος Νόμος (Ν.3468/2006) παρέχει το νομικό υπόβαθρο για την ανάπτυξη των ΑΠΕ και προσφέρει εγγυημένες τιμές αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από τις τεχνολογίες αυτές. Προσφέρονται υψηλότερες τιμές αγοράς για το νησιωτικό σύστημα και για τεχνολογίες με υψηλό κόστος επένδυσης (π.χ. φωτοβολταϊκά συστήματα).

α. Το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανταγωνιστικότητα (ΕΠΑΝ)-προγραμματική

περίοδος 2007-20013: Το 2006 ολοκληρώθηκε ο σχεδιασμός του νέου Επιχειρησιακού Προγράμματος Ανταγωνιστικότητα – Επιχειρηματικότητα (ΕΠΑΕ) το προβλέπει παρεμβάσεις που θα συμβάλλουν στην ενίσχυση των ΑΠΕ στην χώρα μας. Το πρόγραμμα αντλεί πόρους από το Γ Κοινοτικό πλαίσιο Στήριξης και παρέχει δημόσια ενίσχυση για τις ΑΠΕ και την εξοικονόμηση, υποκατάσταση και άλλες σχετικές με την ενέργεια δράσεις ενέργειας ύψους 1,02 δις Ευρώ. Το ποσοστό δημόσιας ενίσχυσης ξεκινά από 30% του επιλέξιμου κόστους και φτάνει το 50% στην περίπτωση των ηλεκτρικών δικτύων που θα κατασκευαστούν για την σύνδεση των εγκαταστάσεων ΑΠΕ με τα δίκτυα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

β. Ο νέος Αναπτυξιακός Νόμος: Οι ΑΠΕ περιλαμβάνονται στις ειδικές επενδύσεις του Αναπτυξιακού νόμου για τις οποίες προβλέπεται ειδικό καθεστώς επιδοματικής πολιτικής. Το ποσό επιχορήγησης που δικαιούνται να λάβουν οι επιχειρήσεις , υπό την προϋπόθεση ότι δεν έχουν χρηματοδοτηθεί από άλλη πηγή για την ίδια επένδυση , διαφοροποιείται ανάλογα με την περιοχή της χώρας στην οποία πραγματοποιείται η επένδυση. Έτσι προβλέπονται διαφορετικά κίνητρα ανά περιοχή της Ελλάδας, και η επικράτεια χωρίζεται σε τρεις περιοχές (ζώνες) οι οποίες χαρακτηρίζονται από το ίδιο χρηματοπιστωτικό περιβάλλον. Πιο συγκεκριμένα :

Ζώνη Α : Με τους νομούς Αττικής και Θεσσαλονίκης (έκτος των βιομηχανικών περιοχών και των νήσων αυτών που μπαίνουν στην ζώνη β)

Ζώνη Γ: Με τους νομούς των περιφερειών Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης , Πελοποννήσου, Ηπείρου , Δυτικής Ελλάδας και νήσων Βορείου Αιγαίου.

Ζώνη Β: Με όλες τις υπόλοιπες περιοχές.

Τύπος επιδότησης	Κάλυψη δαπάνης του επενδυτικού σχεδίου	Φορολογική απαλλαγή	Επιδότηση του μισθολογικού κόστους
Ζώνη Α	20%	30%	40%
Ζώνη Β	60%	100%	100%
Ζώνη Γ	20%	30%	40%

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα ποσοστά της επιδότησης καθορίζονται και ανάλογα με το μέγεθος της επιχείρησης. Ταυτόχρονα οι μεγαλύτερες επιδοτήσεις δίνονται για τις μικρότερες επιχειρήσεις. :

Μέγεθος επιχείρησης	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ
Μεγάλο	20%	30%	40%
Μεσαίο	30%	40%	40%
Μικρό	40%	40%	40%
Πολύ μικρό	40%	40%	40%

VI.Γ. 3.Θέματα περιβαλλοντικής αδειοδοτικής διαδικασίας επενδύσεων στην ανανεώσιμη τεχνολογία

Η διαδικασία της αδειοδότησης μιας εγκατάστασης ανανεώσιμης πηγής ενέργειας είναι μείζονος σημασίας ζήτημα για την ελκυστικότητα του κλάδου και την διασφάλιση επενδύσεων . Όσο πιο περιπλοκή είναι η διαδικασία αυτή τόσο αυξάνεται ο κίνδυνος και η αβεβαιότητα μιας επένδυσης στην ανανεώσιμη ενέργεια. Έτσι επιδίωξη κάθε εθνικής πολιτικής στον ενεργειακό τομέα θα πρέπει να είναι ο σωστός σχεδιασμός του εκάστοτε πλαισίου αδειοδότησης ώστε να απλοποιούνται οι διαδικασίες για την έγκριση ενός έργου και να αποφεύγονται οι γραφειοκρατικές δυσκολίες.

