

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ

ΣΧΟΛΗ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ: ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΡV-ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΜΕ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΓΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΟ ΧΩΡΟ 10

ΣΤΡΕΜΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΗΛΕΙΑ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ

ΓΚΑΡΟΥΤΣΟΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

ΠΟΛΥΜΕΡΟΠΟΥΛΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΣΩΚΡΑΤΗΣ Ν. ΚΑΠΛΑΝΗΣ

ΠΑΤΡΑ ΜΑΡΤΙΟΣ 2008

Για την άρτια ανάπτυξη της πτυχιακής εργασίας θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον κ.κ. Σωκράτη Καπλάνη για την αμέριστη βοήθεια που μας προσέφερε καθώς και τις γνώσεις που μας μετέδωσε πάνω στον τομέα της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας καθώς και τους γονείς μας που τόσο μας στάθηκαν στην όλη προσπάθεια.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία - Ηλιακή ενέργεια	1
1.1 Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα	2
1.2 Το μέλαν σώμα	3
1.3 Μεγέθη ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας	7
1.4 Ήλιος	9
1.5 Ηλιακή ακτινοβολία	10
1.6 Ηλιακή σταθερά	12
1.7 Η ατμόσφαιρα της Γης και τα στοιχεία της	12
1.8 Φάσμα ηλιακής ακτινοβολίας	15
1.9 Η επίδραση της ατμόσφαιρας της Γης στη διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας	17
1.9.1 Η ακτινοβολία ενόςήλιου	18
1.9.2 Ορατό φάσμα	20
1.9.3 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου	21
1.10 Η ολική, απευθείας, διάχυτη και η διάχυτα ανακλώμενη ακτινοβολία	23
1.10.1 Τυπικό μετεωρολογικό έτος	26
1.11 Μέτρηση της ηλιακής ακτινοβολίας	26
1.11.1 Αναγωγή τιμών πυκνότητας ισχύος και ενεργειακής απολαβής ηλιακής ακτινοβολίας, από οριζόντιο σε κεκλιμένο επίπεδο	30
1.12 Η κίνηση της Γης γύρω από τον Ήλιο, Συντεταγμένες γωνιές του Ήλιου	33
1.13 Η ηλιακή ενέργεια και οι τρόποι εκμετάλλευσής της	35
1.14 Η ενεργειακή απολαβή της Γης από τον Ήλιο	36
1.15 Η αξιοποίηση της φωτοβολταϊκής ενέργειας	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Φωτοβολταϊκή τεχνολογία	38
2.1 Συμπεριφορά των υλικών	39
2.1.1 Ημιαγωγοί πρόσμειξης – Επαφή p- n	43
2.2 Απορρόφηση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από την ύλη	48
2.2.1 Φωτοαγωγιμότητα	49
2.3 Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο	50
2.3.1 Οι εσωτερικές διεργασίες και ο ρόλος του ηλεκτρικού πεδίου επαφής	51
2.4 Το φωτοβολταϊκό στοιχείο	53
2.4.1 Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του ΦΒ στοιχείου	54
2.4.2 Η ηλεκτρική συμπεριφορά φωτιζόμενου ΦΒ στοιχείου, Χαρακτηριστική I-V καμπύλη και σημείο μέγιστης λειτουργίας	55
2.5 Η τεχνολογία του ΦΒ στοιχείου	57
2.6 Φωτοβολταϊκά συστήματα	59
2.6.1 Τα χαρακτηριστικά των Φωτοβολταϊκών συστημάτων	59
2.6.2 Εκτός δικτύου ή απομονωμένα ΦΒ συστήματα	60
2.6.3 Ροή ενέργειας από την ΦΒ συστοιχία στην κατανάλωση	63

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Η τοποθέτηση των συλλεκτών –Ηλιοτρόπια 65

3.1 Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας	66
3.1.1 Οι σφαιρικές συντεταγμένες ενός τόπου	66
3.1.2 Ο προσανατολισμός του συλλέκτη ως προς τον αληθνή Νότο	67
3.2 Τρόποι στήριξης και προσανατολισμός των πλαισίων	68
3.2.1 Στήριξη με σταθερή γωνία κλίσης του συλλέκτη	69
3.2.2 Στήριξη με εποχιακή ρύθμιση της κλίσης του συλλέκτη	72
3.3 Συνεχούς ημερήσιας παρακολούθησης, ηλιοτρόπιο(trackers)	74
3.3.1 Στροφή γύρω από έναν άξονα	75
3.3.2 Στροφή γύρω από δυο άξονες	78
3.4 Ελάχιστη απόσταση μεταξύ συστοιχιών φωτοβολταϊκού συγκροτήματος.	82

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Αποθήκευση της ΦΒ ηλ.ενέργειας – Ηλεκτρονικά ισχύος84

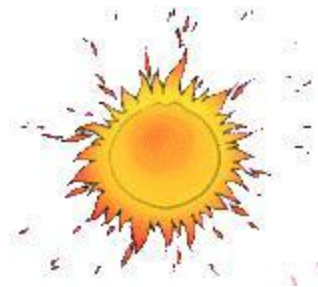
4.1 Ηλεκτρικοί συσσωρευτές	85
4.1.1 Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά ενός συσσωρευτή	85
4.1.2 Ο συσσωρευτής θειικού οξέος – Μόλυβδου	87
4.1.3 Φόρτιση – Εκφόρτωση συσσωρευτή	89
4.1.4 Χρόνος ζωής του συσσωρευτή	89
4.2 Ηλεκτρονικά ισχύος	90
4.2.1 Ελεγκτής φόρτισης συσσωρευτή	91
4.2.2 Είδη μετατροπέων ηλεκτρικής ενέργειας	92

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Διαστασιολόγηση PV συστήματος με βάση την οικονομοτεχνική ανάλυση 97

5.1 Υπολογισμός ηλιακής ενέργειας της περιοχής μέσω του προγράμματος Meteororm	99
5.2 Υπολογισμός ελάχιστης απόστασης L μεταξύ των παράλληλων ηλιακών συλλεκτών έτσι ώστε η μια σειρά να μην σκιάζει την άλλη	102
5.3 Συνολικός αριθμός σειρών των ηλιακών συλλεκτών	108
5.4 Συνολική επιφάνεια A_{tot} σε (m ²) των ηλιακών συλλεκτών του οικοπέδου	109
5.5 Εγκατεστημένη ισχύς σε W_p	111
5.6 Ηλιακή ενέργεια σε MWh που αποδίδεται στα φ/β με βάση τον χειμώνα	112
5.7 Ηλεκτρική ενέργεια σε MWh ανά έτος	114
5.8 Ωρες ανά έτος λειτουργίας των φ/β h/y	116

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 Διαστασιολόγηση του PV συστήματος με βάση της σχέσης PBP(Pay Back Period). Συμπεράσματα και επισυμάνσης	119
Υπολογισμός PBP για διαφορετικά σενάρια επιτοκίων, συντελεστή PR και τιμη πώλησης στο δίκτυο της ΔΕΗ	120
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 Συμπεράσματα επισυμάνσεις – μελλοντική έρευνα	125
7.1 Γενικά συμπεράσματα	125
7.2 Μελλοντική έρευνα	126
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	128
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	210

Κεφάλαιο 1

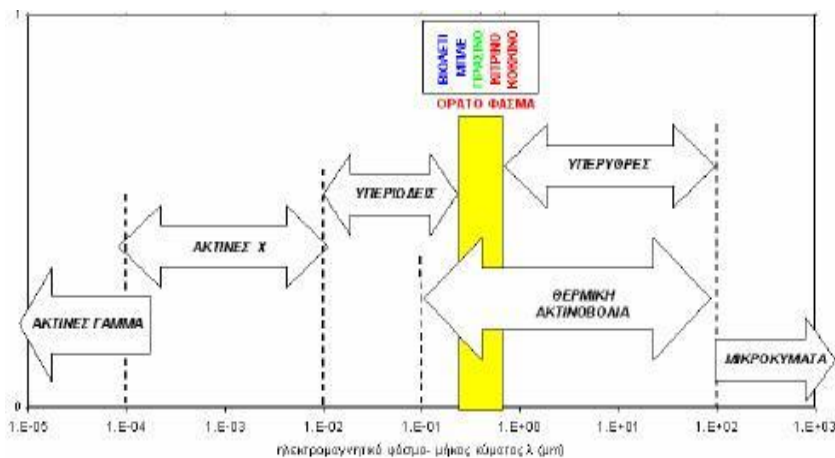


Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία
Ηλιακή ενέργεια

1.1 Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

Η θερμική ακτινοβολία είναι ηλεκτρομαγνητική ενέργεια, η οποία διαδίδεται μέσα στον χώρο με την ταχύτητα του φωτός. Αυτή εκπέμπεται από τα σώματα λόγω της θερμοκρασίας στην οποία ευρίσκονται. Τα άτομα, μόρια ηλεκτρόνια που διεγείρονται σε ανώτερες ενεργειακές καταστάσεις, επιστρέφουν μετά σε καταστάσεις χαμηλότερης ενέργειας και ταυτόχρονα εκπέμπουν ενέργεια με την μορφή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Καθώς η εκπομπή οφείλεται σε αλλαγή της ηλεκτρονικής περιστροφής και ταλαντωτικής κατάστασης των ατόμων και των μορίων, η εκπεμπόμενη ακτινοβολία κατανέμεται σε μεγάλο εύρος μηκών κύματος.

Το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας χωρίζεται σε διάφορες περιοχές μηκών κύματος. Τα μήκη κύματος που έχουν σημασία για την ηλιακή ενέργεια και τις εφαρμογές της βρίσκονται στην περιοχή της υπεριώδους μέχρι και ένα τμήμα της υπέρυθρης ακτινοβολίας δηλαδή από 0,3 μm μέχρι περίπου 25 μm . Σ' αυτή την περιοχή περιλαμβάνεται το ορατό φάσμα, που είναι το τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος στο οποίο αντιδρά το ανθρώπινο μάτι (από 0,4 μm έως ~0,7 μm). Η ηλιακή ακτινοβολία έξω από τη ατμόσφαιρα της Γης έχει την περισσότερη ενέργεια της στο εύρος 0,3 μέχρι 3 μm , ενώ η ηλιακή ακτινοβολία που φθάνει στην επιφάνεια της Γης είναι στο εύρος των 0,29 μέχρι 2,5 μm .



Εικ.1.1 Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα και τα μέρη του

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι ο συνδυασμός του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου. Η εκπομπή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (ΗΜ) από τους δομικούς λίθους της ύλης και η εκπομπή της οφείλεται στις δυο παρακάτω ιδιότητες:

- α) τη θερμική ακτινοβολία, δηλαδή τη θερμοκρασία των σωμάτων.
- β) τις ηλεκτρονικές αποδιεγέρσεις διεγερμένων δομικών λίθων.

1.2 Μέλαν σώμα

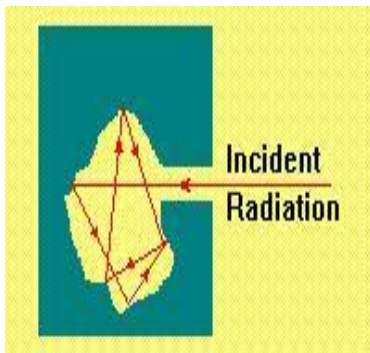
Η πυκνότητα ισχύος ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ανα μονάδα μήκους κύματος ($E_{\lambda T}$), που εκπέμπεται από ένα σώμα είναι συνάρτηση της θερμοκρασία του σώματος T , του μήκους κύματος λ και του συντελεστή εκπομπής του σώματος $e_{\lambda T}$.

Ο **Max Plank** εισήγαγε για πρώτη φορά την ιδέα ότι οι ηλεκτρομαγνητικοί Ταλαντωτές εκπέμπουν την ενέργεια κατά ποσά και όχι, όπως πίστευαν μέχρι και εκείνη την εποχή, συνεχώς. Αυτό το ποσό της εκπεμπόμενης ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας ονομάστηκε κβάντο (quantum) και η αντίστοιχη θεωρία ονομάστηκε θεωρία των quanta. Ήταν η αρχή για την Κβαντική Φυσική.

Ο Plank ήταν ο πρώτος ο οποίος περιέγραψε πλήρως την πυκνότητα ισχύος, που εκπέμπεται από τους ηλεκτρομαγνητικούς ταλαντωτές ενός σώματος μέσα σε μια στενή περιοχή μηκών κύματος.

Το μοντέλο το οποίο χρησιμοποίησε βασίστηκε στη θερμοδυναμική ισορροπία μεταξύ των ηλεκτρομαγνητικών ταλαντωτών, οι οποίοι αντιπροσωπεύουν τις ταλαντώσεις των δομικών λίθων των τοιχωμάτων μιας κοιλότητας του σώματος και της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που εκπέμπουν στον χώρο της κοιλότητας. Με λίγα λόγια, εάν η κοιλότητα που προαναφέραμε βρίσκεται σε επικοινωνία προς τα έξω με έναν πολύ λεπτό αυλό,

τότε η ακτινοβολία η οποία εξέρχεται από την μικρή οπή μέσα σε μια στενή περιοχή μηκών κύματος θα έχει ένταση η οποία θα καθορίζεται από τη θερμοκρασία T και από το μήκος κύματος της κοιλότητας. Τώρα εάν συμβεί το αντίθετο, δηλαδή εάν έχουμε ακτινοβολία από ένα οποιοδήποτε σώμα η οποία θα εισέρχεται πλέον στον αυλό θα απορροφάται από τους ηλεκτρομαγνητικούς ταλαντωτές. Το συμπέρασμα είναι, πώς αυτή η οπή της κοιλότητας είναι σαν μία μικρή παγίδα για την προσπίπτουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Η κοιλότητα αυτή απορροφά οποιαδήποτε ακτινοβολία που προσπίπτει σ' αυτή και παράλληλα εκπέμπει ως ιδανικό σώμα.



Ο Planck βάσισε όλους τους υπολογισμούς του σε ένα πρότυπο μοντέλο σώματος, όπου και απέδωσε την βασική ιδιότητα που αναφέραμε προηγούμενος, να απορροφά και να εκπέμπει την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με ιδανικό τρόπο.

Αυτό το σώμα με τις παραπάνω ιδιότητες το ονόμασε **μέλαν σώμα** (μαύρο σώμα).

Εικ.1.2 Μελαν σώμα

Τα γενικά χαρακτηριστικά της ακτινοβολίας του μέλανος σώματος είναι τα εξής :

α) το μέλαν σώμα περιέχει όλα τα μήκη κύματος αλλά με μία διαφορά, ότι δεν έχουν όλα την ίδια ένταση, η ένταση είναι πολύ μικρή στα μικρά αλλά και στα μεγάλα μήκη κύματος, με το χαρακτηριστικό να εμφανίζει ενδιάμεσα ένα μέγιστο.

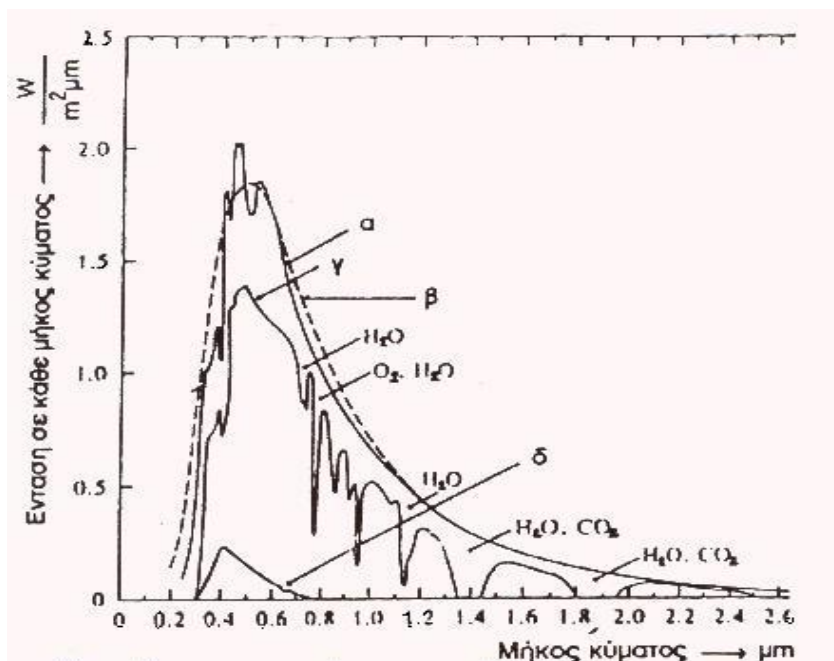
β) τόσο το μέγεθος όσο και η θέση του μεγίστου εξαρτώνται αποκλειστικά από την θερμοκρασία του σώματος. Όταν η θερμοκρασία του αυξάνεται τότε παρατηρείται ότι η τιμή του μεγίστου αυξάνει και ταυτόχρονα η θέση του μετατοπίζεται προς τα μικρότερα μήκη κύματος.

Ο Plank αυτό που ανέφερε ήταν ότι η ενέργεια η οποία προέρχεται από τους ταλαντωτές χαρακτηρίζεται από στάθμες ενέργειας (κβάντωση), με αποτέλεσμα κάθε ενεργειακή μετάβαση μεταξύ διαδοχικών ενεργειακών σταθμών να σχετίζεται απόλυτα με απορρόφηση από τον ταλαντωτή ή και εκπομπή ενέργειας ίσης με ίσης με $U = h\nu$ όπου h είναι η σταθερά Plank και ν η συχνότητα ταλάντωσης του ταλαντωτή.

Η μαθηματική μορφή με την οποία περιγράφεται πλήρως η κατανομή των τιμών της πυκνότητας ισχύος της ακτινοβολίας $E_{\lambda T}$ ($W / m^2 \cdot nm$), που εκπέμπεται από την επιφάνεια του μελανό σώματος, μέσα στην ίδια περιοχή μηκών κύματος, και ονομάζεται συνάρτηση της φαρματικής κατανομής της πυκνότητας ισχύος, και όπως έδειξε ο Plank, έχει τη μορφή :

$$E_{\lambda T} = \frac{2pc^2 h}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{\exp\left(\frac{hc}{\lambda k_b T}\right) - 1},$$

όπου c η ταχύτητα του φωτός στο κενό και k η σταθερά του Boltzmann.



Εικ.1.4 Καμπύλες φασματικής κατανομής, α) ηλιακό φάσμα έξω από την ατμόσφαιρα AM0,

β) κατανομή ακτινοβολίας από μέλαν σώμα 6016 οC , γ) ακτινοβολία που έχει διαπεράσει την ατμόσφαιρα με AM1 κάθετα προς την επιφάνεια της γης, δ) διάχυτη ακτινοβολία.

Καθώς αυξάνει η θερμοκρασία του μέλανος σώματος, όπως έχουμε αναφέρει προηγούμενος, αυξάνει και η τιμή του μεγίστου, όπως και το μήκος κύματος που αντιστοιχεί στο μέγιστο αυτό μετατοπίζεται προς τα μικρότερα μήκη κύματος, η παραπάνω περιγραφή αναφέρεται ως **νόμος μετατοπίσεως των μεγίστων ή ως νόμος του Wien** και περιγράφεται από την επόμενη σχέση :

$$I_{\text{meg}} \cdot T = 2.897,8 \text{mm} \cdot \text{K} = \text{σταθερά}$$

Ο νόμος του **Wien** μας επιτρέπει επιπλέον τον υπολογισμό της θερμοκρασίας T_1 ενός σώματος, το οποίο το θεωρούμε μέλαν και του οποίου έχουμε καταγράψει το φάσμα του, εάν έχουμε μέσα από πειραματική διαδικασία την θερμοκρασία ενός δεύτερου σώματος T_2 , Με βάση την προηγούμενη σχέση είναι προφανές ότι θα ισχύει :

$$I_{1m} \cdot T_1 = I_{2m} \cdot T_2 \rightarrow T_2 = \left(\frac{I_{1m}}{I_{2m}}\right) \cdot T_1$$

Με εφαρμογή της σχέσης αυτής υπολογίστηκε η θερμοκρασία που επικρατεί στην επιφάνεια του ηλίου, και η οποία βρέθηκε ίση με : $T_H \approx 800\text{K}$

Τέλος, το μοντέλο του μέλανος σώματος, είναι εκείνο το οποίο μας περιγράφει την ιδανική συμπεριφορά της ύλης όταν εκπέμπει ή απορροφά ηλεκτρομαγνητική θερμική ακτινοβολία. Βάση αυτού του μοντέλου μπορούμε και περιγράφουμε την συμπεριφορά ενός πραγματικού σώματος, και η οποία

συμπεριφορά του σώματος είτε θα προσεγγίζει περισσότερο είτε λιγότερο αυτήν του μέλανος σώματος.

Η περιγραφή ενός σώματος εκφράζεται ποσοτικά, με ένα συντελεστή, το συντελεστή εκπομπής $e_{I,T}$, ο οποίος εκφράζει το ποσοστό της εκπεμπόμενης ενέργειας σε σχέση με την προσπίπτουσα στο σώμα, σε δεδομένη θερμοκρασία. Οι τιμές που παίρνει βρίσκονται μεταξύ του 0 (τέλειο μη μέλαν σώμα) και του 1 (μέλαν σώμα), όλες οι τιμές μεταξύ του 0 και του 1, εξαρτώνται από το υλικό του σώματος, την θερμοκρασία του και από το μήκος κύματος της ακτινοβολίας. Οι τιμές για κάθε σώμα έχουν προκύψει μέσα από πειραματικούς υπολογισμούς και έχουν καταγραφεί σε πίνακες δεδομένων. Ο υπολογισμός της πυκνότητας ισχύος $E_{I,T}^{pr}$ της ακτινοβολίας ενός πραγματικού σώματος δίδεται από την σχέση :

$$E_{I,T}^{pr} = e_{I,T} \cdot E_{I,T}^m$$

και αφού μας δίνεται ο εκέστοτε συντελεστής εκπομπής, όπου $E_{I,T}^m$ είναι η πυκνότητα του μέλανος σώματος, το οποίο έχει την ίδια θερμοκρασία με αυτήν του πραγματικού σώματος. Τα σώματα στα οποία ο συντελεστής εκπομπής είναι ανεξάρτητος από το μήκος κύματος, δηλαδή εξαρτάται μόνο από την θερμοκρασία του σώματος και το υλικό, ονομάζονται **φαιά σώματα**.

1.3 Μεγέθη ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (HM)

A) Ισχύς (ή ροή) ακτινοβολίας P

$$P = \frac{dU}{dt} (w) \text{ όπου } dU = \text{ακτινοβολούμενη ενέργεια}$$

Β) Πυκνότητα ισχύος ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

Η πυκνότητα ισχύος ορίζεται ως η συνολική και από διάφορες κατευθύνσεις ροή ακτινοβολίας που εκπέμπεται από μία επιφάνεια ή προσπίπτει σε μία επιφάνεια ή διαπερνά την μονάδα της επιφάνειας ανεξάρτητα από την γωνία των ακτινών ως προς την επιφάνεια αυτή

$$E = \frac{dP}{dS} (W / m^2)$$

όπου: dP =στοιχειώδης ισχύς ακτινοβολίας και dS = στοιχειώδης επιφάνεια

Γ) Ένταση ακτινοβολίας J

Ένταση ακτινοβολίας ονομάζεται η ισχύς η οποία διαπερνά κάθετα την μονάδα επιφάνειας, η οποία είναι τοποθετημένη στην θέση προσδιορισμού

$$J = \frac{dP}{dS_1} (W / m^2)$$

όπου: dP =στοιχειώδης ισχύς ακτινοβολίας

Δ) Γωνιακή κατανομή ροής ή ισχύος ΗΜ ακτινοβολίας I

Η γωνιακή κατανομή ροής είναι εκείνη η οποία μας καθορίζει το ποσό της ροής ακτινοβολίας dP , ανα μονάδα στερεάς γωνίας.

$$I = \frac{dP}{d\Omega} (W / sr)$$

E) Γωνιακή αφετική ικανότητα L

Το μέγεθος αυτό ορίζεται ως, η ισχύς ακτινοβολίας dP ανά μονάδα φαινόμενης επιφάνειας και ανά μονάδα στερεάς γωνίας

$$L = \frac{d^2P}{dS_1 \cdot d\Omega} = \frac{d^2P}{dS \cdot \text{sun} \cdot d\Omega}$$

1.4 Ήλιος

ΓΕΝΙΚΑ

Η κύρια και πρωταρχική πηγή ενέργειας για τη Γη μας είναι ο ήλιος. Η ακτινοβολία του ηλίου ή ηλιακή ακτινοβολία, έχει τροφοδοτήσει και εξακολουθεί να τροφοδοτεί με ενέργεια όλες τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η ενέργεια του Ηλίου είναι όμως και από μόνη της μια σημαντική πηγή, την οποία αξιοποίησε ο άνθρωπος από τα αρχαία ακόμα χρόνια. Η χώρα μας που δέχεται άφθονη ηλιακή ακτινοβολία, προσφέρεται ιδιαίτερα για την εκμετάλλευση αυτής της πηγής ενέργειας.



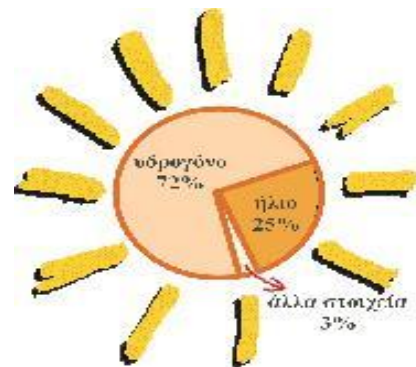
Εικ. 1.5 Ο Ήλιος

Είναι γνωστό ότι η ακτινοβολία του ήλιου όχι μόνο δίνει φως, αλλά επίσης θερμαίνει τα σώματα στα οποία προσπίπτει. Αυτή την ενέργεια μπορούμε είτε να την χρησιμοποιήσουμε άμεσα, είτε να την αποθηκεύσουμε με τεχνητά μέσα και να την χρησιμοποιήσουμε όταν την χρειαζόμαστε. Λιγότερο γνωστό είναι ότι η ηλιακή ακτινοβολία αλλάζει και τις ιδιότητες κάποιων υλικών, που παράγουν έτσι ηλεκτρικό

ρεύμα.

Για να εκμεταλευτούμε όσο γίνεται πιο αποδοτικά την ηλιακή ενέργεια, πρέπει να έχουμε στο νου μας πώς μεταβάλλεται η θέση του ήλιου στη διάρκεια της ημέρας αλλά και κατά την διάρκεια του έτους. Είναι γνωστό πώς στις χώρες του βορείου ημισφαιρίου, όπως είναι η Ελλάδα, οι επιφάνειες που είναι προσανατολισμένες στο Νότο δέχονται περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία. Επίσης το καλοκαίρι παρατηρούμε ότι ο ήλιος βρίσκεται ψηλά ως προς το οριζόντιο, ενώ τον χειμώνα είναι χαμηλά.

Ο ήλιος είναι ένας αστέρας με μάζα $2 \times 10^{30} \text{ kg}$ και η ακτίνα του είναι ίση με 700.000 km. Η θερμοκρασία στην επιφάνεια του φθάνει περίπου τους 5.800 K, ενώ η εσωτερική του θερμοκρασία φθάνει περίπου τους 700.000 K. Η ηλιακή ακτινοβολία προέρχεται από τις θερμοπυρηνικές



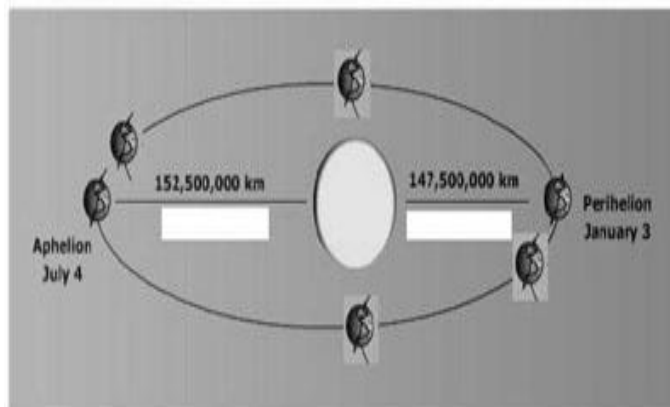
αντιδράσεις που συμβαίνουν στο εσωτερικό του ηλίου. Σαν αποτέλεσμα των αντιδράσεων αυτών μεγάλες ποσότητες υδρογόνου μετατρέπονται σε ήλιο με την σύγχρονη ελευθέρωση μεγάλων ποσών ενέργειας και με συνέπεια την ελάττωση της μάζας του ηλίου με ρυθμό 4.000.000 τόνους το δευτερόλεπτο. Η ηλιακή ενέργεια ταξιδεύει προς την γη με ταχύτητα 300.000 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο και διαδίδεται στο σύμπαν με την μορφή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας αλλά και επίσης με την μορφή σωματιδίων

1.5 Ηλιακή ακτινοβολία

Η ενέργεια που μας δίνει ο ήλιος, προέρχεται από τη μετατροπή της μάζας του σε αντίστοιχο ποσό ενέργειας, βάση της σχέσης της ειδικής θεωρίας της σχετικότητας του Einstein, $E=mc^2$. Συνεπώς η μάζα του ηλίου μειώνεται μετατρέπόμενη κατά ένα μεγάλο ποσοστό σε φως. Η συμπεριφορά του ηλίου είναι πολύ κοντά σε αυτή του μέλανος σώματος, του οποίου η θερμοκρασία με

βάση το φάσμα εκπομπής του, είναι κοντά στους 6000K, η προσαρμογή της καμπύλης του μέλανος σώματος στο πραγματικό φάσμα του ηλίου, μας δίνει ως ενεργό θερμοκρασία, αυτή των 5800K.

Η κίνηση που διαγράφει η Γη γύρω από τον Ήλιο είναι ελλειπτική, μέσα σε ένα έτος η απόσταση μεταξύ Γης – Ήλιου μεταβάλλεται και μάλιστα περιοδικά. Η μέγιστη τιμή της είναι την 1^η Ιουλίου και ονομάζεται αφήλιο ($152,1 \times 10^6 \text{ km}$) και η ελάχιστη τιμή είναι στις 1^η Ιανουαρίου και ονομάζεται περιήλιο ($147,1 \times 10^6 \text{ km}$).



Εικ. 1.7 Απόσταση Γης Ήλιου

Η μέση ετησίως απόσταση μεταξύ Γης και Ήλιου είναι περίπου 150 εκατομμύρια km και λαμβάνεται ως μονάδα μήκους σε διαστημικές αποστάσεις (Αστρονομική μονάδα), συμβολίζεται με 1 AU (Astronomical unit). Για να μπορέσει να διανύσει το ηλιακό φως την απόσταση αυτή, με την ταχύτητα των 300.000 km/s χρειάζονται 8.5 min.

Η ακτινοβολία του ηλίου απομακρύνεται ακτινικά από αυτόν προς το διάστημα. Βάση αυτού η ένταση J της ακτινοβολίας του ηλίου μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με το τετράγωνο της απόστασης, και δίδεται από την παρακάτω σχέση:

$$J = \frac{P}{4\pi d^2}, \text{ όπου } P \text{ είναι η ολική ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, σε όλα τα}$$

μήκη κύματος, η οποία εκπέμπει από όλη την επιφάνεια του ηλίου και d η απόσταση από τον ήλιο στην οποία μετράτε η ένταση.

1.6 Ηλιακή σταθερά

Με τον όρο ηλιακή σταθερά, ονομάζουμε την ένταση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, που αντιστοιχεί στην μέση απόσταση ενός πλανήτη με τον ήλιο, ενός ηλιακού συστήματος, έτσι προκύπτει για κάθε πλανήτη και ξεχωριστή ηλιακή σταθερά. Για τον πλανήτη Γη και το ηλιακό μας σύστημα, έχει υπολογιστεί πως ηλιακή σταθερά για την Γη, ορίζεται σε απόσταση 1 AU από τον ήλιο. Η τιμή της ηλιακής σταθεράς, με ακριβείς μετρήσεις που έγιναν από δορυφόρους, προέκυψε $1363\ 1375\ \text{W/m}^2$. Η μέση τιμή της, είναι $1367\ \text{W/m}^2$ και χρησιμοποιείτε διεθνώς, ως πρότυπη τιμή της ηλιακής σταθεράς για την Γη.

Έχει παρατηρηθεί ότι η ηλιακή σταθερά αυξάνει καθώς αυξάνει και η ηλικία του ηλιακού μας συστήματος και επίσης έχει παρατηρηθεί ελάττωση της ακτίνας του ηλίου, με συνέπεια την αύξηση της θερμοκρασίας του.

1.7 Η ατμόσφαιρα της Γης και τα στοιχεία της

Σε σύγκριση με τον ήλιο, η ατμόσφαιρα της Γης είναι πολύ φτωχή σε ευγενή αέρια (ήλιο, νέο, αργό, ξένο και κρυπτό). Η σημερινή ατμόσφαιρα πιστεύεται ότι είναι το αποτέλεσμα της έκλυσης αερίων από το εσωτερικό της Γης μέσω ηφαιστειακών εκρήξεων.

Στα 100 μέρη μάζας, η σημερινή ατμόσφαιρα περιέχει περί τα 76% άζωτο και 23% οξυγόνο, τα συγκεκριμένα ποσοστά είναι μετρημένα στην επιφάνεια της θάλασσας. Σε σύγκριση, τα αέρια που εκλύονται από ηφαίστεια είναι 85 % υδρατμοί, 10 % διοξείδιο του άνθρακα και το υπόλοιπο άζωτο και διάφορες ενώσεις του θείου. Επίσης πρέπει να σημειώσουμε πως το ελεύθερο οξυγόνο δεν υπάρχει στα ηφαιστειογενή αέρια

Το ύψος είναι αυτό το οποίο καθορίζει και την πυκνότητα του ατμοσφαιρικού αέρα, όσο το ύψος αυξάνεται τόσο η ατμοσφαιρική πυκνότητα ελαττώνεται και αυτό εξαιτίας της συμπιεστότητας του αέρα και της ελάττωσης του βάρους του

υπερκείμενου τμήματος της ατμόσφαιρας, που συμπιέζει το υποκείμενο αέριο στρώμα στο δεδομένο ύψος.

Το πάχος της ατμόσφαιρας της κυμαίνεται μεταξύ 500 km έως 1000 km, από την επιφάνεια της μέχρι η πυκνότητα των αερίων να ελαττωθεί στο επίπεδο της μεσοπλανητικής ύλης και αυτό προέκυψε βάση μετρήσεων όπου έγιναν από διαστημικά οχήματα.

Τα κύρια συστατικά της ατμόσφαιρας είναι το οξυγόνο και το άζωτο. Τα συστατικά τα οποία παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο, ώστε να έχουμε τις κατάλληλες κλιματικές συνθήκες επιβίωσης στην επιφάνεια της Γης είναι τα εξής αέρια: οι υδρατμοί (H_2O), το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το μεθάνιο (CH_4), το υποξείδιο του αζώτου (N_2O), το όζον (O_3) και άλλα αέρια, όμως σε πολύ μικρότερα ποσοστά. Στα πρώτα 37 km συναντάμε την κύρια μάζα του αέρα, περίπου το 99 % του συνολικού όγκου της ατμόσφαιρας. Βάση του ύψους της ατμόσφαιρας και την κατανομή της θερμοκρασίας, υπάρχουν πέντε διαφορετικά στρώματα.

Η **τροπόσφαιρα** είναι η χαμηλότερη ατμοσφαιρική περιοχή που αρχίζει από την επιφάνεια της Γης, η οποία λειτουργεί σαν πηγή θερμότητας, μέσω απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας. Η θερμοκρασία ελαττώνεται προς τα επάνω μέχρι ένα επίπεδο όπου ονομάζεται **τροπόπαυση**, το ύψος του οποίου μεταβάλλεται από 8 km στους γεωγραφικούς πόλους, έως 18 km στον ισημερινό. Όσο αυξάνεται το ύψος, τόσο η θερμοκρασία ελαττώνεται γραμμικά, ξεκινώντας από τους $20^{\circ}C$, στην επιφάνεια της θάλασσας πέφτοντας μέχρι και τους $-60^{\circ}C$, στα όρια του στρώματος.

Μετά περνάμε στην **στρατόσφαιρα** η οποία βρίσκεται πάνω από την τροπόπαυση και είναι μία περιοχή αυξανόμενης θερμοκρασίας μέχρι ένα μέγιστο, περί τους $0^{\circ}C$, μέχρι και τα 50 km, όπου και βρίσκεται η στρατόπαυση. Το ύψος της στρατόπαυσης (50 ± 5 km) και η αντίστοιχη θερμοκρασία μεταβάλλονται εποχικά λόγω εποχικών μεταβολών στην ανώτερη ατμόσφαιρα.

Αμέσως μετά ακολουθεί η **μεσόσφαιρα**, όπου είναι μία περιοχή μεταξύ της **στρατόπαυσης** και της μεσόπαυσης, η θερμοκρασία ελαττώνεται έχοντας το ελάχιστο της στο ύψος $(85 \pm 5 \text{ km})$, έχει πάχος περίπου 30 km, και η θερμοκρασία πέφτει στους -90°C .

Η περιοχή πάνω από την μεσόπαυση ονομάζεται θερμόσφαιρα. Εδώ η συμπεριφορά της ατμόσφαιρας αλλάζει κατά δραματικό τρόπο. Η θερμόσφαιρα εκτείνεται προς τα επάνω αρκετές εκατοντάδες χιλιόμετρα, και μέσα σε αυτή την απόσταση η θερμοκρασία αυξάνει εκθετικά, φθάνοντας ακόμα και τους 1200°C . Η θερμόπαυση ορίζεται σαν το επίπεδο εκείνο πάνω από το οποίο η θερμοκρασία παραμένει σχεδόν σταθερή με το ύψος.

Στην συνέχεια ακολουθεί η **εξώσφαιρα** και η οποία εκτείνεται πέρα από τα 300 km. Μέσα στον χώρο αυτό η θερμοκρασία παραμένει σταθερή στους 1200°C .

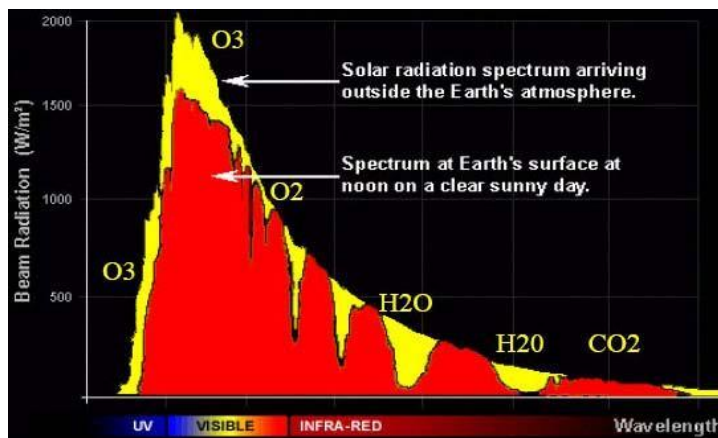
Παρόλο που τα φορτισμένα σωματίδια στην ατμόσφαιρα αντιπροσωπεύουν ένα πολύ μικρό μέρος της μάζας της, παίζουν σημαντικό ρόλο σε πολλά ενδιαφέροντα γεωφυσικά φαινόμενα, όπως π.χ, ατμοσφαιρικές ηλεκτρικές εκκενώσεις (κεραυνοί), πολικό σέλας, διάδοση ραδιοκυμάτων, διαταραχές του γεωμαγνητικού πεδίου και άλλα.

Λόγω της γρήγορης αύξησης της μέσης ελεύθερης διαδρομής με το ύψος, τα ελεύθερα ηλεκτρόνια στην ανώτερη ατμόσφαιρα ζουν περισσότερο (γιατί οι κρούσεις με τα θετικά ιόντα είναι λιγότερο συχνές και η πιθανότητα επανασύνδεσης μικρότερη). Σαν συνέπεια τα περισσότερα από τα ελεύθερα ηλεκτρόνια της ατμόσφαιρα βρίσκονται σε ύψη πάνω από 60 km όπου υπάρχουν σε σημαντικούς αριθμούς ώστε να επηρεάζουν τη διάδοση ραδιοκυμάτων. Αυτή η περιοχή της ατμόσφαιρας ονομάζεται **ιονόσφαιρα**. αυτός ο χώρος είναι πολύ σημαντικός για την τηλεπικοινωνία εξαιτίας των ιονισμένων μορίων-ατόμων και ηλεκτρονίων όπου περιέχει, βρίσκεται κατά ένα μέρος μέσα στην θερμόσφαιρα και κατά το υπόλοιπο μέσα στην εξώσφαιρα. Η έκταση της είναι μεταξύ των 80 km 500 km. Πάνω από τα 500 km

αναφερόμαστε στην κορυφή της ιονόσφαιρας. Ο ιονισμός που προκαλείτε από υπεριώδεις ακτίνες, τις ακτίνες X, και τις κοσμικές ακτίνες μεταβάλλεται με τον ηλιακό ενεργειακό κύκλο και η συμπεριφορά του σχετίζεται στενά με τις μεταβολές του ηλιακού φάσματος.

1.8 Φάσμα ηλιακής ακτινοβολίας

Η διαμόρφωση του φάσματος που εκπέμπει ο ήλιος προσομοιάζεται συνήθως



Εικ. 1.8 Ηλιακό φάσμα στα όρια της ατμόσφαιρας (κίτρινο)

με την ακτινοβολία ενός μέλανος σώματος, θερμοκρασίας περίπου 5800K, όση είναι κατά μέσο, η θερμοκρασία της φωτόσφαιρας του ηλίου. Η προσέγγιση αυτή είναι επαρκής για την μελέτη των θερμικών εφαρμογών της ηλιακής ακτινοβολίας, όπως π.χ. η θέρμανση νερού.

Στις περιπτώσεις αυτές ενδιαφέρει συνήθως η συνολική θερμική ισχύς της ακτινοβολίας και ο μηχανισμός μετάδοσης της θερμότητας όπως π.χ. στους ηλιακούς θερμοσιφωνικούς συλλέκτες ή τους θερμοσυσσωρευτικούς τοίχους των κτιρίων κ.λ.π. δεν είναι όμως το ίδιο και για την φωτοβολταϊκή μετατροπή της ενέργειας, αφού αυτή καθορίζεται από την λεπτομερειακή φωτονική σύσταση της ακτινοβολίας.

Βλέπουμε ότι το ηλιακό φως αποκτά μία ανώμαλη φασματική κατανομή, που οφείλεται σε εκλεκτικές απορροφήσεις και σκεδάσεις στα συστατικά της ατμόσφαιρας που διασχίζει.

Το φάσμα του ηλιακού φωτός στα όρια της ατμόσφαιρας της γης, χαρακτηρίζεται από την έκφραση AM0 και εκτείνεται πρακτικά, από 0,1 μm (ακτίνες X), μέχρι τα 100 m (τα μακρά ραδιοκύματα). Όπως έχουμε αναφέρει και παραπάνω, το φάσμα αυτό έξω από τη ατμόσφαιρα της γης, προσεγγίζεται με το φάσμα του μέλανος σώματος ($T_H \approx 5800\text{K}$) και με το μέγιστο στο μήκος κύματος $I_{\text{meg}} \approx 480\text{nm}$. Στα όρια της ατμόσφαιρας αλλά και στην επιφάνεια της γης, υπάρχουν γραμμές απορρόφησης, που οφείλονται σε χαμηλής θερμοκρασίας αέρια στοιχεία όπως Fe, Mg, Ca, της χρωμόσφαιρας του ηλίου. Οι απορροφήσεις στο δεξιό τμήμα των φασμάτων προέρχονται από τα αέρια συστατικά της ατμόσφαιρας της γης δηλαδή, υδρατμοί CO_2 , οξείδια του αζώτου κ.α.

Το όζον είναι άφθονο στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας και απορροφά έντονα την υπεριώδη ακτινοβολία, με συνέπεια να ελαττώνεται ισχυρά η πυκνότητα ισχύος της διερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας, στην περιοχή των μηκών κύματος 0,3 0,4 μm , το μοριακό οξυγόνο απορροφά κυρίως στην περιοχή του ερυθρού π.χ. 0,63 και 0,69 μm , το διοξείδιο του άνθρακα στο υπέρυθρο 2,7 και 4,3 μm , και οι υδρατμοί στο ερυθρό και στο υπέρυθρο.

Το τμήμα του φάσματος του ηλιακού φωτός που αφορά άμεσα τις κατάλληλες συνθήκες, για την ανάπτυξη της ζωής αλλά και κάποιες πρακτικές εφαρμογές στην γη, βρίσκεται στο διάστημα των 0,3 5 μm και από το οποίο αποτελείτε ένα μικρό μέρος του ορατού φάσματος στα 0,4 0,75 μm και εδώ παρατηρείτε ότι η απορρόφηση μειώνεται, με αποτέλεσμα την διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας προς την γη. Η πιο ισχυρή απορρόφηση του ηλιακού φωτός είναι μεταξύ των 5 μm και των 8 μm και μετά τα 14 μm , ενώ η απορρόφηση μεταξύ των 8 μm και 14 μm παρουσιάζεται σχετικά μειωμένη.

Επίσης από τη συνολική ηλιακή ακτινοβολία που φθάνει στην επιφάνεια της γης, που συνήθως λιγότερο από το 60 % είναι άμεση, σε μορφή δέσμης ακτινών φωτός, που μπορούν π.χ. να εστιάσουν σε κάτοπτρα ή φακούς. Η υπόλοιπη

είναι διάχυτη, διότι έχει προηγουμένως σκεδαστεί και ανακλαστεί στα διάφορα σωματίδια και σταγονίδια που αιωρούνται στον αέρα, ανάλογα βέβαια με την σύσταση της ατμόσφαιρας και το μήκος της διαδρομής της ακτινοβολίας μέσα σε αυτήν.

(λεπτομερέστερη αναφορά θα γίνει στην συνέχεια).

1.9 Η επίδραση της ατμόσφαιρας της γη στη διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας

Πέρα από την γεωγραφική θέση αλλά και το υψόμετρο, η τελική μορφή και η ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια της γης, διαφέρει σημαντικά ανάλογα με τις εκάστοτε μετεωρολογικές συνθήκες και κυρίως την θέση του ηλίου στον ουρανό και την περιεκτικότητα της υγρασίας στην ατμόσφαιρα.

Συμβατικά, το μήκος της διαδρομής της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα στην γήινη ατμόσφαιρα μέχρι και την στάθμη της θάλασσας, που είναι άμεση συνέπεια της θέσης του ηλίου, χαρακτηρίζεται από μία κλίμακα μάζας αέρα (AM). AM (Air mass) είναι το πόσες φορές χωράει το πάχος της γήινης ατμόσφαιρας, στο μήκος που διανύει το φως μέσα στην ατμόσφαιρα, την δεδομένη χρονική στιγμή δηλαδή είναι η απόσταση που διανύει η απευθείας ηλιακή ακτινοβολία, με μονάδα μήκους το πάχος της γήινης ατμόσφαιρας.

Έτσι έχουμε τρία ηλιακά φάσματα όπου και λόγω της διαφορετικής διαδρομής των ηλιακών ακτινών μέσα στην ατμόσφαιρα αλλά και σε διαφορετική δράση της ατμόσφαιρας, τα φάσματα αυτά είναι τα εξής : Ως AM1 συμβολίζεται η συνθήκη για την θέση του ηλίου στην κατακόρυφο, στο ζενίθ, όπου αντιστοιχεί στο ελάχιστο μήκος της διαδρομής της ηλιακής ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα (0°), όμοια το AM1.5 συμβολίζεται η διαδρομή της ηλιακής ακτινοβολίας με τον ήλιο σε γωνία 45° από το ζενίθ και τέλος το AM2

με τον ήλιο σε γωνία σε 60° κ.λ.π. Το μηδέν της κλίμακας AM0 συμβολίζει την πλήρη απουσία ατμοσφαιρικής παρεμβολής, δηλαδή την ηλιακή ακτινοβολία στο διάστημα, σε θέση που να απέχει όσο είναι η μέση απόσταση της γης από τον ήλιο, με την τιμή της ηλιακής σταθεράς 1367 W / m^2 .

Γενικότερα η ελάττωση της εντάσεως του ηλιακού φωτός, με την αρχική κατεύθυνση του, όταν εισέρχεται στην γήινη ατμόσφαιρα, οφείλεται σε δύο αιτίες, την **ελαστική σκέδαση** του φωτός στα ηλεκτρόνια των ατόμων ή μορίων του αερίου και η οποία αφορά την ελαστική απορρόφηση και επανεκπομπή της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας από τα ηλεκτρόνια των μορίων της, η σκέδαση στα μόρια της ατμόσφαιρας δίδεται από τον νόμο του **Rayleigh**

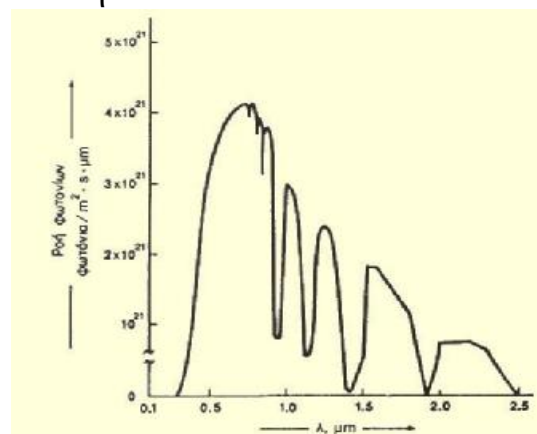
$$E_{sked.} : (1 + sun^2q)(1 + n^2)^2 \frac{1}{l^4}$$

και σε **οριακές διεγέρσεις** ή μοριακές απορροφήσεις συντονισμού, με χαρακτηριστικές γραμμές ή ταινίες απορρόφησης.

1.9.1 Η ακτινοβολία ενός ηλίου

Η ηλιακή ακτινοβολία AM 1.5 έχει πυκνότητα 935 W/m^2 και αποτελεί

χονδρικά μια αρκετά αντιπροσωπευτική προσέγγιση της μέσης μέγιστης ισχύος που περίπου δέχεται σε επιφάνεια κάθετη προς την ακτινοβολία και στις ευνοϊκότερες δυνατές συνθήκες αιχμής (καλοκαίρι, μεσημέρι, καθαρός ουρανός κ.λ.π.) ένα μεγάλο μέρος από τις περισσότερο κατοικημένες περιοχές της γης. Για απλοποίηση, η παραπάνω



Εικ. 1.9 Η συμβετική φωτονική κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας σε συνθήκες AM 1.5

πυκνότητα στρογγυλεύεται στα 1000 W/m^2 , ονομάζεται συμβατικά ακτινοβολία ενός ήλιου (ή ενός ήλιου) και παίρνεται συχνά σαν βάση συγκρίσης της ακτινοβολίας που δέχονται τα φωτοβολταϊκά στοιχεία. Η μονάδα αυτή χρησιμοποιείται επίσης για την αναφορά της ισχύος αιχμής των φωτοβολταϊκών διατάξεων, καθώς και για την πυκνότητα της ακτινοβολίας στις συγκεντρωτικές φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν φακούς ή κάτοπτρα.

Π.χ. η συγκεντρωμένη δέσμη ηλιακής ακτινοβολίας με πυκνότητα ισχύος 100 kW/m^2 ονομάζεται «100 ήλιο».

Οι συνθήκες AM0 και AM2 χρησιμοποιούνται συχνά ως πρότυπες για τον έλεγχο και την αξιολόγηση των ηλιακών στοιχείων που προορίζονται για διαστημικές και επίγειες εφαρμογές, αντίστοιχα. Για αντικειμενικές συγκρίσεις είναι απαραίτητο να γίνεται σαφής αναφορά των συνθηκών διεξαγωγής των μετρήσεων, διότι οι ιδιότητες των ηλιακών στοιχείων, και γενικότερα η απόδοση τους, επηρεάζονται σημαντικά από τη μορφή της ακτινοβολίας που δέχονται, π.χ. από τις δύο παραπάνω συνθήκες, η AM2 δίνει μεγαλύτερη απόδοση στα ηλιακά στοιχεία πυριτίου από τη AM0, διότι ένα μεγάλο μέρος από τα φωτόνια από την υπεριώδη και την υπέρυθρο περιοχή της ακτινοβολίας, που δείχθηκε έχουν αφαιρεθεί από την AM2, έχουν σχετικά μικρή μόνο συμβολή ή είναι εντελώς άχρηστα για φωτοβολταϊκή μετατροπή με πυρίτιο.

Συγκεκριμένα, η ενέργεια των φωτονίων της υπεριώδους ακτινοβολίας είναι πολύ μεγαλύτερη από το ενεργειακό διάκενο το πυριτίου ενώ η ενέργεια των περισσότερων φωτονίων της υπέρυθρης, είναι μικρότερη από αυτό.

Επομένως στην πρώτη περίπτωση ένα μικρό μέρος της ενέργειας των φωτονίων αξιοποιείται για τη δημιουργία ελεύθερων ηλεκτρονίων και οπών.

Επίσης, στη δεύτερη περίπτωση, δηλαδή για το μεγαλύτερο μέρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας, η ενέργεια των φωτονίων δεν επαρκεί για την διέγερση των ηλεκτρονίων σθένους του πυριτίου και τη μεταφορά τους στη ζώνη αγωγιμότητας. Έτσι, η απόδοση ενός κοινού ηλιακού στοιχείου πυριτίου

καλής ποιότητας, μπορεί να είναι 16% σε συνθήκες AM2, ενώ σε συνθήκες AM0 δεν ξεπερνά το 11,5%.

Τιμή μάζας αέρα	Συμβατικές συνθήκες	Ισχύς	Μέση ενέργεια των φωτονίων
AM0	Στο διάστημα, έξω από την ατμόσφαιρα	1367W/m ²	1,48 eV
AM1	Ο ήλιος στο ζενίθ. Κάθετη πρόσπτωση σε επιφάνεια στη στάθμη της θάλασσας. Ξηρή ατμόσφαιρα	1060	1,32
AM2	Απόσταση του ήλιου 60° από το ζενίθ. Κάθετη πρόσπτωση σε επιφάνεια στη στάθμη της θάλασσας. Ξηρή ατμόσφαιρα	880	1,38
AM3	Απόσταση του ήλιου 70,5° από το ζενίθ. Κάθετη πρόσπτωση σε επιφάνεια στη στάθμη της θάλασσας. Ξηρή ατμόσφαιρα.	750	1,21

Εικ.1.10 Τιμές ισχύος ηλ. ακτινοβολίας για διάφορα AM

1.9.2 Ορατό φάσμα:

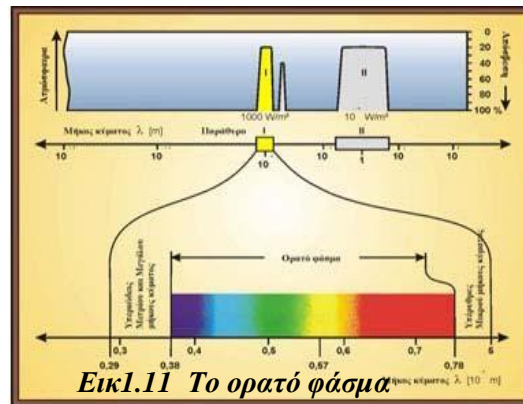
Το λευκό φως του ήλιου (όπως έδειξε ο Ισαάκ Νεύτων) αποτελείται από όλα τα χρώματα του φάσματος. Αυτό μπορείτε εύκολα να το διαπιστώσετε αν βάλετε το φως του ήλιου να περάσει μέσα από ένα πρίσμα.

