

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ



ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΚΑΙ

ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΓΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ  
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

***Γεώργιος Σ. Ανδριανόπουλος***

Εξεταστική Επιτροπή:

Καλαϊτζάκης Κωνσταντίνος, Καθηγητής (Επιβλέπων)

Κανέλλος Φώτιος, Λέκτορας

Τσικαλάκης Αντώνιος, Διδάσκων Π.Δ 407/80

**Χανιά, Σεπτέμβριος 2015**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία δημιουργήθηκε και ανατέθει από το τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών και Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών του Πολυτεχνείου Κρήτης κατά το Ακαδημαϊκό έτος 2014-2015 υπό την καθοδήγηση και επίβλεψη του Καθηγητή Κωνσταντίνου Καλαϊτζάκη.

Με αφορμή την περάτωση της εργασία αυτής, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Κωνσταντίνο Καλαϊτζάκη για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Διδάσκοντα κ. Αντώνη Τσικαλάκη για την συμμετοχή του στην επιτροπή εξέτασης.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στον Λέκτορα κ. Φώτιο Κανέλλο, για την πολύτιμη βοήθειά του αλλά και τον χρόνο που αφιέρωσε όλη αυτήν την περίοδο.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλο το διδακτικό προσωπικό του τμήματος Η.Μ.Μ.Υ για τις γνώσεις αλλά και τις εμπειρίες που μου έδωσαν .

Να ευχαριστήσω τον άνθρωπο που ήταν δίπλα μου σε όλη την διάρκεια της εργασίας, την Ελένη .

Ακόμα, να ευχαριστήσω τον κ. Πολύδωρο Πολυδωρόπουλο για την βοήθεια του.

Τέλος, θα ήθελα να πω ένα τεράστιο ευχαριστώ στους γονείς μου και τα αδέρφια μου που με στήριξαν σε κάθε μου βήμα, σε κάθε μου επιλογή , μέσα στις δύσκολες συνθήκες που βιώνει η ελληνική οικογένεια.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι αυξανόμενες αποδείξεις που συνηγορούν υπέρ της κλιματικής αλλαγής καθώς και η ολοένα μεγαλύτερη ενεργειακή εξάρτηση έχουν ενισχύσει την αποφασιστικότητα της Διεθνούς αλλά και της επιστημονικής κοινότητας για μια αναγκαία και συνάμα κομβικής σημασίας στροφή προς την αναζήτηση εναλλακτικών πηγών ενέργειας.

Τα τελευταία χρόνια το ενδιαφέρον έχει στραφεί στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας ως μια εναλλακτική λύση για την κάλυψη μέρους των ενεργειακών μας αναγκών, την μείωση της εξάρτησης από τα συμβατικά καύσιμα, την ελάττωση του φαινομένου του θερμοκηπίου, την δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και την ανάπτυξη αποκεντρωμένων περιοχών. Οι ΑΠΕ είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες και αναπληρώνονται μέσω φυσικών κύκλων, πράγμα που τις κάνει να θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες.

Ένας από τους τομείς που προσφέρεται για ενεργειακή αξιοποίηση είναι και ο τομέας των Φωτοβολταϊκών συστημάτων. Τα φωτοβολταϊκά είναι από τις πλέον υποσχόμενες τεχνολογίες για την περιβαλλοντικά ήπια παραγωγή ενέργειας και την απεξάρτηση από το πετρέλαιο ενώ το κόστος τους είναι ήδη ανταγωνιστικό σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους παραγωγής σε αρκετές μορφές ηλεκτροπαραγωγής.

Με την ολοένα αυξανόμενη ζήτηση για δημιουργία φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων γεννήθηκε και η ανάγκη δημιουργίας εργαλείων τέτοιων που θα καταστήσουν τον σχεδιασμό των εγκαταστάσεων αυτών καλύτερο, γρηγορότερο και πιο αποδοτικό.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη μιας διαδικτυακής εφαρμογής που ως στόχο έχει να παράσχει στον χρήστη μια ολοκληρωμένη και λεπτομερή σειρά λειτουργιών με τελικό στόχο την μελέτη και τον σχεδιασμό φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Η εφαρμογή αυτή αναπτύχθηκε με την βοήθεια της συμβολικής γλώσσας σήμανσης HTML, την γλώσσα προγραμματισμού PHP και την γλώσσα προγραμματισμού JavaScript καθώς και το πρότυπο φύλλων στυλ CSS.

## **ABSTRACT**

The growing evidence which plead over the climate change and the constantly larger energy dependence have strengthened the determination of the International and scientific community for a necessary, yet crucial shift towards the search for alternative energy sources.

In recent years, interest has turned to renewable energy sources as an alternative solution in order to cover part of our energy needs, reducing dependence on fossil fuels, reducing the greenhouse effect, creating new job positions and developing decentralized areas. RES are forms of usable energy from different natural processes and replenished through natural cycles, which makes them considered practically inexhaustible.

One of the sections offered for energy development is the area of photovoltaic systems. Photovoltaics is one of the most promising technologies for environmentally friendly mild production and independence on oil while the cost is already competitive compared with conventional production methods in several forms of electrical power.

With the ever-increasing demand for creation of photovoltaic installations was born and the need to create such tools which would make the design of these facilities better, faster and more efficient.

The purpose of this bachelor's thesis is to develop a web application that has been designed to provide the user with an integrated and detailed set of functions ultimately to the study and design of photovoltaic systems.

This application was developed with the aid of symbolic markup language HTML, the programming language PHP and JavaScript programming language and the standard CSS style sheets.

# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>1. Ηλιακή ενέργεια και Ηλιακή ακτινοβολία .....</b>	<b>8</b>
1.1 Ηλιακή ενέργεια.....	8
1.2 Ηλιακή ακτινοβολία.....	9
1.2.1 Συνιστώσες ηλιακής ακτινοβολίας.....	9
1.2.2 Ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια του εδάφους.....	11
1.3 Ηλιακό δυναμικό Ελλάδος.....	13
<b>2. Φωτοβολταϊκή Τεχνολογία.....</b>	<b>14</b>
2.1 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο.....	14
2.1.1 Απορρόφηση ακτινοβολίας στα φωτοβολταϊκά στοιχεία.....	15
2.1.2 Δημιουργία φωτορεύματος.....	17
2.2 Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών στοιχείων.....	19
2.2.1 Ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα φωτοβολταϊκού στοιχείου.....	19
2.2.2 Χαρακτηριστικές φωτοβολταϊκού στοιχείου.....	20
2.2.2.1 Χαρακτηριστική καμπύλη I-V.....	20
2.2.2.2 Χαρακτηριστική καμπύλη P-V.....	21
2.2.2.3 Επίδραση της θερμοκρασίας στις χαρακτηριστικές καμπύλες του φωτοβολταϊκού στοιχείου.....	22
2.2.2.4 Επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας στις χαρακτηριστικές καμπύλες του φωτοβολταϊκού στοιχείου.....	23
2.2.3 Απόδοση $\phi/\beta$ στοιχείου.....	24
2.3 Υλικά και τεχνολογίες φωτοβολταϊκών κυψελών.....	25
2.3.1 Τεχνολογίες $\phi/\beta$ στοιχείων.....	25
2.3.1.1 Πυρίτιο(Si).....	25
2.3.1.1.1 Κυψέλες μονοκρυσταλλικού πυριτίου.....	25
2.3.1.1.2 Κυψέλες πολυκρυσταλλικού πυριτίου.....	26
2.3.1.1.3 Κυψέλες ribbon πυριτίου.....	26
2.3.1.2 Thin-film.....	26
2.3.1.2.1 Κυψέλες δισελινιοϊνδιούχου χαλκού.....	26
2.3.1.2.2 Κυψέλες άμορφου πυριτίου.....	27
2.3.1.2.3 Κυψέλες τελουριούχου καδμίου.....	27
2.3.1.2.4 Κυψέλες αρσενικού γάλιου.....	27
2.4 Φωτοβολταϊκή γεννήτρια.....	28
2.4.1 Φωτοβολταϊκό πλαίσιο.....	29
2.4.2 Φωτοβολταϊκή συστοιχία.....	29
2.4.3 Βέλτιστη διάταξη συστοιχιών.....	30
2.4.4 Επίδραση της θερμοκρασίας στην απόδοση του φωτοβολταϊκού.....	31
2.4.5 Επίδραση της ρύπανσης στην απόδοση του φωτοβολταϊκού.....	32
<b>3. Φωτοβολταϊκό Σύστημα.....</b>	<b>33</b>
3.1 Διασυνδεδεμένο $\phi/\beta$ σύστημα.....	33

3.2 Αντιστροφέας.....	34
3.2.1 Απόδοση αντιστροφέα.....	34
3.2.1.1 Ευρωπαϊκός βαθμός απόδοσης.....	34
3.2.2 Ανιχνευτές σημείου μέγιστης Ισχύος (MPPT).....	35
3.3 Καλωδιώσεις.....	36
3.3.1 Πτώση τάσης DC πλευράς.....	36
3.3.2 Πτώση τάσης AC πλευράς.....	37
3.4 Ημερήσια παραγόμενη ενέργεια .....	38
3.5 Απαιτούμενος χώρος για τοποθέτηση φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.....	39
3.6 Στατιστικά φ/β εγκαταστάσεων – Ελλάδα 2014.....	40
3.6.1 Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών ανά κατηγορία ισχύος.....	40
3.6.2 Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών ανά τοποθεσία.....	41
3.6.3 Μερίδιο τεχνολογιών στη συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ.....	42
3.6.4 Μέση ταρίφα φωτοβολταϊκών μετά την αναδιαπραγμάτευση των τιμών.....	43
<b>4. Οικονομική Ανάλυση.....</b>	<b>44</b>
4.1 Οικονομικά μεγέθη.....	44
4.1.1 Υπολογισμός δόσης δανείου.....	44
4.1.2 Μέθοδος απόσβεσης.....	45
4.1.3 Υπολογισμός φόρων.....	45
4.1.4 Καθαρές ταμειακές ροές.....	46
4.2 Καθαρή παρούσα αξία.....	46
4.3 Αξιολόγηση επενδυτικού σχεδιασμού.....	47
<b>5. Διαδικτυακές Εφαρμογές.....</b>	<b>48</b>
5.1 Τι είναι οι web-app's.....	48
5.1.1 Πλεονεκτήματα μίας web-app.....	49
5.1.2 Μειονεκτήματα μίας web-app.....	50
5.1.3 Δομή μίας web-app.....	51
5.2 Γλώσσες προγραμματισμού για Web-app's.....	52
5.2.1 HTML.....	52
5.2.2 PHP.....	53
5.2.2.1 Διαφορές ανάμεσα σε HTML και PHP.....	53
5.2.3 JavaScript.....	54
5.2.4 CSS.....	55
<b>6. User's Guide (Περιεχόμενα μέσα στον ίδιο τον οδηγό) .....</b>	<b>56-116</b>
<b>7. Προτάσεις για βελτίωση της εφαρμογής.....</b>	<b>117</b>
<b>ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....</b>	<b>118</b>
<b>ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ.....</b>	<b>119</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>120</b>



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ & ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ



### 1.1 Ηλιακή ενέργεια

Ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Τέτοιες είναι το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα ή θερμική ενέργεια καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας (ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολίας και σωματιδιακής φύσης ενέργεια). Η ηλιακή ενέργεια στο σύνολό της είναι πρακτικά ανεξάντλητη, αφού προέρχεται από τον ήλιο, και ως εκ τούτου δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της. Όσον αφορά την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, θα μπορούσαμε να πούμε ότι χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες εφαρμογών: τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα ή Ηλιοθερμικά συστήματα, και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα παθητικά και τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα στηρίζονται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου.



## 1.2 Ηλιακή ακτινοβολία

Ο ήλιος είναι μια αέναη πηγή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (καθώς η σωματιδιακής φύσης ενέργεια που εκλύεται από τον ήλιο δεν προφέρεται για ενεργειακή αξιοποίηση) διαδίδεται με την μορφή κβαντισμένων ποσοτήτων ενέργειας τα φωτόνια (ένα κβάντο φωτός = φωτόνιο).

Η πυκνότητα ισχύος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας έξω από την γήινη ατμόσφαιρα (διάδοση ενέργειας στο κενό) είναι σχεδόν σταθερή και η τιμή της ορίζεται ως ηλιακή σταθερά (solar constant )  $G_{sc} = 1367 \text{ W/m}^2$ .

Καθώς η ενέργεια προσπαθεί να διέλθει μέσα από ύλη, η ακτινοβολία είτε σκεδάζεται, είτε απορροφάται και μετατρέπεται σε άλλης μορφής ενέργεια όπως η θερμότητα ή η ηλεκτρική ενέργεια, είτε απορροφάται και επανεκπέμπεται (φθορισμός) ή απλά διέρχεται μέσα από την ύλη χωρίς φαινομενικά να αλληλεπιδρά με αυτήν, αν και η ταχύτητα διέλευσης αλλάζει σε σχέση με την ταχύτητα στο κενό .

Έτσι, η πυκνότητα ισχύος της εξασθενεί καθώς η ενέργεια (συχνότητα) των φωτονίων μειώνεται και έχουμε ταυτόχρονη αύξηση του μήκους κύματος της ακτινοβολίας .

Η εξασθένηση στην οποία υπόκειται η ενέργεια από την ηλιακή ακτινοβολία λόγω της γήινης ατμόσφαιρας είναι αρκετά μεγάλη που στο επίπεδο της θάλασσας η ισχύς της θα έχει τιμή  $1\text{kW/m}^2$  . (αναφέρεται ως «Ισχύς ενός ήλιου»)

Η ακτινοβολία που εισέρχεται τελικώς στην γήινη ατμόσφαιρα θεωρείται μικρού μήκους κύματος (καλύπτει φάσμα από 0.3nm έως 2.5nm) και μόνο ένα ποσοστό της τάξεως του 45% περιλαμβάνεται στο ορατό φάσμα ακτινοβολίας (0.4nm...0.7nm) καθώς το υπόλοιπο 55% αφορά φάσματα υπεριώδους ακτινοβολίας (<0.3nm) σε ποσοστό 9% και φάσματα υπέρυθρης ακτινοβολίας (>0.7nm) σε ποσοστό 46% .

Υπολογίζεται ότι η ισχύς της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην Γή είναι κατά μέσω όρο  $173 \text{ exaW}$  ( $10^{15} \text{ W}$ ) . Μπορούμε εύκολα να κατανοήσουμε πόσο τεράστια είναι η ισχύς αυτή αν αναλογιστούμε ότι η ισχύς που δέχεται η Γή σε μία μόλις ώρα θα μπορούσε , θεωρητικά, να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες της ανθρωπότητας για έναν ολόκληρο χρόνο!

### 1.2.1 Συνιστώσες ηλιακής ακτινοβολίας

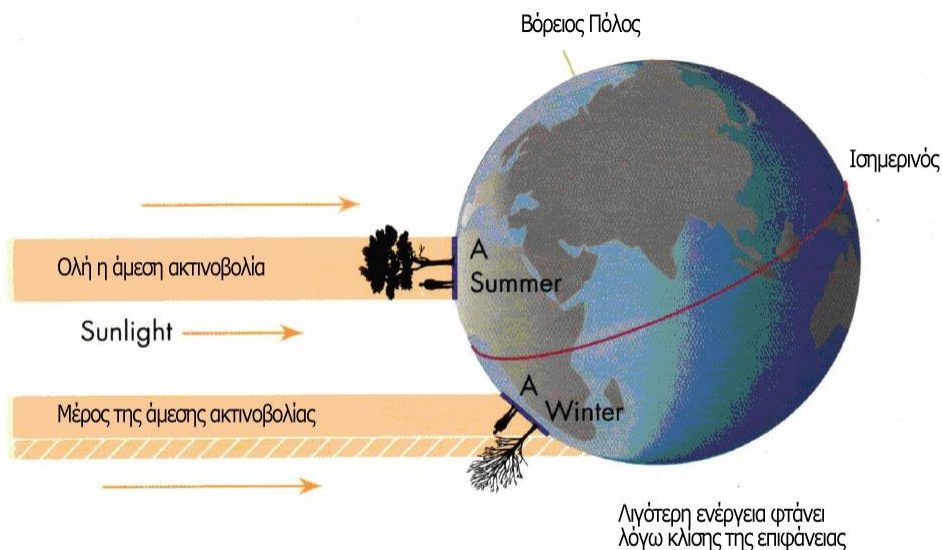
Κατά την διάδοση της μέσα στην γήινη ατμόσφαιρα, η ηλιακή ακτινοβολία εξασθενεί μέσα από μηχανισμούς όπως, απορρόφηση, σκέδαση ή ανάκλαση. Μέρος της ακτινοβολίας σκεδάζεται στην σκόνη και σε διάφορα άλλα σωματίδια και επιστρέφει στο διάστημα , ενώ ένα άλλο μέρος της σκεδαζόμενης αυτής ακτινοβολίας φτάνει στο

έδαφος . Ένα ακόμα μέρος απορροφάτε από την ατμόσφαιρα και ένα τρίτο μέρος ανακλάτε από τα σύννεφα και διαχέεται προς το έδαφος.

Η συνολική ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στο έδαφος και μπορεί να μετρηθεί μπορεί να είναι άμεση, διάχυτη ή ανακλώμενη.

**Άμεση ακτινοβολία (Gb)** ονομάζουμε την ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια της Γής απευθείας από τον ηλιακό δίσκο χωρίς σκέδαση κατά την διαδρομή της στην ατμόσφαιρα. Η τιμή της εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως, η απόσταση του ήλιου από την Γή, το γεωγραφικό πλάτος, το υψόμετρο, την απορρόφηση από την ατμόσφαιρα καθώς και την γωνία πρόσπτωσης . Σε συνθήκες «καθαρού ουρανού» σχεδόν το 80% της συνολικής ακτινοβολίας είναι άμεση.

Η ένταση της εξαρτάται από την απόσταση που θα διανύσει μέσα στην γήινη ατμόσφαιρα και γι αυτό τον λόγο παρατηρείται αύξηση της έντασης τους καλοκαιρινούς μήνες και μείωσή της τους χειμερινούς. Αυτή η συνιστώσα της ηλιακής ακτινοβολίας έχει κατά κανόνα το μεγαλύτερο ενεργειακό περιεχόμενο και συνεπώς παρουσιάζει και το μεγαλύτερο ενδιαφέρον στο πλαίσιο του ενεργειακού σχεδιασμού.



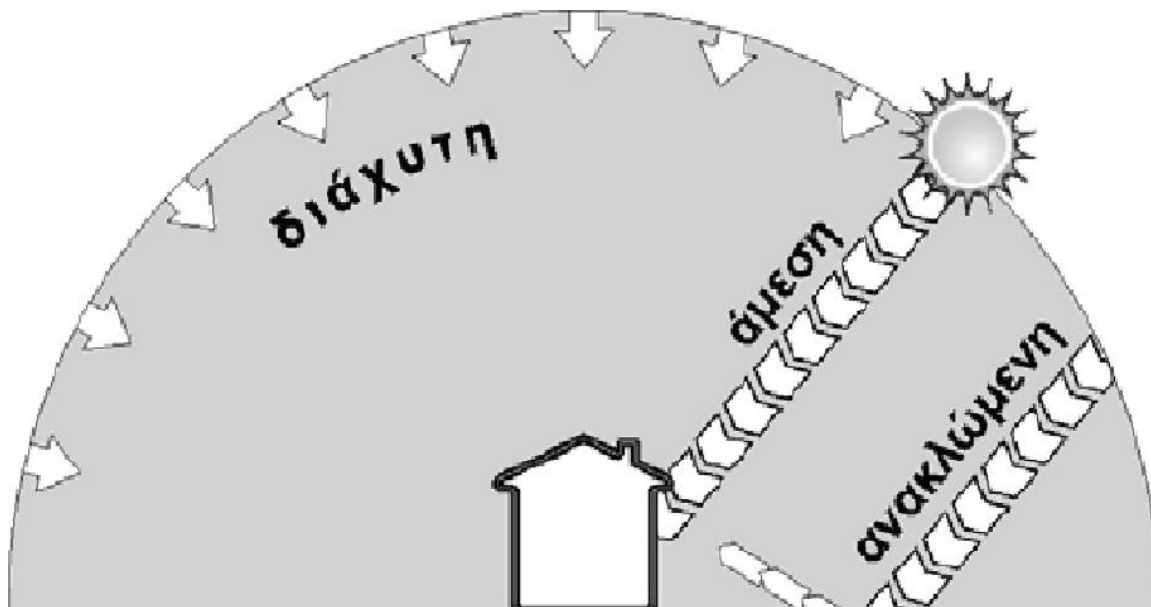
Διάγραμμα 1

**Διάχυτη ακτινοβολία (Gd)** ονομάζουμε την ακτινοβολία εκείνη που φτάνει στην επιφάνεια της Γής από όλα τα σημεία του ουράνιου θόλου (πλην της άμεσης ακτινοβολίας). Η ακτινοβολία αυτή φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους μετά από ανάκλαση και σκέδαση εντός της γήινης ατμόσφαιρας . Σε συνθήκες «καθαρού ουρανού» σχεδόν το 15-20% της ακτινοβολίας που φτάνει στο έδαφος είναι διάχυτη

ενώ τις συννεφιασμένες μέρες αφορά σχεδόν το σύνολο της προσπίπτουσας στο έδαφος ακτινοβολίας.

**Ανακλώμενη ακτινοβολία** ονομάζουμε την ακτινοβολία που προέρχεται από την πρόσπτωση του φωτός σε επιφάνειες διαφορετικής οπτικής πυκνότητας. Εξαρτάται από την γεωμετρία της περιοχής και είναι από το μήκος κύματος της ακτινοβολίας. Αυτή η συνιστώσα της ηλιακής ακτινοβολίας έχει μικρό ενεργειακό περιεχόμενο αφού σε συνθήκες «καθαρού ουρανού» συνεισφέρει λιγότερο από 5% στην συνολική ακτινοβολία στην επιφάνεια του εδάφους.

Το άθροισμα της άμεσης και διάχυτης ακτινοβολίας σε μία οριζόντια επιφάνεια ονομάζεται **ολική ακτινοβολίας ( $G_{\text{GLOBAL}}$ )**.



Διάγραμμα 2

### 1.2.2 Ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια του εδάφους

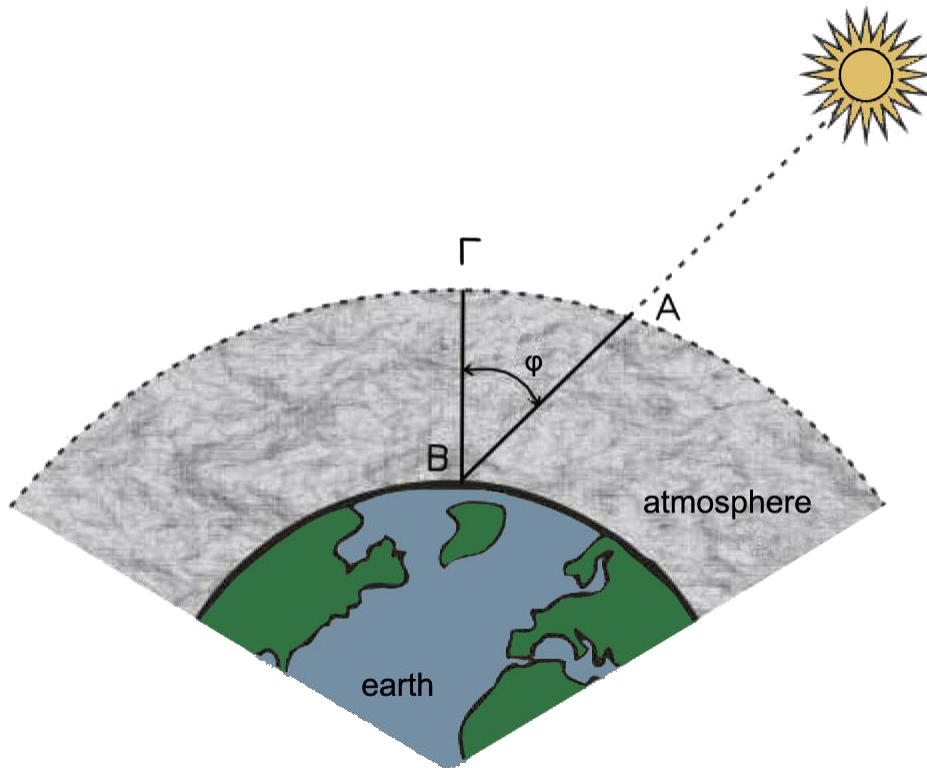
Όπως αναφέραμε και προηγουμένως η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στο έδαφος επηρεάζεται από το μήκος της γήινης ατμόσφαιρας. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαδρομή που έχει να διανύσει το φως μέσα στην ατμόσφαιρα τόσο μειωμένη είναι η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας. Τις πρώτες πρωινές ώρες και αργά το απόγευμα το «ταξίδι» των ηλιακών ακτίνων μέσα στην γήινη ατμόσφαιρα είναι μεγαλύτερο ενώ κατά την διάρκεια του μεσημεριού το «ταξίδι» αυτό γίνεται μικρότερο. Βάσει όσων αναφέραμε, αυτό σημαίνει ότι η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι μικρότερη τις

πρώτες πρωινές ώρες, αυξάνει από την ανατολή του ηλίου, βρίσκεται στις 12:00 το μεσημέρι και αρχίζει πάλι να μειώνεται μέχρι και την Δύση του.

Για να περιγράψουμε λοιπόν, την μείωση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα στην ατμόσφαιρα χρησιμοποιούμε τον όρο **μάζα αέρα/Air Mass (AM )** που ορίζεται ως “ο λόγος της μάζας της αερίου στήλης της διαδρομής των ηλιακών ακτινών, για καθαρό/ανέφελο ουρανό, προς την αντίστοιχη μάζα για κατακόρυφο ήλιο” δηλαδή με πιο απλά λόγια “πόσες φορές μεγαλύτερη είναι η διαδρομή που διανύουν οι ηλιακές ακτίνες από την κατακόρυφη διαδρομή” .

Αν η γωνία κατά την οποία ο ήλιος βρίσκεται στο ζενίθ (ζενίθια γωνία) του δεν είναι μεγάλη και αγνοηθούν η διάθλαση και η καμπυλότητα της Γής , τότε το τρίγωνο του Διαγράμματος 3 θα είναι ορθογώνιο και βάσει του παραπάνω ορισμού η μάζα αέρα (AM) θα εξαρτάται μόνο από την ζενίθια γωνία  $\phi$  .

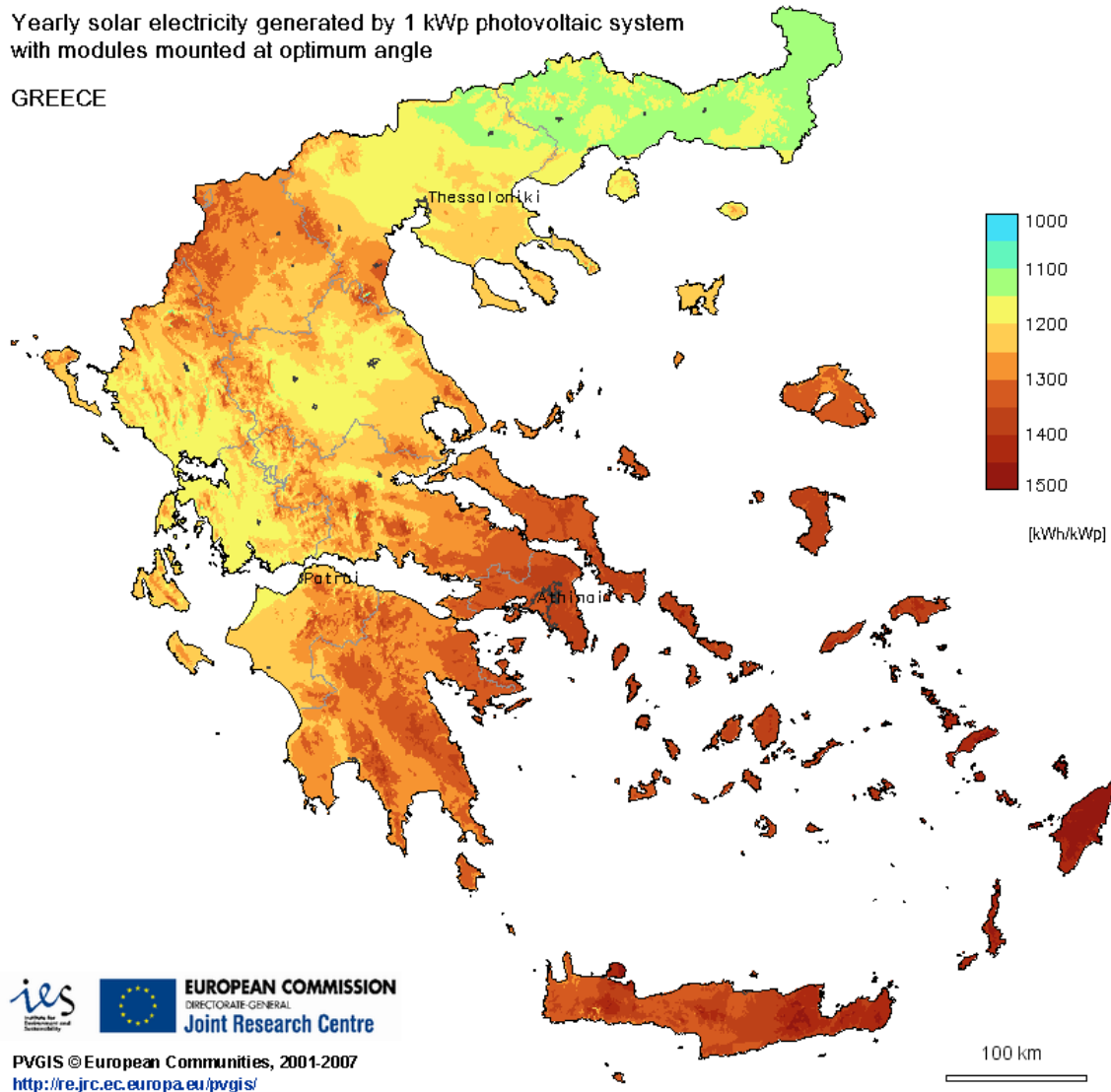
$$AM = \frac{1}{\cos \phi} \quad (\text{Εξίσωση 1})$$



Διάγραμμα 3

### 1.3 Ηλιακό δυναμικό Ελλάδος

Στην Ελλάδα παρατηρείται ιδιαίτερα υψηλό ηλιακό δυναμικό, που σε οριζόντιο επίπεδο, κυμαίνεται μεταξύ 1400-1800 kWh/m<sup>2</sup> ετησίως, ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος της κάθε περιοχής . Εκτιμάται ότι με την συνεχιζόμενη ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών τεχνολογιών και εγκαταστάσεων η ηλιακή ενέργεια θα είναι σε θέση να καλύψει το 1/3 των ετήσιων ενεργειακών αναγκών της χώρας .