Η επιτυχία της διαδικασίας αυτής εξαρτάται από την ικανότητα του νόμου να ορίζει ένα σαφές πλαίσιο μέσα στο οποίο οι αδειοδοτούσες αρχές θα μπορούν να ελέγχονται συνολικά , θα είναι οι πλέον αρμόδιες για να κρίνουν ένα έργο, θα συνεργάζονται και θα επικοινωνούν μεταξύ τους με το πιο αποτελεσματικό τρόπο, και τέλος τα κριτήρια με τα οποία θα εγκρίνουν η όχι μια εγκατάσταση θα προσδιορίζονται με ακρίβεια από το νόμο. Η διαδικασία της αδειοδότησης σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό και με την χωροταξική πολιτική που ακολουθείται. Συγκεκριμένα ένα σαφές χωροταξικό πλαίσιο που καθορίζει τις βασικές κατευθύνσεις και τους βασικούς κανόνες για την χωροθέτηση έργων ΑΠΕ στο σύνολο του εθνικού χώρου είναι απαραίτητο ώστε οι αδειοδοτούσες αρχές και οι ενδιαφερόμενες επιχειρήσεις να γνωρίζουν εκ των προτέρων α) τις κατηγορίες περιοχών στις οποίες αποκλείεται η χωροθέτηση έργων ΑΠΕ β) τις κατάλληλες περιοχές για την υποδοχή των ΑΠΕ γ) τις ειδικότερες ανά

κατηγορία ΑΠΕ χωροταξικές προϋποθέσεις εγκατάστασης ιδίως σε συνάρτηση με τη φυσιογνωμία, τη φέρουσα ικανότητα και το περιβάλλον των περιοχών εγκατάστασης. Ο κατάλληλος χωροταξικός σχεδιασμός είναι δυνατόν να συμβάλλει θετικά όχι μόνο στην διαδικασία της αδειοδότησης και στον σχεδιασμό που κάνει ένας επενδυτής αλλά και στην καλύτερη αποδοχή ενός έργου ανανεώσιμης ενέργειας από την τοπική κοινωνία. Μάλιστα σε κάποιες ευρωπαϊκές χώρες όπως η Δανία , το Βέλγιο ,η Ολλανδία και η Γαλιά, ο χωροταξικός σχεδιασμός γίνεται με τη σύμφωνη γνώμη των τοπικώνκοινωνιών για την επιλογή κατάλληλων περιοχών εγκατάστασης ΑΠΕ. Με την διαδικασία αυτή μειώνονται οι αντιδράσεις και ενισχύεται η κοινωνική αποδοχή.

Ιδιαίτερη περίπτωση αποτελεί το Ηνωμένο Βασίλειο όπου η κεντρική κυβέρνηση διατηρεί το δικαίωμα ελέγχου, αμφισβήτησης η και μη αποδοχής των επιλογών των τοπικών χωροταξικών σχεδίων και προγραμμάτων σε θέματα χωροθέτησης ΑΠΕ όταν αυτές οι επιλογές αντιστρατεύονται –χωρίς επαρκή τεκμηρίωση -τις οδηγίες των εθνικών πολιτικών.

Στην Ελλάδα το νομοθετικό πλαίσιο που ελέγχει τους μηχανισμούς αδειοδότησης αλλάζει συνεχώς τα τελευταία χρόνια. Γίνεται μια συνεχής προσπάθεια να ρυθμιστούν τεχνικά, περιβαλλοντικά, χωροταξικά και κοινωνικά ζητήματα που παρουσιάζονται μέσα από την διαδικασία της αδειοδότησης. Πολλές φορές οι νόμοι που αναδείχτηκαν είχαν αρνητικές επιπτώσεις και οδηγούσαν σε καθυστερήσεις των επενδύσεων παρά απλούστευση των διαδικασιών. Σήμερα τα αδειοδοτικά προβλήματα παραμένουν. Η πολυδιάσπαση, η πολυπλοκότητα, ο έντονος υποκειμενικός χαρακτήρας αξιολόγησης των αιτήσεων αδειοδότησης, και ο μεγάλος αριθμός των φορέων που απαιτούνται για την έκδοση άδειας επιβραδύνουν την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην χώρα. Συναντά κανείς δυσκολίες ακόμη και στο μπορέσει να αναλύσει απλώς επιγραμματικά τα στάδια που απαιτούνται για να εκδοθούν όλες οι απαραίτητες άδειες μιας ανανεώσιμης εγκατάστασης, καθώς χάνεται μέσα στις δαιδαλώδεις διαδικασίες, (πόσο μάλλον ένας επενδυτής που πρέπει να ξεπεράσει στην πραγματικότητα όλα αυτά τα εμπόδια).