Κάθε χρώμα ξεχωρίζει από το άλλο λόγω του διαφορετικού μήκους κύματος του φωτός που αντιστοιχεί σε αυτό. Ο εγκέφαλος του ανθρώπου αποδίδει σε κάθε ξεχωριστό μήκος κύματος του φωτός μια απεικόνιση, το χρώμα δηλαδή όπως το αντιλαμβανόμαστε. Τα διάφορα αντικείμενα έχουν διαφορετικά χρώματα γιατί οι διαφορετικές επιφάνειές τους ανακλούν και διαφορετικά μήκη κύματος του φωτός.

Δεν είναι όλο το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ορατό από το ανθρώπινο μάτι. Το ορατό φάσμα του φωτός είναι αυτό ανάμεσα από τα 700 nm και τα 400 nm . Μέσα σε αυτό το φάσμα υπάρχουν όλα τα χρώματα που μπορεί να αντιληφθεί το ανθρώπινο μάτι, όπως τα ΗΜ κύματα με μήκος κύματος γύρω στα 700 nm, προκαλούν στον άνθρωπο την αίσθηση του

κόκκινου χρώματος, ενώ γύρω στα 500 nm την αίσθηση του πράσινου και στα 400 nm του ιώδες. Στην μια άκρη του φάσματος με το μικρό μήκος κύματος συναντάμε το ιώδες (μωβ) ενώ στην άλλη άκρη του φάσματος με το μεγάλο μήκος κύματος συναντάμε το ερυθρό. Ανάμεσά τους βρίσκονται όλα τα υπόλοιπα χρώματα

Ο αμφιβληστροειδής χιτώνας του ματιού αντιδρά κυρίως σε τρεις αποχρώσεις, στο κόκκινο, το πράσινο και το μπλε. Οι συνδυασμοί των ερεθισμάτων που προκαλούν αυτές οι αποχρώσεις δημιουργούν και τα υπόλοιπα χρώματα.

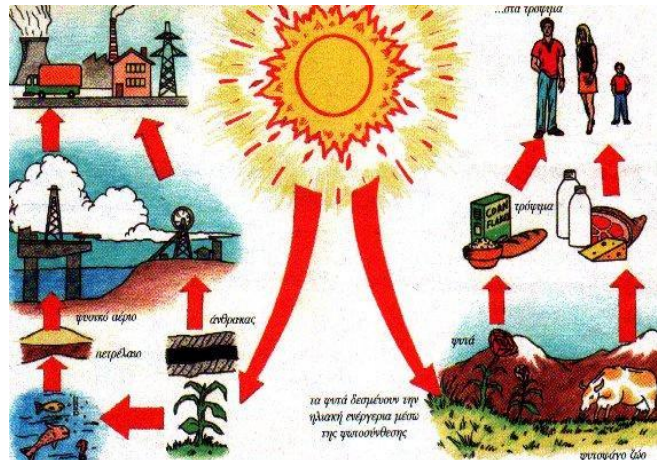


1.9.3 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Θεωρώντας τον πλανήτη γη ως ένα θερμοκήπιο, η ατμόσφαιρα της ακτινοβολεί, προς το σύμπαν αλλά και προς την γη και μάλιστα ως σώμα χαμηλής θερμοκρασίας, όπου απορροφά ενέργεια από την ακτινοβολία του ηλίου και της γης και έτσι μπορεί και διατηρείται σε κανονικά επίπεδα δηλαδή τα επίπεδα που επιτρέπουν την ανάπτυξη της ζωής στην Γη.

Η αύξηση της συγκέντρωσης των αερίων συστατικών της ατμόσφαιρας, με κύριο λόγο των μεγάλων ποσοτήτων καύσεως του πετρελαίου αλλά και των

παραγωγών του, όπως επίσης και η παρουσία των CFC, είναι αυτά που προκαλούν την απόκλιση από το κανονικό φαινόμενο θερμοκηπίου με αποτέλεσμα των αποκλεισμό από τις ιδανικές κλιματικές συνθήκες και αυτό γιατί υπάρχει σαφείς αύξηση της μέσης θερμοκρασίας στον πλανήτη μας.



Η ποσοστιαία συμμετοχή των αερίων αυτών στην απόκλιση από το κανονικό φαινόμενο

Εικ1.12 Η μετατροπή της ενέργειας του ηλίου

θερμοκηπίου είναι τα εξής : CO₂ 48%, CFC 18%, CH₄ 17%, N₂O 6% και O₃ και άλλα αέρια 11%.

Επίσης έχει παρατηρηθεί πώς σε περίπτωση αύξησης 30 °C, οι περιβαλλοντικές και κλιματικές συνθήκες θα διαταραχθούν έντονα, με αποτέλεσμα να έχουμε λιώσιμο των πάγων στα βουνά της εύκρατης ζώνης, επίσης μετατόπιση των κλιματικών ζωνών, αύξηση της στάθμης της θάλασσας κ.α.

Μετά από παρατηρήσεις οπου έχουν γίνει τα τελευταία χρόνια, δείχνουν πώς η μέση θερμοκρασία στον πλανήτη μας αυξάνεται κατά 0,25 °C . Και εάν συνεχιστεί η αύξηση της πυκνότητας των αερίων που είναι και η κύρια αιτία για την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας στην γη, με αυτούς τους ρυθμούς τότε έως το 2040 εκτιμάτε ότι θα έχει διπλασιαστεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου, με αποτέλεσμα να έχουμε αύξηση της θερμοκρασίας από 2-10 °C , ανάλογα και με την γεωγραφική ζώνη και άρα οι επιπτώσεις που αναφέραμε παραπάνω να γίνουν πραγματικότητα, κάτι που δεν θα ωφελούσε κανένα πάνω σε αυτόν το πλανήτη.

Πάντως όλη αυτή η αρνητική κατάσταση μπορεί να ανατραπεί με τα σημερινά δεδομένα, με την προϋπόθεση να περιοριστεί ή και ακόμα να σταματήσει η αλόγιστη χρήση του πετρελαίου και των παραγώγων του, ώστε

κάποια στιγμή να σταματήσει η ρύπανση του περιβάλλοντος και η μόνη λύση για να πετύχουμε αυτό το στόχο είναι να στραφούμε προς τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ).

1.10 Ολική, απευθείας, διάχυτη και η διάχυτα ανακλώμενη ακτινοβολία.

Όπως έχουμε αναφερθεί και στις παραπάνω ενότητες, η ποσότητα της ηλιακής ενέργειας που φθάνει σε κάποιο μέρος στην επιφάνεια της Γης κάποια συγκεκριμένη ώρα, ονομάζεται ηλιακή ακτινοβολία, και η τιμή της εξαρτάται από κάποιους παράγοντες. Εάν ο ήλιος βρίσκεται κατευθείαν πάνω μας και ο ουρανός είναι καθαρός, η ακτινοβολία σε μια οριζόντια επιφάνεια είναι 1000 W/m^2 . Αυτή είναι και η υψηλότερη τιμή που μπορεί να έχει η ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια της Γης χωρίς την χρησιμοποίηση συγκεντρωτικών φακών ή καθρεπτών.

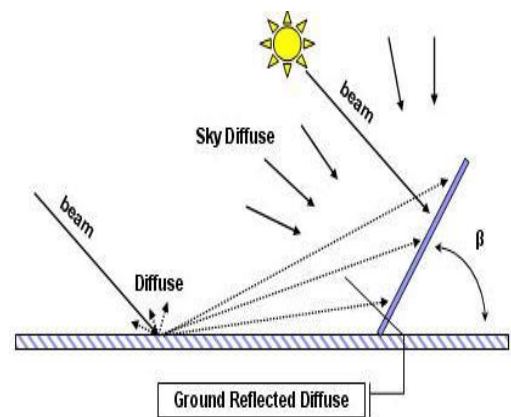
Τώρα κατά την διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα από την ατμόσφαιρα, παρατηρείται ότι η ένταση των ηλιακών ακτινών ελαττώνεται και αυτό γιατί τα φωτόνια της ηλιακής ακτινοβολίας, σκεδάζονται στα μόρια της ατμόσφαιρας αλλά και σε μικρά σωματίδια πολύ μικρής διαμέτρου (σκέδαση Rayleigh), αλλά και επίσης από τα αιωρήματα της ατμόσφαιρας όπου και είναι και μεγαλύτερα σε διάμετρο, όπως είναι οι υδρατμοί, η σκόνη, ο καπνός (σκέδαση Mie ή Tyndall). Όπως είναι γνωστό επίσης ένα άλλο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάτε από ορισμένα συστατικά της ατμόσφαιρας, όπως είναι το όζον τα μόρια του οποίου απορροφούν την υπεριώδη ακτινοβολία, στα ανώτερα στρώματα της κύριας μάζας της ατμόσφαιρας, με αποτέλεσμα η ένταση της υπεριώδους ακτινοβολίας στην επιφάνεια της Γης να είναι μικρή. Άλλα συστατικά της ατμόσφαιρας που απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία είναι οι υδρατμοί, CO_2 , τα οξείδια του αζώτου κ.α.. Το αποτέλεσμα όλων των παραπάνω είναι να φθάνει στην επιφάνεια της Γης μέρος της σκεδαζόμενης ηλιακής ακτινοβολίας.

Έχει παρατηρηθεί πώς στην επιφάνεια της Γης φθάνουν δυο συνιστώσεις της ηλιακής ακτινοβολίας, η **απευθείας D** (direct) ή άμεση και η **διάχυτη S** (diffuse), ή όπως αλλιώς την έχουμε αναφέρει η σκεδαζόμενη στα μόρια του αέρα.

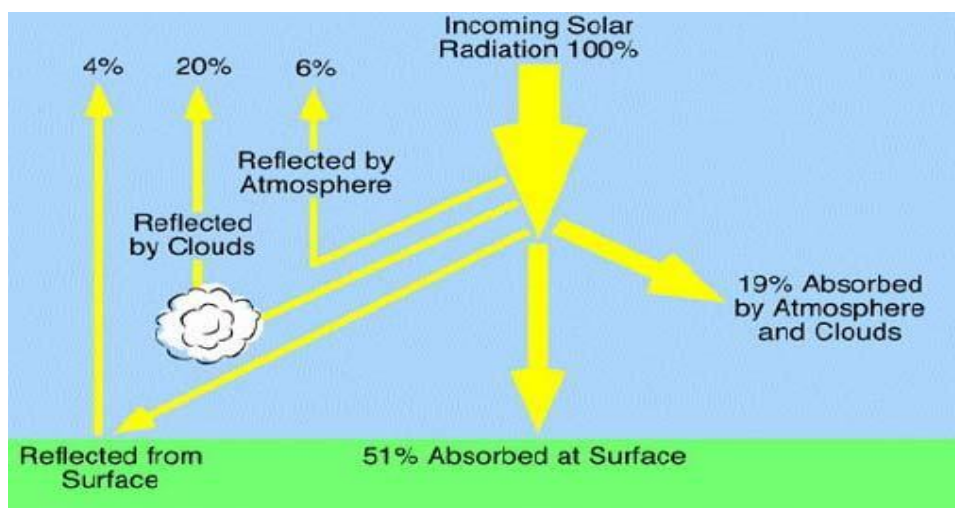
Η ακτινοβολία που προσπίπτει πάνω σε έναν συλλέκτη ή ένα αισθητήρα, αποτελείται από την απευθείας τη διάχυτη αλλά και την διάχυτη ανακλώμενη από το έδαφος ακτινοβολία, αυτή η ακτινοβολία ονομάζεται **ολική ακτινοβολία** σε ένα κεκλιμένο ή σε ένα οριζόντιο συλλέκτη και συμβολίζεται με το γράμμα **G** από την έκφραση Global Irradiation.

Προηγουμένως αναφέραμε, πώς ένα μέρος της ακτινοβολίας που προσπίπτει σε έναν συλλέκτη είναι και η διάχυτα ανακλώμενη από το έδαφος ακτινοβολία. Στο έδαφος και ότι καλύπτεται από αυτό (βλάστηση, δάση, νερό, χιόνι, κατοικίες, θερμοκήπια κ.α.) το φως σκεδαζείται, διάχυτη αυτή ανακλαστικότητα, δηλαδή το ποσοστό της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας από την επιφάνεια της Γης, αναφέρεται στην βιβλιογραφία, ως **albedo**, οι τιμές του albedo σε διάφορες περιπτώσεις αναφέρονται ως δεκαδικός αριθμός μεταξύ των τιμών 0 και 1 επί τοις %.

Ενώ η ολική, η απευθείας και η διάχυτη εξαρτώνται από τους παρακάτω παράγοντες : την σύσταση και την κατάσταση της ατμόσφαιρας την δεδομένη χρονική στιγμή, την ημέρα κατά την διάρκεια του έτους και τέλος από την γωνία την οποία προσπίπτουν οι ηλιακές ακτίνες στην συλλεκτική επιφάνεια, δηλαδή το ύψος του ηλίου κατά την διάρκεια της ημέρας.

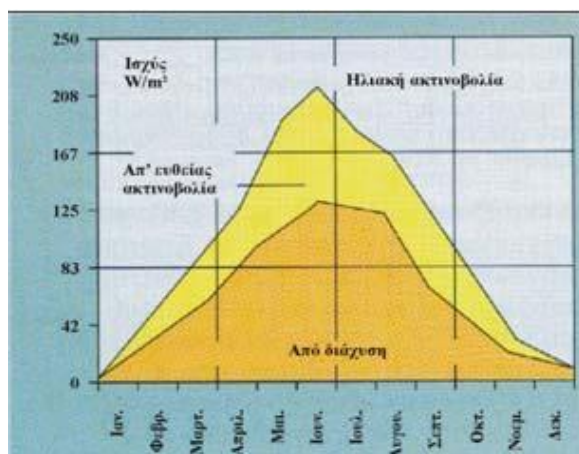


Εικ.1.14 Οι συνιστώσεις της ηλιακής ακτινοβολίας



Εικ1.15 Η κατανομή της ηλιακής ενέργειας στ σύστημα Γης-Ατμόσφαιρας

Τώρα όταν η ακτινοβολία είναι στα όρια της ατμόσφαιρας και χωρίς επιδρά η ατμόσφαιρα στην διέλευση του φωτός χρησιμοποιούμε τα εξής σύμβολα : G_{ext} και D_{ext} (το ext σημαίνει πέραν της Γης extraterrestrial), για την διάχυτη, με βάση του οπτικού αποτελέσματος της διέλευσης της από συγκεντρωτικό φακό ή την ανάκλαση της σε ένα κοίλο κάτοπτρο.



Εικ1.16 Ολική ακτινοβολία

Έχει παρατηρηθεί πως σε μια αίθρια ημέρα το ποσοστό της καθετης απευθείας ακτινοβολίας αυξάνεται όσο πάμε από την ανατολή μέχρι το μεσημέρι, και παίρνει τιμές από 0 % μέχρι και 70 %, της αντίστοιχης στα όρια της ατμόσφαιρας, σε αντίθεση με την οριζόντια ολική ακτινοβολία που το ποσοστό της σε σχέση με τη D_{ext} μεταβάλλεται από 0 % μέχρι 80 %.

Όσον αναφορά την διάχυτη, το ποσοστό της, σε σχέση με την οριζόντια ολική μπορεί να πάρει τιμές από 15 % και 20 % τις αίθριες μέρες φθάνει το 100 %, αλλά σε περίπτωση ισχυρής G, D, S, έχουν προκύψει οι ημερήσιες μέσες τιμές οι

μηνιαίες μέσες τιμές των μεγεθών αυτών καθώς και οι ετήσιες μέσες τιμές και αυτό ώστε τα αποτελέσματα αυτά να φανούν χρήσιμα σε πάρα πολλούς ενεργειακούς υπολογισμούς, όλη αυτή η διαδικασία παίρνει αρκετά χρόνια μέχρι και 30 και έτσι δημιουργείται το **Τυπικό Μετεωρολογικό Έτος**, που αντιστοιχεί σε κάθε τόπο.

1.10.1 Τυπικό Μετεωρολογικό Έτος

Ορισμός: Για τον προσδιορισμό του Τυπικού Μετεωρολογικού Έτους, προσδιορίζουμε τον στατιστικά πιο πιθανό μήνα μεταξύ των ομοίων του, μέσα στα τελευταία 30 χρόνια και βρίσκουμε τον αντίστοιχο μήνα αναφοράς, το σύνολο δώδεκα τέτοιων μηνών αναφοράς, για συγκεκριμένο τόπο αποτελεί το έτος αναφοράς.

1.11 Μέτρηση της ηλιακής ακτινοβολίας

Η μέτρηση της ηλιακής ακτινοβολίας και της φασματικής της κατανομής, γίνεται με ειδικά όργανα μέτρησης. Αυτά τα όργανα μέτρησης υπάγονται σε δύο κατηγορίες, η μία είναι οι λεγόμενοι θερμικοί αισθητήρες και οι οποίοι μετρούντε με βάση την θέρμανση μίας φωτιζόμενης μαύρης επιφάνειας. Η δεύτερη κατηγορία είναι οι αισθητήρες ηλεκτρονικής διέγερσης, οι οποίοι μετρούνε βάση των ενεργειακών μεταβάσεων των ηλεκτρονίων του υλικού, κατά την απορρόφηση φωτονίων.

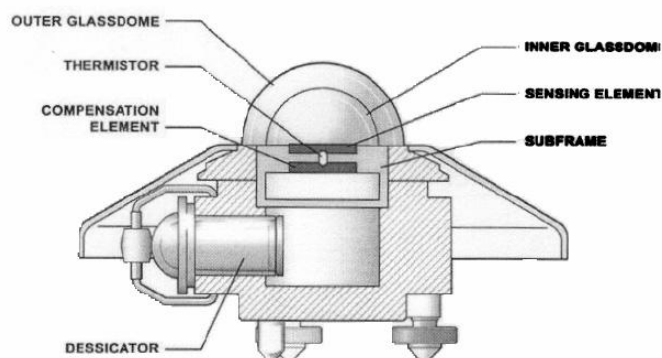
Θερμικοί αισθητήρες

1. Πυρανόμετρο

Το πυρανόμετρο λειτουργεί με βάση το θερμοηλεκτρικό φαινόμενο. Όταν η ακτινοβολία πέσει πάνω στην μαύρη επιφάνεια την απορροφά και θερμαίνεται η πλάκα. Επομένως δημιουργείται διαφορά θερμοκρασία μεταξύ της πλάκας που είναι εκτεθειμένη στο ηλιακό φως και μίας άλλης όπου βρίσκεται στο εσωτερικό του οργάνου.

Συνδέοντας σε σειρά τις μισές επαφές των θερμοηλεκτρικών ζευγών, ακουμπώντας πάνω στην μαύρη επιφάνεια, ενώ οι άλλες μισές ακουμπούν στην κάτω επιφάνεια, της οποίας η θερμοκρασία είναι και η αναφορά. Συνδιάζοντας πολλά τέτοια θερμοηλεκτρικά ζεύγη, δημιουργείται το λεγόμενο Thermocouple, με αποτέλεσμα να παίρνουμε στα δυο άκρα του πυρανόμετρου τάση αρκετή της τάξεως των mV, ώστε να μπορούμε να τη μετρήσουμε με ένα βολτόμετρο.

Επίσης για την προστασία του οργάνου από την υγρασία και την ψύξη από αέρια ρεύματα, η μαύρη επιφάνεια περιβάλλεται από δύο ομόκεντρα κρυστάλλινα ημισφαίρια.



Εικ.1.17 Το πυρανόμετρο και τα μέρη του

2. Πυροηλεκτρικός κρύσταλλος

Έδώ η λειτουργία του οργάνου βασίζεται στο πυροηλεκτρικό φαινόμενο, δηλαδή της τροποποίησης της διπολικής ηλεκτρικής ροπής διηλεκτρικών υλικών. Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία ενός πυροηλεκτρικού υλικού, δημιουργείτε ηλεκτρική πόλωση του υλικού. Μετράει σε Ampere / Watt και έχει σταθερή απόκλιση, η οποία είναι ενζάρτητη του μήκους κύματος (λ), με αποτέλεσμα να είναι το ιδανικό όργανο για καταγραφή φασμάτων στην περιοχή ευαισθησίας του.

3. Βολόμετρα (Thermistor)

Τα βολόμετρα έχουν ως αρχή λειτουργίας, την μεταβολή της ηλεκτρικής αντίστασης ενός υλικού, με την αύξηση ή την μείωση της θερμοκρασίας του υλικού, λόγω της απορρόφησης της ενέργειας της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, το υλικό θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από υψηλή απορροφητικότητα της ακτινοβολίας σε εύρη φάσμα συχνοτήτων και μικρή θερμοχωρητικότητα. Έτσι ώστε η απόκριση του οργάνου να είναι μεγάλη.

Η πιο σημαντική κατηγορία βολομέτρων είναι τα μεταλλικά (λευκόχρησου ή πλατίνας) και τα Thermistor.

Thermistor : Το Thermistor είναι και αυτό ένα βολόμετρο, του οποίου το υλικό αποτελείται από μεταλλικά οξείδια. Η χρησιμότητα του εμφανίζεται κάτω των 300°C, διότι σε περίπτωση αύξησεως της θερμοκρασίας πάνω από αυτό το όριο θερμοκρασίας, η σταθερότητα της δομής του μειώνεται, επίσης χαρακτηρίζονται από μεγάλη διακριτική ικανότητα και ευαισθησία, που φθάνει ακόμα και τις 10 φορές μεγαλύτερη από αυτή των μεταλλικών βολομέτρων.

Αισθητήρες ηλεκτρονικής διέγερσης

Σε αυτή την κατηγορία, ανήκουν τα όργανα των οποίων η λειτουργία βασίζεται, στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, δηλαδή την εκπομπή ηλεκτρονίων από την επιφάνεια ενός μετάλλου και για ημιαγωγούς, στην διέγερση ηλεκτρονίων από την ζώνη σθένους σε αυτή της αγωγιμότητας

Στην περίπτωση του φωτοηλεκτρικού φαινόμενου, υπάρχουν τα παρακάτω είδη αισθητήρων :

1. φωτοδιόδοι κενού ή φωτοκύτταρα
2. φωτοπολλαπλασιαστές

Στην περίπτωση της φωτοαγωγιμότητας του υλικού, υπάρχουν τα παρακάτω είδη αισθητήρων :

1. φωτοαγωγοί ή φωτοαντιστάσεις
2. φωτοδιόδοι ημιαγωγών
3. φωτοβολταϊκή κυψελίδα η φωτοβολταϊκό στοιχείο

Επίσης στους αισθητήρες ηλεκτρονικής διέγερσης υπάρχουν :

1. φασματογράφος
2. φασματοραδιόμετρο - φασματοφωτόμετρο

1.11.1 Αναγωγή τιμών πυκνότητας ισχύος και ενεργειακής απολαβής ηλιακής ακτινοβολίας, από οριζόντιο σε κεκλιμένο επίπεδο.

Μοντέλο αναγωγής πειραματικών τιμών πυκνότητας ισχύος της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας (kW/m^2), από οριζόντιο σε κεκλιμένο επίπεδο (Hay and Davies algorithm).

Οι πειραματικές μετρήσεις της πυκνότητας ισχύος της ολικής ακτινοβολίας γίνεται συνήθως σε οριζόντιο επίπεδο. Οι συλλέκτες όμως τοποθετούνται με κάποια γωνία για μέγιστη απολαβή ισχύος. Σε αυτή την γωνία πρέπει να γνωρίζουμε την πυκνότητα ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας. Για αυτό τον λόγο αναπτύχθηκαν αλγόριθμοι για την αναγωγή των τιμών από οριζόντιο επίπεδο σε οποιαδήποτε γωνία κλίσης.

Αυτός ο αλγόριθμος περιορίζεται σε κεκλιμένο συλλέκτη με νότιο προσανατολισμό. Απαιτούνται δυο πειραματικές τιμές, η ολική ηλιακή ακτινοβολία (GHI) και η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία (DHI). Η διάχυτη ακτινοβολία μετριέται με πυρανόμετρο με σακιασμένο τον αισθητήρα του. Αν αναιρεθεί η τιμή της διάχυτης από την ολική ακτινοβολία τότε παίρνουμε την απευθείας ηλιακή ακτινοβολία.

Τα απαραίτητα πειραματικά δεδομένα για την επίλυση του αλγορίθμου είναι:

- Το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, λ
- η ημέρα του έτους, n
- η γωνία κλίσης, β , του επιπέδου που επιθυμούμε να ανάγουμε τις τιμές
- η πυκνότητα ισχύος της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας, G , μια ορισμένη χρονική στιγμή
- η πυκνότητα ισχύος της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας, D , την ίδια χρονική στιγμή

Η κυριότερη προϋπόθεση που τίθεται στον αλγόριθμο αυτό, αφορά στη διάχυτη ακτινοβολία, για την οποία εισάγει ανισότροπη προέλευση από το θόλο του ουρανού, προσεγγίζοντας πολύ καλά την πραγματικότητα

Οι παρακάτω υπολογισμοί οδηγούν στον προσδιορισμό της πυκνότητας ισχύος της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας, G_t , σε κεκλιμένο επίπεδο γωνίας κλίσης β .

1. **Απευθείας συνιστώσα.** Υπολογίζεται η πυκνότητα ισχύος της απευθείας ακτινοβολίας: $B=G-D$

2. **Απευθείας κάθετη συνιστώσα .** Υπολογίζεται η απευθείας κάθετη, B_n (beam normal) : $B_n = \frac{B}{\sin(EL)}, z = 90 - EL$ (z =ζενήθια απόσταση, EL =elevation)

3. **Απευθείας συνιστώσα στην κεκλιμένη επιφάνεια.** Υπολογίζεται η απευθείας συνιστώσα στον αισθητήρα 2 του οποίου το επίπεδο είναι παράλληλο με το επίπεδο του συλλέκτη, γωνίας κλίσης β :

$$B_t = B_n * \cos q$$

όπου θ είναι η γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών στον αισθητήρα 2.

4. **Διάχυτη ακτινοβολία στο κεκλιμένο επίπεδο.** Προσδιορίζεται διάχυτη ακτινοβολία στο κεκλιμένο επίπεδο, D_t :

$$D_t = \left(\frac{B_n \cdot \cos q}{J_d \cdot \sin(EL)} + \left(\frac{1 + \cos b}{2} \right) \left(1 - \frac{B_n}{J_d} \right) \right) \cdot D,$$

όπου : $J_d = J_0 \cdot r(n)$, η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας στα όρια της ατμόσφαιρας τη δεδομένη μέρα, $J_0 = 1367 \text{ W/m}^2$ (ηλιακή σταθερά της γης), $r(n)$ =γεωμετρικός παράγοντας που καθορίζει την εξάρτηση της έντασης της

ηλιακής ακτινοβολίας από την απόσταση από τον ήλιο, $d(n)$ η $n^{\text{η}}$ ημέρα του έτους ($n=1\dots365$).

Ο παράγοντας $r(n)$ δίδεται από σχέση :

$$r(n) = \left(\frac{\bar{d}}{d(n)} \right) = 1,00011 + 0,034221 \cdot \cos(f) + 0,00077 \cdot \sin(2f)$$

όπου $\Phi = \Phi = 2\pi \frac{(n-1)}{365}$ και \bar{d} η μέση ετησίως απόσταση ήλιου-γης.

5. **Διάχυτα ανακλώμενη από το έδαφος.** Στον συλλέκτη με γωνία κλίσης β , προσπίπτει και η διάχυτα ανακλώμενη από το έδαφος, ηλιακή ακτινοβολία, GR . Εξαρτάται από τη στερεά γωνία μεταξύ του επιπέδου και του εδάφους.

Υπολογίζεται από την σχέση:

$$GR_t = G \cdot r \frac{(1 - \cos b)}{2}, \text{ όπου } \rho, \text{ η ανακλαστικότητα του εδάφους (Albedo).}$$

6. **Ολική ακτινοβολία στο κεκλιμένο επίπεδο.** Η πυκνότητα ισχύος της ολικής ακτινοβολίας στο κεκλιμένο επίπεδο υπολογίζεται αθροίζοντας τις τρεις συνιστώσεις B_t , D_t και GR_t : $G_t = B_t + D_t + GR_t$

Σε περίπτωση που δεν υπάρχουν δεδομένα σε οριζόντιο επίπεδο, μπορούν να αξιοποιηθούν μεθοδολογίες για τον υπολογισμό των συνιστωσών στο οριζόντιο επίπεδο για κάθε αιθρία μέρα μέσα στο έτος. Προτείνονται σχέσεις υπολογισμού της άμεσης και της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας ή της άμεσης και της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο, με βάση την ένταση της στα όρια της ατμόσφαιρας για κάθε μέρα του έτους και στοιχείων που καθορίζουν την επίδραση της ατμόσφαιρας στην διέλευση της ακτινοβολίας, κατά την διάρκεια της ημέρας.

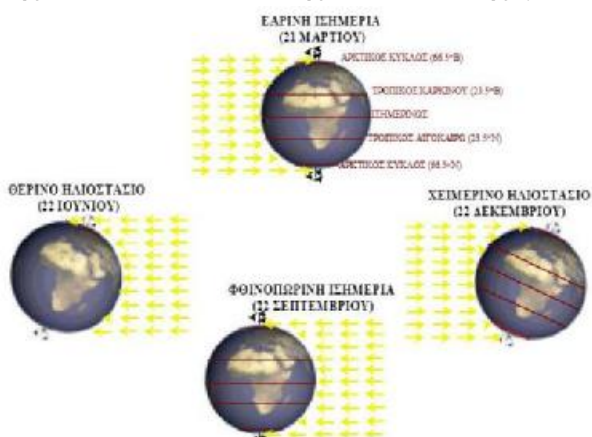
Ένα τέτοιο μοντέλο είναι το « On the clear sky model of the ESPRA-European Solar Radiation Atlas – with respect to the heliostat method. Cristelle Rigollier, Olivier Bauer and Lucien Wald, Solar Energy V68 No1, pp33-48, 2000 ». Σε αυτή την μεθοδολογία αυτή προτείνονται σχέσεις προσδιορισμού

των συνιστωσών της ηλιακής ακτινοβολίας, δηλαδή της πυκνότητας ισχύος τη απευθείας (B) και της διάχυτης (D) ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο. Το άθροισμα τους δίνει την πυκνότητα ισχύος της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας ($G=B+D$).

1.12 Η κίνηση της Γης γύρω από τον Ήλιο, Συντεταγμένες γωνίες του Ηλίου

Είναι γνωστό πως η τροχιά που πραγματοποιεί η Γη γύρω από τον ήλιο, είναι ελλειπτική. Όμως πραγματοποιεί και περιστροφή γύρω από τον άξονά της

Καθώς η Γη περιστρέφεται γύρω από τον ήλιο έχουμε πει πως διαγράφει ελλειπτική τροχιά και η οποία ονομάζεται **εκλειπτική**. Τώρα κατά την περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονά της, έχει τέσσερις θέσεις στην διάρκεια ενός έτους. Έχει διαπιστωθεί πως ο άξονας της Γης μετατοπίζεται παράλληλα προς τον εαυτό του και σχηματίζεται σταθερή γωνία με την εκλειπτική. Η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του επιπέδου του ισημερινού της Γης (που είναι κάθετο στον άξονα της Γης), με το επίπεδο της εκλειπτικής γωνίας, είναι ίση με 23.45° , αυτή η γωνία σχηματίζεται με κάθε παράλληλο της Γης και το επίπεδο της εκλειπτικής γωνίας.



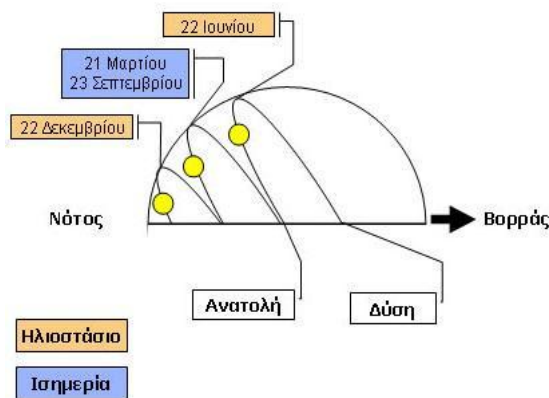
Εικ.1.18 Θέσεις της Γης κατά την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία

Πατηρείτε πως με την αλλαγή της θέσεως της Γης κατά την διάρκεια του έτους, σε σχέση με τον Ήλιο, αλλάζει το ύψος της μεσουράνησης του ήλιου σε κάθε τόπο στην επιφάνεια της Γης. Έτσι έχουν καταγραφεί οι εξής θέσεις. Όταν βρισκόμαστε στο Βόρειο Ημισφαίριο, η θέση της μεσουράνησης του Ηλίου έχει την

ελάχιστη τιμή των χειμώνα **22 Δεκέμβρη** και την μέγιστη τιμή το καλοκαίρι **21 Ιουνίου**. Αντίστοιχα στους τόπους του Νοτίου Ημισφαιρίου. Επίσης σε δυο θέσεις μέσα στο έτος έχουμε την λεγόμενη ισημερία (δηλαδή, ίση διάρκεια της μέρας με την νύκτα), στις 21 Μαρτίου και στις 23 Σεπτεμβρίου.

Σε μία δεδομένη χρονική στιγμή, η θέση του Ηλίου μπορεί να καθοριστεί ως προς την θέση του παρατηρητή, με βάση δύο συντεταγμένες γωνίες, **το ύψος του ηλίου (Elevation) και το Αζιμούθιο ή τη αζιμουθιακή γωνία.**

Αναλυτικότερα :



Το ύψος του Ήλιου (elevation) (EL)

Ορίζεται ως η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της ευθείας του παρατηρητή ή τον τόπο, προς τον ήλιο, με το οριζόντιο επίπεδο και ισούται με την παρατηρητή-Ηλίου) με την κατακόρυφη του τόπου.

Εικ.1.19 Το Ηλιοστάσιο και η Ισημερία

Το αζιμούθιο του Ηλίου (A)

Ορίζεται ως η γωνία μεταξύ του κατακόρυφου επιπέδου (που περιέχει τον ήλιο), και του μεσημβρινού, η μέτρηση του γίνεται κατά την φορά των δεικτών του ωρολογίου και με αναφορά την κατεύθυνση του βορρά και είναι από 0° - 360° . Επίσης πρέπει να σημειωθεί, πως για τα φωτοβολταικά συστήματα, η αναφορά του αζιμούθιου του Ηλίου γίνεται ως προς την κατεύθυνση του Νότου, ανατολικά από 0° - 180° και δυτικά απο 0° - 180° .

Το ύψος και το αζιμούθιο του Ηλίου προσδιορίζονται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$hmEL = hml \cdot hmd + sunl \cdot sunw \quad , \quad hmA = \frac{sund \cdot hmw}{sunEL}$$

Όπου

λ : το γεωγραφικό πλάτος του τόπου

δ : η απόκλιση του Ήλιου την δεδομένη ημέρα

ω : η ωριαία γωνία του Ήλιου την στιγμή του υπολογισμού των A και EL

1.13 Η ηλιακή ενέργεια και οι τρόποι εκμετάλλευσης της

Η ηλιακή ακτινοβολία είναι η σημαντικότερη πηγή ενέργειας για τον πλανήτη μας, τόσο για την ανάπτυξη της ζωής στον πλανήτη και τις ιδανικές συνθήκες διαβρωδης, αλλά και για την ανάγκη εκμετάλλευσης της για τις καθημερινές ανάγκες του ανθρώπου.

Έτσι ο άνθρωπος εφεύρε πολλούς τρόπους αξιοποίησης της, για της ανάγκες του. Ένας τρόπος είναι τα λεγόμενα **Παθητικά συστήματα**, τα οποία μετατρέπουν την ενέργεια που δέχονται από τον Ήλιο σε εσωτερική ενέργεια δομικών κατασκευών, η δεύτερη κατηγορία είναι αυτή των **Ενεργών ηλιακών συστημάτων**, τα οποία συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια και την μετατρέπουν σε άλλη μορφή ενέργειας. Στα ενεργά ηλιακά συστήματα συναντάμε τα γνωστά Θερμοσιφωνικά συστήματα όπου μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ενέργεια θερμικού ρευστού και τα φωτοβολταϊκά συστήματα τα οποία με την σειρά τους μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρισμό.

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα τα συναντάμε στα κτίρια. Ένα κτίριο με μια πολύ καλή θερμομόνωση πλέον είναι απαραίτητο και από την άποψη της εξοικονόμησης χρημάτων με σωστή διαχείριση της ενέργειας, αλλά και για την σωστή θερμική και δομική συμπεριφορά του ίδιου του κτιρίου.

Η μεγάλη ανάγκη του ανθρώπου για ενεργειακούς πόρους τον οδήγησε να διερευνήσει νέους τρόπους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Στράφηκε προς

την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας. Κατάφερε να την εκμεταλλευτεί με την δημιουργία και χρήση των φωτοβολταϊκών στοιχείων (photovoltaic cells).

1.14 Η ενεργειακή απολαβή της Γης από τον Ήλιο.

Στην επιφάνεια της Γης, η ενέργεια ανά m^2 που φθάνει μέσα σε μία ημέρα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, την κλίση της επίπεδης συλλεκτικής επιφάνειας, την ημέρα του χρόνου και από τις συγκεντρώσεις των διαφόρων αερίων, υγρών και στερεών συστατικών και αιωρημάτων της ατμόσφαιρας τη συγκεκριμένη ημέρα

Για το Ηράκλειο της Κρήτης και από μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο Φωτοβολταϊκό Πάρκο (ΤΕΙ Κρήτης), με γεωγραφικό πλάτος 35.5° και γεωγραφικό μήκος -25° , η μέση ημερησία τιμή της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα στο έτος, σε οριζόντιο επίπεδο και για μια σειρά πέντε ετών είναι

$$\bar{H} = 5 \text{ kWh} / \text{m}^2 \text{d}$$

Όταν η περιοχή βρίσκεται κοντά στον ισημερινό, τότε η τιμή αυξάνει και φθάνει $7 \text{ kWh/m}^2\text{d}$, ενώ αντίθετα στις περιοχές κοντά στα όρια των Εύκρατων ζωνών, πέφτει μέχρι και τα $3 \text{ kWh/m}^2\text{d}$.

1.15 Η αξιοποίηση της φωτοβολταϊκής ενέργειας.

Υπάρχουν πολλοί λόγοι ώστε κάποιος να στραφεί προς την αξιοποίηση της ενέργειας του ηλίου, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Μερικοί από αυτούς είναι ότι ο Ήλιος είναι μία καθαρή πηγή ενέργειας, δηλαδή δεν μολύνει το περιβάλλον, όπως και επίσης ότι είναι μία ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Αυτό που δεν γνωρίζουμε είναι εάν μπορεί να ανταπεξέλθει σε διάφορες εφαρμογές που χρειάζονται σημαντική ηλεκτρική ισχύ.

Η σημερινές ημερήσιες ενεργειακές ανάγκες ενός σπιτιού μίας ελληνικής

οικογένειας φθάνουν, περίπου 15 kWh, όπου και το μεγαλύτερο μέρος αυτής ενέργειας, περίπου οι 7 kWh, αφορούν την ηλεκτρική κουζίνα του σπιτιού, όμως όλη αυτή η ενέργεια θα μπορούσε επίσης να παραχθεί με την χρήση του φυσικού αερίου και έτσι αποδεσμεύεται ένα σημαντικό κομμάτι από την συνολική ενέργεια, και απομένουν για τις υπόλοιπες ανάγκες 8 kWh, οι οποίες και μπορούν να παραχθούν από μία συλλεκτική επιφάνεια 20 m² φωτοβολταϊκών στοιχείων. Άρα οι ανάγκες ενός κοινού νοικοκυριού έχουν την δυνατότητα να καλυφθούν από την μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική.

Μέχρι και αυτή την στιγμή ένα από τα μεγαλύτερα εμπόδια (ίσως και το μεγαλύτερο) για την ευρύτερη αξιοποίηση των φωτοβολταϊκών είναι το οικονομικό κόστος. Σήμερα η δαπάνη εγκατάστασης ενός τυπικού οικιακού φωτοβολταϊκού συστήματος ανέρχεται περίπου σε 7€W, ώστε να μπορέσει ο μέσος καταναλωτής να καταφύγει στην δημιουργία μίας τέτοιας εγκατάστασης.

Κεφάλαιο 2



Φωτοβολταϊκή τεχνολογία

2.1.1 Συμπεριφορά των υλικών

Το 1839 παρατηρήθηκε πρώτη φορά το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, από τον Γάλλο φυσικό Edmond Becquerel ενώ πειραματιζόταν με ένα ηλεκτρολυτικό στοιχείο. Όταν το διάλυμα του στοιχείου εκτίθετο στο φως εμφανιζόταν ηλεκτρική τάση στα ηλεκτρόδια που ήταν τοποθετημένα μέσα στο διάλυμα. Το 1954 κατασκευάστηκε το πρώτο φωτοβολταϊκό στοιχείο, στα εργαστήρια της Bell, από τους D.Chapin, C.Fuller και G.Pearson. Ήταν ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο Si με απόδοση 4% και λίγο αργότερα κατασκευάστηκε ένα στοιχείο με απόδοση 11%. Από το 1954 και μετά η φωτοβολταϊκή τεχνολογία παρουσίασε μια ραγδαία εξέλιξη, καθώς ήταν ορατά τα πλεονεκτήματα της σε σχέση με άλλες μορφές ενέργειας. Σήμερα έχουμε φτάσει σε αρκετά μεγάλη απόδοση, 14-16% για βιομηχανική και οικιακή χρήση και 22% για διαστημικές εφαρμογές. Βρίσκει πάρα πολλές εφαρμογές, όπου απαιτείται ηλεκτρική ενέργεια, από τους δορυφόρους, όπου ήταν και η πρώτη εφαρμογή, έως τους υπολογιστές τσέπης.



Εικ.2.1 Η χρήση των φωτοβολταϊκών στο διάστημα

Αγωγιμότητα και θεωρία των ενεργειακών ζωνών

Τα υλικά, με βάση την θεωρία των ενεργειακών ζωνών, διακρίνονται σε μέταλλα ή αγωγούς, μονωτές και ημιαγωγούς.

Μέταλλα

Στα μέταλλα, οι ζώνες ενέργειας είτε επικαλύπτονται είτε διαχωρίζονται με μεγάλο ενεργειακό χάσμα, και στις δυο περιπτώσεις η ενέργεια Fermi* έχει τέτοια τιμή ώστε να υπάρχουν κενά ενεργειακά επίπεδα υψηλότερης ενέργειας όπου μπορούν να μετακινηθούν τα ηλεκτρόνια

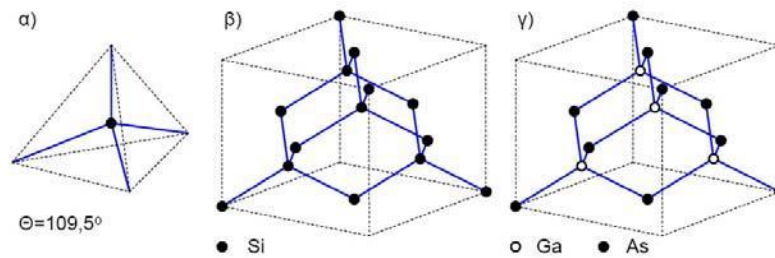
**Το ενεργειακό επίπεδο υψηλότερης ενέργειας που καταλαμβάνεται από ηλεκτρόνια στους 0 K ονομάζεται ενεργειακό επίπεδο Fermi. Η ενέργεια που έχουν τα ηλεκτρόνια που βρίσκονται στο επίπεδο αυτό ονομάζεται ενέργεια Fermi.*

Μονωτές

Στους μονωτές η ζώνη σθένους είναι πλήρης, η ζώνη αγωγιμότητας είναι εντελώς κενή και το ενεργειακό χάσμα μεγάλο (2-3 eV). Το επίπεδο Fermi βρίσκεται στο ενεργειακό χάσμα, ενώ η πιθανότητα διέγερσης ηλεκτρονίων από την ζώνη σθένους στη ζώνη αγωγιμότητας είναι μηδενική, έτσι τα υλικά αυτά δεν παρουσιάζουν αγωγιμότητα.

Ημιαγωγοί

Είναι υλικά με μικρό ενεργειακό χάσμα μεταξύ της ζώνης σθένους και της ζώνης αγωγιμότητας ($E_g < 2\text{eV}$). Η αγωγιμότητα τους κυμαίνεται από 10^{-6} έως $10^4 \Omega^{-1}\text{m}$ και είναι μικρότερη της αγωγιμότητας των μετάλλων και μεγαλύτερη των μονωτών. Οι κυριότεροι ημιαγωγοί είναι τετρασθενή στοιχεία, όπως το πυρίτιο (Si), το γερμάνιο (Ge) και χημικές ενώσεις με τετραεδρική δομή, όπως το αρсениούχο γάλλιο και το θειούχο κάδμιο



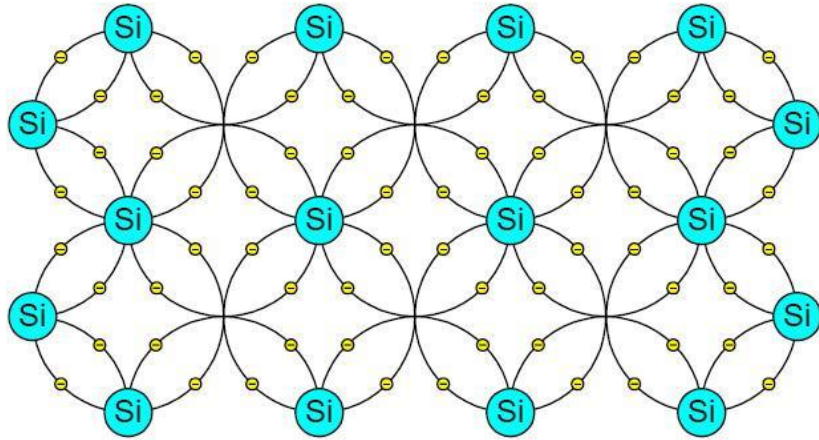
Εικ.2.2 α) Η κρυσταλλική δομή των κυριότερων ημιαγωγών είναι τετραεδρική, τα γειτονικά άτομα βρίσκονται σε θέσεις του κρυσταλλικού πλέγματος που αντιστοιχούν στο κέντρο και στις κορυφές ενός κανονικού τετράεδρου.

β) Στους στοιχειακούς αγωγούς (π.χ. Si) όλα τα άτομα είναι ίδια.

γ) Στις ημιαγωγίμες χημικές ενώσεις (π.χ. Ga-As) τα άτομα βρίσκονται σε γειτονικές θέσεις είναι διαφορετικά.

Το πυρίτιο είναι ο πιο διαδεδομένος τύπος ημιαγωγού, καθώς είναι το βασικό συστατικό της άμμου. Χρησιμοποιείται στο σύνολο των ηλεκτρονικών εφαρμογών. Το πυρίτιο είναι η πρώτη ύλη κατασκευής των φωτοβολταϊκών στοιχείων.

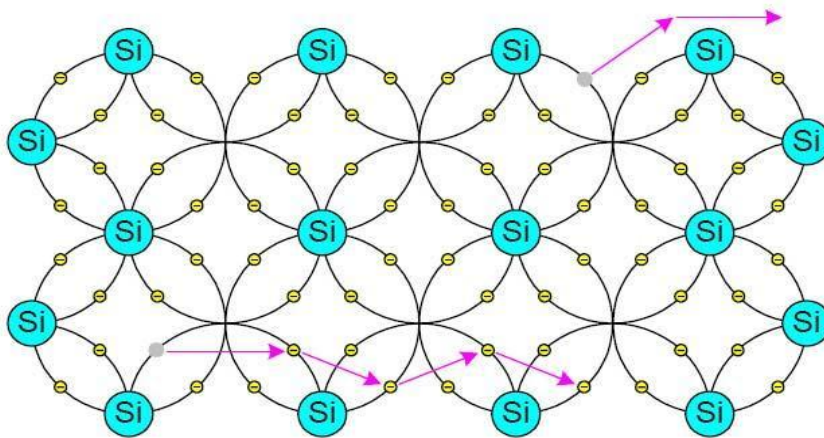
Κάθε άτομο πυριτίου είναι ενωμένο με 4 γειτονικά άτομα με ομοιοπολικούς δεσμούς. Όλα τα ηλεκτρόνια σθένους των ατόμων Si είναι δεσμευμένα στους ομοιοπολικούς δεσμούς, με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν ελεύθεροι φορείς του ηλεκτρικού ρεύματος και το σώμα να μην διαθέτει ηλεκτρική αγωγιμότητα. Αυτό συμβαίνει όμως μόνο στην περίπτωση που ο ημιαγωγός βρίσκεται στην θερμοκρασία του απόλυτου μηδενός (το ενεργειακό του περιεχόμενο είναι πολύ χαμηλό). Στην κατάσταση αυτή συμπεριφέρονται σαν μονωτές.



Εικ.2.3 Επίπεδη απεικόνιση του πλέγματος πυριτίου

Όταν όμως απορροφήσουν κάποιο ποσό ενέργειας, μέσω θερμότητας ή μέσω ακτινοβολίας, τότε διαταράσσονται οι ομοιοπολικοί δεσμοί μεταξύ των ατόμων του πυριτίου. Έτσι, σε συνηθισμένες θερμοκρασίες περιβάλλοντος, η θερμική ενέργεια που παρέχεται στο σώμα και κατανέμεται στα άτομα το προκαλεί την απελευθέρωση πολλών ηλεκτρονίων από τους ομοιοπολικούς δεσμούς. Η θερμική ενέργεια προκαλεί την διέγερση και στη συνέχεια τη απελευθέρωση των δεσμευμένων ηλεκτρονίων (στη κρυσταλλική δομή του πυριτίου) τα οποία αρχίζουν να κινούνται ελεύθερα. Ο ημιαγωγός τώρα διαθέτει ευκίνητους φορείς ηλεκτρισμού, οι οποίοι του προσδίδουν αξιόλογη ηλεκτρική αγωγιμότητα.

Το ποσό της ελάχιστης απαιτούμενης ενέργειας για την απελευθέρωση ενός ηλεκτρονίου σθένους από τον δεσμό όπου ανήκει είναι συγκεκριμένο και ισούται με το ενεργειακό διάκενο E_g του ημιαγωγού. Η απομάκρυνση ενός ηλεκτρονίου από κάποιο δεσμό δεν είναι καταστροφική για το κρυσταλλικό πλέγμα, καθώς τα άτομα των οποίων έσπασε ο δεσμός εξακολουθούν να συνδέονται με τα γειτονικά τους άτομα με τρεις άθικτους καθώς και με έναν ατελή δεσμό ενός ηλεκτρονίου.



Εικ.2.4 Η απομάκρυνση του ηλεκτρονίου από τον δεσμό

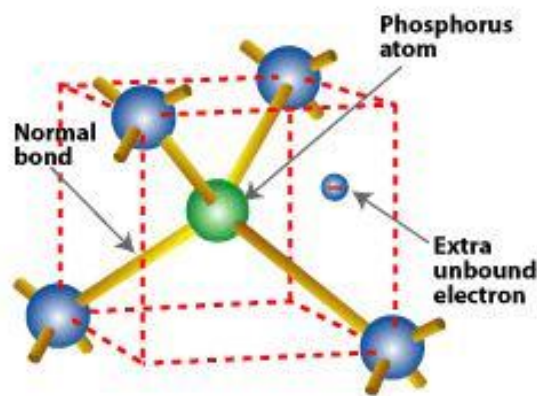
Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια περιφέρονται άτακτα στο κρυσταλλικό σώμα , ανάμεσα στα άτομα και στους δεσμούς τους. Όταν όμως η ενέργεια τους μειωθεί σημαντικά, δεσμεύονται στην θέση κάποιου ατελούς δεσμού.

Οι κενές θέσεις των χημικών δεσμών ονομάζονται οπές (holes) σαν παγίδες δέσμευσης για όσα ηλεκτρόνια χάνουν την ενέργεια τους. Ακόμα όμως και αν δεν υπάρχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια, μπορεί να προσελκύσει κάποιο ηλεκτρόνιο σθένους γειτονικού δεσμού. Οι οπές διαγράφουν και αυτές μια τυχαία κίνηση στο σώμα, αφού τυχαία είναι και η κίνηση των ελεύθερων ηλεκτρονίων. Όταν όμως επιβληθεί εξωτερικό ηλεκτρικό πεδίο, το ηλεκτρόνιο θα προσέλθει από την κατεύθυνση που ευνοείται ενεργειακά. Τότε η κίνηση των οπών είναι προσανατολισμένη και αντίθετη από αυτή των ηλεκτρονίων που κινούνται προς υψηλότερο δυναμικό.

2.1.1 Ημιαγωγοί πρόσμειξης-Επαφή p-n

Οι ημιαγωγοί πρόσμειξης ή εξωγενείς ημιαγωγοί είναι ημιαγωγοί, που μέσα στο κρυσταλλικό τους πλέγμα περιέχουν διασπαρμένα άτομα από διαφορετικό

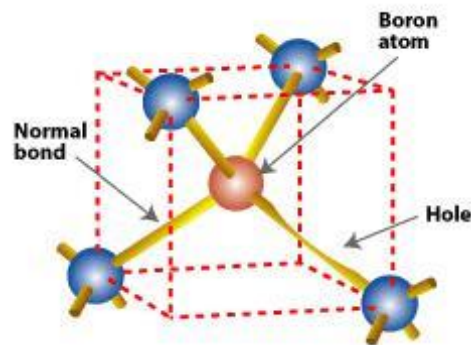
υλικό. Με κατάλληλες προσμίξεις δημιουργούνται δυο τύποι τέτοιων ημιαγωγών: τύπου n (negative) και τύπου p (positive). Ο ημιαγωγός τύπου n προκύπτει με την προσθήκη υλικών με μεγαλύτερο σθένος. Τέτοια υλικά είναι ο φώσφορος (P), το αρσενικό (As) και το αντιμόνιο (Sb). Τα στοιχεία αυτά είναι πεντασθενή. Όταν ένα πεντασθενές στοιχείο προστεθεί στο τετρασθενές Si ή Ge, τέσσερα από τα ηλεκτρόνιασθένους θα δεσμευτούν και θα σχηματίσουν τέσσερις ομοιοπολικούς δεσμούς με τα γειτονικά άτομα, ενώ ένα ηλεκτρόνιο μένει αδέσμευτο. Έτσι ο ημιαγωγός τύπου n περιέχει περισσότερα ελεύθερα ηλεκτρόνια, άρα είναι αρνητικά φορτισμένο. Για αυτό ονομάζεται και negative ημιαγωγός. Επειδή τα άτομα της πρόσμειξης συνεισφέρουν στον κρύσταλλο ελεύθερα ηλεκτρόνια ονομάζονται άτομα δότη.