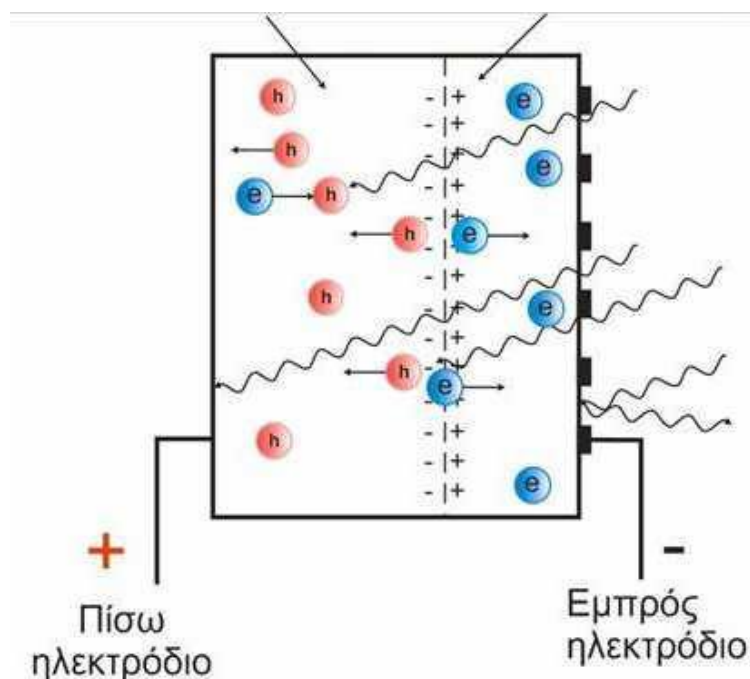
Διάγραμμα 4

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

#### 2.1 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Τα ηλιακά στοιχεία είναι δίοδοι ημιαγωγού με την μορφή ενός δίσκου (δηλαδή η ένωση p-n εκτείνεται σε όλο το πλάτος του δίσκου), που δέχεται ηλιακή ακτινοβολία . Κάθε φωτόνιο της ακτινοβολίας με ενέργεια ίση ή μεγαλύτερη από το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού, έχει τη δυνατότητα να απορροφηθεί σε ένα χημικό δεσμό και να ελευθερώσει ένα ηλεκτρόνιο. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται μια περίσσεια από ζεύγη φορέων (ελεύθερα ηλεκτρόνια και οπές) . Οι φορείς αυτοί, καθώς κυκλοφορούν στο στερεό μπορεί να βρεθούν στην περιοχή της ένωσης p-n , οπότε θα δεχθούν την επίδραση του ενσωματωμένου ηλεκτροστατικού πεδίου. Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια εκτρέπονται προς το τμήμα τύπου n και οι οπές προς το τμήμα τύπου p, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί μια διαφορά δυναμικού ανάμεσα στους ακροδέκτες των δύο τμημάτων της διόδου. Η εκδήλωση της διαφοράς δυναμικού ανάμεσα στις δύο όψεις του φωτιζόμενου δίσκου, η οποία αντιστοιχεί σε ορθή πόλωση της διόδου ονομάζεται **φωτοβολταϊκό φαινόμενο** . (Σημειώσεις καθ. Σταυρακάκη ΑΠΕ 2014)



Διάγραμμα 5

### 2.1.1 Απορρόφηση της ακτινοβολίας στα φωτοβολταϊκά στοιχεία

Στα φωτοβολταϊκά στοιχεία δεν είναι δυνατή η μετατροπή σε ηλεκτρική ενέργεια ολόκληρης της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχονται στην επιφάνειά τους. Ένα μέρος της ακτινοβολίας αυτής δεν εισέρχεται καθόλου στον ημιαγωγό αφού ανακλάται στην επιφάνεια του φωτοβολταϊκού στοιχείου και διαχέεται πάλι προς το περιβάλλον. Ακόμα και το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που διεισδύει στον ημιαγωγό δεν αξιοποιείται πλήρως μιας και μόνο τα φωτόνια εκείνα που έχουν μεγαλύτερη ενέργεια από το ενεργειακό διάκενο θα απορροφηθούν τελικώς. Ο ημιαγωγός για τα φωτόνια εκείνα με μικρότερη ενέργεια από του διαύκνου, συμπεριφέρεται ως διαφανές σώμα με αποτέλεσμα η αντίστοιχη ακτινοβολία να τον διαπερνά και να καταλήγει να απορροφάτε από το μεταλλικό ηλεκτρόδιο στο πίσω μέρος του υλικού και να το θερμαίνει. Αλλά και τα φωτόνια εκείνα που απορροφούνται από τον ημιαγωγό μόνο ένα μέρος συμβάλει στην εκδήλωση του φωτοβολταϊκού φαινομένου, αφού το υπόλοιπο μέρος μεταφέρεται με την μορφή κινητικής ενέργειας στο ηλεκτρόνιο που ελευθερώθηκε από τον δεσμό και καταλήγει επίσης να μετατραπεί και αυτό σε θερμότητα.

Η ενεργεία ενός φωτονίου συνδέεται με την συχνότητα ακτινοβολίας και το μήκος κύματος και σύμφωνα με την σχέση :

$$E = h * \nu = \frac{h * c}{\lambda} \quad (\text{Εξίσωση 2})$$

h: σταθερά του Plank  $h = 6.3 * 10^{-34} \text{ Js}$

c: η ταχύτητα του φωτός  $c = 3 * 10^8 \text{ m/s}$

Αν εκφράσουμε το ενεργειακό διάκενο ( $E_g$ ) σε ηλεκτροβόλτ (eV) και το μήκος κύματος σε μικρόμετρα (μm) τότε, το μέγιστο χρησιμοποιήσιμο μήκος κύματος σε έναν ημιαγωγό θα δίνεται από τον τύπο :

$$\lambda_g = \frac{1,238}{E_g} \quad (\text{Εξίσωση 3})$$



Αν λοιπόν θεωρήσουμε ότι μια δέσμη ακτινοβολίας με φωτόνια ενέργειας  $h\nu$  έχει ένταση  $H$  μονάδες ισχύος τότε ο τύπος που μας δίνει την ροή των φωτονίων ( $\Phi$ ) ανά μονάδα επιφάνειας είναι ο :

$$\Phi = \frac{H}{h * \nu} = \frac{H * \lambda}{h * c} \quad (\text{Εξίσωση 4})$$

Αν τώρα θεωρήσουμε  $\Phi_0$  την αρχική τιμή της ροής φωτονίων στην επιφάνεια του ημιαγωγού, με  $x$  την απόσταση που διασχίζει η ακτινοβολίας μέσα στον ημιαγωγό και με  $\Phi(x)$  την τιμή της ροής των φωτονίων που δεν έχουν απορροφηθεί ακόμη τότε ο ρυθμός μεταβολής της  $\Phi$  θα μας δείχνει την ευκολία με την οποία πραγματοποιείται η απορρόφηση των φωτονίων με την αύξηση της απόστασης ( $x$ ) που διανύει η ακτινοβολία \*. Αφού η  $\Phi$  μειώνεται με την αύξηση του  $x$ , ο ρυθμός μεταβολής αυτός θα είναι αρνητικός και ανάλογος με την  $\Phi(x)$ . Θα ισχύει δηλαδή η παρακάτω σχέση :

$$\frac{d\Phi}{dx} = -\alpha * \Phi(x) \quad (\text{Εξίσωση 5})$$

$\alpha$ : ο συντελεστής απορρόφησης της ακτινοβολίας (σε αντίστροφες μονάδες μήκους)

\* Ο ρυθμός μεταβολής αυτός είναι μια πολύ σημαντικό δεδομένο για την επιλογή ενός ημιαγωγού ως υλικού για την κατασκευή ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου

Τώρα αν γνωρίζουμε ότι για  $x=0$  τότε  $\Phi(x) = \Phi_0$  η λύση της παραπάνω διαφορικής εξίσωσης είναι η :

$$\Phi(x) = \Phi_0 * e^{-\alpha x} \quad (\text{Εξίσωση 6})$$

Η παραπάνω εξίσωση ονομάζεται και **“νόμος του Μπέρ (Beer)”**



### 2.1.2 Δημιουργία του φωτορεύματος

Όταν ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο δέχεται κατάλληλη ακτινοβολία διεγείρεται, παράγοντας ηλεκτρικό ρεύμα που ονομάζουμε φωτόρευμα ( $I_{\phi}$ ) με τιμή ανάλογη προς τα φωτόνια που απορροφά το στοιχείο .

Αν εξασφαλιστεί ότι σε ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο η ένωση p-n βρίσκεται σε κατάλληλη απόσταση από την όψη του στοιχείου και η μέση διάρκεια ζωής των φορέων μειονότητας στον ημιαγωγό είναι αρκετά μεγάλη για την πυκνότητα του φωτορεύματος ισχύει η σχέση :

$$I_{\phi} = e * g * (L_n + L_p) \quad (\text{Εξίσωση 7})$$

e: το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο

g: ο ρυθμός δημιουργίας ζευγών φορέων από τα φωτόνια της ακτινοβολίας (ζεύγη οπών - ηλεκτρονίων)

$L_n, L_p$ : τα μέσα μήκη διάχυσης των ηλεκτρονίων και των οπών αντίστοιχα

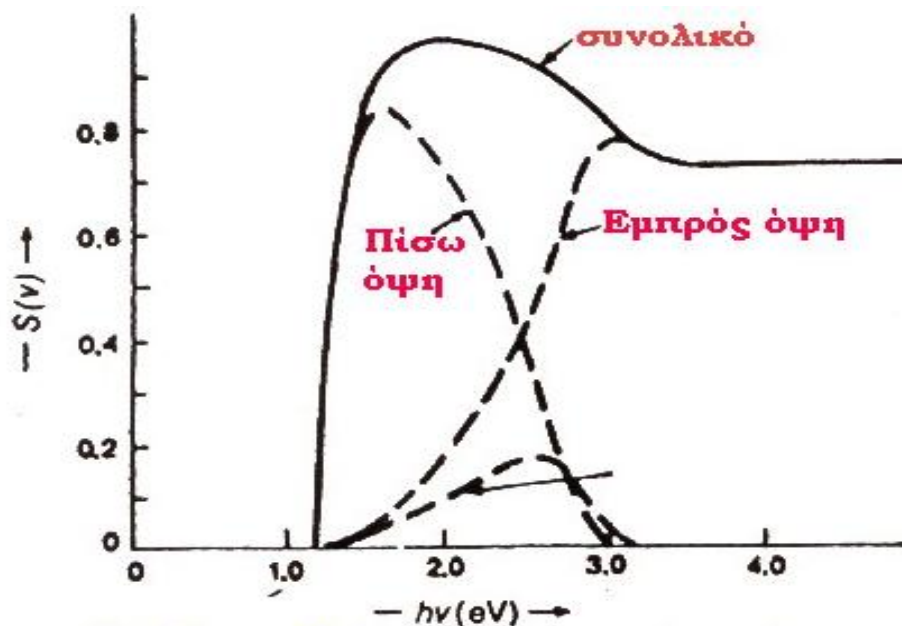
Ένα χρήσιμο μέγεθος για τον υπολογισμό του φωτορεύματος είναι η φασματική απόκριση ( $S$ ), γνωστή και ως απόδοση συλλογής ή φασματική απόκριση, που ορίζεται ως το πλήθος των φορέων που συλλέγονται στα ηλεκτρόδια του  $\phi/\beta$  στοιχείου, σε σχέση με την ροή  $\Phi$  . Για ακτινοβολία με μήκος κύματος  $\lambda$  η φασματική απόκριση δίνεται από τον τύπο :

$$S(\lambda) = \frac{I_{\phi}(\lambda)}{e * \Phi(\lambda)} \quad (\text{Εξίσωση 8})$$

$\Phi(\lambda)$ : το πλήθος των φωτονίων με ενέργεια που αντιστοιχεί σε μήκος κύματος  $\lambda.. \lambda+d\lambda$ , και επομένως το συνολικό φωτόρευμα του στοιχείου για πολυχρωματική ακτινοβολίας:

$$I_{\phi} = e * \int_0^{\lambda_g} S(\lambda) * \Phi(\lambda) d\lambda \quad (\text{Εξίσωση 9})$$

Η τιμή της φασματικής απόκρισης εξαρτάται από πολλούς κατασκευαστικούς παράγοντες, όπως ο συντελεστής ανάκλασης στην επιφάνεια του στοιχείου, ο συντελεστής απορρόφησης και το πάχος του ημιαγωγού κ.α .



Διάγραμμα 6

Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται η μεταβολή της φασματικής απόκρισης ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου συναρτήσει της ενέργειας των φωτονίων .

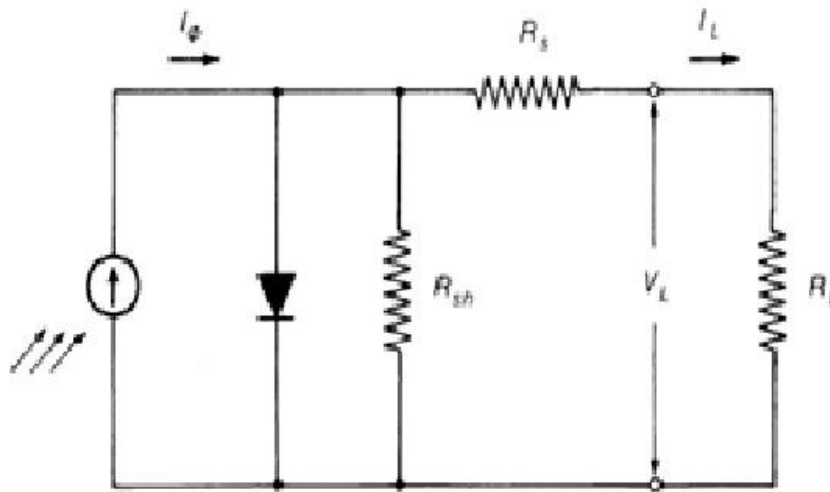
Να σημειωθεί τέλος ότι, αν το ποσοστό της επιφάνειας δεν είναι αμελητέο τότε :

$$I_{\varphi} = e * \int_0^{\lambda_g} S(\lambda) * [1-R(\lambda)] * \Phi(\lambda) d\lambda \quad (\text{Εξίσωση 10})$$

$R(\lambda)$ : δείκτης διάθλασης ακτινοβολίας μήκους κύματος  $\lambda$

## 2.2 Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών στοιχείων

### 2.2.1 Ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα φωτοβολταϊκού στοιχείου



Διάγραμμα 7

Ένα φωτοβολταϊκών στοιχείο δεν είναι τίποτα παραπάνω από μία πηγή ρεύματος που ελέγχεται από μία δίοδο. Στο παραπάνω σχήμα μπορούμε να παρατηρήσουμε επίσης τις αντιστάσεις  $R_s$  (Series Resistance) που παρεμβάλλονται ανάμεσα στην κίνηση των φορέων στον ημιαγωγό και παράλληλες αντιστάσεις  $R_{sh}$  (Shunt Resistance) τοποθετημένες λόγω κατασκευαστικών διαρροών ρεύματος στην δίοδο.

Στα φωτοβολταϊκά στοιχεία του εμπορίου η  $R_s < 5\Omega$  και η  $R_{sh} < 500\Omega$ .

Για το παραπάνω σχήμα το φωτόρευμα που παράγεται εκφράζεται στην σχέση :

$$I_\varphi = I_0 \left[ e^{\left( \frac{eV}{\gamma kT} \right)} - 1 \right] \quad (\text{Εξίσωση 11})$$

$I_0$ : ανάστροφο ρεύμα κόρου

$V$ : τάση στα άκρα της διόδου

$\gamma$ : ο συντελεστής ποιότητας της διόδου

$k$ : σταθερά Boltzmann

$T$ : απόλυτη θερμοκρασία (σε Kelvin)

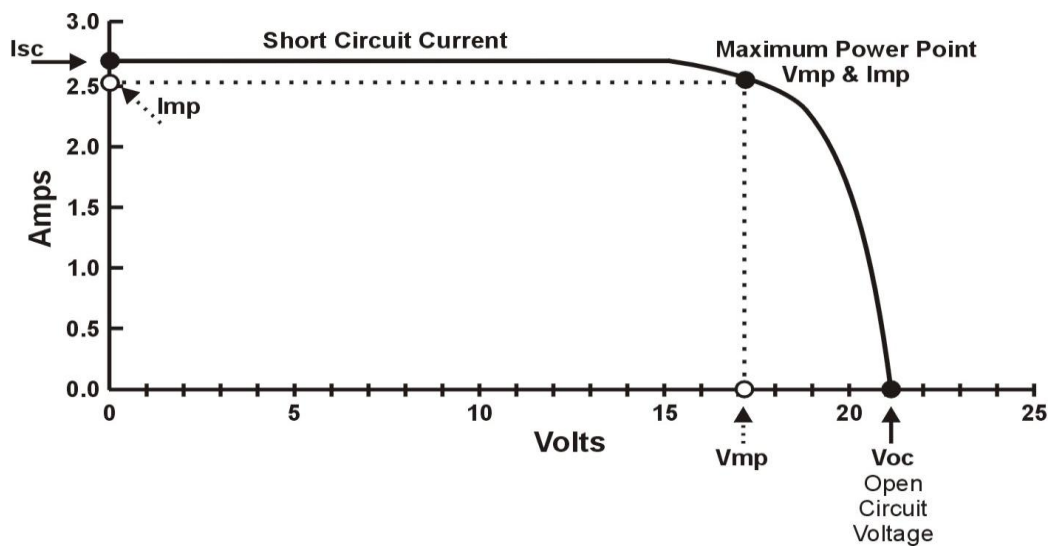
Εάν αναλύσουμε το ισοδύναμο κύκλωμα το ρεύμα φορτίου έχει την μορφή :

$$I_L = \frac{I_\phi - I_0 \left[ e^{\left( \frac{e(V_L - I_L R_s)}{\gamma k T} \right)} - 1 \right] - \frac{V_L}{R_{sh}}}{1 + \frac{R_s}{R_{sh}}} \quad (\text{Εξίσωση 12})$$

$V_L$ : η τάση εξόδου του φωτοβολταϊκού κυκλώματος

## 2.2.2 Χαρακτηριστικές φωτοβολταϊκού στοιχείου

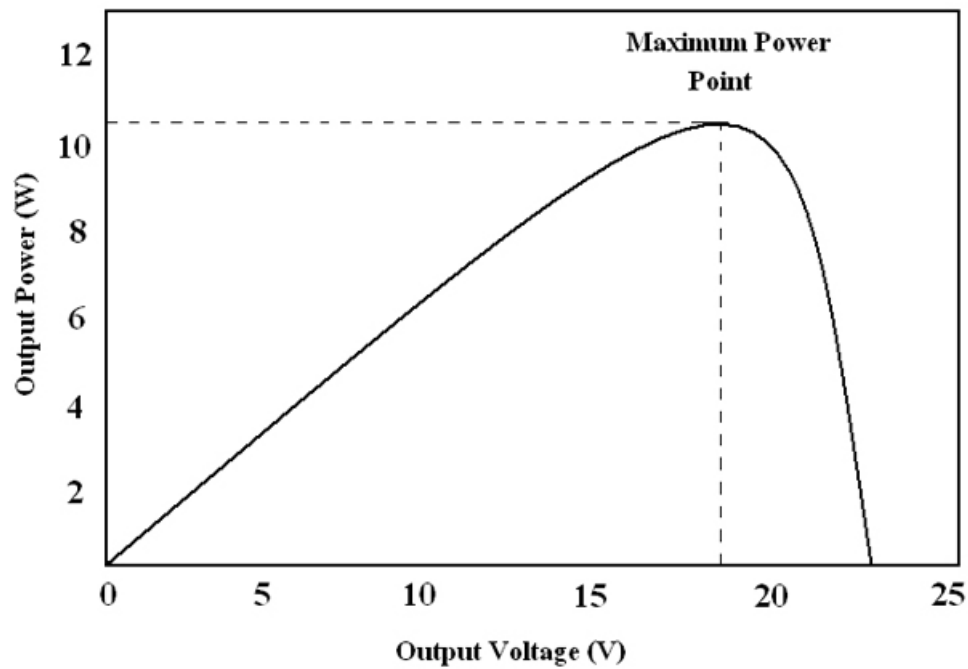
### 2.2.2.1 Χαρακτηριστική καμπύλη I-V (Current - Voltage)



Διάγραμμα 8

Από την χαρακτηριστική καμπύλη I-V του στοιχείου μπορούμε εύκολα να παρατηρήσουμε ότι για συγκεκριμένες τιμές ρεύματος  $I_m$  και τάσης  $V_m$  η ισχύς του στοιχείου μεγιστοποιηθεί. Η ισχύς που παράγεται από το στοιχείο για κάθε ζεύγος τιμών ( $I_i, V_i$ ) δεν είναι σταθερή αλλά μεταβάλλεται από το σημείο μέγιστης ισχύς με και τον μηδενισμό της στα σημεία βραχυκύκλωσης ( $I_{sc}$ ) και ανοιχτοκύκλωσης ( $V_{oc}$ ).

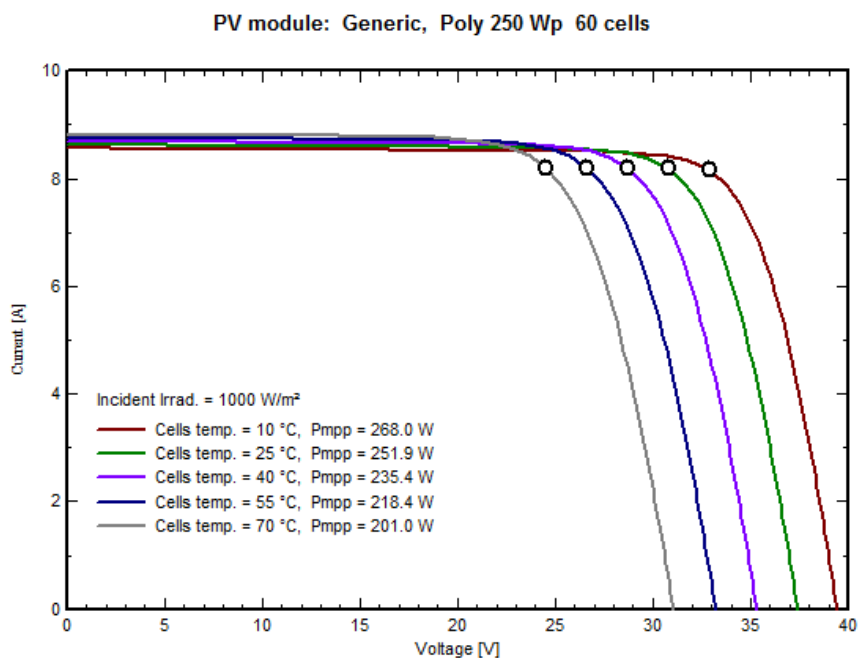
### 2.2.2.2 Χαρακτηριστική καμπύλη P-V (Power - Voltage)



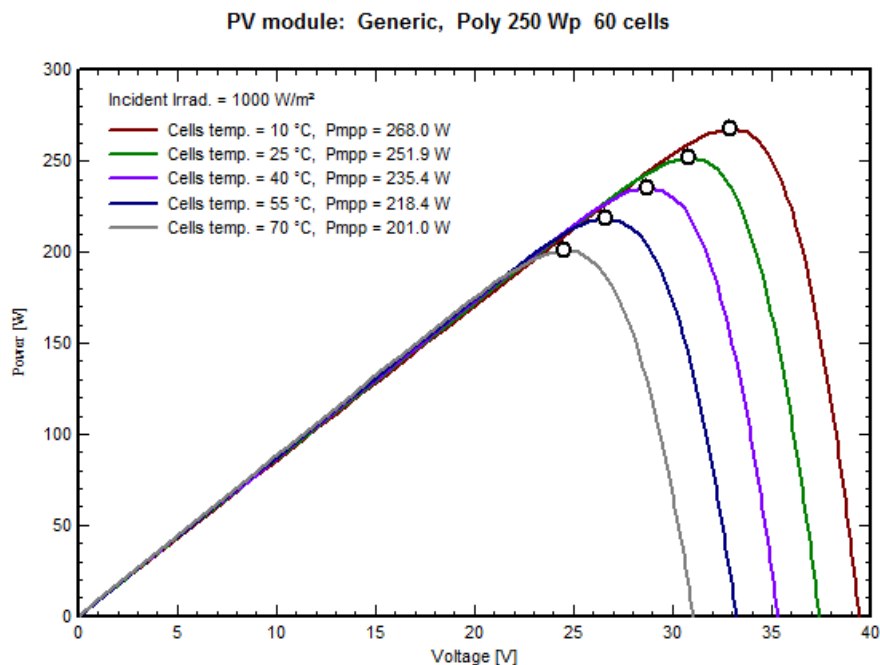
Διάγραμμα 9

Για να κατανοήσουμε καλύτερα την μεταβολή της ισχύος για διαφορετικές τιμές τάσης και ρεύματος από το σημείο μέγιστης ισχύος μέχρι και τον μηδενισμό της το Διάγραμμα 9 .