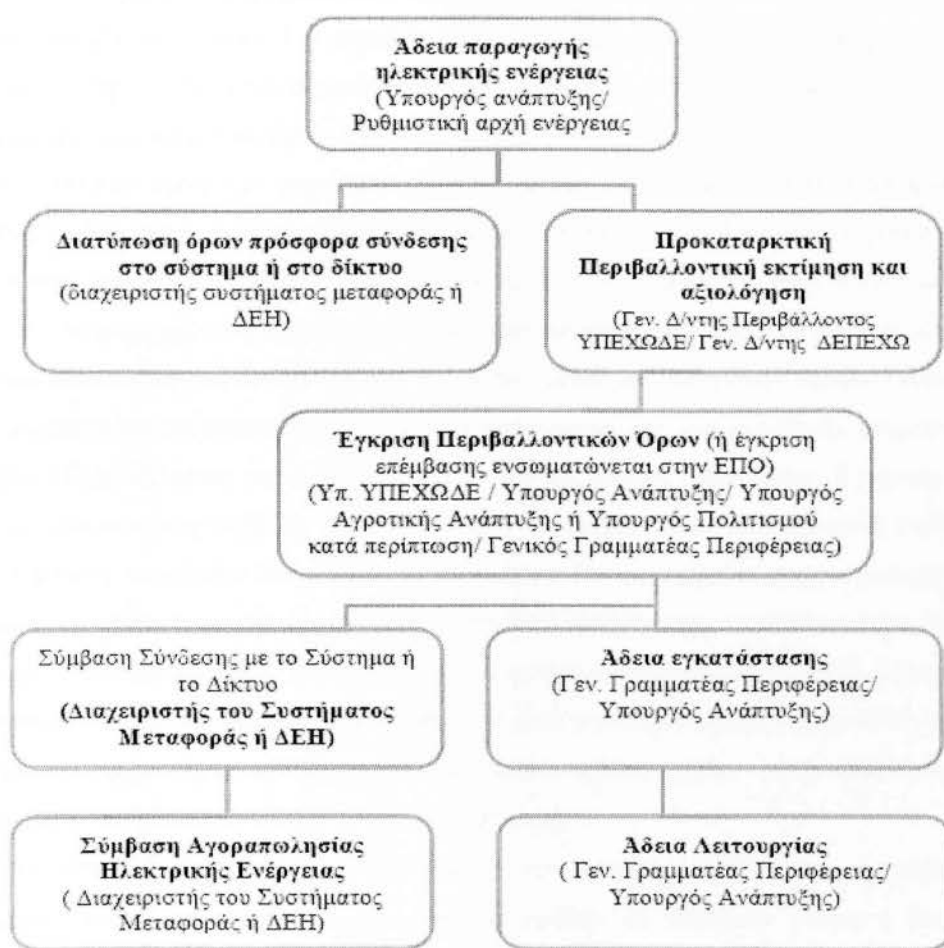
Για την εγκατάσταση λοιπόν μιας ανανεώσιμης πηγής ενέργειας στην Ελλάδα απαιτούνται τρεις άδειες : 1) άδεια παραγωγής 2) άδεια εγκατάστασης 3) άδεια λειτουργίας .

Η άδεια παραγωγής χορηγείται από τον Υπουργό Ανάπτυξης ύστερα από γνώμη της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας σύμφωνα με τους όρους και τις προϋποθέσεις που προβλέπονται στο Ν. 3468/2006 και στον Κανονισμό Αδειών. Η άδεια παραγωγής χορηγείται για ίσο χρονικό διάστημα μέχρι 25 ετών και μπορεί να ανανεώνεται μέχρι ίσο χρόνο. Σύμφωνα με το πρόσφατα ισχύον νομικό πλαίσιο, κατά τη φάση έκδοσης της Άδειας Παραγωγής απαιτείται η υποβολή σχετικής αίτησης προς τη ΡΑΕ συνοδευόμενη από την Προμελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Π.Π.Ε.) στις περιπτώσεις που αυτή απαιτείται. Έπειτα η Ρυθμιστική αρχή ενέργειας αξιολογεί τις αιτήσεις με βάση τα κριτήρια του άρθρου 3 του Ν. 3468/2006 και πριν διατυπώσει τη γνώμη της, διαβιβάζει την Π.Π.Ε. στην αρχή που είναι αρμόδια για την περιβαλλοντική αδειοδότηση. Εντός 60 ημερών η αρμόδια αρχή διαβιβάζει τη γνωμοδότηση της στη ΡΑΕ και η τελευταία υποβάλλει τη γνώμη της στον Υπουργό Ανάπτυξης εντός τεσσάρων μηνών από τη γνωστοποίηση, σε αυτήν, της δημοσίευσης της αίτησης.