Εικ.2.5 Υποκατάσταση ατόμου Si ή Ge από άτομο P.

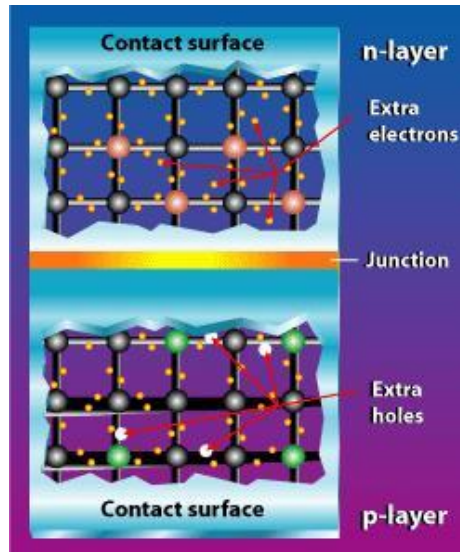
Ο ημιαγωγός τύπου p παράγεται με προσθήκη στοιχείων με μικρότερο σθένος. Συνήθως χρησιμοποιούνται 3σθενή στοιχεία όπως το Βόριο (B), το αλουμίνιο (Al), το Γάλλιο (Ga), το Ίνδιο (In) και ο Ψευδάργυρος (Zn). Όταν ένα τρισθενές στοιχείο προστεθεί στο τρισθενές Si ή Ge και τα τρία ηλεκτρόνια σθένους που έχει δεσμεύονται για τον σχηματισμό τριών ομοιοπολικών δεσμών με τα γειτονικά άτομα ενώ δημιουργείται ένας ημισυπληρωμένος δεσμός λόγω έλλειψης ενός ηλεκτρονίου. Σε αυτή την περίπτωση δημιουργείται μια οπή. Η

εφαρμογή ηλεκτρικού πεδίου, θέτει μερικά ηλεκτρόνια σθένους σε κίνηση, η οποία ισοδυναμεί με κίνηση της οπής προς την αντίθετη κατεύθυνση. Λόγω της έλλειψης ηλεκτρονίων ο ημιαγωγός ονομάζεται θετικός – positive. Οι οπές λειτουργούν ως αποδέκτες ηλεκτρονίων γι' αυτό και τα άτομα που τις εισάγουν λέγονται αποδέκτες.



Εικ.2.6 Υποκατάσταση ατόμου Si ή Ge από άτομο B.

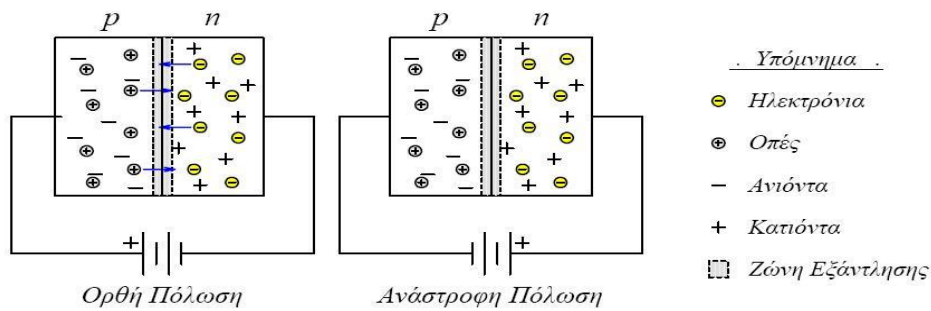
Για την δημιουργία μιας ημιαγωγικής διάταξης είναι απαραίτητη η δημιουργία μιας επαφής p-n. Με την δημιουργία μιας επαφής δυο ημιαγωγικών υλικών τύπου p και τύπου n του ίδιου στοιχείου, ηλεκτρόνια από τον n μεταβαίνουν στον p με διάχυση. Στο τμήμα n, από όπου έφυγαν τα ηλεκτρόνια, παραμένουν θετικά φορτισμένα ιόντα. Παρόμοια οπές από το p περνούν με διάχυση, στο υλικό n αφήνοντας ακάλυπτα τα αντίστοιχα αρνητικά ιόντα του χώρου τους. Με την μετακίνηση αυτή παραμένουν ιόντα στις γειτονικές περιοχές, παραπλεύρως της μεταλλουργικής επαφής. Έτσι δημιουργείται μια περιοχή απογύμνωσης, δηλαδή μια περιοχή χωρίς ελεύθερα ηλεκτρόνια και οπές ή περιοχή φορτίων χώρου ή περιοχή εξάντλησης.



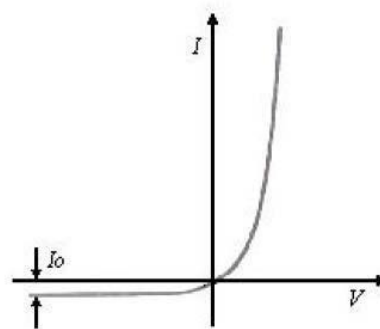
Εικ.2.7 Επαφή δυο τύπων ημιαγωγών n-p

Σε αντίθεση με τους ευκίνητους φορείς των ημιαγωγών, τα ηλεκτρόνια και τις οπές, που τείνουν να διαχέονται προς τις περιοχές με την 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 V), της οποίας το ηλεκτροστατικό πεδίο εμποδίζει την παραπέρα διάχυση των φορέων προς το απέναντι τμήμα της ένωσης. Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι ότι η ένωση p-n, παρουσιάζει εντελώς διαφορετική συμπεριφορά στη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος, ανάλογα με τη φορά αυτού και άρα ανάλογα με την τάση που της επιβάλλεται εξωτερικά. Εξαιτίας αυτής της χαρακτηριστικής συμπεριφοράς της η ένωση p-n ονομάζεται δίοδος επαφής ή ημιαγωγική επαφή p-n ή κρυσταλλοδίοδος. Όταν πολώνεται κατά την ορθή φορά (ο θετικός πόλος της πηγής συνεχούς τάσεως

συνδέεται στη p μεριά του ημιαγωγού και ο αρνητικός στην n μεριά του ημιαγωγού) αυξάνοντας την εφαρμοζόμενη τάση, το ρεύμα παίρνει δυσανάλογα μεγάλες τιμές. Κατά την ανάστροφη τάση, το ρεύμα παίρνει μικρότερες τιμές, παρουσιάζοντας μια σταθερή τιμή, σχεδόν ανεξάρτητη της ανάστροφης ηλεκτρικής τάσης.



Εικ.2.8 Πολωμένη επαφή p-n



Εικ.2.9 Χαρακτηριστική καμπύλη μιας ιδανικής διόδου p-n

2.2 Απορρόφηση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από την ύλη

Από την ηλεκτρομαγνητική θεώρηση της ηλιακής ενέργειας σε κυματική μορφή έπεται ότι το γινόμενο της συχνότητας (ν) και του μήκους κύματος (λ) ισούται με την ταχύτητα του φωτός (c):

$$\underline{c=\lambda \cdot \nu}$$

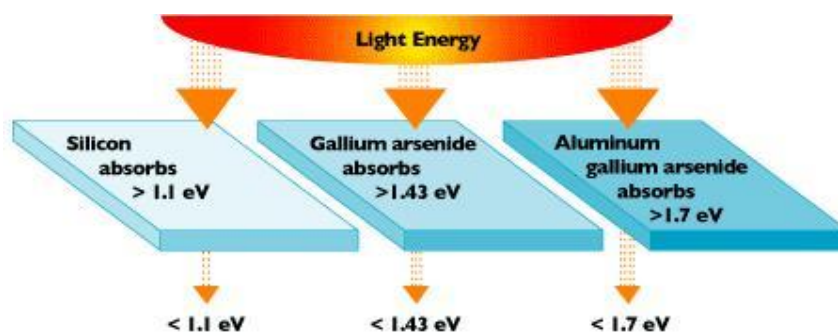
Επίσης μπορεί να θεωρηθεί ότι η ηλιακή ενέργεια μεταφέρεται σε διακριτή μορφή από τα φωτόνια. Η ενέργεια (E) του κάθε φωτονίου δίνεται από:

$$\underline{E=h \cdot \nu}$$

όπου h η σταθερά του Planck ($h=6,6256 \cdot 10^{-34}$). Από την σχέση $E=h \cdot \nu$ προκύπτει ότι τα φωτόνια με την περισσότερη ενέργεια θα προέρχονται από το φάσμα υψηλών συχνοτήτων της ηλιακής ακτινοβολίας και άρα από τα μικρά μήκη κύματος, από την σχέση $c=\lambda \cdot \nu$. Αυτή η παρατήρηση έχει πολύ μεγάλη σημασία για την περιγραφή του μηχανισμού της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική.

Όταν ένα άτομο πυριτίου εκτεθεί σε ηλιακή ακτινοβολία τότε, εφόσον το φωτόνιο που θα συγκρουστεί με το άτομο έχει την απαιτούμενη ενέργεια, ενεργοποιείται και ελευθερώνεται ένα ηλεκτρόνιο της εξωτερικής στοιβάδας. Η ενέργεια που πρέπει να έχει ένα φωτόνιο, για να μπορέσει το υλικό να απορροφήσει τη μέγιστη ενέργεια, πρέπει να ίση με το ενεργειακό κατώφλι (E_g) του υλικού (π.χ για το Si $\lambda_g=1,1\mu\text{m}$). Το ενεργειακό κατώφλι διαφέρει από υλικό σε υλικό. Αν η ενέργεια του φωτονίου, E , είναι του E_g ($h \cdot \nu=hc/\lambda < E_g$), το φωτόνιο δεν απορροφάτε και κατά συνεπεία το υλικό είναι διαφανές σ' αυτό το μήκος κύματος. Εάν η ενέργεια του φωτονίου είναι μεγαλύτερη ή ίση με το ενεργειακό χάσμα ($h \cdot \nu \geq E_g$) το φωτόνιο απορροφάτε από ηλεκτρόνιο σθένους, το οποίο ελευθερώνεται μέσα στο ημιαγωγό δημιουργώντας μια οπή. Το

ηλεκτρόνιο μεταβαίνει στην ζώνη αγωγιμότητας. Αν η ενέργεια των φωτονίων είναι μεγαλύτερη από το ενεργειακό χάσμα, η επιπλέον ενέργεια αποδίδεται από τα αντίστοιχα ηλεκτρόνια στο πλέγμα του υλικού με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του υλικού.



Εικ.2.10 Διάφορα υλικά με διαφορετικά ενεργειακά χάσματα.

2.2.1 Φωτοαγωγιμότητα

Η αγωγιμότητα ενός ημιαγωγού στο σκοτάδι είναι αρκετές φορές μικρότερη σε σχέση με την αγωγιμότητα των μετάλλων. Όταν ο ημιαγωγός φωτιστεί αυξάνεται η αγωγιμότητα του καθώς δημιουργούνται φορείς ρεύματος. Για παράδειγμα η φωτοαγωγιμότητα του c-Si, με φωτισμό 1 kW/m^2 , είναι 7 έως 8 τάξεις μεγαλύτερη από την αγωγιμότητα σκότους. Η αύξηση της αγωγιμότητας του ημιαγωγού, με την επίδραση του φωτός, ονομάζεται φωτοαγωγιμότητα. Με την διακοπή του φωτισμού η αγωγιμότητα του επανέρχεται στα αρχικά του επίπεδα. Τέτοιες διατάξεις χρησιμοποιούνται σαν αισθητήρια φωτός και σαν όργανα μέτρησης της έντασης του φωτός (φωτοαντιστάσεις).

2.3 Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να μετατραπεί απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια με τρεις

κυρίως διαδικασίες:

- της θερμοηλεκτρικής
- της θερμοιονικής
- της φωτοβολταϊκής

Αυτές οι διαδικασίες τις χαρακτηρίζει το πλεονέκτημα της άμεσης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς την μεσολάβηση ενδιάμεσων σταδίων και θερμοδυναμικών κύκλων ή κινουμένων μερών.

Η πρώτη διαδικασία βασίζεται στο θερμοηλεκτρικό φαινόμενο. Δηλαδή στην θέρμανση από την ηλιακή ακτινοβολία μιας μεταλλικής πλακάς που είναι συγκολλημένη σε δυο ηλεκτρόδια από διαφορετικά θερμοηλεκτρικά υλικά. Στα ψυχρά άκρα των ηλεκτροδίων αναπτύσσεται τάση, συνήθως μερικά δέκατα του Volt. Εξαρτάται από το υλικό των ηλεκτροδίων και από τη διαφορά της θερμοκρασίας τους ως προς την μεταλλική πλακά. Το σύστημα αυτό έχει ενεργειακή απόδοση 1%.

Η δεύτερη διαδικασία βασίζεται στο θερμοιονικό φαινόμενο, δηλαδή στη θέρμανση μιας μεταλλικής πλακάς σε κενό, ώστε να εκπέμπονται ηλεκτρόνια από την επιφάνεια της. Έτσι μια μεταλλική πλακά που θερμαίνεται κοντά σε άλλο ηλεκτρόδιο που ψύχεται είναι δυνατό να αποτελέσουν μια θερμοιονική γεννήτρια. Από το θερμαινόμενο ηλεκτρόδιο φεύγουν ηλεκτρόνια τα οποία οδηγούνται στο ψυχόμενο ηλεκτρόδιο. Έτσι το πρώτο γίνεται κάθοδος και το δεύτερο άνοδος. Εάν συνδέσουμε ένα εξωτερικό φορτίο θα έχουμε ηλεκτρικό ρεύμα. Για την λειτουργία της διάταξης χρειάζονται πολύ υψηλές θερμοκρασίες (2.000-2.700°C). Η πραγματική απόδοση φτάνει το 6-8%.

Λόγω του μεγάλου κόστους κατασκευής και λειτουργίας, αλλά και της μικρής απόδοσης, οι παραπάνω διατάξεις δεν βρίσκουν αξιόλογες πρακτικές εφαρμογές.

Η τρίτη διαδικασία φωτοηλεκτρικής μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας είναι καθαρά φωτονική μέθοδος, καθώς η ενέργεια που παράγεται προέρχεται κατευθείαν από τα φωτόνια της ακτινοβολίας. Είναι η μέθοδος που αξιοποιήθηκε καθώς παρουσιάζει και τα περισσότερα πλεονεκτήματα.

Η μεγάλη φωτοαγωγιμότητα που παρουσιάζει ένας ημιαγωγός, είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την δημιουργία του φωτοβολταϊκού φαινομένου, όμως μόνο αυτό δεν αρκεί. Οι ελεύθεροι φορείς που δημιουργούνται πρέπει να τεθούν σε κίνηση με κάποιο μηχανισμό ο οποίος δεν θα απαιτεί εξωτερική ηλεκτρική πηγή. Αυτή η πηγή βρίσκεται μέσα στην ίδια ημιαγωγική διάταξη. Είναι η επαφή p-n Το πεδίο που δημιουργείται με την επαφή δυο ημιαγωγικών υλικών είναι σε θέση να κινήσει τους ελεύθερους ηλεκτρικούς φορείς τους οποίους δημιούργησε το φως. Για να έχουμε φωτοβολταϊκό φαινόμενο, είναι απαραίτητη η δημιουργία επαφής δυο φωτοαγωγιμων ημιαγωγικών υλικών.

2.3.1 Οι εσωτερικές διεργασίες και ο ρόλος του ηλεκτρικού πεδίου επαφής

Τα ζεύγη ηλεκτρονίων-οπών, δημιουργούνται σε όλο το χώρο των ημιαγωγών που είναι σε επαφή με δυο τρόπους:

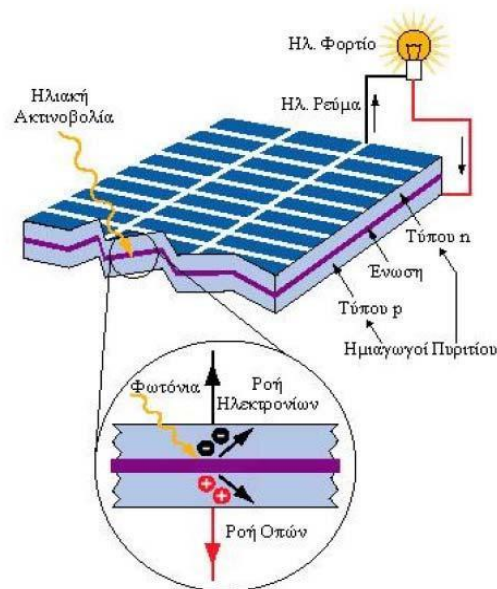
- Θερμικά, καθώς ο ημιαγωγός βρίσκεται σε κάποια θερμοκρασία
- Με τη επίδραση φωτισμού, κατάλληλου μήκους κύματος

Ζεύγη ηλεκτρονίων-οπών δημιουργούνται μέσα στην περιοχή επαφής, οπού υπάρχει το ισχυρό ηλεκτρικό πεδίο, αλλά και έξω από αυτή την περιοχή, κοντά στις περιοχές n και p. Μερικοί από αυτούς τους φορείς, είναι πολύ πιθανό να

φτάσουν στις περιοχές που υπερτερούν όμοιοι με αυτούς φορείς (φορείς πλειονότητας). Εκεί μπορούν να παραμείνουν ως ελεύθεροι ηλεκτρικοί φορείς καθώς είναι πολύ μικρή η πιθανότητα να συναντήσουν φορέα μειονότητας και να επανασυνδεθούν. Οι υπόλοιποι θα συναντήσουν αντίθετο φορέα, με τον οποίο θα γίνει επανασύνδεση. Χωρίς να συμμετέχουν στην δημιουργία ρεύματος. Ατέλειες στην δομή του ημιαγωγού αυξάνει την πιθανότητα επανασύνδεσης. Γι' αυτό το ημιαγωγικό υλικό παρασκευής χαρακτηρίζεται από τον πολύ υψηλό βαθμό καθαρότητας.

Όπως αναφέραμε προηγουμένως η περιοχή τύπου n έχει ως φορείς πλειονότητας τα ελεύθερα ηλεκτρόνια, και αντίστοιχα η περιοχή τύπου p έχει τις οπές όπου γίνεται θετικότερο. Κίνηση των φωτοδημιουργούμενων φορέων και υπό την επίδραση του ισχυρού ηλεκτρικού πεδίου, της επαφής, αποτελεί ρεύμα, με φορά αυτή του πεδίου.

Το ρεύμα αυτό ονομάζεται φωτόρευμα **II**.



Εικ.2.11 Η ημι

φωτορεύματος

Η τιμή του δημιουργούμενου φωτορεύματος είναι ανάλογη του πλήθους των φωτονίων που απορροφά η ημιαγωγική διάταξη, και το οποίο είναι ανάλογο με το πλήθος των φωτονίων που προσπίπτουν στην επιφάνεια της διάταξης. Η συνολική ενέργεια, των φωτονίων, ανά μονάδα χρόνου και επιφανείας, είναι η πυκνότητα ισχύος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Άρα η τιμή του φωτορεύματος I_L είναι ευθέως ανάλογο της πυκνότητας ισχύος $E(W/m^2)$, της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια της διάταξης και του εμβαδού της επαφής των δυο ημιαγωγών.

2.4 Το φωτοβολταϊκό στοιχείο

Η παραπάνω ημιαγωγική διάταξη, ονομάζεται φωτοβολταϊκό στοιχείο. Μέσα στο φωτοβολταϊκό στοιχείο (ΦΒ στοιχείο) δημιουργείται ένα ισχυρό ρεύμα διάχυσης I_d , αποτελούμενο από ηλεκτρόνια και οπές, προσδιορίζεται από την μεταβολή της συγκέντρωσης των φορέων μειονότητας της περιοχής και έχει φορά συμβατικού ρεύματος. Δηλαδή με φορά από τον ημιαγωγό τύπου p προς τον ημιαγωγό τύπου n, αντίθετης δηλαδή από το I_L . Το ρεύμα αυτό είναι το ίδιο με το ρεύμα που δημιουργείται μέσα στη σκιασμένη δίοδο από την εφαρμογή μιας τάσης V_F . Όταν η δίοδος φωτίζεται το ρεύμα I_d προκαλείται από τα φωτοδημιουργούμενα ηλεκτρικά φορτία, τα οποία συσσωρεύονται στα άκρα της, διαχωριζόμενα και ωθούμενα από το πεδίο επαφής.

Μέσα στο ΦΒ στοιχείο κυκλοφορούν δυο ρεύματα, το φωτόρευμα και το ρεύμα διάχυσης. Η διάχυση μπορεί να γίνει μόνο μέσα από το χαμηλωμένο ενεργειακό φραγμό της επαφής (περίπτωση ανοικτού κυκλώματος) είτε μερικώς μέσα απ' το χαμηλωμένο ενεργειακό φραγμό και μερικώς μέσα από εξωτερικό φορτίο (καταναλωτή). Αν βραχυκυκλωθεί το ΦΒ στοιχείο τότε το ρεύμα διάχυσης κυκλοφορεί αποκλειστικά από τον εξωτερικό δρόμο.

Αν συνδέσουμε μια μεταβλητή αντίσταση στα άκρα ΦΒ στοιχείου και προσπίπτει σε αυτό ακτινοβολία σταθερής έντασης, δημιουργείτε φωτόρρευμα I_L . Καθώς μεταβάλλεται η τιμή της αντίστασης, τότε προσαρμόζεται η τάση στα άκρα του, ώστε το ρεύμα να μένει πρακτικά σταθερό.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε πως οι τιμές του ρεύματος και της τάσης ενός ΦΒ στοιχείου, το οποίο φωτίζεται, επαρκούν για να χαρακτηριστεί πηγή ηλεκτρικής ενέργειας.

2.4.1 Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του ΦΒ στοιχείου

i. Το φωτοβολταϊκό στοιχείο σε ανοιχτό κύκλωμα

Κάτω από συνθήκες σταθερού φωτισμού, τα δυο ρεύματα που κυκλοφορούν μέσα στην επαφή, είναι $I_D = -I_L$. Αυτή η ισότητα των ρευμάτων έχει ως αποτέλεσμα η τάση στα άκρα της επαφής p-n, να προσεγγίζει την τιμή της V_{ibe} , του φραγμού της επαφής. Έχει φορά αντίθετη της V_{ibe} και ονομάζεται **τάση ανοικτού κυκλώματος, V_{oc}** .

$$V_{bi} \leq V_{oc}$$

ii. Το ΦΒ στοιχείο σε κλειστό κύκλωμα

α. Με βραχυκλωμένα τα άκρα του

Αν βραχυκυκλωθεί το ΦΒ στοιχείο, το οποίο φωτίζεται, με κατάλληλο αγωγό ώστε να παρουσιάζεται μηδενική αντίσταση, τότε τον αγωγό θα το διαρρέυσει ρεύμα ίσο με το I_L . Λόγω της μηδενικής αντίστασης του αγωγού το φωτόρρευμα I_L θα ισούται με το ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{sc} , $I_{sc} = I_L$. Στην πραγματικότητα όμως δεν ισχύει αυτό καθώς το ΦΒ παρουσιάζει κάποια αντίσταση.

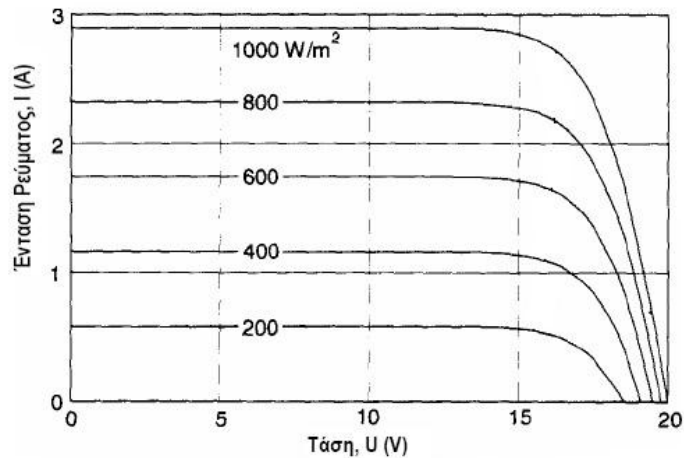
β. Με σύνδεση φορτίου στα άκρα του ΦΒ στοιχείου.

Αν συνδέσουμε φορτίο R (αντίσταση) στα άκρα ΦΒ στοιχείου, τότε το φορτίο θα διαρέεται από ρεύμα I_R , το οποίο είναι μέρος του φωτορεύματος I_L και θα έχουμε

$I_R = I_L - I_L < 0$. Το ρεύμα I_R εξαρτάται από την τιμή της αντίστασης η οποία καθορίζει και τον ρυθμό εκφόρτισης των άκρων της επαφής.

2.4.2 Η ηλεκτρική συμπεριφορά φωτιζόμενου ΦΒ στοιχείου, χαρακτηριστική I-V καμπύλη και σημείο μέγιστης λειτουργίας.

Αν τοποθετήσουμε μια μεταβλητή αντίσταση στα άκρα του στοιχείου και μεταβάλουμε την τιμή της παρατηρούμε ότι το ρεύμα παραμένει σταθερό μέσα σε ορισμένα όρια τάσεων. Όσο αυξάνεται η τιμή της αντίστασης το ρεύμα μειώνεται, μετά από κάποια τιμή ραγδαία, έως η τάση να γίνει ίση με την τάση ανοικτού κυκλώματος όπου το ρεύμα μηδενίζεται. Το ΦΒ στοιχείο συμπεριφέρεται ως πηγή σταθερού ρεύματος, μέσα σε ορισμένα όρια, σε αντίθεση με τον ηλεκτρικό συσσωρευτή οποίος συμπεριφέρεται ως πηγή σταθερής τάσης. Η τιμή του ρεύματος είναι ανάλογη της πυκνότητας ισχύος του φωτός που πέφτει πάνω του. Από τα παραπάνω προκύπτει και η Χαρακτηριστική καμπύλη του ΦΒ στοιχείου, όπου φαίνεται και η ηλεκτρική συμπεριφορά του.



Εικ.2.12 Η χαρακτηριστική καμπύλη IV ενός ΦΒ στοιχείου για διάφορες τιμές πυκνότητας ισχύος

Κάθε ηλεκτρική πηγή, η οποία παράγει ενέργεια, έχει ένα μέγιστο σημείο λειτουργίας. Έτσι και το ΦΒ στοιχείο παρουσιάζει ένα σημείο μέγιστης ισχύος. Το σημείο αυτό παρουσιάζεται κοντά στο σημείο όπου αρχίζει η έντονη πτώση της τιμής του ρεύματος (γόνατο της καμπύλης). Το σημείο μέγιστης λειτουργίας είναι χρήσιμη για την προσαρμογή της αντίστασης του φορτίου για μέγιστη απολαβή ισχύος. Μια άλλη πολύ σημαντική καμπύλη είναι η καμπύλη φόρτου ή ευθεία φόρτου η οποία ενσωματώνεται συνήθως με την χαρακτηριστική καμπύλη του ΦΒ στοιχείου. Η καμπύλη φόρτου προκύπτει ως γραφική παράσταση, του ρεύματος, I που διαρρέει τη διάταξη, σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη ηλεκτρική τάση. Η καμπύλη τοποθετημένη στο διάγραμμα $I-V$ του ΦΒ στοιχείου, τέμνει την χαρακτηριστική καμπύλη του σε ένα σημείο, που αποτελεί κοινή λύση για της εξισώσεις που αντιστοιχούν στις δυο καμπύλες. Το σημείο αυτό καθορίζει το ρεύμα και την τάση στο φορτίο και ονομάζεται σημείο λειτουργίας του συστήματος.

2.5 Η τεχνολογία του ΦΒ στοιχείου

Η κατασκευή ΦΒ στοιχείων ακολουθεί κάποια βήματα: προετοιμασία του Ενδογενούς ημιαγωγού, Παρασκευή των δυο τμημάτων ημιαγωγού με προσμίξεις τύπου p και n και η συνένωση των δυο τμημάτων. Η πρώτη ύλη του ΦΒ στοιχείου είναι το οξείδιο του πυριτίου (SiO_2). Απαραίτητη προϋπόθεση για την παρασκευή του ΦΒ είναι η καθαρότητα του ημιαγωγού (η καθαρότητα του φτάνει το 99,99999%). Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι διάφορες:

- Μέθοδος αναπτύξεως μονοκρυσταλλου ή μέθοδος Czochralski.
- Μέθοδος της επιπλέουσας ζώνης.
- Μέθοδος κράματος.
- Τεχνική της διάχυσης.
- Τεχνική της εμφύτευσης ιόντων.

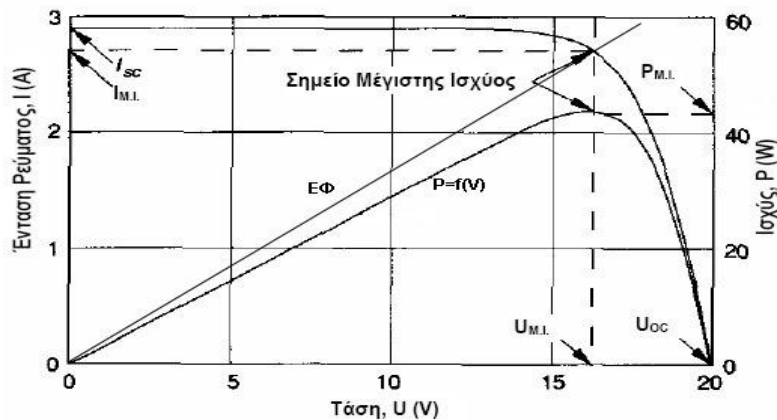
Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες, ανάλογα με τη δομή του βασικού υλικού και τον τρόπο παρασκευής. Έτσι έχουμε:

1. ΦΒ στοιχεία κρυσταλλικού πυριτίου. Το βασικό υλικό είναι μονοκρυσταλλικό και έχουν χρώμα σκούρο μπλε. Το πάχος του είναι $\sim 300\mu\text{m}$. Η απόδοση του σε μορφή κυψελίδας είναι $\sim 21-24\%$, ενώ με την μορφή πλαισίου 13-16%. Έχουν υψηλό κόστος κατασκευής.

2. ΦΒ στοιχεία πολυκρυσταλλικού πυριτίου. Μας δίνουν την δυνατότητα κατασκευής μεγάλων επιφανειών, έχουν πάχος 10-50 μm . Στην επιφάνεια του διακρίνονται μονοκρυσταλλικές περιοχές οι οποίες έχουν γαλάζιο χρώμα. Η εργαστηριακή του απόδοση είναι 17-20% και 10 -14% σε μορφή πλαισίου. Έχουν χαμηλότερο κόστος κατασκευής.

3. ΦΒ στοιχείο ταινίας. Δημιουργούνται ταινίες από τηγμένο πολυκρυσταλλικό πυρίτιο με απόδοση ~13%. Έχει υψηλό κόστος και περιορισμένη παραγωγή.

4. ΦΒ στοιχεία άμορφου πυριτίου. Κατασκευάζονται με λεπτές επιστρώσεις ή υμενίων. Σήμερα η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιείται για τη παρασκευή σύνθετων ΦΒ στοιχείων. Η απόδοσή τους είναι ~9%, σε βιομηχανικό προϊόν. Υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας διαδοχικών ΦΒ στοιχείων σε μεγάλες επιφάνειες ΦΒ πλαισίων.



Εικ.2.13 Η χαρακτηριστική καμπύλη I-V ενός ΦΒ στοιχείου, η ευθεία φόρτου και η καμπύλη $P=f(V)$.



Εικ.2.14 Φέτες πυριτίου (Wafers)

Εκτός από το πυρίτιο παρασκευάζονται ΦΒ και από άλλα υλικά όπως: Ετεροένωση ($\text{Cu}_2\text{S}/\text{CdS}$), Δισεληνοϊνδιούχος Χαλκός (CuInSe_2), Τελουριούχο Κάδμιο (CdTe), Αρσενιούχο Γάλλιο (GaAs). Από αυτά το Αρσενιούχο Γάλλιο (GaAs) παρουσιάζει την υψηλότερη απόδοση, 22% σε μορφή πλαισίου, όμως και με πολύ υψηλό κόστος. Προσπάθειες γίνονται για την παρασκευή οργανικών ΦΒ στοιχείων. Βασίζονται στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από οργανικά και πολυμερή υλικά. Η ιδέα βασίζεται στον μηχανισμό της φωτοσύνθεσης των φυτών. Η απόδοση τους έχει φτάσει το 2,5% με χαρακτηριστικό πρόβλημα την πολύ μικρή διάρκεια ζωής.

2.6 Φωτοβολταϊκά Συστήματα

2.6.1 Τα χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών συστημάτων

Στα φωτοβολταϊκά συστήματα συναντάμε θετικά αλλά και αρνητικά στοιχεία, σε σχέση με τις άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα είναι:

- 1) Μηδενικές εκπομπές ρύπων κατά την λειτουργία τους.
- 2) Άμεση παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για μικρή η μεγάλη ισχύ.
- 3) Δυνατότητα σταδιακής υλοποίησης του συστήματος.
- 4) Αθόρυβη λειτουργία.
- 5) Μεγάλη αξιοπιστία.
- 6) Ελάχιστες απαιτήσεις συντήρησης.
- 7) Μεγάλη διάρκεια ζωής.
- 8) Αποδεκτή αισθητική παρουσία

Όμως υπάρχει ένα σημαντικό μειονέκτημα και το οποίο είναι ένα εμπόδιο για την ευρύτερη διείσδυση των ΦΒ συστημάτων στην ενεργειακή παραγωγή και δεν είναι άλλο από το υψηλό οικονομικό κόστος.

Οι ηλεκτρικές εφαρμογές οι οποίες μπορούν να καλυφθούν από φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι πολλές, από εφαρμογές με πολύ χαμηλή ισχύ και οι οποίες είναι κοινές σε όλους μας (αριθμητικοί υπολογιστές, μικρά φωτιστικά σώματα κήπου κ.α.), μέχρι και συστήματα μεγάλης ισχύος, όπως τροφοδοσία μεγάλων κτιριακών συγκροτημάτων ή τροφοδοσία νησιών, τα οποία είτε μπορεί να είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο είτε όχι.

Η διάκριση των ΦΒ συστημάτων γίνεται σε δύο βασικές κατηγορίες :

α) τα απομονωμένα (stand-alone) ή εκτός δικτύου συστήματα (off grid)
β) και τα συνδεδεμένα στο δίκτυο συστήματα (grid connected), απομονωμένα ΦΒ συστήματα επίσης διακρίνονται σε δύο κατηγορίες : σε αυτόνομα και σε υβριδικά.

2.6.2. Εκτός δικτύου ή Απομονωμένα ΦΒ συστήματα

Τα εκτός δικτύου ΦΒ συστήματα, ονομάζονται τα συστήματα τα οποία παράγουν ηλεκτρική ενέργεια χωρίς να είναι συνδεδεμένα στο κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο.

Χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στα αυτόνομα όπου στα οποία η ΦΒ συστοιχία είναι η αποκλειστική πηγή ενέργειας και στα υβριδικά, όπου και συμπεριλαμβάνεται και άλλη πηγή ενέργειας (Α.Π.Ε ή Η/Ζ)

A) Αυτόνομα ΦΒ συστήματα

Ορίζονται τα συστήματα στα οποία η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια από την εκάστοτε εφαρμογή, καλύπτεται πλήρως από την φωτοβολταϊκή συστοιχία, χωρίς την συμμετοχή άλλου είδους πηγής ενέργειας και μπορεί να περιλαμβάνονται ή όχι ηλεκτρικοί συσσωρευτές. Οι εφαρμογές που εντάσσονται σε αυτή την κατηγορία είναι εκτός του ηλεκτρικού εθνικού δικτύου. Η ενέργεια που παράγεται από τα αυτόνομα ΦΒ συστήματα, μπορεί να είναι συνεχούς τάσεως (DC) είτε εναλλασσόμενης τάσεως (AC).



Εικ.2.15: Συστοιχία φωτοβολταϊκών πλαισίων του εργαστηρίου Ήπιων Μορφών Ενέργειας ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ που λειτουργεί αυτόνομα σε περίπτωση διακοπής του ρεύματος.

Τα αυτόνομα ΦΒ συστήματα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

1. Αυτόνομα ΦΒ συστήματα άμεσης τροφοδοσίας του φορτίου της εφαρμογής. Σε αυτήν την κατηγορία η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια αποδίδεται απευθείας στην ηλεκτρική κατανάλωση, κατά την διάρκεια που φωτίζεται η ΦΒ συστοιχία και βέβαια χωρίς την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας σε ηλεκτρικούς συσσωρευτές. Μία πολύ συχνή χρήση των παραπάνω συστημάτων είναι η άντληση καλλιεργειών που δεν απαιτούν αυστηράτακτική λειτουργία του συστήματος, όπως π.χ. κατά την άρδευση ορισμένων καλλιεργειών, που δεν απαιτούν πότισμα ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

2. Αυτόνομα ΦΒ συστήματα με αποθήκευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

Σε αυτή την κατηγορία συναντάμε εφαρμογές όπως ο φωτισμός μεγάλων οδών Από αυτόνομα ΦΒ συστήματα όπως και επίσης αρχαιολογικών χώρων, αλσυλλίων, υποστήριξη συστημάτων πυρανίχνευσης δασικών εκτάσεων, τηλεπικοινωνιακών αναμεταδοτών, διατάξεις καταγραφής δεδομένων και άλλα πολλά, τα παραπάνω συστήματα σχεδιάζονται και πραγματοποιούνται με πρόβλεψη ορισμένων ημερών αυτονομίας του συστήματος, με βάση το κατάλληλο μέγεθος των συσσωρευτών.

B) Υβριδικά ΦΒ συστήματα

Τα υβριδικά ΦΒ συστήματα ορίζονται εκείνα στα οποία, η απαιτούμενη από την εφαρμογή ηλεκτρική ενέργεια καλύπτεται από τον συνδυασμό της ΦΒ συστοιχίας με άλλες πηγές ενέργειας και ειδικότερα Α.Π.Ε, δηλαδή ανεμογεννήτριες (ΑΓ) και πηγές συμβατικών καυσίμων όπως ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη (H/Z). Ο προσδιορισμός των συνιστωσών Α.Π. προκύπτει με ολοκληρωμένη οικονομοτεχνική μελέτη του συστήματος, με

κριτήριο τον βαθμό συμμετοχής του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους στην διασφάλιση της κάλυψης των ενεργειακών απαιτήσεων της εφαρμογής. Το συνηθέστερο σε αυτά τα συστήματα είναι η αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας σε συσσωρευτές 3.6.3. ΦΒ συστήματα συνδεδεμένα στο δίκτυο

Τα συνδεδεμένα στο δίκτυο φωτοβολταϊκά συστήματα, είναι απ' ευθείας συνδεδεμένα στο εθνικό ή τοπικό δίκτυο ηλεκτρικής παροχής, η σύνδεση αυτή είναι ευεργετική για ένα φωτοβολταϊκό σύστημα διότι παρέχει στο σύστημα ανεξάντλητη ηλεκτρική ενέργεια σταθερής ηλεκτρικής τάσης με αποτέλεσμα να μην είναι αναγκαία η αποθήκευση της παραγόμενης φωτοβολταϊκής ηλεκτρικής ενέργειας. Η διάκριση των παραπάνω συστημάτων είναι μεταξύ αυτών που είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο ως καταναμημένα συστήματα και σε εκείνα που συνιστούν κεντρικούς φωτοβολταϊκούς σταθμούς μεγάλης ισχύος, των οποίων η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια διοχετεύεται στο κεντρικό δίκτυο.



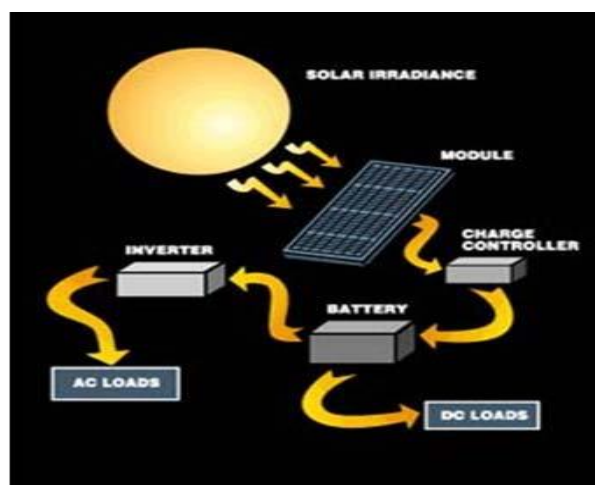
Εικ.2.16 Διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό πάρκο ισχύος 2MW στη Γερμανία.

2.6.3 Ροή της ενέργειας από την ΦΒ συστοιχία στην κατανάλωση

Όπως γνωρίζουμε στην διάρκεια της ημέρας ένα μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην φωτοβολταϊκή συστοιχία μετατρέπεται σε

ηλεκτρική, με αποτέλεσμα αυτή η ηλεκτρική ενέργεια είτε να χρησιμοποιείται για την απ' ευθείας τροφοδοσία των ηλεκτρικών συσκευών της εκάστοτε εφαρμογής, γνωστά και ως φορτία (άμεση χρήση), είτε να αποθηκεύεται σε ηλεκτρικούς συσσωρευτές για την χρησιμοποίηση της κατά την διάρκεια της νύκτας ή σε περιόδους συννεφιάς (έμμεση χρήση).

Η παραγόμενη φωτοβολταϊκή ενέργεια από τη ΦΒ συστοιχία είτε χρησιμοποιείται απ' ευθείας ως έχει, δηλαδή ως ενέργεια συνεχούς ρεύματος είτε μετατρέπεται σε ενέργεια εναλλασσόμενου ρεύματος μέσω μιας διάταξης όπου ονομάζεται inverter, το συνηθέστερο πάντως είναι η μετατροπή του συνεχούς ρεύματος της ΦΒ συστοιχίας σε εναλλασσόμενο διότι οι συσκευές που κυκλοφορούν ευρέως στη αγορά λειτουργούν με την τροφοδοσία των 230 V AC. Σημαντικό είναι να αναφερθεί πως κατά την μετατροπή της ηλιακής ενέργειας στην είσοδο του φωτοβολταϊκού συστήματος σε ηλεκτρική και η μεταφορά της στο χώρο καταναλωτή τελικής αξιοποίησής της, συνοδεύεται από απώλειες, που οφείλονται στο ότι ένα μέρος της μεταφερόμενης ηλεκτρικής ενέργειας μετατρέπεται σε εσωτερική ενέργεια των συσκευών με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας των καλωδίων και των ηλεκτρονικών διατάξεων του ΦΒ συστήματος, αποβαλλόμενη τελικά προς το περιβάλλον.



Εικ.2.17 Η ροή ενέργειας από τον ήλιο στον καταναλωτή

Κεφάλαιο 3

Η τοποθέτηση των συλλεκτών Ηλιοτρόπια



3.1 Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας

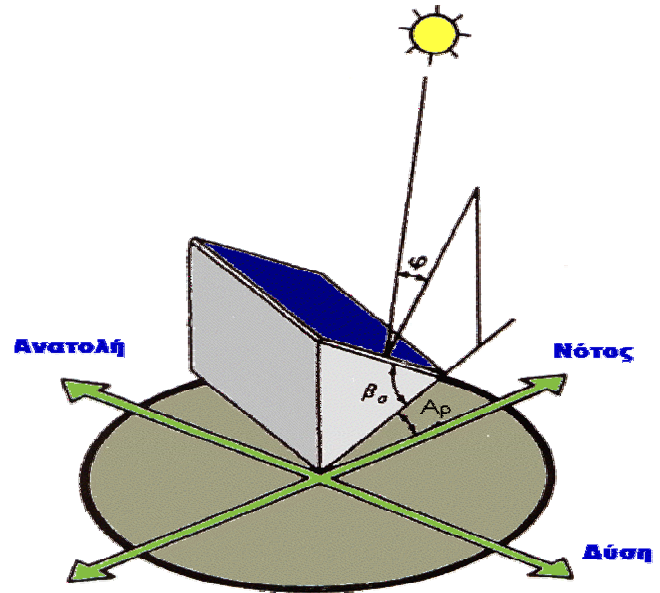
Η συλλογή όσο το δυνατόν μεγαλύτερων ποσών ηλιακής ενέργειας από τον Ήλιο, είναι άμεσα συνδεδεμένη με το σωστό προσανατολισμό του φωτοβολταϊκού συλλέκτη. Γενικά η μεγαλύτερη αποδοτικότητα εμφανίζεται με προσανατολισμό του συλλέκτη προς τον ηλιακό νότο, δηλαδή την στιγμή που ο Ήλιος βρίσκεται στον μεσημβρινό του συγκεκριμένου τόπου.

3.1.1 Οι σφαιρικές συντεταγμένες ενός τόπου

Για να καταφέρουμε να προσανατολίσουμε σωστά ένα ΦΒ συλλέκτη για τη μέγιστη απολαβή ηλιακής ενέργειας, θα πρέπει να γνωρίζουμε τις σφαιρικές συντεταγμένες του συγκεκριμένου τόπου και οι οποίες είναι οι εξής :

1. Το **γεωγραφικό μήκος** (L), από $0-180^\circ$ Ανατολικά και με αρνητικό πρόσημο και από $0-180^\circ$ Δυτικά, με θετικό πρόσημο, με αναφορά το μεσημβρινό του Greenwich.
2. Το **γεωγραφικό πλάτος** (λ), από $0-90^\circ$ Βόρεια και $0-90^\circ$ Νότια. Με αναφορά τον Ισημερινό.

Εικ.3.1 Η κλίση (β_s) και η αζιμούθια γωνία (A_p) που χαρακτηρίζουν τον προσανατολισμό ενός επίπεδου ηλιακού συλλέκτη στην επιφάνεια της Γης.



3.1.2 Ο προσανατολισμός του συλλέκτη ως προς τον αληθή Νότο

Όπως έχουμε αναφέρει και προηγουμένως, για να προσανατολίσουμε σωστά ένα συλλέκτη, θα πρέπει να καθοριστούν η γωνία κλίσης του και το αζιμούθιο του, ως προς την κατεύθυνση του Νότου. Η κατεύθυνση αυτή χαρακτηρίζεται από τη μέγιστη τιμή της απευθείας ηλιακής ακτινοβολίας, κατά τη διάρκεια μίας αίθριας ημέρας.

Για τον προσδιορισμό του αληθούς Νότου, υπάρχουν διάφορα σχετικά όργανα, όπως η μαγνητική και η γυροσκοπική πυξίδα, όπως επίσης ο υπολογισμός και προσδιορισμός της χρονικής στιγμής του ηλιακού μεσημεριού. Για την εύρεση του αληθί Νότου με τον προσδιορισμό του ηλιακού μεσημεριού σε ένα τόπο, προσδιορίζεται η διεύθυνση της σκιάς που δημιουργεί μια κατακόρυφη λεπτή ράβδος, που βρίσκεται σε οριζόντιο επίπεδο, κατά τη στιγμή εκείνη που ο Ήλιος βρίσκεται στο υψηλότερο σημείο της φαινόμενης ημερησίας τροχιάς του. Για να μπορέσουμε να καταφέρουμε κάτι τέτοιο, θα πρέπει να γνωρίζουμε την αντίστοιχη χρονική στιγμή, με βάση τον

τοπικό χρόνο, τον οποίο δείχνει ένα ρολόι που είναι προγραμματισμένο να λειτουργεί με τον Επίσημο ή Πολιτικό χρόνο. Η εύρεση του ηλιακού μεσημεριού με βάση τον επίσημο χρόνο, απαιτεί τη γνώση δύο στοιχείων, τη ζώνη του πολιτικού χρόνου όπως και το γεωγραφικό μήκος του τόπου και η χρονική διόρθωση με βάση την εξίσωση του χρόνου, για την συγκεκριμένη ημέρα του έτους.

3.2 Τρόποι στήριξης και προσανατολισμός των πλαισίων.

Οι απαιτήσεις κάθε συστήματος παραγωγής ηλ. ενέργειας, από φωτοβολταϊκά στοιχεία, καθορίζει τον τρόπο τοποθέτησης και στήριξης των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Στοιχεία που προσδιορίζουν τον τρόπο τοποθέτησης των πλαισίων είναι αρκετά, όπως:

- Η ενεργεία που θέλουμε να παράγουμε καθορίζει το πλήθος των φωτοβολταϊκών στοιχείων, τον μηχανολογικό και ηλεκτρικό-ηλεκτρονικό εξοπλισμό που θα τοποθετηθεί στο σύστημα μας.
- Το περιβάλλον και οι τοπικές καιρικές συνθήκες καθορίζουν το που και το πώς θα στηριχθούν τα πλαίσια.
- Η οικονομική δυνατότητα που έχουμε είναι η αυτή που μας περιορίζει ή μας επιτρέπει να εγκαταστήσουμε ένα ακριβό σύστημα, το οποίο όμως θα μας αποδώσει πολύ περισσότερο από ένα φθηνότερο.

Τρεις είναι οι κύριοι τρόποι στήριξης των πλαισίων και διακρίνονται ανάλογα με την ενεργειακή απολαβή:

- Στήριξη με σταθερή γωνία κλίσης του συλλέκτη
- Εποχιακά ρυθμιζόμενη κλίση
- Συνεχούς ημερήσιας παρακολούθησης ηλιοτρόπιο –trackers

3.2.1 Στήριξη με σταθερή γωνία κλίσης του συλλέκτη

Είναι ο απλούστερος και οικονομικότερος τρόπος στήριξης που μπορεί να εφαρμοστεί για την τοποθέτηση συλλεκτών. Ο σχεδιασμός του συστήματος είναι αρκετά απλός καθώς στο μονό που πρέπει να δοθεί προσοχή είναι η γωνία κλίσης και ο προσανατολισμός των συλλεκτών.

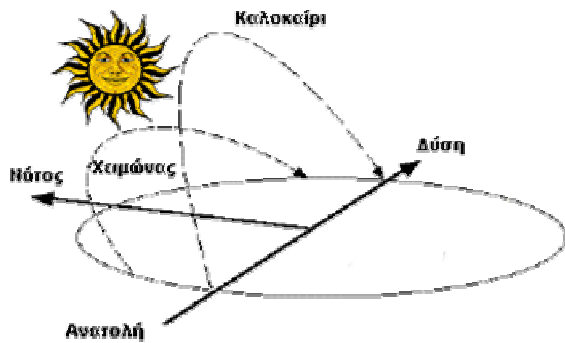
Είναι ένας αρκετά αξιόπιστος τρόπος καθώς δεν έχει κινητά μέρη και προτείνεται σε μέρη με ισχυρούς ανέμους, π.χ. βουνά. Επίσης χρησιμοποιείται όταν θέλουμε να ενσωματώσουμε τους συλλέκτες σε κτίρια π.χ. προσόψεις, στέγες.



Εικ.3.2 Φωτοβολταϊκά ενσωματωμένα σε κτίρια

Για την τοποθέτηση των συλλεκτών πρέπει να επιλεγεί η καταλληλότερη γωνία κλίσης και ο προσανατολισμός. Όταν ο χώρος τοποθέτησης δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία καθ'ολη τη διάρκεια της ημέρας και του έτους, είναι η πιο απλή περίπτωση. Τότε η γωνία κλίσης του συλλέκτη είναι κοντά στο γεωγραφικό πλάτος του τόπου και κατά κανόνα ακολουθούμε νότιο αζιμουθιακό προσανατολισμό για το βόρειο ημισφαίριο (στο νότιο ημισφαίριο επιλεγούμε βόρειο). Όταν η γωνία κλίσης είναι ίση με το λ του τόπου, οι ακτίνες πέφτουν κάθετα στους συλλέκτες δυο φορές το χρόνο, το μεσημέρι των ισημεριών, 21 Μαρτίου και 22 Σεπτεμβρίου.

Κατά το ηλιακό μεσημέρι, ο ήλιος, έχει το μέγιστο ύψος, ELM (maximum elevation). Το ύψος αυτό μεταβάλλεται καθημερινά, από την ελάχιστη τιμή $ELM_{ελ}=(90^{\circ}-\lambda)-23,5^{\circ}$, στις 22 Δεκεμβρίου, μέχρι την μέγιστη $ELM_{μεγ}=(90^{\circ}-\lambda)+23,5^{\circ}$ (21 Ιουνίου) και στην συνέχεια μειώνεται και παίρνει την τιμή της 22^{ας} Δεκεμβρίου. Η γωνία των ακτίνων κατά την μεσουράνηση του, ως προς την κάθετη στην επιφάνεια του συλλέκτη, μεταβάλλεται από $-23,5^{\circ}$ έως $+23,5^{\circ}$.



Εικ.2.3 Οι θέσεις του ηλίου κατά την διάρκεια του χειμώνα και του καλοκαιριού

Συμπέρασμα: όταν ο συλλέκτης έχει κλίση ίση με την γωνιά λ του τόπου, η μέση ημερησία τιμή της ετησίας ενεργειακής απολαβής γίνεται μέγιστη.

Για να προκύψει, βεβαία η βέλτιστη γωνία κλίσης του συλλέκτη, με σταθερή γωνία κλίσης, πρέπει να ληφθούν υπόψη και κατά τόπους μετεωρολογικές συνθήκες οι οποίες επηρεάζουν την ολική διάχυτη και απευθείας ακτινοβολία καθώς και το albedo του εδάφους (ανακλαστικότητα του εδάφους). Για να προκύψει η βέλτιστη γωνία κλίσης πρέπει να καταγραφούν όλα αυτά τα μετεωρολογικά στοιχεία για αρκετά χρόνια και σε διαφορετικές γωνίες. Συνήθως όμως δεν είναι διαθέσιμες λόγω του μεγάλου κόστους των μετρήσεων, αρκούμαστε σε μετρήσεις με έναν αισθητήρα ηλιακής ακτινοβολίας (π.χ. πυρόμετρο) σε οριζόντια θέση για όσο μεγαλύτερο χρονικό διάστημα γίνεται. Μετά τη λήψη των μετρήσεων και κατάλληλη επεξεργασία προσδιορίζεται η

βέλτιστη γωνία του συλλέκτη. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν μετρήσεις για πλησιέστερη περιοχή, λαμβάνοντας υπόψη το albedo του εδάφους.