### 2.2.2.3 Επίδραση της θερμοκρασίας στις χαρακτηριστικές καμπύλες του φωτοβολταϊκού στοιχείου

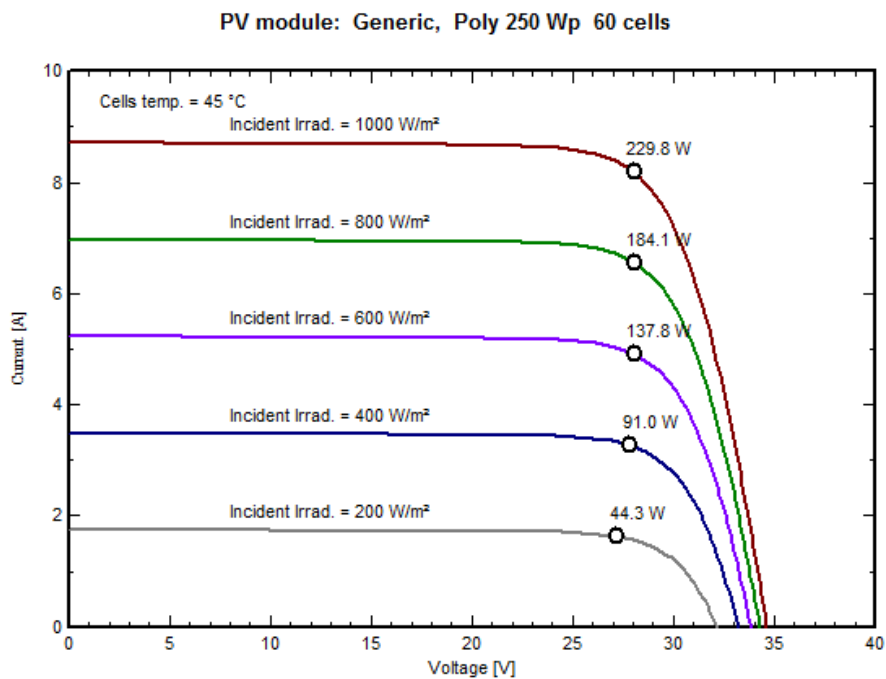


Διάγραμμα 10

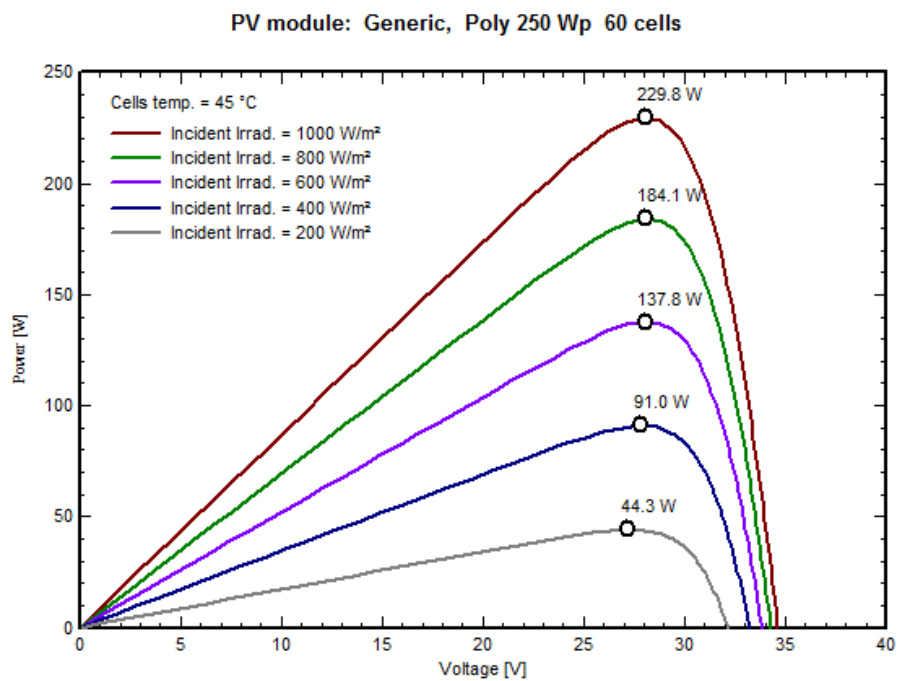


Διάγραμμα 11

#### 2.2.2.4 Επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας στις χαρακτηριστικές καμπύλες του φωτοβολταϊκού στοιχείου



Διάγραμμα 12



Διάγραμμα 13

### 2.2.3 Απόδοση φωτοβολταϊκού στοιχείου

Η απόδοση ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου δίνεται από τον τύπο

$$\eta_c = \frac{P_{max}}{G * S_c} = \frac{I_{max} * V_{max}}{G * S_c} \quad (\text{Εξίσωση 13})$$

Ο λόγος της μέγιστης ισχύος ( $P_{max}$ ) προς το γινόμενο βραχυκυκλωμένου ρεύματος ( $I_{sc}$ ) και ανοιχτοκυκλωμένης τάσης ( $V_{oc}$ ) ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου καλείται παράγοντας πλήρωσης (***FF – Fill Factor***)

$$FF = \frac{P_{max}}{I_{sc} * V_{oc}} \quad (\text{Εξίσωση 14})$$

Εύκολα συμπεραίνεται ότι :

$$\eta_c = \frac{I_{sc} * V_{oc} * FF}{G * S_c} \quad (\text{Εξίσωση 15})$$

Ως συνθήκες κατά τις οποίες μπορούμε να λάβουμε την μέγιστη ισχύ ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου θεωρούμε τις παρακάτω:

- Προσπίπτουσα ηλ. Ακτινοβολίας  $1000\text{W/m}^2$
- Θερμοκρασία φ/β στοιχείου  $25^\circ\text{C}$
- Μάζα αέρα 1.5



## 2.3 Υλικά και τεχνολογίες φωτοβολταϊκών κυψελών

### 2.3.1 Τεχνολογίες φ/β στοιχείων

Για την κατασκευή φωτοβολταϊκών στοιχείων χρησιμοποιούνται δύο κύριες τεχνολογίες \*

- Τεχνολογία ημιαγωγών κρυσταλλικής δομής (συνήθως πυρίτιο)
- Τεχνολογία thin-film

*\*Να σημειωθεί ότι εκτός από τις δύο κύριες τεχνολογίες κατασκευής φωτοβολταϊκών κυψελών υπάρχουν και αρκετές άλλες τεχνολογίες (π.χ EFG ) που βασίζονται στο πυρίτιο και την καλύτερη επεξεργασία του ως υλικό κατασκευής φωτοβολταϊκών κυψελών.*

#### 2.3.1.1 Πυρίτιο (Si)

Το πυρίτιο (Si) είναι το πιο διαδεδομένο ημιαγωγικό υλικό κατασκευής φωτοβολταϊκών στοιχείων. Η ιδιότητες του πυριτίου είναι παγκοσμίως διαδεδομένες μιας και είναι το κυριότερο υλικό ηλεκτρονικών διατάξεων εδώ και δεκαετίες.

Είναι ημιαγωγός με έμμεσο ενεργειακό διάκενο 1,1eV, έχει ικανοποιητική χημική καθαρότητα και τελειότητα κρυσταλλικής δομής. Η θεωρητική απόδοση των ηλιακών στοιχείων πυριτίου μπορεί να φτάσει μέχρι και 23,92% αν και πειραματικά η μέγιστη απόδοση μετρήθηκε 19% ενώ σε πρακτικές εφαρμογές-που είναι και το κυριότερο- τα ηλιακά στοιχεία πυριτίου έχουν απόδοση 10-12% .

Αν εξαιρέσουμε το οξυγόνο , το πυρίτιο είναι το πιο άφθονο υλικό στον πλανήτη όμως στην συντριπτική τους πλειοψηφία , οι ποσότητες πυριτίου βρίσκονται σε μορφή ενώσεων όπως π.χ  $\text{SiO}_2$  (διοξείδιο του πυριτίου) και ως εκ τούτου απαιτείται επιπλέον χημική επεξεργασία για την απόκτηση της επιθυμητής καθαρότητας.

##### 2.3.1.1.1 Κυψέλες Μονοκρυσταλλικού Πυριτίου

Το μονοκρυσταλλικό πυρίτιο είναι πρώτος τύπος φωτοβολταϊκού στοιχείου που μπήκε σε μαζική παραγωγή. Οι κυψέλες έχουν κοπεί από έναν μόνο μεγάλο κυλινδρικό κρύσταλλο πυριτίου που καθιστά την κατασκευή τους περίπλοκη και συνεπώς πιο

δαπανηρή. Χαρακτηρίζεται από την ομοιομορφία της κρυσταλλικής δομής του και παρουσιάζει σχετικά υψηλό βαθμό απόδοσης (11-19%).

#### **2.3.1.1.2 Κυψέλες Πολυκρυσταλλικού Πυριτίου**

Το πολυκρυσταλλικό πυρίτιο αποτελείται από περιοχές μονοκρυσταλλικού πυριτίου χωρίς όμως να έχει την ίδια ομοιομορφία κρυσταλλικής δομής. Οι κυψέλες έχουν κοπεί σε λεπτά τμήματα, από ράβδους λιωμένου και επανακρυσταλλοποιημένου πυριτίου. Η μέθοδος παραγωγής τους είναι πιο απλή- και άρα φθηνότερη- από αυτήν του μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Είναι τα πλέον διαδεδομένα στοιχεία παγκοσμίως και έχουν την καλύτερη σχέση κόστους απόδοσης με την απόδοσή τους να είναι μικρότερη από αυτή του μονοκρυσταλλικού πυριτίου (11-16%) αλλά αν μεγάλος αριθμός κυψελών προστεθούν σε ένα πλαίσιο (π.χ 60 cells/module) η πραγματική διαφορά σε  $W/m^2$  είναι αμελητέα .

#### **2.3.1.1.3 Κυψέλες Ribbon Πυριτίου**

Πρόκειται για μια σχετικά νέα τεχνολογία φωτοβολταϊκών στοιχείων. Προσφέρει έως και 50% μείωση στην χρήση του πυριτίου σε σχέση με τις "παραδοσιακές τεχνικές" κατασκευής μονοκρυσταλλικών και πολυκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών κυψελών πυριτίου. Η απόδοση για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία του έχει φτάσει πλέον γύρω στο 12-13% ενώ το πάχος του είναι περίπου 0,3 χιλιοστά. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί απόδοσης της τάξεως του 18%

#### **2.3.1.2 Φωτοβολταϊκά υλικά λεπτών επιστρώσεων - *thin film***

##### **2.3.1.2.1 Κυψέλες Δισεληνοϊνδιούχου χαλκού ( $CuInSe_2$ )**

Ο δισεληνοϊνδιούχος χαλκός έχει εξαιρετική απορροφητικότητα στο προσπίπτον φως αλλά παρόλα αυτά η απόδοση του με τις σύγχρονες τεχνικές κυμαίνεται στο 11%(πλαίσιο). Εργαστηριακά έγινε εφικτή απόδοση στο επίπεδο του 18,8% η οποία είναι και η μεγαλύτερη που έχει επιτευχθεί μεταξύ των φωτοβολταϊκών τεχνολογιών λεπτής επιστρώσεως. Με την πρόσμιξη γάλλιου η απόδοση του μπορεί να αυξηθεί ακόμα περισσότερο. Το πρόβλημα που υπάρχει είναι ότι το ίνδιο υπάρχει σε περιορισμένες ποσότητες στην φύση. Στα επόμενα χρόνια πάντως αναμένεται το κόστος του να είναι αρκετά χαμηλότερο.

#### **2.3.1.2.2 Κυψέλες Άμορφου Πυριτίου (Thin-film Silicon, a-Si)**

Πρόκειται για ταινίες λεπτών επιστρώσεων οι οποίες παράγονται με την εναπόθεση ημιαγωγού υλικού (πυρίτιο στην περίπτωση μας) πάνω σε υπόστρωμα υποστήριξης, χαμηλού κόστους όπως γυαλί ή αλουμίνιο. Έτσι και λόγω της μικρότερης ποσότητας πυριτίου που χρησιμοποιείται η τιμή τους είναι γενικότερα αρκετά χαμηλότερη. Ο χαρακτηρισμός «άμορφο» προέρχεται από τον τυχαίο τρόπο με τον οποίο είναι διατεταγμένα τα άτομα του πυριτίου. Οι επιδόσεις που επιτυγχάνονται με χρησιμοποιώντας φωτοβολταϊκά thin films πυριτίου κυμαίνονται για το πλαίσιο από 6 έως 8% ενώ στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις ακόμα και 14%. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα για το φωτοβολταϊκό στοιχείο a-Si είναι το γεγονός ότι δεν επηρεάζεται πολύ από τις υψηλές θερμοκρασίες. Επίσης, πλεονεκτεί στην αξιοποίηση της απόδοσης του σε σχέση με τα κρυσταλλικά ΦΒ, όταν υπάρχει διάχυτη ακτινοβολία (συννεφιά).

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

#### **2.3.1.2.3 Κυψέλες Τελουριούχου Καδμίου (CdTe)**

Το τελουριούχο κάδμιο έχει ενεργειακό διάκενο γύρω στο **1eV** το οποίο είναι πολύ κοντά στο ηλιακό φάσμα κάτι που του δίνει σοβαρά πλεονεκτήματα όπως την δυνατότητα να απορροφά το 99% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Οι σύγχρονες τεχνικές όμως μας προσφέρουν αποδόσεις πλαισίου γύρω στο 6-8%. Στο εργαστήριο η απόδοση στα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχει φθάσει το 16%. Μελλοντικά αναμένεται το κόστος του να πέσει αρκετά. Τροχοπέδη για την χρήση του αποτελεί το γεγονός ότι το κάδμιο σύμφωνα με κάποιες έρευνες είναι καρκινογόνο με αποτέλεσμα να προβληματίζει το ενδεχόμενο της εκτεταμένης χρήσης του. Ήδη η Greenpeace έχει εναντιωθεί στην χρήση του. Επίσης προβληματίζει ή **έλλειψη του Τελουρίου**. Σημαντικότερη χρήση του είναι ή ενθυλάκωση του στο γυαλί ως δομικό υλικό (**BIPV Building Integrated Photovoltaic**).

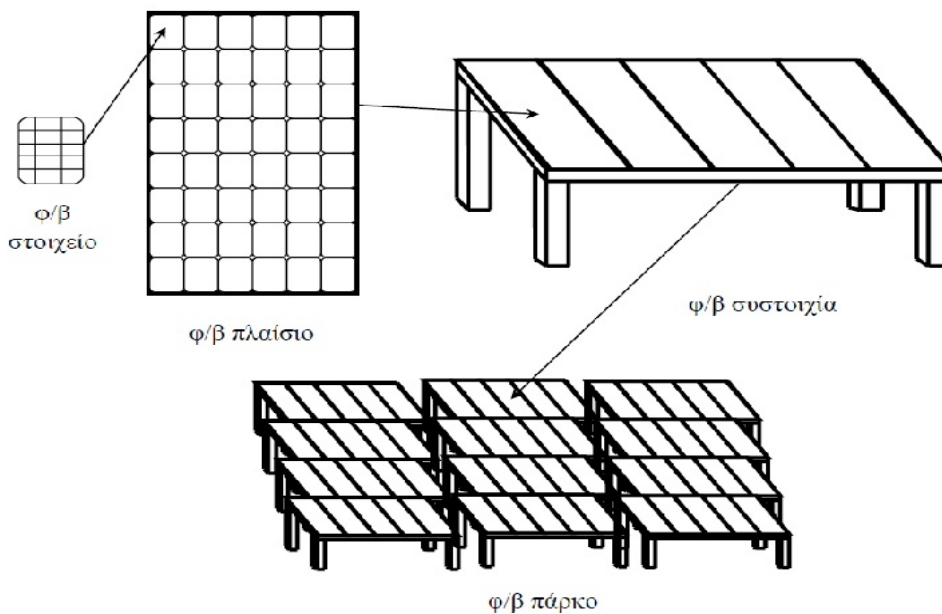
#### **2.3.1.2.4 Κυψέλες Αρσενικού Γάλλιου (GaAs)**

Το Γάλλιο είναι ένα παραπροϊόν της ρευστοποίησης άλλων μετάλλων όπως το αλουμίνιο και ο ψευδάργυρος. Είναι πιο σπάνιο ακόμα και από τον χρυσό. Το Αρσενικό δεν είναι σπάνιο άλλα έχει το μειονέκτημα ότι είναι δηλητηριώδες.

Το αρσενικούχο γάλλιο έχει ενεργειακό διάκενο **1,43eV** που είναι ιδανικό για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η απόδοση του στην μορφή πολλαπλών συνενώσεων (multijunction) είναι η υψηλότερη που έχει επιτευχθεί και αγγίζει το 29%. Επίσης τα φωτοβολταϊκά στοιχεία GaAs είναι εξαιρετικά ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία GaAs έχουν το πλεονέκτημα ότι αντέχουν σε πολύ υψηλές ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας, για αυτό αλλά και λόγω της πολύ υψηλής απόδοσης του ενδείκνυται για διαστημικές εφαρμογές. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι το υπερβολικό κόστος του μονοκρυσταλλικού GaAs υποστρώματος.

## 2.4 Φωτοβολταϊκή Γεννήτρια

Η φωτοβολταϊκή γεννήτρια είναι το θεμελιώδες τμήμα κάθε φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Αποτελείται από φωτοβολταϊκά στοιχεία/κυψέλες, ηλεκτρονικά συνδεδεμένα μεταξύ τους, που αποτελούν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια και εκείνα με την σειρά τους συνδεόμενα κατάλληλα συγκροτούν τις φωτοβολταϊκές συστοιχίες. Θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι αποτελεί μια **“μη-συμβατική μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας”**.



Διάγραμμα 14

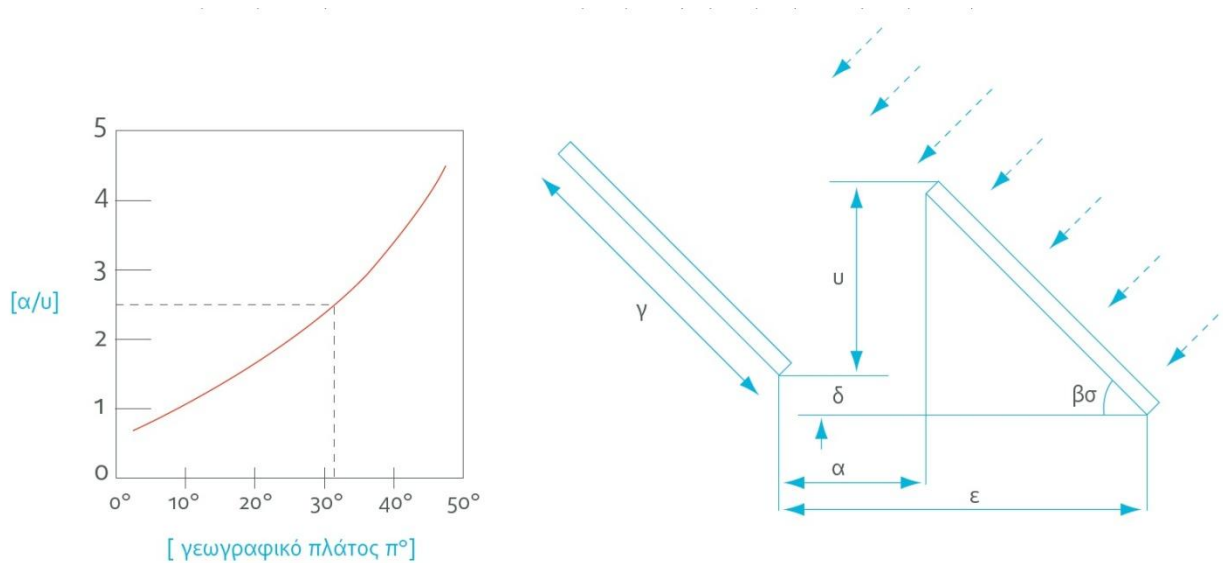
### 2.4.1 Φωτοβολταϊκό πλαίσιο (PV Module)

Η τάση που εκδηλώνει ένα συνηθισμένο φωτοβολταϊκό στοιχείο (π.χ πυριτίου), σε πρότυπες συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας, είναι κατά προσέγγιση 0,5-0,7V και η ηλεκτρική ισχύς του μόλις 0,4-0,6W περίπου. Γι αυτό τα φωτοβολταϊκά στοιχεία που προορίζονται για συγκρότηση φωτοβολταϊκών γεννητριών τοποθετούνται σε διατάξεις των 10...80 cells (συνήθως) σε ένα πλαίσιο, με κοινή ηλεκτρική έξοδο. Στο πλαίσιο τα φ/β στοιχεία τοποθετούνται σε σειρά μέχρι να αποκτήσουν επιθυμητή τάση. Η μονάδα αυτή αποτελεί βασική δομική μονάδα της φωτοβολταϊκής γεννήτριας και ορίζεται ως **φωτοβολταϊκό πλαίσιο (PV module)**. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια στρώνονται πάνω σε ανθεκτικό υλικό (συνήθως πάνω σε φύλλα μετάλλου) ενώ καλύπτονται στην μπροστά τους όψη με κάποιο διάφανο υλικό (συνήθως γυαλί) και αυτό γιατί το διάφανο υλικό θα δώσει μηχανική αντοχή στα φωτοβολταϊκά στοιχεία, και παράλληλα η ανομοιόμορφη επιφάνειά του θα περιορίσει τις αντανakλάσεις του φωτός και θα περιορίσει την απορρόφηση. Στην βιβλιογραφία συναντούμε και τον όρο **φωτοβολταϊκό πάνελ (PV panel)** το οποίο έχει προκατασκευαστεί στο εργοστάσιο και αποτελείται συνήθως από κατάλληλα συναρμολογημένα φωτοβολταϊκά πλαίσια . Πλέον ο όρος αυτός τείνει να εκλείψει αφού οι περισσότερες εταιρίες που δραστηριοποιούνται στον κλάδο των φωτοβολταϊκών χρησιμοποιούν τον γενικό όρο “φωτοβολταϊκό πλαίσιο” και για τον συγκεκριμένο αυτόν τύπο .

### 2.4.2 Φωτοβολταϊκή συστοιχία (PV Array)

Ακόμα και μετά την συγκρότηση των φωτοβολταϊκών στοιχείων σε πλαίσια, η παραγόμενη τάση και ισχύς δεν είναι ικανή να ανταποκριθεί στις ανάγκες της ενεργειακής παραγωγής. Έτσι λοιπόν και τα φ/β πλαίσια με την σειρά τους τοποθετούνται και συνδέονται κατάλληλα σε ομάδες πλαισίων και δημιουργούν την **φωτοβολταϊκή συστοιχία (PV Array)** . Για την αύξηση της αξιοπιστίας ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, οι συνδέσεις ανάμεσα στα πλαίσια της συστοιχίας δεν γίνονται μόνο σε σειρά αλλά και παράλληλα . Μια φ/β συστοιχία μπορεί να είναι τόσο μικρή όσο ένα ζεύγος πλαισίων ή αρκετά μεγάλη για να καλύψει πολλά τετραγωνικά μέτρα.

### 2.4.3 Βέλτιστη Διάταξη Συστοιχιών



Διάγραμμα 15

Ο “ανοιχτός ορίζοντας” είναι ένα πολύ σημαντικό ζήτημα όταν μιλάμε για έναν φωτοβολταϊκό σχεδιασμό. Ο τρόπος που θα τοποθετηθούν οι διάφορες συστοιχίες πρέπει να είναι τέτοιος ούτως ώστε να αποφεύγονται οι σκιάσεις από γειτονικά εμπόδια (π.χ κτήρια, δέντρα κ.τ.λ), αλλά και οι σκιάσεις από διπλανές συστοιχίες.

Για να διασφαλιστεί η προϋπόθεση του “ανοιχτού ορίζοντα” σε μια τοποθεσία γεωγραφικού πλάτους  $\pi$ , πρέπει η γωνία ύψους ( $\beta_\epsilon$ ) των γειτονικών εμποδίων να ικανοποιείται σε μία αζιμούθια γωνία από  $-60^\circ$  μέχρι  $+60^\circ$  με προσανατολισμό προς τον Νότο σύμφωνα με την σχέση :

$$\beta_\epsilon = 48^\circ - \pi^\circ \quad (\text{Εξίσωση 16})$$

Για παράδειγμα στην Αθήνα, που βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος  $38^\circ$ , η γωνία ύψους των γειτονικών εμποδίων δεν πρέπει να ξεπερνά τις  $10^\circ$ .

Αν λοιπόν θεωρήσουμε ότι λύσαμε το πρόβλημα του ανοιχτού ορίζοντα για τα εξωτερικά εμπόδια, πρέπει τώρα να υπολογίσουμε και την ελάχιστη απόσταση που θα πρέπει να έχουν δύο γειτονικές συστοιχίες ώστε να μην σκιάζει η μια την άλλη. Στο Διάγραμμα 15 φαίνεται αριστερά το διάγραμμα της εταιρίας **Monegon** που συνδέει τον λόγο της ελεύθερης απόστασης  $\alpha$  προς το ύψος των συστοιχιών  $\upsilon$ , με το γεωγραφικό πλάτος  $\pi$  του τόπου.

Εμπειρικά για τιμές γεωγραφικού πλάτους από 25 μέχρι 45 , ο λόγος  $\alpha/\nu$  υπολογίζεται προσεγγιστικά από τον τύπο:

$$\alpha/\nu = 0,0042\varphi^2 - 0,1661\varphi + 2.8653 \quad (\text{Εξίσωση 17})$$

Επίσης από το Διάγραμμα 15 (δεξιά εικόνα) εξαγάγουμε γεωμετρικές σχέσεις με την βοήθεια των οποίων θα λύσουμε το παρακάτω σύστημα εξισώσεων για να υπολογίσουμε την ελάχιστη απόσταση  $\varepsilon$

$$\begin{cases} v = \gamma * \sin(\beta - \delta) \\ \frac{\alpha}{\nu} = \text{σταθερά Monegon} \\ \varepsilon = a + \gamma * \cos\beta \\ \kappa = \tan\omega = \frac{\delta}{\varepsilon} \end{cases} \quad (\text{Εξίσωση 18})$$

Ο υπολογισμός του  $\kappa$  της τελευταίας εξίσωσης είναι απαραίτητος όταν υπάρχει κλίση στο έδαφος της τοποθεσίας για την οποία γίνεται ο σχεδιασμός.

Λύνοντας το παραπάνω σύστημα εξισώσεων προκύπτει η σχέση :

$$\varepsilon = \gamma * \frac{\frac{\alpha}{\nu} * \sin\beta + \cos\beta}{1 + \frac{\alpha}{\nu} * \kappa} \quad (\text{Εξίσωση 19})$$

Προκύπτει ότι η ελάχιστη απόσταση μεταξύ των συστοιχιών για αποφυγή σκιάσεων μεταξύ τους, είναι ανάλογη του ύψους  $\gamma$  της συστοιχίας.

#### 2.4.4 Επίδραση της θερμοκρασίας στην απόδοση του φωτοβολταϊκού

Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει την απόδοση ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου είναι η θερμοκρασία των φωτοβολταϊκών του στοιχείων. Λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας αλλά και λόγω των ηλεκτρικών απωλειών η θερμοκρασία που αναπτύσσεται πάνω στο  $\phi/\beta$  πλαίσιο είναι σημαντικά μεγαλύτερη από αυτήν του περιβάλλοντος.

$$T_c = T_a + h_w * G \quad (\text{Εξίσωση 20})$$

$T_c$ : η θερμοκρασία του στοιχείου

$T_a$ : η θερμοκρασία περιβάλλοντος

$h_w$ : ειδικός συντελεστής =  $0,3\text{m}^2\text{C}/\text{W}$

$G$ : ηλιακή ακτινοβολία  $1000\text{W}/\text{m}^2$

Σε συνθήκες STC (Standard Test Conditions) ως γενικό κανόνα θεωρούμε την θερμοκρασία των φωτοβολταϊκών πλαισίων  $30^\circ\text{C}$  μεγαλύτερη από αυτή που υπάρχει στο περιβάλλον (δηλαδή  $55^\circ\text{C}$ ).

Για να υπολογίσουμε την απόδοση ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου σε θερμοκρασίες διαφορετικές από τη συμβατική, ως συντελεστή απόδοσης παίρνουμε το γινόμενο :

$$n_m = \sigma_\theta * n_{STC} \quad (\text{Εξίσωση 21})$$

Σε συμβατική θερμοκρασία (STC) ο σθ (**θερμοκρασιακός συντελεστής**) ισούται με την μονάδα και για τα περισσότερα ηλιακά στοιχεία πυριτίου του εμπορίου, μειώνεται κατά περίπου 5% ανά βαθμό θερμοκρασίας συμφώνα με τον τύπο:

$$\sigma_\theta = 1 - 0.005(T_c - 25) \quad (\text{Εξίσωση 22})$$

#### 2.4.5 Επίδραση της ρύπανσης στην απόδοση του φωτοβολταϊκού

Ένας άλλος πολύ σημαντικός παράγοντας που μπορεί να μειώσει την απόδοση ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου, ιδίως όταν έχει μικρή κλίση, είναι η ρύπανση της επιφάνειάς τους. Η ρύπανση των πλαισίων μπορεί να έρθει από πολλούς παράγοντες όπως σκόνη, βροχή, αιθάλη ακόμα και έντομα όπως τις μέλισσες(!) και επηρεάζει άμεσα την ηλεκτροπαραγωγή.

Για να εκφράσουμε την μείωση αυτή χρησιμοποιούμε έναν αδιάστατο **συντελεστή καθαρότητας ( $\sigma_\rho$ )** που ορίζεται ως ο λόγος ηλεκτρικής ισχύος που δίνει το ρυπαρό πλαίσιο προς την ισχύ που θα έδινε αν ήταν καθαρό. Οι τιμές που παίρνει ο  $\sigma_\rho$  κυμαίνονται από 1 όταν το πλαίσιο είναι τελείως καθαρό και μειώνεται όσο ρυπαίνεται. Η απόδοση λόγω ρύπανσης του φ/β πλαισίου ορίζεται ως :

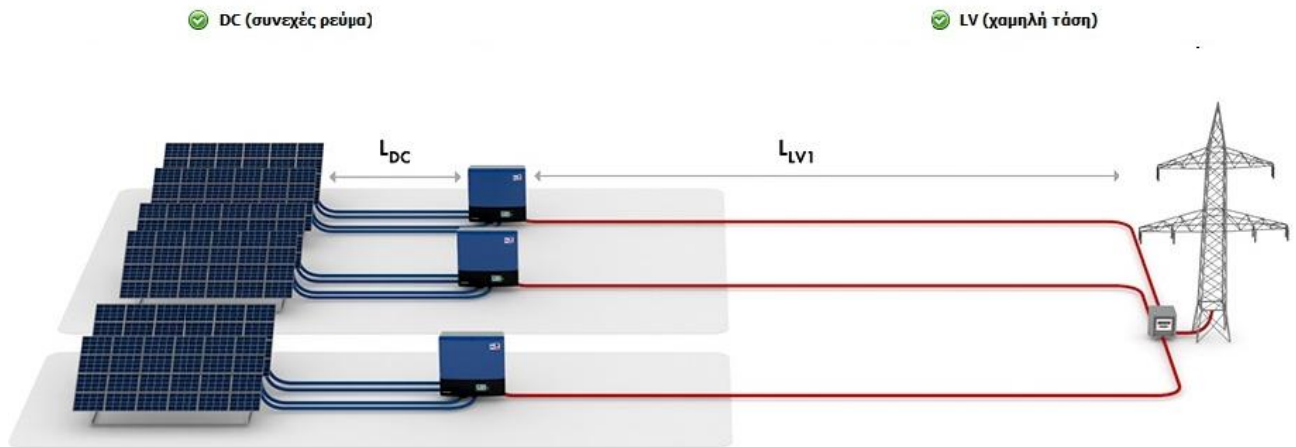
$$n_m = \sigma_\rho * n_{Clear} \quad (\text{Εξίσωση 23})$$



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

#### 3.1 Διασυνδεδεμένο Φωτοβολταϊκό Σύστημα (Grid Connected)



Διάγραμμα 16

Στα διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα η παραγόμενη από την εγκατάσταση ενέργεια τροφοδοτείται στο δίκτυο. Αν το σκεφτούμε μακροσκοπικά το δίκτυο αποτελεί μια “μπαταρία” με απεριόριστη δυνατότητα αποθήκευσης. Επομένως σε σχέση με ένα αυτόνομο σύστημα (stand alone), το διασυνδεδεμένο σύστημα θα είναι αποδοτικότερο αφού η ενέργεια πηγαίνει στο σύνολό της στο δίκτυο και δεν υπάρχει η ανάγκη αποθήκευσης της σε συσσωρευτές, που σε τελική ανάλυση έχουν περιορισμένη δυνατότητα αποθήκευσης .