Η άδεια εγκατάστασης εκδίδεται με απόφαση του Γενικού Γραμματέα της Περιφέρειας στα όρια της οποίας εγκαθίσταται ο σταθμός. Η άδεια αυτή εκδίδεται εντός αποκλειστικής προθεσμίας δεκαπέντε ήμερων από την

υποβολή από τον ενδιαφερόμενο της σχετικής αίτησης με τα δικαιολογητικά. Για τις περιοχές που εντάσσονται σε προστατευόμενες περιοχές, εθνικούς δρυμούς και αισθητικά δάση εκδίδεται άδεια από τον Υπουργό ανάπτυξης εντός 30 ημερών. Η άδεια αυτή ισχύει για δυο έτη και μπορεί να παραταθεί.

Τέλος για κάποια έργα απαιτείται και άδεια λειτουργίας. Η άδεια αυτή χορηγείται με απόφαση του οργάνου που είναι υπεύθυνο και για την άδεια εγκατάστασης μετά από αίτηση του ενδιαφερομένου και έλεγχο από τα αρμόδια όργανα τήρησης των τεχνικών όρων εγκατάστασης, κατά τη δοκιμαστική λειτουργία του σταθμού, καθώς και έλεγχο από το ΚΑΠΕ της διασφάλισης των αναγκαίων λειτουργικών και τεχνικών χαρακτηριστικών του εξοπλισμού του σταθμού. Η άδεια λειτουργίας των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ ισχύει για είκοσι χρόνια και μπορεί να ανανεωθεί μέχρι ίσο χρονικό διάστημα.



Αυτό το πολύπλοκο σύστημα αδειοδότησης χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα χρονοβόρες διαδικασίες έκδοσης αδειών. Η πολυπλοκότητα και η πολυδιάσπαση της σχετικής διαδικασίας είναι πιο έντονη στο πρώτο στάδιο της περιβαλλοντικής αδειοδότησης, δηλαδή σε αυτό της Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης η οποία πολλές φορές ξεπερνά τον ένα χρόνο για να πραγματοποιηθεί. Επιπλέον η μεταβίβαση των αρμοδιοτήτων περιβαλλοντικής αδειοδότησης από την Κεντρική Διοίκηση στις Περιφέρειες και στις Νομαρχίες

δημιούργησε σαφώς περισσότερα προβλήματα από όσα θέλησε να επιλύσει. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην έλλειψη ενημέρωσης και τεχνογνωσίας του προσωπικού των υπηρεσιών της τοπικής αυτοδιοίκησης για τις τεχνολογίες ΑΠΕ.

Επίσης χρονοβόρα είναι και τα στάδια της Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων και της Έγκρισης Επέμβασης, ενός έργου ΑΠΕ, όχι όμως λόγω πληθώρας γνωμοδοτούντων φορέων, αλλά και λόγω της επιφυλακτικής στάσης που τηρούν έναντι των ΑΠΕ οι εν λόγω φορείς (Δήμος, Νομαρχιακό Συμβούλιο, Δασική Υπηρεσία, κ.α.). Ακόμη αξίζει να σημειωθεί, ότι ο μεγάλος αριθμός εμπλεκόμενων φορέων και οι παρατηρούμενες χρονικές καθυστερήσεις οφείλονταν κυρίως στο γεγονός ύπαρξης χωροθετικών προβλημάτων για την εγκατάσταση έργων ΑΠΕ, λόγω της διασποράς των χρήσεων γης και της έλλειψης κριτηρίων χωροθέτησης.

Τέλος δεν υπάρχει αυστηρή τήρηση των τιθέμενων από τους νόμους χρονικών προθεσμιών στα διάφορα στάδια της αδειοδοτικής διαδικασίας. Για παράδειγμα ενώ ο νόμος ορίζει ότι η προέγκριση χωροθέτησης δίνεται μέσα σε 2 μήνες από την υποβολή του αιτήματος του ενδιαφερομένου, στην πράξη όπως εφαρμόζεται από τις κεντρικές και περιφερειακές υπηρεσίες αυτός ο χρόνος παρατείνεται έως και 2 χρόνια.

Φυσική συνέπεια όλων των παραπάνω είναι να μένουν για μεγάλο χρονικό διάστημα τα επενδυτικά σχέδια προσκολλημένα στο γραφειοκρατικό τέλμα και πολλά από αυτά τελικά να απορρίπτονται. Για αυτό το λόγο απαιτούνται λύσεις στα τεράστια εμπόδια που θέτει η γραφειοκρατία στην αγορά των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Μερικές προτεινόμενες απλοποιήσεις στην αδειοδοτική διαδικασία αναλύονται παρακάτω:

Α) Είναι απαραίτητη μια ενιαία διαδικασία έλεγχου όλων των αιτημάτων περιβαλλοντικής αδειοδότησης έργων ΑΠΕ ανεξαρτήτως εγκατεστημένης ισχύος και κατασκευής από μια «κομβική» υπηρεσία. Για παράδειγμα από την Δ/ση Περιβάλλοντος και Χωροταξίας (ΠΕ.ΧΩ) της οικείας Περιφέρειας. Εξαιρέση μπορούν να αποτελούν μόνο οι εγκαταστάσεις ΑΠΕ σε περιοχές ειδικού περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος (προστατευόμενα δάση και εθνικοί δρυμοί) των οποίων τα αιτήματα θα εξετάζονται από την αρμόδια κεντρική υπηρεσία του ΥΠΕΧΩΔΕ.