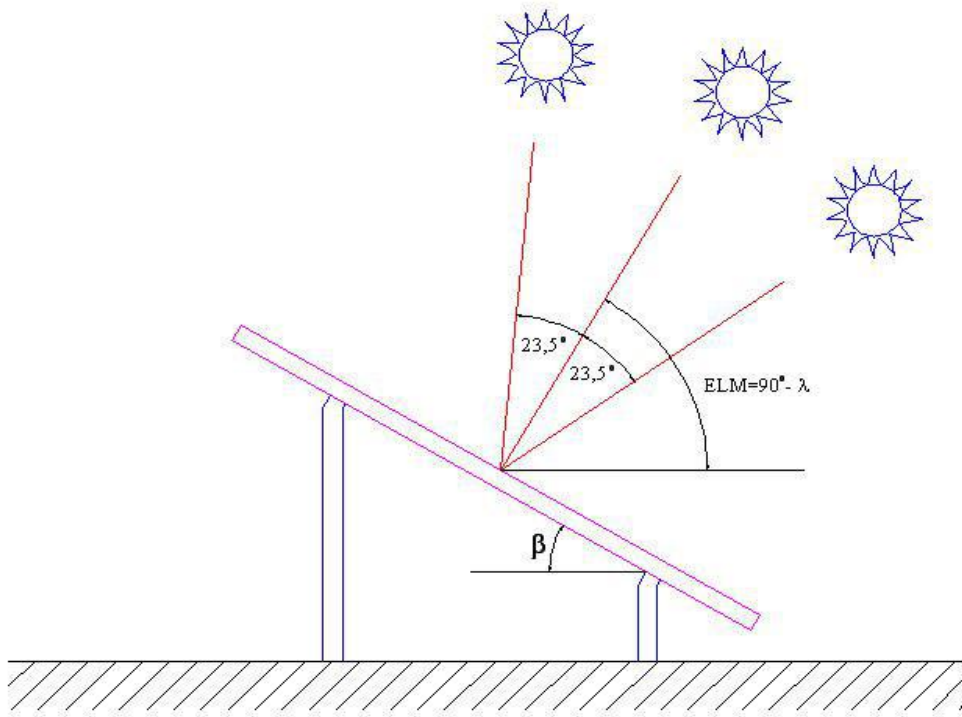
***Εικ.3.4 Φωτοβολταϊκά πλαίσια τοποθετημένα με σταθερή γωνία κλίσης
(Εργαστήριο Ήπιων Μορφών Ενέργειας ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ)***

Παρατηρήσεις για την τοποθέτηση των συλλεκτών με σταθερή κλίση:

- Για τόπους με μέσα και μεγάλα γεωγραφικά πλάτη ($>20^\circ$) βρίσκεται στην περιοχή $\lambda-(10^\circ\div 15^\circ)$.
- Για τόπους με μικρά λ , γύρω από τον ισημερινό, η βέλτιστη γωνία είναι 0° . Στην πράξη όμως οι συλλέκτες τοποθετούνται με μια μικρή γωνία $5^\circ\div 10^\circ$ ώστε, κατά την πλύση της επιφάνειας από το νερό της βροχής ή της πλύσης να απομακρύνονται τα διαφορά σώματα που επικάθονται (σκόνη, φύλλα, κ.α.).
- Για τόπους όπου δεν υπάρχουν διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα αρκούμαστε στο να τοποθετήσουμε τον συλλέκτη σε μια γωνία $\beta=\lambda-10^\circ$.
- Αν οι ενεργειακές ανάγκες που θέλουμε να καλύψουμε είναι κατά την διάρκεια του χειμώνα η καταλληλότερη γωνία είναι $\beta=\lambda+15^\circ$. Ενώ εάν

θέλουμε ενέργεια κατά την διάρκεια του καλοκαιριού τότε τους τοποθετούμε με κλίση $\beta = \lambda - 15^\circ$.

- Σε περιοχές με φυσικά εμπόδια ο συλλέκτης τοποθετείται έτσι ώστε να προκύπτει η μέγιστη ενεργειακή απολαβή.



Εικ.3.5 Στήριξη με σταθερή γωνία κλίσης

3.2.2 Στήριξη με εποχιακή ρύθμιση της κλίσης του συλλέκτη

Όπως είδαμε στην προηγούμενη παράγραφο, δεν είχαμε δυνατότητα αλλαγής της γωνιάς κλίσης του συλλέκτη, με αποτέλεσμα η εγκατάσταση μας να αποδίδει πολύ λιγότερο από ότι μπορεί να δώσει. Για να αυξηθεί η απόδοση του συστήματος κατασκευάζονται βάσεις, όπου τοποθετούνται οι συλλέκτες, με δυνατότητα ρύθμισης της κλίσης του συλλέκτη. Η μηχανολογική κατασκευή

είναι σχετικά φθηνή και απλή ώστε όλοι οι χρηστές να μπορούν να κάνουν την εποχιακή ρύθμιση.

Η ρύθμιση του συλλέκτη γίνεται δυο φορές τον χρόνο, μια κατά το χειμερινό εξάμηνο (22 Σεπτεμβρίου-21 Μαρτίου) και μια κατά το θερινό εξάμηνο (21 Μαρτίου- 22 Σεπτεμβρίου). Η αλλαγή αυτή γίνεται ώστε η κλίση μεταξύ των ακτινών του ηλίου και της επιφάνειας του συλλέκτη να πλησιάζει όσο το δυνατόν τις 90° .

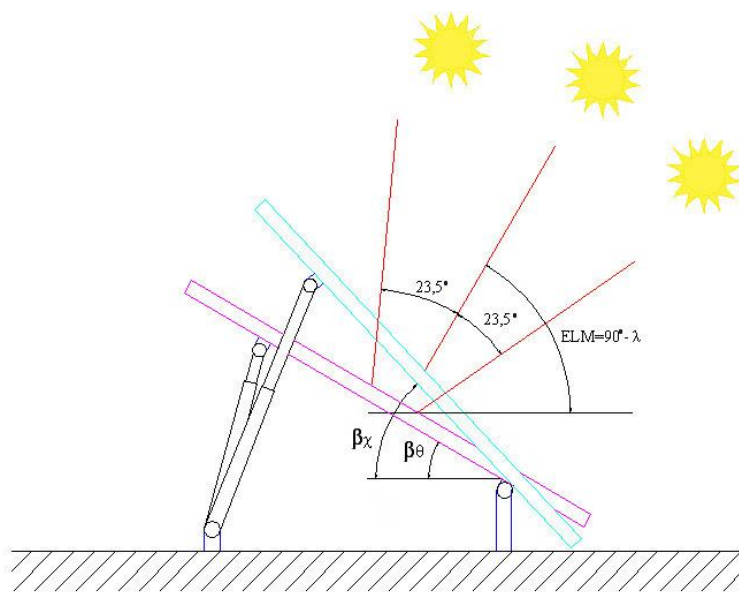
Για τον προσδιορισμό της σωστής γωνιάς του συλλέκτη πρέπει να είναι γνωστά τα μετεωρολογικά δεδομένα του τόπου (ηλιοφάνειας, ανέμου, θερμοκρασίας, κ.λ.π.), καθώς και albedo του εδάφους όπως και στην προηγούμενη παράγραφο.

Συμπέρασμα:

- **Κατά τη χειμερινή περίοδο η καταλληλότερη γωνία κλίσης είναι $\beta = \lambda + (10^\circ \div 15^\circ)$.**
- **Κατά τη θερινή περίοδο η καταλληλότερη γωνία είναι $\beta = \lambda - (10^\circ \div 15^\circ)$.**

Παρατηρήσεις για την τοποθέτηση των συλλεκτών με ρυθμιζόμενη κλίση:

- Σε περιοχές με φυσικά εμπόδια ο συλλέκτης τοποθετείται έτσι ώστε να προκύπτει η μέγιστη ενεργειακή απολαβή κατά την διάρκεια όλου του έτους.
- Πρέπει να γίνεται σωστή μελέτη και σχεδιασμός της κατασκευής ώστε και στις δυο κλίσεις να επιτυγχάνεται η βέλτιστη γωνία για μέγιστη απόδοση.



Εικ.3.6 Στήριξη με δυνατότητα ρύθμισης της γωνίας κλίσης

3.3 Συνεχούς ημερήσιας παρακολούθησης, ηλιοτρόπιο (trackers)

Σύμφωνα με τα προηγούμενα, οι συλλέκτες τοποθετούνταν είτε με σταθερή κλίση είτε με εποχιακή ρύθμιση της γωνίας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μικρή απολαβή ενεργείας από τον ήλιο ιδιαίτερα στην πρώτη μέθοδο, με σταθερή γωνία κλίσης. Μια βελτιωμένη εκδοχή είναι η δεύτερη μέθοδος με αυξημένη απολαβή σε σχέση με την πρώτη.

Για να τα πετύχουμε υψηλότερη απολαβή ισχύος κατασκευάζουμε συσκευές διαρκούς παρακολούθησης της πορείας του ήλιου. Οι συσκευές αυτές μοιάζουν αρκετά με το φυτό **ηλιοτρόπιο** ή **ηλιάνθος**, από όπου πήραν και το όνομα τους. Τα ηλιοτρόπια (**trackers**) στρέφουν τους συλλέκτες έτσι ώστε οι ακτίνες του ηλίου να προσπίπτουν κάθετα στην επιφάνεια του συλλέκτη. Με τα ηλιοτρόπια έχουμε μια αύξηση της αποδιδόμενης ισχύος 30%-50%, σε σχέση με τους σταθερούς τρόπους στήριξης

Υπάρχουν δυο κατηγορίες ηλιοτροπιών ανάλογα με το είδος της κίνησης που εκτελούν:

- I. Στροφή γύρω από έναν άξονα
- II. Στροφή γύρω από δυο άξονες

3.3.1 Στροφή γύρω από έναν άξονα

Η συστοιχία περιστρέφεται γύρω από έναν άξονα με κατάλληλο μηχανισμό, ξεκινώντας από την ανατολή και παρακολουθώντας την πορεία του ήλιου καθ' όλη την ημέρα καταλήγοντας στην δύση. Διακρίνουμε δυο περιπτώσεις:

- Το σύστημα περιστρέφεται ως προς κατακόρυφο άξονα, έτσι ώστε οι ακτίνες του ήλιου να πέφτουν κάθετα στον συλλέκτη (αζιμουθιακό ηλιοτρόπιο)
- Το σύστημα περιστρέφεται ως προς άξονα τοποθετημένο σε γωνία ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, παράλληλα με τον πολικό άξονα της γης. Έτσι ο ήλιος βρίσκεται συνεχώς στο επίπεδο που είναι κάθετο στο συλλέκτη. Κατά την διάρκεια του έτους η γωνία μεταξύ των ακτινών του ηλίου και της κάθετης στο συλλέκτη, κυμαίνεται από $-23,5^{\circ}$ έως $+23,5^{\circ}$. (πολικό ηλιοτρόπιο-polar tracker)



Εικ.3.7 Φωτοβολταϊκά πλαίσια τοποθετημένα που περιστρέφονται γύρω από έναν άξονα. (Εργαστήριο Ήπιων Μορφών Ενέργειας ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ)

Ο έλεγχος των συστημάτων αυτών γίνεται με δυο τρόπους:

- I. Με ηλεκτρονικό αυτόματο έλεγχο
- II. Με πνευματικό αυτόματο έλεγχο

I. Ο ηλεκτρονικός έλεγχος γίνεται με δυο τρόπους

- Με χρήση οπτικών αισθητήρων
- Με χρήση Η/Υ και κατάλληλο λογισμικό

Η χρήση οπτικών αισθητήρων βασίζεται στην ανίχνευση της κίνησης του ήλιου. Οι αισθητήρες (φωτοδιοδοι, φωτοαντιστάσεις, φωτοβολταϊκά πλαίσια) τοποθετούνται με κατάλληλο τρόπο ώστε να αντιλαμβάνονται την κίνηση του ήλιου από την μεταβολή της σκίασης στους αισθητήρες. Συνήθως τοποθετείται κάθετα στους συλλέκτες ένα έλασμα και οι αισθητήρες τοποθετούνται δεξιά και

αριστερά του ελάσματος. Επίσης υπάρχει δυνατότητα χρήσης φωτοβολταϊκών στοιχείων τοποθετημένα πλάτη με πλάτη κάθετα στους συλλέκτες.

Τα σήματα από τους αισθητήρες οδηγούνται σε διαφορικό ενισχυτή ο οποίος με την σειρά του οδηγεί τον κινητήρα του συστήματος. Ο κινητήρας συνήθως είναι βηματικός ή σερβοκινητήρας και η κίνηση μεταδίδεται μέσω μειωτήρων.

Το σύστημα είναι αρκετά απλό και οικονομικό με σοβαρά όμως μειονεκτήματα. Σε ημέρες με αραιή ή αρκετή συννεφιά το σύστημα είναι αναξιόπιστο. Οι αισθητήρες αδυνατούν να αναγνωρίσουν την πραγματική θέση του ηλίου καθώς δέχονται ακτινοβολία από διάφορες θέσεις. Επίσης αντανάκλασεις από διερχόμενα οχήματα ή τζάμια κτιρίων μπορούν να επηρεάσουν το σύστημα.

Με κατάλληλα ηλεκτρονικά υπάρχει η δυνατότητα να αντιμετωπισθούν όλα αυτά τα προβλήματα αυξάνοντας βέβαια την πολυπλοκότητα και το αρχικό κόστος του συστήματος.



Εικ.3.8 Πολικό ηλιοτρόπιο με ενσωματωμένους ανακλαστήρες για αύξηση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας στα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Διακρίνεται και το μικρό ΦΒ που χρησιμοποιείται σαν αισθητήρας για τον προσδιορισμό της θέσης του ηλιοτροπίου

Για να αποφύγουμε τα προβλήματα αυτά εκμεταλλευόμαστε τις δυνατότητες των Η/Υ. Με την χρήση αλγορίθμων ορίζουμε την ακριβή θέση που πρέπει να βρίσκεται το ηλιοτρόπιο. Δυο είναι οι βασικοί τρόποι ελέγχου των συστημάτων αυτών, με την επίλυση των εξισώσεων της θέσεως του ηλίου ή με προσδιορισμό των θέσεων του ηλίου κατά την διάρκεια της ημέρας και του έτους.

Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε προσωπικό Η/Υ ή μικροϋπολογιστή (microcontroller) για να οδηγήσουμε τον κινητήρα.

Η χρήση Η/Υ είναι η καλύτερη και πιο αξιόπιστη λύση καθώς η κίνηση του ηλιοτροπίου βασίζεται σε μαθηματικές εξισώσεις και όχι στην ακτινοβολία η οποία μπορεί να προέρχεται από πολλά σημεία του ουράνιου θόλου.

II. Ο πνευματικός έλεγχος βασίζεται στην τροποποίηση της ισορροπίας ενός πνευματικού συστήματος, εξαιτίας διαφορικής θέρμανσης από τον ήλιο. Το σύστημα αποτελείται από δυο δοχεία με υγρό και έναν υδραυλικό σερβοκινητήρα. Τα δοχεία συνδέονται με αγωγό και ο κινητήρας σε σειρά με τον αγωγό. Το ένα δοχείο θερμαίνεται περισσότερο από το άλλο, το ένα σκιάζεται το άλλο όχι, αυξάνοντας την θερμοκρασία του. Αυτό αυξάνει την πίεση στο δοχείο με αποτέλεσμα την ροή του υγρού από το ένα δοχείο στο άλλο και την περιστροφή του κινητήρα.

Είναι ένα αρκετά αξιόπιστο σύστημα με μεγάλο κόστος.

3.3.2 Στροφή γύρω από δυο άξονες

Τα ηλιοτρόπια με στροφή γύρω από δυο άξονες παρακολουθούν και τις δυο κινήσεις του ήλιου, αζιμούθιο και ύψος (elevation). Η συστοιχία στρέφεται γύρω από δυο άξονες, ξεκινώντας από την ανατολή το πρωί και καταλήγοντας

στην δύση το απόγευμα. Η κατασκευαστική διαφορά του ηλιοτροπίου δυο αξόνων είναι η χρήση δυο συστημάτων κίνησης, ένα για κάθε κίνηση.



Εικ.2.9: Μεγαλύτερης ισχύος συγκεντρωτικός ηλιακός συλλέκτης, Ισπανικής κατασκευής, ο οποίος μπορεί να συλλέγει μεγάλες ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας με καλή απόδοση, εγκατεστημένος στο εργαστήριο ΗΜΕ του ΤΕΙ Πάτρας. Οι συγκεντρωτικοί αυτοί ηλιακοί συλλέκτες μπορεί να περιστρέφονται επί δύο αξόνων παρακολουθώντας τον ήλιο, ώστε η ηλιακή ακτινοβολία να προσπίπτει πάντα κάθετα στο επίπεδό τους.

Λόγω της παρακολούθησης του ηλίου και στους δυο άξονες, οι ακτίνες του ηλίου προσπίπτουν κάθετα στους συλλέκτες καθ'ολη τη διάρκεια της ημέρας και του έτους, κάτι που κάνει το σύστημα αυτό πιο αποδοτικό σε σχέση με τα άλλα. Η απόδοση του φτάνει το 99,9%. Βεβαίως το κόστος του είναι αρκετά υψηλότερο λόγω της χρήσης διπλών ηλεκτρονικών συστημάτων και της περίπλοκης μηχανολογικής κατασκευής.

Ο έλεγχος κίνησης του ηλιοτροπίου γίνεται με ηλεκτρονικά, όπως και στα ηλιοτρόπια ενός άξονα, με την χρήση αισθητήρων ή με χρήση Η/Υ.

Η χρήση της μεθόδου των αισθητήρων βασίζεται στην σκίαση των αισθητήρων σε δυο άξονες. Τοποθετούνται δυο ή περισσότεροι αισθητήρες για τον έλεγχο της αζιμουθιακής κίνησης του ηλιοτροπίου και δυο ή περισσότεροι αισθητήρες για τον έλεγχο της γωνιάς του ύψους.

Όταν ο έλεγχος γίνεται με H/Y τότε οι εξισώσεις που επιλύονται είναι για το ύψος και για το αζιμούθιο.

Για να αυξήσουμε την παραγόμενη ισχύ από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, τοποθετούμε ανακλαστήρες στις δυο μεγαλύτερες απέναντι πλευρές. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η συνολική πυκνότητα ισχύος του φωτός στο ΦΒ πλαίσιο να φτάνει ακόμα και στο διπλάσιο. Εφαρμόζεται συχνά σε πολικά ηλιοτροπία και σε ηλιοτροπία δυο αξόνων με παρά πολύ καλά αποτελέσματα.

Παρακάτω δίνονται μερικές λεπτομέρειες για την λειτουργία και την τοποθέτηση των ηλιοτροπίων:

Ο άνεμος είναι ίσως ο μοναδικός εχθρός των ηλιοτροπίων. Λόγω των κινουμένων μερών παρουσιάζεται ο κίνδυνος της καταστροφής τους από δυνατό άνεμο. Για αυτόν τον λόγο πρέπει κατά την τοποθέτησή τους να προβλέπεται κατάλληλη στερέωση. Σε αρκετές περιπτώσεις γίνεται χρήση ανεμομέτρου ώστε σε περίπτωση ισχυρού ανέμου το ηλιοτρόπιο να έρχεται σε οριζόντια θέση (για ηλιοτροπία δυο αξόνων) ή σε θέση όπου παρουσιάζεται η μικρότερη μετώπη με τον αέρα. Η θέση αυτή, κατά κανόνα, είναι η νότια θέση αναφοράς. Σε αυτή την θέση βρίσκεται και κατά την διάρκεια την νύχτας, από την δύση έως τη ανατολή.

Η θέση αναφοράς για τα ηλιοτρόπια είναι ο αληθής νότος (για τα ηλιοτρόπια δυο αξόνων εκτός από τον αληθή νότο, ορίζουμε και μια γωνία αναφοράς π.χ. 20°). Έτσι κατά την τοποθέτηση πρέπει να προσδιοριστεί σωστά ο νότος για να την αποφυγή σφαλμάτων κατά την λειτουργία της συσκευής. Ιδιαίτερα στα

ηλιοτρόπια που ελέγχονται μέσω υπολογιστή πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή σε αυτό το θέμα. Σε περίπτωση λανθασμένου προσανατολισμού θα υπάρχει μειωμένη απόδοση κατά την λειτουργία, καθώς είναι το σημείο αναφοράς για τον υπολογισμό της κατάλληλης γωνίας. Ο προσδιορισμός του αληθούς νότου μπορεί να γίνει με ηλεκτρονικά όργανα (GPS), με μαγνητική ή γυροσκοπική ή ηλεκτρονική πυξίδα, με προσδιορισμό του ηλιακού μεσημεριού.

Από τη θέση αναφοράς γίνεται ο υπολογισμός της θέσης που πρέπει να πάρει το ηλιοτρόπιο κατά την ανατολή για να ξεκινήσει η παρακολούθηση του ήλιου. Για να αντιληφθεί το σύστημα την θέση αναφοράς χρησιμοποιείται διακόπτης ο οποίος ενεργοποιείται με την κίνηση του ηλιοτροπίου. Διακόπτες τοποθετούνται επίσης, στις οριακές θέσεις που παίρνει το σύστημα, για προστασία του, καθώς κατά την λειτουργία του μπορεί να παρουσιαστεί βλάβη και να κινηθεί πέρα από τα όρια του. Αυτό το φαινόμενο παρουσιάζεται συχνά στον έλεγχο με αισθητήρες φωτός, λόγω στις ανακλώμενες ακτίνες.

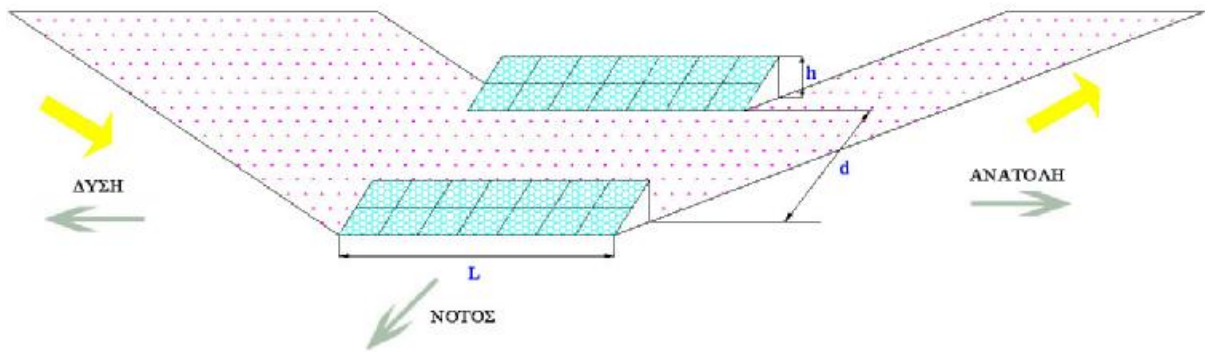
Ο προσδιορισμός της σωστής γωνίας του συλλέκτη γίνεται με αισθητήρες θέσης ή περιστροφής (encoders). Υπάρχουν αρκετά είδη αισθητήρων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανάλογα με τις ανάγκες μας. Κατατάσσονται σε κατηγορίες ανάλογα την αρχή λειτουργίας τους: οπτικοί, μαγνητικοί και ηλεκτρικής τάσης (ποτενσιόμετρα). Τελευταία έχουν εμφανιστεί αισθητήρες οι οποίοι αντιλαμβάνονται την αλλαγή του μαγνητικού πεδίου της γης όταν αλλάζουν θέση. Μεγάλο πλεονέκτημα είναι η υψηλή ευαισθησία και ακρίβεια ενώ μειονέκτημα είναι το υψηλό κόστος αγοράς και η επίδραση τους με χαλύβδινα αντικείμενα. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται στην κατασκευή υλικά από ανοξείδωτο χάλυβα και αλουμίνιο .

3.4 Ελάχιστη απόσταση μεταξύ συστοιχιών φωτοβολταϊκού συγκροτήματος

Κατά το σχεδιασμό και την κατασκευή ενός φωτοβολταϊκού συγκροτήματος, από το πιο μικρό (π.χ. οικιακή εφαρμογή) έως την πιο μεγάλη (π.χ. φωτοβολταϊκό πάρκο), πρέπει να δοθεί σημασία και προσοχή στην τοποθέτηση των συστοιχιών. Όταν οι συστοιχίες τοποθετούνται η μια πίσω από την άλλη παρουσιάζεται το πρόβλημα της σκίασης. Η συστοιχία που βρίσκονται μπροστά από μια άλλη ρίχνει την σκιά της στην αμέσως επόμενη. Όσο μακριά και να τοποθετηθεί η μια από την άλλη, κάποια στιγμή της ημέρας θα σκιάζεται. Για αυτό το λόγο οι συστοιχίες τοποθετούνται σε απόσταση τέτοια ώστε η σκίαση να είναι η ελάχιστη. Όμως η χαμηλότερη σειρά πλαισίων θα σκιάζεται κατά την ανατολή και την δύση. Κατά την σκίαση όμως η ενεργειακή τους απόδοση μηδενίζεται και για αυτό χρησιμοποιούνται δίοδοι παράκαμψης σε κάθε ΦΒ πλαίσιο.

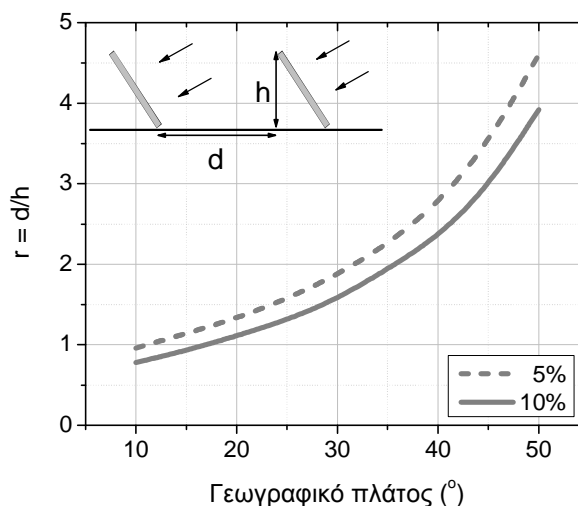
Μία ιδέα για την τοποθέτηση των συστοιχιών θα ήταν η απόσταση μεταξύ των συστοιχιών να είναι το μέγιστο μήκος της μεσημεριανής σκιάς κατά την διάρκεια του έτους, στις 21 Δεκεμβρίου. Είναι όμως ενεργειακά ασύμφορο, διότι πριν και μετά το μεσημέρι, η σκιά θα καλύπτει μεγάλο μέρος της συστοιχίας.

Για αυτό η μελέτη γίνεται έτσι ώστε η απώλεια ισχύος να μην ξεπερνά ένα καθορισμένο ποσοστό, π.χ. 5%, αν και κατά την ανατολή και την δύση για κάποιο χρονικό διάστημα η πίσω συστοιχία θα σκιάζεται. Το ποσοστό αυτό καθορίζεται έτσι ώστε να βελτιστοποιείται η ενεργειακή απολαβή όλο το έτος και το σύνολο και η έκταση των συστοιχιών να είναι η ελάχιστη.



Εικ.3.10 Η σκιά πίσω από συστοιχία

Για να χωροθετηθούν οι ΦΒ συστοιχίες είναι απαραίτητη να γνωρίζουμε τον λόγο $r = d/h$, του διάκενου μεταξύ των διαδοχικών συστοιχιών προς το ύψους των συστοιχιών, σε σχέση με το γεωγραφικό πλάτος, όπου d η απόσταση των διαδοχικών συστοιχιών και h το ύψους της πίσω πλευράς τις συστοιχίας. Όσο μεγαλώνει το γεωγραφικό πλάτος του τόπου το r αυξάνεται άρα μειώνεται το πλήθος των διαδοχικών σειρών ΦΒ, ανά μονάδα επιφανείας. Για τον προσδιορισμό του κατάλληλου r , σε κάθε τόπο, κατασκευάζονται διαγράμματα με το γεωγραφικό πλάτος και το ποσοστό απωλειών. Συνήθως στα διαγράμματα παρουσιάζονται δυο ποσοστά π.χ. 5% και 10%.



Εικ.3.11 Διάγραμμα απόστασης συστοιχιών σε σχέση με το γεωγραφικό πλάτος

Κεφάλαιο 4



Αποθήκευση της ΦΒ ηλεκτρικής ενέργειας
Ηλεκτρονικά ισχύος

4.1 Ηλεκτρικοί συσσωρευτές

Η ενέργεια που παράγεται από ένα σύστημα ΦΒ πλαισίων, χρησιμοποιείτε είτε απευθείας, είτε μετά από συγκεκριμένο χρόνο, το πιο πιθανό κατά την διάρκεια της νύκτας. Για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει να βρεθεί μία διάταξη στην οποία θα αποθηκεύεται η παραγόμενη από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια ηλεκτρική ενέργεια.

Σήμερα για την αποθήκευση της παραπάνω παραγόμενης ενέργειας, η πιο καλή λύση είναι οι διάφοροι τύποι ηλεκτρικών συσσωρευτών, λόγω του κόστους, του όγκου της διάταξης και της πυκνότητας αποταμίευσης ενέργειας ανά μονάδα βάρους. Οι διάφοροι τύποι συσσωρευτών χαρακτηρίζονται από την αντιστρεπτότητα των χημικών δράσεων στα ηλεκτρόδια τους, όπου και ανήκουν οι συσσωρευτές θείου- μολύβδου, οι NiCd κ.α.

4.1.1 Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά ενός συσσωρευτή

Οι δυνατότητες ενός συσσωρευτή είναι άμεσα συνδεδεμένες με τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του, όπως η ονομαστική τάση στους πόλους του και είναι γνωστή ως Ηλεκτρεγερτική Δύναμη (HEΔ) και από την ονομαστική χωρητικότητα του (C). Η HEΔ μπορεί να μετρηθεί σε Volt και είναι ίση με την πολική τάση του συσσωρευτή, όταν αυτός δεν είναι συνδεδεμένος σε κατανάλωση. Με τον όρο χωρητικότητα C, εννοούμε το ηλεκτρικό φορτίο που μπορεί να αποθηκευθεί στο εσωτερικό ενός συσσωρευτή, με την μορφή της χημικής ενέργειας και κάτω από ορισμένες συνθήκες, με βασικό παράγοντα την θερμοκρασία. Η χωρητικότητα εκφράζεται σε Αμπερώρια-Ah.

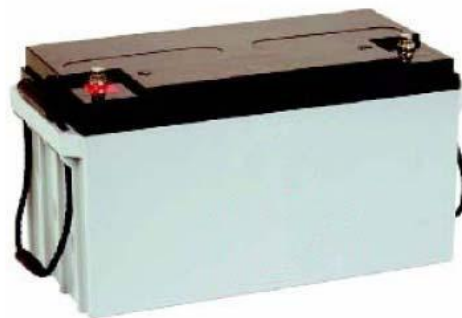
Ένας ηλεκτρικός συσσωρευτής, βασικά αποτελείται από δύο μεταλλικά ηλεκτρόδια, τα οποία συνήθως είναι δύο επίπεδες πλάκες και τα οποία είναι βυθισμένα σε διάλυμα ηλεκτρολύτη, ο οποίος αντιδρά επιφανειακά με τις

πλάκες αυτές. Όταν αρχίσει η φόρτιση, συνδέεται μία ηλεκτρική πηγή συνεχούς ρεύματος στα άκρα του συσσωρευτή, με αποτέλεσμα την δημιουργία ηλεκτρικού πεδίου στο εσωτερικό του και το οποίο έχει την ιδιότητα να κινεί τα ιόντα του ηλεκτρολύτη, προς τις αντίθετα πολωμένες πλάκες του ηλεκτρικού συσσωρευτή (+ και -), όπου και αποδίδουν το φορτίο τους. Σε αυτά τα μεταλλικά ηλεκτρόδια συμβαίνουν κάποιες χημικές αντιδράσεις, οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα να αλλοιώνουν την δομή τους σε βάθος μερικών μικρών και να μετατρέπονται νέα σώματα, τα οποία είναι διαφορετικά μεταξύ τους, πλέον τα ηλεκτρόδια τα οποία έχουν αλλοιωθεί εμφανίζουν διαφορετικά ηλεκτροχημικά δυναμικά ως προς το διάλυμα, όπου η διαφορά μεταξύ τους είναι ίση με την ΗΕΔ του συσσωρευτή. Η ΗΕΔ των περισσότερων τύπων συσσωρευτών είναι μεταξύ του 1V και των 4 ανά στοιχείο, μερικοί από αυτούς είναι Pb – H₂SO₄ , NiCd , Ni – Fe , Ni – Zn. Όταν επιθυμούμε μια υψηλότερη ΗΕΔ από την υπάρχουσα, τότε δημιουργούμε μία διάταξη συσσώρευσης στην οποία πολλά όμοια στοιχεία είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους εν σειρά. Ένας γνωστός και χρησιμοποιούμενος τύπος συσσωρευτή στην αγορά είναι αυτός του μολύβδου, του οποίου η ονομαστική τάση είναι 2,25 V. Στην αγορά οι συσσωρευτές μολύβδου, μπορούν να βρεθούν σε τρεις τυπικές ονομαστικές τάσεις, των 6 V με τρία στοιχεία όπου, των 12 V με έξι στοιχεία και είναι και η συνηθέστερη μορφή και των 24 V με τα δώδεκα στοιχεία. Ο συσσωρευτής NiCd , έχει ονομαστική τάση 1,3 V και μπορεί να βρεθεί στην αγορά με την μορφή των 14,5 V. Οι συγκεκριμένοι συσσωρευτές έχουν την ιδιότητα να δέχονται βαθιές εκφορτίσεις, σε σχέση με τους συσσωρευτές μολύβδου. Το μειονέκτημα αυτού του συσσωρευτή είναι κατά την διάρκεια της φόρτισης, όπου εάν διακοπεί και συνεχιστεί μετά από ορισμένο χρονικό διάστημα η φόρτιση, τότε ο συσσωρευτής παρουσιάζεται αδύναμος στο να αποκτήσει την αρχική του χωρητικότητα και πολική τάση, με αποτέλεσμα η φόρτιση του συσσωρευτή θα πρέπει να πραγματοποιείτε μετά από την πλήρη εκφόρτιση

του, μέσω κατάλληλης αντίστασης και φυσικά χωρίς την διακοπή της διαδικασίας φόρτισης.

4.1.2 Ο συσσωρευτής θεικού οξέος – Μολύβδου (Pb H SO₂₄)

Ο δημοφιλέστερος τύπος ηλεκτρικού συσσωρευτή στο εμπόριο είναι αυτός του θεικού οξέος – Μολύβδου, ο οποίος και είναι γνωστός από τις αρχές του εικοστού αιώνα. Μια από τις πιο σημαντικές του χρήσεις ήταν στα υποβρύχια. Οι συσσωρευτές βιομηχανικής παραγωγής παρουσιάζουν υψηλή μηχανική αντοχή, με αποτέλεσμα και την αυξημένη δυνατότητα για βαθιές εκφορτίσεις, με δυνατότητα μεγάλων ρευμάτων σε σχέση πάντα με τους κοινούς συσσωρευτές μολύβδου. Οι συσσωρευτές μολύβδου χρησιμοποιούνται στα οχήματα και οι οποίοι εκφορτίζονται με μεγάλα ρεύματα όμως για πολύ μικρά χρονικά διαστήματα (όπως π.χ. ο ηλεκτροκινητήρας εκκίνησης ενός κινητήρα εσωτερική καύσης, γνωστός ως μίζα).



Εικ. 4.1: Συσσωρευτής μολύβδου κλειστού τύπου (gel)

Όμως η συνεχόμενη χρήση τους με μεγάλα ρεύματα έχει ως αποτέλεσμα, την μείωση του χρόνου ζωής τους.

Οι συσσωρευτές θειικού οξέος – Μολύβδου, διακρίνονται επίσης στους συσσωρευτές με ηλεκτρολύτη υγρής κατάστασης και σε συσσωρευτές με παχύρευστο ηλεκτρολύτη (gel), οι οποίοι είναι αεροστεγώς σφραγισμένοι και δεν απαιτούν την συμπλήρωση νερού και μάλιστα πλεονεκτούν σε σχέση με αυτούς με του ηλεκτρολύτη υγρής κατάστασης, διότι δεν απαιτούν συντήρηση και επίσης έχουν την δυνατότητα χρήσης σε κλειστούς χώρους οι οποίοι περιέχουν ευαίσθητα όργανα, επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε κατασκευές με μία ορισμένη κλίση, χωρίς να υπάρχει κίνδυνος διαρροής ηλεκτρολυτικού υγρού, τα βάθη εκφόρτισης τους είναι μικρά όπως και τα ρεύματα εκφόρτισης. Άλλο ένα μειονέκτημα τους σε σχέση με τους συσσωρευτές υγρής κατάστασης, είναι το ποσοστό αξιοποιήσιμης χωρητικότητας σε θερμοκρασίες κάτω των 0°C .



Εικ.4.2 Συσσωρευτές σε αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα.

Τα δύο μεταλλικά ηλεκτρόδια των συσσωρευτών βιομηχανικού τύπου, κατασκευάζονται από πλάκες μολύβδου με την μορφή κυψελών. Στην αρνητική πλάκα οι κυψέλες πληρώνονται με πορώδη μολύβδο ενώ αυτές στην θετική πλάκα, με φαιά οξειδία μολύβδου και αυτό γίνεται έτσι ώστε η ενεργός επιφάνεια κάθε πλάκας να εμφανίζεται αυξημένη, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η χωρητικότητα του συσσωρευτή.

4.1.3 Φόρτιση – Εκφόρτιση συσσωρευτή

Για να φορτίσουμε ένα συσσωρευτή θα πρέπει να εφαρμόσουμε συνεχή τάση στους πόλους του, ώστε να διαρρέεται από ένα ορισμένο ρεύμα, επίσης συνιστάται η φόρτιση να γίνεται με χαμηλό ρεύμα. Εάν η ονομαστική χωρητικότητα ενός συσσωρευτή είναι C (Ah), τότε θα πρέπει να φορτιστεί με ρεύμα $C / 20$, σε (A), αυτός είναι και ο κανονικός ρυθμός φόρτισης. Για τους συσσωρευτές που είναι για βιομηχανική ή φωτοβολταϊκή χρήση και οι οποίοι έχουν ενισχυμένη κατασκευή πλακών, επιτρέπεται ρεύμα φόρτισης μέχρι και $IC = C / 10$ (A).

Για την εκφόρτιση ενός συσσωρευτή, θα πρέπει να συνδέσουμε στα άκρα του μία κατανάλωση. Αυτό που παρατηρείτε κατά την εκφόρτιση ενός συσσωρευτή είναι πώς ελαττώνεται η περιεκτικότητα του θεικού οξέως στο διάλυμα.

4.1.4 Χρόνος ζωής του συσσωρευτή

Ένας βασικός κανόνας που επικρατεί για τους συσσωρευτές είναι η μη παρατεταμένη φόρτιση τους σε υψηλή τάση (overcharging), όπως και επίσης να μην εκφορτίζονται κάτω από ένα όριο. Για τους συσσωρευτές ο χρόνος ζωής εκφράζεται στους λεγόμενους κύκλους λειτουργίας, με τον κάθε κύκλο να περιλαμβάνει την διαδικασία φόρτισης – εκφόρτισης. Όσο αυξάνουν οι κύκλοι

λειτουργίας τόσο και η χωρητικότητα του συσσωρευτή μειώνεται. Ένας πρακτικός κανόνας που μας δίνει την πραγματική συμπεριφορά ενός συσσωρευτή και περιγράφει τον χρόνο ζωής του είναι επομένως :

Το γινόμενο βάθους εκφόρτισης επί τους κύκλους λειτουργίας του είναι , περίπου, σταθερό :

$$\beta \cdot NK = \text{σταθερό}$$

NK: Κύκλοι λειτουργίας

Η χωρητικότητα ενός συσσωρευτή είναι άμεσα εξαρτώμενη από τους κύκλους λειτουργίας του και μάλιστα όσο αυξάνουν οι κύκλοι λειτουργίας η χωρητικότητα του ελαττώνεται, με τον ρυθμό ελάττωσης να αυξάνει. Η ελάττωση της χωρητικότητας ενός συσσωρευτή προσδιορίζεται με ένα συντελεστή γήρανσης, $n_{\gamma\beta}$ ο οποίος έχει τιμή : 0,8 .

4.2 Ηλεκτρονικά ισχύος

Για την σωστή διαχείριση της παραγόμενης ενέργειας από μία ΦΒ συστοιχία, θα πρέπει χρησιμοποιηθούν κατάλληλες ηλεκτρονικές συσκευές, έτσι ώστε να βελτιστοποιηθεί η μεταφορά της ενέργειας με τον οικονομικότερο τρόπο και να προστατευτεί ο συσσωρευτής του συστήματος από υπερφόρτιση ή από υπερεκφόρτιση. Οι βασικές ηλεκτρονικές διατάξεις που χρησιμοποιούνται σε ένα ΦΒ σύστημα είναι δύο, ο ελεγκτής ή επιτηρητής φόρτισης – εκφόρτισης και οι μετατροπείς τάσεως.

4.2.1 Ελεγκτής φόρτισης συσσωρευτή

Όταν ένας συσσωρευτής φορτίζεται από διάφορες ηλεκτρικές πηγές ενέργειας όπως π.χ., μια ΦΒ συστοιχία, ένα ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος, μία ανεμογεννήτρια κ.α., τότε θα πρέπει να γίνεται ένας συνεχής έλεγχος της κατάστασης φόρτισης του συσσωρευτή, έτσι ώστε την στιγμή κατά την μέγιστη φόρτιση του, να διακόπτεται η διαδικασία φόρτισης. Αυτό γίνεται έτσι ώστε να αποφεύγεται η τυχόν υπέρταση του συσσωρευτή. Επίσης θα πρέπει να ελέγχεται ο συσσωρευτής και κατά την διάρκεια που τροφοδοτεί μία κατανάλωση, έτσι ώστε σε περίπτωση υπερεκφόρτισης, να διακοπεί και πάλι η διαδικασία.

Με λίγα λόγια ένας ελεγκτής φόρτισης – εκφόρτισης, επιτηρεί τη διαδικασία φόρτισης και εκφόρτισης, με κύριο μέλημα την απομόνωση του συστήματος αποθήκευσης, στην περίπτωση υπερφόρτισης από το σύστημα παραγωγής και από το σύστημα κατανάλωσης στην περίπτωση της υπερεκφόρτισης, αυτό θα συμβεί εάν η τάση στα άκρα του συσσωρευτή ξεπεράσει προς τα άνω ή προς τα κάτω, τα όρια τάσης των ηλεκτρικών διακοπών.

Για ένα φωτοβολταϊκό σύστημα, το οποίο είναι μία πηγή σταθερού ρεύματος, χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες διατάξεις : με γραμμικό ή με διακοπτικό στοιχείο. Και στις δύο διατάξεις ρυθμιστών, το υπό έλεγχο στοιχείο είναι συνδεδεμένο παράλληλα με το φωτοβολταϊκό σύστημα, έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα λειτουργίας, είτε μεταβαλλόμενο γραμμικά, ανάλογα με την μέγιστη φόρτιση είτε σαν ένας διακόπτης ON/OFF. Τώρα στην περίπτωση που έχει πραγματοποιηθεί η μέγιστη φόρτιση, βραχυκυκλώνεται το φωτοβολταϊκό σύστημα από το ελεγχόμενο στοιχείο, με απολύτως καμία περίπτωση βλάβης του φωτοβολταϊκού συστήματος, το αποτέλεσμα είναι η απομόνωση του συστήματος παραγωγής από το σύστημα αποθήκευσης. Οι παραπάνω ρυθμιστές φόρτισης, είναι καθαρά για ένα φωτοβολταϊκό σύστημα.

Επίσης υπάρχουν οι λεγόμενοι ρυθμιστές φόρτισης σειράς, οι οποίοι μπορούν και διαχειρίζονται ηλεκτρική ενέργεια από διάφορες πηγές ενέργειας όπως ΦΒ σύστημα, ανεμογεννήτριες ή ηλεκτροπαραγωγή ζεύγη.



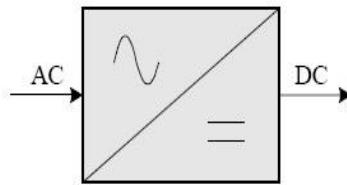
Εικ.4.3 Ελεγκτής Φόρτισης συσσωρευτών

4.2.2 Είδη μετατροπέων ηλεκτρικής ενέργειας

Γενικά οι μετατροπείς ηλεκτρικής ενέργειας (ισχύος), διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες ανάλογα με την μορφή της ισχύος εισόδου και εξόδου. Αυτές είναι :

1. Μετατροπείς AC-DC ή Ανορθωτές (Rectifiers).

Είναι οι διατάξεις οι οποίες μετατρέπουν το εναλλασσόμενο ρεύμα σε συνεχές, διακρίνονται σε μονοφασικούς και πολυφασικούς, όπως επίσης και σε ελεγχόμενους και μη ελεγχόμενους, ανάλογα με το αν η τάση εξόδου είναι μεταβαλλόμενη ή σταθερή. Η διάταξη που χρησιμοποιείτε είναι συνδυασμός, ενός συστήματος ανόρθωσης της παρεχόμενης από την ενεργειακή πηγή (ΑΓ,Η/Ζ), εναλλασσόμενης ηλεκτρικής τάσης, χωρίς την παρεμβολή μετασχηματιστή, με μία διάταξη μετατροπής συνεχούς σε συνεχές ρεύμα (DC-DC), δηλαδή η διάταξη αυτή περιλαμβάνει μια ανορθωτική μονάδα σε συνδυασμό με ένα μετατροπέα DC-DC.



2. Μετατροπείς DC-AC ή Αντιστροφείς (Inverters).

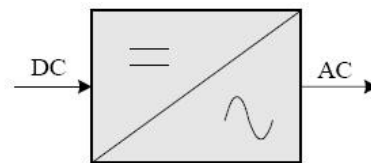
Η λειτουργία ενός αντιστροφέα είναι να μετατρέπει μια συνεχή τάση τροφοδοσίας σε μία συμμετρική εναλλασσόμενη τάση εξόδου με επιθυμητό πλάτος και συχνότητα. Η τάση εξόδου μπορεί να είναι σταθερή ή μεταβλητή σε μία σταθερή ή μεταβαλλόμενη συχνότητα. Μια μεταβλητή τάση εξόδου μπορεί να ληφθεί με μεταβολή της συνεχούς τάσης τροφοδοσίας και διατήρηση σταθερού κέρδους αντιστροφέα.

Αφετέρου, αν η συνεχή τάση τροφοδοσίας είναι σταθερή και δεν είναι ελεγχόμενη μια μεταβλητή τάση εξόδου μπορεί να ληφθεί με μεταβολή του κέρδους του αντιστροφέα, πράγμα που επιτυγχάνεται με έλεγχο διαμόρφωση πλάτους παλμού (PWM) στον αντιστροφέα. Το κέρδος του αντιστροφέα μπορεί να ορισθεί σαν λόγος της τάσης εξόδου προς την τάση εισόδου.

Οι κυματομορφές της τάσης εξόδου των ιδανικών αντιστροφέων θα έπρεπε να είναι ημιτονοειδής. Όμως οι κυματομορφές των πρακτικών αντιστροφέων είναι μη ημιτονοειδής και περιέχουν ορισμένες αρμονικές. Για εφαρμογές μικρής και μέσης ισχύος μπορούν να γίνουν δεκτές ορθογωνικές ή σχεδόν ορθογωνικές κυματομορφές και για εφαρμογές υψηλής ισχύος είναι απαραίτητες ημιτονοειδές κυματομορφές χαμηλής παραμόρφωσης. Με την βοήθεια των υπάρχοντων ημιαγωγικών στοιχείων ισχύος υψηλής ταχύτητας, το αρμονικό περιεχόμενο της τάσης εξόδου μπορεί να ελαχιστοποιηθεί ή να μειωθεί σημαντικά με διακοπτικές τεχνικές.

Οι αντιστροφείς χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε βιομηχανικές εφαρμογές (π.χ. κινητήρια συστήματα εναλλασσόμενου ρεύματος μεταβλητής ταχύτητας,

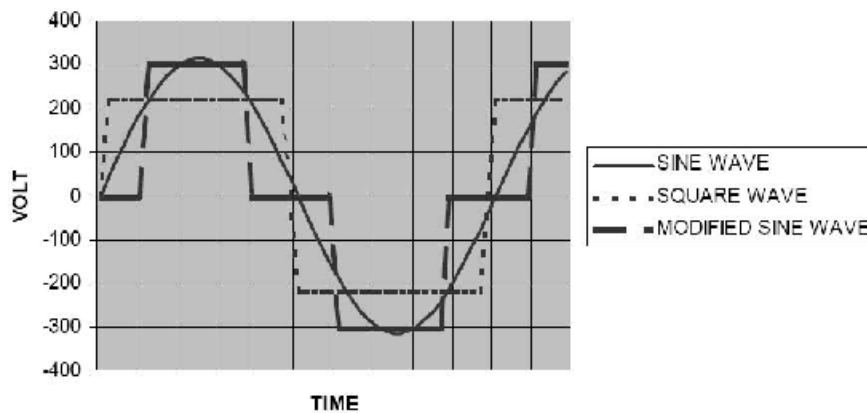
επαγωγική θέρμανση, εφεδρικές τροφοδοσίες, τροφοδοτικά αδιάλειπτης παροχής-UPS). Η είσοδος μπορεί να είναι μία μπαταρία, ένα φωτοβολταϊκό ή μία οποιαδήποτε πηγή συνεχούς τάσης. Οι τυπικές μονοφασικές έξοδοι είναι 230 V, 50 Hz και τριφασικές 230/400 V, 50 Hz για την Ευρώπη.



Οι αντιστροφείς μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο βασικές κατηγορίες: τους μονοφασικούς αντιστροφείς και τους τριφασικούς αντιστροφείς. Κάθε κατηγορία μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα οποιοδήποτε ελεγχόμενο (στην ένωση και στην σβέση) ημιαγωγικό στοιχείο από τα BJT, MOSFET, IGBT, SIT, GTO ή θυρίστορ εξαναγκασμένης μεταγωγής ανάλογα με την εφαρμογή. Οι παραπάνω αντιστροφείς γενικά χρησιμοποιούν σήματα ελέγχου με διαμόρφωση πλάτους παλμού (PWM) για να παράγουν την τάση εξόδου. Ο αντιστροφέας λέγεται αντιστροφέας με πηγή τάσης αν η τάση τροφοδοσίας παραμένει σταθερή, αντιστροφέας με πηγή ρεύματος αν το ρεύμα τροφοδοσίας παραμένει σταθερό και αντιστροφέας μεταβλητής τάσης αν η τάση τροφοδοσίας είναι ελεγχόμενη.



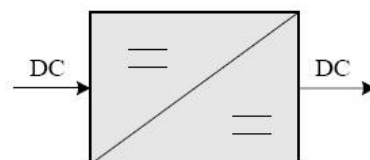
Εικ. 4.4 Inverter



Εικ. 4.5 Μορφές εναλλασσόμενης τάσης εξόδου inverter

3. Μετατροπείς συνεχούς ρεύματος (DC-DC converters-choppers).

Οι μετατροπείς συνεχούς ρεύματος, μετατρέπουν την συνεχή τάση με ορισμένο πλάτος και πολικότητα σε συνεχή τάση με διαφορετικό πλάτος ή και πολικότητα. Η μετατροπή μιας συνεχούς τάσης σε συνεχή, βασίζεται στην χρήση υψίσυχνων διακοπτικών στοιχείων κυκλωμάτων με χρήση



transistors, thyristors και mosfets όπου μας επιτρέπουν να διαχειριζόμαστε μεγάλη ισχύ με ελάχιστες απώλειες. Σε ένα φωτοβολταϊκό πεδίο, τα φωτοβολταϊκά πλαίσια συνδέονται σε σειρά και αν απαιτείτε παράλληλα ώστε η παραγόμενη σε αυτά ηλεκτρική ενέργεια να μεταφέρεται με όσο γίνεται υψηλότερη τάση, πάντα μέσα στα επιτρεπόμενα όρια, έτσι ώστε το ρεύμα DC στη γραμμή μεταφοράς να είναι χαμηλό και αντίστοιχα χαμηλές η απώλειες μεταφοράς ενέργειας. Σε συστήματα μεγαλύτερα των μερικών kWp, η τάση εξόδου συστοιχίας βρίσκεται συνήθως στα 300 V και με όριο τα 600V.

Τώρα στον χώρο των συσσωρευτών, ο μετατροπέας DC-DC προσαρμόζει την τάση της συστοιχίας στην τάση του συσσωρευτή έτσι ώστε να υπάρχει πλήρης εκμετάλλευση της ενέργειας και να μην δημιουργούνται συνθήκες υπέρτασης στον συσσωρευτή.



Εικ. 4.6 Φορτιστής και inverter σε μια συσκευή

Κεφάλαιο 5



**Διαστασιολόγηση του PV συστήματος με
βάση την οικονομοτεχνική ανάλυση.**

ΜΕΛΕΤΗ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ PV-ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΜΕ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΓΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΟ ΧΩΡΟ 10 ΣΤΡΕΜΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΗΛΕΙΑ (ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΗ ΓΩΝΙΑ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΩΝ).

Η διαστασιολόγηση είναι το πιο σημαντικό μέρος μιας μελέτης του φ/β συστήματος. Τα στοιχεία που μελετάμε – ερευνάμε στη διαστασιολόγηση δεν είναι δυνατόν να απαντηθούν με απόλυτη ακρίβεια αλλά μπορούμε να τα προσεγγίσουμε με αρκετά μεγάλη ακρίβεια στηριζόμενοι πάντα σε οικονομοτεχνικά κριτήρια που θα καταστήσουν το σύστημα αξιόπιστο και με όσο το δυνατό χαμηλότερο κόστος και θα αποτρέψουν φαινόμενα υπερδιαστασιολόγησης με π.χ. φ/β πλαίσια περισσότερα από τα αναγκαία ή κακή επιλογή γωνίας. Έτσι η μελέτη μας θα κινηθεί πάνω στα εξής στοιχεία:

- Η καταγραφή της ηλιακής ενέργειας από το πρόγραμμα Meteonorm καθώς και απόδειξη της.
- Αφού υπολογίσουμε την ελάχιστη απόσταση των συστοιχιών (έτσι ώστε να μην σκιάζονται μεταξύ τους) στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε η εύρεση του συνολικού αριθμού των σειρών των φ/β.
- Γνωρίζοντας την συνολική επιφάνεια 10 (m²) συναρτήσει της απόστασης D και των μοιρών βρίσκουμε την τιμή του A_{tot} .
- Επιλογή διαστάσεως φ/β πλαισίου τύπου Sharp ή Siemens (όπου έχουν παρόμοια τεχνικά χαρακτηριστικά) και εύρεση ηλεκτρικής ενέργειας σε W_p καθώς επίσης και ηλιακής ενέργειας σε MWh.