## 3.2 Αντιστροφέας (DC/AC Inverter)

Το ρεύμα που παράγεται από την φωτοβολταϊκή γεννήτρια είναι συνεχές, πράγμα που το καθιστά ακατάλληλο για απευθείας σύνδεση με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι λοιπόν γεννάται η ανάγκη για μετατροπή αυτού του παραγόμενου ρεύματος σε συνεχές, με όσο δυνατόν μικρότερες απώλειες. Την εργασία αυτήν σε ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αναλαμβάνουν οι **inverters (αντιστροφείς)**. Ο inverter αποτελεί ένα από τα κυριότερα τμήματα κάθε φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Είναι μία συσκευή με ηλεκτρονικές και ηλεκτρολογικές διατάξεις, ο οποία μετατρέπει το συνεχές ρεύμα που παράγει η φ/β γεννήτρια σε εναλλασσόμενο, συμβατό με το δίκτυο. Πρακτικά ο inverter κάθε φωτοβολταϊκού συστήματος είναι ο “εγκέφαλος” της εγκατάστασης αφού πρέπει να προμηθεύει το δίκτυο με εναλλασσόμενο ρεύμα σε ημιτονοειδή μορφή, να περιορίζει την τάση ούτως ώστε να μην ξεπερνάει την τιμή τάσης του δικτύου και να αποσυνδέεται αν η τάση του δικτύου «πέσει».

Οι Inverters χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες τους μονοφασικούς και τους τριφασικούς.

### 3.2.1 Απόδοση αντιστροφέα

Όπως προείπαμε ο inverter μετατρέπει το συνεχές σε εναλλασσόμενο ρεύμα με όσο το δυνατόν μικρότερες απώλειες. Οι απώλειες όμως αυτές δεν μπορούν να εξαλειφθούν πλήρως. Έτσι ως βαθμός απόδοσης ( $\eta_{INV}$ ) των inverter ορίζεται ο λόγος της ισχύος που υπάρχει στην AC πλευρά προς το την ισχύ που δέχεται ο αντιστροφέας στην DC πλευρά

$$\eta_{INV} = \frac{P_{AC}}{P_{DC}} \quad (\text{Εξίσωση 24})$$

#### 3.2.1.1 Ευρωπαϊκός βαθμός απόδοσης

Είναι πολύ λίγες οι φορές εκείνες που οι DC/AC inverters λειτουργούν στην ονομαστική τους ισχύ κατά την διάρκεια του έτους. Τις περισσότερες φορές λειτουργούν με ισχύ που αντιστοιχεί σε μερικό φορτίο και αυτό γίνεται εύκολα κατανοητό αν αναλογιστούμε ότι τιμές ακτινοβολίας άνω των 800W/m<sup>2</sup> παρατηρούνται σπάνια. Λαμβάνοντας υπ’ όψιν τις διάφορες συνθήκες φορτίου προέκυψε αυτό που ονομάζουμε **Ευρωπαϊκός Βαθμός Απόδοσης** και δίνεται από τον τύπο :

$$\eta_{EURO} = 0.03\eta_{5\%} * 0.06\eta_{10\%} * 0.13\eta_{20\%} * 0.1\eta_{30\%} * 0.48\eta_{50\%} * 0.2\eta_{100\%} \quad (\text{Εξίσωση 25})$$

Η τιμή  $\eta_{100\%}$  αναφέρεται στην περίπτωση που ο inverter δέχεται ως είσοδο όλη την ονομαστική τιμή ισχύος της εγκατάστασης. Π.χ αν έχουμε ονομαστική ισχύς  $\phi/\beta$  εγκατάστασης 100kW και inverter με μέγιστη τιμή εισόδου 100kW τότε ο  $\eta_{100\%}$  είναι ο βαθμός απόδοσης όταν η ισχύς εξόδου από τις συστοιχίες είναι 100kW . Ο συντελεστής 0.2 προκύπτει από την παραδοχή (έπειτα από πειραματική παρακολούθηση) ότι ο μετατροπέας θα λειτουργήσει στην ονομαστική ισχύ (μέγιστο φορτίο) για το 20% της ετήσιας λειτουργίας του λόγω κλιματικών και μετεωρολογικών συνθηκών. Αντίστοιχα προκύπτουν και οι υπόλοιπες τιμές της Εξίσωσης 23 .

Οι βαθμοί απόδοσης των inverters που διατίθενται στο εμπόριο παρέχονται στα τεχνικά χαρακτηριστικά (η διαδικασία που περιγράψαμε παραπάνω είναι ενσωματωμένη) και κυμαίνονται από 94-98% .

### **3.2.2 Ανιχνευτές σημείου Μέγιστης Ισχύος (Maximum Power Point Trackers MPPT's)**

Ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό των inverters είναι η δυνατότητά τους να προσαρμόζονται στις μεταβαλλόμενες κλιματολογικές και μετεωρολογικές συνθήκες της περιοχής που είναι τοποθετημένη η  $\phi/\beta$  εγκατάσταση. Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, οι μεταβαλλόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και ηλιακής ακτινοβολίας έχουν ως αποτέλεσμα η ένταση που παράγεται στις φωτοβολταϊκές συστοιχίες να μην είναι σταθερή αλλά να μεταβάλλεται αντίστροφα από την μεταβολή της τάσης τους, πράγμα που έχει ως αποτέλεσμα την «μετακίνηση» του σημείου μέγιστης ισχύος. Είναι λοιπόν σημαντικό κάθε στιγμή τα φωτοβολταϊκά πλαίσια να μην παράγουν την τάση και την ένταση όπως αυτή καθορίζεται από την αντίσταση στα άκρα του αλλά να δίνεται στην έξοδο το ζεύγος τάσης-ρεύματος αυτό που μεγιστοποιεί την ισχύς τους. Προκειμένου να μετατρέπεται πάντα όσο το δυνατό περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία σε εναλλασσόμενο ρεύμα, ο inverter μέσω ειδικών ανιχνευτών (MPPT's) αναλαμβάνει να εντοπίζει και να προσαρμόζεται στο μέγιστο σημείο λειτουργίας .

### 3.3 Καλωδιώσεις

Για την σύνδεση των φωτοβολταϊκών πλαισίων χρησιμοποιούνται καλώδια εξωτερικού χώρου ειδικών χαρακτηριστικών που οφείλουν να είναι ανθεκτικά τόσο σε μηχανικές καταπονήσεις όσο και στις πολύ υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται πάνω στα φωτοβολταϊκά πλαίσια.

Στην αγορά υπάρχει ποικιλία τέτοιων καλωδίων που διαφέρει ως προς το υλικό του αγωγού, την διατομή και των τύπο μόνωσης από την UV ακτινοβολία . Για την κατασκευή καλωδίων αυτού του τύπου, χρησιμοποιούνται περισσότερο ο χαλκός και το αλουμίνιο αλλά και άλλα υλικά όπως το βολφράμιο, ο σίδηρος, ο μόλυβδος, ο χαλαζίας κ.α

Εκτός από ποικιλία όσον αφορά το υλικό, τα καλώδια του εμπορίου προσφέρονται επίσης σε μεγάλη ποικιλία διατομών. Όσο αυξάνουμε την διατομή των καλωδίων η πτώσης τάσης αλλά στα άκρα τους θα μειώνεται και οι απώλειες Joule θα είναι μικρότερες. Ταυτόχρονα όμως με την αύξηση της διατομής αυξάνει και το κόστος αγοράς.

Τέλος το μήκος των καλωδίων εξαρτάται κάθε φορά από το πλήθος των φωτοβολταϊκών πλαισίων και το σημείο εγκατάστασης του αντιστροφέα του κάθε υποπεδίου .

#### 3.3.1 Πτώση τάσης DC πλευράς

Μετά την επιλογή του κατάλληλου καλωδίου για την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση αυτό που μας ενδιαφέρει είναι η πτώση τάσης στην είσοδο του αντιστροφέα. Δηλαδή το ποσοστό εκείνο της τάσης που θα «χαθεί» από την φωτοβολταϊκή γεννήτρια μέχρι την είσοδο του αντιστροφέα. Για τον υπολογισμό της πτώσης τάσης στην είσοδο του inverter χρησιμοποιείται ο τύπος:

$$\Delta V_{DC} = \frac{2 * L * I_{MPP} * 10^6}{\sigma * S} \quad (\text{Εξίσωση 26})$$

L: μήκος καλωδίων

$I_{mp}$ : ονομαστικό ρεύμα μέγιστης ισχύος της συστοιχίας

S: η διατομή του καλωδίου

$\sigma$ : ο συντελεστής ειδικής αγωγιμότητας σε  $[\Omega^{-1}m^{-1}]$  (διαφέρει ανάλογα με το υλικό του αγωγού που χρησιμοποιείται)

### 3.3.1 Πτώση τάσης AC πλευράς

Ο υπολογισμός της πτώσης τάσης και στην AC πλευράς είναι σημαντικός αφού εκτός ότι μας δείχνει την πτώση τάσης πριν την είσοδο στο δίκτυο (θεωρητικά, αφού παρεμβάλλονται πίνακες Pillar και μετασχηματιστές τάσης ) θα επηρεάσει και την τελική ισχύ που θα μπορεί σε κάθε στιγμή να δίνει η εγκατάστασή .

Για τον υπολογισμό της πτώσης τάσης στην AC πλευρά χρησιμοποιήθηκε ο τύπος:

$$\Delta V_{AC} = \frac{2 * L * I_{AC} * 10^6 * \cos\varphi}{\sigma * S} \quad (\text{Εξίσωση 27})$$

$I_{AC}$ : το ονομαστικό εναλλασσόμενο ρεύμα στην έξοδο του αντιστροφέα

$\cos\varphi$ : συντελεστής ισχύος (θεωρείται ίσος με την μονάδα (=1))

**Και για τις δύο περιπτώσεις απωλειών -βιβλιογραφικά- «επιτρεπτή» πτώση τάσης θεωρείται αυτή που δεν ξεπερνά το 1% .**

### 3.4 Ημερήσια παραγόμενη ενέργεια

Το βασικό «ζητούμενο» σε κάθε σχεδιασμό/μελέτη ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι η μέση ημερήσια παραγόμενη ενέργεια καθώς είναι ο παράγοντας εκείνος που θα καθορίσει την οικονομική ανταπόδοση της εγκατάστασης. Σε ένα διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα η παραγόμενες kWh(κιλοβατώρες) είναι αυτές για τις οποίες ο επενδυτής θα αποζημιωθεί από τον πάροχο/διανομέα ηλεκτρικής ενέργειας (σ.σ Δ.Ε.Η)

Ο τύπος που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό της μέσης ημερήσια παραγόμενης ενέργειας είναι :

$$E \left( kWh/d \right) = \Pi \left( kWh/m^2d \right) * \frac{P_a (kW)}{1 \left( kW/m^2 \right)} * \sigma_{\theta} * \sigma_{\rho} \quad (\text{Εξίσωση 28})$$

$\Pi$ : η ημερήσια προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία

$P_a$ : η ισχύς που παράγεται από την φωτοβολταϊκή γεννήτρια όταν δεχθεί ακτινοβολία ενός ήλιου ( $1 \text{ kW/m}^2$ )

$\sigma_{\theta}$ : ο θερμοκρασιακός συντελεστής

$\sigma_{\rho}$ : ο συντελεστής καθαρότητας

### 3.5 Απαιτούμενος χώρος για τοποθέτηση φωτοβολταϊκής εγκατάστασης

Στις σελίδες 30-31 περιγράψαμε την βέλτιστη τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών πλαϊσίων και υπολογίσαμε την ελάχιστη απόσταση μεταξύ τους για να αποφύγουμε τις ανεπιθύμητες σκιάσεις.

Για τον (κατά προσέγγιση) υπολογισμό του ελάχιστου χώρου που απαιτείται για την τοποθέτηση της σχεδιαζόμενης φωτοβολταϊκής εγκατάστασης υποθέσαμε πως ο χώρος που θα «δεσμευτεί» είναι ορθογωνίου σχήματος (Εμβαδόν= $x \cdot y$ ) με τα  $x$  και  $y$  να δίνονται από τους παρακάτω τύπους:

$$X_{field} = (2 * x_{brd}) + (n_s * n_{syst} * w) + ((n_{syst} - 1) * x_{ins}) \quad (\text{Εξίσωση 29})$$

$$Y_{field} = (2 * x_{brd}) + (n_p * m_{syst} * l) + ((m_{syst} - 1) * E) \quad (\text{Εξίσωση 30})$$

$x_{brd}$  : Η απόσταση από τα άκρα του οικοπέδου (κατά συνθήκη ίσον με 1m)

$n_s$  : τα σε σειρά πλαίσια στην συστοιχία

$n_p$  : τα εν παραλλήλω πλαίσια στην συστοιχία

$w$  : το πλάτος του φωτοβολταϊκού πλαισίου

$l$  : το μήκος του φωτοβολταϊκού πλαισίου

$n_{syst}$  : Οι «σε σειρά» συστοιχίες που θα τοποθετηθούν στο οικόπεδο (η μια δίπλα στην άλλη)

$m_{syst}$  : Οι «εν παραλλήλω» συστοιχίες που θα τοποθετηθούν στο οικόπεδο (η μια κάτω από την άλλη)

$x_{ins}$  : η απόσταση μεταξύ πλαϊνών συστοιχιών (κατά συνθήκη ίσον με 2m)

$E$  : η ελάχιστη απόσταση μεταξύ γειτονικών (κατεύθυνση S-N) συστοιχιών για αποφυγή σκιάσεων

Όπως εύκολα συμπεραίνεται ο συνολικός χώρος που θα καλύψει η εγκατάσταση είναι:

$$F_{area} = X_{field} * Y_{field} \quad (\text{Εξίσωση 31})$$

### 3.6 Στατιστικά φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων – Ελλάδα 2014

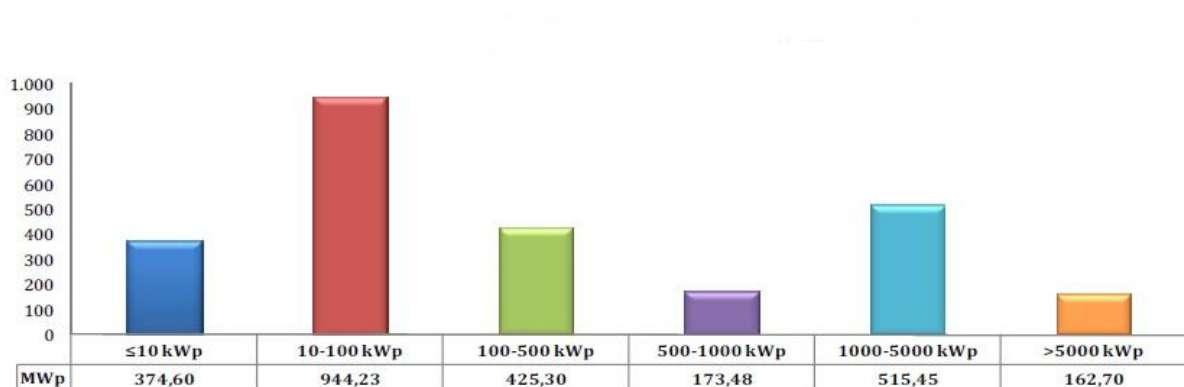
Η τελευταία χρονιά χαρακτηρίστηκε, από τους παράγοντες της αγοράς φωτοβολταϊκών, πολύ κακή μιας και λόγω της υπάρχουσας οικονομικής κατάστασης χάθηκαν χιλιάδες θέσεις εργασίας στον κλάδο και το μέγεθος της αγοράς ήταν μόλις 1.5% της αντίστοιχης του 2013.

Παρόλα τα προβλήματα, τα φωτοβολταϊκά κάλυψαν το 7% των αναγκών της χώρας ηλεκτρική ενέργεια, περισσότερο από κάθε άλλη τεχνολογία ΑΠΕ φέρνοντας την Ελλάδα στην 2<sup>η</sup> θέση διεθνώς στη συμβολή των φωτοβολταϊκών συστημάτων στην ετήσια συνολική κατανάλωση .



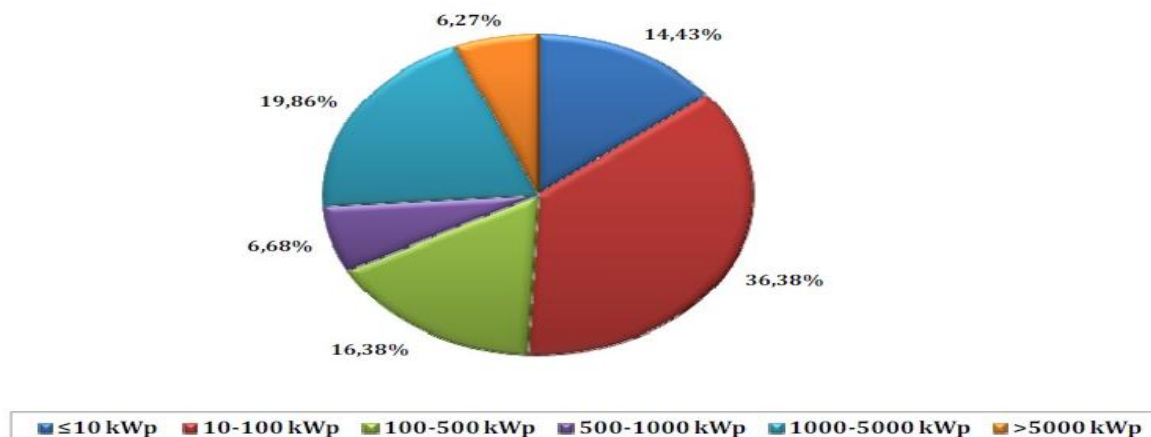
Διάγραμμα 17

#### 3.6.1 Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών ανά κατηγορία ισχύος



Διάγραμμα 18

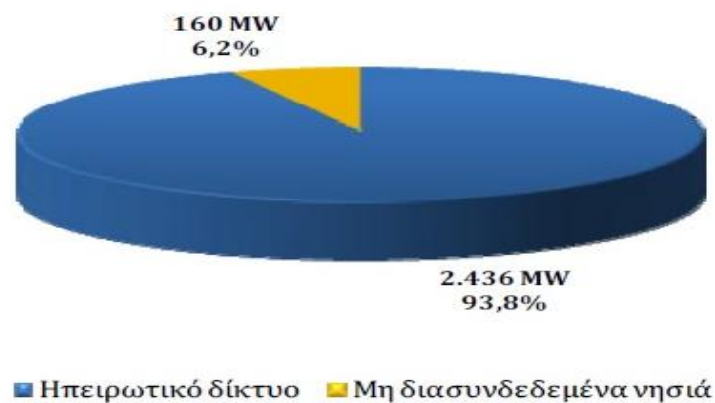




Διάγραμμα 19

Όπως και τα προηγούμενα χρόνια της τελευταίας 3-τίας παρατηρούμε ότι η πλειονότητα των εγκατεστημένων φ/β αφορά εγκαταστάσεις μικρού και μεσαίου μεγέθους (10-100kWp), αμέσως μετά έρχονται εγκαταστάσεις μεγάλου μεγέθους (1-5MWp).

### 3.6.2 Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών ανά τοποθεσία

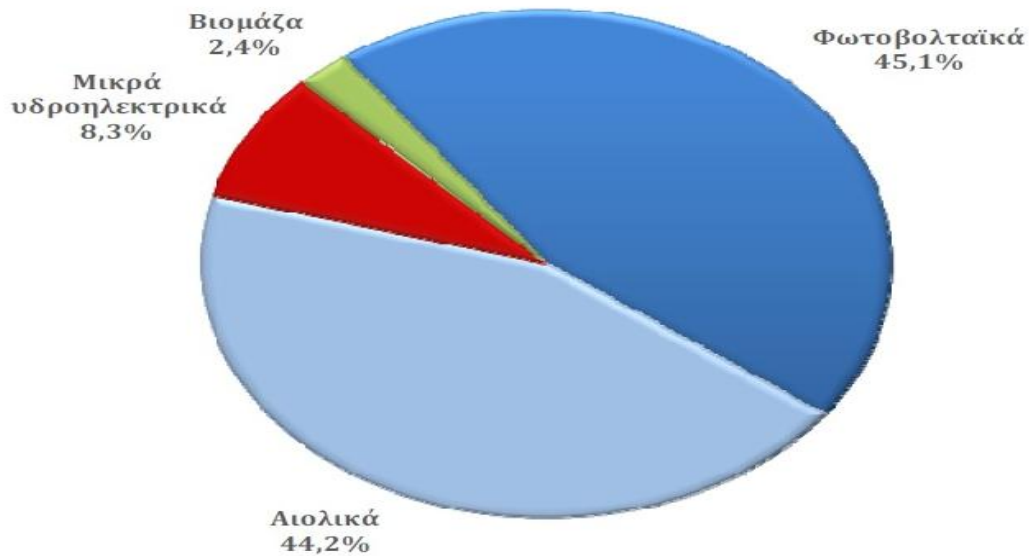


Διάγραμμα 20

Παρατηρούμε ότι το συντριπτικό ποσοστό των εγκατεστημένων φ/β βρίσκεται στον ηπειρωτικό Ελλαδικό χώρο, πράγμα αναμενόμενο. Αυτό βέβαια που είναι ανησυχητικό είναι το μικρό ποσοστό εγκατάστασης φωτοβολταϊκών που παρατηρείτε στην μη-διασυνδεδεμένη νησιωτική χώρα.

Χαρακτηριστικό είναι πώς 6 στα δέκα μη διασυνδεδεμένα νησιά (μιλάμε για μικρά νησιά του Αιγαίου) δεν έχουν ούτε 1kW εγκατεστημένη φωτοβολταϊκή ισχύ!

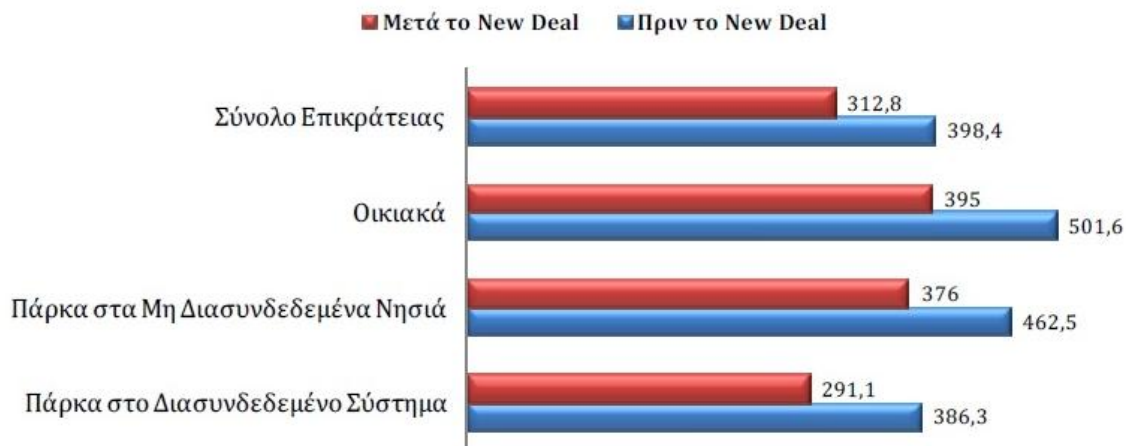
### 3.6.3 Μερίδιο τεχνολογιών στη συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ



Διάγραμμα 21

Στο παραπάνω Διάγραμμα παρατηρούμε την κυριαρχία των φωτοβολταϊκών στην συνολικά παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ . Κυριαρχία όμως που αρχίζει και αμφισβητείται από άλλες μορφές όπως η αιολική , λόγω της σχεδόν καταστροφικής χρονιάς που πέρασε.

### 3.6.4 Μέση ταρίφα φωτοβολταϊκών μετά την επαναδιαπραγμάτευση των τιμών



Διάγραμμα 22

Ένας ακόμα σημαντικός λόγος που συνέβαλε στην δραματική μείωση των εγκατεστημένων φ/β στην χώρα είναι η επαναδιαπραγμάτευση των τιμών ανά MWh. Η διαφοράς μετά το νέο μειωμένο deal φαίνονται στο παραπάνω διάγραμμα .

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

#### 4.1 Οικονομικά μεγέθη

Σε κάθε επένδυση, όπως και σε αυτήν της δημιουργίας μίας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, πολύ σημαντικό ρόλο παίζει και η οικονομική αποδοτικότητα/βιωσιμότητα του έργου. Η οικονομική ανάλυση μιας τέτοιας επένδυσης γίνεται βάσει των χρόνων που διαρκεί η επένδυση, ή όσο διαρκεί η σύμβαση πώλησης ρεύματος στον πάροχο/διανομέα (Δ.Ε.Η), δύο έννοιες που τις περισσότερες φορές είναι ταυτόσημες.

Για την ανάλυση οικονομικής βιωσιμότητας ενός φωτοβολταϊκού συστήματος θα υιοθετήσουμε τους παρακάτω συμβολισμούς για τα οικονομικά μεγέθη κάθε έτους t:

Et : τα έσοδα από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας

ΛΔt : οι λειτουργικές δαπάνες της επένδυσης (λειτουργικά κόστη, μισθολογικά κόστη, ασφαλιστικά κόστη κ.τ.λ)

Αt : οι προβλεπόμενες αποσβέσεις για την επένδυση

ΦΣ : Ο φορολογικός συντελεστής για τον υπολογισμό του φόρου εισοδήματος

Φt : οι φόροι που καταβάλλει η επιχείρηση

ΔΔt : η δόση δανείου που καταβάλλεται (σε περίπτωση ύπαρξης δανειακών κεφαλαίων)

Tt : ο τόκος που καταβάλλεται ετησίως (σε περίπτωση ύπαρξης δανειακών κεφαλαίων)

Xt : το χρεολύσιο που καταβάλλεται ετησίως (σε περίπτωση ύπαρξης δανειακών κεφαλαίων)

##### 4.1.1 Υπολογισμός δόσης δανείου

Η δόση ενός δανείου διαφέρει ανάλογα με τον επιλεγόμενο τρόπο αποπληρωμής του, σε κάθε περίπτωση όμως το άθροισμα τόκων (Tt) και χρεολυσίων (Xt) μας δίνουν τα τοκοχρεολύσια (ΔΔt) κάθε έτους σύμφωνα με τον τύπο :

$$\Delta\Delta_t = \left( k_d + \frac{k_d}{(1 + k_d)^{N_d} - 1} \right) * K_d \quad (\text{Εξίσωση 32})$$

Θεωρώντας εξόφληση με σταθερά τοκοχρεολύσια, στο τέλος κάθε έτους καταβάλλεται σταθερή δόση ( $\Delta\Delta_t$ ) και από έτος σε έτος ο τόκος μειώνεται ενώ το χρεολύσιο αυξάνει. Τα χρεολύσια κάθε έτους δίνονται από τον τύπο :

$$X_t = \frac{k_d}{(1 + k_d)^{N_d} - 1} * K_d * (1 + k_d)^{t-1} \quad (\text{Εξίσωση 33})$$

$k_d$  : το επιτόκιο δανεισμού

$N_d$  : η περίοδος εξόφλησης του δανείου σε έτη

$K_d$  : το δανειακό κεφάλαιο (loan capital)

Οι τόκοι κάθε έτους ( $T_t$ ) μπορούν να υπολογιστούν με απλή αφαίρεση και δίνονται από τον τύπο:

$$T_t = \Delta\Delta_t - X_t \quad (\text{Εξίσωση 34})$$

#### 4.1.2 Μέθοδος απόσβεσης

Μια συνηθισμένη μέθοδος απόσβεσης των επενδύσεων ( $A_t$ ) , είναι η γραμμική, σύμφωνα με την οποία αν ο χρόνος απόσβεσης είναι  $N_A$  έτη, τότε η ετήσια απόσβεση θα είναι  $1/N_A$  του αρχικού κόστους της επένδυσης. Η απόσβεση δίνεται από τον τύπο:

$$A_t = \frac{K_{O,TOTAL}}{N_A} \quad (\text{Εξίσωση 35})$$

#### 4.1.3 Υπολογισμός φόρων

Ο υπολογισμός του φόρου που θα κλιθεί να πληρώσει η επιχείρηση υπολογίζεται αφού από τα έσοδα από την πώληση του ηλεκτρικού ρεύματος αφαιρεθούν τα έξοδα λειτουργικών δαπανών, λόγω αποσβέσεων και αποπληρωμής τόκων.

$$\Phi_t = (E_t - \Delta\Delta_t - A_t - T_t) * \Phi\Sigma \quad (\text{Εξίσωση 36})$$

#### 4.1.4 Καθαρές ταμειακές ροές

Οι καθαρές ταμειακές ροές κάθε έτους πόσα χρήματα μπαίνουν καθαρά στο ταμείο της επιχείρησης κάθε χρόνο και δίνονται από τον τύπο :

$$KTP_t = (E_t - \Delta_t - A_t - T_t) * (1 - \Phi\Sigma) + A_t - X_t \quad (\text{Εξίσωση 37})$$

Εάν η επένδυση γίνεται 100% από ίδια κεφάλαια τότε οι όροι  $\Delta_t$ ,  $T_t$  και  $X_t$  παίρνουν τιμή 0 και οι ετήσιες καθαρές ταμειακές ροές προκύπτουν από την:

$$KTP_t = (E_t - \Delta_t - A_t) * (1 - \Phi\Sigma) + A_t \quad (\text{Εξίσωση 38})$$

#### 4.2 Καθαρή Παρούσα Αξία (Net Present Value – NPV)

Η καθαρή παρούσα αξία είναι η αξία της επένδυσης ανηγμένης στη χρονική στιγμή έναρξης της εμπορικής της λειτουργίας και είναι ο σημαντικότερος οικονομικός δείκτης αφού αυτός θα μας καθορίσει αν η επένδυση θα επιλεγεί ή θα απορροφηθεί. Το NPV δίνεται από τον τύπο :

$$NPV = -K_{0,TOTAL} + \frac{Y_{AN}}{(1 + k_{Eq})^N} + \sum_{t=1}^N \frac{KTP_t}{(1 + k_{Eq})^t} \quad (\text{Εξίσωση 39})$$

$K_{0,Eq}$  : τα ίδια κεφάλαια της επένδυσης

$k_{Eq}$  : το επιτόκιο αναγωγής που εκφράζει την επιθυμητή απόδοση των ιδίων κεφαλαίων

$N$  : η διάρκεια της επένδυσης σε έτη

$Y_{AN}$  : η υπολειμματική αξία της επένδυσης το N-οστό έτος

### 4.3 Αξιολόγηση επενδυτικού σχεδιασμού

Όσον αφορά την τελική αξιολόγηση του επενδυτικού σχεδίου το NPV είναι εκείνο που θα μας καθορίσει την επιλογή του ή την απόρριψή του.