Β) Σαφής οριοθέτηση με την άμεση έκδοση κανόνων διαβάθμισης, καταλόγων και τοπογραφικών χαρτών των συγκεκριμένων περιοχών στις οποίες επιτρέπεται η πραγματοποίηση έργων ΑΠΕ. Σήμερα για την εγκατάσταση των έργων σε αυτές τις περιοχές απαιτούνται γνωμοδοτούντες φορείς όπως οι: ΟΤΕ, Εφορίες Κλασικών και Βυζαντινών Αρχαιοτήτων κτλ οι οποίοι επιβάλλουν πολλές φορές μη ρεαλιστικούς όρους εγκατάστασης, προκειμένου να βρίσκονται στην πλευρά της ασφάλειας.

Γ) Κατάργηση της απαίτησης γνωμοδότησης επί του αιτήματος προέγκρισης χωροθέτησης έργου ΑΠΕ, από ορισμένους φορείς και υπηρεσίες που είναι αναρμόδιοι να εκφέρουν γνώμη η δεν έχουν τη δυνατότητα ουσιαστικού έλεγχου. Τέτοιοι φορείς είναι η ΕΡΤ, ο ΕΟΤ, κτλ.

Δ) Εφαρμογή κατά περίπτωση, του ελάχιστου ορίου απόστασης μιας εγκατάστασης ΑΠΕ από οικισμό. Το όριο αυτό το οποίο έχει καθοριστεί σήμερα αυθαίρετα και μη τεκμηριωμένα στα 500 μέτρα από οικισμό, είναι συνδεδεμένο με την προκαλούμενη από την συγκεκριμένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, ηχητική ή οπτική όχληση. Θα πρέπει να θεωρηθεί λοιπόν ως μέγιστο και να εξετάζεται η δυνατότητα μείωσης του κατά τη διαδικασία της

έγκρισης περιβαλλοντικών όρων. Η εξέταση αυτή μπορεί να γίνεται από εξειδικευμένο φορέα (πχ ΚΑΠΕ ή το ΕΜΠ) για λογαριασμό της αδειοδοτούσας αρχής.

Ε) Ειδικότερα για έργα εκμετάλλευσης αιολικής ενέργειας και στην περίπτωση όπου ζητείται από τον επενδυτή η αντικατάσταση των ανεμογεννητριών με άλλες νεώτερου τύπου, ενώ έχει γίνει ήδη η έγκριση περιβαλλοντικών όρων κατά την αρχική εγκατάσταση του έργου απαιτείται από την αρχή να αναληφθεί η ίδια διαδικασία. Υπό την προϋπόθεση ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις των νέων τεχνικών χαρακτηριστικών του εξοπλισμού, που θα πιθανολογούσαν τροποποιήσεις των περιβαλλοντικών όρων, μπορεί να γίνεται απλή τροποποίηση της προέγκρισης χωροθέτησης μόνο με υποβολή ενημερωτικής επιστολής από τον ενδιαφερόμενο σχετικά με τα τεχνικά δεδομένα.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Έχει αρκετά χρόνια που πολλοί άνθρωποι, διάφορων ειδικοτήτων, προβληματίζονταν, διεθνώς αλλά και στη χώρα μας, για την μείωση των αποθεμάτων πετρελαίου και την ανάγκη για εύρεση άλλων πηγών ενέργειας. Δεδομένων των γενικά προσιτών τιμών πώλησης του πετρελαίου που υπήρχε παλιότερα, δεν προωθούνταν, στην Ελλάδα τουλάχιστον, άλλες πηγές ενέργειας, μέχρις ότου οι τιμές του πετρελαίου άγγιζαν το απρόσιτο. Την ίδια στιγμή, πραγματικά ανήσυχoi και δραστήριοι άνθρωποι σε χώρες όπως ο Καναδάς, οι Η.Π.Α., οι Σκανδιναβικές κ.α., εξέλιξαν και εφάρμοζαν συστήματα αξιοποίησης Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας(Α.Π.Ε) με στόχο την μείωση της εξάρτησής τους από το πετρέλαιο.