- Τέλος υπολογισμός ετήσιας ηλεκτρικής ενέργειας ανά έτος και ώρες λειτουργίας ανά έτος προκειμένου να υπολογιστεί το PBP (περίοδος αμοιβής).

5.1. Υπολογισμός ηλιακής ενέργειας στην περιοχή μέσω του προγράμματος Meteonorm.

Για την διεκπεραίωση του έργου πρέπει να υπολογίσουμε την ηλιακή ενέργεια που αποδίδεται στην περιοχή. Τις τιμές αυτές τις υπολογίσαμε μέσω του προγράμματος Meteonorm από το Site Analysis της ιστοσελίδας PV-resources.

Πίνακας 5.1 : Ηλιακή ενέργεια (kwh/m²) ανά μήνα που πέφτει στην επιφάνεια των PV-πλαισίων αντίστοιχα με την κλίση , στην Ηλεία.

ΚΛΙΣΗ / ΜΗΝΑΣ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	ΣΥΝΟΛΟ (kwh/m ²)
0°	51	67	106	150	196	216	219	190	144	92	55	42	1528
5°	54	70	110	154	197	217	221	193	149	96	58	44	1559
10°	57	73	113	156	198	217	221	195	153	100	61	47	1587
15°	60	75	115	157	198	215	220	196	156	103	64	49	1606
20°	62	78	117	158	197	212	218	196	158	106	66	52	1616
25°	64	80	119	158	194	209	214	195	159	108	68	53	1618
30°	66	81	119	157	191	204	210	193	160	109	70	55	1611
35°	67	82	119	155	186	198	204	189	160	110	71	56	1596
40°	68	82	119	152	181	191	197	185	158	111	72	57	1572
45°	69	83	117	149	175	183	190	180	156	111	73	58	1540
50°	69	82	116	144	167	174	181	174	153	110	73	58	1500
55°	69	82	113	139	159	164	171	166	149	108	73	58	1452
60°	69	80	110	134	151	154	161	159	145	106	72	58	1397
65°	68	79	107	128	141	143	150	150	139	104	71	58	1336
70°	67	77	103	121	131	132	138	140	133	101	70	57	1268
75°	65	74	98	113	121	120	126	130	126	97	68	55	1194
80°	64	71	93	105	110	107	114	120	119	93	66	54	1116
85°	61	68	88	97	99	95	101	109	111	89	63	52	1033
90°	59	65	82	88	88	83	89	97	102	84	61	50	947

*Σημείωση :

Στο παράρτημα πίνακες βρίσκονται η ηλιακή ενέργεια (kwh/m^2) ανά μήνα που πέφτει στην επιφάνεια των PV-πλαισίων αντίστοιχα για κλίση 0° μέχρι 90° , ως προς το κεκλιμένο επίπεδο, στην Ηλεία.

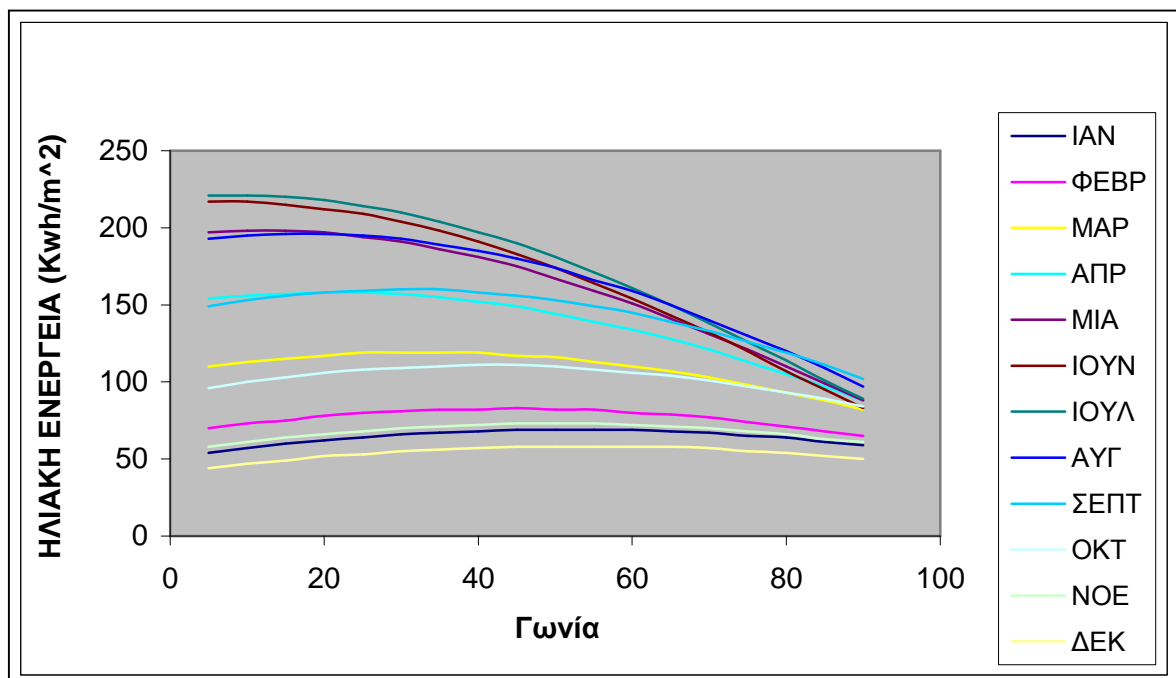
Οι τιμές του Meteororm υπολογίστηκαν από το οριζόντιο σε κεκλιμένο επίπεδο με τον παρακάτω τύπο

$$H_T = R \times H$$

Παρατηρούμε ότι η μέγιστη ηλιακή ενέργεια βρίσκεται στις $\beta=25^\circ$ μοίρες με $1618(\text{kwh/m}^2)$

*Σημείωση:

Στο παράρτημα πίνακες για να είμαστε ακριβής στους υπολογισμούς μας έχουμε υπολογίσει ανά μία μοίρα την ηλιακή ενέργεια.



Σχήμα 5.1: Ηλιακή ενέργεια ανά κλίση με βάση το μήνα

Παρατήρηση:

Στο παραπάνω σχήμα βλέπουμε ότι η μεγαλύτερη ηλιακή ενέργεια βρίσκεται τον μήνα Ιούλιο για τις μικρότερες κλίσεις και τον μήνα Σεπτέμβριο για τις μεγαλύτερες.

5.2 Υπολογισμός ελάχιστης απόστασης L μεταξύ των παράλληλων ηλιακών συλλεκτών έτσι ώστε η μια σειρά να μην σκιάζει την άλλη.

Ο υπολογισμός της απόστασης έγινε από τον νόμο των ημιτόνων

$$\text{Όπου: } L = D \cdot \frac{\sin(b+a)}{\sin a}$$

$L \rightarrow$ Η απόσταση μεταξύ των φωτοβολταϊκών

$D \rightarrow$ Το μήκος των στοιχείων

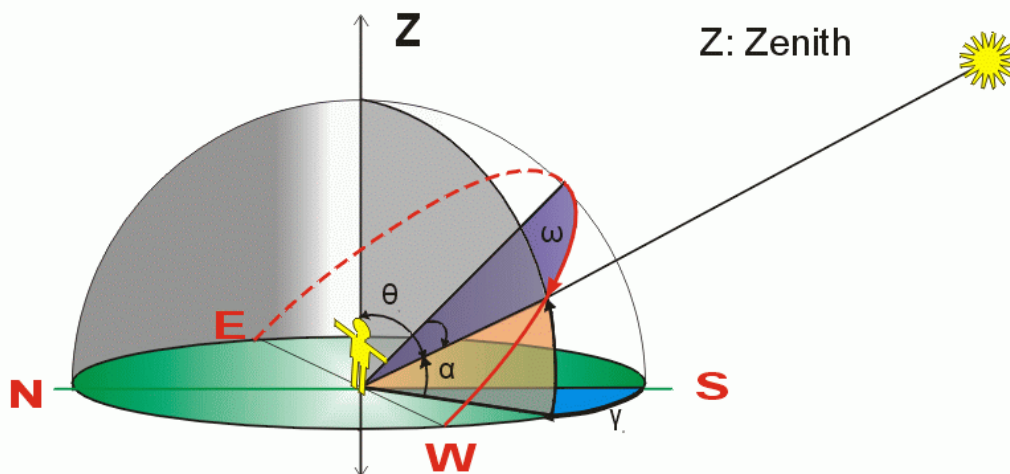
$\beta \rightarrow$ Η γωνία της σειράς των φωτοβολταϊκών από το έδαφος

$a \rightarrow$ Ύψος του ήλιου καλείται η συμπληρωματική γωνία της ζενίθιας γωνίας θ_z
όπου $\theta_z + a = 90^\circ$

$\theta_z = \varphi - \delta$ όπου $\varphi = 37,92$ είναι το γεωγραφικό πλάτος για την Ανδραβίδα και δ η απόκλιση ηλίου που αλλάζει καθημερινά και προσδιορίζεται από την σχέση

$$\text{του Cooper: } d = 23,45 \cdot \sin\left(360 \frac{284+n}{365}\right) ,$$

όπου n : η ημέρα του έτους



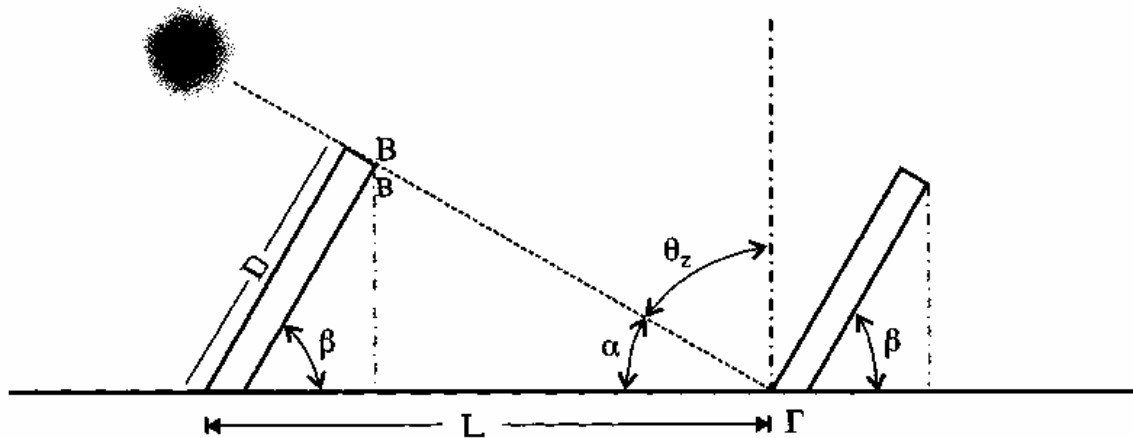
Σχήμα 5.2.1 : Ο παρατηρητής στο οριζόντιο επίπεδο. Φαίνονται οι γωνίες του ηλίου ω (ωριαία γωνία), θ (ζενίθια), α (ύψος του ηλίου) και γ (αζιμούθια γωνία του ηλίου).

Πίνακας 5.2.1 : Ζενίθια γωνία θ_z , συμπληρωματική γωνία ζενίθιας γωνίας α και απόκλιση ηλίου δ συναρτήσει του μήνα.

Μήνας	δ	θ_z	α
I	-20.9	58.82	31.18
Φ	-12.6	50.52	39.48
M	-2.41	40.33	49.67
A	10.1	27.82	62.18
M	19.26	18.66	71.34
I	23.31	14.61	75.39
I	21.35	16.57	73.43
A	13.45	24.47	65.53
Σ	2.21	35.71	54.29
O	-9.96	47.88	42.12
N	-19.14	57.86	32.94
Δ	-23.37	61.29	26.63

Παραπάνω παρατίθενται οι τιμές που χρησιμοποιήθηκαν για να υπολογίσουμε την απόσταση των ηλιακών συλλεκτών μεταξύ των σειρών.

Ο υπολογισμός έγινε με γνώμονα να μην σκιάζει η μία σειρά των ηλιακών συλλεκτών την άλλη για όλο το χρόνο με βάση τον χειμώνα για την 22^η του Δεκεμβρίου. Έτσι υπολογίσαμε τις αποστάσεις με βάση το χειμώνα όπου το ύψος του ήλιου είναι το χαμηλότερο από τους υπόλοιπους μήνες.



Σχήμα 5.2.2 Διάταξη δύο σειρών επιπέδων ηλιακών συλλεκτών ώστε να μη σκιάζονται. Το ίχνος του σημείου B στην οριακή περίπτωση συμπίπτει με τον πόδα Γ των συλλεκτών της δεύτερης σειράς.

Οι γωνίες, (β) κλίση του συλλέκτη και (α) ύψος του ηλίου για την οριακή θέση που η σκιά του άκρου πέφτει στον πόδα Γ της άλλης σειράς, δείχνονται στο ανώτερο σχήμα.

Πίνακες 5.2.2, 5.2.3 και 5.2.4 : Αποστάσεις σε μέτρα (m) ανά μήνα και κλίση για μήκος στοιχείων $D = 2.5$ (m) , $D = 3.5$ (m) και $D = 4.5$ (m) αντίστοιχα .

Πίνακας 5.2.2 : $D = 2.5$ (m)

	B=5°	B=10°	B=15°	B=20°	B=25°	B=30°	B=35°
Μήνες	L (m)	L (m)	L (m)	L (m)	L (m)	L (m)	L (m)
I	2,8	3,2	3,5	3,8	4	4,2	4,4
Φ	2,7	3	3,2	3,4	3,5	3,7	3,8
M	2,7	2,8	3	3,1	3,2	3,2	3,3
A	2,6	2,7	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
M	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,5
I	2,5	2,6	2,6	2,6	2,5	2,5	2,4
I	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6	2,5	2,5
A	2,6	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
Σ	2,6	2,8	2,9	3	3	3,1	3,1
O	2,7	2,9	3,1	3,3	3,4	3,6	3,6
N	2,8	3,1	3,4	3,7	3,9	4,1	4,3
Δ	2,9	3,2	3,6	3,9	4,2	4,5	4,7

Πίνακας 5.2.3 : D = 3.5 (m)

	B=5°	B=10°	B=15°	B=20°	B=25°	B=30°	B=35°
Μήνες	L (m)	L (m)	L (m)	L (m)	L (m)	L (m)	L (m)
I	4	4,4	4,9	5,3	5,6	6	6,2
Φ	3,8	4,2	4,5	4,7	5	5,2	5,3
M	3,7	3,9	4,1	4,3	4,4	4,5	6,7
A	3,6	3,7	3,9	3,9	3,9	4	3,9
M	3,6	3,6	3,7	3,7	3,7	3,6	3,5
I	3,5	3,6	3,6	3,6	3,6	3,5	3,4
I	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,5
A	3,6	3,7	3,8	3,8	3,8	3,9	3,8
Σ	3,7	3,9	4	4,1	4,2	4,3	4,3
O	3,8	4,1	4,4	4,6	4,8	5	5,1
N	3,9	4,4	4,8	5,1	5,4	5,7	6
Δ	4	4,5	5	5,5	5,9	6,2	6,5

Πίνακας 5.2.4 : D = 4.5 (m)

	B=5°	B=10°	B=15°	B=20°	B=25°	B=30°	B=35°
Μήνες	L (m)	L (m)	L (m)	L (m)	L (m)	L (m)	L (m)
I	5,1	5,7	6,3	6,7	7,2	7,6	7,9
Φ	5	5,3	5,7	6,1	6,4	6,6	6,8
M	4,8	5,1	5,3	5,6	5,7	5,8	5,9
A	4,7	4,8	4,9	5	5,1	5,1	5
M	4,6	4,7	4,7	4,7	4,7	4,6	4,5
I	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,5	4,3
I	4,6	4,6	4,7	4,7	4,6	4,5	4,4
A	4,6	4,8	4,9	4,9	4,9	4,9	4,8
Σ	4,7	5	5,2	5,3	5,4	5,5	5,5
O	4,9	5,3	5,6	5,9	6,2	6,4	6,5
N	5,1	5,6	6,1	6,6	7	7,4	7,6
Δ	5,2	5,8	6,5	7	7,5	8	8,4

*Σημείωση:

Στο παράρτημα πίνακες βρίσκονται οι αποστάσεις σε μέτρα (m) ανά μήνα και για κλίση 1° μέχρι 35° και μήκος ηλιακών συλλεκτών D = 2.5 (m), D = 3.5 (m) και D = 4.5 (m) καθώς επίσης D = 2 (m), D = 3 (m), D = 4 (m) και D = 5 (m) .

5.3 Συνολικός αριθμός σειρών των ηλιακών συλλεκτών.

Εφόσον γνωρίζουμε τον αριθμό των στρεμμάτων που θα τοποθετηθούν τα πλαίσια καθώς επίσης τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των πλαισίων και την κλίση τους ως προς το οριζόντιο επίπεδο, συνεχίζουμε για τον υπολογισμό του συνολικού αριθμού των ηλιακών συλλεκτών.

Έτσι για τον υπολογισμό του αριθμού των σειρών των ηλιακών συλλεκτών διαιρούμε τα 100 μέτρα πλάτους οικοπέδου με την μεταξύ τους απόσταση των φ/β L, από τους πίνακες 5.2.2, 5.2.3 και 5.2.4 αντίστοιχα, εφαρμόζοντας την παρακάτω σχέση : $A.S. = \frac{100}{L}$

Πίνακας 5.3.1 : Συνολικός αριθμός σειρών ηλιακών συλλεκτών για D = 2.5 (m) ανά μοίρα.

Γωνία β°	5 ⁰	10 ⁰	15 ⁰	20 ⁰	25 ⁰	30 ⁰	35 ⁰
D = 2.5 (m)	34	31	27	25	23	22	21

Πίνακας 5.3.2 : Συνολικός αριθμός σειρών ηλιακών συλλεκτών για D = 3.5 (m) ανά μοίρα.

Γωνία β°	5 ⁰	10 ⁰	15 ⁰	20 ⁰	25 ⁰	30 ⁰	35 ⁰
D = 3.5 (m)	25	22	20	18	16	16	15

Πίνακας 5.3.3 : Συνολικός αριθμός σειρών ηλιακών συλλεκτών για $D = 4.5$ (m) ανά μοίρα.

Γωνία β°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°
$D = 4.5$ (m)	19	17	15	14	13	12	11

*Σημείωση:

Στο παράρτημα πίνακες βρίσκονται ο συνολικός αριθμός των σειρών των ηλιακών συλλεκτών για κλίση 1° μέχρι 35° και μήκος ηλιακών συλλεκτών $D = 2.5$ (m), $D = 3.5$ (m) και $D = 4.5$ (m) καθώς επίσης $D = 2$ (m), $D = 3$ (m), $D = 4$ (m) και $D = 5$ (m) .

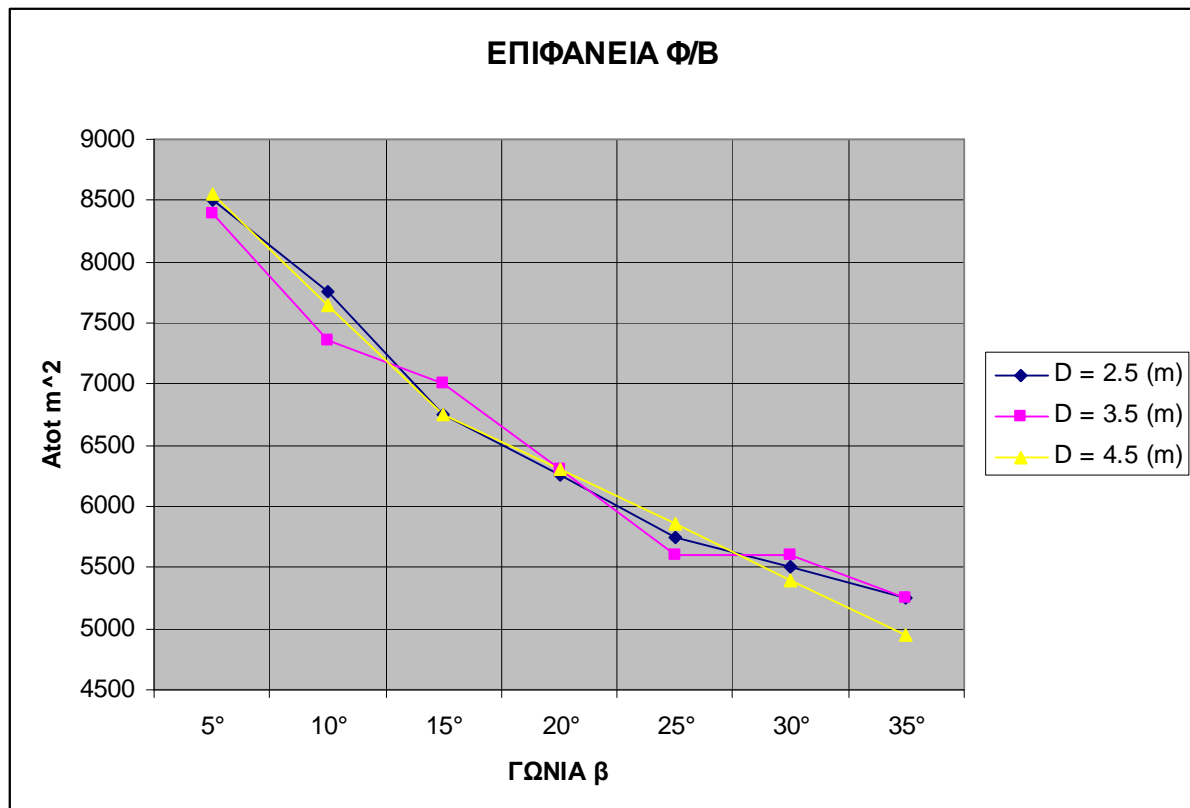
5.4 Συνολική επιφάνεια A_{tot} σε (m^2) των ηλιακών συλλεκτών του οικοπέδου.

Η συνολική επιφάνεια A_{tot} (m^2) των ηλιακών συλλεκτών υπολογίστηκε πολλαπλασιάζοντας το μήκος των ηλιακών συλλεκτών D επί το μήκος του οικοπέδου 100 (m) A_{tot} και τον αριθμό των σειρών.

$$A_{tot} = D \cdot 100 \cdot A.S.$$

Πίνακας 5.4 : Συνολική επιφάνεια των ηλιακών συλλεκτών A_{tot} σε (m^2) του οικοπέδου για μήκος ηλιακών συλλεκτών $D = 2.5$ (m), $D = 3.5$ (m) και $D = 4.5$ (m) .

	D = 2.5 (m)	D = 3.5 (m)	D = 4.5 (m)
Γωνία β°	A_{tot} (m^2)	A_{tot} (m^2)	A_{tot} (m^2)
5°	8500	8400	8550
10°	7750	7350	7650
15°	6750	7000	6750
20°	6250	6300	6300
25°	5750	5600	5850
30°	5500	5600	5400
35°	5250	5250	4950



Σχήμα 5.4 : Συνολική επιφάνεια ϕ/β πλαισίων σε (m^2) για όλη την εγκατάσταση συναρτήσσει γωνίας β (°) και διάμετρο D (m).

*Σημείωση:

Στο παράρτημα πίνακες βρίσκονται οι αποστάσεις σε μέτρα (m) ανά μήνα και για κλίση 1° μέχρι 35° και μήκος ηλιακών συλλεκτών $D = 2.5$ (m), $D = 3.5$ (m) και $D = 4.5$ (m) καθώς επίσης $D = 2$ (m), $D = 3$ (m), $D = 4$ (m) και $D = 5$ (m) .

5.5 Εγκατεστημένη ισχύς σε W_p .

Για τον υπολογισμό της ηλιακής ενέργειας σε W_p για ηλιακό συλλέκτη δυναμικότητας $55 W_p$ και εμβαδόν $0,45$ (m) χρησιμοποιήσαμε την παρακάτω σχέση .

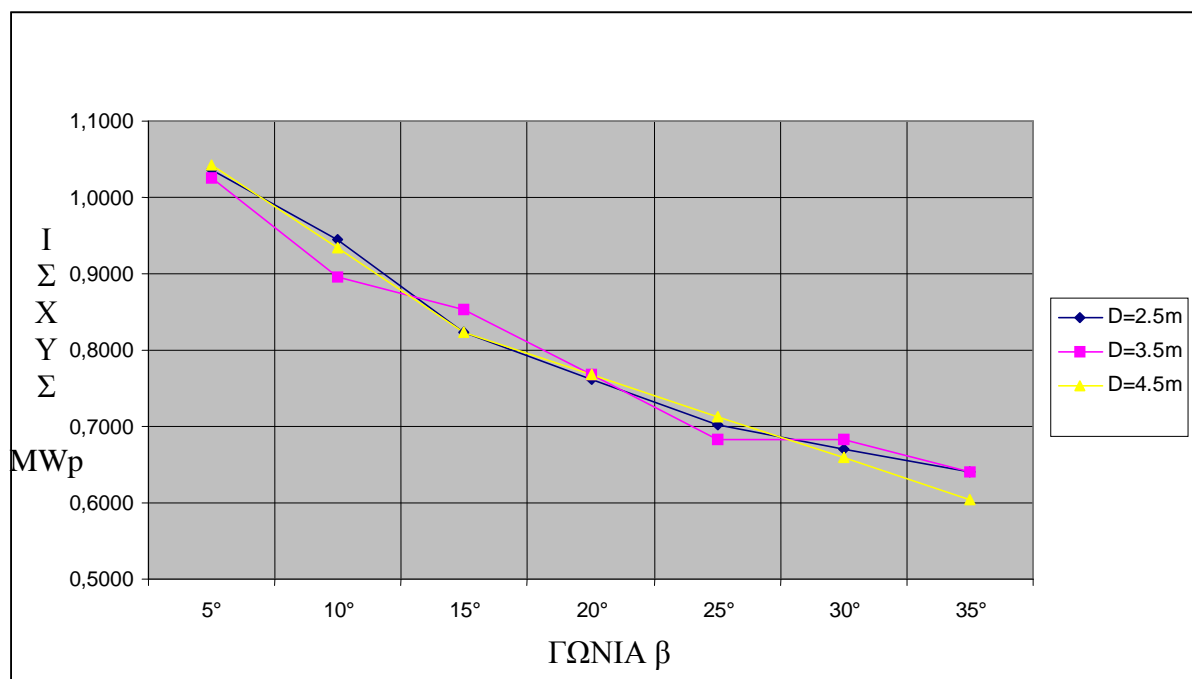
$$\frac{\Sigma E \rightarrow 55(W_p) \dots\dots\dots \text{EXOYME} \rightarrow 0,45(m)\text{EMBAΔON}}{\Sigma E \rightarrow X(W_p) \dots\dots\dots \text{EXOYME} \rightarrow A_{tot}(m)\text{EMBAΔON}}$$

Πίνακας 5.5 : Ηλιακή ενέργεια σε MW_p για ηλιακό συλλέκτη δυναμικότητας $55 W_p$ και εμβαδόν $0,45$ (m²) για μήκος $D = 2.5$ (m), $D = 3.5$ (m) και $D = 4.5$ (m) .

	D=2.5(m)	D=3.5(m)	D=4.5(m)
Γωνία β°	MW_p	MW_p	MW_p
5°	1.037	1.0248	1.0431
10°	0.9455	0.8967	0.9333
15°	0.8235	0.854	0.8235
20°	0.7625	0.7686	0.7686
25°	0.7015	0.6832	0.7137
30°	0.671	0.6832	0.6588
35°	0.6405	0.6405	0.6039

*Σημείωση:

Στο παράρτημα πίνακες βρίσκεται η ηλιακή ενέργεια σε MW_p των ηλιακών συλλεκτών για κλίση 1° μέχρι 35° και μήκος ηλιακών συλλεκτών $D = 2.5$ (m), $D = 3.5$ (m) και $D = 4.5$ (m) καθώς επίσης $D = 2$ (m), $D = 3$ (m), $D = 4$ (m) και $D = 5$ (m) .



Σχήμα 5.5 : Συνολική εγκατεστημένη ισχύς σε MW_p φ/β πλαισίων σε συνάρτηση με τις γωνίες β ($^\circ$) και διαμέτρους D (m).

5.6 Ηλιακή ενέργεια σε MWh που αποδίδεται στα φ/β με βάση τον χειμώνα.

Ο υπολογισμός της ηλιακής ενέργειας που αποδίδεται στα φ/β σε MWh με βάση τον χειμώνα υπολογίστηκε πολλαπλασιάζοντας την συνολική επιφάνεια των ηλιακών συλλεκτών με την ηλιακή ενέργεια που πήραμε αρχικά από το πρόγραμμα Meteororm (βήμα 1) .

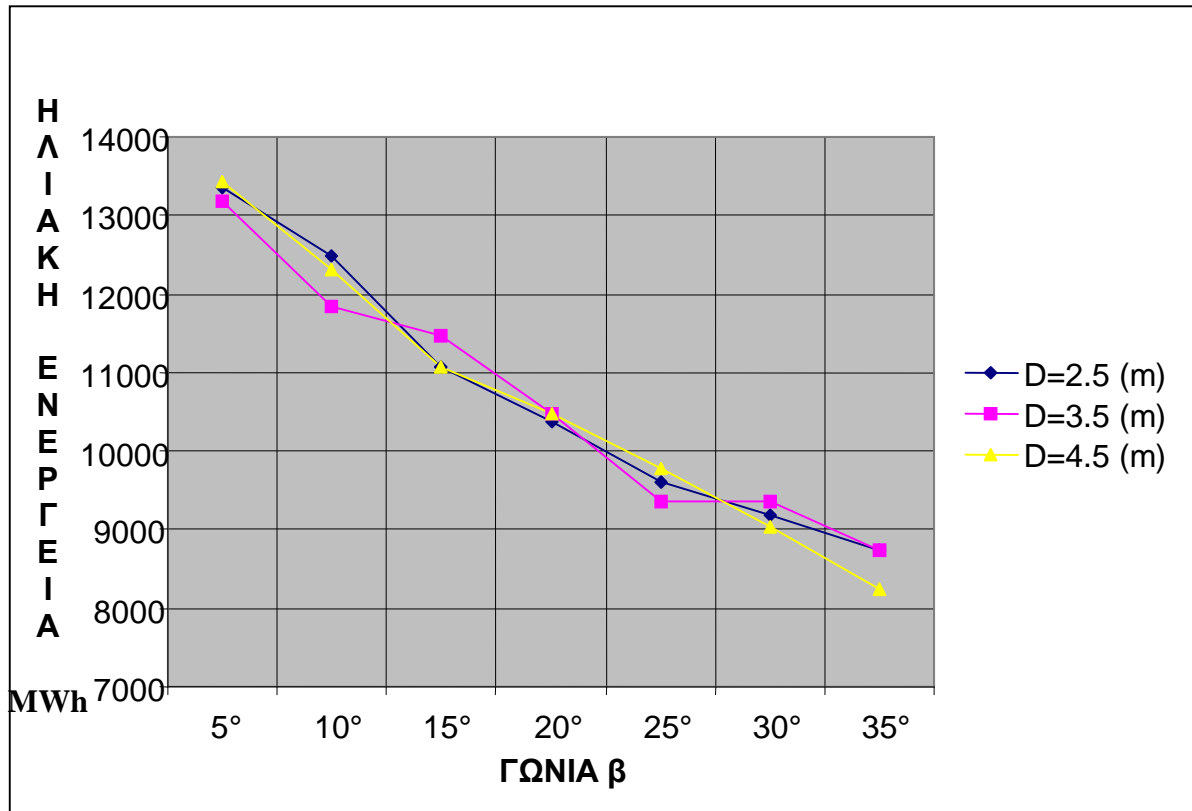
$$H/E = A_{tot}(m) \cdot \text{ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ} \left(\frac{MWh}{m^2} \right)$$

Πίνακας 5.6 : Ηλιακή ενέργεια σε MWh με βάση τον χειμώνα για μήκος D = 2.5 (m), D = 3.5 (m) και D = 4.5 (m) .

	D=2.5(m)	D=3.5(m)	D=4.5(m)
Γωνία β°	MWh	MWh	MWh
5°	13345	13188	13424
10°	12478	11834	12317
15°	11070	11480	11070
20°	10381	10464	10464
25°	9608	9358	9775
30°	9196	9363	9029
35°	8731	8731	8232

*Σημείωση:

Στο παράρτημα πίνακες βρίσκεται η ηλιακή ενέργεια σε MWh με βάση τον χειμώνα για κλίση 1° μέχρι 35° και μήκος ηλιακών συλλεκτών D = 2.5 (m), D = 3.5 (m) και D = 4.5 (m) καθώς επίσης D = 2 (m), D = 3 (m), D = 4 (m) και D = 5 (m) .



Σχήμα 5.6 : Συνολική εγκατεστημένη ηλιακή ενέργεια σε MWh φ/β πλαισίων σε συνάρτηση με τις γωνίες β (°) και διαμέτρους D (m).

5.7 Ηλεκτρική ενέργεια σε MWh ανά έτος.

Ηλεκτρική ενέργεια που αποδίδουν συνολικά τα W_p των ηλιακών συλλεκτών που έχουν εγκατασταθεί στο οικόπεδο μας. Υπολογίστηκε από τον παρακάτω τύπο.

$$H.E = \text{Solar Energy} * \eta_{pv} * \eta_{pF}$$

Όπου:

Solar energy: είναι η ηλιακή ενέργεια που αποδίδεται στα φ/β (βήμα 5.6)

n_{pv} : είναι ο βαθμός απόδοσης των φ/β και ισούται με 0.12

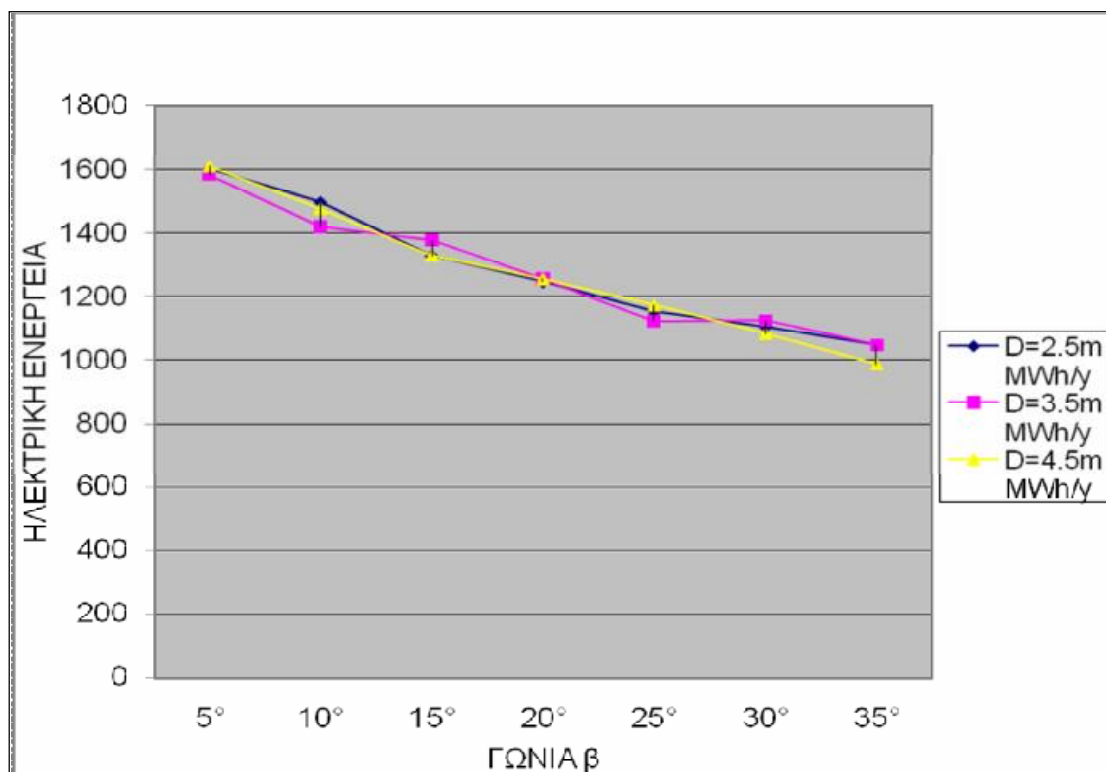
n_{pf} : είναι ο

Πίνακας 5.7 : Ηλεκτρική ενέργεια σε MWh για μήκος $D = 2.5$ (m) , $D = 3.5$ (m) και $D = 4.5$ (m) .

	D = 2.5 (m)	D = 3.5 (m)	D = 4.5 (m)
Γωνία β°	MWh/y	MWh/y	MWh/y
5°	1601	1583	1611
10°	1497	1420	1478
15°	1328	1378	1328
20°	1246	1256	1256
25°	1153	1123	1173
30°	1104	1124	1083
35°	1048	1048	988

*Σημείωση:

Στο παράρτημα πίνακες βρίσκονται οι αποστάσεις σε μέτρα (m) ανά μήνα και για κλίση 1° μέχρι 35° και μήκος ηλιακών συλλεκτών $D = 2.5$ (m), $D = 3.5$ (m) και $D = 4.5$ (m) καθώς επίσης $D = 2$ (m), $D = 3$ (m), $D = 4$ (m) και $D = 5$ (m) .



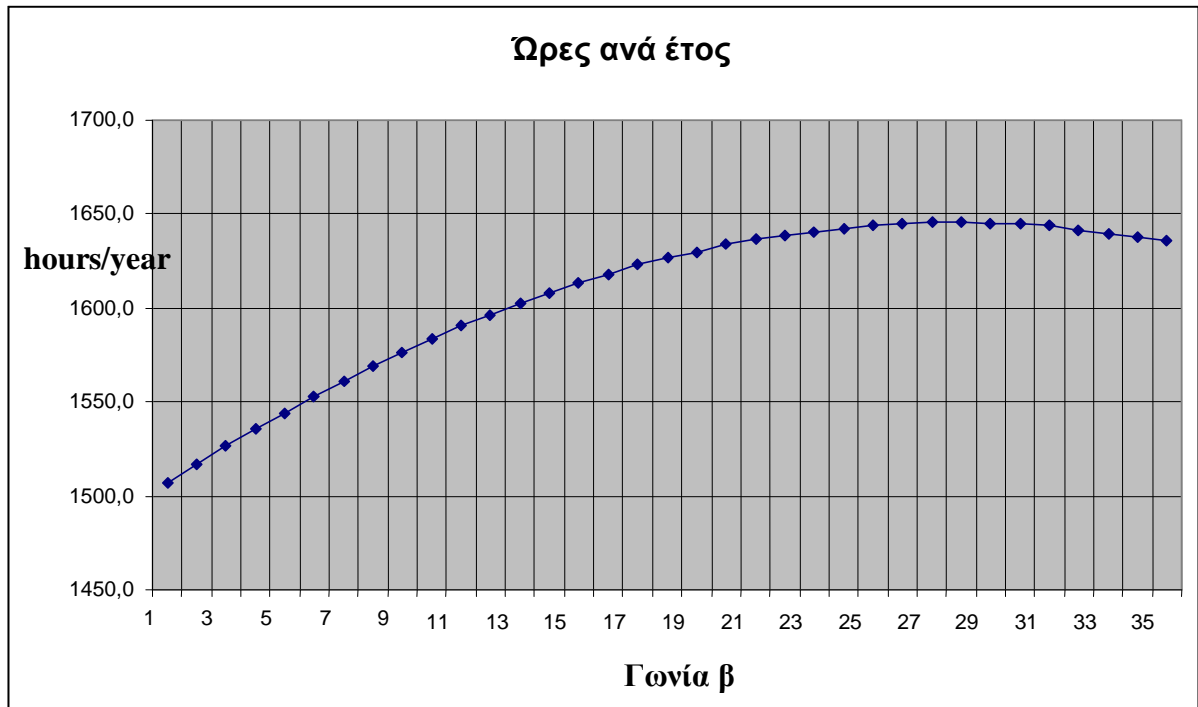
Σχήμα 5.7 : Συνολική εγκατεστημένη ηλεκτρική ενέργεια σε MWh/y φ/β πλαισίων σε συνάρτηση με τις γωνίες β (°) και διαμέτρους D (m).

5.8 Ώρες ανά έτος λειτουργίας των φ/β h/y .

Οι ώρες ανά έτος όπου λειτουργούν τα φ/β υπολογίστηκαν από την διαίρεση της ηλεκτρικής ενέργειας με τα W_p που έχουμε εγκαταστήσει.

Πίνακας 5.8 : Ώρες ανά το χρόνο h/y

Γωνία β°	h/y	Γωνία β°	h/y
1°	1506,9	19°	1629,8
2°	1516,7	20°	1633,8
3°	1526,6	21°	1636,7
4°	1535,4	22°	1638,7
5°	1544,3	23°	1640,7
6°	1553,1	24°	1642,6
7°	1561,0	25°	1643,6
8°	1568,9	26°	1644,6
9°	1576,7	27°	1645,6
10°	1583,6	28°	1645,6
11°	1590,5	29°	1644,6
12°	1596,4	30°	1644,6
13°	1602,3	31°	1643,6
14°	1608,2	32°	1641,6
15°	1613,1	33°	1639,7
16°	1618,0	34°	1637,7
17°	1623,0	35°	1635,7
18°	1626,9		



Σχήμα 5.8 : Συνολικός χρονικό διάστημα ανά έτος σε h/y που λειτουργούν τα φ/β πλαίσια σε συνάρτηση με τις γωνίες β ($^{\circ}$).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Διαστασιολόγηση του PV-συστήματος με βάση της σχέσης PBP
(Pay Back Period)

Δεδομένου ότι αυτή η μελέτη στοχεύει να δώσει έναν πραγματικό και όχι μια ιδεαλιστική εκτίμηση των αποτελεσμάτων απόδοσης PV στην Ηλεία η περίοδος αμοιβής (PBP) είναι η έννοια που ακολουθεί. Η κατωτέρω (εξίσωση) χρησιμοποιήθηκε για να υπολογίσει την περίοδο αμοιβής (PBP) των σειρών PV:

$$\frac{c}{CI} \cdot \left(\sum_{i=1}^{12} (PSH)_i \cdot N_i \right) \cdot PR \cdot \left(\frac{(i+1)^{PBP} - 1}{i(i+1)^{PBP}} \right) = 1$$

Όπου :

c : είναι η τιμή αγοράς της KWh (€/ KWh) .

CI : είναι η κύρια επένδυση για κάθε μια KWp από PV εγκαταστάσεις (€/ KWp)

PR : είναι η αναλογία απόδοσης της σειράς.

i : είναι το ετήσιο ποσοστό έκπτωσης (επιτόκιο).

$PSH \cdot Ni$: Ηλιακή ενέργεια

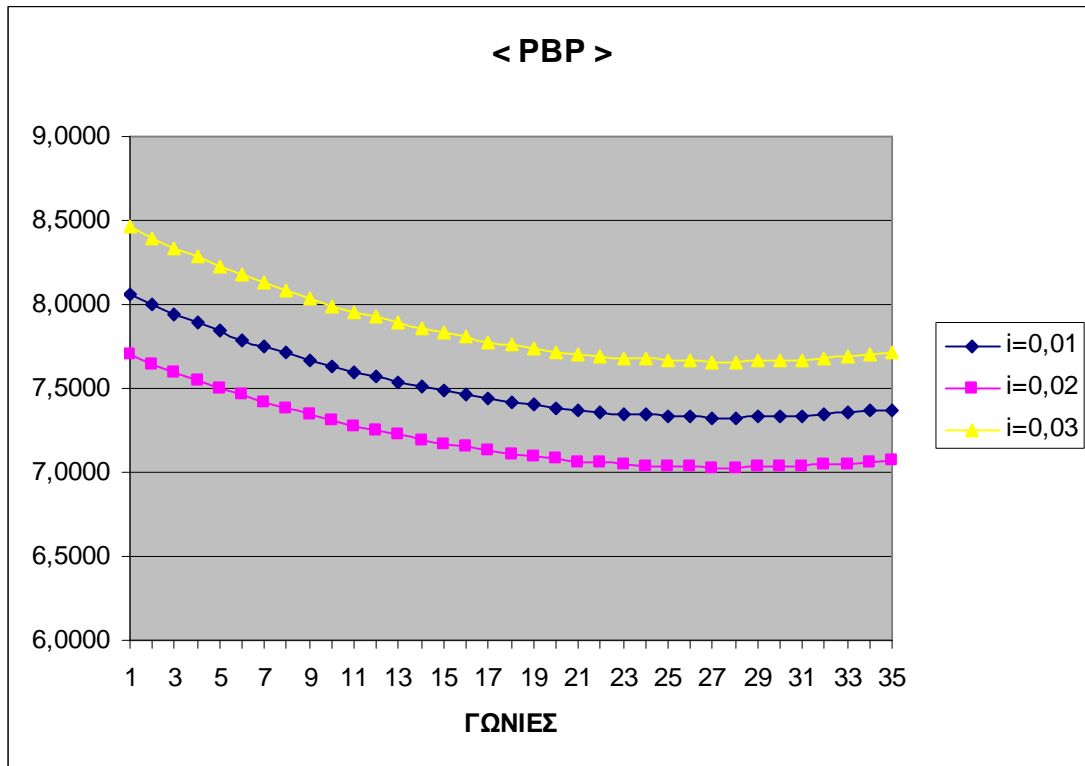
Προκειμένου να εξετασθούν τα διαφορετικά τεχνοοικονομικά σενάρια, η τιμή του επιτοκίου ποικίλει μεταξύ $i = 0.01$, $i = 0.02$ και $i = 0.03$. Ενώ τα υπόλοιπα δεδομένα είναι σταθερά.

Έτσι η τιμή αγοράς για την Ελλάδα της KWh όπως ορίζει η Δ.Ε.Η. είναι : $c = 0.5$ (€/ KWh) ,

ενώ το CI θεωρήθηκε σταθερή αξία 4000€ ανά εγκατεστημένο KWp , οι τιμές της μηνιαίας ηλιακής ενέργειας (KWh / m²) στις διαφορετικές κλίσεις που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό του PBP λήφθηκαν από τον πίνακα του κεφαλαίου 6 βήμα 1 μέσω του προγράμματος Meteornorm . Οι σειρές των PR των θεωρητικά εγκατεστημένων PV στην Ηλεία θεωρήθηκαν ίσες με 0.90 .

Πίνακας 6: Υπολογισμός PBP για τιμές επιτοκίου $i=0.01$, $i=0.02$ και $i=0.03$.

		$i=0,01$	$i=0,02$	$i=0,03$			$i=0,01$	$i=0,02$	$i=0,03$
β°	h/y	PBP	PBP	PBP	β°	h/y	PBP	PBP	PBP
1°	1506,6	7,6980	8,0579	8,4601	19°	1629,8	7,0963	7,4033	7,7412
2°	1516,7	7,6462	8,0014	8,3962	20°	1633,8	7,0786	7,3838	7,7199
3°	1526,6	7,5950	7,9402	8,3344	21°	1636,7	7,0654	7,3697	7,7046
4°	1535,4	7,5495	7,8960	8,2803	22°	1638,7	7,0566	7,3600	7,694
5°	1544,3	7,5046	7,8467	8,2263	23°	1640,7	7,0478	7,3504	7,6834
6°	1553,1	7,4602	7,7902	8,1735	24°	1642,6	7,0391	7,3413	7,6734
7°	1561,0	7,4212	7,7503	8,1268	25°	1643,6	7,0347	7,3364	7,6682
8°	1568,9	7,3825	7,7131	8,0801	26°	1644,6	7,0304	7,3316	7,663
9°	1576,7	7,3443	7,6712	8,0354	27°	1645,6	7,0260	7,3261	7,6577
10°	1583,6	7,3112	7,6365	7,9896	28°	1645,6	7,0260	7,3261	7,6577
11°	1590,5	7,2784	7,6007	7,9568	29°	1644,6	7,0304	7,3316	7,663
12°	1596,4	7,2505	7,5704	7,9237	30°	1644,6	7,0304	7,3316	7,663
13°	1602,3	7,2228	7,5404	7,8908	31°	1643,6	7,0347	7,3364	7,6682
14°	1608,2	7,1953	7,5105	7,8582	32°	1641,6	7,0435	7,3461	7,6787
15°	1613,1	7,1726	7,4859	7,8314	33°	1639,7	7,0522	7,3552	7,6887
16°	1618,0	7,1500	7,4615	7,8047	34°	1637,7	7,0610	7,3649	7,6992
17°	1723,0	7,1275	7,4368	7,7777	35°	1635,7	7,0698	7,3746	7,7098
18°	1626,9	7,1096	7,4175	7,7567					

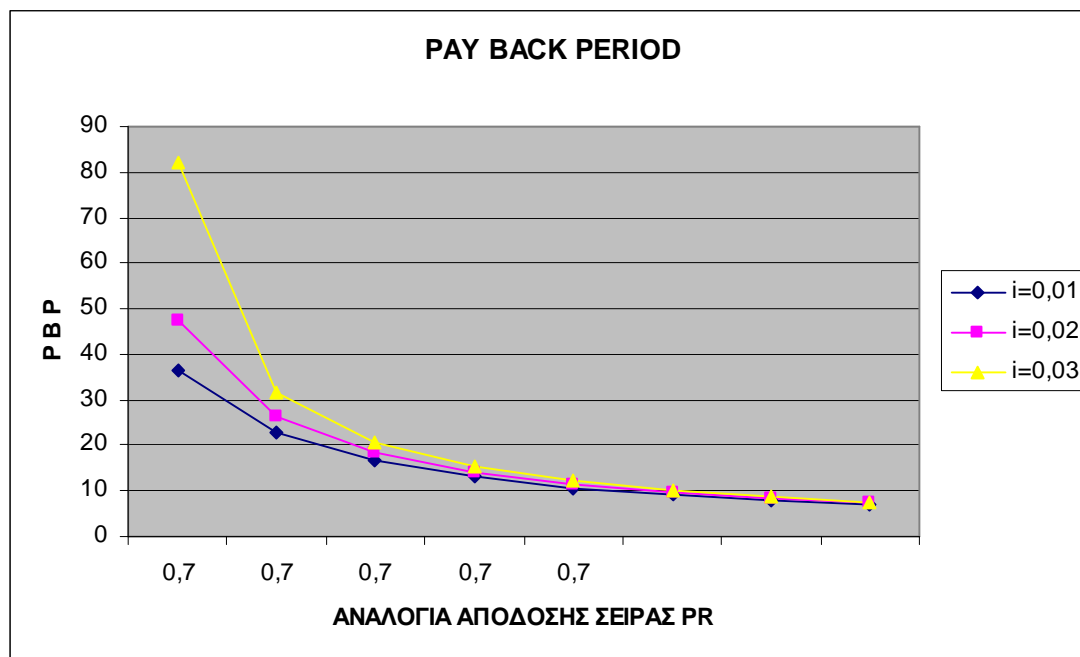


Παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα καθώς επίσης και το διάγραμμα του για διαφορετικές περιπτώσεις γωνιών και επιτοκίων συμπεραίνουμε ότι η μικρότερη περίοδος αποπληρωμής για την τοποθέτηση των φ/β είναι στις 27° και 28° .

Για πληρέστερη ανάλυση της Περιόδου Αποπληρωμής (PBP) για διαφορετικές τιμές του συντελεστή $PR=0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9$ και τις διαφορές επιτοκίου με τον πληθωρισμό $i = 0.01, 0.02, 0.03$ όταν το φ/β σύστημα είναι στη βέλτιστη κλίση 27° .

Πίνακας 6.2: PBP

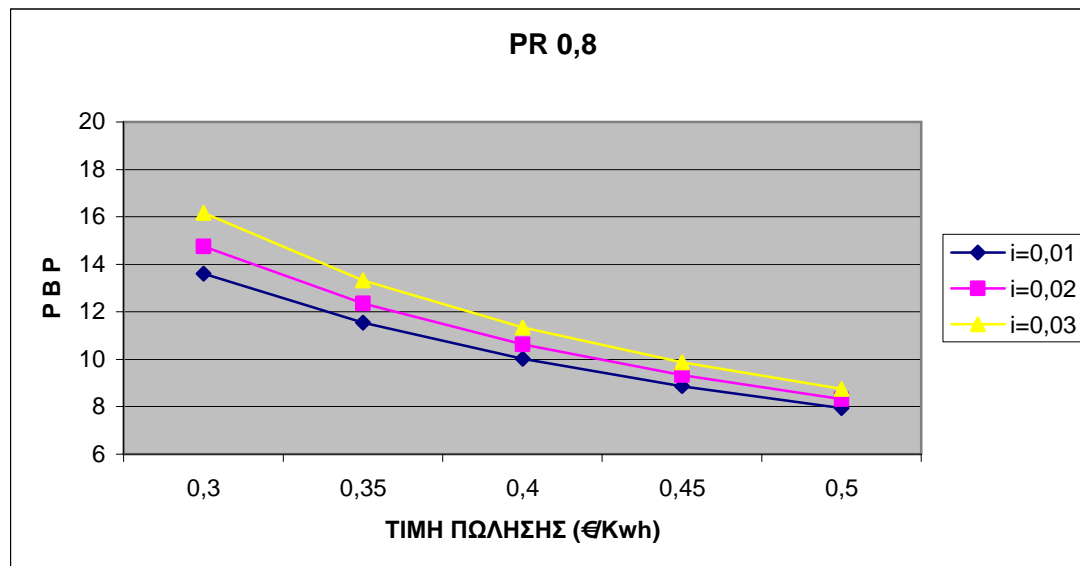
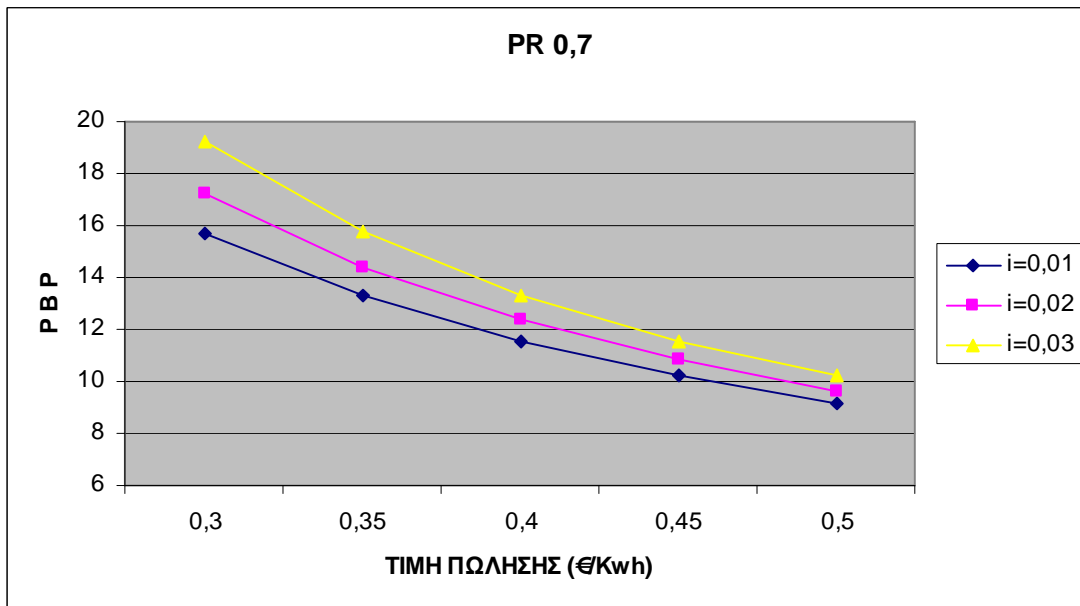
PR	I=0.01	i=0.02	i=0.03
0.2	36.3984	47.2503	82.0398
0.3	22.7479	26.2286	31.6549
0.4	16.5603	18.2893	20.5816
0.5	13.0227	14.0632	15.3428
0.6	10.7317	11.4303	12.2528
0.7	9.1266	9.6302	10.2065
0.8	7.9394	8.3211	8.7492
0.9	7.0256	7.3259	7.6575



Αντίστοιχα υπολογίστηκε η Περίοδος Αποπληρωμής (PBP) για διαφορετικές περιπτώσεις της τιμής πώλησης στο δίκτυο της ΔΕΗ $c = 0.3, 0.35, 0.4, 0.45,$ και 0.5 (€ Kwh), για διαφορετικό συντελεστή $PR=0.7, PR=0.8$ και της διαφορές επιτοκίου με τον πληθωρισμό $i = 0.01, 0.02$ και $i =0.03$ όταν το φ/β σύστημα είναι στη βέλτιστη κλίση 27° .