Έτσι,

- Εάν  $NPV > 0$  , έχουμε **επιλογή** του έργου
- Εάν  $NPV < 0$  , έχουμε **απόρριψη** του έργου
- Εάν  $NPV = 0$  , τότε έγκειται στον επενδυτή η αποδοχή ή απόρριψή του (**οριακή κατάσταση**)

\*όλες οι παραπάνω εξισώσεις, οικονομικοί όροι, μεγέθη και περιορισμοί δίνονται στις “σημειώσεις Οικονομικής Αξιολόγησης Επενδύσεων Ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ” του αναπληρωτή καθηγητή κ. Σταύρου Παπαθανασίου

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΔΙΑΔΥΚΤΙΑΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ



#### 5.1 Τι είναι οι web-apps ?

Η διαδικτυακή εφαρμογή (**web-app** ή web application) είναι μια client-server εφαρμογή λογισμικού, εγκατεστημένη σε κάποιο απομακρυσμένο server, η οποία είναι διαθέσιμη μέσω διαδικτύου(web) την οποία ο χρήστης (ή η διεπαφή χρήστη – user interface) «τρέχει» σε έναν απλό περιηγητή (web-browser) .

Οι web-εφαρμογές είναι ιδιαίτερα δημοφιλής λόγω της πανταχού παρουσίας των web-browsers και για την ευκολία που έχει ο χρήστης να χρησιμοποιεί και να ενημερώνει αυτές τις εφαρμογές χωρίς τη διανομή και εγκατάσταση λογισμικού δε δυνητικά χιλιάδες υπολογιστές .



### 5.1.1 Πλεονεκτήματα μιας web-app

Τα βασικά πλεονεκτήματα των διαδικτυακών εφαρμογών είναι :

- **Άμεση πρόσβαση από οποιαδήποτε συσκευή :** Οι χρήστες των διαδικτυακών εφαρμογών έχουν άμεση πρόσβαση στις εφαρμογές από οποιονδήποτε σταθερό ή κινητό Η/Υ ή ακόμα και από κινητά τηλέφωνα και tablets, αρκεί να υπάρχει πρόσβαση στο διαδίκτυο. Το μόνο που χρειάζεται κάποιος είναι ένας web-browser που συνήθως είναι προεγκατεστημένος σε όλα τα σύγχρονα λειτουργικά συστήματα (σταθερών ή κινητών συσκευών)
- **Χρήση ανεξαρτήτου τοποθεσίας :** Στους χρήστες παρέχεται η δυνατότητα απομακρυσμένης χρήσης , αφού εξ αιτίας της δομής τους, οι web-apps δίνουν την δυνατότητα στον χρήστη να εργάζεται ακόμα και αν δεν βρίσκεται στον χώρο εργασίας του
- **Συμβατότητα με λειτουργικά συστήματα :** Οι εφαρμογές είναι συμβατές με όλα τα σύγχρονα λειτουργικά συστήματα . Αυτό διότι η εφαρμογή εκτελείται μέσω του web-browser και όχι μέσω του ίδιου του υπολογιστή.
- **Μηδενική κατανάλωση πόρων συστήματος :** Συνέπεια του ότι οι web-apps δεν εκτελούνται στον υπολογιστή, όπως προείπαμε, είναι να μην καταναλώνουν πόρους από το σύστημα. Οι διαδικτυακές εφαρμογές είναι πολύ “ελαφριές” για την υπολογιστική μονάδα
- **Δεν καταλαμβάνουν χώρο στην μονάδα δίσκου :** Οι εφαρμογές web δεν καταλαμβάνουν καθόλου (ή πολύ λίγο) χώρο στην μονάδα δίσκου, μιας και το σύνολο της εφαρμογής είναι αποθηκευμένο σε απομακρυσμένο εξυπηρετητή(server) . Χώρος στον δίσκο θα καλυφθεί μόνο εάν ο ίδιος ο χρήστης το επιλέξει (π.χ κατέβασμα ενός .pdf αρχείου)
- **Γρήγορη και εύκολη αναβάθμιση(update) :** Συγκριτικά με της τοπικές εφαρμογές εκείνες που λειτουργούν στο διαδίκτυο παρουσιάζουν σημαντικό πλεονέκτημα. Ενώ σε μια τοπική εφαρμογή η αναβάθμιση θα πρέπει να γίνει σε κάθε έναν υπολογιστή ξεχωριστά (πράγμα που απαιτεί χρόνο), στις διαδικτυακές εφαρμογές φτάνει η αναβάθμιση να γίνει στον server που φιλοξενεί την εφαρμογή και το αναβαθμισμένο application είναι τώρα διαθέσιμο σε όλους τους χρήστες. Εκτός από τον χρόνο διεκπεραίωσης, που είναι και το πλέον ζητούμενο στην εποχή μας, οι εφαρμογές αυτές παρουσιάζουν και αρκετά μειωμένο κόστος συντήρησης αφού βάσει όσον περιγράψαμε απαιτούν λιγότερους πόρους σε χρήματα αλλά και εργατικό δυναμικό.

- **Αισθητά βελτιωμένο περιβάλλον χρήστη :** Με την χρήση σύγχρονων και μοντέρνων εργαλείων (HTML,CSS κ.α) οι διαδικτυακές εφαρμογές πετυχαίνουν να δημιουργήσουν ένα πολύ φιλικό περιβάλλον προς τον χρήστη με εμπλουτισμό του interface με εικόνες, βίντεο ακόμα και μουσική

### 5.1.2 Μειονεκτήματα μιας web-app

Τα βασικά μειονεκτήματα των διαδικτυακών εφαρμογών είναι :

- **Αδυναμία χρήσης χωρίς πρόσβαση στο διαδίκτυο :** Θα μπορούσαμε να πούμε ότι μεγαλύτερο πλεονέκτημα των web εφαρμογών είναι παράλληλα και το μεγαλύτερο μειονέκτημά τους. Αν και σήμερα με την χρήση της **XTML** πολλές εφαρμογές είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν και χωρίς πρόσβαση στο διαδίκτυο, η μεγάλη πλειονότητα των web εφαρμογών που υπάρχουν σήμερα δεν μπορούν να λειτουργήσουν χωρίς την χρήση internet.
- **Μη πλήρης συμβατότητα με τους web-browsers :** Με την χρήση της HTML5 (τελευταία και πιο σύγχρονη έκδοση της HTML) δημιουργήθηκαν πάρα πολλά προβλήματα όσον αφορά την συμβατότητά της με τους υπάρχοντες περιηγητές. Οι εταιρίες που ασχολούνται με την ανάπτυξη των web-browsers αυτών δεν έχουν καταφέρει ακόμα να ενσωματώσουν πλήρως την HTML5 στα λογισμικά τους με αποτέλεσμα ο χρήστης να μην μπορεί να εκμεταλλευτεί πλήρως της δυνατότητες της εφαρμογής. Λόγω αυτής της ασυμβατότητας παρατηρούνται περιπτώσεις όπου διαφορετικοί περιηγητές αντιμετωπίζουν διαφορετικά ίδια *tasks* της εφαρμογής ή ακόμα και περιπτώσεις που συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της εφαρμογής δεν λειτουργούν καθόλου ανάλογα με τον χρησιμοποιούμενο web –browser . (**βλ. User's Guide και "Χρήση διαφορετικών web-Browsers"**)
- **Άμεση αναβάθμιση :** Ένα ακόμη χαρακτηριστικό παράδειγμα "πλεονεκτήματος-μειονεκτήματος" είναι και η αναβάθμιση των εφαρμογών. Αν και όπως είπαμε η αναβάθμιση των διαδικτυακών εφαρμογών μας γλυτώνει χρόνο και χρήμα, από την άλλη ο χρήστης των εφαρμογών αυτών δεν έχει γνώμη σχετικά με τον τρόπο και τον χρόνο αναβάθμισής τους. Σε τοπικές εφαρμογές ο χρήστης μπορεί να αναβαθμίσει την εφαρμογή του σε χρόνο που εκείνος θεωρεί σκόπιμο κρίνοντας από το κόστος της αναβάθμισης, την αξιοπιστία της αναβαθμισμένης εφαρμογής κ.τ.λ . Αντίθετα στις διαδικτυακές εφαρμογές η αναβάθμιση γίνεται χωρίς πρώτα να ερωτηθεί το σύνολο των χρηστών. Για παράδειγμα στην περίπτωση που η ερχόμενη αναβαθμισμένη εφαρμογή έχει

σφάλματα (bugs) ο χρήστης δεν μπορεί να αποτρέψει την αναβάθμιση αυτή, κάτι που θα έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια κρίσιμου και χρήσιμου χρόνου από την εργασία του, τουλάχιστον μέχρι να διορθωθεί η εφαρμογή με νέα αναβάθμιση

- **Μελλοντικοί περιηγητές και μειωμένη προσβασιμότητα** : Τέλος ένα “εν δυνάμει” μειονέκτημα είναι και η πιθανή ασυμβατότητα της εφαρμογής με μελλοντικές εκδόσεις του περιηγητή μας. Καθώς οι εφαρμογές αναπτύσσονται, αναβαθμίζονται και συντηρούνται σε έναν συγκεκριμένο web-browser , μελλοντικές εκδόσεις του ίδιου αυτού browser μπορεί να μην υποστηρίζουν πλέον κάποια από τα στοιχεία της εφαρμογής. Αυτό συχνά συμβαίνει γιατί κάποια από τα υποστηριζόμενα στοιχεία και τεχνικές εγκαταλείπονται από τους περιηγητές αν η εταιρία παραγωγής τους, κρίνει πως αυτά δεν έχουν μέλλον στις εφαρμογές διαδικτύου. Έτσι ως επακόλουθο έχουμε την δυσλειτουργία των παλιότερων (out-of-date) εφαρμογών καθιστώντας αναγκαία την αναβάθμισή τους.

### 5.1.3 Δομή μιας web-app

Οι εφαρμογές συνήθως χωρίζονται σε λογικά κομμάτια που ονομάζονται «βαθμίδες», όπου σε κάθε βαθμίδα έχει εκχωρηθεί ένας ρόλος. Οι «παραδοσιακές» τοπικές εφαρμογές ακολουθούν σύστημα 1 επιπέδου το οποίο βρίσκεται στο μηχάνημα του πελάτη. Αντίθετα οι web applications προσφέρονται από την φύση τους για ν-κλιμακωτή προσέγγιση . Αν και πολλές παραλλαγές είναι δυνατές, η δομή τριών (3) επιπέδων είναι η πιο κοινή. Στην πιο κοινή τους μορφή οι τρεις αυτές βαθμίδες ονομάζονται με αυτήν την σειρά “**παρουσίαση- εφαρμογή και αποθήκευση**” . Ένα πρόγραμμα περιήγησης στο web ( web-browser ) αποτελεί την πρώτη βαθμίδα (**presentation**) . Μια μηχανή που χρησιμοποιεί κάποια δυναμική τεχνολογία περιεχομένου Ιστού (*Dynamic web Content Technology*) όπως (ASP, Dart, JSP/Java, PHP, Python κ.α) είναι η δεύτερη βαθμίδα (**application logic**) και η βάση δεδομένων είναι η τρίτη βαθμίδα (**storage**) . Ο web-Browser στέλνει αιτήματα στην μεσαία βαθμίδα, που τα εξυπηρετεί κάνοντας ερωτήσεις και ενημερώσεις με την βάση δεδομένων και δημιουργεί ένα περιβάλλον εργασίας χρήστη (User’s Interface) .

Σε πιο σύνθετες εφαρμογές η 3-επίπεδη λογική εγκαταλείπεται και υιοθετείται συνήθως λογική περισσότερων επιπέδων , μέσα από το σπάσιμο των τριών βασικών βαθμίδων σε μικρότερες .

## 5.2 Γλώσσες προγραμματισμού για Web-apps

Ο χώρος του διαδικτύου εξελίσσεται, οι απαιτήσεις των χρηστών αυξάνονται, οι mobile συσκευές κερδίζουν μεγάλο μερίδιο της αγοράς . Χάρτες, videos, eBooks, παιχνίδια... που οι χρήστες θα μπορούν να έχουν πρόσβαση ανεξάρτητα από τον τύπο της συσκευή που χρησιμοποιούν και το που βρίσκονται.

Όλα αυτά και άλλα πολλά έρχεται να λύσει η **HTML5** «παρέα» με το **CSS3** & την **JavaScript**!

Αναρωτιέστε πως είναι; Πατήστε CTRL+U στο πληκτρολόγιο σας και θα δείτε τον HTML5 κώδικα της σελίδας που τώρα διαβάζετε.

Αν και η HTML5 (τελευταία έκδοση της HTML) είναι ακόμα σε στάδιο ανάπτυξης όλο και περισσότεροι browsers ενσωματώνουν τα νέα χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες που φέρνει μαζί του.

### 5.2.1 HTML

Η HTML5(Hyper Text Markup Language) είναι η κύρια **γλώσσα σήμανσης** για τη δόμηση και παρουσίαση περιεχομένου στον Παγκόσμιο Ιστό (www) . Οι web-Browsers μπορούν να διαβάσουν αρχεία HTML και να τα «μετατρέψουν» σε ορατό κείμενο, ήχο, βίντεο κ.α . Η HTML “περιγράφει” την δομή μιας ιστοσελίδας σημασιολογικά με στοιχεία παρουσίασης καθιστώντας την μια γλώσσα σήμανσης παρά μια γλώσσα προγραμματισμού .

Τα HTML στοιχεία (*elements*) αποτελούν τις δομικές μονάδες όλων των διαδικτυακών τόπων. Η HTML ενσωματώνει εικόνες και αντικείμενα(objects) για την δημιουργία διαδραστικών μορφών . Παρέχει τα μέσα εκείνα για την δημιουργία δομημένων μορφών εγγράφου μέσα από συντακτική σημασιολογία . όπως παραγράφους, επικεφαλίδες, λίστες, συνδέσμους κ.α

Η HTML συντάσσεται υπό μορφή στοιχείων τα οποία αποτελούνται από ετικέτες (tags) οι οποίες περικλείονται από αγκύλες ( <html> ). Οι περιηγητές δεν εμφανίζουν τις ετικέτες HTML αλλά τις χρησιμοποιούν για να ερμηνεύσουν το περιεχόμενο της σελίδας. **Π.χ** ένα περιεχόμενο που αναφέρεται με την ετικέτα <footer> υποδηλώνει περιεχόμενο που βρίσκεται στο κάτω μέρος της σελίδας και περιεχόμενο που αναφέρεται με την ετικέτα <h1> υποδηλώνει περιεχόμενο επικεφαλίδας.

Η HTML μπορεί να ενσωματώσει σενάρια εντολών (scripts) γραμμένα σε γλώσσες όπως η JavaScript που επηρεάζουν τη συμπεριφορά των ιστοσελίδων HTML . Τα προγράμματα περιήγησης web χρησιμοποιούν επίσης την CSS (Cascading Style Sheets) για να ορίσουν την εμφάνιση και την διάταξη του κειμένου ή άλλου υλικού.

Το World Wide Web Consumption (W3C) είναι ο συντηρητής τόσο της HTML όσο και των CSS προτύπων .

### **5.2.2 PHP**

Η PHP είναι μια server-side γλώσσα προγραμματισμού για την δημιουργία σελίδων με δυναμικό περιεχόμενο. Ο PHP κώδικας μπορεί να αναμειχθεί απλώς με HTML κώδικα ή να χρησιμοποιηθεί παράλληλα με διάφορες μηχανές προτύπων και πλαισίων ιστοσελίδων και θα εκτελείται κάθε φορά που επισκέπτεστε μία ιστοσελίδα. Ένα αρχείο κώδικα με κατάληξη .php, μεταφράζεται στον Web διακομιστή (server) και δημιουργεί σελίδες HTML και άλλες εξόδους που είναι ορατές στον χρήστη.

Από της αρχές του 2013, η PHP έχει εγκατασταθεί σε περισσότερους από 340 εκατομμύρια ιστοσελίδες (39% της παγκόσμιας αγοράς) και σε πάνω από 2 εκατομμύρια servers.

#### **5.2.2.1 Διαφορές ανάμεσα σε HTML και PHP**

Πολλές φορές οι έννοιες της γλώσσας HTML και αυτής της PHP συγχέονται και δεν είναι εύκολο να κατανοήσουμε πλήρως ούτε τις διαφορές τους .

Η HTML είναι ένα σύνολο οδηγιών που εκτελείται στον web-browser (internet explorer, firefox κ.τ.λ) και καθορίζουν τον τρόπο (χρώμα, μέγεθος, έμφαση) που εμφανίζονται τα αντικείμενα (κείμενο, εικόνες κ.τ.λ ) σε μία ιστοσελίδα . Η PHP είναι γλώσσα προγραμματισμού που τρέχει στον web-server και βοηθά στην δημιουργία, συμπλήρωση και ολοκλήρωση μιας σελίδας html. Ο κώδικας php δεν είναι ορατός στον τελικό αποδέκτη, δηλαδή σ' αυτόν που ανοίγει μια σελίδα. Βλέπει όμως τον html κώδικα που είναι αποτέλεσμα του προγράμματος που τρέχει στον web server και είναι γραμμένο σε PHP.

Ο λόγος που χρησιμοποιούμε την PHP είναι διότι μας βοηθά να δημιουργούμε HTML σελίδες δυναμικά. Αυτό σημαίνει ότι φτιάχνουμε ένα πρότυπο σελίδας και με τη βοήθεια κώδικα PHP προκαλούμε την αυτόματη προσαρμογή της σελίδας σε διάφορες μεταβλητές που έχουν σχέση με την εισαγωγή στοιχείων από τον χρήστη, ή στοιχείων του server ή στοιχείων που μεταβάλλονται με το χρόνο, κ.τ.λ .

### 5.2.3 JavaScript (JS)

Η JavaScript είναι μια υψηλού επιπέδου, δυναμική, διερμηνευμένη γλώσσα προγραμματισμού . Παράλληλα με την HTML και το CSS είναι μία από τις τρεις βασικές τεχνολογίες δημιουργίας ιστοσελίδων περιεχομένου . Η JS είναι ενσωματωμένη σήμερα, στις περισσότερες ιστοσελίδες ενώ υποστηρίζεται από την πλειοψηφία των σύγχρονων προγραμμάτων περιήγησης χωρίς πρόσθετα (plug-in's ). Η JS είναι μια γλώσσα σεναρίων (prototype-based) χρησιμοποιείται για την δημιουργία συναρτήσεων (functions) πρώτης κλάσης καθιστώντας την κατά κύριο λόγο μια **συναρτησιακή γλώσσα προγραμματισμού** .

Παρά την όποια ονομαστική ή άλλη ομοιότητά τους JavaScript και Java είναι επί της ουσίας άσχετες μεταξύ τους καθώς παρουσιάζουν πάρα πολλές διαφορές στην σημασιολογία τους. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι η JS μοιάζει περισσότερο στην γλώσσα C αφού η σύνταξή της είναι εμφανώς επηρεασμένη από αυτήν.

Η JS χρησιμοποιείται και σε εφαρμογές εκτός ιστοσελίδων (non-web based applications) με χαρακτηριστικότερο παράδειγμα τα έγγραφα pdf . Οι νεότερες εικονικές μηχανές (virtual machines) και πλαίσια ανάπτυξης για JavaScript (όπως το Node.js) έχουν κάνει την JavaScript ακόμα πιο δημοφιλή για την ανάπτυξη (server-side) διαδικτυακών εφαρμογών.

### 5.2.4 CSS (Cascading Style Sheet)

Η CSS (Cascading Style Sheet) ή αλληλουχία φύλλων στυλ είναι μία γλώσσα υπολογιστή που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της εμφάνισης εγγράφου γραμμένου σε μία γλώσσα σήμανσης (HTML) . Χρησιμοποιείται δηλαδή για τον έλεγχο εμφάνισης μίας ιστοσελίδας και γενικότερα ενός ιστοτόπου . Η CSS αναπτύχθηκε κυρίως για τον διαχωρισμό του περιεχομένου από την παρουσίαση/εμφάνιση του εγγράφου και αναπτύσσει στυλιστικά μια ιστοσελίδα, δηλαδή διαμορφώνει περισσότερα χαρακτηριστικά χρώματα, στοίχιση κ.τ.λ . Αυτός ο διαχωρισμός μπορεί να βελτιώσει την πρόσβαση στο περιεχόμενου, να παράσχει περισσότερη ευελιξία και καλύτερο έλεγχο πάνω στα χαρακτηριστικά του περιεχομένου και να επιτρέπει σε περισσότερες από μία σελίδες HTML να έχουν πρόσβαση σε μια συγκεκριμένη μορφοποίηση με την δημιουργία ενός ξεχωριστού αρχείου .css . Αυτό κάνει την διαδικασία μορφοποίησης λιγότερο πολύπλοκη και καταργεί την έννοια της επαναληπτικότητας. Για κάθε συμβατό στοιχείο HTML (HTML element) παρέχει μια σειρά από «οδηγίες μορφοποίησης» **π.χ** Αν θέλουμε να βλέπουμε όλες τις επικεφαλίδες τις σελίδας μας με έντονα (bold) γράμματα αρκεί να δημιουργήσουμε έναν κανόνα CSS που θα θέτει όλες τα στοιχεία τύπου *επικεφαλίδας* σε έντονη γραφή .

Μαζί με την HTML και την JavaScript, το CSS είναι ο ακρογωνιαίος λίθος της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται από τους περισσότερους ιστοτόπους για να δημιουργήσουν οπτικά ελκυστικές ιστοσελίδες, διεπαφές χρήστη για εφαρμογές web, και διεπαφές χρήστη για πολλές κινητές εφαρμογές (mobile-apps).

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6**

### **User's Guide**



## USER'S GUIDE



**e-photovoltaic version 1.0**



# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>1. Για αυτό το εγχειρίδιο .....</b>	<b>62</b>
1.1 Εγκυρότητα.....	62
1.2 Ομάδα-στόχος (target group).....	62
1.3 Σύμβολα.....	63
<b>2. Βασικά για το e-photovoltaic.....</b>	<b>65</b>
2.1 Εισαγωγή.....	65
2.2 Τι μας βοηθά η εφαρμογή να πετύχουμε.....	65
2.3 Πώς είναι οργανωμένη η εφαρμογή.....	65
2.4 Λειτουργίες.....	66
<b>3. Εγκατάσταση.....</b>	<b>69</b>
3.1 Απαιτήσεις συστήματος.....	69
3.2 Υποστηριζόμενοι web-browsers.....	69
3.3 Χρήση διαφορετικών web-Browsers.....	70
3.3.1 Τι αλλάζει με την χρήση διαφορετικών web-Browsers.....	70
3.3.2 Ποιοι web-Browsers υποστηρίζουν καλύτερα την HTML.....	70
3.3.3 Ο web-Browser πάνω στον οποίο αναπτύχθηκε η εφαρμογή.....	71
3.4 Χρήση του app σε διαφορετικά περιβάλλοντα .....	71
<b>4. Χρησιμοποιώντας το e-photovoltaic .....</b>	<b>73</b>
4.1 Βασικά τμήματα της εφαρμογής.....	73
4.2 Κατανόηση της σημασίας των διαφόρων πεδίων δεδομένων που παρέχει το e-photovoltaic.....	76
4.3 Χρήση των “Buttons” NEXT και BACK.....	77
4.4 Χρησιμοποιώντας το ποντίκι και το πληκτρολόγιο.....	78
<b>5. User Interface.....</b>	<b>81</b>
5.1 Διάταξη σελίδας.....	81
5.2 Menu bar.....	83
5.2.1 Home.....	83
5.2.2 Previous Cases.....	85
5.2.3 Contact Us.....	85
5.2.4 Help.....	86
5.3 Δημιουργώντας μια νέα εργασία.....	87
5.3.1 <b>Step 1 – Project Data</b> .....	87
5.3.1.1 Project details.....	87
5.3.1.2 Orientation.....	88
5.3.1.3 Temperature.....	89
5.3.1.4 Irradiation.....	90
5.3.2 <b>Step 2 – Configure PV System</b> .....	91

5.3.2.1	Cells.....	91
5.3.2.1.1	General.....	92
5.3.2.1.2	Basic Data.....	92
5.3.2.1.3	Size & Technology.....	93
5.3.2.1.4	Commercial.....	94
5.3.2.1.5	Graphics.....	95
5.3.2.2	Inverters.....	97
5.3.2.2.1	General.....	97
5.3.2.2.2	Basic Data.....	98
5.3.2.2.3	Sizes.....	99
5.3.2.2.4	Commercial.....	100
5.3.3	<b>Step 3 – Configure PV Array &amp; Wire-sizing.....</b>	<b>100</b>
5.3.3.1	PV Module Orientation.....	101
5.3.3.2	System Power & Grid Connection.....	101
5.3.3.3	Design of the Array.....	102
5.3.3.4	Field Settings.....	104
5.3.3.5	Cable Losses DC-side.....	105
5.3.3.6	Cable Losses AC-side .....	106
5.3.4	<b>Step 4 – Analyze Efficiency.....</b>	<b>107</b>
5.3.4.1	Electricity Purchase cost.....	107
5.3.4.2	PV System cost.....	108
5.3.4.3	Project funding.....	109
5.3.4.4	Taxes & Taxation .....	110
5.3.4.5	Results Overview.....	110
5.3.5	<b>Step 5 – Export your project documentation.....</b>	<b>111</b>
6.	<b>FAQ.....</b>	<b>113</b>



# Γι αυτό το εγχειρίδιο

---

## Εγκυρότητα

Αυτό το έγγραφο είναι έγκυρο για την online έκδοση του λογισμικού e-photovoltaic , έκδοση 1.0

---

## Target Group

Αυτό το έγγραφο προορίζεται για Σχεδιαστές Φωτοβολταϊκών Συστημάτων καθώς και ακαδημαϊκούς σπουδαστές στον χώρο της Ενέργειας.

Οι σχεδιαστές φωτοβολταϊκών συστημάτων πρέπει να έχουν τα ακόλουθα προσόντα :

Γνώση της τεχνολογίας και λειτουργίας του Inverter (αντιστροφέα)

Γνώση όλων των εφαρμοστέων οδηγιών και προτύπων

---

## Σύμβολα

Σε αυτό το έγγραφο χρησιμοποιούνται τα ακόλουθα σχήματα και συμβάσεις



### Caution

Caution – ΠΡΟΣΟΧΗ

Αυτό το σύμβολο υποδεικνύει σημαντικές παρατηρήσεις και περιορισμούς για την χρήση της εφαρμογής



### Note

Note – ΣΗΜΕΙΩΣΗ

Αυτό το σύμβολο υποδεικνύει συμπληρωματικές εξηγήσεις και χρήσιμες συμβουλές σχετικά με την λειτουργία της εφαρμογής



### Reference

Reference – ΠΑΡΑΠΟΜΠΗ

Αυτό το σύμβολο υποδεικνύει σελίδα ( ες ) που σχετίζονται με μια συγκεκριμένη λειτουργία .Η αναφορά "p. xx " χρησιμοποιείται για να αναφερθεί σε σελίδες αυτού του εγχειριδίου





# Βασικά για το e-photovoltaic

---

## Εισαγωγή

Το e-photovoltaic είναι μια διαδικτυακή εφαρμογή (Web-app) που σκοπό έχει τον σχεδιασμό Φωτοβολταϊκών Συστημάτων. Η εφαρμογή αυτή αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της ανάθεσης διπλωματικής εργασίας από το τμήμα Η.Μ.Μ.Υ (Electronic and Computer Engineering (ECE)) στον σπουδαστή Ανδριανόπουλο Γεώργιο.