Στον αγροτικό κλάδο, όπως και σε άλλους τομείς οι οποίοι από την φύση τους καταναλώνουν πολύ ενέργεια, σημαντικό ρόλο μπορούν να παίξουν οι Α.Π.Ε. Παράλληλα, η συνεχώς αυξανόμενη κάλυψη ενεργειακών αναγκών με τη χρήση φυσικού αερίου μπορεί να οδηγήσει τη χώρας μας σε μια κατάσταση πλήρους εξάρτησης από το εξωτερικό, γεγονός που ίσως μελλοντικά να προκαλέσει μεγάλα πολιτικο-οικονομικά προβλήματα. Συνεπώς, προβάλλεται επιτακτικά η ανάγκη ώστε παράλληλα με τις συμβατές ενεργειακές πρώτες ύλες (πετρέλαιο, φυσικό αέριο) να αξιοποιηθούν συστηματικά και με τον καλύτερο δυνατό τρόπο οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.).



Ο ορισμός που τους δίνεται είναι ο εξής: αποτελούν τους φυσικούς διαθέσιμους πόρους - πηγές ενέργειας, που υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό μας περιβάλλον, που δεν εξαντλούνται αλλά διαρκώς ανανεώνονται και που δύνανται να μετατρέπονται σε ηλεκτρική ή θερμική ενέργεια, όπως είναι ο ήλιος, ο άνεμος, η βιομάζα, η γεωθερμία, οι υδατοπτώσεις, η θαλάσσια κίνηση. Το παγκόσμιο ενδιαφέρον προς την κατεύθυνση της αξιοποίησης τους οφείλεται σε δύο λόγους:

ι) την επίλυση του ενεργειακού προβλήματος, αφού τα αποθέματα συμβατικών πηγών ενέργειας εξαντλούνται και

ii) το ότι πρόκειται για φιλικές προς το περιβάλλον λύσεις.

Γενικότερος στόχος της Ευρωπαϊκής ένωσης είναι να αυξήσει την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας από το 3,7% που ήταν το 1991 στο 7,8% επί του συνόλου της κατανάλωσης ενέργειας το 2005. Αυτό προϋποθέτει αύξηση της απόδοσης των συστημάτων κατανάλωσης ενέργειας που χρησιμοποιούνται σήμερα. Οι προβλέψεις για τη χρήση ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο δείχνουν ότι έχουμε ενεργειακά αποθέματα για 200 χρόνια για τον τωρινό λόγο αποθέματος/παραγωγής.

Το μέσο κτίριο καλύπτει τις ανάγκες σε θέρμανση με κάποιο λέβητα πετρελαίου και τις υπόλοιπες ενεργειακές ανάγκες (συμπεριλαμβανομένου του δροσισμού) με ηλεκτρισμό από το δίκτυο της ΔΕΗ. Αν αναλογιστεί κανείς ότι ο ένας στους δύο λέβητες δε συντηρείται καν σωστά και ότι το 90% περίπου του ηλεκτρισμού στην Ελλάδα παράγεται από ρυπογόνα ορυκτά καύσιμα όπως ο λιγνίτης και το πετρέλαιο, θα καταλάβει γιατί ο κτιριακός τομέας συμβάλλει τόσο πολύ στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος.

Ευτυχώς όμως, τα πράγματα αλλάζουν. Η τεχνολογία έχει κάνει άλματα και ο καταναλωτής έχει σήμερα μία πλειάδα επιλογών για την κάλυψη των ενεργειακών του αναγκών. Οι επιλογές αυτές:

- είναι αποκεντρωμένες (μπορούν δηλαδή να εφαρμοστούν στο επίπεδο της κατοικίας ή της επιχείρησης)
- είναι εύκολες στη χρήση
- είναι φιλικές προς το περιβάλλον
- είναι (τις περισσότερες φορές) ή μπορούν να γίνουν οικονομικά αποδοτικές

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε επίπεδο κατοικίας ή επιχείρησης περιλαμβάνουν τις εξής τεχνολογίες:

1. Βιομάζα για θέρμανση
2. Γεωθερμία για θέρμανση, δροσισμό, ζεστό νερό και ηλεκτρισμό
3. Ηλιακά συστήματα για θέρμανση, δροσισμό και ζεστό νερό
4. Φωτοβολταϊκά συστήματα για παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Η αξιοποίηση της ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ και ο ρόλος της ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ – Έκδοση της Ένωσης Βιομηχανιών Ηλιακής Ενέργειας
- [2] Περιοδικό Building Green Δόμηση-Ενέργεια-Περιβάλλον
- [3] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας www.cres.gr
- [4] www.energolab.gr
- [5] Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ) www.helapco.gr
- [6] Οδηγός Αναζήτησης στο Διαδίκτυο: www.google.com.gr
- [7] Υπουργείο Ανάπτυξης : www.ypan.gr
- [8] Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας www.desmie.gr
- [9] Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας www.rae.gr
- [10] Περιοδικό ecotec- Η τεχνολογία στην υπηρεσία του περιβάλλοντος.
- [11] Σημειώσεις μαθήματος «Ηπιες Μορφές Ενέργειας & Ανανεώσιμες Μορφές Ενέργειας» του τμήματος Μηχανολογίας Γ' έκδοση – καθηγητής: Ταουσάνιδης Νίκος
- [12] Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, ΑΡΘΟΥΡΟΣ ΖΕΡΒΟΣ, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΤΟΜΕΑΣ ΡΕΥΣΤΩΝ, 2005
- [13] Διπλωματική Εργασία “Μελέτη Διασυνδεδεμένου Φωτοβολταϊκού Σταθμού Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας των 100 kW”, Γεώργιος Λ. Κτενίδης.
- [14] Τεχνοοικονομική Αξιολόγηση Φωτοβολταϊκών Συστημάτων στην Ελλάδα, Αρκούδης Γεώργιος, Οκτώβριος 2007
- [15] Υπουργείο Περιβάλλοντος και Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων
- [16] www.emea.gr
- [17] «Διαχείριση της Αιολικής Ενέργειας» Ιωάννης Κλεάνθη Καλδελλης, Εκδόσεις Σταμούλη, 2005
- [18] «Εισαγωγή στο δίκαιο ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας» Βατάλης, Εκδόσεις Σάκκουλα, 2007
- [19] «Οικονομική θεώρηση περιβαλλοντικής προστασίας» Κωνσταντίνος Π. Μπίθας
- [20] «Οικονομικά και πολιτικές για τη βιώσιμη διαχείρισης περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων» Άγγελος Πρωτόπαπας, εκδόσεις Σάκκουλα
- [21] «Πηγές Ενέργειας – Συμβατικές και Ανανεώσιμες» Γελεγενης –Αξιοπούλος, έκδοση Σύγχρονη εκδοτική.
- [22] «Διαχείρισης Φυσικών πόρων και Ενέργειας» Δημήτρης Σταμούλης- Κοδοσακη
- [23] «Οικονομική Ελευθερία και Προστασία του Περιβάλλοντος» Χαρίκλεια Αθανασοπούλου, εκδόσεις Σάκκουλα Αθήνα 2002.

- [24] Kreith, F., and Kreider, J.F. 1978. Principles of Solar Engineering. McGraw-Hill, New York, NY.
- [25] Bodart and De Herde, 2002 M. Bodart and A. De Herde, Global energy savings in offices buildings by the use of daylighting, *Energy and Buildings* 34 (2002), pp. 421– 429.
- [26] Remediakis, Ioannis N, (2002) First - Principles Studies of Solid Surfaces: Pure and C-alloyed Si(100) and NO chemisorption on MoO₃(010)
- [27] Ασκερίδης, Βασίλειος, Παντελαΐος, Παναγιώτης (2008) ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ
- [28] Duffie, J. A. and Beckman, W. A. 1991. Solar Engineering of Thermal Processes, 2nd edn. J. Wiley and Sons, New York
- [29] Καράγιωργας, Μ. Τσαγκούρης, Κ. Γαλάτης, Α. Μπότζιος-Βαλασκάκης Σύγχρονη (2008) Ηλιακή θέρμανση και γεωθερμική ψύξη σε κτίριο γραφείων Τεχνική Επιθεώρηση, Αρ.191
- [30] Ψαρράς Ν. (2006) Το θεωρητικό υπόβαθρο των γεωθερμικών συστημάτων και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις Σύγχρονη Τεχνική Επιθεώρηση, Αρ.171
- [31] Makrigiannis, G Theoharatos, A Mavrakis (2006) Development strategies and problems of renewable energy sources in Greece in *inive.org* G - *inive.org*
- [32] Sick, T Erge - 1996 - photovoltaics in buildings: a design handbook for architects and engineers *F books.google.com*
- [33] JJ Loferski, J Beall, C Case, R Dobbins, G (1982) Design and construction of a hybrid photovoltaic (3KW/SUB p/)-thermal solar energy system for a residential/commercial building. *IEEE Photovoltaic-helios.osti.gov*
- [34] AD Jones, CP Underwood (2001) A thermal model for photovoltaic systems - *Solar Energy*,– Elsevier
- [35] AH Fanney, BP Dougherty (2001) Building Integrated Photovoltaic Test Facility *nist.gov* - *Journal of Solar Energy Engineering*, - *link.aip.org*
- [36] M Oliver, T Jackson (2001) Energy and economic evaluation of building-integrated photovoltaics - *Energy*,– Elsevier
- [37] SH Yoo, ET Lee (2002) Efficiency characteristic of building integrated photovoltaics as a shading device - *Building and Environment*,– Elsevier
- [38] A Zahedi (2006) solar photovoltaic (PV) energy; latest developments in the building integrated and hybrid PV systems - *Renewable energy*,– Elsevier
- [39] Demba Ndiaye, Kamiel Gabriel (2010) Principal Component Analysis of the Electricity Consumption in Residential Dwellings, *Energy and Buildings*, In Press, Accepted Manuscript, Available online 13 October
- [40] Bjarne W. Olesen, Michele de Carli (2010) Calculation of the yearly energy performance of heating systems based on the European Building Energy Directive and related CEN Standards, *Energy and Buildings*, In Press, Accepted Manuscript, Available online 13 October