Πίνακας 6.3: PBP

	PR=0.7			PR=0.8		
c	i=0.01	i=0.02	i=0.03	i=0.01	I=0.02	i=0.03
0.3	15.7067	17.2506	19.2587	13.6038	14.7434	16.1615
0.35	13.3069	14.3952	15.7413	11.5445	12.3549	13.3242
0.4	11.5440	12.3549	13.3242	10.0263	10.6349	11.3423
0.45	10.1938	10.8231	11.5568	8.8616	9.3364	9.8772
0.5	9.1266	9.6303	10.2065	7.9394	8.3211	8.7492



7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΗΣ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

7.1 Γενικά συμπεράσματα

Μετά την διαστασιολόγηση που παρουσιάσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, καταλήγουμε σε κάποια συμπεράσματα.

Παρατηρώντας τα δεδομένα του πίνακα 6, Κεφ. 6 για το PBP για τις μοίρες 27° και 28° βλέπουμε ότι σε αυτήν την περίπτωση έχουμε την μικρότερη περίοδο αμοιβής. Δηλαδή τα 7.0260 , 7.3261 και 7.6557 χρόνια αντίστοιχα για τις εναλλαγές του επιτοκίου από $i=0,01$ $i=0,02$ και $i=0,03$ αντίστοιχα (για την συγκεκριμένη τοποθεσία και m^2 έκτασης). Άρα η μεγιστοποίηση της ενέργειας συναρτήσει της έκτασης (10 m^2 στην Ηλεία), των απωλειών και άλλων παραγόντων που αναφέρονται στο κεφ. 6 μας δίνουν το αποτέλεσμα της εγκατάστασης των συστοιχιών στις 27° ή 28° μοίρες.

Σύμφωνα με τον υπολογισμό της ηλιακής ενέργειας σε MWh παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη τιμή βρίσκεται στις 0°. Αυτό συμβαίνει για δύο λόγους διότι η απόσταση μεταξύ των σειρών των φ/β είναι μηδενική (άρα μεγαλύτερη επιφάνεια συλλεκτών) και διότι η ηλιακή ενέργεια τους καλοκαιρινούς μήνες είναι μεγαλύτερη (αφού οι ακτίνες του ηλίου είναι κάθετες). Αυτό όμως δεν είναι εφικτό διότι η έλλειψη γωνίας θα έχει τις ακόλουθες επιπτώσεις: οι συστοιχίες θα υπερθερμανθούν λόγω κακού αερισμού καθώς επίσης δεν θα απομακρύνονται το νερό και η άμμος. Αποτέλεσμα αυτών η μείωση της απόδοσης σε υψηλά και ασύμφορα επίπεδα. Αξίζει να σημειωθεί ότι για κάθε βαθμό κελσίου πάνω από τους 25°C που αναπτύσσεται στο πλαίσιο, η απόδοση μειώνεται κατά 0,4% τιμή αρκετά υψηλή.

Σχετικά με το μήκος των σειρών των ηλιακών συλλεκτών για $D = 2$ (m) και $D = 5$ (m) θα μπορούσαμε να πούμε ότι δεν θα ήταν συμφέρουσες.

- Στην πρώτη περίπτωση αν και θα υπάρχουν πολλοί διάδρομοι θα έχουμε αρκετό αριθμό βάσεων πράγμα που θα αυξήσει αρκετά το κόστος της επένδυσης.
- Ενώ στην Δεύτερη αν και θα υπήρχαν λιγότεροι διάδρομοι η συντήρηση και ο καθαρισμός των συλλεκτών θα ήταν ασύμφορος (λόγω αγοράς ειδικών μηχανημάτων) και δύσκολος.

Άρα καταλήγουμε ότι η καλύτερη περίπτωση μήκους των σειρών των φ/β από άποψη λειτουργικότητας και οικονομίας είναι $D = 3.5$ ή $D = 4$ (m).

Είναι γεγονός αναμφισβήτητο ότι σε μια μελέτη εγκατάστασης δέκα στρεμμάτων θα πρέπει να υπολογίζεται όχι μόνο η απόσταση μεταξύ των σειρών των φ/β (L) αλλά και ένας κάθετος διάδρομος (2,5 μέτρων περίπου), ώστε να διευκολύνει την όλη εργασία του συντηρητή. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορεί ένα μηχάνημα τύπου κλάρκ να διασχίζει κάθετα τις συστοιχίες και να πραγματοποιεί τις ανάλογες εργασίες.

Τα φ/β πλαίσια θα πρέπει να επιλεγούν με βάση τον συνδυασμό της απόδοσης της αξιοπιστίας και του κόστους τους. Τον τελευταίο καιρό, στην τεχνολογία των φ/β, επιχειρείται έντονα η μείωση της ενεργούς επιφάνειας τους (συγκεντρωτικού τύπου συλλέκτες) με παράλληλη αύξηση την απόδοσή τους. Για τον λόγο αυτό επιλέχθηκαν panel των εταιριών Sharp ή Siemens.

7.2 Μελλοντική έρευνα

Μια άλλη παράμετρος που θα μας δώσει περισσότερα στοιχεία της τεχνικο-οικονομικής αποδοτικότητας του έργου την βρίσκουμε από τον οδηγό

αξιολόγησης αιτήσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και μικρή ΣΗΘ, το οποίο χρηματοδοτήθηκε από: Γ' Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης 2000-2006, Επιχειρησιακό Πρόγραμμα << Ανταγωνιστικότητα >> (ΕΠΤΑ-Ελληνικό Δημόσιο).

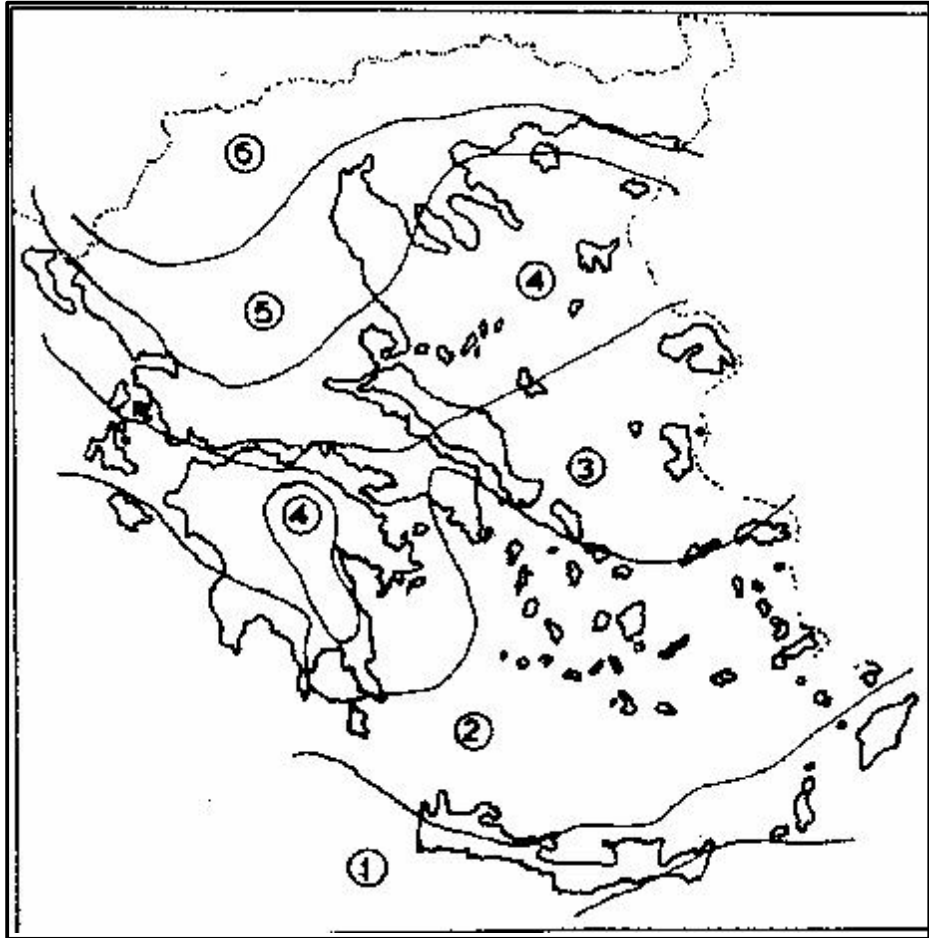
Στάδιο εξέτασης Α7 όπου έχουμε εξασφάλιση τεχνικό-οικονομικής αποδοτικότητας έργου. Η εξέταση γίνεται για το έργο και όχι για την επένδυση. Δεν λαμβάνονται υπόψη τυχόν επιδοτήσεις ή επιχορηγήσεις, ούτε χρηματοδοτικά σχήματα που τυχόν επιδιώκει ο επενδυτής. Η αξιολόγηση της τεχνικοοικονομικής αποδοτικότητας γίνεται για το έργο θεωρώντας για όλα τα έργα τυποποιημένη προέλευση των οικονομικών πόρων (30% ίδια κεφάλαια-70% τραπεζικός δανεισμός), τυποποιημένες τιμές επιτοκίων και χρόνου απόσβεσης. Ποσοτικό μέτρο για την αξιολόγηση της τεχνικο-οικονομικής αποδοτικότητας λαμβάνεται ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) του συνολικού κόστους επένδυσης του έργου. Δεδομένων των ετήσιων χρηματοροών (επένδυση, κόστος λειτουργίας) και εισροών (εισπράξεις από το σύστημα) καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του έργου, ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) είναι εκείνο το προεξοφλητικό επιτόκιο που αντιστοίχησε μηδενική Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) των χρηματοροών. Η εξίσωση της ΚΠΑ που είναι η ακόλουθη, επιλύεται για την εύρεση του επιτοκίου προεξόφλησης i , για το οποίο θα έχουμε ΚΠΑ=0.

$$\text{Όπου } \text{Κ.Π.Α.} = -C_0 + \left\langle \sum_1^n E_n (1-i)^{-n} - \sum_1^n C_n (1-i)^{-n} \right\rangle \pm \frac{SV}{(1+i)^n}$$

Εφόσον το αποτέλεσμα της αξιολόγησης δίνει αριθμητική τιμή για το IRR που υπερβαίνει κάποιο ελάχιστο όριο, το έργο κρίνεται κατ' αρχήν επαρκώς τεχνο-οικονομικά αποδεκτό. Επίδοση πέραν του ορίου IRR βαθμολογείται θετικά για το έργο.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι



Σχήμα 1 : Διαχωρισμός σε ζώνες των διαφόρων πόλεων της Ελλάδας

Πίνακας 1 : Κατάταξη των κυριότερων ζωνών σε πόλεις.

1	2	3	4	5	6
Ηράκλειο	Αθήνα	Αργοστόλι	Άρτα	Θεσ/νίκη	Ιωάννινα
Ιεράπετρα	Καλαμάτα	Κόρινθος	Κέρκυρα	Καβάλα	Κομοτηνή
Ρόδος	Νάξος	Μυτιλήνη	Λαμία	Κατερίνη	Κόνιτσα
Σητεία	Σάμος	Πάτρα	Λήμνος	Λάρισα	Σέρρες
Χανιά	Σύρος	Χίος			

Πίνακας 2 : Ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο (MJ/m²mo)

ΜΗΝΑΣ/ ΖΩΝΗ	1	2	3	4	5	6
I	230	230	220	194	169	169
Φ	277	274	259	234	223	169
M	439	418	400	371	360	349
A	558	493	493	493	493	468
M	706	691	684	644	644	612
I	770	752	745	724	680	666
I	817	781	781	781	727	706
A	760	716	716	695	670	641
Σ	598	536	526	504	486	464
O	421	382	367	349	328	313
N	284	270	241	220	220	202
Δ	220	198	187	173	162	162
M.O.	507	478	468	449	430	414
ΣΥΝΟΛΟ	6080	5738	5616	5384	5162	4968

Πίνακας 3 : Μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος ανά μήνα (°C)

Ζώνη	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	O	N	Δ	M.O.
1	13	13	15	17	21	26	28	28	25	22	18	15	20
2	11	12	13	16	20	25	27	27	24	20	16	13	19
3	11	12	13	16	20	25	27	27	24	20	16	13	19
4	8	9	11	16	20	25	27	27	23	18	14	9	17
5	5	7	10	14	20	24	27	27	23	17	12	7	16
6	4	6	9	15	20	24	27	24	22	16	11	6	15

Πίνακας 4 : Μέσοι συντελεστές \bar{R} ζώνης 3 ανάλογα με το μήνα και την κλίση του πλαισίου ως προς το οριζόντιο επίπεδο.

ΖΩΝΗ 3										
Γωνία β° / Μήνα	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
I	1.00	1.20	1.37	1.51	1.62	1.69	1.71	1.69	1.63	1.53
Φ	1.00	1.13	1.24	1.32	1.37	1.39	1.38	1.33	1.25	1.15
M	1.00	1.08	1.13	1.17	1.17	1.15	1.11	1.03	0.94	0.83
A	1.00	1.03	1.04	1.03	0.99	0.94	0.87	0.78	0.68	0.56
M	1.00	1.00	0.98	0.94	0.88	0.81	0.72	0.62	0.52	0.41
I	1.00	0.98	0.95	0.90	0.83	0.75	0.66	0.55	0.45	0.34
I	1.00	0.99	0.96	0.92	0.85	0.77	0.68	0.58	0.47	0.36
A	1.00	1.02	1.02	1.00	0.95	0.89	0.81	0.71	0.60	0.48
Σ	1.00	1.07	1.11	1.13	1.12	1.09	1.03	0.95	0.85	0.72
O	1.00	1.12	1.23	1.30	1.35	1.36	1.33	1.28	1.20	1.08
N	1.00	1.19	1.35	1.48	1.58	1.63	1.65	1.62	1.56	1.45
Δ	1.00	1.21	1.39	1.55	1.66	1.74	1.77	1.76	1.70	1.60



Σχήμα 2 : Ηλιακό δυναμικό σε κιλοβατώρες ανά τετραγωνικό μέτρο ημερησίως.

Γεωγραφικά πλάτη (Φ) και μήκη (L_{loc}) κυριότερων αστικών κέντρων της Χώρας

	Φ	L _{loc}		Φ	L _{loc}
Άγιος Νικόλαος	35.9	25.43	Κόρινθος	37.56	22.57
Αγρινιά	38.38	21.24	Λαμία	38.54	22.26
Αθήνα	37.59	23.43	Λάρισα	39.38	22.25
Αλεξανδρούπολη	40.52	25.53	Λεβαδία	38.26	22.53
Αργος	37.38	22.44	Λευκάδα	38.50	20.42
Αργολίδα	38.11	20.29	Μυτιλήνη	39.6	26.33
Αρτα	39.9	20.59	Ναύπλιον	37.35	22.48
Βέροια	40.32	22.13	Ξάνθη	41.9	24.54
Βόλος	39.22	22.56	Ορεστιάδα	41.31	26.32
Δράμα	41.9	24.1	Πάτρα	38.15	21.44
Ζάκυνθος	37.47	20.54	Πειραιάς	37.57	23.39
Ηράκλειο	35.20	25.8	Τρέβεζα	38.57	20.45
Θεσσαλονίκη	40.38	22.58	Τύρριος	37.41	21.26
Ιωάννινα	39.40	20.51	Ρέθυμνο	35.23	24.29
Καβάλα	40.57	24.25	Ρόδος	36.27	28.13
Καλαμάτα	37.3	22.7	Σέπρες	41.6	23.33
Καρδίτσα	39.22	21.55	Σπάρτη	37.5	22.26
Καστοριά	40.32	21.16	Τρικιά	39.33	21.46
Κατερίνη	40.17	22.31	Τριπόλη	37.31	22.22
Κέρκυρα	39.37	19.55	Φλώρινα	40.47	21.25
Κιλκίς	41.0	22.53	Χακιάδα	35.28	23.36
Κοζάνη	40.19	21.48	Χανιά	35.31	24.1
Κομοτηνή	41.7	25.25	Χίος	38.22	26.8

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

Πίνακας 1 : Ηλιακή ενέργεια (kwh/m²) ανά μήνα που πέφτει στην επιφάνεια των PV-πλασιών αντίστοιχα με την κλίση, ως προς το κεκλιμένο επίπεδο, στην Ηλεία (Τιμές Meteororm).

ΚΛΙΣΗ / ΜΗΝΑΣ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	ΣΥΝΟΛΟ (kwh/m2)
0°	51	67	106	150	196	216	219	190	144	92	55	42	1528
1°	51	67	107	151	196	216	219	190	144	92	55	42	1532
2°	52	68	108	152	197	217	220	191	146	93	56	43	1542
3°	53	69	109	153	198	217	220	192	147	94	57	44	1552
4°	54	70	110	154	198	217	221	193	148	95	58	44	1561
5°	55	71	111	154	198	217	221	194	149	96	59	45	1570
6°	56	72	112	155	198	217	221	194	150	97	60	46	1579
7°	57	73	112	156	199	217	222	195	152	98	61	47	1587
8°	57	73	113	157	199	217	222	196	153	99	62	47	1595
9°	58	74	114	157	199	217	222	196	154	100	63	48	1603
10°	59	75	115	158	199	217	222	197	155	101	64	49	1610
11°	60	76	115	158	199	217	222	197	156	102	65	49	1617
12°	60	76	116	159	199	217	222	198	157	103	66	50	1623
13°	61	77	117	159	199	217	222	198	157	104	67	51	1629
14°	62	78	117	160	199	217	222	199	158	104	68	51	1635
15°	63	79	118	160	199	216	222	199	159	105	68	52	1640
16°	63	79	119	161	199	216	221	199	160	106	69	52	1645
17°	64	80	119	161	199	216	221	199	161	107	70	53	1650
18°	65	80	120	161	199	215	221	200	161	107	71	54	1654
19°	65	81	120	161	199	215	220	200	162	108	72	54	1657
20°	66	82	121	162	198	214	220	200	163	109	72	55	1661

*Συνέχεια πίνακα 1

ΚΛΙΣΗ / ΜΗΝΑΣ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	ΣΥΝΟΛΟ (kwh/m ²)
21°	67	82	121	162	198	213	220	200	163	109	73	55	1664
22°	67	83	122	162	198	213	219	200	164	110	74	56	1666
23°	68	83	122	162	197	212	218	200	164	110	75	56	1668
24°	69	84	122	162	197	211	218	200	165	111	75	57	1670
25°	69	85	123	162	196	210	217	200	165	111	76	57	1671
26°	70	85	123	162	196	210	216	199	165	112	77	58	1672
27°	70	86	123	162	195	209	215	199	166	112	77	58	1673
28°	71	86	124	162	194	208	215	199	166	113	78	59	1673
29°	71	87	124	162	194	207	214	198	166	113	78	59	1672
30°	72	87	124	162	193	206	213	198	166	114	79	59	1672
31°	72	87	124	162	192	204	212	198	167	114	80	60	1671
32°	73	87	124	161	191	203	211	197	167	114	80	60	1669
33°	73	88	124	161	190	202	209	197	167	115	81	61	1667
34°	74	88	125	161	189	201	208	196	167	115	81	61	1665
35°	74	88	125	160	188	199	207	195	167	115	82	61	1663

Πίνακες 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6 και 2.7 : Αποστάσεις σε μέτρα (m) ανά μήνα για κλίση 1° μέχρι 35° και μήκος στοιχείων D = 2 (m), D = 2.5 (m), D = 3 (m), D = 3.5 (m), D = 4 (m), D = 4.5 (m) και D = 5 (m) .

Πίνακας 2.1 : D = 2 (m)

ΚΛΙΣΗ / ΜΗΝΑΣ	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	O	N	Δ
1°	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2°	2,1	2,1	2	2	2	2	2	2	2	2	2,1	2,1
3°	2,2	2,1	2,1	2	2	2	2	2	2,1	2,1	2,1	2,1
4°	2,3	2,1	2,1	2	2	2	2	2	2,1	2,1	2,2	2,3
5°	2,3	2,2	2,1	2,1	2	2	2	2,1	2,1	2,1	2,2	2,4
6°	2,3	2,2	2,2	2,1	2	2	2	2,1	2,1	2,2	2,3	2,4
7°	2,3	2,3	2,2	2,1	2	2	2	2,1	2,1	2,2	2,3	2,1
8°	2,4	2,3	2,2	2,1	2	2	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
9°	2,5	2,3	2,2	2,1	2,1	2	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
10°	2,5	2,4	2,2	2,1	2,1	2	2,1	2,1	2,2	2,3	2,5	2,6
11°	2,6	2,4	2,3	2,1	2,1	2	2,1	2,1	2,2	2,3	2,5	2,6
12°	2,6	2,4	2,3	2,2	2,1	2	2,1	2,2	2,2	2,4	2,6	2,7
13°	2,7	2,5	2,3	2,2	2,1	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,6	2,7
14°	2,7	2,5	2,3	2,2	2,1	2	2,1	2,2	2,3	2,5	2,7	2,8
15°	2,8	2,5	2,4	2,2	2,1	2	2,1	2,2	2,3	2,5	2,7	2,8
16°	2,8	2,6	2,4	2,2	2,1	2	2,1	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9
17°	2,9	2,6	2,4	2,2	2,1	2	2,1	2,2	2,3	2,5	2,8	3
18°	2,9	2,6	2,4	2,2	2,1	2	2,1	2,2	2,3	2,5	2,8	3
19°	2,9	2,7	2,4	2,2	2,2	2	2,1	2,2	2,3	2,6	2,9	3,1
20°	3	2,7	2,4	2,2	2,2	2	2,1	2,2	2,4	2,5	2,9	3,1
21°	3	2,7	2,5	2,2	2,1	2	2,1	2,2	2,4	2,6	3	3,1
22°	3	2,7	2,5	2,2	2,1	2	2,1	2,2	2,4	2,6	3	3,2
23°	3,1	2,8	2,5	2,2	2,1	2	2,1	2,2	2,4	2,7	3	3,2
24°	3,2	2,8	2,5	2,2	2,1	2	2	2,2	2,4	2,7	3,1	3,3
25°	3,2	2,8	2,5	2,2	2,1	2	2	2,2	2,4	2,7	3,1	3,3

*Συνέχεια πίνακα 2.1

ΚΛΙΣΗ / ΜΗΝΑΣ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
26°	3,2	2,8	2,5	2,2	2,1	2	2	2,2	2,4	2,7	3,1	3,4
27°	3,3	2,9	2,5	2,2	2,1	2	2	2,2	2,4	2,8	3,1	3,4
28°	3,3	2,9	2,5	2,2	2,1	2	2	2,2	2,4	2,8	3,2	3,5
29°	3,3	2,9	2,6	2,2	2,1	2	2	2,2	2,4	2,8	3,2	3,5
30°	3,4	2,9	2,6	2,2	2,1	2	2	2,2	2,4	2,8	3,2	3,5
31°	3,4	2,9	2,6	2,2	2,1	1,9	2	2,2	2,4	2,8	3,3	3,5
32°	3,4	3	2,6	2,2	2	1,9	2	2,2	2,4	2,8	3,3	3,6
33°	3,5	3	2,6	2,2	2	1,9	2	2,2	2,4	2,8	3,3	3,6
34°	3,5	3	2,6	2,2	2	1,9	2	2,2	2,4	2,9	3,3	3,7
35°	4,4	3,8	3,3	2,8	2,5	2,4	2,5	2,7	3,1	3,6	4,3	4,7

Πίνακας 2.2 : D = 2.5 (m)

ΚΛΙΣΗ / ΜΗΝΑΣ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
1°	2,6	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6
2°	2,6	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,7
3°	2,7	2,6	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7
4°	2,8	2,7	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,8	2,8
5°	2,8	2,7	2,7	2,6	2,6	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,8	2,9
6°	2,9	2,8	2,7	2,6	2,6	2,5	2,6	2,6	2,7	2,8	2,9	3
7°	3	2,8	2,7	2,6	2,6	2,5	2,6	2,6	2,7	2,8	2,9	3
8°	3	2,9	2,8	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,7	2,9	3	3,1
9°	3,1	2,9	2,8	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,7	2,9	3,1	3,2
10°	3,2	3	2,8	2,7	2,6	2,6	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2
11°	3,2	3	2,9	2,7	2,6	2,6	2,6	2,7	2,8	3	3,2	3,3

*Συνέχεια πίνακα 2.2

ΚΛΙΣΗ / ΜΗΝΑΣ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
12°	3,3	3,1	2,9	2,7	2,6	2,6	2,6	2,7	2,8	3	3,2	3,4
13°	3,4	3,1	2,9	2,7	2,6	2,6	2,6	2,7	2,8	3,1	3,3	3,5
14°	3,4	3,2	2,9	2,7	2,6	2,6	2,6	2,7	2,9	3,1	3,4	3,5
15°	3,5	3,2	3	2,8	2,6	2,6	2,6	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6
16°	3,5	3,2	3	2,8	2,6	2,6	2,6	2,7	2,9	3,2	3,5	3,7
17°	3,6	3,3	3	2,8	2,6	2,6	2,6	2,7	2,9	3,2	3,5	3,7
18°	3,6	3,3	3	2,8	2,6	2,6	2,6	2,7	2,9	3,2	3,6	3,8
19°	3,7	3,3	3	2,8	2,6	2,6	2,6	2,7	3	3,3	3,6	3,8
20°	3,8	3,4	3,1	2,8	2,6	2,6	2,6	2,7	3	3,3	3,7	4
21°	3,8	3,4	3,1	2,8	2,6	2,6	2,6	2,7	3	3,3	3,7	4
22°	3,9	3,4	3,1	2,8	2,6	2,6	2,6	2,7	3	3,3	3,8	4
23°	3,9	3,5	3,1	2,8	2,6	2,6	2,6	2,7	3	3,4	3,8	4,1
24°	4	3,5	3,1	2,8	2,6	2,5	2,6	2,7	3	3,4	3,8	4,1
25°	4	3,5	3,2	2,8	2,6	2,5	2,6	2,7	3	3,4	3,9	4,2
26°	4,1	3,6	3,2	2,8	2,6	2,5	2,6	2,7	3	3,5	4	4,3
27°	4,1	3,6	3,2	2,8	2,6	2,5	2,6	2,7	3	3,5	4	4,3
28°	4,1	3,6	3,2	2,8	2,6	2,5	2,6	2,7	3	3,5	4	4,3
29°	4,2	3,7	3,2	2,8	2,6	2,5	2,5	2,7	3,1	3,5	4,1	4,4
30°	4,2	3,7	3,2	2,8	2,6	2,5	2,5	2,7	3,1	3,6	4,1	4,5
31°	4,3	3,7	3,2	2,8	2,6	2,5	2,5	2,7	3,1	3,6	4,1	4,5
32°	4,3	3,7	3,2	2,8	2,6	2,5	2,5	2,7	3,1	3,6	4,2	4,5
33°	4,3	3,7	3,2	2,8	2,6	2,4	2,5	2,7	3,1	3,6	4,2	4,6
34°	4,4	3,8	3,3	2,8	2,5	2,4	2,5	2,7	3,1	3,6	4,2	4,6
35°	4,4	3,8	3,3	2,8	2,5	2,4	2,5	2,7	3,1	3,6	4,3	4,7

Πίνακας 2.3 : D = 3 (m)

ΚΛΙΣΗ / ΜΗΝΑΣ	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	O	N	Δ
1°	3,1	3,1	3	3	3	3	3	3	3	3,1	3,1	3,1
2°	3,2	3,1	3,1	3	3	3	3	3	3,1	3,1	3,2	3,2
3°	3,2	3,2	3,1	3,1	3	3	3	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3
4°	3,3	3,2	3,2	3,1	3,1	3	3	3,1	3,1	3,2	3,3	3,4
5°	3,4	3,3	3,2	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,2	3,3	3,4	3,4
6°	3,5	3,4	3,2	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,2	3,3	3,5	3,5
7°	3,6	3,4	3,3	3,2	3,1	3,1	3,1	3,1	3,2	3,4	3,5	3,6
8°	3,7	3,5	3,3	3,2	3,1	3,1	3,1	3,2	3,3	3,4	3,6	3,7
9°	3,7	3,5	3,9	3,4	3,1	3,1	3,1	3,2	3,3	3,5	3,7	3,8
10°	3,8	3,6	3,4	3,2	3,1	3,1	3,1	3,2	3,3	3,5	3,8	3,9
11°	3,9	3,6	3,4	3,2	3,1	3,1	3,1	3,2	3,4	3,6	3,8	4
12°	4	3,7	3,5	3,3	3,1	3,1	3,1	3,2	3,4	3,6	3,9	4,1
13°	4	3,7	3,5	3,4	3,1	3,1	3,1	3,2	3,4	3,7	4	4,1
14°	4,1	3,8	3,5	3,3	3,1	3,1	3,1	3,2	3,4	3,7	4	4,2
15°	4,2	3,8	3,5	3,3	3,1	3,1	3,1	3,3	3,4	3,8	4,1	4,3
16°	4,2	3,9	3,6	3,3	3,2	3,1	3,1	3,3	3,5	3,8	4,2	4,4
17°	4,3	3,9	3,6	3,3	3,2	3,1	3,1	3,3	3,7	3,8	4,2	4,5
18°	4,4	4	3,6	3,3	3,2	3,1	3,1	3,3	3,5	3,9	4,3	4,5
19°	4,5	4	3,7	3,3	3,2	3,1	3,1	3,3	3,5	3,9	4,3	4,6
20°	4,5	4,1	3,7	3,4	3,2	3,1	3,1	3,3	3,5	3,9	4,4	4,7
21°	4,6	4,1	3,7	3,4	3,2	3,1	3,1	3,3	3,6	4	4,5	4,8
22°	4,6	4,1	3,7	3,4	3,2	3,1	3,1	3,3	3,6	4	4,5	4,8
23°	4,7	4,2	3,8	3,4	3,2	3,1	3,1	3,3	3,6	4,1	4,6	4,9
24°	4,8	4,2	3,9	3,4	3,1	3,1	3,1	3,3	3,6	4,1	4,6	5
25°	4,8	4,3	3,8	3,4	3,2	3	3,1	3,3	3,6	4,1	4,7	5

*Συνέχεια πίνακα 2.3

ΚΛΙΣΗ / ΜΗΝΑΣ	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	O	N	Δ
26°	4,9	4,3	3,8	3,4	3,1	3	3,1	3,3	3,6	4,1	4,7	5,1
27°	4,9	4,3	3,8	3,4	3,1	3	3,1	3,3	3,6	4,2	4,8	5,2
28°	5	4,4	3,8	3,4	3,1	3	3,1	3,3	3,7	4,2	4,8	5,2
29°	5	4,4	3,9	3,4	3,1	3	3,1	3,3	3,7	4,2	4,9	5,3
30°	5,1	4,4	3,9	3,4	3,1	3	3	3,3	3,7	4,3	4,9	5,3
31°	5,1	4,4	3,9	3,4	3,1	3	3	3,3	3,7	4,3	5	5,4
32°	5,2	4,5	3,9	3,4	3,1	3	3	3,3	3,7	4,3	5	5,4
33°	5,2	4,5	3,9	3,4	3,1	2,9	3	3,3	3,7	4,3	5	5,5
34°	5,3	4,5	3,9	3,4	3	2,9	3	3,2	3,7	4,3	5,1	5,5
35°	5,3	4,5	3,9	3,4	3	2,9	3	3,3	3,7	4,4	5,1	5,6

Πίνακας 2.4 : D = 3.5 (m)

ΚΛΙΣΗ / ΜΗΝΑΣ	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	O	N	Δ
1°	3,6	3,6	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,6	3,6	3,6
2°	3,7	3,6	3,6	3,6	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,6	3,7	3,7
3°	3,8	3,7	3,6	3,6	3,5	3,5	3,5	3,6	3,6	3,7	3,8	3,8
4°	3,9	3,8	3,7	3,6	3,6	3,5	3,5	3,6	3,6	3,7	3,9	3,9
5°	4	3,8	3,7	3,6	3,6	3,5	3,6	3,6	3,7	3,8	3,9	4
6°	4	4	3,8	3,7	3,6	3,6	3,6	3,6	3,7	3,9	4,1	4,1
7°	4,2	4	3,8	3,7	3,6	3,6	3,6	3,7	3,8	3,9	4,1	4,2
8°	4,3	4,1	3,9	3,7	3,6	3,6	3,6	3,7	3,8	4	4,2	4,3
9°	4,4	4,1	3,9	3,7	3,6	3,6	3,6	3,7	3,8	4	4,2	4,3
10°	4,4	4,2	3,9	3,7	3,6	3,6	3,6	3,7	3,9	4,1	4,4	4,5
11°	4,5	4,2	4	3,8	3,6	3,6	3,6	3,7	3,9	4,2	4,4	4,6
12°	4,6	4,3	4	3,8	3,7	3,6	3,6	3,7	3,9	4,2	4,5	4,7

*Συνέχεια πίνακα 2.4

ΚΛΙΣΗ / ΜΗΝΑΣ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
13°	4,7	4,4	4,1	3,8	3,7	3,6	3,6	3,8	4,7	4,3	4,6	4,8
14°	4,8	4,4	4,1	3,8	3,7	3,6	3,6	3,8	4	4,3	4,7	4,9
15°	4,9	4,5	4,1	3,9	3,7	3,6	3,6	3,8	4	4,4	4,8	5
16°	4,9	4,5	4,1	3,9	3,7	3,6	3,6	3,8	4	4,4	4,8	5,1
17°	5	4,6	4,2	3,9	3,7	3,6	3,6	3,8	4	4,5	4,9	5,2
18°	5,1	4,6	4,2	3,9	3,7	3,6	3,6	3,8	4,1	4,5	5	5,3
19°	5,2	4,7	4,3	3,9	3,7	3,6	3,6	3,8	4,1	4,6	5,1	5,4
20°	5,3	4,7	4,3	3,9	3,7	3,6	3,6	3,8	4,1	4,6	5,1	5,5
21°	5,33	4,8	4,3	3,9	3,7	3,6	3,6	3,8	4,2	4,6	5,2	5,6
22°	5,4	4,8	4,4	3,9	3,7	3,6	3,6	3,8	4,2	4,7	5,3	5,7
23°	5,5	4,9	4,4	3,9	3,7	3,6	3,6	3,8	4,2	4,7	5,3	5,7
24°	5,5	4,9	4,4	3,9	3,7	3,6	3,6	3,8	4,2	4,8	5,4	5,8
25°	5,6	5	4,4	3,9	3,7	3,6	3,6	3,8	4,2	4,8	5,4	5,9
26°	5,7	5	4,4	4	3,7	3,5	3,6	3,8	4,2	4,8	5,5	5,9
27°	5,7	5	4,5	4	3,7	3,5	3,6	3,8	4,3	4,9	5,6	6
28°	5,8	5	4,5	4	3,6	3,5	3,6	3,8	4,3	4,9	5,6	6,1
29°	5,9	5	4,5	4	3,6	3,5	3,6	3,9	4,3	4,9	5,7	6,2
30°	6	5,2	4,5	4	3,6	3,5	3,6	3,9	4,3	5	5,7	6,2
31°	6	5,2	4,5	3,9	3,6	3,5	3,5	3,8	4,3	5	5,8	6,3
32°	6	5,2	4,5	3,9	3,6	3,4	3,5	3,8	4,3	5	5,8	6,3
33°	6,1	5,2	4,6	3,9	3,6	3,4	3,5	3,8	4,3	5	5,9	6,4
34°	6,1	5,3	4,6	3,9	3,6	3,4	3,5	3,8	4,3	5,1	5,9	6,5
35°	6,2	5,3	4,7	3,9	3,5	3,4	3,5	3,8	4,3	5,1	6	6,3

Πίνακας 2.5 : D = 4 (m)

ΚΛΙΣΗ / ΜΗΝΑΣ	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	O	N	Δ
1°	4,1	4,1	4	4	4	4	4	4	4	4,1	4,1	4,1
2°	4,2	4,1	4,1	4,1	4	4	4	4	4,1	4,1	4,2	4,2
3°	4,3	4,2	4,2	4,1	4	4	4	4,1	4,1	4,2	4,3	4,4
4°	4,4	4,3	4,2	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5
5°	4,5	4,4	4,2	4,2	4,1	4,1	4,1	4,1	4,2	4,4	4,5	4,6
6°	4,7	4,5	4,3	4,2	4,1	4,1	4,1	4,2	4,3	4,4	4,6	4,7
7°	4,8	4,5	4,3	4,5	4,1	4,1	4,1	4,2	4,3	4,5	4,7	4,8
8°	4,9	4,6	4,4	4,2	4,1	4,1	4,2	4,4	4,4	4,6	4,8	5
9°	5	4,7	4,5	4,3	4,1	4,1	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,1
10°	5,1	4,8	4,5	4,3	4,2	4,1	4,1	4,2	4,4	4,7	5	5,2
11°	5,2	4,8	4,6	4,3	4,2	4,1	4,1	4,3	4,5	4,8	5,1	5,3
12°	5,3	5	4,6	4,3	4,2	4,1	4,2	4,3	4,5	4,8	5,1	5,4
13°	5,4	5	4,6	4,4	4,2	4,1	4,2	4,3	4,5	4,9	5,3	5,5
14°	5,5	5	4,7	4,4	4,2	4,1	4,2	4,3	4,6	5	5,4	5,6
15°	5,6	5,1	5,1	4,7	4,4	4,2	4,1	4,2	4,6	5	5,4	5,7
16°	5,6	5,2	4,8	4,4	4,2	4,1	4,2	4,3	4,6	5,1	5,5	5,8
17°	5,7	5,2	4,8	4,4	4,2	4,2	4,2	4,3	4,6	5,1	5,6	5,9
18°	5,8	5,3	4,8	4,5	4,2	4,1	4,2	4,4	4,7	5,2	5,7	6,1
19°	6	5,4	4,9	4,2	4,2	4,1	4,2	4,4	4,7	5,2	5,8	6,2
20°	6,1	5,5	4,9	4,5	4,2	4,1	4,2	4,4	4,8	5,3	6	6,4
21°	6,2	5,5	5	4,5	4,5	4,2	4,1	4,4	4,8	5,4	6	6,4
22°	6,2	5,5	5	4,5	4,2	4,1	4,1	4,4	4,8	5,4	6	6,4
23°	6,3	5,6	5	4,5	4,2	4,1	4,1	4,4	4,8	5,4	6,1	6,5
24°	6,3	5,6	5	4,5	4,2	4,1	4,1	4,4	4,8	5,4	6,2	6,6
25°	6,4	5,7	5,1	4,5	4,2	4,1	4,1	4,4	4,8/	5,5	6,2	6,7

*Συνέχεια πίνακα 2.5

ΚΛΙΣΗ / ΜΗΝΑΣ	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	O	N	Δ
26°	6,5	5,7	5,1	4,5	4,2	4	4,1	4,4	4,8	5,5	6,3	6,8
27°	6,6	5,8	5,1	4,5	4,2	4	4,1	4,4	4,9	5,6	6,4	6,9
28°	6,6	5,8	5,1	4,5	4,1	4	4,1	4,4	4,9	5,6	6,4	7
29°	6,7	5,9	5,1	4,5	4,1	4	4,1	4,4	4,9	5,6	6,5	7
30°	6,8	5,9	5,2	4,5	4,2	4	4,1	4,4	4,9	5,7	6,5	7,1
31°	6,8	5,9	5,2	4,5	4,1	4	4	4,4	4,9	5,7	6,6	7,2
32°	6,9	6	5,2	4,5	4,1	3,9	4,2	4,4	4,9	5,7	6,7	7,3
33°	6,9	6	5,2	4,5	4,1	3,9	4	4,3	4,9	5,8	6,7	7,3
34°	7	6	5,2	4,5	3,9	4	4,3	4,3	4,9	5,8	6,8	7,4
35°	7,1	6	5,2	4,5	4	3,9	4	4,3	4,9	5,8	6,8	7,4

Πίνακας 2.6 : D = 4.5 (m)

ΚΛΙΣΗ / ΜΗΝΑΣ	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	O	N	Δ
1°	4,6	4,6	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,6	4,6	4,6
2°	4,7	4,7	4,6	4,6	4,5	4,5	4,5	4,5	4,6	4,7	4,7	4,8
3°	4,8	4,7	4,7	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,7	4,8	4,8	4,9
4°	5	4,9	4,7	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,7	4,8	5	5
5°	5,1	5	4,8	4,7	4,6	4,6	4,6	4,6	4,7	4,9	5,1	5,2
6°	5,2	5	4,8	4,7	4,6	4,6	4,7	4,8	4,8	5	5,2	5,3
7°	5,4	5,1	4,9	4,7	4,6	4,6	4,6	4,6	4,7	4,8	5,1	5,5
8°	5,4	5,2	5	4,8	4,6	4,6	4,6	4,7	4,9	5,1	5,4	5,6
9°	5,6	5,3	5	4,8	4,7	4,6	4,6	4,7	4,9	5,2	5,5	5,7
10°	5,7	5,3	5,1	4,8	4,7	4,6	4,6	4,8	5	5,3	5,6	5,8
11°	5,8	5,4	5,1	4,9	4,7	4,6	4,7	4,8	5	5,3	5,7	6

*Συνέχεια πίνακα 2.6

ΚΛΙΣΗ / ΜΗΝΑΣ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
12°	5,9	5,5	5,2	4,9	4,7	4,6	4,7	4,8	5,1	5,4	5,8	6,1
13°	6	5,6	5,2	4,9	4,7	4,6	4,7	4,8	5,1	5,5	5,9	6,2
14°	6,1	5,6	5,3	4,9	4,7	4,6	4,7	4,8	5,1	5,6	6	6,3
15°	6,3	5,7	5,3	4,9	4,7	4,6	4,7	4,9	5,2	5,6	6,1	6,5
16°	6,4	5,8	5,4	5	4,7	4,6	4,7	4,9	5,2	5,7	6,2	6,6
17°	6,5	5,9	5,4	5	4,7	4,6	4,7	4,9	5,2	5,7	6,3	6,7
18°	6,5	5,9	5,4	5	4,7	4,6	4,7	4,9	5,3	5,8	6,4	6,8
19°	6,6	6	5,5	5	4,7	4,6	4,7	4,9	5,6	5,9	6,5	6,9
20°	6,7	6,1	5,6	5	4,7	4,6	4,7	4,9	5,3	5,9	6,6	7
21°	6,8	6,2	5,6	5	4,7	4,6	4,7	4,9	5,3	6	6,7	7,1
22°	6,9	6,3	5,6	5,1	4,7	4,6	4,7	4,9	5,4	6,1	6,8	7,2
23°	7	6,3	5,6	5,1	4,7	4,6	4,7	4,9	5,4	6,1	6,8	7,3
24°	7,1	6,3	5,6	5,1	4,7	4,6	4,6	4,9	5,4	6,1	6,9	7,4
25°	7,2	6,4	5,7	5,1	4,7	4,6	4,6	4,9	5,4	6,2	7	7,5
26°	7,3	6,5	5,7	5,1	4,7	4,6	4,6	4,9	5,4	6,2	7,1	7,6
27°	7,4	6,5	5,7	5,1	4,7	4,5	4,6	4,9	5,5	6,2	7,1	7,7
28°	7,4	6,5	5,7	5,1	4,7	4,5	4,6	4,9	5,5	6,3	7,2	7,8
29°	7,5	6,6	5,8	5,1	4,7	4,5	4,6	4,9	5,5	6,3	7,3	7,9
30°	7,6	6,6	5,8	5,1	4,6	4,5	4,5	4,9	5,5	6,4	7,4	8
31°	7,7	6,7	5,8	5,1	4,6	4,4	4,5	4,9	5,5	6,4	7,4	8,1
32°	7,7	6,7	5,8	5,1	4,6	4,4	4,5	4,9	5,5	6,4	7,5	8,2
33°	7,8	6,7	5,8	5	4,6	4,4	4,5	4,9	5,5	6,5	7,6	8,3
34°	7,8	6,7	5,8	5	4,6	4,4	4,5	4,9	5,5	6,5	7,6	8,4
35°	7,9	6,8	5,9	5	4,5	4,3	4,4	4,8	5,5	6,5	7,6	8,4

Πίνακας 2.7 : D = 5 (m)

ΚΛΙΣΗ / ΜΗΝΑΣ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
1°	5,1	5,1	5,1	5	5	5	5	5	5,1	5,1	5,1	5,1
2°	5,3	5,2	5,1	5,1	5	5	5	5	5,1	5,2	5,2	5,3
3°	5,4	5,3	5,2	5,1	5,1	5	5,1	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5
4°	5,5	5,4	5,3	5,2	5,1	5,1	5,1	5,1	5,2	5,4	5,5	5,6
5°	5,7	5,5	5,3	5,2	5,1	5,1	5,1	5,2	5,3	5,4	5,6	5,7
6°	5,8	5,6	5,4	5,2	5,1	5,1	5,1	5,2	5,3	5,5	5,7	5,8
7°	5,8	5,7	5,5	5,3	5,1	5,1	5,1	5,2	5,4	5,6	5,8	5,9
8°	6,1	5,8	5,5	5,3	5,2	5,1	5,1	5,2	5,4	5,7	6	6,2
9°	6,2	5,9	5,5	5,3	5,2	5,1	5,1	5,2	5,5	5,8	6,1	6,3
10°	6,3	6	5,6	5,4	5,2	5,1	5,1	5,3	5,5	5,9	6,2	6,4
11°	6,5	6	5,7	5,4	5,2	5,1	5,2	5,3	5,6	6	6,4	6,6
12°	6,6	6,1	5,7	5,4	5,2	5,1	5,2	5,3	5,6	6	6,5	6,8
13°	6,7	6,2	5,8	5,4	5,2	5,1	5,2	5,4	5,7	6,1	6,6	6,9
14°	6,8	6,3	5,9	5,5	5,2	5,1	5,2	5,4	5,7	6,2	6,7	7,1
15°	6,9	6,4	5,9	5,5	5,2	5,1	5,4	5,4	5,7	6,3	6,8	7,2
16°	7,1	6,5	6	5,5	5,3	5,1	5,2	5,4	5,7	6,3	6,9	7,3
17°	7,2	6,5	6	5,5	5,3	5,1	5,2	5,4	5,8	6,4	7	7,4
18°	7,3	6,6	6,1	5,6	5,3	5,1	5,2	5,4	5,8	6,5	7,1	7,6
19°	7,4	6,7	6,1	5,6	5,3	5,1	5,2	5,4	5,9	6,5	7,2	7,7
20°	7,5	6,8	6,1	5,6	5,3	5,1	5,2	5,5	5,9	6,6	7,3	7,8
21°	7,6	6,8	6,2	5,6	5,3	5,1	5,2	5,5	5,9	6,6	7,4	7,9
22°	7,7	6,9	6,2	5,6	5,3	5,1	5,2	5,5	6	6,7	7,5	8
23°	7,8	7	6,2	5,6	5,3	5,1	5,2	5,5	6	6,7	7,6	8,1
24°	7,9	7	6,3	5,6	5,2	5,1	5,2	5,5	6	6,8	7,7	8,3

*Συνέχεια πίνακα 2.7

ΚΛΙΣΗ / ΜΗΝΑΣ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
25°	8	7,1	6,3	5,6	5,2	5,2	5,2	5,5	6	6,8	7,8	8,4
26°	8,1	7,1	6,3	5,6	5,2	5	5,1	5,5	6,2	6,9	7,9	8,5
27°	8,2	7,2	6,4	5,6	5,2	5	5,1	5,5	5,6	7	8	8,6
28°	8,3	7,3	6,4	5,6	5,2	5	5,1	5,5	6,1	7	8	8,7
29°	8,4	7,3	6,4	5,6	5,2	5	5,1	5,5	6,2	7	8,1	8,8
30°	8,5	7,4	6,4	5,6	5,2	5	5,1	5,5	6,1	7,1	8,2	8,9
31°	8,5	7,4	6,5	5,6	5,1	5	5	5,5	6,1	7,1	8,3	9
32°	8,6	7,4	6,5	5,6	5,1	4,9	5	5,4	6,1	7,2	8,3	9,1
33°	8,7	7,5	6,5	5,6	5,1	4,9	5	5,4	6,1	7,2	8,4	9,2
34°	8,8	7,5	6,5	5,6	5,1	4,9	5	5,4	6,2	7,2	8,5	9,2
35°	8,8	7,6	6,5	5,6	5	4,8	4,9	5,4	6,2	7,3	8,5	9,3

Πίνακας 3 : Συνολικός αριθμός σειρών ηλιακών συλλεκτών ανά μήνα για κλίση 1° μέχρι 35° και μήκος ηλιακών συλλεκτών $D = 2$ (m) , $D = 2.5$ (m), $D = 3$ (m), $D = 3.5$ (m), $D = 4$ (m), $D = 4.5$ (m) και $D = 5$ (m).

Γωνία β°	D = 2 (m)	D = 2,5 (m)	D = 3 (m)	D = 3,5 (m)	D = 4 (m)	D = 4,5 (m)	D = 5 (m)
1°	50	38	32	27	24	21	19
2°	47	37	31	27	23	20	18
3°	47	37	30	26	22	20	18
4°	43	35	29	25	22	20	17
5°	41	34	29	25	21	19	17
6°	41	33	28	24	21	18	17
7°	41	33	27	23	20	18	16
8°	40	32	27	23	20	17	16
9°	40	31	26	23	19	17	15
10°	38	31	25	22	19	17	15
11°	38	30	25	21	18	16	15
12°	37	29	24	21	18	16	14
13°	37	28	24	20	18	16	14
14°	35	28	23	20	17	15	14
15°	35	27	23	20	17	15	13
16°	34	27	22	19	17	15	13
17°	33	27	22	19	16	14	13
18°	33	26	22	18	16	14	13
19°	32	26	21	18	16	14	12
20°	32	35	21	18	15	14	12
21°	32	35	20	17	15	14	12
22°	31	35	20	17	15	13	12
23°	31	24	20	17	15	13	12

*Συνέχεια πίνακα 3

Γωνία β°	D = 2 (m)	D = 2,5 (m)	D = 3 (m)	D = 3,5 (m)	D = 4 (m)	D = 4,5 (m)	D = 5 (m)
25°	30	23	20	16	14	13	11
26°	29	23	19	16	14	13	11
27°	29	23	19	16	14	12	11
28°	28	23	19	16	14	12	11
29°	28	22	18	16	14	12	11
30°	28	22	18	16	14	12	11
31°	28	22	18	15	13	12	11
32°	27	22	18	15	13	12	10
33°	27	21	18	15	13	12	10
34°	27	21	18	15	13	11	10
35°	27	21	17	15	13	11	10

Πίνακας 4 : Συνολική επιφάνεια των ηλιακών συλλεκτών A_{tot} σε (m^2) του οικοπέδου για κλίση 1° μέχρι 35° και μήκος ηλιακών συλλεκτών D = 2 (m) , D = 2.5 (m), D = 3 (m), D = 3.5 (m), D = 4 (m), D = 4.5 (m) και D = 5 (m).

Γωνία β°	D = 2 (m)	D = 2,5 (m)	D = 3 (m)	D = 3,5 (m)	D = 4 (m)	D = 4,5 (m)	D = 5 (m)
	$A_{tot}(m^2)$	$A_{tot}(m^2)$	$A_{tot}(m^2)$	$A_{tot}(m^2)$	$A_{tot}(m^2)$	$A_{tot}(m^2)$	$A_{tot}(m^2)$
1°	10000	9500	9600	9450	9600	9450	9500
2°	9400	9250	9300	9450	9200	9000	9000
3°	9400	9250	9000	9100	8800	9000	9000
4°	8600	8750	8700	8750	8800	9000	8500
5°	8200	8500	8700	8400	8400	8550	8500
6°	8200	8250	8400	8050	8400	8100	8500
7°	8200	8250	8100	8050	8000	8100	8000

*Συνέχεια πίνακα 4

Γωνία	D = 2	D = 2,5	D = 3	D = 3,5	D = 4	D = 4,5	D = 5
β°	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
	$A_{tot}(m^2)$	$A_{tot}(m^2)$	$A_{tot}(m^2)$	$A_{tot}(m^2)$	$A_{tot}(m^2)$	$A_{tot}(m^2)$	$A_{tot}(m^2)$
8°	8000	8000	8100	8050	8000	7650	8000
9°	7600	7750	7800	7700	7600	7650	7500
10°	7600	7750	7500	7350	7600	7650	7500
11°	7400	7500	7500	7350	7200	7200	7500
12°	7400	7250	7200	7350	7200	7200	7000
13°	7000	7000	7200	7000	7200	7200	7000
14°	7000	7000	6900	7000	6800	6750	7000
15°	6800	6750	6900	7000	6800	6750	6500
16°	6600	6750	6600	6650	6800	6750	6500
17°	6600	6750	6600	6650	6400	6300	6500
18°	6600	6500	6600	6300	6400	6300	6500
19°	6400	6500	6300	6300	6400	6300	6000
20°	6400	6250	6300	6300	6000	6300	6000
21°	6400	6250	6000	5950	6000	6300	6000
22°	6200	6250	6000	5950	6000	5850	6000
23°	6200	6000	6000	5950	6000	5850	6000
24°	6000	6000	6000	5950	6000	5850	6000
25°	6000	5750	6000	5600	5600	5850	5500
26°	5800	5750	5700	5600	5600	5850	5500
27°	5800	5750	5700	5600	5600	5400	5500
28°	5600	5750	5700	5600	5600	5400	5500
29°	5600	5500	5400	5600	5600	5400	5500
30°	5600	5500	5400	5600	5600	5400	5500

*Συνέχεια πίνακα 4

Γωνία	D = 2	D = 2,5	D = 3	D = 3,5	D = 4	D = 4,5	D = 5
β°	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
	$A_{tot}(m^2)$	$A_{tot}(m^2)$	$A_{tot}(m^2)$	$A_{tot}(m^2)$	$A_{tot}(m^2)$	$A_{tot}(m^2)$	$A_{tot}(m^2)$
31°	5600	5500	5400	5250	5200	5400	5500
32°	5400	5500	5400	5250	5200	5400	5000
33°	5400	5250	5400	5250	5200	5400	5000
34°	5400	5250	5400	5250	5200	4950	5000
35°	5400	5250	5100	5250	5200	4950	5000

Πίνακας 5 : Ηλιακή ενέργεια σε MW_p για ηλιακό συλλέκτη δυναμικότητας 55 W_p και εμβαδόν $0,45 (m^2)$ για κλίση 1° μέχρι 35° και μήκος ηλιακών συλλεκτών $D = 2 (m)$, $D = 2.5 (m)$, $D = 3 (m)$, $D = 3.5 (m)$, $D = 4 (m)$, $D = 4.5 (m)$ και $D = 5 (m)$.