---

## Τι μας βοηθά αυτή η εφαρμογή να πετύχουμε ;

Το e-photovoltaic σας βοηθά να εκπληρώσετε μια σειρά από σημαντικές εργασίες σχετικά με την μελέτη και σχεδίαση Φωτοβολταϊκών Συστημάτων. Η εφαρμογή σας παρέχει όλες εκείνες τις λειτουργίες και διευκολύνσεις για να σχεδιάσετε όσο το δυνατόν καλύτερα το δικό σας Φ/Β Σύστημα.

---

## Πώς είναι οργανωμένο

Η εφαρμογή e-photovoltaic είναι οργανωμένη σε 3 βασικούς άξονες και βάσει αυτών έχει σχεδιαστεί και υλοποιηθεί. Ο πρώτος άξονας είναι η εισαγωγή (από τον χρήστη) και η καταγραφή όλων εκείνων των δεδομένων που απαιτούνται για τον σχεδιασμό της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Στον πρώτο αυτό άξονα, η εφαρμογή καθοδηγεί τον χρήστη να συμπληρώσει κατάλληλα, πεδία δεδομένων που θα χρειαστούν για τον υπολογισμό και την σχεδίαση του φωτοβολταϊκού

συστήματος αλλά και πεδία που είναι χρήσιμα για την καταγραφή πληροφοριών της εργασίας.



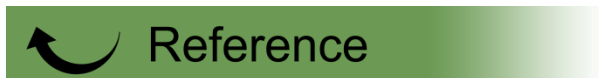
Βλ. p. 87-90

Ο δεύτερος και σημαντικότερος άξονας αφορά την αξιοποίηση των δεδομένων εισαγωγής του χρήστη . Βασική προϋπόθεση της αξιοποίησης αυτής είναι η φυσική και θεωρητική κατανόηση των δεδομένων, που με την σειρά της θα βοηθήσει στην σωστή μαθηματική και υπολογιστική επεξεργασία , με τελικό στόχο την εξαγωγή αποτελεσμάτων που θα παρουσιαστούν.



Βλ. p. 100-111

Ο τρίτος και τελευταίος άξονας αφορά την εξαγωγή των αποτελεσμάτων προς τον χρήστη , μέσα από την κατάλληλη υπολογιστική επεξεργασία των δεδομένων που έδωσε. Στο σημείο αυτό παρουσιάζονται στον χρήστη όλες εκείνες οι πληροφορίες που είναι απαραίτητες για τον σχεδιασμό του δικού του φωτοβολταϊκού συστήματος.



Βλ. p. 111

---

## Λειτουργίες

Χρησιμοποιώντας το e-photovoltaic, και σε συμμόρφωση με όλες τις νομικές και βιομηχανικές απαιτήσεις, είστε σε θέση να εκπληρώσετε ποικίλα σενάρια σχεδιασμού με χρήση διαφορετικών αντιστροφών και φωτοβολταϊκών πλαισίων με την μορφή εργασίας (project) .

Με την χρήση του e-photovoltaic τα ακόλουθα ήδη έργου είναι διαθέσιμα :

PV project: για σχεδιασμό διασυνδεδεμένης Φ/Β εγκατάστασης

**Λειτουργίες που παρέχονται για την εν λόγω εργασία:**

- Εισαγωγή και επεξεργασία τιμών ακτινοβολίας για την περιοχή μελέτης
- Εισαγωγή και επεξεργασία περιβαλλοντικών τιμών θερμοκρασίας καθώς και θερμοκρασιών πλαισίων
- Οικονομική αποδοτικότητα
- Εισαγωγή τιμών (οικονομικών) για τους αντιστροφείς και τα φωτοβολταϊκά πλαίσια
- Δημιουργία προσωπικών τοποθεσιών και περιοχών μελέτης
- Δυνατότητα δημιουργίας εργασίας με «ενδεικτικές τιμές» (όπου είναι απαραίτητο)
- Διαστασιολόγηση καλωδίων (wire-sizing)
- Διαστασιολόγηση συστοιχιών (array design)
- Χωροθέτηση οικοπέδου
- Εκτύπωση δεδομένων εργασίας ή αποθήκευση τους με την μορφή .pdf



# Εγκατάσταση

---

## Απαιτήσεις Συστήματος

Καθώς η εφαρμογή λειτουργεί διαδικτυακά οι απαιτήσεις για την λειτουργία της είναι ελάχιστες

Η χρήση του e-photovoltaic προϋποθέτει:

- Ύπαρξη Η/Υ με δυνατότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο
- Ένας υποστηριζόμενος web-browser πρέπει να είναι εγκατεστημένος στον ηλεκτρονικό υπολογιστή
- JavaScript πρέπει να είναι ενεργοποιημένη στο χρησιμοποιούμενο web-browser

---

## Υποστηριζόμενοι web-browsers

- Microsoft Internet Explorer from Version 9
- Mozilla Firefox from Version 17
- Google Chrome from Version 24
- Opera from Version 12
- Apple Safari from Version 6

---

## Χρήση διαφορετικών web-Browsers

---

### Τι αλλάζει με την χρήση διαφορετικών web-Browsers ;

Το περιεχόμενο των ιστοσελίδων δεν είναι ακριβώς το ίδιο σε όλα τα προγράμματα περιήγησης (web-browsers). Η εμπειρία σας στην χρήση διαφορετικών προγραμμάτων περιήγησης μπορεί να σας φέρει αντιμέτωπους με –άλλοτε εμφανείς και άλλοτε λιγότερο εμφανείς- διαφορές ανάμεσα σε διαφορετικούς browsers. Χρησιμοποιώντας το e-photovoltaic σε παραπάνω από έναν web-browser, ίσως να παρατηρήσετε διαφορές που έχουν να κάνουν με την εμφάνιση, την διάταξη ακόμα και το περιεχόμενο μιας ιστοσελίδας.



#### Note

Οι όποιες διαφορές ανάμεσα σε browsers δεν θα πρέπει να επηρεάζουν την εμπειρία σας με το e-photovoltaic , αρκεί βεβαία να μην παρουσιάζονται προβλήματα σχετικά με το περιεχόμενο και την πρόσβαση στην εφαρμογή.

Εάν αντιμετωπίζεται προβλήματα που σχετίζονται με το περιεχόμενο ή την προσβασιμότητα της εφαρμογής , χρησιμοποιήστε κάποιον από τους άλλους υποστηριζόμενους browsers



#### Reference

Βλ. p.69

---

## Ποιοί web-Browsers υποστηρίζουν καλύτερα την HTML ;

Οι περισσότεροι (αν όχι όλοι) σύγχρονοι web-browsers υποστηρίζουν την HTML5 . Φυσικά καθένας από αυτούς συμπεριφέρεται με διαφορετικό αλλά και αποδοτικότερο τρόπο. Μια ενδεικτική «αξιολόγηση» με κλίμακα 1...10 :



9.4



7.3



8.4



7.1



9.4

---

## Ο web-Browsers πάνω στον οποίο αναπτύχθηκε η εφαρμογή

Το e-photovoltaic αναπτύχθηκε , βασιζόμενο στο πρόγραμμα περιήγησης Google Chrome version 44.0.2403.157

---

## Χρήση της εφαρμογής σε διαφορετικά περιβάλλοντα

Το e-photovoltaic είναι έτσι σχεδιασμένο ούτως ώστε να λειτουργεί και σε portable/mobile συσκευές όπως laptops, tablets και κινητά τηλέφωνα



## Caution

Η χρήση σε tablets και κινητές συσκευές , προϋποθέτει την ύπαρξη και ενεργοποίηση της JavaScript στους mini-web-Browsers (browsers για κινητές συσκευές). Συμβουλευτείτε τα specifications της κάθε εφαρμογής από τον πάροχο εφαρμογών της συσκευής σας



# Χρησιμοποιώντας το e-photovoltaic

---

## Βασικά τμήματα της εφαρμογής

Όπως θα δείτε και στην συνέχεια (Κεφάλαιο 4) του εγχειριδίου το e-photovoltaic είναι διαρθρωμένο και χωρισμένο σε πέντε βήματα (STEPS) . Κάθε ένα από αυτά τα βήματα είναι κατάλληλα φτιαγμένο και τοποθετημένο ούτως ώστε να καθοδηγεί στον χρήστη μέσα στην εφαρμογή και χωρίς προβλήματα να τον βοηθά να ολοκληρώσει την σχεδίαση της φωτοβολταϊκής του εγκατάστασης.

Τα STEPS της εφαρμογής είναι τα ακόλουθα:

### STEP 1 – Project Data

Στο πρώτο αυτό βήμα, ο χρήστης εισάγει όλα τα δεδομένα που είναι απαραίτητα για την συνέχιση της εξερεύνησης του στην εφαρμογή. Διαφορετικά είδη data(δεδομένων) θα σας ζητηθούν σε αυτό το βήμα. Βασικές πληροφορίες της εργασίας , όπως όνομα εργασίας, αριθμός κ.τ.λ , πληροφορίες θερμοκρασιών περιβάλλοντος και πλαισίων, πληροφορίες σχετικά με τον προσανατολισμό της περιοχής έρευνας , αλλά και μετεωρολογικές πληροφορίες όπως είναι οι τιμές ακτινοβολίας στην περιοχή έρευνας



Αναλυτικότερα για το STEP 1 p. 87

## Step 2 – Configure PV System

Στο δεύτερο αυτό βήμα ο χρήστης υπεισέρχεται στην επιλογή των δομικών «εξαρτημάτων» του φωτοβολταϊκού συστήματος. Εδώ μπορείτε να επιλέξετε ανάμεσα σε διαφορετικούς τύπους πλαισίων (modules) και αντιστροφέων (inverters), να επεξεργαστείτε τιμές τον ήδη παρεχόμενων μονάδων αλλά και να δημιουργήσετε από την αρχή τους δικούς σας inverters και modules, βάζοντας νέες τιμές στα χαρακτηριστικά των μονάδων.



### Note

Ακόμα και αν το πλαίσιο ή ο inverter της αρεσκείας σας δεν παρέχεται, μπορείτε να τον προσομοιώσετε μέσα από την λειτουργία 'Customize...' που σας παρέχει το e-photovoltaic.



### Reference

Αναλυτικότερα για το STEP 2 αλλά και την λειτουργία 'Customize...' p. 91

## STEP 3 – Configure PV Array & Wire-sizing

Στο τρίτο αυτό βήμα, ο χρήστης καλείται να διαμορφώσει, βάσει της προτίμησής του, τις συστοιχίες, την επιθυμητή παραγόμενη ισχύ της εγκατάστασής, την κλίση των συστοιχιών και τον προσανατολισμό τους. Ακόμα παρέχεται η δυνατότητα εισαγωγής δεδομένων πεδίου (σ.σ οικοπέδου), όπως κλίση εδάφους, επιθυμητή διάταξη και υπολογισμός εμβαδού πεδίου. Τέλος, σε αυτό το βήμα, γίνεται και η απαραίτητη

διαστασιολόγηση καλωδίων στον τμήμα συνεχούς αλλά και εναλλασσόμενου ρεύματος



### Note

Όσον αφορά την λειτουργία υπολογισμού εμβαδού για την τοποθέτηση της εγκατάστασης , γίνεται κατά προσέγγιση και σε καμία περίπτωση το αποτέλεσμα αυτό δεν δεσμεύει την επιλογή οικοπέδου από τον χρήστη



### Reference

Αναλυτικότερα για το STEP 3 π. 100

## STEP 4 – Analyze Efficiency

Στο τέταρτο αυτό βήμα, παρουσιάζεται η μελέτη οικονομικής αποδοτικότητας βάσει της οποίας ο χρήστης θα επιλέξει εάν η σχεδίαση που έκανε έως τώρα είναι αποδοτική οικονομικά. Στο βήμα αυτό ο χρήστης προσκαλείται να δώσει τα στοιχεία εκείνα που είναι απαραίτητα για την εκπλήρωση της οικονομικής μελέτης αυτής. Μεταξύ άλλων θα χρειαστεί να δώσει τιμή kWh (κιλοβάτ-ώρας), ετήσια πάγια έξοδα, ποσό ιδίων και ξένων κεφαλαίων, χρόνο αποπληρωμής δανείου (εάν υπάρχει) κ.α . Στην επισκόπηση αποτελεσμάτων θα μπορείτε να δείτε την Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV) καθώς και τα κέρδη επένδυσης από την πώληση ηλεκτρικού ρεύματος



### Note

Η μελέτη οικονομικής αποδοτικότητας έχει βασιστεί στις “Σημειώσεις Οικονομικής Αξιολόγησης Επενδύσεων Ηλεκτροπαραγωγής σε ΑΠΕ, Παπαθανασίου2012”

## Reference

Αναλυτικότερα για το STEP 4 p. 107

## Reference

Για καλύτερη κατανόηση των οικονομικών σχέσεων και μεγεθών συμβουλευτείτε την βιβλιογραφία μας και τις Σημειώσεις κ.κ Παπαθανασίου p. 44-47

### STEP 5 – Export your project documentation

Σε αυτό το πέμπτο και τελευταίο βήμα ο χρήστης μπορεί να εκτυπώσει την εργασία του σε έντυπη μορφή, καθώς και να την αποθηκεύσει σε μορφή .pdf στον προσωπικό του υπολογιστή, tablet ή κινητό τηλέφωνο.



## Caution

Για την αποθήκευση της εργασίας σε μορφή.pdf , είναι απαραίτητη η ύπαρξη εγκατεστημένου λογισμικού της Adobe Corp. ή άλλου λογισμικού που υποστηρίζει ανάγνωση, επεξεργασία ή αποθήκευση αρχείων της μορφής .pdf

---

## Κατανόηση της σημασίας των διαφόρων πεδίων δεδομένων που παρέχει το e-photovoltaic

Κάνοντας την περιήγησή σας στο e-photovoltaic θα παρατηρήσετε την πληθώρα πεδίων εισαγωγής δεδομένων. Υπάρχουν πεδία που αφορούν

εισαγωγή βασικών δεδομένων της εργασίας , όπως όνομα εργασίας, άλλα πεδία που αφορούν εισαγωγή τιμών σε φυσικά μεγέθη όπως ρεύμα ή τάση. Ακόμα θα συναντήσετε πεδία που είναι μόνο για ανάγνωση αλλά και υπολογιζόμενα πεδία που παίρνουν τιμή μόλις άλλα προηγούμενα πεδία έχουν συμπληρωθεί.

Μέσα σε όλη αυτήν την ποικιλία πεδίων εισαγωγής υπάρχουν πεδία που θα χαρακτηρίζαμε «λιγότερο» σημαντικά και άλλα «περισσότερο» σημαντικά. Στο e-photovoltaic καμία πληροφορία δεν είναι περιττή παρόλα αυτά υπάρχουν πεδία εισαγωγής δεδομένων τέτοια που είναι «ζωτικά» για την βέλτιστη σχεδίαση της εγκατάστασης.



### Note

Αν και η μη συμπλήρωση κάποιων πεδίων δεν επηρεάζει άμεσα την εφαρμογή , προτείνουμε –ειδικά στις πρώτες σας προσπάθειες σας με το e-photovoltaic- να συμπληρώνεται όλα πεδία εισαγωγής δεδομένων

---

## Χρήση των “Buttons” NEXT και BACK

Σε διακριτά σημεία σε όλες τις σελίδες του e-photovoltaic υπάρχουν τα κουμπιά NEXT και BACK. Τα κουμπιά αυτά σας δίνουν την δυνατότητα να κινηθείτε μπροστά και πίσω κατά την περιήγησή σας στην εφαρμογή. Τα ‘buttons’ αυτά εκτός του να σας πλοηγούν κάνουν και μία ακόμα σημαντική εργασία. Κάθε φορά που θέλετε να προχωρήσετε μπροστά ή πίσω στην εφαρμογή τα NEXT και BACK αναλαμβάνουν να «σώσουν» την δουλειά σας στην σελίδα που μόλις εγκαταλείψατε. Έτσι λοιπόν τα ‘buttons’ αυτά είναι υπεύθυνα ούτως ώστε να μην χάσετε τίποτα από την προηγούμενη δουλειά σας ακόμα και αν μεταφερθήκατε σε άλλη σελίδα .



## Caution

Επειδή ακριβώς τα NEXT και BACK αναλαμβάνουν να κάνουν submit (υποβολή) από την μια σελίδα στην άλλη ενδέχεται να εντοπίσετε διαφορές ακόμα και δυσλειτουργίες ανάλογα με τον web-browser που χρησιμοποιείτε



## Reference

Για την χρήση διαφορετικών web-browsers βλ. p.69-70

---

## Χρησιμοποιώντας το ποντίκι και το πληκτρολόγιο

Η χρήση του ποντικιού και του πληκτρολογίου είναι ζωτικής σημασίας για την ευκολότερη πλοήγησή σας στην εφαρμογή αλλά την σωστή καταχώρηση των δεδομένων σας. Σε όλες τις μεταβάσεις από την μία σελίδα στην άλλη θα χρειαστείτε το ποντίκι, όπως επίσης και στην προσπέλαση τμημάτων του menu. Από την άλλη πλευρά θα χρειαστείτε το πληκτρολόγιο για να εισάγετε τιμές στα πεδία εισαγωγής ειδικά σε περιπτώσεις που χρειάζονται μεγάλοι σε μέγεθος αριθμοί (π.χ η επιθυμητή απόδοση της εγκατάστασης είναι εκφρασμένη σε W(watts) οπότε για να εισάγετε επιθυμητή απόδοση 100kW θα πρέπει να εισάγετε τον αριθμό 100000 σε watts). Βέβαια, προτεινόμενη χρήση του πληκτρολογίου για εισαγωγή τιμών στα πεδία δεν απαγορεύει την χρήση του ποντικιού, αντίθετα σε περιπτώσεις δεκαδικών αριθμών η χρήση του ποντικιού ίσως αποδειχθεί ευκολότερη (π.χ αν θέλουμε να μεταβάλουμε την τιμή ενός πεδίου ρεύματος από 8.6 A σε 8.9 A το ποντίκι αποδεικνύεται σύμμαχος αφού με τρία κλικ μπορούμε να τροποποιήσουμε κατάλληλα την εισαγωγή)



## Caution

Η χρήση του πλήκτρου TAB του πληκτρολογίου πυροδοτεί αλλαγή γραμμής και στόχευση σε άλλο πεδίο εισαγωγής ή τμήμα της σελίδας. Πολλές από τις συναρτήσεις παρασκηνίου είναι **on click triggered** δηλαδή εκτελούνται μόλις τιμές συγκεκριμένων πεδίων εισαχθούν ή μεταβληθούν και έτσι η περίπτωση μη συμπλήρωσης κάποιου πεδίου σε συνδυασμό της χρήσης του TAB μπορεί να φέρει μη επιθυμητά αποτελέσματα. Συνιστούμε την προσεκτική χρήση του, ειδικά στα πρώτα βήματά σας στην εφαρμογή.





# User Interface

## Διάταξη σελίδας



Εικόνα 1

## **A : e-photovoltaic logo banner**

Το κεντρικό banner του e-photovoltaic που περιλαμβάνει και το λογότυπο (logo) της εφαρμογής. Το συγκεκριμένο ορθογώνιο banner θα το συναντήσετε σε όλες τις σελίδες της εφαρμογής.

## **B: Menu bar**

Η μπάρα του κεντρικού μενού βρίσκεται σε όλες τις σελίδες του e-photovoltaic και περιέχει διάφορες επιλογές όπως μετάβαση στην αρχική σελίδα (HOME), προβολή στοιχείων επικοινωνίας (CONTACT US), παλιές εργασίες (PREVIOUS CASES) καθώς και βοήθεια (HELP) πάνω σε θέματα που αφορούν την χρήση του e-photovoltaic

## **C: Main frame – Work area**

Το «κύριο πλαίσιο» του e-photovoltaic . Το τμήμα αυτό είναι το βασικότερο τμήμα της εφαρμογής. Σε αυτό το «πλαίσιο» ο χρήστης εκτελεί τις περισσότερες από τις ενέργειές του σε αυτήν την εφαρμογή. Εισαγωγή και επεξεργασία δεδομένων κάθε τύπου, προσπέλαση καρτελών αλλά και προβολή αποτελεσμάτων είναι μερικές από αυτές.

## **C1: Title & Project Step**

Τίτλος και βήμα που βρίσκεται ο χρήστης σε κάθε στιγμή. Ο τίτλος και ο αριθμός του STEP είναι πολύ σημαντικά και βρίσκεται σε κεντρική θέση στην σελίδα, με σκοπό ο χρήστης να κατανοεί ακριβώς που βρίσκεται μέσα στην εφαρμογή . Αυτό τον βοηθάει να κατανοήσει σε ποιο σημείο της σχεδιάσής του βρίσκεται αλλά και σε ποιο βήμα βρισκόταν πριν ή θα βρεθεί μετά .

## D: Submit & Navigation Buttons (NEXT - BACK)

Στο κάτω μέρος της σελίδας βρίσκονται τα 'buttons' NEXT και BACK που σας βοηθούν στην πλοήγησή σας μέσα στην εφαρμογή



Περισσότερα για τα NEXT και BACK buttons βλ. p.77

---

## Menu Bar

---

## HOME



Εικόνα 2

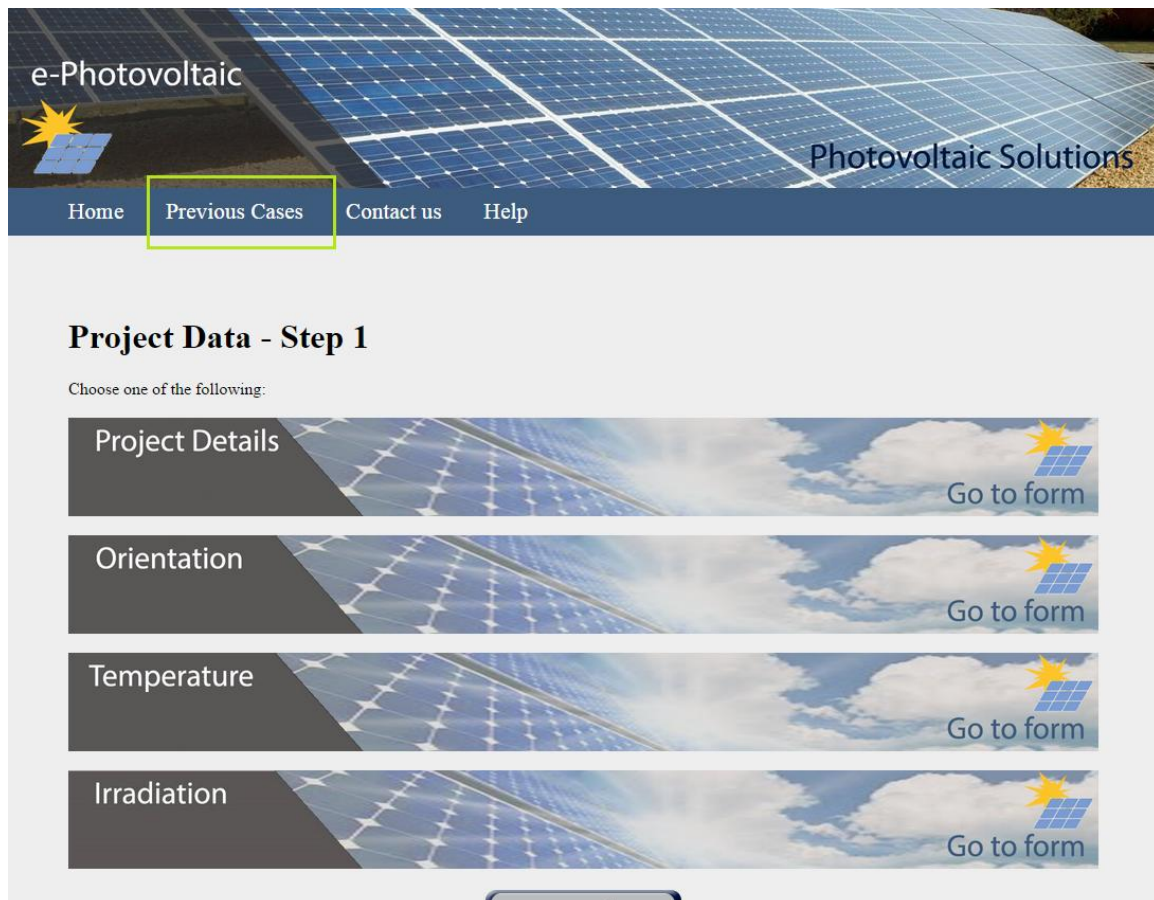
Η επιλογή **HOME** ανακατευθύνει (redirect) στην αρχική σελίδα του e-photovoltaic ανεξάρτητα από το ποιο σημείο βρίσκεστε μέσα στην εφαρμογή.



## Note

Η χρήση του HOME δεν διακινδυνεύει σε τίποτα την ήδη καταγεγραμμένη εργασία σας , αφού απλά ανακατευθύνει την διεύθυνση στην αρχική σελίδα, ενώ έχει ταυτόχρονα «σώσει» την δουλειά σας μέχρι το σημείο που βρισκόσασταν πριν την χρήση του.

## PREVIOUS CASES

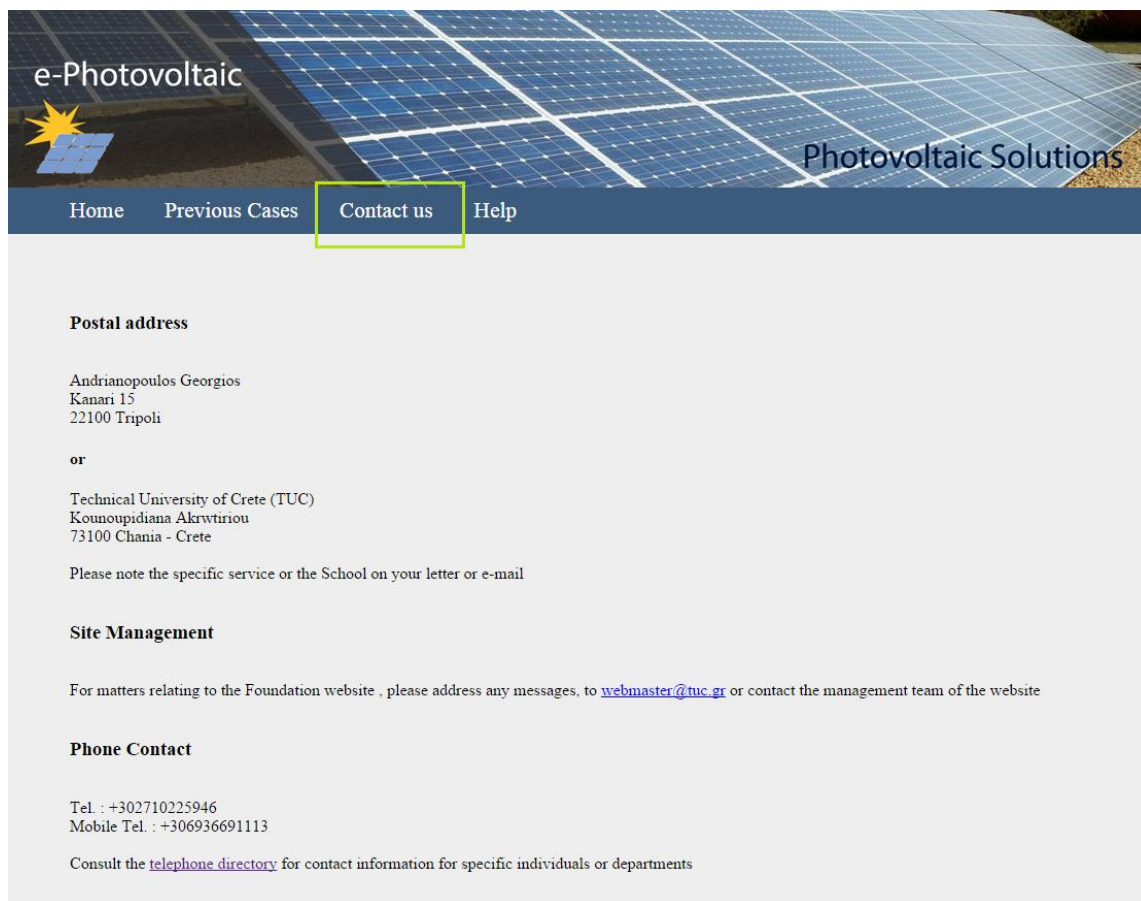


Εικόνα 3

Η επιλογή **PREVIOUS CASES** δίνει την δυνατότητα να ανακτήσετε παλιές εργασίες σας.  
**Η επιλογή αυτή είναι ακόμα ανενεργή στην συγκεκριμένη έκδοση του e-photovoltaic (e-photovoltaic v 1.0)**

---

## CONTACT US



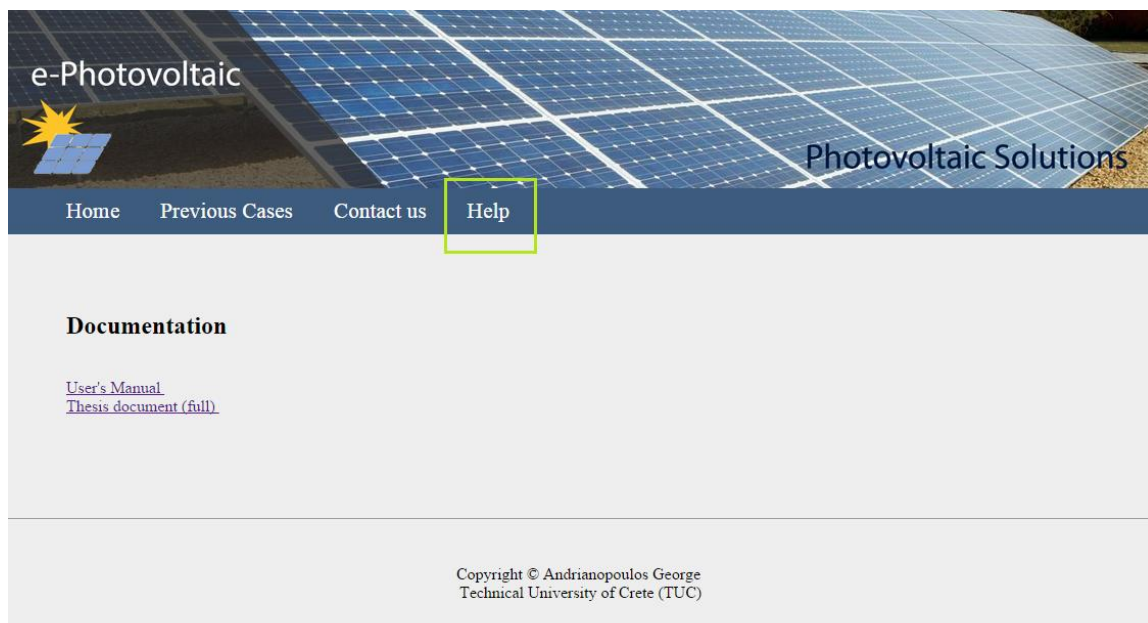
Εικόνα 4



Η επιλογή **CONTACT US** παρέχει πληροφορίες επικοινωνίας τόσο με την σχεδιαστική ομάδα του e-photovoltaic όσο και με το Πολυτεχνείο Κρήτης. Χρήσιμοι σύνδεσμοι, ηλεκτρονική αλληλογραφία αλλά και τηλέφωνα βρίσκονται σε αυτό το πεδίο.