- [41] Καραβασίλη Μ. (2000) Περιορισμός εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα με τον καθορισμό μέτρων και όρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. ΑΦΙΕΡΩΜΑΤΑ ΤΕΕ, Τεύχος 2125
- [42] Βαρουτά - Φλώρου Ε. (2009), «Το σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου». *EcoΔΟΜΗΣΗ in press*
- [43] Βαρουτά - Φλώρου Ε. (2010), «Εξοικονόμηση κατ'οίκον – επιλέξιμες παρεμβάσεις». *EcoΔΟΜΗΣΗ in press*
- [44] Μεσσίνας Η. (2008) Το “σπίτι-μηχανή” και η οικολογική δόμηση *ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΔΟΜΗΣΗ Ecoweek*.
- [45] Lawson B., (1996) *Building Materials Energy and the Environment: Towards Ecologically Sustainable Development*, Royal Australian Institute of Architects.
- [46] Lotka, A. J., (1925) *Elements of physical biology*, Baltimore Williams & Wilkins Co.
- [47] PV Marsden, PV Aldrich, JW Cassell (1990) *Comparing Organizational Sampling Frames*, Administrative Science
- [48] Masoum, H Dehbonei, EF (2002) Theoretical and experimental analyses of photovoltaic systems with voltage and current-based maximum power-point tracking - *Energy Conversion, IEEE ...*, - ieeexplore.ieee.org
- [49] S Pacca, D Sivaraman, GA Keoleian (2007) Parameters affecting the life cycle performance of PV technologies and systems - *Energy Policy*, - Elsevier
- [50] J Chojnacki, J Teneta (2000) Independent photovoltaic system wat.edu.pl - *OPTOELECTRONICS REVIEW*. 8(4), 368-371
- [51] M Calais, VG Agelidis (1998) multilevel converters for single-phase grid connected photovoltaic systems-an overview - *Industrial Electronics*, - ieeexplore.ieee.org
- [52] Markvart T, Castaner L (2003) *Practical handbook of photovoltaics: fundamentals and applications* - - books.google.com
- [53] Borowy BS, Salameh ZM (2002) Optimum photovoltaic array size for a hybrid wind/PV system - *Energy Conversion, IEEE*, - ieeexplore.ieee.org
- [54] Shafer BD, Schueler DG (1982) *Economic motivation for photovoltaic concentrator technology* EC Boes, - *Solar Cells*, - Elsevier
- [55] Luque A, Hegedus S (2003) *Handbook of photovoltaic science and engineering* - - books.google.com
- [56] Lu, HX Yang (2004) A study on simulations of the power output and practical models for building integrated photovoltaic systems - *Journal of solar energy engineering*, - cat.inist.fr
- [57] Hirata Y, Tani T (1995) Output variation of photovoltaic modules with environmental factors--I. The effect of spectral solar radiation on photovoltaic module output - *Solar Energy*, - Elsevier
- [58] Awerbuch (1993) *Measuring the costs of photovoltaics in an electric utility planning framework in photovoltaics: Research and Applications*, - interscience.wiley.com
- [59] Mondol JD, Yohanis YG, Smyth M, Norton B (2005) Long-term validated simulation of a building integrated photovoltaic system - *Solar energy*, - Elsevier
- [60] Eiffert P, Kiss GJ (2000) *Building-integrated photovoltaic designs for commercial and institutional structures: a sourcebook* for architectsgoogle.com - books.google.com

- [61] Hanold RJ– (1983) geothermal pumping systems - osti.gov
- [62] Lund JW (2001) geothermal heat pumps-An overview. GEOTHERMAL HEAT PUMPS (GHP) - geoheat.oit.edu
- [63] Omer M (2008) Ground-source heat pumps systems and applications - Renewable and Sustainable Energy Reviews 12: 2, February 2008, Pages 344-371
- [64] Lambert KW (1997) Geothermal heat-pump system and installation of same - Google Patents
- [65] Kanolu M, Çengel YA (1999) - Economic evaluation of geothermal power generation, heating, and cooling Energy, 24: 6, June 1999, Pages 501-509