Γωνία β°	D = 2	D = 2,5	D = 3	D = 3,5	D = 4	D = 4,5	D = 5
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
	MW_p	MW_p	MW_p	MW_p	MW_p	MW_p	MW_p
1°	1,22	1,159	1,1712	1,1529	1,1712	1,1529	1,159
2°	1,1468	1,1285	1,1346	1,1529	1,1224	1,098	1,098
3°	1,1468	1,1285	1,098	1,1102	1,0736	1,098	1,098
4°	1,0492	1,0675	1,0614	1,0675	1,0736	1,098	1,037
5°	1,0004	1,037	1,0614	1,0248	1,0248	1,0431	1,037
6°	1,0004	1,0065	1,0248	0,9821	1,0248	0,9882	1,037
7°	1,0004	1,0065	0,9882	0,9821	0,976	0,9882	0,976
8°	0,976	0,976	0,9882	0,9821	0,976	0,9333	0,976
9°	0,9272	0,9455	0,9516	0,9394	0,9272	0,9333	0,915
10°	0,9272	0,9455	0,915	0,8967	0,9272	0,9333	0,915
11°	0,9028	0,915	0,915	0,8967	0,8784	0,8784	0,915

*Συνέχεια πίνακα 5

Γωνία	D = 2	D = 2,5	D = 3	D = 3,5	D = 4	D = 4,5	D = 5
β°	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
	MW _p	MW _p	MW _p	MW _p	MW _p	MW _p	MW _p
12°	0,903	0,8845	0,8784	0,897	0,878	0,88	0,854
13°	0,854	0,854	0,8784	0,854	0,878	0,88	0,854
14°	0,85	0,85	0,84	0,85	0,83	0,82	0,854
15°	0,83	0,82	0,84	0,85	0,83	0,82	0,793
16°	0,81	0,82	0,81	0,81	0,83	0,82	0,793
17°	0,81	0,82	0,81	0,81	0,78	0,77	0,793
18°	0,81	0,79	0,81	0,77	0,78	0,77	0,793
19°	0,78	0,79	0,77	0,77	0,78	0,77	0,732
20°	0,78	0,76	0,77	0,77	0,73	0,77	0,732
21°	0,78	0,76	0,73	0,73	0,73	0,77	0,732
22°	0,76	0,76	0,73	0,73	0,73	0,71	0,732
23°	0,76	0,73	0,73	0,73	0,73	0,71	0,732
24°	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,71	0,732
25°	0,73	0,7	0,73	0,68	0,68	0,71	0,671
26°	0,71	0,7	0,7	0,68	0,68	0,71	0,671
27°	0,71	0,7	0,7	0,68	0,68	0,66	0,671
28°	0,68	0,7	0,7	0,68	0,68	0,66	0,671
29°	0,68	0,67	0,66	0,68	0,68	0,66	0,671
30°	0,68	0,67	0,66	0,68	0,68	0,66	0,671
31°	0,68	0,67	0,66	0,64	0,63	0,66	0,671
32°	0,66	0,67	0,66	0,64	0,63	0,66	0,61
33°	0,66	0,64	0,66	0,64	0,63	0,66	0,61
34°	0,66	0,64	0,66	0,64	0,63	0,6	0,61
35°	0,66	0,64	0,62	0,64	0,63	0,6	0,61

Πίνακας 6 : Ηλιακή ενέργεια σε MWh με βάση τον χειμώνα για κλίση 1° μέχρι 35° και μήκος ηλιακών συλλεκτών $D = 2$ (m), $D = 2.5$ (m), $D = 3$ (m), $D = 3.5$ (m), $D = 4$ (m), $D = 4.5$ (m) και $D = 5$ (m).

Γωνία β°	D = 2 (m)	D = 2,5 (m)	D = 3 (m)	D = 3,5 (m)	D = 4 (m)	D = 4,5 (m)	D = 5 (m)
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
1°	15320	14554	14707	14477	14707	14477	14554
2°	14495	14264	14341	14572	14186	13878	13878
3°	14589	14356	13968	14123	13658	13968	13968
4°	13425	13659	13581	13659	13737	14049	13269
5°	12874	13345	13659	13188	13188	13424	13345
6°	12948	13027	13264	12711	13264	12790	13422
7°	13013	13093	12855	12775	12696	12855	12696
8°	12760	12760	12920	12840	12760	12202	12760
9°	12183	12423	12503	12343	12183	12263	12023
10°	12236	12478	12075	11834	12236	12317	12075
11°	11966	12128	12128	11885	11642	11642	12128
12°	12010	11767	11686	11929	11686	11686	11361
13°	11403	11403	11729	11403	11729	11729	11403
14°	11445	11445	11282	11445	11118	11036	11445
15°	11152	11070	11316	11480	11152	11070	10660
16°	10857	11104	10857	10939	11186	11104	10693
17°	10890	11138	10890	10973	10560	10395	10725
18°	10916	10751	10916	10420	10586	10420	10751
19°	10605	10771	10439	10439	10605	10439	9942
20°	10630	10381	10464	10464	9966	10464	9966
21°	10650	10400	9984	9901	9984	10483	9984
22°	10329	10413	9996	9913	9996	9746	9996

*Συνέχεια πίνακα 6

Γωνία β°	D = 2 (m) MWh	D = 2,5 (m) MWh	D = 3 (m) MWh	D = 3,5 (m) MWh	D = 4 (m) MWh	D = 4,5 (m) MWh	D = 5 (m) MWh
23°	10342	10008	10008	9925	10008	9758	10008
24°	10020	10020	10020	9937	10020	9770	10020
25°	10026	9608	10026	9358	9358	9775	9191
26°	9698	9614	9530	9363	9363	9781	9196
27°	9703	9620	9536	9369	9369	9034	9202
28°	9369	9620	9536	9369	9369	9034	9202
29°	9363	9196	9029	9363	9363	9029	9196
30°	9363	9196	9029	9363	9363	9029	9196
31°	9358	9191	9023	8773	8689	9023	9191
32°	9013	9180	9013	8762	8679	9013	8345
33°	9002	8752	9002	8752	8668	9002	8335
34°	8991	8741	8991	8741	8658	8242	8325
35°	8980	8731	8481	8731	8648	8232	8315

Πίνακας 7 : Ηλεκτρική ενέργεια σε MWh για κλίση 1° μέχρι 35° και μήκος ηλιακών συλλεκτών $D = 2$ (m), $D = 2.5$ (m), $D = 3$ (m), $D = 3.5$ (m), $D = 4$ (m), $D = 4.5$ (m) και $D = 5$ (m).

Γωνία β°	D = 2 (m)	D = 2,5 (m)	D = 3 (m)	D = 3,5 (m)	D = 4 (m)	D = 4,5 (m)	D = 5 (m)
	MWh/y	MWh/y	MWh/y	MWh/y	MWh/y	MWh/y	MWh/y
1°	1532	1455	1471	1448	1471	1448	1448
2°	1739	1712	1721	1749	1702	1665	1665
3°	1751	1723	1676	1695	1639	1676	1676
4°	1611	1639	1630	1639	1648	1686	1592
5°	1545	1601	1639	1583	1583	1611	1601
6°	1554	1563	1592	1525	1592	1535	1611
7°	1562	1571	1543	1533	1524	1543	1524
8°	1531	1531	1550	1541	1531	1464	1531
9°	1462	1491	1500	1481	1462	1472	1443
10°	1468	1497	1449	1420	1468	1478	1449
11°	1436	1455	1455	1426	1397	1397	1455
12°	1441	1412	1402	1431	1402	1402	1363
13°	1368	1368	1407	1368	1407	1407	1368
14°	1373	1373	1354	1373	1334	1324	1373
15°	1338	1328	1358	1378	1338	1328	1279
16°	1303	1332	1303	1313	1342	1332	1283
17°	1307	1337	1307	1317	1267	1247	1287
18°	1310	1290	1310	1250	1270	1250	1290
19°	1273	1292	1253	1253	1273	1253	1193
20°	1276	1246	1256	1256	1196	1256	1196
21°	1278	1248	1198	1188	1198	1258	1198

*Συνέχεια πίνακα 7

Γωνία β°	D = 2 (m)	D = 2,5 (m)	D = 3 (m)	D = 3,5 (m)	D = 4 (m)	D = 4,5 (m)	D = 5 (m)
	MWh/y	MWh/y	MWh/y	MWh/y	MWh/y	MWh/y	MWh/y
22°	1240	1250	1200	1190	1200	1170	1200
23°	1241	1201	1201	1191	1201	1171	1201
24°	1202	1202	1202	1192	1202	1172	1202
25°	1203	1153	1203	1123	1123	1173	1103
26°	1164	1154	1144	1124	1124	1174	1104
27°	1164	1154	1144	1124	1124	1084	1104
28°	1124	1154	1144	1124	1124	1084	1104
29°	1124	1104	1083	1124	1124	1083	1104
30°	1124	1104	1083	1124	1124	1083	1104
31°	1123	1103	1083	1053	1043	1083	1103
32°	1082	1102	1082	1051	1041	1082	1001
33°	1080	1050	1080	1050	1040	1080	1000
34°	1079	1049	1079	1049	1039	989	999
35°	1078	1048	1018	1048	1038	988	998

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΓΟΡΑ ΟΙΚΟΠΕΔΟΥ ΓΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ

Γενικά Χαρακτηριστικά:

- Άρτιο και αυτοτελές
- Μη αρχαιολογικός χώρος
- Να μην προέρχεται από κατάτμηση (εκτός αν πρόκειται για οικόπεδο άνω των τεσσάρων στρεμμάτων)
- Να μην είναι γη υψηλής παραγωγικότητας
- Να μην είναι κοντά σε αεροδρόμιο ή στρατιωτική περιοχή
- Να μην ανήκει σε περιοχές NATURA, RAMSAR, παραδοσιακούς οικισμούς ή αισθητικά δάση

Να απέχει από οικισμό

- Πληθυσμός < 2.000 τότε επιτρέπεται στα όρια
- Πληθυσμός άνω των 2000 και κάτω των 10.000 κατοίκων τότε τουλάχιστον 700 μέτρα από τα όρια του οικισμού
- Άνω των 10.000 κατοίκων η εγκατάσταση επιτρέπεται 1.000 μέτρα τουλάχιστον από τα όρια του οικισμού.

Εφόσον βρίσκεται σε πλαγιά με μεγάλη κλίση ο προσανατολισμός να είναι νότιος και γενικότερα να μην σκιάζεται

Να βρίσκεται κοντά στο δίκτυο χαμηλής τάσης της Δ.Ε.Η. εφόσον η εγκατάσταση είναι κάτω των 100KWp ή μέσης τάσης εφόσον πρόκειται για

σταθμός ισχύς μεγαλύτερης των 100KWp.

Να διαθέτει οδοποιία για πρόσβαση (απαραίτητη για την εγκατάσταση)

Απαραίτητες θεωρήσεις:

Από το δασαρχείο ότι δεν ανήκει σε δασική έκταση

Από την Νομαρχία (ότι δεν ανήκει σε περιοχές NATURA, RAMSAR, παραδοσιακούς οικισμούς ή αισθητικά δάση)

Θεώρηση της πολεοδομίας είναι εκτός σχεδίου και οικοδομήσιμο

Για την Προκαταρκτική Περιβαλλοντική Εκτίμηση και Αξιολόγηση είναι απαραίτητη η γνωμοδότηση:

Του Υ.Π.Α.

Του Υπουργείου αγροτικής ανάπτυξης και τροφίμων

Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. (διεύθυνση χωροταξίας)

Υπουργείο Τουριστικής Ανάπτυξης

Υπουργείο Μεταφορών

Εφορίες, προϊστορικών και νεότερων μουσείων

Για την P.A.E.

Τίτλοι ιδιοκτησίας του οικοπέδου

Χάρτες σύμφωνα με Γ.Υ.Σ. (1:5.000 και 1:50.000) προσδιορισμού της ακριβούς θέσης της εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού πάρκου καθώς και τις συντεταγμένες του πολυγώνου του γηπέδου (πίνακας κατά Ε.Γ.Σ.Α. '87).

Υπεύθυνη δήλωση της παρ. 3 του άρθρου 8 του ν. 1599/1986, στην

οποία ο αιτών δηλώνει ότι όλα τα στοιχεία που υποβάλει με την αίτησή του είναι αληθή.

Χρονοδιάγραμμα κατασκευής και αναμενόμενη ημερομηνία έναρξης εμπορικής λειτουργίας της εγκατάστασης παραγωγής.

Προκαταρκτική εκτίμηση του τρόπου σύνδεσης με το Σύστημα ή Δίκτυο Ηλεκτρικής Ενέργειας (το στοιχείο αυτό δεν απαιτείται προκειμένου για εφεδρικούς σταθμούς).

Αιτιολόγηση της εξαίρεσης σύμφωνα με το Άρθρο 4 του ν. 3468/2006.

Αριθμός Φορολογικού Μητρώου και καταστατικό της αιτούμενης εταιρείας (μόνο όταν ο αιτών είναι εταιρεία) με τυχόν τροποποιήσεις, και φωτοτυπία της αστυνομικής ταυτότητας του αιτούντος, εάν ο αιτών είναι φυσικό πρόσωπο.

Επιθυμητή ημερομηνία έναρξης και διάρκεια ισχύος της εξαίρεσης.

Προτεινομένη θέση της εγκατάστασης παραγωγής (θέση – τοπωνύμιο, δήμος, νομός)

Ισχύς και τύπος κάθε μονάδας της εγκατάστασης παραγωγής (kW).

Αιτιολόγηση της εξαίρεσης σύμφωνα με το άρθρο 6 του νόμου 3468/2006.

Τεχνική περιγραφή του έργου.

Ποσοστά επιχορήγησης

Γεωγραφική ζώνη	Τοποθεσίες	Ποσοστό επιχορήγησης
A	Νομός Αττικής και Θεσσαλονίκης	20% + (10% για μεσαίες επιχειρήσεις, 20% μικρές)
B	Νομούς της περιφέρειας Θεσσαλίας (Καρδίτσα, Λάρισα, Μαγνησίας, Τρικάλων), Νομούς περιφέρειας Νότιου Αιγαίου (Κυκλάδων, Δωδεκανήσου), τους Νομούς της Περιφέρειας Ιονίων Νήσων (Κέρκυρας, Λευκάδας, Κεφαλληνίας, Ζακύνθου), τους Νομούς της Περιφέρειας Κρήτης (Ηρακλείου, Λασιθίου, Ρεθύμνου, Χανίων), τους Νομούς της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας (Χαλκιδικής, Σερρών, Κιλκίς, Πέλλας, Ημαθίας, Πιερίας), τους Νομούς της Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας (Γρεβενών, Κοζάνης, Φλώρινας, Καστοριάς), καθώς και τους Νομούς της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδος (Φθιώτιδας, Φωκίδας, Εύβοιας, Βοιωτίας, Ευρυτανίας)	30%+ (10% για μεσαίες Επιχειρήσεις, 20% μικρές)

Γ	Περιλαμβάνει τους Νομούς της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης (Καβάλας, Δράμας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου), τους Νομούς της Περιφέρειας Ηπείρου (Άρτας, Πρέβεζας, Ιωαννίνων, Θεσπρωτίας), τους Νομούς της Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου (Λέσβου, Χίου, Σάμου), τους Νομούς της Περιφέρειας Πελοποννήσου (Λακωνίας, Μεσσηνίας, Κορινθίας, Αργολίδας, Αρκαδίας), καθώς και τους Νομούς της Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδος (Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Ηλείας)	40%+ (10% για μεσαίες Επιχειρήσεις, 20% μικρές)
---	--	---

Ορισμός μεγέθους των επιχειρήσεων

Πολύ μικρή	Απασχολεί έως και 10 άτομα. Ετήσιος κύκλος και ισολογισμός μικρότερος των 2.000.000€ετησίως και τηρεί το κριτήριο της ανεξαρτησίας ²
Μικρή	Απασχολεί έως και 50 άτομα. Ετήσιος κύκλος και ισολογισμός μικρότερος των 10.000.000€ετησίως. Τηρεί το κριτήριο της ανεξαρτησίας
Μεσαία	Απασχολεί έως και 250 άτομα. Ετήσιος κύκλος και ισολογισμός μικρότεροι των 50.000.000€και 43.000.000€ετησίως. Τηρεί το κριτήριο της ανεξαρτησίας
Μεγάλη	Απασχολεί πάνω από 250 άτομα. Ετήσιος κύκλος και ισολογισμός μεγαλύτεροι των 50.000.000€και 43.000.000€ετησίως.

ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΤΟΥ ΚΙΟΤΟ ΣΤΗ ΣΥΜΒΑΣΗ-ΠΛΑΙΣΙΟ
ΤΩΝ
ΗΝΩΜΕΝΩΝ ΕΘΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΛΛΑΓΗ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ

Τα Συμβαλλόμενα Μέρη στο παρόν Πρωτόκολλο,

Ως Μέρη της Σύμβασης-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος, εφεξής αναφερόμενη ως "η Σύμβαση",

Επιδιώκοντας την πραγμάτωση του τελικού στόχου της Σύμβασης όπως περιγράφεται στο άρθρο 2 αυτής,

Υπενθυμίζοντας τις διατάξεις της Σύμβασης,

Καθοδηγούμενα από τις διατάξεις του άρθρου 3 της Σύμβασης,

Σε εφαρμογή της Εντολής του Βερολίνου που εγκρίθηκε με την απόφαση 1/CP.1 της Διάσκεψης των Μερών της Σύμβασης κατά την πρώτη ολομέλεια,

Συμφώνησαν στα εξής:

Άρθρο 1

Για τους σκοπούς του παρόντος Πρωτοκόλλου, ισχύουν οι ορισμοί που περιλαμβάνονται στο άρθρο 1 της Σύμβασης. Επιπλέον νοείται ως:

1. "Διάσκεψη των Μερών" η Διάσκεψη των Συμβαλλομένων Μερών στη Σύμβαση.

2. "Σύμβαση" η Σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος, που εγκρίθηκε στη Νέα Υόρκη στις 9 Μαΐου 1992.
3. "Διακυβερνητική επιτροπή για την αλλαγή του κλίματος" η διακυβερνητική επιτροπή για την αλλαγή του κλίματος που συγκροτήθηκε το 1988 από κοινού από τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό και το Πρόγραμμα Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Εθνών.
4. "Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ" το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ για τις ουσίες που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος, που εγκρίθηκε στο Μόντρεαλ στις 16 Σεπτεμβρίου 1987 και όπως εν συνεχεία προσαρμόστηκε και τροποποιήθηκε.
5. "Παρόντα και ψηφίζοντα Μέρη" τα Μέρη τα οποία είναι παρόντα και ψηφίζουν θετικά ή αρνητικά.
6. "Μέρος", εκτός και αν η έννοια τροποποιείται από τα συμφραζόμενα, το Συμβαλλόμενο Μέρος στο Πρωτόκολλο.
7. "Μέρος του Παραρτήματος Ι" το Συμβαλλόμενο Μέρος το οποίο αναφέρεται στο Παράρτημα Ι της Σύμβασης, όπως ενδέχεται αυτό να τροποποιηθεί, ή Συμβαλλόμενο Μέρος το οποίο κατέθεσε κοινοποίηση δυνάμει του άρθρου 4 παράγραφος 2 εδάφιο ζ) της Σύμβασης.

Άρθρο 2

1. Έκαστο των Μερών που περιλαμβάνεται στο Παράρτημα I, προκειμένου να ανταποκριθεί στις υποχρεώσεις που ανέλαβε όσον αφορά στους ποσοτικοποιημένους περιορισμούς και στις μειώσεις των εκπομπών δυνάμει του άρθρου 3, με στόχο την προαγωγή της αειφόρου ανάπτυξης, υποχρεούται:

(α) να εφαρμόσει και/ ή να αναπτύξει περαιτέρω πολιτικές και μέτρα σύμφωνα με τις εθνικές συνθήκες, όπως:

- (i) βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας σε αντίστοιχους τομείς της εθνικής οικονομίας·
- (ii) προστασία και ενίσχυση των καταβοθρών και των αποθεμάτων των αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και δεν ελέγχονται από το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ, λαμβάνοντας υπόψη τις υποχρεώσεις που ανέλαβε δυνάμει συναφών διεθνών συμφωνιών για το περιβάλλον, την προώθηση της αειφόρου διαχείρισης των δασών, της δάσωσης και της αναδάσωσης·
- (iii) προώθηση των αειφόρων μορφών γεωργίας, λαμβάνοντας υπόψη ζητήματα που σχετίζονται με την αλλαγή του κλίματος·
- (iv) προώθηση, έρευνα, ανάπτυξη και αύξηση της χρήσης νέων και ανανεώσιμων μορφών ενέργειας, τεχνολογίες δέσμευσης του διοξειδίου του άνθρακα, καθώς και προηγμένων και καινοτόμων αξιόπιστων τεχνολογιών φιλικών προς το περιβάλλον·

- (v) σταδιακή μείωση ή εξάλειψη των ατελειών της αγοράς, των φορολογικών κινήτρων, των φορολογικών και δασμολογικών εξαιρέσεων και επιδοτήσεων σε όλους τους τομείς που εκπέμπουν αέρια που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, εφόσον αντιτίθενται στο στόχο της Σύμβασης και εφαρμογή των μηχανισμών της αγοράς.
 - (vi) ενθάρρυνση των ενδεδειγμένων μεταρρυθμίσεων στους αντίστοιχους τομείς, που αποσκοπούν στην προαγωγή πολιτικών και μέτρων που περιορίζουν ή μειώνουν τις εκπομπές αερίων τα οποία συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και δεν ελέγχονται από το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ.
 - (vii) μέτρα για τον περιορισμό και/ ή τη μείωση των εκπομπών αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και δεν ελέγχονται από το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ στον τομέα των μεταφορών.
 - (viii) περιορισμός και/ή μείωση των εκπομπών μεθανίου μέσω της ανάκτησης και της αξιοποίησης κατά τη διαχείριση των αποβλήτων, καθώς και στη φάση της παραγωγής, μεταφοράς και διανομής της ενέργειας.
- (β) να συνεργαστεί με άλλα Μέρη, ώστε να ενισχύσει την χωριστή και από κοινού αποτελεσματικότητα εφαρμογής των πολιτικών και των μέτρων που εγκρίνουν δυνάμει του παρόντος άρθρου, σε εφαρμογή του άρθρου 4, παράγραφος 2 εδάφιο (ε) (i) της Σύμβασης. Προς τούτο, τα εν λόγω Μέρη λαμβάνουν τα αναγκαία μέτρα προκειμένου να

μοιραστούν την πείρα τους και ανταλλάσσουν πληροφορίες σχετικά με ανάλογες πολιτικές και μέτρα, συμπεριλαμβανομένης της ανάπτυξης τρόπων βελτίωσης της συγκρισιμότητας, της διαφάνειας και της αποτελεσματικότητάς τους. Η διάσκεψη των Μερών ενεργώντας ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου, κατά την πρώτη σύνοδο ή το ταχύτερο δυνατό μετά από αυτή, εξετάζει μεθόδους για τη βελτίωση της ως άνω συνεργασίας, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις σχετικές πληροφορίες

2. Τα Μέρη του Παραρτήματος I υποχρεούνται να επιδιώξουν τον περιορισμό ή τη μείωση των εκπομπών αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, και δεν ελέγχονται από το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ, από καύσιμα που χρησιμοποιούνται για διεθνείς αέριες και θαλάσσιες μεταφορές, μέσω του Διεθνούς Οργανισμού Πολιτικής Αεροπορίας και του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού, αντιστοίχως
3. Τα Μέρη του Παραρτήματος I υποχρεούνται να καταβάλλουν κάθε δυνατή προσπάθεια προκειμένου να εφαρμόσουν τις πολιτικές και τα μέτρα που προβλέπει το παρόν άρθρο κατά τρόπο που να ελαχιστοποιούνται οι αρνητικές επιπτώσεις, συμπεριλαμβανόμενων των αρνητικών επιπτώσεων από την αλλαγή του κλίματος, των επιπτώσεων στο διεθνές εμπόριο και των κοινωνικών, περιβαλλοντικών και οικονομικών επιπτώσεων σε άλλα Μέρη, ιδίως στις αναπτυσσόμενες χώρες και ιδίως τις οριζόμενες στο άρθρο 4 παράγραφος 8 και 9 της Σύμβασης, λαμβάνοντας υπόψη τις διατάξεις του άρθρου 3 της Σύμβασης. Η διάσκεψη των Μερών ενεργώντας ως σύνοδος των συμβαλλομένων Μερών του Πρωτοκόλλου

ενδέχεται να αναλάβει περαιτέρω δράση, κατά περίπτωση, για την προώθηση της εφαρμογής των διατάξεων της παραγράφου αυτής.

4. Η διάσκεψη των Μερών ενεργώντας ως σύνοδος των Μερών του πρωτοκόλλου, εφόσον κρίνει ότι θα ήταν σκόπιμο να συντονίσει οιοσδήποτε από τις πολιτικές και τα μέτρα της παραγράφου 1(α), λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορετικές εθνικές συνθήκες και τις ενδεχόμενες επιπτώσεις, θα εξετάσει μεθόδους και μηχανισμούς για τον συντονισμό των ως άνω πολιτικών και μέτρων.

Άρθρο 3

1. Τα Μέρη του Παραρτήματος I υποχρεούνται να εξασφαλίσουν, χωριστά ή από κοινού, ότι οι συνολικές τους ανθρωπογενείς εκπομπές των αναφερόμενων στο Παράρτημα Α αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, εκφραζόμενες σε ισοδύναμες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, δεν υπερβαίνουν τις αντιστοίχως καταλογισθείσες σε αυτά ποσότητες, οι οποίες υπολογίζονται σύμφωνα με τις υποχρεώσεις που έχουν αναλάβει για τους ποσοτικοποιημένους περιορισμούς και μειώσεις των εκπομπών ως αναφέρονται στο Παράρτημα Β και σύμφωνα με τις προβλέψεις του παρόντος άρθρου με στόχο τη μείωση τουλάχιστον κατά 5% των συνολικών εκπομπών των αερίων αυτών συγκριτικά προς το 1990 κατά την περίοδο 2008 - 2012.
2. Κάθε Μέρος του παραρτήματος I υποχρεούται να πραγματοποιήσει μέχρι το 2005, απτή πρόοδο όσον αφορά στις υποχρεώσεις που ανέλαβε δυνάμει του παρόντος Πρωτοκόλλου.

3. Οι καθαρές μεταβολές των εκπομπών αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου από επιμέρους πηγές και η απορρόφηση αυτών από καταβόθρες δέσμευσης συνεπεία της άμεσης αλλαγής της χρήσης γης λόγω ανθρωπογενών δραστηριοτήτων ή αναλόγων δασικών δραστηριοτήτων, περιοριζόμενων στη δάσωση, την αναδάσωση και την αποψίλωση από το 1990 και μετά, αποτιμούνται ως επαληθεύσιμες μεταβολές αποθεμάτων άνθρακα για έκαστη περίοδο ανάληψης υποχρεώσεων, θα αξιοποιούνται προκειμένου να εξασφαλιστεί η επίτευξη των υποχρεώσεων που αναλαμβάνει δυνάμει του παρόντος άρθρου κάθε Μέρος του παραρτήματος I. Οι εκπομπές αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου από διάφορες πηγές και η απορρόφηση των αερίων αυτών από καταβόθρες που σχετίζονται με τις ως άνω δραστηριότητες θα αναφέρονται με διαφανή και επαληθεύσιμο τρόπο και θα επιθεωρούνται σύμφωνα με τα άρθρα 7 και 8.

4. Πριν από την πρώτη σύνοδο της διάσκεψης των Μερών που ενεργεί ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου, κάθε Μέρος που περιλαμβάνεται στο Παράρτημα I θα παρέχει προς εξέταση στο Επικουρικό Όργανο Επιστημονικών και Τεχνολογικών Συμβουλών δεδομένα προκειμένου να αποτιμηθεί το επίπεδο αποθεμάτων άνθρακα το 1990 και να καταστεί δυνατός ο υπολογισμός των μεταβολών των αποθεμάτων άνθρακα κατά τα επόμενα έτη. Η διάσκεψη των Μερών ενεργούσα ως σύνοδος των Μερών του παρόντος Πρωτοκόλλου θα αποφασίσει κατά την πρώτη σύνοδο ή το ταχύτερο δυνατό μετά από αυτή, σχετικά με τις πρακτικές διαδικασίες, τους κανόνες και τις κατευθύνσεις όσον αφορά στο πώς και στο ποιες επιπλέον ανθρωπογενείς δραστηριότητες που σχετίζονται με τις μεταβολές των εκπομπών αερίων που συμβάλλουν του φαινομένου του θερμοκηπίου καθώς και με την απορρόφηση αυτών από τις αγροτικές εκτάσεις, τη μεταβολή της χρήσης γης και τις κατηγορίες των δασικών δραστηριοτήτων,

θα προστεθούν ή θα αφαιρεθούν από τις ποσότητες που καταλογίζονται στα Μέρη του Παραρτήματος I, λαμβάνοντας υπόψη τις αβεβαιότητες, τη διαφάνεια των εκθέσεων, την επαληθευσιμότητά τους, τη μεθοδολογική εργασία της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την αλλαγή του κλίματος, τις συμβουλές του Επικουρικού Οργάνου Επιστημονικών και Τεχνολογικών Συμβουλών σύμφωνα με το άρθρο 5 και τις αποφάσεις της διάσκεψης των Μερών. Κάθε ανάλογη απόφαση θα ισχύσει κατά τη δεύτερη και τις επόμενες περιόδους ανάληψης υποχρεώσεων. Έκαστο των Μερών μπορεί να επιλέξει να εφαρμόσει ανάλογη απόφαση για τις ως άνω πρόσθετες ανθρωπογενείς δραστηριότητες κατά την πρώτη περίοδο ανάληψης υποχρεώσεων, υπό την προϋπόθεση ότι οι δραστηριότητες αυτές έχουν αναληφθεί από το 1990 και μετά.

5. Τα Μέρη του Παραρτήματος I που διέρχονται μεταβατική περίοδο προς την οικονομία της αγοράς και των οποίων το έτος βάσης καθορίστηκε σύμφωνα με την απόφαση 9/ CP. 2 της διάσκεψης των Μερών κατά την δεύτερη σύνοδο, θα αξιοποιούν το συγκεκριμένο έτος βάσης ή την αντίστοιχη περίοδο βάσης προκειμένου να ανταποκριθούν στις υποχρεώσεις τους δυνάμει του παρόντος άρθρου. Οιοδήποτε άλλο Μέρος του Παραρτήματος I που διέρχεται μεταβατική περίοδο προς την οικονομία της αγοράς και δεν έχει ακόμη υποβάλει την πρώτη εθνική έκθεση δυνάμει του άρθρου 12 της Σύμβασης, δύναται επίσης να κοινοποιήσει στη διάσκεψη των Μερών που ενεργεί ως σύνοδος των Μερών στο Πρωτόκολλο ότι προτίθεται να χρησιμοποιήσει άλλο έτος βάσης ή περίοδο εκτός του 1990 προκειμένου να ανταποκριθεί στις υποχρεώσεις που ανέλαβε δυνάμει του παρόντος άρθρου. Η διάσκεψη των Μερών ενεργώντας ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου θα αποφασίσει κατά πόσον αποδέχεται την κοινοποίηση αυτήν.

6. Λαμβάνοντας υπόψη το άρθρο 4 παράγραφος 6 της Σύμβασης, κατά την εφαρμογή των αναλαμβανομένων υποχρεώσεων δυνάμει του παρόντος Πρωτοκόλλου εκτός των αναφερόμενων στο παρόν άρθρο, θα επιτραπεί κάποιος βαθμός ευελιξίας εκ μέρους της διάσκεψης των Μερών που ενεργεί ως σύνοδος των Μερών του παρόντος Πρωτοκόλλου, στα Μέρη του Παραρτήματος Ι που διέρχονται μεταβατική περίοδο προς την οικονομία της αγοράς.

7. Κατά την πρώτη περίοδο ανάληψης ποσοτικοποιημένων υποχρεώσεων όσον αφορά στον περιορισμό και στη μείωση των εκπομπών, από το 2008 έως το 2012, οι καταλογιζόμενες ποσότητες για έκαστο Μέρος που περιλαμβάνεται στο Παράρτημα Ι θα ισούνται με το ποσοστό που αναφέρεται προς τούτο στο Παράρτημα Β των συνολικών ανθρωπογενών εκπομπών του των αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και αναφέρονται στο Παράρτημα Α, του έτους 1990, εκφρασμένων σε ισοδύναμες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, ή του έτους βάσης ή της χρονικής περιόδου που ορίζεται σύμφωνα με την ως άνω παράγραφο 5, πολλαπλασιασμένο επί πέντε. Τα Μέρη του Παραρτήματος Ι για τα οποία οι μεταβολές χρήσης γης και οι δασικές δραστηριότητες αποτελούσαν κατά το 1990 καθαρή πηγή εκπομπών αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, θα περιλάβουν στις εκπομπές του 1990, που θεωρείται ως έτος βάσης ή περίοδος, τις συνολικές ανθρωπογενείς εκπομπές εκφρασμένες σε ισοδύναμες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, μείον τις απορροφήσεις, κατά το έτος 1990, που προέρχονται από τις αλλαγές στη χρήση γης, προκειμένου να υπολογίσουν τις καταλογιζόμενες ποσότητές τους.

8. Κάθε Μέρος του Παραρτήματος Ι μπορεί να χρησιμοποιήσει το 1995 ως έτος βάσης για τους υδροφθοράνθρακες, τους υπερφθοράνθρακες και το

εξαφθοριούχο θείο, για τους υπολογισμούς που αναφέρονται στην ως άνω παράγραφο 7.

9. Οι υποχρεώσεις για τις επόμενες περιόδους για τα Μέρη του Παραρτήματος Ι θα καθοριστούν με τροπολογία του Παραρτήματος Β του Πρωτοκόλλου, εγκρινόμενη σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 21 παράγραφος 7. Η διάσκεψη των Μερών ενεργούσα ως σύνοδος των Μερών του παρόντος Πρωτοκόλλου θα αρχίσει να εξετάζει ανάλογες υποχρεώσεις τουλάχιστον επτά χρόνια πριν από το τέλος της πρώτης περιόδου ανάληψης υποχρεώσεων που αναφέρεται στην ως άνω παράγραφο 1.
10. Οιοσδήποτε μονάδες μείωσης των εκπομπών, ή οιοδήποτε τμήμα της καταλογισθείσας ποσότητας, το οποίο ένα Μέρος αποκτά από άλλο Μέρος σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 6 ή του άρθρου 17 θα προστίθενται στην αντίστοιχη καταλογισθείσα ποσότητα του Μέρους που αποκτά τις μονάδες ή το τμήμα αυτό.
11. Οιοσδήποτε μονάδες μείωσης των εκπομπών, ή οιοδήποτε τμήμα της καταλογισθείσας ποσότητας, που ένα Μέρος μεταφέρει σε άλλο Μέρος σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 6 ή του άρθρου 17 θα αφαιρούνται από την αντίστοιχη καταλογισθείσα ποσότητα του Μέρους που μεταφέρει τις μονάδες ή το τμήμα αυτό.
12. Οιοσδήποτε πιστοποιημένες μειώσεις εκπομπών τις οποίες ένα Μέρος αποκτά από άλλο Μέρος σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 12 θα προστίθενται στην καταλογισθείσα ποσότητα του Μέρους που αποκτά τις μειώσεις αυτές.

13. Στην περίπτωση που οι εκπομπές ενός Μέρους του Παραρτήματος I κατά τη διάρκεια της περιόδου ανάληψης υποχρεώσεων είναι χαμηλότερες της αντιστοίχως καταλογισθείσας ποσότητας δυνάμει του παρόντος άρθρου, η διαφορά αυτή, κατόπιν αιτήματος του συγκεκριμένου Μέρους, θα προστίθεται στην καταλογισθείσα ποσότητα για το Μέρος αυτό κατά τις επόμενες περιόδους ανάληψης υποχρεώσεων.

14. Έκαστο Μέρος του Παραρτήματος I υποχρεούται να καταβάλλει κάθε δυνατή προσπάθεια προκειμένου να ανταποκριθεί στις υποχρεώσεις που αναφέρονται στην παράγραφο 1 ανωτέρω κατά τρόπο που να ελαχιστοποιούνται οι αρνητικές κοινωνικές, περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις στις συμβαλλόμενες αναπτυσσόμενες χώρες, ιδίως στις αναφερόμενες στο άρθρο 4, παράγραφος 8 και 9, της Σύμβασης. Σύμφωνα με τις αντίστοιχες αποφάσεις της διάσκεψης των Μερών σχετικά με την εφαρμογή των παραγράφων αυτών, η διάσκεψη των Μερών ενεργώντας ως σύνοδος των Μερών του παρόντος Πρωτοκόλλου θα εξετάσει κατά την πρώτη σύνοδο, τις αναγκαίες δράσεις για την ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων από την αλλαγή του κλίματος και/ή των επιπτώσεων των μέτρων ανταπόκρισης στα Μέρη που αναφέρονται στις παραγράφους αυτές. Μεταξύ των θεμάτων προς εξέταση συγκαταλέγονται η καθιέρωση χρηματοδότησης, η ασφάλιση και η μεταφορά τεχνολογίας.

Άρθρο 4

1. Τα Μέρη του Παραρτήματος I που έχουν συμφωνήσει να ανταποκριθούν από κοινού στις υποχρεώσεις που ανέλαβαν δυνάμει του άρθρου 3 θα θεωρείται ότι ανταποκρίθηκαν επιτυχώς στις υποχρεώσεις αυτές εφόσον οι από κοινού συνολικές τους ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων που

συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και αναφέρονται στο Παράρτημα Α, εκφραζόμενες ως ισοδύναμες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, δεν υπερβαίνουν τις αντιστοίχως καταλογισθείσες ποσότητες, όπως αυτές υπολογίζονται βάσει των ποσοτικοποιημένων υποχρεώσεων που έχουν αναλάβει για περιορισμό και μείωση των εκπομπών σύμφωνα με το Παράρτημα Β και τις διατάξεις του άρθρου 3. Το αντίστοιχο επίπεδο εκπομπών που προβλέπεται για έκαστο των συμβαλλομένων Μερών που συμμετέχουν στη συμφωνία αυτή ορίζεται στο κείμενό της.

2. Τα Μέρη που συμβάλλονται σε οιαδήποτε ανάλογη συμφωνία θα κοινοποιούν στη Γραμματεία τους όρους της συμφωνίας αυτής κατά την ημερομηνία κατάθεσης των πράξεων επικύρωσης, αποδοχής, έγκρισης του Πρωτοκόλλου ή προσχώρησης σε αυτό. Η Γραμματεία με τη σειρά της θα ενημερώνει τα συμβαλλόμενα Μέρη και όσους υπέγραψαν τη Σύμβαση σχετικά με τους όρους της εκάστοτε συμφωνίας.
3. Η συμφωνία παραμένει σε ισχύ κατά τη διάρκεια της περιόδου ανάληψης υποχρεώσεων που καθορίζεται στο άρθρο 3 παράγραφος 7.
4. Εφόσον Μέρη που ενεργούν από κοινού αναπτύσσουν ανάλογες δραστηριότητες στο πλαίσιο και από κοινού με περιφερειακό οργανισμό οικονομικής ολοκλήρωσης, οιαδήποτε μεταβολή της σύνθεσης του οργανισμού μετά από την έγκριση του Πρωτοκόλλου δεν επηρεάζει τις ήδη αναληφθείσες υποχρεώσεις δυνάμει του Πρωτοκόλλου. Οιαδήποτε μεταβολή της σύνθεσης του οργανισμού θα ισχύει αποκλειστικά και μόνο για τυχόν υποχρεώσεις δυνάμει του άρθρου 3 που εγκρίνονται μετά από τη μεταβολή αυτή.

5. Εφόσον τα Μέρη που έχουν καταλήξει σε ανάλογη συμφωνία δεν επιτύχουν την προβλεπόμενη από κοινού συνολική μείωση των εκπομπών, έκαστο Μέρος που έχει συμβληθεί στην συμφωνία αυτή θα είναι υπεύθυνο για το επίπεδο εκπομπών του, όπως αυτό ορίζεται στη συμφωνία.

6. Εφόσον Μέρη που ενεργούν από κοινού αναπτύσσουν ανάλογες δραστηριότητες στο πλαίσιο και από κοινού με περιφερειακό οργανισμό οικονομικής ολοκλήρωσης ο οποίος συγκαταλέγεται μεταξύ των συμβαλλομένων Μερών του Πρωτοκόλλου, έκαστο κράτος μέλος του συγκεκριμένου περιφερειακού οργανισμού οικονομικής ολοκλήρωσης χωριστά και από κοινού με τον περιφερειακό οργανισμό οικονομικής ολοκλήρωσης, ενεργώντας σύμφωνα με το άρθρο 24, θα είναι υπεύθυνο, εφόσον δεν επιτευχθεί το από κοινού συνολικό επίπεδο μείωσης των εκπομπών, για το επίπεδο των εκπομπών του όπως αυτό κοινοποιήθηκε σύμφωνα με το παρόν άρθρο.

Άρθρο 5

1. Έκαστο Μέρος του Παραρτήματος Ι θα συγκροτεί, το αργότερο έναν χρόνο πριν από την έναρξη της πρώτης περιόδου ανάληψης υποχρεώσεων, εθνικό σύστημα για τον υπολογισμό των ανθρωπογενών εκπομπών από πηγές εκπομπής και των αντιστοίχων απορροφήσεων από καταβόθρες δέσμευσης των αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και δεν ελέγχονται από το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ. Οι κατευθυντήριες οδηγίες για τη συγκρότηση των εν λόγω εθνικών συστημάτων, που περιλαμβάνουν και τις μεθοδολογίες που διευκρινίζονται στην κατωτέρω παράγραφο 2, θα εγκριθούν από την

πρώτη διάσκεψη των Μερών που ενεργεί ως σύνοδος των Μερών του παρόντος Πρωτοκόλλου.

2. Οι μεθοδολογίες για τον υπολογισμό των ανθρωπογενών εκπομπών από πηγές εκπομπής και των απορροφήσεων από καταβόθρες δέσμευσης των αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και δεν ελέγχονται από το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ θα είναι αυτές που έχουν γίνει δεκτές από τη Διακυβερνητική Επιτροπή για τις Κλιματικές Αλλαγές και έχουν συμφωνηθεί από τη διάσκεψη των Μερών κατά την τρίτη σύνοδο. Εφόσον δεν χρησιμοποιούνται ανάλογες μεθοδολογίες, θα πραγματοποιούνται οι κατάλληλες προσαρμογές σύμφωνα με τις μεθοδολογίες που θα εγκρίνει κατά την πρώτη σύνοδο η διάσκεψη των Μερών ενεργώντας ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου. Βάσει των εργασιών, μεταξύ άλλων, της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή και των συμβουλών που παρέχει το Επικουρικό Όργανο Επιστημονικών και Τεχνολογικών Συμβουλών, η διάσκεψη των Μερών ενεργώντας ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου θα επανεξετάζει σε τακτικά διαστήματα και, κατά περίπτωση, θα αναθεωρεί αυτές τις μεθοδολογίες και τις προσαρμογές, λαμβάνοντας πλήρως υπόψη τυχόν σχετικές αποφάσεις της διάσκεψης των Μερών. Οιαδήποτε αναθεώρηση των μεθοδολογιών ή των προσαρμογών θα χρησιμοποιείται αποκλειστικά και μόνο προκειμένου να εξακριβωθεί κατά πόσο επετεύχθη συμμόρφωση προς τις αναληφθείσες υποχρεώσεις δυνάμει του άρθρου 3 για οιαδήποτε περίοδο ανάληψης υποχρεώσεων που εγκρίνεται μετά από την εν λόγω αναθεώρηση.
3. Οι τιμές των δεικτών του δυναμικού ανόδου της παγκόσμιας θερμοκρασίας που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των ισοδυνάμων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα των ανθρωπογενών

εκπομπών από πηγές εκπομπής και των απορροφήσεων από καταβόθρες δέσμευσης των αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και αναφέρονται στο Παράρτημα Α, θα είναι αυτές που έχουν γίνει δεκτές από τη Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος και έχουν εγκριθεί από τη διάσκεψη των Μερών κατά την τρίτη σύνοδο. Βάσει των εργασιών, μεταξύ άλλων, της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Αλλαγή του Κλίματος και των συμβουλών του Επικουρικού Οργάνου Επιστημονικών και Τεχνολογικών Συμβουλών, η διάσκεψη των Μερών ενεργώντας ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου θα εξετάζει τακτικά και, κατά περίπτωση, θα αναθεωρεί τους δείκτες του δυναμικού ανόδου της παγκόσμιας θερμοκρασίας εκάστου των εν λόγω αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, λαμβάνοντας πλήρως υπόψη τυχόν σχετικές αποφάσεις της διάσκεψης των Μερών. Οιαδήποτε αναθεώρηση των δεικτών του δυναμικού ανόδου της παγκόσμιας θερμοκρασίας θα εφαρμόζεται μόνο για στις υποχρεώσεις που αναλαμβάνονται δυνάμει του άρθρου 3 όσον αφορά την περίοδο ανάληψης υποχρεώσεων που εγκρίνεται μετά από την εν λόγω αναθεώρηση.

Άρθρο 6

1. Προκειμένου να ανταποκριθεί στις υποχρεώσεις που αναλαμβάνει δυνάμει του άρθρου 3, κάθε Μέρος του Παραρτήματος Ι δύναται να μεταφέρει σε, ή να αποκτήσει από, οιοδήποτε άλλο ανάλογο Μέρος, μονάδες μείωσης εκπομπών προκύπτουσες από έργα που αποσκοπούν στη μείωση των ανθρωπογενών εκπομπών από πηγές εκπομπής ή στην ενίσχυση των ανθρωπογενών απορροφήσεων από καταβόθρες δέσμευσης των αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου σε οιοδήποτε τομέα της οικονομίας, υπό την προϋπόθεση ότι:

(α) κάθε ανάλογο έργο έχει εγκριθεί από τα εμπλεκόμενα Μέρη·

(β) κάθε ανάλογο έργο εξασφαλίζει μειώσεις εκπομπών από πηγές, ή ενίσχυση των απορροφήσεων από καταβόθρες, που είναι επιπρόσθετες αυτών που θα λάμβαναν χώρα εάν το έργο δεν είχε πραγματοποιηθεί·

(γ) δεν αποκτά οιοσδήποτε μονάδες μείωσης των εκπομπών εφόσον δεν είναι σε συμμόρφωση με τις υποχρεώσεις του δυνάμει των άρθρων 5 και 7· και

(δ) η απόκτηση μονάδων μείωσης εκπομπών είναι συμπληρωματική ως προς την ανάληψη εγχωρίων δράσεων που αποσκοπούν στην επίτευξη των υποχρεώσεων που αναλαμβάνονται δυνάμει του άρθρου 3.

2. Η διάσκεψη των Μερών ενεργώντας ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου δύναται, κατά την πρώτη σύνοδο ή το συντομότερο δυνατό μετά από αυτή, να εκπονήσει περαιτέρω κατευθυντήριες οδηγίες για την εφαρμογή του παρόντος άρθρου, συμπεριλαμβανόμενης της διακρίβωσης και της υποβολής εκθέσεων.

3. Κάθε Μέρος που περιλαμβάνεται στο Παράρτημα I επιτρέπεται να εξουσιοδοτεί νομικά πρόσωπα να συμμετάσχουν, υπ'ευθύνη του, σε ενέργειες που οδηγούν στη δημιουργία, μεταφορά ή απόκτηση μονάδων μείωσης εκπομπών δυνάμει του παρόντος άρθρου. Εφόσον προκύψει ζήτημα σχετικά με την εφαρμογή από ένα Μέρος του Παραρτήματος I των απαιτήσεων που αναφέρονται στο παρόν άρθρο και σύμφωνα με τις αντίστοιχες διατάξεις του άρθρου 8, οι μεταφορές και οι αποκτήσεις

μονάδων μείωσης εκπομπών μπορούν να συνεχιστούν και μετά τον εντοπισμό του ζητήματος, υπό την προϋπόθεση ότι οιοσδήποτε τέτοιες δεν θα χρησιμοποιηθούν από το Μέρος για την επίτευξη των υποχρεώσεων που έχει αναλάβει δυνάμει του άρθρου 3 έως ότου επιλυθεί οιοδήποτε ζήτημα συμμόρφωσης.

Άρθρο 7

1. Κάθε Μέρος του Παραρτήματος I θα ενσωματώνει στην ετήσια απογραφή των ανθρωπογενών εκπομπών από πηγές και των απορροφήσεων από καταβόθρες δέσμευσης των αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και δεν ελέγχονται από το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ, που υποβάλλεται σύμφωνα με τις αντίστοιχες αποφάσεις της διάσκεψης των Μερών, τις αναγκαίες συμπληρωματικές πληροφορίες προκειμένου να εξασφαλιστεί η συμμόρφωση προς τις διατάξεις του άρθρου 3, όπως αυτές καθορίζονται κατωτέρω στην παράγραφο 4.
2. Κάθε Μέρος του Παραρτήματος I θα ενσωματώνει στην εθνική του έκθεση, που υποβάλλεται δυνάμει του άρθρου 12 της Σύμβασης, τις συμπληρωματικές πληροφορίες που είναι απαραίτητες προκειμένου να αποδείξει ότι συμμορφώθηκε προς τις υποχρεώσεις που ανέλαβε δυνάμει του Πρωτοκόλλου, όπως οι πληροφορίες αυτές καθορίζονται κατωτέρω στην παράγραφο 4.
3. Κάθε Μέρος του Παραρτήματος I θα υποβάλλει ετησίως τις πληροφορίες που απαιτούνται δυνάμει της ως άνω παραγράφου 1, αρχίζοντας με την πρώτη απογραφή που προβλέπει η Σύμβαση για το πρώτο έτος της περιόδου ανάληψης υποχρεώσεων αφού το Πρωτόκολλο τεθεί σε ισχύ για το εν λόγω Συμβαλλόμενο Μέρος. Έκαστο των εν λόγω Μερών θα

υποβάλλει τις απαιτούμενες πληροφορίες δυνάμει της ως άνω παραγράφου 2 ως τμήμα της πρώτης εθνικής έκθεσης που προβλέπει η Σύμβαση αφού το Πρωτόκολλο τεθεί σε ισχύ για το εν λόγω Μέρος και μετά την έγκριση των κατευθυντήριων οδηγιών ως προβλέπει η παράγραφος 4 κατωτέρω. Η συχνότητα με την οποία εν συνεχεία υποβάλλονται οι πληροφορίες που απαιτούνται δυνάμει του παρόντος άρθρου θα καθορίζονται από τη διάσκεψη των Μερών που ενεργεί ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου, λαμβάνοντας υπόψη οιοδήποτε χρονοδιάγραμμα αποφασιστεί εκ μέρους της διάσκεψης των Μερών για την υποβολή των εθνικών εκθέσεων.

4. Η διάσκεψη των Μερών που ενεργεί ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου θα εγκρίνει κατά την πρώτη σύνοδο, και εν συνεχεία θα επανεξετάζει περιοδικώς, κατευθυντήριες οδηγίες για την προετοιμασία των πληροφοριών που απαιτούνται δυνάμει του παρόντος άρθρου, λαμβάνοντας υπόψη τις κατευθυντήριες οδηγίες για την προετοιμασία των εθνικών εκθέσεων των Μερών του Παραρτήματος I, που εγκρίθηκαν από τη διάσκεψη των Μερών. Η διάσκεψη των Μερών ενεργώντας ως σύνοδος των Μερών του παρόντος Πρωτοκόλλου θα αποφασίσει επίσης, πριν από την πρώτη περίοδο ανάληψης υποχρεώσεων τις πρακτικές διαδικασίες για τον υπολογισμό των καταλογιζομένων ποσοτήτων.

Άρθρο 8

1. Οι πληροφορίες που υποβάλλονται δυνάμει του άρθρου 7 από κάθε Μέρος του Παραρτήματος I θα επιθεωρούνται από ομάδες ειδικών επιθεωρητών σύμφωνα με τις αντίστοιχες αποφάσεις της διάσκεψης των Μερών και σύμφωνα με τις κατευθυντήριες οδηγίες που εγκρίνει προς

τούτο η διάσκεψη των Μερών ενεργώντας ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου δυνάμει της κατωτέρω παραγράφου 4. Οι πληροφορίες που υποβάλλονται από κάθε Μέρος του Παραρτήματος Ι βάσει του άρθρου 7 παράγραφος 1 Παραρτήματος θα επιθεωρούνται στο πλαίσιο της ετήσιας απογραφής και καταχώρησης των εκπομπών και των καταλογισμένων ποσοτήτων. Επιπλέον, οι πληροφορίες που υποβάλλονται από κάθε Μέρος του Παραρτήματος Ι βάσει του άρθρου 7, παράγραφος 2, θα επιθεωρούνται στο πλαίσιο της επιθεώρησης των εκθέσεων.

2. Οι ομάδες ειδικών επιθεωρητών θα συντονίζονται από τη Γραμματεία και θα απαρτίζονται από εμπειρογνώμονες που επιλέγονται μεταξύ των οριζομένων από τα Μέρη της Σύμβασης και, κατά περίπτωση, από διακυβερνητικούς οργανισμούς, σύμφωνα με τις προς τούτο δοθείσες οδηγίες από διάσκεψη των Μερών.
3. Η διαδικασία επιθεώρησης θα παρέχει μία εις βάθος και πλήρως κατανοητή τεχνική αποτίμηση όλων των πτυχών της εφαρμογής του Πρωτοκόλλου από κάθε Μέρος. Οι ομάδες ειδικών επιθεωρητών θα συντάσσουν έκθεση για τη διάσκεψη των Μερών που ενεργεί ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου, αποτιμώντας το βαθμό εκπλήρωσης των υποχρεώσεων εκάστου των Μερών και εντοπίζοντας οιαδήποτε πιθανά προβλήματα, καθώς και παράγοντες που επηρεάζουν, την επίτευξη των επιμέρους υποχρεώσεων. Οι εκθέσεις αυτές θα διαβιβάζονται από τη Γραμματεία σε όλα τα Μέρη της Σύμβασης. Η Γραμματεία θα συντάσσει κατάλογο με τα θέματα που αφορούν την εκπλήρωση των υποχρεώσεων και αναφέρονται στις εκθέσεις αυτές για περαιτέρω εξέταση από τη διάσκεψη των Μερών που ενεργεί ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου.

4. Η διάσκεψη των Μερών ενεργώντας ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου θα εγκρίνει κατά την πρώτη σύνοδο, και εν συνεχεία θα επανεξετάζει περιοδικώς τις κατευθυντήριες οδηγίες για την επιθεώρηση της εφαρμογής του Πρωτοκόλλου από τις ομάδες των ειδικών επιθεωρητών, λαμβάνοντας υπόψη τις σχετικές αποφάσεις της διάσκεψης των Μερών.
5. Η διάσκεψη των Μερών ενεργώντας ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου, με την υποστήριξη του Επικουρικού Φορέα για την Εφαρμογή και, κατά περίπτωση, του Επικουρικού Οργάνου Επιστημονικών και Τεχνολογικών Συμβουλών, θα εξετάζει:
 - (α) τις πληροφορίες που υποβάλλονται από τα Μέρη δυνάμει του άρθρου 7 και τις εκθέσεις των ομάδων επιθεώρησης που διενεργούνται βάσει του παρόντος άρθρου· και
 - (β) τα ζητήματα εφαρμογής που περιέχονται στον κατάλογο που συντάσσει η Γραμματεία δυνάμει της ως άνω παραγράφου 3, καθώς και οιαδήποτε θέματα ζητήματα εγείρονται από τα Μέρη.
6. Αφού εξετάσει τις αναφερόμενες στην παράγραφο 5 πληροφορίες, η διάσκεψη των Μερών ενεργώντας ως σύνοδος των Μερών του παρόντος Πρωτοκόλλου, θα λαμβάνει αποφάσεις σχετικά με οιοδήποτε θέμα απαιτείται για την εφαρμογή του Πρωτοκόλλου.
7. Η διάσκεψη των Μερών ενεργώντας ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου θα επανεξετάζει περιοδικώς το Πρωτόκολλο με γνώμονα τις βέλτιστες διαθέσιμες επιστημονικές πληροφορίες και αποτιμήσεις για την αλλαγή του κλίματος και τις επιπτώσεις αυτής, καθώς και τα σχετικά

τεχνικά, κοινωνικά και οικονομικά δεδομένα. Ανάλογες επανεξετάσεις συντονίζονται με τις αντιστοίχως πραγματοποιούμενες στο πλαίσιο της Σύμβασης, ιδιαίτερα με τις επανεξετάσεις που απαιτούνται από το άρθρο 4, παράγραφος 2 εδάφιο δ) και το άρθρο 7 παράγραφος 2 εδάφιο α) της Σύμβασης. Βάσει των ως άνω επανεξετάσεων, η διάσκεψη των Μερών ενεργώντας ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου θα αναλαμβάνει κατάλληλες δράσεις.

Άρθρο 9

1. Η διάσκεψη των Μερών ενεργώντας ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου θα επανεξετάζει περιοδικώς το Πρωτόκολλο με γνώμονα τις βέλτιστες διαθέσιμες επιστημονικές πληροφορίες και αποτιμήσεις για την αλλαγή του κλίματος και τις επιπτώσεις αυτής, καθώς και τα σχετικά τεχνικά, κοινωνικά και οικονομικά δεδομένα. Ανάλογες επανεξετάσεις συντονίζονται με τις αντιστοίχως πραγματοποιούμενες στο πλαίσιο της Σύμβασης, ιδιαίτερα με τις επανεξετάσεις που απαιτούνται από το άρθρο 4, παράγραφος 2 εδάφιο δ) και το άρθρο 7 παράγραφος 2 εδάφιο α) της Σύμβασης. Βάσει των ως άνω επανεξετάσεων, η διάσκεψη των Μερών ενεργώντας ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου θα αναλαμβάνει κατάλληλες δράσεις..
2. Η πρώτη επανεξέταση θα πραγματοποιηθεί κατά τη δεύτερη ολομέλεια της διάσκεψης των Μερών που ενεργεί ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου. Περαιτέρω επανεξετάσεις θα πραγματοποιούνται σε τακτά χρονικά διαστήματα και εγκαίρως.

Άρθρο 10

Όλα τα Μέρη, λαμβάνοντας υπόψη τις κοινές αλλά διαφοροποιημένες ευθύνες τους και τις ειδικές εθνικές και περιφερειακές προτεραιότητές τους, στόχους και συνθήκες, δίχως να καθιερώνονται οιοσδήποτε νέες υποχρεώσεις για τα Μέρη που δεν περιλαμβάνονται στο Παράρτημα Ι, αλλά επιβεβαιώνοντας τις υφιστάμενες υποχρεώσεις βάσει του άρθρου 4 παράγραφος 1 της Σύμβασης, και συνεχίζοντας να προωθούν την εφαρμογή των υποχρεώσεων αυτών προκειμένου να επιτευχθεί η αιεφόρος ανάπτυξη, λαμβάνοντας υπόψη το άρθρο 4 παράγραφοι 3, 5 και 7 της Σύμβασης, θα:

- (α) διαμορφώνουν, όπου και στο βαθμό που αυτό είναι εφικτό, οικονομικά αποδοτικά εθνικά, και, εφόσον κρίνεται απαραίτητο, περιφερειακά προγράμματα με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας των τοπικών συντελεστών εκπομπής, των δεδομένων δραστηριότητας και/ή μοντέλων που απηχούν τις κοινωνικο-οικονομικές συνθήκες σε έκαστο Μέρος για την προετοιμασία και την περιοδική ενημέρωση των εθνικών απογραφών ανθρωπογενών εκπομπών από πηγές και των απορροφήσεων από καταβόθρες δέσμευσης των αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και δεν ελέγχονται από το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ, χρησιμοποιώντας συγκρίσιμες μεθοδολογίες που εγκρίνονται από τη διάσκεψη των Μερών, και είναι συμβατές με τις κατευθυντήριες οδηγίες για την προετοιμασία των εθνικών εκθέσεων, όπως αυτές εγκρίνονται από τη διάσκεψη των Μερών.

- (β) θα διαμορφώνουν, θα εφαρμόζουν, θα δημοσιεύουν και σε τακτά

χρονικά διαστήματα θα ενημερώνουν τα εθνικά και, κατά περίπτωση, περιφερειακά προγράμματα τα οποία περιλαμβάνουν μέτρα για τον περιορισμό της αλλαγής του κλίματος και μέτρα για τη διευκόλυνση της κατάλληλης προσαρμογής σ' αυτήν:

- (i) ανάλογα προγράμματα αφορούν μεταξύ άλλων στους κλάδους της ενέργειας, των μεταφορών και της βιομηχανίας καθώς επίσης και στη γεωργία, στη δασοπονία και στη διαχείριση αποβλήτων. Επιπλέον, οι τεχνολογίες προσαρμογής και οι μέθοδοι βελτίωσης του χωροταξικού σχεδιασμού δύνανται να βελτιώσουν την προσαρμογή στις κλιματικές αλλαγές· και
- (ii) τα Μέρη του Παραρτήματος Ι υποβάλλουν πληροφορίες σχετικά με τις ενέργειες που αναλαμβάνουν δυνάμει του παρόντος Πρωτοκόλλου, περιλαμβανομένων των εθνικών προγραμμάτων, σύμφωνα με τις κατευθύνσεις του άρθρου 7· και άλλα Μέρη επιδιώκουν να περιλάβουν στις εθνικές τους εκθέσεις, κατά περίπτωση, πληροφορίες σχετικά με προγράμματα που περιέχουν τα μέτρα που το εκάστοτε Μέρος θεωρεί ότι συμβάλλουν στην αντιμετώπιση της αλλαγής του κλίματος και των αρνητικών επιπτώσεών της, συμπεριλαμβανομένου του περιορισμού της αύξησης των εκπομπών αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και της ενίσχυσης της απορρόφησης των αερίων αυτών από τις καταβόθρες δέσμευσης, την ανάπτυξη υποδομής και μέτρα προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή.

(γ) θα συνεργάζονται για την προώθηση των αποτελεσματικών πρακτικών για την ανάπτυξη, εφαρμογή και διάδοση, τη λήψη όλων των δυνατών μέτρων για την προώθηση, τη διευκόλυνση και τη χρηματοδότηση, κατά περίπτωση, της μεταφοράς ή της πρόσβασης σε περιβαλλοντικώς φιλικές τεχνολογίες, της τεχνογνωσίας, των πρακτικών και διαδικασιών κατάλληλων για την αλλαγή του κλίματος, ιδίως στις αναπτυσσόμενες χώρες, συμπεριλαμβανόμενης της διαμόρφωσης πολιτικών και προγραμμάτων για την αποτελεσματική μεταφορά περιβαλλοντικώς φιλικών τεχνολογιών, που αποτελούν ιδιοκτησία ή είναι στη δικαιοδοσία του δημοσίου, και της δημιουργίας ενός περιβάλλοντος για τον ιδιωτικό τομέα ικανού να προάγει και να ενισχύσει τη μεταφορά και την πρόσβαση σε περιβαλλοντικώς φιλικές τεχνολογίες·

(δ) θα συνεργάζονται στον τομέα της επιστημονικής και τεχνικής έρευνας και να προάγουν τη διατήρηση και την ανάπτυξη συστημάτων τακτικής παρατήρησης και την ανάπτυξη αρχείων δεδομένων ώστε να περιοριστούν οι αβεβαιότητες που σχετίζονται με το κλιματικό σύστημα, τις αρνητικές επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος και τις οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις των διαφόρων στρατηγικών ανταπόκρισης, προάγοντας παράλληλα την ανάπτυξη και την ενίσχυση των εγγενών δυνατοτήτων και ικανοτήτων συμμετοχής σε διεθνείς και διακυβερνητικές προσπάθειες, προγράμματα και δίκτυα έρευνας και συστηματικής παρατήρησης, λαμβάνοντας υπόψη το άρθρο 5 της Σύμβασης·

(ε) θα συνεργάζονται και να προάγουν σε διεθνές επίπεδο και, εφόσον κρίνεται σκόπιμο, αξιοποιώντας υφιστάμενους φορείς, την ανάπτυξη και την εφαρμογή εκπαιδευτικών και επιμορφωτικών προγραμμάτων, συμπεριλαμβανομένης της ενίσχυσης της ανάπτυξης υποδομής σε εθνικό επίπεδο, ιδίως σε ό,τι αφορά στο έμπυχο δυναμικό και στο θεσμικό περιβάλλον και την ανταλλαγή ή την απόσπαση προσωπικού για την εκπαίδευση εμπειρογνομόνων στον τομέα αυτό, ιδίως στις αναπτυσσόμενες χώρες και να διευκολύνουν σε εθνικό επίπεδο την ευαισθητοποίηση και πρόσβαση του κοινού στις πληροφορίες σχετικά με την αλλαγή του κλίματος. Κατάλληλες πρακτικές διαδικασίες θα πρέπει να αναπτυχθούν για την υλοποίηση των δραστηριοτήτων αυτών μέσω των αντίστοιχων φορέων της Σύμβασης, λαμβάνοντας υπόψη το άρθρο 6 της Σύμβασης.

(στ) θα περιλαμβάνουν στις εθνικές τους εκθέσεις πληροφορίες σχετικά με προγράμματα και δραστηριότητες που αναλαμβάνουν σύμφωνα με το παρόν άρθρο βάσει των αντιστοιχών αποφάσεων της διάσκεψης των Μερών· και

(ζ) θα λαμβάνουν πλήρως υπόψη, κατά την εκπλήρωση των υποχρεώσεών τους βάσει του άρθρου αυτού, το άρθρο 4 παράγραφος 8 της Σύμβασης.

Άρθρο 11

1. Κατά την εφαρμογή του άρθρου 10, τα Μέρη θα λαμβάνουν υπόψη τις διατάξεις του άρθρου 4 παράγραφοι 4, 5, 7, 8 και 9 της Σύμβασης.

2. Στο πλαίσιο της εφαρμογής του άρθρου 4 παράγραφος 1 της Σύμβασης, σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 4 παράγραφος 3 και του άρθρου 11 της Σύμβασης και, μέσω του φορέα ή των φορέων που είναι επιφορτισμένοι με τη λειτουργία του οικονομικού μηχανισμού της Σύμβασης, οι αναπτυγμένες χώρες που συγκαταλέγονται μεταξύ των συμβαλλομένων Μερών και τα άλλα αναπτυγμένα Μέρη του Παραρτήματος II της Σύμβασης θα:

(α) παράσχουν νέους και πρόσθετους οικονομικούς πόρους προκειμένου να καλυφθούν πλήρως οι συμφωνηθείσες δαπάνες προκληθείσες από τις αναπτυσσόμενες χώρες που συγκαταλέγονται μεταξύ των Μερών, ώστε να προωθήσουν την εφαρμογή των υφιστάμενων υποχρεώσεων δυνάμει του άρθρου 4 παράγραφος.

(β) θα παράσχουν επίσης αντίστοιχους οικονομικούς πόρους, συμπεριλαμβανομένης και της μεταφοράς τεχνολογίας, που είναι απαραίτητοι για τις αναπτυσσόμενες χώρες που συγκαταλέγονται μεταξύ των Μερών ώστε να ανταποκριθούν πλήρως στις συγκεκριμένες επιπρόσθετες δαπάνες που σχετίζονται με την προώθηση των υφιστάμενων υποχρεώσεων δυνάμει του άρθρου 4 παράγραφος 1 της Σύμβασης, οι οποίες καλύπτονται από το άρθρο 10 και έχουν συμφωνηθεί μεταξύ έκαστης αναπτυσσόμενης χώρας που συγκαταλέγεται μεταξύ των συμβαλλομένων Μερών και του διεθνούς φορέα ή φορέων που αναφέρονται στο άρθρο 11 της Σύμβασης, σύμφωνα με το άρθρο αυτό.

Η ανταπόκριση προς τις ήδη υφιστάμενες υποχρεώσεις θα λαμβάνει υπόψη την ανάγκη επάρκειας και προβλεψιμότητας όσον αφορά στη ροή των πιστώσεων και τη σημασία του κατάλληλου επιμερισμού των βαρών μεταξύ των αναπτυγμένων χωρών που συγκαταλέγονται μεταξύ των Μερών. Η καθοδήγηση προς το φορέα ή τους φορείς που είναι επιφορτισμένοι με τη λειτουργία του οικονομικού μηχανισμού της Σύμβασης στις σχετικές αποφάσεις της διάσκεψης των Μερών, συμπεριλαμβανομένων και των εγκεκριμένων πριν από τη θέσπιση του παρόντος Πρωτοκόλλου, εφαρμόζεται κατ' αναλογία στις διατάξεις της παρούσας παραγράφου

3. Οι αναπτυγμένες χώρες που συγκαταλέγονται μεταξύ των συμβαλλομένων Μερών και τα λοιπά αναπτυγμένα Μέρη του Παραρτήματος II της Σύμβασης δύνανται επίσης να παράσχουν χρηματοοικονομικούς πόρους, από τους οποίους να επωφεληθούν οι αναπτυσσόμενες χώρες που συγκαταλέγονται μεταξύ των συμβαλλομένων Μερών, για την εφαρμογή του άρθρου 10, μέσω διμερών, περιφερειακών και άλλων πολυμερών διαύλων.

Άρθρο 12

1. Εν προκειμένω ορίζεται μηχανισμός καθαρής ανάπτυξης.
2. Στόχος του μηχανισμού καθαρής ανάπτυξης είναι να υποστηρίξει τα Μέρη που δεν περιλαμβάνονται στο Παράρτημα I ώστε να επιτύχουν την αειφόρο ανάπτυξη και να συμβάλουν στον τελικό στόχο της Σύμβασης, καθώς επίσης να υποστηρίξει τα Μέρη του Παραρτήματος I

στην επίτευξη συμμόρφωσης προς τις ποσοτικοποιημένες υποχρεώσεις που αναλαμβάνουν δυνάμει του άρθρου 3 σχετικά με τον περιορισμό και τη μείωση των εκπομπών.

3. Βάσει του μηχανισμού καθαρής ανάπτυξης:

(α) Τα Μέρη που δεν περιλαμβάνονται στο Παράρτημα Ι επωφελούνται από έργα που σχετίζονται με έργα που οδηγούν σε πιστοποιημένες μειώσεις εκπομπών· και

(β) Μέρη που περιλαμβάνονται στο Παράρτημα Ι μπορούν να αξιοποιούν τις πιστοποιημένες μειώσεις εκπομπών που προκύπτουν από ανάλογα έργα προκειμένου να συμβάλλουν στη συμμόρφωση με μέρος των ποσοτικοποιημένων υποχρεώσεων που έχουν αναλάβει όσον αφορά στον περιορισμό και στη μείωση των εκπομπών δυνάμει του άρθρου 3, ως ορίζει η διάσκεψη των Μερών ενεργώντας ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου.

4. Ο μηχανισμός καθαρής ανάπτυξης θα ελέγχεται και θα καθοδηγείται από τη διάσκεψη των Μερών που ενεργεί ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου και θα εποπτεύεται από το εκτελεστικό συμβούλιο του μηχανισμού καθαρής ανάπτυξης.

5. Οι μειώσεις των εκπομπών που προκύπτουν από δραστηριότητες κάθε ανάλογου έργου θα πιστοποιούνται από επιχειρησιακούς φορείς καθοριζόμενων από τη διάσκεψη των Μερών ενεργώντας ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου, βάσει:

(α) της οικειοθελούς συμμετοχής που εγκρίνεται από έκαστο των

εμπλεκόμενων Μερών·

(β) πραγματικών, μετρήσιμων και μακροπρόθεσμων ωφελειών όσον αφορά τον μετριασμό της αλλαγής του κλίματος· και

(γ) μειώσεων εκπομπών που είναι επιπρόσθετες αυτών που θα λάμβαναν χώρα εάν δεν είχε πραγματοποιηθεί το αντίστοιχο πιστοποιημένο έργο.

6. Ο μηχανισμός καθαρής ανάπτυξης θα συμβάλλει στη δέουσα ρύθμιση της χρηματοδότησης των δραστηριοτήτων από πιστοποιημένα έργα.
7. Η διάσκεψη των Μερών ενεργώντας ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου κατά την πρώτη σύνοδό της θα διαμορφώσει, ρυθμίσεις και διαδικασίες με στόχο την εξασφάλιση της διαφάνειας, της αποτελεσματικότητας και της δυνατότητας υπολογισμού μέσω ανεξάρτητου ελέγχου και διακρίβωσης των δραστηριοτήτων των έργων.
8. Η διάσκεψη των Μερών ενεργώντας ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου θα εξασφαλίζει ότι μέρος των εσόδων από τα πιστοποιημένα έργα χρησιμοποιείται για την κάλυψη των διοικητικών δαπανών καθώς επίσης και για την παροχή αρωγής προς τις αναπτυσσόμενες χώρες που συγκαταλέγονται μεταξύ των Μερών και θεωρούνται ιδιαίτερα ευπαθείς στις αρνητικές επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος προκειμένου να καλύψουν το αντίστοιχο κόστος προσαρμογής.

9. Η συμμετοχή στο μηχανισμό καθαρής ανάπτυξης, συμπεριλαμβανομένων των δραστηριοτήτων που αναφέρονται στην ως άνω παράγραφο 3α και την απόκτηση πιστοποιημένων μειώσεων εκπομπών, μπορεί να συνεπάγεται τη συμμετοχή ιδιωτικών και/ή δημοσίων φορέων και υπόκειται στην όποια καθοδήγηση από το εκτελεστικό συμβούλιο του μηχανισμού καθαρής ανάπτυξης.
10. Οι πιστοποιημένες μειώσεις εκπομπών που αποκτώνται κατά την περίοδο από το 2000 και έως την αρχή της πρώτης περιόδου ανάληψης υποχρεώσεων μπορούν να αξιοποιηθούν για την επίτευξη συμμόρφωσης κατά την πρώτη περίοδο ανάληψης υποχρεώσεων.

Άρθρο 13

1. Η διάσκεψη των Μερών, ήτοι το ανώτατο σώμα της Σύμβασης, θα ενεργεί ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου.
2. Τα Μέρη της Σύμβασης που δεν συγκαταλέγονται μεταξύ των Μερών του Πρωτοκόλλου μπορούν να συμμετάσχουν ως παρατηρητές στη διαδικασία οιασδήποτε συνόδου της διάσκεψης των Μερών που ενεργεί ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου. Όταν η διάσκεψη των Μερών ενεργεί ως Σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου, οι αποφάσεις βάσει του Πρωτοκόλλου λαμβάνονται αποκλειστικά και μόνο από τα συμβαλλόμενα σε αυτό Μέρη.
3. Όταν η διάσκεψη των Μερών ενεργεί ως σύνοδος των Μερών του παρόντος Πρωτοκόλλου, οιοδήποτε μέλος του Προεδρείου της διάσκεψης των Μερών που εκπροσωπεί Μέρος της Σύμβασης το οποίο δεν συγκαταλέγεται μεταξύ των Μερών του Πρωτοκόλλου, θα

αντικαθίσταται από επιπλέον μέλος το οποίο θα εκλέγεται από και μεταξύ των Μερών του Πρωτοκόλλου.

4. Η διάσκεψη των Μερών ενεργώντας ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου θα επανεξετάζει σε τακτά χρονικά διαστήματα την εφαρμογή του Πρωτοκόλλου και θα λαμβάνει, στο πλαίσιο της εντολής της, τις αναγκαίες αποφάσεις για την προώθηση της αποτελεσματικής εφαρμογής του. Εν προκειμένω θα αναλάβει τα καθήκοντα που της ανατίθενται από το παρόν Πρωτόκολλο και θα:

(α) αξιολογεί, βάσει όλων των πληροφοριών που είναι διαθέσιμες σε αυτήν σύμφωνα με τις διατάξεις του Πρωτοκόλλου, την εφαρμογή του Πρωτοκόλλου από τα Μέρη, τις συνολικές επιπτώσεις των μέτρων που λαμβάνονται σύμφωνα με το Πρωτόκολλο, ιδίως τις περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις καθώς και τις σωρευτικές επιδράσεις τους και τον βαθμό στον οποίο επιτυγχάνεται πρόοδος σχετικά με την επίτευξη του στόχου της Σύμβασης

(β) εξετάζει περιοδικώς τις υποχρεώσεις των συμβαλλομένων μερών δυνάμει του Πρωτοκόλλου, αποδίδοντας τη δέουσα σημασία στις αναθεωρήσεις που προβλέπουν τα άρθρα 4 παράγραφος 2 εδάφιο δ) και το άρθρο 7 παράγραφος 2 της Σύμβασης με γνώμονα την εξυπηρέτηση του στόχου της Σύμβασης, την ήδη αποκτηθείσα εμπειρία κατά την εφαρμογή της και την εξέλιξη των επιστημονικών και τεχνολογικών γνώσεων, και στο πλαίσιο αυτό εξετάζει και εγκρίνει τακτικές εκθέσεις σχετικά με την εφαρμογή του Πρωτοκόλλου.

- (γ) προάγει και θα διευκολύνει την ανταλλαγή πληροφοριών σχετικών με μέτρα που εγκρίθηκαν από τα Μέρη με στόχο την αντιμετώπιση της αλλαγής του κλίματος και των επιπτώσεών της, λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορετικές συνθήκες, ευθύνες και δυνατότητες των Μερών και τις αντίστοιχες υποχρεώσεις τους βάσει του Πρωτοκόλλου.
- (δ) διευκολύνει, κατόπιν αιτήσεως δύο ή περισσότερων Μερών, το συντονισμό των μέτρων που εγκρίνονται από αυτά για την αντιμετώπιση της αλλαγής του κλίματος και των επιπτώσεών της, λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορετικές συνθήκες, ευθύνες και δυνατότητες των Μερών και τις αντιστοίχως αναληφθείσες υποχρεώσεις τους, βάσει του Πρωτοκόλλου.
- (ε) προάγει και θα καθοδηγεί, σύμφωνα με τον στόχο της Σύμβασης και τις διατάξεις του παρόντος Πρωτοκόλλου, και λαμβάνοντας πλήρως υπόψη τις αντίστοιχες αποφάσεις της διάσκεψης των Μερών, την ανάπτυξη και περιοδική βελτίωση συγκρίσιμων μεθοδολογιών για την αποτελεσματική εφαρμογή του Πρωτοκόλλου, υπό την έγκριση της διάσκεψης των Μερών που ενεργεί ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου.
- (ζ) διατυπώνει συστάσεις σχετικά με οιαδήποτε θέματα κρίνεται αναγκαίο για την εφαρμογή του παρόντος Πρωτοκόλλου.
- (η) εγκαθιδρύσει τους επικουρικούς φορείς που κρίνονται απαραίτητοι για την εφαρμογή του Πρωτοκόλλου.

(θ) επιζητεί και θα αξιοποιεί, κατά περίπτωση, τις υπηρεσίες, τη συνεργασία και τις παρεχόμενες πληροφορίες των αρμόδιων διεθνών οργανισμών και διακυβερνητικών και μη κυβερνητικών φορέων· και

(ι) ασκεί οιαδήποτε άλλα καθήκοντα είναι ενδεχομένως αναγκαία για την εφαρμογή του Πρωτοκόλλου εξετάζοντας παράλληλα κάθε ανάθεση συνεπεία απόφασης της διάσκεψης των Μερών.

5. Ο εσωτερικός κανονισμός της διάσκεψης των Μερών και οι οικονομικές διαδικασίες της Σύμβασης θα εφαρμόζονται κατ'αναλογία δυνάμει του Πρωτοκόλλου, εφόσον δεν ληφθεί διαφορετική απόφαση με ομοφωνία εκ μέρους της διάσκεψης των Μερών που ενεργεί ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου.

6. Η πρώτη σύνοδος της διάσκεψης των Μερών που ενεργεί ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου θα συγκληθεί από τη Γραμματεία ταυτόχρονα με την πρώτη σύνοδο της διάσκεψης των Μερών που έχει προγραμματιστεί μετά από την ημερομηνία θέσης σε ισχύ του Πρωτοκόλλου. Εν συνεχεία οι τακτικές συνένοδοι της διάσκεψης των Μερών που ενεργεί ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου θα πραγματοποιούνται άπαξ ετησίως και ταυτόχρονα με τακτικές συνένοδους της διάσκεψης των Μερών εφόσον δεν ληφθεί διαφορετική απόφαση εκ μέρους της διάσκεψης των Μερών που ενεργεί ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου.

7. Οι έκτακτοι συνένοδοι της διάσκεψης των Μερών που ενεργεί ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου θα πραγματοποιούνται όποτε αυτό κριθεί απαραίτητο από τη διάσκεψη των συμβαλλομένων Μερών που ενεργεί

ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου, ή κατόπιν γραπτού αιτήματος οιοδήποτε των Μερών, υπό την προϋπόθεση ότι, εντός έξι μηνών από την κοινοποίηση από τη Γραμματεία του αιτήματος στα Μέρη το αίτημα θα τυγχάνει της υποστήριξης τουλάχιστον του ενός τρίτου των Μερών.

8. Τα Ηνωμένα Έθνη, οι ειδικευμένες υπηρεσίες τους και ο Διεθνής Οργανισμός Ατομικής Ενέργειας, καθώς και κράτος μέλος αυτών ή παρατηρητές σε αυτά που δεν είναι Μέρος της Σύμβασης, μπορεί να εκπροσωπηθεί στις συνόδους της διάσκεψης των Μερών που ενεργεί ως σύνοδος των Μερών του παρόντος Πρωτοκόλλου, με την ιδιότητα του παρατηρητή. Οιοσδήποτε φορέας ή οργανισμός, εθνικός ή διεθνής, κυβερνητικός ή μη, με εντολή που καλύπτει τα θέματα του παρόντος Πρωτοκόλλου, εφόσον ενημερώσει τη Γραμματεία για την επιθυμία του να εκπροσωπηθεί σε σύνοδο της διάσκεψης των Μερών που ενεργεί ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου με την ιδιότητα του παρατηρητή, μπορεί επίσης να γίνει δεκτός, εκτός εάν τουλάχιστον το ένα τρίτο των παρόντων Μερών διατυπώσει αντιρρήσεις. Η αποδοχή και η συμμετοχή παρατηρητών είναι θέμα το οποίο υπόκειται στον εσωτερικό κανονισμό που αναφέρεται στην ως άνω παράγραφο 5.

Άρθρο 14

1. Η Γραμματεία που συγκροτείται δυνάμει του άρθρου 8 της Σύμβασης θα ενεργεί ως Γραμματεία του Πρωτοκόλλου.
2. Το άρθρο 8 παράγραφος 2 της Σύμβασης για τα καθήκοντα της Γραμματείας και το άρθρο 8 παράγραφος 3 της Σύμβασης σχετικά με τις

ρυθμίσεις που αφορούν στη λειτουργία της Γραμματείας θα ισχύουν κατ'αναλογία και για το Πρωτόκολλο. Η Γραμματεία επιπλέον θα ασκεί τα καθήκοντα που της ανατίθενται βάσει του παρόντος Πρωτοκόλλου.

Άρθρο 15

1. Το Επικουρικό Όργανο Επιστημονικών και Τεχνολογικών Συμβουλών και το Επικουρικό Όργανο για την Εφαρμογή που καθιερώνονται με τα άρθρα 9 και 10 της Σύμβασης θα ενεργούν αντιστοίχως ως το Επικουρικό Όργανο Επιστημονικών και Τεχνολογικών Συμβουλών και το Επικουρικό Όργανο για την Εφαρμογή του Πρωτοκόλλου. Οι διατάξεις σχετικά με τη λειτουργία των ως άνω δύο φορέων δυνάμει της Σύμβασης ισχύουν κατ'αναλογία για το Πρωτόκολλο. Οι συνεδριάσεις του Επικουρικού Οργάνου Επιστημονικών και Τεχνολογικών Συμβουλών και του Επικουρικού Οργάνου για την Εφαρμογή του Πρωτοκόλλου θα πραγματοποιούνται ταυτόχρονα με τις συνεδριάσεις του Επικουρικού Οργάνου Επιστημονικών και Τεχνολογικών Συμβουλών και του Επικουρικού Οργάνου για την Εφαρμογή της Σύμβασης.
2. Τα Μέρη της Σύμβασης που δεν συγκαταλέγονται μεταξύ των Μερών του Πρωτοκόλλου μπορούν να συμμετάσχουν ως παρατηρητές στις διαδικασίες οιασδήποτε συνόδου των επικουρικών φορέων. Όταν οι επικουρικοί φορείς ενεργούν ως επικουρικοί φορείς του Πρωτοκόλλου, οι αποφάσεις βάσει του Πρωτοκόλλου θα λαμβάνονται αποκλειστικά και μόνο από τα Μέρη του.
3. Εφόσον οι επικουρικοί φορείς που καθιερώνονται με τα άρθρα 9 και 10 της Σύμβασης ασκούν καθήκοντα για θέματα που αφορούν στο Πρωτόκολλο, οιοδήποτε μέλος του Προεδρείου των ως άνω επικουρικών

φορέων που εκπροσωπεί Μέρος της Σύμβασης το οποίο δεν συγκαταλέγεται μεταξύ των συμβαλλομένων Μερών του Πρωτοκόλλου, θα αντικαθίσταται από επιπλέον μέλος το οποίο θα εκλέγεται από και μεταξύ των Μερών του Πρωτοκόλλου.

Άρθρο 16

Η διάσκεψη των Μερών ενεργώντας ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου θα εξετάζει το ταχύτερο δυνατόν, την εφαρμογή στο Πρωτόκολλο καθώς και τις απαραίτητες τροποποιήσεις, της πολυμερούς διαβουλευτικής διαδικασίας που αναφέρεται στο άρθρο 13 της Σύμβασης, με γνώμονα τις αντίστοιχες αποφάσεις που ενδέχεται να λάβει η διάσκεψη των Μερών.

Οιαδήποτε πολυμερής διαβουλευτική διαδικασία εφαρμοσθεί στο Πρωτόκολλο θα εκτελείται υπό την επιφύλαξη των διαδικασιών και μηχανισμών που ορίζονται σύμφωνα με το άρθρο 18.

Άρθρο 17

Η διάσκεψη των Μερών θα ορίζει τις αντίστοιχες αρχές, πρακτικές διαδικασίες, κανόνες και κατευθυντήριες οδηγίες, ιδιαίτερα όσον αφορά στη διακρίβωση, στην αναφορά και στη δυνατότητα υπολογισμού για την εμπορία των εκπομπών. Τα Μέρη του Παραρτήματος Β έχουν τη δυνατότητα να συμμετάσχουν στην εμπορία δικαιωμάτων εκπομπών προκειμένου να ανταποκριθούν στις υποχρεώσεις που ανέλαβαν δυνάμει του άρθρου 3 του Πρωτοκόλλου. Οιαδήποτε ανάλογη εμπορία θα είναι συμπληρωματική προς τις εγχώριες δράσεις που αναλαμβάνονται με στόχο να επιτευχθούν οι ποσοτικές

υποχρεώσεις που αναλαμβάνονται δυνάμει του ως άνω άρθρου για τον περιορισμό και τη μείωση των εκπομπών.

Άρθρο 18

Η διάσκεψη των Μερών ενεργώντας ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου κατά την πρώτη σύνοδό της θα εγκρίνει τις δέουσες και αποτελεσματικές διαδικασίες και μηχανισμούς καθορισμού και αντιμετώπισης των περιπτώσεων μη συμμόρφωσης προς τις διατάξεις του Πρωτοκόλλου, συμπεριλαμβανομένης της κατάρτισης ενδεικτικού πίνακα επιπτώσεων, λαμβάνοντας υπόψη τα αίτια, το είδος, το βαθμό και τη συχνότητα της μη-συμμόρφωσης. Οιοσδήποτε διαδικασίες και μηχανισμοί που, δυνάμει του παρόντος άρθρου, συνεπάγονται δεσμευτικές επιπτώσεις θα εγκρίνονται με τροποποίηση του Πρωτοκόλλου.

Άρθρο 19

Οι διατάξεις του άρθρου 14 της Σύμβασης όσον αφορά στη διευθέτηση των διαφορών θα ισχύει κατ'αναλογία στο Πρωτόκολλο.

Άρθρο 20

1. Οιοδήποτε των συμβαλλομένων Μερών δύναται να υποβάλλει τροποποιήσεις για το Πρωτόκολλο.
2. Οι τροποποιήσεις στο παρόν Πρωτόκολλο θα εγκρίνονται σε τακτική σύνοδο της διάσκεψης των Μερών που ενεργεί ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου. Το κείμενο οιασδήποτε προτεινόμενης τροποποίησης για το Πρωτόκολλο θα κοινοποιείται στα Μέρη από τη Γραμματεία τουλάχιστον έξι μήνες πριν από τη σύνοδο κατά την οποία προτείνεται η

έγκρισή του. Η Γραμματεία θα κοινοποιεί επίσης το κείμενο οιονδήποτε προτεινόμενων τροποποιήσεων στα Μέρη και στους υπογράψαντες τη Σύμβαση και, ενημερωτικά στον Θεματοφύλακα.

3. Τα Μέρη θα καταβάλλουν κάθε δυνατή προσπάθεια ώστε να συμφωνήσουν ομοφώνως για οιαδήποτε προτεινόμενη τροποποίηση στο Πρωτόκολλο. Εάν εξαντληθούν όλες οι προσπάθειες δίχως να επιτευχθεί ομοφωνία, η τροποποίηση είναι δυνατό να εγκριθεί εφόσον υπερψηφιστεί από τα τρία τέταρτα των παρόντων Μερών με δικαίωμα ψήφου στη συνεδρίαση. Η εγκριθείσα τροποποίηση θα κοινοποιείται από τη Γραμματεία στον Θεματοφύλακα, ο οποίος θα τη διαβιβάζει σε όλα τα Μέρη προς αποδοχή.
4. Οι πράξεις αποδοχής της τροποποίησης θα κατατίθενται στον Θεματοφύλακα. Κάθε τροποποίηση που εγκρίνεται σύμφωνα με την ως άνω παράγραφο 3 θα τίθεται σε ισχύ για τα Μέρη που την έχουν αποδεχτεί την εννενηκοστή ημέρα μετά από την ημερομηνία κατάθεσης στον Θεματοφύλακα πράξης αποδοχής από τουλάχιστον τα τρία τέταρτα των Μερών του Πρωτοκόλλου.
5. Η τροποποίηση θα τίθεται σε ισχύ για οιοδήποτε άλλο Μέρος την εννενηκοστή ημέρα μετά από την ημερομηνία κατά την οποία το Μέρος αυτό καταθέτει στον Θεματοφύλακα την δική του πράξη αποδοχής για τη συγκεκριμένη τροποποίηση.

Άρθρο 21

1. Τα παραρτήματα του Πρωτοκόλλου θα συνιστούν συστατικό στοιχείο αυτού, και εφόσον δεν υφίσταται άλλη ρητή πρόβλεψη, τυχόν αναφορά στο Πρωτόκολλο θα λογίζεται παράλληλα ως αναφορά στα παραρτήματα αυτού. Παραρτήματα που εγκρίνονται μετά από τη θέση σε ισχύ του Πρωτοκόλλου θα περιορίζονται σε καταλόγους, δελτία και οιοδήποτε υλικό περιγραφικού χαρακτήρα εφόσον είναι επιστημονικής, τεχνικής, διαδικαστικής ή διοικητικής φύσης.
2. Οιοδήποτε Μέρος δύναται να διατυπώσει προτάσεις για Παράρτημα του παρόντος Πρωτοκόλλου και να προτείνει τροποποιήσεις στα παραρτήματα του Πρωτοκόλλου.
3. Τα παραρτήματα του Πρωτοκόλλου και οι τροποποιήσεις στα παραρτήματά του θα εγκρίνονται σε τακτική σύνοδο της διάσκεψης των Μερών που ενεργεί ως σύνοδος των Μερών του Πρωτοκόλλου. Το κείμενο οιοδήποτε προτεινόμενου Παραρτήματος ή τροποποίησης σε Παράρτημα θα κοινοποιείται στα συμβαλλόμενα Μέρη από τη Γραμματεία τουλάχιστον έξι μήνες πριν από τη σύνοδο κατά την οποία προτείνεται να εγκριθεί. Η Γραμματεία θα κοινοποιεί επίσης το κείμενο κάθε προτεινόμενου Παραρτήματος ή τροποποίησης σε Παράρτημα, στα Μέρη και τους υπογράψαντες τη Σύμβαση και, ενημερωτικά, στο Θεματοφύλακα.
4. Τα Μέρη θα καταβάλλουν κάθε δυνατή προσπάθεια ώστε να εγκριθεί ομόφωνα τυχόν προτεινόμενο Παράρτημα ή τροποποίηση σε Παράρτημα. Εάν εξαντληθούν όλες οι προσπάθειες δίχως να επιτευχθεί ομοφωνία, το Παράρτημα ή η τροποποίηση του

Παραρτήματος είναι δυνατό να εγκριθεί εφόσον υπερψηφιστεί από τα τρίτα τέταρτα των Μερών που είναι παρόντα και διαθέτουν δικαίωμα ψήφου στη συνεδρίαση. Το εγκριθέν Παράρτημα ή η τροποποίηση Παραρτήματος θα κοινοποιούνται από τη Γραμματεία στον Θεματοφύλακα, ο οποίος θα διαβιβάζει το κείμενο σε όλα τα Μέρη προς αποδοχή.

5. Κάθε Παράρτημα, εκτός του Παραρτήματος Α ή Β, το οποίο εγκρίθηκε και τροποποιήθηκε σύμφωνα με τις ως άνω παραγράφους 3 και 4 θα τίθεται σε ισχύ για όλα τα Μέρη του Πρωτοκόλλου έξι μήνες μετά από την ημερομηνία κοινοποίησής από το Θεματοφύλακα στα Μέρη της έγκρισης του Παραρτήματος ή της τροποποίησης στο Παράρτημα, εκτός των Μερών που κοινοποιούν γραπτώς στον Θεματοφύλακα εντός της περιόδου αυτής ότι δεν αποδέχονται το Παράρτημα ή την τροποποίηση του Παραρτήματος. Το Παράρτημα ή η τροποποίηση του Παραρτήματος θα τίθεται σε ισχύ για τα Μέρη που αποσύρουν την κοινοποίηση μη αποδοχής την ενενηκοστή ημέρα μετά από την ημερομηνία παραλαβής από τον Θεματοφύλακα της αντίστοιχης απόσυρσης της εν λόγω κοινοποίησης.
6. Εάν η έγκριση Παραρτήματος ή η τροποποίηση σε Παράρτημα συνεπάγεται τροποποίηση του Πρωτοκόλλου, το Παράρτημα ή η τροποποίηση του Παραρτήματος δεν θα τίθενται σε ισχύ έως ότου τεθεί σε ισχύ η τροποποίηση του Πρωτοκόλλου.
7. Οι τροποποιήσεις των παραρτημάτων Α και Β του Πρωτοκόλλου θα εγκρίνονται και θα τίθενται σε ισχύ σύμφωνα με τη διαδικασία που ορίζει το άρθρο 20, με την προϋπόθεση ότι οποιαδήποτε τροποποίηση

στο Παράρτημα Β θα εγκρίνεται μόνο με τη γραπτή συγκατάθεση του εμπλεκόμενου Μέρους.

Άρθρο 22

1. Έκαστο Μέρος θα διαθέτει μία ψήφο, υπό την επιφύλαξη των προβλεπόμενων στην κατωτέρω παράγραφο 2.
2. Οι περιφερειακοί οργανισμοί οικονομικής ολοκλήρωσης, στα θέματα που εμπíπτουν στις αρμοδιότητές τους, θα ασκούν δικαίωμα ψήφου με ψήφους ισάριθμους προς τον αριθμό των κρατών μελών τους που είναι Μέρη του Πρωτοκόλλου. Κάθε ανάλογος οργανισμός δεν θα ασκεί το δικαίωμα ψήφου του εάν κάποιο από τα κράτη μέλη του ασκεί το δικό του δικαίωμα ψήφου και αντιστρόφως.

Άρθρο 23

Ο Γενικός Γραμματέας των Ηνωμένων Εθνών θα είναι ο Θεματοφύλακας του παρόντος Πρωτοκόλλου.

Άρθρο 24

1. Το παρόν Πρωτόκολλο θα τεθεί προς υπογραφή ενόψει επικύρωσης, αποδοχής ή έγκρισης από τα κράτη και τους περιφερειακούς οργανισμούς οικονομικής ολοκλήρωσης που συγκαταλέγονται μεταξύ των Μερών της Σύμβασης. Το Πρωτόκολλο θα τεθεί προς υπογραφή στην έδρα των Ηνωμένων Εθνών στη Νέα Υόρκη από τις 16 Μαρτίου 1998 έως τις 15 Μαρτίου 1999. Προσχώρηση στο Πρωτόκολλο είναι δυνατή από την ημέρα κατά την οποία έχει λήξει η προθεσμία υπογραφής του. Οι πράξεις

επικύρωσης, αποδοχής, έγκρισης ή προσχώρησης θα κατατίθενται στον Θεματοφύλακα.

2. Κάθε περιφερειακός οργανισμός οικονομικής ολοκλήρωσης που καθίσταται Μέρος του Πρωτοκόλλου δίχως οιοδήποτε των κρατών μελών του να είναι Μέρος, θα δεσμεύεται από όλες τις υποχρεώσεις που απορρέουν από το Πρωτόκολλο. Σε περίπτωση αναλόγων οργανισμών, των οποίων ένα ή περισσότερα από τα κράτη μέλη συγκαταλέγονται μεταξύ των Μερών του Πρωτοκόλλου, ο οργανισμός και τα κράτη μέλη του θα αποφασίζουν για τις αντίστοιχες αρμοδιότητές τους όσον αφορά στην άσκηση των υποχρεώσεών τους που απορρέουν από το Πρωτόκολλο. Σε ανάλογες περιπτώσεις, ο οργανισμός και τα κράτη μέλη δεν θα επιτρέπεται να ασκούν ταυτόχρονα τα δικαιώματά τους όσον αφορά στο Πρωτόκολλο.
3. Οι περιφερειακοί οργανισμοί οικονομικής ολοκλήρωσης θα δηλώνουν στις πράξεις επικύρωσης, αποδοχής, έγκρισης ή προσχώρησης, το εύρος των αρμοδιοτήτων τους όσον αφορά στα θέματα που διέπει το παρόν Πρωτόκολλο. Οι οργανισμοί αυτοί θα ενημερώνουν επίσης σχετικά τον Θεματοφύλακα, ο οποίος με τη σειρά του θα ενημερώνει τα Μέρη, για οιαδήποτε ουσιαστική τροποποίηση του βαθμού των αρμοδιοτήτων τους.

Άρθρο 25

1. Το Πρωτόκολλο θα τεθεί σε ισχύ την εννενηκοστή ημέρα μετά από την ημερομηνία κατά την οποία τουλάχιστον 55 Μέρη της Σύμβασης, συμπεριλαμβανομένων των Μερών του Παραρτήματος Ι που αντιπροσωπεύουν συνολικά τουλάχιστον 55 τοις εκατό των συνολικών

εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κατά το 1990 έχουν καταθέσει πράξεις επικύρωσης, αποδοχής, έγκρισης ή προσχώρησης.

2. Κατά την έννοια του παρόντος άρθρου, "οι συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα το 1990 των Μερών του Παραρτήματος Ι" σημαίνουν τις ποσότητες που έχουν κοινοποιηθεί κατά ή πριν την ημερομηνία έγκρισης του Πρωτοκόλλου από τα Μέρη του Παραρτήματος Ι στις πρώτες εθνικές εκθέσεις που υπέβαλλαν σύμφωνα με το άρθρο 12 της Σύμβασης.
3. Για έκαστο των κρατών ή των περιφερειακών οργανισμών οικονομικής ολοκλήρωσης που επικυρώνουν, αποδέχονται, εγκρίνουν ή προσχωρούν στο Πρωτόκολλο τηρώντας τις προϋποθέσεις που ορίζει η ως άνω παράγραφος 1 για τη θέση σε ισχύ, το Πρωτόκολλο θα τεθεί σε ισχύ την εννενηκοστή ημέρα μετά από την ημερομηνία κατάθεσης της αντιστοίχου πράξης επικύρωσης, αποδοχής, έγκρισης ή προσχώρησης.
4. Κατά την έννοια του παρόντος άρθρου, οιαδήποτε πράξη κατατίθεται εκ μέρους περιφερειακού οργανισμού οικονομικής ολοκλήρωσης δεν θα θεωρείται πρόσθετη προς εκείνες που έχουν καταθέσει σχετικά τα κράτη μέλη του οργανισμού αυτού.

Άρθρο 26

Δεν επιτρέπεται η διατύπωση επιφυλάξεων ως προς το περιεχόμενο του Πρωτοκόλλου.

Άρθρο 27

1. Τρία χρόνια από την ημερομηνία κατά την οποία το Πρωτόκολλο θα τεθεί σε ισχύ για κάποιο Μέρος, το εν λόγω Μέρος μπορεί να αποσυρθεί από το Πρωτόκολλο με γραπτή κοινοποίηση στον Θεματοφύλακα.
2. Οιαδήποτε ανάλογη απόσυρση θα αρχίσει να ισχύει μετά την εκπνοή ενός έτους από την ημερομηνία παραλαβής από τον Θεματοφύλακα της κοινοποίησης της απόσυρσης ή σε μεταγενέστερη ημερομηνία που διευκρινίζεται στο κοινοποιούμενο κείμενο της απόσυρσης.
3. Το Μέρος που αποσύρεται από τη Σύμβαση θα θεωρείται ότι αποσύρεται επίσης και από το Πρωτόκολλο.

Άρθρο 28

Το πρωτότυπο του Πρωτοκόλλου, του οποίου το κείμενο στα Αραβικά, Κινέζικα, Γαλλικά, Ρωσικά και Ισπανικά θεωρείται εξίσου αυθεντικό, θα κατατεθεί στον Γενικό Γραμματέα των Ηνωμένων Εθνών.

Κιότο, ενδέκατη Δεκεμβρίου χίλια εννιακόσια ενενήντα επτά.

ΣΕ ΠΙΣΤΩΣΗ ΤΩΝ ΑΝΩΤΕΡΩ οι υπογράφοντες δεόντως εξουσιοδοτημένοι επισύναψαν τις υπογραφές τους σε αυτό το Πρωτόκολλο στις αναφερόμενες ημερομηνίες.

Παράρτημα Α

Αέρια που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου

Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

Μεθάνιο (CH₄)

Υποξείδιο του αζώτου (N₂O)

Υδροφθοράνθρακες (HFC_s)

Υπερφθοράνθρακες (PFC_s)

Εξαφθοριούχο θείο (SF₆)

Τομείς/κατηγορίες πηγών

Ενέργεια

Χρήση καυσίμων

Ενεργειακές βιομηχανίες

Μεταποιητικές βιομηχανίες και κατασκευές

Μεταφορές

Άλλοι τομείς

Άλλοι

Διαφεύγουσες εκπομπές από καύσιμα

Στερεά καύσιμα

Πετρέλαιο και φυσικό αέριο

Άλλα

Βιομηχανικές διεργασίες

Προϊόντα εξόρυξης

Χημικές βιομηχανίες

Παραγωγή μετάλλων

Άλλη παραγωγή

Παραγωγή αλογονανθράκων και εξαφθοριούχου θείου

Χρήση αλογονανθράκων και εξαφθοριούχου θείου

Άλλα

Χρήση διαλυτών και άλλων προϊόντων

Γεωργία

Εντερικές ζυμώσεις

Διαχείριση ζωικών αποβλήτων

Καλλιέργεια ρυζιού

Γεωργικά εδάφη

Προγραμματισμένες πυρκαγιές σε σαβάνες

Καύση γεωργικών υπολειμμάτων

Άλλα

Απόβλητα

Διάθεση στερεών αποβλήτων στο έδαφος

Διαχείριση υγρών αποβλήτων

Καύση απορριμμάτων

Άλλα

Παράρτημα Β

<u>Μέρη</u>	<u>Ποσοτικοποιημένη υποχρέωση περιορισμού ή μείωσης των εκπομπών</u>
	(ποσοστό του βασικού έτους ή της βασικής περιόδου)
Αυστραλία	108
Αυστρία	92
Βέλγιο	92
Βουλγαρία*	92
Καναδάς	94
Κροατία*	94
Δημοκρατία της Τσεχίας*	92
Δανία	92
Εσθονία*	92
Ευρωπαϊκή κοινότητα	92

Φινλανδία	92
Γαλλία	92
Γερμανία	92
Ελλάδα	92
Ουγγαρία*	94
Ισλανδία	94
Ιρλανδία	92
Ιταλία	92
Ιαπωνία	94
Λετονία *	92
Λιχτενστάιν	92
Λουξεβούργο	92
Μονακό	92
Κάτω χώρες	92
Νέα Ζηλανδία	100

Νορβηγία	101
Πολωνία	94
Ποτρογαλία	92
Ρουμανία	92
Ρωσία	100
Σλοβακία	92
Σλοβενία	92
Ισπανία	92
Σουηδία	92
Ελβετία	92
Ουκρανία*	92
Ηνωμένο Βασίλειο της Μεγάλης Βρετανίας και της Βορείου Ιρλανδίας	92
Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής	93

*Χώρες που διέρχονται μεταβατική περίοδο προς την οικονομία της αγοράς

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Σ.Ν. ΚΑΠΛΑΝΗΣ, ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΙΙ « ΗΛΙΑΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ », Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα 2004.
2. Σ.Ν. ΚΑΠΛΑΝΗΣ, ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΙΙΙ « ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ », Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα 2004.
3. Prof. Dr. Socrates Kaplanis and Achilles Kostoulas, “THE INTERGRATION OF THE RENEWABLE ENERGY SYSTEM INTO THE BUILDING STRUCTURES”, 7-10 July 2005, TEI PATRAS PUBLICATION.
4. Ι.Ε.ΦΡΑΓΚΙΑΔΑΚΗΣ, «ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ», Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη 2004.
5. Ι.Ε.ΦΡΑΓΚΙΑΔΑΚΗΣ, «ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ», Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη 2004.
6. Κ.Ε.ΣΑΒΒΑΚΗΣ, «ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΛΙΚΩΝ», Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα 2000.
7. Α.ΝΕΟΚΛΕΟΥΣ -Σ.Π.ΚΩΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ, «ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ», Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα 1991.
8. C.A.SCHULER, «ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ», Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ, Θεσσαλονίκη 2000.
9. MOHAN-UNDELAND-ROBBINS, «ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΙΣΧΥΟΣ» Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ, Θεσσαλονίκη 1996.
- 10.ROGGER MESSENGER-JERRY VENTRE, «PHOTOVOLTAIC SYSTEMS ENGINEERING» CRC PRESS, Boca Raton, florida 2000.
- 11.T.MARKVART “SOLAR ELECTRICITY”, 2nd EDITION, 2001, JOHN WILEY & SONS.
- 12.M.BURESH “PHOTOVOLTAIC ENERGY SYSTEM, Mc GRAW-HILL BOOK COMPANY.

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

1. www.cres.gr
2. el.wikipedia.org
3. www.nrel.gov
4. www.eere.energy.gov
5. www.helapco.gr
6. www.pvresources.com
7. www.rae.gr
8. www.retscreen.net
9. www.elyros.gr
10. www.greenpeace.com
11. www.KAΠE.gr