---

## HELP



Εικόνα 5

Η επιλογή **HELP** περιέχει χρήσιμο βοηθητικό υλικό όπως είναι το εγχειρίδιο χρήσης του e-photovoltaic αλλά και ολόκληρο το έγγραφο της πτυχιακής εργασίας του Ανδριανόπουλου Γεώργιου (2015).

---

## Δημιουργώντας μια νέα εργασία

Για να δημιουργήσουμε μια νέα εργασία και να έχουμε το καλύτερο αποτέλεσμα πρέπει να περάσουμε από όλα εκείνα τα βήματα (STEPS) που περιγράφηκαν προηγουμένως σε αυτό το εγχειρίδιο



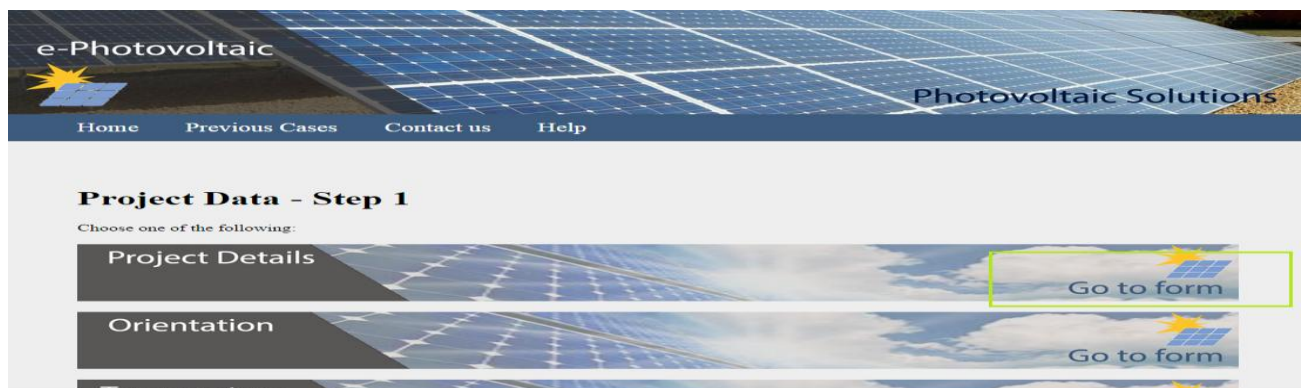
ρ.73-76

---

## STEP 1 – Project Data

---

### Project details



Εικόνα 6

Πατώντας το ενεργό σύνδεσμο 'Go to form' μεταφερόμαστε στον διάλογο της εικόνας 7.

Photovoltaic Solutions

Home Previous Cases Contact us Help

### Project Data - Step 1

Choose one of the following:

X

#### Project Details

Name

Number

Details

Go to form

Go to form

Go to form

Go to form

Next

Εικόνα 7

Στο pop-up αυτό παράθυρο επικοινωνίας ο χρήστης μπορεί να συμπληρώσει το όνομα και τον αριθμό της εργασίας του αλλά και τυχόν λεπτομέρειες ή παρατηρήσεις πάνω σε αυτήν

## Orientation

Photovoltaic Solutions

Home Previous Cases Contact us Help

### Project Data - Step 1

Choose one of the following:

X

#### Orientation

Area

Country

City

Sea Level

Coordinates

Latitude (S-N)

Longitude (W-E)

Go to form

Go to form

Go to form

Go to form

Next

Εικόνα 8



Στο pop-up αυτό παράθυρο επικοινωνίας ο χρήστης μπορεί να προσθέσει την δική του τοποθεσία και περιοχή μελέτης , συμπληρώνοντας πεδία όπως περιοχή, χώρα και πόλη αλλά και να συνεχίσει συμπληρώνοντας συμπληρωματικές πληροφορίες της περιοχής όπως υψόμετρο και γεωγραφικές συντεταγμένες

---

## Temperatures

Photovoltaic Solutions

Home Previous Cases Contact us Help

**Project Data - Step 1**

Choose one of the following:

**Temperature Environmental**

Min  °C

Max  °C

Average  °C

**Cell**

Min  °C

Max  °C

Average  °C

Go to form

Go to form

Go to form

Go to form

Next

Εικόνα 9

Στο pop-up αυτό παράθυρο επικοινωνίας ο χρήστης μπορεί να εισάγει τις θερμοκρασίες περιβάλλοντος αλλά και κελιών/πλαισίων. Προσφέρετε δυνατότητα καθορισμού μέγιστων , ελάχιστων και μέσων θερμοκρασιών . Τα δεδομένα θερμοκρασιών είναι πολύ σημαντικά για τον υπολογισμό των χαρακτηριστικών του φωτοβολταϊκού πλαισίου αλλά και για τον υπολογισμό συντελεστών θερμοκρασίας που επηρεάζουν την απόδοση του πλαισίου.

## Irradiation

**Project Data - Step 1**


Choose one of the following:


### Irradiation

Monthly irradiation data\*

Month	Ht(Wh/m <sup>2</sup> /d)
January	<input type="text" value="3570"/>
February	<input type="text" value="4210"/>
March	<input type="text" value="5930"/>
April	<input type="text" value="6620"/>
May	<input type="text" value="7060"/>
June	<input type="text" value="7640"/>
July	<input type="text" value="7770"/>
August	<input type="text" value="7760"/>
September	<input type="text" value="6770"/>
October	<input type="text" value="5350"/>
November	<input type="text" value="4080"/>
December	<input type="text" value="3030"/>

\*Optimal inclination angle is: 29 degrees  
Irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.0 %



  
[Go to form](#)  
[Go to form](#)  
[Go to form](#)  
[Go to form](#)

Copyright © Andrianopoulos George  
Technical University of Crete (TUC)

Εικόνα 10

Στο pop-up αυτό παράθυρο επικοινωνίας δίνεται η δυνατότητα εισαγωγής των μηνιαίων τιμών ακτινοβολίας για την περιοχή μελέτης. Οι τιμές αυτές για κάθε μήνα αναφέρονται σε Wh/m<sup>2</sup>/day

### Note

Εάν αντιμετωπίζεται δυσκολίες με τις τιμές ακτινοβολίας για την περιοχή μελέτης σας, μπορείτε να αναζητήσετε βοήθεια στην Πανευρωπαϊκή Βάση ακτινοβολιών PVGIS μέσω του Button που φαίνεται στην εικόνα 10

---

## STEP 2 – Configure PV System

---

### Cells



Εικόνα 11

Πατώντας το ενεργό σύνδεσμο 'Go to form' μεταφερόμαστε στον διάλογο της εικόνας 12

## General

The screenshot shows a web application interface for configuring a photovoltaic system. At the top, there is a header with a sun icon and the text 'Photovoltaic Solutions'. Below the header is a navigation bar with links: 'Home', 'Previous Cases', 'Contact us', and 'Help'. The main content area is titled 'Configure Pv System - Step 2'. A dialog box is open, showing the 'General' tab. The dialog box has a title bar with a close button (X). The 'General' tab is selected, and it contains a section titled 'Select the PV Module'. Under this section, there is a 'Type' label and a dropdown menu. The dropdown menu is open, showing the selected option '250Wp 25V Si-Poly Poly250W 60 cells' and a 'Customize...' option. Below the dropdown menu are two buttons: 'Back' and 'Next'.

Εικόνα 12

Στην επιλογή GENERAL μπορείτε να επιλέξετε ανάμεσα σε ήδη υπάρχοντα πλαίσια ή να κατασκευάσετε το δικό σας με την επιλογή Customize από το drop-down box .

## Basic Data

The screenshot shows the same web application interface, but now the 'Basic Data' tab is selected in the dialog box. The 'General' tab is still visible in the background. The 'Basic Data' tab contains a section titled 'Nom.Power:' with a value of '250.0' Wp. Below this is a section titled 'Manufacturer specifications or other measurements'. This section contains several input fields for technical specifications: 'Reference conditions: Gref' (1000 W/m²), 'Tref' (25 °C), 'Short-Circuit current: Isc' (8.63 A), 'Voc' (37.4 V), 'Max Power Point: Impp' (8.34 A), 'Vmpp' (30 V), 'Temperature coefficient: muIsc' (4.3 mA/°C), and 'Purity grade: PVgrade' (0.94). Below this is a section titled 'Operating Conditions' which contains input fields for 'GOper' (1000 W/m²) and 'TOper' (25 °C). The 'Basic Data' tab is highlighted with a red box, and the 'Manufacturer specifications or other measurements' section is also highlighted with a red box.

Εικόνα 13

Στην καρτέλα BASIC DATA ορίζονται τα βασικά μεγέθη του πλαισίου. Δεδομένα όπως ονομαστική ισχύς, ρεύμα και τάση στο σημείο μέγιστης ισχύος, βαθμός καθαρότητας κ.α είναι πολύ σημαντικά για τον προσδιορισμό του πλαισίου.



## Caution

Ακριβώς επειδή αυτά τα δεδομένα είναι πολύ σημαντικά, εάν θέλετε να κατασκευάσετε το δικό σας πλαίσιο (μέσω της επιλογής CUSTOMIZE...), σας συνιστούμε να συμβουλευτείτε τον πωλητή πλαισίων σας για να σας ενημερώσει για τα θεμελιώδη χαρακτηριστικά του πλαισίου

## Size & Technology

Εικόνα 14

Στην καρτέλα αυτή ο χρήστης μπορεί να δώσει μεγέθη όπως μήκος, πλάτος, ύψος και βάρος για τα πλαίσια αλλά και για τα επιμέρους φωτοβολταϊκά στοιχεία, όπως ακόμα να δει τιμές παγκόσμιων προτύπων για τις συστοιχίες.

Τα πεδία που φαίνονται με μπλε χρώμα στην Εικόνα 14, είναι υπολογιζόμενα πεδία που παίρνουν τιμή αυτόματα μόλις ο χρήστης ορίσει κάποιο από τα παραπάνω πεδία. **Π.χ** μόλις ο χρήστης εισάγει τιμές στο πεδίο In Series και στο πεδίο In Parallel το πεδίο Total cell's number θα πάρει αυτομάτως τιμή. Τα αρχεία αυτά είναι μη προσπελάσιμα από τον χρήστη.

## Size & Technology

Photovoltaic Solutions

Home Previous Cases Contact us Help

### Configure Pv System - Step 2

Choose one of the following:

X

General Basic Data Size & Technology **Commercial** Graphics

Manufacturer  
Luxor

**Indiative Price**  
Unit Price  
300.00 €  
Pieces  
;

Back Next

Εικόνα 15

Στην καρτέλα Commercial ο χρήστης εισάγει τα στοιχεία του κατασκευαστή του φωτοβολταϊκού πλαισίου καθώς και την τιμή και τα «κομμάτια» που θα χρειαστεί.



## Graphics

**Configure PV System - Step 2**

Choose one of the following:

X

General Basic Data Size & Technology Commercial **Graphics**

**Curve type**  
☐ Current vs Voltage  
☒ Power vs Voltage

**Curve parameter**  
☐ Incident Irradiance  
☒ Temperature

Graph

**Main Parameter**  
Temperature (°C)   
Incident Irradiance (W/m<sup>2</sup>)

**Curve Parameter**  
Temperature (°C)  
      
Incident Irradiance (W/m<sup>2</sup>)

Εικόνα 16

Στην καρτέλα Graphics ο χρήστης μπορεί να δει τις χαρακτηριστικές του φωτοβολταϊκού πλαισίου που επέλεξε ή δημιούργησε. Εναλλάσσοντας τις επιλογές ανάμεσα στους άξονες και τον παράγοντα κλίσης μπορεί να προσπελάσει τέσσερις χαρακτηριστικές (P-V(temp), I-V(temp), P-V(irrad) και I-V(irrad)). Οι τιμές τις κύριας/σταθερής παραμέτρου αλλά και οι τιμές της παραμέτρου κλίσης μπορούν να επεξεργαστούν στα πεδία που φαίνονται στο κάτω μέρος της Εικόνας 16 .

**Π.χ** Αν θέλουμε να δούμε την χαρακτηριστική P-V με σταθερή θερμοκρασία και διαφορετικές τιμές ακτινοβολίας επιλέγουμε στο πεδίο Curve Type το radio-button **‘Power vs. Voltage’** , στο πεδίο Curve Parameter το radio-button **‘Incident Irradiance’** και βάζουμε στο πεδίο εισαγωγής Curve Parameter που εμφανίζεται τις τιμές ακτινοβολίας -έστω- 1000,800,600,400 και 200. Στον σταθερό παράγοντα θερμοκρασίας βάζουμε τιμή -έστω- 45 .

### Configure Pv System - Step 2

Choose one of the following:

General

Basic Data

Size & Technology

Commercial

Graphics

**Curve type**

☐ Current vs Voltage  
☒ Power vs Voltage

**Curve parameter**

☒ Incident Irradiance  
☐ Temperature

**Graph**

**Main Parameter**

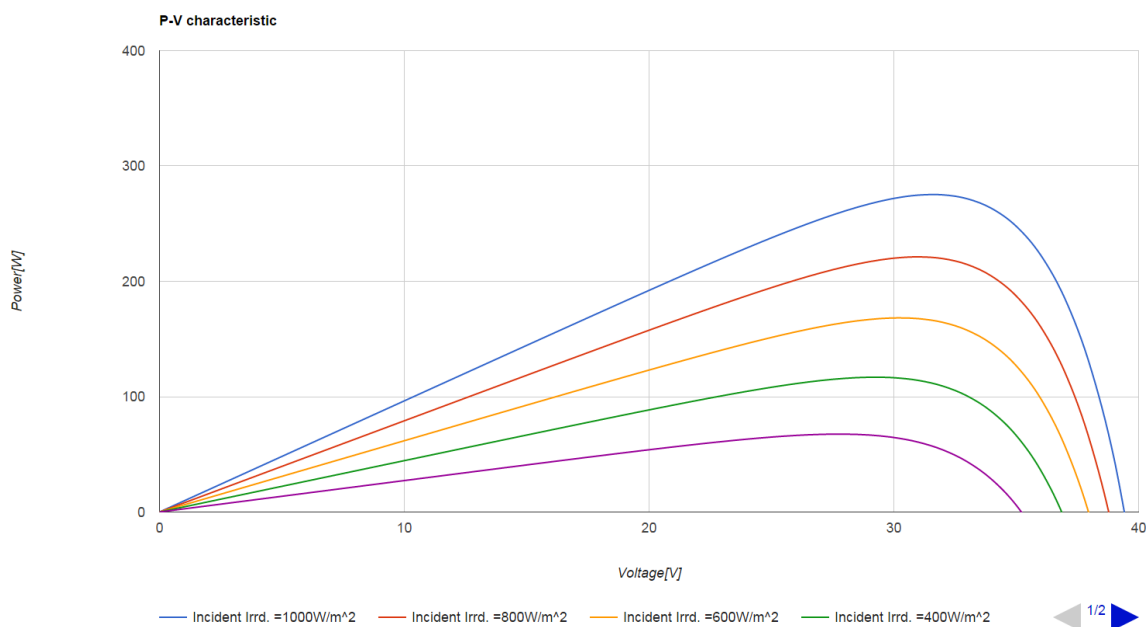
Temperature (°C)

**Curve Parameter**

Incident Irradiance (W/m<sup>2</sup>)

Εικόνα 17

Τέλος πατάμε το 'button' με την ένδειξη **Graph** που φαίνεται στο μέσω της καρτέλα και σε νέο tab(παράθυρο) μας εμφανίζεται η χαρακτηριστική εξίσωση P-V του φωτοβολταϊκού πλαισίου



Εικόνα 18



## Note

Τα γραφήματα των χαρακτηριστικών εξισώσεων των φωτοβολταϊκών πλαισίων δημιουργήθηκαν μέσω Google-Charts



---

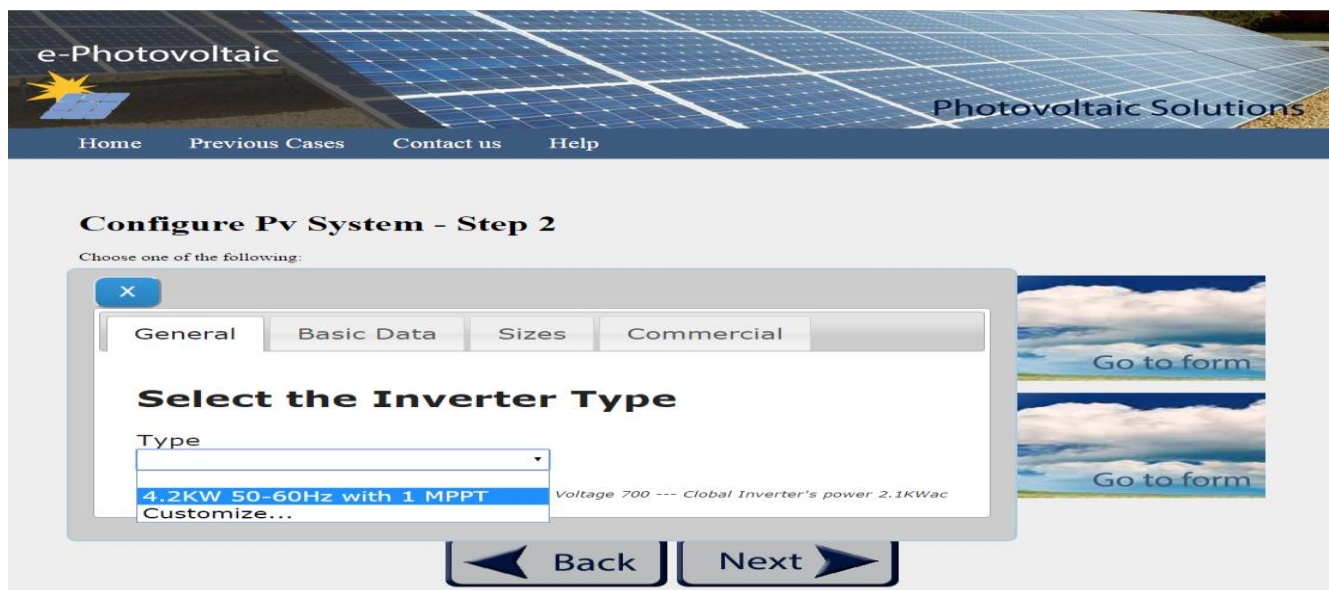
## Inverters



Εικόνα 19

Πατώντας το ενεργό σύνδεσμο 'Go to form' μεταφερόμαστε στον διάλογο της εικόνας 20

## General



Εικόνα 20

Στην επιλογή GENERAL μπορείτε να επιλέξετε ανάμεσα σε ήδη υπάρχοντες inverters ή να κατασκευάσετε τον δικό σας με την επιλογή Customize από το drop-down box

## Basic Data

**Configure Pv System - Step 2**

Choose one of the following:

General **Basic Data** Sizes Commercial

Nb of MPPT inputs:

**Input side (DC PV field)**

Minimum MPP Voltage  V  
Min. Voltage of PNom  V  
Maximum MPP Voltage  V  
Absolut max. PV Voltage  V  
Nomimal PV power\*  kW  
Maximum PV power\*  kW  
Maximum DC Current  A

**Output side (AC Grid)**

Grid Voltage  V  
Nomimal AC power  kW  
Maximum AC power\*  kW  
Nomimal AC Current\*  A  
Maximum AC Current\*  A

\*Contractual specifications, without real physical meaning

Εικόνα 21

Στην καρτέλα Basic Data ορίζονται τα βασικά μεγέθη του αντιστροφέα . Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να εισάγει δεδομένα όπως αριθμός εισόδων, μέγιστες , ελάχιστες και απόλυτες μέγιστες τιμές για τάση, τιμές υποστηριζόμενης ισχύς και ρεύματος στον Inverter. Η εισαγωγή τιμών δεν περιορίζεται σε δεδομένα μόνο για την DC πλευρά (συνεχούς ρεύματος) αλλά και για την AC πλευρά (εναλλασσόμενου ρεύματος) , τιμές όπως σταθερή τάση στην έξοδο του αντιστροφέα και μέγιστες και ονομαστικές τιμές για ρεύματα κ.α



### Caution

Η έκδοση e-photovoltaic v 1.0 υποστηρίζει μόνο αντιστροφείς με μία (1) είσοδο MPPT και το πεδίο είναι μόνο για ανάγνωση και άρα μη προσπελάσιμο από το χρήστη

## Sizes

e-Photovoltaic Photovoltaic Solutions

Home Previous Cases Contact us Help

### Configure Pv System - Step 2

Choose one of the following:

General Basic Data **Sizes** Commercial

**Sizes**

Length 445 mm

Width 180 mm

Height 470 mm

Weight 22 kg

Go to form

Go to form

Εικόνα 22

Στην καρτέλα αυτή ο χρήστης μπορεί να δώσει μεγέθη όπως μήκος, πλάτος, ύψος και βάρος για τους αντιστροφείς .



Όπως και στα προηγούμενα πεδία εισαγωγής για πλαίσια και αντιστροφείς έτσι και εδώ χρειάζεται μεγάλη προσοχή στις μονάδες που αναγράφονται δεξιά από τα πεδία εισαγωγής. **«Λάθος εισαγωγές δεδομένων οδηγούν σε λάθος αποτελέσματα»**

## Commercial

e-Photovoltaic

Photovoltaic Solutions

Home Previous Cases Contact us Help

### Configure Pv System - Step 2

Choose one of the following:

General Basic Data Sizes **Commercial**

**Manufacturer**  
Renesola

**Indiative Price**

**Unit Price**  
2000 €

**Pieces**  
0

Go to form

Go to form

Εικόνα 23

Στην καρτέλα Commercial ο χρήστης εισάγει τα στοιχεία του κατασκευαστή του αντιστροφέα καθώς και την τιμή και τα «κομμάτια» που θα χρειαστεί.

---

## Step 3 - Configure PV Array & Wire-sizing

Στο βήμα αυτό αφήνουμε σιγά-σιγά την εισαγωγή δεδομένων και περνάμε στο υπολογιστικό κομμάτι και στην διαστασιολόγηση συστοιχιών, καλωδίων, τον καθορισμό της επιθυμητής ισχύος της εγκατάστασης και τον υπολογισμό έκτασης οικοπέδου.

---

## PV Module Orientation

e-Photovoltaic

Photovoltaic Solutions

Home Previous Cases Contact us Help

### Configure Pv Array & Wire sizing - Step 3

Choose one of the following:

PV Module Orientation

PV Slope : 29 °C

Azimuth : 0 °C

Routing Method : ☒ Freestanding ☐ Roof standing ☐ Facade standing

System Power & Grid connection

Desired power of PV plant : 1 Wp

Desired Nb. of PV-modules :

...

New estimated power of PV plant : Wp

Εικόνα 24

Στο πεδίο αυτό ο χρήστης καλείται να ορίσει την κλίση των συστοιχιών καθώς και τον αζιμούθιο προσανατολισμό τους. Τέλος με radio-buttons μπορεί να επιλέξει τον τύπο τοποθέτησης ανάμεσα σε Ελεύθερη τοποθέτηση (freestanding), τοποθέτηση σε οροφή κτηρίου (Roof standing), και τοποθέτηση προσόψεως κτηρίου (facade standing).

---

## System Power & Grid Connection

Azimuth : 0 °C

Routing Method : ☒ Freestanding ☐ Roof standing ☐ Facade standing

System Power & Grid connection

Desired power of PV plant : 100000 Wp

Desired Nb. of PV-modules : 358

Total power for this Nb. of modules differs from your initial prediction. New desired power for the plant estimated... (look above)

New estimated power of PV plant : 89500 Wp

New estimated Nb. of PV-modules : 358

Design of the Array - Numbers of modules and strings

Mod. in series :

Nbs of strings :

Nb of Inverters :

Εικόνα 25



Το πεδίο αυτό είναι πολύ σημαντικό διότι ο χρήστης πρέπει να δώσει την ισχύ που θέλει να έχει η εγκατάστασή του. Στο πεδίο **‘Desired power of PV plan’** ο χρήστης εισάγει την επιθυμητή ισχύ που θέλει και στο επόμενο πεδίο συμπληρώνει τα πόσα modules θέλει να χρησιμοποιήσει. **Π.χ** Αν ο χρήστης επιλέξει ισχύ 100kW και 358 πλαίσια (του τύπου που έχει επιλέξει στο STEP 2 ) τότε η εφαρμογή προβάλλει οπτικό μήνυμα που προειδοποιεί τον χρήστη ότι βάσει του αριθμού πλαισίων( και της ισχύς τους) η προσδοκώμενη ισχύς διαφέρει από την πραγματική καθώς 358 πλαίσια των 250w μπορούν –ιδανικά- να παράξουν ισχύ 89.5kW και όχι 100kW . Έτσι λοιπόν σε κάθε περίπτωση η συνολική ισχύς που «βλέπει» το πρόγραμμα για να προχωρήσει είναι αυτή που αναγράφεται στα πεδία **‘New Estimated power of PV plan’** και **‘New estimated Nb. of PV-modules’** .



Μήνυμα θα εμφανιστεί επίσης στην περίπτωση που ο χρήστης θα δώσει αριθμό πλαισίων που η συνολική τους ισχύ ξεπερνάει την επιθυμητή ισχύ εγκατάστασης

## Design of the Array – Numbers of modules and strings

The screenshot displays the 'Design of the Array' section of a software interface. It includes several input fields and calculated values:

- Azimuth :** 0 °C
- Routing Method :** ☒ Freestanding ☐ Roof standing ☐ Facade standing
- System Power & Grid connection**
  - Desired power of PV plant :** 100000 Wp
  - Desired Nb. of PV-modules :** 400
  - Total power of Power Plant has change due to inverters capacity...** (highlighted in orange)
  - New estimated power of PV plant :** 97750 Wp
  - New estimated Nb. of PV-modules :** 391
- Design of the Array - Numbers of modules and strings**
  - Mod. in series :** 17
  - Nbs of strings :** 1
  - Nb of Inverters :** 23
- Input voltage is above inverter's upper threshold** (highlighted in orange)
- Input current is between Current limits** (highlighted in green)
- Inverter Well-sized !!! Power-ratio:0.924** (highlighted in green)
- Field settings**
  - Ground Slope \* :** %
  - PV-Arrays in series :**
  - Field area :** m<sup>2</sup>

Εικόνα 26

Στο πεδίο **‘Design of the Array – Numbers of modules and strings’** ο χρήστης έχει την δυνατότητα να σχεδιάσει τις συστοιχίες που θα χρησιμοποιηθούν. Επιλέγει τα σε σειρά πλαίσια τις κάθε συστοιχίας αλλά και τα εν παραλλήλω.

Όπως παρατηρείτε στο **μπλε** ορθογώνιο πλαίσιο Εικόνα 26 οπτικά μηνύματα εμφανίζονται στην οθόνη. Τα μηνύματα αυτά αφορούν την τάση, το ρεύμα και τον λόγο ισχύος στα οποία μπορεί να λειτουργήσει ο inverter. Για κάθε ένα από αυτά τα μεγέθη, μηνύματα **κόκκινου** χρώματος προειδοποιούν ότι ο σχεδιασμός βρίσκεται εκτός ορίων του Inverter, μηνύματα **πορτοκαλί** χρώματος προειδοποιούν ότι μπορεί να βρισκόμαστε ελαφρά εκτός ορίων αλλά μέσα στα επιτρεπτά όρια λειτουργίας του inverter και τέλος μηνύματα **πράσινου** χρώματος – που είναι και τα επιθυμητά – ενημερώνουν ότι ο inverter είναι πλήρως και ορθά διαστασιολογημένος.



### Note

Μηνύματα **πορτοκαλί** χρώματος δεν είναι απαγορευτικά για έναν ορθό σχεδιασμό



### Caution

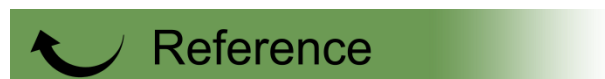
Ένα ακόμα στοιχείο που πρέπει να παρατηρήσουμε εδώ είναι ότι το e-photovoltaic είναι σχεδιασμένο έτσι ούτως ώστε να «δέχεται» μόνο **πλήρως διαστασιολογημένους** inverters. **Π.χ** Στην Εικόνα 26 ο αρχικός σχεδιασμός ήταν για 400 πλαίσια παραγόμενης ισχύς 100kW και συστοιχίες των 17 πλαισίων σε σειρά. Η εφαρμογή θα δημιουργήσει **μόνο** 23 συστοιχίες που θα συνδέονται σε 23 αντιστροφείς. Η εφαρμογή δηλαδή θα χρησιμοποιήσει για τον σχεδιασμό μόνο τα  $23 \times 17 = 391$  πλαίσια από τα αρχικά 400 (βλ. κόκκινο κύκλο στην Εικόνα 26), χωρίς να προσπαθήσει να υποδιαστασιολογήσει έναν 24ο inverter με συστοιχία 9 πλαισίων σε σειρά στην είσοδό του. Ο χρήστης ειδοποιείται για τον περιορισμό αυτόν με οπτικό μήνυμα στο display μηνυμάτων του πεδίου ‘System Power & Grid connection’ (βλ. μπλε κυκλικό σχήμα Εικόνα 26) αλλά και με αλλαγή των δεδομένων των πεδίων ανάγνωσης ‘New Estimated power of PV plan’ και ‘New estimated Nb. of PV-modules’ (βλ. κόκκινο κυκλικό σχήμα Εικόνα 26)

---

## Field Settings

Εικόνα 27

Στο πεδίο 'Field Settings' γίνεται μια κατά προσέγγιση εκτίμηση για την έκταση που θα καλυφθεί για την τοποθέτηση των συστοιχιών που επιλέχθηκαν στο προηγούμενο πεδίο 'Design of the Array – Numbers of modules and strings'. Ο χρήστης συμπληρώνει την τυχόν κλίση του εδάφους στο οικοπέδο που έχει στην διάθεση του και τον αριθμό των συστοιχιών που θέλει σε κάθε σειρά. Με την συμπλήρωση αυτής της πληροφορίας εμφανίζεται αυτόματα στο πεδίο ανάγνωσης 'Field Area' μια εκτιμώμενη έκταση κάλυψης. Σε περίπτωση κακής εισαγωγής δεδομένων εμφανίζεται οπτικό μήνυμα στην οθόνη (βλ. πράσινο ορθογώνιο σχήμα Εικόνα 27)



Βλ. Note p.75



---

## Cable losses DC - side

Input current is between Current limits

Inverter Well-sized !!! Power-ratio:0.924

Field settings

Ground Slope \* : 8 %

PV-Arrays in series : 5

Field area : 1475.1648 m<sup>2</sup>

...

\*Referring to S-N directed elevation

Cable losses DC-side

Cross-section : mm<sup>2</sup>

Conductor material : ☒ Copper ☐ Aluminium

Cable length (per string) : m

...

Cable losses AC-side

Cross-section : mm<sup>2</sup>

Conductor material : ☒ Copper ☐ Aluminium

Cable length (per string) : m

Εικόνα 28

Στο επόμενο αυτό πεδίο (βλ. Εικόνα 28) γίνεται το wire-sizing του σχεδιασμού, δηλαδή ο εντοπισμός απωλειών λόγω καλωδιώσεων στην DC- πλευρά της εγκατάστασης . Υπάρχουν πεδία εισαγωγής για την διατομή και το υλικό των χρησιμοποιούμενων από τον χρήστη καλωδίων όπως και για το συνολικό μήκος των καλωδιώσεων ανά συστοιχία. Με την συμπλήρωση των παραπάνω πεδίων στην οθόνη μηνυμάτων (display monitor) του πεδίου (βλ. πράσινο ορθογώνιο σχήμα) εμφανίζεται μήνυμα που προειδοποιεί τον χρήστη (με χρωματική ένδειξη) για την πτώση τάσης που θα έχει στην είσοδο του inverter σε σχέση με την τάση που είχε στην φωτοβολταϊκή γεννήτρια. **Πράσινη** ένδειξη προειδοποιεί για πτώση τάσης μέσα στα επιθυμητά επίπεδα, **πορτοκαλί** χρώμα προειδοποιεί για πτώση τάσης λίγο πάνω από τα επιθυμητά όρια και **κόκκινη** ένδειξη προειδοποιεί για πτώση τάσης έξω από τα επιθυμητά όρια που θα οδηγήσει σε κακή διαστασιολόγηση καλωδίων. Σε κάθε περίπτωση η ποσοστιαία πτώση τάσης στην είσοδο του inverter φαίνεται στο display monitor.

---

## Cable losses AC – side

Inverter Well-sized !!! Power-ratio:0.924

Field settings

Ground Slope \* :  %

PV-Arrays in series :

Field area :  m<sup>2</sup>

...

*\*Referring to S-N directed elevation*

Cable losses DC-side

Cross-section :  mm<sup>2</sup>

Conductor material : ☒ Copper ☐ Aluminium

Cable length (per string) :  m

Voltage drop inside desirable limits!0.229%

Cable losses AC-side

Cross-section :  mm<sup>2</sup>

Conductor material : ☒ Copper ☐ Aluminium

Cable length (per string) :  m

Voltage drop inside desirable limits!0.151%

Εικόνα 29

Ακολουθώντας την διαδικασία που περιγράφηκε στην ρ.49, στο πεδίο αυτό γίνεται η διαστασιολόγηση καλωδίων στην AC-πλευρά της εγκατάστασης.



Βλ. ρ.105 και Εικόνα 28-29

## Step 4 – Analyze Efficiency

Στο βήμα αυτό γίνεται προβολή της οικονομικής αποδοτικότητας της εγκατάστασης βάσει του πρότερου σχεδιασμού που κάνατε στα βήματα 1,2 και 3 .



Για την καλύτερη κατανόηση των οικονομικών όρων βλ. p. 44-47

---

### Electricity purchase cost

Εικόνα 30

Στο πεδίο 'Electricity purchase cost' ζητείται από τον χρήστη να εισάγει δύο πολύ σημαντικά δεδομένα. Την τιμή πώλησης κιλοβατώρας (kWh) στον πάροχο ηλεκτρικού ρεύματος (συνήθως Δ.Ε.Η) , και την ετήσια ποσοστιαία ανατίμηση του ποσού αυτού. Με την συμπλήρωση της τιμής κιλοβατώρας (kWh) στο τρίτο πεδίο (βλ. πράσινο ορθογώνιο σχήμα Εικόνα 30) εμφανίζεται η ετήσια παραγόμενη ενέργεια της εγκατάστασης.

## PV System cost

**Analyze Efficiency - Step 4**

Choose one of the following:

Electricity purchase cost

Electricity purchase price : 0.18 €/kWh  
Annual rate of electricity price increase : 1 %  
Total producible energy : 160857.81781011805 kWh

PV System cost

Initial costs

PV units cost : 300.00 €  
Inverter units cost : 2000 €  
Other cost \* : 30000 €  
Total Cost : 193300 €

Annual costs

Annual fixed cost : 10000 €

\*initial design and installation cost

Project Funding

Currency :  
Amortisation time :  
Percentage of equity capitals : %  
Percentage of foreign capitals : %  
Loan period (in years) :

Εικόνα 31

Στο πεδίο 'PV System cost' θα παρατηρήσετε ότι οι τιμές των πεδίων 'PV units cost' και 'Inverter units cost' έχουν ήδη συμπληρωθεί αφού την πληροφορία αυτή την είχατε δώσει προγενέστερα.



p.94 & p.100

Συμπληρώνοντας και την πληροφορία σχετικά με το αρχικό κόστος εγκατάστασης ('other cost') στο πεδίο ανάγνωσης 'Total Cost' θα εμφανιστεί αμέσως -υπολογιζόμενο- το τελικό κόστος σχεδιασμού.

## Project Funding

Inverter units cost :	2000	€
Other cost * :	30000	€
Total Cost :	193300	€
Annual costs		
Annual fixed cost :	10000	€
<i>*initial design and installation cost</i>		
Project Funding		
Currency :	Euro ▼	
Amortisation time :	20	
Percentage of equity capitals :	3	% 5799 €
Percentage of foreign capitals :	97	% 187501 €
Loan period (in years) :	10	
Loan rate :	9	%
Taxes and Taxation		
Tax rate :	0	%
Discount rate ** :		%
<i>*residual value if the investment in N-st year</i>		
<i>** expresses the desired return on equity</i>		

Εικόνα 32

Στο πεδίο αυτό ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει στοιχεία όπως ποσοστό ιδίων και ξένων κεφαλαίων (equity and foreign capitals), χρόνια επένδυσης (amortization time), καθώς και επιτόκιο και χρόνια αποπληρωμής δανείου (εάν υπάρχει).

### Note

Σε περίπτωση κάλυψης ολόκληρης της επένδυσης από ίδια κεφάλαια οι επιλογές δανείου είναι περιττές και φεύγουν αμέσως από την οθόνη για καλύτερη εξυπηρέτηση του χρήστη (Toggle Visibility).

## Taxes & Taxation

Total Cost :	194000	€
Annual costs		
Annual fixed cost :	10000	€
*initial design and installation cost		
Project Funding		
Currency :	Euro	
Amortisation time :	20	
Percentage of equity capitals :	3	% 5820 €
Percentage of foreign capitals :	97	% 188180 €
Loan period (in years) :	20	
Loan rate :	9	%
Taxes and Taxation		
Residual value * :	50000	€
Tax rate :	45	%
Discount rate ** :	3	%
* residual value of the investment in N-1st year		
** expresses the desired return on equity		

Εικόνα 33

Στο πεδίο αυτό ο χρήστης εισάγει τον φορολογικό συντελεστή βάσει του οποίου φορολογείται το εισόδημά του, το επιτόκιο αναγωγής καθώς και την υπολειμματική αξία που νομίζει πως θα έχει το έργο του το ν-οστό έτος.

## Overview Results

Currency :	Euro	
Amortisation time :	20	
Percentage of equity capitals :	3	% 5820 €
Percentage of foreign capitals :	97	% 188180 €
Loan period (in years) :	20	
Loan rate :	9	%
Taxes and Taxation		
Residual value * :	50000	€
Tax rate :	45	%
Discount rate ** :	3	%
* residual value of the investment in N-1st year		
** expresses the desired return on equity		
Results Overview		
Total revenue from the supply network after 20 year(s) ( approx.): 782592.3280 €		
Possible acceptance of the investment ! NPV:89322.54		

Εικόνα 34

Στο display monitor του 'Results Overview' μπορείτε να δείτε τα συνολικά κέρδη από την πώληση του ρεύματος μετά από την περάτωση των χρόνων επένδυσής σας, αλλά και την τιμή του NPV (Net Present Value) που θα σας οδηγήσει στην επιλογή ή απόρριψη του σχεδιασμού.

### Note

Αν ο σχεδιασμός σας αποφέρει αρνητικό NPV σας συμβουλεύουμε να συνεχίσετε το σχεδιασμό μεταβάλλοντας κάποια από τα οικονομικά μεγέθη όπως ο χρόνος αποπληρωμής δανείου ή το επιτόκιο του , ή ακόμα και την αναθεώρηση των ιδίων κεφαλαίων που είστε διατεθειμένοι να χρησιμοποιήσετε. Μετά τις μεταβολές αυτές θα παρατηρήσετε την τιμή του NPV να αλλάζει και ίσως αυτό οδηγήσει στην επιλογή της επένδυσης ακόμα και αν με τις αρχικές σας εισαγωγές το σχέδιο ήταν απορριπτέο .

---

## Step 5 – Export your project Documentation



Εικόνα 35

Στο πέμπτο και τελευταίο βήμα του e-photovoltaic το μόνο που έχετε να κάνετε είναι να πατήσετε το button NEXT και να εκτυπώσετε ή να αποθηκεύσετε την εργασίας σας. Το έγγραφο που εξάγεται είναι σε μορφή .pdf και περιέχει όλες εκείνες τις πολύτιμες πληροφορίες που θέλετε για να ξεκινήσετε την μελέτη σας σε πραγματικό επίπεδο.





# FAQ (Frequently Asked Questions)

## 1.Γιατί η αρχική σελίδα του e-photovoltaic δεν εμφανίζεται ;

Ελέγξτε την συνδεσιμότητά σας . Βεβαιωθείτε ότι έχετε πρόσβαση στο διαδίκτυο και ξαναπροσπαθήστε να φορτώσετε την σελίδα. Εάν η σύνδεσή σας είναι καλή, απευθυνθείτε στον web-master του Πολυτεχνείου Κρήτης και εξηγήστε του το πρόβλημα που αντιμετωπίζετε. Τηλέφωνα και ηλ. διευθύνσεις στην ενότητα **CONTACT US**

## 2.Γιατί δεν μεταφέρομαι σε άλλη σελίδα όταν πατάω το κουμπί Next ;

Διαφορετικοί Browsers αντιμετωπίζουν διαφορετικά στοιχεία (elements) της HTML όπως τα Buttons. Εάν αντιμετωπίζεται προβλήματα στην πλοήγησή σας με την χρήση των NEXT και BACK συμβουλευτείτε την Ενότητα «**3.3 Χρήση διαφορετικών web-Browsers**»

## 3.Κάποιο πεδίο υπολογισμού δεν παράγει κανένα αποτέλεσμα ;

Τα υπολογιζόμενα πεδία εμφάνισης της εφαρμογής e-photovoltaic λειτουργούν με την μορφή JavaScript συναρτήσεων και ως εκ τούτου για να λειτουργήσουν περιμένουν κάποιες τιμές ως ορίσματα. Εάν ένα τέτοιο πεδίο δεν σας εμφανίζει αποτέλεσμα , ενώ θα το περιμένατε, είναι γιατί δεν του έχετε εισάγει κάποια τιμή σε προηγούμενο πεδίο που θα χρειαζόταν για να λειτουργήσει σωστά. Για την ορθή συμπλήρωση των πεδίων εισαγωγής συμβουλευτείτε την Ενότητα «**4.2 Κατανόηση της σημασίας των διαφόρων πεδίων δεδομένων που παρέχει το e-photovoltaic**»

## 4.Ξέχασα να συμπληρώσω κάτι σε προηγούμενο Step, μπορώ ακόμα να το συμπληρώσω ;

Βεβαίως ναι! Το e-photovoltaic σας παρέχει την δυνατότητα να πλοηγήστε μπροστά και πίσω στην εφαρμογή χωρίς πρόβλημα, σε όποιο σημείο της εργασίας σας και να βρίσκεστε. Αυτό σημαίνει ότι εάν βρίσκεστε στο STEP 4 και θυμηθείτε ότι ξεχάσατε κάτι σημαντικό στο STEP 2 , μπορείτε ακόμα να το συμπληρώσετε και να συνεχίσετε την μέχρι τώρα δουλειά σας

## 5.Γιατί δεν εμφανίζονται τα γραφήματα των χαρακτηριστικών του φωτοβολταϊκού πλαισίου ;

Όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα STEP 3 τα γραφήματα δημιουργήθηκαν με την βοήθεια των Google Charts. Τυχόν αποτυχία εμφάνισης των γραφημάτων αυτών

οφείλεται στην κακή συμβατότητα των διαγραμμάτων Google Charts με τον χρησιμοποιούμενο web-Browser. Συμβουλευτείτε την Ενότητα «**3.3 Χρήση διαφορετικών web-Browsers**»

### **5.Γιατί τα οπτικά μηνύματα του STEP 3 εξαφανίστηκαν όταν μεταφέρθηκα σε προηγούμενη σελίδα και επανήλθα ;**

Μην ανησυχείτε εάν «χάθηκαν» τα οπτικά μηνύματα από τα mini-displays των ενοτήτων του STEP 3. Τα δεδομένα που εισάγατε παραμένουν τα ίδια και μετά από την “πίσω - μπροστά” πλοήγησή σας και οι μίνι-οθόνες προβολής μηνυμάτων «θυμούνται» τα μηνύματα που σας είχα προβάλει. Εάν είστε ακόμα δύσπιστοι δοκιμάστε να αλλάξετε στιγμιαία μία από τις προηγούμενες εισαγωγές σας και θα δείτε ότι τα μηνύματα είναι ακόμα εκεί





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### Προτάσεις για βελτίωση της εφαρμογής

Η εφαρμογή e-photovoltaic μας παρέχει μια σειρά βασικών λειτουργιών και συναρτήσεων που ως τελικό στόχο έχουν τον καλύτερο, γρηγορότερο και αποδοτικότερο σχεδιασμό μίας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, Μέσα από την δουλειά νέων ατόμων και την εισαγωγή νέων λειτουργιών και μεθόδων η εφαρμογή e-photovoltaic μπορεί να γίνει ακόμα καλύτερη .

Για τον λόγο αυτό παραθέτουμε μία σειρά προτάσεων που θα βοηθήσουν στην περαιτέρω ανάπτυξη της εφαρμογής :

- **Εισαγωγή και άλλων μετεωρολογικών στοιχείων** εκτός της ακτινοβολίας. Σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου, μικροκλίμα περιοχής σχεδιασμού είναι μόνο κάποια στοιχεία που θα βελτιώσουν την εφαρμογή
- **Εισαγωγή νέων μοντέλων πλαισίων και inverter** . Περισσότεροι τύποι πλαισίων και αντιστροφών για να έχει ο χρήστης μεγαλύτερη ποικιλία επιλογών
- **Προσθήκη σχεδιαστικού τμήματος** στην εφαρμογή με σκοπό την καλύτερη χωροθέτηση των επιλεγμένων πλαισίων και αντιστροφών στο οικόπεδο σχεδιασμού
- **“Εξυπνη διαστασιολόγηση” αντιστροφών.** Βελτιστοποίηση της τεχνικής βάσει της οποίας διαστασιολογούνται οι inverters ούτως ώστε να μεγιστοποιούμε την εκμετάλλευση των πλαισίων
- **Υλοποίηση διαφορετικών τύπων εγκατάστασης.** Ήδη στο e-photovoltaic έχει γίνει πρόβλεψη για προσθήκη λειτουργίας που έχει να κάνει με τους διαφορετικούς τύπους φ/β εγκατάστασης όπως εγκατάσταση σε στέγες ή σε προσόψεις
- **Εισαγωγή βάσης δεδομένων** στην εφαρμογή ούτως ώστε να σώζονται οι τυχόν προηγούμενες εργασίες του χρήστη . Έχει ήδη γίνει σχετική πρόβλεψη
- **Εισαγωγή επιπλέον οικονομικών δεικτών** που θα δώσουν στον χρήστη όσο το δυνατό καλύτερη εικόνα όσον αφορά την επένδυσή του

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

- Διάγραμμα 1 : Άμεση ακτινοβολία
- Διάγραμμα 2 : Ολική ακτινοβολία
- Διάγραμμα 3 : Μάζα αέρα
- Διάγραμμα 4 : Ηλιακό δυναμικό Ελλάδος
- Διάγραμμα 5 : Φωτοβολταϊκό φαινόμενο (ηλεκτρονική δομή)
- Διάγραμμα 6 : Μεταβολή φασματικής απόκρισης  $\phi/\beta$  στοιχείου
- Διάγραμμα 7 : Ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα  $\phi/\beta$  στοιχείου
- Διάγραμμα 8 : Χαρακτηριστική καμπύλη I-V  $\phi/\beta$  στοιχείου
- Διάγραμμα 9 : Χαρακτηριστική καμπύλη P-V  $\phi/\beta$  στοιχείου
- Διάγραμμα 10 : Χαρακτηριστική καμπύλη I-V  $\phi/\beta$  στοιχείου με μεταβολή θερμοκρασίας
- Διάγραμμα 11 : Χαρακτηριστική καμπύλη P-V  $\phi/\beta$  στοιχείου με μεταβολή θερμοκρασίας
- Διάγραμμα 12 : Χαρακτηριστική καμπύλη I-V  $\phi/\beta$  στοιχείου με μεταβολή ηλιακής ακτινοβολίας
- Διάγραμμα 13 : Χαρακτηριστική καμπύλη P-V  $\phi/\beta$  στοιχείου με μεταβολή ηλιακής ακτινοβολίας
- Διάγραμμα 14 : Στοιχείο-Πλαίσιο-Συστοιχία-Πάρκο
- Διάγραμμα 15 : Βέλτιστη διάταξη συστοιχιών – Διάγραμμα Monegon
- Διάγραμμα 16 : Διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα
- Διάγραμμα 17 : Ελληνική αγορά φωτοβολταϊκών ανά έτος
- Διάγραμμα 18 : Εγκαταστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών ανά κατηγορία ισχύος
- Διάγραμμα 19 : Ποσοστιαία κάλυψη ανά κατηγορία ισχύος ως προς το σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος
- Διάγραμμα 20 : Εγκατεστημένη ισχύς  $\phi/\beta$  ανά τοποθεσία
- Διάγραμμα 21 : Μερίδιο τεχνολογιών στην συνολική παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ
- Διάγραμμα 22 : Μέση ταρίφα  $\phi/\beta$  μετά το νέο deal

# ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ

- Εξίσωση 1 : Μάζα αέρα
- Εξίσωση 2 : Ενέργεια φωτονίου
- Εξίσωση 3 : Μήκος κύματος ηλιακής ακτινοβολίας
- Εξίσωση 4 : Ροή φωτονίων ανά μονάδα επιφάνειας
- Εξίσωση 5 : Ρυθμός μεταβολής ροής φωτονίων
- Εξίσωση 6 : Νόμος Beer
- Εξίσωση 7 : Ένταση φωτορεύματος
- Εξίσωση 8 : Φασματική απόκριση φωτορεύματος
- Εξίσωση 9 : Συνολική ένταση φωτορεύματος για πολυχρωματική ακτινοβολία
- Εξίσωση 10 : Ένταση φωτορεύματος για μη αμελητέα επιφάνεια
- Εξίσωση 11 : Εξίσωση φωτορεύματος στο ηλεκτρονικό κύκλωμα φ/β στοιχείου
- Εξίσωση 12 : Ρεύμα φορτίου στο ηλεκτρονικό κύκλωμα φ/β στοιχείου
- Εξίσωση 13 : Απόδοση φ/β στοιχείου
- Εξίσωση 14 : Παράγοντας πλήρωσης (FF)
- Εξίσωση 15 : Απόδοση φ/β στοιχείου συναρτήσει FF
- Εξίσωση 16 : Βέλτιστη γωνία για αποφυγή σκιάσεων στην τοποθεσία
- Εξίσωση 17 : Λόγος ελεύθερης απόστασης προς ύψος συστοιχίας
- Εξίσωση 18 : Σύστημα εξισώσεων για υπολογισμό της ελάχιστης απόστασης
- Εξίσωση 19 : Ελάχιστη απόσταση φ/β συστοιχιών για αποφυγή σκιάσεων
- Εξίσωση 20 : Θερμοκρασία φ/β πλαισίου
- Εξίσωση 21 : Συντελεστής απόδοσης φ/β πλαισίου συναρτήσει θερμοκρασίας
- Εξίσωση 22 : Θερμοκρασιακός συντελεστής  $\sigma_\theta$
- Εξίσωση 23 : Συντελεστής καθαρότητας  $\sigma_p$
- Εξίσωση 24 : Βαθμός απόδοσης inverter
- Εξίσωση 25 : Ευρωπαϊκός βαθμός απόδοσης inverter
- Εξίσωση 26 : Πτώση τάσης DC πλευράς
- Εξίσωση 27 : Πτώση τάσης AC πλευράς
- Εξίσωση 28 : Μέση ημερήσια παραγόμενη ενέργεια
- Εξίσωση 29 : Πλάτος οικοπέδου για φωτοβολταϊκή εγκατάσταση
- Εξίσωση 30 : Μήκος οικοπέδου για φωτοβολταϊκή εγκατάσταση
- Εξίσωση 31 : Συνολικός χώρος οικοπέδου για φωτοβολταϊκή εγκατάσταση
- Εξίσωση 32 : Τοκοχρεολύσια ανά έτος
- Εξίσωση 33 : Χρεολύσια ανά έτος
- Εξίσωση 34 : Τόκοι ανά έτος
- Εξίσωση 35 : Μέθοδος απόσβεσης επένδυσης
- Εξίσωση 36 : Υπολογισμός φόρου
- Εξίσωση 37 : Καθαρές ταμειακές ροές ανά έτος
- Εξίσωση 38 : Καθαρές ταμειακές ροές ανά έτος χωρίς δάνεια κεφάλαια
- Εξίσωση 39 : Καθαρή παρούσα αξία

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] BIBEK MISHRA, BIBHU PRASANNA KAR «**MATLAB based modeling of photovoltaic array characteristics**» DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, ROURKELA 2012
- [2] RIKESH SINGH, MOUMI PANDIT «**ANALYSIS OF PHOTOVOLTAIC CELLS WITH CLOSED LOOP BOOST CONVERTER**» DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING SIKKIM MANIPAL UNIVERCITY, MAJHITAR RANGPO INDIA 2013
- [3] WALID OMRAN «**PERFORMANCE ANALYSIS OF GRID CONNECTED PHOTOVOLTAIC SYSTEMS**» DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING UNIVERCITY OF WATERLOO, ONTARIO CANADA 2010
- [4] ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΔΕΡΒΟΣ «**ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΣΥΔΕΔΕΜΕΝΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΒΙΟΤΕΧΝΙΚΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ**» ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, ΑΘΗΝΑ 2014
- [5] ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΚΕΡΑΜΤΖΗΣ «**ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ**» ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, ΑΘΗΝΑ 2010
- [6] ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΚΤΕΝΙΔΗΣ «**ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΩΝ 100kW**» ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, ΑΘΗΝΑ 2008
- [7] ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΛΑΜΠΡΟΣ ΚΟΚΚΙΝΑΚΗΣ «**ΜΕΛΕΤΗ ΟΙΚΙΑΚΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 10kW**» ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ, ΠΑΤΡΑ 2012
- [8] ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΧΡΗΣΤΟΣ ΒΟΥΛΒΟΥΚΕΛΗΣ «**ΣΧΕΔΙΑΣΗ, ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ «ΚΟΥΚΟΣ» ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΑ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ**» ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2013



- [9] ΚΑΘ. ΕΜΠ ΣΤΑΥΡΟΣ ΠΑΝΑΘΑΝΑΣΙΟΥ «**ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΑΠΕ**» ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, ΑΘΗΝΑ 2012
- [10] ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΕΤΑΙΡΙΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ «**ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΓΟΡΑΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΟ 2014**», ΑΘΗΝΑ 2015
- [11] ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΕΠΙΘΕΩΡΗΤΩΝ «**ΚΛΙΜΑ ΚΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ. ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΩΝ**» ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΟΣ (Τ.Ε.Ε), ΑΘΗΝΑ 2011
- [12] ΚΑΘ. Π.Κ ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΣΤΑΥΡΑΚΑΚΗΣ «**ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**», ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ «ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ» ΤΜΗΜΑ ΗΜΜΥ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ, ΧΑΝΙΑ ΧΕΙΜΕΡΙΝΟ ΕΞΑΜΗΝΟ 2012-2013
- [13] RICHARD MANSFIELD «**CSS WEB DESIGN FOR DUMMIES**» ΒΙΒΛΙΟ ΤΗΣ ΣΕΙΡΑΣ «**XML ALL-IN ONE**», 2005
- [14] ED TITTEL, CHRIS MINNICK «**BEGINNING HTML 5& CCS3 FOR DUMMIES**» ΒΙΒΛΙΟ ΤΗΣ ΣΕΙΡΑΣ «**XML ALL-IN ONE**», CANADA 2013
- [15] DAVID SAWYER Mc FARLAND «**CC3-THE MISSING MANUAL**» ΒΙΒΛΙΟ, FULLY REVISED 3<sup>rd</sup> EDITION, U.S.A 2013
- [16] MATTHEW MACDONALD «**HTML5-THE MISSING MANUAL**» ΒΙΒΛΙΟ, 2<sup>nd</sup> EDITION, U.S.A 2014

## ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

<http://www.w3schools.com>

<https://el.wikibooks.org>

<https://www.wikipedia.org>

<http://www.stackoverflow.com>

<https://google-developers.appspot.com>

<http://www.sma-hellas.com>

[www.sunnydesignweb.com](http://www.sunnydesignweb.com)

<http://www.helapco.gr>

<http://www.selasenergy.gr>

<http://www.renesola.com>

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis>